

# USO DE CUBIERTAS EN INVERNADEROS CON MATERIALES PLÁSTICOS FOTOSELECTIVOS PARA VARIAR LA TEMPERATURA INTERIOR

AMPARO GÁLVEZ LÓPEZ  
JOSEFA LÓPEZ-MARÍN  
ALBERTO GONZÁLEZ BENAVENTE-GARCÍA

Departamento de Hortofruticultura, IMIDA, 30150 La Alberca (Murcia)

MIRIAM CALVO  
ENRIQUE ESPÍ

Centro de Tecnología de Repsol YPF, Autovía A-5, Km. 18, 28931 Móstoles (Madrid)

## RESUMEN

Los cultivadores de pimiento en invernadero en la Región de Murcia tienen problemas importantes durante el verano debido a las altas temperaturas que se pueden alcanzar en el interior de los invernaderos. En estructuras modernas tipo multitúnel pueden utilizarse pantallas de sombreo, nebulizaciones, manejar la ventilación o la técnica del blanqueado para reducir las altas temperaturas, aunque no sean suficientes para solucionar el problema.

En el caso de estructuras tradicionales como la de tipo parral, la utilización de estos sistemas de amortiguación es muy parcial e incluso casi está limitada a excepción del blanqueado y en menor extensión las pantallas de sombreo.

Un sistema alternativo para paliar la acción de las temperaturas es el de la utilización de cubiertas que bloqueen el infrarrojo cercano (NIR). En este trabajo se evalúa un film experimental aditivado con pigmentos reflectantes al NIR. Los resultados agronómicos obtenidos indican que con el material experimental se han bajado las temperaturas en el invernadero, lo que ha provocado mejorías en la producción y en la calidad de la misma.

*Palabras clave:* Radiación NIR, pimiento, máxima térmica, cultivo protegido.

## INTRODUCCIÓN

Para reducir la radiación solar y atenuar la temperatura en un invernadero se utilizan pantallas térmicas, mallas de sombreo y pintado de cubiertas con aplicación de carbonato de calcio. Esta última práctica puede reducir la vida útil del polietileno, ya que el

encalado puede afectar la acción de los aditivos de las películas y alterar sus propiedades mecánicas. Además, el uso de estos materiales, equipos y tecnologías eleva en forma considerable los costos de producción, por su precio, instalación, funcionamiento y mantenimiento (Samaniego-Cruz *et al.*, 2002).

Un material de cubierta que fuera fotoselectivo de la radiación NIR (radiación infrarroja próxima) sería la solución ideal para reducir costes de cultivo y posibilitaría que fuese utilizado en cualquier tipo de estructura. Para provocar este efecto, se han usado pigmentos de absorción, reflexión e interferencia (Hoffmann and Waaijenberg, 2002), los cuales han sido experimentados en filtros en forma de líquidos coloreados (water-filled liquid-roof-systems) (Gale *et al.*, 1996). Actualmente se están estudiando en nuevos desarrollos, tales como en filmes plásticos (García-Alonso *et al.*, 2006), fibra de vidrio (Andel-Ghany *et al.*, 2001; Hemming *et al.*, 2004) o en pantallas móviles (Runkle *et al.*, 2002).

Los problemas que se pueden presentar con estos materiales es que al alterar sus propiedades ópticas afecten a su comportamiento calórico durante el invierno y, además, que al ser consecutivos el espectro PAR y el NIR, al intentar reducir el segundo se afecte el primero, con lo que se pueden producir unas condiciones ambientales inadecuadas para el crecimiento de la planta (Hemming *et al.*, 2006).

Otra característica a estudiar sería comprobar la permanencia de estas propiedades durante la vida útil del material de cubierta, y que, debido a la naturaleza de la lámina a aditivar con fines agronómicos, y a su coste, debería ser de 2 ó 3 años.

Para constatar el comportamiento de un material de cubierta fotoselectivo a la NIR, se ha realizado un cultivo de pimiento en invernadero, comparándolo con el de otro realizado con un sistema tradicional de sombreado en la Región de Murcia, como es el uso de pinturas de blanqueo, y ambas opciones han sido evaluadas con relación a la de un testigo cubierto simplemente con polietileno termoaislante.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en un invernadero multitúnel, en la finca experimental del IMIDA en el Campo de Cartagena.

