

CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO EN EL PRIMER AÑO DE CULTIVARES DE ESPÁRRAGO (*Asparagus officinalis* L.) EN MACETA

Characterization of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cultivar growth in pots in the first year

Rosa Pertierra¹*, Jorge Campos¹ y Francisco Carrasco¹

ABSTRACT

To study the growth of four asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cultivars during the first year after seeding, a pot experiment was established in Ñuble province (36°34' S lat, 72°06' W long, Chile). The cultivars evaluated were Atlas, UC157F1, JWC1 and UC157F2. A high positive correlation between accumulation of biomass and time (days after seeding) and also with temperature was found. The lineal model biomass vs. time had a high correlation ($r = 0.96$), because of which it might not be necessary to include climatological data to estimate growth at this crop stage. Including the photosynthetic active radiation did not improve the thermal lineal model. For foliage and crowns, lineal growth models (relative growth rates) were found, that corresponded to the slope of the line, that only differed between cv. Atlas and UC157F2. Nevertheless, this did not translate into differences for the majority of vegetative parameters evaluated. The cv. UC157F1 only differed in dry weight from the foliage of JWC1 and in the number of shoots from Atlas. At the root level, there were no differences between cultivars, except in soluble solids (UC157F1 less than JWC1). The new cultivars, Atlas and JWC1, showed a similar final crown quality to the traditional UC157 hybrids, expressed as fresh weight, bud number and root number.

Key words: relative growth rate, degree-days, solar radiation, biomass, soluble solids.

RESUMEN

Para evaluar el crecimiento de cuatro cultivares de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) durante el primer año desde siembra se estableció un ensayo en la Provincia de Ñuble (36°34' lat. Sur, 72°06' long. Oeste, 144 m.s.n.m). Los cultivares evaluados fueron: Atlas, UC157F1, JWC1 y UC157F2. Se observó una alta correlación positiva entre la acumulación de biomasa y el tiempo (días desde siembra) y también con la temperatura. El modelo lineal biomasa vs. tiempo obtuvo una alta correlación ($r = 0,96$), por lo que no sería necesario contar con datos climáticos para estimar el crecimiento del espárrago en esta etapa. La inclusión de la radiación fotosintéticamente activa al modelo termal lineal no contribuyó a mejorarlo. Los modelos lineales y, por ende, las tasas de crecimiento relativo de follaje y corona, que corresponden a la pendiente de la recta, sólo se diferenciaron entre los cv. Atlas y UC157F2. Sin embargo, esto no se tradujo en diferencias para la mayoría de los parámetros vegetativos evaluados. El cv. UC157F1 sólo se diferenció en el peso seco de follaje de JWC1 y en el número de brotes de Atlas. A nivel radicular no hubo diferencias entre cultivares, excepto en los sólidos solubles (UC157F1 menor que JWC1). Los nuevos cultivares Atlas y JWC1 mostraron una calidad final de corona similar a los híbridos tradicionales UC157, expresada como peso fresco, número de yemas y de raíces.

Palabras clave: tasa de crecimiento relativo, grados-día, radiación solar, biomasa, sólidos solubles.

Estudio financiado por el proyecto FONDECYT N° 1990135

¹ Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Casilla 537, Chillán, Chile.

E-mail: rosa.pertierra@gmail.com *Autor para correspondencia.

Recibido: 7 de abril de 2004. Aceptado: 6 de octubre de 2004.

INTRODUCCIÓN

El espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en Chile es actualmente una de las principales hortalizas de exportación, como producto fresco y congelado, aunque en la temporada 2003 se registró una disminución en 34% del valor exportado respecto de la temporada anterior (ODEPA, 2004). Los principales mercados de destino son Estados Unidos y la Unión Europea, con más del 90% de los retornos en los últimos años. A nivel nacional las perspectivas de mercado se han visto seriamente afectadas, principalmente por un fuerte incremento de la superficie productiva de algunos países como Perú y China (Benson, 2002a). Esta situación resulta crítica para la producción nacional, ya que la producción peruana compite con nuestro período de producción, a contraestación del hemisferio norte. La proyección futura de este cultivo, por lo tanto, deberá pasar por un aumento de la competitividad, tanto por factores productivos como de comercialización. Entre los factores productivos a optimizar para lograr mayores rendimientos estarían la selección del cultivar, zonas de cultivo, fertilización, riego tecnificado, densidad de plantas usadas en el establecimiento, períodos de cosecha, evaluación de cultivares 100% machos y cultivares resistentes o tolerantes a *Fusarium* spp.

