200332

estación experimental

cajamar

EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS DE SOMBREO DE INVERNADERO (MALLA MOVIL Y BLANQUEO TRADICIONAL) CON CULTIVO DE PEPINO EN CICLO DE PRIMAVERA.

PÉREZ-PARRA, J. C.
GÁZQUEZ GARRIDO, J. C.
SÁNCHEZ, A.
LÓPEZ HERNÁNDEZ, J. C.

2º Congreso Nacional de Agroingenieria
Córdoba, 24 al 27 septiembre 2003
Resumen. Pág. 259-260

EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS DE SOMBREO DE INVERNADERO (MALLA MOVIL Y BLANQUEO TRADICIONAL) CON CULTIVO DE PEPINO EN CICLO DE PRIMAVERA

Pérez-Parra, J.; Gázquez, J.C.; Sánchez, A.; López, J.C.

Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas', Autovía del Mediterráneo, Km. 416,7 (04710) El Ejido (Almería), Tfno: 950 580548; Fax: 950 580450. jpparra@cajamar.es

Resumen

El blanqueo de la cubierta de los invernaderos es la técnica más usada por los agricultores del sureste de España para reducir la temperatura del aire en periodos cálidos. Los resultados obtenidos al comparar dos técnicas de sombreo; blanqueo de la cubierta del invernadero y malla móvil de sombreo colocada interiormente frente a un invernadero no blanqueado mostraron un aumento significativo de calidad y producción de ambas técnicas respecto al testigo en un cultivo de pepino en ciclo de primavera, no existiendo diferencias significativas entre ambas técnicas de sombreo. Además, el sombreo induce un aumento del LAI y un descenso del SLW.

Abstract

Shading the greenhouse cover through whitening is the most widely used technique by Spanish southeastern growers to reduce ambient temperature in warm periods. The results obtained when comparing two shading techniques; whitening of the greenhouse cover and mobile mesh placed inwardly vs a non-shaded greenhouse showed a significant increase of both yield and fruit quality in a spring cycle cucumber crop, whereas no significant differences between both shading techniques were found. Likewise, shading induced an increase in LAI and a decrease in SLW.

Palabras clave: Sombreo, invernadero, pepino, blanqueo.

Keywords: Shading, greenhouse, cucumber, whitening.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas de los cultivos en invernadero en el sureste español, en ciclo de primavera, es la elevada temperatura del aire interior, debido a los altos niveles de radiación incidente, lo que provoca situaciones prolongadas de estrés, que a menudo impiden un desarrollo óptimo del cultivo [1]. La técnica más empleada para reducir estas elevadas temperaturas, es el sombreo mediante blanqueo de la cubierta [2]. Sin embargo, esta técnica presenta inconvenientes como la falta de homogeneidad y la imposibilidad de graduar con precisión el nivel de sombreo, por lo que el empleo de mallas móviles puede permitir una gestión más eficiente del mismo.

Comparar la eficacia relativa del sombreo mediante blanqueo de la cubierta y mediante la colocación de una malla móvil interior aluminizada, ha sido el objetivo de un ensayo en el que se ha determinado: a) el efecto sobre los principales parámetros del clima y b) su influencia sobre el crecimiento, desarrollo y producción de un cultivo de pepino en ciclo de primavera.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental 'Las Palmerillas' de Cajamar (El Ejido, Almería) durante la campaña de primavera 2001, en tres invernaderos iguales de tipo parral multicapilla con material de cerramiento plástico tricapa incoloro. Se cultivó en bolsas de perlita, siendo el material vegetal empleado pepino Almería *(Cucumis sativus)* cv. Borja (Enza Zadem) a una densidad de plantación de 2,1 plantas m^{-2}. Los tratamientos ensayados fueron:

- **T1**: blanqueo tradicional (una sola aplicación de carbonato cálcico disuelto en agua, a razón de 25 kg de cal apagada por 175 litros de agua).
- **T2**: malla de sombreo móvil (ULS 15F, 50% sombreo, abierta) colocada en el interior del invernadero.
- **T3**: testigo sin sistema de sombreo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clima: en términos generales, los valores de temperatura se mantuvieron en unos niveles adecuados a lo largo de todo el ciclo de cultivo, habiéndose superado sólo de forma puntual al final del mismo los 30 ºC. Las diferencias observadas entre los valores de temperatura máxima (promediadas para períodos semanales) en los tres tratamientos y la temperatura exterior, que se presentan en la Figura 2, muestran como éstas se reducen con el crecimiento del cultivo pasando desde valores iniciales de hasta +8 ºC, con cultivo poco desarrollado, hasta llegar a gradientes negativos de hasta -1,3 ºC en las últimas fases del ciclo, con cultivo plenamente desarrollado, en los tres tratamientos.

