

EFECTO DEL SOMBREADO MÓVIL EXTERIOR SOBRE LA PRODUCCIÓN Y LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

# El sombreado en hortícolas bajo plástico

La radiación solar que alcanza el área mediterránea durante los ciclos productivos de primavera-verano genera dentro de los invernaderos dedicados al

cultivo intensivo, regímenes térmicos estresantes y atmósferas de alta demanda evaporativa que afectan negativamente al crecimiento y desarro-

llo de los cultivos y merman la calidad y cantidad de las cosechas. En este artículo se analizan los métodos de sombreado en el cultivo de hortícolas.

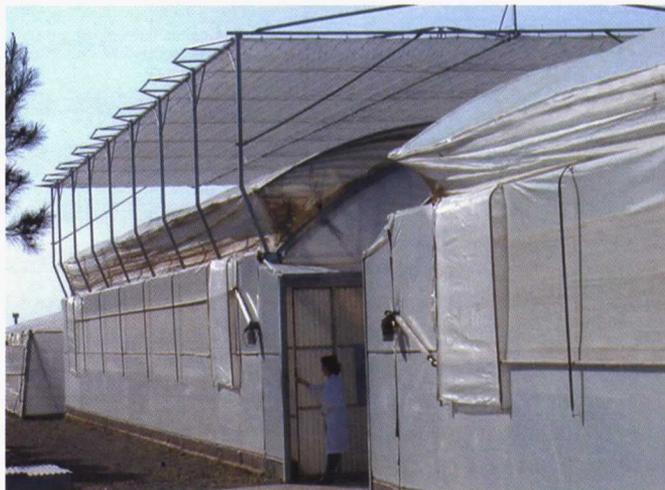


Foto izquierda. Invernadero dotado de sistema de sombreado móvil exterior. La malla se mantiene recogida mientras las condiciones de radiación y temperatura son inferiores a las establecidas para su actuación. Foto derecha. El sombreado móvil permanece activo siempre que los valores de radiación y temperatura superen los valores de consigna.

P. Lorenzo, M. C. Sánchez-Guerrero, E. Medrano, I. Caparrós, M. L. García, R. Botelho, F. J. Alonso.

**D**esde el principio de la primavera y hasta el final del otoño, la alta intensidad de radiación da lugar a excesos térmicos. Con frecuencia se registran temperaturas superiores a 35°C propiciadas por las bajas tasas de renovación del aire interior. Esto es consecuencia de una superficie de ventilación demasiado baja, cuyo efecto se agrava por la necesidad de cubrir todas las ventanas

con mallas anti-insecto para proteger los cultivos de plagas y enfermedades.

Las temperaturas que sobrepasan el umbral óptimo inciden negativamente sobre la asimilación neta de carbono al aumentar la respiración, también producen desórdenes fisiológicos que conducen a la reducción de cuajado y maduración prematura de los frutos. La obtención de frutos de tomate compactos exige que la temperatura no exceda de los 30°C, por otra parte la maduración desigual, caracterizada por la presencia de zonas verdes sobre la pared del fruto y de zonas suberosas oscuras bajo la piel, se relaciona con una falta de luminosidad asociada a temperatura elevada. Esta circunstancia puede dar-

se cuando se aplica un sombreado excesivo sobre la cubierta del invernadero para tratar de conseguir unos niveles térmicos más adecuados, lo que a menudo provoca también reducciones drásticas de radiación que merman la capacidad de asimilación potencial de los cultivos.

Con referencia a la higrometría del aire en las estructuras de cultivo se observa una amplia variación diaria. Es habitual pasar en un mismo día desde el punto de rocío hasta una humedad relativa del 30% o de un déficit de presión de vapor (DPV) de 0,2 kPa durante la noche a valores superiores a 3 kPa al mediodía solar. Se dan situaciones muy extremas en las que el DPV se sitúa en torno a los 5 kPa es-

pecialmente al inicio de los ciclos de cultivo, cuando el índice de área foliar del cultivo es bajo y por tanto también su capacidad de disipar calor a través de la transpiración.

