



J.I. Montero. A. Antón

IRTA Centre de Cabriils
08348, Cabriils (Barcelona)
JuanIgnacio.Montero@IRTA.ES

El invernadero proporciona al cultivo un medio adecuado

Control climático del invernadero

La verdadera ventaja del invernadero metálico prefabricado surge cuando se quiere controlar el clima de manera activa, lo cual conlleva a la mejora de la cantidad, calidad y continuidad de la producción a lo largo de casi todo el año.

Introducción

Quizás la primera consideración sobre la mejor manera de controlar el clima dentro de un invernadero deba referirse a la propia estructura. A nadie se le escapa que no es lo mismo climatizar un invernadero tipo parral de Almería que una estructura metálica industrial.

En cuanto al clima "natural", aquel que se genera en el invernadero sin la intervención de equipo alguno de climatización sino que se deriva de las condiciones del clima exterior, los últimos estudios demuestran que los invernaderos originados a partir del parral pueden tener una transmisión de luz excelente, una tasa de ventilación muy adecuada, y en consecuencia un buen clima interno de cultivo (Castilla y cols, 2000).

Independientemente del tipo de invernadero, los temas que se consideran son el enriquecimiento carbónico, la ventilación natural y el uso de ordenadores climáticos

Para alcanzar estas condiciones es preciso construir los parrales con pendientes elevadas en el techo (próximas a los 25 °), con ventanas cenitales amplias en todas las naves, con laterales de gran altura y, en nuestra opinión, con ventanas en todo el perímetro. La verdadera ventaja del invernadero metálico prefabricado surge cuando se quiere controlar el clima de una manera activa. El



movimiento de las pantallas de ahorro de energía o de sombreado móvil es mucho más fácil, por ejemplo, en un invernadero multitúnel que en un parral por el elevado número de pilares y la forma irregular de éste; la calefacción es menos eficaz en el parral por su falta de hermeticidad (López, 2000); la apertura y cierre automático de ventanas es más fácil y segura en los invernaderos industriales.

El control activo del clima conlleva a la mejora de la cantidad, calidad y continuidad de la producción a lo largo de prácticamente todo el año. Las grandes empresas de invernaderos han optado por esta opción. Sin embar-

Mallas de sombreado en un moderno invernadero de estructura metálica

(Foto Agrocomponentes).

go, hoy día, el invernadero altamente tecnificado no es siempre el más rentable para los agricultores del sudeste español, que con tecnología más sencilla y de menor inversión parecen haber encontrado un buen término medio entre producción, calidad y rentabilidad.

Independientemente del tipo de invernadero, la necesidad de mejorar las condiciones de cultivo sigue siendo un asunto importante. A continuación se comentan algunos resultados obtenidos recientemente en materia de climatización de invernaderos, fruto de la investigación y experimentación realizada en centros nacionales y extranjeros. Se discuten



brevemente tres temas que pensamos que han avanzado más que otros en los últimos años, como son el enriquecimiento carbónico, la ventilación natural y el uso de ordenadores climáticos.

El enriquecimiento carbónico.

El aporte de CO₂ al aire del invernadero se ha revelado como una de las técnicas de mayor interés. La mayoría de las instalaciones de este tipo tienen un tanque a presión de CO₂ líquido, que una vez gasificado en un intercambiador de calor se distribuye al ambiente del invernadero a través del sistema de riego por goteo.

Un medidor por infrarrojos de concentración de gas carbónico controla el nivel de CO₂ en el invernadero.

Hace pocos meses se defendió en la Universidad de Murcia una Tesis Doctoral sobre el uso del CO₂ en los invernaderos del Mediterráneo (Sanchez-Guerrero, 1999) El trabajo recoge la investigación de cinco años llevada a cabo en el CIFA de La Mojonera (Almería) en cultivo de judía y pepino.

Existen empresas como Ludvig Svensson dedicadas a suministrar soluciones de control de clima en invernaderos basadas en el uso de agrotexiles. Estas mallas tienen un uso creciente en la intensificación de la horticultura en climas cálidos. Arriba, a la derecha, un sistema de microaspersión (Foto CMF).



