

*Calefacción localizada*

# Calentamiento del suelo o sustrato de cultivo

*Los invernaderos han permitido el desarrollo de la horticultura protegida; algunas especies requieren temperaturas elevadas, lo cual comporta la instalación de sistemas de calefacción*



<sup>1</sup> R.M. Benavente; S. de la Plaza; L.M. Navas; J.L. García y L. Luna  
<sup>2</sup> J.M. Durán y N. Retamal

Dptos. Ingeniería Rural<sup>1</sup> y Producción Vegetal:  
Fitotecnia<sup>2</sup>  
E.T.S.I. Agrónomos. Madrid  
Email: rbenaven @ iru.etsia.upm.es

La construcción de invernaderos ha permitido el desarrollo de la horticultura protegida, creando un microclima más favorable que el existente en el exterior. Sin embargo, determinadas especies, como son las utilizadas en horticultura ornamental, requieren temperaturas elevadas para su desarrollo y es necesario acudir a un régimen térmico artificial. La adecuación del régimen térmico a la necesidad biológica de la planta requiere la instalación en el invernadero de sistemas de calefacción.

En los invernaderos con calefacción puede ser interesante el empleo de un sistema de calentamiento del suelo, motivado por la respuesta favorable que presenta sobre los cultivos, tanto en las fases de germinación y enraizamiento de esquejes, como en la de crecimiento

hasta el tamaño comercializable.

La influencia de la calefacción del suelo sobre los cultivos es conocida desde hace tiempo. Sin embargo, esta práctica comenzó a desarrollarse en la década de los años 70 debido fundamentalmente a dos razones. En primer lugar surgió la posibilidad de utilizar, en áreas situadas en torno a industrias, fuentes a baja temperatura, adaptadas a la calefacción del suelo y que no exigen niveles térmicos muy elevados. Este hecho unido al desarrollo durante el mismo período de las aplicaciones agrícolas de los materiales plásticos contribuyó también a una expansión sensible de esta técnica.

A pesar de ello, un cierto número de factores tales como demanda en maquinaria y en mano de obra necesaria para enterrar los tubos y problemas para trabajar el suelo cuando los tubos no están enterrados a mucha profundidad, afectaron negativamente al desarrollo de los sistemas de calefacción enterrada en el suelo. La reducción de las superficies dedicadas a los cultivos en suelo a lo largo de los dos últimos decenios ha acarreado también una limitación del número de invernaderos equipados con

calefacción enterrada. Pero, al mismo tiempo, la evolución hacia las técnicas de cultivo fuera de suelo ha contribuido a un desarrollo paralelo de la calefacción de sustrato o de la calefacción localizada a nivel de las mesas de cultivo.

Desde el punto de vista térmico, las ventajas de calentar el suelo o sustrato de los invernaderos son:

- calefacción suave y uniforme. El calor por calefacción localizada es uniforme, no existen zonas frías y calientes, ya que la calefacción cubre toda la superficie del suelo y los tubos o cables están equidistantes unos de otros.

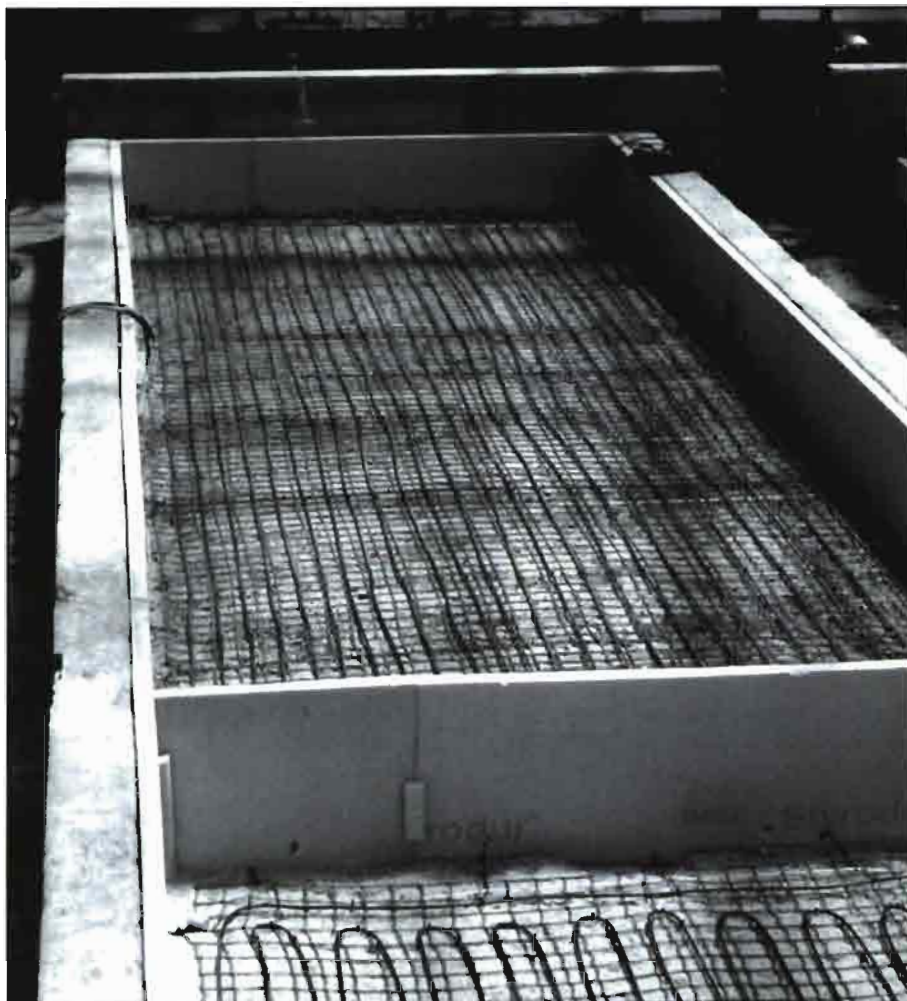
- en el caso de calefacción por tuberías de agua caliente, se puede utilizar agua entre 30 y 40 °C, y por tanto es una forma de aplicación de energías tales como la geotérmica, calor residual industrial y solar de baja temperatura.

