



CONSUMOS ENERGÉTICOS DE CALEFACCIÓN EN INVERNADEROS CON CUBIERTA DE PLÁSTICO Y CRISTAL EN ALMERÍA

Juan J. Magán
Juan C. López
Javier Cabrera
Jerónimo Pérez-Parra
Esteban Baeza

Se autoriza la reproducción íntegra o parcial
citando su procedencia: Estación Experimental de
Cajamar 'Las Palmerillas'

3^{er} Congreso Nacional de Agroingeniería
León – España
21-24 septiembre 2005

Consumos energéticos de calefacción en invernaderos con cubierta de plástico y cristal en Almería

Juan J. Magán, Juan C. López, Javier Cabrera, Jerónimo Pérez-Parra,
Esteban Baeza

*Estación Experimental de Cajamar Las Palmerillas, Autovía del Mediterráneo km 416,7
04710 El Ejido, Almería, Spain (jclh@cajamar.es)*

Resumen

La superficie ocupada por invernaderos de cristal en el área mediterránea es muy pequeña en relación con la correspondiente a invernaderos de cubierta plástica. Sin embargo, en los últimos años se ha producido un aumento en la incorporación de sistemas de control climático en los invernaderos con el fin de extender con éxito el periodo de cultivo, lo cual ha despertado el interés por el uso de invernaderos de cristal para la producción hortícola.

En el presente trabajo se ha comparado un invernadero tipo multitúnel con cubierta de plástico con un invernadero de cristal tipo venlo en las condiciones de Almería. Esta comunicación está centrada en la comparación de los consumos energéticos del sistema de calefacción.

El consumo energético del sistema de calefacción para mantener consignas de temperatura similares fue muy parecido en ambos invernaderos. El uso de plástico o cristal como material de cubrimiento no afectó a las pérdidas de energía a través de la cubierta.

Palabras clave: calefacción, invernadero multitúnel, invernadero de cristal, pantalla de ahorro de energía.

Abstract

The surface occupied by glasshouses in the mediterranean basin is very low in relation to plastic greenhouses. However, in the last years the implementation of climate control facilities in the greenhouses to extend the growing season succesfully, has increased the interest in the use of glasshouses for horticultural production.

In the present work the performance of a multitunnel type greenhouse with plastic cover has been compared with the performance of a Venlo type glasshouse for the climate conditions of Almería. The present work is focussed on comparing energy consumptions of the heating system.

The energy consumption of the heating system, to maintain similar temperature settings was very similar for both greenhouses. The use of plastic or glass as covering material did not affect energy losses through the cover.

Keywords: heating system, multi-tunnel greenhouse, glasshouse, energy saving screen.

1. Introducción

En las zonas de clima mediterráneo, tradicionalmente se han utilizado invernaderos de bajo coste con cubierta de plástico y exentos de equipos de climatización [1], con el fin de aprovechar las bondades del clima para producir fuera de estación con un mínimo empleo de energía, de forma que las modificaciones inducidas en el microclima del invernadero resultan mínimas [2]. Sin embargo, las condiciones climáticas desarrolladas en el interior de estos abrigos distan mucho de ser óptimas [3]. Con el fin de mejorar dichas condiciones y aumentar la productividad de los cultivos, recientemente se están empezando a utilizar estructuras más herméticas con cerramiento a base de plástico tensado (multitúneles), las cuales permiten la incorporación más eficiente de equipamientos para el control del clima, como pueden ser los sistemas de calefacción. Frente a estos invernaderos se encuentran aquéllos que utilizan el cristal como elemento de cerramiento, los cuales se emplean en zonas más frías. La instalación de estos invernaderos de vidrio es muy escasa en el área mediterránea por la alta inversión que requieren aunque, debido a los altos rendimientos productivos que alcanzan en zonas frías, tiene interés evaluarlos en condiciones cálidas. Se plantea, por tanto, la comparación de ambos tipos de estructuras (multitúnel con cubierta de plástico y venlo con cerramiento de cristal) con el fin de conocer su nivel de eficiencia en áreas cálidas. En la presente comunicación se muestra un estudio comparativo entre ambas estructuras del consumo energético de calefacción.

2. Material y métodos

El experimento se realizó en la Estación Experimental de Cajamar “Las Palmerillas” (El Ejido, Almería) en dos invernaderos de 960 m² de superficie (40 x 24 m) con estructura y material de cerramiento diferentes, a saber, multitúnel de capilla gótica y cubierta de plástico de 200 µm de espesor con una absorción en el infrarrojo del 80 %, y venlo con cubierta de cristal de 4 mm de espesor. La superficie de cubierta de cada uno de los invernaderos era de 1622 y 1632 m², respectivamente, mientras que el volumen encerrado por las estructuras era de 5026 y 4848 m³, respectivamente. En la figura 1 se muestra un esquema de ambos invernaderos.

