Comparación de dos estructuras de invernadero (cristal vs. plástico) equipadas con sistemas de control activo del clima

Magán J.J., López J.C., Escudero A. y Pérez-Parra J.
Estación Experimental de la Fundación Cajamar "Las Palmerillas". Apdo. 250, 04080 Almería. jjmagan@cajamar.es

Palabras clave: invernadero de cristal, invernadero multitúnel, *Lycopersicon esculentum*, tomate.

Resumen

Se presentan los resultados de un estudio comparativo entre dos estructuras de invernadero, uno tipo multitúnel con cubierta de plástico y otro tipo venlo de cristal. Ambas estructuras disponían del mismo equipamiento para el control activo del clima. Se realizó un cultivo de tomate de ramillete en sacos de perlita entre finales de septiembre y principios de julio.

La temperatura media registrada en el invernadero venlo (20,4ºC) fue ligeramente mayor que la del multitúnel (19,7ºC), como consecuencia del mayor calentamiento experimentado por el primero durante el periodo diurno. El déficit de presión de vapor máximo diario fue similar en los dos invernaderos durante todo el cultivo salvo al inicio, cuando aún no estuvo disponible el sistema de nebulización y dicho parámetro resultó claramente mayor en el venlo. La producción tanto total como comercial acumulada al final del experimento fue significativamente mayor en el invernadero multitúnel (27,5 frente a 25,4 kg m^{-2} respecto a la producción total y 26,6 frente a 23,8 kg m^{-2} en cuanto a la comercial). Esto fue consecuencia del mayor peso medio del fruto obtenido en dicho invernadero ya que no se obtuvieron diferencias significativas en el número de frutos. En el tramo final del experimento tuvo lugar una aparición significativamente mayor de frutos con necrosis apical en el venlo, lo que condujo a una mayor producción de destrío.

INTRODUCCIÓN

El sistema productivo bajo invernadero en Almería se basa, al igual que los desarrollados en otras zonas con inviernos relativamente suaves, en la utilización de un mínimo de energía, lo cual genera para la mayoría de las especies cultivadas unas condiciones microclimáticas subóptimas (Castilla, 1994). De esta forma, se trata de obtener una producción aceptable fuera de estación al menor coste posible aprovechando las bondades del clima.

Sin embargo, en la actualidad la horticultura almeriense se está enfrentando a diversos retos, como son, principalmente, la entrada en competencia de nuevas zonas productoras en los mercados internacionales y la concentración de la demanda. Ante ello, parece necesaria una mejora de la comercialización y un aumento de la productividad y la calidad a través de la incorporación de mejoras tecnológicas. En este sentido, uno de los aspectos en los que más cabría incidir es el control climático, el cual ha experimentado una escasa evolución en Almería hasta hoy día.

La incorporación de sistemas de control activo del clima de manera eficiente requiere disponer de invernaderos más herméticos y automatizados que los típicos parrales existentes en el sureste. Una alternativa la constituyen los invernaderos

multitúneles de cubierta plástica que, tradicionalmente, se han empleado en la zona en semilleros debido a su mayor nivel tecnológico, pero que poco a poco empiezan a utilizarse en explotaciones agrícolas comerciales. Otra posibilidad es el uso de invernaderos con cubierta de cristal típicos del norte de Europa, donde alcanzan elevadas productividades, aunque conllevan una inversión inicial considerablemente mayor.

Con el fin de conocer las posibilidades de uso de este tipo de estructuras en el sureste peninsular, se plantea un estudio comparativo entre ambas. En la presente comunicación se muestran algunos resultados obtenidos referentes a la producción de un cultivo de tomate y a las condiciones climáticas desarrolladas en cada uno de los invernaderos comparados.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar "Las Palmerillas", situada en El Ejido (Almería). Se utilizaron dos invernaderos de 960 m^2 de superficie cada uno (40 x 24 m), con estructura y material de cerramiento diferentes, que fueron: 1) multitúnel de capilla gótica y cubierta de plástico de 200 μm de espesor con una absorción en el infrarrojo del 80 %, y 2) venlo con cubierta de cristal de 4 mm de espesor. Ambos invernaderos tenían una superficie de cubierta y un volumen interior similar y estaban equipados con los mismos sistemas para el control activo del clima: calefacción de agua caliente por tubería de polietileno, sistema de inyección de CO_2 por tubería microperforada, pantalla para ahorro de energía 100% aluminizada colocada en el interior de los invernaderos, pantalla para sombreo 50% aluminizada dispuesta en una estructura exterior sobre los invernaderos y fogsystem.

