

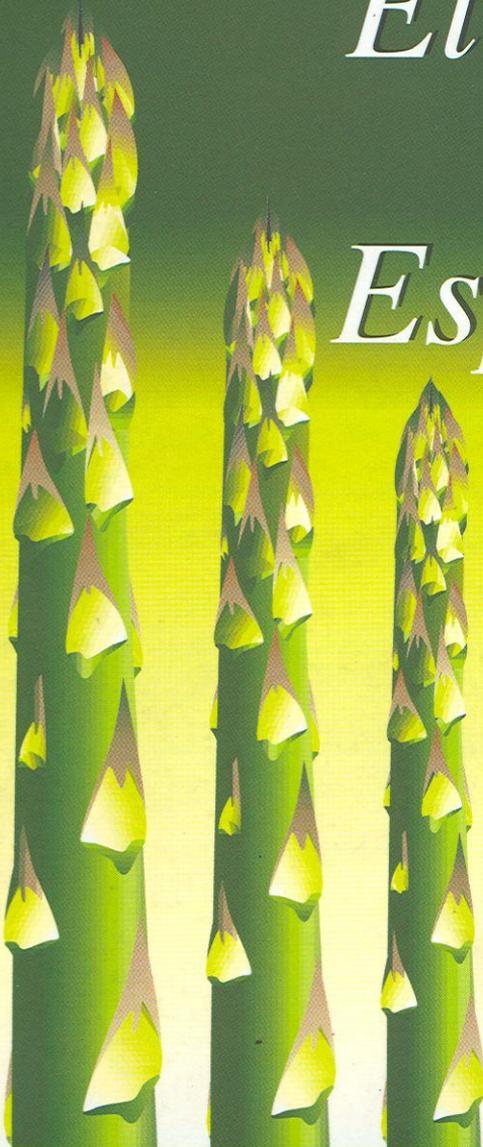


INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
MINISTERIO DE AGRICULTURA

BOLETÍN INIA N° 6

ISSN 0717-4829

El Cultivo del Espárrago



Editores:
María Inés González A.
Alejandro del Pozo L.

NOVIEMBRE
1999



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
MINISTERIO DE AGRICULTURA

El Cultivo del Espárrago

Editores:

María Inés González A.

Alejandro del Pozo L.

Chillán, Chile, 1999

Prólogo

El espárrago es un cultivo que ha experimentado un importante desarrollo en la VII y VIII regiones en los últimos 10 años. En ambas regiones se concentra el 69 % del área plantada en el país. Sólo en la VIII región existen 1.937 hectáreas (Censo Agropecuario, 1996/97). Se trata de un cultivo de alta rentabilidad, que ha incentivado el desarrollo de la agroindustria, ha incrementado la utilización de mano de obra permanente y temporal, y ha aumentado el consumo de insumos agrícolas. Sin embargo, en la medida que la superficie plantada aumenta, los agricultores deben hacer frente a la baja de precios que siempre conlleva el aumento de la oferta de materia prima para la agroindustria. Por otra parte, deben enfrentar la competencia con otros países productores, que también presentan ventajas o tienen condiciones aún más favorables para la producción, como es el caso de Perú.

Mejorar la eficiencia de producción, aumentar la productividad, bajar costos, son los desafíos del presente y del futuro. En este contexto, INIA Quilamapu viene desarrollando desde hace 6 años un vasto proyecto de investigación, a objeto de generar, adaptar y transferir tecnología apropiada a las particulares condiciones que impone la producción de espárragos en la zona centro sur del país. El comportamiento de las principales variedades disponibles en el mercado mundial, aspectos de manejo relativos a profundidad y densidad de plantación, así como aspectos de sanidad y manejo de cosecha, son temas que se desarrollan en diversos proyectos de investigación colaborativos con los agricultores y la agroindustria.

Con el propósito de entregar los resultados de estas investigaciones y otros antecedentes aportados por investigadores nacionales y extranjeros, se ha editado el presente Boletín Técnico de Producción de Espárragos, el cual cubre aspectos de la fisiología de la planta y su relación con el manejo del cultivo, el comportamiento de nuevas variedades, nutrición, sanidad y riego, como también aspectos de comercialización y mercado.

Carlos Ovalle M.
Sub Director de Investigación
INIA Quilamapu

ÍNDICE DE CONTENIDOS

EL CULTIVO DEL ESPÁRRAGO

Capítulo 1 Morfología y funcionamiento de la planta	9
Capítulo 2 Requerimientos de agua del espárrago: ¿Cuánto y cuán a menudo?	29
Capítulo 3 Variedades	53
Capítulo 4 Establecimiento de la esparraguera	65
Capítulo 5 Manejo de la fertilización	79
Capítulo 6 Manejo de las malezas	97
Capítulo 7 Técnicas de riego	111
Capítulo 8 Enfermedades	125
Capítulo 9 Plagas	165
Capítulo 10 Costos de producción y análisis de sensibilidad y rentabilidad	181
Capítulo 11 Mercado del espárrago	201

Autores

Rodrigo Avilés R., Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias,
Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán. email: raviles@quilamapu.inia.cl

Alejandro del Pozo L., Ph.D. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Av. Vicente Méndez 595,
Casilla 537, Chillán. email: adelpozo@udec.cl

Luis Devotto M. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias,
Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán. email: ldevotto@quilamapu.inia.cl

Daniel Drost, Ph.D. Department of Plants, Soils and Biometerology, Utah State University, 4820 University Hill,
Logan, UTAH 84322-4820, USA. e-mail: Dand@ext.usu.edu

Andrés France I., Ph.D. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias,
Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán. email: afrance@quilamapu.inia.cl

Marcos Gerding P., M.Sc. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones
Agropecuarias, Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán. email: mgerding@quilamapu.inia.cl

María Inés González A., M.Sc. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones
Agropecuarias, Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán. email: mgonzale@quilamapu.inia.cl

Rodrigo Ortega B., Ph.D. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones
Agropecuarias, Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán. email: rortega@quilamapu.inia.cl

Alberto Pedreros L., Ph.D. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones
Agropecuarias, Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán. email: apedrero@quilamapu.inia.cl

Edmundo Varas B. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias,
Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán. email: evaras@quilamapu.inia.cl

Roberto Velasco H. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias,
Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán. email: rvelasco@quilamapu.inia.cl

Capítulo 1

MORFOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

Alejandro del Pozo L.

Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Casilla 537, Chillán.

1. Introducción

El espárrago (*Asparagus officinalis* L. subespecie *officinalis*) es una especie herbácea perenne, monocotiledonea, nativa de Europa y Asia. Es una planta dioica, es decir hay plantas con flores masculinas y plantas con flores femeninas. El número de cromosomas es $2n = 20$. Pertenece a la familia Liliaceae junto a otras 150 especies. Dentro del género *Asparagus* existen otras especies que no son comestibles, pero que son usadas como plantas ornamentales (e.g. *A. sprengeri*, *A. plumosus*, *A. laricinus* y *A. racemosus*).

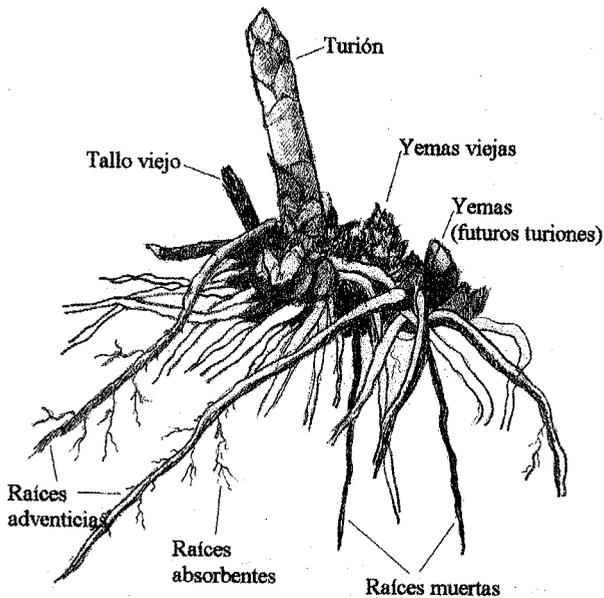
Como cultivo el espárrago se desarrolló posiblemente en la zona este del Mediterráneo, y se expandió hacia el noroeste de Europa en la época de los Romanos (Fehér, 1992). Actualmente se cultiva en forma comercial en al menos 61 países, con una superficie total estimada de 218.335 ha (Benson, 1999). Se adapta a una gran diversidad de ambientes, tales como climas desérticos (norte de México, Perú), mediterráneos (e.g. Chile central, California), marinos (e.g. sur de Chile, Nueva Zelanda, Inglaterra), temperados fríos (e.g. Polonia), entre otros.

En Chile, la superficie de espárragos abarca 4.500 ha aproximadamente, las que se distribuyen desde la V hasta la X región. La mayor parte de las plantaciones en Chile se encuentran bajo un régimen de clima mediterráneo, es decir, zonas donde el invierno es relativamente frío y lluvioso, la primavera es cálida y húmeda, y el verano caluroso y seco. Esto determina, en gran medida, la época y periodo de cosecha de la esparraguera, y en general el manejo agronómico que se efectúa.

En el presente capítulo, se describen las características morfológicas y el ciclo de desarrollo y de crecimiento de la planta de espárrago, se analizan las características fisiológicas más relevantes en la producción, y se discute las implicancias de éstas en el manejo del cultivo.

2. Características morfológicas

La planta de espárrago la constituyen una parte subterránea, compuesta por un rizoma y el sistema radical, que en conjunto forman lo que se denomina *corona* (Fig. 1.1) y una parte aérea compuesta de tallos erectos, ramas y hojas modificadas, que constituyen el *helecho*; sobre éste se desarrollan las flores y frutos (Fig. 1.2).



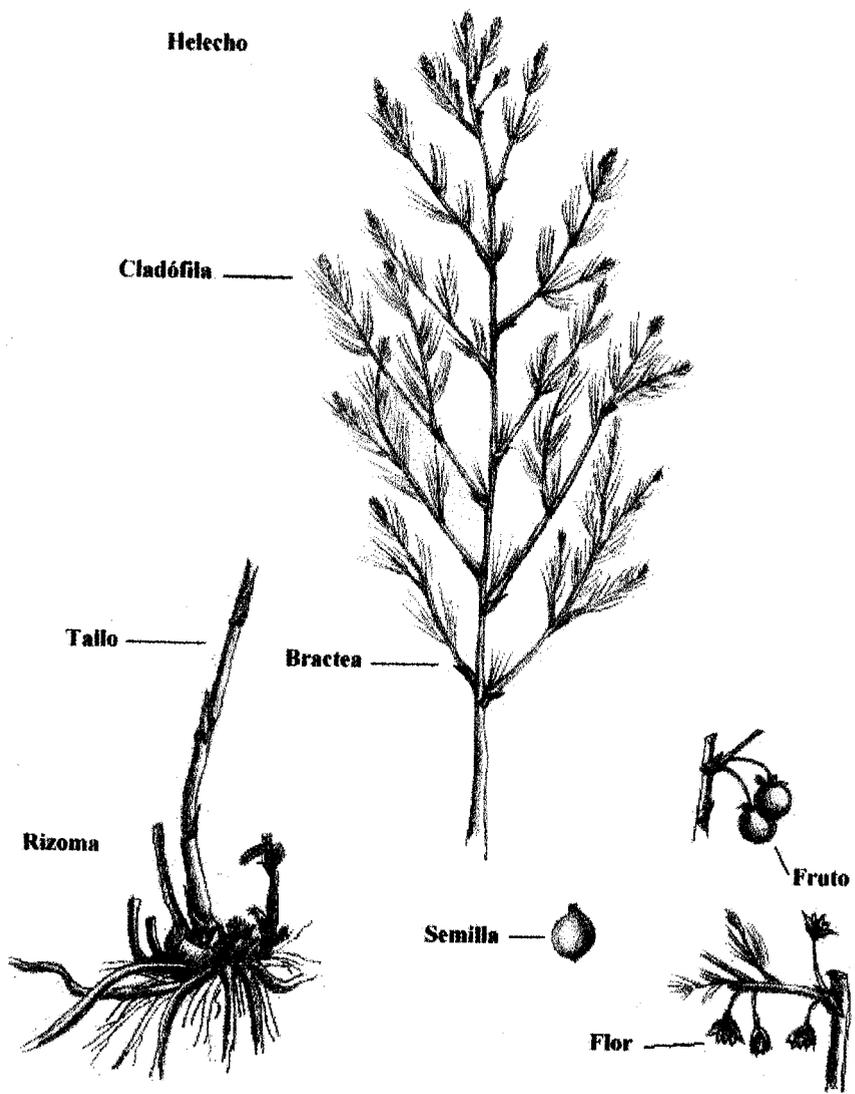


Figura 1.2. Tallo y helecho de una planta de espárrago, con flores, frutos y semillas.

2.1. La corona

El rizoma es un tallo modificado que actúa como unión entre el sistema radical y la parte aérea de la planta. En el rizoma se forman, además, grupos de yemas vegetativas, ubicadas en el ápice de crecimiento, de donde se desarrollan los *turiones* o espárragos. A medida que la planta envejece, algunas yemas laterales de este tallo subterráneo se desarrollan, produciendo varios puntos de crecimiento, y las partes más viejas, no-funcionales, mueren (Robb, 1984).

El sistema radical presenta dos tipos de raíces: uno adventicio de raíces gruesas y cilíndricas, sin ramificaciones, de 2-6 mm de diámetro, responsable del almacenamiento de carbohidratos, y otro lateral o fibroso, muy ramificado, de 0,1-0,5 mm de diámetro, responsable de la absorción de agua y nutrientes (Fig. 1.1). Las raíces adventicias o de reserva se generan en el rizoma, en la zona de transición de la parte aérea y radical de la planta, en tanto que las raíces absorbentes se generan a partir del cambium vascular de las raíces adventicias. La mayor parte de las raíces fibrosas se encuentran en el ápice de la raíz de almacenamiento. La longitud de las raíces de reserva es variable, pero pueden alcanzar más de 2 m.

2.2. El helecho

El follaje se forma a partir de tallos individuales que emergen desde las yemas del rizoma. Cada yema da origen a un solo tallo, pero desde un rizoma pueden desarrollarse numerosos tallos (10-20) durante una estación de crecimiento. Desde la parte superior del tallo se desarrollan ramificaciones primarias, a partir de yemas axilares ubicadas entre el tallo y las *brácteas* (Fig. 1.2). Estas últimas son estructuras triangulares características del turión, las que corresponden a las hojas verdaderas de la planta de espárrago. En forma similar, las ramificaciones primarias también presentan brácteas, desde donde se desarrollan ramificaciones secundarias, las que a su vez, también presentan brácteas. Sobre las ramificaciones primarias y secundarias, se disponen pequeños tallos modificados, de apa-

riencia similar a hojas, denominados *cladófilas*, dispuestos en verticilos. Las cladófilas se forman en las axilas de las brácteas, y son de 20-30 mm de longitud y de 1,5 mm de diámetro (Fig. 1.1). La parte aérea o helecho puede crecer hasta una altura superior a los 2 m.

Las flores también se desarrollan en las axilas de las brácteas y cuelgan de un delgado pedúnculo. Son de color blanco-verdoso, con forma de campana, de 5-8 mm las femeninas y 3-5 mm las masculinas. Tanto las flores masculinas como las femeninas tienen estigma y estambres, pero en el caso de las flores masculinas el estigma se encuentra atrofiado, y en el caso de las flores femeninas, los estambres no se desarrollan completamente (Fig. 1.2). La flor masculina presenta seis estambres y la flor femenina tres pistilos. La polinización es entomófila o a través de insectos.

El fruto es una baya de color rojo y de 8 mm de diámetro aproximadamente (Fig. 1.2). Tiene tres lóculos con 1-2 semillas en cada uno. Las semillas son negras, de 3-4 mm y más o menos redondas. El peso de mil semillas es de 18-20 g, y el número de semillas por kilo es de 50-60 mil semillas (Fehér, 1992).

3. Desarrollo y crecimiento del espárrago

Como se dijo anteriormente el espárrago es una planta perenne que puede durar en producción muchos años (15-20 años). Cada planta se forma a partir de semillas que germinan en primavera (Fig. 1.3A). Durante la *germinación* se rompe la testa de la semilla y emerge la radícula. La germinación es hipógea, es decir el cotiledón permanece en el interior de la semilla. La *emergencia* corresponde a la aparición del brote aéreo. Posteriormente, en el estado de *plántula*, se diferencian y comienzan a desarrollar el rizoma, y los sistemas radiculares adventicios y fibrosos; también se desarrolla el primer brote aéreo, el cual puede alcanzar unos 20 cm de altura.

A partir de yemas vegetativas, que se han diferenciado en el rizoma, se desarrollan

nuevos brotes aéreos, los que crecen y se expanden, dando origen a los helechos. Ya a comienzos del verano el follaje lo conforman varios (4-8) helechos de 50-80 cm de alto, los que continuarán creciendo hasta el final del verano, igual que el rizoma y las raíces adventicias. También, durante el verano se diferencian nuevas yemas vegetativas en el rizoma, las que permanecerán como tal hasta la próxima temporada de crecimiento. La etapa *reproductiva* se inicia con la aparición de las primeras flores, lo que ocurre a mediados del verano. Luego se forman los frutos, que madurarán a fines del verano.

Durante el otoño ocurre la senescencia del helecho; de esta forma se inicia el receso invernal del espárrago y se completa el primer ciclo de crecimiento (Fig. 1.3A). En el caso de un vivero, la cosecha de coronas se efectúa durante el periodo del receso invernal.

El segundo ciclo de crecimiento se inicia con la plantación de coronas en invierno o primavera (Fig. 1.3B). A los pocos días después de plantación, las yemas brotan, emergen y crecen los turiones (tallos), formándose nuevamente los helechos. Durante este ciclo no hay cosecha de turiones y lo que se pretende es que se desarrolle el follaje, aumente la biomasa del rizoma y del sistema radicular de reserva, de manera de acumular suficientes reservas (carbohidratos), y que se diferencien un gran número de yemas vegetativas en el rizoma. En este ciclo el follaje puede alcanzar 1-2 m de altura. El periodo reproductivo es similar al del primer ciclo, pero se producen un número mayor de flores y de frutos por planta que en el primer ciclo. En el otoño se produce la senescencia del follaje y las plantas entran nuevamente en receso (Fig. 1.3B).

A partir del tercer ciclo, el cual se inicia con la brotación de turiones en primavera, se puede efectuar cosecha de turiones; el periodo de cosecha varía de acuerdo a la edad y vigor de la esparraguera (Fig. 1.3C). Al término de la cosecha, los turiones que quedan crecen y se expanden dando origen a los helechos. La producción de flores y frutos es similar a la del segundo ciclo, lo mismo que la senescencia del follaje y posterior receso invernal.

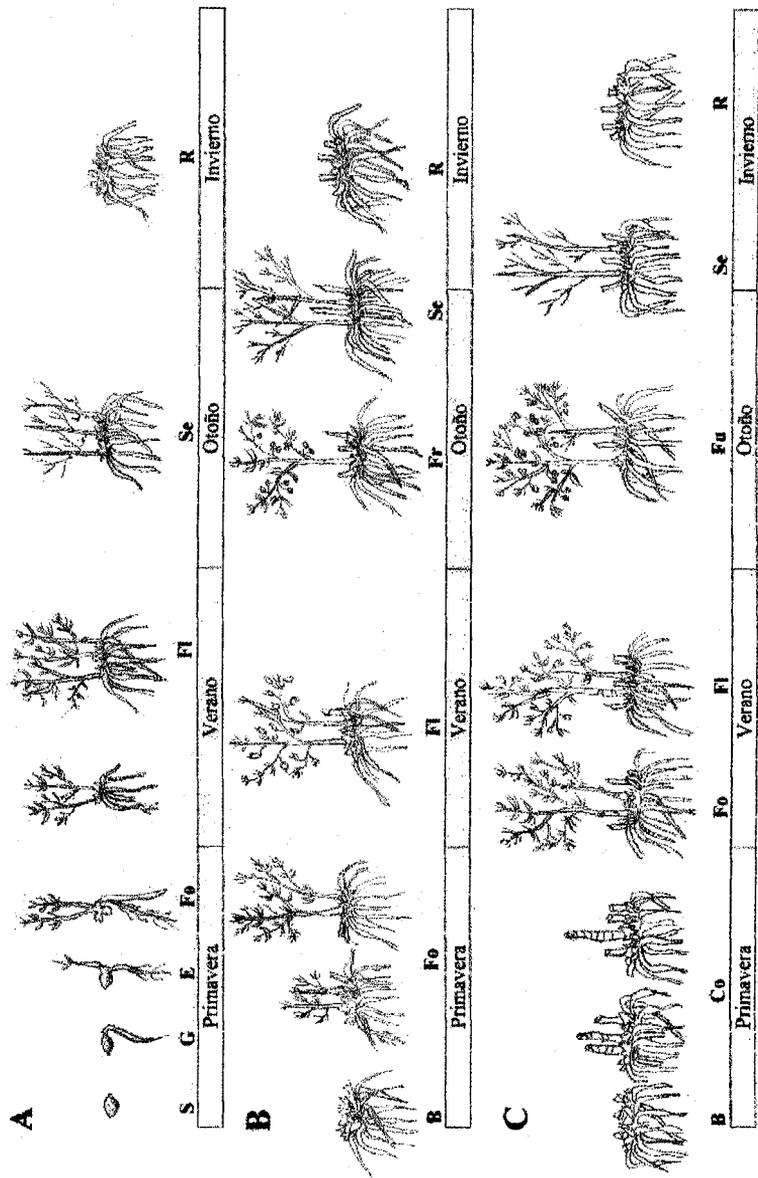


Figura 1.3. Ciclo de desarrollo y de crecimiento de la planta de espárrago en vivero (A), establecimiento de la esparraguera (B) y en primer año de producción (C). S es siembra; G es germinación; E es emergencia; Fo es brotación de turión; Co es cosecha de turiones; Fo es desarrollo del follaje; Fl es floración; Se es senescencia y R es receso invernal.

4. Fisiología del cultivo

El desarrollo y crecimiento del espárrago son afectados por diversos factores ambientales. La temperatura controla tanto procesos de desarrollo (eg. germinación, emergencia del brote aéreo, brotación del turión, floración, etc.), como de crecimiento, tales como la tasa de elongación del turión.

Por otro lado, la acumulación de carbohidratos y de biomasa depende de la actividad fotosintética de la planta, la que a su vez es afectada por factores ambientales y de manejo.

4.1. Germinación y emergencia

La tasa de germinación (y de emergencia), definida como el inverso del tiempo ($1/t$, 1/día) requerido para alcanzar un determinado porcentaje de germinación (e.g. 50%), aumenta cuando la temperatura (T , °C) excede la temperatura base (T_b , °C), es decir:

$$1/t = (T - T_b) b \quad T_b < T < T_o \quad (1)$$

donde t es el tiempo requerido para alcanzar un determinado porcentaje de germinación y T_o (°C) es la temperatura óptima. En este modelo $1/b$ es el tiempo térmico o suma térmica (θ_1 , °C día) (García-Huidobro *et al.*, 1982; del Pozo *et al.*, 1987; Durmur *et al.*, 1990). Este análisis puede extenderse para el rango de temperaturas supra-óptimas, en el cual $1/t$ decrece linealmente con un incremento en la temperatura, desde la temperatura óptima hasta la temperatura máxima (T_m):

$$1/t = (T_m - T) b' \quad T_o < T < T_m \quad (2)$$

donde $1/b'$ es el tiempo térmico (θ_2 , °C día) para el rango de temperaturas supra-óptimas (García-Huidobro *et al.*, 1982).

La temperatura mínima o base de germinación del espárrago a la cual hay emisión de radícula es 5,5 °C (Fig. 1.4). La tasa de germinación ($1/t$) aumenta al aumentar la temperatura desde la temperatura base hasta la temperatura óptima, T_o , que es de 26 °C. En T_o la tasa de germinación alcanza un valor máximo, es decir, la germinación ocurre en menos tiempo. Sobre la temperatura óptima la tasa de germinación disminuye, es decir, los días desde siembra a germinación se prolongan, siendo la temperatura máxima 43,7 °C (Fig. 1.4).

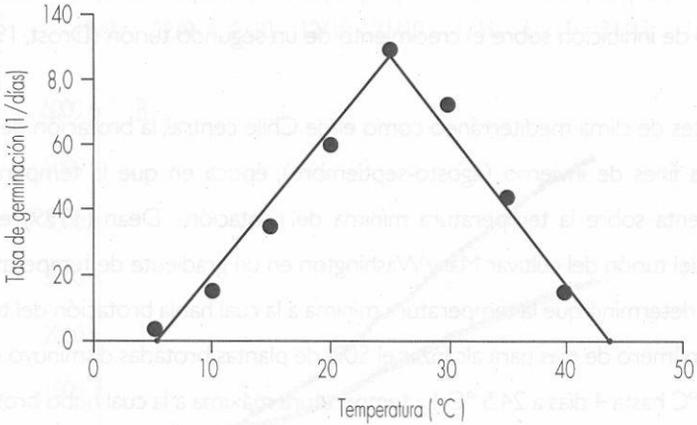


Figura 1.4. Relación entre la temperatura y la tasa germinación de semillas de espárragos. Los datos se obtuvieron de Harrington (1972). Regresiones son: $1/t = -0,0587 + 0,0107 * T, R^2 = 0,96$; $1/t = 0,5464 - 0,0126 * T, R^2 = 0,98$. Temperaturas cardinales: $T_b = 5,5$ °C; $T_o = 26$ °C; $T_m = 43,7$ °C.

Basado también en datos de Harrington (1972) fue posible establecer que los requerimientos de temperatura para la emergencia son similares a los de germinación. Por ejemplo T_b es de 6,2 °C y la suma térmica es de 196 °C día. Esto significa que cuando la temperatura del suelo es de 15 °C la plántula demoraría 22 días en emerger, mientras que a 26 °C se demoraría sólo 10 días. A la temperatura óptima (26 °C) también se alcanza el máximo porcentaje de emergencia (95 %), mientras que a 35 °C el porcentaje disminuye a 37 % (Harrington, 1972).

4.2 Brotación del turión

El patrón de brotación de yemas presenta dominancia apical, es decir, el turión que ha brotado y está en crecimiento inhibe la brotación y crecimiento de otros turiones de la misma planta (Robb, 1984). La remoción del turión en crecimiento durante el periodo de cosecha, permite la brotación y crecimiento de nuevos turiones. Esto hace que una planta pueda producir turiones durante un tiempo prolongado. Mientras mayor sea el intervalo de tiempo que transcurre desde que brota hasta que se corta el turión, mayor es el grado de inhibición sobre el crecimiento de un segundo turión (Drost, 1997).

En ambientes de clima mediterráneo como el de Chile central, la brotación de turiones comienza a fines de invierno (agosto-septiembre), época en que la temperatura del suelo aumenta sobre la temperatura mínima de brotación. Dean (1999) estudió la brotación del turión del cultivar Mary Washington en un gradiente de temperatura de 4 - 40 °C. Se determinó que la temperatura mínima a la cual había brotación del turión era 10,3 °C. El número de días para alcanzar el 50% de plantas brotadas disminuyó desde 18 días a 10,3 °C hasta 4 días a 24,5 °C. La temperatura máxima a la cual hubo brotación de turiones fue de 35 °C.

4.3. Crecimiento del turión

Durante el periodo de cosecha, el turión se deja crecer hasta los 20-25 cm, dependiendo de la época y del objetivo de la producción (fresco o congelado). El corte de turiones se hace diariamente a fin de obtener el máximo número de turiones comercializables. La producción diaria de turiones presenta grandes fluctuaciones, dependiendo de las condiciones térmicas del sitio (Fig. 1.5). Por esta razón, entender la interacción entre la temperatura y el crecimiento de turiones permitirá una mejor planificación de la cosecha y de la entrega a plantas procesadoras.

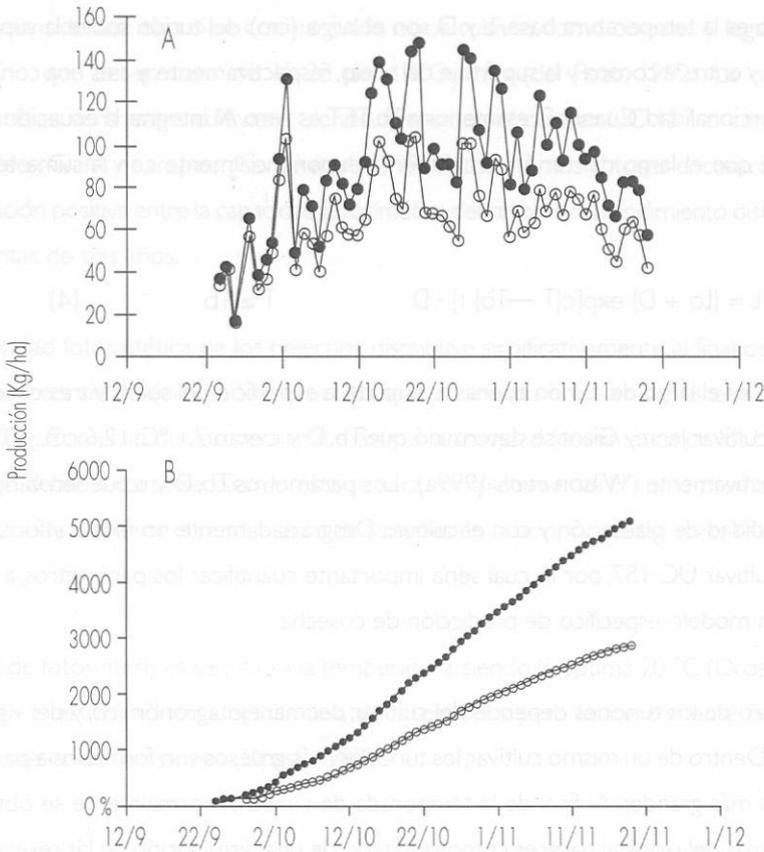


Figura 1.5. Producción diaria (A) y acumulada (B) en el segundo año de cosecha (1998) de una esparraguera comercial UC-157 plantada en 1996. (●) es producción total y (○) es producción comercial.

La tasa de elongación del turión (TET, cm/día) aumenta con la temperatura (Poll, 1996; Dean, 1999) y con el largo del turión (Nichols y Woolley, 1985). En el cultivar Mary Washington, Dean (1999) encontró que TET aumentaba entre 18 y 30 °C, pero ésta disminuía drásticamente a 36 °C. Wilson et al. (1999a) desarrollaron un modelo mecanístico que relaciona la tasa de elongación del turión con la temperatura ($T, ^\circ\text{C}$) y el largo del turión sobre la corona ($L + D$):

$$\text{TET} (= dL/dt) = c (T - T_b) (L + D) \quad T \geq T_b \quad (3)$$

donde T_b es la temperatura base, L y D son el largo (cm) del turión sobre la superficie del suelo y entre la corona y la superficie del suelo, respectivamente, y c es una constante de proporcionalidad. Cuando T es inferior a T_b , TET es cero. Al integrar la ecuación (3) se establece que el largo del turión (L) aumenta exponencialmente con la suma térmica $((T-T_b) t)$:

$$L = (L_0 + D) \exp[c(T - T_b) t] - D \quad T \geq T_b \quad (4)$$

donde L_0 es el largo del turión apenas asoma de la superficie del suelo, y t es el tiempo. Para el cultivar Jersey Giant se determinó que T_b , D y c eran $7,1$ °C, $12,6$ cm, y $0,02$ °C día, respectivamente (Wilson *et al.*, 1999a). Los parámetros T_b , D y c pueden variar con la profundidad de plantación y con el cultivar. Desgraciadamente no existe información para el cultivar UC-157, por lo cual sería importante cuantificar los parámetros a fin de ajustar un modelo específico de predicción de cosecha.

El diámetro de los turiones depende del cultivar, del manejo agronómico, y del vigor de la planta. Dentro de un mismo cultivar, los turiones más gruesos son formados a partir de las yemas más grandes. Al final de la temporada de cosecha, normalmente se obtienen turiones más delgados, al parecer, como resultado de una disminución de las reservas de carbohidratos en las raíces, y porque queda un remanente menor de yemas grandes.

4.4. Fotosíntesis

Los cladófilas son los principales órganos fotosintéticos, pero no los únicos. También los turiones son capaces de fijar CO_2 aunque a una tasa menor, ya que presentan bajos contenidos de clorofila y una menor densidad de estomas, comparado con las cladófilas (Drost, 1997).

La tasa de fotosíntesis en helechos es de $3-6 \mu mol CO_2/m^2/s$ (Drost, 1997; Faville *et al.*,

1999), considerada baja si se compara con otros cultivos como cereales y leguminosas de grano, que tienen tasas de 15-23 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ (del Pozo, 1992). La capacidad fotosintética varía entre cultivares, siendo menor en el cultivar UC-157 al compararlo con Jersey Giant y Karapiro (Faville *et al.*, 1999). Estos mismos autores encontraron una correlación positiva entre la capacidad fotosintética del cultivar y el rendimiento de turiones, en plantas de seis años.

La actividad fotosintética de los helechos disminuye significativamente al final de la estación de crecimiento (en otoño), a medida que el helecho entra en senescencia (Kelly y Bai, 1999). Con el fin de aprovechar al máximo la actividad fotosintética de los helechos, el follaje debiera cortarse cuando éste se seca completamente. El corte prematuro del follaje puede disminuir el rendimiento de turiones en la temporada siguiente (Kelly y Bai, 1999).

La tasa de fotosíntesis es sensible a la temperatura, siendo la óptima 20 °C (Drost, 1997). También el estrés hídrico afecta la tasa de fotosíntesis, pero aparentemente en menor grado que en otros cultivos (Drost, 1997).

4.5. Acumulación de carbohidratos y de biomasa

Como resultado de la actividad fotosintética, en los helechos se sintetizan los carbohidratos sacarosa, fructosa y glucosa. Estos son trasladados al sistema radical donde son almacenados como fructo-oligosacáridos. El contenido de carbohidratos en las raíces de reserva presenta fuertes variaciones a través del año, dependiendo de la dinámica del crecimiento de la parte aérea (Haynes, 1987) y del periodo de cosecha (Wilson *et al.*, 1999b). En primavera, los carbohidratos almacenados son retranslocados a la parte aérea de la planta, y son responsables, en un gran porcentaje, del crecimiento de turiones y por lo tanto de la producción comercial. La concentración de carbohidratos en las raíces disminuye drásticamente durante la cosecha de turiones en primavera y, posteriormente,

durante la formación del helecho, pero luego se recupera a medida que los helechos alcanzan su máxima expansión (Haynes, 1987).

Evaluaciones efectuadas en Nueva Zelanda demostraron que la biomasa del rizoma y de las raíces aumentaba considerablemente en los dos primeros años desde el establecimiento (Cuadro 1.1). La concentración de carbohidratos en las raíces aumentaba ligeramente, pero la cantidad de carbohidratos en raíces y rizoma aumentaba 30 veces en los dos primeros años (Cuadro 1.1). La biomasa aérea al final del periodo de crecimiento del helecho es menor que la biomasa de la parte subterránea (Haynes, 1987). Wilson et al (1999) reportan hasta 9 ton/ha de materia seca de helechos y hasta 6 ton/ha de carbohidratos acumulados en raíces, en una esparraguera (cv. Jersey Giant) de tres años.

Cuadro 1.1. Pesos secos de rizoma, raíces y total de la planta, y concentración y contenido de carbohidratos en raíces de espárrago (cv. Limbras 10), evaluados al momento de la plantación y en los dos años siguientes, en Nueva Zelanda. Fuente: Haynes (1987).

Medición	Agosto año 1 (establecimiento)	Agosto año 2	Agosto año 3
Peso del rizoma (g por planta)	0,15	3,1	12
Peso raíces (g/planta)	3,7	30	93
Peso total (g por planta)	3,8	33	105
Concentración de carbohidratos (mg fructosa/g)	610	640	660
Total carbohidratos en raíces (mg fructosa/planta)	2	19	61

4.6. Productividad

La producción de turiones depende de la disponibilidad de recursos que se encuentran en la corona, esto es carbohidratos y número de yemas, principalmente. El número de yemas por planta es lo que determina el número potencial de turiones.

El período productivo de una esparraguera (longevidad) debiera superar los 10 años en una plantación comercial, si esta ha sido bien manejada. Desgraciadamente esto no es así, al menos en la VIII región. La experiencia de diversos productores en la zona indica que la productividad de las esparragueras disminuye a partir del sexto año, momento en el cual éstas debieran alcanzar su máxima producción y mantener estos altos niveles por 4-5 años más. Uno de los factores de manejo, determinantes de la longevidad del cultivo, es el largo del período de cosecha. Otros factores como disponibilidad de agua y manejo del riego, fertilidad del suelo y nutrición mineral, y sanidad del cultivo, son también importantes y serán tratados con profundidad en capítulos posteriores.

4.6.1. *Periodo de cosecha*

El manejo del periodo de cosecha y del crecimiento del helecho es fundamental para lograr una producción estable y duradera en el tiempo. La época y duración del periodo de cosecha varía según el clima, edad y vigor de la esparraguera. En Chile, en general, la cosecha se realiza entre septiembre y principios de diciembre. Sin embargo, es habitual entre los productores extenderse en la cosecha de esparragueras más antiguas, hasta mediados e incluso fines de diciembre, esperando aumentar la producción debido a la pérdida que se ocasiona con las lluvias y bajas temperaturas de inicios de primavera, momento en que se empieza a cosechar.

La prolongación excesiva del período de cosecha puede afectar los recursos de la corona, debido a que se reducen los contenidos de carbohidratos en las raíces y el número de yemas en el rizoma, al punto de reducir el follaje en verano. También, se acorta el período de recuperación de la planta en verano, que es cuando acumula reservas para la próxima cosecha (Kelly y Bai, 1999). Investigaciones realizadas en Michigan, con la variedad Mary Washington, determinaron que la cosecha de 4 o 6 semanas en el segundo año, seguida por cosechas de 8 o 10 semanas al tercer año, redujeron significativamente los rendimientos al cuarto año, al compararla con cosechas de 2 semanas al segundo año y 6 semanas al tercer año. Los niveles de carbohidratos disminuyeron durante la cosecha

y continuaron disminuyendo después de cosecha durante el crecimiento del helecho, aumentando solamente una vez que los tallos habían madurado, restituyéndose los niveles de pre-cosecha hacia fines del verano (Shelton y Lacy, 1980). En Nueva Zelanda, la extensión de la cosecha hasta enero impidió que las raíces recuperaran los niveles de carbohidratos y, en consecuencia, se afectó la producción en la temporada siguiente (Wilson *et al.* 1999b).

Dufault (1995) evaluó el efecto de cuatro intensidades de cosecha (3, 6, 9 y 12 turiones/planta/temporada) y dos momentos de cosecha (normal de primavera y forzada de verano) sobre la producción en el tiempo de la variedad UC-157 FI. Determinó que la intensidad de cosecha afectó más el rendimiento que el momento de cosecha durante los tres primeros años, pero después fue al revés. La vida productiva de las plantas cosechadas en primavera fue sólo de 3 años, debido a la gran pérdida de plantas, en cambio en las forzadas a producir en verano no se observó este problema. Los rendimientos acumulados a través de 5 años fueron más altos en el sistema forzado de verano y con las intensidades más altas (9 y 12 turiones/planta). Es importante aclarar que este ensayo fue realizado en Carolina del Sur (clima sub-tropical).

El número de yemas en el rizoma aumenta con la edad de la planta, a medida que crece el rizoma. Al momento de la plantación las coronas presentan 5-10 yemas. Al final del primer ciclo de crecimiento (Fig. 1.3A) el número de yemas aumenta a 15-20, y al final del segundo ciclo (Fig. 1.3B) éstas aumentan a 30-35 por corona (Haynes, 1987; del Pozo, no publicado). En plantas de 3 o más años, el número de yemas por corona puede superar las 50 (Wilson *et al.* 1999b; Sinton y Wilson, 1999). La formación de nuevas yemas se produce en verano durante la fase de crecimiento del helecho (Haynes, 1987). En consecuencia cualquier estrés, incluyendo la sobre cosecha (Wilson *et al.*, 1999b), afectará negativamente la formación de nuevas yemas.

Bajo las condiciones agroclimáticas de la zona centro-sur de Chile, al año después de plantación, es decir al segundo año, es posible efectuar una primera cosecha de hasta

cuatro semanas a partir de septiembre, previsto que el establecimiento fue adecuado y que las plantas tuvieron un buen desarrollo. En el tercer año, el periodo de cosecha se puede extender hasta ocho semanas (Fig. 1.5), siempre y cuando se haya hecho un adecuado manejo del cultivo en el verano anterior. En esparragueras de más de tres años de edad, la cosecha de turiones podría extenderse hasta fines de noviembre - primeros días de diciembre. De esta manera, la fase de crecimiento del helecho dura 5 meses aproximadamente (entre diciembre y abril), lo que permitiría un adecuado balance entre gasto y recuperación de carbohidratos en las raíces, en un abundante número de yemas para la próxima temporada.

5. Glosario

Brácteas:	Estructuras triangulares que se ubican en el turión y en el helecho, y que corresponden a las hojas verdaderas de la planta de espárrago.
Cladófilas:	Pequeños tallos modificados de apariencia similar a hojas.
Corona:	Parte subterránea de la planta de espárrago, compuesta por el rizoma y el sistema radical.
Desarrollo:	Proceso de iniciación y ocurrencia de órganos.
Fenología:	Corresponde a los distintos estados de desarrollo que se suceden en una planta a lo largo de su vida, y que son identificables por cambios morfológicos y/o fisiológicos.
Fotosíntesis:	Proceso a través del cual las plantas asimilan CO ₂ desde el aire.
Raíces absorbentes:	Raíces delgadas y fibrosas responsables de la absorción de agua y nutrientes desde el suelo.
Raíces adventicias:	Raíces gruesas, carnosas, responsables del almacenamiento de carbohidratos.
Rizoma:	Estructura que une la parte aérea y las raíces de la planta. Es un tallo modificado.

- Suma térmica: Es la acumulación de temperatura sobre una temperatura base.
- Tasa de desarrollo: Es el recíproco de la duración de un proceso de desarrollo (e.g. desde siembra a emergencia).
- Temperatura base: Temperatura a la cual la tasa de desarrollo es cero.
- Temperatura óptima: Temperatura a la cual la tasa de desarrollo (o de crecimiento) es máxima.
- Temperatura máxima: Temperatura límite, superior a la temperatura óptima, a la cual la tasa de desarrollo es cero.
- Tiempo térmico: Suma térmica.
- Turión: Tallo comestible que se cosecha. También se le conoce como espárrago.

Agradecimientos

A Mónica Valdés por la confección de los dibujos de plantas de espárragos.

Literatura citada

- Benson, B. 1999. World asparagus production areas and production periods. *Acta Horticulturae*, 479: 43-50.
- Dean, B.B. 1999. The effect of temperature on asparagus spear growth and correlation of heat units accumulated in the field with spear yield. *Acta Horticulturae*, 479:289-296.
- Del Pozo, A. 1992. Carbon/Nitrogen relations in cereals and legumes. Ph.D. Thesis, University of Reading. 269 pp.
- Del Pozo, A., García-Huidobro, J., Novoa, R. and Villaseca, S. 1987. Relationship of base temperature to development of spring wheat. *Experimental Agriculture*, 23: 21-30.
- Drost, D.T. 1997. Asparagus. In: H.C. Wien (Ed.) *The Physiology of vegetable Crops*. CAB International. University Press, Cambridge. p. 621-649.

