

Capítulo 7

TÉCNICAS DE RIEGO

Edmundo Varas B.

INIA – Quilamapu, Casilla 426, Chillán.

1. Introducción

El agua en las plantas juega un rol fundamental, ya que interviene en procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la transpiración, la respiración, en la absorción y transporte de elementos minerales, en el transporte de productos de la fotosíntesis, en el turgor de la hoja y en la regulación de la temperatura de éstas (Haverkort, 1986).

Muchos investigadores señalan que el espárrago es una planta medianamente resistente a períodos de sequía (Wilcox-Lee, 1987; Roth y Gardner, 1989; Medina, 1991; Drost y Wilcox-Lee, 1997a; Sanders, 1997). Se cultiva en zonas agroclimáticas muy diferentes, que abarcan climas húmedos donde el riego es suplementario, hasta climas secos, donde la producción depende del riego (Souther, 1987; Roth y Gardner, 1989; Battilani, 1997).

En Chile, el espárrago se cultiva bajo condiciones de riego, incluso en el sur del país, ya que la precipitación es insuficiente para abastecer las necesidades de agua del cultivo durante la época de desarrollo de éste. En el presente capítulo se analizan fundamentos y métodos de riego apropiados para esparragueras establecidas.

2. La planta

La planta de espárrago es considerada como de arraigamiento profundo (Ferreyra *et al.*, 1995; Sanders, 1997). El sistema radical lo componen dos tipos de raíces: las de almace-
namiento donde se acumulan los fotosintatos y las fibrosas, que son las responsables de

la absorción del agua y nutrientes. El desarrollo de ambos tipos de raíces, en general, depende del tipo de suelo y su fertilidad, del contenido de agua, y de la presencia de napas freáticas (Benson, 1987); una adecuada distribución y cantidad de ambos tipos se logran con un adecuado abastecimiento de agua en el suelo y manteniendo el contenido de humedad de éste cercano a capacidad de campo (Drost, 1997a).

Las raíces de almacenamiento son más permanentes y pueden alcanzar hasta 6 metros de largo, en tanto, las raíces absorbentes logran un desarrollo de hasta 1 m de profundidad, pero se concentran en los primeros 60 cm de suelo. Esto significa que gran parte de la extracción de humedad ocurre en esta zona, siendo prácticamente nula bajo los 80 cm. de profundidad (Ferreyra *et al.*, 1995). El desarrollo del follaje se ve favorecido con riegos más frecuentes (Sterrett *et al.*, 1990; Drost y Wilcox-Lee, 1997b).

El uso del agua por parte de la planta es muy variable y las investigaciones realizadas muestran una diversidad de valores, dependiendo de las características agroclimáticas de la zona donde se han realizado las experiencias. Se han informado requerimientos de agua desde 274 - 294 mm (Pardo *et al.*, 1997) hasta cifras sobre los 2.000 mm (Jerez, 1990; Medina, 1991; Paredes, 1994; Roa, 1994). Se ha encontrado el óptimo de desarrollo y producción con una reposición de un 80% de la evapotranspiración (Drost, 1997b). Por otra parte, las necesidades de riego dependen de las condiciones climáticas, distribución de la pluviometría, de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, del uso del agua por la planta y en menor grado de la edad de la esparraguera.

3. El suelo

El suelo está compuesto por material mineral y materia orgánica, además de aire y agua, que ocupan el espacio poroso del mismo. En un suelo inundado, éste espacio poroso se encuentra lleno de agua, y a los 2 a 3 días después de un riego profundo o una lluvia abundante se encuentra a capacidad de campo, que representa el máximo de agua que el suelo es capaz de retener, contra la fuerza de gravedad. A medida que la planta va

consumiendo agua, va aumentando la tensión con que ésta es retenida por el suelo, llegando un momento en que la planta no es capaz de vencer esta fuerza y no puede extraer más agua; en ese momento se ha llegado al punto de marchitez permanente.

La determinación de capacidad de campo y punto de marchitez permanente del suelo se hace por estratas en los Laboratorios de Física de Suelos y junto a la densidad aparente del suelo constituyen las características físico-hídricas, que sirven para determinar la humedad aprovechable. Esta caracterización, normalmente se asocia a la textura del suelo; en el Cuadro 7.1 se muestran valores de humedad aprovechable para diferentes texturas de suelo.