Estas condiciones pueden propiciar desequilibrio hídrico en las plantas cuando la demanda hídrica del ambiente supera la absorción de agua por el sistema radicular si éste es incapaz de satisfacer las exigencias ambientales. Este efecto se agudiza cuando el sistema radicular se ve mermado por variaciones en la distribución de asimilados, especialmente durante la fructificación.

Los ambientes con alta demanda hídrica se han asociado a la aparición de desórdenes fisiológicos como la necrosis apical en tomate y pimiento. Esta fisiopatía, que tiene una considerable repercusión económica, está relacionada con una restricción del transporte de calcio hacia el fruto. En atmósferas de baja demanda evaporativa se genera como resultado de la reducida transpiración; sin embargo, en el área mediterránea esta sintomatología se desencadena más frecuentemente por otras razones, como es una conductividad eléctrica alta de la solución nutritiva a disposición del sistema radicular, ya sea por un mal manejo del riego o por la necesidad de utilizar agua de riego de moderada o mala calidad, coincidiendo con regímenes de alta demanda hídrica ambiental. Se ha sugerido la necesidad de un mejor control ambiental para superar este problema.

La evolución del invernadero más usual del litoral mediterráneo, ha pasado por incorporar pequeñas mejoras como la captación de radiación en los periodos en que ésta es limitante y los sistemas de ventilación pasiva. Sin embargo, aunque el aumento de la superficie de ventilación ha sido un primer paso para mejorar el clima en el interior de las estructuras de cultivo, la ventilación natural con-

**Existen diferentes métodos de sombreado, la elección del sistema y del porcentaje de sombreado es fundamental para optimizar la eficiencia del método de control climático**

tinúa siendo insuficiente para extraer el exceso de energía durante los días soleados y alcanzar regímenes térmicos e higrométricos que permitan el adecuado crecimiento y desarrollo de las especies que se cultivan, por lo que habitualmente se combinan otras técnicas de control climático con la ventilación natural, una de ellas y por el momento la más difundida, básicamente por razones económicas, consiste en reducir la transmisión de energía solar hacia el interior del invernadero mediante el blanqueado o sombreado de la cubierta del invernadero.

Entre los principales determinantes de la producción están: la cantidad de energía luminosa interceptada por el cultivo y la eficiencia de la conversión de la luz interceptada en materia seca. El primero depende de la radiación incidente sobre el dosel vegetal y de la distribución y disposición angular de las hojas o estructura del dosel y el segundo está relacionado con el valor que adoptan los parámetros climáticos (intensidad de radiación, temperatura, déficit de presión de vapor, concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera del invernadero) y con el estado hídrico y nutricional del cultivo.

## Métodos de sombreado

La mayor parte de las especies hortícolas de fruto comestible (tomate, pepino, ju-

día, melón, pimiento, etc.) que se cultivan en invernadero pueden denominarse especies de alta saturación lumínica, también llamadas plantas de sol, cuyo dosel vegetal no llega a saturarse, incluso a la máxima radiación que se puede alcanzar al medio día solar un día despejado del solsticio de verano (1.400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  en el interior del invernadero). Suelen alcanzar altas tasas fotosintéticas, puntos de compensación luminosos elevados y presentan valores altos de respiración. Los sistemas de sombreado aplicados sobre estos cultivos tienen como objetivo mejorar la temperatura y el déficit de presión de vapor y por tanto la eficiencia de la conversión de la luz interceptada en materia seca, reduciendo lo indispensable la luz incidente sobre el dosel vegetal.

Existen diferentes métodos de sombreado, la elección del sistema y del porcentaje de sombreado es fundamental para optimizar la eficiencia del método de control climático.

Los productos que se utilizan generalmente para el sombreado no son foto selectivos, es decir, se reduce a la vez la incidencia de energía calorífica y de radiación fotosintéticamente activa.

## Sistemas pasivos o estáticos

Los sistemas pasivos o estáticos reducen un porcentaje fijo de transmisión de luz sobre el cultivo con independencia de la variación de la intensidad de radiación durante el ciclo diario. El inconveniente común de estos sistemas radica en la reducción innecesaria de luz y por tanto del mal aprovechamiento de la radiación durante las primeras horas de la mañana, las últimas de la tarde y durante los días nublados, cuando dentro de las estructuras de cultivo prevalecen buenas condiciones térmicas e higrométricas.

