

# Calefacción de invernaderos

**Ventajas e inconvenientes de los distintos combustibles y sistemas de distribuir calor en cultivos intensivos**

**L**as fuentes de energía para calefacción más utilizadas en invernaderos son el fueloil, el gasoil, el gas natural y el propano. El fueloil es el sistema más económico, pero está en desuso debido a la suciedad, humos y polución que genera. La elección entre el gasoil y el gas (sea natural o propano) depende del coste de ambos en la zona en cuestión y de las condiciones de suministro. El gas puede llegar al invernadero a través de la red de tuberías de una compañía suministradora o almacenarse en un tanque en las inmediaciones de la explotación. A igualdad de coste, los combustibles gaseosos resultan más interesantes que el gasoil, ya que las calderas consiguen mejores rendimientos cuando se trabaja a carga variable y, sobre todo, porque los gases de escape pueden utilizarse en la fertilización carbónica del invernadero. En general, los gases de escape de la combustión del gasoil no pueden utilizarse para fertilización carbónica, ya que contienen compuestos que son tóxicos para los cultivos.

En Holanda el gas es el combustible utilizado en prácticamente todos los invernaderos, debido a su coste competitivo y a la amplia red de distribución. Además, en Holanda la calefacción se utiliza durante el día, lo que

*Para aportar calor a los cultivos en invernaderos existen distintas opciones, tanto a la hora del combustible a utilizar, como sistemas de distribución, etc., cada uno de los cuales tiene determinadas ventajas e inconvenientes, dependiendo del tamaño del invernadero, del cultivo, de su localización geográfica, etc.*

**C.E.L. Oliveira<sup>1</sup>, J.L. García<sup>2</sup>, R.M. Benavente<sup>2</sup>, B. Sirviente<sup>2</sup> y M. Muñoz<sup>3</sup>. Fotos: J.L. García.**

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Rural, Universidad Politécnica de Madrid/CNPq (Brasil). <sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Rural, UPM. <sup>3</sup> Departamento de Ingeniería de Circuitos y Sistemas, UPM.

permite obtener, al mismo tiempo de la combustión diurna, calor y CO<sup>2</sup>. En el sur de Europa, el gasoil es un combustible frecuentemente utilizado, por el menor alcance de la red de suministro de gas.

Existen fuentes alternativas de energía que se pueden aprovechar. En Holanda se utiliza la cogeneración (generación simultánea de calor y electricidad) en invernaderos; el ca-

lor se aprovecha en el invernadero y la electricidad se vende a la red eléctrica. La energía geotérmica resulta muy interesante para la calefacción de invernaderos en las zonas donde esté disponible.

El calor generado en una caldera central de gas o gasoil puede distribuirse en forma de agua caliente o de aire caliente; en ocasiones, la distribución por agua se realiza a unidades que, alimentadas por agua caliente, emiten aire caliente, denominadas aerotermos. Determinados tipos de calderas, habitualmente de gas, permiten recuperar el calor de los gases de escape mediante un intercambiador, mejorando la eficacia energética del sistema. Estas calderas se suelen denominar de alta eficiencia, con rendimientos energéticos próximos al 100%. La recuperación de calor, además, disminuye la temperatura de los gases de escape y facilita su utilización como fertilización carbónica.

Si la distribución de calor se realiza íntegramente en forma de agua caliente se pueden utilizar principalmente dos sistemas: tuberías de acero o tuberías de plástico. La distribución mediante tuberías de acero en el suelo y en el perímetro del invernadero es habitual en Holanda. Los tubos de acero en el suelo se utilizan además como raíles para el



Caldera de calefacción a gas (Holanda).



Distribución de calor con tuberías de acero en el suelo (Holanda).



Distribución de calor con tuberías de plástico (Barcelona).

transporte del producto en vagonetas empujadas por los operarios; de esta forma, el producto se traslada por cada hiler a contenedores situados en el pasillo central. Las tuberías de acero funcionan habitualmente con una temperatura de ida del agua de 90 °C y retorno a 70 °C. La situación de las tuberías de calefacción en el suelo disminuye el consumo de energía, ya que el foco de calor está cerca de las plantas. Además, el calor emitido por radiación llega directamente a las plantas, mientras el aire caliente tiende a subir, alejándose del entorno del cultivo. Por estas razones el consumo de energía es inferior en invernaderos con tuberías de agua caliente respecto a los que utilizan aerotermos. La colocación de tuberías en el suelo se combina con tuberías en el perímetro del invernadero, donde los descensos de temperatura pueden ser mayores. La instalación por tuberías de acero resulta cara (1.000-2.000 ptas./m<sup>2</sup>); una alternativa posible es la utilización de tuberías de aluminio.

Las tuberías de plástico suelen funcionar a baja temperatura, con ida a 45 °C y retorno a 35 °C. Además, el plástico (habitualmente polietileno reticulado, liso si va enterrado o corrugado si es aéreo) transmite peor el calor que el acero. En áreas donde las necesidades de calefacción son grandes, la utilización de tuberías de plástico no resulta práctica por la gran cantidad de tubería que se debe utilizar. Sin embargo, en zonas donde las necesidades de calefacción son menores el empleo de tuberías de plástico es una alternativa a considerar. Su coste (600-1.200 ptas./m<sup>2</sup>) es superior al de los aerotermos (500-1.000 ptas./m<sup>2</sup>), pero el consumo de energía es menor.