En las dos naves se cultivó tomate (*Lycopersicon esculentum* L. *cv*. Pitenza) en sacos de perlita de granulometría 0-6 mm de 40 litros de volumen. El transplante se realizó el día 26 de septiembre de 2003 a razón de 2 plantas m^{-2} en tacos de lana de roca de 7,5 x 7,5 cm y el cultivo se mantuvo hasta el día 9 de julio de 2004, recolectándose en ramillete a partir del 16 de diciembre de 2003.

En cada invernadero se instaló un psicrómetro ventilado para la medida de la temperatura seca y húmeda del aire, lo que permitió calcular el déficit de presión de vapor (DPV). Dicho psicrómetro se fue variando en altura conforme crecía el cultivo, de forma que siempre se mantuvo junto al ápice de las plantas. La producción del cultivo se controló sobre 4 repeticiones de 18 plantas cada una por invernadero. Una o dos veces por semana se recolectaban los frutos en forma de ramillete, eliminando aquellos frutos considerados no comerciales. Los ramilletes resultantes se clasificaron en tres tipos, que fueron: tipo A) ramillete de 5 frutos o más dispuestos alternativamente a uno y otro lado del raquis, tipo B) ramillete de 4 frutos y con buena disposición respecto al raquis, y tipo C) ramillete de 3 frutos o más pero sin estar dispuestos alternativamente como los tipos anteriores o con defectos aceptables de forma, color, etc. Los ramilletes con 1 ó 2 frutos se contabilizaron como frutos sueltos. En cada repetición se controló el número de frutos y ramilletes y el peso fresco de la producción tanto comercial como de destrío.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios de temperatura y DPV del aire obtenidos durante el experimento en cada uno de los invernaderos, así como en el exterior, se muestran en la Tabla 1. Se observa que la temperatura registrada en el venlo fue ligeramente mayor que

la del multitúnel (0,7ºC por término medio), lo cual se debió al mayor calentamiento del primero durante el día (Fig. 1), como consecuencia de su mayor transmisividad a la radiación (datos no mostrados) y su menor superficie de ventilación (13,4 frente al 37,3% de la superficie invernada). Los valores de temperatura máxima diaria registrados en el invernadero multitúnel debieron resultar menos estresantes para el cultivo que los correspondientes al venlo, teniendo en cuenta que en el primero apenas se rebasaron los 30ºC durante todo el experimento, mientras que en el segundo se superaron claramente (alcanzándose 35ºC en algunos días) al principio del cultivo (hasta mediados de octubre), así como al final del mismo (durante junio y julio).

En cuanto al DPV del aire, las diferencias registradas entre invernaderos fueron menos acentuadas que las correspondientes a la temperatura, debido a la activación del sistema de nebulización. Sin embargo, al principio del cultivo (cuando aún no estuvo disponible dicho equipamiento) se llegaron a registrar valores máximos diarios muy superiores en el venlo (entre 2,5 y 5 kPa aproximadamente) que en el multitúnel (entre 1,5 y 3 kPa). Una vez en uso el fogsystem (a partir de mediados de octubre), el DPV máximo diario se mantuvo por debajo de 2 kPa, salvo en el último mes de cultivo, en el que puntualmente se alcanzaron valores superiores a 3 kPa (aunque de forma similar en ambos invernaderos), como consecuencia de la obturación de numerosas boquillas del sistema de nebulización.