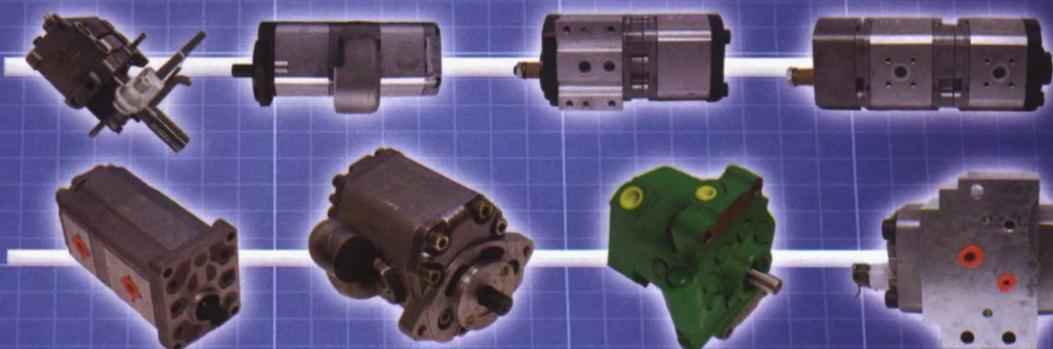
*tenemos la bomba hidráulica que necesita !!*

**AGRINAVA**



**SOLUCIONES INTEGRALES  
EN TRACTORES Y  
MAQUINARIA AGRÍCOLA,  
CON EL MEJOR SERVICIO.**

[www.agrinava.com](http://www.agrinava.com)



### Blanqueado o encalado

El blanqueado o encalado de la cubierta es uno de los sistemas de sombreado más utilizados en la horticultura del mediterráneo, se basa en aplicar sobre la cubierta del invernadero pinturas de gran poder de reflexión, también puede utilizarse cal apagada o carbonato cálcico, este último empleado en zonas de baja pluviometría por ser de fácil lavado. Uno de los inconvenientes de este sistema es la falta de homogeneidad en la transmisión de luz de la cubierta que resulta de la propia aplicación, del lavado o de las lluvias esporádicas que en un momento dado pueden exponer al cultivo a una radiación excesiva.

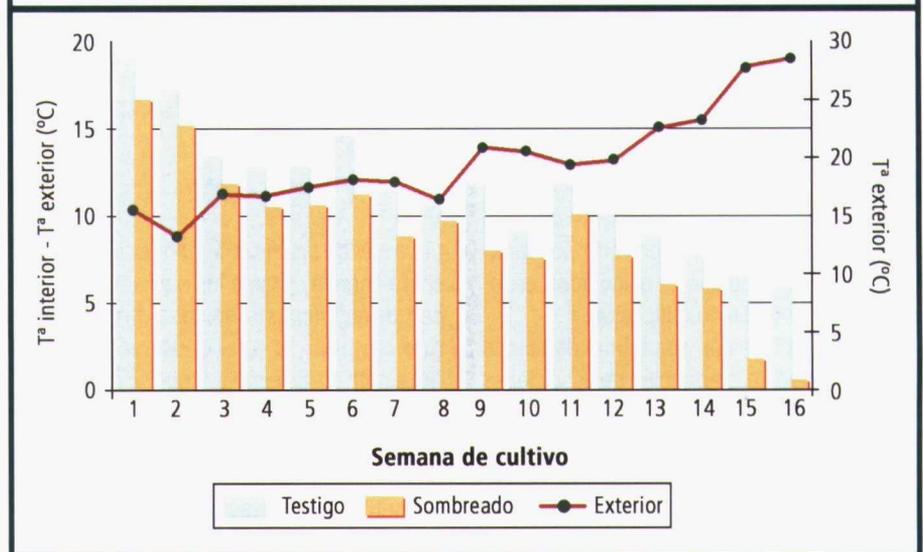
### Mallas de sombreado fijas

Las mallas de sombreado fijas instaladas en el interior o exterior de la cubierta del invernadero permiten la aplicación de un sombreado homogéneo, otra ventaja es la posibilidad de seleccionar entre diversos porcentajes de transmisión de luz, ya que existen en el mercado mallas de distintos materiales (polietileno, polipropileno, poliéster, fibras acrílicas) y de distintas porosidades. Algunas mallas incorporan material de aluminio y presentan la ventaja de reflejar parte de la radiación solar.

