

# 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*).

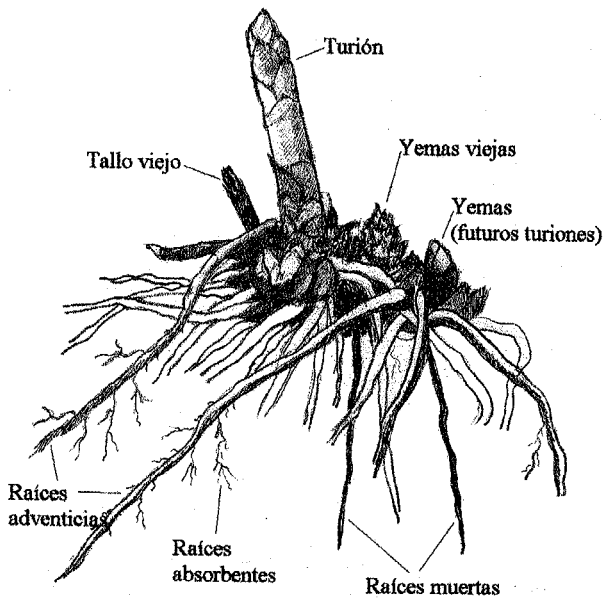
Como cultivo el espárrago se desarrolló posiblemente en la zona este del Mediterráneo, y se expandió hacia el noroeste de Europa en la época de los Romanos (Fehér, 1992). Actualmente se cultiva en forma comercial en al menos 61 países, con una superficie total estimada de 218.335 ha (Benson, 1999). Se 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).



