

# Microclima y producción de materia seca de un cultivo de pimiento en invernaderos con cubierta de plástico y cristal en el sureste español

Magán, J.J. (P)<sup>1</sup>, López, J.C.<sup>1</sup>, López, A.<sup>1</sup>, Pérez-Parra, J.<sup>1</sup>

## Resumen

En el presente artículo se presenta una comparación entre dos invernaderos (uno tipo multitúnel con cubierta de plástico y otro tipo venlo con cubierta de cristal) en las condiciones del sureste español (Almería). Las condiciones microclimáticas registradas dentro de los dos invernaderos comparados fueron similares, exceptuando la integral de radiación que fue un 24,5% superior dentro del invernadero de cristal respecto al multitúnel. A pesar de este efecto no se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos respecto a la producción total de materia seca aérea de un cultivo de pimiento, de forma que ésta fue de 2157 y 2105 g m<sup>-2</sup> en los invernaderos multitúnel y venlo respectivamente. Del mismo modo, el reparto de dicha materia seca entre los distintos órganos aéreos de la planta no se vio afectada, siendo al final del experimento de un 62% para frutos, un 21% para tallos y un 17% para hojas. La falta de efecto sobre la producción de materia seca, a pesar de la notable diferencia entre tratamientos en la radiación incidente sobre el cultivo, pudo deberse a la mayor presencia de radiación difusa bajo el plástico, lo cual pudo promover una eficiencia fotosintética mayor.

**Palabras clave:** invernadero de cristal, invernadero multitúnel, radiación, transmisividad, venlo.

## Abstract

A comparison between two greenhouses (a multitunnel type greenhouse with plastic cover and a Venlo type glasshouse) for the climate conditions of South-eastern Spain (Almería) is presented in the current paper. Microclimate conditions registered inside the two compared greenhouses were similar, excepting the integral of radiation, which was 24.5% higher inside the glasshouse respect to the multitunnel greenhouse. Despite of this effect, there were not significant differences among treatments respect to the total production of aerial dry matter by a pepper crop; this production was 2157 and 2105 g m<sup>-2</sup> in multitunnel and venlo greenhouse respectively. Likewise, dry matter partitioning between the different aerial fractions of the plant was not affected, being at the end of the experiment 62% for fruits, 21% for stems and 17% for leaves. The absence of effect on dry matter production, despite of the high difference between treatments in radiation incident on the crop, could be due to the higher presence of diffuse radiation under the plastic, which could promote a higher photosynthetic efficiency.

**Keywords:** glasshouse, multi-tunnel greenhouse, radiation, transmissivity, venlo.

## 1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de mayor productividad y calidad en el sistema hortícola intensivo almeriense, así como la creciente necesidad de prolongar el periodo productivo, con el fin de satisfacer la demanda de las grandes cadenas de supermercados y poder así negociar directamente con ellas (lo que permitiría obtener un mejor precio para el producto y una mayor rentabilidad de las explotaciones), requeriría la incorporación de sistemas activos de control del clima, los cuales son escasos en la actualidad. Sin embargo, los invernaderos parrales, que continúan suponiendo casi la totalidad de la superficie invernada debido a la menor inversión que requieren (Pérez-Parra y Céspedes, 2001), no disponen del suficiente nivel de hermeticidad y automatización necesarios para albergar eficientemente dichos sistemas. En los últimos años se ha detectado un cierto incremento de la superficie ocupada por los invernaderos multitúneles con cerramiento a base de plástico tensado (Céspedes, datos no publicados) y, al mismo tiempo, han aparecido algunas explotaciones que utilizan invernaderos con cubierta de cristal típicos del norte de Europa. Ambos tipos de invernaderos son aptos para la incorporación de equipos de control climático, pero presentan costes de inversión y mantenimiento notablemente diferentes, por lo que tiene interés llevar a cabo una