- Dufault, R.J. 1995. Harvest pressures affect forced summer asparagus yield in coastal South Carolina. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120 (1) : 14-20.
- Dumur, D., Pilbeam, C. and Craigon, J. 1990. Use of Weibull function to calculate cardinal temperatures in faba bean. *Journal Experimental Botany*, 41: 1423 -1430.
- Faville, M.J., Green, T.G.A; Silvester, W.B. and Jermyn, W.A. 1999. Cladophyll characteristics as possible contributors to genetic variation in asparagus fern photosynthesis capacity. *Acta Horticulturae*, 479: 85-90.
- Fehér, E. 1992. *Asparagus*. Akadémiai Kiado, Budapest. 161 p.
- García-Huidobro, J., Monteith, J.L. and Squire, G.R., 1982. Temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S.& H.) I. Constant temperature. *Journal Experimental Botany*, 33: 288-296.
- Harrington, J.F. 1972. Tableau de germination des graines de quelques especes potageres en fonction de la température du sol. *Journal Officiel*, 12.
- Haynes, R.J. 1987. Accumulation of dry matter and changes in storage carbohydrate and amino acid content in the first 2 years of asparagus growth. *Scientia Horticulturae*, 32: 17-32.
- Kelly, J.F. and Bay, Y. 1999. Pre-senescence removal of asparagus (*Asparagus officinalis*) fern. *Acta Horticulturae*, 479: 427-430.
- Nichols, M.A., and Woolley, D.J. 1985. Growth studies with asparagus. *Proceeding of the 6th International Asparagus Symposium*, Guelph, Canada. pp. 287-297.
- Poll, J.T.K. 1996. The effect of temperature on growth and fibrousness of green asparagus. *Acta Horticulturae*, 415: 183-187.
- Robb, A.R. 1984. Physiology of asparagus (*Asparagus officinalis*) as related to the production of the crop. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 12: 251-260.
- Shelton, D.R. and M.L. Lacy. 1980. Effect of harvest duration on yield and depletion of storage carbohydrates in *Asparagus* roots. *Journal American Society Horticulture Science*, 105 (3) : 332-335.
- Sinton, S.M. and Wilson, D.R. 1999. Comparative performance of male and female plants during annual growth cycle of a dioecious asparagus cultivar. *Acta Horticulturae*, 479: 347-353.

- Wilson, D.R., Cloughley, C.G. and Sinton, S.M. 1999a. Model of the influence of temperature on the elongation rate of asparagus spears. *Acta horticulturae*, 479: 297-304.
- Wilson, D.R., Sinton, S.M. y Wright, C.E. 1999b. Influence of time of spear harvest on root system resource during the annual growth cycle of asparagus. *Acta Horticulturae*, 479: 313-319.

Capítulo 2

REQUERIMIENTOS DE AGUA DEL ESPÁRRAGO: ¿CUÁNTO Y CUÁN A MENUDO?

Dan Drost

Department of Plants, Soils and Biometerology, Utah State University, 4820 University Hill, Logan, UTAH 84322-4820, USA.

1. Introducción

El espárrago ha sido clasificado como una planta tolerante a la sequía. Esta reputación puede provenir de la dificultad en observar marchitez en los helechos desarrollados, leñosos. Sin embargo, en plántulas de espárrago, el mejor crecimiento ocurre cuando los suelos se mantienen cercanos a capacidad de campo (Wilcox-Lee, 1987). Aplicaciones regulares de riego a las plántulas de espárrago son necesarias debido al arraigamiento superficial de las plantas jóvenes. El riego durante el establecimiento mejora la supervivencia de las plantas y el rendimiento durante los primeros años de cosecha, confirmando los beneficios del riego en las plantaciones nuevas (Sterrett *et al.*, 1990).

Aunque el espárrago ha sido clasificado como una planta tolerante a sequía, los investigadores han observado marchitez, muerte de helecho y tallo, y reducciones en el rendimiento bajo condiciones de baja humedad en el suelo (Van Bakel y Kerstens, 1971). En las regiones desérticas del oeste norteamericano, la producción de espárrago depende del riego, aunque las aplicaciones de agua varían mucho. El aumento de la eficiencia en el uso del agua en los sistemas de producción de espárrago en el oeste de EEUU es una prioridad, debido a que la urbanización demanda más de este recurso limitado. En la costa sur de California, se necesitan 90 cm de precipitación y riego para la producción de espárragos, mientras que las aplicaciones en el norte de California y este de Washington fluctúan entre 50 y 75 cm. En el Valle Imperial del sur de California y Arizona, los requerimientos anuales de agua están por sobre los 300 cm. Se necesitan mayores tasas de

aplicación de agua donde las temperaturas y tasas de evaporación del verano son excesivas, y la estación de crecimiento es larga. Los requerimientos de agua en las áreas más templadas (Michigan, New Jersey) no se han determinado. ¿Por qué? Porque en estas áreas ha habido poca respuesta al riego debido a las altas precipitaciones de verano.

En plantaciones adultas en climas templados, generalmente no es necesario el riego durante la cosecha, debido a que el uso del agua por parte de la planta es bajo (Roth y Gardner, 1990) y las precipitaciones de invierno y primavera a menudo recargan el perfil del suelo con humedad. Agregar agua durante la cosecha puede enfriar los suelos, dando como resultado un crecimiento lento de los turiones, disminución de la calidad de éstos y de los rendimientos (Cannell y Takatori, 1970). Sin embargo, los suelos secos pueden reducir el número de veces que el cultivo es cosechado (Brasher, 1956). Por lo tanto, el riego puede ser necesario para asegurar el crecimiento del turión, minimizar el daño a los turiones por partículas de suelo sueltas, afirmar el suelo para mejorar el tráfico durante la cosecha o enfriar el suelo durante el tiempo caluroso para evitar que los turiones se abran antes de alcanzar la altura de corte (Roth y Gardner, 1989).

Las restricciones de agua son más críticas durante el crecimiento de la parte aérea, ya que la productividad del helecho puede afectarse (Van Bakel y Kerstens, 1971). Un estrés en esta época limita el crecimiento de la planta (Takatori *et al.*, 1970; Kaufmann, 1977; Hartmann, 1981), disminuye la capacidad fotosintética y el metabolismo de los carbohidratos, de manera que menos energía es almacenada para uso futuro. Cuando los niveles de precipitación fueron altos durante el verano, los rendimientos del espárrago aumentaron al año siguiente (Hartmann, 1981; Hartmann *et al.*, 1990), debido lo más probablemente a condiciones de crecimiento más favorables. Un estrés de humedad en un año puede impactar la productividad el año siguiente. El estrés hídrico redujo el crecimiento del helecho (Cannell y Takatori, 1970) y bajó el rendimiento por disminución del número de turiones (Takatori *et al.*, 1970), diámetro del turión (Hartmann, 1981) y distribución del tamaño de los turiones (Roth y Gardner, 1990). El aplicar menos agua en un año disminuyó los rendimientos al año siguiente, principalmente por disminución del

peso de los turiones de diámetro grande (Roth y Gardner, 1990). Por lo tanto, se necesitan niveles adecuados de humedad en el suelo para asegurar una alta productividad.

Bajos niveles de humedad en el suelo influyen también el balance de los carbohidratos en espárrago. Condiciones de sequía disminuyen el contenido de glucosa, sacarosa y fructosa en el helecho, lo cual está asociado con la senescencia del follaje, y bajan los niveles de fructano en las raíces, ya que las tasas de respiración aumentan (Pressman *et al.*, 1989). Lo anterior debido a que el estrés hídrico reduce la eficiencia fotosintética.

En Arizona, California y Perú, los requerimientos de agua son altos debido a que las temperaturas son frecuentemente excesivas (Cannell y Takatori, 1970; Roth y Gardner, 1989, 1990; Toledo, 1990). En estas áreas, a menudo se usa el agua para inducir el crecimiento o promover la dormancia a través del año. En Perú, las plantaciones comerciales se llevan a producción por estimulación del crecimiento del turión con riego (Toledo, 1990). Después del período de cosecha, se permite el crecimiento del helecho por cuatro meses. Al dejar de regar se induce la dormancia. Una vez que el helecho se seca, el ciclo de producción se inicia nuevamente con la adición de agua.

Pocos estudios han intentado evaluar los efectos a largo plazo del riego sobre el comportamiento del espárrago (Hanna y Doneen, 1958; Cannell y Takatori, 1970; Takatori *et al.* 1970). En la mayoría de estos estudios se ha evaluado el crecimiento del helecho y del rendimiento del cultivo, pero no mencionan el hecho de cómo el estrés hídrico afecta el desarrollo de raíces y yemas, o el mecanismo fisiológico del estrés sobre el espárrago. Un estrés hídrico durante el período de producción del helecho (verano) tendrá el mayor efecto sobre la productividad a largo plazo. Ya que el estrés limita la iniciación y el crecimiento de yemas y raíces, y la acumulación de carbohidratos en las raíces, se requiere de estudios más acabados sobre los efectos del estrés hídrico. La información que se entrega aquí, contempla una serie de estudios en espárrago, que ayudan a entender como el espárrago responde al estrés hídrico. De esta información, los agricultores, asesores y científicos pueden desarrollar estrategias de riego que aseguren que el manejo del agua en espárrago se mantenga bajo óptimas condiciones para una máxima productividad.

2. Procedimientos experimentales

Los experimentos descritos aquí se condujeron en la Universidad de Cornell y en la Universidad del Estado de Utah durante los últimos 10 años. El objetivo ha sido entender mejor el impacto que el agua tiene sobre el crecimiento del espárrago, su fisiología y productividad. Se hicieron crecer plantas de espárrago provenientes de semillas y de coronas, en invernadero o en el campo. Las plantas se mantuvieron bajo condiciones óptimas de humedad durante el establecimiento. Una vez establecidas, fueron sometidas a varias condiciones de estrés hídrico. En todos los estudios se usó la variedad de espárrago Syn 4-56. Las prácticas culturales como fertilización, control de malezas, insectos y enfermedades se estandarizaron para minimizar sus efectos sobre el crecimiento de la planta.

2.1. Estudios en invernadero (2 años)

Se hicieron crecer plantas de espárrago en macetas grandes rellenas con suelo franco arenoso y regadas de tal forma de mantener los potenciales de agua del suelo (PAS) sobre $-0,05$ MPa hasta el inicio del estudio. Los potenciales de agua del suelo fueron monitoreados a través del experimento con tensiómetros y bloques de resistencia para determinar la humedad del suelo. Los tensiómetros se utilizaron para determinar PAS mayores que $-0,1$ MPa, mientras que los bloques de resistencia se usaron para PAS menores a $-0,1$ MPa. Las mediciones de PAS se iniciaron cuando las plantas tenían aproximadamente 6 meses de edad. El suelo se saturó al comienzo del experimento y se dejó secar hasta un PAS de $-0,05$ (capacidad de campo), $-0,3$ (estrés suave) o $-0,5$ MPa (estrés severo) antes de volver a regar. Las lecturas de los tensiómetros y los bloques se hicieron diariamente y las macetas se regaron cuando la lectura promedio igualó los niveles del tratamiento prescrito.

Se cosecharon plantas de cada tratamiento cuatro veces durante el período de crecimiento del helecho. Se evaluó el número de helechos, de yemas y de raíces por planta,

peso seco de helechos y de raíces, potencial hídrico, tasa máxima de fotosíntesis, rendimiento de turiones y contenido de carbohidratos en la raíz. Al final de la estación de crecimiento, se dejó secar el suelo, antes de poner las plantas en almacenaje frío. La siguiente primavera se sacaron las plantas del almacenaje, se regaron y fertilizaron para re-iniciar el crecimiento del helecho. Las plantas crecieron por seis semanas sin estrés antes de someterlas a un nuevo set de tratamientos de PAS. En el segundo año se evaluaron nueve diferentes combinaciones de PAS (tratamientos de PAS de $-0,05$, $-0,3$ y $-0,5$ MPa del año 2 fueron intercaladas dentro de los tratamientos de PAS del año 1). Las evaluaciones de crecimiento y producción se efectuaron en cuatro fechas. Se usó este diseño para evaluar la respuesta y recuperación del espárrago a PAS previos. Los potenciales de agua del suelo aplicados y los datos tomados fueron similares al primer año.

2.2. Estudios de campo [6 años]

Los experimentos de invernadero ilustraron que las plantas de espárrago sometidas a estrés hídrico en el año 1, podían recuperarse si eran regadas adecuadamente en el año 2. Se diseñó un experimento de campo más grande para observar el impacto de períodos más largos de estrés sobre la supervivencia y productividad. El experimento se llevó a cabo en Utah, donde las precipitaciones de verano promedian 5 cm durante el período de crecimiento del helecho. Los riegos se programaron basados en el método del balance de agua, usando el agua disponible en el suelo ($0,15$ cm/ $0,1$ m de suelo), agotamiento del agua del suelo (50% del agua utilizable por la planta), evaporación de bandeja diaria, precipitación y tasa de riego. Cambios en la profundidad de enraizamiento, características de la retención de agua del suelo y el área del helecho (coeficiente del cultivo) afectan la tasa de agotamiento del agua del suelo. La evaporación de bandeja diaria multiplicada por un coeficiente de cultivo fijo ($0,95$) se usó para calcular el uso diario de agua del cultivo. Los valores de uso diario de agua fueron agregados hasta que el uso acumulado de agua se aproximó al uso de agua permitido por el suelo ($1/2$ del agua disponible), momento en el cual se regó para rellenar el perfil del suelo.

Los tratamientos de riego se iniciaron un año después de la plantación y después que el helecho se había desarrollado (inicios de julio de 1993). Los tratamientos incluyeron un control, niveles de estrés moderado y severo, los que equivalieron a la reposición del 80%, 40% y 0% de la evapotranspiración (ET), respectivamente. Estos tratamientos se seleccionaron ya que aproximadamente el 20% de la ET ocurre durante los períodos de cosecha y establecimiento del helecho. Los niveles de humedad del suelo se midieron con una sonda de neutrones a intervalos de 0,15 m y a una profundidad de 1.35 m. Los tratamientos de riego se efectuaron durante el verano desde 1993 a 1997.

Se sacaron plantas del campo tres veces cada año. Se determinó la influencia del estrés hídrico sobre el desarrollo del helecho, raíz y yema, rendimiento de turiones y relaciones planta-agua. Las plantas se evaluaron antes de la cosecha de turiones (abril), después del establecimiento del helecho (julio) y nuevamente después de la primera helada (octubre). En cada muestra, se contaron y pesaron turiones o helechos. Las coronas y raíces se desenterraron, lavaron y pesaron, y se contaron las yemas y raíces adventicias (de reserva). Desde 1994 y hasta 1997, las parcelas fueron cosechadas tres veces a la semana por 3, 5, 7 y 10 semanas respectivamente. Durante 1994-1997 se estudió la distribución de las raíces en el suelo. Para esto se hicieron calicatas (1 m de ancho por 1.5 m de profundidad) en el suelo y se contaron las raíces en la pared de la calicata.

3. Resultados

3.1. Estudios en Invernadero: Universidad de Cornell

3.1.1. Primer año de estrés hídrico

Al hacer crecer plantas de espárragos en invernadero con niveles decrecientes de potencial de agua del suelo (i.e. mayor estrés hídrico), se alteró significativamente el crecimiento de la planta. El número de helechos, raíces y yemas, y en el peso seco de helechos y de raíces, disminuyó a medida aumentó el estrés hídrico (Cuadro 2.1). Este efecto fue

notorio en todas las cosechas hechas durante el primer año. La disminución del potencial de agua del suelo, PAS, afectó el tamaño de las yemas en el primer año previo a la cosecha (Figura 2.1). Debido a que tanto el número como el tamaño de las yemas determinan el rendimiento de turiones, los efectos del estrés del PAS en el año 1 fueron evaluados en el siguiente año de cosecha. No hubo diferencias en el número de turiones cosechados (8 por planta) en ninguno de los tratamientos de PAS en la siguiente primavera. Sin embargo, hubo una disminución en el peso de cosecha por planta desde 5 a 3,6 gramos por planta a medida que el PAS disminuyó desde -0,05 a -0,5 MPa. Además, la distribución de los diámetros de los turiones cosechados se alteró debido al estrés hídrico del año anterior (Figura 2.2). La desviación de los tamaños de los turiones de una distribución normal sugiere que algunas yemas fueron afectadas adversamente por el estrés del año anterior. Debido a que las yemas más pequeñas producen turiones más pequeños, una disminución en el peso de la cosecha sería evidente.

Cuadro 2.1. Efectos de los potenciales de agua del suelo (PAS) en el año 1 sobre el helecho, raíces y yemas del espárrago.

Tratamiento Niveles (MPa)	Número/planta			Peso seco (g)	
	Helecho	Raíces	Yemas	Helecho	Raíces
-0,05	12,7	92,3	27,7	37,9	89,7
-0,30	11,9	88,3	24,5	36,9	78,7
-0,50	10,6	84,3	22,2	34,1	72,4
Sign.	[**	[***	[***	[**	[**

** , *** significativo a $P \leq 0,01$ o $0,001$, respectivamente. (L=lineal)

3.1.2. Segundo año de estrés hídrico

El crecimiento y rendimiento del espárrago varía de un año a otro. Por la intercalación del segundo año de PAS en el primer año, se demostró que el estrés hídrico aplicado en el año 1 no afectó el número y peso de helechos y raíces en el segundo año (Cuadro 2.2). Los

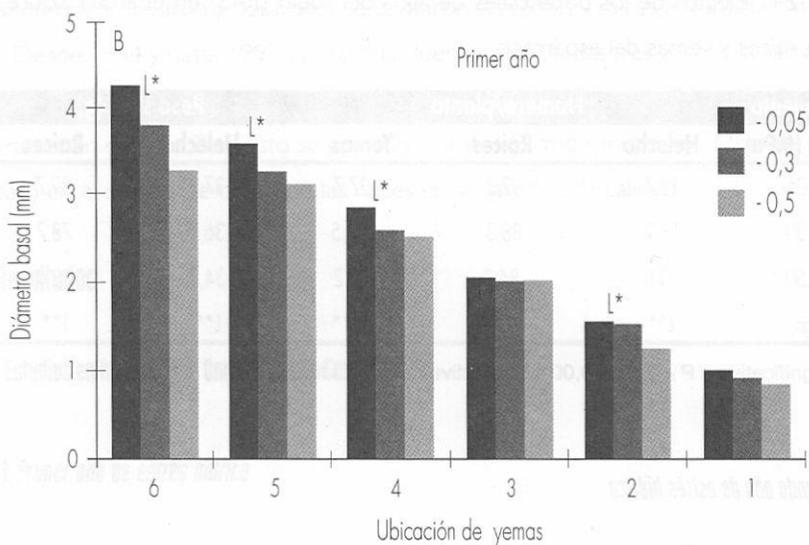
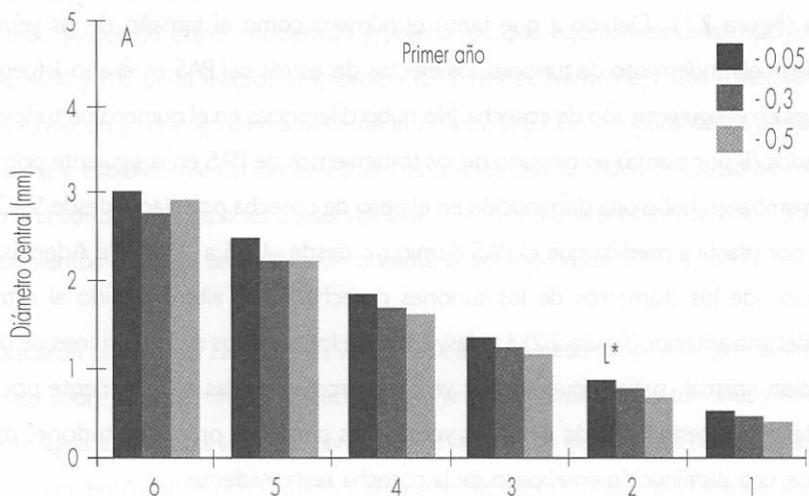


Figura 2.1. Diámetro central (A) y basal (B) de la yema, influenciado por el PAS y la ubicación dentro del racimo de yemas.

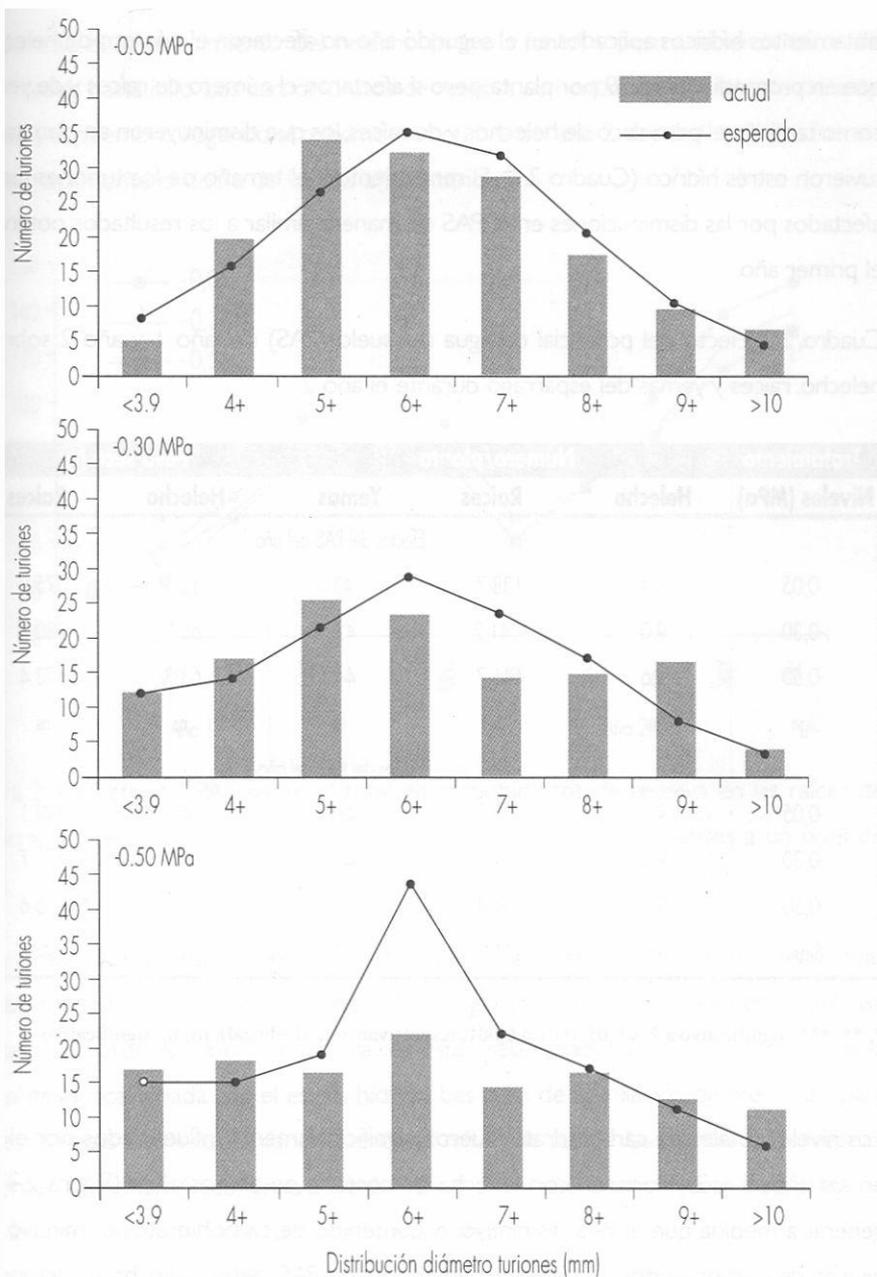


Figura 2.2. Efecto del PAS sobre la distribución del tamaño de los turiones para $-0,05$, $-0,3$ y $-0,5$ MPa. Los valores son el número real y esperado de turiones en cada clase.

tratamientos hídricos aplicados en el segundo año no afectaron el número de helechos, que en promedio fueron 9 por planta, pero si afectaron el número de raíces y de yemas, como también el peso seco de helechos y de raíces, los que disminuyeron en plantas que tuvieron estrés hídrico (Cuadro 2.2). El rendimiento y el tamaño de los turiones fueron afectados por las disminuciones en el PAS de manera similar a los resultados obtenidos el primer año.

Cuadro 2.2. Efecto del potencial de agua del suelo (PAS) del año 1 y año 2 sobre el helecho, raíces y yemas del espárrago durante el año 2.

Tratamiento	Número/planta			Peso seco (g)		
	Niveles (MPa)	Helecho	Raíces	Yemas	Helecho	Raíces
			Efectos del PAS del año 1			
	-0,05	8,9	138,7	43,8	58,5	175,7
	-0,30	9,0	141,2	42,3	63,3	180,3
	-0,50	9,6	141,7	44,5	63,3	173,4
	Sign.	ns	ns	ns	ns	ns
			Efectos del PAS del año 2			
	-0,05	9,1	152,0	48,4	64,1	192,1
	-0,30	9,4	135,2	41,9	59,9	171,7
	-0,50	9,1	134,4	40,4	60,7	165,6
	Sign.	ns	L***	L**	L*	L**

*, **, *** significativo a P ≤ 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente (L=lineal). ns, no significativo.

Los niveles totales de carbohidratos fueron significativamente influenciados por el PAS en los años 1 y 2 y variaron con la fecha de cosecha en ambos años (Figura 2.3). En general, a medida que el PAS disminuyó, el contenido de carbohidratos disminuyó. Los niveles de carbohidratos aumentaron en todos los PAS desde julio hasta octubre el primer año. Después del almacenaje (mayo), los niveles de carbohidratos disminuyeron levemente al compararlos con octubre del año 1. Los carbohidratos continuaron bajan-

do durante el establecimiento del helecho (mayo a junio) y permanecieron cerca de esos niveles hasta julio. Los carbohidratos de reserva aumentaron rápidamente durante agosto y septiembre, llegando al máximo en octubre del año 2, donde los niveles fueron aproximadamente el doble de los del año anterior.

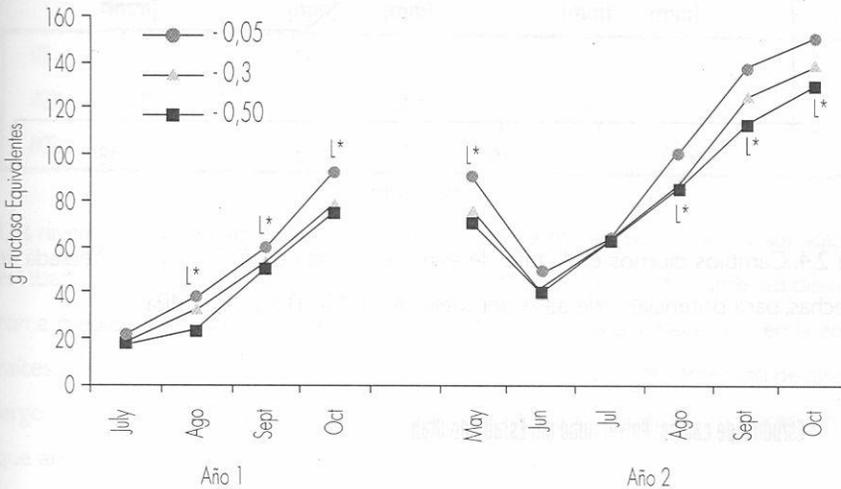


Figura 2.3. Efecto del PAS sobre el total de carbohidratos de reserva en las raíces de espárragos crecidos en invernadero. Las diferencias (*) son significativas a un nivel de 0,05.

Las plantas de espárrago bien regadas tuvieron tasas más altas de fotosíntesis que las plantas con estrés hídrico, durante todo el día (Figura 2.4). Las reducciones en la cantidad de carbohidratos de reserva en las raíces están relacionadas con la disminución en la fotosíntesis, ocasionada por el estrés hídrico. Las tasas de asimilación de medio día para los espárragos con estrés hídrico fueron la mitad de las de las plantas bien regadas. Entonces, la exposición continua a estrés hídrico disminuirá el crecimiento de la planta, lo que finalmente afecta la productividad de la planta.

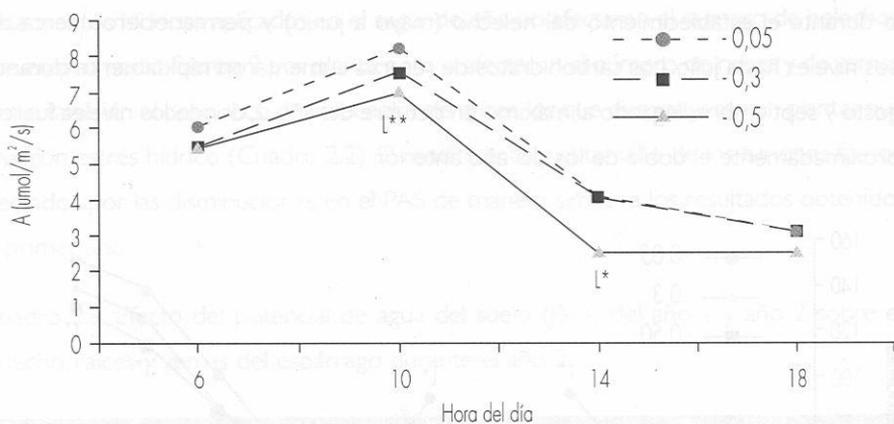


Figura 2.4. Cambios diurnos en la tasa de asimilación neta de CO_2 (A), promediada de tres fechas, para potenciales de agua del suelo de $-0,05$, $-0,3$ y $-0,5$ MPa.

3.2. Estudios de campo: Universidad del Estado de Utah

3.2.1. Aplicación estacional de agua y contenido de agua del suelo

Con los resultados del estudio hecho en invernadero en la mente, se diseñó un experimento grande de campo para observar los efectos a largo plazo del estrés hídrico sobre el crecimiento y productividad del espárrago. Los niveles de aplicación de agua y el número de riegos aplicados varió de temporada en temporada (Cuadro 2.3). En 1994, la profundidad de enraizamiento utilizada para calcular las necesidades de agua fue 0,8 m, aunque el 80% de las raíces estaban localizadas entre los 0 y 0,5 m de profundidad. Desde 1995 a 1997, la profundidad de enraizamiento fue 1 m, 1,2 m y 1,5 m, respectivamente. Se esperaba una diferencia en el agua aplicada a medida que las plantas crecían y la profundidad de enraizamiento aumentaba. La frecuencia de riego depende de la evapotranspiración, precipitación, profundidad de enraizamiento, intervalos entre riegos y la cantidad total de agua aplicada en cada riego, la que varía con el año.

Cuadro 2.3. Evapotranspiración (ET), número de riegos (NR) y agua aplicada total (AAT) durante las estaciones de crecimiento desde 1994 a 1996, para los diferentes tratamientos de riego.

Trat. de riego	1994			1995			1996		
	ET (mm)	NR	AAT (mm)	ET (mm)	NR	AAT (mm)	ET (mm)	NR	AAT (mm)
0%	669	—	5	640	—	23	634	—	29
40%	669	4	229	640	2	180	634	2	288
80%	669	9	508	640	5	512	634	4	528

Los niveles de humedad del suelo fueron similares a comienzos de año y sus valores estaban cercanos a capacidad de campo (Figura 2.5). Los niveles de humedad disminuyeron a medida que las plantas de espárrago utilizaban el agua almacenada en la zona de raíces. Las adiciones de riego o las precipitaciones aumentaron el contenido de agua. A lo largo de varios años, la extracción de agua ocurre a profundidades mayores a medida que aumenta el crecimiento de la raíz a través del perfil del suelo.

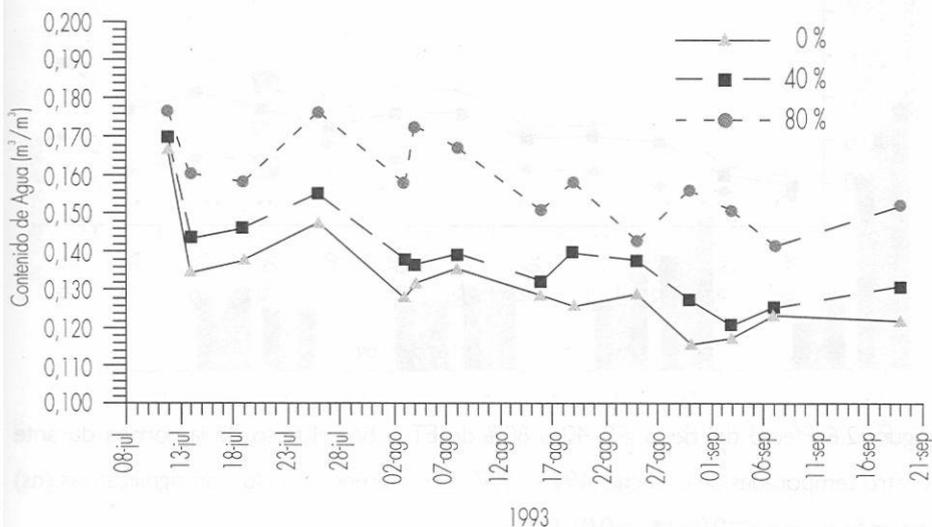


Figura 2.5. Cambios estacionales en el contenido volumétrico de agua del espárrago entre el 8 de julio y el 21 de septiembre de 1993. Los valores son las medias para la profundidad de 0-1,35 m.

3.2.2. Crecimiento de planta

Al aumentar la cantidad de agua aplicada al espárrago, se aumentó significativamente el peso de la corona (Figura 2.6) y el número de raíces, yemas y helechos (Figura 2.7). En todos los tratamientos de riego, hubo un aumento progresivo en peso o número a medida que las plantas crecieron desde 1993 hasta 1997. En general, los patrones de crecimiento de las plantas de espárrago observados en este estudio fueron consistentes con los resultados reportados por otros investigadores. Es interesante notar que un estrés hídrico moderado (40% ET) resultó en sólo una pequeña disminución en el crecimiento comparado con un estrés severo (0% ET). Esto tiende a soportar la aseveración que la planta de espárrago es tolerante a sequía.

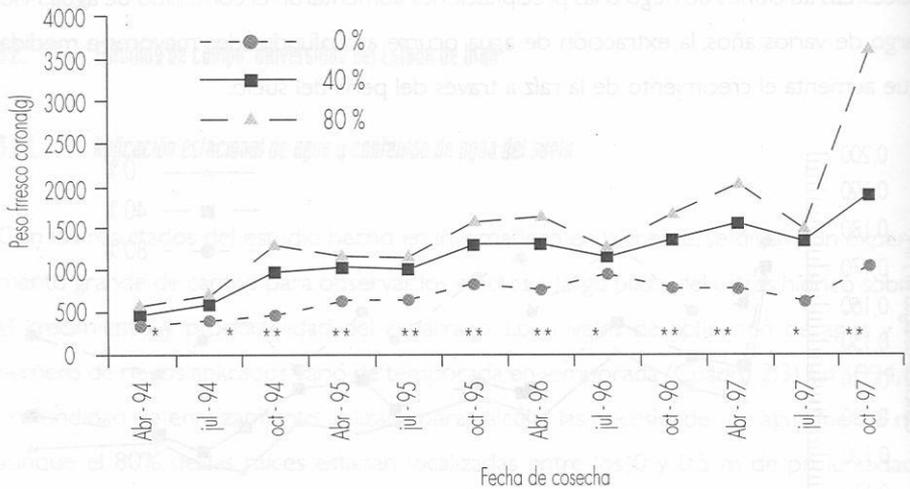


Figura 2.6. Efecto del riego a 0, 40 u 80% de ET sobre el peso de la corona durante cuatro temporadas de cosecha (1994-1997). Las diferencias no fueron significativas (ns) o significativas a $P=0,05$ (*) o $0,01$ (**).

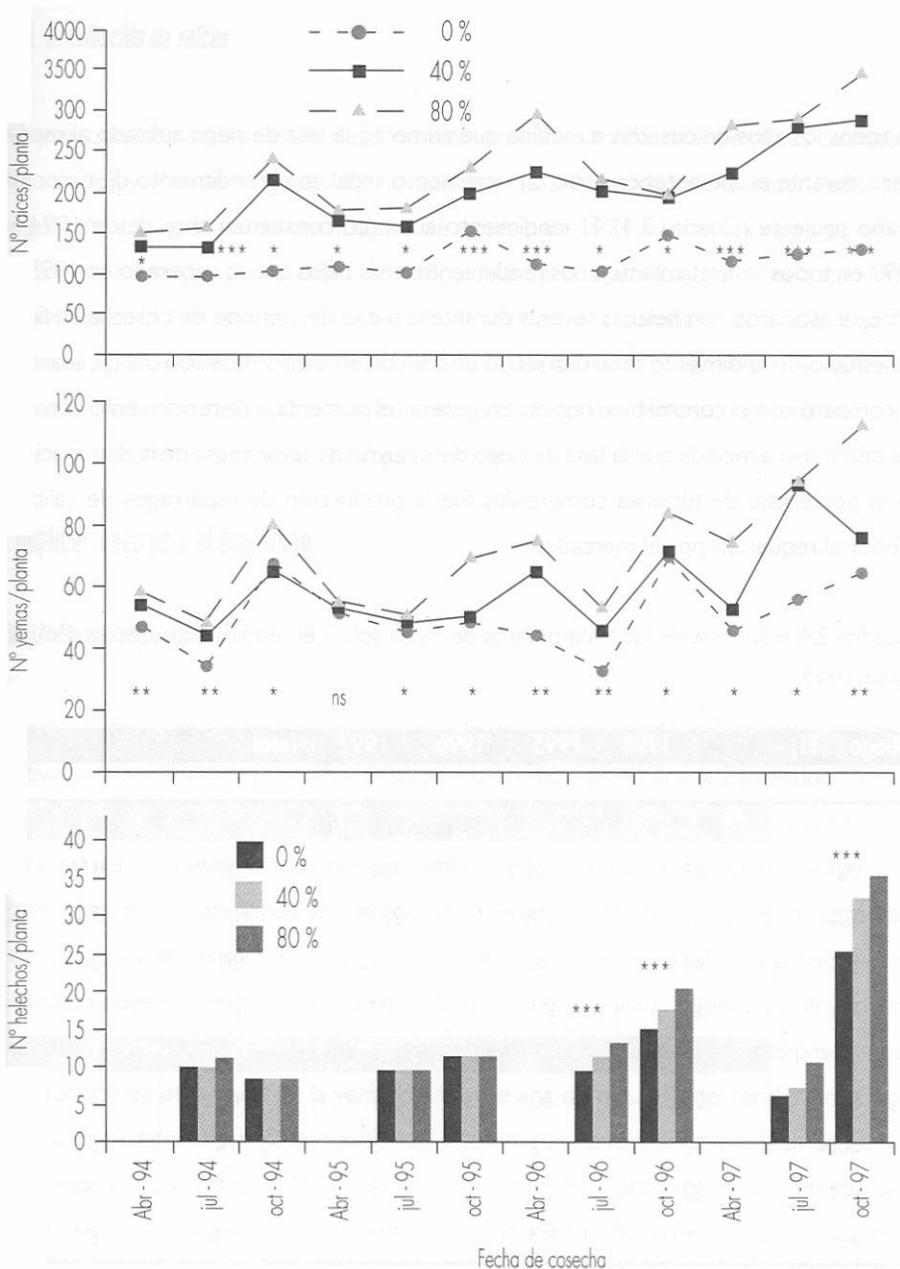


Figura 2.7. Efecto del riego a 0, 40 u 80% de ET sobre el número de raíces, yemas y helechos, durante cuatro temporadas de cosecha (1994-1997). Las diferencias no fueron significativas (ns) o significativas a $P=0,05$ (*) o $0,01$ (**).

3.2.3. Rendimiento

En todos los años de cosecha, a medida que aumentó la tasa de riego aplicado al espárrago durante el año anterior, hubo un incremento lineal en el rendimiento de turiones el año siguiente (Cuadro 2.4). El rendimiento aumentó constantemente desde 1994 a 1997 en todos los tratamientos. Los rendimientos más bajos que lo esperado en 1995 y 1996, se asociaron con heladas severas durante la mitad del período de cosecha. Al final del estudio, el rendimiento total disminuyó un 9% con 40% ET y 45% con 0% ET, cuando se comparó con el control bien regado. En general, el porcentaje de rendimiento comercial disminuyó a medida que la tasa de riego disminuyó. La mayor causa de la disminución en el porcentaje de turiones comerciales fue la producción de espárragos de calibre inferior al requerido por el mercado.

Cuadro 2.4. Influencia de los tratamientos de riego sobre el rendimiento del espárrago, 1994-1997.

Riego (%ET)	1994	1995	1996	1997	Total
	Rendimiento (kg/ha)				
0%	58	141	1341	3611	5151
40%	83	218	2207	6057	8565
80%	84	245	2380	6638	9347
sign.	L*	L**	L**	L**	L**
	Porcentaje de Rendimiento comercial				
0%	28	60	39	60	47
40%	32	72	50	74	57
80%	33	74	55	75	59
sign	L*	L**	L**	L**	L**

*,** Significativo a P=0,05 o 0,01, respectivamente. L=Lineal.

Bajo rendimiento en 1995 y 1996 se debió a heladas durante el período de cosecha.

3.2.4. Distribución de raíces

A pesar que los cambios en el riego disminuyeron el número total de raíces carnosas (Figura 2.8) y fibrosas (Figura 2.9), no alteraron la profundidad de enraizamiento en ningún año. Los gráficos de distribución de raíces para 1994 ilustran los cambios en el número de raíces por profundidad y distancia de la corona para los diferentes tratamientos de riego. El número de raíces fue mayor cerca de la corona y disminuyó con la distancia y profundidad. A través del tiempo, hubo un aumento progresivo en el número de raíces y profundidad de enraizamiento en todos los tratamientos. En general, hubo 8-10 veces más raíces fibrosas que raíces carnosas.

4. Implicaciones para el espárrago

4.1. Estudio en invernadero

El estrés hídrico controlado durante el período de crecimiento del helecho, redujo significativamente el número y tamaño de las yemas iniciadas en la corona. Esta reducción en el número de yemas puede contribuir a disminuir los turiones que van a ser cosechados el año siguiente. Si se cosecha el mismo número de turiones de plantas de espárrago con estrés hídrico, habrán menos yemas para establecer los helechos después de cosecha. Además, estas yemas tienden a ser más pequeñas y así el potencial para generar área foliar disminuye. La reducción del tamaño de la yema en el racimo sugiere que el tamaño del turión será reducido también el año siguiente. Ya que los turiones grandes pesan más, la reducción en el tamaño de la yema contribuye a la disminución del rendimiento (kg/ha) y la calidad del turión (% de rendimiento comercial). La reducción en el tamaño de la yema asociado con estrés hídrico puede ser útil si el cultivar produce turiones de diámetros muy grandes. Ya que ambos, número y tamaño, fueron afectados por las condiciones de estrés hídrico, las aplicaciones de agua a tiempo, para minimizar estos efectos, son muy importantes.