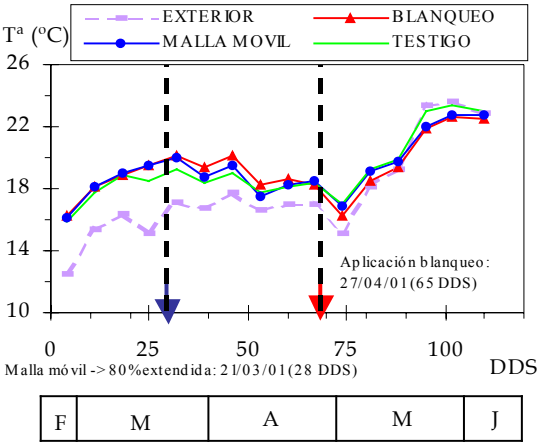

Figura 1. *Evolución de la temperatura media en los diferentes tratamientos ensayados y el exterior a lo largo del ciclo de cultivo.*

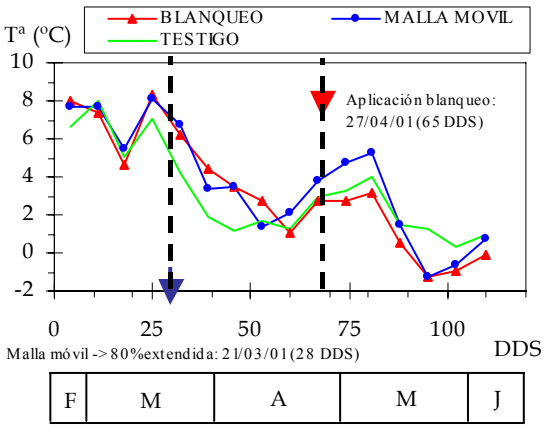

Figura 2. *Evolución del gradiente de temperaturas máximas para los diferentes tratamientos en relación con las registradas en el exterior.*

En un día despejado (95 DDS) en el invernadero testigo se alcanzaron valores similares a los de temperatura exterior, en el tratamiento malla móvil se aprecia una reducción de la temperatura máxima de 2,4 ºC (27,6 ºC frente a 30 ºC) y en el tratamiento blanqueo, esta disminución es de 1,8 ºC (28,2 ºC frente a 30 ºC). Se aprecian importantes diferencias en las temperaturas registradas en el exterior con respecto a la de los invernaderos, con diferencias de más de 3 ºC a favor de los

tratamientos en las horas centrales del día (desde las 10:00 hasta las 14:00 G.M.T.). Por lo que respecta al día nublado (88 DDS), las temperaturas en los distintos tratamientos ensayados a lo largo del día siguen una dinámica muy similar, no existiendo diferencias apreciables entre tratamientos.

La tendencia decreciente a lo largo del ciclo de cultivo en las diferencias de las temperaturas máximas entre los invernaderos ensayados y el exterior, revela que el factor más importante en la refrigeración de estas estructuras es el propio cultivo, cuyo efecto sobre la temperatura supera a cualquiera de los tratamientos de sombreo ensayados (Figura 2). Con altos niveles de radiación, la eficacia de los sistemas de sombreo (blanqueo y malla móvil) es mayor, obteniéndose temperaturas hasta 1,5 ºC, para el primer caso, y 2 ºC, para el segundo, inferiores respecto del invernadero testigo (Figura 3).

La combinación de sombreo y altas tasas de transpiración (cultivo plenamente desarrollado) procura los mayores descensos térmicos, consiguiendo mantener en el invernadero temperaturas inferiores hasta en 1,3 ºC con respecto a la temperatura exterior. Este resultado sugiere que con cultivos poco desarrollados, con bajas tasas de transpiración, la aplicación conjunta de sombreo y refrigeración por evaporación de agua puede resultar muy eficaz para el control de la temperatura [3]. La colocación de malla de sombreo interior al invernadero produce un notable gradiente térmico vertical dentro del mismo, habiéndose registrado temperaturas hasta 4,6 ºC superiores por encima de la malla en relación con las medidas por debajo de la misma. Este comportamiento, es debido al calentamiento de la malla dentro del invernadero y a la disminución de los intercambios de aire que ésta produce [3].