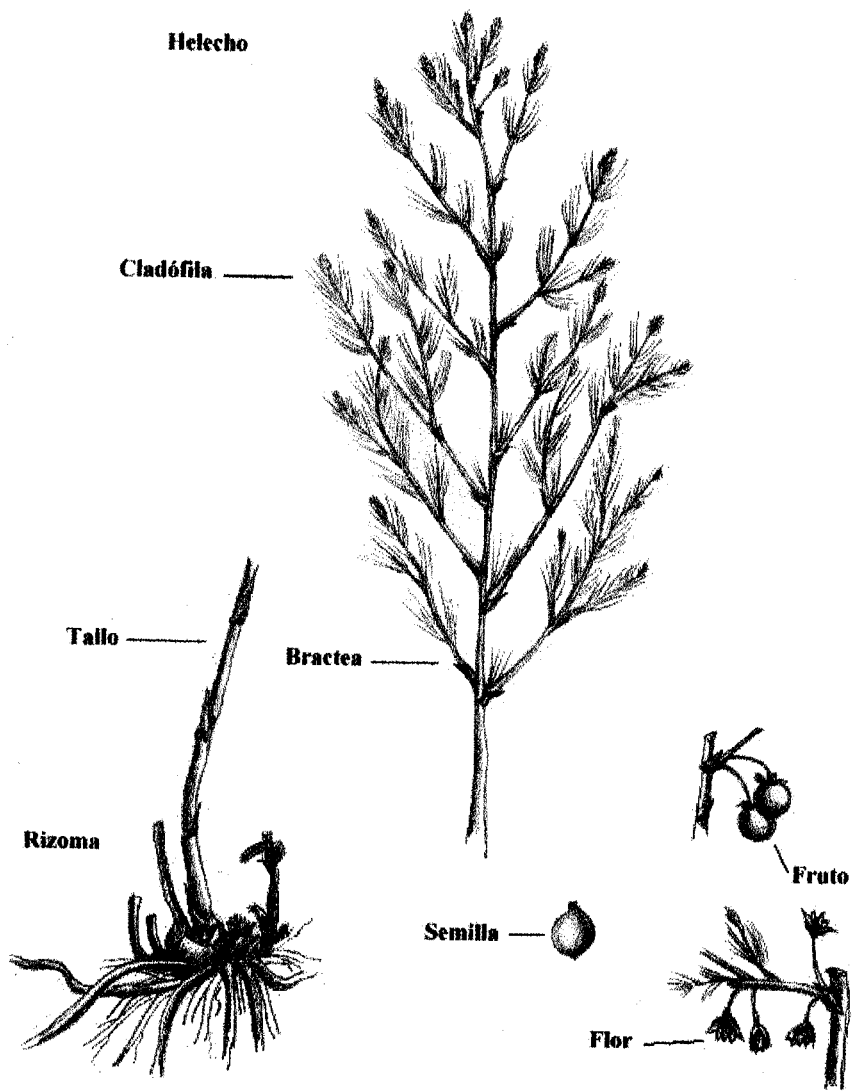


Figura 1.2. Tallo y helecho de una planta de espárrago, con flores, frutos y semillas.

## 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.

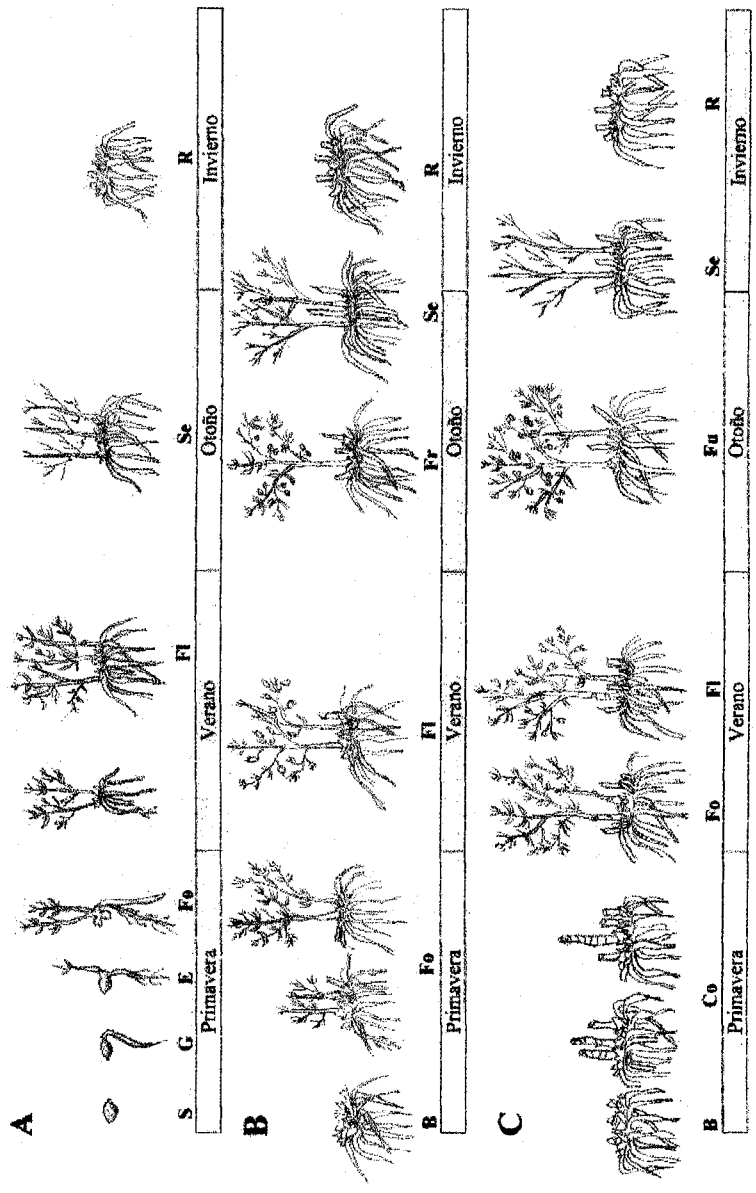


Figura 1.3. Ciclo de desarrollo y de crecimiento de la planta de espárrago en vivero (A), establecimiento de la esparraguera (B) y en primer año de producción (C). S es siembra; G es germinación; E es brotación de turión; Co es cosecha de turiones; Fo es desarrollo del follaje; Fl es floración; Se es 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 ( $\theta_1$ , °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 ( $\theta_2$ , °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).

