

Desarrollo de nuevas cubiertas plásticas en invernaderos mediterráneos

En este artículo se describe el comportamiento de una cubierta plástica experimental con alto grado de distribución de la luz, frente al uso de una cubierta plástica convencional sobre un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Para ello se analizó su efecto sobre la transmisividad, la actividad fotosintética y el rendimiento del cultivo.

M.A. Moreno, F.D. Molina, A. López, P. Marín, A. Peña, D.L. Valera. Centro de Investigación CIAIMBITAL, Universidad de Almería.

La luz solar es un factor fundamental en el desarrollo de los cultivos, la eficiencia en el uso de la luz puede verse afectada por su distribución e influye significativamente en el crecimiento y rendimiento de los cultivos (González-Real *et al.*, 2007; Niinemets, 2007; Sarlikioti *et al.*, 2011). Cuando la energía lumínica es excesiva puede dar lugar a decoloraciones en las hojas o incluso a necrosis en casos extremos (Long *et al.*, 1994). Los daños causados por la luz se producen principalmente como resultado de una exposición prolongada a picos excesivos de intensidad luminosa (Asada, 1999; Niyogi, 1999; Kasahara *et al.*, 2002).

Los cultivos requieren de una gran cantidad de luz en invierno y pueden utilizar la luz difusa en verano, cuando los altos picos de energía lumínica pueden dar lugar a la fotoinhibición, reducción de la fotosíntesis e incluso a daños en los cultivos (Dueck *et al.*, 2012). Generalmente, la radiación solar en el interior de los invernaderos no se distribuye de manera homogénea. La parte superior del cultivo intercepta luz más directa y a la parte baja del cultivo la energía lumínica que llega será más limitada. Algunas de las hojas superiores expuestas a la luz directa pueden incluso experimentar un exceso de luz, eventualmente que conduce a la fotoinhibición, mientras que las hojas de la parte baja de las plantas podrían sufrir un déficit energético, que provoca una dramática disminución de la actividad fotosintética (Trouwborst *et al.*, 2010). El resultado de la distribución uniforme de la luz es que penetrará más profundamente en el cultivo y aumentará el área foliar fotosintéticamente activa.

Descripción del ensayo

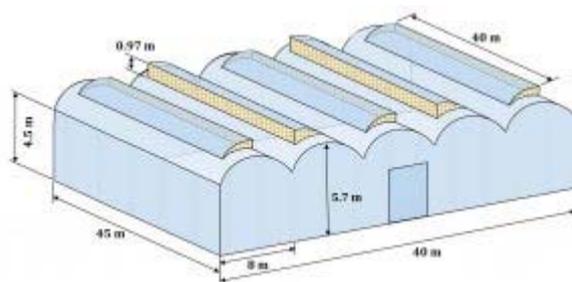


Figura 1. Esquema del invernadero experimental.

La investigación se llevó a cabo en un invernadero tipo multitúnel ubicado en el campo de prácticas de la Universidad de Almería (Fundación Finca Experimental UAL-Anecoop). El invernadero está formado por cinco módulos, lo que supone una superficie de 1.800 m² (figura 1).

Se encuentra dividido de forma transversal en dos compartimentos de características similares, separados por una lámina vertical de plástico, de las mismas características del utilizado en la cubierta. En el sector oeste se instaló la cubierta plástica experimental (Politiv Diamante), mientras que en el sector este se instaló la cubierta plástica comercial (AA Politiv (1999) Ltd. Kibbutz Einat, Israel).

El 23 de diciembre de 2019 se realizó el trasplante en el invernadero experimental de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de la variedad HMC446 98 F1 de HM Clause Ibérica (La Mojonera, Almería). El trasplante se realizó en suelo arenado con una densidad de 1,5 plantas/m² (0,5 × 1,5 m), con las líneas de cultivo perpendiculares a las cunbreras del invernadero (**foto 1**).

Se instalaron en los dos sectores del invernadero un Piranómetro SP1110 Campbell Scientific Spain (Barcelona, España) con un rango de medida de 350 – 1.100 nm y una exactitud de ± 5% para determinar la radiación solar que llegó hasta nuestro cultivo. Del mismo modo se instalaron dos sensores para determinar la radiación PAR SKP215 Quantum Sensors Campbell Scientific Spain (Barcelona, España) con un rango de medida de 400 – 700 nm y una exactitud de ± 5% (**foto 2**).



Foto 1. Imagen del cultivo de tomate en el interior del sector con cubierta plástica experimental.