El invernadero tenía 3 módulos separados por una pared plástica con ventilación independiente. Cada módulo estaba formado por un arco simple y tenía una superficie de 240 m<sup>2</sup> (8 m ancho x 30 m longitud). Para mejorar el aislamiento térmico, estaba diseñado sin ventilación lateral, y el perímetro, frontales y puertas eran de policarbonato, así como también las parcelas de separación entre módulos.

Los tratamientos de cubierta utilizados fueron:

- T1. Referencia (CA-2131, Repsol YPF, 200  $\mu$  de espesor).
- T2. Referencia (CA-2131, Repsol YPF, 200  $\mu$  de espesor) + blanqueado.
- T3. Film bloquea NIR (CA-3131C, Repsol YPF, 200  $\mu$ m de espesor).

El material de referencia fue un polietileno termoaislante para 2 ó 3 campañas.

La variedad utilizada fue Limona y la fecha de trasplante el 13-02-07.

La densidad de plantación fue de 2,5 plantas/m<sup>2</sup>, con un marco de 1,00 x 0,40 m, realizándose el trasplante el día.

La temperatura del interior de cada invernadero se controló por medio de minirregistradores marca Hobo, modelo RH/T, colocado a una altura de 1,5 m. La cadencia de lectura fue horaria durante las 24 h del día.

La valoración de la respuesta productiva se hizo mediante 5 recolecciones que se practicaron los días 5 y 30 de mayo, R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>, respectivamente, 20 de junio, R<sub>3</sub>, 13 de julio R<sub>4</sub>, y 12 de agosto R<sub>5</sub>. En cada recolección se controló la producción comercial y el desvío. Además, del conjunto de cada producción se cogieron 30 frutos para comprobar su correspondencia del ideotipo de la variedad, controlando su peso medio, diámetro y longitud en los dos lados opuestos en la región ecuatorial.

También, para ver si había diferencias en el período de formación del fruto, se etiquetaron diversos frutos durante la fase de cuajado, recolectándose cuando alcanzaron el tamaño comercial.

Para comprobar las posibles diferencias del desarrollo de las plantas, al dar por finalizado el cultivo, se hizo un muestreo destructivo el 15 de julio; para ello se muestrearon cuatro plantas completas elegidas al azar, por cada una de las cuatro repeticiones estudiadas. Se estudió la longitud de la planta, el número de hojas totales superiores a 1 cm de longitud y el área foliar que representaron, y en el aspecto gravimétrico se controlaron los pesos frescos y secos de hojas y tallos. El área foliar se registró en cm<sup>2</sup>/plant<sup>-1</sup> con un medidor marca LI-COR, modelo LI-3100, y los pesos secos, tras colocar la materia fresca en bolsas de papel de estraza, en una estufa Blue M-Electric company a 65-70 °C durante 48 horas, hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente, se determinó el peso seco total, en mg/planta<sup>-1</sup>, en una balanza electrónica.

Para registrar las variables climáticas, en cada invernadero se colocó un sensor Quantum (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska) a 150 cm sobre del suelo, para medir la radiación fotosintéticamente activa, en  $\mu\text{m}/\text{m}^2/\text{s}^2$ , y un piranómetro del mismo tipo para medir la radiación total, en W/m<sup>2</sup>, a fin de determinar la transmisión de la radiación de los 3 tratamientos, usando como referencia sensores iguales y colocados a la misma altura en el exterior de los invernaderos.

## RESULTADOS

La radiación total (RT) recibida durante un día y medio en el interior de los invernaderos en cualquiera de los tratamientos empleados es alrededor del 50% de la exterior, valores que se encuentran dentro de lo afirmado por otros investigadores (Drug, 1997). La reducción de la radiación total en el testigo es inferior a la de los tratamientos de sombreo, pero no hay grandes diferencias, posiblemente debido a los depósitos de polvo acumulados en el filme a lo largo del cultivo, habiendo creado una pequeña capa de interferencia. La radiación total que penetra en el módulo cubierto con material experimental es ligeramente superior a la del módulo con la cubierta pintada (tabla 1 y figura 1).

