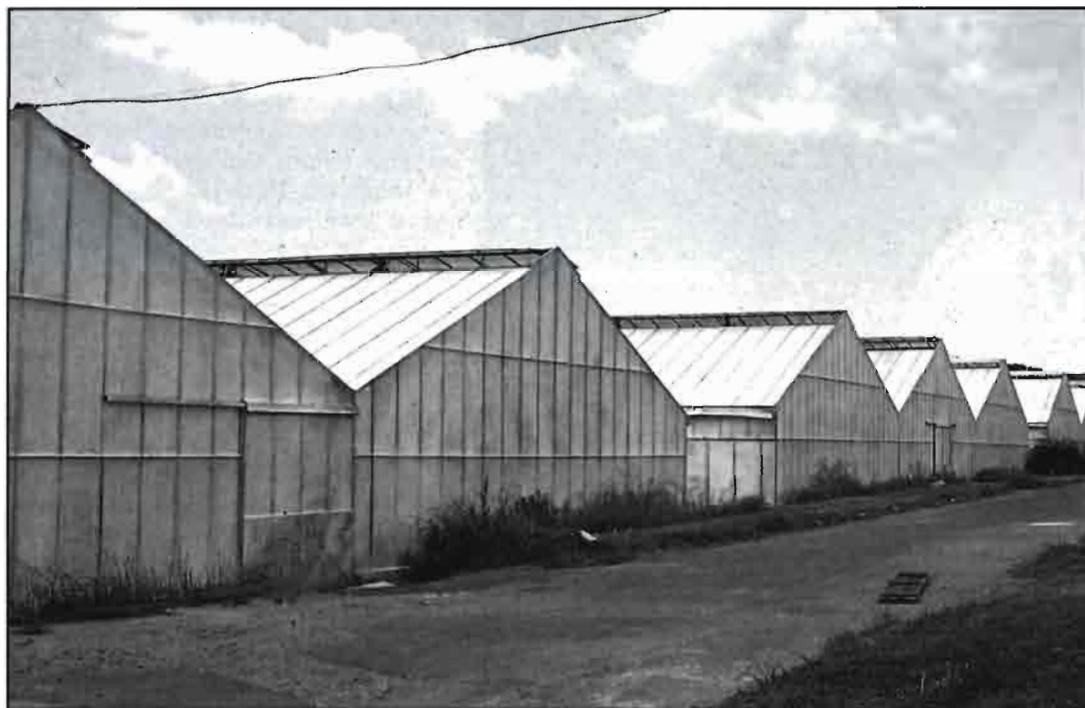


Materiales plásticos para cubierta de invernadero

Datos para la selección y efectos sobre los cultivos.

PEDRO FLORIAN MARTINEZ
BEGOÑA BIMBO

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada (Valencia).



Sombreamiento de invernadero por medio de pintura blanca.

Los aspectos sobre los que detenemos la atención al elegir un material de cubierta de invernadero, son sus propiedades fotométricas, es decir, el modo en que se comporta con las radiaciones, y sus propiedades térmicas, o sea su capacidad de aislamiento.

Características deseables en un material de cubierta

Los aspectos sobre los que detenemos la atención al elegir un material de cubierta de invernadero, son sus propiedades fotométricas, es decir, el modo en que se comporta con las radiaciones, y sus propiedades térmicas, o sea su capacidad de aislamiento.

En relación con las radiaciones hay tres factores de importancia, la transmisión, la reflexión y la absorción que definen cómo responde ca-

da material a las radiaciones que recibe.

Las radiaciones que inciden sobre una cubierta de un invernadero son de varios tipos: ultravioleta, visible, fotosintética, infrarroja corta, infrarroja larga o calorífica.

Los cuatro primeros tipos forman

parte de la radiación solar, y el último es la radiación térmica que emite un cuerpo caliente, como por ejemplo el suelo del invernadero después de absorber calor durante el día, la propia estructura metálica y las plantas.

Respecto a las propiedades térmi-

cas hay dos factores interesantes que suelen asociarse a los materiales en los catálogos y artículos técnicos, por un lado el coeficiente global de pérdidas de calor, representado por K, y que expresa las pérdidas debidas a radiación IR larga y también las de conducción y convección. Otro es el coeficiente de transmisión de la radiación IR larga o calorífica. Cuanto menor sea este coeficiente, mayor será el poder de acumulación de calor del material.

Según sean estas propiedades los materiales se acercarán más o menos a las características óptimas para su empleo en horticultura.

Veamos qué podemos buscar y exigir en un material de cubierta.

Materiales translúcidos

Deben tener la máxima transparencia a la luz solar y esta cualidad debe mantenerse a lo largo del tiempo en función de su coste, a fin de que éste sea amortizado.

Además es conveniente que posean un grado de transparencia reducido a la radiación IR larga, o lo que es igual, que tenga un coeficiente pequeño de transmisión para esta radiación, ya que así, como hemos citado, su protección contra el frío será mayor. Esta propiedad no debe repercutir negativamente sobre la vida útil del material.

Materiales de sombreo

El objetivo normal del uso de un material de sombreo no es reducir la luz, sino el exceso de temperatura. Si tenemos en cuenta que éste viene producido por la radiación IR corta del sol, un material de sombreo debería ser un filtro selectivo, que detuviera gradualmente dicha radiación, sin afectar a la parte visible o útil para la fotosíntesis. Además, la radiación IR detenida debería ser reflejada en su mayor parte, ya que la fracción que se absorbe, será emitida parcialmente hacia el interior del invernadero en forma de calor.

Este tipo de material tan ideal no existe. La verdad es que hasta ahora se ha dedicado poca atención a la mejora de las características de estos materiales, por parte de la industria, y debemos escoger lo que se acerque más a lo anteriormente dicho, haciendo equilibrios para perjudicar lo me-

FERTILIZANTE SOLUBLE



Haifa

NITRATO POTASICO

KNO₃ 13-0-46

Fertilizantes ideales para fertirrigación:

POLY-FEED-NPK Soluble

FOSFATO MONOAMONICO - M.A.P.

FOSFATO MONOPOTASICO - M.K.P.

"MAGNISAL" NITRATO DE MAGNESIO

FABRICADO POR: Haifa chemicals Ltd., Israel

FERQUISA fertilizantes químicos S.A.

Orense, 23 7ª B 28020 MADRID - Tel.(91)5562494 - Fax: (91)5970246 - Tlx: 47095

AYUDAS A LA MEJORA DE LAS ESTRUCTURAS AGRARIAS

REAL DECRETO 1887/91

**HASTA 55.000.000 pts al 4%
durante 10 años**

L.S. HORTICULTURA ESPAÑA S.A.

INFORMA:

Con el fin de facilitarle
la petición del crédito
LUDVING SVENSSON
abre un nuevo departamento
de gestión y asesoramiento,
totalmente gratuito,
de estos créditos.

Para más información:  **(968) 573512**



LS Horticultura España
Carretera de Pinatar 66
Apartado, 27
30730 SAN JAVIER (Murcia)
Telf. (968) 573512
Fax: (968) 573129

LUDVIG SVENSSON

Material de uso mixto (sombreo y pantalla térmica) parcialmente aluminizado, en Valencia.



nos posible al funcionamiento del cultivo, y en particular a su capacidad de fotosíntesis, jugando por una parte con reducir poco la entrada de luz, y por otra con limitar el estrés hídrico ambiente.

Estos materiales deben tener propiedades estables a lo largo del tiempo, y además es conveniente que se dispongan de manera que puedan ser plegados cuando no se necesite una cobertura total.