En las dos naves se cultivó tomate (*Lycopersicon esculentum* L. cv. Pitenza) en sacos de perlita de 40 litros de volumen. El transplante se realizó el día 26 de septiembre de 2003 a razón de 2 plantas m⁻² y el cultivo se mantuvo hasta el día 9 de julio de 2004, recolectándose en ramillete a partir del 16 de diciembre de 2003.

Ambos invernaderos estaban equipados con un sistema de calefacción de agua caliente con tuberías de polietileno y con una pantalla de ahorro de energía (100 % aluminizada) colocada en el interior del invernadero y sobre el cultivo (ver figura 2). La pantalla permanecía extendida durante el periodo nocturno, siempre que la temperatura del aire descendiese de 19 °C, y se recogía durante el diurno. Durante todo el experimento se mantuvo una temperatura mínima de consigna de calefacción de 18 °C en ambos invernaderos. Se instalaron psicrómetros ventilados para la medida de la temperatura del aire exterior (t_e) y de los invernaderos (t_i), así como contadores energéticos para la medida en continuo del consumo de energía procedente de la calefacción (Q_c).

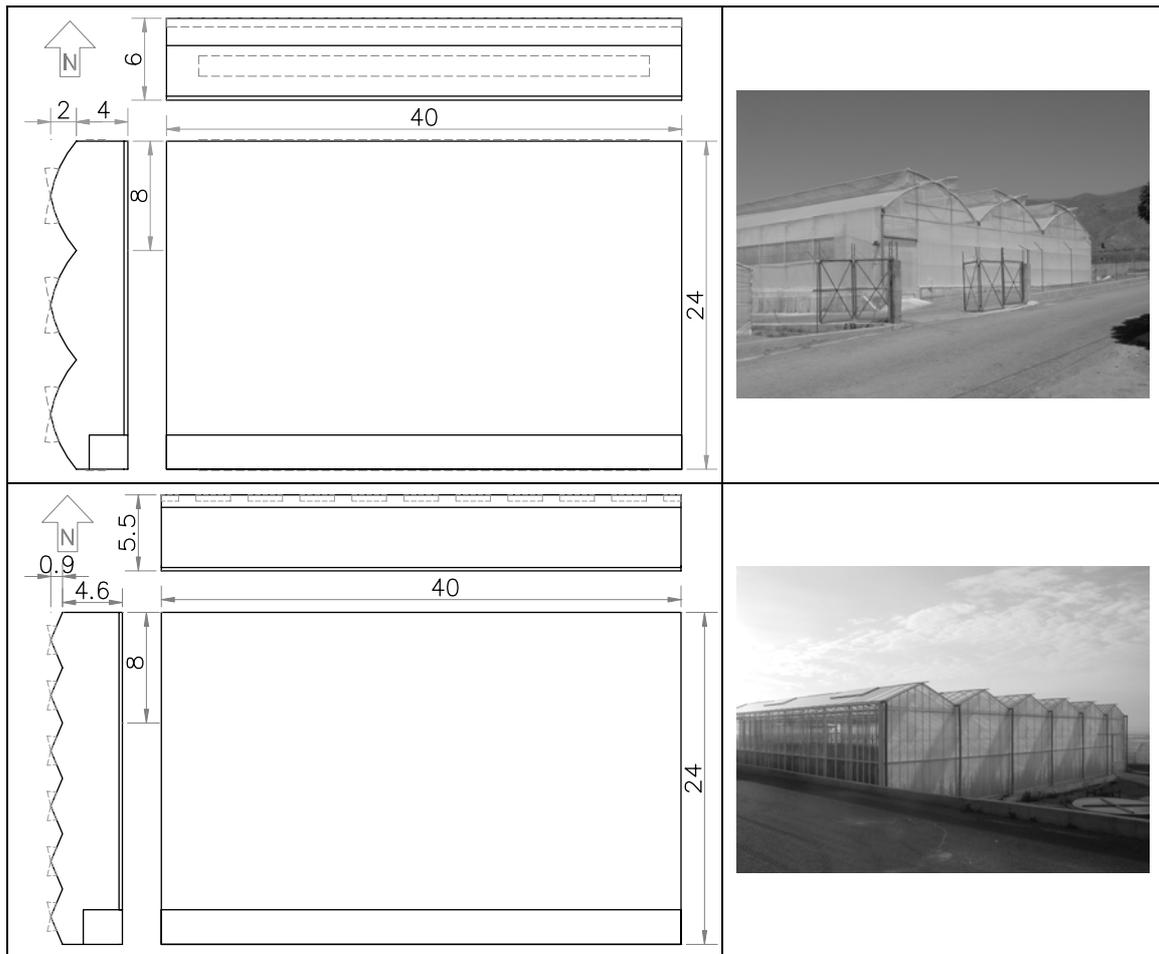


Figura 1 Esquema de cada uno de los invernaderos comparados (arriba multitúnel de plástico; abajo venlo de cristal). A la derecha se muestra una vista exterior de cada invernadero.