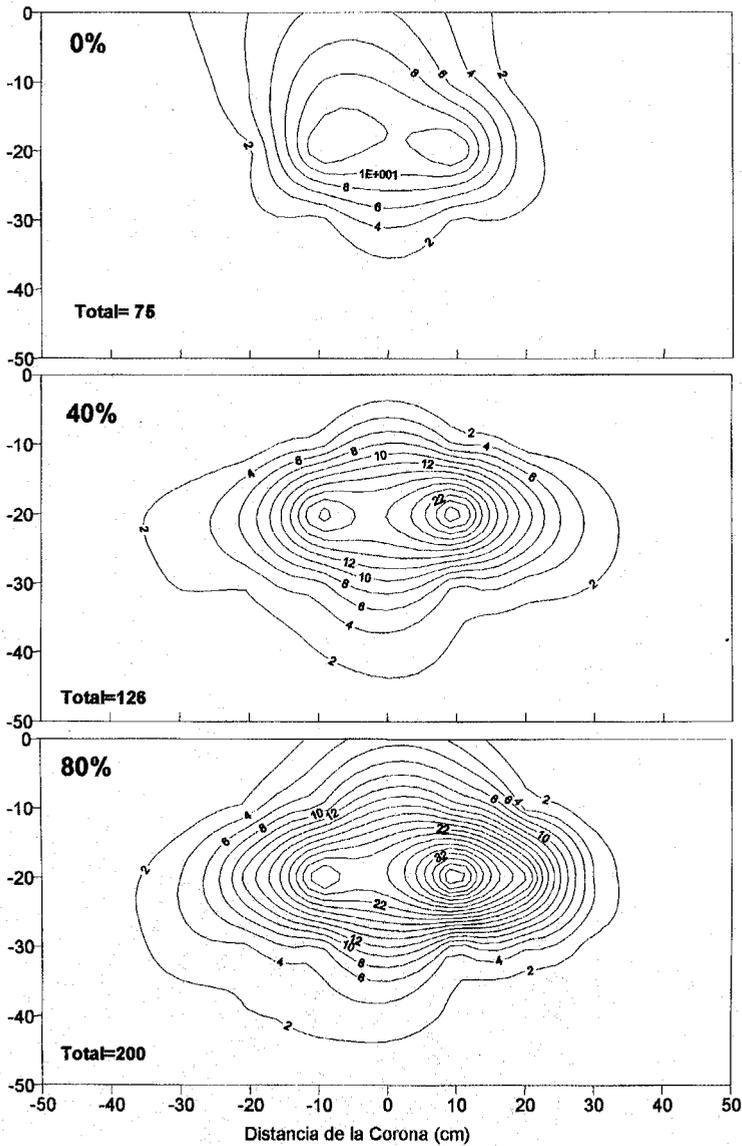


Figura 2.8. Efecto de los tratamientos de riego (0, 40 u 80% de ET) sobre el número de raíces carnosas en 1994. Las isolíneas representan el cambio en el número de raíces con la profundidad y distancia de la corona. Las coronas fueron plantadas a 20 cm de profundidad.

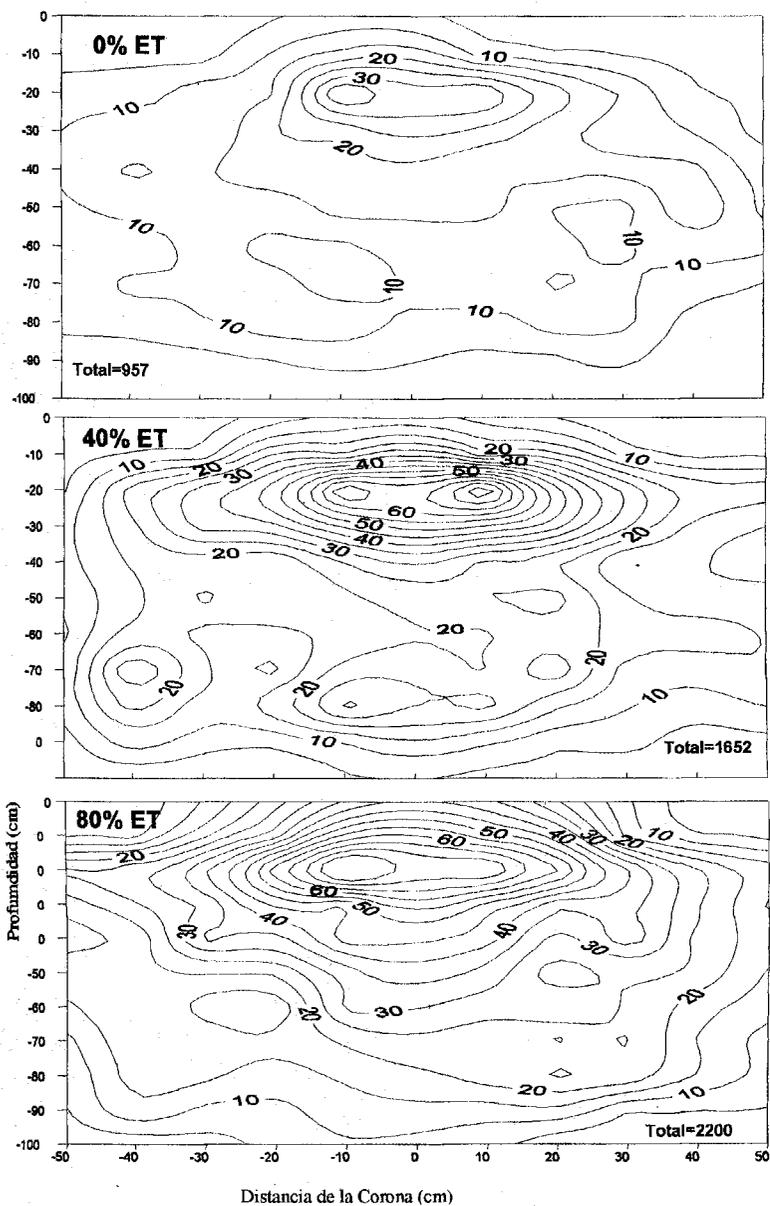


Figura 2.9. Efecto de los tratamientos de riego (0, 40 u 80% de ET) sobre el número de raíces fibrosas en 1994. Las isolíneas representan el cambio en el número con la profundidad y la distancia de la corona. Las coronas fueron plantadas a 20 cm de profundidad.

La disminución en el PAS impuesto a las plantas crecidas en invernadero, también redujo el crecimiento de la raíz, la tasa fotosintética y el total de carbohidratos almacenados en las raíces. En este estudio, como se permitió el desarrollo del helecho antes que se impusiera el estrés, esto aseguró que el tamaño del helecho (peso seco) y el número de helechos fueran similares en todos los tratamientos antes que las plantas fueran estresadas hídricamente. Se observó que el estrés hídrico reduce las tasas fotosintéticas en espárrago. A través de períodos extensos de tiempo (largo del estudio) esto contribuiría a la reducción en crecimiento (raíces y yemas producidas) y cantidad de reservas (carbohidratos) para el año siguiente. Este estudio confirma que los efectos del estrés en un año afectan significativamente la productividad durante el próximo año.

Las plantas se pueden recuperar del estrés que se les ha impuesto. La intercalación de los tratamientos en el año 2 mostró que las plantas expuestas a estrés hídrico severo durante el primer año podían recuperarse y comportarse como aquellas que no estuvieron estresadas el primer año. Esto es importante desde una perspectiva de manejo del cultivo, ya que los déficits de agua son una realidad en el campo y especialmente cuando las plantas dependen del riego para suplir sus necesidades de agua durante el ciclo de producción. Si ocurren déficits de agua, el impacto puede solamente apreciarse al año siguiente. Con un manejo adecuado del agua, los efectos a largo plazo pueden minimizarse.

4.2. Estudio de campo

Empezamos este estudio de campo haciéndonos estas preguntas ¿Qué ocurre con un espárrago que sufre estrés hídrico repetidamente? ¿Cómo se afectan el crecimiento y la productividad a largo plazo? Resultados de nuestro estudio de 6 años mostraron que las plantas que crecieron con sólo la mitad o sin riego en el verano, produjeron menos yemas y raíces y con menor peso seco que aquellas que estuvieron bien regadas. Sin embargo, la reducción fue aproximadamente 10% en las plantas crecidas con la mitad de las necesidades de agua. Esta pequeña reducción en crecimiento a través de muchos

años indica que una cantidad limitada de agua de riego aplicada estratégicamente durante el año puede minimizar mucho las pérdidas en productividad (crecimiento y rendimiento). Para plantas no regadas, la productividad decreció 35-45%. A pesar que ésta es una disminución inaceptable, el espárrago parece ser bastante capaz de producir rendimientos modestos aún cuando no se le cuide.

La clave del éxito con el espárrago es que las plantas no sean estresadas durante el año de establecimiento. Bajo condiciones con adecuada humedad invernal para recargar el perfil del suelo y alta capacidad de retención de agua del suelo, el espárrago puede crecer normalmente con cantidades mínimas de agua adicional durante el período de producción. La capacidad de las raíces de profundizar en el suelo, la arquitectura única de la canopia y la alta relación raíz brote hace a esta planta bastante tolerante a la sequía. ¿Qué información se requiere para hacer que este sistema trabaje para el productor de espárrago? Primero, los agricultores necesitan saber algo acerca de la capacidad de retención de humedad de sus suelos. Segundo, se requiere información de la profundidad de enraizamiento del cultivo. Tercero, se necesita alguna estimación del uso de agua diario. Con esta información, se puede desarrollar un plan de riego del cultivo que pronosticará cuando se debe regar. El agricultor, entonces, necesita agregar suficiente agua para recargar la zona de raíces del cultivo. Utilizando estas aproximaciones, se asegura que el espárrago reciba suficiente agua para una alta producción, pero no tanta que permita que afloren otros problemas (enfermedades del helecho y raíz).

A pesar que el largo de la estación de crecimiento no es un factor en el cálculo de los requerimientos de agua para la temporada, es importante como perspectiva de manejo del cultivo. Algunos agricultores en EEUU están extendiendo sus períodos de cosecha cada año. Ellos hacen esto para aumentar el rendimiento y responder a las demandas del mercado tarde en la temporada. Sin embargo, la sobre cosecha resulta en una disminución excesiva de los carbohidratos de las yemas y raíces. Mientras más pequeñas sean las yemas que quedan, más pequeño será el follaje desarrollado. Esto limita el área foliar y el potencial fotosintético total. Un potencial fotosintético menor limita la cantidad de los

niveles de carbohidratos en la raíz. Esto ocurre porque el crecimiento de la raíz, desarrollo de yemas y almacenaje en la raíz compiten por una cantidad más pequeña de energía. Limitaciones en el crecimiento de la raíz disminuyen el potencial de reserva, menos yemas y de menor tamaño significa menos productividad el año siguiente y la baja en las reservas almacenadas significa problemas para pasar el invierno y menos energía para mantener el crecimiento de turiones y helecho el año siguiente. El efecto de cosechar se traduce en una reducción de la productividad y de la longevidad en el campo. Si las plantas son expuestas a un estrés adicional (enfermedad, insectos, agua y malezas), se realizarán reducciones adicionales del crecimiento.

¿Cuál es el siguiente paso lógico en nuestra pregunta para entender cuanta agua y cuando a menudo debe ser aplicada? Realmente, no tenemos buenos coeficientes de cultivo que ayuden a estimar las pérdidas de agua del espárrago. Esto requerirá mediciones detalladas sobre el área foliar y el crecimiento del helecho. Además, se necesita más trabajo sobre la fisiología de los carbohidratos del espárrago y su relación con la tolerancia a sequía. Esta información adicional ayudará a los científicos a desarrollar mejores prácticas de manejo del cultivo que aumenten la productividad del espárrago.

Agradecimientos

Estos proyectos fueron financiados por las Estaciones Experimentales de Cornell y Utah, cuyo aporte es grandemente apreciado. Gracias especiales a Jeannie Brunson, Michelle Lewis, Arthur Atavar, Rachel Mortensen y J.D. Wilkins por su asistencia en coleccionar muchos de estos datos.

Literatura citada

Brasher, E.P. 1956. Effects of spring, summer, and fall cuttings of asparagus on yield and spear weight. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 67: 377-383.

- Cannell, G.H. and Takatori, F.H. 1970. Irrigation-nitrogen studies in asparagus and the measurement of soil moisture changes by the neutron method. *Soil Science Society of America Proceedings* 34:510-516.
- Hanna, G.C. and Doneen, L.D. 1958. Asparagus irrigation studies. *California Agriculture*. 12:8,14,15.
- Hartmann, H.D. 1981. The influence of irrigation on the development and yield of asparagus. *Acta Horticulturae*. 119:309-316.
- Hartmann, H.D., Hermann, G. and Kirchner-Neb, R. 1990. Einfluß der Witterung während der Vegetationszeit auf den nächstjährigen Ertrag von Spargel. (The influence of climatic conditions in the growing season on the yield of asparagus in the subsequent year). *Gartenbauwissenschaft* 55:30-34.
- Kaufmann, F. 1977. Intensification of asparagus production by irrigation. *Gartenbauwissenschaft* 24:73-74.
- Pressman, E., Schaffer, A.A., Compton, D. and Zamski, E. 1989. The effect of low temperature and drought on the carbohydrate content of asparagus. *Journal of Plant Physiology*. 134:209-213.
- Roth, R.L. and Gardner, B.R. 1989. Asparagus yield response to water and nitrogen. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering*. 32:105-112.
- Roth, R.L. and Gardner, B.R. 1990. Asparagus spear size distribution and earliness as affected by water and nitrogen applications. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering*. 33:480-486.
- Sterrett, S.B., Ross, B.B. and Savage, C.P. 1990. Establishment and yield of asparagus as influenced by planting and irrigation method. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 115:29-33.
- Takatori, F.H., Cannell, G.W. and Asbell, C.W. 1970. Effect of soil moisture condition on asparagus at two nitrogen levels. *California Agriculture*. 24:10-12.
- Toledo, J. 1990. Asparagus production in Peru. *Acta Horticulturae*. 271:203-210.
- Van Bakel, J.M.M. and Kerstens, J.J.A. 1971. Top wilting in asparagus. *Netherlands Journal of Plant Pathology*. 77:55-59.
- Wilcox-Lee, D. 1987. Soil matric potential, plant water relations and growth in asparagus. *HortScience* 22:22-24.

Capítulo 3

VARIEDADES

María Inés González A.

Departamento de Producción Vegetal, INIA – Quilamapu, Casilla 426, Chillán.

1. Introducción

La selección del cultivar a utilizar en espárrago es fundamental, debido a que es un cultivo que debe permanecer productivo por lo menos 10 años. La respuesta productiva de una variedad es producto de una interacción de su genotipo con el medio ambiente, por lo tanto es importante evaluar los cultivares en la zona donde se pretende introducirlos, cuando estos no han sido mejorados para dicha área agroecológica.

En el mundo existe un buen número de cultivares de espárrago, tanto híbridos como de polinización abierta. En la última década se han desarrollado híbridos 100% machos, con un alto potencial de rendimiento. Los principales países productores de variedades de espárrago blanco son Alemania, Francia, Italia, España y Holanda; y los de espárrago verde EEUU, Canadá, Nueva Zelanda, Taiwan y Japón. En Chile no existen programas de mejoramiento de espárrago, por lo que dependemos de los materiales que puedan producir otros países. Por afinidad de clima con California (EEUU), los cultivares que están actualmente en uso en Chile provienen de esa zona.

2. Mejoramiento Genético en Espárrago

El mejoramiento genético por selección del espárrago es difícil, debido a su alta heterogeneidad. Un buen cultivar dejado solo, puede degenerarse y volver a las características de la planta original de la cual fue seleccionado o mejorado, en pocos años (Fehér, 1992). La causa del deterioro de un cultivar puede deberse a la alta heterogeneidad del cultivar original y a que la polinización abierta de esta planta dioica, hace aparecer caracteres no

deseados. Las variedades comerciales se encuentran bajo un continuo proceso de mejoramiento, a fin de mantener las características y productividad; el mejorador reconstruye cada cultivar una y otra vez desde el material original, es decir selecciona y propaga los tipos superiores para obtener las semillas para la venta.

La producción de híbridos en espárrago, no sigue los principios tradicionales de la obtención de "vigor híbrido" por medio del cruzamiento de dos líneas puras, altamente homocigotas, debido a su condición de planta dioica, en que se presentan plantas macho y plantas hembras. La autopolinización para lograr la homocigosis no se puede practicar en estas condiciones, por lo que los híbridos corresponden al cruzamiento de dos plantas, una hembra y un macho, que han sido seleccionadas por características deseables, de una población amplia. Una vez que se ha constatado que el cruzamiento dio origen a plantas superiores, proceso muy lento y poco frecuente en espárrago, las plantas padres son clonadas y multiplicadas por cultivo de tejidos, con el fin de obtener una mayor cantidad de semillas (Souther, 1988; Fehér, 1992; Roose y Stone, 1999). También existen los híbridos dobles, en que se utilizan dos plantas madres y dos padres, como es el caso de algunos franceses (Larac, Junon, Diane y Minerve), pero los híbridos clonales simples son superiores en homogeneidad y estabilidad (Fehér, 1992).

Cuando en los cruzamientos intervienen más de 3 plantas de cada sexo, estamos hablando de sintéticos, como la variedad Emerald y Syn 4-56 de EEUU (Souther, 1988).

La obtención de los híbridos 100% macho, como los Jersey de EEUU, Gijnlim y Boonlim de Holanda, se ha logrado con la utilización del cultivo de anteras *in vitro*, obteniendo plantas androgenéticas homocigotas (Quiao y Falavigna, 1990; Falavigna y Perri, 1996) y también con la utilización de plantas andromonoicas, que en su descendencia dan origen a algunos supermachos cuya progenie es 100% machos (Roose y Stone, 1999). No todas las líneas supermachos son muy promisorias. Una variedad 100% macho tiene dos ventajas reconocidas, más alto rendimiento debido a la no-producción de frutos y semillas, y una mayor estabilidad, debido a la falta de establecimiento de nuevas plantas. Sin embar-

go, poseen la desventaja que la ramificación del tallo se produce a menor altura que en las plantas hembras (Roose y Stone, 1999). En todos los tipos de híbridos se requiere del cultivo de tejidos in vitro para clonar los padres y multiplicarlos.

Las variedades base de la mayoría de los híbridos y sintéticos de espárrago verde corresponden a Mary Washington y Martha Washington (Roose y Stone, 1999). Los principales objetivos del mejoramiento de espárrago verde son aumentar el rendimiento a través de una mayor producción de turiones por planta, lograr ápices compactos o cabezas apretadas, y resistencia o tolerancia a *Fusarium*, la principal causa del decaimiento de las esparragueras.

3. Evaluaciones varietales en Chile

La variedad que ocupa prácticamente el 90 % de la superficie cultivada con espárrago en Chile es el híbrido clonal UC-157, cuya principal característica es que el ápice del turión se mantiene compacto bajo condiciones de clima cálido. El hecho de que la producción chilena esté basada en una sola variedad reviste ciertos riesgos, sobre todo del punto de vista sanitario, lo que hace necesaria la introducción de nuevos materiales.

Desde comienzos de la década del 90 se han estado haciendo diversas evaluaciones de cultivares en diferentes zonas del país, con el fin de encontrar nuevas variedades, alternativas o complementarias a UC-157. Debido a la clara y determinante respuesta del espárrago a la temperatura, el comportamiento de las variedades es diferente en la zona central, centro sur y sur, por lo que es muy importante que la evaluación se realice en el sector donde se pretende introducir un nuevo genotipo.

El Segundo Ensayo Internacional de Cultivares de Espárrago, acordado en el 8º Congreso Internacional del Espárrago, realizado en Nueva Zelanda, 1993, está siendo conducido en 19 países por 25 investigadores. En Chile fue establecido en dos regiones, Metropolitana y X, el año 1994. En estos ensayos se usó como variedades estándar a UC-157

F1, Jersey Giant y Gijnlim (Benson, 1999). En la Región Metropolitana se evaluaron 14 variedades, ocupando el primer lugar en el ranking de rendimiento comercial la variedad española Ciprés. La ubicación de los testigos fue en 4° lugar Gijnlim, 6° lugar Jersey Giant y 9° lugar UC-157 F1. En la X región, se evaluaron 27 variedades, de las cuales ocupó el primer lugar en rendimiento comercial, el cultivar español PLA-P2232. Entre los testigos, no se incluyó el cultivar Gijnlim, Jersey Giant se ubicó en el 6° lugar y UC-157 F1, en el 7° lugar (Benson, 1999). Lamentablemente, sólo se publicó el ranking de variedades, sin indicar si las diferencias entre una y otra eran significativas, ni tampoco la distribución por calibres de la producción.

En el valle central de la VIII región se han evaluado diversas variedades, provenientes de Europa y de EEUU, usando como testigo UC-157, tanto el F1 como el F2. Después de varias temporadas de cosecha y evaluación se puede concluir que es difícil superar la calidad y rendimiento exportable de este híbrido. A continuación se presentan algunos resultados de los ensayos realizados, respecto a las características más relevantes, como es el rendimiento exportable y la distribución de la producción en los distintos calibres.

En evaluaciones previas realizadas en la zona sur (Valdivia), se han obtenido buenos resultados con variedades europeas como Junon, Cito, Aneto, Larac y la norteamericana Jersey Giant (Krarup, 1996), pero no difirieron estadísticamente con UC-157. Algunas de ellas también fueron evaluadas en la VIII región (Ñuble), confirmando el buen rendimiento de Aneto y Cito (Cuadro 3.1), pero con una alta proporción de calibres gruesos (sobre 17 mm) y de categoría País. Este ensayo, lamentablemente, se vio afectado por un severo ataque de *Fusarium*, lo que provocó una disminución de los rendimientos, afectando más a algunas variedades que a otras. Sobresalieron por su mejor comportamiento en estas condiciones, las variedades Jersey Titan y General, Evergreen, Darbonne 3, 4 y D-231, Cito, Aneto y G1 x 22-B (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Producción comercial (Exportación + País) de variedades de espárrago verde, expresada como porcentaje del testigo UC-157 F1, durante dos temporadas de cosecha, 1992 y 1993, correspondientes al 2º y 3º año después de la plantación respectivamente.

Variedades	Rendimiento comercial de turiones de 23 cm (% del testigo)	
	1992	1993
Estados Unidos		
UC-157 F1 (Testigo)	100	100
UC-157 F2	98	32
UC-72	90	32
Mary Washington	110	18
Brocks Imperial 48	55	63
Brocks Imperial	25	37
Jersey General	109	122
Jersey Titan	92	285
Jersey Knight	79	39
Jersey Giant	65	62
Jersey Centennial	47	14
Evergreen	81	149
Holanda		
Libras Franklim	204	64
Boonlim	91	59
Francia		
Gloria	151	38
G1 x 22 B	146	128
Argenteuil	111	8
Darbonne 4	105	120
GH — 87	95	6
Darbonne D-231	77	105
Aneto	64	110
Larac	61	29
Ciio	41	154
Argenteuil	39	85
Darbonne 3	29	107
Canad		
Viking KB-3	115	34
Viking 2G	44	25

El Cultivo del
Espárrago

En un ensayo posterior, establecido en Quilamapu en 1993, se compararon las variedades nuevas de California Asparagus Seeds (Brian Benson), con algunas alemanas y el testigo UC-157 F2 (Cuadro 3.2 y Fig. 3.1). En la segunda y tercera temporada de cosecha, las variedades californianas y la alemana Vulkan destacaron por su alto rendimiento comercial, en comparación con el testigo. Sin embargo, al analizar la calidad de esta producción fue notoria la alta proporción en la categoría País de la variedad Vulkan, como también que las variedades californianas basaron su mayor rendimiento en la producción de turiones de calibres más gruesos (> 17 mm) (Fig. 3.1). En la cuarta temporada de cosecha (1998), se presentó un severo ataque de *Fusarium*, lo que hizo disminuir notablemente el rendimiento de las variedades en evaluación, y la pérdida completa de dos de ellas, Lucullus y Presto.

Cuadro 3.2. Producción comercial (Exportación + País) de variedades de espárrago verde, expresada como porcentaje del testigo UC-157 F2, durante cuatro temporadas, 1995, 1996, 1997 y 1998, correspondientes al 1º, 2º, 3º y 4º año de cosecha respectivamente.

Variedades	Rendimiento comercial de turiones de 18 cm (% de la producción comercial del testigo)			
	1995	1996	1997	1998
Atlas	60	130	136	89
Grande	82	129	111	95
Vulkan	58	119	119	113
Apollo	52	106	124	56
UC-157 F2 (testigo)	100	100	100	100
Schwelzinger Meisterschuss 34	26	83	78	71
Schwelzinger Meisterschuss 32	94	82	65	44
Schwelzinger Meisterschuss 17	47	60	74	79
Lucullus	59	128	72	—
Presto	50	91	73	—

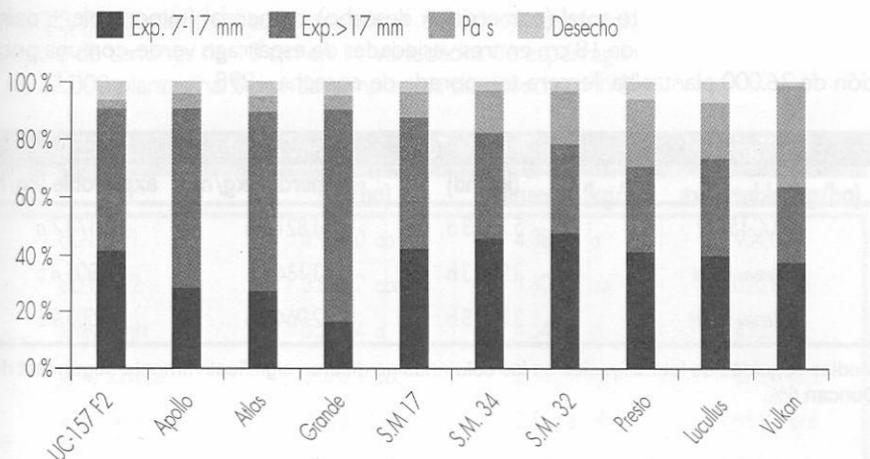


Figura 3.1. Distribución de la producción de variedades de espárrago para verde, expresada en porcentaje de la producción total. Promedio de dos temporadas, 1996 y 1997.
 Exp. 7-17 mm: Calidad de exportación con diámetros entre 7 y 17 mm
 Exp. > 17 mm: Calidad de exportación con diámetros superiores a 17 mm
 País: Corresponde a turiones iniciando apertura de brácteas y levemente torcidos
 Desecho: Corresponde a turiones abiertos, torcidos y diámetro inferior a 7 mm.

Estos dos ensayos mencionados, tuvieron un diseño especial, en que el testigo (UC-157) iba plantado cada dos variedades en evaluación; así cada variedad se comparó con los testigos que tenía más cercanos, expresando su producción en porcentaje del testigo.

En ensayos varietales establecidos en el predio San José de Zemita, propiedad de FRISAC, utilizando parcelas de mayor tamaño y con repeticiones, se comparó UC-157 F2 con Apollo en uno de ellos, y en otro UC-157 F2 con Jersey Giant y Jersey Knight. En la tercera cosecha (1998), en ambos, destacó por su rendimiento significativamente superior UC-157 F2 (Cuadros 3.3 y 3.4). También es destacable la menor proporción de la producción de UC-157 F2 en la categoría País. La variedad Jersey Knight presentó la mayor proporción de su producción comercial en calibres gruesos (> 17 mm), no así las otras, que no se diferenciaron significativamente con el testigo.

Cuadro 3.3. Rendimiento total (comercial + desecho), comercial (exportable + país) y exportable de turiones de 18 cm en tres variedades de espárrago verde, con una población de 26.000 plantas/ha. Tercera temporada de cosecha, 1998.

Variedad	Rendimiento Total (kg/ha)	Rendimiento comercial (kg/ha)	Rendimiento exportable (kg/ha)
UC-157 F2	5.798,8 a	4.821,6 a	3.173,7 a
Jersey Giant	3.980,3 b	3.184,8 b	1.805,4 b
Jersey Knight	3.825,8 b	2.964,1 b	1.503,9 b

Medias seguidas de letras iguales en las columnas no difieren significativamente según test de Duncan 5%.

Cuadro 3.4. Rendimiento total (comercial + desecho), comercial (exportable + país) y exportable de turiones de 18 cm en dos variedades de espárrago verde, con una población de 36.000 plantas/ha. Tercera temporada de cosecha, 1998.

Variedad	Rendimiento Total (kg/ha)	Rendimiento comercial (kg/ha)	Rendimiento exportable (kg/ha)
UC-157 F2	5.457,8 a	4.639,0 a	3.040,7 a
Apolo	3.827,1 b	3.154,3 b	1.810,1 b

Medias seguidas de letras iguales en las columnas no difieren significativamente según test de Duncan 5%.

En un ensayo posterior, establecido en 1995, por medio de speedlings en el campo experimental Santa Rosa de Quilamapu, INIA, se comparó todas las variedades Jersey disponibles en ese momento con los testigos UC-157 F1 y F2. En la segunda temporada de cosecha se pudo observar que hubo diferencias significativas en el rendimiento total, comercial y exportable entre las variedades y los testigos. Sobresale el rendimiento exportable de UC-157 F1 (Cuadro 3.5). Estas diferencias se deben a la tendencia de las variedades Jersey a abrirse prematuramente con las temperaturas primaverales de Ñuble, dando una mayor proporción de su producción en categoría País (Fig. 3.2).

Cuadro 3.5. Rendimiento total (comercial + desecho), comercial (exportable + país) y exportable de turiones de 18 cm en 11 variedades de espárrago verde, con una población de 22.000 plantas/ha. Segunda temporada de cosecha, 1998.

Variedad	Rendimiento Total (kg/ha)	Rendimiento comercial (kg/ha)	Rendimiento exportable (kg/ha)
UC-157 F1	4.900,0 ab	4.389,5 a	3.954,0 a
UC-157 F2	3.896,2 abc	3.404,7 ab	3.026,8 ab
Jersey Knight	5.217,4 a	4.549,4 a	2.450,7 bc
Jersey Supreme	3.378,1 abc	3.112,1 ab	1.678,0 bcd
Jersey General	2.723,7 abc	2.524,8 ab	1.664,1 bcd
Jersey Prince	3.071,5 abc	2.549,0 ab	1.423,1 cd
Jersey Jewel	3.790,7 abc	2.752,3 ab	1.205,8 cd
Jersey Giant	2.782,9 abc	2.360,3 ab	1.235,1 cd
Greenwich	2.546,5 bc	2.242,4 ab	1.147,5 cd
Jersey Gem	2.747,5 abc	2.353,4 ab	1.054,0 cd
Jersey King	1.878,5 c	1.585,7 b	588,6 d

Medias seguidas de letras iguales en las columnas no difieren significativamente según test de Duncan 5%.

Evaluaciones realizadas por la Universidad de California en varias localidades de California han mostrado que la variedad de más alto rendimiento (45% más que UC-157) es una línea avanzada (F 189 x HS 104), seguida de Atlas, Ida Lea y en cuarto lugar UC-157. Tanto Atlas como la línea avanzada presentaron los turiones de mayor peso y calibre (Stone y Roose, 1999). En sectores con clima más frío, como el noreste de EEUU, las variedades de más alto rendimiento y vigor, durante una evaluación de seis años, fueron Jersey Supreme, Jersey Giant y la francesa Jacq. Ma. 2014 (Elmer *et al.*, 1999)

En resumen, con los resultados que se disponen hasta el momento es posible concluir que para la zona centro-sur, que presenta un clima típicamente mediterráneo, la variedad UC 157 (F1 y F2) es aún la más adecuada, ya que presenta el mayor rendimiento exportable.

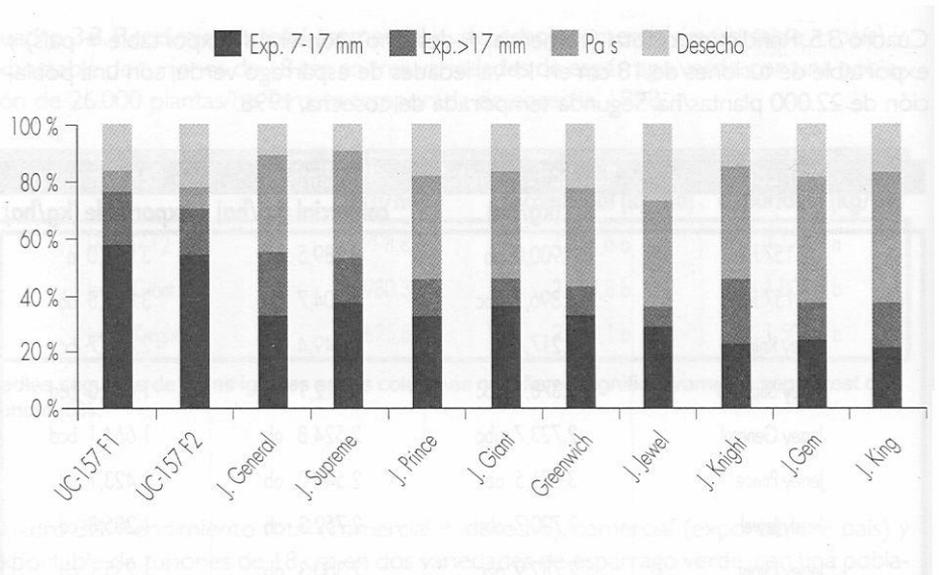


Figura 3.2. Distribución de la producción de variedades de espárrago para verde, expresada en porcentaje de la producción total. Segunda temporada de cosecha, 1998.
 Exp. 7-17 mm: Calidad de exportación con diámetros entre 7 y 17 mm
 Exp. > 17 mm: Calidad de exportación con diámetros superiores a 17 mm
 País: Corresponde a turiones iniciando apertura de brácteas y levemente torcidos
 Desecho: Corresponde a turiones abiertos, torcidos y diámetro inferior a 7 mm.

Literatura citada

- Benson, B. 1999. Second international asparagus cultivar trial. *Acta Horticulturae* 479: 143-148.
- Elmer, W., LaMondia, J. and Taylor, G. 1999. Asparagus cultivar trials in Connecticut. *Acta Horticulturae* 479: 189-194.
- Fehér, E. 1992. Asparagus. Akadémiai Kiadó, Budapest. 161 p.
- Krarup, A. 1996. Evaluation of twenty eight asparagus genotypes after three years of harvest at Valdivia, Chile. *Acta Horticulturae* 415: 105-113.
- Qiao, Y. and Falavigna, A. 1990. An improved in vitro anther culture method for obtaining doubled-haploid clones of asparagus. *Acta Horticulturae* 271: 145-150.
- Roose, M. and Stone, N. 1999. Genetics and breeding of asparagus at the University of California, Riverside. *Acta Horticulturae* 479: 101-107.
- Souther, F. 1987. Historia y desarrollo de variedades de espárrago. En: *Curso Tecnología y Producción de Espárragos*, Fundación Chile, Santiago 10-11 agosto 1987. P: 5.1-5.13.
- Stone, N. and Roose, M. 1999. Field evaluation of new asparagus varieties at the University of California, Riverside. *Acta Horticulturae* 479: 185-188.

Capítulo 4

ESTABLECIMIENTO DE LA ESPARRAGUERA

María Inés González A.¹ y Alejandro del Pozo L.²

¹ INIA – Quilamapu, Casilla 426, Chillán.

² Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán.

1. Introducción

El espárrago es un cultivo de larga duración, en el cual recién se recupera la inversión al cuarto año después de plantación. Este aspecto determina la importancia que tiene la elección del sitio donde se va a establecer y el sistema de plantación a utilizar, de modo que se asegure una longevidad adecuada de la esparraguera y con altos rendimientos.

En relación con el sitio de plantación, hay que tener en consideración las propiedades químicas y físicas del suelo, su profundidad, drenaje, disponibilidad de agua de riego, protección contra vientos fuertes, etc.

Aunque es una especie que se adapta a un amplio rango de tipos de suelo, desde los orgánicos hasta los arenosos, pasando por los ligeramente arcillosos, es preferible seleccionar un suelo franco a franco arenoso, profundo (mínimo 1 m) y con un contenido mínimo de 2% de materia orgánica (Fehér, 1992). El pH debiera estar entre 6,5 y 7,5, evitando los suelos ácidos, ya que reducen el rendimiento y afectan el crecimiento de la planta (Takatori et al., 1980). Es fundamental elegir suelos con buen drenaje, evitando aquellos con presencia de estratas compactadas, que limiten la permeabilidad del suelo, o con napa freática a menos de un metro de profundidad en cualquier época del año.

En climas de tipo mediterráneo o desértico, es indispensable contar con suficiente agua de riego durante el período de crecimiento del helecho. En el caso de que se utilice

riego por surcos, es importante que el terreno esté bien nivelado, de manera de asegurar un buen movimiento del agua, tanto vertical como lateralmente. Otro aspecto importante a considerar es que el terreno este libre de malezas perennes como correhuela, chéptica, chufa, etc., ya que éstas son difíciles de controlar una vez que el cultivo está establecido y tienden a propagarse rápidamente.

El sistema de propagación que se elija, va a depender de los medios con que cuente el agricultor, siendo los más utilizados el vivero de donde se cosechan plantas o “coronas” de un año y plántulas o “speedlings” de 8 a 12 semanas de edad, producidas bajo invernadero. El sistema de siembra directa se utiliza cuando quiere lograrse altas densidades de plantas, pero no es mayormente usado en forma práctica.

En Chile se utiliza mayoritariamente la plantación de “coronas” provenientes de viveros, sin embargo, desde el punto de vista sanitario es altamente recomendable el uso de plántulas producidas en un substrato libre de enfermedades.

2. Vivero

Se debe realizar en un suelo que no haya tenido espárrago previamente, para minimizar la posibilidad de ataque de Fusarium. Lo ideal es un suelo con buen drenaje, textura gruesa y con una profundidad mínima de 50 cm, con un subsuelo arcilloso (Sanders, 1996).

La semilla debe ser desinfectada superficialmente con cloro comercial, mediante una inmersión por 15 minutos en una solución al 25%, luego debe ser enjuagada en agua corriente por 5 minutos y posteriormente debe secarse. Previo a la siembra debe remojarla durante 4 días para ablandar la cubierta de la semilla y luego secarla al aire. Después del secado debe agregarse un fungicida en polvo.

En otros capítulos se tratarán los temas de fertilización, riego, control de malezas, enfer-

medades y plagas en el vivero, por lo que sólo nos referiremos a la época, distancias de siembra y cosecha de las coronas.

El vivero debe sembrarse cuando ha pasado el peligro de heladas, debido a la susceptibilidad de las plantas pequeñas a las bajas temperaturas. La distancia entre las hileras va a depender de los equipos de siembra, cultivadoras y sistema de cosecha que se va a utilizar, variando entre 45 y 60 cm. La profundidad de siembra debe ser 2 a 2,5 cm y la distancia sobre la hilera no debiera ser superior a 5 cm. La dosis de semilla variará entre 8 a 20 kg/ha (Sanders, 1996) o 5,5 a 8,8 kg/ha (Giaconi y Escaff, 1994), dependiendo del peso de la semilla y de la distancia de siembra. Para ejecutar la siembra puede usarse sembradoras de remolacha, siendo más aconsejables las neumáticas de precisión.

Las labores de riego y control de malezas son fundamentales para tener éxito con el vivero y lograr cosechar coronas de tamaño adecuado, que nos aseguren un buen establecimiento posterior.

En junio, el follaje muere y es importante cortarlo antes de desenterrar las coronas. Esta cosecha debe hacerse lo más cerca de la fecha de plantación en el terreno definitivo, pero antes que se rompa la dormancia invernal de la planta, vale decir no más allá de la primera quincena de agosto. Se puede usar una serie de implementos para remover las coronas del suelo, tales como arado de vertedera, arado cincel, lámina de acero en forma de U de 40 a 50 cm de ancho (Giaconi y Escaff, 1994), cosechadora de papas, etc. Su elección dependerá de las condiciones del suelo, ya sea en cuanto a textura, humedad, cantidad de malezas, etc.

Luego de arrancadas las coronas, deben ser recogidas del terreno con herramientas como layas u horquetas para proceder a su lavado y separación. Posteriormente es recomendable someterlas a un corto curado al sol, de no más de 24 horas, para que cicatricen las heridas ocasionadas durante la labor de arranque. A continuación es aconsejable darles un baño en una solución de hipoclorito de sodio, para eliminar los patógenos

que pudieran traer superficialmente. Durante el invierno son frecuentes las lluvias, lo que podría imposibilitar la preparación del suelo donde se va plantar, ocasionando un retraso de esta labor. En este caso es necesario almacenar las coronas en cámaras refrigeradas (4°C) hasta la plantación. Previo a la plantación, se debiera aplicar un fungicida a las coronas, con el fin de protegerlas de hongos del suelo en el terreno definitivo.

3. Producción de plántulas

Cualquier productor que tenga invernadero puede producir plántulas, sin embargo es preferible que éstas sean producidas por viveristas especializados. Una ventaja de esta producción de plantas en invernadero es que el agricultor estará listo para trasplantar apenas las condiciones climáticas lo permitan en primavera. Esto permite tener un período de crecimiento más largo la primera temporada.

Las plantas pueden hacerse crecer en bolsas o macetas, pero para un uso más eficiente del espacio en el invernadero, es preferible utilizar bandejas con celdillas de entre 4 a 6 cm² de área cada una. El substrato a utilizar debe ser lo más poroso posible, como por ejemplo una parte de turba con una parte de arena gruesa (Takatori *et al.*, 1980), o una mezcla de turba y vermiculita (Ombrello y Garrison, 1978; Fisher y Benson, 1984). Ante la posibilidad de un substrato inerte como la arena más soluciones nutritivas, en comparación con una mezcla que incluya arena, suelo y turba en partes iguales, es preferible esta última, debido a la producción de un mayor número de raíces y de mejor calidad (Villalobos, 1987). Un rango de temperatura de 18 °C mínimo en la noche y un máximo de 30 °C durante el día proporciona una adecuada germinación y crecimiento de las plantas (Takatori *et al.*, 1980; Giaconi y Escaff, 1994). La profundidad de siembra no debiera ser superior a 1 cm. La semilla debe ser tratada tal como se explicó en el caso del vivero.

Respecto a la edad óptima de las plantas al momento del trasplante hay diferentes opiniones, dependiendo del desarrollo que éstas alcancen bajo las condiciones que fue-

ron producidas. En general se recomiendan plantas de 6 semanas de edad, como mínimo, desde la germinación (Fisher y Benson, 1983) hasta 12 semanas (Takatori *et al.*, 1980), siendo óptimas las de 8-10 semanas (Dufault y Waters, 1984; Villalobos, 1987). Las plantas de mayor edad (16 semanas), presentan un mayor crecimiento inicial en terreno los primeros 45 días después del trasplante al compararlas con las de 8 semanas (Villalobos, 1987), pero es más difícil su manipulación al momento de la plantación. Una planta adecuada para ser trasplantada debe tener 4 a 5 tallos de unos 12 a 15 cm de longitud, estar en crecimiento activo, lo que se nota por un color más claro en los extremos de los tallos, y tener un sistema radicular abundante.