La producción de fruto acumulada obtenida en el invernadero multitúnel al final del experimento fue significativamente mayor que la del venlo (Tabla 2). Esto se debió a que el peso medio del fruto fue significativamente mayor en el primero (87 frente a 78 g fruto^{-1}, considerando únicamente los frutos comerciales), puesto que no hubo diferencias significativas respecto al número de frutos. De acuerdo con de Koning (1994), la mayor temperatura registrada en el venlo debió acortar el periodo de desarrollo de los frutos y adelantar su maduración, lo que a su vez podría haber repercutido en el tamaño final. En este sentido, dicho invernadero tendió a mostrar una mayor precocidad, teniendo en cuenta que, al inicio del periodo de recolección, su producción se situó por delante de la del multitúnel (Fig. 2). La mayor velocidad de desarrollo del cultivo en el invernadero venlo también se manifiestó en el hecho de que el número total de frutos recolectados resultó algo mayor (aunque no de forma significativa) en dicho invernadero; lo mismo sucedió con el número de ramilletes (52,4 frente a 51,9 ud m^{-2}).

Por lo que respecta a la producción no comercial, ésta fue poco notable durante buena parte del experimento gracias a la operación de pinzado de ramilletes realizada. Sin embargo, a partir de los 240 días después del transplante aproximadamente (finales de mayo) tuvo lugar un incremento notable, especialmente en el invernadero venlo, como consecuencia de la apreciable aparición de frutos con necrosis apical. La mayor presencia de esta fisiopatía en dicho invernadero podría ser debida a la mayor temperatura registrada ya que ésta determina un crecimiento más rápido del fruto (Pearce y col., 1993), lo que lo hace más sensible a la misma (Adams y Ho, 1993).

Los resultados obtenidos desmienten la supuesta mayor productividad del invernadero venlo respecto al multitúnel derivada de su mayor transmisividad a la radiación. Será necesario realizar nuevos ensayos con el fin de corroborar y justificar estos resultados.

Referencias

Adams, P. y Ho, L.C. 1993. Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. Plant and Soil, 154: 127-132.

Castilla, N. 1994. Greenhouse in the mediterranean area: technological level and strategic management. Acta Horticulturae, 361:44-56.

Koning, A.N.M. de. 1994. Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. Tesis doctoral, Universidad de Wageningen, Wageningen, 240 pp.

Pearce B.D.; Grange, R.I. y Hardwick, K. 1993. The growth of young tomato fruit. I. effects of temperature and irradiance on fruit grown in controlled environments. Journal of Horticultural Science, 68(1): 1-11.

Tablas

Tabla 1 Valores medios para todo el ciclo de cultivo de temperatura (ºC) y déficit de presión de vapor (DPV, kPa) diario, diurno, nocturno, máximo y mínimo correspondientes a cada uno de los invernaderos, así como en el exterior.

	Exterior	Multitúnel	Venlo
Temperatura media diaria	16,1	19,7	20,4
Temperatura media diurna	18,2	21,4	22,5
Temperatura media nocturna	14,1	17,9	18,2
Temperatura media máximas	21,0	24,9	26,4
Temperatura media mínimas	11,8	16,4	16,8
DPV medio diario	0,6	0,6	0,6
DPV medio diurno	0,9	0,8	0,8
DPV medio nocturno	0,4	0,4	0,4
DPV medio máximos	1,4	1,3	1,4
DPV medio mínimos	0,1	0,2	0,2

Tabla 2 Producción fresca de fruto (kg m^{-2}) y número de frutos (Ud m^{-2}) total, comercial y de destrío, así como de cada una de las categorías comerciales correspondiente a cada tratamiento. n.s., *, **: diferencias no significativas de acuerdo con el análisis de la varianza, $p < 0,05$, $p < 0,01$.

Tratamientos	Producción total	Producción comercial					Destrío
		Ram. A	Ram. B	Ram. C	Sueltos	Total	
Multitúnel	27,5	24,6	0,6	1,3	0,1	26,6	0,9
Venlo	25,4	21,5	0,8	1,2	0,3	23,8	1,6
	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.