Cuadro 7.1. Valores promedios y rangos de humedad aprovechable para diferentes texturas de suelo. Fuente: Varas (1991)

Textura	Humedad aprovechable	
	mm agua/m de suelo	m ³ de agua/m de suelo
Arenoso	82,5 (66 — 99)	825 (660 — 990)
Franco Limosa	180 (135 — 225)	1.800 (1.350 — 2.250)
Franco	168 (140 — 196)	1.680 (1.400 — 1.960)
Franco Arcillosa	189 (162 — 213)	1.890 (1.620 — 2.130)
Arcillo limosa	208 (182 — 234)	2.080 (1.820 — 2.340)
Arcillosa	225 (200 — 250)	2.250 (2.000 — 2.500)

Si se dispone de las características físico-hídricas, la humedad aprovechable se determina por la relación:

$$HA = \frac{(CC - PMP) * Dap * Ps}{100} \quad (1)$$

Donde HA es la humedad aprovechable (mm), CC es la capacidad de campo (% base peso seco), PMP es el punto de marchitez permanente (% base peso seco), Dap es la densidad aparente (g/cm³) y Ps es la profundidad del suelo (cm).

En teoría, toda el agua disponible puede ser usada por la planta, pero a medida que el contenido de humedad se acerca al PMP, el agua es extraída con menos eficiencia, por lo que, en la práctica, se recomienda regar cuando la humedad aprovechable del suelo llega al 60% (Sanders, 1997); de esta manera, la humedad disponible (HD) para el espárrago es:

$$HD = 0,6 * HA \quad (2)$$

valor que se usa para calcular la frecuencia de riego.

4. Uso del agua por la planta

La respuesta del cultivo del espárrago a diferentes niveles de agua aplicada ha sido estudiada por numerosos autores (Robinson *et al.*, 1984; Wilcox-Lee, 1987; Jerez, 1990; Roth y Gardner, 1990; Medina, 1991; Paredes 1994; Roa 1994; Ferreyra *et al.*, 1995; Drost, 1996; Wilson *et al.*, 1996; Drost, 1997b; Pardo *et al.*, 1997), encontrándose que el desarrollo del follaje, peso de la raíz y producción de turiones (cantidad y tamaño) es una función de la cantidad de agua aplicada, siendo ambos extremos (exceso y carencia de agua) perjudiciales para la producción comercial.

El agua requerida por el espárrago durante el período de cosecha es mínimo, ya que no existe vegetación que demande agua; los riegos que durante este período puedan necesitarse son por otros motivos, como la reducción de la temperatura para evitar una apertura temprana de las brácteas o evitar que se levante polvo, lo que daña la calidad de los turiones. Eventualmente pudiera necesitarse riego en el período de cosecha en los suelos arenosos con una baja retención de humedad.

Los requerimientos de agua de las plantas, esto es el agua que transpira la planta y la que se evapora desde el suelo, se llama evapotranspiración. Esta se puede calcular mediante fórmulas que utilizan las variables agroclimáticas medidas en estaciones meteorológicas, determinándose entonces la evapotranspiración potencial (ETP, mm). Otra forma de calcular los requerimientos hídricos es utilizando una bandeja de evaporación clase A (EB, mm). La evapotranspiración del cultivo (ET_c, mm/día) se relaciona con ETP y EB mediante las siguientes relaciones:

$$ET_c = K_c * ETP \quad (3)$$

ó

$$ET_c = K_c * K_p * EB \quad (4)$$

donde K_c es el coeficiente de cultivo y K_p es el coeficiente de bandeja.

El valor del coeficiente de bandeja es variable y se selecciona de acuerdo a los promedios de humedad relativa y vientos promedio del sector donde se ubica la bandeja; para las condiciones de Chillán este valor es de 0,85 (Doorenbos y Kassam, 1986). Los valores promedios de EB y de ETP de la Estación Santa Rosa de Cato, ubicada a 20 km al noreste de la ciudad de Chillán, se muestran en el Cuadro 7.2. Se debe destacar que los valores mencionados en el Cuadro 7.2 son promedios, los valores de evaporación máximos registrados alcanzan a 12 mm.