En los invernaderos mediterráneos, la concentración de CO₂ se reduce por debajo del nivel del aire exterior siendo la ventilación insuficiente para compensar el consumo de CO₂ que hacen los cultivos. Manteniendo una concentración de CO₂ en torno a 700 ppm cuando las ventanas están cerradas y próxima al nivel exterior cuando las ventanas se abren, se mejoró la producción de pepino invernal entre un 19% y un 26%.

El intercambio de aire entre el interior y el exterior del invernadero condiciona de una manera determinante el clima que va a haber en su interior

Si, además, se aplica calefacción, el efecto combinado del aumento de temperatura y de concentración de carbónico llevó a un aumento productivo del 56% en pepino. En relación con la producción de fruto, el enriquecimiento carbónico mejoró la eficiencia del uso del agua en un 41% en el cultivo de pepino en ciclo de otoño-invierno.

En el trabajo antes citado se obtuvo un aumento del 17% en judía de ciclo invernal, y del 12% en ciclo de primavera mediante abonado carbónico.

No es de extrañar la creciente proliferación de instalaciones de aporte de CO₂, que quizás se extiendan aún más cuando el gas natural esté disponible en la mayoría de nuestros invernaderos.

La ventilación, un factor clave.

El intercambio de aire entre el interior y exterior del invernadero condiciona de una manera determinante el clima del invernadero. La ventilación afecta directamente a la temperatura, humedad y concentración de CO₂, incidiendo en gran medida en un buen número de procesos fisiológicos básicos como por ejemplo la transpiración del cultivo. Tampoco se debe olvidar el efecto de la ventilación en el control del desarrollo de enfermedades.

En cuanto a la ventilación natural, la originada por la diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior y por las succiones y presiones positivas creadas por el viento en el invernadero, se ha mejorado mucho el conocimiento de la manera en que el aire se mueve dentro y en el exterior del invernadero. A nivel práctico se pueden establecer una serie de recomendaciones que se resumen así:

- La combinación de ventanas cenitales y laterales es mejor que la ventilación cenital solo o que la lateral sólo. Esto es válido incluso para invernaderos de grandes dimensiones. Conocemos la resistencia de la mayoría de



agricultores a abrir ventanas en los laterales para frenar la entrada de insectos y evitar el impacto directo del viento en el cultivo, pero sin duda la ventilación del invernadero queda penalizada al cerrar los laterales.

- Si el invernadero tiene una superficie de ventanas cenitales mínimas del 15 % respecto al suelo del invernadero, la tasa de ventilación será adecuada en la mayoría de ocasiones (vientos débiles y moderados) siempre y cuando el cultivo esté bien desarrollado y bien regado, pues la transpiración del cultivo refrigera en gran medida el invernadero.

La combinación de ventanas cenitales y laterales es mejor que la ventilación única sobre todo en invernaderos de grandes dimensiones

En las primeras fases del cultivo la transpiración es escasa y por tanto la ventilación del 15% puede ser insuficiente, a menos que se aporte humedad al ambiente por medio de boquillas o equipos similares. Todo lo dicho en este párrafo aplica a invernaderos sin mallas anti-insectos en las ventanas.

- En cuanto al tipo de ventana, se ha comprobado que aquellas que están construidas en la cumbre (tipo A en la fig. 1) del invernadero son más eficaces que las que abren cerca del canalón (tipo B en la fig. 1), el coeficiente de descarga de las primeras es aproximadamente un 40% mayor que el de las segundas).

También se ha observado que las ventanas tipo tejadillo (tipo C en la fig. 1) en la cumbre-

ra del invernadero son ineficaces en condiciones de viento, porque el aire pasa de un lado a otro de la ventana sin entrar en el invernadero.