---

<sup>1</sup> Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”, 04710 El Ejido, Almería, Spain (jclh@cajamar.es)

evaluación comparativa entre ellos con el fin de conocer cuál se adapta mejor a las condiciones específicas del sureste peninsular. En la presente comunicación se muestran los resultados obtenidos en un estudio de comparación entre ambas estructuras referentes a las condiciones microclimáticas desarrolladas en cada una de ellas, así como a la productividad de materia seca de un cultivo de pimiento tipo California.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas” (El Ejido, Almería) en dos invernaderos de 960 m<sup>2</sup> de superficie (40 x 24 m), con estructura y material de cerramiento diferentes, que fueron: 1) multitúnel de capilla gótica y cubierta de plástico de 200 µm de espesor con una absorción en el infrarrojo del 80%, y 2) venlo con cubierta de cristal de 4 mm de espesor. Ambos invernaderos tenían una superficie de cubierta y un volumen interior similar y estaban equipados con los mismos sistemas para el control activo del clima: calefacción de agua caliente por tubería de polietileno, sistema de inyección de CO<sub>2</sub> por tubería microperforada, pantalla de ahorro energético con toda la superficie aluminizada colocada en el interior de los invernaderos, pantalla de sombreado 50% aluminizada dispuesta en una estructura exterior sobre los invernaderos y fogsistem. En ambos invernaderos se cultivó pimiento tipo California (*Capsicum annuum* L. cv. Zamboni) en sacos de perlita tipo B-12 de 33 l de volumen. El trasplante se realizó el día 23 de septiembre de 2005 a razón de 3,33 plantas m<sup>-2</sup> (6,67 brazos m<sup>-2</sup>) y el cultivo se mantuvo hasta el día 19 de junio de 2006.

En cada invernadero y en el exterior se instaló un psicrómetro ventilado provisto de dos sondas pt-100 para la medida de la temperatura seca y húmeda del aire, lo que permitió calcular el déficit de presión de vapor (DPV), así como un filtro de aspiración que tomaba muestras de aire del invernadero para conducir las a través de un microtubo hasta un analizador de CO<sub>2</sub> (APBA-250E, Horiba, Alemania), el cual llevaba a cabo las medidas de concentración de este gas. La radiación incidente sobre el cultivo en cada invernadero se estimó a partir de las medidas de radiación exterior obtenidas mediante un piranómetro (modelo SKY 1110, Skye Instruments, Reino Unido), para lo cual se determinó la transmisividad de la cubierta a la radiación fotosintéticamente activa (PAR) mediante un sensor lineal de 1 m de longitud (LI-191SA, Licor Inc., EE.UU.).

Se realizó un seguimiento de la acumulación de materia seca por el cultivo, para lo cual se llevaron a cabo dos muestreos destructivos de 14 plantas por tratamiento cada uno a los 101 y 181 días después del trasplante (ddt), aparte de un muestreo inicial en el momento del trasplante de 20 plantas procedentes del semillero para conocer el contenido de materia seca de partida, y otro final sobre 4 repeticiones de 16 plantas cada una por invernadero. En cada muestreo se separaron hojas, tallos y frutos (los pecíolos se incluyeron dentro de la fracción de tallos) y cada fracción se secó en estufa a 65°C hasta peso constante, determinándose posteriormente el peso seco. En cada destallado y operación de eliminación de frutos deformes se determinó la materia seca eliminada correspondiente a hojas, tallos y frutos sobre las plantas destinadas al último muestreo destructivo. Del mismo modo, la materia seca de los frutos recolectados se determinó sobre dichas plantas. La materia seca eliminada en las distintas operaciones culturales se sumó a la obtenida en los muestreos destructivos para obtener la materia seca total acumulada.

Finalmente se llevó a cabo una estimación de la superficie foliar del cultivo sobre 8 plantas marcadas por tratamiento cada 1 a 3 semanas, dependiendo de la velocidad de crecimiento. A lo largo del ciclo de cultivo se realizaron un total de 19 determinaciones. Se procuró que las plantas se hallaran en la zona central de líneas de cultivo situadas fuera del borde y se sustituyeron aquellas plantas que durante el experimento se vieron afectadas por virosis o

cuyo crecimiento dejó de ser representativo respecto al global de su entorno. Para estimar la superficie foliar de cada planta, en cada determinación se midió la anchura máxima de cada una de las hojas de la planta con una anchura superior a 1 cm, incluyendo las insertadas en los tallos secundarios. La superficie de cada hoja se estimó a partir de la siguiente expresión, previamente determinada, que relaciona anchura ( $A_n$ , cm) y área ( $A_r$ ,  $\text{cm}^2$ ):