La selección del cultivar en espárragos resulta fundamental debido a que el cultivo permanece al menos 10 años (González, 1999). Es evidente que este factor no está siendo optimizado en el país, ya que en la actualidad y desde hace más de una década, aproximadamente un 90% de la superficie plantada correspondería a los híbridos californianos UC157F1 y UC157F2 (González, 1999). Esto tiene tres implicancias negativas: que dicho material no sea el más adecuado para una determinada área agroclimática, considerando la gran variabilidad climática del país; la poca variabilidad genética existente asociada a eventuales problemas sanitarios; y la dependencia de una sola fuente de semilla asociado a conductas monopólicas (precio, disponibilidad del material).

Considerando que la respuesta productiva del espárrago está controlada por factores climáticos, principalmente temperatura (Krug, 1996), y por la adaptabilidad a dicho régimen climático, es importante evaluar la respuesta de los cultivares para las distintas áreas agroclimáticas del país. En

ensayos en las localidades de Curacaví y Valdivia, se han encontrado rendimientos muy dispares para UC157F1 (1° y 15° lugar, en cada localidad, respectivamente), liderando en este último caso Jersey Giant, híbrido mejorado en condiciones de clima más frío (New Jersey, USA) (Benson, 2002b). En un ensayo más reciente en Curacaví (Farías *et al.*, 2004), sin embargo, UC157F1 no fue superado en rendimiento ni calidad por otros tres cultivares evaluados (californianos y neozelandés). Por su parte, González y Del Pozo (2002) al comparar UC157F2 con cultivares alemanes y californianos, encontraron que sólo estos últimos lo superaban en rendimiento exportable.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la dinámica del crecimiento en macetas, de cuatro cultivares de espárrago en el primer año, relacionando tanto la parte aérea y subterránea entre sí con los días desde siembra y parámetros climáticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la Estación Experimental "El Nogal" de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, en la localidad de Chillán, VIII Región (36°34' lat. Sur, 72°06' long. Oeste, 144 m.s.n.m.). El clima es mediterráneo templado, con inviernos lluviosos y veranos secos, con una precipitación anual que fluctúa entre los 900 y 1300 mm (Novoa y Villaseca, 1989).

Los cultivares evaluados fueron UC157F1, UC157F2, Atlas (California Asparagus Seeds and Transplants Inc., Davis, USA) y JWC1 (Aspara Pacific, Nueva Zelandia). El 3 de noviembre de 1999 se sembraron cinco semillas por cultivar, en macetas de polietileno de 1; 5; y 15 L de capacidad con suelo local de textura franco-arcillosa (serie Arrayán, Typic Dystrandep), para su evaluación en el tiempo. Posteriormente se raleó a una planta por maceta. El diseño experimental usado fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental constó de nueve macetas, tres de cada capacidad. Para la fertilización del ensayo se realizó un análisis químico inicial y se aplicó una dosis de 42; 84; y 165 g m⁻³ suelo de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente. Se parcializó el nitrógeno en forma de salitre sódico, la mitad a la siembra y la mitad en verano (14 enero). El fósforo (superfosfato triple) y potasio (sulfato de potasio) fueron incorporados en su totalidad antes de la siembra.

Las evaluaciones destructivas se realizaron sobre parámetros de crecimiento de la planta completa, a intervalos de tiempo de aproximadamente tres semanas entre noviembre de 1999 y abril del 2000 (seis muestreos). La séptima evaluación se realizó en julio, cuando el follaje ya se encontraba en senescencia, analizando sólo los parámetros relacionados con la corona. En cada muestreo se tomó una maceta por repetición (cuatro por cultivar), comenzando por las macetas de 1 L para los dos primeros muestreos (planta pequeña), con las de 5 L para los muestreos tercero y cuarto, y terminando con las de 15 L de capacidad para los últimos tres muestreos. Con esta secuencia se trató de evaluar plantas que no hubieran sufrido estrés excesivo por el tamaño de la maceta. Los parámetros medidos fueron:

Emergencia de plantas. Se determinó la emergencia final (%) alcanzada por cada cultivar, realizándose además la determinación de la emergencia del 50% de las semillas (E_{50}).