Cuadro 7.2. Valores mensuales de Evapotranspiración Potencial y Evaporación de Bandeja en Santa Rosa de Cato, Ñuble.

Mes	EB (1)	ETP (2)	Mes	EB (1)	ETP (2)
Enero	192.1	192.5	Julio	26.1	27.8
Febrero	161.8	150.2	Agosto	36.1	41.3
Marzo	133.0	109.5	Septiembre	70.1	71.1
Abril	69.9	69.2	Octubre	113.4	113.2
Mayo	42.0	32.3	Noviembre	150.8	154.3
Junio	26.6	17.7	Diciembre	187.5	193.2

(1) Valores promedio 1978-89 (Mella, 1990)

(2) Valores calculados (Comisión Nacional de Riego, 1997)

El coeficiente de cultivo (K_c) es el valor que relaciona la evaporación de bandeja y el agua que consume o necesita realmente el cultivo, y depende de su estado de desarrollo. El valor correspondiente al espárrago para los diferentes estados de desarrollo ha sido estudiado por varios investigadores (Jerez, 1990; Medina, 1991; Battilani, 1997; Pardo et al., 1997). Este coeficiente es mínimo en el período de cosecha (0,3), y aumenta proporcionalmente con el desarrollo del follaje hasta llegar a un máximo de 1, para luego disminuir con la senescencia de la vegetación a 0,3 (Figura 7.1) (Battilani, 1997). Valores levemente superiores se han encontrado en experiencias realizadas en Chillán (Jerez, 1990; Medina, 1994; Paredes, 1994; Roa, 1994).

De acuerdo al Cuadro 7.2 y teniendo presente que el coeficiente de cultivo es 1 en el período de diciembre – enero, una esparraguera podría consumir en promedio 192 mm/mes, es decir 1.920 m³ en un mes, pero al ser la evaporación de bandeja del orden de 12 mm/día, el espárrago puede necesitar sobre 100 m³ diarios.

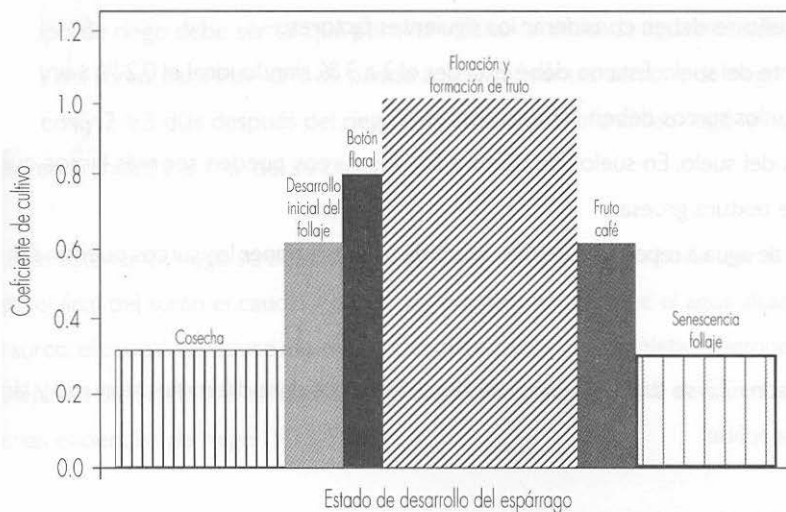


Figura 7.1. Coeficiente de cultivo (K_c) para diferentes estados de desarrollo del espárrago.

5. Métodos de riego

El diseño del método de riego es uno de los aspectos relevantes en la planificación de una esparraguera. Un estudio de riego debe considerar a) la topografía del potrero; b) las características hídricas del suelo, como retención de humedad y velocidad de infiltración; c) fuente, disponibilidad y calidad del agua de riego; d) disponibilidad, costo y posibilidades de capacitación de la mano de obra; y e) el costo de inversión y operación del método seleccionado.