- La ventilación del multiténel es aproximadamente el doble si las ventanas están abiertas mirando al viento (barlovento) que cuando están de espaldas al viento (sotavento) (fig. 2). Por este motivo parece aconsejable orientar las ventanas de modo que abran hacia la dirección del viento dominante. Otra solución podría ser la de poner ventanas dobles en las dos primeras y últimas naves, las más activas en cuanto al intercambio de aire, de modo que se pudiesen abrir unas u otras en función de la dirección del viento.

- Las mallas anti-insectos frenan en gran manera el paso del aire. Por ejemplo, la tasa de ventilación de un multiténel con malla antipulgón en las ventanas es aproximadamente el 40% de la del mismo invernadero sin mallas. Las mallas antitrip, para que eviten con seguridad la entrada de la plaga deben tener un tamaño de poros de dos décimas de milímetro aproximadamente (fig. 2). Estas mallas reducen la tasa de ventilación en un 80%. Por este motivo no se aconseja el uso de mallas antitrip a menos que el invernadero tenga extractores mecánicos.

- El efecto reductor de las mallas anti insectos en la ventilación puede compensarse de dos maneras: a) aumentando la superficie de ventanas, lo cual implica hacer cambios en la estructura del invernadero. b) reduciendo las necesidades de ventilación mediante el uso de humidificadores.

Desde un punto de vista tecnológico, la ventilación forzada por medio de extractores de aire no presenta mayores problemas. Por ejemplo, las normas norteamericanas recomiendan el caudal de aire a evacuar, la distancia entre extractores de aire, la velocidad de aire aconsejable en el invernadero, etc.

Recientemente, con la incorporación de mallas anti-insectos en las ventanas se ha añadido una resistencia al paso del aire a tra-



vés de las ventanas que no siempre se ha tenido en cuenta en el diseño de los extractores. En consecuencia, algunas instalaciones no renuevan el aire de un modo suficiente. En laboratorio se ha medido la pérdida de presión a través de distintas mallas. Por ejemplo, una malla que tenga 10 hilos por cm, comúnmente usada como anti-pulgón, tiene una pérdida de carga próxima a 10 pascales cuando la velocidad del aire a su través es de 2 metros por segundo, y de 20 pascales cuando el aire circula a 3 metros por segundo. Los extractores deben ser capaces de vencer esta pérdida de presión.

Los ordenadores climáticos: presente y futuro

La mayoría de ordenadores climáticos controlan las condiciones ambientales del invernadero a corto plazo, en cuestión de minutos. El productor fija unos valores de consigna de las principales variables climáticas (temperatura, nivel de radiación solar, humedad, y concentración de CO₂). El sistema de control mide



El control climático activo dentro del invernadero requiere a menudo la utilización de equipos calefactores, aun en climas templados (Foto Gogarsa).

las condiciones en el invernadero y las compara con los valores de consigna. El controlador evalúa la diferencia entre ambos valores (el de consigna y el que existe en el invernadero) y actúa sobre los equipos de climatización, por ejemplo el motor del ventilador o el calefactor, hasta que ambas señales se igualan.

La mayoría de controladores permiten el cambio casi continuo de los valores de consigna a lo largo del día, de manera que se puedan definir en cada momento las condiciones climáticas que debe tener el invernadero.

El problema es decidir cuales son esas condiciones para lograr, por ejemplo, un uso cercano al óptimo de la calefacción para que produzca el máximo efecto en el cultivo con el mínimo costo, o para definir la mejor estrategia en la aplicación del CO₂. Es decir, los ordenadores climáticos son capaces de gestionar el clima con precisión, pero desconocemos en muchos casos la respuesta del cultivo a largo plazo a los valores

de consigna que el agricultor o experto introduce en el ordenador.

Muy posiblemente, esta situación cambie en un futuro próximo. Se está avanzando en la aplicación de modelos de desarrollo y crecimiento de los cultivos más importantes, de tal manera que es posible saber con antelación cual va a ser la respuesta del cultivo, incluyendo la producción comercial, a unas condiciones climáticas que el agricultor pueda elegir.