Para la evaluación de la producción, se pesó la producción total de tres líneas de plantas en cada uno de los sectores del invernadero, con una balanza electrónica Mettler Toledo (Mettler-Toledo, España), con una sensibilidad de 20 g y una capacidad máxima de 60 kg. La producción comercial y no comercial se consideró en cada cosecha de tomate. Se llevaron a cabo un total de diez recolecciones desde el 3/4/2020 hasta el 18/6/2020, realizándose una vez por semana.

Para comparar el efecto de las cubiertas plásticas utilizadas en el invernadero experimental en la reducción de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y en la actividad fotosintética de las plantas de tomate, se llevaron a cabo mediciones con un analizador de fotosíntesis LCI SD (ADC BioScientific Limited, Hertfordshire, Reino Unido). Es una consola portátil con cámara de sujeción de hoja (**foto 3**), equipada con un sensor de concentración de CO₂ y H₂O IRGA (análisis de gas por infrarrojos), con rangos de medida de CO₂ de 0-2.000 ppm, 0-75 mbar para el H₂O (con exactitud de ± 2%) y 0-3.000 μmol m⁻² s⁻¹ para radiación PAR. A partir del flujo de aire conocido en la cámara, se miden las concentraciones de CO₂ y vapor de agua en la entrada y la salida de la cámara, calculando la asimilación de CO₂ (fotosíntesis) y la tasa de transpiración de la hoja.

La recogida de datos se realizó una o dos veces por semana, dependiendo de las condiciones climáticas diarias, ya que la cámara que mide la fotosíntesis necesita días claros y soleados para su correcto funcionamiento. El proceso de medición y observación de los datos se realizó en plantas elegidas totalmente al azar durante cada día de medida, llevándose a cabo en las últimas hojas maduras de cada planta seleccionada (un total de 12 hojas por sector). La ruta para la lectura de datos fue diferente cada vez y se ejecutó aleatoriamente para evitar que la posición del sol tuviera un efecto distorsionador en las mediciones. Además, los datos se registraron siempre durante el mismo intervalo de tiempo, entre las 12:00 y las 12:30 h.

Resultados

Producción

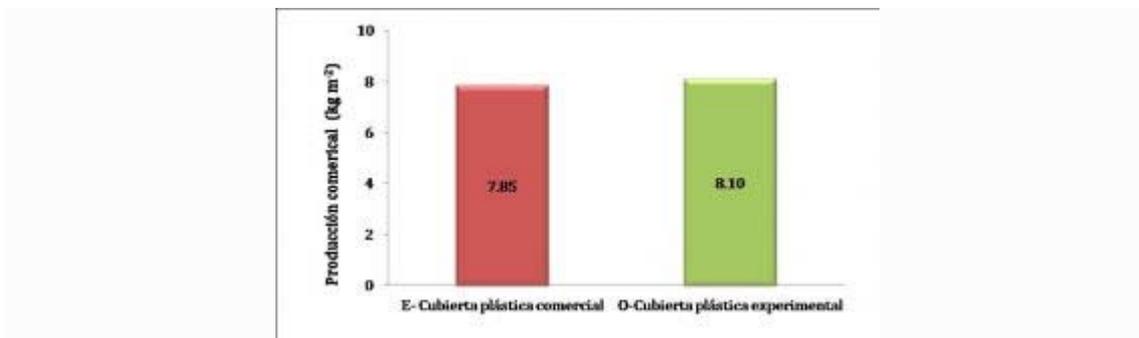


Figura 2. Producción comercial de tomate acumulada en el sector experimental este con plástico de cubierta comercial (en rojo) y oeste con plástico de cubierta experimental (en verde).

Los resultados del cultivo de tomate muestran un aumento de la producción comercial de 0,25 kg m⁻² en el sector oeste del invernadero con plástico de cubierta experimental, lo que supone un incremento del 3,2%, el cual parece tener un efecto positivo en la producción comercial (**figura 2**). Del mismo modo que con la producción comercial acumulada, la producción total acumulada fue mayor en el sector oeste del invernadero con plástico de cubierta experimental con 10 kg m⁻² frente a los 9,4 kg m⁻² del sector este con plástico de cubierta comercial. En este caso el valor de la producción fue 0,6 kg m⁻² mayor que la producción total acumulada en el sector este con plástico de cubierta comercial.