5.1 Riego por surcos

El método de riego gravitacional más apropiado para el cultivo es por surcos. Para aplicar en forma eficiente este método es importante una buena nivelación del suelo, de manera de lograr un avance uniforme del agua en los surcos de riego. Normalmente se traza un surco a cada lado de la hilera de plantación.

En su diseño se deben considerar los siguientes factores:

- Pendiente del suelo: Esta no debe exceder el 2 a 3 %, siendo ideal el 0,2 %; a una mayor pendiente los surcos deben ser más cortos.
- Textura del suelo: En suelos de textura fina los surcos pueden ser más largos que en suelos de textura gruesa.
- Lámina de agua a reponer: A mayor altura de agua a reponer los surcos pueden ser más largos.

En el Cuadro 7.3 se dan los valores de largo de surcos para diferentes texturas y lámina de agua a aplicar:

Cuadro 7.3. Largo máximo (m) recomendado en surcos de riego.

S (1) %	Q (2) L/seg	Textura Gruesa			Textura media			Textura fina		
		Lámina de agua a aplicar (cm)								
		5	10	15	5	10	15	5	10	15
0,25	2,50	150	220	265	250	350	440	320	460	535
0,50	1,25	105	145	180	170	245	300	225	310	380
0,75	0,83	80	115	145	140	190	235	175	250	305
1,00	0,63	70	100	120	115	165	200	150	230	260
1,50	0,41	60	80	100	95	130	160	120	175	215
2,00	0,23	50	70	85	80	110	140	105	145	185
3,00	0,21	40	55	65	65	90	110	80	120	145

(1) S = Pendiente

(2) Q = Caudal

El caudal máximo no erosivo (Q max), que corresponde al máximo caudal que se puede aplicar sin causar erosión en un surco de riego se puede estimar mediante la relación

$$Q \text{ max} = 0,63/S$$

donde S es la pendiente del suelo expresada en porcentaje.

El tiempo de riego debe ser tal que permita infiltrar la altura de agua necesaria en todo el largo del surco; para estimarlo se puede aplicar diferentes tiempos de riego a diferentes surcos y 2 a 3 días después del riego ver hasta que profundidad llegó la humedad al inicio, en la mitad y al final del surco.

En este sistema de riego se debe aplicar desde el inicio del riego hasta que el agua llega hasta el final del surco el caudal máximo no erosivo; una vez que el agua alcanza el final del surco, el caudal se reduce a la mitad. Con este caudal se completa el tiempo de riego. Manejando de esta forma el riego, se evita la pérdida de agua al final del surco, lográndose buenas eficiencias de riego (50 a 55%).

El manejo del agua en riego por surcos se facilita si se emplea alguno de los siguientes sistemas de aducción de agua a los surcos de riego:

- Sistema californiano fijo: consiste en tuberías enterradas de diámetro 200 ó 250 mm, que trabajan a baja presión y permiten aplicar agua fácilmente a los surcos de riego y regular el caudal.
- Acequias niveladas con tubos rectos: en este caso la acequia matriz está nivelada, y en el pretil del canal se colocan tubos de diámetro 1,5 a 2" a una misma altura sobre el nivel de aguas normales del canal, de modo que cuando se eleva el agua en el canal ésta sale automáticamente por los tubos. El caudal que entregan éstos se regula con la altura de agua en el canal.
- Sifones: son tubos de 1,5 ó 2" curvados en forma de U, que permiten descargar agua desde el canal al surco de riego; el caudal se regula variando la altura entre el agua del canal y la salida del tubo.

5.2 Sistemas de riego presurizado

Entre los sistemas presurizados se debe mencionar el tradicional sistema de riego por aspersión fijo y los móviles (pivote central), además de los riegos localizados de alta

frecuencia (goteo, cinta).

En relación con los métodos por aspersión se debe tener presente que requieren de un mayor caudal que en riego localizado, ya que se moja toda la superficie del suelo y en general se necesita un equipo de bombeo de mayor tamaño. En el sistema de riego por aspersión el principal problema de la aplicación es el viento, ya que distorsiona el patrón de mojado, lo que se traduce en una baja uniformidad de riego; este factor se debe tener en cuenta al diseñar el espaciamiento entre laterales y la selección adecuada de los aspersores.