Materiales para pantallas térmicas

Las características que buscamos en una pantalla térmica son, por una parte que refleje el máximo y transmita el mínimo de la radiación calo-

rífica o IR larga que emite el interior del invernadero hacia el exterior, y además, dado que lo normal de estas pantallas es que sean opacas a la luz en un grado total o parcial, y por lo tanto exigen ser plegadas de día y desplegadas de noche, es necesario que su resistencia mecánica sea suficiente para este funcionamiento.

Como es lógico deben mantener sus propiedades a lo largo del tiempo previsto de uso y en función de su amortización.

Clases de materiales

Materiales translúcidos

- Láminas de polietileno:

Encontramos en el mercado dos tipos de polietileno de baja densidad, el *normal* que se obtiene por polimerización a temperatura y presión altas, y el *lineal* que se fabrica a menores temperatura y presión. Este último tiene más resistencia mecánica, y más capacidad de alargamiento, pero no se fabrica en anchuras grandes. Su uso, debido a su alargamiento y a la limitación de anchura, se reduce a los semiforzados, en los cuales su mayor resistencia permite emplear láminas de poco grosor, incluso hasta de 80 micras.

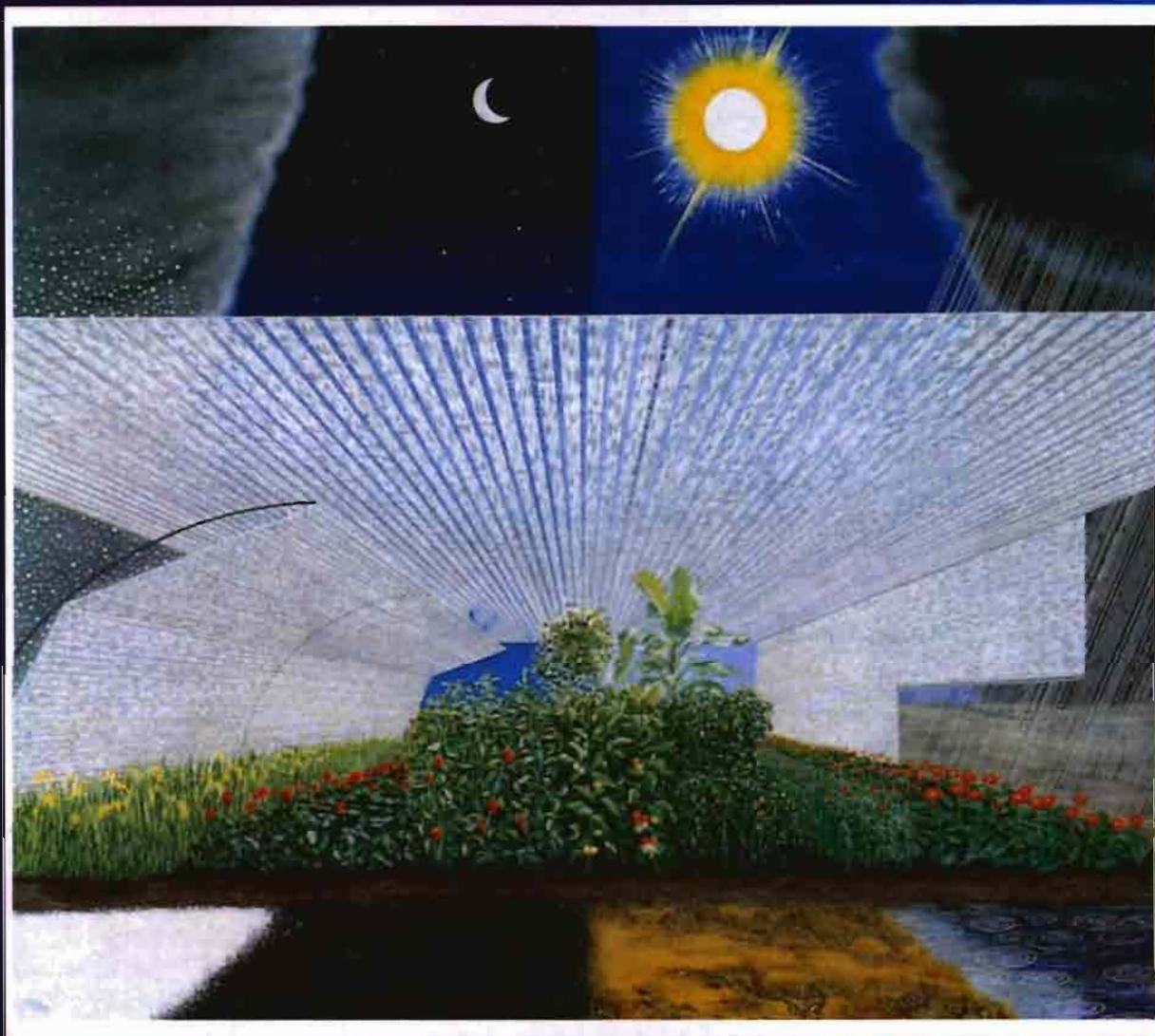
INVERNADEROS DE NORMA EUROPEA

ULMA

ULMA, S. COOP. LTDA.
 Caspo Otadui, 3
 20560 ONATI, (Guipuzcoa)-
 Tel. (943) 78 00 51
 Fax: (943) 78 17 10

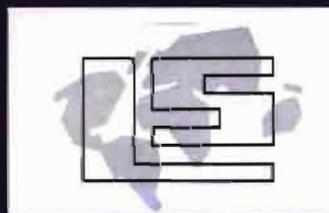
Delegación Zona Mediterránea:
 Antonio Margalef
 43519 EL PERELLO (Tarragona)
 Tel. (977) 49 01 91

HAGA EL TIEMPO QUE HAGA



Pantallas de LUDVIG SVENSSON significa mayores beneficios por:

- control climático = óptima vegetación = calidad de producción.
 - ahorro de calefacción de hasta un 70 %.
 - evita problemas de humedad y hongos.
 - en verano baja la temperatura hasta 15º C.
- eficaz contra heladas cuando no hay calefacción.
 - alarga el cultivo.
 - mejora las condiciones de trabajo.
- para los cultivos exteriores: también protección contra granizo.



LS Horticultura España
Carretera de Pinatar 66
Apartado, 27
30730 SAN JAVIER (Murcia)
Telf. (968) 573512
Fax: (968) 573129

LUDVIG SVENSSON

El objetivo normal del uso de un material de sombreado no es reducir la luz, sino el exceso de temperatura.

En los polietilenos que llamamos de *larga duración*, su vida útil depende por una parte de la calidad de la resina empleada, y por otra de los aditivos usados por el fabricante, especialmente los estabilizadores de la acción ultravioleta. En las condiciones climáticas mediterráneas no es normal una duración superior a dos campañas o como mucho tres que incluyan dos veranos.

Los fallos en la vida esperada de una lámina de este tipo se deben a calidad deficiente o a la mala dosificación de los aditivos o a la resina base.

Los estabilizantes de la acción UV reducen la transmisión de la radiación solar, pero por otro lado mejoran la capacidad de protección térmica de la lámina porque aumentan la absorción de radiación IR larga.

Algunos aditivos empleados para alargar la vida de las láminas de polietileno, han provocado problemas con la calidad del plástico en el pasado reciente al reaccionar con productos agroquímicos que contienen azufre. Estos problemas han sido

superados.

Los polietilenos llamados *térmicos*, obtenidos por medio de aditivos a base de silicatos de magnesio o de aluminio, y que contienen asimismo estabilizantes de UV, dan mayor protección térmica al ser parcialmente opacos a la radiación calorífica o IR larga. En la preparación de estos materiales la formulación acertada de las proporciones de aditivos es enormemente importante.

Los aditivos térmicos en dosis elevadas reducen la duración de la lámina y también la transmisión de la radiación solar, por lo cual no es posible agregarlos en cantidades suficientes para conseguir la opacidad total a los rayos IR largos.

