

Diferentes tipos de invernaderos

El cultivo determina el tipo de invernadero y el equipamiento a escoger (calefacción, materiales, etc)

Un invernadero bien diseñado debe combinar varias cualidades: estar bien adaptado a los recursos locales; ser eficiente en el acondicionamiento del clima; ser técnicamente funcional, de forma que las operaciones en su interior puedan ser ágiles y cómodas; conseguir un producto de calidad; y estar bien orientado en su producción para la comercialización y el éxito en el mercado.

Para realizar la elección de un determinado tipo de invernadero en una zona concreta, hay que considerar en primer lugar las especies vegetales a cultivar, sean hortícolas u ornamentales. Una vez realizada la elección, el cultivo va a determinar las condiciones climáticas necesarias y, por lo tanto, el tipo de invernadero y el equipamiento a escoger. De forma general se puede elegir entre invernaderos fríos, sin equipamiento de calefacción, sin grandes exigencias de aislamiento y con pocas posibilidades de control del clima interior; e invernaderos calientes, con equipamiento de calefacción y mayores posibilidades de control de las condiciones ambientales.

1.- Estructuras

Para la estructura resistente pueden emplearse materiales como la madera, acero, aluminio u hormigón. Las estructuras de madera suelen ser económicas. La desventaja principal es que la menor resistencia de la

Un invernadero es un sistema productivo capaz de obtener cosechas fuera de la época normal en la que se producen al aire libre; su objetivo es condicionar los principales elementos del clima entre límites que estén de acuerdo con las exigencias fisiológicas del cultivo, de forma que el sistema resulte económicamente rentable.

J. L. García¹, L. M. Navas¹, R. M. Benavente¹, L. Luna¹ y M. Muñoz². ¹ Departamento de Ingeniería Rural, Universidad Politécnica de Madrid. ² Departamento de Ingeniería de Circuitos y Sistemas, UPM.

madera obliga a colocar un gran número de soportes, produciendo sombreos y reduciendo la comodidad de las operaciones en el interior; la automatización de determinadas operaciones es difícil.

El hormigón produce estructuras muy pesadas y voluminosas, por lo que se utiliza menos que las estructuras metálicas. Además intercepta más radiación, lo que conlleva una menor iluminación.

Los invernaderos con estructura portante metálica son los más empleados, especialmente con acero galvanizado; el aluminio se utiliza menos por su coste. Estas estructuras

permiten un buen aislamiento y la instalación de todo tipo de equipos.

2.- Materiales de cubierta

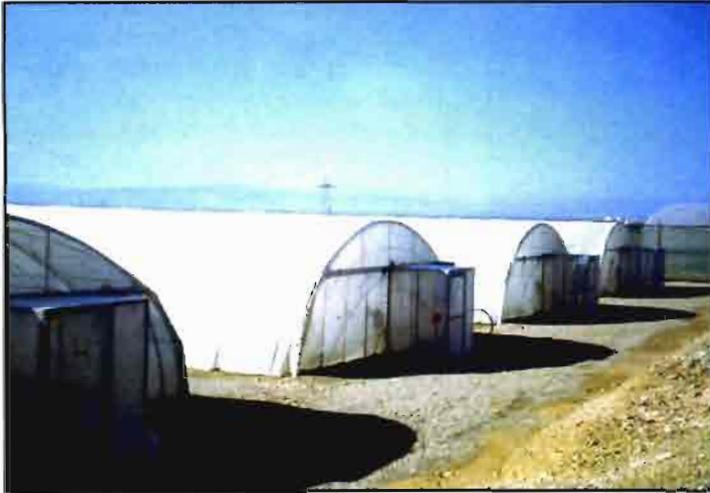
Respecto al material de cubierta, se puede utilizar vidrio, plásticos rígidos o plásticos flexibles. El vidrio que se utiliza en invernaderos es vidrio impreso o catedral de 4 mm de espesor. El vidrio cristalino, que es el utilizado normalmente en construcción de viviendas, no se emplea en invernaderos, pues deja pasar a su través los rayos luminosos, incidiendo sobre las plantas con una intensidad que puede ser perjudicial. Por el contrario, el vidrio impreso está pulido por una parte y rugoso por la otra; la cara rugosa queda hacia el interior y la pulida hacia el exterior. De esta forma, la luz, tras pasar a través del cristal, se difunde en todas direcciones por la cara rugosa, disminuyendo la intensidad de la radiación directa sobre las plantas. La transparencia del cristal es aproximadamente del 90%. Es inalterable al calor, humedad y tratamientos del invernadero y no envejece ni pierde transparencia. Además, es casi totalmente opaco a las radiaciones infrarrojas, es decir, las que emiten las plantas y el suelo por la noche, lo que impide las pérdidas de calor. Sus inconvenientes son su coste y su elevado peso, lo que obliga a usar estructuras resistentes, también de mayor coste. Además, es frágil y se rompe con facilidad por golpes e incluso por vibraciones producidas



