

Sistemas de ventilación cenital utilizados en los invernaderos

La implantación de estos sistemas en Almería es fundamental por resultar insuficiente la ventilación lateral

En el presente artículo se presentan los principales sistemas de ventilación cenital que se están implantando en los invernaderos de Almería. Por un lado, empiezan a construirse grandes invernaderos cuyos diseños proceden de centro Europa, como los de tipo Venlo de cristal, de uso generalizado en Holanda; o los tipo multitúnel con cubierta plástica, de gran implantación en la cuenca mediterránea francesa.

Diego Valera, Francisco Molina y Jesús Gil.
Departamentos de Ingeniería Rural de las Universidades de Almería y Córdoba.

Estos invernaderos presentan la ventaja de su mayor hermeticidad y la posibilidad de introducir fácilmente cualquier sistema de control climático, como pantallas térmicas y mallas de sombreo, sistemas de calefacción, inyección de CO₂ y sistemas de refrigeración por evaporación de agua.

Los invernaderos multitúnel presentan problemas en la sujeción del plástico ante fuertes vientos, como los que predominan en la provincia de Almería, lo que está suponiendo un grave inconveniente para su implantación masiva en la zona. El principal problema que presentan los invernaderos Venlo es su elevado precio debido a la utilización del cristal. Actualmente los invernaderos de este tipo que se están construyendo en Almería se limitan a grandes empresas holandesas que se están implantando en la zona.

La proliferación de este tipo de estructuras dependerá en gran medida de su adaptación a las condiciones climáticas locales y de los resultados económicos que se obtengan. Su elevado precio se podría compensar con el ahorro que supone no tener que renovar la cubierta de cristal, como ocurre en el caso del

plástico, y con una mayor productividad de los cultivos. No obstante, es relevante mencionar el elevado margen comercial de que disponen estas empresas, ya que venden directamente el producto en destino, saliéndose de los circuitos comerciales tradicionales de comercialización. La seguridad de la venta a un precio justo y el mencionado margen comercial no son mecanismos disponibles actualmente para el agricultor normal de la zona. Más importante que la necesaria incorporación de tecnología al invernadero es la mejora en la comercialización. El agricultor debe saber a priori el precio mínimo de su cosecha. Con los sistemas actuales de comercialización y la atomización de la misma, esto es imposible.

Por otro lado, persisten los tradicionales invernaderos tipo parral de Almería. En los últimos años se ha producido un progresivo abandono de las estructuras planas, debido a la dificultad que éstas presentan para la implantación de sistemas de control y mejora ambiental, aunque suponen más del 60% de la superficie protegida en Almería, mientras que los invernaderos de tipo "en raspa y amagado" siguen aumentando en número y superficie. Estos últimos han sufrido dos adapta-

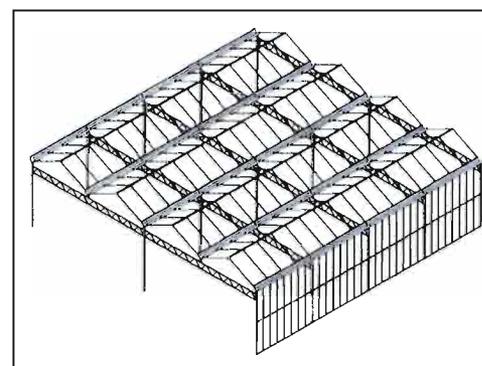


Fig.1. Estructura de un invernadero tipo Venlo.

ciones que han mejorado enormemente sus prestaciones:

- Por un lado, la sustitución de los apoyos de madera por tubos de hierro galvanizado, que ha permitido aumentar la altura máxima de los invernaderos hasta 4-5 m.

- Por otro, la implantación de ventanas cenitales de accionamiento automatizado, que posibilita la utilización de programas de gestión integral del clima.

El motor del cambio de los parámetros ambientales en el interior del invernadero es la



Fig.2: Vista de una ventana cenital de un invernadero tipo Venlo situado en Almería.

ventilación del mismo. Mediante ella se altera la temperatura, la humedad y la concentración de determinados gases, como el CO₂, todos ellos de esencial importancia para el desarrollo de los cultivos.

Hoy día se está produciendo un intento a nivel europeo de normalizar el diseño de los invernaderos, para regular la construcción de los mismos. Sin embargo hay que considerar las condiciones peculiares de cada zona. El clima local, esencialmente el régimen térmico y el de vientos, es el principal factor que determina el diseño de los invernaderos.

Las condiciones climáticas externas bajo las cuales operará el invernadero y el cultivo, para el que es utilizado, definirán las necesidades de ventilación. Si las condiciones climáticas imponen una gran eficiencia de ventilación como un requerimiento básico del invernadero, como es el caso de la franja costera de Almería, se deben considerar varias especificaciones básicas (adaptado de Elsner et al., 2000):

- Se debe mantener una alta tasa de renovación de aire bajo el máximo de condiciones meteorológicas. Los invernaderos deberían tener sistemas de ventilación que permitan la renovación del aire tanto por efecto del viento (que provoca diferencias de presión), como por gradientes térmicos, por lo que son necesarias ventanas cenitales y laterales.