### Sistemas activos o dinámicos

Los sistemas activos o dinámicos se basan en la aplicación de un porcentaje variable de reducción de transmisión de

**FIGURA 1.** Evolución de la media semanal del gradiente térmico máximo interior-exterior en ambos invernaderos y de la temperatura máxima en el exterior.



luz sobre el cultivo en relación a la variación de la intensidad de radiación y de temperatura durante el ciclo diario. La ventaja común de estos sistemas es la posibilidad de aplicar el sombreado al mediodía solar cuando la temperatura o el déficit de presión de vapor alcanzan valores nocivos para las plantas de alta saturación lumínica, de esta forma se consigue aumentar la integral diaria de radiación incidente respecto al sombreado fijo y por tanto también la producción del cultivo. Estos sistemas se accionan mediante consignas de intensidad de radiación y temperatura.

## Ventajas e inconvenientes de las mallas

La instalación de mallas en el interior del invernadero presenta el inconveniente de absorber radiación (especialmente la malla negra) y convertirla en calor que debe ser evacuado a través de la ventilación, al mismo tiempo puede obstaculizar la renovación natural del aire. Por tanto parece más recomendable, siempre que sea posible, la instalación en el exterior, aunque en este caso la duración del material sometido a factores meteorológicos más duros puede ser menor, la instalación es más cara y el mantenimiento más complejo.

El aumento en la eficiencia del uso del agua y de los fertilizantes en los cultivos sombreados debido a la reducción de la transpiración del dosel vegetal al disminuir la energía que alcanza la cubierta vegetal, representa una ventaja de extraordinaria importancia asociada a estos métodos de refrigeración, este efecto es particularmente relevante en las áreas de producción en las que el agua es un recurso escaso.

## Ensayos en cultivo de pepino

En el Centro IFAPA La Mojonera se han desarrollado diferentes experimentos con el objetivo de evaluar la incorporación de un sistema de sombreado móvil exterior en in-



Foto izquierda. Detalle de la malla extendida sobre la cubierta del invernadero.



Foto derecha. Cultivo de pepino entutorado en el interior del invernadero dotado con sombreado móvil exterior.



vernaderos dotados de ventilación pasiva. En ciclo de primavera del año 2004, se evaluó el efecto de este sistema sobre el clima, la producción y la eficiencia del uso del agua de un cultivo de pepino en sustrato. El experimento se realizó en dos invernaderos multitúnel con cubierta de polietileno de 720 m<sup>2</sup>, uno se consideró testigo y estaba dotado únicamente de ventilación natural para el control de clima y otro disponía de un sistema exterior de sombreado móvil con una malla aluminizada del 50% de transmisividad. La activación diaria del sombreado se realizó para condiciones simultáneas de radiación exterior superior a 600-650 W m<sup>-2</sup> y temperatura del aire dentro del invernadero mayor de 28°C.