Invernadero de plástico flexible y estructura de madera (Brasil).



Invernadero parral (Almería).



Túneles de plástico flexible (Navarra).



Invernadero multitúnel de plástico flexible (Barcelona).

por el viento, si no está bien sujeto a la estructura.

Los plásticos rígidos más utilizados son el poliéster reforzado con fibra de vidrio, el PVC, el metacrilato, el policarbonato y el policarbonato alveolar. El poliéster reforzado con fibra de vidrio se presenta normalmente en forma de placas onduladas; la fibra de vidrio (alrededor del 35%) sirve para reforzar la placa. En general, es el plástico rígido más económico. Presenta bastante resistencia a la ruptura; su problema es la gran pérdida de transparencia que sufre a medida que pasa el tiempo. El PVC, policarbonato y metacrilato son materiales de coste similar, algo más económico el primero y algo más caro el último. El PVC puede tener problemas de dilataciones en climas cálidos; el PVC biorientado es una variante con mayor resistencia mecánica. El metacrilato es posiblemente el mejor material en placas simples; su transparencia es buena, entre el 85 y 92%, y se mantiene

bastante bien con el tiempo. Es bastante opaco a la radiación infrarroja y resistente a daños mecánicos.

En plásticos rígidos se pueden utilizar placas dobles. El policarbonato alveolar se presenta como dos placas unidas transversalmente por paredes del mismo material, dejando cámaras de aire entre las dos placas. Su comportamiento térmico es excepcional; las cámaras de aire hacen que sea un material con menores pérdidas de calor que el vidrio, pero es más caro que éste. Su transparencia inicial es similar a la del vidrio, pero disminuye con el tiempo; puede tener problemas de condensación en el interior, con aparición de algas. Tiene cierta flexibilidad, por lo que puede usarse en techos ovalados.

Los plásticos flexibles más utilizados son el polietileno de baja densidad, el PVC y el acetato de etilenvinilo (EVA). El polietileno es ampliamente utilizado en España. Existen tres tipos en el mercado: polietileno normal,

de larga duración y térmico. El normal es transparente a la radiación infrarroja; su duración es menor de un año, ya que se daña por la radiación ultravioleta. El polietileno de larga duración lleva antioxidantes e inhibidores de rayos ultravioletas, por lo que su duración es mayor (2 a 3 años). El polietileno térmico es casi opaco a la radiación infrarroja, es de larga duración, difunde bien la luz y, en general, no produce goteo de agua por condensación; es el más recomendable en invernaderos. Es poco resistente a la rotura y se desgarran con facilidad. Es el material plástico de cubierta que menos pesa, fácil de soldar y pegar; su transparencia varía entre el 70 y el 85%. Se usa en todo el sur de España; suelen utilizarse láminas de 800 galgas de espesor (200 micras).