- Las ventanas deben diseñarse de forma que aseguren la máxima estanqueidad cuando están cerradas. De esta forma se previenen las pérdidas de calor durante las noches frías. Por otra parte, es necesaria la instalación de sistemas (a modo de alerones), como el de las ventanas abatibles, que mejoren la captación de aire incluso con bajas velocidades de viento.

- El tamaño de las ventanas debe ser compatible con la capacidad de la estructura y las características del material de cubierta. Las ventanas no deben debilitar la estabilidad estructural del invernadero.

- Se debe limitar la reducción de la transmisión de luz por el efecto de sombreo producido por los mecanismos de ventilación, para lo cual es recomendable incorporar éstos a la estructura ya existente.

- El diseño de las ventanas debe conseguir la protección del cultivo de la lluvia directa, aún cuando éstas estén abiertas.

Principales sistemas de ventilación cenital

Invernaderos de tipo Venlo

Los invernaderos de tipo Venlo (Fig.1) están especialmente diseñados para ser construidos con placas de cristal. El espesor del vidrio es estándar, de 4 mm y se sujeta por



Fig.3: Ventana cenital de medio arco en un invernadero multitúnel.

los cuatro lados a la estructura, con un ancho máximo de 1,125 metros. La ventilación cenital se realiza mediante ventanillas consistentes en 2 ó 3 vidrios, con una profundidad de 82, 100 ó 120 cm, que giran sobre un eje situado en cumbre. Las aberturas se disponen generalmente de forma discontinua, alternando los dos lados de la cumbre del invernadero. El ángulo máximo de apertura en este tipo de ventanas es algo superior a 40°.

El sistema de apertura y cierre de las ventanillas puede ser mediante un mecanismo de balanceo o mediante un sistema de tubo-raíl que se coloca sobre las vigas transversales de celosía que componen la estructura. En los invernaderos de este tipo construidos en Almería se ha utilizado el segundo sistema, al presentar la ventaja de no aumentar la sombra que producen los elementos que componen la estructura sobre el cultivo (Fig. 2).

Invernaderos multitúnel o de tipo industrial

Al ser invernaderos típicos del sur de Europa están equipados con ventanas de gran longitud (de hasta 100 m). Las ventanas consisten en partes del techo que se abren hacia el exterior. En la mayoría de los diseños las ventanas cenitales constituyen la mitad del techo (Fig. 3), que gira alrededor del eje de cumbre y cierra sobre las canales, por lo que se suelen denominar ventanas "de medio arco".

En otros casos se utilizan ventanas más pequeñas de forma que sólo ocupan una pequeña parte del techo, alrededor del mismo. El cierre se realiza sobre una correa longitudinal de sujeción del plástico, comúnmente

denominada "omega" por su forma. Con este sistema, denominado "supercentit" se intenta situar la abertura de ventilación a una mayor altura, con la doble intención de mejorar la eficacia de la ventilación, al estar más cercana a la cumbre, y evitar la entrada de insectos vectores de enfermedades víricas que, por lo general, vuelan a menor altura.

Este último sistema presenta el inconveniente de la dificultad de realizar un cierre hermético que evite la entrada del agua de lluvia que se desliza por la cubierta del invernadero.

En las dos variantes de ventanas, la apertura se realiza mediante cremallera y piñón, que se eleva o desciende girando alrededor de un eje directamente accionado por motores eléctricos. La apertura se suele cubrir con mallas anti-insectos lo que dificulta la circulación del aire a través de la ventana.

Invernaderos en raspa y amagado

Los invernaderos tipo raspa y amagado (Fig. 4) están siendo equipados con pequeñas ventanas cenitales colocadas en cumbre a lo largo del invernadero, en algunas o todas las raspas (cumbres) de éste. Los agricultores han tomado conciencia de la importancia de disponer de adecuadas tasas de renovación de aire.

Las ventanas están constituidas por una pequeña estructura metálica, unida a la malla de alambres de la estructura del invernadero mediante un eje de giro y las bridas de apoyo de las barras de mando, que accionan las ventanas mediante un sistema de piñón y cremallera. El plástico se sujeta al marco de la ventana mediante una pequeña malla auxiliar.



Fig.4: Invernadero tipo raspa y amagado con ventanas cenitales.