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) detectada en un día medio en el interior de los invernaderos, también se reduce alrededor del 50% con relación a la recibida al exterior (tabla 1 y figura 2). La tendencia observada con la radiación total con respecto a los porcentajes absorbidos se mantiene con la radiación PAR, incrementándose la diferencia entre la captada con el material experimental y el polietileno pintado, siendo un poco superiores a las señaladas por Cerny *et al.*, 1999.

Los valores máximos de radiación recibida se observan entre las 12:00 y las 14:00 h, periodo un poco más corto que el determinado en ensayos similares (Quezada *et al.*, 2002).

Las producciones totales han sido afectadas por los tratamientos de cubierta, existiendo diferencias significativas en el peso total y el número de frutos recolectados (tabla 2), siendo

menores en el testigo que en los tratamientos limitadores de la radiación, confirmando resultados de ensayos anteriores (García-Alonso *et al.*, 2006). Estas diferencias se han observado en las distintas recolecciones, debiendo tenerse en cuenta la primera cosecha, en la que la del material experimental es un 50% de la de los otros tratamientos, lo que equivaldría a una pérdida de la precocidad, aspecto muy importante a nivel comercial (tabla 2).

También hay que resaltar el menor porcentaje de destrío totalizado con el uso del material experimental, tanto en peso total, próximo a la mitad de los otros tratamientos, como en número de frutos (tabla 3).

En el periodo de formación del fruto, según su localización en la arquitectura de la planta, se encuentran sólo algunas diferencias significativas entre tratamientos en algunas de las variables estudiadas de la misma cruz o posición, y bastante similitud entre cruces con posiciones diferentes. Así, en la quinta cruz, sólo se encuentran valores superiores del peso fresco y de la anchura del fruto, en los tratamientos reductores de radiación con relación al del testigo (tabla 4). Esta misma conducta se aprecia en la octava cruz en las mismas variables estudiadas.

En los tratamientos destructivos realizados al final del ciclo de cultivo, los materiales de cubierta han proporcionado algunas diferencias en el desarrollo de las plantas (tabla 5). La altura de éstas es superior cuando son sombreadas con materiales, pintado y con el experimental reductor de NIR, existiendo diferencias significativas. En el resto de variables analizadas se ve el mejor comportamiento del material experimental con diferencias estadísticamente significativas en los pesos fresco y seco, total de hojas, y en el área foliar total, presentándose también esta significación en el peso de los tallos, aunque en este caso sólo sea en relación con el testigo.

Estos resultados indican que con el material experimental ensayado, que reduce la radiación recibida en el interior, se obtienen valores similares a los obtenidos cuando se utiliza un mecanismo tradicional de sombreado, como es la aplicación de pinturas específicas, y que ambos sistemas son necesarios para llegar a mejores rendimientos y calidad de la producción en plantaciones de pimiento con este ciclo de cultivo en el sudeste español.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el proyecto Feder-IMIDA POI-07-004 «Mejora de la productividad y la calidad de la producción de los cultivos hortícolas protegidos inducidos por la multifuncionalidad de los materiales plásticos».

**Tabla 1.** Valores promedio de la radiación y temperatura en los tres tratamientos

Tratamientos	RT (W/m <sup>2</sup> )	PAR (μm/m <sup>2</sup> /s <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)	
			9-19 h	13-16 h
T1	436.09	795.40	28.5	37.8
T2	337.75	603.36	24.8	34.4
T3	358.53	671.12	24.2	34.7

RT= Radiación total.

PAR= Radiación fotosintéticamente activa.

**Tabla 2.** Recolección de frutos comerciales en los diferentes tratamientos

Tratamientos		Recolecciones					
		Total	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5
T1	Peso (kg)	250.913 a	76.202 b	72.300 a	49.680	36.041	16.040 a
T2		271.200 b	82.820 b	77.440 a	46.760	44.620	19.560 a
T3		263.022 b	37.140 a	106.580 b	45.320	43.740	30.242 b
T1	Número	1.499 b	382 b	350 a	359 b	221	187a
T2		1.363 ab	346 b	350 a	220 a	284	163 a
T3		1.318 a	167 a	452 b	202 a	249	248 b

Presencia de letras diferentes en columnas indica la existencia de diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 3.** Recolección de frutos no comerciales en los diferentes tratamientos