Las láminas de copolímero de *acetato de etileno y vinilo* (EVA) poseen también propiedades «térmicas», es decir, de menor transparencia a la radiación calorífica. Sus inconvenientes, tales como la fijación de polvo, y el estiramiento no recuperable, son la causa de que no se difundan tanto como cabría esperar por sus buenas cualidades de transparencia a la luz y de aislamiento térmico. Del mismo modo que con el polietileno térmico, no se puede conseguir con el EVA una total opacidad a los rayos IR largos, porque al aumentar la proporción de acetato de vinilo, se reduce la resistencia mecánica de la lámina, y se aumenta su elasticidad. La proporción normal de acetato de vinilo en el EVA es el 14%.

Otro tipo de lámina de EVA más reciente, combina las ventajas de las dos últimas citadas. Estos *EVA cargados* son polietilenos diferentes según el fabricante. El resultado en cuanto a su poder aislante y protección contra el frío, es distinto según la formulación.

También encontramos en el mercado materiales *coextrusionados en varias capas*, en las que se combinan diversas clases de materiales. En este caso el material de buenas cualidades térmicas, puede coextrusionarse entre dos capas de otro material de buena resistencia mecánica.

Finalmente, el problema de la condensación de agua y el goteo sobre el cultivo, así como las pérdidas de luz por reflexión y de calor por la propia condensación, ha dado lugar a los *polietilenos antivaho* o *anticondensación*, que aún se encuentran en



**VIVERS
VILANNA S.L.**

Nº 1 en Calidad

- Árboles ejemplares en contáiner.
- Arbustos en contáiner.
- Coníferas ejemplares en contáiner.
- Excelente sistema de enraizado.
- Los árboles no sufren ningún shock al plantarlos en tierra.
- Para plantar todo el año incluso en verano.
- Gran cantidad de variedades.



Carrer d'Avall, 37 17160 **ANGLES** (GIRONA)
Tel. (972) 42 33 91 - Fax. (972) 42 30 17



Diversas intensidades de sombreado con mallas exteriores en el IVIA, Valencia.

fase de perfeccionamiento.

- Láminas de otros materiales

Considerando solamente las más aptas para nuestra horticultura, citamos el *policloruro de vinilo* (PVC), que desde el punto de vista mecánico es muy sensible al desgarramiento, y asimismo a la adherencia de polvo. Por ello es poco útil para los tipos de estructuras más sencillos y más extendidos en España. Este problema de la resistencia mecánica se resuelve cuando se arma con una malla de poliéster o poliamida embutida entre dos láminas. El PVC tiene excelentes cualidades como aislante del frío, es decir que retiene una buena parte de la radiación calorífica.

Otros materiales tales como *polifluoruro de vinilo*, el *tereftalato*, sólo merecen citarse, debido a su empleo nulo en nuestra horticultura. El primero se usa asociado al poliéster armado.

- Materiales semirrígidos

Por su importancia nos referimos en primer lugar al *poliéster armado* con fibra de vidrio. Las placas fabricadas en España alcanzan una gran calidad que compite con ventaja en el extranjero. El coste elevado hace que su uso se reserve para cultivos de alto valor tales como la rosa y otras flores, y las plantas de interior. Pierde transparencia paulatinamente y debe ser renovado al cabo de algunos años. Hay productos mejorados, con recubrimiento de la placa por

una lámina de otro material (polifluoruro de vinilo), con lo que la duración se alarga. En España hay poliésteres garantizados para diez años.

El *policarbonato* es otro material disponible que se presenta en placas alveolares, con grosores totales de 4 a 16 mm. La vida útil de este material es inferior a la del *polimetacrilato de metilo* (PMM), pero en nuestras condiciones climáticas todavía hay poca experiencia en este aspecto.

El PPM es un polímero de muy buenas cualidades para la horticultura, y que se presenta también en placas alveolares, con grosores totales entre 8 y 32 mm.

Las placas de PVC, tanto simples como alveolares, están menos difundidas, a pesar de la mejora que supone la placa bi-orientada, por su mayor resistencia mecánica.

Todos estos materiales tienen en común una muy buena capacidad de aislamiento térmico, comparable incluso con la del cristal.

- Mallas

Otro material de cubierta difundido en los últimos años, y que todavía es objeto de tanteos y ensayos para ajustar su utilidad, es la malla. Puede tener varios objetivos, pero en general busca una protección intermedia entre el cultivo al aire libre y el de invernadero, para obtener un calendario de producción que puede solaparse entre ambos tipos de cultivo, en algunas zonas de producción.

El uso de la malla de polietileno

translúcido proporciona ciertas modificaciones climáticas que pueden ser interesantes. Por una parte reduce la humedad ambiente, y por otra amortigua las temperaturas extremas.

Un aspecto de la utilidad de las mallas, que está cobrando importancia, es el empleo de materiales de trama muy densa como barreras frente a la entrada de insectos vectores de virus (pulgonos, aléuridos, trips). El uso de este tipo de cubiertas en estructuras de invernaderos o estructuras más simples, es una alternativa para cultivos al aire libre limitados actualmente por estos problemas fitosanitarios. En los cultivos de invernadero, la protección de las aberturas de ventilación con estas mallas es un método muy eficaz, pero que por la alta densidad de trama de estos materiales, acentúa la deficiencia de ventilación que ya suele ser un problema en nuestro clima.

Modificar las estructuras de nuestros invernaderos, para conseguir mayores superficies de ventilación, puede ser una solución. El prototipo de invernadero diseñado en el Centro de Investigaciones Agrarias de Cabriels, es un gran paso en este sentido.

Materiales de sombreado

La gama de material de sombreado en uso no es amplia. Este tipo de cubierta deberían satisfacer dos requerimientos difíciles de compaginar, como son el reducir el exceso térmico producido por la alta irradiación



EL PLASTICO LO PONEMOS NOSOTROS

En nuestra gama de productos plásticos para la agricultura, el cultivador puede encontrar la respuesta más adecuada a sus necesidades de cada momento.

- **Plásticos térmicos EVA**, para cultivos exigentes en temperatura.
- **Plásticos larga duración**, con la máxima transparencia. Dos y tres campañas y alta resistencia al envejecimiento.
- **Plásticos especiales** como el anti-vaho; todos los usos en la práctica de los acolchados y pequeños túneles; opacidad total para ensilados; embalses...



Polígono Industrial «La Redonda» - C.N. 340, Km. 86
04710 SANTA MARÍA DEL AGUILA - EL EJIDO (Almería)
Tels.: (951) 48 10 50-48 10 54 - Fax: (951) 48 43 27 - Telex: 78946 PIGA-E

solar, en particular la parte infrarroja, pero manteniendo en lo posible la luz que permite a la planta hacer su fotosíntesis. Esto es aún más irrealizable cuando la cubierta no es plegable sino fija. Si atendemos a satisfacer uno de los aspectos, el otro queda desfavorecido.

Por un lado encontramos las *pinturas blanqueantes* a base de cal, blanco de España, y otros preparados comerciales, que tiene la ventaja de la facilidad de aplicación, el bajo coste, y el ser eliminados también con sencillez por lavado o por la lluvia. Como inconveniente importante tienen su baja eficacia. Dan lugar a una disminución de la luz que es variable según el tipo de producto, la densidad de la solución, y la perfección de la aplicación, pero la radiación IR solar no es interceptada prácticamente, y en días soleados el déficit higrométrico ambiente, bajo el material de cubierta blanqueado, suele ser alto, y el cultivo queda expuesto a estrés hídrico por un exceso de transpiración.

Las *mallas de polietileno*, de tramas diversas según la intensidad de sombreo requerida, son más eficaces, pero son también más caras y de colocación más laboriosa.