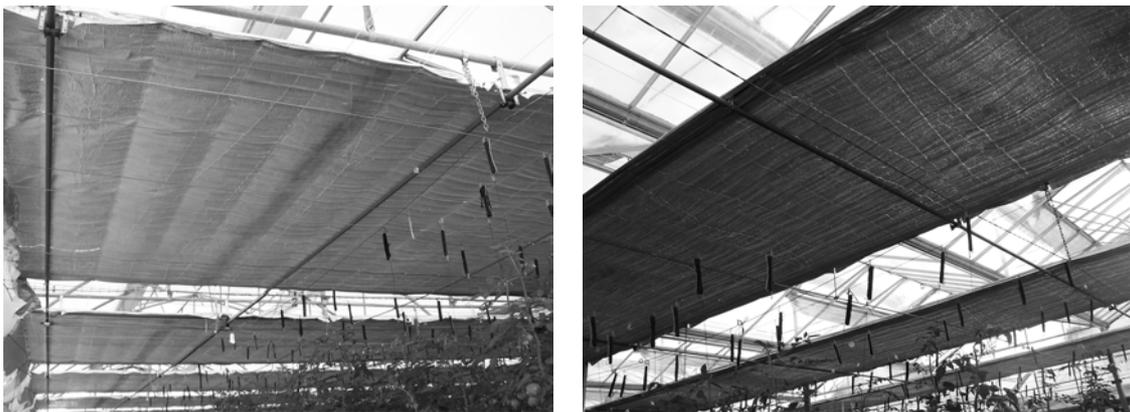


Figura 2 Vista de la pantalla de ahorro de energía en el invernadero multitúnel (izquierda) y en el venlo (derecha).

3. Resultados y discusión

La temperatura del aire durante el periodo nocturno fue muy similar en los dos invernaderos comparados (figura 3). Esto resulta lógico teniendo en cuenta que la temperatura de consigna de calefacción fue la misma en ambas naves. Tan sólo, puntualmente, se registraron valores hasta casi 2 °C superiores en el venlo respecto al multitúnel.

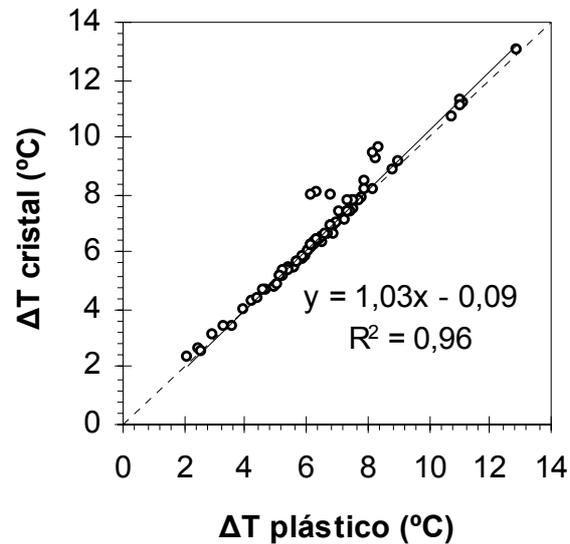


Figura 3. Relación entre los gradientes térmicos del aire referidos al interior y exterior del invernadero (ΔT) de los invernaderos comparados, en periodos nocturnos con temperatura estable, condiciones de viento en calma ($V_e < 2 \text{ m s}^{-1}$) y pantalla aluminizada extendida. Los puntos representan los valores medidos, la línea continua la relación lineal entre las variables relacionadas y la línea discontinua la relación 1:1.

En la figura 4 se muestra la relación entre la energía aportada por el sistema de calefacción para cada uno de los invernaderos. Se observa que, en las condiciones en las que se realizó el experimento, el aporte energético mediante calefacción fue prácticamente el mismo en ambos.