Las necesidades de riego y fertilización varían con las condiciones climáticas, sustrato y edad de la plántula. Los requerimientos iniciales de nutrientes pueden ser satisfechos con la incorporación de un fertilizante completo que contenga micronutrientes en la mezcla de suelo. Después de la emergencia de las plantas, se debe incorporar aplicaciones adicionales de fertilizante líquido en el riego, de acuerdo a las necesidades (Takatori *et al.*, 1980). Algunos resultados indican que debiera agregarse en cada riego 100-150 mg/L de nitrógeno, para obtener plantas con un adecuado crecimiento; si esta dosis es mayor, se produce un excesivo crecimiento del follaje, favoreciendo las enfermedades (Fisher y Benson, 1983, 1984). Cuando el sustrato es en base a vermiculita-perlita y turba, que es bajo en contenido de NPK, se recomienda la aplicación de soluciones nutritivas que contengan 100 mg/L de potasio (K) y 20 mg/L de fósforo (P), fuera de lo mencionado anteriormente con N (Adler *et al.*, 1984).

4. Plantación

La cosecha de coronas se realiza durante el invierno, cuando aún la planta está en receso. Lo ideal es que la plantación se efectúe inmediatamente después de sacadas las coronas del vivero; sin embargo en esta época son frecuentes las lluvias, lo que habitualmente impide tener el terreno preparado para realizar la plantación. En este caso es necesario almacenar las coronas limpias y desinfectadas, bajo condiciones de refrigeración hasta

que se pueda realizar la plantación. Se deben elegir coronas que tengan al menos cinco yemas sanas y ocho raíces intactas.

El trasplante de plántulas se efectúa en primavera, cuando ya ha pasado el peligro de heladas. En este caso juega un rol fundamental el riego y el control de malezas durante los primeros meses de crecimiento.

En Polonia, Knaflewski y Konys, (1994) compararon tres sistemas de establecimiento de espárrago verde, con coronas de un año, con plántulas de 12 semanas y siembra directa. Después de seis años de evaluación, el rendimiento total y comercial acumulado más alto se logró con las coronas de un año de edad. Con plántulas de 12 semanas también se obtuvieron altos rendimientos, pero este sistema requiere de mejores condiciones de crecimiento y cuidados después de plantación. Algo similar encontraron Sterrett *et al.* (1990) al comparar el establecimiento de coronas de un año, con plántulas de nueve semanas de edad, bajo distintos métodos de riego; en este caso, el rendimiento fue similar en la primera cosecha (tercer año), pero fue superior con coronas al cuarto y quinto año.

La preparación de suelos, el trazado de surcos, las distancias y profundidad de plantación son las mismas, independientemente que se use coronas o plántulas para el establecimiento de la esparraguera. Los aspectos que variarán sustancialmente son el riego y el control de malezas. Estos están influenciados no sólo por el tamaño de la planta, sino también por la época en que se efectúa la plantación.

Actualmente en Chile existe la tendencia a realizar plantaciones más densas o con una mayor población de plantas, buscando por un lado un rendimiento mayor y por otro, bajar el calibre de los turiones. A continuación se analizará este aspecto en forma separada, además de la profundidad de plantación, factor que puede tener una mayor influencia en el calibre de los turiones cosechados.

4.1. Densidad de plantación

Diversos estudios indican que los efectos de la densidad de plantación en el rendimiento de turiones son distintos en el corto y en el largo plazo. Por ejemplo, Brasher *et al.* (1967) evaluaron tres distancias de plantación sobre la hilera, 18, 36 y 54 cm, con la variedad Mary Washington, y determinaron que con la menor distancia de plantación se produjo el mayor rendimiento de turiones comerciales hasta el quinto año de cosecha, siendo superado posteriormente por la plantación a 36 cm sobre la hilera. Indican además, que el tamaño de los turiones comerciales disminuye al disminuir la distancia de plantación, pero aumenta la cantidad de espárragos de desecho. En California, Takatori *et al.* (1975) evaluaron la influencia de muy altas densidades de plantación en espárrago verde, logradas por siembra directa (89.000, 178.000, 267.000 y 355.000 plantas/ha) en hileras simples, dobles, triples y al voleo, respectivamente. Se observó una alta pérdida permanente de plantas en los sectores centrales de las densidades más altas, aunque después de 6 años desde el establecimiento, la población de plantas era adecuada en todos los tratamientos, sin que hubiera indicios de verse afectada la longevidad de la esparraguera.

En un ambiente más húmedo, como el de Carolina del Norte, el aumento de la densidad de plantación desde 21.550 a 43.100 plantas/ha, utilizando en este último el sistema de hileras pareadas, aumentó el rendimiento acumulado en 13 temporadas de cosecha, en la mayor densidad de plantación, en un 64 - 80% en tres híbridos (UC-157, WSU 1 y WSU 2) y sólo un 6% en una variedad estándar (Rutgers Beacon) (Sanders *et al.*, 1996, Sanders *et al.*, 1998). En otro ensayo, con una selección de la variedad Mary Washington, en que se comparó el uso de hileras simples y dobles, con 8 densidades de plantación, desde 14.000 hasta 86.000 plantas/ha, no se obtuvo diferencias significativas en el rendimiento acumulado después de 11 temporadas de cosecha, a pesar que hubo un aumento del rendimiento en las primeras 8 temporadas cuando se usó hileras dobles (Sanders *et al.*, 1996). En un tercer estudio, en el cual las densidades fluctuaron entre 21.000 y 387.900 plantas/ha, la magnitud de la respuesta al número de hileras por mesa dependió de la distancia sobre hilera. El uso eficiente del espacio de la mesa y el evitar el exceso de

plantas sobre la hilera ejerció una mayor influencia sobre la productividad que la densidad de plantación promedio. La respuesta en rendimiento al número de hileras por mesa fue mayor y más persistente a través de los años cuando se usó espaciamientos mayores sobre la hilera. El tamaño de los turiones fue sólo marginalmente afectado por el número de hileras por mesa y la distancia sobre la hilera (Sanders *et al.*, 1998).

Evaluaciones realizadas en Valdivia, indicaron que no hay efecto sobre el rendimiento (kg/ha) y sobre la distribución de calibres de la producción de espárrago verde, al aumentar desde 22.000 a 33.000 plantas/ha. Sí hubo una diferencia en el número de turiones producidos, siendo mayor con la mayor densidad de plantación (Medina, 1990).

Con el fin de evaluar los efectos de la densidad de plantación en la producción y calibre de turiones del cv. UC-157 en la zona centro-sur de Chile, se establecieron dos ensayos en el valle central de Ñuble (VIII Región). En el primer ensayo se evalúan cuatro densidades (36.000, 40.000, 45.000 y 50.000 plantas/ha) del cv. UC-157 F2, plantadas en hileras simples a 1,25 m entre hileras. En la tercera temporada de cosecha el rendimiento de turiones aumentó hasta 45.000 plantas/ha, pero disminuyó con 50.000 plantas/ha (Figura 4.1). El mayor rendimiento con las densidades intermedias (40.000 y 45.000 plantas/ha) se debió a un mayor calibre de sus turiones (Cuadro 4.1). Estos resultados muestran que el aumento de la población de plantas no aumenta la proporción de turiones de calibres delgados (7-17 mm), al menos en el corto plazo.

Cuadro 4.1. Efecto de la densidad de plantación sobre el calibre de los turiones producidos de espárrago verde UC-157 F2, tercera temporada de cosecha, 1998.

Población Plantas/ha	Porcentaje de lo exportable	
	Turiones con diámetro >17mm	Turiones con diámetro 7-17 mm
36.000	43,0 c	57,0 a
40.000	54,3 b	45,7 b
45.000	60,5 a	39,5 c
50.000	43,6 c	56,4 a

Letras distintas en cada categoría indican que existen diferencias significativas según test de Duncan 1%.

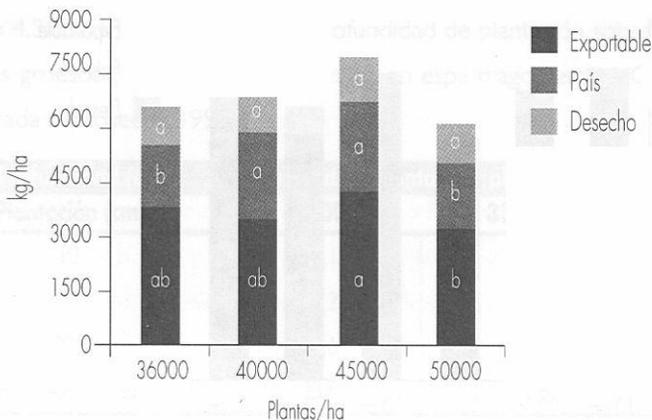


Figura 4.1. Rendimiento de espárrago verde UC-157 F2 en respuesta a distintas densidades de plantación. Tercera temporada de cosecha, 1998.

Letras distintas en cada categoría indican que existen diferencias significativas según Duncan 1%.

País: Corresponde a turiones iniciando apertura de brácteas y levemente torcidos

Desecho: Corresponde a turiones abiertos, torcidos y diámetro inferior a 7 mm.

En un segundo ensayo, localizado en el Campo Experimental Santa Rosa del CRI Quilamapu-INIA, se evalúan dos densidades de plantación (22.000 y 33.000 plantas/ha) y tres profundidades de plantación (10, 20 y 30 cm) del cv. UC-157 F1, todas en hileras simples a 1,5 m. En el segundo año de cosecha, no se detectó un efecto estadísticamente significativo ($P \leq 0,05$) de los tratamientos sobre el rendimiento (Figura 4.2), a pesar de observarse un rendimiento más bajo con la mayor profundidad de plantación y la menor población. Tampoco se observó un efecto de la población de plantas sobre el número de turiones (Cuadro 4.2), como en la temporada anterior en que hubo un mayor número de turiones/m² con la mayor población de plantas (33.000 plantas/ha). Esto se debe, posiblemente, a que existe una compensación por competencia entre las plantas. Tanto en el primero como en el segundo año (Cuadros 4.3 y 4.4) no hubo efecto de la población de plantas sobre el calibre de los turiones.

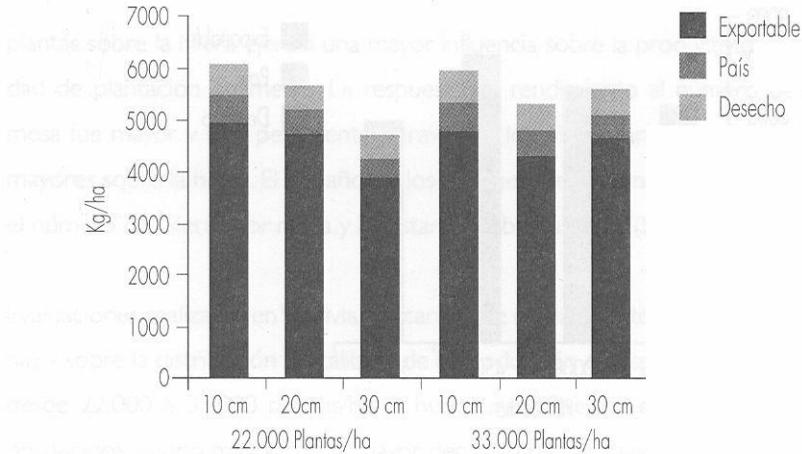


Figura 4.2. Producción exportable, país y desecho en espárrago verde UC-157 FI en respuesta a la densidad y profundidad de plantación. Segunda temporada de cosecha. No hubo diferencias significativas en ninguno de los parámetros evaluados.

Cuadro 4.2. Efecto de la profundidad y densidad de plantación del espárrago UC-157 FI sobre el número total de turiones cosechados por m². Segunda temporada de cosecha, 1998.

Profundidad de Plantación (cm)	Densidad de plantación (plantas/ha)		Promedio Profundidad
	22.000	33.000	
10	37,7	35,5	36,6 a
20	36,9	31,8	34,3 a
30	16,6	27,7	22,1 b
Promedio Población	30,4 A	31,7 A	

C.V.= 27,1%

Medias seguidas por letras minúsculas iguales en las columnas y por letras mayúsculas iguales en las filas no difieren significativamente según test de Duncan 1%.

Cuadro 4.3. Efecto de la densidad y profundidad de plantación sobre el porcentaje de turiones gruesos (> 17 mm de diámetro), en espárrago verde UC-157 FI. Segunda temporada de cosecha, 1998.

Profundidad (cm)	Densidad de plantación (plantas/ha)		Promedio
Plantación (cm)	22.000	33.000	Profundidad
10	18,1	16,2	17,1 b
20	21,2	17,6	19,4 b
30	31,6	34,1	32,8 a
Promedio Densidad	23,6	22,6	

Medias seguidas de letras iguales en la última columna no difieren significativamente según test de Duncan 5%.

Cuadro 4.4. Efecto de la densidad y profundidad de plantación sobre el porcentaje de turiones delgados (7-17 mm de diámetro), en espárrago verde UC-157 FI. Segunda temporada de cosecha, 1998.

Profundidad (cm)	Densidad de plantación (plantas/ha)		Promedio
Plantación (cm)	22.000	33.000	Profundidad
108	1,9	83,8	82,9 a
20	78,8	82,4	80,6 a
30	68,4	65,9	67,2 b
Promedio Densidad	76,4	77,4	

Medias seguidas de letras iguales en la última columna no difieren significativamente según test de Duncan 5%.

Con la información que disponemos hasta el momento, se puede concluir que al aumentar la densidad de plantación disminuyendo la distancia sobre la hilera (en hileras simples), es posible lograr mayores rendimientos en los primeros años de producción (5-6 años), pero no en el largo plazo. En cambio, al aumentar la densidad mediante el sistema de hileras pareadas, el rendimiento aumentaría en el corto y largo plazo. Con ninguno de los dos sistemas (hileras simples e hileras pareadas) se ha logrado disminuir el calibre de

los turiones. Finalmente, es importante considerar los costos de producción, particularmente de plantas, si se piensa utilizar plantaciones de alta densidad.

4.2. Profundidad de plantación

Estudios tempranos en California, en que se evaluó el efecto de la profundidad de plantación de espárrago verde (5, 15 y 30 cm), demostraron que la plantación superficial adelantó el inicio de cosecha en una semana respecto de la siguiente y dos semanas respecto de la de 30 cm. Fue notable la disminución en el número de turiones producidos a medida que se incrementaba la profundidad de plantación, como también el aumento en el calibre y peso de los turiones con la mayor profundidad (Takatori et al., 1974). Por otro lado Lindgren (1990), al evaluar cuatro profundidades de plantación (5, 10, 15 y 20 cm) del cv. Mary Washington, determinó que la emergencia de turiones y cosecha inicial se retrasaba al incrementar la profundidad de plantación, pero disminuía el daño por heladas. El rendimiento total no se vio afectado con ninguno de los tratamientos, debido a que el menor peso de los turiones obtenidos al plantar más superficialmente, se vio compensado por un mayor número de turiones producido.

En el ensayo realizado en el Campo Experimental Santa Rosa, en que se combinó el efecto de la profundidad de plantación (10, 20 y 30 cm) con la densidad de plantas, se ha observado también una disminución en el número de turiones y un aumento de los calibres gruesos (mayores de 17 mm), al aumentar la profundidad a 30 cm (Cuadros 4.2, 4.3 y 4.4).

Respecto a la posición de la corona, se ha determinado que independiente de la profundidad a que se plante, con los años éstas se ubican a un mismo nivel, dependiendo sólo del tipo de suelo (Young, 1939).

Literatura Citada

- Adler, P., Dufault, R., Robert J., and Waters Jr. L. 1984. Influence of nitrogen, phosphorus and potassium on asparagus transplant quality. *HortScience* 19 (4): 565-566.
- Brasher, E. ; Fieldhouse, D. and Boyce, R. 1967. Nutrition, irrigation and spacing of asparagus crowns. *Bull. University of Delaware Agricultural Experiment Station* N° 369. 7 pp.
- Fehér, E. 1992. *Asparagus*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 161 p.
- Fisher, K. and Benson, B. 1983. Effects of nitrogen and phosphorus nutrition on the growth of asparagus seedlings. *Scientia Horticulturae* 21 (2): 105-112.
- Fisher, K. and Benson, B. 1984. The effect of nitrogen, volume of media, plant density and module shape on the growth of asparagus seedling. *Scientia Horticulturae* 24 (1): 45-51.
- Giaconi, V. y Escaff M. 1994. *Cultivo de Hortalizas*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 335 p.
- Knaflewski, M. & Konys E. 1994. Effects of method and time of asparagus planting on yield of green spears. *Acta Horticulturae* 371: 175-181.
- Medina, A. 1990. Efecto de la distancia de plantación sobre la hilera y edad de la corona en espárragos verde y blanco en su segundo año de cosecha. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. 55 p.
- Ombrello, T. and Garrison, S. 1978. Establishing asparagus from seedling transplants. *HortScience* 13 (6): 663-664.
- Sanders, D. 1996. Asparagus crown production. Leaflet N° 2-C, North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina State University. 3 p.
- Sanders, D., Cure J., Bailey K., Turlington L., Pridgen M., Perry W., Gilsanz J., Villagarcía M., Carballo S., David P., Prince C., McMurtry M. and Bandele O. 1996. Long term yield response of asparagus to planting density. *Acta Horticulturae* 415: 351-354.
- Sanders, D., Cure, J., Sperry, W.J., Gilsanz, J.C., Prince, C.A. and Bandele, O. 1998. Long-term effects of rows per bed and in-row spacing on yield and spear size of asparagus. *HortScience* 33 (4): 652-654.

- Sterrett, S.B., Ross, B.B. and Savege, Jr. 1990. Establishment and yield of asparagus as influenced by planting and irrigation method. *Journal American Society Horticulture Science*, 115: 29-33.
- Takatori, F., Souther F. and Sims W. 1980. Establishing the commercial asparagus plantation. University of California, Division of Agricultural Sciences. Leaflet 21165. 19 p.
- Takatori, F., Souther F. and Stillman J. 1975. Influence of high density planting on yield and quality of green asparagus. *California Agriculture*, June 1975: 10-11.
- Takatori, F., Stillman J. and Souther F. 1974. Influence of planting depth on production of green asparagus. *California Agriculture*, January 1974: 4-5.
- Villalobos, L.M. 1987. Propagación de espárragos por medio de plántulas, cultivar UC-72. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de Concepción. 41 p.
- Young, R. 1939. The depth of planting asparagus and its effect on stand, yield and position of the crown. *Proc. of the Amer. Soc. for Hort. Sci.* 37: 783-784.

Capítulo 5

MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN

Rodrigo Ortega B.

INIA – Quilamapu, Casilla 426, Chillán.

1. Introducción

En los últimos años, el cultivo del espárrago se ha convertido en una importante alternativa productiva para los suelos de riego de la zona centro sur de Chile. Por tratarse de un cultivo perenne de alta inversión, cuyo éxito económico no sólo depende del nivel del rendimiento alcanzado sino que también de la calidad del mismo, su manejo productivo debe ser altamente especializado. Dentro de los factores de producción, un adecuado manejo de la fertilización es clave para la obtención de altos rendimientos y calidad de turiones lo que contribuye además, a un incremento de la longevidad de la esparraguera. En el presente capítulo se discuten los aspectos más relevantes del manejo de la fertilización del cultivo de espárragos, con énfasis en aquellas herramientas que permitan al productor tomar mejores decisiones de manejo. Finalmente se propone un esquema de manejo sitio – específico de la esparraguera, que permitiría aumentar la eficiencia productiva del rubro.

2. Requerimientos de suelo

Debido a que el espárrago es un cultivo perenne que ocupará el suelo durante un período no inferior a 10 años, la elección correcta del potrero o sitio de plantación es un factor crítico para el éxito económico de la esparraguera. Según numerosos autores el suelo "ideal" correspondería a uno de textura franco arenosa, de buen drenaje, buena estructura y una profundidad apropiada para el crecimiento de las raíces del cultivo. Al respecto, la mayor concentración de raíces en una esparraguera adulta se encuentra

entre los 15 y 30 cm de profundidad. Lateralmente, las raíces pueden expandirse hasta 3 m desde la hilera de plantación. Muchos suelos aluviales o "trumaos" del valle regado de la zona centro sur del país cumplen con estos requisitos.

Desde el punto de vista de fertilidad, el espárrago crece mejor en suelos fértiles de pH superior a 6. El pH ideal para el cultivo es entre 6,5 y 7,5, puesto que esta especie es considerada como muy sensible a la acidez. Dado que la mayoría de los suelos de la zona centro sur del país, en donde se concentra principalmente la producción de espárragos, presentan pH menores al mínimo propuesto en la literatura, la aplicación de cal previa al establecimiento debería ser una práctica aconsejable.

En los suelos regados con potencial para ser plantados con espárragos, el suministro de nitrógeno vía mineralización de la materia orgánica es, en general, insuficiente. Los niveles de P extractable son medios o altos, especialmente en aquellos suelos que han considerado remolacha en su rotación, mientras que los niveles de potasio son en general medios. Por otra parte, las deficiencias de azufre y micronutrientes en estos suelos son puntuales. Así, el énfasis en la fertilización del espárrago debería ser primero el N, segundo el K, tercero el P y después los otros elementos. Al respecto, un análisis de suelo previo a la plantación es esencial para determinar las necesidades de fertilización y encajado de cada situación en particular.

Según Franklin (1990), al menos un 80 % de la superficie de un sitio de plantación seleccionado debería reunir las condiciones mínimas para la producción de espárragos. Esto significa por ejemplo, que dentro de un potrero de 10 ha, al menos 8 deberían cumplir con todos los requerimientos de suelo para el cultivo. Debido a que en un sitio dado es muy difícil encontrar características de suelo homogéneas, idealmente debiera hacerse un muestreo intensivo de suelos del área seleccionada y definir dentro de ellas, sub - unidades de manejo, cada una de las cuales tendrá un manejo y un potencial de rendimiento distintos. En la Figura 5.1 se presenta la variabilidad espacial de dos propiedades del suelo, pH y materia orgánica, de un potrero de 2 ha en un suelo aluvial de la

provincia de Ñuble, representativo de los suelos dedicados a la producción de espárrago. Se observa que el pH varía entre 5,6 y 6,3, mientras que la materia orgánica lo hace entre 3,6 a 5,8 %. Claramente existen dentro de este sitio, condiciones de suelo distintas que probablemente determinarán rendimientos y calidad de turiones distintos, aún cuando el manejo sea uniforme. De ahí la necesidad de separar unidades homogéneas dentro del potrero o sitio seleccionado, de acuerdo a criterios diversos. Este concepto se denomina Manejo Sitio Específico (MSE) y será explicado en detalle más adelante.

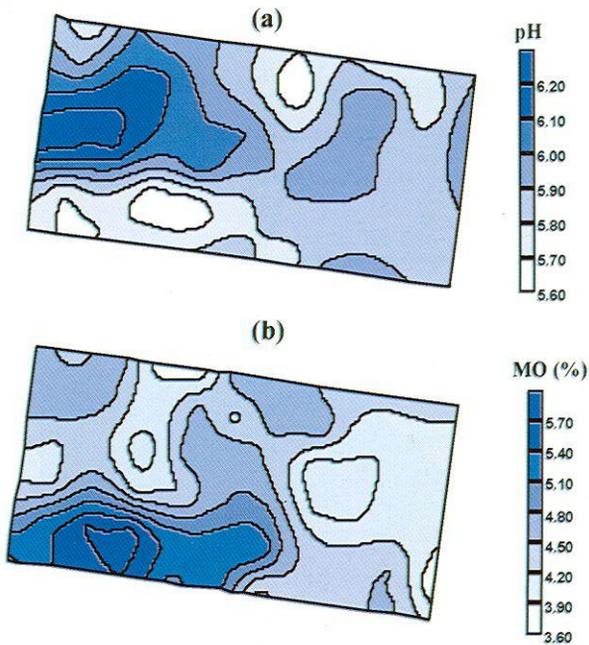


Figura 5.1. Variabilidad espacial de a) pH y b) materia orgánica en un potrero de 2 ha, en un suelo aluvial de riego.

3. Requerimientos nutricionales del cultivo de espárrago

Los requerimientos nutricionales del cultivo del espárrago corresponden a la suma de la extracción de nutrientes en los turiones, los nutrientes necesarios para el crecimiento de las coronas y raíces, y los de la parte aérea (helechos) luego de la cosecha. Los requerimientos de nutrientes aumentan con la edad de la esparraguera, tanto en los turiones como en la corona + parte aérea, hasta alcanzar la estabilidad alrededor de los 6 a 8 años (Figura 5.2). Proporcionalmente, la cantidad de nutrientes extraídos por coronas, raíces y helechos es mucho mayor a aquellos extraídos por la cosecha. Según Dean *et al.* (1993), las cantidades de nutrientes almacenados en las raíces, coronas y helechos son 5 a 15 veces más altas que las extraídas por los turiones en una cosecha de 4,5 ton/ha. El aumento de la extracción de nutrientes en los turiones es directamente proporcional al tamaño de la cosecha, con una baja extracción en los primeros años hasta que se alcanza la estabilidad de los rendimientos. En este caso, y si se incorpora al suelo la parte aérea, debería reponerse, vía fertilizante, sólo la extracción producida por la cosecha. La varie-

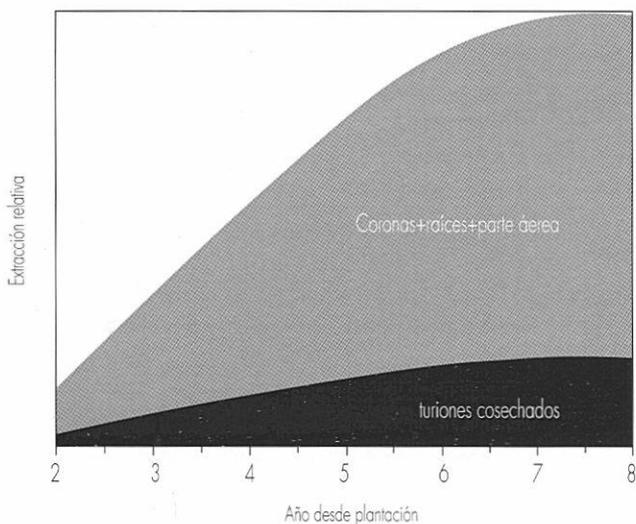


Figura 5.2. Extracción relativa de nutrientes en distintos órganos de la planta en esparragueras de distintas edades.

dad utilizada también influencia la extracción de nutrientes por parte del cultivo. La literatura reporta distintos valores de extracción por tonelada de turiones cosechados. En el Cuadro 5.1 se presenta un resumen con la extracción de varios nutrientes según diversas fuentes.

Cuadro 5.1. Extracción de nutrientes por tonelada de turiones según varios autores.

Fuente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
kg/ha/ton						
Moreau y Zuang (1977)	23,4	9,0	28,5	19,0	3,1	
IFA (1992)	19,3	6,7	2,0	14,0	1,5	
CFA (1995)	31,7	16,7	40,0			
Douglas y Ledgard (1990)	4,0	1,4	3,1	0,3	0,3	1,2
Douglas y Follet (1996)	4,8	1,8	4,3			
Dean <i>et al</i> (1993)	9,3	3,0	6,8			
Promedio	15,4	6,4	17,5	11,1	1,6	1,2
Desviación estándar	11,2	5,8	15,1	9,7	1,4	NA

De este cuadro 5.1 se desprende que el cultivo de espárrago extrae cantidades más o menos similares de nitrógeno y potasio (expresado como K₂O) y menores cantidades de fósforo y otros nutrientes. Esta observación confirma que la preocupación fundamental en la fertilización del espárrago debería ser el nitrógeno y el potasio, y en menor medida el fósforo y otros nutrientes. Lo importante es evaluar si el suelo es capaz de suministrar los requerimientos nutricionales del espárrago y sobre la base de este análisis, determinar la fertilización a aplicar.

4. Herramientas de diagnóstico de la fertilidad del suelo

Existen diversas herramientas de diagnóstico de la fertilidad de los suelos. Sin lugar a dudas la más certera y directa es la respuesta de la planta de interés al ambiente edáfico

en que se le hace crecer. Esta respuesta se puede expresar en forma de síntomas de deficiencia o toxicidad y rendimiento.

4.1 Análisis de suelo

El análisis de suelo es una herramienta indirecta que ha sido desarrollada a partir de soluciones extractantes diversas que extraen distintas fracciones de los nutrientes de interés del suelo. El análisis de suelo per se no tiene utilidad, y para ser usado debe relacionarse con la respuesta de la planta. La relación entre el nivel de un análisis de suelo y la respuesta de la planta se obtiene a través de un proceso denominado calibración. En la Figura 5.3 se presenta la relación entre el nivel de fósforo del suelo extraído con bicarbonato de sodio (método Olsen) y el rendimiento relativo. Se aprecia que a medida que aumenta el valor del P Olsen, el rendimiento relativo (expresado como el cociente entre el rendimiento del cultivo sin fertilización fosfatada y el rendimiento del mismo cultivo fertilizado con P) aumenta, hasta estabilizarse cuando el suelo alcanza las 20 ppm de P. Este nivel se denomina nivel crítico. El nivel crítico de un nutriente se

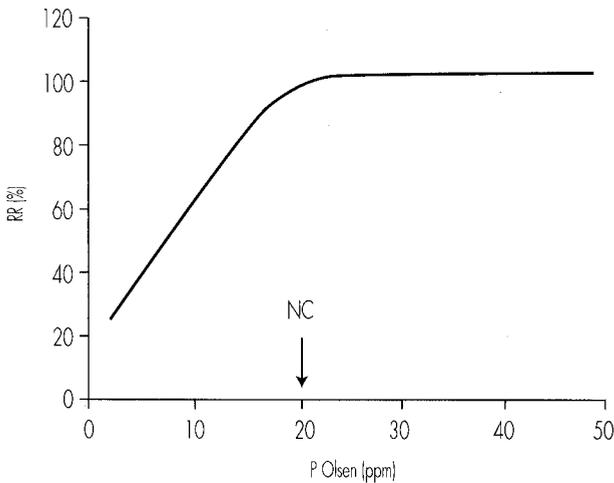


Figura 5.3. Relación idealizada entre el nivel de P Olsen del suelo y el rendimiento relativo (RR) de cultivos.

define como el valor del análisis que divide los suelos en dos categorías: a) aquellos en que la probabilidad de respuesta a la aplicación de fertilizantes es alta y b) aquellos en que la probabilidad de respuesta a la aplicación de fertilizantes es baja. Normalmente no se aplica fertilizante sobre el nivel crítico.

Algunos niveles críticos o criterios de suficiencia para cultivos en general se presentan en el Cuadro 5.2. En el caso de las bases de intercambio (Ca, Mg, K y Al), los criterios de suficiencia se expresan también como proporción de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. Desde el punto de vista de toxicidad, el aluminio de intercambio debería encontrarse en niveles de saturación menores al 5 %. El pH considerado adecuado para la mayoría de los cultivos es sobre 5,8. Para el caso del espárrago, este valor debería ser superior a 6. Algunos autores han establecido niveles críticos específicos para el espárrago. Así por ejemplo, Wood *et al.* (1986), en Nueva Zelanda, establecieron niveles críticos de 31-35 ppm para P Olsen y 200 ppm para K extractable. Otros autores (Bussel y Prasad, 1988, citados por Douglas y Follet, 1996) también en Nueva Zelanda,

Cuadro 5.2. Niveles de suficiencia para principales nutrientes y pH del suelo

Nutriente	Nivel de suficiencia	
P Olsen	20 mg/kg	
K extractable	250 mg/kg (.64 Cmol(+)/kg)	
Ca de intercambio	250-500 mg/kg (1,25-25 Cmol(+)/kg)	65-85% CIC*
Mg de intercambio	25-60 mg/kg (0,1 – 0,25 Cmol (+)/kg)	6-12% CIC
K de intercambio	120-250 mg/kg (0,3-0,6 Cmol (+)/kg)	2-5% CIC
pH del suelo	5,8 (en Espárrago pH > 6)	
Al de intercambio		< 5% CIC
Zn - DTPA	0,5-1 mg/kg	
Fe - DPTA	4-5 mg/kg	
Cu - DPTA	0,5-1 mg/kg	
Mn - DPTA	0,2 mg/kg	
B - Agua caliente	1 mg/kg	

* Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

El Cultivo del
Espárrago

han propuesto un nivel crítico de 360 ppm de K extractable. En el estado de Washington, EEUU, Dean *et al.* (1993) propusieron niveles críticos de 10 y 120 ppm de P y K, respectivamente. Sin embargo, no indican el extractante usado en ambos casos, por lo que queda la incertidumbre respecto a si éstos pudiesen ser aplicados en Chile. El uso de los niveles críticos expuestos en el Cuadro 5.2 es un buen punto de partida, los cuales deberían ser bastante cercanos a la realidad del cultivo.

4.1.1 Muestreo para análisis de suelo

El suelo debe ser muestreado previo a la plantación y en forma opcional cada año durante el cultivo, ya que la evaluación nutricional de una esparraguera establecida puede hacerse directamente sobre la planta a través de análisis foliar. Existen dos aproximaciones posibles para muestrear el suelo (Ortega y Flores, 1999a):

Muestreo para determinar la fertilidad promedio de un potrero

En este caso el objetivo es obtener una muestra compuesta representativa del sitio de plantación, cuyo análisis representará el nivel promedio de fertilidad del mismo. Para ello debe se debe recorrer el potrero en forma de zig-zag, recolectando 25 submuestras de 0 - 30 cm de profundidad, utilizando un barreno o pala. Las submuestras deben ser mezcladas cuidadosamente en un balde plástico, obteniendo de esta mezcla entre 0,5 a 1 kg de suelo para ser enviado al laboratorio. La máxima superficie a muestrear no debe exceder las 10 ha, por lo que la intensidad máxima de muestreo alcanza a 1 muestra/10 ha (0,1 muestra/ha). Sectores de características distintas (manejo, tipo de suelo, topografía, etc.) dentro del potrero deben ser muestreados separadamente (Figura 5.4).

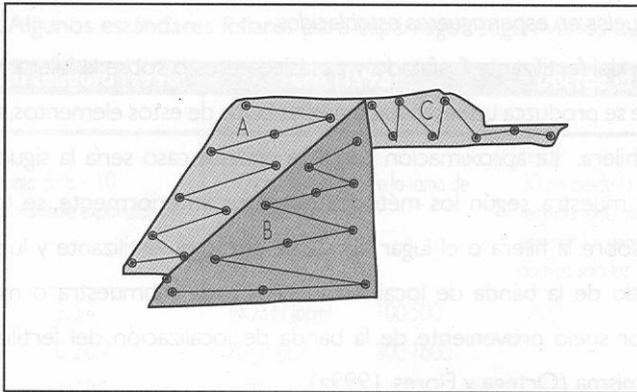


Figura 5.4. Muestreo compuesto con fines de diagnóstico de la fertilidad del suelo. En este caso, el potrero ha sido dividido en tres unidades muestrales, según tipo de suelo.

Muestreo para construir mapas de fertilidad

El objetivo de este tipo de muestreo es conocer en detalle los niveles de fertilidad del suelo en distintos sectores del potrero. Con esta información es posible dividir la plantación en sectores de manejo homogéneo, de acuerdo a las características de cada sector del potrero. En este caso, el muestreo se realiza en grilla, utilizando un diseño sistemático, con una intensidad de 1 a 20 muestras de suelo/ha, dependiendo del tipo de suelo y la superficie del potrero (Figura 5.5). Cada una de las muestras se envía al laboratorio para su análisis químico. Con los resultados de laboratorio, es posible construir mapas como los de la Figura 5.1.

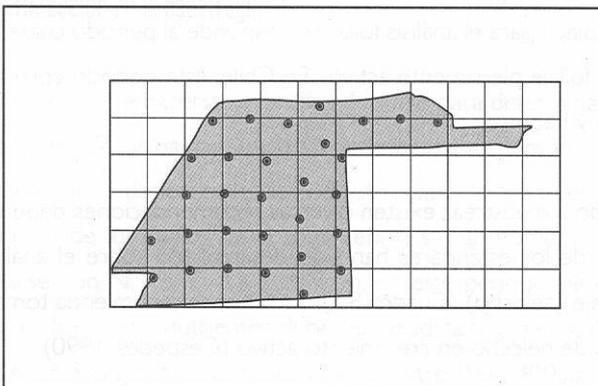


Figura 5.5. muestreo en grilla con una intensidad de 1 muestra/ha sobre un potrero de 30 ha. Cada muestra se envía al laboratorio separadamente.

Muestreo de suelos en esparragueras establecidas

La localización del fertilizante fosfatado y potásico cerca o sobre la hilera de plantación, determina que se produzca un sesgo hacia niveles bajos de estos elementos, si se muestrea sólo la entre hilera. La aproximación correcta en este caso sería la siguiente: en cada submuestra o muestra, según los métodos descritos anteriormente, se toma primero una muestra sobre la hilera o el lugar donde se aplicó el fertilizante y luego un cierto número, alejado de la banda de localización. Así, cada submuestra o muestra estará compuesta por suelo proveniente de la banda de localización del fertilizante y suelo alejado de la misma (Ortega y Flores, 1999a).

4.1.2. Análisis foliar

Por tratarse de una planta perenne, el análisis foliar solo o en combinación con análisis de suelo es una excelente herramienta para monitorear el estado nutricional de la esparraguera y definir medidas correctivas si fuesen necesarias. Existe gran variabilidad en relación con la época de muestreo, tejido a muestrear y estándares foliares. Sin embargo, como criterio básico se establece que el muestreo debe hacerse en pleno período de crecimiento, antes de que ocurra cualquier translocación desde el follaje (helechos) a la corona. Céspedes (1990) estudió la evolución estacional de nutrientes en esparragueras de 1 a 6 años, establecidas en la VIII y IX regiones y determinó que la época más apropiada para el análisis foliar corresponde al período cuando las plantas se encuentran con follaje plenamente activo. En Chile, este período correspondería a los meses de Enero y Febrero.

Respecto al tejido a muestrear, existen diversas recomendaciones dependiendo del autor: La mayoría de los estándares han sido desarrollado sobre el análisis de la parte superior del follaje (helecho) (Cuadro 5.3). En Chile se recomienda tomar los primeros 30 cm de ramas de helecho en crecimiento activo (Céspedes, 1990).

Algunos estándares foliares, según diversos autores, se presentan en el Cuadro 5.3.

Cuadro 5.3. Algunos estándares foliares para espárragos según varios autores.

Douglas and Ledgard (1990)		CFA (1998)		Doerge et al. (1991)	
Tejido: 30 cm de la punta de 8 – 10 helechos completamente expandidos		Tejido: 10 cm de la punta de la rama de helechos nuevos		Tejido: 30 cm desde la punta de helechos recientemente maduros. Se eliminan los primeros 10 cm y se analiza sólo las cladófitas.	
N (%)	2,5-4	NO ₃ -N (ppm)	100-500	N (%)	2,6-3,5
P (%)	0,2-0,4	PO ₄ -P (ppm)	800-1600		
K (%)	1,7-3,5	K (%)	1-3		
S (%)	0,3-0,45				
Ca (%)	0,6-1,5				
Mg (%)	0,14-0,35				
Mn (ppm)	30-160				
Zn (ppm)	20-60				
Cu (ppm)	5-15				
Fe (ppm)	50-150				
B (ppm)	30-150				
Mo (ppm)	0,08-0,4				

5. Manejo de la fertilización de la esparraquera

Previo a la plantación debe hacerse un análisis de suelo para determinar las necesidades de fertilizantes, siguiendo las pautas señaladas anteriormente. Del análisis de los resultados debe salir la recomendación específica de nutrientes y fertilizantes para el establecimiento. En el caso de los suelos de la zona centro sur, al momento de la plantación debería fertilizarse con N, P y K. La utilización, en este período, de otros nutrientes, principalmente azufre y micronutrientes, debe ser decidida según el análisis de suelo. Las dosis aplicadas en el país son muy variables y varían entre 100 y 400 kg N/ha, 150-300 kg P₂O₅/ha y 60-240 kg K₂O/ha. En muchos casos estas dosis son claramente excesivas y son el resultado de criterios errados en su estimación por parte de agricultores y asesores.

res. Cabe señalar por ejemplo que en el caso del nitrógeno, debe considerarse que la mayor demanda de nitrógeno por parte de la esparraguera se produce cuando las tasas de mineralización de N también son máximas (verano), puesto que existe temperatura y humedad adecuadas. Fácilmente un suelo de riego puede aportar sobre 100 kg de N/ha/año, producto de la mineralización de la materia orgánica. Este aspecto se debe tener en consideración cuando se estiman las dosis de N a aplicar. Excesos de nitrógeno, no sólo causan una pérdida económica al productor, una vez que este es lixiviado más allá de la zona radicular del espárrago (> 30 cm), sino que además, pueden provocar la contaminación de las aguas subterráneas. Sanders (1999) en Carolina del Norte, EEUU, encontró respuestas en rendimiento con la aplicación de hasta 150 kg de N y 150 kg K₂O/ha, sin embargo, los rendimientos reportados fueron bastante menores comparados a la realidad de Chile. Las dosis comúnmente usadas en establecimiento y producción de esparragueras de coronas se presentan en la Cuadro 5.4. Estos valores deben tomarse sólo como referencia, puesto que la recomendación de fertilización es sitio-específica. En el caso de esparragueras en plena producción, el uso de análisis foliar en combinación con análisis de suelo es clave para definir la fertilización de la temporada siguiente.

Cuadro 5. 4. Dosis de nutrientes recomendadas en espárragos, según diversos autores.

Fuente	Dosis de nutrientes (kg/ha)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Dean <i>et al.</i> (1993)*	157-314	0-336	0-269	plantación
Douglas y Follet (1996)		252		plantación
Gioconi y Escaff (1994)	45	45		plantación
Mullen <i>et al.</i> (1998)	112	56	112	plantación
Mullen <i>et al.</i> (1998)	112-448	112-224	112	Anual
Dean <i>et al.</i> (1993)*	112	Sobre NC	Sobre NC	Anual
Douglas y Ledgard (1990)	50-100	45-90	50-100	Anual
Tyler y Lorenz (1999)	90-170	60-110	0-110	Anual
Sims <i>et al.</i> (1988)	110	60	110	Anual

*según análisis de suelo

En el caso del nitrógeno, las fuentes fertilizantes posibles de usar, son tanto nítricas (salitre) como amoniacales (urea), aunque, algunos autores sostienen que el espárrago prefiere el N como nitrato. En el Cuadro 5.5, se presenta una lista resumida de algunos fertilizantes nitrogenados y su reacción neta en el suelo (ácida, neutra o alcalinizante).

Cuadro 5.5. Algunas alternativas para la fertilización nitrogenada en suelos con riesgos de acidificación (adaptado de Suárez, 1997).

Productos	CaCO ₃ equivalente en Exceso (E) o déficit	
	Kg CaCO ₃ /kg	Kg CaCO ₃ /100 kg fertilizante
Salitre Mg (SQMC) (15% N; 5,5% MgO)	2,72 (E)	40,80 (E)
Salitre sódico (16% N)	1,80 (E)	28,80 (E)
Nitrocal (15,5% N)	1,57 (E)	24,30 (E)
Supernitro Mg (25% N; 4% MgO)	0,17 (E)	4,20 (E)
Nitroplus (22% N; 7,5% MgO; 12% CaO)	0 (neutro)	0 (neutro)
*Urea + cal (1,8 kg CaCO ₃ / kg N)	0 (neutro)	0 (neutro)
Supernitro (25% N)	0,14 (D)	3,50 (D)
Nitromag (27%N; 5%Mg; 0,7%CaO)	0,87 (D)	23,60 (D)
Nitrato Calcáreo (27%N; 11% CaO)	1,07 (D)	28,90 (D)
Urea (46%N)	1,80 (D)	82,80 (D)

*E= producto alcalinizante, D= producto acidificante.