Hay dos aspectos interesantes que considerar; por una parte la forma de colocación de una malla, y por la otra la elección de la intensidad de sombreo. Trataremos sobre esto más adelante.

También encontramos en el mercado una oferta sugerente, *materiales de uso mixto*, que combinan el uso como sombreador en época calurosa, durante el día, con la utilidad como pantalla térmica en época fría, durante la noche. Estos materiales se fabrican en general combinando bandas opacas aluminizadas, alternadas con bandas translúcidas de polietileno, poliéster, o tejidos acrílicos, de poliéster, o de otros polímeros. Las bandas de una y otra clase se disponen en proporciones distintas según el uso que se les pretenda dar. Son materiales caros y requieren instalación automática de plegado. Su eficacia en un sentido y otro debe ser analizada cuidadosamente antes de hacer la elección.

Materiales para pantallas térmicas
Ninguna de las muchas variantes

existentes para uso exclusivo como pantalla térmica está difundida en España. En general se basan en láminas de polietileno o de poliéster aluminizadas y por lo tanto completamente opacas a la luz, o bien en bandas aluminizadas y cosidas.

El objetivo de una pantalla térmica es reducir las pérdidas de calor entre el interior del invernadero, es decir el suelo, las plantas, los elementos de calefacción si los hay, y el exterior, a través de la cubierta. La pantalla es un obstáculo para todo tipo de pérdidas, sean de conducción y convección, de radiación o de fugas de aire, y su eficacia depende de su capacidad de aislamiento para cada uno de esos tipos de pérdidas.

Además la pantalla tiene efectos sobre el cultivo que repercuten sobre la economía de energía del invernadero. Por ejemplo, en el caso de invernaderos con calefacción, se observa que la protección con pantalla térmica eleva la temperatura del follaje. Esto permite bajar la temperatura del termostato de ambiente de la calefacción, con la correspondiente

economía de combustible.

Las *láminas metalizadas* tienen una capa de aluminio depositada al vacío. El aluminio elimina totalmente las pérdidas por radiación térmica o infrarroja, y reduce la emitancia de la pantalla para dicha radiación térmica. Con estas pantallas es posible reducir las pérdidas de calor por radiación en más del 60%, según se ha podido medir experimentalmente.

Los materiales más frecuentes en estas pantallas son poliéster y polietileno, aunque hay otros. El aluminizado se puede presentar por las dos caras, sólo por la inferior, o embutido entre dos láminas de polímero.

Por otra parte tenemos pantallas a base de *láminas de plástico*, también las hay tejidas o no, a base de polietileno, PVC, polipropileno, poliéster. Estas son menos eficaces como aislantes, ya que en unos casos su transmisión calorífica es alta, y en otros lo es su emitancia. Con ellas no se puede aspirar a una reducción de pérdidas de calor superior al 25%, y en general es bastante inferior a esta cifra.

Las características que buscamos en una pantalla térmica son, por una parte que refleje el máximo y transmita el mínimo de la radiación calorífica o IR larga que emite el interior del invernadero hacia el exterior.

PLACAS DE PVC RIGIDO BI-ORIENTADO PARA INVERNADEROS

ONDEX®

BIO 2



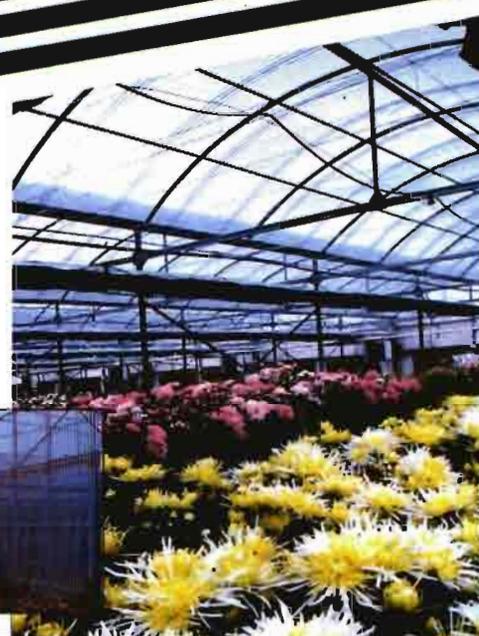
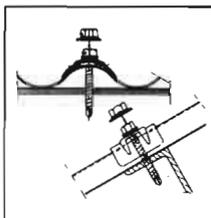
TUBOS Y REPUESTOS DE PLÁSTICOS, S.A.

Póligono de Malpica,
c/ C. parcela 5 a 7
Tel. (976) 57 19 82 Admón.
Fax: (976) 57 16 34
Apartado de Correos 3.029
50016 ZARAGOZA

Tel. (976) 57 30 96 Dpto. Cial.
Fax (976) 57 33 12 Dpto. Cial.

Las placas de plástico rígido **ONDEX® Bio 2** a base de PVC bi-orientado por transmisión de luz y efecto térmico, poseen las mejores cualidades agronómicas.

Ahora, además, **ONDEX® Bio 2** por el proceso de bi-orientado del PVC es por resistencia y duración la mejor solución para la cubierta de un invernadero.



Cuadro 1:
Fraciones de cada tipo de radiación en condiciones
de cielo despejado y nublado (W/m^2)
(Nisen et al. 1986)

Radiación	Despejado			Nublado
	Directa del sol	Difusa del cielo	Sol + cielo	Difusa de cielo
U.V.	6	13	19	3
Visible	201	68	269	38
I.R. solar	171	11	182	30
Total solar	378	92	470	71

Cuadro 2:
Efectos de cubiertas simple y doble sobre el microclima
y la fotosíntesis de gerbera
(IVIA, Valencia)

	Radiación Par $\mu E/m^2s$	Temp. aire $^{\circ}C$	Humedad %	Fotosíntesis $\mu mol/m^2s$
INVIERNO				
Exterior	879	12,5	62	—
Cubierta simple (PE térmico)	570	21,6	66	12,0
Cubierta doble (PET/EVA)	456	24,0	82	9,5
PRIMAVERA				
Exterior	1350	25,2	27	—
Cubierta simple (PET)	950	33,6	29	14,0
Cubierta doble (PET/EVA)	880	37,9	31,3	15,5

La porosidad de la pantalla es la otra característica que determina su eficacia como aislante. Un material muy poroso aumenta las pérdidas por fugas de aire, incluso en el caso de ser muy bueno como aislante para las radiaciones térmicas.

Comportamiento de los materiales de cubierta frente a las radiaciones

Los materiales empleados en la cobertura de invernadero tienen todos altas transmitancias a la radiación solar; del orden de 85 al 90% de la radiación incidente es transmitida la interior.

Hay factores que modifican la radiación solar transmitida. El estado del cielo es uno de ellos. En días despejados hay luz directa del sol y luz difusa del cielo, y en los días nublados hay únicamente radiación difusa del cielo. La diferencia de nivel de radiación de un tipo de día a otro,

y de la importancia relativa en cada caso de la parte difusa, puede verse en el cuadro 1.

En días nublados el suministro de luz se reduce tanto que adquiere una importancia capital la transparencia del material de cubierta, y esto aún se acentúa más cuando se usan cubiertas dobles. El empleo de cubiertas dobles puede disminuir la luz transmitida hasta dejarla en un 60 a 65% de la incidente.

Esta reducción de la luz puede llegar a anular las ventajas del incremento de temperatura obtenido con la cubierta doble, en especial cuando se produce en momentos de baja luminosidad en invierno, en los que ya las condiciones exteriores están cercanas al nivel de saturación luminosa de la planta que se cultiva.

El cuadro 2 muestra esta situación en cubiertas simples y dobles con materiales térmicos, donde se puede observar el efecto negativo en la fotosíntesis bajo cubierta doble en invierno, debido a la escasa radiación disponible a pesar de la ventaja en temperatura. La radiación en invernadero se encuentra en niveles limitantes. En cambio en primavera, se produce la respuesta contraria cuando la luz ya no actúa como factor limitante.