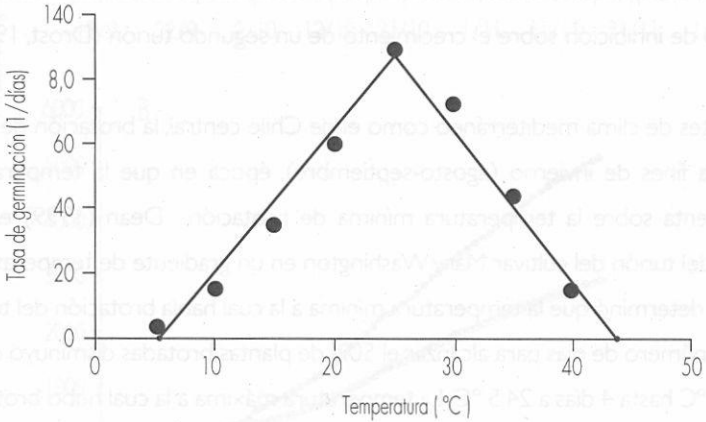


Figura 1.4. Relación entre la temperatura y la tasa germinación de semillas de espárragos. Los datos se obtuvieron de Harrington (1972). Regresiones son:  $1/t = -0,0587 + 0,0107 * T, R^2 = 0,96$ ;  $1/t = 0,5464 - 0,0126 * T, R^2 = 0,98$ . Temperaturas cardinales:  $T_b = 5,5$  °C;  $T_o = 26$  °C;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

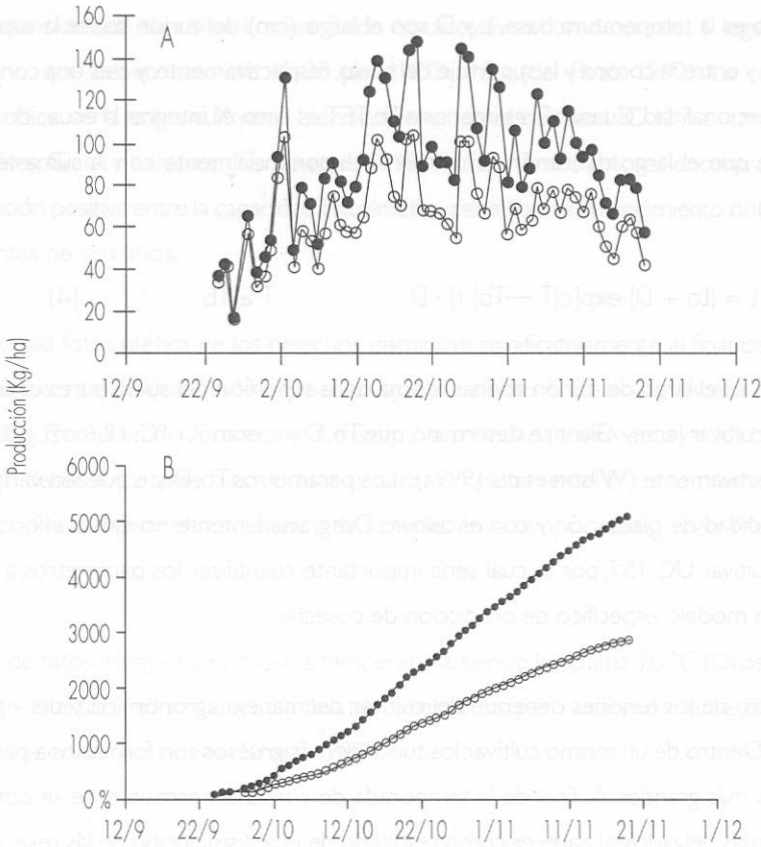


Figura 1.5. Producción diaria (A) y acumulada (B) en el segundo año de cosecha (1998) de una esparraguera comercial UC-157 plantada en 1996. (●) es producción total y (○) es producción comercial.

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  $3-6 \mu\text{mol } CO_2/m^2/s$  (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 <sub>2</sub> 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 6<sup>th</sup> 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.