En relación con el fósforo, éste puede aplicarse en todas las formas solubles disponibles en el mercado, tales como fosfato mono y diamónico y superfosfato triple. La roca fosfórica también puede ser una buena alternativa para la aplicación de P, especialmente para la mantención de los niveles de P una vez que se ha alcanzado el nivel crítico. La reactividad de la roca es fundamental al momento de su selección. Especial cuidado debe tenerse respecto al efecto acidificante de los materiales fertilizantes, considerando que el espárrago produce mejor en suelos de pH > 6.

Con respecto a las fuentes de potasio, puede usarse cualquiera (sulfato de potasio, muriato de potasio, salitre potásico, etc.), sin embargo, considerando el efecto supresivo que puede tener el cloro sobre la fusariosis del espárrago, el muriato de potasio (KCl) podría ser técnicamente la mejor alternativa. Elmer y LaMondia (1999) encontraron un efecto positivo de la aplicación de sal común (NaCl) sobre el turgor de las plantas de espárragos (mayor resistencia al estrés hídrico), lo que podría asociarse a una mayor resistencia a *Fusarium*. El uso de mezclas fertilizantes específicas para espárrago es una buena alternativa, sin embargo, éstas debieran ser a pedido, considerando las necesidades específicas de cada potrero en particular. La mayoría de las mezclas fertilizantes son completas e incluyen azufre y microelementos, además de N, P y K. Debe considerarse que no necesariamente todos los suelos son deficientes en azufre y microelementos.

En relación con el método y época de aplicación de los fertilizantes a la plantación, el fósforo y potasio deben ser incorporados al surco, quedando localizados bajo la corona. El nitrógeno puede aplicarse al voleo, cerca de la hilera de plantación, ojalá parcializándolo a partir de la plantación hasta inicios del verano. En la fertilización de mantención, la aplicación de P y K debe incorporarse entre las hileras, cuidando de no dañar las raíces. El uso de una cultivadora-abonadora permite dejar el fertilizante cerca de las plantas de espárrago. El nitrógeno puede aplicarse al voleo.

Respecto a la época de aplicación de fertilizantes en producción, las recomendaciones y prácticas son diversas. Es posible aplicar todo el fertilizante una vez terminada la cosecha. También es factible aplicar el P y K en receso y parte del nitrógeno antes y durante la cosecha y el resto una vez finalizada ésta. Considerando que la producción de turiones se hace sobre la base de las reservas de las plantas, la aplicación de todo el fertilizante luego de la cosecha no es una mala práctica. Sin embargo, si se considera que las raíces y corona comienzan a crecer luego del receso, la aplicación de parte del fertilizante en este período también tiene sentido. En todo caso, desde el punto de vista de eficiencia de uso del N, la parcialización es una excelente medida. Otro factor que contribuye a incrementar la eficiencia de uso del N es la adecuada humedad del suelo al momento de su aplicación.

6. Manejo de la fertilización en viveros de espárrago

Existe poca información respecto al manejo de la fertilización en viveros. Sin embargo, algunos de los conceptos discutidos anteriormente también son válidos durante esta etapa.

Si se hace un vivero en contenedores ("speedlings"), es esencial realizar un análisis químico del sustrato para determinar cuales son las enmiendas y fertilización que necesita. Aparte del pH y los contenidos de nutrientes del sustrato, el conocimiento de su relación C:N ayudan a definir la recomendación.

En términos de viveros al aire libre para la producción de coronas, el análisis de suelo es una excelente herramienta para decidir su fertilización. En este caso, el espárrago se considera como un cultivo anual al cual hay que suplir sus necesidades de fertilización. En los suelos de la región centro sur, las necesidades de fertilizantes serían similares a las de un trigo, es decir, 150-200 kg N/ha, 150-180 kg P_2O_5 /ha y 60-120 kg K_2O /ha. Según Giaconi y Escaff (1994), la aplicación de salitre en tres parcialidades de 200 kg cada una o 200 kg urea en una sola parcialidad (100 kg N/ha), aceleran el crecimiento de las plantas en vivero.

7. Manejo de nutrientes sitio específico [MNSE] en espárragos

Dado su elevado valor económico, el cultivo del espárrago es particularmente adecuado para la implementación de prácticas de manejo de nutrientes sitio-específicas. El MNSE que forma parte de la llamada "Agricultura de Precisión", consiste en la aplicación variable de nutrientes dentro del potrero de producción, de acuerdo a las condiciones particulares de cada sector con manejo homogéneo dentro del mismo. A partir de una adecuada caracterización de las propiedades físico-químicas del suelo, además de los rendimientos y calidad de turiones, se definen varias zonas de producción dentro de la esparraguera. Cada una de estas zonas se maneja de manera distinta en cuanto a su

fertilización, riego u otros aspectos. En cada una de las zonas, anualmente se recolecta información en términos de rendimientos, calidad comercial de turiones, análisis foliar y de suelo, etc., y se procede a corregir los manejos correspondientes, si fuese necesario. En la Figura 5.6, se presentan las etapas necesarias para implementar prácticas de agricultura de precisión, tales como el MNSE.

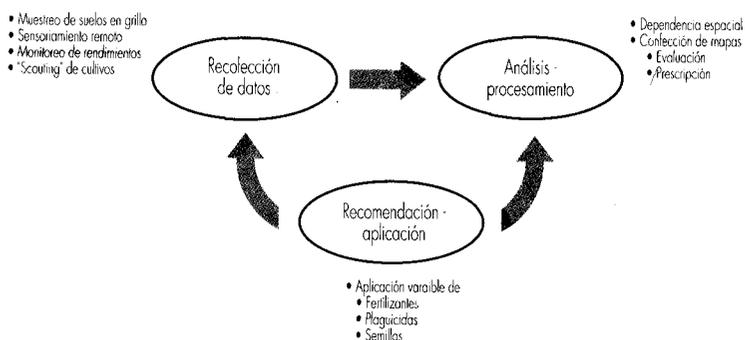


Figura 5.6. Etapas para la aplicación de Manejo Sitio Específico (Adaptado de Ortega y Flores, 1999b)

8. Conclusiones

A pesar de que la información nacional respecto al manejo de la fertilización del espárrago no es muy abundante, existen numerosas herramientas disponibles para hacer un mejor y más eficiente uso de los fertilizantes en espárrago. Un adecuado manejo de la fertilidad es clave no sólo para obtener buenas producciones con una calidad comercial adecuada, sino que también para aumentar la longevidad de la esparraguera.

Literatura citada

- CFA, California Fertilizer Association. 1995. Western Fertilizer Handbook. Eighth Edition. 338p.
- CFA, California Fertilizer Association. 1998. Western Fertilizer Handbook. Second Horticulture Edition. 362 p.
- Céspedes, M.C.. 1990. Evolución estacional de elementos minerales en follaje de esparragueras de las regiones VIII y IX. Definición de épocas de muestreo. Memoria de título, Escuela de Agronomía, Universidad de Chile. Santiago-Chile.
- Dean B.B., Boydston, R., Cone W., Johnson, D., Ley, T.W., Mink, G., Parker, R., Stevens, R., Sorensen, E. and Van Denburgh, R 1993. Washington Asparagus Production Guide. College of Agriculture and Home Economics, Washington State University. Pullman, Washington. 21 p.
- Doerge, T.A., Roth, R.L. and Gardner, B.R. 1991. Nitrogen fertilizer management in Arizona. College of Agriculture. The University of Arizona. USA. 87 p.
- Douglas J.A. and Ledgard, S.F. 1990. The fertilizer requirement of asparagus. p. 4.1-4.8. In S.J. Franklin (ed.). The New Zealand Asparagus Manual. The N.Z. Asparagus Council, Manurewa, N.Z.
- Douglas J.A. and Follet, J.M. 1996. The Fertilizer requirement of asparagus on an allophanic clay based volcanic soil. Acta Horticulturae 415: 355-364.
- Elmer, W.H. and LaMondia, J.A. 1999. Studies on the Suppression of Fusarium crown and root rot of asparagus with NaCl. Acta Horticulturae 479: 211-217.
- Franklin, S.J. 1990. Preparation for asparagus. In S.J. Franklin (ed.). The New Zealand Asparagus Manual. The N.Z. Asparagus Council, Manurewa, N.Z. p. 2.1-2.11.
- Giaconi, V. y Escaff, M. 1994. Cultivo de Hortalizas. Novena Edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 336 p.
- IFA, International Fertilizer Industry Association. 1992. IFA World fertilizer Use Manual. Paris, France.
- Mullen, R., Mayberry, K.S. and Laemmlen, F.F. 1998. Asparagus Production in California. Vegetables production Series, Vegetable Research and Information Center: Division

- of Agriculture and Natural Resources, University of California. 4p.
- Moreau, B. et Zuang H. 1977. L'asperge. Institut National de Vulgarisation. Paris, France. 212 p.
- Ortega, R. y Flores, L. 1999a. Muestreo de suelos para recomendación de fertilizantes. En R. Ortega y L. Flores (ed.) Agricultura de precisión: Introducción al manejo sitio - específico. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI Quilamapu. p 115-134.
- Ortega, R. y Flores L. 1999b. Agricultura de precisión. En R. Ortega y L. Flores (ed.) Agricultura de precisión: Introducción al manejo sitio - específico. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI Quilamapu. p 13-46.
- Sanders, D.C. 1999. Nitrogen-Potassium Interactions in Asparagus. *Acta Horticulturae* 479: 421-425
- Sims, W.L., Souther, F.D. and Mullen, R.J. 1988. Growing Asparagus in California. Cooperative Extension. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. 23 p.
- Suárez, D. 1997. Acidificación y encalado de suelos: Problemática Nacional. Seminario Internacional: Uso eficiente de fertilizantes en una agricultura sustentable. Departamento de Agronomía. Universidad de Concepción. Chillán, 3-4 Diciembre.
- Tyler, K.B. and Lorenz, O.A. 1999. Fertilizer Guide for California Vegetable Crops. Department of Vegetable Crops, Vegetable Research and Information Center, University of California-Davis. 5p.
- Wood, R.J., Cornforth I.S., Douglas J.A., Malden, G.E., Prasad M. and Wilson, G.J. 1986. Vegetables. In C.J. Clark et al. (ed). Fertilizer recommendations for horticultural crops. Agricultural Research and Advisory Services Divisions. Ministry of Agriculture and fisheries. First edition. Wellington, N.Z. p. 57-67.

Capítulo 6

MANEJO DE LAS MALEZAS

Alberto Pedreros L.

Departamento de Producción Vegetal, INIA – Quilamapu, Casilla 426, Chillán.

1. Introducción

El manejo de malezas en esparragueras es un área poco investigada en forma sistemática en Chile y sólo han habido ensayos esporádicos. Así, la mayoría de las recomendaciones en el país se basan en investigaciones realizadas en el extranjero y que muchas veces no se adaptan a nuestra realidad. De hecho, la falta de recomendaciones adecuadas a la realidad nacional, con pocas publicaciones que respalden esto, ha significado pérdidas para los agricultores debido al daño producido por algunos herbicidas, que han tenido un comportamiento diferente al recomendado en literatura.

Las malezas reducen el crecimiento, rendimiento y duración de la esparraguera ya que es una especie muy poco competitiva en sus primeros estados de desarrollo. La alta infestación de malezas y la poca capacidad competitiva del espárrago, debido a la escasa sombra producida durante las primeras etapas de crecimiento, han obligado a los agricultores a usar herbicidas sin determinar si son los adecuados, con un gran riesgo y resultados desconocidos. Por otra parte, la presencia de malezas durante la cosecha se traduce en un temprano ataque de plagas a los turiones debido a que sirven de hospederas.

2. Malezas en esparragueras

El espárrago es un cultivo perenne que puede permanecer en producción por más de 20 años. Esto significa una estrategia diferente en el control de malezas, ya que pasará un

largo tiempo antes de la posibilidad de una rotación con otro cultivo o un movimiento total del suelo. Las malezas deben ser consideradas durante todo el año, sin importar el estado de desarrollo en que se encuentre el cultivo, ya que permitir infestación en periodos en que las plantas no están compitiendo, significará un aumento potencial en las temporadas siguientes.

El manejo de las malezas en una esparraguera debe comenzar antes del establecimiento. Se debe elegir un suelo que en lo posible no tenga malezas perennes y, si las tuviera, se debiera considerar la aplicación de herbicidas sistémicos antes del establecimiento. El momento de aplicar estos herbicidas es importante, ya que su efectividad sobre las estructuras vegetativas dependerá de la cantidad de producto que se logre translocar hacia ellas. La época ideal es durante el crecimiento activo, en plena floración de las malezas o después que la semilla o fruto se ha formado, ya que en esos momentos las plantas perennes realizan su mayor transporte hacia los órganos de reserva.

Durante los primeros años de la esparraguera hay abundancia de malezas anuales, pero a medida que el cultivo envejece, se incrementa la importancia de las malezas perennes. Las principales malezas asociadas al cultivo del espárrago se indican en el Cuadro 6.1, agrupadas por familia.

La importancia de cada maleza depende del área agroecológica y época en que crece. Así, el hinojo es numeroso en esparragueras de algunos sectores de Bío-Bío; el pasto bermuda y el pasto negro o democracia son importantes en sectores de Ñuble al norte; el pasto cebolla es más frecuente en esparragueras de la precordillera andina de Ñuble y el vinagrillo adquiere más importancia hacia el sur del área esparraguera. Sin embargo, la mayoría de las malezas se encuentra en forma generalizada en toda el área esparraguera de la zona centro-sur, y son más fácilmente distinguibles como anuales, bianuales y perennes. Las malezas anuales pueden ser de verano o invierno y se diferencian, básicamente, por su requerimiento de temperatura para iniciar la germinación. Las anuales de invierno son capaces de germinar con temperaturas más bajas por lo que su mayor presencia es

Cuadro 6.1 Malezas asociadas al cultivo del espárrago en la zona centro sur de Chile.

Nombre científico	Nombre común	Ciclo de vida	Tipo de reproducción
Familia Amaranthaceae			
<i>Amaranthus</i> spp	Bledo	Anual de verano	Semillas
Familia Apiaceae			
<i>Daucus carota</i>	Zanahoria silvestre	Anual o bianual	Semillas
<i>Foeniculum vulgare</i>	Hinojo	Perenne	Semillas
Familia Asteraceae			
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Pasto negro	Anual de verano	Semillas
<i>Anthemis cotula</i>	Manzanillón	Anual de invierno	Semillas
<i>Bidens aurea</i>	Falso té	Perenne	Semillas y rizomas
<i>Cichorium intybus</i>	Achicoria	Anual o bianual	Semillas
<i>Cirsium vulgare</i>	Cardo	Anual de verano	Semillas
<i>Crepis capillaris</i>	Falsa achicoria	Anual de verano	Semillas
<i>Galinsoga parviflora</i>	Pacoyuyo	Anual de verano	Semillas
<i>Hipochaeris radicata</i>	Hierba del chancho	Perenne	Semillas
<i>Senecio vulgaris</i>	Hierba cana	Anual de verano	Semillas
<i>Sonchus</i> spp	Ñilhue	Anual o bianual	Semillas
<i>Taraxacum officinalis</i>	Diente de león	Perenne	Semillas
Familia Boraginaceae			
<i>Echium vulgare</i>	Hierba azul	Anual o bianual	Semillas
Familia Brassicaceae			
<i>Brassica campestris</i>	Yuyo	Anual de invierno	Semillas
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Bolsita del pastor	Anual o bianual	Semillas
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Rábano	Anual o bianual	Semillas
<i>Sisymbrium officinale</i>	Mostacilla	Anual o bianual	Semillas
Familia Caryophyllaceae			
<i>Sclerantus annus</i>		Anual de invierno	Semillas
<i>Silene gallica</i>	Calabacillo	Anual de invierno	Semillas
<i>Spergula arvensis</i>	Pasto pinito	Anual de invierno	Semillas
<i>Stellaria media</i>	Quilloi quilloi	Anual de invierno	Semillas
Familia Chenopodiaceae			
<i>Chenopodium album</i>	Quingüilla	Anual de Verano	Semillas

Nombre científico	Nombre común	Ciclo de vida	Tipo de reproducción
Familia Convolvulaceae <i>Convolvulus arvensis</i>	Correhuela	Perenne	Semillas y Rizomas
Familia Euphorbiaceae <i>Euphorbia</i> sp	Pichoga	Anual de verano	Semillas
Familia Geraniaceae <i>Geranium core-core</i>	Core-core	Perenne	Semillas
Familia Hypericaceae <i>Hypericum perforatum</i>	Hierba de San Juan	Perenne	Semillas y estolones
Familia Lamiaceae <i>Lamiun amplexicaule</i>	Gallito	Anual de invierno	Semillas
<i>Prunella vulgaris</i>	Hierba mora	Perenne	Semillas y estolones
Familia Plantaginaceae <i>Plantago lanceolata</i>	Siete venas	Perenne	Semillas
Familia Poaceae <i>Agrostis capillaris</i>	Chépica	Perenne	Semillas y rizomas
<i>Arrhenaterium elatius</i> var <i>bulbosum</i>	Pasto cebolla	Perenne	Semillas y cormos
<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto Bermuda	Perenne	Estolones, Rizomas y semillas
<i>Cynosurus echinatus</i>	Cola de conejo	Anual de verano	Semillas
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Pata de gallina	Anual de verano	Semillas
<i>Echinochloa</i> spp	Hualcacho	Anual de verano	Semillas
<i>Holcus lanatus</i>	Pasto miel	Anual de verano	Semillas
<i>Lolium multiflorum</i>	Ballica	Anual de invierno	Semillas
<i>Lolium perenne</i>	Ballica inglesa	Perenne	Semillas y rizomas
<i>Panicum capillare</i>	Pasto de la perdiz	Anual de verano	Semillas
<i>Paspalum distichum</i>	Chépica	Perenne	Semillas y estolones
<i>Poa annua</i>	Piojillo	Anual de invierno	Semillas
<i>Setaria</i> spp		Anual de verano	Semillas
<i>Sorghum halepense</i>	Maicillo	Perenne	Semillas y rizomas

Continuación del Cuadro 6.1.

Nombre científico	Nombre común	Ciclo de vida	Tipo de reproducción
Familia Polygonaceae			
<i>Fallopia convolvulus</i>	Enredadera	Anual de verano	Semillas
<i>Polygonum aviculare</i>	Sanguinaria o pasto del pollo	Anual de verano	Semillas
<i>Polygonum persicaria</i>	Duraznillo	Anual de verano	Semillas
<i>Rumex acetosella</i>	Vinagrillo	Perenne	Semillas y rizomas
<i>Rumex crispus</i>	Romaza	Perenne	Semillas y raíces
Familia Primulaceae			
<i>Anagallis arvensis</i>	Pimpinela	Anual de verano	Semillas
Familia Scrophulariaceae			
<i>Veronica persica</i>	Verónica	Anual de invierno	Semillas
Familia Solanaceae			
<i>Datura stramonium</i>	Chamico	Anual de verano	Semillas
<i>Solanum nigrum</i>	Tomatillo	Anual de verano	Semillas
Familia Verbenaceae			
<i>Verbena litoralis</i>	Verbena	Perenne	Semillas
Familia Violaceae			
<i>Viola arvensis</i>	Violeta	Anual de verano	Semillas

durante el otoño e invierno, cuando el espárrago está en latencia o iniciando emergencia de turiones, terminando su ciclo en primavera e inicios de verano, en plena producción de turiones o crecimiento de plantas. Sin embargo, hay un importante número de estas semillas que germinan en primavera y verano, dependiendo de las condiciones de humedad. Las malezas de verano germinan en primavera y raramente lo hacen en invierno, ya que el requerimiento de mayores temperaturas para su germinación es más restrictivo que la humedad. Es posible observar su germinación y desarrollo durante todo el período de producción de turiones y de crecimiento del follaje. Por otro lado, las malezas perennes adquieren más importancia a medida que la esparraguera envejece y cuando no ha habido un adecuado uso de los herbicidas. Así, malezas como correhuela, chéptica, pasto bermuda y vinagrillo pasan a ser predominantes después de unos años debido,

principalmente, al poco control que se hace cuando aparecen los primeros focos en un potrero o al uso continuo de maquinaria que facilita la diseminación de las estructuras vegetativas.

3. Manejo de las malezas

El control de malezas en espárrago debe enfocarse de manera distinta, de acuerdo a las etapas de desarrollo del cultivo: vivero, establecimiento y producción.

3.1 Vivero.

El desarrollo del vivero en Chile, transcurre entre octubre y agosto. En esta etapa se busca producir coronas vigorosas para ser trasplantadas a campo al año siguiente. De acuerdo a Takatori *et al.* (1980), las malezas son el problema más difícil de solucionar en los primeros estados de desarrollo del espárrago. Cualquier interferencia en esta etapa reducirá el tamaño de las coronas, debido a la interacción malezas/espárrago y a la poca habilidad competitiva de las plántulas del cultivo.

El manejo de malezas debe empezar con una adecuada preparación de suelos y complementarse con la aplicación de herbicidas como paraquat, para malezas anuales, y glifosato, para malezas anuales y perennes, que pueden ser usados previo al establecimiento del vivero. Ambos herbicidas controlarán las malezas emergidas en ese momento, pero no tienen efecto en las malezas por emerger. El grado de control sobre las malezas perennes dependerá de la dosis de glifosato, estado de desarrollo de las malezas y condiciones climáticas. También es factible el uso de herbicidas previo a la emergencia de las plantas de espárrago ya que un alto número de malezas emerge antes que éstas. Paraquat puede ser usado hasta inmediatamente antes de la emergencia del cultivo.

Una alternativa no desarrollada en el país es la aplicación de una banda de 2,5 cm de carbón activado, justo sobre la hilerá de siembra, antes de aplicar los herbicidas. El carbón

activado adsorbe y desactiva los productos químicos, como herbicidas, por lo que actúa protegiendo la semilla de un posible daño. En este caso, los herbicidas a utilizar no deben tener mucha lixiviación ni translocarse en las plantas al ser absorbidos por las raíces. Linuron y terbacil son dos ejemplos de herbicidas recomendados para este caso (Parker 1998).

El herbicida cloramben puede ser aplicado después de la siembra en pre-emergencia del cultivo. Linuron, también puede ser aplicado en vivero, pero de post emergencia de malezas y cultivo, cuando las plantas de espárrago tienen de 15 a 45 cm de altura; sin embargo, no es recomendable agregarle surfactante o aceite ya que el cultivo pierde la selectividad basada en la poca retención del producto (Ashton y Monaco, 1991).

Para la aplicación de graminicidas selectivos de post emergencia se recomienda esperar que las plantas de espárrago tengan al menos dos brotes y las malezas perennes estén en activo crecimiento (Kogan, 1992).

3.2 Establecimiento

La presencia de malezas en esta etapa puede significar un pobre o débil desarrollo de plantas, que podría limitar el potencial al nivel de campo por el resto de la vida de la esparraguera. Por lo tanto, es necesario establecer una población vigorosa y uniforme que le permita competir con las malezas. La limitada selectividad de los herbicidas durante esta etapa del cultivo determina una escasa posibilidad de su uso, por lo que se aconseja partir con suelo libre de malezas al momento del trasplante y considerar el cultivador como alternativa en las primeras etapas de desarrollo. De igual manera que para el vivero, las malezas perennes deberían ser eliminadas con anterioridad al trasplante.

La estrategia de control de malezas varía con el sistema de establecimiento de la esparraguera, tanto por la susceptibilidad de la planta de espárrago como por la época

en que se realiza. Por ejemplo, el trasplante de plántulas de 8 a 12 semanas de edad se realiza en plena estación de crecimiento, cuando ha pasado el peligro de heladas, en cambio la plantación de coronas se efectúa durante el invierno o comienzos de primavera. En el caso de establecer la esparraguera por siembra directa, el control de malezas se puede realizar de la misma forma que en el vivero, por lo que no será tratado en forma especial.

3.2.1 *Trasplante de plántulas*

El uso de herbicidas durante el establecimiento con trasplante de plántulas de 8 semanas de edad fue reportado por González *et al.* (1992). Una alta tolerancia de las plántulas de espárrago al cloramben aplicado hasta en dosis de 6 kg/ha proporcionó el mejor control de malezas y el mayor crecimiento de las plántulas. Los herbicidas hexazinona y metribuzina, también evaluados, fueron altamente fitotóxicos para el espárrago, ocasionando una alta mortalidad de plantas.

Recomendaciones de Cudney *et al.* (1999) incluyen linuron, que debe ser aplicado en forma dirigida a la entrehilera sin tocar el follaje del espárrago, cuando las plantas tienen de 15 a 45 cm de altura. Para las malezas gramíneas, el mismo autor menciona sethoxydim y fluazifop, cuando éstas se encuentran en los primeros estados de crecimiento.

3.2.2 *Plantación de coronas*

Al momento del trasplante de coronas no es posible utilizar la gran mayoría de los herbicidas suelo-activos pre emergentes. Sin embargo, algunos autores recomiendan linuron o diuron, inmediatamente después de la plantación (Benson, 1987; Kogan, 1992). Después de la emergencia de los espárragos, se puede usar el linuron que controla latifoliadas anuales recién emergidas y latifoliadas y gramíneas anuales en germinación. Las malezas emergidas antes que los espárragos pueden ser controladas con herbicidas post emergentes no selectivos que se inactiven en contacto con el suelo, como paraquat. En este

caso, las malezas no deberían tener más de dos a cuatro hojas verdaderas. También existe la alternativa de aplicar herbicidas no selectivos en forma dirigida cuando aparecen especies que son problema potencial como malezas latifoliadas perennes. Las gramíneas anuales y perennes pueden ser controladas con graminicidas selectivos, tipo sethoxydim, fluazifop butil, etc., en post emergencia del espárrago y de las malezas (Parker 1998); sin embargo Cudney (1999) sugiere fluazifop antes que las malezas gramíneas tengan 15 cm de altura.

3.3 Producción

Las variadas condiciones en las que proliferan las malezas del espárrago llevan a la recomendación de controlarlas durante todo el año y no sólo durante los períodos de producción.

La vida de una esparraguera puede variar entre 5 y 20 años y la presencia de malezas perennes agresivas puede influir en esta duración. Las malezas, además de competir con el cultivo, son importantes ya que son huéspedes alternantes de insectos que posteriormente pasan a los turiones y los deprecian totalmente para su exportación. Varios ejemplos son citados por Apablaza y Sazo (1987), quienes mencionan a la correhuela y el rábano como huéspedes del pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*) durante cosecha. El rábano, además, presentó larvas del gusano cortador. Estas especies son comunes en el área esparraguera del país, por lo que pareciera lógico que para disminuir el efecto de algunas de estas plagas, debiera controlarse las malezas en primer lugar.

Durante el período de cosecha, las plantas de espárrago son incapaces de competir con las malezas ya que no producen sombreamiento y el suelo queda expuesto a la luz. Así, los herbicidas pueden ser aplicados antes o después de la cosecha para permitir que las plantas que crecerán y translocarán carbohidratos a la corona, lo hagan sin competencia. El uso de cultivadores en este estado es posible debido a la profundidad a que se encuentran las coronas; sin embargo, debe restringirse a la entre hilera sin posibilidad de control sobre la hilera ya que se dañan los turiones que vienen emergiendo.

Por otro lado, la cero labranza ha sido recomendada como alternativa de manejo de malezas (Putnam, 1972). Entre las ventajas de este sistema aparece la disminución de la erosión causada por el laboreo del suelo (Ross y Lembi, 1985). Datos obtenidos de trabajos iniciales en Chile, indican que el no laboreo del suelo durante el receso del espárrago es una alternativa viable, pero requiere estudiarse en lo referente a herbicidas (González *et al.*, 1998). Estos mismos autores (González *et al.*, 1999), no encontraron diferencias en el rendimiento y calidad de los espárragos al comparar, durante 4 años la cero labranza con el sistema tradicional de laboreo del suelo con rastra o arado rotativo durante el período de receso. Putnam (1972), señala que muchas de las estructuras vegetativas de malezas perennes en espárragos, pueden ser diseminadas por el laboreo de suelo. González *et al.*, (1998) coincidieron con esto, al encontrar un aumento de la población de *Paspalum distichum* con el uso de arado rotativo. De acuerdo a Putnam (1972), la cero labranza disminuye las plántulas de espárrago provenientes de semillas; mientras que González *et al.* (1998) reportaron una disminución de las malezas anuales cuando el suelo no fue laboreado.

Ross y Lembi (1985) indican que los sistemas de labranza reducida requieren un manejo de malezas previo a la plantación, anticipándose para lograr un adecuado control en el resto de la temporada. Los suelos esparragueros susceptibles de erosión, deben ser investigados con el fin de reducirla. Así, alternativas químicas que decrezcan el uso de mecanización, eviten el laboreo de suelos en áreas con cierta pendiente, disminuyan costos y aumenten la producción, deben estudiarse para los condiciones de producción del espárrago en Chile.

Las alternativas de herbicidas para ser usados en esparragueras en producción son mayores. En el Cuadro 6.2 aparece un resumen de los herbicidas utilizados en Chile y/o mencionados en la literatura como factibles de usar en las diferentes etapas del cultivo de espárragos. Cada uno de ellos presenta limitaciones debido al diferente grado de selectividad en espárragos, por lo que se debe ser muy cuidadoso en la determinación de usarlos. La elección del herbicida dependerá de las especies de malezas presentes,

tipo de suelo, costo, destino de la producción por posibles restricciones y tiempo de carencia para la cosecha de turiones. Es posible utilizar estos herbicidas en secuencia o en combinación con el fin de aumentar el espectro de control, ya que ningún herbicida por sí solo controlará todas las malezas presentes.

Cuadro 6.2 Herbicidas posibles de utilizar en espárragos en producción.

Herbicidas	Vivero	Trasplante plántulas	Trasplante coronas	Producción
Linuron	POST	POST-d	PRE, POST	PRE, POST
Cloramben	PRE	PRE	PRE	PRE
Paraquat	PRE, POST-d	-	PRE, POST-d	POST-d
Glifosato	PRE, POST-d	-	PRE, POST-d	POST-d
Napropamida	-	-	-	PRE
Norfurazón	-	-	-	PRE
Trifluralina	-	-	-	PRE
Pendimetalin	-	-	-	PRE
Simazina	-	-	-	PRE
Diuron	-	-	PRE	PRE
Terbacil	-	-	-	PRE
Metribuzina	-	-	-	PRE
MCPA	-	-	-	POST-d
2,4-D	-	-	-	POST-d
Dicamba	-	-	-	POST-d
Fluazifop	POST	POST	POST	POST
Sethoxydim	POST	POST	POST	POST
Quizalofop	POST	POST	POST	POST
Haloxifop	POST	POST	POST	POST
Propaquizafop	POST	POST	POST	POST

PRE : preemergencia de malezas y espárragos
 POST : post emergencia de malezas y/o espárragos
 POST-d : post emergencia dirigido a las malezas y sin tocar cultivo.
 - : no recomendado o insuficiente información.

Parker (1998) da sugerencias adicionales para algunos herbicidas. Dicamba no se debe repetir en una misma temporada; 2,4-D no debe ser aplicado más de dos veces por año y con al menos seis semanas entre aplicaciones; sethoxydim no más de dos aplicaciones por temporada y al menos 14 días entre ellas; metribuzina no más de 2,0 kg/ha de ingrediente activo por año.

Durante el período de producción de espárragos, es posible distinguir diferentes etapas en la misma temporada agrícola. Una vez que las plantas de espárrago han acumulado carbohidratos durante el período de primavera-verano, completan su ciclo y se secan durante el otoño. Tradicionalmente, estas plantas son cortadas y retiradas o picadas y dejadas sobre el suelo durante el invierno. En ese momento es posible utilizar herbicidas residuales de aplicación invernal hasta antes que se inicie la emergencia de turiones en primavera. La elección del herbicida dependerá de las malezas presentes y el tiempo requerido a aplicar antes del inicio de cosecha. Es posible la utilización de herbicidas totales no selectivos del tipo glifosato, paraquat u hormonales, dependiendo de las especies de malezas presentes. Si hay presencia de turiones al momento de la aplicación, pueden dañarse seriamente y debe descartarse su comercialización. En este caso, la aplicación de estos herbicidas puede hacerse como desmanches o dirigida con protectores, y debe preferirse aquellos que se inactiven en el suelo como paraquat y glifosato.

Los herbicidas de pre emergencia (PRE) trifluralina, napropamida, diuron, simazina, terbacil y norflurazón deben ser aplicados con el suelo libre de malezas, ya que no controlan malezas emergidas. Los dos primeros, importantes graminicidas, requieren además de incorporación al suelo; napropamida es afectado por la luz y una lluvia o riego adecuado son suficientes para su incorporación, mientras que trifluralina es volátil y por lo tanto requiere de una incorporación mecánica superficial. Ambos productos requieren mezclarse con otros herbicidas para controlar malezas de hoja ancha. Linuron, metribuzina y terbacil tienen un mayor grado de absorción foliar, por lo que también puede ser aplicados en post emergencia temprana de las malezas. Los dos últimos tienen una mayor lixiviación en casos de bajo contenido de materia orgánica en el suelo y riegos frecuen-

tes, por lo que en estos casos puede aumentar el riesgo para el cultivo; sin embargo, su efectividad en suelos con alta materia orgánica, es mayor que linuron.

De todas maneras es recomendable aplicar un herbicida antes del inicio del crecimiento de los turiones o una vez terminada la cosecha, antes del crecimiento de las plantas, dependiendo del producto químico. Cada uno de ellos tiene restricciones en su tiempo de carencia o tiempo que debe transcurrir entre aplicación y cosecha. Por ejemplo, para linuron se recomienda suspender la cosecha por un día; para terbacil se recomienda no cosechar en los 5 días siguientes; los graminicidas sethoxydim y fluzifop requieren de un día de suspensión de la cosecha; glifosato 5 días, paraquat 6 días, dicamba 1 día, metribuzina 14 días de carencia (Parker, 1998). Por este motivo, la etiqueta debe ser leída en su totalidad antes de su uso para asegurarse que cumple con las regulaciones y/o restricciones dadas por los compradores. De igual manera, hay una recomendación general para todos los herbicidas y es no usarlos si hay un debilitamiento general de las plantas o estas se encuentran enfermas o con raíces expuestas, porque pueden provocarle un daño mayor.

El control de malezas después de la cosecha de espárragos puede realizarse con algún producto suelo activo antes del inicio del crecimiento estival de las plantas. También puede utilizarse graminicidas post emergentes selectivos al espárrago, como sethoxydim, fluzifop u otro, o herbicidas no selectivos post emergentes como 2,4-D, MCPA, dicamba, glifosato, paraquat, u otros. Estos últimos deben aplicarse en forma dirigida o con pantallas protectoras ya que plantas de espárrago que reciban estos herbicidas presentarán curvamiento o malformaciones que afectarán el crecimiento, sin que necesariamente mueran.

Para el caso de los herbicidas hormonales, se recomienda además usar gotas de mayor tamaño con el fin de evitar deriva. Los espárragos con malformaciones deben cortarse y descartarse. De preferencia, estos herbicidas deben utilizarse después del término de cosecha y sobre malezas difíciles de controlar, como correhuela y vinagrillo.

Literatura citada

- Apablaza, J. y Sazo, L. 1987. Plagas del espárrago verde y su control. ACONEX (Chile) 17: 25-29.
- Benson, B. 1987. Control de malezas en viveros y en esparragueras de espárragos blanco y verde. In: Tecnología de Producción de Espárragos. Fundación Chile. p: 8.1-8.8.
- Cudney, D.W., Smith, R. F., Mullen, R. J., and Bell,, C. E. 1999. Aparagus integrated weed management. University of California Pest Management Guidelines. 4 p.
- González, M. I., del Pozo A., Kramm V., France A. and Pedreros, A. 1999. Winter tillage systems and their effect on asparagus yield and weeds population. Acta Horticulturae 479: 453-460.
- González, M. I., González, H. y Ormeño, J. 1992. Control químico de malezas con herbicidas residuales en el establecimiento de plántulas de espárrago. Agro-Ciencia 8 (2): 87-96.
- González, M. I., Kramm, V., del Pozo A., France, A. y Pedreros, A. 1998. El Laboreo de suelo durante el invierno previo a la cosecha y su efecto sobre el rendimiento del espárrago verde y la población de malezas. Agro-Ciencia 14 (2): 217-225.
- Kogan, M. 1992. Malezas, ecofisiología y estrategias de control. Ed. J.E. Lira y M. Kogan. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. p. 231-234.
- Parker, B. 1998. Asparagus herbicides. Oregon State University, Washington State University, and University of Indiana Extensions Cooperating. 7 p.
- Putnam, A. 1972. Efficacy of a zero-tillage cultural system for Aparagus produced from seed and crowns. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 (5): 621-624.
- Ross, M. and Lembi, C. 1985. Applied Weed Science. Macmillan Publishing Company. NY, USA. 339 p.

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 almacenamiento 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.

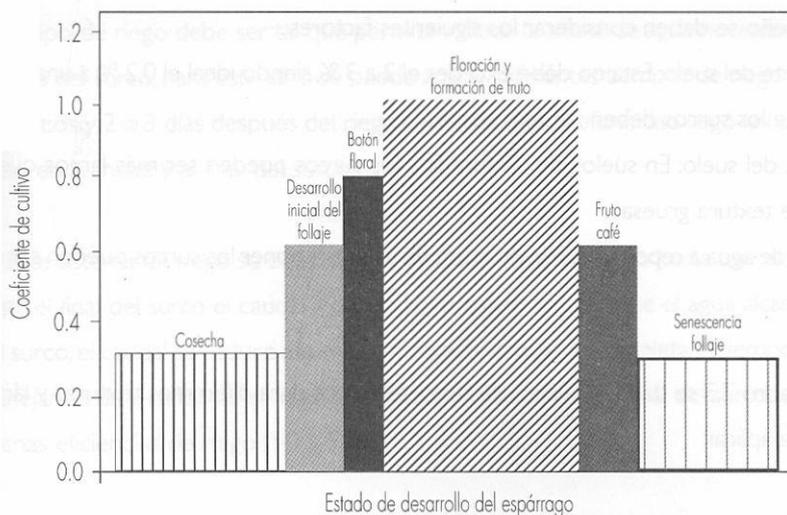


Figura 7.1. Coeficiente de cultivo (K_c) para diferentes estados de desarrollo del espárrago.

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 aspersion 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 aspersion 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 Quilamapu.
- 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.

Capítulo 8

ENFERMEDADES

Andrés France I.

Departamento de Producción Vegetal, INIA – Quilamapu, Casilla 426, Chillán.

1. Introducción

El espárrago es un cultivo de larga vida que puede permanecer productivo por 15 a 20 años, siempre que se mantenga sano. Debido a su condición de cultivo perenne, los microorganismos patógenos tienen mayores posibilidades de establecerse e interactuar con la planta, formando complejos de enfermedades que resultan difíciles de controlar. Además, por ser la cosecha una acción debilitante para el cultivo, al atrasar y eliminar parte del futuro follaje de la planta, se afectan los mecanismos de defensa de la planta frente al posible ingreso de patógenos en sus tejidos. Lo anterior influye en que las esparragueras de la zona central de Chile no sobrepasan los 10 años de vida productiva, debido a la pérdida paulatina del vigor, rendimiento y calidad de los turiones producto de las enfermedades.

Tanto turiones como raíces primarias constituyen tejidos suculentos, que pueden proporcionar grandes cantidades de carbohidratos y proteínas a los organismos parásitos. Los principales problemas fitopatológicos están relacionados con hongos y bacterias, que causan diversos síntomas. En general, las enfermedades radicales son las principales causales de pérdida de vigor y muerte de plantas, mientras que las enfermedades foliares causan disminución de calidad.

2. Enfermedades radiculares

2.1 Pudrición del cuello y raíces (*Phytophthora megasperma*)

Esta enfermedad es importante en suelos con problemas de anegamiento y mal drenaje. Se presenta en toda la zona productora del espárrago, pero con mayor frecuencia en la zona centro sur y sur. Los tejidos afectados son principalmente turiones y raíces primarias. El organismo causal corresponde al hongo Oomycete *Phytophthora megasperma* Drechs., especie ampliamente distribuida en el mundo con varios biotipos que afectan diferentes hospederos (Erwin y Ribeiro, 1996).

2.1.1 Síntomas

Las plantas afectadas por este hongo disminuyen su vigor y producción, pueden presentar marchitez y menor vida productiva. Los tejidos afectados presentan una pudrición blanda, de apariencia acuosa. En los turiones, las lesiones detienen la emergencia de éstos o provocan un curvamiento al emerger, sobre las lesiones se desarrolla un frágil micelio blanco algodonoso (Foto 8.1). En las raíces primarias se produce una desintegración del cortex y se mantiene intacto el haz vascular y la epidermis de la raíz (Foto 8.2). Las raíces afectadas, posteriormente, se notan ahuecadas. En casos de alta incidencia de inóculo y condiciones predisponentes para la enfermedad, se pueden producir pudriciones masivas de raíces que terminan por matar las plantas.



Foto 8. 1. Turiones de espárragos afectados por *Phytophthora megasperma*. Nótese la pudrición blanda y el curvamiento en el lugar de las lesiones.

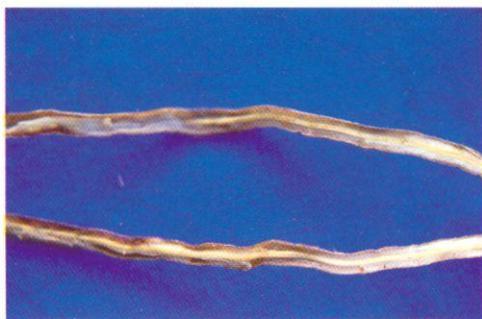


Foto 8.2. Raíces primarias afectadas por *Phytophthora megasperma*. El hongo produce una desintegración del tejido del cortex y manteniendo intacto el haz vascular y la epidermis de la raíz.

2.1.2 Ciclo de la enfermedad

Los niveles del hongo en el suelo, durante el verano, llegan a ser casi indetectables, para aumentar drásticamente con las lluvias y temperaturas moderadas a bajas de fines de otoño y comienzo de primavera. Durante este periodo el hongo puede producir abundantes zoosporas, las que corresponden a esporas flageladas que le permiten nadar en el agua. Estas zoosporas nadan hacia los tejidos susceptibles, como serían los turiones y raíces, adhiriéndose a éstos mediante sustancias pegajosas que secreta la espora. La infección en los turiones se produce por la presencia de agua libre superficial, generalmente después de lluvias o inundaciones, y la pudrición a las raíces ocurre después de mantener el suelo saturado por un periodo prolongado de tiempo. A partir del tejido enfermo se producen sucesivas y abundantes emisiones de esporangios cargados con zoosporas (Foto 8.3).

Las fuentes de inóculo pueden estar en los mismos suelos cultivados, champas contaminadas, o provenir de otros suelos a través del agua de riego, en tierra adherida a implementos agrícolas o a los calzados. Dentro del mismo cultivo, los primeros lugares en que aparece la enfermedad corresponden a las partes más bajas, con drenaje deficiente y suelos pesados.



Foto 8.3. Esporangios de *Phytophthora*, con su característica terminación apezonada y en el proceso de liberación de las zoosporas.