El grosor de la lámina de plástico no afecta a la luz transmitida. Tanto para una lámina de 50 micras como para otra de 200, la luz transmitida es prácticamente la misma, y varía según el ángulo de los rayos solares. Es decir que por la mañana temprano y al atardecer, la transmisión disminuye debido a que aumenta mucho la pérdida de luz por reflexión desde la cubierta, por llegar los rayos más oblicuos.

Cuando el invernadero se cubre con placas alveolares de polimetacrilato o policarbonato por ejemplo, el comportamiento depende del grosor de las placas y tabiques y de la forma de los alveolos. Es mejor la transmisión de luz en el caso de alveolos cuadrados que en el de alveolos curvilíneos. También es mejor cuando se reduce el grosor total de la placa aunque no se modifique el grosor de los tabiques y tablas. Sin embargo, los resultados agronómicos suelen ser mejores cuando se aumenta la separación de las dos tablas, debido a que mejora el aislamiento, incluso aunque se reduzca el grosor de los

Los polietilenos térmicos, obtenidos por medio de aditivos a base de silicatos de magnesio o de aluminio, y que contienen estabilizantes de UV, dan mayor protección térmica al ser parcialmente opacos a la radiación calorífica o IR larga.

tabiques y tablas por lo tanto la cantidad total de material por unidad de superficie.

Aún tratándose de materiales con excelente transparencia a la luz, su comportamiento en el campo es más complejo que el de una cubierta sencilla, ya que pueden perder luminosidad según la orientación del invernadero y la inclinación de las cubiertas, pues la transmitancia de estos materiales alveolares disminuye especialmente cuando los rayos incidentes son oblicuos. Sobre estos aspectos hay abundantes datos de laboratorio pero nos falta más información de campo.

Las hojas de las plantas absorben más luz en las bandas del espectro de color azul (400 a 500 nm) y rojo (600 a 700 nm). Se deduce de ello que se debería seleccionar materiales de cubierta que mejoraran la transmisión de estos dos tipos de luz, pero sin perjudicar a la fotosíntesis.

En Israel se realizan trabajos con el fin de fabricar láminas de PVC que actúen como *filtros selectivos*, que modifican el espectro solar reduciendo la entrada de radiaciones poco útiles, tales como la UV (250 a 400 nm) y la verde (500 a 600 nm) y que sean desplazadas por el material de cubierta filtrante hacia el azul y el rojo respectivamente.

El polietileno no parece por el momento apto para estas mejoras, por no mantener estables las cualidades de filtro selectivo.

Con este tipo de láminas selectivas se han conseguido mejoras de rendimiento y de precocidad en tomate, melón y rosa.

Como hemos dicho antes, el mejoramiento de la transmisión de radiaciones en los *materiales de sombreado* es un tema pendiente. Los que mejor reflejan la radiación IR solar son los que menos radiación visible transmiten. Por consiguiente sombrear significa literalmente reducir la luz que llega al cultivo y, por lo tanto, limitar su potencial de producción, con el agravante de que la reducción de luz es mayor que la de radiación IR solar.

El cuadro 3 expresa con claridad este comportamiento a partir de datos obtenidos en el IVIA en Valencia, con mallas de sombreado blancas y negras colocadas en el exterior de invernaderos, sobre la lámina de polietileno. El método de sombreado más

Cuadro 3:
Parámetros climáticos y biológicos bajo invernadero de gerbera con distintos tipos de sombreado (IVIA-Valencia)

Fecha	Aire libre	Encalado	Malla blanca 5 x 3	Malla blanca 5 x 4	Malla negra 5 x 3	Malla negra 5 x 4
RADIACION FOTOSINTETICA ($\mu E/m^2s$)						
26/7/90	2000	734	687	555	542	249
30/7/90	1176	765	699	554	550	253
24/8/90	1820	720	598	496	474	219
TEMPERATURA ($^{\circ}C$)						
26/7/90	31,9	39,4	38,3	38,5	35,6	34,9
30/7/90	31,3	36,4	36,4	36,5	34,2	33,5
24/8/90	31,5	36,9	36,2	36,5	34,9	33,9
FOTOSINTESIS ($\mu molCO_2/m^2s$)						
26/7/90	—	5,1	8,8	8,6	10,2	6,0
30/7/90	—	4,9	11,6	10,4	11,0	6,9
24/8/90	—	8,5	12,5	12,1	10,3	4,6
TRANSPIRACION ($mmol H_2O/m^2s$)						
26/7/90	—	19,3	22,0	21,6	20,3	14,8
30/7/90	—	16,0	21,2	21,3	20,3	20,3
24/8/90	—	17,6	30,0	24,5	22,7	20,0
DEFICIT DE PRESION DE VAPOR HOJA/AIRE (mbar)						
26/7/90	—	38,7	30,8	30,4	24,0	24,9
30/7/90	—	36,4	27,0	25,5	21,1	18,8
24/8/90	—	28,0	19,4	18,7	18,5	18,7

luminoso, en este caso el encalado, es el menos eficaz para reducir la temperatura, y da lugar a las situaciones de estrés más acentuado en las plantas, con un alto déficit de presión de vapor entre la planta y el aire ambiente. El resultado se observa en las bajas tasas de transpiración y fotosíntesis con que las plantas responden.

Por otra parte si empleamos materiales de alto índice de sombreado, como es el caso de la malla negra más tupida de trama de 5 hilos x 4 rafias, la eficacia en la reducción de la temperatura es mayor (véase el cuadro 3), y también lo es el amortiguamiento del déficit de presión de vapor, si se compara con los niveles obtenidos bajo la malla negra menos tupida (5 hilos x 3 rafias) o las ma-

El uso de la malla de polietileno por una parte reduce la humedad ambiente, y por otra amortigua las temperaturas extremas.

Cuadro 4:
Coefficiente de pérdidas
térmicas de materiales
en cubierta simple y doble,
en condiciones
de cielo despejado
(Nisen et al. 1986)

Material	K (W.m ⁻² . K ⁻¹)
Vidrio	6,1
PELD	8,8
EVA	7,8
PE térmico	7,2
PELD + PELD	6,0
EVA + PELD	5,4
PELD + EVA	5,3
PE térmico + PELD	5,1
PELD + PE térmico	4,7
PE térmico + EVA	4,3
PE térmico + PE térmico	4,1
Vidrio + PELD	4,2
Vidrio + EVA	3,9
Vidrio + PE térmico	3,5
Vidrio + Vidrio	3,1

llas blancas de las mismas densidades de trama. Pero esto se consigue a costa de unas limitaciones en la luz disponible, véanse las cifras de radiación fotosintética en el cuadro 3, que provocan un descenso excesivo de la trasa de fotosíntesis.

La elección del material más conveniente es una cuestión que en cada caso dependerá de varios factores; uno básico es conocer el punto de saturación de la planta a cultivar, así como su capacidad de adaptación a las condiciones de cultivo, para mantener un nivel de respuesta (fotosíntesis, transpiración) adecuado. En el cuadro 3 se puede ver que la malla negra menos tupida (trama 5 x 3) y las dos mallas blancas, son las que nos dan la mejor respuesta fotosintética, pero la malla negra 5 x 3 consigue menos temperatura ambiente, menos déficit de presión de vapor y menos transpiración, lo que nos da como resultado una mayor eficacia en el aprovechamiento del agua.

Comportamiento térmico

La capacidad de protección contra el frío de un material depende por un lado de su transmitancia para la radiación IR larga, y por otro de las pérdidas por conducción y convección a su través.