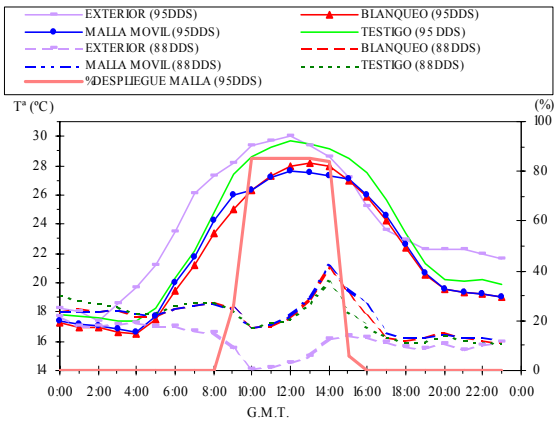

Figura 3. *Evolución diaria de la temperatura para un día despejado (95 DDS) y para un día nublado (88 DDS) de los diferentes tratamientos y el exterior, y % de malla extendida.*

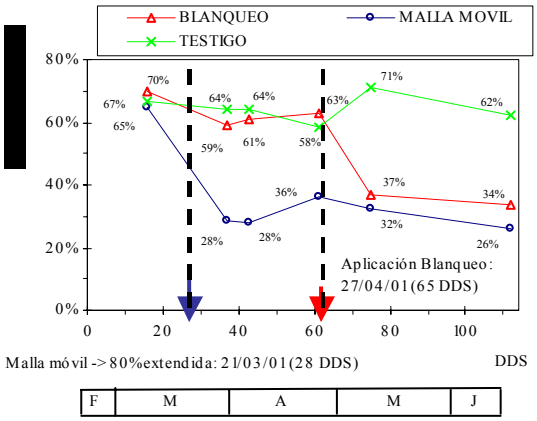

Figura 4. *Evolución de la transmisividad a la radiación PAR, en %, en los invernaderos bajo el efecto de los distintos tratamientos ensayados a lo largo del ciclo de cultivo.*

La evolución en los valores de transmisividad a la radiación PAR (medida a mediodía solar, en %), en el invernadero testigo permaneció estable a lo largo del ciclo del cultivo, con valores del 58% (61 DDS, nublado) y el 67% (16 DDS, despejado). A su vez, la transmisividad en el tratamiento blanqueo fue similar al testigo hasta 65 DDS,

fecha en la que se llevó a cabo la aplicación de cal sobre la cubierta del invernadero. A partir de ese momento, se produjo una reducción de la transmisividad hasta valores comprendidos entre el 33 y el 37% de la radiación exterior. La aplicación del tratamiento de sombreo mediante malla móvil produjo un descenso de la transmisividad hasta valores que oscilaron entre 26-36% respecto de la radiación exterior, con lo que la reducción de la transmisividad en el invernadero con malla de sombreo extendida fue superior (en torno al 10%) a la medida en el invernadero blanqueo.

Crecimiento y biomasa aérea: en relación con los parámetros analizados de crecimiento y desarrollo del cultivo, las técnicas de sombreo produjeron entrenudos más largos, traduciéndose esto en un mayor crecimiento de la planta (una longitud del 13% superior en los tratamientos sombreados), no existiendo sobre el número de hojas ni de frutos, diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados obtenidos mediante la aplicación de malla de sombreo y blanqueo tradicional con reducciones de radiación con respecto al testigo del 53% y 47%, respectivamente, provocaron un incremento del IAF en torno al 21% en relación al testigo.

Las diferencias observadas entre tratamientos de sombreo en relación con el testigo, en la integral térmica y de radiación (Figuras 3 y 4) pueden ayudar a explicar los distintos resultados observados en la distribución de materia seca a lo largo del cultivo.