**L**a evolución hacia las técnicas de cultivo fuera de suelo ha contribuido a un desarrollo paralelo de la calefacción de sustrato o de la calefacción localizada a nivel de las mesas de cultivo

- en determinados casos, la elevación de la temperatura del suelo permite reducir hasta cierto punto la temperatura en la parte aérea por debajo de los valores considerados óptimos, sin menoscabo de la producción ni de la calidad, por lo que es posible disminuir de forma significativa el consumo energético en calefacción aérea.

- posibilidad de utilizar la capacidad de almacenamiento de calor del suelo. El suelo caliente aumenta la inercia térmica del invernadero, y por tanto, si por alguna causa el sistema de calefacción deja de funcionar, la temperatu-

**Instalación de calefacción de un invernadero dedicado al cultivo de gerbera en maceta, mediante suelo radiante por tuberías de agua caliente alimentado con energía solar. Se compone de tubo de polietileno reticulado, barrera antivapor de polietileno, aislante térmico de poliestireno expandido y mallazo electrosoldado con bridas para la fijación del tubo. Campos de Prácticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid.**



Instalación de calefacción del sustrato de un invernadero dedicado al cultivo de gerbera en semimesetas, con cable radiante compuesto por cuatro filamentos de aleación cobre-estaño, aislante de polietileno reticulado, pantalla de hilo de cobre y cubierta de PVC. Las uniones frías son de cable de cobre de 2.5 mm<sup>2</sup>. El aislante térmico empleado es el poliestireno extrusionado. Campos de Prácticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid.

ra se mantiene en el valor deseado durante algunas horas.

### Sistemas de calefacción localizada del suelo o sustrato

La calefacción localizada del suelo o sustrato se caracteriza por aportes de calor cerca de las raíces, con una potencia disipada generalmente inferior a 60 W·m<sup>-2</sup> de suelo. Esta es la razón de que se utilicen sobre todo como una calefacción de apoyo. Estos sistemas permiten mantener la zona radicular dentro de la gama de temperatura deseada y, al mismo tiempo, elevar un poco la temperatura del aire. Sin embargo, los niveles de consigna de temperatura del aire practicados bajo invernadero exigen que se asocien con un sistema de calefacción aéreo cuando las necesidades energéticas del invernadero son elevadas.

Los dos sistemas principales de calefacción localizada del suelo o sustrato son:

- **Calefacción localizada del suelo o sustrato por tuberías de agua caliente.** Consiste en una red de tuberías paralelas y horizontales por las que se hace circular agua caliente en circuito cerrado desde la fuente de energía, disponiéndose sobre la superficie o enterradas en el suelo o sustrato a una profundidad adecuada para mantener una temperatura favorable en la zona de raíces.

En el caso de calefacción de suelo, los tubos de 15-30 mm de diámetro, suelen disponerse ya sea a nivel de la superficie o enterrados a una profundidad equivalente a la mitad del espesor de la capa de suelo que se desea calentar y con una distancia entre ellos aproximadamente igual a la profundidad a la que se encuentran enterrados. Depen-

diendo de la temperatura del agua, generalmente inferior a 40°C a fin de evitar un desecamiento del suelo, dicha profundidad oscila entre 0.2 y 0.5 m.

Los tubos, en los cultivos sin suelo, se disponen ya sea a nivel de la superficie o bajo el sustrato. El diámetro de los tubos suele ser 25 mm. La distribución de los tubos sobre la superficie del sustrato permite utilizar niveles de temperatura de agua más elevados (entre 30 y 35 °C). La potencia disipada varía entre 40 y 60 W·m<sup>-2</sup> de suelo. Cuando los tubos se sitúan bajo el sustrato, la gama

## **L**a calefacción localizada presenta dos sistemas principales: por tuberías de agua caliente y por cable radiante

de temperatura que se utiliza para el agua varía, según la especie, entre 20 y 30 °C, con una potencia disipada que oscila entre 20 y 30 W·m<sup>-2</sup>.