En condiciones estables en laboratorio se mide un coeficiente K global de pérdidas caloríficas, que expresa el conjunto de pérdidas radiantes, convectivas y conductivas, y que permite comparar unos materiales con otros. Este dato es muy valioso por la información que nos da, pero no hay que perder de vista que se trata de una determinación de laboratorio bajo condiciones concretas, y que poco tienen que ver con las que se encuentran en el campo, por lo que el valor de un coeficiente K del material colocado en el invernadero, sería diferente.

Este coeficiente K de pérdidas de calor está muy ligado a la transmitancia del material para las radiaciones IR largas. K es mayor en los materiales de menos transmitancia a di-

FABRICA DE

MALLAS AGRICOLAS

INDUSTRIAS
ELS MOLINS

• **SOMBREOS:** Para plantas ornamentales, esparragueras y flores. Solucionamos el problema del pedrisco y cortavientos.

• **MANTONES:** Para la recogida de las aceitunas y almendras. Consultenos sus problemas.
¡LE ATENDEREMOS!

• **AGRICULTOR,** asegura tus cosechas y consigue el máximo rendimiento empleando mallas agrícolas "EL MOLINS". Comprueba los resultados extraordinarios en plantaciones de: aguacates, kiwis, naranjas tempranas, uva de mesa, fresón, melón, tomate, pimientos y berenjena.

Partida El Romeral, s/n. - 46860 ALBAIDA (Valencia)

Telf. (96) 239 01 19 / 239 00 84 - Fax (96) 239 01 19

L.lapis & pencil

cha radiación.

La protección contra este tipo de pérdidas puede mejorarse mucho si se emplean con acierto materiales en doble cubierta. El cuadro 4 nos da una buena referencia en este sentido, del valor aislante de los materiales expresado como coeficiente K de pérdidas.

Recuérdese que un material o una combinación de materiales es tanto mejor protector cuanto menor es su coeficiente K.

Es interesante el detalle de colocar el material más aislante en el interior del invernadero para conseguir un coeficiente K menor. Asimismo, y dado que, como se citó anteriormente, el grosor de la lámina afecta poco a su transmisión de la radiación calorífica, es lógico el reducir todo lo posible dicho grosor en la lámina interior para disminuir el coste, ya que al tratarse de un material térmico será de precio mayor. El límite del grosor dependerá del tipo de colocación y manejo de dicha lámina, ya que su resistencia mecánica debe-

rá ser adecuada a las condiciones de manejo.

También tiene interés en relación con las dobles cubiertas saber que se consigue un coeficiente K de pérdidas mínimo, cuando el espesor de la cámara de aire entre las dos capas de materiales es de 15 a 20 mm. Si esta distancia se reduce las pérdidas aumentan considerablemente; en cambio si se aumenta, no se obtiene mejor aislamiento.

Hay varios factores que afectan en un grado importante a los valores de las pérdidas de calor del invernadero, y asimismo al coeficiente K del material de cubierta.

La velocidad del viento es un factor que influye enormemente. El efecto de una cubierta doble, y en particular de una pantalla térmica se aprecia muy especialmente en el caso de viento. Si la pantalla no es porosa, convierte el invernadero en un recinto mucho menos afectado por las condiciones exteriores de viento, de tal modo que las pérdidas por convección y fugas cambian relativa-

Las láminas de copolímero (EVA) poseen propiedades «térmicas», es decir, de menor transparencia a la radiación calorífica. Al aumentar la proporción de acetato de vinilo, se reduce la resistencia mecánica de la lámina y se aumenta su elasticidad. La proporción normal de acetato de vinilo en el EVA es el 14%.

25 AÑOS AL SERVICIO DE LA HORTICULTURA Y LA FLORICULTURA

- AMPLIA GAMA DE PRODUCTOS.
- ALTO DESARROLLO TECNOLÓGICO
 - SISTEMAS DE PERFILES DE ACERO
 - CLIP DE PVC PARA FIJACIÓN DE POLIETILENO
 - VENTILACIÓN CENTRAL SUPER
 - CANALONES CON PERFILES DE SUJECIÓN INCORPORADOS

INVERNADEROS Y COMPLEMENTOS



KAYOLA S.A.
POLÍGONO ARETA, S/N
TEL. (948) 33 09 00 • FAX (948) 33 09 50
31620 HUARTE - PAMPLONA

APDO. DE CORREOS 1.217
31080 PAMPLONA





Doble cubierta con materiales térmicos (polietileno y EVA) en el IVIA, Valencia.

mente poco de la situación de calma a la de viento fuerte (figura 1).

Este factor de la porosidad de una pantalla es de suma importancia para la elección de un material, especialmente en el caso de pantallas confeccionadas a base de materiales que no proporcionen una buena protección contra las pérdidas por radiación, ya que ni siquiera será útil para reducir las pérdidas por convección y fugas, y por lo tanto será mejor desecharla.

La condensación de agua en lámina de plástico es otro factor de importancia. La presencia de agua condensada cambia profundamente las propiedades del material de cubierta. Por una parte el proceso de condensación produce un flujo o pérdida de calor desde el aire interior del invernadero hacia la superficie del material de cubierta, y por lo tanto hacia el exterior. Por otra parte la capa de agua condensada sobre la superficie interna de la cubierta, es totalmente opaca a las radiaciones IR largas o caloríficas, por lo que si el material es una lámina de polietileno, que deja escapar cerca del 80% de dicha radiación térmica, esta pérdida se reduce a cero si está totalmente cubierta por agua condensada y compensa la pérdida debida a la condensación del agua sobre la lámina.

Sin embargo, la condensación de agua, excepto en materiales tratados especialmente, no se produce en fi-

nas gotas que cubren de modo continuo la lámina, sino en gotas discontinuas y grandes que gotean sobre el cultivo y el suelo, ocasionando graves inconvenientes de todos conocidos. Este problema se puede reducir con lámina negra, que debido al calor tiene una absorción alta de radiación IR y condensa menos, pero, claro está, que debe plegarse durante el día.

Las pantallas aluminizadas, como de cualquier doble cubierta que se pliegue durante el día, el plegado matinal debe establecerse cuidadosamente pues si se hace demasiado pronto tras la salida del sol y subida del nivel de luz, si la temperatura exterior es baja se puede producir un descenso rápido de temperatura que provoca condensación sobre el follaje.

En el caso de una cubierta doble translúcida plegable es positivo retrasar el plegado matinal tras la salida del sol para provocar un calentamiento ambiente rápido, sin una limitación luminosa a esas horas, ya que los rayos son todavía oblicuos y el aparato fotosintético no ha empezado a funcionar.

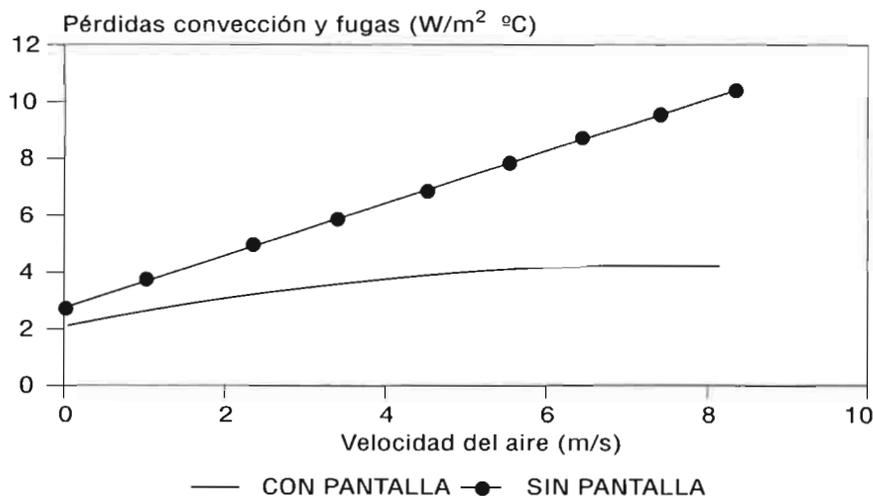
El uso de dobles cubiertas puede ser muy eficaz, pero para ello deben estar muy bien adaptadas a las condiciones de empleo.