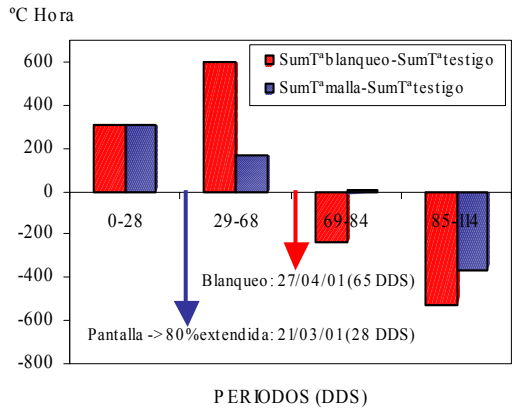

Figura 5. *Integral térmica, en ºC hora, de los tratamientos sombreados respecto del testigo a lo largo de los distintos períodos anteriores a cada una de las determinaciones de biomasa.*

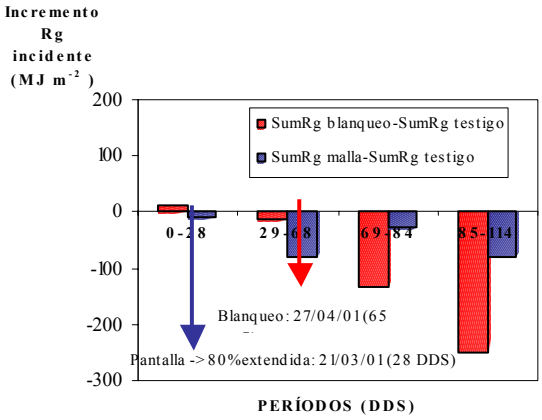

Figura 6. *Integral de radiación, en Mj m^{-2}, de los tratamientos sombreados respecto del testigo en los períodos anteriores a cada una de las determinaciones de biomasa.*

En el muestreo llevado a cabo 62 DDS, la distribución de asimilados parece estar determinada por la temperatura y la radiación. Incrementos en la diferencia de radiación respecto al testigo de la integral térmica de 600 ºC hora en el punto previo al muestreo (equivalentes a incrementos de 0,6 ºC en la temperatura media) del tratamiento blanqueo indican una mayor distribución de materia seca hacia los frutos (+10% respecto a malla móvil y +17% respecto a testigo). Niveles similares de radiación y menores temperaturas indujeron un mayor reparto de biomasa a la fracción hoja en el tratamiento testigo (52% del total frente al 39% en el tratamiento blanqueo). Es decir, para condiciones similares de radiación (blanqueo y testigo), pequeños

incrementos en la integral de temperatura (en el rango medido de temperaturas medias entre 20 y 24 ºC) pudieron inducir mayor producción de materia seca destinada a fruto.

En la fase final del cultivo la mayor radiación incidente en el tratamiento testigo, indujo un incremento en la producción de materia seca foliar (en torno a un 7% superior con respecto de los tratamientos sombreados). Hecho que sugiere una relación positiva entre la radiación incidente sobre el cultivo y la producción de materia seca foliar [4].

Producción: el tratamiento malla móvil alcanzó la máxima producción, tanto total como comercial acumulada, al final del ciclo de cultivo (16,8 kg m^{-2} y 14,2 kg m^{-2}, respectivamente) con respecto del tratamiento blanqueo (15,9 kg m^{-2} y 13,3 kg m^{-2}), si bien estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p<0,05$). El tratamiento testigo obtuvo los menores rendimientos, con una producción total y comercial inferior en torno a 1,5-2 kg m^{-2}, para el primer caso, y alrededor de 1-2 kg m^{-2}, para el segundo, con respecto a los tratamientos sombreados, apareciendo diferencias significativas (Tabla 1). Los tratamientos sombreados (blanqueo y malla móvil) obtuvieron producciones finales de primera categoría similares (9,3 y 10,5 kg m^{-2}), no mostrando diferencias significativas entre ellos pero sí con respecto al testigo (Tabla 1).

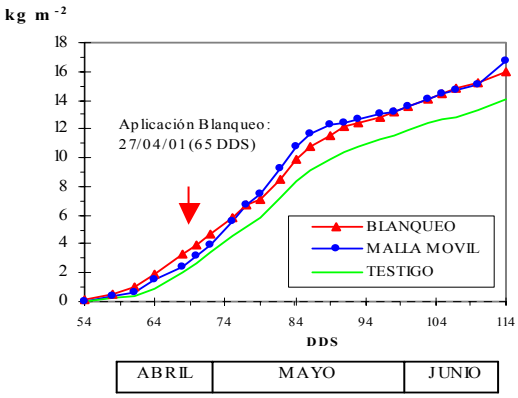

Figura 7. *Evolución de la producción comercial acumulada en los tres tratamientos ensayados a lo largo del ciclo productivo.*