Otro tipo de ventana cenital que se puede encontrar en algunos de los invernaderos en raspa y amagado está constituida por una estructura metálica situada en el exterior de la cubierta sobre la cumbrera, que permite abrir las ventanas al hacerlas girar alrededor de un lateral hasta que el lado opuesto llega a coincidir con la parte más alta de la estructura. Este sistema tiene la ventaja de no necesitar un mecanismo de piñón cremallera, ya que mediante un simple cable de acero y una polea se hace subir la ventana hasta el tope de la estructura.

En estos invernaderos la ventilación se ha realizado tradicionalmente mediante un hueco de 0,5-1 m de anchura en el plástico de la cubierta, en la vertiente de sotavento de la cumbrera, en el que se coloca tela mosquiteira (Fig. 5). Así se obtiene una abertura de ventilación permanente. Para evitar problemas originados por el agua de lluvia al caer sobre el cultivo, la franja abierta se hace coincidir con un pasillo de servicio donde no hay plantas.

Eficiencia de la ventilación cenital

El estudio de la ventilación de los invernaderos ha experimentado gran auge en los últimos años. La determinación de la tasa de renovación de aire del invernadero, es decir el número de veces que todo el volumen de aire del invernadero se renueva por unidad de tiempo, se puede determinar experimentalmente mediante la técnica del gas trazador. Esta técnica consiste en aumentar la concentración de un gas (normalmente CO₂ en el caso de invernaderos) cerrando las ventanas y distribuyéndolo en el interior hasta un valor

elevado conocido, para posteriormente abrirlas y estudiar el descenso de la concentración de dicho gas con el tiempo. La velocidad de descenso de la concentración está directamente relacionada con la tasa de renovación.

Actualmente también se puede modelar el comportamiento climático del invernadero mediante dinámica computacional de fluidos, a través de programas informáticos comerciales tales como Fluent y ANSYS. Partiendo de las geometrías del invernadero y del dispositivo de ventilación, así como de variables de contorno tales como temperaturas, velocidades y dirección del viento en puntos conocidos, permiten simular las variaciones microclimáticas en cada punto del invernadero.

Los resultados muestran una mala ventilación de los invernaderos en general, por lo que se deben mejorar los dispositivos de ventilación, utilizando en los casos necesarios la ventilación forzada a través de extractores.

La superficie de abertura de ventilación junto con la velocidad del viento explican en su mayor parte la variación de la tasa de intercambio de aire. Las principales fuerzas conductoras de la ventilación natural son, en primer lugar, el campo de presiones creado por la interacción de la estructura y el flujo del viento y, en segundo lugar, la fuerzas de flujo causadas por las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior.

El efecto del viento es considerado el más importante, tanto en los invernaderos equipados únicamente con ventanas cenitales como en los invernaderos con ventilación cenital y lateral. En todos los tipos de invernaderos se han obtenido valores de velocidad límite, a partir de la cual el efecto del viento es predominante y el efecto de flotabilidad tér-

mica del aire puede ser despreciado. Su efecto tiene dos componentes: uno estático, ligado al campo de presiones sobre la cubierta del invernadero, y otro turbulento, ligado a la turbulencia del viento a lo largo de la abertura de ventilación.

El efecto estático da lugar a una distribución de presiones vertical y horizontal, respectivamente, entre las ventanas laterales y cenitales, y entre el barlovento y sotavento dentro de una misma ventana (Boulard et al., 1997). Además, es necesario considerar el efecto "chimenea", resultante de la flotabilidad del aire por efecto de la diferencia de temperatura, y la distribución vertical de las presiones estáticas entre el interior y exterior del invernadero. El efecto "chimenea" produce como resultado un flujo hacia el interior del aire, en la parte inferior de la abertura (o en la ventana a menor altura) y un flujo hacia el exterior en la zona superior de la ventana (o en la ventana situada a mayor altura).

El efecto "chimenea" tiene especial importancia cuando están abiertas las ventanas laterales y cenitales simultáneamente con velocidades de viento casi nulas. Pero presenta el inconveniente de que la entrada de aire al invernadero por zonas bajas (las bandas del mismo) es más deficiente, desde el punto de vista del control fitosanitario, que la entrada por la parte superior (ventanas cenitales). Lo que en la práctica limita cada vez más la ventilación a través de las bandas (ventilación lateral).

El diseño de las ventanas es un factor importante en la eficiencia de la ventilación, siendo más eficaces las de tipo continuo en toda la longitud de la cumbrera que las discontinuas, utilizadas por ejemplo en los invernaderos de tipo Venlo convencionales. En este sentido, los nuevos invernaderos de cristal, tipo Venlo, construidos en el levante de la provincia de Almería, disponen de ventilación cenital mediante ventanas rectangulares continuas, en vez de las discontinuas clásicas en este tipo de estructuras.

El 87,8% de las aberturas de ventilación de los invernaderos están cubiertas con tela mosquiteira (Valera et al., 1999). Esta malla anti-insectos, normalmente de polietileno, dificulta la entrada del aire especialmente para bajas velocidades de viento, lo que provoca déficits importantes de la concentración de CO₂ necesario para realizar la fotosíntesis, así como de equilibrios térmicos e higrométricos.