Tratamiento		Recolecciones					
		Total	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5
T1	Peso (kg)	39.416 b	20.902 b	0.000 a	8.010 b	6.084 a	4.420
T2		30.000 b	12.080 ab	2.200 b	0.000 a	11.300 b	4.420
T3		17.490 a	6.020 a	0.120 a	0.000 a	6.700 a	4.650
T1	Número	382 b	109 b	18 b	120 b	52 a	83 b
T2		216 a	58 ab	18 b	0 a	91 b	49 a
T3		202 a	31 a	1 a	0 a	48 a	60 a

Presencia de letras diferentes en columnas indica la existencia de diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 4.** Características de los frutos en los diferentes tratamientos

Trat.	5ª cruz				8ª cruz			
	Días hasta recolección	Peso fruto (g)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Días hasta recolección	Peso fruto (g)	Ancho (mm)	Largo (mm)
T1	34.2	120.0 a	9.2 a	8.0	33 b	120.7 a	9	7
T2	33.3	196.6 b	10.9 b	8.4	29 a	150.2 ab	10	7
T3	34.1	197.6 b	10.5 ab	8.7	36 b	200.4 b	10	8

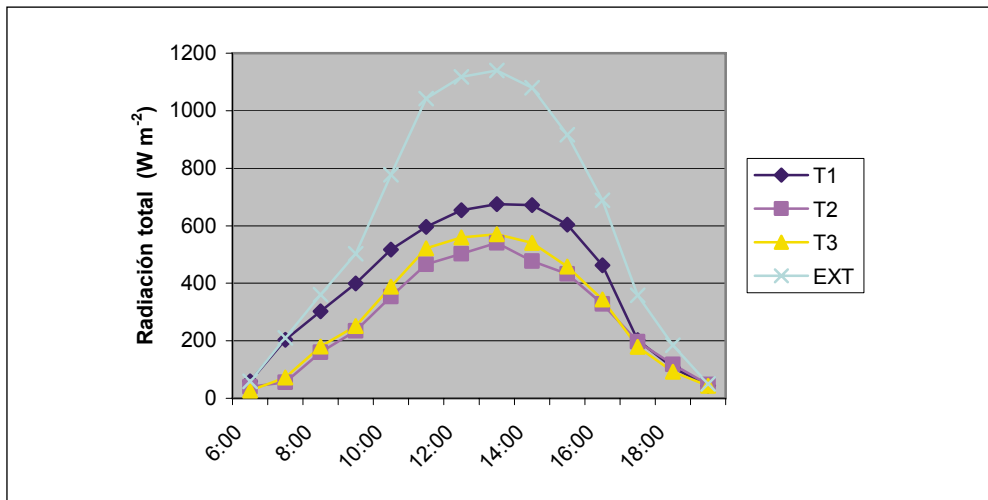
Presencia de letras diferentes en columnas indica la existencia de diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 5.** Comportamiento promedio de las variables agronómicas

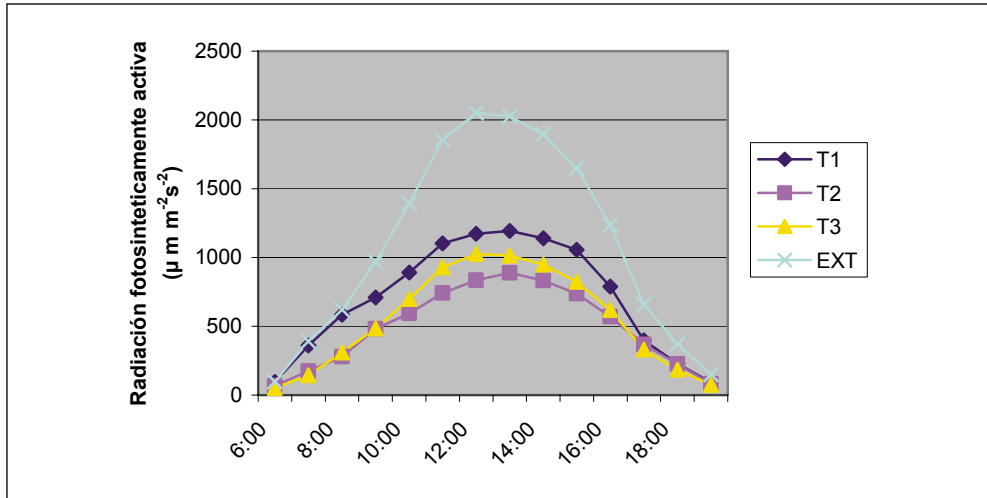
Trat.	Longitud de la planta (cm)	Número de hojas	Peso fresco hojas (g)	Peso fresco tallo (g)	Peso seco hojas (g)	Peso seco tallo (g)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
T1	129.2 a	367.01	528.20 a	866.50	78.36 a	135.27 a	1832.60 a
T2	152.43 b	379.50	574.02 a	900.52	88.72 ab	145.30 b	18473.90 a
T3	148.7 b	378.67	625.57 b	906.38	95.32 b	149.15 b	20685.03 b