Fotografía 1. *Vista general del cultivo con la malla de sombreo móvil extendida.*

Tabla 1. *Producción (g m^{-2}) en los tratamientos ensayados (blanqueo, malla móvil y testigo) en el ciclo de cultivo.*

TRATAMIENTO	P. TOTAL		P. COMERCIAL		P. NO COMERCIAL		P. CAT I		P. CAT II	
BLANQUEO	15.924	a	13.288	a	2.636	a	9.302	a	3.986	a
MALLA MÓVIL	16.754	a	14.142	a	2.612	a	10.506	a	3.636	a
TESTIGO	14.112	b	11.202	b	2.910	a	7.691	b	3.510	a

Nota: Test de rangos múltiples de Mínimas Diferencias Significativas (LSD), números seguidos de distinta letra denotan diferencias significativas (nivel 5%). Cada número es media de 4 repeticiones.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los estudios realizados para comparar dos técnicas de sombreo (malla móvil aluminizada y blanqueo tradicional) permiten concluir lo siguiente:

- La reducción de la radiación acumulada en el ciclo de cultivo (114 dds) de los tratamientos de sombreo frente al testigo (T3), fue de 381,5 MJ m^{-2} y 197,3 MJ m^{-2}, para el T1 (blanqueo tradicional) y T2 (malla abierta móvil), respectivamente. La reducción de la radiación incidente no produjo diferencias apreciables en la evolución de las temperaturas medias, si bien, con cultivo bien desarrollado, los tratamientos con sombreo (T1 y T2), redujeron las temperaturas máximas hasta 2 ºC respecto del testigo.
- La evolución de las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior del invernadero a lo largo del ciclo de cultivo, mostró que la transpiración del cultivo tiene mayor efecto en la reducción de temperatura que el propio sombreo. La apertura de la malla móvil de sombreo interior en el invernadero, produjo una importante estratificación vertical de la temperatura. El sombreo mostró un efecto positivo en la reducción del déficit de presión de vapor (DPV) (hasta un 28%).
- Los sistemas de sombreo produjeron mayor crecimiento del cultivo y mayor índice de área foliar (IAF) que el tratamiento no sombreado, induciendo la aparición de hojas de superior tamaño y de menor peso foliar específico (SLW), aunque no hubo ningún efecto sobre el número de frutos y de hojas.
- La práctica del sombreo produjo un incremento significativo de la producción, tanto en la cantidad como en la calidad de la misma. La producción comercial obtenida en los invernaderos sombreados fue de 14,1 kg m^{-2} en el invernadero con malla móvil (T2) y 13,3 kg m^{-2} en el invernadero blanqueado (T1) frente a los 11,2 kg m^{-2} en el invernadero no sombreado (T3).
- Los resultados obtenidos mostraron un aumento productivo del 6,4% del tratamiento malla móvil frente al blanqueo. No obstante, el mayor coste anual de dicha técnica de sombreo (10 veces superior al blanqueo), junto con los precios habituales del cultivo del pepino en este ciclo de producción hacen cuestionable la rentabilidad de la malla móvil (colocada interiormente) frente a la práctica habitual del blanqueo (sombreo fijo).

5. REFERENCIAS

(1) González Real, M.M. y Baille, A. *Calefacción en invernaderos*. En: Tecnología de invernaderos II. Curso superior de Especialización. Pérez Parra J. y Cuadrado Gómez I.M. (eds). Dirección general de Investigación Agraria de la Junta de Andalucía y **FIAPA**: 338-398. (1998).
(2) Pérez Parra, J. J. y Céspedes, A. *Estudio de la demanda de inputs auxiliares: producción y manipulación en el sistema productivo agrícola almeriense*. FIAPA, Almeria: 1-201. (2001).
(3) Montero, J.I., Antón A. y Muñoz, P. *Refrigeración de invernaderos*. En: Tecnología de invernaderos II. Curso Superior de Especialización. Eds. Pérez-Parra y Cuadrado. FIAPA, Diputación Provincial de Almería y Junta de Andalucía, pp. 313-398. (1998).
(4) Lorenzo, P. *Intercepción de luz, bioproductividad e intercambio gaseoso durante la ontogenia de un cultivo invernal de Cucumis sativus L. en Almería*. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. D.G.I.A. Monografías 17/96, pp. 355. (1996).