En el sudeste peninsular, la apertura de las ventanas cenitales se hace fundamentalmente en función de la velocidad del viento, de forma que para vientos superiores a 4-5 m/s se reduce el grado de apertura en un 80-90% y a partir de vientos de 15-20 m/s se cierran las ventanas, dejando una pequeña

apertura del 1-2% para evitar sobrepresiones ante una entrada brusca de aire en el invernadero. Esta medida limita la efectividad de la ventilación aunque se hace necesaria para evitar problemas de rotura del plástico.

Conclusiones

La optimización de las estructuras de los invernaderos, considerando las condiciones climáticas locales, sigue siendo un desafío para los diseñadores, no sólo desde el punto de vista tecnológico sino también desde el punto de vista económico.

La implantación de ventilación cenital es una de las principales necesidades en los invernaderos de Almería, dado que su gran anchura, en torno a 50 m, hace insuficiente la ventilación lateral, sobre todo en cultivos de porte alto, como el tomate, donde se dificulta aún más la circulación del aire dentro del invernadero. En Almería sólo el 36,3% de los invernaderos disponen de ventilación cenital, aunque dicho porcentaje va en aumento.

En Almería tan sólo un 4,1% de los invernaderos alcanzan una superficie máxima de ventilación superior al 15% de la superficie

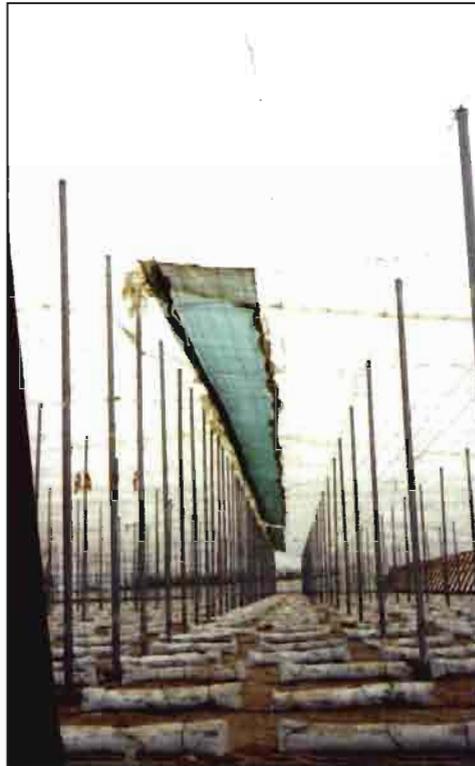


Fig.5: Abertura de ventilación cenital en un invernadero tipo raspa y amagado.

de suelo cubierta. Los valores medios de superficie de ventilación son próximos al 9% en el conjunto de los invernaderos de Almería, muy lejanos al 30 % recomendado en la bibliografía.

En zonas áridas como Almería, la obligada introducción de mallas contra insectos, que disminuyen la eficiencia de la ventilación, hace necesario un importante aumento en el tamaño de las ventanas, o una mejora en la geometría de las mismas, no descartando el uso de ventilación forzada para obtener tasas de renovación adecuadas. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Boulard T., Feuilloley P. y Kittas C., 1997.- Natural ventilation performance of six greenhouse and tunnel types. J. agric. Engng Res., 67: 249-266.
- Elsner von B., Briassoulis D., Waaijenberg D., Mistrionis A., Zabeltitz von Chr., Gratraud J., Russo G. y Suay-Cortes R., 2000.- Review of structural and functional characteristics of greenhouses in European Union countries: Part I. Design Requirements. J. agric. Engng Res., 75: 1-16.
- Valera D.L., Molina F.D. y Gil J.A., 1999.- Los invernaderos de Almería: Tipología y mecanización del clima. Universidad de Almería. Almería, 268 p.p.

Turbo Farmer

Capacidad hasta 3500 kg - Altura Máxima hasta 9 m - Transmisión Hidráulica - Traslación Lateral del Brazo - Corrector de Inclinación Transversal - Motor Turbo 80,4 kW (ISD 5046/1) - Velocidad Máxima de 40 km/h - Homologación Para Remolcar en Carreteras Públicas hasta 17000 kg

¡ Pruébalo... y no lo Dejarás Nunca a Nadie !

Apellidos y Nombre

Empresa

Dirección

Ciudad

Cp

Pr

Ref

Fax

MERLO
Tecnología para la Agricultura

MERLO IBERICA IND. MET. S.A.

0112, Barcelona - Tel: 93 55 11 11 - Fax: 93 55 11 11 - BARCELONA

Tel: (93) 55 04 60 - Fax: (93) 55 20 71 - www.merlo.com - e-mail: merlo@merlo.com