$$A_r = 1,2866 \times A_n^{1,8738} \quad (1)$$

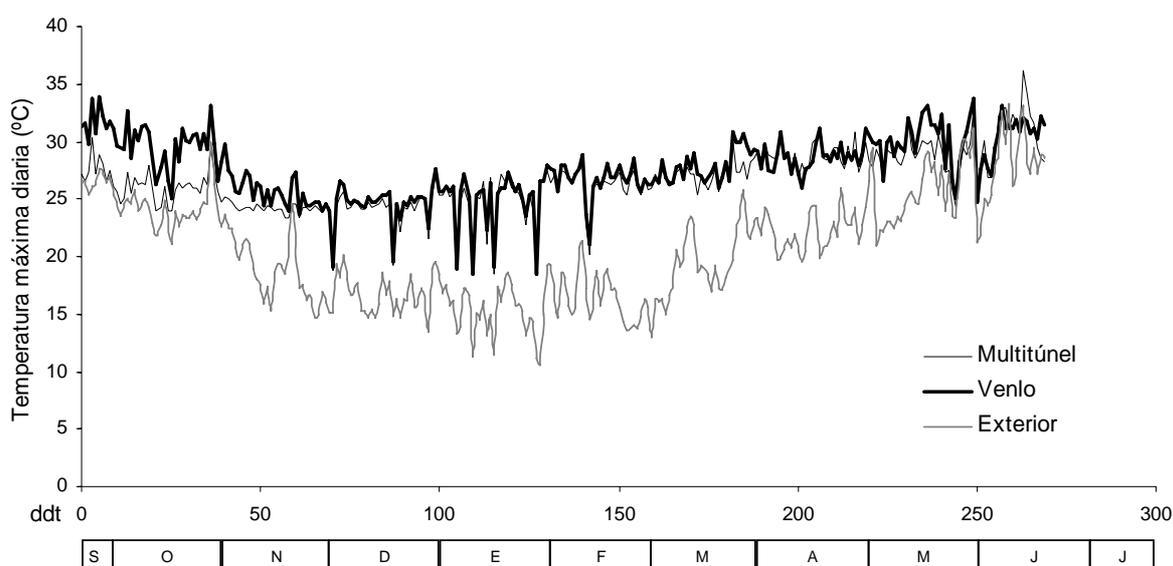
La superficie foliar de la planta se calculó como la suma de la superficie de cada una de sus hojas.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran las condiciones ambientales medias en cada uno de los invernaderos, así como en el exterior, durante el experimento. Se observa que el venlo mostró una temperatura media ligeramente mayor que el multitúnel, especialmente durante el periodo diurno, lo cual fue consecuencia de su mayor transmisividad a la radiación y de su menor superficie de ventilación (13,4 frente al 37,3% de la superficie invernada). Las mayores diferencias en temperatura se registraron al inicio del experimento (hasta mediados de noviembre, Figura 1) ya que, como consecuencia del pequeño desarrollo foliar del cultivo, éste apenas influía aún sobre el microclima del invernadero.

**Tabla 1.** Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), déficit de presión de vapor (DPV, kPa) y concentración de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mg l}^{-1}$ ) media diurna (día), nocturna (noche) y diaria (24h) durante el experimento en cada uno de los invernaderos y en el exterior. La última columna corresponde a la integral diaria media de radiación global (RG,  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) en el exterior y en el interior de cada invernadero.