Biomasa total acumulada. Se evaluó el peso fresco en el tiempo para follaje (PFF) y coronas (PFC), para la obtención de las curvas de crecimiento de las zonas aéreas y subterráneas. Se realizó un análisis de regresión lineal entre el logaritmo natural del peso fresco de follaje ($\ln(\text{PFF}) = Y$) y el tiempo desde siembra ($t = X$), obteniéndose la tasa de crecimiento relativo (TCR) para cada cultivar, como:

$$\ln(\text{PFF}) = a + b_i t \quad (1)$$

donde, b_i es la pendiente del ajuste lineal y a la vez representa la TCR ($\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$). La linealidad de los modelos obtenidos se analizó mediante el test F (95% significancia) y para detectar problemas de autocorrelación se utilizó el test de Durbin-Watson (99% significancia). La comparación de las rectas entre cultivares se realizó mediante el test F-parcial. Para el ajuste de las curvas de crecimiento la fecha de siembra (3 noviembre 1999) se utilizó como día cero, tomándose como último punto la última fecha de muestreo con presencia de follaje (5 de abril de 2000). La elección de dicho rango de crecimiento se basó en el hecho que la TCR es dependiente de la tasa de asimilación neta de CO_2 y de la relación de área foliar (Hunt, 1990).

Variables climáticas. Se obtuvieron datos de temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) y radiación global (R_t , en

MJ m^{-2}) de la Estación Meteorológica de la Universidad de Concepción, ubicada aproximadamente a 500 m del ensayo, para asociarlos al crecimiento de las plantas. El crecimiento se representó por el logaritmo natural del peso fresco ($\ln(\text{PF})$) tanto para follaje como coronas por separado, buscando mejorar el ajuste encontrado con el tiempo. Para ello se trabajó en un modelo lineal con los grados-día acumulados (GDA) desde la siembra:

$$\ln(\text{PF}) = a + b_1 \text{GDA} \quad (2)$$

y en modelos de regresión múltiple (Peña, 1992), agregando al tiempo los GDA y los grados-día efectivos acumulados (GDEA):

$$\ln(\text{PF}) = a + \beta_1 t + \beta_2 \text{GDA} \quad (3)$$

$$\ln(\text{PF}) = a + \beta_1 t + \beta_2 \text{GDEA} \quad (4)$$

$$\text{GDA} = \Sigma(T - T_b) \quad (5)$$

$$\text{GDEA}^{-1} = 1 \text{GDA}^{-1} + f \text{RFA}^{-1} \quad (6)$$

donde: T = temperatura media diaria, y T_b = temperatura base de 5°C en espárrago (Fehér, 1992).

La radiación fotosintéticamente activa (RFA) se hizo equivalente a un 45% de la radiación global (Campbell y Norman, 1998). La obtención de los GDEA se realizó acumulando los GDEA día a día, según el modelo propuesto por Scaife *et al.* (1987). El parámetro f es una constante que determina la contribución de la variable independiente RFA al modelo. La constante f se obtuvo iterando hasta maximizar el coeficiente de determinación. Para cada cultivar se compararon los modelos realizando el test de t para los coeficientes de regresión (β_i) obtenidos en cada caso.

Parámetros de crecimiento de follaje. Largo de brotes, definido como el largo del brote de mayor longitud de la planta, número de brotes, peso fresco y seco del follaje.

Parámetros de crecimiento de coronas. Largo de raíces (de la raíz más larga), número de raíces carnosas o reservantes, número de yemas diferenciadas ($> 5 \text{ mm}$ de diámetro), peso fresco de coronas, peso seco de coronas y sólidos solubles. El peso seco se obtuvo a partir del secado de coronas en estufa a 45°C para evitar la caramelización de azúcares. Los sólidos solubles se determinaron por

refractometría, a partir de trozos frescos de 2 cm de raíces reservantes obtenidos a 3 cm del rizoma.

Relaciones de crecimiento. Se formularon relaciones de crecimiento entre distintos órganos de la planta, para estudiar aspectos de partición de la biomasa y calidad de coronas de los cuatro cultivares. Las relaciones usadas fueron: coronas/follaje (peso fresco y seco), raíces/yemas (número), raíces/brotos (número).

Análisis de resultados. Se realizó un análisis de varianza para los parámetros de crecimiento medidos y relaciones de crecimiento generadas, por medio del programa estadístico SAS (SAS Institute Inc., 1999). También se realizaron comparaciones múltiples por medio de la Prueba DMS (diferencias mínimas significativas). El nivel de confianza usado para ambas pruebas fue de un 95%. Los modelos de regresión se desarrollaron en el software Estadística versión estudiante (STATSOFT Inc., 1998)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emergencia

El 50% de emergencia de los cultivares (E_{50}) se produjo entre los 25 a 36 días después de la siembra (DDS), siendo el primero en emerger UC157F2, seguido por JWC1 (31 DDS), Atlas (34 DDS) y finalmente UC157F1 (36 DDS). Así como los tiempos de emergencia variaron, el porcentaje de semillas emergidas también varió, alcanzando el mayor porcentaje UC157F2 (75,6%), seguido por JWC1 (66,7%), Atlas (58,5%) y finalmente UC157F1 (56,3%). Habría, por lo tanto, una relación inversa entre la emergencia final alcanzada y el tiempo de emergencia, coincidiendo con los resultados obtenidos por Harrington (Fehér, 1992) en un análisis del efecto de la temperatura sobre la emergencia en espárrago.