Por tanto, antes de escoger los valores de consigna para el ordenador climático, estos programas que calculan la respuesta del cultivo al clima pueden orientar enormemente en la toma de decisiones. Otros modelos mas sencillos de respuesta de las plantas al

CONTROL DE CLIMA PERSONALIZADO PARA SU INVERNADERO

AUTOMATIZACIÓN DE:

- Ventilaciones
- Pantallas
- Calefacción
- Temperatura
- Humedad
- Dirección del viento
- Fuerza del viento
- Luz/Radiación
- Lluvia
- Control de CO₂
- Nebulizaciones



PB-Systems, S.L.

Polígono Industrial La Redonda

Calle XIII, oficina 115

04700 Sta. M^a del Aguila - EL EJIDO (Almería)

Tel.: 950 583 007 - Fax: 950 583 136

Móviles: 667 71 75 94

e-mail: info@pb-systems.com



PB Systems, S.L.

sistemas de control de clima
unidades de regulación
automatización técnica



clima podrían aplicarse ya en la gestión del riego: midiendo la radiación que llega al cultivo y la humedad del ambiente se puede aportar con precisión la cantidad de agua demandada por el cultivo desde sus primeras fases de desarrollo hasta su ontogenia.

Otra manera de ayudar a gestionar el clima es mediante el uso de los llamados biosensores.

El control ambiental actual está dirigido a las condiciones del clima aéreo, cuando lo importante es que la planta elabore sus procesos de fotosíntesis, transpiración y crecimiento cerca del valor óptimo.

Los biosensores tratan de medir directamente en la planta

un conjunto de variables como la temperatura de hoja, el flujo de sabia, la variación del tamaño de los frutos, la conductancia estomática o la asimilación neta de CO₂.

El ordenador gestiona el clima en función de las medidas de los biosensores.

En nuestra opinión esta técnica está todavía en fase de desarrollo, tanto en la mejora de los sensores en sí como en la interpretación práctica de la información que proporcionan, pero hay motivos fundados para ser optimista en cuanto al uso de biosensores en la gestión futura del clima del invernadero.

Las posibilidades de generar climas adecuados para las plantas mediante invernaderos plásticos bajo las condiciones más inhóspitas se ilustra en la presente foto, tomada en ocasión de la reunión anual del grupo Horti Media Europe en Finlandia.

Bibliografía

- Castilla N, Hernández J, Quesada F M, Morales M I, Guillén A, Soriano M T, Escobar I, Antón A and Montero J I, 2000. Comparison of asymmetrical greenhouse types in the Mediterranean area of Spain, ISHS, Cartagena.
- López J C, Pérez J, Montero J I and Antón A, 2000. Air Infiltration rate of Almería type Greenhouses, ISHS, Cartagena.
- Sánchez-Guerrero Cantó M C, 1999. Enriquecimiento carbónico en cultivos hortícolas bajo invernadero de polietileno, Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.



**COMPAÑÍA IBÉRICA DE
PANELES SINTÉTICOS S.A.**

Ctra. de Náquera 100
46130 MASAMAGRELL (Valencia)
Tel.: 96 144 03 11 - Fax: 96 144 14 33
e-mail: cipasi@cipasi.es - http://www.cipasi.es



PLACA CELULAR DE POLICARBONATO



- AHORRO DE ENERGÍA
- REDUCE PÉRDIDAS DE CALOR
- ELEVADA RESISTENCIA MECÁNICA
- ALTA DURACIÓN
- FÁCIL MANIPULADO Y MONTAJE
- ESPESORES DE 4, 6, 8, 10 Y 16 MM



PLACA CELULAR DE POLIETILENO - CANALES PARA CULTIVO HIDROPÓNICO



- VERSATILIDAD: Permite la utilización de cualquier sustrato
- DURACIÓN
- LIGEREZA: Gracias a su estructura Celular
- AISLAMIENTO TÉRMICO
- IMPERMEABILIDAD: Evita pérdidas de agua
- ADAPTABILIDAD: Se puede fabricar a medida de las necesidades
- Se sirve en Bobinas