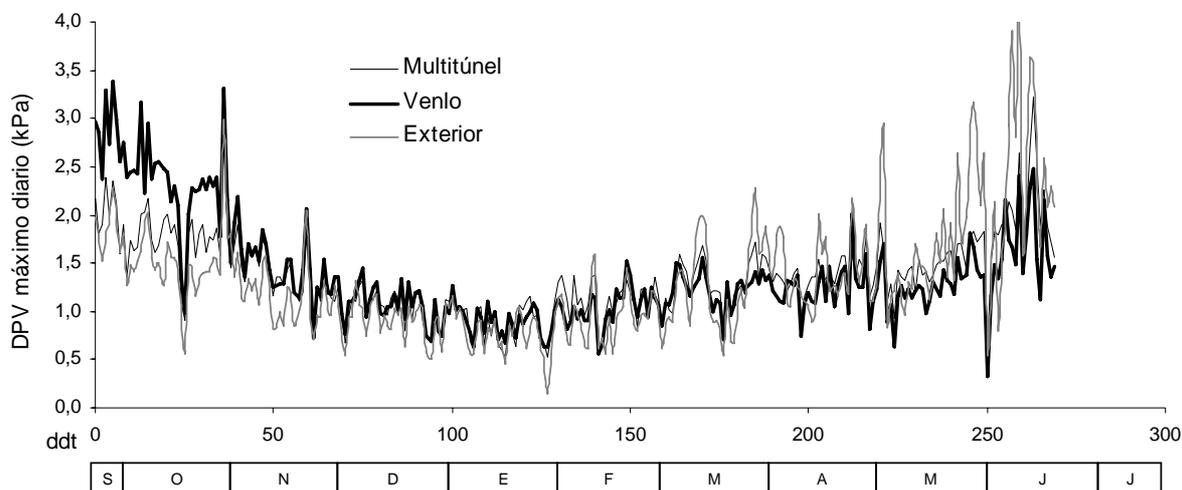
	Temperatura			DPV			$\text{CO}_2$			RG
	Día	Noche	24 h	Día	Noche	24 h	Día	Noche	24 h	
Exterior	17,9	13,7	15,8	0,9	0,4	0,6	348	355	352	15,4
Multitúnel	22,6	18,4	20,5	0,8	0,4	0,6	465	503	481	5,9
Venlo	23,5	18,6	21,0	0,9	0,5	0,7	437	482	457	7,3



**Figura 1.** Evolución de la temperatura máxima diaria del aire en cada invernadero y en el exterior.

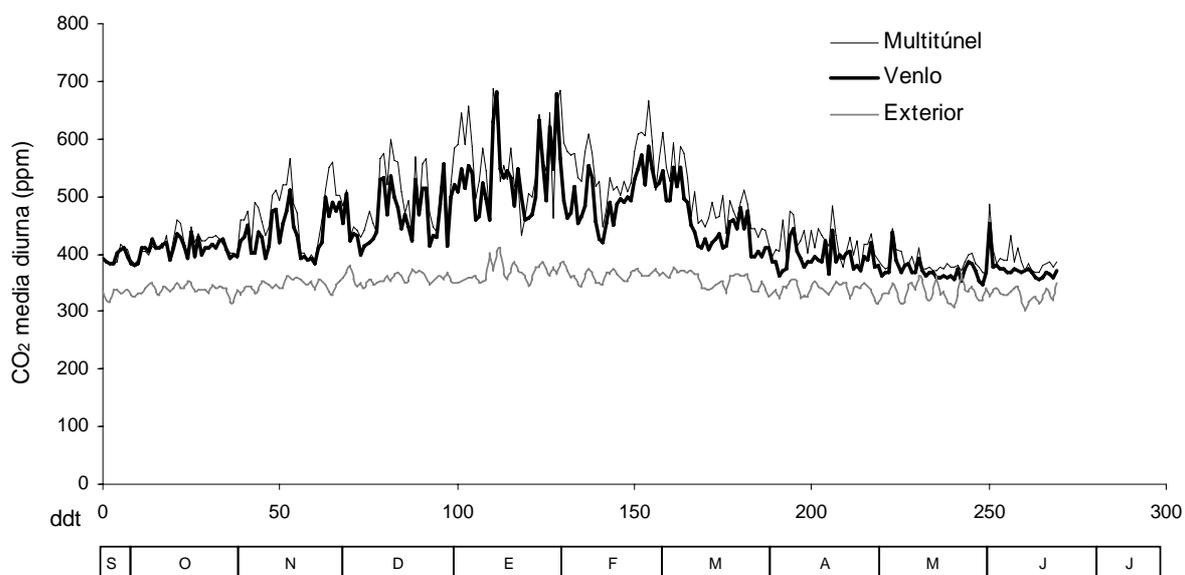
El DPV del aire fue muy similar en ambos tratamientos gracias al sistema de nebulización. Sin embargo, en los meses de septiembre y octubre, cuando el cultivo estaba aún poco

desarrollado, resultó claramente mayor en el invernadero venlo durante el periodo diurno (Figura 2) ya que, por problemas técnicos, no fue posible utilizar dicho sistema. Por el contrario, en primavera se registró un DPV ligeramente menor en el venlo, posiblemente debido al mayor índice de área foliar (IAF) alcanzado por el cultivo en ese invernadero (Figura 6).