Tratamientos	Nº total de frutos	Nº frutos comerciales					Nº frutos destrío
		Ram. A	Ram. B	Ram. C	Sueltos	Total	
Multitúnel	319	282	7	14	1	305	14
Venlo	332	277	10	15	3	305	27
	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*

Figuras

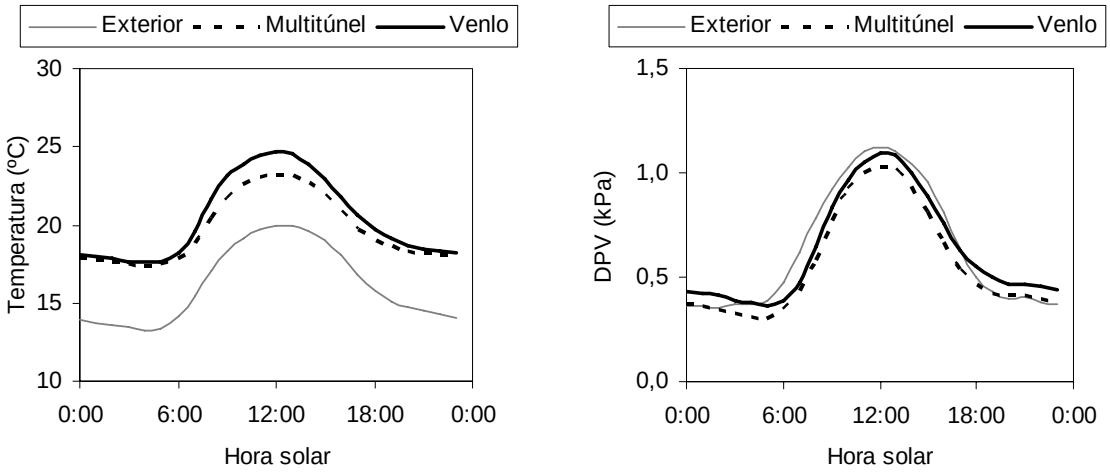

Fig. 1 Evolución de la temperatura y el déficit de presión de vapor (DPV) a lo largo del día medio en cada uno de los invernaderos, así como en el exterior.

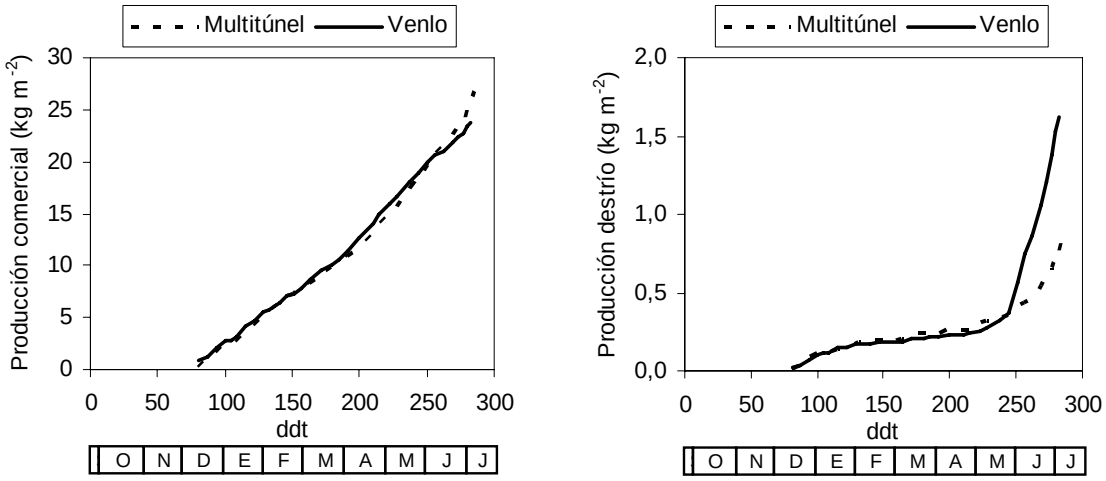

Fig. 2 Evolución de la producción comercial y de destrío a lo largo del experimento en cada uno de los invernaderos.