Actividad fotosintética

La actividad fotosintética medida en las hojas fue mayor en las plantas localizadas en el sector oeste con plástico de cubierta experimental con un valor medio de 13 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; frente a los 10,7 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ descritos en el sector este con plástico comercial. Esto supone un incremento en la actividad fotosintética del 21,5%. El uso del plástico experimental con mayor distribución de la luz permitió un incremento de radiación PAR a nivel de las hojas del 13%, pasando de 432,8 a $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en el sector este, a 489,9 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en el sector oeste con la cubierta de plástico experimental. Este incremento es similar al aumento observado en los valores de radiación y transmisividad medidos en el centro de los dos sectores del invernadero de forma continua a 2 m de altura.



Foto 2. Ubicación de los sensores de radiación solar y radiación PAR en uno de los sectores experimentales.

Otro parámetro que también mostró diferencias estadísticamente significativas fue la conductancia estomática medida en las hojas. De la misma manera que para los dos parámetros anteriormente descritos, fue mayor en el sector oeste con el plástico experimental. Por último, la temperatura de la superficie de la hoja fue mayor en el sector este con plástico comercial, con diferencias estadísticamente significativas. Exactamente, el

valor medio alcanzado en este sector fue 31,1°C frente a los 29°C del sector oeste con plástico experimental.

Mediciones de radiación y transmisividad de la cubierta

En el sector del invernadero con plástico de cubierta experimental se observó un aumento estadísticamente significativo de un 14% en la radiación solar (y la transmisividad de la cubierta) y un 15% en radiación fotosintéticamente activa (PAR) para los valores medios. Estos valores concuerdan con los medidos puntualmente a nivel de las hojas de cultivo en los dos sectores mediante el medidor de fotosíntesis portátil. Las diferencias entre sectores fueron del 28% y del 25% para los valores máximos diarios de la radiación solar y PAR, respectivamente.

A mediados del mes de abril se realizó el blanqueo de la cubierta, aumentando ligeramente la diferencia de transmisividad entre los sectores este y oeste para los valores medios. Antes de blanquear la cubierta, el uso del film plástico experimental como material de cubierta permitió un incremento del 13% de la transmisividad media, siendo de 0,79 mientras que en el lado este con el plástico comercial fue de 0,70. Tras el blanqueo los valores se redujeron, pasando a ser de 0,41 con el plástico experimental y 0,35 con el plástico comercial (17% inferior).



Foto 3. Detalle de la cámara de medida en la hoja.

Los valores de transmisividad de la cubierta para los valores máximos diarios antes del encalado fueron de 0,95 (14% superior) y 0,83 en los sectores oeste y este, respectivamente. Tras el encalado de la cubierta, se redujo la transmisividad de la cubierta en ambos sectores, pasando a ser 0,56 en el lado oeste con la cubierta con plástico experimental y 0,43 en el lado este con el plástico comercial (30% superior).

El incremento en la diferencia de transmisividad observado tras el encalado también está relacionado con el hecho de que a primeros de abril antes de encalar, la radiación exterior está muy afectada por la nubosidad, lo que incrementa la proporción de radiación difusa en el exterior del invernadero. En estas circunstancias, el efecto de la mayor distribución de la luz de la cubierta con el plástico experimental es menos acusado, por lo que las diferencias de radiación y transmisividad fueron de un 13-14%.

En primavera-verano cuando la nubosidad es casi inexistente en Almería, la proporción de radiación solar directa aumenta considerablemente, lo que mejora el efecto del plástico experimental que permite aumentar la transmisividad en el sector oeste en un 17-30%. En esta misma época del año, cuando la proporción de radiación solar directa es mayor, los cambios bruscos en la radiación solar dentro de ambos sectores se deben a los efectos de

sombreo de los materiales estructurales del invernadero. Dado que la posición de los sensores con respecto a la estructura geométrica del invernadero era exactamente la misma en los dos sectores experimentales, el sombreado sobre los sensores no influyó en las diferencias medias de radiación, como demuestra la concordancia con las medidas realizadas con el sensor portátil de fotosíntesis.

Conclusiones

1. El uso de cubiertas plásticas que mejoran la distribución de la luz produce un aumento en la producción del cultivo de tomate, frente al uso de cubiertas plásticas convencionales.
2. La influencia ejercida por la cubierta plástica experimental sobre la actividad fotosintética tuvo un efecto claramente positivo sobre el cultivo, mejorando los resultados frente al uso de una cubierta plástica convencional.
3. Los valores de transmisividad registrados bajo la cubierta experimental son significativamente superiores a los descritos en la cubierta comercial.