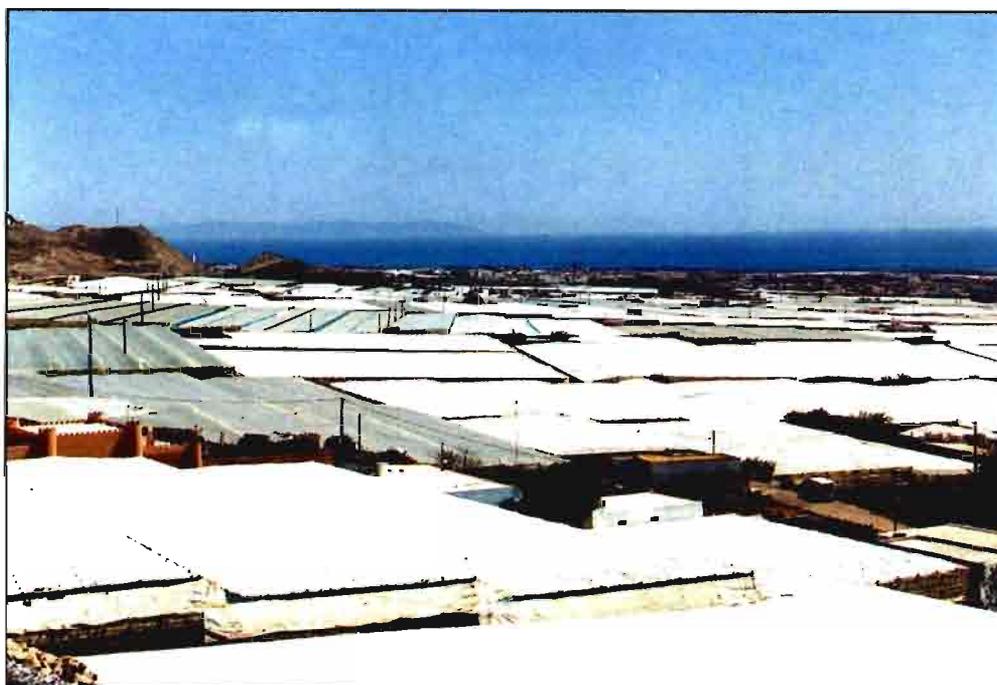
El PVC flexible es más transparente a la radiación que el polietileno (entre el 80 y 87%). Es bastante opaco a la radiación infrarroja. Envejece más lentamente y es más re-



Invernadero de metacrilato para producción ornamental (Madrid).



Invernaderos de cristal: tipo *Wider Span-izda.*- y tipo *Venlo-dcha.*- (Holanda).



Vista panorámica del Campo de Dalías (Almería).

sistente a la ruptura que el polietileno normal; dura entre dos y tres años. No produce condensaciones de agua, pero tiene el inconveniente de fijar bastante polvo.

El copolímero EVA es un polietileno modificado con acetato de vinilo. Tiene unas características similares a la lámina de polietileno, cuando su porcentaje de acetato de vinilo es bajo, y es parecido al PVC cuando el porcentaje es alto. En invernadero se suele utilizar EVA con el 12% de acetato de vinilo. Respecto al polietileno, las láminas de EVA son más flexibles y tenaces con temperaturas bajas, y más resistentes a los impactos. Su resistencia al rasgado es menor. Es más transparente a la radiación solar que el polietileno y algo menos que el PVC. En climas cálidos el EVA da problemas por sufrir dilataciones (más a mayor porcentaje de acetato), que luego dan lugar a bolsas de agua de lluvia y a rotura por el viento; resulta más recomendable en climas frescos. Es un buen material para el norte de España.

La última tendencia es utilizar plásticos tricapa, que combinan tres capas de plástico por coextrusión. Una combinación habitual es utilizar EVA, por su transparencia y resistencia mecánica, en la capa central, y polietileno con aditivos en las capas exteriores; por ejemplo, polietileno tratado contra los rayos ultravioleta al exterior y polietileno con tratamiento antivaho en la capa interior.