Cuando el cultivo se realiza en mesas, las tuberías de calefacción se adosan a las mismas, de forma que estén lo más cerca posible del espacio a calentar; esta colocación reduce el consumo energético del invernadero. Si se utiliza este sistema en combinación con aerotermos, el sistema que debe funcionar primero es la calefacción localizada, ya que su eficiencia es mayor; los aerotermos deben entrar en acción cuando la calefacción localizada no sea suficiente. Otra técnica de calefacción localizada, usada en Holanda, es la utilización de tuberías de calefacción móviles, que se van elevando a medida que el punto de crecimiento del cultivo toma altura. Cuando el cultivo se realiza en sustrato, el calor se puede aplicar con tuberías de plástico colocadas debajo de los sacos de sustrato, con tubería corrugada de polietileno reticulado. Este tipo de tuberías de plástico también se utilizan para calefacción de mesas, colocándolas sobre las me-



Calefacción localizada en mesas (Madrid).



Generador de aire caliente y tuberías de distribución de plástico flexible (Valencia).

sas; por ejemplo, sobre un soporte con ranuras para las tuberías.

La instalación de aerotermos es una de las opciones más usadas en España para la distribución del calor en el invernadero. Los aerotermos son equipos que, alimentados por agua caliente, distribuyen aire caliente; constan de un intercambiador de calor formado por una red de tubos con aletas y un ventilador. El ventilador impulsa el aire ambiente del invernadero a través de la red de tubos, donde el aire se calienta. A veces, también se denominan aerotermos a equipos alimentados por electricidad que generan aire caliente. Los aerotermos clásicos funcionan con agua caliente entre 60 °C y 100 °C; actualmente empiezan a encontrarse en el mercado equipos que funcionan con temperaturas más bajas. Son una opción de coste competitivo (500-1.000 ptas./m<sup>2</sup>) y que no ocupa espacio en el suelo, ya que suelen instalarse colgados de la estructura. Una ventaja para ciertos cultivos es que producen una disminución de la humedad relativa del aire en el invernadero, respecto a la que se produce con tuberías de agua caliente. La desventaja de estos equipos es que el aire caliente tiende a subir, por lo que parte del calor generado se pierde en zonas sin interés; por ello, los aerotermos se diseñan con potencias superiores a las utilizadas con tuberías de agua caliente, y su consumo energético es mayor. El control de estos equipos

suele ser todo/nada, comandado por un termostato.

Cuando un aerotermo protege secciones grandes del invernadero (más de 20-30 metros) se puede distribuir el aire caliente con tuberías de plástico flexible, de diámetro entre 40 y 60 cm, agujereadas regularmente. Estas tuberías, que se colocan a cierta altura, mejoran la uniformidad de la distribución del calor. En ocasiones, los primeros tramos de las tuberías son de chapa galvanizada, en los puntos en los que los caudales y velocidad del aire son mayores, para evitar roturas en el plástico. Una alternativa a la utilización de aerotermos es la instalación de generadores que, alimentados por gas o gasoil, realizan la combustión y emiten aire caliente, incluyendo a veces los gases de escape. De esta forma, al mismo tiempo, se puede proporcionar calefacción y fertilización carbónica.

Los sistemas de calefacción suelen combinarse con técnicas de ahorro energético; la pantalla térmica es uno de los sistemas más utilizados en este sentido. Es una malla formada por hilos de polietileno entrelazados con fibras de aluminio, en diferentes proporciones. En las regiones mediterráneas han tenido gran éxito debido a su doble función en invierno y en verano, lo que aumenta su rentabilidad. En invierno se recogen de día y se extienden de noche para evitar la pérdida de radiación infrarroja, que la pantalla térmica devuelve al interior del invernadero. En verano se recogen de noche y se extienden de día, para sombrear el invernadero reflejando parte de la radiación visible. En general, su apertura y cierre está automatizado, mediante unos pequeños motores que tiran de un cierto número de hilos; la pantalla, dividida en secciones de alrededor de cinco metros de largo y algunas decenas de metros de ancho, se abre y cierra impulsada por los motores. ■

## BIBLIOGRAFÍA

- Bakker, J.C., Bot, G.P.A., Challa, N.J. y Van de Braak, N.J. 1995. Greenhouse climate control. Wageningen Pers.
- Díaz Álvarez, J.R. y Pérez Parra, J. 1994. Tecnología de invernaderos 2. Curso superior de especialización. FIAPA y Junta de Andalucía.
- Matallana, A. y Montero, J.I. 1989. Invernaderos. Diseño, construcción y ambientación. Ed. Mundi-Prensa.
- Papaseit, P., Badiola, J. y Armengol, E. 1997. Los plásticos y la agricultura. Ediciones de Horticultura, S.L.
- Pérez Parra, J. y Cuadrado Gómez, I.M. 1998. Tecnología de invernaderos II. Curso superior de especialización. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. FIAPA y Caja Rural de Almería.