En los sistemas de riego localizado de alta frecuencia como goteo y cintas se debe tener cuidado en el diseño del sistema, especialmente el cabezal de éste, que incluye las unidades de bombeo, filtrado, y fertirrigación, además del sistema de válvulas y manómetros para el control de las presiones.

La red de distribución está formada por tuberías de diferente diámetro de acuerdo al caudal que se requiere en cada sector de riego y de los emisores, constituidos por goteros o cintas, que permiten aplicar el agua al cultivo.

Para un buen funcionamiento de los sistemas presurizados se debe consultar a profesionales especialistas en el tema, de manera de lograr un buen diseño y operación de los mismos

6. Manejo del riego

Se debe hacer el trasplante o plantación (de coronas) con una humedad de suelo adecuada que permita un buen establecimiento del cultivo, y luego se debería aplicar un riego con poco caudal, de manera de humedecer hasta la profundidad de plantación, evitando una saturación del suelo y apozamientos de agua en la superficie.

6.1 Frecuencia de riego

El intervalo de días entre dos riegos consecutivos o frecuencia de riego (FDR) va a depender de la capacidad de almacenamiento del suelo y de la evapotranspiración del cultivo. Se calcula mediante la relación:

$$\text{FDR (días)} = \text{HD (mm)} / \text{Etc (mm/día)}$$

Si se tiene espárrago en un suelo franco, con una humedad aprovechable de 168 mm/metro de suelo, una profundidad radicular de 1 m, una evapotranspiración potencial de 192,5 mm/mes en enero, el coeficiente de cultivo es 1, podemos calcular la frecuencia de riego utilizando las fórmulas indicadas anteriormente:

$$\text{ETP diaria} = 192,5 \text{ (mm/mes)} / 31 \text{ (días)} = 6,21 \text{ mm/día.}$$

$$\text{ETc} = 6,21 \text{ (mm/día)} * 1 \text{ (Kc)} = 6,21 \text{ (mm/día).}$$

$$\text{FDR} = 0,6 * 168 \text{ (mm/m)} * 1 \text{ (m)} / 6,21 \text{ (mm/día)} = 16,2 \text{ días}$$

De acuerdo a lo calculado, el riego debería hacerse cada 16 a 17 días.

6.2 Altura de agua a aplicar

La cantidad de agua a aplicar es la que el cultivo extrajo desde el suelo y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Altura de agua a aplicar} = 6,21 \text{ (mm/día)} * 17 \text{ (días)} = 105,57 \text{ mm de agua.}$$

Es decir, se debe aplicar una altura de agua de 10,6 cm, lo que equivale a 1055,7 m³/ha. Este es el volumen neto de agua a aplicar en el riego y se debe corregir de acuerdo a la

eficiencia del método de riego. Si se usa riego por surcos, con una eficiencia promedio de un 40%, el volumen de agua necesario para regar sube a 2.639,25 m³; si se usa aspersión, con un 70% de eficiencia, el volumen de agua a aplicar es de 1.508,2 m³.

6.2 Tiempo de riego

En riego superficial el tiempo de riego corresponde a aquel en que la lámina de agua debe permanecer sobre el suelo y que permite se infiltre la altura de agua que se debe aplicar. En riegos presurizados corresponde al tiempo en que debe estar funcionando el equipo.

Para estimar el tiempo de riego haga una prueba aplicando diferentes tiempos de riego, por ejemplo en un par de surcos 30 minutos en otros 60, 90 y 120 minutos y luego de dos días revise hasta que profundidad llegó el agua en la mitad y al final del surco.

El tiempo de riego, cuando se usa aspersión, está dado por la precipitación de los aspersores, determinado por la relación:

$$\text{TDR (horas)} = \text{Altura de agua a aplicar (mm)} / \text{Precipitación del aspersor (mm/hora)}$$

Literatura citada

Battilani, A. 1997. Response of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) to post-harvesting irrigation. *Acta Horticulturae*, 449 (1): 181-186.

