

Perfiles de temperatura en invernadero con acolchado negro y cultivo de pepino en periodos fríos

M.R. Granados¹, J.C. López², S. Bonachela¹, J. Hernández¹, J.J. Magán² and Fernández M.D.²

¹ Dpto. de Agronomía, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ciA3), Universidad de Almería, 04120 La Cañada de San Urbano (Almería), e-mail: mgranado@ual.es

² Estación Experimental de Cajamar Las Palmerillas, Fundación Cajamar-Grupo Cooperativo Cajamar, 04710 Santa María del Águila, El Ejido (Almería)

Resumen

La mayoría de los invernaderos de Almería son estructuras de bajo coste cuyo microclima durante el invierno alcanza temperaturas sub-óptimas para el desarrollo de cultivos. El uso de sistemas activos de calefacción es escaso por su alto coste, siendo una alternativa el uso de sistemas pasivos. El suelo del invernadero actúa como una fuente de energía durante los periodos fríos nocturnos calentando el aire del invernadero. El uso de acolchado negro puede incrementar la temperatura del suelo mejorando así la energía cedida durante el periodo nocturno. En este trabajo se estudia el efecto de un acolchado negro en invernadero sobre el perfil de temperatura (suelo-aire-planta-cubierta) en un cultivo de pepino. El acolchado negro determinó un incremento de la temperatura de suelo y sustrato, tanto en el periodo nocturno como diurno, durante todo el desarrollo del cultivo.

Palabras clave: sistema pasivo, periodo frío, enarenado, temperatura de suelo y sustrato

Temperature at different layers of a greenhouse with black plastic mulch with a crop cucumber during winter period

Abstract

Suboptimal temperatures of air and soil occur under unheated greenhouses during winter crop cycles. The use of active heating systems is scarce for its high cost, for that the use of passive systems is being considered. Soil acts as an energy source during cold periods, as it can heat the air in the greenhouse. The use of black mulch may increase soil temperature by improving the energy transferred during cold night periods. This work analyses the effect of black mulch on greenhouse temperature profile in a cucumber crop. An increase in soil and substrate temperature in black mulch treatment was observed in day and nighttime periods throughout the growing season.

Keywords: passive systems, winter period, gravel-sand layer, substrate and soil temperature

Introducción

La agricultura bajo plástico se ha desarrollado en zonas climáticas templadas como la costa Mediterránea. La provincia de Almería, en el sudeste español, representa la mayor concentración de invernaderos de Europa (Castilla y Hernández, 2005). La mayoría de los invernaderos en esta región son estructuras de bajo coste cubiertas con plástico que no disponen de control climático activo (Céspedes et al., 2009). Durante el periodo de invierno el microclima en estos invernaderos alcanza temperaturas sub-óptimas para el desarrollo de los cultivos (Bartzanas et al., 2005), con un efecto negativo sobre la producción y calidad del fruto obtenido (López et al., 2008). El uso de sistemas activos de calefacción no es frecuente en estos invernaderos debido a que no son considerados viables económicamente (Bartzanas et al., 2005). Una alternativa más económica, para mejorar el balance energético en estos invernaderos es la utilización de sistemas pasivos de calefacción contemplando a la energía solar para mejorar este balance

(Bonachela et al., 2012). El suelo puede actuar como una fuente de energía durante los fríos períodos nocturnos, ya que puede calentar el aire del invernadero durante este periodo (Baille et al., 2006). Sistemas pasivos sencillos, como es el uso de acolchado negro, que puedan incrementar la temperatura del suelo durante el periodo diurno y cederla al ambiente durante el periodo nocturno, es una esperanzadora alternativa para mejorar el microclima y la producción en estos invernaderos.

En este trabajo se evalúa el efecto del uso de un acolchado negro sobre la temperatura en los diferentes estratos de un invernadero, incluido el suelo y sustrato, y la planta.

Material y Métodos

El ensayo se realizó en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar (36° 48' N, 2° 43' O; altitud 151 m). Se utilizaron dos invernaderos multi-túnel equivalentes (22,5 m x 28 m) con orientación E-O. La estructura estaba formada por tres capillas en arco de 7,5 m de anchura cada una, con altura máxima de 4,5 m, y mínima de 3 m. La cubierta era de polietileno tricapa de 200 μm de espesor (TRC 5000 RD 3A, Sotrafa S.A.), con un 90% de trasmisión a la luz visible, 55% de difusión y 90% de termicidad. La ventilación se realizó de forma pasiva mediante ventanas super-cenit en el norte de cada capilla, y ventanas laterales a lo largo de la banda norte y sur.