Modelos lineales de crecimiento

Luego del test de Durbin Watson y el análisis gráfico de los datos, se concluyó que no existió autocorrelación en los modelos y se confirmó su linealidad (test F). Sólo se diferenciaron las TCR ($g\ g^{-1}\ d^{-1}$) tanto de follaje como de coronas alcanzadas por los cvs. Atlas y UC157F2; las demás no se diferenciaron entre sí (Cuadro 1b, Figura 1). Aunque las TCR de los híbridos UC157F1 y su F2 no se alcanzaron a diferenciar en esta etapa de crecimiento, se citan mayores rendimientos a cosecha para el

híbrido F1, de 25% (González y Del Pozo, 2002) a 45% en Chile (González y France, 1998) y de 20% en el extranjero (Benson *et al.*, 1996). Las variaciones en la TCR entre cultivares pueden ser consecuencia de diferencias en la tasa de fotosíntesis neta, bajo determinadas condiciones climáticas (Woolley *et al.* 1996; Bai y Kelly, 1999).

Las TCR encontradas (Figura 1) son parecidas a las obtenidas por Hughes *et al.* (1990) en cámaras de crecimiento a temperatura constante de 20°C, con cuatro cultivares distintos a los del presente ensayo, con un promedio de 0,063 $g\ g^{-1}\ d^{-1}$. Al aumentar la temperatura a 25°C, ellos tuvieron un aumento en el valor de la TCR de un 31%, disminuyendo ésta a 30°C. Estas tasas, sin embargo, son menores a las encontradas por Woolley *et al.* (1996), también en condiciones controladas, para los cvs. Larac y Brocks bajo un régimen de temperatura (°C) día/noche de 20/20 y 35/15, donde obtuvieron una tasa promedio de 0,13 $g\ g^{-1}\ d^{-1}$.

Las TCR encontradas para las coronas de los distintos cultivares fueron entre un 10 y un 14% mayores a las del follaje, excepto en UC157F2 que sólo fue 5% mayor.

Se encontró una correlación lineal del peso fresco con los GDA tan alta como con el tiempo ($r = 0,90$ a $0,96$), en los cuatro cultivares (Cuadro 1c). Aunque sabemos que la temperatura es el principal factor que afecta el crecimiento y producción en espárragos (Krug, 1996), en esta etapa (vivero) podría modelarse la acumulación de biomasa sólo en base al tiempo transcurrido desde la siembra. Al relacionar el crecimiento con el uso de los grados-día efectivos acumulados (GDEA), que incluye la RFA (Scaife *et al.*, 1987), no mejoraron significativamente los coeficientes de determinación (Cuadro 1c). El test de t realizado a los coeficientes tanto de correlación como de determinación tampoco reveló diferencias significativas en el aporte de la radiación. El valor de f (en la fórmula de GDEA) obtenido fue 0,0001, lo que denota la escasa importancia relativa de la radiación con respecto a la temperatura en espárrago. No se justificó un ajuste de correlación múltiple ni cuadrático, con estos parámetros climáticos, ya que fue poco o nulo el aporte adicional al ajuste lineal.

Biomasa

La biomasa aérea final correspondió a la evaluada en el último muestreo con presencia de follaje (5 de abril de 2000) (Cuadro 2a). El peso fresco del

follaje no presentó diferencias significativas entre cultivares, sin embargo, el cultivar JWC1 alcanzó un menor peso seco que UC157F1. El cv. Atlas alcanzó una mayor altura de planta que JWC1, generando, sin embargo, un menor número de brotes que UC157F1.

No se encontraron diferencias entre los cuatro cultivares para las variables de crecimiento de coronas analizadas, excepto en sólidos solubles, donde el cultivar neoze-

landés JWC1 alcanzó un mayor valor de sólidos solubles que UC157F1. Su medición por refractometría se justifica por ser simple y económica, ya que los carbohidratos se almacenan en las raíces como fructo-oligosacáridos. Estos oligosacáridos son variables en tamaño y movilidad, y están compuestos predominantemente por fructosa y en menor grado glucosa. La proporción de fructosa y glucosa fluctúa de

Cuadro 1. Análisis de los modelos lineales obtenidos.

Table 1. Analysis of the lineal models obtained.