Benson, B. 1987. Morfología y Fisiología del espárrago. In: Curso "Tecnología de Producción de espárragos", Departamento Agroindustrial, Fundación Chile.

Comisión Nacional de Riego. 1997. Cálculo y cartografía de la evapotranspiración potencial en Chile. 54p.

Doorenbos, J and Kassam, A.H. 1986. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 33.

Drost, D.T. 1996. Irrigation budget and plant growth of asparagus. *Acta Horticulturae* 415:

343-350.

- Drost, D.T. 1997a. Irrigation effects on asparagus root distribution. *Acta Horticulturae* 479: 283-288
- Drost, D.T. 1997b. Soil water deficits reduce growth and yield of asparagus. *Acta Horticulturae* 479: 383-390.
- Drost, D. and Wilcox-Lee, D. 1997a. Soil water deficits and asparagus: I Shoot, root and bud growth during two seasons. *Scientia Horticulturae* 70: 131 –143.
- Drost, D. and Wilcox-Lee, D. 1997b. Soil water deficits and asparagus: II Bud size and subsequent spear growth. *Scientia Horticulturae* 70: 145 –1153.
- Ferreya, R., Peralta, J.M., Sellés, G., Fritsch, N., Contador, F. y Rubio, A. 1995. Respuesta del cultivo del espárrago (*Asparagus officinalis* L) a distintos regímenes de riego durante las dos primeras temporadas de establecimiento. *Agricultura Técnica (Chile)* 55 (1): 1 - 8.
- Haverkort, A. J. 1986. Manejo del agua en la producción de papa. En: Primo Accatino (Ed.) *Boletín de Información Técnica* 15.. Centro Internacional de la Papa.
- Jerez, B. J. 1990. Riego diferencial de espárragos (*Asparagus officinalis*) de dos años. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales.
- Medina, M. L. 1991. Riego diferencial de espárragos (*Asparagus officinalis*) de vivero y un año de plantación. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales.
- Mella J. 1990. Resumen agrometeorológico mensual Santa Rosa de Cato, promedio 1978/79. *IPA Quilamapu* 46: 28-29
- Pardo, A., Arbizu, J and Suso, M.L. 1997. Evapotranspiration and crop coefficients in white asparagus. *Acta Horticulturae* 449 (1): 187-192.
- Paredes, D. P. 1994. Riego diferencial de espárragos (*Asparagus officinalis*) de tres años. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales.
- Roa, F. G. 1994. Riego diferencial de espárragos (*Asparagus officinalis*) de cinco años. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias

Agropecuarias y Forestales.

- Robinson, F.E., Berry, W.L., Scherer, D.J. and Thomas, T.R. 1984. Yield Potential of asparagus irrigated with geothermal and ground water on Imperial East Mesa Desert, California. *HortScience* 19 (3): 407-408.
- Roth, R.L. and Gardner, B.R. 1989. Asparagus yield response to water and nitrogen. *American Society of Agricultural Engineers* 32 (1): 105 - 112
- Roth, R.L. and Gardner, B.R. 1990. Asparagus spear size distribution and earliness as affected by water and nitrogen applications. *Transactions of the ASAE* 33 (2): 480 – 486.
- Sanders, D. C. 1997. Vegetable crop irrigation. North Carolina Cooperative Extension Service. North Carolina State University.
- Sterrett S.B., Ross, B.B. and Savange, C.P. 1990. Establishment and yield of asparagus as influenced by planting and irrigation method. *Journal American Society Horticultural Science*, 115 (1): 29-33.
- Souther, F. 1987. El factor climático y su influencia sobre la productividad del espárrago. In: Curso “Tecnología de Producción de espárragos”, Departamento Agroindustrial Fundación Chile.
- Varas, E. 1991. Tecnologías de Riego. Boletín Técnico N° 168. INIA Estación Experimental Quilmapu.
- Wilcox-Lee, D. 1987. Soil matric potential, plant water relations, and growth in asparagus. *HortScience* 22 (1): 22 – 24.
- Wilson D.R., Sinton, S.M. and Fraser-Kevern, H.A. 1996. Irrigation responses of established asparagus. *Acta Horticulturtae* 415: 333 – 341.