3. El invernadero parral

El tipo de invernadero más característico de Almería es el invernadero tipo parral. Suele ser de grandes dimensiones, con techo

plano (horizontal o con poca pendiente), estructura de madera o tubo de acero galvanizado, altura próxima a 2,5 m, ventilación fundamentalmente lateral, cubierta de polietileno de dos campañas de duración, a veces con propiedades termoaislantes, y sistema de sujeción de la cubierta y de la estructura por medio de alambres galvanizados.

Estas estructuras son muy económicas, razón principal de su gran difusión; el coste del invernadero parral oscila entre las 700 y 1.500 ptas./m², dependiendo del material y equipamiento. Presentan una resistencia elevada al ataque del viento, y se adaptan bien a formas irregulares del terreno y a la presencia de pendientes. Presentan una serie de inconvenientes: ventilación insuficiente, pérdidas térmicas elevadas y pocos medios de control del clima. Las labores son difíciles de mecanizar, por lo que exigen mucha mano de obra. La lluvia penetra en el invernadero a través de las perforaciones del plástico y produce problemas por alta humedad relativa y enfermedades criptogámicas, que se agravan si la ventilación es insuficiente; por ello, no sirven para zonas de pluviometría media o alta.

4. Túneles de plástico flexible

Un túnel típico está constituido por arcos de tubo galvanizado y cubierta de plástico flexible. La separación entre arcos es de 2 metros, a excepción de los siguientes a los dos arcos extremos que se suelen separar 1,5 metros. Cada arco está formado por cuatro segmentos de arco modulares. El ancho habitual es entre 6 y 8,5 metros. La longitud puede llegar a 50 m. La estructura se puede

anclar con dados de hormigón o con anclajes metálicos. La sujeción del plástico se puede realizar enterrando los extremos de las láminas en sendas zanjas abiertas exteriormente a la estructura; la unión a los arcos extremos, en el sentido transversal, se hace con abrazaderas de PVC, reforzando éstas con alambre galvanizado. La ventilación se realiza por las paredes frontales; puede llevar además ventanas laterales o cenitales.

Los túneles de tubo de acero y cubierta de plástico flexible son una solución económica para la producción hortícola; su montaje es muy sencillo. Un inconveniente para cubrir superficies grandes es que debe existir una distancia entre cada túnel y el siguiente para evitar sombreos, con lo que se pierde superficie útil. La ventilación es peor que en invernaderos multitúnel o multicapilla; los túneles, además de las aperturas frontales, suelen necesitar aperturas laterales continuas o discontinuas para una ventilación eficaz, especialmente si la longitud es superior a 25 m. El coste de un túnel de plástico flexible puede oscilar entre las 1.000 y 2.000 ptas./m², dependiendo del material y equipamiento. Se utilizan bastante en el norte de España, donde los problemas de ventilación no son críticos.

5. Invernaderos multitúnel de plástico flexible

Los invernaderos multitúnel de plástico flexible son muy habituales en España para la producción hortícola, combinando una estructura de acero galvanizado con una cubierta de polietileno, EVA o plástico tricapa. Es muy frecuente también que los laterales se diseñen con plástico rígido y el techo con plástico flexible, de forma que las zonas donde las roturas son más frecuentes tengan más resistencia. La anchura de cada nave en los multitúneles puede ser de 6,6 u 8 metros. La separación longitudinal de pilares suele ser de 2 metros en la periferia y 4 m dentro del invernadero. La altura hasta el canalón suele ser entre 2,5 a 3 metros, y la altura a cumbre entre 3,5 y 4,6 metros (aunque la tendencia es ir a alturas mayores). Los pilares y arcos pueden ser de tubo de acero de 60 mm de diámetro o perfiles especiales. La cimentación suelen ser zapatas de hormigón de 70 cm de profundidad x 40 cm x 40 cm, o similar.