- a) Valores de test F (al 95%) y de Durbin-Watson (D-W) (al 99%) para determinar la linealidad de los modelos y problemas de autocorrelación de las rectas, respectivamente.**
a) F (5% error) and Durbin-Watson (1% error) values to determine the lineality and self correlation problems between the model lines.

CULTIVAR	FOLLAJE		CORONAS	
	F*	D-W	F	D-W
ATLAS	281,76	1,09**	382,04	1,06**
UC157 F1	241,79	1,43	305,44	1,56
JWC 1	290,90	1,56	408,33	1,23
UC157 F2	219,27	1,84	238,40	1,81

* $F_{\text{tabla}} = 4,28$ ** intervalo de no autocorrelación (1,2 ; 1,8), autocorrelación positiva > 2,96, autocorrelación negativa < 1,04, test no concluyente en los intervalos (1,04 ; 1,2) y (2,8 ; 2,96).

- b) Test F para comparación de rectas ($F_{\text{tabla}} = 3,19$).**

- b) F- test for comparison of the straight lines.**

CULTIVAR	ATLAS	UC 157-F1	JWC 1	UC 157-F2
	Tiempo vs ln Peso fresco follaje			
ATLAS		0,59	1,16	4,14*
UC 157 F1			0,14	2,05
JWC 1				1,27
UC 157 F2				
Tiempo vs ln Peso fresco follaje				
ATLAS		1,08	0,93	3,26*
UC 157 F1			0,02	2,22
JWC 1				2,64
UC 157 F2				

* Diferencia significativa entre cultivares al 95% de significancia.

- c) Correlaciones para los modelos lineales simples y coeficientes de determinación corregidos para los modelos lineales múltiples ($y = \ln(\text{PF})$).**

- c) Correlations for the simple lineal models and corrected coefficients of determination for the multiple lineal models ($y = \ln(\text{FW})$).**

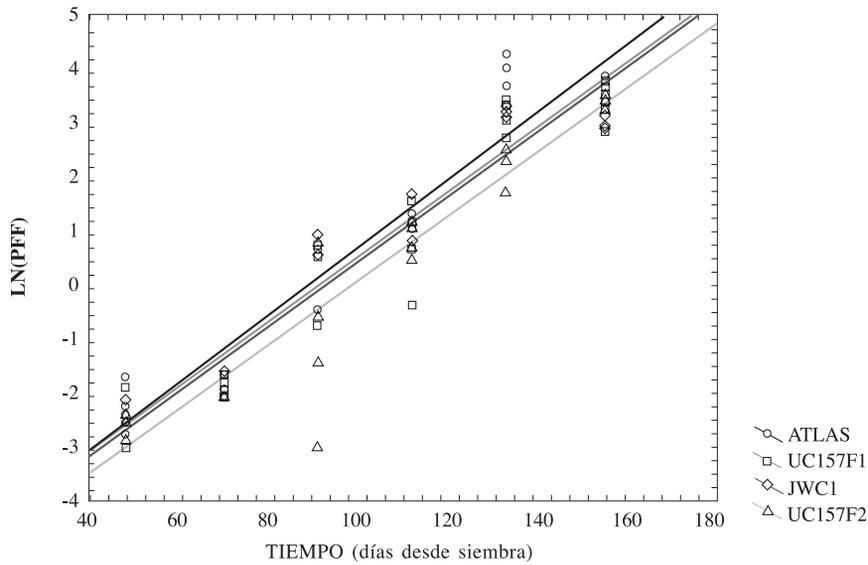
Cultivar	$y = a + b t$	$y = a + b \text{GDA}$	$y = a + \beta_1 t + \beta_2 \text{GDA}$	$y = a + \beta_1 t + \beta_2 \text{GDEA}$
ATLAS	0,9606	0,9616	0,9179	0,9181
UC157 F1	0,9589	0,9568	0,9120	0,9120
JCW1	0,9584	0,9585	0,9122	0,9123
UC157 F2	0,9171	0,9066	0,8405	0,8391

a = intercepto eje Y; b = coeficiente de regresión simple; B_1, B_2 = coeficientes de regresión múltiple; t = tiempo (días desde siembra); GDA = grados-día acumulados; GDEA = grados-día efectivo acumulados; PF: peso fresco.