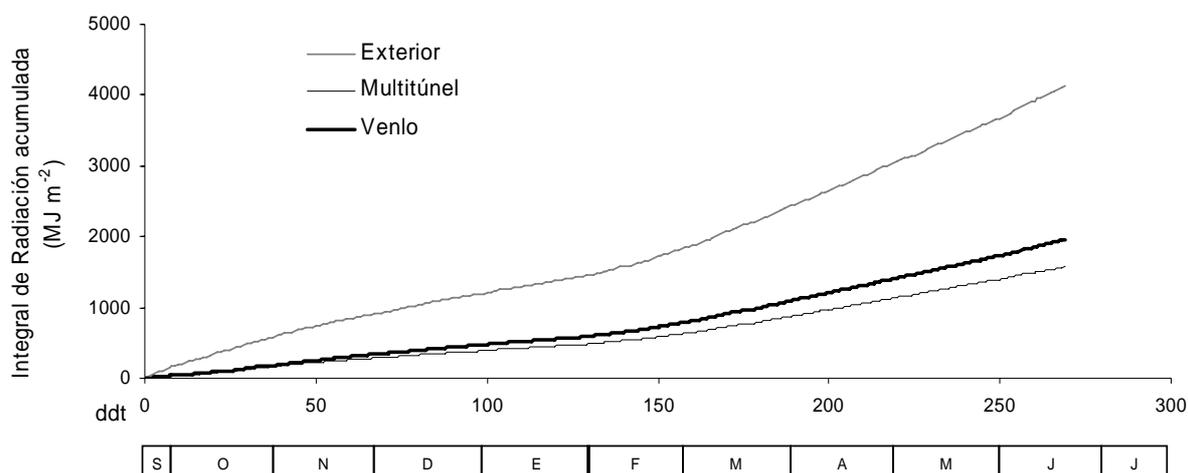
**Figura 2.** Evolución del déficit de presión de vapor (DPV) máximo diario del aire en cada invernadero y en el exterior.

En cuanto a la concentración de  $\text{CO}_2$ , ésta fue ligeramente mayor en el multitúnel (Tabla 1) como consecuencia de la activación más frecuente del sistema de enriquecimiento carbónico en dicho invernadero, al haber menos temperatura y ser necesaria una menor apertura de ventanas. Las mayores concentraciones durante el periodo diurno, así como las mayores diferencias entre invernaderos en dicho periodo, se registraron durante el invierno (Figura 3).



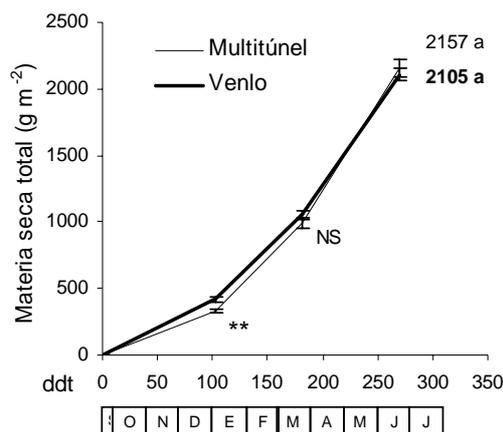
**Figura 3.** Evolución de la concentración de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) media diurna del aire en cada invernadero y en el exterior.

La integral de radiación determinada en el interior del venlo fue considerablemente mayor que la del multitúnel (un 24,5% con respecto a éste, Figura 4), como consecuencia de la mayor transmisividad de la cubierta en el primero, especialmente en torno al mediodía solar, y a pesar de que la extensión de la pantalla exterior de sombreo fue ligeramente mayor en el venlo (datos no mostrados).