Se cultivó pepino holandés (*Cucumis sativus* L., cv. 'Valle') en sacos de fibra de coco de textura media (Ficó Ispemar S.C.A.) de 28 L de capacidad. El trasplante se realizó el 16 de Octubre de 2014, manteniéndose en cultivo hasta el 3 de Marzo de 2015 (138 días). El cultivo se distribuyó en líneas con orientación norte-sur, situando los sacos sobre un suelo 'enarenado' típico resultado de la aportación de una capa de suelo franco-arcilloso de 0,3 m de grosor sobre el suelo original, y cubierto este último por un acolchado de 0,1 m de grosor compuesto por grava fina (69%), arena muy gruesa (29%) y arena gruesa (2%). El marco de plantación fue 1,6 m entre líneas y 0,63 m entre plantas (densidad 1 planta m^{-2}). Tal y como se realiza de manera convencional para aumentar la temperatura y humedad ambiental en cultivo de pepino, se instaló en ambos invernaderos una pantalla (doble techo) fija de PE anti-vaho (37,5 μm ; 97% de transmisión a la luz visible y 7% de difusión; DC alta transparencia AF, Sotrafa S.A.). Este doble techo tenía orientación E-O y una altura máxima y mínima de 3,2 y 2,8 m respectivamente.

En uno de los dos invernaderos equivalentes se realizó un acolchado con plástico negro micro-perforado de 30 μm de espesor (Sotrafilm NG Micro, Sotrafa S.A.), sobre la superficie del suelo anteriormente descrito, en contacto con la superficie de la capa de arena, y se comparó la temperatura a diferentes alturas en el invernadero con acolchado negro (tratamiento ACN) frente al invernadero sin acolchar (Control), para evaluar esta práctica como sistema pasivo dirigida a mejorar el microclima de los invernaderos. En ambos tratamientos se midió la temperatura en la superficie exterior de la cubierta e interior de la pantalla fija, en la superficie de las hojas (quinta hoja desarrollada), y en la superficie exterior del acolchado negro situado en el tratamiento ACN con termopares tipo T (RS Amidata, Madrid). También se midió la temperatura del aire de la cámara formada entre la cubierta del invernadero y la pantalla fija, a una altura de 4,35 m desde el suelo, y la temperatura ambiente del cultivo a la altura de crecimiento de las plantas hasta alcanzar el alambre a los 50 días desde el trasplante (altura máxima) y a 2,60 m de altura fija una vez alcanzado. Finalmente, se midió la temperatura en la superficie del suelo

anteriormente descrito negro (0,01 m de profundidad desde la superficie) y a 0,25 m de profundidad con termistores (T107, Campbell Scientific Ltd., Delft, Holanda). Todas las medidas se realizaron con un intervalo de 2 s, registrando el promedio cada 5 min con sistemas de adquisición de datos (Campbell Scientific Ltd., Delft, Holanda).

Resultados y Discusión

La temperatura media nocturna (Fig. 1a) y diurna (Fig. 1b) fue mayor en el suelo acolchado (ACN), tanto en la fase I (Oct-Nov) como en la fase II (Dic-Ene-Feb). Sin embargo, durante el periodo nocturno la temperatura del cultivo y hoja fue inferior en ACN, siendo la diferencia mayor en el periodo más frío (Fig. 1a). El uso de acolchado favorece el calentamiento de la rizosfera, permitiendo una mayor absorción de agua y nutrientes, y por tanto un mayor crecimiento (Lamont, 1993). En este estudio el aumento medio de la temperatura del suelo a 0,25 m de profundidad fue de 1,1 y 1,7°C a las 6 am y 2 pm respectivamente (Tabla 1), y hasta 2,7°C a 0,01 m de profundidad (6 am; Tabla 1). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Lamont, 1993.

La temperatura media de cubierta fue menor en ACN durante todo el cultivo (Fig. 1). La temperatura media de la pantalla ACN también fue menor en el periodo nocturno, pero similar durante el día (Fig.1; Tabla 1). La temperatura media de hoja fue inferior en ACN, tanto en el periodo nocturno como diurno en el periodo más frío, y también durante la noche en el periodo más cálido (Fig.1). Como consecuencia existe un mayor riesgo de condensación sobre la superficie de cubierta, pantalla y hoja en ACN, aunque los meses más críticos son abril y mayo al combinarse mayores niveles de radiación solar con mañanas frías (Perales et al., 2003).

En la cámara formada entre la cubierta y la pantalla fija la temperatura media también fue menor para ACN. La temperatura media nocturna del aire a 2m en ACN fue inferior en el periodo más frío, pero similar al inicio del cultivo. Sin embargo la temperatura media diurna del aire a 2m en ACN fue mayor en la fase de cultivo más fría (Tabla 1). El incremento de temperatura del suelo debido al uso del acolchado negro como captador de energía supuso un decremento en la temperatura del aire a 2m, pero la menor diferencia obtenida se debió al uso de la pantalla térmica que proporciona un microclima más homogéneo (Kittas et al., 2003) incrementando la temperatura en el ambiente y el cultivo durante el periodo diurno. Sin embargo la bajada de temperatura en la cámara ACN respecto al tratamiento control si fue mayor debido a la mayor energía captada por el suelo acolchado y al efecto de la pantalla térmica fija.