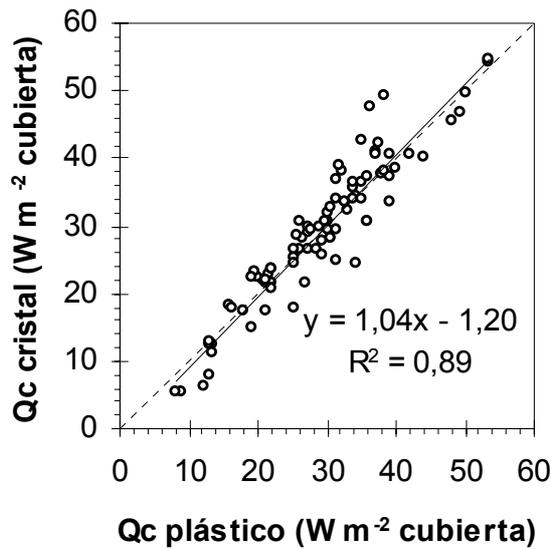


Figura 4. Relación entre la energía aportada por el sistema de calefacción (Q_c) para cada uno de los invernaderos comparados, en periodos nocturnos con temperatura estable, condiciones de viento en calma ($V_e < 2 \text{ m s}^{-1}$) y pantalla aluminizada extendida. Los puntos representan los valores medidos, la línea continua la relación lineal entre las variables relacionada y la línea discontinua la relación 1:1.

Representando gráficamente dicho aporte frente al gradiente térmico ($\Delta T = t_i - t_e$) conseguido para cada invernadero (figura 5), se obtuvieron buenas correlaciones lineales. Dichas correlaciones fueron semejantes, teniendo en cuenta que, estadísticamente, no existieron diferencias significativas, tanto entre las pendientes como entre las ordenadas en el origen de ambas. De este modo, puede establecerse la siguiente relación única: $Q_c = 4,93 \Delta T - 2,95$.

A la vista de estos resultados puede decirse que la pérdida de energía obtenida con los dos materiales de cubierta (estando la pantalla térmica extendida en ambos) fue muy similar. Este hecho se justifica dado que el coeficiente de pérdidas de calor de ambos materiales (plástico y cristal) es semejante, de $6,2 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ [4]. El menor consumo energético obtenido en el presente experimento respecto a los datos bibliográficos podría ser debido a que no han sido consideradas las aportaciones de energía del suelo, así como al uso de la pantalla térmica que, además de reducir las pérdidas por radiación, provoca una disminución de la superficie de cubierta efectiva del invernadero. Este último efecto podría haber ayudado, asimismo, a mitigar las diferencias entre materiales.

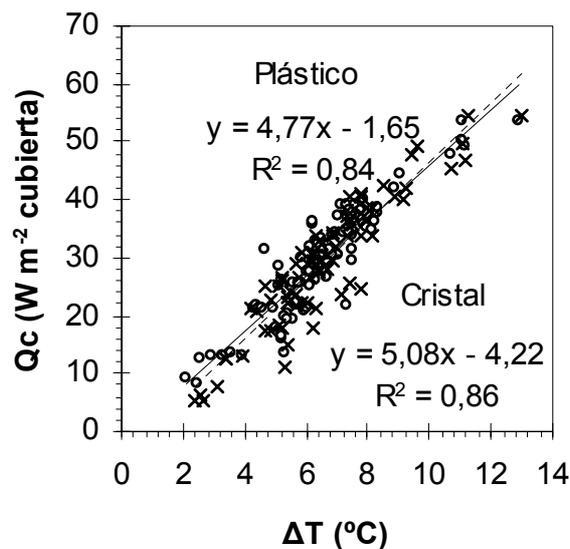


Figura 5. Relación entre la energía aportada por el sistema de calefacción (Q_c) y el gradiente térmico del aire para cada uno de ellos, en periodos nocturnos con temperatura estable, condiciones de viento en calma ($V_e < 2 \text{ m s}^{-1}$) y pantalla aluminizada extendida. Los puntos representan los valores medidos y las líneas las relaciones lineales entre Q_c y ΔT (continua multitúnel; discontinua venlo).

4. Conclusiones

Los resultados del presente estudio indican que el aporte energético que es necesario aplicar mediante calefacción para mantener el mismo gradiente térmico en los dos invernaderos comparados (multitúnel de plástico tensado y venlo con cubierta de cristal) es similar. De este modo, el empleo de plástico o cristal como material de cubierta no ha supuesto diferencias notables en cuanto a las pérdidas de energía se refiere.

5. Bibliografía

1. Castilla, N.; Hernández, J. Protected cultivation in the Mediterranean area. *Plasticulture*, 107: 13-20 (1995).
2. Monteiro, A. Greenhouses for mild-winter climates: goals and restraints. *Acta Horticulturae*, 263: 21-32 (1990).
3. Montero, J.I.; Castilla, N.; Gutiérrez de Rave, E.; Bretones, F. Climate under plastic in the Almería area. *Acta Horticulturae*, 170: 227-234 (1985).
4. ASAE. Heating, ventilating and cooling greenhouses. *EP4063 Mar98*: 674-682 (1998).