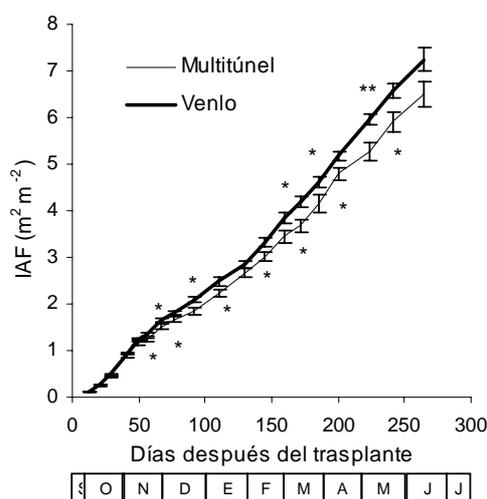


**Figura 4.** Evolución de la integral de radiación global acumulada en el interior de cada invernadero, así como en el exterior durante el experimento.

Sin embargo, la mayor radiación existente en el venlo no determinó una producción total acumulada de materia seca significativamente mayor al final del cultivo (Figura 5), como habría sido de esperar de acuerdo con Marcelis (1993), de forma que dicha producción fue de 2157 y 2105 g m<sup>-2</sup> en los invernaderos multitúnel y venlo respectivamente. Tan sólo en el primer muestreo destructivo realizado a los 102 ddt se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas a favor del venlo, posiblemente como consecuencia de que el IAF aún no había alcanzado un nivel suficiente como para que se saturara la intercepción de radiación y era significativamente mayor en dicho invernadero (Figura 6). De esta forma, una vez alcanzado el nivel de saturación (IAF en torno a 3 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>), aunque siguió aumentando la diferencia de IAF entre tratamientos, debió igualarse el porcentaje de intercepción, lo que pudo contribuir a que se amortiguaran las diferencias en la materia seca total acumulada. El mayor IAF registrado en el venlo se debió, principalmente, a la existencia de un mayor número de hojas por planta (datos no mostrados), posiblemente como consecuencia de la mayor temperatura media diaria registrada en dicho invernadero (Tabla 1) (Koning, 1992; Si y Heins, 1996).

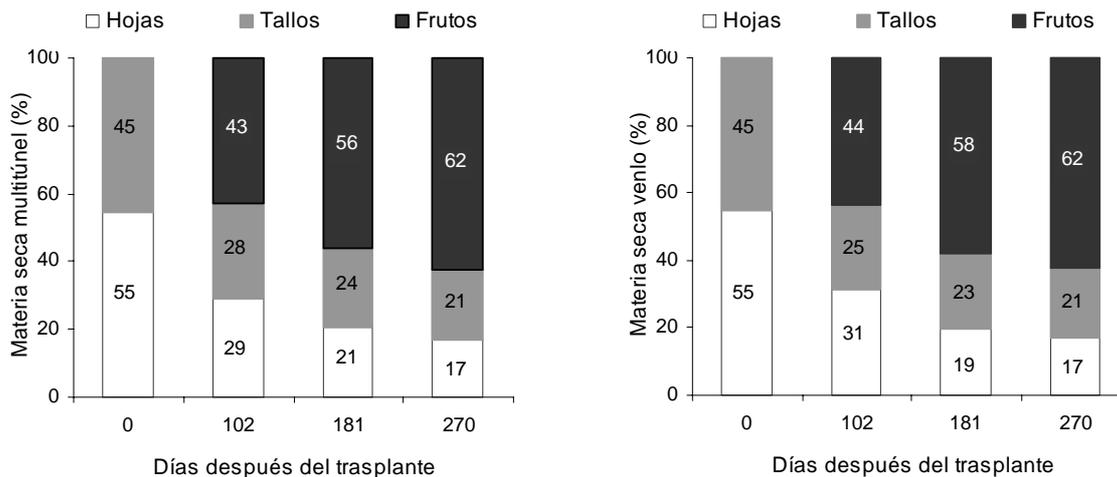


**Figura 5.** Evolución de la producción de materia seca aérea total acumulada para cada tratamiento durante el experimento. Valores seguidos de la misma letra, así como NS, denotan diferencias no significativas de acuerdo con el análisis de la varianza, y doble asterisco (\*\*) denota diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ). Las líneas verticales representan  $\pm$  el error estándar ( $n=14$  en 102 y 181 ddt;  $n=4$  en 269 ddt).



**Figura 6.** Evolución del índice de área foliar (IAF) para cada tratamiento durante el experimento. Asterisco (\*) denota diferencias significativas de acuerdo con el análisis de la varianza ( $p < 0,05$ ), y doble asterisco (\*\*) denota diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ). Las líneas verticales representan  $\pm$  el error estándar ( $n=8$ ).