En nuestro clima mediterráneo, en que hay una predominancia de cielos

El objetivo de una pantalla térmica es reducir las pérdidas de calor entre el interior del invernadero y el exterior a través de la cubierta.

Las placas de PVC no están menos difundidas a pesar de la mejora que supone la placa bi-orientada por su mayor resistencia. El uso de la malla de polietileno, por una parte reduce la humedad ambiente, y por otra amortigua las temperaturas extremas.

Figura 1:
Coefficientes de pérdidas por convección y fugas según la velocidad del viento.
 (Baille et al., 1980)



claros en las noches de temperaturas más bajas, una doble cubierta con materiales de baja protección térmica, como es el caso del polietileno normal, nos limitará las pérdidas por conducción y convección y fugas, pero no las de radiación, que son las más importantes en dichas condiciones.

Por ello una cubierta doble bien adaptada en este caso, debe disponer en primer lugar de materiales muy transparentes a la luz, y en segundo lugar un material térmico en el interior, que reduzca al máximo las pérdidas de radiación.

Envejecimiento

El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero viene determinado por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas.

Con el objeto de conocer el comportamiento de dichos materiales antes de su empleo, se someten a estudios de envejecimiento utilizando métodos que reproducen con mayor o menor fidelidad las condiciones reales de desgaste.

Por ejemplo, para determinar los efectos de la fotodegradación por la radiación UV, o bien a condiciones naturales en chasis al aire libre, donde además reciben la acción del

viento, la lluvia y el hielo. No obstante estos métodos no reproducen las condiciones reales de uso, y por ello se emplean con frecuencia invernaderos de ensayos donde los efectos de los diversos factores que intervienen en el envejecimiento, son analizados de un modo más completo.

Envejecimiento físico

Utilizando un invernadero para ensayos de envejecimiento, el seguimiento de la degradación física de los materiales se puede realizar regularmente por una simple inspección visual que revele la aparición de desgarraduras en láminas plásticas y

acriver
 INVERNADEROS
 MULTITUNELES
 BITUNELES
 TUNELES
 ALOJAMIENTOS
 GANADEROS

División de invernaderos de:
A
 ANDRÉS ANDREU,
 S.A.
 Ctra. Madrid-Barña,
 Km. 47,800
 Tel. (973) 10 77 00
 Fax (973) 10 78 16
 25181 SOSSES (Lleida)

Materiales de uso mixto combinan el uso como sombreador en época calurosa, durante el día, con la utilidad como pantalla térmica en época fría, durante la noche.

mallas de sombreado, desprendimiento de la capa de aluminio en pantallas térmicas, fractura de la muestra en materiales rígidos, etc.

Por otra parte la evolución de los cambios en las propiedades mecánicas de los materiales, como consecuencia del envejecimiento, se pueden seguir por medio de determinaciones de laboratorio tipificadas, que miden factores tales como la resistencia a esfuerzos de tracción, flexión, etc.

Estas alteraciones son las que determinan la duración de las láminas flexibles.

El comportamiento de los materiales respecto a este tipo de envejecimiento se puede describir del modo siguiente: las láminas no estabilizadas a las radiaciones ultravioletas envejecen con rapidez. El envejecimiento físico se traduce en este caso en la aparición de desgarraduras.

Las láminas de larga duración, polietileno y EVA, que inicialmente tienen características mecánicas semejantes, pueden permanecer intactas muchos meses después de su co-

locación. La duración depende de las condiciones extremas a las que se ven sometidas, sobre todo en verano. En las regiones mediterráneas españolas se considera normal una duración de dos años (dos veranos) para estos materiales. Las láminas armadas, como el PVC, tienen una vida más larga estimada en al menos 30 meses. Terminan rompiéndose al nivel de la armadura. Además, debido a las propiedades electrostáticas del material, se cubre completamente de polvo perdiendo transparencia. En medidas de laboratorio, después de un año de uso, se han medido incrementos de la resistencia a rotura en PVC explicadas por las pérdidas de plastificante por migración de las moléculas hacia el exterior.

Las mallas de sombreado aluminizadas pierden sus propiedades reflejantes relativamente pronto, dependiendo del tipo de fabricación. Se han hecho estudios (Nisen et al., 1986) en los que se pone de manifiesto el deterioro rápido, en tres meses y medio, de la capa de aluminio en algunos materiales. Las mallas de som-

El Invernadero ideal para todo tipo de cultivo



El invernadero INVERCA da respuesta a todas las exigencias que se plantean en el cultivo intensivo tanto en horticultura como en floricultura, ofreciendo todas las opciones en: aireación, estanquidad, cubrición en todo tipo de revestimientos, adaptable a todos los terrenos y climas.



INVERNADEROS DE CASTELLON, S.A.L.

Ctra. Alcora-Km. 10'5 - Apdo. 742 - 12080 CASTELLON
Tels.: (964) 21 23 33 - 21 24 20 - Fax.: (964) 21 75 85

Nuestros invernaderos han sido calculados por ordenador y adaptados a la Normativa de la Comunidad Europea. Las piezas que lo conforman, fabricadas automáticamente, se han diseñado para garantizar la mayor resistencia y al mismo tiempo una gran rapidez en el montaje. La excepcional calidad de los materiales galvanizados aseguran en ambientes húmedos y corrosivos una extraordinaria duración.

breo clásicas de PE tejido resisten bien el envejecimiento sobre todo si están estabilizadas.

En las placas onduladas de poliéster y después de 30 meses de ensayo de envejecimiento, asoma la fibra de vidrio, lo cual tiene también repercusión en la transmisión de luz de la placa. En el caso del poliéster cubierto con lámina de PVF la duración aumenta considerablemente, como se ha citado anteriormente en este trabajo.

En los materiales rígidos el envejecimiento mecánico es una característica mucho menos importante que el radiométrico.

El envejecimiento radiométrico

Un procedimiento sencillo para determinar los cambios en la transmisión de luz de un material, debidos a la acción de los rayos solares, es medir periódicamente la radiación fotosintética activa (PAR) comprendida entre 400 y 700 nm, que es primordial para las plantas, ya que condiciona su rendimiento. Esta medida hecha tanto al aire libre como bajo el



Cubierta rígida de placas de PVC bi-orientado. Este tipo de cubierta aunque poco difundido, ofrece una gran resistencia mecánica.