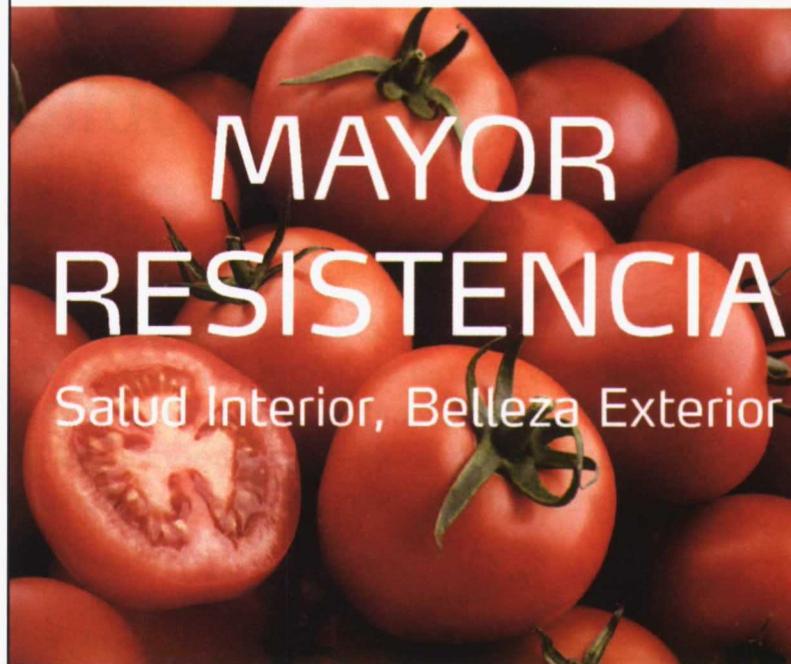
La activación del sombreado móvil redujo la integral de radiación incidente durante el ciclo en un 22,4% respecto al testigo. Este efecto se tradujo en una mejora de las condiciones climáticas, en términos de temperatura y déficit de presión de vapor (DPV) dentro del invernadero. Así, la media de las temperaturas máximas semanales en el invernadero testigo fue de 31,1°C, mientras que en el invernadero sombreado fue de 28,5°C, con valores máximos de 40,3°C y 34,1°C en el invernadero testigo y sombreado respectivamente (**figura 1**). El DPV máximo semanal fue de 4,5 kPa y 3,7 kPa en el invernadero testigo y sombreado respectivamente, y se registró al comienzo del ciclo, cuando la capacidad del dosel para disipar calor es muy limitada porque su escaso desarrollo foliar tiene una reducida capacidad de transpiración por superficie de suelo. En la **figura 1** se muestra el gradiente térmico máximo generado entre el interior y exterior de los invernaderos que fue siempre menor en el sombreado que en el testigo; en ambos, se reduce progresivamente durante el ciclo a pesar del aumento de la temperatura exterior, como consecuencia del aumento de la transpiración por superficie de cultivo conforme incrementa el índice de área foliar (LAI) y por tanto su capacidad de refrigeración.

El sombreado mejoró la producción de fruto, con una producción comercial de 18,6 kg m<sup>-2</sup> frente a los 16,3 kg m<sup>-2</sup> obtenidos en el cultivo testigo, y aumentó la relación producción comercial/total desde el 68% del testigo hasta un 87%, lo que podría atribuirse a la mejora de las condiciones climáticas conseguidas con el manejo del sombreado móvil.

Como consecuencia de la reducción de la radiación incidente sobre el cultivo sombreado, su transpiración disminuyó y por tanto el volumen total de agua absorbida durante el ciclo en un 31% (240 l m<sup>-2</sup> frente a los 346 l m<sup>-2</sup> absorbidos por el testigo).

La incorporación del sombreado móvil exterior como método de refrigeración del invernadero dio lugar a un incremento de la eficiencia en el uso del agua del cultivo superior al 60%.

Los resultados obtenidos evidencian el interés de este sistema de refrigeración, en términos de productividad y ahorro de agua, si bien es necesario establecer consignas de activación precisas para obtener ventajas frente al sombreado fijo y sería conveniente dedicar esfuerzo al desarrollo de sistemas de sombreado móvil económicamente competitivos. ●



**YaraLiva™** es una gama de **Nitratos de Calcio** de muy alta calidad. Está compuesta por Nitratos de Calcio para aplicación al suelo (Nitabor y Tropicote) y por Nitrato de Calcio 100% soluble (Calcinit). Los productos **YaraLiva™** mantienen la fruta y la verdura fresca durante más tiempo, mejorando la estructura celular y la calidad del fruto.

No sólo se alarga la vida postcosecha, sino que también se consigue mayor resistencia a enfermedades criptogámicas, más firmeza del fruto, mayor desarrollo de las raíces y un cultivo de mejor calidad en general. El aumento de la calidad del cultivo hará aumentar la rentabilidad.



**YaraLiva™**