En el caso de cultivos que crecen en macetas o contenedores, los tubos suelen enterrarse bajo una capa de mortero, encima de la cual se colocan las macetas. En la instalación de calefacción de un invernadero dedicado al cultivo de gerbera en maceta, mediante suelo radiante por tuberías de agua caliente alimentado con energía solar, el suelo radiante fue dimensionado para calentar el sustrato contenido en las macetas y el volumen del invernadero donde se desarrollan las plantas de gerbera.

- **Calefacción localizada del suelo o sustrato por cable radiante.** La calefacción por cable radiante tiene sus orígenes a principios de este siglo. El ingeniero noruego C. Jacobsen observó que a lo largo de unas líneas de cables eléctricos enterrados, la vegetación crecía más rápidamente. Sus averiguaciones le permitieron constatar que aquellos cables estaban lo suficientemente calientes como para calentar el suelo. De Jacobsen surgió la idea de utilizar hilos resistentes para calentar los cultivos. Así nació este procedimiento que tras muchas experiencias y numerosos ensayos ha pasado al horticultor profesional.

Un cable radiante es un elemento conductor metálico que emite calor por efecto Joule. Dicho conductor está envuelto en un material no higroscópico y

resistente a la temperatura, que lo aísla eléctricamente y lo protege de la corrosión. Suele disponerse enterrado a una profundidad equivalente a la mitad del espesor de la capa de suelo o sustrato que se desea calentar. El tendido del cable se realiza repartiendo el mismo en líneas paralelas de ida y vuelta, equidistantes unas de otras para que el reparto del calor sea uniforme. De esta manera se cubre toda la superficie de suelo o sustrato a calentar, impidiendo la aparición de zonas frías dentro del mismo. En la misma instalación se utilizó cable radiante enterrado compuesto por cuatro filamentos de aleación cobre-estaño, aislante de polietileno reticulado, pantalla de hilo de cobre y cubierta de PVC. Es el tipo de cable radiante apropiado para la calefacción de las semimesetas de cultivo de un invernadero, por tratarse de un medio con elevada humedad.

Una instalación de calefacción del

suelo o sustrato por cable radiante de uso hortícola, para la producción de flores, legumbres, arbustos, champiñones, endibias y otros cultivos, puede ser realizada a 220 V o a 24 V. Si se realiza a 220 V el aislamiento eléctrico es fundamental. La instalación debe estar provista de dispositivos de protección y seguridad y sus partes metálicas conectadas a un circuito de puesta a tierra. Se recomienda una potencia mínima por unidad de superficie de suelo caliente de 170 W·m<sup>-2</sup> para cultivo en suelo bajo invernadero y de 150 W·m<sup>-2</sup> para cultivo en mesetas, aunque algunos autores han llegado a aplicar una potencia media por unidad de superficie de 200 W·m<sup>-2</sup>.

En la calefacción localizada del suelo o sustrato en invernaderos es recomendable la colocación de una cama de arena, situada bajo el medio de cultivo, donde el calor generado por la resistencia eléctrica se acumula y desde allí

emigra lentamente hacia la superficie del suelo. Esta masa de arena y el medio de cultivo están aislados térmicamente en fondo y laterales con el fin de limitar las pérdidas de calor.

Las investigaciones realizadas en el invernadero experimental mostraron que la mejor configuración desde el punto de vista energético para estos sistemas de calefacción localizada del sustrato se obtiene con aislante térmico, 0.07 m de arena como acumulador de calor dispuesto bajo el sustrato y cable calefactor enterrado en el sustrato entre 0.2 y 0.25 m de profundidad.

---

***En la calefacción localizada del suelo o sustrato en invernaderos es recomendable la colocación de una cama de arena, situada bajo el medio de cultivo, donde el calor generado por la resistencia eléctrica se acumula y desde allí emigra lentamente hacia la superficie del suelo***

---



Disposición de una cama de arena en el fondo de la semimeseta, en una instalación de calefacción localizada del sustrato utilizando cable radiante eléctrico.

En el mismo invernadero se estudió el efecto de la calefacción de las raíces sobre la producción de seis variedades de gerbera: 'Cerise' (color rojo), 'Avanti' (color salmón), 'Fame' (color amarillo), 'Olimpic' (color naranja), 'Party' (color malva) y 'Impala' (color blanco). En el invernadero con el cultivo de gerbera en pleno desarrollo la calefacción localizada del sustrato incrementó un 11.7% la producción de flor cortada de gerbera, aunque el efecto no fue el mismo en todas las variedades ensayadas. Los incrementos de producción (con valores del 10 al 40%) fueron significativos en cuatro de las variedades ('Impala', 'Avanti', 'Cerise' y 'Party') en la primera campaña de calefacción y sólo en dos de las variedades ('Impala' y 'Cerise') en la segunda campaña. Sin embargo algunas variedades no respondieron a este factor, e incluso disminuyeron su producción al aplicar la calefacción localizada del sustrato, como es el caso de la variedad 'Olimpic' donde la producción media fue menor, aunque no de forma significativa, al aplicar la calefacción.