2.1.3 Control

Una de las condiciones predisponentes para el ataque del patógeno son los suelos inundados (Duncan y Kennedy, 1989). Por consiguiente, los suelos que se inundan durante algún periodo del año o poseen una napa de agua superficial que no permite ser drenada, no se deben cultivar con espárragos. Durante el cultivo, el agua de riego debe ser manejada de manera de evitar la saturación del suelo. Un contenido de humedad del suelo sobre capacidad de campo produce un rápido incremento de esporangios, lo cual aconseja manejar el riego con tensiómetros.

En los suelos infectados y con presencia de turiones con síntomas, una medida recomendable y poco utilizada en las esparragueras es la sanitización, es decir la eliminación de los tejidos enfermos para evitar que se constituyan en fuente de inóculo. Es normal ver como los espárragos deformes, curvos, helados, con pudriciones, etc. son cortados y dejados sobre el suelo, éstos tejidos son fácilmente parasitados por el hongo, constituyéndose en una excelente fuente de propagación de nuevas zoosporas.

Se ha demostrado que ciertas enmiendas tienen efecto en la disminución de *Phytophthora*. Estas son harinas de alfalfa y leguminosas (2-4%), guano de gallina (2-4%), urea (0,1-0,2%), cualquier residuo o compost con baja relación C:N. Aparentemente, la reducción

de *Phytophthora* se debe al aumento de amonio en el suelo y competencia por microorganismos.

El principal medio de control ha sido el uso de fungicidas. Actualmente, se comercializan en el mundo 12 moléculas con actividad sobre *Phytophthora*, encontrándose en Chile dimetomorf, fosetil aluminio, metalaxil, oxadixyl y propamocarb; cuya acción es de contacto y sistémica. Con actividad moderada y acción sólo de contacto, se puede mencionar a los compuestos de cobre, diazosulfonatos, dicarboximidas y ditiocarbamatos. A pesar que los primeros fungicidas aventajan a los productos de contacto, su uso repetido induce la aparición de razas resistentes a los sistémicos, por lo cual se sugiere mezclar, en lo posible, de ambos grupos para evitar el desarrollo de resistencia.

En general, los productos de contacto deben estar presentes antes que se produzca la infección con las zoosporas, mientras que los sistémicos pueden curar colonizaciones incipientes. Los fungicidas logran su mejor efecto de control cuando se aplican con condiciones predisponentes para el desarrollo del hongo, lo cual ocurre normalmente a fines de otoño e invierno. Posteriormente, las lluvias durante la primavera pueden producir nuevas condiciones favorables para la emisión de esporangios, lo que requeriría el uso de fungicidas. Durante el verano no se debiera controlar la enfermedad, excepto en suelos anegados o con exceso de riego, los que debieran manejarse para drenar el exceso de humedad.

Durante la cosecha del vivero se produce una buena oportunidad de desinfectar el material previo a la plantación definitiva, siendo común el uso de hipoclorito de sodio como desinfectante de raíces. Este producto es un efectivo biocida a dosis de 0,1 a 0,5% de ingrediente activo, pero se debe tener la precaución de lavar cuidadosamente las raíces, ya que la tierra adherida a las raíces neutraliza rápidamente al cloro, dejándolo inefectivo. También hay que tener presente que el cloro actúa por contacto, produciendo una fuerte oxidación, y que las infecciones internas que no entran en contacto con el producto, no van a ser eliminadas.

El control biológico, mediante antagonismo microbiano e hiperparasitismo, es otra alternativa efectiva de control de *Phytophthora*. A pesar que se ha demostrado que más de 40 microorganismos tienen propiedades antagónicas a *Phytophthora* (Malajczuk, 1983), sólo unas pocas especies se utilizan en la práctica. Los antagonistas más efectivos y prácticos de utilizar, por su facilidad para ser multiplicados artificialmente, han resultado ser *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Bacillus* y *Streptomyces*. En varios países se comercializan preparados de una o más especies de *Trichoderma harzianum*, *T. lignorum*, *T. polysporum*, *T. viride* y *Gliocladium roseum*; los cuales actúan por producción de antibióticos, parasitismo de hifas, esporangios y oosporas (Papavizas, 1985). El uso de organismos benéficos para el control de *Phytophthora* requiere un buen conocimiento de la epidemiología del patógeno, ya que las aplicaciones deben ser preventivas y en el momento que los esporangios comienzan a desarrollarse. Además, el uso de fungicidas para prevenir otras enfermedades del espárrago, resulta adverso para el establecimiento y control con hongos benéficos. Lo anterior, mas el desconocimiento, influye en que esta posibilidad sea poco utilizada por agricultores tradicionales, la cual, en el mediano plazo, debiera ser más efectiva y permanente que el uso de fungicidas.

En ausencia de hospederos, *Phytophthora* no sobrevive por largo tiempo como otras especies saprófitas facultativas, como *Fusarium* spp.; en consecuencia, las rotaciones de cultivo pueden ser efectivas en eliminar el inóculo del suelo. Sin embargo, las posibilidades de reinfestación son muy altas y mantener un suelo limpio de *Phytophthora* parece una tarea imposible. La experiencia indica que quienes se dedican al cultivo del espárrago debieran tener siempre presente la posibilidad de tener este hongo en el suelo, aunque no observen síntomas de la enfermedad, y que la forma correcta de enfrentar este problema es manteniendo varias medidas de prevención y control.

2.2 Fusariosis, pudrición de raíces, pudrición seca, pudrición de corona (*Fusarium* spp.)

Uno de los principales problemas patológicos que limitan la producción y longevidad de las esparragueras en el mundo es la Fusariosis (Elmer, et al., 1996). Los síntomas aéreos

están asociados con una clorosis parcial o total del follaje y una senescencia temprana. Bajo el suelo el sistema radicular puede tener diferentes síntomas, dependiendo de las especies de *Fusarium* que las afecten, las cuales van desde coloraciones rojizas en la base de los turiones y raíces de almacenamiento, pudrición de raíces y coronas, coloraciones rojizas internas en la corona, hasta enrojecimiento del sistema vascular de la raíz (Fehér; 1992; Schereuder y Lamprecht, 1995; Sherf y Macnab, 1986).

Varias especies de *Fusarium* se han asociado con la declinación de la producción del espárrago, las cuales han sido identificadas como *F. culmorum*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum* f. sp. *asparagi*, *F. proliferatum*, *F. solani* y *F. subglutinans* (Block y Bollen, 1995; Elmer, 1990; Fehér; 1992; Johnston, et al., 1979; LaMondia y Elmer, 1989, Schereuder y Lamprecht, 1995). Para Chile se mencionan dos especies: *F. oxysporum* y *F. moniliforme* (Latorre, 1995). Prospecciones realizadas en la zona centro sur del país han permitido comprobar la existencia de ambas especies, además de la presencia de *F. proliferatum* y *F. solani* (France y González, sin publicar).

2.2.1 Síntomas

La identificación de las especies de *Fusarium* a través de los síntomas no siempre es fácil. En la parte aérea el síntoma prevalente es la marchitez y clorosis del follaje, ya sea parcial o total, falta de vigor, reducción del número de brotes y muerte de la planta (Foto 8.4). Bajo el suelo, los síntomas son variables. En el caso de *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* se produce necrosis del sistema vascular de la raíz, la cual adquiere una tonalidad rojiza a café (Foto 8.5); en estados avanzados se produce la pudrición de la corona. *F. moniliforme* y *F. proliferatum* producen síntomas parecidos, aunque el primero se ha encontrado más relacionado con la muerte de la corona, la que adquiere una coloración café rojiza en su interior; acompañada de muerte de yemas (Foto 8.6). La presencia de este patógeno se considera terminal, siendo muy difícil revertir una corona afectada; la planta afectada deja de producir brotes a pesar que el resto de las raíces primarias y secundarias se pueden observar sanas. Respecto a *F. proliferatum*, también se puede encontrar afectando las

coronas, pero con mayor frecuencia produciendo lesiones en los tallos, los que se presentan cloróticos y con manchas café oscuras, deshidratados, huecos y con lesiones estriadas extensivas a lo largo de la parte subterránea del tallo (Foto 8.7). Con ambos patógenos, la producción de turiones y tallos baja drásticamente hasta llegar a cero. *F. solani* produce pudriciones superficiales de raíces primarias, secundarias, coronas y tallos. Aunque menos grave que los *Fusarium* anteriores, al presentarse asociado con cualquiera de las otras especies o junto a *Phytophthora*, produce pudriciones extensivas de tejidos, ayudando a descomponer éstos (Foto 8.8).



Foto 8.4. Plantas cloróticas afectadas por Fusariosis. La alta incidencia y uniformidad del daño en una esparraguera del año, hacen sospechar que las plantas venían infectadas de vivero.

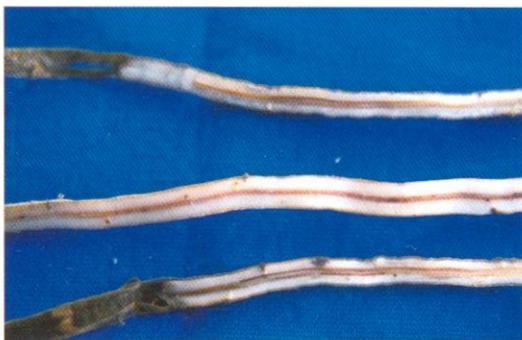


Foto 8.5. Tejido vascular de color rojizo afectado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*.



Foto 8.6. Corona afectada por *Fusarium*. La coloración rojiza indica parasitismo y muerte de tejidos y el color blanco corresponde a una yema aun sana, pero con altas posibilidades de ser parasitada por el hongo.



Foto 8.7. Planta afectada por *Fusarium moniliforme* y/o *F. proliferatum*. Se observa deshidratación y muerte del tallo. Un corte en la corona debiera mostrar necrosis y coloraciones rojizas, sin embargo, las raíces primarias debieran estar aparentemente sanas.



Foto 8.8. Descomposición generalizada de raíces, fase terminal de la pudrición radicular por *Fusarium*, asociado a estos síntomas generalmente se encuentra *F. solani*.

2.2.2 Ciclo de la enfermedad

Todas las especies de *Fusarium* se caracterizan por ser altamente prolíficas, generando grandes cantidades de esporas (macro, meso y micro-conidias) dentro de acérvulos, además de clamidosporas, las cuales pueden ser transportadas por el agua, viento o diseminadas junto a partículas de suelo en maquinaria agrícola. Otra forma de diseminación es a través de la semilla, la cual puede estar contaminada con cualquiera de las especies de *Fusarium* descritas. Lo anterior significa que es muy difícil encontrar suelos o cultivos libres de estos patógenos, por lo que el control de estas enfermedades está en el manejo. Los *Fusarium* spp. tienen capacidad de vivir en forma saprofitica en el suelo o en residuos vegetales, a la espera de poder parasitar un tejido susceptible. Al espárrago ingresan, principalmente, a través de heridas naturales y artificiales, produciéndose las primeras con la brotación de raíces primarias y secundarias, y con la emisión de turiones. Sin embargo, las actividades de cosecha y laboreo del suelo, son la principal causa de heridas artificiales, las que permiten el ingreso de estos patógenos al interior de la planta.

F. oxysporum avanza principalmente a través del tejido vascular, necrosándolo y obstruyendo el paso de agua y nutrientes. Aunque es posible detectarlo en diferentes tejidos subterráneos, su mayor incidencia se produce en raíces y durante los primeros años de cultivo. *F. moniliforme* y *F. proliferatum* se alojan principalmente en coronas y tallos. La primera especie no es capaz de vivir en el suelo sin la presencia del espárrago, por lo que es común que aparezca en plantaciones más adultas, excepto en los casos que se trasplantan coronas ya infectadas con el hongo. *F. solani* completa el cuadro de este complejo al infectar cualquier tejido subterráneo, principalmente en plantas debilitadas o afectadas por los hongos anteriores.

Sobre los tejidos muertos, todas estas especies fructifican abundantemente, generando grandes cantidades de micro y macro conidias (Foto 8.9), las que pueden ser transportadas por el agua, el viento, junto a suelo contaminado en implementos agrícolas, zapatos y raíces infectadas externa e internamente. Este último mecanismo es la principal forma de

diseminación desde viveros a suelos de plantaciones definitivas. *Fusarium* también puede infectar superficialmente las semillas, originando plántulas contaminadas si no se realiza una desinfección de semilla previamente a la siembra.

En general, las oportunidades que tiene *Fusarium* para infectar suelos, plantas y semillas de espárragos son numerosas, además de poseer mecanismos de diseminación muy efectivos una vez que parasita las plantas. El agricultor debe tener siempre presente esta situación para evitar su ingreso y diseminación dentro de la esparraguera.

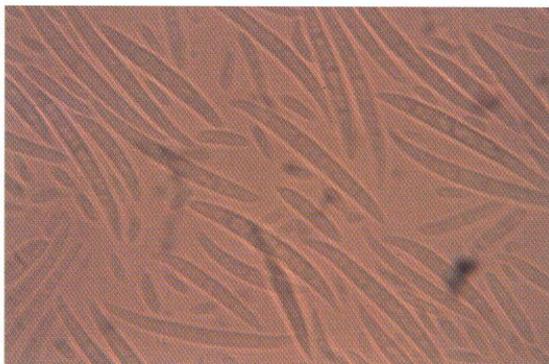


Foto 8.9. Macro y microconidias de *Fusarium oxysporum*.

2.2.3 Control

Independientemente de la especie involucrada, hay que tener presente que las plantas se defienden activamente del ingreso y colonización por estos u otros patógenos, lo cual demanda energía y mecanismos de resistencia por parte de la planta. Por este motivo, toda condición que contribuya a disminuir el normal desarrollo y produzca estrés en la planta va a favorecer el proceso de infección y parasitismo del patógeno. Lamentablemente, el cultivo del espárrago está sometido a constantes heridas artificiales, producto de la cosecha de turiones. Además, parte de su futuro follaje es retirado al comienzo de la temporada, situación que puede tener gran influencia en el vigor y resistencia de las

plantas, cuando la cosecha se prolonga mas allá del período que permite recuperar energía a la planta. Otros factores predisponentes son los suelos inundados, con mal drenaje, de baja porosidad y aireación, situaciones tales en que las raíces son más susceptibles al ataque de *Fusarium* y el hongo se desarrolla con mayor facilidad.

En consecuencia, el manejo de la enfermedad se basa principalmente en prácticas culturales, tales como desinfección de semilla, rotación de cultivos, suelos bien drenados, control de insectos del suelo, evitar el daño a las raíces y de cualquier condición que afecte el desarrollo de la planta (Sherf y Macnab, 1986). También se menciona la fertilización balanceada, ya que los elementos nutritivos pueden favorecer o no el desarrollo de la enfermedad. En general se puede mencionar que los elementos N, P, Mn, Fe, Zn y bajo pH aumentan la incidencia de *Fusarium* mientras que Ca, K, B, Si, NaCl y pH 7-7,5, reducen la incidencia de este hongo. Sin embargo, lo anterior depende de la especie de *Fusarium* y el cultivo, al igual que las proporciones de los distintos elementos en el suelo y su formulación (Jones *et al.*, 1989).

El uso de productos químicos es efectivo para la desinfección de semillas, la cual se puede lograr con una solución de hipoclorito de sodio (0,5%) seguida de un lavado con agua y secado superficial. Otra alternativa es el uso de benomyl (2,5%) disuelto en acetona, seguido de un lavado con hipoclorito de sodio (0,5%). Al momento de la siembra es recomendable mezclar la semilla con thiram, para prevenir el ataque de posibles hongos existentes en el suelo (Sherf y Macnab, 1986). Independiente de lo anterior, la siembra de viveros debe hacerse en terrenos que no hayan tenido nunca espárragos, de lo contrario se corre el riesgo de encontrarse con un suelo infectado. Lo anterior es cada vez más importante, dado el aumento de la superficie con espárragos en determinadas zonas, especialmente en la VIII región. De hecho, estos hongos que eran de rara ocurrencia años atrás, hoy en día son cada vez más frecuentes, produciendo pérdidas de esparragueras incluso antes de entrar en producción (Foto 8.10).



Foto 8.10. Desolador panorama de una esparraquera afectada por Fusariosis y arrancada al tercer año de cultivo por causa de la enfermedad.

Previo al trasplante, es de gran importancia realizar un análisis sanitario de las coronas, ya que permite eliminar o rechazar lotes completos de plantas con infecciones incipientes producidas por *Fusarium*. Lo anterior, que resulta fundamental cuando se trata de una inversión costosa y para varios años, no siempre es realizado por el agricultor, teniendo que lamentar posteriormente cuantiosas pérdidas. Una vez realizada la plantación definitiva es muy difícil hacer un control de *Fusarium* con fungicidas. Los productos que se aplican al suelo son normalmente retenidos en los primeros centímetros del perfil, debido a la atracción que ejerce la materia orgánica y las arcillas, resultando inefectivos en su accionar sobre los hongos.

En países como Estados Unidos, se ha vuelto a la práctica antigua de agregar sal a las esparraqueras para controlar el *Fusarium*. Esta práctica se utilizaba debido a la creencia de que al crecer la planta en buena forma a la orilla del mar, requería la presencia de sal en el suelo. El cultivo moderno del espárrago eliminó la práctica anterior, ya que se estimó que no contribuía a su desarrollo y producción. Sin embargo, con el aumento del problema de *Fusarium* en las plantaciones comerciales, el método de salar el suelo fue retomado e investigado desde el punto de vista fitopatológico. No está claro, hasta la fecha, si el efecto de la sal es sobre el hongo o mejora las defensas de la planta, pero se

está recomendando en esparragueras de EEUU afectadas por esta enfermedad (Elmer *et al.*, 1996).

El uso de variedades resistentes ha sido promovido por la Universidad de Rutgers, EEUU, encontrándose variedades del tipo Jersey con algún grado de resistencia a *Fusarium*, pero el problema está en que hay varias especies participando del complejo *Fusarium* y la especificidad de las especies y razas cambia para cada país.

El control biológico de *Fusarium* también ha sido enfocado con el uso de hongos micoparásitos, tales como *Trichoderma*. Las recomendaciones y cuidados con este tipo de control son similares a las descritas para el caso de *Phytophthora*. Se debe tener presente que es un tipo de control preventivo, en que el uso de fungicidas en la esparraguera está contraindicado y que estos biopesticidas requieren condiciones muy diferentes al manejo tradicional de los pesticidas de síntesis química.

2.3 Rizoctoniosis, canchros del tallo (*Rhizoctonia solani*)

Dentro de las enfermedades radiculares, esta es la menos prevalente, se presenta generalmente asociada a las otras enfermedades del suelo. Sus síntomas son fáciles de confundir con la fusariosis, ya que se presentan canchros alargados, de color rojizo, ubicados en los tallos entre la corona y el borde del suelo, lo que corresponde a la parte blanca del turión (Foto 8.11). Además, se presenta un micelio ralo de color café oscuro alrededor del tallo, con características bifurcaciones en ángulos de 90°. Esta enfermedad es importante para producciones de espárrago blanco, la cual es casi inexistente actualmente en Chile.



Foto 8.11. Tallos subterráneos con estrías rojizas y canchros producido por *Rhizoctonia solani*.

El organismo causal corresponde a *Rhizoctonia solani*, el cual es muy abundante en los suelos agrícolas, donde afecta diversos cultivos como solanáceas, leguminosas, cucurbitáceas, forrajeras y remolacha. En espárrago, se encuentra siempre asociado a plantas con daño por *Fusarium*, lo cual puede ser indicación que el patógeno es secundario u oportunista, requiriendo que la planta esté debilitada para poder ejercer su acción parasítica. El hongo forma microesclerocios que le permiten sobrevivir durante el invierno o cuando hay escasez de alimento.

Las medidas de prevención recomendadas para *Fusarium* son suficientes para evitar la rizoctoniosis. Las esparragueras que crecen en suelos que se inundan durante parte del año, son particularmente susceptibles a contagiarse con la enfermedad y en consecuencia, deben evitarse. Para descartar este problema en el vivero, es recomendable evitar el uso de suelos cuyo cultivo anterior fue la remolacha o la papa. Respecto al control químico, aunque existe un fungicida específico y efectivo para este hongo, como es el pencycuron, no resulta práctica su aplicación en plantaciones. Sobre el control biológico, también existen razas de *Trichoderma* que son efectivas en el parasitismo de *Rhizoctonia*.

2.4 Otras patologías radiculares

En forma ocasional se ha podido detectar en muestras de la zona centro sur, raíces y coronas con pudriciones locales producidas por *Erwinia* sp., *Cylindrocarpon* sp. y *Verticillium* sp. El primer patógeno corresponde a una bacteria de frecuente aparición en turiones durante la postcosecha. En el caso de las raíces, *Erwinia* está asociado a pudriciones terminales de coronas, ocasionadas por otros microorganismos del suelo o condiciones de asfixia radicular, produciendo un síntoma de pudrición blanda acompañada de mal olor (Foto 8.12). El control pasa por evitar las otras enfermedades mencionadas y el exceso de agua en el suelo. Mayores detalles se entregan en las enfermedades de post cosecha.



Foto 8.12. Pudrición de corona provocada por *Erwinia*. Se observan pudrición completa y exudados bacterianos.

Cylindrocarpon sp. y *Verticillium* sp. corresponden a hongos que normalmente se encuentran en los suelos agrícolas. Aunque pueden ser muy importantes en algunas especies agrícolas, su incidencia en espárragos pareciera ser marginal, con una aparición ocasional y siempre asociados a otros problemas patológicos de mayor importancia, como los mencionados anteriormente. Los efectos a largo plazo de estos patógenos, en la medida que se incremente el cultivo o se repitan los suelos con espárragos, están aun por verse.

3. Enfermedades del follaje

3.1 Mancha púrpura (*Stemphylium vesicarium*)

Esta enfermedad ha ido en aumento en la zona productora de espárrago, debido a la mayor presencia de inóculo en el ambiente y a la implementación de algunas prácticas de manejo que favorecen el ciclo de la enfermedad. Aunque agricultores y exportadores se preocupan principalmente por esta enfermedad durante la cosecha, por razones de rechazo del producto para exportación, el daño al follaje es debilitante para la planta, acortando la vida de la esparraguera y aumentando la susceptibilidad a otros problemas sanitarios, como por ejemplo la Fusariosis.

La enfermedad es producida por *Stemphylium vesicarium*, el que en su fase sexual es conocido como *Pleospora herbarum*.

3.1.1 Síntomas

Los principales síntomas son pequeñas pústulas (1 a 5 mm de diámetro) de bordes color púrpura a café rojizo, con el centro plomizo y ligeramente deprimido, que se ubican en los turiones (Foto 8.13). Al inicio del crecimiento de las plantas produce un daño mas bien cosmético en los turiones, pero que limita su exportación. Posteriormente, la enfermedad afecta al helecho, produciendo defoliación, que puede ser severa según el grado de infección de la planta. Sobre los tallos muertos es posible observar el desarrollo de numerosos peritecios, estructuras esféricas que contienen gran cantidad de ascosporas en su interior (Foto 8.14).



Foto 8.13. Turiones afectados con la mancha púrpura (*Stemphylium vesicarium*).



Foto 8.14. Tallo de espárrago con numerosos peritecios de *Pleospora herbarum*. Algunos de ellos se encuentran dilatados y con cirrus de ascosporas en su superficie.

3.1.2 Ciclo de la enfermedad

El hongo inverna principalmente en rastrojos de espárragos y en la forma de *Pleospora herbarum*. Al inicio de la temporada de crecimiento, e influenciado por las lluvias, los peritecios del hongo liberan sus ascos y ascosporas, los que darán origen al inóculo inicial y responsable de las primeras lesiones en los turiones. Posteriormente, las lesiones sobre los turiones producirán la siguiente fase del hongo y que corresponde a *Stemphylium vesicarium*. Esta fase asexual es mucho más productiva en inóculo y las esporas se producen sobre las lesiones cada vez que exista alta humedad relativa o precipitaciones (Foto 8.15). La enfermedad es muy dependiente de la lluvia, por lo que cada vez que hay precipitaciones se produce un aumento de los síntomas. A medida que el tejido se torna senescente o muere producto de la acción del hongo, la cantidad de esporas asexuadas va en aumento. Este ciclo asexual se repite hasta que se inicia el invierno, donde el

hongo pasa a la fase sexuada y permanece latente hasta el inicio de la temporada de crecimiento siguiente. Por otro lado, la enfermedad produce caída de hojas, las cuales quedan sembradas sobre el terreno, manteniendo una importante fuente de inóculo para la temporada siguiente.



Foto 8.15. Conidióforos y conidias de *Stemphylium vesicarium* creciendo sobre tejido de espárrago.

3.1.3 Control

La primera medida para reducir el inóculo primario es eliminar el follaje tan pronto las plantas entran en senescencia; estos rastrojos del cultivo se tornan en una excelente fuente de infección si permanecen sobre el terreno o acumulados en algún sector del potrero (Foto 8.16). Estos rastrojos deben ser retirados de la esparraguera y enterrados, hechos compost o en último caso quemados. Una práctica poco aconsejable es el corte y picado del follaje, lo cual deja una gran cantidad de hojas y ramas sobre el terreno, que mantendrán el hongo durante el invierno.



Foto 8.16. Rastrojo de espárrago acumulado en el potrero. A inicio de primavera estos rastrojos se convierten en una excelente fuente de inóculo de enfermedades.

Una práctica que favorece la enfermedad, y que desafortunadamente es muy común entre los cosecheros de espárragos, es dejar los turiones helados, deformes, enfermos, etc., sobre el suelo, favoreciendo de esta forma el desarrollo de nuevo inóculo sobre estos tejidos y el cual se produce muy cercano a los nuevos turiones emergentes.

Debido a la necesidad de precipitaciones para el desarrollo y diseminación del inóculo del hongo, la enfermedad prevalece hacia el sur del país y en sectores sombríos o que mantienen por más tiempo el follaje mojado. En consecuencia, la orientación de las hileras en el sentido de los vientos predominantes y el mayor espaciamento entre hileras, favorece el rápido secado del follaje y menor incidencia de la enfermedad. También, los sistemas de riego por aspersión favorecen el desarrollo de la enfermedad, por lo que no son recomendables en sectores donde normalmente se presenta el problema.

El uso de fungicidas es una eficiente alternativa de control. Los ditiocarbamatos se han utilizado tradicionalmente por ejercer un buen control de la enfermedad, pero el retiro del registro de estos productos en EEUU para espárragos, ha dejado un gran vacío para controlar la enfermedad durante la cosecha. Esta deficiencia obliga a la utilización de

medidas alternativas y a explorar nuevos métodos de control, especialmente el biológico, los cuales están muy poco evaluados. La situación cambia posterior a la cosecha, ya que se pueden usar sin restricción los ditiocarbamatos y el clorotalonil. Este último producto debiera ser preferido en zonas o temporadas lluviosas, debido a su capacidad de mantenerse por más tiempo adherido al follaje. Cuando el follaje se cierra por completo, solamente queda como alternativa las aplicaciones aéreas, que pueden ser necesarias en caso de veranos lluviosos.

3.2 Cercosporiosis, pústulas de tallos, mancha ojival [*Cercospora asparagi*]

Esta enfermedad es fácil de confundir con la mancha púrpura, aunque sólo afecta el follaje. Al no atacar los turiones existe una menor preocupación e interés por este patógeno, además que el control de *Stemphylium* también controla a *Cercospora*. La enfermedad es importante en climas húmedos y pasa desapercibida en climas y temporadas secas.

3.2.1 Síntomas

Sobre los tallos se producen lesiones irregulares, alargadas, de tamaño variable (0,5 a 3 cm), con un centro café pálido y un grueso borde café oscuro (Foto 8.17). Las lesiones pueden distorsionar el tallo y coalescer para dejar largos sectores del tallo manchado o anillados, lo cual seca el follaje sobre la lesión, dando un aspecto de atizonado. Esto último es confundido normalmente con una senescencia temprana.



Foto 8.17. Lesiones necróticas con borde café y distorsión del tallo producido por *Cercospora asparagi*.

3.2.2 Ciclo de la enfermedad

Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen cuando la esparraguera comienza a cerrarse, producto del aumento de la humedad relativa del follaje y creación de un microclima que favorece el crecimiento y esporulación del hongo. El inóculo primario consiste en esporas que provienen del follaje enfermo de la temporada anterior; las que son transportadas por el viento y germinan sobre el follaje húmedo, desarrollando una lesión que produce nuevo inóculo sobre la superficie (Foto 8.18). Al igual que *Stemphylium*, el hongo vuelve al suelo junto con el follaje enfermo para permanecer durante el invierno junto al rastrojo. A diferencia del anterior, aquí no existe un ciclo sexuado conocido.



Foto 8.18. Detalle de la lesión necrótica y esporulación sobre ésta, provocada por *Cercospora asparagi*.

3.2.3 Control

Las medidas de control son muy similares a las descritas para la mancha púrpura y como normalmente se presentan juntas, no se hacen medidas específicas de control para *Cercospora*. Además, por ser una enfermedad que no afecta temprano como *Stemphylium*, no existe el problema de realizar controles durante el período de cosecha. Aunque los fungicidas que controlan *Stemphylium* son igualmente efectivos, se logra un significativo control al permitir una buena aireación de la plantación, tal como se describió para la enfermedad anterior. También se debe tener presente el retiro y manejo apropiado de los residuos del cultivo, para disminuir el inóculo inicial.

3.3 Pudrición gris, pudrición de flores [*Botrytis cinerea*].

Esta enfermedad es producida por uno de los hongos más polífagos entre los fitopatógenos, causante de grandes pérdidas en frutales, hortalizas y cultivos en invernaderos. Sin embargo, en espárrago la enfermedad tiene poca importancia, se presenta principalmente en sectores donde existen condiciones de alta humedad relativa, pudiendo secar la parte apical del follaje. Su mayor importancia se produce en plantaciones dedicadas a la producción de semillas, actividad de importancia menor en nuestro país. Es producida por el hongo *Botrytis cinerea*, cuya fase sexual se conoce como *Botryotinia fuckeliana*. Esta fase sexual es de rara ocurrencia y no se ha observado en espárrago.

3.3.1 Síntomas

Se producen lesiones en las axilas de los tallos, de color blanquecino en un comienzo, para luego tornarse café pálido en el centro con un borde café oscuro. Uno de los principales tejidos afectados por este hongo son las flores, las cuales se atizonan y pudren, formando un micelio gris en la superficie (Foto 8.19). Sobre los tallos más delgados, las lesiones logran anillar y secar la parte aérea sobre la lesión inicial, adquiriendo una coloración blanquecina y seca, similar a los síntomas producidos por *Sclerotinia*. También es posible observar síntomas en post cosecha, mediante turiones con pudrición blanda y desarrollo de micelio gris.



Foto 8.19 Necrosis en la axila del tallo y desarrollo de micelio gris sobre la flor, provocado por *Botrytis cinerea*.

3.3.2 Ciclo de la enfermedad

El hongo inverna en restos de materia orgánica, en tejidos parasitados de numerosos hospederos, como microesclerocios en residuos vegetales, tallos, suelo, etc. Por ser un hongo muy polífago e importante fitopatógeno de numerosas especies de importancia agrícola, su presencia en el ambiente esta asegurada. En el caso del espárrago, las flores son muy susceptibles, produciendo posteriormente pudrición de los frutos, la pudrición

se extiende hasta el tallo a través del pedúnculo, donde produce lesiones que pueden anillar el tallo. Sobre los tejidos muertos se producen abundantes cantidades de esporas que serán diseminadas por el viento hasta nuevas flores susceptibles. Al final de la temporada de crecimiento y sobre los tallos secos se producen micro esclerocios, pequeñas estructuras compactas y negras (Foto 8.20), que le permiten al hongo pasar el invierno.



Foto 8.20. Desarrollo de microesclerocios en la superficie de lesiones blanquecinas producidas por *Botrytis cinerea*.

3.3.3 Control

No se considera una enfermedad de importancia y que requiera un control exclusivo; el manejo de la mancha púrpura normalmente es suficiente para controlar esta enfermedad. En casos extremos de incidencia de la pudrición gris, existe una amplia gama de fungicidas que se pueden aplicar al follaje al momento de la aparición de síntomas, tales como benomyl, carbendazim, clorotalonil, cyprodinil + fludioxonil, dichlofluanid, dicloran, iprodione, tiabendazol, procymidone, pyrimethanil, tebuconazole y triadimefon. También es posible el uso de control biológico con *Trichoderma* y BC-1000.

Como se ha mencionado en las enfermedades anteriores, el disminuir el tiempo que el follaje permanece húmedo, mediante una mayor separación de hileras y orientación de

éstas en el sentido del viento, se ayuda a disminuir la incidencia de la enfermedad. El manejo de residuos enfermos debe ser tratado igual que la mancha púrpura, ya que los micro-esclerocios que se alojan en los tallos enfermos, se constituyen en el inóculo primario durante la primavera. El exceso de nitrógeno favorece la enfermedad y el uso de calcio disminuye la incidencia de *Botrytis*.

3.4 Esclerotiniosis, pudrición blanca [*Sclerotinia sclerotiorum*].

Esta enfermedad aparece, junto con la pudrición gris, en esparragueras con follaje denso y alta humedad relativa. Su incidencia es relativamente baja, pero cuando aparece puede dejar gran cantidad de follaje seco.

3.4.1 Síntomas

El principal síntoma es el desarrollo de abundante micelio blanco algodonoso, sobre la superficie de las lesiones. El hongo infecta tallos de diferente grosor, secando el follaje sobre el área de la lesión (Foto 8.21). En consecuencia, grandes sectores del follaje pueden aparecer secos antes de tiempo. En el interior de los tallos parasitados se producen esclerocios de diversos tamaños y de color negro. En post cosecha pueden aparecer turiones con pudrición blanda y desarrollo de micelio blanco algodonoso.



Foto 8.21. Desarrollo de micelio blanco algodonoso y desecamiento del follaje, producto de *Sclerotinia sclerotiorum*.

3.4.2 Ciclo de la enfermedad

Sclerotinia sclerotiorum inverna en el suelo o restos de follaje enfermo en la forma de esclerocios. Estas son estructuras muy resistentes a las condiciones adversas de clima y falta de huéspedes, pudiendo durar varias temporadas en el suelo. Aunque lo anterior puede no ser necesario, ya que el hongo es polífago y afecta numerosos huéspedes. Durante fines de primavera y el verano, siempre que exista una alta humedad relativa, los esclerocios germinan y colonizan diferentes tejidos verdes y suculentos. En el caso del espárrago el lugar de aparición son los tallos y los síntomas se desarrollan solamente después que se ha cerrado el follaje. A medida que el follaje se seca o muere a causa del hongo, se comienzan a formar los esclerocios, los cuales son blancos en un principio y luego se tornan negros y compactos. Los esclerocios vuelven al suelo junto con los rastrojos enfermos, para repetir el ciclo la próxima temporada.

3.4.3 Control

Al igual que la pudrición gris, no se considera una enfermedad de importancia; ambas tienden a aparecer juntas y debido a la similitud de sus etiologías. Todas las medidas recomendadas para *Botrytis cinerea*, tanto culturales como químicas, son aplicables con la esclerotiniosis. De particular importancia es el manejo de la humedad en el follaje, ya que si ésta no es alta el hongo no se desarrolla. Los riegos por aspersión, las plantaciones muy densas, la cercanía a cortinas cortaviento y lugares muy sombríos, son todos factores predisponentes para la enfermedad y los cuales se deben evitar. Los residuos de follaje enfermo deben ser manejados de la misma forma como se ha mencionado para las otras enfermedades foliares.

3.5 Muerte de yemas, fomopsis (*Phoma asparagi*).

En forma ocasional se puede observar muerte de brotes ubicados en la zona media de la planta y cubiertos por el follaje. Estos brotes se presentan secos y doblados, sin

prosperar en su desarrollo (Foto 8.22). La enfermedad es de rara ocurrencia y por producirse cuando existe un follaje denso y en yemas que normalmente están en el interior de la planta, es difícil de observar y evaluar. El organismo causal corresponde al hongo *Phoma asparagi*, el cual es muy productivo, emitiendo largos cirrus cargados de esporas desde el interior de sus cuerpos frutales, mas conocidos como picnidios (Foto 8.23). Las esporas son liberadas sólo cuando existe agua libre en la superficie del picnidio, por lo que la enfermedad se favorece cuando hay lluvias o riego por aspersión. Es una enfermedad sin importancia hasta el momento, pero en caso de aumentar su incidencia, el control debiera ser semejante al recomendado para *Stemphylium* y *Cercospora*.



Foto 8.22. Brotes secos producidos por *Phoma asparagi*.



Foto 8.23. Cirrus de esporas de *Phoma asparagi* emergiendo desde el interior de un picnidio.

4. Enfermedades de postcosecha

4.2 Pudrición por bacterias, bacteriosis, pudrición blanda, pudrición hedionda.

Este tipo de enfermedad se produce durante el almacenaje, pudiendo ocasionar fuertes pérdidas si no se mantiene una buena sanidad de los lugares de embalaje y acopio. Esta enfermedad esta asociada a las bacterias *Erwinia carotovora* y *Pseudomonas fluorescens*.

4.2.1 Síntomas

En los turiones aparecen lesiones acuosas, irregulares, de consistencia blanda, que rápidamente terminan por extenderse y pudrir extensivamente el turión (Foto 8.24). La característica más notoria de esta enfermedad es el mal olor, propio de tejidos en avanzado estado de descomposición. También, se pueden observar las lesiones de color fluorescentes, al mirarlas bajo la luz ultravioleta (sólo para el caso de estar infectada con *Pseudomonas fluorescens*).



Foto 8.24. Descomposición del ápice del espárrago producto de la acción enzimática de *Erwinia carotovora*.

4.2.2 Ciclo de la enfermedad

Estas especies de bacterias son muy abundantes en la naturaleza, encontrándose en suelos, agua, materia orgánica, etc. Las bacterias penetran a través de heridas y prosperan rápidamente en los tejidos succulentos; la presencia de agua libre es fundamental, de lo contrario las bacterias no se reproducen. Para facilitar el avance en los tejidos, *E. carotovora* y *P. fluorescens* producen grandes cantidades de enzimas pectolíticas, las cuales van degradando las uniones entre las células y terminan por producir el síntoma de ablandamiento del tejido. Las bacterias se reproducen en restos de tejidos afectados y en el agua que ha estado en contacto con estos tejidos. La diseminación puede ocurrir mediante el agua contaminada o insectos que llegan atraídos por el olor a descompuesto. La presencia de heridas facilita la penetración en los tejidos. Debido a que las bacterias pueden afectar numerosos huéspedes y a la facilidad con que se encuentran diseminadas en la naturaleza, esta enfermedad, con seguridad, se va a presentar en los espárragos si fallan las medidas de higiene y prevención.

4.2.3 Control

La principal medida de control esta en el agua de lavado y mantención de espárragos. Los estanques de enfriado y reciclado de agua de lavado son una excelente fuente de contaminación, al igual que el agua que se pone en las bandejas para mantener el espárrago turgente y aumentar su crecimiento y peso en el almacenaje. Todas las aguas que están en contacto con el espárrago deben ser tratadas contra bacterias. El método más fácil y económico es utilizar hipoclorito de sodio en concentraciones superiores a 0,1% de ingrediente activo, suficiente para neutralizar la bacteria. Sin embargo, se debe tener presente que el cloro es neutralizado rápidamente por la materia orgánica y su concentración inicial se pierde a mayor velocidad cuando existen residuos de tierra y tejidos en descomposición en las aguas a tratar. Otro factor de importancia es el pH del agua, ya que la mayor efectividad del cloro se logra cuando éste tiene valores entre 7 y 8. En consecuencia, un correcto tratamiento del agua requiere un constante monitoreo del cloro libre y el pH.

Otras medidas complementarias son el aseo de los equipos, líneas de embalaje y lugares de almacenaje, control de insectos voladores, apropiada eliminación de los desechos y en especial de restos de espárragos. Las bajas temperaturas (0–1°C) previenen la multiplicación de las bacterias.

4.3 Pudriciones diversas

Cuando las condiciones de almacenaje son deficientes y la calidad de los turiones es mala, se desarrollan diversas pudriciones principalmente en la base de los turiones, con crecimiento de micelio y formación de esporas de color blanco a verdoso o negro (Foto 8.25). Esta enfermedad corresponde a varios hongos de post cosecha, que pueden ser también causantes de enfermedades en el cultivo, tales como: *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Stemphylium vesicarium*. También es importante destacar la presencia ocasional de *Fusarium spp.* en ápices de turiones, cuyo micelio se desarrolla durante el almacenaje, afectando su presentación y exportación (Foto 8.26). Entre los hongos que solo aparecen en la post cosecha, se encuentran *Alternaria sp.*, *Cladosporium sp.*, *Mucor sp.*, *Penicillium sp.*, *Rhizopus sp.*, *Trichoderma sp.* y diversas especies de levaduras. Estos hongos son comunes en post cosecha de diversas frutas y hortalizas, son fáciles de propagar por la abundante producción de esporas y predominan en las instalaciones con aseo deficiente. Las medidas de control son las mismas que las recomendadas para las pudriciones bacterianas, pero especial cuidado se debe tener con la eliminación de residuos contaminados de espárragos. Cuando los lugares de embalaje y almacenaje se encuentran muy contaminados, se deben asear profundamente, lavar con solución de cloro u otro biocida de efecto prolongado (yodóforos, amonio cuaternario, etc.) acompañado de detergentes. En el caso de existir abundantes esporas en el ambiente, éstas se pueden derribar pulverizando fungicidas de amplio espectro y con gota muy fina en toda la parte aérea del recinto, manteniéndolo cerrado para evitar la deriva del producto.



Foto 8.25. Turiones con pudrición basal producidos por diferentes hongos de postcosecha



Foto 8.26. Micelio de *Fusarium* sobre el ápice de un turión y desarrollado durante el almacenaje.

5. Glosario

- Acérvulo : Cuerpo frutal asexual, de forma aplanada, subepidérmico, productor de conidias a partir de conidióforos cortos.
- Antagonista : Asociación entre organismos en la cual uno o más participantes están siendo limitados en su desarrollo por otro organismo.
- Ascos : Pequeño saco oval o tubular que contiene las ascosporas.
- Ascosporas : Esporas de origen sexual que están contenidas en ascos.
- Biopesticida : Pesticida de origen biológico.
- Biotipos : Características subespecíficas de un organismo que permiten diferenciarlo sobre la base de una cualidad biológica; mal llamada raza.
- Cancro : Lesión necrótica deprimida ubicada de preferencia en los tallos.
- Cirrus : Conglomerado de esporas liberadas en forma masiva desde un cuerpo frutal fungoso, tales como picnidios y peritecios.
- Clamidospora : Esporas de origen asexual originadas de hifas con paredes engrosadas y que le permiten sobrevivir en condiciones adversas.
- Clorosis : Amarillez debido a la pérdida de clorofila de los tejidos.
- Coalescer : Pústulas o lesiones que se juntan al crecer.
- Conidia : Espora.
- Conidióforo : Hifa fértil diferenciada morfológicamente del micelio; productor de conidias.
- Enzimas
pectolíticas : Enzimas que degradan la pectina, principal componente que mantiene unidas las células.
- Esclerocio : Masa de micelio compacto y oscuro, resistente a condiciones desfavorables del medio ambiente.
- Espora : Unidad reproductiva de los hongos, consistente de una o más células encerradas en una pared rígida.