Conclusiones

El acolchado negro aumentó, de forma significativa, la temperatura en la zona de raíz durante el periodo nocturno y diurno en los meses más fríos. La temperatura del aire del invernadero a nivel de cultivo (2,6 m) fue similar en ambos tratamientos. .

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (FEDER) mediante los proyectos AGL2007-64143/AGR y RTA2012-00039-C02-02.

Tablas

Tabla 1. Temperatura media durante el periodo frío (Ene-Feb-Mar) a las 6 am y 2 pm

T (°C)	6 am	2 pm
--------	------	------

	Control	ACN	ΔT	Control	ACN	ΔT
$T_{cubierta}$	7,3	6,5	-0,8	18,3	17,5	-1,2
$T_{aire-cámara}$	8,3	7,2	-0,9	21,9	20,5	-1,4
$T_{pantalla}$	9,7	8,7	-1,0	24,2	24,3	0,1
$T_{aire-cultivo}$	9,9	9,3	-0,6	24,3	25,0	0,7
T_{hoja}	10,3	9,2	-1,1	24,1	23,8	-0,3
$T_{sustrato}$	14,0	15,8	1,8	15,0	15,9	0,9
$T_{suelo 0,01}$	12,7	15,4	2,7	23,0	24,1	1,1
$T_{suelo 0,25}$	17,5	18,6	1,1	17,3	19,0	1,7

Figuras

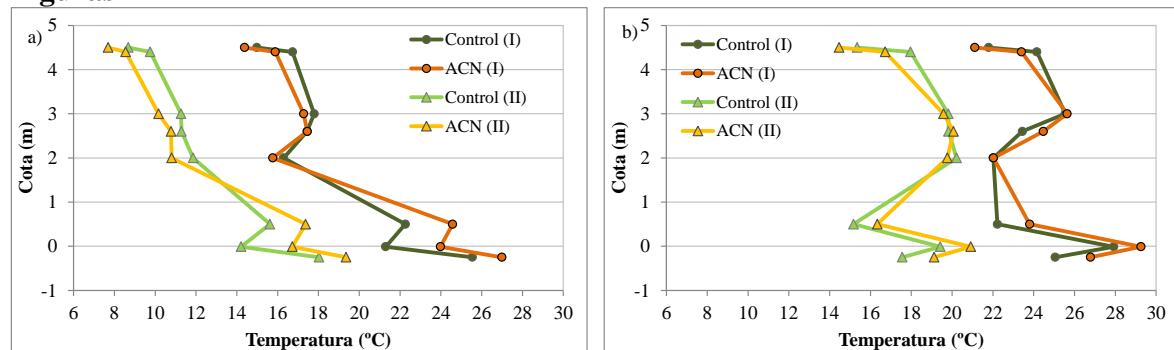


Figura 1. Perfil de temperaturas en invernadero media nocturna (a) y diurna (b) para los tratamientos Control y ACN en los meses de Oct-Nov (Fase I) y Dic-Ene-Feb (Fase II). Cotas: Suelo a 25 m de profundidad (-0,25 m), suelo a 0,01 m de profundidad (-0,01 m), sustrato (0,20 m), hoja (2,00 m), aire (2,60 m), pantalla (3,00 m), aire en cámara (4,35 m) y cubierta (4,5 m).

Bibliografía

- Baille A., López J.C., Bonachela S., González-Real M.M., Montero J.I. 2006. Night energy balance in low-cost plastic greenhouse. *Agric. For. Meteorol.* 137: 107-118
- Bartzanas T., Tchamitchian M., Kittas C. 2005. Influence of the heating method on greenhouse microclimate and energy consumption. *Biosyst. Eng.* 91(4): 487-499
- Bonachela S., Granados M.R., López J.C., Hernández J., Magán J.J., Baeza E.J., Baille A. 2012. How plastic mulches affect the thermal and radiative microclimate in an unheated low-cost greenhouse. *Agric. For. Meteorol.* 152: 65-72
- Castilla N., Hernández J. 2005. The plastic greenhouse industry in Spain. *Chron. Hortic.* 45: 15-20
- Céspedes A., García M.C., Pérez-Parra J.J., Cuadrado I.M. 2009. Caracterización de la Explotación Agrícola Almeriense. Ed. Cuadrado I.M. FIAPA, Almería.
- Lamont W.J. 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. *Hort. Tech.* 3: 35-39
- Kittas C., Katsoulas N., Baille A. 2003. Influence of an aluminized thermal screen on greenhouse microclimate and canopy energy balance. *Transactions of the ASAE* 46 (6): 1653-1663
- López J.C., Baille A., Bonachela S., Pérez-Parra J.J. 2008. Analysis and prediction of greenhouse green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in a Mediterranean climate. *Biosyst. Eng.* 100: 86-95
- Perales A., Perdigones A., García J.L., Montero J.I., Antón A. 2003. El control de la condensación en invernaderos. *Revista Horticultura* 168: 14-19