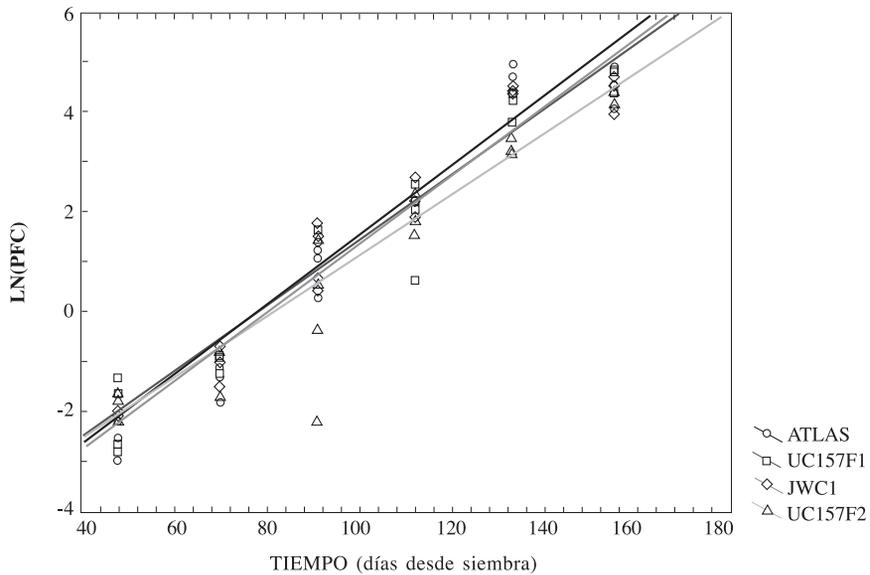
Figura 1. Relación entre el crecimiento de la planta de espárrago y el tiempo desde siembra (t) para cuatro cultivares de espárrago en la provincia de Ñuble, tasa de crecimiento relativo (TCR) en negrita, a) ln del peso fresco follaje (ln PFF), b) ln del peso fresco coronas (ln PFC).

Figure 1. Relation between asparagus plant growth and the time after sowing (t) for four asparagus cultivars in Ñuble province, relative growth rate (TCR) in bold type, a) ln of fresh foliage weight (ln PFF), b) ln of rown fresh weight (ln PFC).

a) Atlas **ln (PFF) = -5.770 + 0,064 t *** UC157 F1 **ln (PFF) = -5.468 + 0,060 t**
 JWC1 **ln (PFF) = -5.588 + 0,060 t** UC157 F2 **ln (PFF) = -5.828 + 0,059 t ***



b) Atlas **ln (PFC) = -5,998 + 0,073 t *** UC157F1 **ln (PFC) = -5,156 + 0,066 t**
 JCW1 **ln (PFC) = -5,264 + 0,067 t** UC157F2 **ln (PFC) = -5,135 + 0,062 t ***



* Indica diferencia significativa entre cultivares para la TCR, según test F-parcial (95% de significancia).

2:1 en oligosacáridos con mayor movilidad, a 9:1 para los de menor movilidad (Robb, 1984).

Esta poca diferenciación entre cultivares se puede explicar en parte por la fuerte variabilidad obtenida en el ensayo (Cuadro 2b), y debido a esto el número de plantas evaluadas por cultivar puede considerarse como bajo. Se intentó obviar el efecto de la variabilidad obtenida por medio de la aplicación del logaritmo natural sobre los parámetros de biomasa, lo que no arrojó diferencias entre cultivares a pesar de haber disminuido la variabilidad, por lo que se optó por mantener el análisis inicial.

Fehér (1992) citando a varios autores europeos, entrega como estándares de calidad de corona: 4-6 yemas, 8-10 raíces carnosas y unos 50 g de peso fresco de corona mínimo, siendo estos dos últimos factores ampliamente superados por los cultivares del ensayo (Cuadro 2b). Se debe tener en cuenta que estas plantas crecieron en macetas sin competencia después de algunas semanas de emergidas, mientras que la literatura hace referencia a plantas de vivero en suelo con siembras a chorro continuo. No se

encontró en la literatura un valor máximo de peso de corona, sin embargo, es deseable una corona grande (100-150 g), puesto que esta producirá más follaje, almacenará más carbohidratos y diferenciará más yemas (Drost, 1997), aunque se debe considerar que coronas demasiado grandes dificultan la extracción del suelo y su posterior plantación.

El número de yemas es uno de los principales índices de calidad de una corona, ya que se relaciona positivamente con la producción potencial futura de plantas de espárragos (Dufault y Greig, 1983). El número promedio de yemas alcanzado por cada cultivar, excepto UC157F1, superó el rango indicado por Fehér (1992) (Cuadro 2b).

Relaciones de crecimiento

Las relaciones de crecimiento entre follaje y coronas permiten inferir sobre la partición de la biomasa independiente del tamaño de la planta (Hughes *et al.*, 1990). La relación peso fresco coronas/peso fresco follaje no presentó diferencias entre los cultivares, mientras que el índice para peso seco fue superior en el cultivar neozelandés JWC1

Cuadro 2. Crecimiento vegetativo final alcanzado por plantas de vivero de cuatro cultivares de espárragos.
Table 2. Final vegetative growth obtained by the pot plants of four asparagus cultivars.

a) Variables de follaje (muestreo 5 de abril de 2000).

a) Foliage parameters (measured on April 5, 2000).