Como se aprecia en la Figura 7, el reparto de la materia seca entre los diferentes órganos aéreos de la planta al final del experimento fue el mismo en los dos invernaderos comparados (62% para frutos, 21% para tallos y 17% para hojas). No obstante, el reparto de asimilados hacia los frutos en el invernadero multitúnel fue algo más paulatino que en el venlo, posiblemente como consecuencia de la mayor precocidad en la producción que tendió a mostrar éste último (datos no mostrados).



**Figura 7.** Evolución de la distribución de la materia seca acumulada en los distintos órganos aéreos de la planta (hojas, tallos y frutos) para cada uno de los invernaderos comparados.

La mayor eficiencia fotosintética obtenida en el invernadero multitúnel podría ser consecuencia del diferente tipo de radiación existente en uno y otro invernadero ya que, mientras el plástico de cubierta utilizado en el ensayo presentaba una considerable capacidad difusora, el cristal tenía una elevada transmisividad a la radiación directa, y se produce mayor respuesta fotosintética a la luz difusa debido al mayor poder de penetración y a la distribución más uniforme de ésta dentro del dosel vegetal (Lorenzo, 1996), lo cual posibilita la disminución de los efectos de saturación en las partes altas del cultivo y permite aumentar la fotosíntesis en las partes más bajas (Jongschaap y col., 2006). A esto habría que unir el hecho de que la mayor temperatura media registrada en el venlo debió determinar mayores pérdidas por respiración que en el multitúnel, teniendo en cuenta que la tasa de respiración aumenta con la temperatura (Giménez, 1992). Del mismo modo, la concentración media de CO<sub>2</sub> ligeramente mayor registrada en el multitúnel durante el día debió favorecer la actividad fotosintética del cultivo en este invernadero. Por tanto, la suma de estos efectos podría haber contrarrestado la mayor radiación incidente sobre el cultivo en el invernadero venlo.

#### 4. CONCLUSIONES

Los valores de temperatura, DPV y concentración de CO<sub>2</sub> registrados en los dos invernaderos comparados fueron muy similares y, en términos generales, se mantuvieron dentro de unos niveles adecuados para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, la integral de radiación incidente sobre el cultivo en el invernadero venlo resultó un 24,5% mayor que en el multitúnel. A pesar de ello, no se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos en la producción final acumulada de materia seca, y el reparto de ésta entre los diferentes órganos aéreos de la planta fue el mismo.

#### 5. REFERENCIAS

- Giménez, C. 1992. Bases fisiológicas de la producción hortícola. En: Nueva horticultura. Tecnología y economía de los sistemas hortícolas intensivos (E. Ramos y L. Rallo, coordinadores). Ed. Mundi-Prensa y Universidad Hispanoamericana Santa María de la Rábida: 57-74.
- Jongschaap, R.E.E.; Dueck, T.A.; Marissen, N.; Hemming, S.; Marcelis, L.F.M. 2006. Simulating seasonal patterns of increased greenhouse crop production by conversion of direct radiation into diffuse radiation. *Acta Horticulturae*, 718: 315-322.

- Koning, A.N.M. 1992. Effect of temperatura on development rate and length increase of tomato, cucumber and sweet pepper. *Acta Horticulturae*, 305: 51-55.
- Lorenzo, P. 1996. Intercepción de luz, bioproduktividad e intercambio gaseoso durante la ontogenia del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. Editado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Monografías 17/96, 255 pp.
- Marcelis, L.F.M. 1993. Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. 2. Effect of irradiance. *Scientia Horticulturae*, 54: 123-130.
- Pérez-Parra, J.; Céspedes, A.J. 2001. Análisis de la demanda de inputs para la producción en el sector de cultivos protegidos de Almería. En: Estudio de la demanda de inputs auxiliares: Producción y manipulación en el sistema productivo agrícola almeriense (I.M. Cuadrado, coordinadora). Editado por FIAPA e IFA. Almería: 1-102.
- Si, Y.; Heins, R.D. 1996. Influence of day and night temperatures on sweet pepper seedling development. *Journal American Society Horticultural Science*, 121(4): 699-704.