 INTERSEMILLAS, S.A.
 SEMILLAS
 FORESTALES
 Y
 ORNAMENTALES

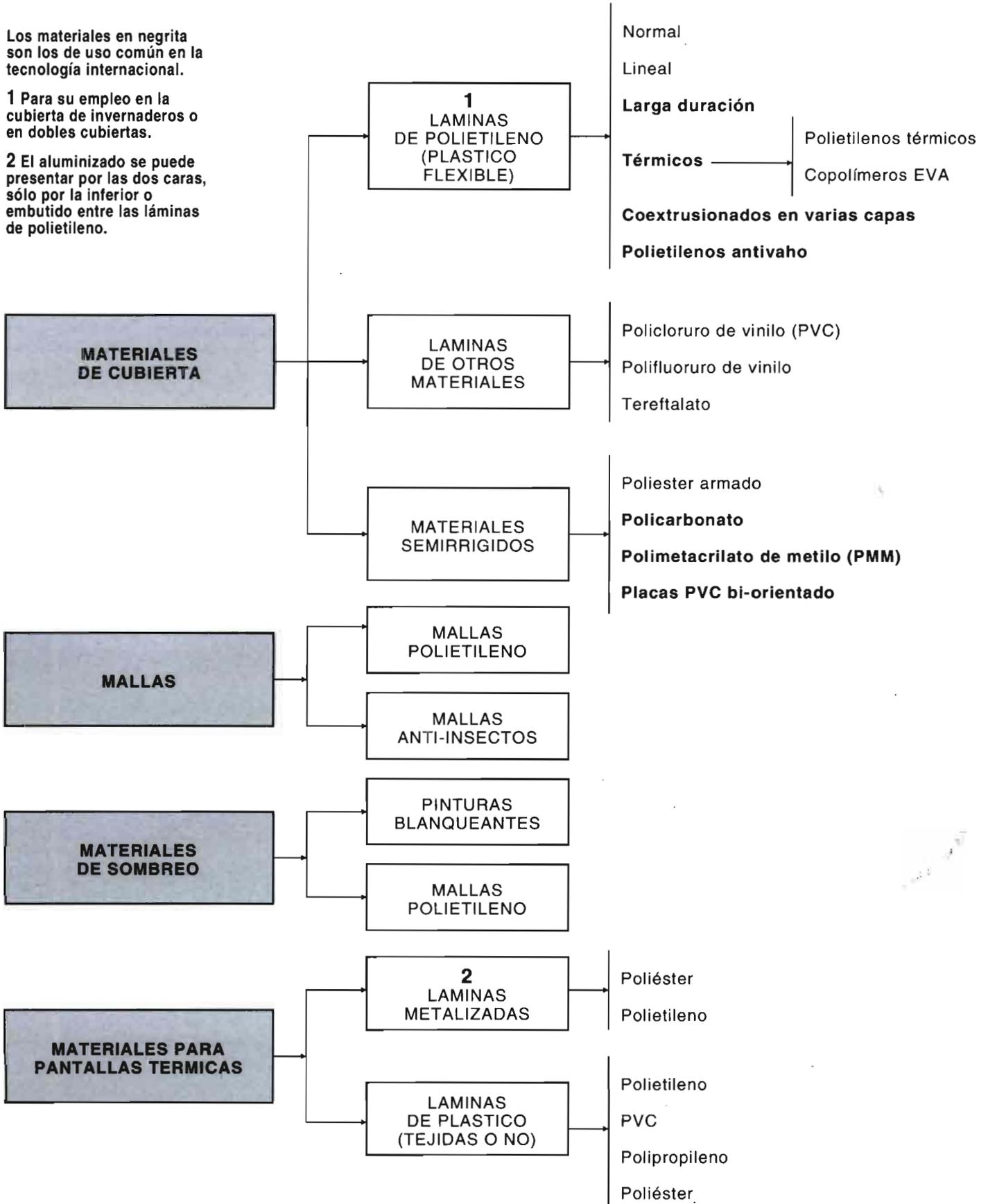
Pinaeta, s/n. - Apdo. Correos, 140
 46930 QUART DE POBLET - (Valencia)
 Tlfos.: (96) 153 31 11 - 153 30 11 - 153 30 61
 Fax: (96) 153 32 50 - Telex: 61667 EPET

**Cuadro 5:
Materiales plásticos utilizados en invernadero**

Los materiales en negrita son los de uso común en la tecnología internacional.

1 Para su empleo en la cubierta de invernaderos o en dobles cubiertas.

2 El aluminizado se puede presentar por las dos caras, sólo por la inferior o embutido entre las láminas de polietileno.



material de cubierta, nos informa de las variaciones en la capacidad de éste para transmitir el máximo de luz.

En las láminas que no llevan aditivos estabilizantes UV, las propiedades radiométricas sufren cambios despreciables a lo largo del tiempo. En las de larga duración pueden aparecer disminuciones de la transparencia a las radiaciones visibles que tienden a acentuarse con el uso.

Ahora bien, en general no son las propiedades de transmisión de la luz las que determinan el envejecimiento de las láminas, y sin embargo sí que son el factor limitante en la duración de las coberturas rígidas. En materiales de fuerte carga electrostática, como el PVC armado, la suciedad puede reducir más del 50% la transmisión de luz a partir de los dos años de uso.

En relación con las pantallas térmicas ya hemos citado que con el paso del tiempo va desapareciendo la capa aluminizada con lo que el factor de transmisión de luz aumenta, así como aumenta también la transmisión infrarroja y la emitancia de la pantalla. Debido a estos cambios la eficacia de la cubierta disminuye.

Conclusiones

Los avances realizados por la industria de los plásticos han puesto a disposición de los horticultores una amplia gama de materiales para diferentes aplicaciones, y con características cada vez más positivas para el cultivo protegido. Este progreso ha de continuar sin duda, ya que aún existen carencias notables que merecen ser resueltas.

Se pueden citar entre las más importantes el problema de la condensación y el goteo de agua. También el desarrollo de materiales más estables tanto desde el punto de vista mecánico en el caso de las láminas, mallas de sombreado y pantallas térmicas, como radiométrico en el de las placas rígidas; y finalmente la posibilidad de disponer de materiales selectivos para tipos de radiaciones diversos, que ayuden a reducir los excesos de temperatura en los momentos de radiación solar máxima, y a favorecer el desarrollo de las plantas estimulando su fotosíntesis.



Multitúnel con ventilación cenital de buena estructura y diseño. Si el diseño de la estructura cumple los requisitos agronómicos, la segunda gran decisión será escoger el material de cubierta, por lo que la industria de los plásticos ha realizado un gran desarrollo, y tanto ahora como para el futuro se dispone de grandes materiales de cubierta.

Bibliografía

- M. Baille, J. C. Laury, M. Mermier - 1980. Le point sur les différents types d'écran thermique utilisés sous serre: leurs effets sur les consommations d'énergie et le microclimat sous serre. Rapport INRA-ITIH, 14 pp.
- M. Grafiadellis - 1985. A study of greenhouse covering plastic sheets. Acta Hort. 170: 133-142
- R. I. Grange, R. G. Hurd - 1983. Thermal screens, environmental and plant studies. Sci. Hort. 19: 201-211
- P. F. Martínez, A. González - 1981. Improvement of the thermal environment of the propagation house and its effect on the tomato fruit-set. Acta Hort. 115: 301-308
- J. Nijskens, J. Deltour, A. Nisen, S. Coutisse - 1984. Propriétés radiométriques et thermiques des matériaux plastiques utilisés en couverture des serres. Acta Hort. 154: 33-42
- A. Nisen, J. Deltour - 1986. Considérations pratiques sur la transmission du rayonnement solaire et de la chaleur pour les matériaux utilisés en serres comme couverture, ombrage, et écran thermique. IR-SIA, 94 pp.
- A. Nisen, M. Grafiadellis, R. Jiménez, G. La Malfa, P. F. Martínez, A. Monteiro, H. Verlodt, O. Villele, C. Zabeltitz - 1988. Cultures protégées en climat méditerranéen. FAO. Etudes FAO, Prod. Végétale. Num. 90, 317 pp.
- A. Nisen, J. Nijskens, J. Deltour, S. Coutisse - 1984. Determination de propriétés radiométriques des matériaux plastiques utilisés en couverture des serres. Acta Hort. 154: 19-32.
- F. Robledo y L. Martín - 1981. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 553 pp.
- Y. Zarka, A. Zarka - 1990. Effeti di film fotoselettivi fluorescenti su diverse colture in serra. Colt. Prot. 12: 65-72
- Romero, R. 1991. Caracterización fisiológica de gerbera: estudio de la respuesta del cultivo bajo diversos sistemas de modificación climática en invernadero. Tesis doctoral. Universidad de Valencia 310 pp.