Cultivar	Peso fresco follaje (g)	Peso seco follaje (g)	Altura de planta (cm)	Nº brotes
Atlas	35,4 a	11,2 ab	60,5 a	9,8 b
UC157F1	32,0 a	12,5 a	52,1 ab	12,9 a
JWC1	23,1 a	7,0 b	44,2 b	11,3 ab
UC157F2	30,8 a	9,3 ab	53,8 ab	12,3 ab
Promedio	30,3	10,0	52,6	11,5
CV(%)	29,5	27,9	13,0	14,9

b) Variables de coronas (muestreo 18 de julio de 2000, en ausencia de follaje).

b) Crown parameters (measured on July 18, 2000, without fern).

Cultivar	Peso fresco coronas (g)	Peso seco coronas (g)	Largo raíces (cm)	Nº raíces	Nº yemas	Sólidos solubles (%)
Atlas	130,5 a	33,3 a	63,2 a	77,8 a	6,1 a	17,8 ab
UC157F1	89,2 a	18,1 a	58,4 a	62,8 a	4,6 a	13,2 b
JWC1	81,4 a	19,2 a	59,3 a	56,4 a	7,9 a	20,0 a
UC157F2	133,7 a	32,0 a	57,8 a	84,8 a	8,2 a	17,2 ab
Promedio	108,7	25,6	59,7	70,4	6,7	17,0
CV(%)	41,9	47,0	15,2	33,8	37,3	17,2

CV = coeficiente de variación.

Valores con las mismas letras dentro de una columna no presentan diferencias según la prueba DMS ($p \leq 0,05$).

Cuadro 3. Relaciones de crecimiento entre órganos de plantas de vivero de cuatro cultivares de espárragos (PF = peso fresco, PS = peso seco).**Table 3. Growth relations between plant parts of four asparagus cultivars growing in pots (PF = fresh weight, PS = dry weight).**

Cultivar	PF coronas/PF follaje	PS coronas/PS follaje	Nº raíces Nº yemas	Nº raíces Nº brotes
Atlas	2,7 a	2,1 b	12,9 a	4,7 a
UC157F1	3,5 a	2,2 b	14,8 a	5,3 a
JWC1	3,7 a	3,2 a	7,7 b	4,0 a
UC157F2	2,7 a	2,1 b	10,5 ab	5,2 a
Promedio	3,2	2,4	11,5	4,8
CV (%)	22,1	22,5	24,4	17,5 a

CV = coeficiente de variación.

Valores con las mismas letras dentro de una columna, no presentan diferencias según la prueba DMS ($p \leq 0,05$).

(Cuadro 3). Esto puede explicarse, en parte, porque éste cultivar fue el más sensible al frío y comenzó más temprano la senescencia del follaje. La traslocación de reservas hacia las raíces, por lo tanto, comenzó antes y pudo haber afectado dicho índice. Las relaciones número raíces/número yemas y número raíces/número brotes, representan una medida del abastecimiento potencial de carbohidratos de reserva para el crecimiento de turiones y biomasa aérea durante la próxima temporada (Dufault y Greig, 1983). El primero de estos índices fue menor en el cv. JWC1 que en los cvs. Atlas y UC157F1. La relación raíces/brotes no varió entre los cultivares. Un mayor valor promedio de raíces/brotes (6,0) y menor de raíces/yemas (3,1) fueron encontrados por Dufault y Greig (1983) para UC157F1 en Kansas, EE.UU. Un bajo valor de raíces/yemas es indeseable, puesto que una corona que desarrolla pocas raíces puede no tener una adecuada cantidad de carbohidratos para un óptimo establecimiento posttrasplante (Alder *et al.*, 1984).

CONCLUSIONES

1. La acumulación de biomasa de espárrago en el primer año de crecimiento desde la siembra pudo representarse significativamente mediante un modelo lineal simple correlacionando este crecimiento con el tiempo (días) transcurrido desde

la siembra, lo cual permitiría prescindir de datos climáticos.

2. La temperatura, expresada como grados-día acumulados, no superó al tiempo (días) como variable de correlación con el crecimiento del espárrago durante el primer año. La inclusión de la radiación fotosintéticamente activa, expresada como grados-día efectivos acumulados, no contribuyó significativamente al mejoramiento del modelo lineal.