Este tipo de estructuras permiten cubrir grandes superficies sin los problemas de sombreo que se producen entre túneles. La ventilación puede ser lateral o cenital; combinando ambos tipos se pueden conseguir niveles óptimos de renovación de aire. Admiten la instalación de todo tipo de equipos y su au-

tomatización. El coste de un invernadero multitúnel de plástico flexible oscila entre las 2.000 y 5.000 ptas./m², dependiendo del material y equipamiento.

6. Invernaderos multitúnel de plástico rígido

En el norte del Mediterráneo (Francia, España e Italia) se utilizan bastante los invernaderos de tipo multitúnel, con estructura de acero galvanizado y cubierta de plástico rígido, en producción de ornamentales. El cambio de cubierta se realiza cada 10 a 15 años, mientras que en plástico flexible suele ser cada 2-3 años. Su mayor ventaja respecto al plástico flexible es su mayor resistencia al viento, lluvias torrenciales y granizo. El coste de un invernadero multitúnel de plástico rígido oscila entre las 4.000 y 10.000 ptas./m², dependiendo del material y equipamiento.

Como en el caso anterior, pueden utilizar ventilación cenital, lateral o ambas. Un problema de este tipo de invernaderos es la acumulación de la condensación en la parte superior del arco, ya que debido a la escasa pendiente del plástico el agua no escurre por gravedad. En zonas húmedas y frías este factor puede representar un problema serio.

7. Invernaderos de cristal

En el norte de Europa, especialmente en Holanda, se utilizan invernaderos de estructura de acero galvanizado y cubierta de cristal. El tipo de invernadero más habitual en Holanda es el *Venlo*, que está sustituyendo al tipo más tradicional o *Wider Span*. El *Venlo* tiene un mayor número de capillas de menor altura que el *Wider Span*; la anchura habitual de cada capilla es 3,2 m. La menor altura permite colocar un solo vidrio de canalón a cumbre. La distancia longitudinal entre columnas en el interior del invernadero es de 4 a 4,5 metros. La altura del canalón se ha aumentado desde 3-3,5 metros hasta 4 e incluso 4,5 metros, para permitir la colocación de pantallas térmicas e iluminación artificial. La ventilación se realiza con ventanas discontinuas en el techo, que alternan las dos caras de la cubierta. El coste aproximado es de 10.000-15.000 ptas./m², dependiendo del equipamiento; su estructura estándar ha permitido abaratar los precios.

El invernadero de tipo *Wider Span* (o invernadero de ala ancha) tiene capillas más amplias y de mayor altura que el de tipo *Venlo*; por ello la estructura tiene un número de pilares inferior. La ventilación se realiza con ventanas continuas a lo largo de los laterales o del techo. Debido a su anchura, desde el canalón a la cumbre se deben utilizar varios vidrios. La anchura de cada capilla varía entre 6,4 y 12,8 m. Su precio es superior al de tipo *Venlo*, aunque presenta fundamentalmente la ventaja de que el espacio para el paso de maquinaria es mayor, por lo que todavía se utiliza para determinados cultivos. Su ventilación también es mejor, al contar con más espacio para la circulación del aire. Su coste aproximado es de 12.000-20.000 ptas./m² dependiendo del equipamiento. Ambos tipos de invernaderos tienen mucha resistencia al viento y demás fenómenos atmosféricos, gran estanqueidad y mínimas pérdidas de calor. Su vida útil es larga, de más de 20 años. ■

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. Mundiprensa.

Serrano Cermeño, Z. 1994. Construcción de invernaderos. Ed. Mundiprensa.



mas
HORTICULTURE

Mejoramos

tu trabajo

Estamos juntos a ti desde
la preparación
del terreno a la cosecha.



Máquina premiada en EIMA '97



35020 CANDIANA (PADOVA) ITALY
Via Valli, 18
Tel. +39.049.5349717
Fax +39.049.5349999
Email: maserv@intrbusiness.it
www.masitaly.com