Presencia de letras diferentes en columnas indica la existencia de diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Figura 1.** Radiación total en el exterior (EXT) e interior de cada módulo



**Figura 2.** Radiación fotosintéticamente activa en el exterior (EXT) e interior de cada módulo



## BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL-GHANY, A.M.; KOZAI, T. y CHUN-CHANGHOO. 2001. Plastic films vs fluid-roof cover for a greenhouse in a hot climate: a comparative study by simulation. *Journal Society of High Technology in Agriculture*. 13 (4): 237-246.
- ARBEL, A.; BARAK, M. y SHKLYAR, A. 2003. Combination of forced ventilation and fogging systems for cooling greenhouses. *Biosyst Eng*. 84:45-55.
- BARTZANAS, T.; BOULARD, T. y KITTAS, C. 2004. Effect of vent arrangement on windward ventilation of a tunnel greenhouse. *Biosyst Eng*. 88:479-490.
- CERNY, T.A.; RAJAPAKSE, N.C. y OI, R. 1999. Recent developments in photosensitive greenhouse covers. *Proceedings of the 28th National Agricultural Plastics Congress, Tallahassee, FA, USA*.
- GALE, J.; FEUERMAN, D.; KOPEL, R. y LEVI, S. 1996. Liquid radiation filter greenhouses (LRFGs) and their use of low quality hot and cold water, for heating and cooling. *Acta Hort*. 440:93-98.
- GARCÍA-ALONSO, Y.; ESPÍ, E.; SALMERON, A.; FONTECHA, A.; GONZÁLEZ, A. y LÓPEZ, J. 2006. New cool plastic films for greenhouse covering in tropical and subtropical areas. *Acta Hort*. 719:131-137.
- HEMMING, S.; KEMPKES, F.; VAN DER BRAAK, N.; DUECK, T. y MARISSEN, N. 2006. Greenhouse cooling by NIR-reflection. *Acta Hort*. 719: 97-105.
- HEMMING, S.; WAAIJENBERG, D.; CAMPEN, J.B. y BOT, G.P.A. 2004. Development of a greenhouse system for tropical lowland in Indonesia. *Acta Hort*.
- HOFFMANN, S. y WAAIJENBERG, D. 2002. Tropical and subtropical greenhouses a challenge for new plastic films. *Acta Hort*. 578:163-171.

- KITTAS, C.; BARTZANAS, T. y JAFFRIN, A. 2003. Temperature gradients in a partially shaded greenhouse equipped with evaporative cooling pads. *Biosyst Eng.* 85 (1): 87-94.
- RUNKLE, E.S.; HEINS, R.D.; JASTER, P. y THILL, C. 2002. Environmental conditions under and near infra-red reflecting greenhouse film. *Acta Hort.* 578: 181-185.
- SAMANIEGO-CRUZ, E.; QUEZADA-MARTIN, M.R.; DE LA ROSA-IBARRA, M.; MUNGUÍA-LÓPEZ, J.; BENAVIDES-MENDOZA, A. e IBARRA-JIMÉNEZ, L. 2002. Tomato and bell pepper seedlings production under reflecting polyethylene covers to decrease temperature in greenhouse. *Agroc.* 36: 305-318.
- SASE, S. 2006. Air movement and climate uniformity in ventilated greenhouse. *Acta Hort.* 719: 313-323.