- Esporangio : Vesícula que contiene esporas asexuales (esporangiosporas o zoosporas).
- Esporulación : Proceso de liberación de esporas.
- Etiología : Secuencia biológica de una enfermedad.
- Facultativo : Un organismo que normalmente vive como saprófito pero que en determinadas circunstancias puede actuar como parásito.
- Forma especialis (f. sp.) : Subdivisión dentro de una especie, diferenciable por características de orden fisiológico.
- Fungicida : Sustancia que inhibe o mata un hongo.
- Hifa : Célula de un hongo.
- Hiperparasitismo: Parasitismo ejercido sobre otro organismo parásito.
- Hospedero : Organismo que soporta el desarrollo de un parásito.
- Inóculo : Cualquier parte de un patógeno capaz de causar una enfermedad.
- Micelio : Conjunto de hifas.
- Micoparásito : Parásito de hongos.
- Necrosis : Muerte de células y tejidos.
- Oosporas : Esporas de origen sexual que se desarrollan dentro de una oosfera.
- Parásito : Organismo que vive a expensas de un hospedero.
- Patógeno : Un parásito que causa enfermedad en su huésped.
- Peritecio : Cuerpo frutal producto de la fase sexuada de un hongo, con forma globosa y ostiolada, que en su interior contiene los ascos.
- Picnidio : Cuerpo frutal de un hongo producto de la fase asexuada, con forma globosa y ostiolada que en su interior contiene conidias.
- Saprófito : Organismos que viven a expensas de materia orgánica en descomposición.
- Sistémico : Capaz de desplazarse dentro de un organismo, como ser una planta.
- Zoosporas : Esporas flageladas capaces de nadar en el agua y propia de los hongos Oomicetes.

Literatura citada

- Block, W. J. and Bollen, G. J. 1995. Fungi on roots and stem bases of asparagus in the Netherlands: Species and pathogenicity. *European Journal of Plant Pathology* 101: 15-24.
- Duncan, J. and Kennedy, D. 1989. The effect of waterlogging on Phytophthora root rot of raspberry. *Plant Pathology* 38: 161-168.
- Elmer, W. H. 1990. *Fusarium proliferatum* as a causal agent in Fusarium crown and root rot of asparagus. *Plant Disease* 74: 938.
- Elmer, W. H., Johnson D. A. and Mink, G. I. 1996. Epidemiology and management of the diseases causal to asparagus decline. *Plant Disease* 80: 117-125.
- Erwin, D. and Ribeiro, O. 1996. *Phytophthora disease worldwide*. APS Press, St. Paul, MN. 562 p.
- Fehér, E. 1992. *Asparagus*. Akadémiai Kiado, Budapest. 161 p.
- Johnston, S. A., Springer J. K. and Lewis, G. D. 1979. *Fusarium moniliforme* as a cause of stem and crown rot of asparagus and its association with asparagus decline. *Phytopathology* 69: 778-780.
- Jones, J. P., Engelhard, A. W. and Woltz, S. S. 1989. Management of Fusarium wilt of vegetables and ornamentals by macro and microelement nutrition. In: *Soilborne plant pathogens: Management of diseases with macro and microelements*. A. W. Engelhard, ed. APS Press, USA. 217 p.
- LaMondia, J. A. and Elmer, W. H. 1989. Pathogenicity and vegetative compatibility among isolates of *Fusarium oxysporum* and *F. moniliforme* colonizing asparagus tissue. *Canadian Journal of Botany* 67: 2420-2424.
- Latorre, B. 1995. *Enfermedades de las plantas cultivadas (4ªed.)*. Ediciones Universidad Católica de Chile. 628 p.
- Malajczuk, N. 1983. Microbial antagonism to Phytophthora. Pp. 197-218, In: *Phytophthora: Its biology, taxonomy, ecology and pathology*. D. Erwin, S. Bartinicki and P.Tsao, eds. APS Press, St. Paul, MN. 329 p.

- Papavizas, G. 1985. Trichoderma and Gliocladium: biology, ecology and potential for biocontrol. *Annual Review of Phytopathology* 23:23-54.
- Schereuder, W., and Lamprecht, S. C. 1995. Pathogenicity of three Fusarium species associated with asparagus decline in South Africa. *Plant Disease* 79: 177-181.
- Sherf, A. F., and Macnab, A. A. 1986. *Vegetables diseases and their control*. 2nd ed. Wiley, USA. 728 p.

Cuadro 8.1. Resumen de las principales enfermedades del espárrago.

Nombre de la enfermedad		Agente Causal	Sintomatología	Diseminación	Sobrevivencia	Control
ENFERMEDADES RADICULARES						
Putridión del Cuello de raíces y Turiones, Marchitez	<i>Phytophthora megasperma</i>	Putridión blanda de raíces primarias y del cuello de turiones. Marchitez del follaje.	A través de zoosporas por el agua de riego o lluvia, implementos agrícolas junto a campos de vivero enfermas.	Habitante normal del suelo, suelos mal drenados están constantemente infectados	C.C. Plantación de champas sanas y desinfectados, mejorar el drenaje, control del riego, uso de enmiendas orgánicas. C.Q. Metalaxil, fosetil aluminio, oxadixil, ácido fosforoso. C.B. <i>Trichoderma</i> .	
Putridión de raíces, clorosis, marchitez.	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i>	Clorosis, falta de vigor del follaje. Necrosis del sistema vascular de las raíces primarias.	Semillas contaminadas, implementos agrícolas, campos enfermas de Vivero.	En el suelo por varios años, como estructuras de resistencia.	C.C. Desinfección de semilla, uso de champas sanas, mejorar el drenaje, rotación de suelos; uso de Ca, K y aplicaciones de sal. C.Q. Desinfección de semillas con cloro o benomyl. C.B. <i>Trichoderma</i> .	
Putridión de corona.	<i>Fusarium Moniliforme</i> y <i>F. proliferatum</i>	Putridión rojizo de la corona, ausencia de brotación, muerte de la planta.	Semillas contaminadas, implementos agrícolas, campos enfermas de vivero.	Solo en presencia del huésped.	C.C. Uso de champas sanas; mejorar el drenaje, no repicar suelos con esta enfermedad, uso de Ca, K y NaCl C.Q. Desinfección de semillas con cloro y/o benomyl. C.B. <i>Trichoderma</i>	
Rizoctoniosis, canchros del tallo.	<i>Rhizoctonia solani</i>	Canchros rojizos de bordes definidos ubicados en el tallo, eventualmente pueden estrangular la base del tallo.	Eclerocios o micelio adherido a partículas de suelo y agua de riego.	Por esclerocios y como saprofito en el suelo.	C.C. Rotación cultural, evitar viveros después de remolacha y papa, suelos bien drenados. C.B. <i>Trichoderma</i> .	

**Nombre de la
enfermedad**

Agente Causal

Sintomatología

Diseminación

Sobrevivencia

Control

ENFERMEDADES DEL FOLLAJE Y TURIONES

Mancha púrpura	<i>Stemphylium vesicarium</i>	Lesiones de 1-5 mm de diámetro en los turiones, con bordes púrpuras y centro plomizo y Deprimido. Detoblación.	Como ascosporas al inicio de la temporada, posteriormente son las conidias del ciclo asexual del hongo.	En rastrojos de la temporada anterior, donde se desarrolla el ciclo sexual.	C.C. Destrucción de rastrojos, mejorar aireación de la plantación. Uso de variedades resistentes. C.Q. Ditiocarbamatos, clorotalonil.
Mancha de cercospora	<i>Cercospora asparagi</i>	Lesiones necróticas de 0,5 a 3 mm, con grueso borde café en los tallos. Secado de brotes.	Como conidias a través del viento.	En rastrojos infectados de la temporada anterior.	C.C. Destrucción de rastrojos, mejorar aireación de la plantación. C.Q. No se justifica.
Pudrición gris	<i>Botrytis cinerea</i>	Lesiones blanquecinas a café en los tallos, secamiento de la parte aérea, atizamiento de flores, desarrollo de micelio gris. Pudrición de turiones en postcosecha.	Como conidias a través del viento.	Como esclerocios en rastrojos enfermos de espárrago u otros huéspedes.	C.C. Buena aireación de la plantación, disminuir fertilización nitrogenada, eliminar rastrojos enfermos. C.Q. Benomyl, carbendazim, clorotalonil, cyproconil, dichlufluanid, dicloran, iprodione, iabenzazol, procymidone, pyrimethanil. C.B. <i>Trichoderma</i> , BC-1000.
Esclerotiosis, pudrición blanca	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Lesiones acuosas en tallos, desarrollo de micelio blanco cigodonoso, muerte de la parte aérea.	Como esclerocios junto al agua de riego.	Como esclerocios en rastrojos enfermos de espárragos u otros huéspedes.	C.C. Buena aireación de la plantación, disminuir fertilización nitrogenada, eliminar rastrojos enfermos. C.Q: Benomyl, carbendazim, clorotalonil, dichlufluanid, dicloran, iprodione, metiltofanato, procymidone, pyrimethanil.

Continuación cuadro anterior

Nombre de la enfermedad **Agente Causal** **Sintomatología** **Diseminación** **Sobrevivencia** **Control**

ENFERMEDADES DEL FOLLAJE Y TURIONES

Bacteriosis, pudrición blanda, pudrición hiedionda.	<i>Erwinia carotovora</i> y <i>Pseudomonas fluorescens</i>	lesiones acuosas en tallos y ápices de turiones que se desarrollan en almacenaje. Pudrición del tejido y mal olor.	Bacterias adheridas a insectos, turiones contaminados, en el agua de lavado, hidrocooler, planta embaladora.	Es frecuente en materia orgánica en descomposición y el suelo.	C.C. Evitar las heridas al cosechar, enfriar de inmediato y mantener el frío. Aseo de la planta procesadora C.Q. Desinfección de las aguas con hipoclorito de sodio.
---	--	--	--	--	---

C.C.= control cultural, C.Q.= control químico, C.B.= control biológico.

Nota: La sugerencia de fungicidas es sólo referencial, es responsabilidad del profesional que recomienda el producto velar por los registros y carencias que puedan tener los productos químicos, según el mercado de destino.

Capítulo 9

PLAGAS

Marcos Gerding P. y Luis Devotto M.

INIA – Quilamapu, Casilla 426, Chillán.

1. Introducción

En el mundo, el espárrago no tiene un gran número de plagas asociadas a su cultivo, pero algunas de éstas son capaces de provocar severas pérdidas cuando se presentan. Afortunadamente, las plagas más perjudiciales presentes en el Hemisferio Norte no están en Chile, como los escarabajos (*Crioceris spp*) y el áfido europeo del espárrago (*Brachycolus asparagi*). En el país, existe poca información sobre plagas antes de 1980, momento en que comienzan las exportaciones de espárrago verde, lo que trajo consigo la necesidad de cuantificar las pérdidas causadas por insectos.

En términos generales, las pérdidas producidas por insectos en espárrago no son importantes desde el punto de vista cuantitativo, ya que las mermas en rendimiento son bajas. Desde el punto de vista cualitativo, se producen pérdidas importantes porque los mercados de destino de esta hortaliza son muy exigentes en cuanto a calidad, tanto de presentación como fitosanitaria. De esta forma, los rechazos por razones cuarentenarias son la causa más importante de pérdida para el productor (Figura 9.1).

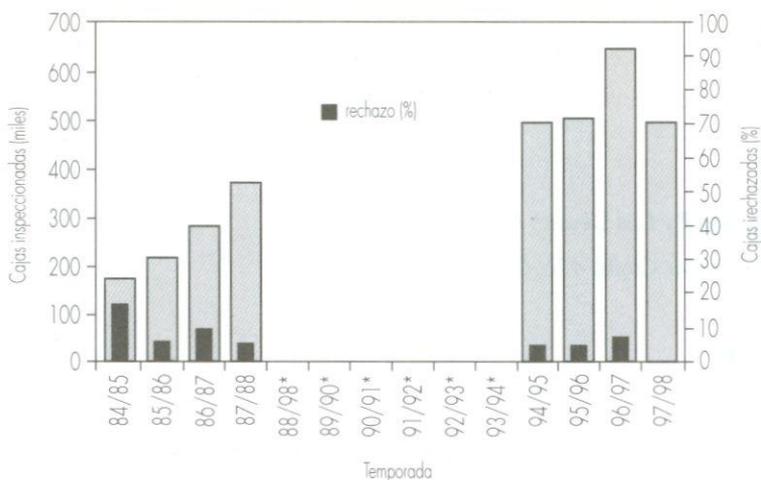


Figura 9.1. Importancia de los insectos como causal de rechazo en las exportaciones de espárrago verde con destino a EE.UU (fuente: SAG, 1999, com. personal)

* sin información

Las plagas del espárrago se revisarán asociadas a las etapas del cultivo en las que provocan daño, junto a las medidas de manejo recomendadas, mientras que la descripción de cada una de ellas se presenta al final del capítulo.

2. Daño causado por insectos en espárrago

2.1 En el vivero

Luego de la siembra, las semillas pueden ser atacadas por larvas de la mosca (*Delia* spp), que se introducen en ellas y las destruyen. Como resultado, se puede reducir severamente la población de plantas. El ataque se ve favorecido en suelos húmedos y con abundante materia orgánica en descomposición. (Arretz, 1981; Sazo, 1987).

En ocasiones, las plántulas aparecen cercenadas a ras de suelo, a la altura del cuello. Este tipo de daño se debe a gusanos cortadores, de hábito nocturno, y que permanecen enterrados durante el día cerca de la planta atacada.

Si las plántulas presentan un aspecto debilitado, pueden estar siendo atacadas por sínfilos o por gusanos alambres. Los sínfilos o ciempiés de jardín pueden alimentarse de plantas o bien de restos vegetales. Cuando atacan la almaciguera, consumen las raicillas, raíces jóvenes e incluso los tallos emergentes. Los gusanos alambres también se alimentan de las raíces y en ataques severos pueden matar la planta (Arretz, 1981).

Pero una de las plagas más frecuentes en los viveros es el trips (*Thrips* spp.). Estos pueden afectar los puntos de crecimiento de las plántulas cuando se presentan en gran cantidad, pues los tejidos se deshidratan por acción de estos insectos (Chaney y Mullen, 1999). También las plántulas pueden ser afectadas por pulgones, sólo si se trata de colonizaciones masivas. En estos casos, los insectos succionan la savia de la planta, debilitándola (CORFO, 1982).

2.2 Durante el receso vegetativo

El daño a las raíces y la corona que se produce durante la etapa de receso vegetativo es causado por los estados larvales de especies de polillas (Noctuidae), ciempiés y saltapericos (Elateridae). No existen antecedentes que cuantifiquen la merma en el rendimiento de la esparraguera por estos insectos. Además, una vez establecida la esparraguera, el uso de insecticidas, como control curativo, queda restringido a la superficie del suelo.

2.3 Durante el período productivo

En esta etapa se presentan las plagas clave del cultivo. El productor no sufre pérdidas expresadas como menor rendimiento, pero sí disminuye la cantidad de turiones que cumplen las normas de cuarentena y de presentación para ser exportados. Pese a que los turiones permanecen sólo dos o tres días sobre el suelo, este lapso es suficiente para ser infestados debido a que en este período hay pocos hospederos alternativos y porque el turión provee de abundante tejido succulento y tierno, además de refugio, a las plagas (Apablaza y Sazo, 1987).

Los gusanos cortadores (Foto 9.1), pertenecientes a la familia Noctuidae, tienen importancia primaria. Como su nombre lo indica, son capaces de cortar los turiones recién emergidos y de morder aquellos más desarrollados. Entre las especies que forman este grupo se incluye a *Agrotis bilitura*, como la más importante, y el gusano cortador negro (*Agrotis ipsilon*), de menor importancia. El daño se caracteriza por grandes lesiones en el turión, cerca del suelo y es causado por larvas ya desarrolladas que invernaron en la esparraguera o bien por larvas neonatas de la misma primavera. Esta sintomatología se observa desde fines de agosto y se acentúa en septiembre y octubre, en la zona central (Sazo, 1987; Apablaza y Sazo, 1987; Arretz, 1981).



Foto 9.1. Gusano cortador enterrado en la esparraguera.

Los turiones afectados se deprecian completamente y no pueden ser comercializados. Además, los tejidos cercanos a la mordedura dejan de crecer, mientras que los tejidos del costado sano continúan su desarrollo, produciéndose un encorvamiento (CORFO, 1982). Este daño también se produce por viento, pero en este caso todos los turiones se doblan en dirección al viento dominante, mientras que los dañados por insectos se doblan en cualquier dirección y además presentan señales de consumo. El ataque de gusanos cortadores se ve favorecido por la presencia abundante de malezas como yuyo y rábano (Sazo, 1987).

Otra plaga clave es la cuncunilla de la vid (*Copitarsia consueta*) que produce mordeduras superficiales elongadas en el tercio superior del turión (Foto 9.2), a diferencia de los gusanos cortadores. Frecuentemente es posible encontrar las larvas pequeñas en el extremo de los turiones, ocultas entre las brácteas. La incidencia aumenta con la presencia de malezas tales como rábano, bledo y correhuela (Apablaza y Sazo, 1987; Sazo, 1987). La máxima abundancia de cuncunilla, en la zona central, se alcanza en los meses de octubre y noviembre (Sazo, 1987; SAG, 1995).



Foto 9.2. Larva de *Copitarsia* alimentándose en un turión.

Las babosas producen lesiones en el tercio inferior de los turiones e incluso bajo el suelo (Foto 9.3). Estos síntomas se aprecian sólo a inicios de la temporada, cuando la humedad ambiental es alta o la esparraguera está muy enmalezada. Normalmente desaparecen a medida que aumenta la temperatura y disminuye la humedad (Sazo, 1987).



Foto 9.3. Turión perforado por babosas.

Algunos turiones pueden presentar una coloración diferente a la normal, como decoloraciones, pardeamientos o erosiones. La decoloración se produce cuando hay una alta población del trips de la cebolla (*Thrips tabaci*), especie que busca refugio bajo las brácteas. Cuando la población es baja, no se aprecia daño, ni tampoco cuando está presente el trips de las flores (*Frankliniella cestrum*) (Sazo, 1987).

En ocasiones, la población del pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*), alcanza grandes cantidades (más de 10 insectos por turión) y produce un pardeamiento de las brácteas (Apablaza y Sazo, 1987).

Algunas especies de ciempiés muerden los turiones, heridas que permiten la entrada de hongos, con la consiguiente depreciación del turión (Prado, 1991).

2.4 En el follaje

En general, las especies presentes en Chile afectan el desarrollo de los cladodios y la acumulación de reservas, sólo cuando las poblaciones alcanzan niveles muy elevados. Las especies más dañinas corresponden al complejo de la cuncunilla de la vid, la cuncunilla verde semiagrimensora (*Syngrapha gammoides*) y al burrito de la vid (*Naupactus*

xantographus). Otras especies como el pulgón verde del duraznero, trips de la cebolla y trips de las flores tienen importancia ocasional (Apablaza y Sazo, 1987).

2.5 Especies de importancia cuarentenaria

El rechazo de cajas con destino a los EE.UU. ha fluctuado en torno al 7% durante el período 1984-1998, excepto durante la primera temporada de inspección, en la que los rechazos llegaron casi al 17%. Esta cifra bajó en los años siguientes hasta estabilizarse en el 7 % mencionado, debido a que algunos insectos, no asociados al cultivo, logran llegar a las cajas ya sea en la planta procesadora o mientras las cajas son transportadas, resultando difícil evitar este tipo de infestaciones.

Las variaciones entre una temporada y otra se deben no sólo a la dinámica poblacional de las especies como respuesta al clima de cada año, sino también a cambios en el criterio de los organismos responsables de la inspección y a algunas medidas adoptadas por los productores. Como ejemplo de lo anterior, la polilla *Coleophora* sp. fue considerada una especie cuarentenaria para EE.UU. hasta 1996, año en que fue eliminada como causal de rechazo. Del mismo modo, la implementación de la pre-inspección de los espárragos ha evitado que una gran cantidad de cajas con problemas llegue hasta la inspección oficial, por lo que las pérdidas reales debido a insectos plaga no son reflejadas completamente por los datos estadísticos disponibles.

El orden más importante, desde el punto de vista cuarentenario, es Lepidoptera (mariposas y polillas), el que ha concentrado casi el 90% de las cajas rechazadas a lo largo del período analizado (Figura 9.2). El orden Thysanoptera (trips) tiene una participación muy minoritaria pero permanente, mientras que otros órdenes (Homoptera, Hemiptera, Coleoptera) tienen una participación muy minoritaria y esporádica.

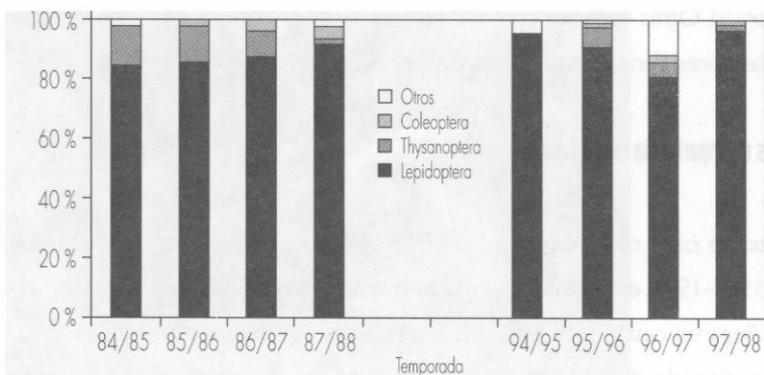


Figura 9.2. Participación relativa de los principales órdenes de insectos causales de rechazo en espárrago verde con destino a EE.UU (fuente: SAG, 1999, comunicación personal; Arias et al., 1989).

Dentro del orden Lepidoptera, los rechazos se producen principalmente por la detección de estados inmaduros (huevos y larvas), en desmedro de los adultos (Figura 9.3). Esto dificulta la determinación al nivel de especie, pero permite establecer que la familia Noctuidae predomina claramente sobre otras como Tortricidae, Plutellidae y Pyralidae.

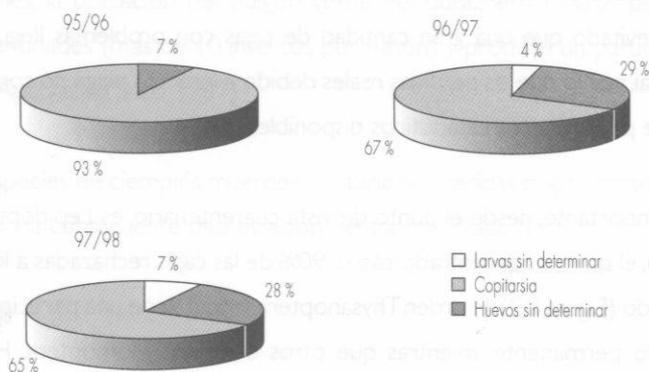


Figura 9.3. Causales de rechazo de espárrago verde con destino a EE.UU., pertenecientes a la familia Noctuidae, temporadas 1995/96, 1996/97 y 1997/98 (fuente: SAG, 1998).

3. Estrategias de manejo de plagas en espárrago

Antes de adoptar cualquier estrategia de control, se debe considerar que no basta la presencia de determinada especie para considerarla plaga. En primer lugar, debe estar claramente definida la relación entre el hospedero y su huésped y, además, considerar que los insectos son dañinos dependiendo del nivel poblacional en que se encuentren. Un ejemplo del primer concepto es el hecho que se cite como plagas a los colémbolos, chanchitos de tierra, tijeretas y a los teatinos (*Blapstinus* sp y *Nycterinus* sp). Los colémbolos son artrópodos que se encuentran prácticamente en todos los terrenos cultivados, alimentándose de materia en descomposición, sin afectar a las plantas cultivadas (Prado, 1991). Se les ha encontrado en heridas viejas de turiones, junto a otros detritófagos, sin que ello establezca una relación clara con el espárrago (Apablaza y Sazo, 1987). Las otras especies nombradas también tienen hábitos alimenticios que hacen dudar de su relación directa con espárrago.

3.1 Medidas culturales de control

La importancia del control cultural radica en que reduce la presión de las plagas sobre la esparraguera, evitando así algunas aplicaciones químicas o disminuyendo su frecuencia. Comienza con la elección del terreno para establecer el vivero, ya que si ha sido ocupado por leguminosas forrajeras, gramíneas anuales y perennes, es muy probable que haya una alta infestación de gusanos alambre. Evitar el exceso de restos vegetales disminuye la presencia de ciempiés (Arretz, 1981).

Un aspecto clave es el control de malezas antes y durante la cosecha. Las malezas constituyen un reservorio para las plagas durante el receso del espárrago y una fuente de reinfestación durante el período productivo (Cuadro 9.1).

Cuadro 9.1. Malezas que sirven de huésped alternativo a plagas del espárrago.

Maleza	Polilla de la Vid (<i>C. consueta</i>)	Trips (<i>F. cestrum</i>)	Pulgón (<i>M. persicae</i>)
Correhuela (<i>Convolvulus arvensis</i>)	X		X
Yuyo (<i>Brassica rapa</i>)		X	
R bano (<i>Raphanus sp</i>)	X	X	X
Bledo (<i>Amaranthus sp</i>)	X	X	

Fuente: Sazo, 1987.

3.2 Métodos de control químico

Una vez que una o más plagas supera su nivel de daño económico, queda establecida la necesidad de controlar con algún producto insecticida. En el espárrago, debe considerarse con particular cuidado la elección del producto, pues la cosecha de esta hortaliza se realiza prácticamente todos los días, aumentando la posibilidad de sobrepasar el tiempo de carencia o la cantidad máxima de residuos establecidas por los países importadores, en especial EE.UU.

En forma preventiva, las coronas se sumergen en una suspensión de endosulfan o diazinon durante 10 o 15 minutos, para evitar el ataque de larvas del suelo (Arretz, 1981).

Tres semanas antes de la cosecha, según Apablaza y Sazo (1987), se puede controlar las plagas del suelo aplicando fonofos granulado e incorporando después con rastra liviana o cultivador. Los mismos autores recomiendan el uso de cebos de phoxim o preparar un cebo basado en afrecho o harinilla, melaza o azúcar y carbarilo. Esta mezcla se homogeneiza y luego se humedece. Controla parcialmente babosas y cucarachos negros (*Blapstinus* y *Nycterinus*), pero tiene el inconveniente de matar también las lombrices. Las babosas pueden ser también controladas con cebos basados en metaldehído, methiocarb, metomil y azinfosmetil. Este último está siendo restringido en los EE.UU. (EPA, 1999). Otras plagas pueden ser controladas mediante permetrina (*Copitarsia*, pulgones, trips, parcialmente

gusanos cortadores), metomilo (trips, pulgones, gusanos cortadores y cuncunillas pequeñas) y carbaryl (Apablaza y Sazo, 1987).

3.3 Control Biológico

El control biológico es una alternativa que debe tenerse en cuenta, ya que son numerosos los parasitoides que están afectando a las plagas del espárrago. Prado (1991) señala a dos enemigos naturales afectando a *A. ipsilon*, cinco en *C. consueta*, tres en *T. tabaci* y uno en *Delia*.

Existen estudios de control biológico utilizando entomopatógenos, es decir el uso de microorganismos que le ocasionan enfermedades a los insectos. La bacteria *Bacillus thuringiensis* es ampliamente conocida en el control de larvas de lepidópteros y su uso puede ser curativo. Hay hongos y nemátodos entomopatógenos, cuyo efecto ha sido demostrado en el mundo, y hoy día en Chile se cuenta con una colección experimental de estos organismos nativos, que se están evaluando en el control de plagas. Se cuenta con antecedentes de control de babosas con nemátodos nativos, los que portan una bacteria mortal para este molusco. Los cebos elaborados a partir de esta bacteria o de sus metabolitos también han probado ser eficaces en el control de babosas (Foto 9.4). También ha sido eficaz el control de larvas de curculiónidos (burritos) (Foto 9.5) y de lepidópteros (Foto 9.6) con aplicaciones de hongos y nemátodos entomopatógenos (France *et al.*, 1999).



Foto 9.4.
Nemátodos
parasitando
una babosa.



Foto 9.5. Larvas de burritos parasitadas por el hongo *Metarhizium*.

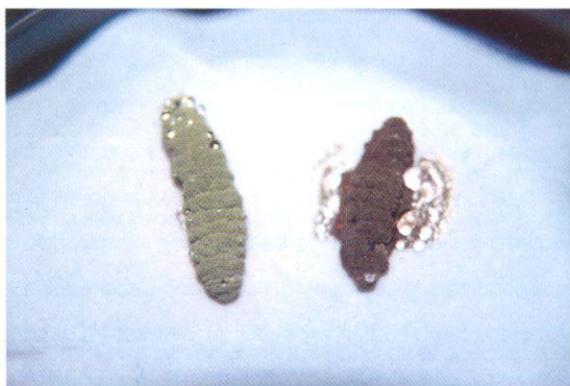


Foto 9.6. Cuncunillas muertas por hongos.

4. Reconocimiento y biología de plagas del espárrago

4.1 Babosas [*Deroceras reticulatum*]

Son moluscos gastrópodos que presentan un cuerpo carnosos, cubierto por sustancias ligosas, y reptan por medio de un pie musculoso, dejando a su paso un mucus transparente (Espinoza, 1999).

Las generaciones de las babosas son anuales, pero en condiciones óptimas de temperatura y humedad puede aparecer una segunda generación. La ovipostura se produce cuando la humedad es alta y la temperatura moderada. En cambio, al llegar la estación seca, estos moluscos se inactivan, penetrando al suelo por hendiduras y permaneciendo por largos períodos sin alimentarse (Apablaza, 1983; Latorre, 1990).

Los nidos que estos moluscos dejan en el suelo se encuentran de preferencia debajo de terrones, piedras y materia orgánica. Estos nidos contienen entre 10 a 30 huevos envueltos en una sustancia mucilaginosa, que demoran entre 5 a 6 meses en completar su desarrollo hasta el estado adulto, momento a partir del cual la babosa puede vivir más de un año (Apablaza, 1983).

4.2 Cuncunilla de la vid [*Copitarsia consueta*]

El adulto es una polilla de hábito nocturno, fuertemente atraída por la luz. El primer par de alas es de color castaño oscuro, tiene una mancha circular castaño clara, con un punto oscuro en el centro. Hacia el ápice tienen una mancha reniforme oscura. Las alas posteriores son claras en la base y oscuras en los extremos. La larva es de color amarillo, con una franja lateral negra a cada lado del cuerpo y una banda discontinua oscura en la parte dorsal. Sin embargo, también puede haber larvas de color verde oscuro con bandas claras. Al nacer mide 2 mm de largo y alcanza hasta 40 mm en el último estadio (Campos y Sazo, 1983; Jiménez, 1983).

Esta especie pasa el invierno al estado de pupa, enterrada en el suelo. Las hembras que se originan en primavera oviponen masas de 30 a 40 huevos y las larvas que se originarán de ellos completan su desarrollo en 5 semanas. En el año puede haber de 3 a 4 generaciones (Campos y Sazo, 1983), pero sólo las dos primeras atacan al espárrago.

4.3 Gusanos alambre (*Conoderus rufangulus*)

Corresponden al estado larval del insecto conocido como saltaperico. Las larvas se reconocen por su cuerpo largo, cilíndrico y duro, de ahí su nombre de gusano alambre. Los adultos tienen el cuerpo aplanado, con dos proyecciones características en el tórax, que se dirigen hacia atrás (Artigas, 1994).

Durante el otoño e invierno, el adulto se refugia bajo restos vegetales y en la corteza de árboles frutales, parronales y eucaliptus. Las hembras oviponen en el suelo, durante la primavera. Los adultos emergen a mediados del verano (Artigas, 1994).

4.4 Gusanos cortadores (*Agrotis spp*)

Los adultos de la familia Noctuidae corresponden a mariposas de colores apagados, de tamaño mediano y densamente velludas. Las alas anteriores son grises o castaño, mientras que las posteriores son claras, con un sombreado oscuro en el borde anal del ala. Los adultos vuelan durante el crepúsculo y la noche, son fuertemente atraídos por la luz. La larva tiene pelos cortos y ralos o bien carece de ellos, con tendencia a ser de colores grises o castaños. Vive enterrada en el suelo durante el día y se alimentan de noche. Pueden ser reconocidas porque tienen tres pares de patas torácicas, cuatro pares de falsas patas en el abdomen y se enrollan sobre sí mismas cuando se les disturba (Artigas, 1994; Apablaza y Sazo, 1987).

4.5 Trips (*Thrips tabaci*, *Frankliniella cestrum*)

Son insectos pequeños, con dos pares de alas provistas de largos pelos semejantes a flecos. Tienen la particularidad de poseer un aparato bucal adaptado para raspar y succionar, intermedio entre el tipo masticador y el picador-succionador. *T. tabaci* mide alrededor de 1 mm, de color amarillo o castaño amarillento, tiene las patas más claras que el

resto del cuerpo y las alas franjeadas. *F. cestrum*, en cambio, es de mayor tamaño (1,8 mm) y de color castaño oscuro (Artigas, 1994).

Literatura Citada

- Apablaza, J. y Sazo, L. 1987. Plagas del espárrago verde y su control. ACONEX N° 17, Abril-Mayo- Junio 1987.
- Arias, E., González, R. y Mesa, F. 1988. Rechazos cuarentenarios y presencia de noctuidos (Lepidoptera) en cultivos de espárragos. Revista Frutícola Vol. 9 N° 3, Sep-Dic de 1988.
- Arretz, P. 1981. Plagas del espárrago, biología y control. En: El cultivo del espárrago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile, p. 84-89.
- Artigas, J. N. 1994. Entomología Económica: Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Campos, L. y Sazo, L. 1983. Plagas de la vid y su control. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Serie Antumapu N° 9.
- Chaney, W. E. and Mullen, R. J. 1999. Asparagus thrips. www.ipm.ucdavis.edu/PMG
- CORFO, 1982. Insectos que atacan al espárrago. En: Espárrago: antecedentes económicos y agronómicos, p. 73-76.
- Espinoza, S. 1998. Evaluación de la susceptibilidad de babosas (*Deroceras reticulatum* Müller) a nemátodos rhabditidae nativos y su bacteria simbiote. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Adventista, Chillán, Chile. 47 p.
- France, A., Gerding, M., Sandoval, A., Espinoza, S. y Vivanco, E. 1999. Patología de insectos. In: Céspedes C. y P. Carvajal (eds.) Agricultura Orgánica. INIA Quilamapu, Chillán, Chile. p. 97-120.
- Jiménez, P.A. 1983. Informativo Fitosanitario SAG año II, N° 21.
- Latorre, B. A. 1990. Plagas de hortalizas, manual de manejo integrado. FAO. Chile. 520 p.

- Prado, E. 1981. Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA (Chile), Serie Boletín Técnico N° 169, Santiago, Chile.
- SAG, 1995. Informe Programa de Inspección SAG/USDA, Aeropuerto Arturo Merino Benítez. Temporada 1994/1995.
- SAG, 1996. Informe Programa de Inspección SAG/USDA, Aeropuerto Arturo Merino Benítez. Temporada 1995/1996.
- SAG, 1997. Informe Programa de Inspección SAG/USDA - APHIS/Asocexport, Aeropuerto Arturo Merino Benítez. Temporada 1996/1997.
- SAG, 1998. Informe Programa de Inspección SAG/USDA - APHIS/Asocexport, Aeropuerto Arturo Merino Benítez. Temporada 1997/1998.
- Sazo, L. 1987. Plagas del espárrago en Chile y su control. En: Curso Tecnología de Producción de Espárragos. Fundación Chile, capítulo 10, p. 1-10.

Capítulo 10

COSTOS DE PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RENTABILIDAD

*Roberto Velasco H. y Rodrigo Avilés R.
INIA – Quilamapu, Casilla 426, Chillán.*

1. Introducción

En Chile el cultivo del espárrago tiene una amplia distribución ocupando suelos regados desde la Primera Región de Tarapacá hasta la Décima Región de los Lagos con un total de 4.150 hectáreas, siendo la zona centro-sur del país la de mayor concentración de huertos de esta especie hortícola, destacando la VIII Región del Bío-Bío con unas 1.937 (47% del total nacional) y la VII Región del Maule con 923 hectáreas (22% de la superficie nacional). De este modo, el área de influencia del CRI Quilamapu de INIA en Chillán encierra el 69% de la superficie total de espárrago del país (INE, 1997).

Estudios realizados por INIA sobre su adaptación, establecimiento, variedades, control de malezas, fertilización, control de plagas y enfermedades, técnicas de riego y manejo en general, permiten configurar un amplio bagaje de conocimientos en torno a esta hortaliza, lo que junto con el estudio y análisis de antecedentes económicos, conforma una base de información para la toma de decisiones sobre el desarrollo de este rubro en la planificación predial.

La finalidad de este capítulo es dar a conocer la estructura de los costos directos involucrados en las etapas de establecimiento de un vivero, plantación, formación y producción. El análisis se efectuará bajo condiciones de suelos regados, siendo la hectárea la unidad básica y definiendo que los valores dados a productos e insumos corresponden a los observados en el mercado de la zona centro sur en el mes de julio de 1999, excluido el impuesto al valor agregado (IVA). El valor del dólar se cotizó en \$ 517,62 y el correspondiente a la Unidad de Fomento (U.F) es de \$ 14.898,02.

2. Etapa 1 - Establecimiento de vivero

Esta etapa, previa a la plantación de una esparraguera, tiene por finalidad obtener «coronas» y «champas» sanas y de buen vigor, suficientes para ser trasplantadas al suelo definitivo que ocupará esta especie hortícola. Es una etapa que puede ser obviada por un productor que desee plantar inmediatamente y que, para eso, deberá adquirir este material en viveros que le certifiquen calidad y condiciones sanitarias óptimas.

El análisis de los costos directos de esta etapa se desarrolla para una superficie de 0,4 hectáreas de vivero, suficiente para obtener "champas" para la plantación definitiva de una hectárea (más o menos 33.000 unidades).

En esta etapa se considerarán todos los costos directos involucrados en preparación del suelo, preparación de la semilla, siembra, control de malezas, fertilización, riegos, control de insectos, corte de follaje y retiro de las coronas, que servirán para la plantación definitiva.

El Cuadro 10.1 indica en detalle las labores necesarias para establecer y manejar un vivero de espárragos, el mes de ejecución de cada una de las labores, los insumos que se requieren para llevarlas a cabo, el costo unitario de los insumos y el costo de cada labor. Se observa que las labores se inician en el mes de septiembre con la roturación del suelo destinado a vivero y finalizan en el mes de julio con el retiro, lavado y desinfección de las champas o coronas. El costo total de producción de un vivero de una superficie de 0.4 hectáreas alcanza a la suma de \$ 734.591 incluidos los costos directos, costos imprevistos y costos financieros. El costo unitario por champa producida es del orden de los \$ 22.

Dentro del costo total el insumo más relevante es sin duda la semilla, incidiendo en un 69%, de manera que, es fundamental el cuidado en su origen. Otro insumo de importancia en esta etapa de vivero, es la mano de obra, la que debe ser calificada, y este ítem

representa un 9% del costo total. Los fertilizantes por su parte, tienen una baja incidencia, cercana al 5%, la maquinaria cerca de un 5% y los pesticidas sólo un 1%. Los costos imprevistos ascienden a un 4,5%, en tanto que, los costos financieros alcanzan el 6,6%.

Cuadro 10.1. Costos de producción de un vivero de espárragos con una superficie de 0,4 ha. Cifras en \$ sin IVA, julio 1999.

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Rotura	Mes: septiembre		
Mano de obra	0,2 JH	3.500	700
Tractor/Arodo cincel	0,6 horas	8.000	4.800
Rastraje	Mes: septiembre		
Mano de obra	0,1 JH	3.500	350
Tractor/Rastra hidráulica	0,3 horas	8.000	2.400
Rastraje	Mes: octubre		
Mano de obra	0,1 JH	3.500	350
Tractor/Rastra hidráulica	0,3 horas	8.000	2.400
Vibrocultivación	Mes: octubre		
Mano de obra	0,1 JH	3.500	350
Tractor/Vibrocultivador	0,3 horas	8.500	2.550
Hidratación de semillas	Mes: octubre		
Mano de obra	0,1 JH	3.500	350
Desinfección de semillas	Mes: octubre		
Mano de obra	0,1 JH	3.500	350
Capitan 80 WP	0,01 kg	4.660	46
Benlate	0,01 kg	7.580	75
Siembra	Mes: octubre		
Mano de obra	0,5 JH	3.500	1.750
Semilla	1,2 kg	420.000	504.000
Superfosfato Triple	88,0 kg	120	10.560
Sulfato de potasio	80,0 kg	110	8.800
Supermito	80,0 kg	103	8.240
Boronatro calcita	5,0 kg	89	445
Dyfonate 10G	2,0 kg	3.000	6.000
Tractor/Sembradora neumática	0,4 horas	18.000	7.200

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Control de malezas	Mes: noviembre		
Mano de obra	0,2 JH	3.500	700
Gramoxone super	0,4 L	740	296
Hache-Uno 2000 175 EC	0,2 L	13.373	2.674
Motobomba de espalda	2,0 horas	644	1.288
Riegos (2)	Mes: noviembre		
Mano de obra	0,4 JH	3.500	1.400
Fertilización	Mes: noviembre		
Mano de obra	1,0 JH	3.500	3.500
Supernitro	30,0 kg	103	3.090
Control de insectos	Mes: noviembre		
Mano de obra	0,2 JH	3.500	700
Tamaron 600 SL	0,03 L	5.380	161
Motobomba de espalda	2,0 horas	644	1.288
Riegos(2)	Mes: diciembre		
Mano de obra	0,4 JH	3.500	1.400
Limpia manual	Mes: diciembre		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Fertilización	Mes: diciembre		
Mano de obra	1,0 JH	3.500	3.500
Supernitro	30,0 kg	103	3.090
Control de insectos	Mes: diciembre		
Mano de obra	0,2 JH	3.500	700
Parathion 80 EC	0,5 L	2.016	1.008
Motobomba de espalda	2,0 horas	644	1.288
Fertilización foliar	Mes: diciembre		
Mano de obra	0,2 JH	3.500	700
Bayfolan 250 SL	0,5 L	1.864	932
Motobomba de espalda	2,0 horas	644	1.288

Continuación del Cuadro 10.1.

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Riegos (2)	Mes: enero		
Mano de obra	0,4 JH	3.500	1.400
Limpia manual	Mes: enero		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Control de insectos	Mes: enero		
Mano de obra	0,2 JH	3.500	700
Tamaron 600 SL	0,03 L	5.380	161
Molobomba de espalda	2,0 horas	644	1.288
Riegos (2)	Mes: febrero		
Mano de obra	0,4 JH	3.500	1.400
Fertilización	Mes: febrero		
Mano de obra	1,0 JH	3.500	3.500
Supernitro	40,0 kg	103	4.120
Riegos (1)	Mes: marzo		
Mano de obra	0,2 JH	3.500	700
Siega y retiro de follaje	Mes: junio		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Cosecha y lavado de coronas	Mes: julio		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	17.000
Tractor/Arado cincel	1,0 horas	8.000	8.000
Hipoclorito de sodio	3,0 L	350	1.050

Ingreso bruto	: \$ -----
Costo directo	: \$ 653.958
Imprevistos	: \$ 32.698
Costo de capital	: \$ 47.935
Costo unitario	: \$ 22
Margen bruto	: \$ [734.591]

3. Etapa 2 - Plantación de la esparraguera (año 1)

Esta etapa es de vital importancia para el desarrollo futuro de la esparraguera, ya que es aquí donde el cultivo ocupará el suelo definitivo, el cual, debe presentar buenas condiciones de drenaje, textura liviana, profundidad adecuada y aceptable topografía, temas desarrollados ampliamente en capítulos precedentes. Es aquí donde se define, vía selección, la calidad de las "champas" a utilizar; además, se define la densidad de plantación, la profundidad de plantación, los niveles de fertilización, las prácticas de control de malezas, riegos y control de insectos de modo de asegurar un buen desarrollo de las "champas" (Cuadro 10.2). Durante este primer año, es recomendable no cosechar "turiones" a fin de no debilitar el vigor de las champas o coronas para futuras producciones. El análisis de costos directos de esta etapa se desarrolla para una superficie de una hectárea y considera todos aquellos costos involucrados en preparación de suelo; trazado de zanjas de plantación; aplicaciones de fertilizantes e insecticidas de pre-plantación; preparación, desinfección y distribución de "coronas" y tapado de ellas; riegos; control de malezas; aplicaciones de insecticidas; fertilización nitrogenada y corte de follaje e incorporación de éste al suelo. En esta etapa, el productor puede utilizar "champas" de un vivero propio o bien provenientes de algún vivero que le asegure calidad, sanidad y pureza varietal. En este último caso, el productor adquirirá las "champas" con un sobre precio respecto al costo unitario estimado en vivero propio.