3. Sólo el cv. Atlas creció con una mayor TCR que UC157F2, pero esto no se tradujo en mayores valores de crecimiento aéreo o subterráneo evaluados al final de la temporada.

4. Sólo el cv. neozelandés JWC1 presentó una acumulación de azúcares de reserva en coronas mayor a UC157F1, y una mayor relación peso seco coronas/follaje que el resto de los cultivares evaluados.

5. Los cultivares UC157 presentaron un crecimiento de follaje vigoroso, especialmente UC157F1. Ambos híbridos no se diferenciaron en ninguno de los parámetros vegetativos, relaciones de crecimiento y calidad de corona evaluadas al final de la estación de crecimiento.

LITERATURA CITADA

- Alder, P., R. Dufault, and L. Waters. 1984. Influence of nitrogen, phosphorus, and potassium on asparagus transplant quality. *HortScience* 19:565-566.
- Bai, Y., and J. Kelly. 1999. A study of photosynthetic activities of eight asparagus genotypes under field conditions. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 124:61-66.
- Benson, B. 2002a. Update of the world's asparagus production areas, spear utilization and production periods. *Acta Hort.* 589:3-40.
- Benson, B. 2002b. Second international asparagus cultivar trial final report. *Acta Hort.* 589:159-166.
- Benson, B.L., R. J. Mullen, and B.B. Dean. 1996. Three new green asparagus cultivars: Apollo, Atlas and Grande and one purple cultivar, Purple passion. *Acta Hort.* 415:50-56.
- Campbell, G., and J. Norman. 1998. An introduction to environmental biophysics. 2nd ed. 286 p. Springer Verlag, New York, USA.
- Drost, D. 1997. Asparagus. p. 621-649. In H.C. Wien (ed.) *The physiology of the vegetable crops*. CAB International, New York, USA.
- Dufault, R.J., and J.K. Greig. 1983. Dynamic growth characteristics in seedling asparagus. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 108:1026-1030.
- Fariás, V., C. Krarup, y S. Contreras. 2004. Efectos de población sobre el rendimiento y calidad de turiones de cuatro cultivares de espárrago. *Cien. Inv. Agr.* 31:119-127.
- Fehér, E. 1992. *Asparagus*. 161p. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary.
- González, M.I. 1999. Variedades. p. 53-61. Boletín INIA N° 6. El cultivo del espárrago. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Quilamapu, Chillán, Chile.
- González, M.I., y A. del Pozo. 2002. Asparagus cultivar trials in Bio Bio (VIII) Region of Chile. *Acta Hort.* 589:117-121.
- González, M.I., y A. France. 1998. Evaluación de cultivares de espárrago verde (*Asparagus officinalis* L.) en Ñuble. IX Congreso Latinoamericano de Horticultura, XLIX Congreso Agronómico de Chile, Santiago, Chile. 30 noviembre-3 diciembre. Sociedad Agronómica de Chile, Santiago, Chile.
- Hughes, A.R., M.A. Nichols, and D.J. Woolley. 1990. The effect of temperature on the growth of asparagus seedlings. *Acta Hort.* 271:451-456.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. 248 p. Edward Arnold Publishers, London, UK.
- Krug, H. 1996. Seasonal growth and development of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). I. Temperature experiments in controlled environments. *Gartenbauwissenschaft* 61:18-25.
- Novoa, R., y S. Villaseca. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Ed. Santiago, Santiago, Chile.
- ODEPA, 2004. Estadísticas de la agricultura chilena. Comercio exterior silvoagropecuario. Disponible en <http://www.odepa.cl> Leído 15 de marzo 2004.
- Peña, D. 1992. Estadística. Modelos y métodos. 2^a ed. 745 p. Alianza Editorial, Madrid, España.
- Robb, A. R. 1984. Physiology of asparagus (*Asparagus officinalis*) as related to the production of the crop. *N.Z. J. Exp. Agric.* 12:251-260.
- SAS Institute Inc. 1999. SAS / STAT® User's Guide, Versión 6, Vol. 1. 4th ed. Cary, North Carolina, USA.
- Scaife, A., E.F. Cox, and G.E.C. Morris. 1987. The relationship between shoot weight, plant density and time during the propagation of four vegetable species. *Ann. Bot. (London)* 59:325-334.
- STATSOFT Inc. 1998. *STATISTICA*® Manual Electrónico de Estadística -StatSoft. Disponible en <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html> Leído 05 de julio de 2004.
- Woolley, D., S. Sudjatmiko, Y-F. Yen, K.J. Fisher, and M.A. Nichols. 1996. Carbon dioxide exchange characteristics and relative growth rates of two asparagus cultivars in relation to temperature. *Acta Hort.* 415:201-207.