El Cuadro 10.2 indica, secuencialmente, todas las labores necesarias para realizar la plantación de una hectárea de espárragos, el mes de ejecución de ellas, los insumos requeridos y los costos involucrados. Se observa que las labores se deben iniciar en el mes de agosto con la roturación del suelo definitivo y finalizan en el mes de junio del año siguiente con el retiro de cañas secas. El costo total de plantación asciende a \$ 580.091 incluidos los costos directos, costos imprevistos y costos financieros. Este costo no considera el valor de las "champas", ya que éste fue calculado en la etapa anterior de vivero (\$ 734.591), dando en consecuencia un costo global de \$ 1.314.682/ha. Ahora bien, si el productor no realiza vivero y adquiere las champas en el mercado, el costo de plantación asciende a \$ 1.570.091 por hectárea. El costo más relevante es el control de malezas, que representa un 21% de los costos totales, siendo una labor de vital importancia para

el desarrollo del cultivo. La preparación de suelos representa un 16% de los costos totales.

Cuadro 10.2. Costos de plantación de huerto de espárragos. Superficie 1,0 ha. Cifras en \$/ha sin IVA, julio 1999.

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Aradura [2]	Mes: agosto		
Mano de obra	0,8 JH	3.500	2.800
Tractor/Arado cincel	2,5 horas	8.000	20.000
Subsolado	Mes: agosto		
Mano de obra	0,8 JH	3.500	2.800
Tractor/Arado subsolador	2,0 horas	10.000	20.000
Rastrajes [2]	Mes: agosto		
Mano de obra	0,4 JH	3.500	1.400
Tractor/Rastra hidráulica	3,0 horas	8.000	24.000
Trazado de zanjas	Mes: septiembre		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Tractor/Acequiadora	2,0 horas	6.644	13.288
Fertilización, control insectos	Mes: septiembre		
Mano de obra	20 JH	3.500	7.000
Urea granulada	200,0 kg	100	20.000
Superfosfato triple	400,0 kg	120	48.000
Dyfonate 4E	10,0 L	7.000	70.000
Preparación de coronas	Mes: septiembre		
Mano de obra	4,0 JH	3.500	14.000
Benlate	1,0 kg	7.580	7.580
Distribución de coronas	Mes: septiembre		
Mano de obra	4,0 JH	3.500	14.000
Tapado de coronas	Mes: septiembre		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Riego de plantación	Mes: septiembre		
Mano de obra	1,0 JH	3.500	3.500

Continuación del Cuadro 10.2.

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Control de malezas	Mes: septiembre		
Mano de obra	0,2 JH	3.500	700
linuron 500 WP	3,0 kg	9.000	27.000
Tractor/Barra herbicida	1,5 hora	7.500	11.250
Riego (1)	Mes: septiembre		
Mano de obra	1,0 JH	3.500	3.500
Aplicación de insecticida	Mes: octubre		
Mano de obra	0,2 JH	3.500	700
Tractor /Barra fumigadora	1,6 horas	7.500	12.000
Rayo 50	0,5 L	16.300	8.150
Riego (1)	Mes: octubre		
Mano de obra	1,0 JH	3.500	3.500
Cultivación	Mes: octubre		
Mano de obra	0,4 JH	3.500	1.400
Tractor/Cultivador	2,0 horas	6.644	13.288
Control manual de malezas	Mes: noviembre		
Mano de obra	20,0 JH	3.500	70.000
Riego (1)	Mes: Noviembre		
Mano de obra	1,0 JH	3.500	3.500
Fertilización	Mes: noviembre		
Mano de obra	4,0 JH	3.500	14.000
Urea granulada	200,0 kg	100	20.000
Riego (2)	Mes: diciembre		
Mano de obra	1,0 JH	3.500	3.500
Riego (2)	Mes: enero		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Riego (2)	Mes: febrero		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000

Continuación del Cuadro 10.2.

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Corte de follaje Mano de obra	Mes: mayo 4,0 JH	3.500	14.000
Retiro de cañas secas Mano de obra	Mes: junio 3,0 JH	3.500	10.500

Ingreso bruto	:	\$	-----
Costo directo	:	\$	513.356
Imprevistos	:	\$	25.667
Costo de capital	:	\$	41.068
Costo unitario	:	\$	-----
Margen bruto	:	\$	(580.091)

NOTA: Si las "champas" o "coronas" son adquiridas por el productor en un vivero, el costo de plantación aumentaría en \$990.000/ha al cotizar 33.000 "champas" a un valor unitario de \$30. De este modo, el costo total de plantación ascendería a \$1.570.091/ha. Si las "champas", son producidas en un vivero propio el costo de plantación total es de \$1.314.682/ha, produciéndose un ahorro cercano a \$255.409/ha, además de que el desembolso se practica en dos temporadas, aliviando la inversión.

4. Etapa 3 - Formación de la esparraguera (año 2)

Al igual que la anterior etapa de plantación, esta etapa es fundamental para la longevidad de la esparraguera y sus futuras producciones. Se recomienda que el nivel de extracción de turiones sea relativamente limitado (no más allá de 1.000 kilos por hectárea), para permitir un buen vigor y desarrollo de las coronas. En esta etapa el interés se centra en el control de malezas, la fertilización, los riegos y los niveles de extracción ya mencionados.

El análisis de costos directos involucrados en esta etapa se desarrolla para una superficie de una hectárea y considera los costos relativos a control de malezas en forma mecánica y química, control de insectos, riegos, fertilización, cosecha, corte de follaje e incorporación de éste al suelo.

El Cuadro 10.3 detalla todas las labores requeridas en esta etapa, mes de ejecución de cada una de ellas, insumos necesarios y su costo.

Las labores deben iniciarse durante el mes de junio para controlar mecánica o químicamente las malezas presentes, y con herbicidas residuales las que puedan germinar posteriormente. Durante los meses de primavera (septiembre - octubre) se practica la cosecha de turiones para proseguir con labores de riego, fertilización, control de insectos y control de malezas.

El ingreso bruto por hectárea puede llegar a niveles de \$ 480.000 producto de la venta de unos 750 kilos a un precio promedio histórico de \$ 642/kg calculado sobre la base del porcentaje de exportación (65%), cola y despuntes (20%), calidad país (10%) y desecho (5%) y a los siguientes valores respectivamente: US\$ 1,7/kg; US\$ 0,3/kg; US\$ 0,7/kg y US\$ 0,0/kg.

El costo total de producción de este segundo año, asciende a \$ 494.695 /ha. De este modo, el costo promedio por kilo producido llega a aproximadamente \$ 660, superior en un 3 % del precio promedio pagado a productor.

Los costos más relevantes de este ciclo productivo corresponden a control de malezas (28% del costo total), cosecha y fletes (40% del costo total).

Cuadro 10.3. Costos de producción de un huerto de espárragos en etapa de formación. Superficie 1,0 hectárea. Cifras en \$/ha sin IVA, julio de 1999.

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Control malezas	Mes: junio		
Mano de obra	0,5 JH	3.500	1.750
Glifosato 480 SL	2,0 L	2.944	5.888
Tractor/Barra herbicida	2,0 horas	7.500	15.000
Rastraje superficial	Mes: julio		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Tractor/Vibrocultivador	2,5 horas	8.500	21.250
Aplicación de herbicida	Mes: agosto		
Mano de obra	0,2 Jh	3.500	700
Tractor/Barra herbicida	1,0 horas	7.500	7.500
Sencor	2,0 L	22.000	44.000
Cosecha	Mes: septiembre		
Mano de obra	30,0 JH	3.500	105.000
Flete	Mes: septiembre		
Mano de obra	4,0 JH	3.500	14.000
Flete	2,0 trato	40.000	80.000
Control de insectos	Mes: octubre		
Mano de obra	0,5 JH	3.500	1.750
Tractor/Barra fumigadora	2,5 horas	7.500	18.750
Ambush 50EC	0.2 L	41.700	8.340
Riego	Mes: diciembre		
Mano de obra	8,0 JH	3.500	28.000
Fertilización	Mes: diciembre		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Urea granulada	260,0 kg	100	26.000

Continuación del Cuadro 10.3.

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Control de malezas	Mes: enero		
Mano de obra	4,0 JH	3.500	14.000
Tractor/Barra fumigadora	1,6 horas	7.500	12.000
Roundup	3,0 L	2.920	8.760
Corte de follaje	Mes: agosto		
Mano de obra	6,0 JH	3.500	21.000

Ingreso bruto	: \$ 481.500
Costo directo	: \$ 447.688
Imprevistos	: \$ 22.384
Costo de capital	: \$ 24.623
Costo unitario	: \$ 660
Margen bruto	: \$ { 13.195}

5. Etapa 4 — Esparraguera en producción inicial (año 3)

Esta etapa marca el inicio del período de producción comercial del espárrago. El manejo técnico de la esparraguera es semejante al de la etapa anterior en cuanto a control de malezas, fertilización, control de insectos, riegos y corte de follaje. La diferencia radica en el nivel de extracción de turiones que puede alcanzar a unos 2.500 kilos por hectárea. Lo anterior, hace aumentar los costos de cosecha y de flete.

El Cuadro 10.4 detalla todas las labores requeridas en esta etapa, mes de ejecución de cada una de ellas, insumos necesarios y su costo.

El ingreso bruto por hectárea puede llegar a niveles de \$ 1.605.000 producto de la venta de unos 2.500 kilos a un precio promedio de \$ 642/kg calculado sobre la base de porcentaje de exportación (65%), cola y despuntes (20%), calidad país (10%) y desecho (5%) y a los siguientes valores respectivamente: US\$ 1,7/kg; US\$ 0,3/kg ; US\$ 0,7/kg y US\$ 0,0/kg.

El costo total de producción de este tercer año, asciende a \$ 680.312/ha. De este modo, el costo promedio por kilo producido llega a aproximadamente \$ 272 correspondiente a un 42% del precio promedio pagado a productor:

Los costos más relevantes de este ciclo productivo corresponden a cosecha y fletes (59% del costo total).

Cuadro 10.4. Costos de producción de un huerto de espárragos en etapa de producción inicial (año 3). Superficie 1 ha. Cifras en \$/ha sin IVA. Julio 1999.

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Rastraje superficial	Mes: julio		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Tractor/Vibrocultivador	2,5 horas	8.500	21.250
Aplicación de herbicida	Mes: agosto		
Mano de obra	0,2 JH	3.500	700
Tractor/Barra fumigadora	1,0 horas	7.500	7.500
Sencor	1,0 L	22.000	22.000
Cosecha	Mes: septiembre		
Mano de obra	60,0 JH	3.500	210.000
Flete	Mes: septiembre		
Mano de obra	8,0 JH	3.500	28.000
Flete	4,0 Trato	40.000	160.000
Control de insectos	Mes: octubre		
Mano de obra	0,5 JH	3.500	1.750
Tractor/Barra fumigadora	2,5 horas	7.500	18.750
Ambush 50 EC	0,2 L	41.700	8.340
Riego	Mes: diciembre		
Mano de obra	8,0 JH	3.500	28.000
Fertilización	Mes: diciembre		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Urea granulada	260,0 kg	100	26.000

Continuación del Cuadro 10.4.

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Control de malezas	Mes: enero		
Mano de obra	4,0 JH	3.500	14.000
Tractor/Barra fumigadora	1,6 horas	7.500	12.000
Roundup	3,0	2.920	8.760
Corte de follaje	Mes: mayo		
Mano de obra	6,0 JH	3.500	21.000

Ingreso bruto	: \$	1.605.000
Costo directo	: \$	602.050
Imprevistos	: \$	30.102
Costo de capital	: \$	48.160
Costo unitario	: \$	272
Margen bruto	: \$	924.688

6. Etapa 5 - Esparraguera en producción estabilizada (años 4 al 12)

Esta etapa es de plena producción en el cultivo del espárrago. El manejo técnico de la esparraguera es muy similar al de la etapa de producción primaria ya descrita, en cuanto a control de malezas, fertilización, control de insectos, riegos, corte de follaje, de modo que los costos involucrados en estas labores son semejantes. La diferencia nuevamente radica en el nivel de extracción de turiones que puede alcanzar unos 5.500 kilos por hectárea. Lo anterior, hace aumentar los costos de cosecha y de flete.

El Cuadro 10.5 detalla todas las labores requeridas en esta etapa, mes de ejecución de cada una de ellas, insumos necesarios y su costo.

El ingreso bruto por hectárea puede llegar a niveles de \$ 3.531.000, producto de la venta de unos 5.500 kilos a un precio promedio de \$ 642/kg, calculado sobre la base del porcentaje de exportación (65%), cola y despuntes (20%), calidad país (10%) y desecho (5%), y a los siguientes valores respectivamente: US\$ 1,7/kg; US\$ 0,3/kg; US\$ 0,7/kg y US\$ 0,0/kg.

El costo total de producción de esta etapa, asciende a \$ 910.832 /ha/temporada. De este modo, el costo promedio por kilo producido llega a aproximadamente \$ 166, correspondiente a un 26% del precio promedio pagado a productor.

Los costos más relevantes de este ciclo productivo corresponden a cosecha y fletes (67% del costo total).

Cuadro 10.5. Costos de producción de un huerto de espárragos en etapa de producción estabilizada (año 4 en adelante). Superficie 1 ha. Cifras en \$/ha sin IVA. Julio 1999.

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Rastraje superficial	Mes: julio		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Tractor/Vibrocultivador	2,5 horas	8.500	21.250
Aplicación de herbicida	Mes: agosto		
Mano de obra	0,2 JH	3.500	700
Tractor/Barra fumigadora	1,0 horas	7.500	7.500
Sencor	1,0 L	22.000	22.000
Cosecha	Mes: septiembre		
Mano de obra	80,0 JH	3.500	280.000
Flete	Mes: septiembre		
Mano de obra	12,0 JH	3.500	42.000
Flete	7,0 Trato	40.000	280.000
Control de insectos	Mes: octubre		
Mano de obra	0,5 Jh	3.500	1.750
Tractor/Barra fumigadora	2,5 horas	7.500	18.750
Ambush	0,2 L	41.700	8.340
Riego	Mes: diciembre		
Mano de obra	8,0 JH	3.500	28.000
Fertilización	Mes: diciembre		
Mano de obra	2,0 JH	3.500	7.000
Urea granulada	260,0 kg	100	26.000

Continuación del Cuadro 10.5.

Labores	Requerimientos	Costo unitario	Costo labor
Control de malezas	Mes: enero		
Mano de obra	4,0 JH	3.500	14.000
Tractor/Borra fumigadora	1,6 horas	7.500	12.000
Roundup	3,0 L	2.920	8.760
Corte de folloje	Mes: mayo		
Mano de obra	6,0 JH	3.500	21.000

Ingreso bruto	:	\$	3.531.000
Costo directo	:	\$	806.050
Imprevistos	:	\$	40.302
Costo de capital	:	\$	64.480
Costo unitario	:	\$	166
Margen bruto	:	\$	2.620.168

7. Análisis de sensibilidad y rentabilidad

Este análisis se realizó sobre una proyección de vida de esparraguera de 12 años. Los escenarios considerados son:

- Con inversión en suelo e incluidos cercos y riego.
- Sin inversión.

Para cada uno de ellos:

- Variación en nivel de producción, en rangos de aumento y disminución de 20%.
- Disminución del nivel de precio, en rangos de 20%, 30%, 40% y 50%.

Además, para cada análisis se incorporó la alternativa de realizar o no el vivero propio. Los indicadores utilizados son Valor Actual Neto (VAN) a la tasa de descuento del 12% y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Los resultados obtenidos para los diversos escenarios se muestran en las Figuras 10.1, 10.2, 10.3 y 10.4.

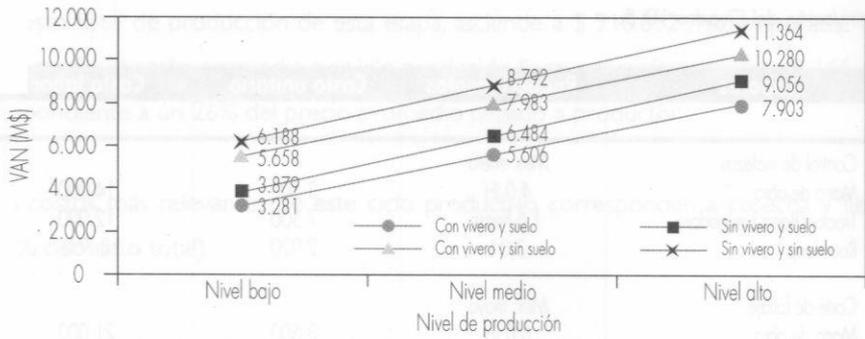


Figura 10.1. Variación del Valor Actual Neto en escenario de niveles de producción.

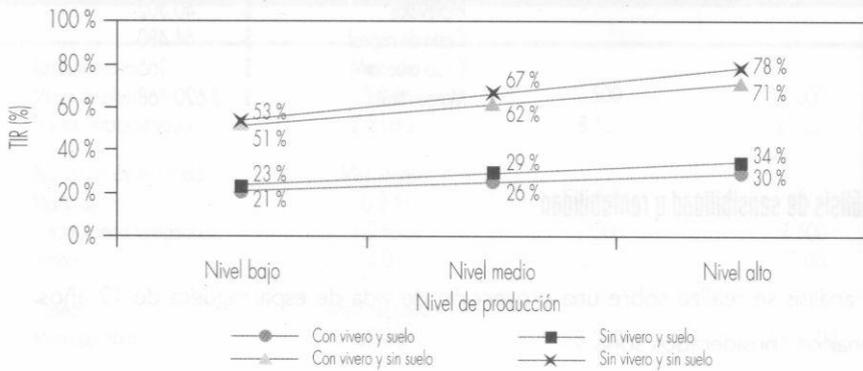


Figura 10.2. Variación de la Tasa Interna de Retorno en escenario de niveles de producción.

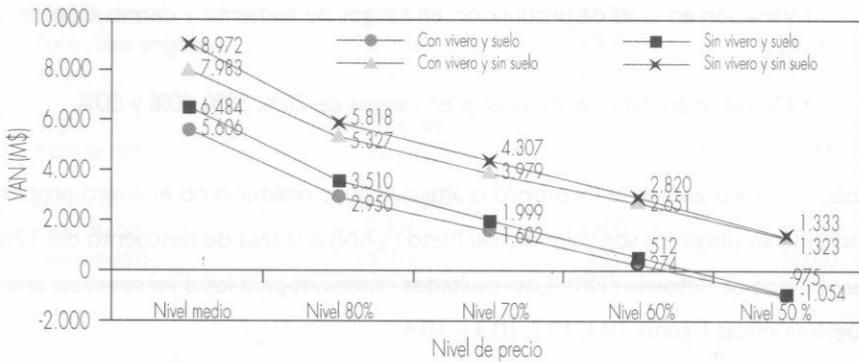


Figura 10.3. Variación del Valor Actual Neto en escenario de niveles de precio.

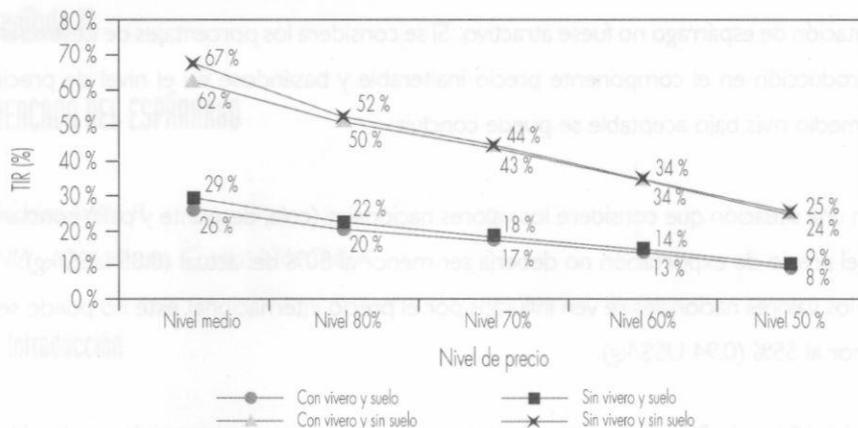


Figura 10.4. Variación de la Tasa Interna de Retorno en escenario de niveles de precio.

8. Comentario Final

En este capítulo se han descrito en detalle los estándares de producción de espárragos en sus diferentes etapas de desarrollo contemplando establecimiento de vivero, plantación, formación, producción primaria y producción estabilizada.

El Cuadro 10.6 resume los antecedentes productivos de cada etapa analizada, sus ingresos brutos, sus costos totales, los costos unitarios y el margen bruto, todo esto, referente a una hectárea y valores expresados en pesos de julio 1999 sin valor al impuesto agregado (IVA).

El período de recuperación de la inversión abarca hasta el término del quinto año al considerar como año 1 el correspondiente al establecimiento de vivero.

Los gráficos que resumen el análisis de sensibilidad y rentabilidad muestran los positivos resultados de la producción de espárragos, aún valorando la inversión. La variable relevante en análisis resultó ser el precio promedio a productor. En un escenario que se valora la inversión, una merma en el precio del orden del 45% haría que el proyecto de

plantación de espárrago no fuese atractivo. Si se considera los porcentajes de destino de la producción en el componente precio inalterable y basándose en el nivel de precio promedio más bajo aceptable se puede concluir:

- En una situación que considere los valores nacionales (cola, despunte y país) constantes, el precio de exportación no debería ser menor al 50% del actual (0.85 US\$/kg).
- Si los valores nacionales se ven influidos por el precio internacional, éste no puede ser menor al 55% (0.94 US\$/kg).

Cuadro 10.6. Resumen antecedentes productivos y económicos en la producción de espárragos. Cifras expresadas en miles de \$/ha sin IVA, Julio 1999.

Etapas productivas	Producción (kilos/ha)	Ingreso bruto (M\$/ha)	Costos totales (M\$/ha)	Costos Unitarios (\$/Kilo)	Margen Bruto (M\$/ha)
Vivero	--	--	735	--	(735)
Plantación	--	--	580	--	(580)
Formación	750	482	495	660	(13)
Producción inicial	2.500	1.605	680	272	925
Producción estabilizada	5.500	3.531	911	166	2.620

Nota: Cifras entre paréntesis son negativas.

Literatura citada

- INE, Instituto Nacional de Estadísticas . 1997.VI Censo Nacional Agropecuario. Santiago, Chile. 443 p.
- Velasco R. y Cruz J.C. 1998.ACERA. Análisis computacional económico de rubros agropecuarios. INIA Quilamapu. Serie N° 88.

Capítulo 11

MERCADO DEL ESPÁRRAGO

Rodrigo Avilés R.

INIA – Quilamapu, Casilla 426, Chillán.

1. Introducción

El aumento de la demanda de este producto ha incentivado las variaciones positivas en la producción total. Esto queda reflejado en el aumento de la cosecha de los cinco principales países productores, ya que las casi 350.000 ton alcanzadas en el año 1998 son superiores en aproximadamente 1% a la temporada anterior (El Mercurio, 1999).

Según Benson (1999), China, con aproximadamente 55.000 ha, es el país con la mayor superficie de espárrago, le siguen Perú, España y Estados Unidos.

En el caso de Chile, la superficie de espárragos ha disminuido en la última década, siendo ésta actualmente de 4.200 ha (Cuadro 11.1). La producción es de 19.000 ton y los destinos son producto fresco y procesado para el mercado interno y exportación.

Cuadro 11.1. Evolución de la superficie (ha) de espárrago nacional.

	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99
Espárrago	6.960	5.940	4.638	4.238	3.871	4.106	4.105	4.150	4.085	4.200

Fuente: ODEPA (1999).

En un comienzo las plantaciones nacionales se ubicaron en la zona central, sin embargo, el cultivo se ha expandido hacia el sur del país. En las regiones del norte, especialmente la primera, es considerado como un cultivo que podría tener muy buenas expectativas,

dado que el clima existente permite dos cosechas en el año y se puede, además, programar la época en que se necesitan dichas cosechas. Esta posibilidad es una buena ventaja para producir en épocas de mayor escasez y más altos precios en los mercados internacionales. Actualmente el 68 % de la superficie se localiza entre la VII y la VIII Regiones, siendo la VIII Región la principal productora, concentrando sobre el 40 % de la superficie total.

2. Situación en Chile

2.1 Exportaciones

En Chile, el desarrollo del cultivo ha significado un aumento importante de las exportaciones. Esto es reflejado en las partidas muy pequeñas en los años anteriores a 1982, para luego presentar un aumento sostenido de las exportaciones de espárrago en estado fresco. Las cifras de exportaciones de espárrago congelado hasta 1987 no resultan significativas. Sin embargo, a partir de 1988, tienen un crecimiento vigoroso, logrando constituir en algunos años más del 50 % del total exportado de esta especie, mientras que los espárragos frescos representaron sobre el 40 % y una cifra cercana al 5 % los espárragos en conserva (ProChile, 1999; SNA, 1997).

En la última temporada, las exportaciones totales alcanzaron 8.200 ton. De ellas, los espárragos frescos representan 4.200 ton, los espárragos congelados 3.800 ton y los espárragos en conserva 200 ton (Fig. 11.1). El principal mercado del espárrago nacional ha sido Norteamérica, y específicamente Estados Unidos, aunque el desarrollo del mercado europeo también ha mostrado un aumento sostenido. En las últimas temporadas se han efectuado, con éxito, mayores embarques a países latinoamericanos como México, Venezuela, Argentina y Brasil (Cuadro 11.2) (ProChile, 1999).

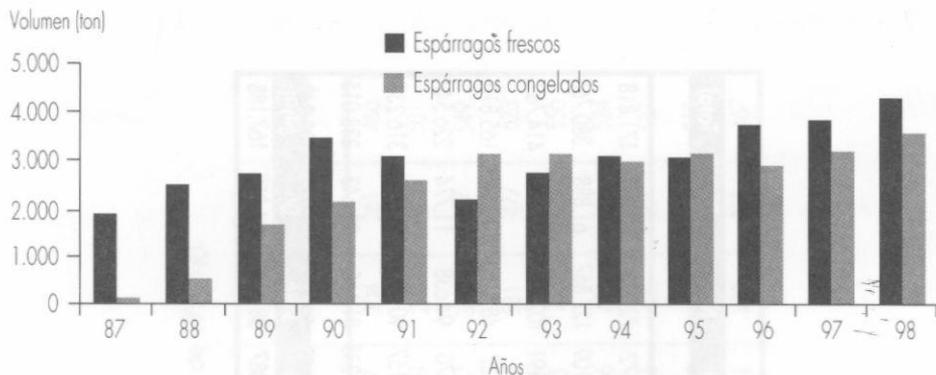


Figura 11.1. Chile. Evolución de las exportaciones de espárragos frescos y congelados. Fuente: Urrutia (1999).

Cuadro 11.2. Exportaciones de espárragos (cajas) según región de destino, año 1997. (Embarque por todos los puertos).

Destino	EEUU y Canadá	Europa	Lejano Oriente	Medio Oriente	América Latina	97/98	96/97
Espárrago	646.216	81.721	98	0	10.026	738.061	719.562

Fuente: El Mercurio (1997).

2.2 Mercado interno

Las transacciones en el mercado local, han posicionado al producto en situación de consumo más masivo, principalmente dado la disminución de precios. Esta disminución de precios se ha producido por el aumento de las exportaciones, que ha significado una mayor oferta en el mercado nacional. La oferta se produce entre los meses de agosto y enero, con una concentración en los meses de septiembre, octubre y noviembre (Cuadro 11.3).

El comercio en el mercado nacional ha dependido significativamente de las fluctuaciones que puedan existir en el despacho al exterior, en las distintas temporadas. Por lo general, los precios más bajos en promedio de cada temporada coinciden con los años de mayor volumen de venta (Cuadro 11.4).

Cuadro 11.3. Volumen de espárrago (Kg) en mercado mayorista de Santiago.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1990	838						289	3.292	29.201	50.372	72.213	15.613	171.818
1991							560	3.499	55.843	131.109	127.867	61.888	380.766
1992	2.518	90	900	15.250				1.623	56.409	192.891	102.799	42.282	414.762
1993	4.121		2.996		825			1.387	28.400	55.937	48.315	23.829	165.810
1994	160							2.316	36.989	80.670	94.638	11.774	226.547
1995									51.820	103.157	90.615	70.645	316.237
1996								8.812	51.170	163.235	81.155	33.643	338.015
1997								8.020	60.787	127.159	59.422	47.952	303.340
1998									15.588	89.087	38.463	24.050	167.188

Fuente: ODEPA (1999).

Cuadro 11.4. Precios reales de espárrago en el mercado mayorista de Santiago (\$ de abril de 1999/kg).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1990	344						1.062	664	322	307	304	261	466
1991							958	756	465	309	246	270	501
1992	309	366	1.042	798				944	421	347	370	347	549
1993	405		1.123		455			866	584	544	531	477	623
1994	417							820	625	513	485	475	556
1995									565	566	454	512	524
1996								771	561	454	405	497	537
1997								718	469	472	472	459	518
1998									670	441	420	338	467

3. El mercado mundial

Mundialmente, la producción se realiza en 61 países en los diversos continentes (Benson, 1999). En el Cuadro 11.5 se presenta el porcentaje de superficie por continente con respecto al total mundial. De esta cifra, aproximadamente un 45 % se orienta a la producción de espárrago verde y un 55 % a espárrago blanco (Benson, 1999). A la vez, un 65 % de la producción total se comercializa en estado fresco y el 35 % procesado. Las principales tendencias que se han observado en los últimos años, son:

- Aumento significativo de la demanda de espárrago.
- Preferencia por consumo de espárrago fresco por sobre los procesados.
- Disponibilidad del producto en los mercados durante todo el año.
- Interés creciente por espárrago verde, especialmente por los consumidores jóvenes.

Como consecuencia del aumento de la demanda de espárrago en el mercado internacional, ha habido un aumento creciente de la disponibilidad de este producto. Un ejemplo de esta situación, es el aumento de la producción en la Comunidad Económica Europea, a partir de 1980. También ha habido activos programas de desarrollo del cultivo en América Latina, especialmente México, Perú, Chile y Argentina. Por otro lado, en la zona Este de Asia y Oceanía, a los países tradicionalmente productores de espárragos como Taiwan, Japón, Australia y Nueva Zelandia, se han sumado China, Tailandia, Indonesia y Malasia, entre otros.

Cuadro 11.5. Superficie de espárrago por continente y su participación con respecto al total mundial.

Continente	Participación (%)
Europa	29%
Asia	31%
Oceanía	3%
Norte y Centro América	21%
Sudamérica	14%
África	2%
Total	100%

Fuente: Benson (1999).

3.1 Principales países productores

3.1.1 Perú

En el país vecino, la producción fue cercana a 145.000 ton en 1998, cifra levemente superior a la registrada en la temporada anterior. Esta producción se realiza en una superficie cercana a las 25.000 ha (Fig. 11.2). El espárrago ha mostrado en este país buena adaptación a las diferentes condiciones de suelo y clima a lo largo de la costa (Sánchez y Casas, 1999).

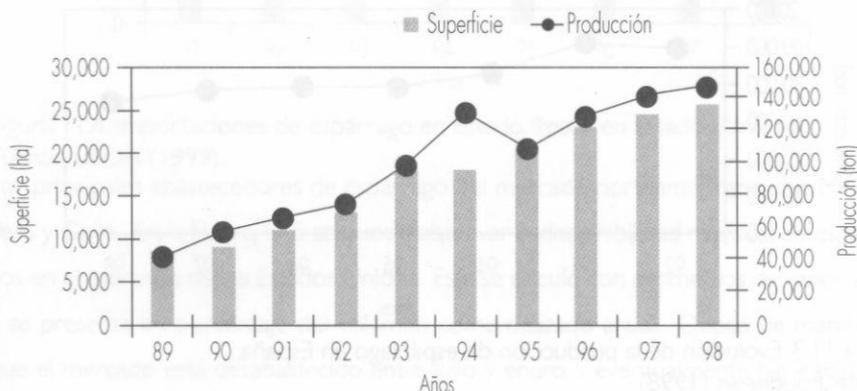


Figura 11.2. Evolución de superficie y producción de espárrago en Perú.
Fuente: Urrutia (1999); Alvarado y Monardes (1998).

La producción en Perú está orientada a espárrago verde y blanco. Los verdes para consumo fresco representan el 35% del total, siendo el principal destino Estados Unidos. En el caso del espárrago blanco, se procesan y se envían enlatados o frescos al mercado europeo.

3.1.2 España

En la Comunidad Económica Europea, este país es el principal productor de la especie. En su conjunto Europa, durante la temporada 1998, cosechó 219.000 toneladas y España aportó una producción de 63.000 toneladas. Esta producción la logró en una superficie de 17.000 ha. Los principales destinos de la producción española son los propios países de la Unión Europea, que en conjunto absorben el 88% de la exportación. Entre otros, se destacan Francia, Italia y Alemania.

A pesar de la importante cifra que representa la Unión Europea, y en especial la española, durante la última temporada sufrió una brusca caída. La diferencia con respecto a la anterior temporada fue de 10.000 toneladas. Esta caída en la producción europea se debió a un descenso de la producción en España (Fig. 11.3).

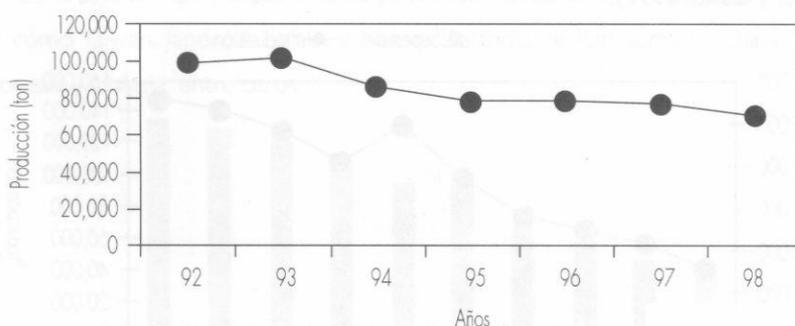


Figura 11.3. Evolución de la producción de espárrago en España.
Fuente: Foodnews (1998)

Las causas principales de la caída en la producción española se debieron a factores climáticos y a mercado. Ello principalmente por el aumento de la competencia en el producto enlatado de Perú y China, y Grecia en el producto fresco.

3.1.3 Estados Unidos

En la actualidad Estados Unidos es el tercer productor de espárrago en el ámbito mundial. La producción en los dos últimos años ha estado cercana a las 55.000 toneladas; sin embargo, es un importante importador de este producto. Tradicionalmente, los norteamericanos lo consumían en estado fresco en la primera mitad del año, de acuerdo a su disponibilidad. No obstante, gracias a las importaciones tienen la posibilidad de consumo a lo largo de todo el año. De esta forma, la demanda en estado fresco no sólo se ha sostenido en el tiempo sino que incluso se ha incrementado (Figura 11.4).

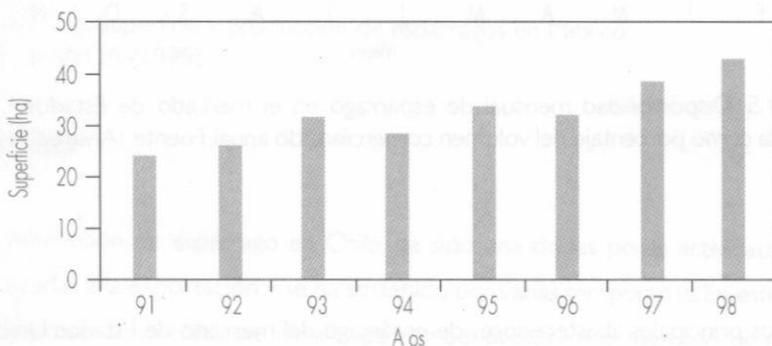


Figura 11.4. Importaciones de espárrago en estado fresco en Estados Unidos. Fuente: USDA (1999).

Los principales abastecedores de espárrago del mercado norteamericano son: México, Perú y Chile. En la Figura 11.5 se puede observar la disponibilidad mensual de espárragos en el mercado de los Estados Unidos. Esta se calculó con promedios de varios años y se presenta en porcentaje del volumen comercializado anual. Queda de manifiesto que el mercado está desabastecido entre julio y enero, y eventualmente hay cabida en febrero y junio.

De esta forma se puede observar que la producción chilena tiene las condiciones para ingresar en ese mercado cuando más baja es la disponibilidad y que coincide con el período de producción nacional.

A pesar de ser Estados Unidos un importante consumidor, es a la vez un importante exportador. Los principales consumidores de espárrago producido en Estados Unidos son Japón, Canadá, Suiza, Alemania y el Reino Unido. Las exportaciones en los últimos 3 años de espárrago en estado fresco son: 14,4, 16 y 19 toneladas.

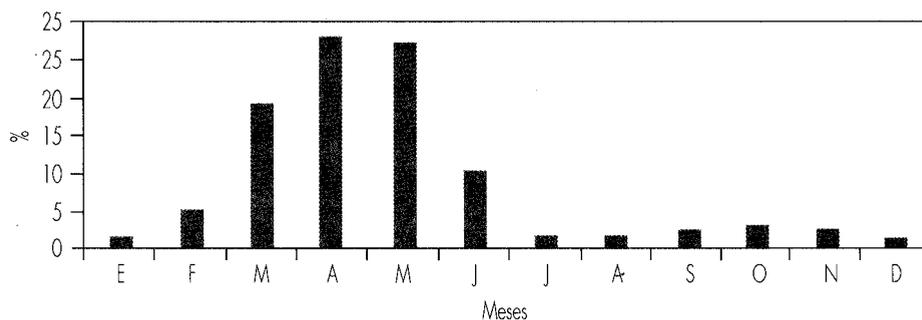


Figura 11.5. Disponibilidad mensual de espárrago en el mercado de Estados Unidos expresada como porcentaje del volumen comercializado anual. Fuente :Alvarado (1994).

3.1.4 México

Uno de los principales abastecedores de espárrago del mercado de Estados Unidos es México. Aproximadamente el 80% de su exportación se destina a este país, en cambio, su consumo doméstico es residual.

La exportación se encuentra disponible en dos periodos del año: entre fines de diciembre y abril, en la zona de Baja California y Sonora, y una menor producción entre junio y septiembre en el Estado de Guanajuato.

Durante la última temporada se registró un importante incremento de la producción, principalmente debido a un incremento de la superficie y de los rendimientos (Fig. 11.6).

En promedio de las últimas temporadas, las zonas productoras en México son: Sonora (45%), Guanajuato (27%), Baja California (19%), Baja California Sur (6%) y otras (3%).

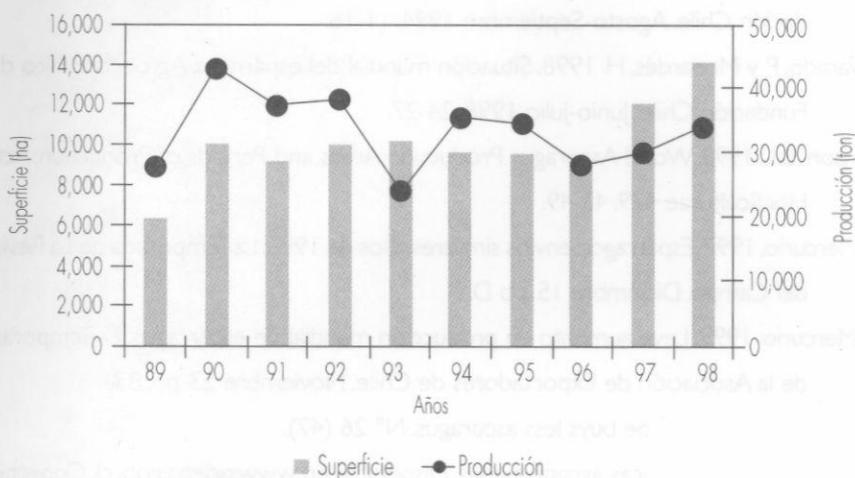


Figura 11.6. Superficie y producción de espárragos en México.
Fuente: USDA (1999).

4. Resumen

La producción de espárrago en Chile, ha sido una de las pocas actividades agrícolas orientadas a la exportación y se ha sostenido por varias temporadas. En este escenario, Chile presenta un creciente desafío de competitividad en el mercado de este cultivo. Tradicionalmente, el principal competidor del espárrago nacional era Perú, pero en el último tiempo se han agregado otros productores, principalmente en el mercado europeo, como Nueva Zelandia, Australia, Marruecos y México, entre otros.

Agradecimientos

Agradezco la información aportada por Cecilia Sotelo de CIE Agronegocios, Universidad de Chile.

Literatura citada

- Alvarado, P. 1994. Situación del espárrago en Chile y el mundo. *Agroeconómico de Fundación Chile*. Agosto-Septiembre 1994: 11-16.
- Alvarado, P y Monardés, H. 1998. Situación mundial del espárrago. *Agroeconómico de Fundación Chile*. Junio-Julio 1998: 24-27.
- Benson, B.L. 1999. World Asparagus Production Areas and Periods of Production. *Acta Horticulturae* 479: 43-49.
- El Mercurio. 1997. Espárragos: envíos similares a los de 1996. *La Temporada de La Revista del Campo*. Diciembre 15. pp D.
- El Mercurio. 1999. Leve aumento en producción mundial de espárragos. *La Temporada de la Asociación de Exportadores de Chile*. Noviembre 23. pp. B3.
- Foodnews. 1999. Europe buys less asparagus. N° 26 (47).
- ODEPA. 1999. Estadísticas agropecuarias. Disponible en www.odepa.gob.cl. Conectado en Agosto de 1999.
- ProChile. 1999. Análisis de las exportaciones Chilenas 1998. ProChile, Dirección General de Relaciones Económicas Internacionales. pp. 12, 75 y 80.
- Sánchez, J. and Casas, A. 1999. Asparagus in the Peruvian Coastal Region: Present and Future. *Acta Horticulturae* 479: 57-61.
- SNA. 1997. Buenas perspectivas para espárragos. *El Campesino*. Octubre-Noviembre 1997: 44-45.
- Urrutia, G. 1999. Espárrago, principales países productores. *Agroeconómico de Fundación Chile*. Julio 1999: 16-21.
- USDA. 1999. Economic Research Service. Disponible en www.econ.ag.gov. Conectado en Agosto 1999.