

LUZ TRANSMITIDA Y DISPERSADA POR MATERIALES PARA COBERTURAS DE INVERNADEROS

SUSANA ORDEN¹, LIBERTAD MASCARINI², MARTHA GOLDBERG¹, y E. SIERRA³.

Recibido: 13/12/96

Aceptado: 17/07/97

RESUMEN

La luz dispersada por los plásticos para invernaderos favorece la uniformidad del flujo luminoso en su interior. Se evaluaron, el porcentaje de luz transmitida y dispersada en todas direcciones (haze), según las normas ASTM, para polietilenos de distintas características, resinas acrílicas reforzadas con fibra de vidrio y vidrio. La luz se recogió en una esfera integradora cuyo interior es una superficie difusora perfecta. El porcentaje de luz transmitida por el plástico que es difundida, se determinó excluyendo del haz transmitido, la que pasa en dirección normal a la muestra, mediante una trampa de luz. La resina con fibra de vidrio, presentó un alto valor de haze (27%) pero baja transmitancia (46%). Los polietilenos térmicos con transmitancias del orden del 90%, poseen valores de haze menores, (6 % a 11 %). Para el copolímero EVA el haze se redujo a un 2 %. El haze de los polietilenos cristal fue aproximadamente la mitad del de los térmicos de igual espesor. El vidrio de alta transmitancia (92%), presentó un haze del 7.5%. La importancia de la luz difundida, para obtener un buen rendimiento fotosintético, coloca a los polietilenos térmicos de mayor haze, en ventajacomparativa frente a los polietilenos cristal, al EVA, al vidrio y a las resinas.

Palabras clave: Invernaderos, plásticos, luz difundida.

LIGHT TRANSMITTED AND SCATTERED BY PLASTICS FOR GREENHOUSES COVERS

SUMMARY

The light scattered by plastics for greenhouses favours the uniformity of the luminous flow inside them. Then, for different samples, the luminous transmittance and the percentage of scattered transmitted light (haze) were evaluated according to the ASTM standard. Light was collected in an integrating sphere and "haze" was determined, excluding from the transmitted beam, the light in the normal direction, by means of a trap. The resin with glass granules showed a high value of haze (27%), but low transmittance (46%). The thermal polyethylenes with transmittances about the 90%, had lower values of haze (6 % to 11 %). In the EVA copolymer haze was reduced to 2 %. For cristal type polyethylenes haze was about one half of the thermal ones of equal thickness. Although glass transmittance (92%) is high, its haze value is only about 7.5%. High haze values make thermal polyethylenes more advantageous than crystal ones, EVA copolymer and glass.

Key words: greenhouse, plastic, haze.

INTRODUCCION

La radiación solar puede ser el factor limitante más importante para los cultivos, principalmente en latitudes superiores a los 25° y especialmente en otoño-invierno, lo cual se acentúa cuando la producción se realiza bajo cubierta. (Hanan, 1990;

Tognoni, 1990; Zabeltitz, 199; Montero, 1993). La transmisión de la radiación solar a través de la cubierta influye tanto en el balance energético del invernadero como en la actividad fotosintética del cultivo.

En la mayoría de los plásticos para invernade-

¹Cátedra de Física, ²Cátedra de Floricultura, ³Cátedra de Climatología Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453 (1417) E-mail: SUSAORD@FISIAI.AGRO.UBA.AR

ros la luz incidente es dispersada, lo que hace que el flujo luminoso se distribuya uniformemente en el canopeo, asegurando la captación de la radiación PAR y disminuyendo las sombras de unas hojas sobre otras así como las de la estructura del invernadero sobre el cultivo. El agregado de aditivos para mejorar la calidad del plástico (mayor resistencia a las radiaciones UV, termicidad, etc) disminuye la transmisión de la radiación pero puede aumentar la difusión de luz en el invernadero (Montero, 1993). A su vez en verano, en ciertas regiones, esta propiedad supone una ventaja ya que evita tener que "blanquear" o encalar las cubiertas con el objeto de disminuir la acción directa de la radiación solar en exceso sobre el cultivo. (Robledo de Pedro, 1988, Alpi y Tognoni, 1991). Lo expuesto pone de manifiesto la importancia de medir la difusión de la luz producida por los materiales de cubierta ya que no todos difunden igual porcentaje de la luz transmitida (haze).

Según la norma ASTM (American Society for Testing and Materials), sólo la luz desviada con un ángulo mayor que $2,4^\circ$ respecto a la dirección normal de incidencia es considerada como haze. Antóni Vallejo (1994) clasificó los materiales que se utilizan en España, en ordendecreciente de su poder de difusión de la luz. El presente trabajo tiene por objeto medir el haze de distintos materiales utilizados como cubierta de invernaderos en nuestro país para ofrecer una fuente confiable de información y brindar elementos de decisión en el momento de elegir el material a utilizar para efectuar un cultivo protegido.

MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron polietilenos de baja densidad, térmicos y cristal, de diferentes espesores y empresas: vidrio y resina acrílica reforzada con fibra de vidrio. Las muestras fueron codificadas para mantener en reserva sus procedencias comerciales (Cuadro N° 1). Como fuente de luz blanca se usó una lámpara halógena de tungsteno. De acuerdo a las normas ASTM, en el diseño experimental la luz se recoge en una esfera integradora cuyo interior es una superficie difusora perfecta. La radiación se midió con un sensor cuántico LI-COR 190 ubicado sobre la esfera, en ángulo recto a la dirección de la luz incidente (Figura 1) y conectado a un milivoltímetro calibrado en $\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$.

Se define la transmitancia luminosa total T_t como

$$T_t = I_2 / I_1$$

donde I_1 es la radiación en la esfera integradora sin la muestra e I_2 es la radiación en la esfera integradora con la muestra.

El haze representa el porcentaje dispersado del total de luz transmitida por la muestra, por lo tanto al medir la radiación difundida por la muestra es necesario excluir del haz de luz transmitida la que pasa en dirección normal a la muestra. Para ello, a 180° de la entrada de la esfera se habilitó una trampa de luz, consistente en una caja negra (Figura 1). I_3 es la radiación difundida por la muestra con la trampa habilitada. Para corregir las medidas como resultado de la luz desviada por el instrumento, se midió la radiación I_3 , es decir la radiación en la esfera integradora con la trampa habilitada y sin muestra. El haze se calcula como:

$$\text{Haze} = (I_1 / I_2) - (I_3 / I_1)$$

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro N° 1 se resumen los resultados obtenidos, figurando en las últimas dos columnas los valores de la transmitancia luminosa total T_t y el haze H con las indeterminaciones experimentales correspondientes, para los diferentes materiales.

La resina con fibra de vidrio, muestra 13, presenta un alto valor de haze pero su baja transmitancia la hace poco conveniente como cubierta desde el punto de vista fotosintético para cultivos normales, si bien su mayor resistencia estructural puede brindar ventajas cuando se trate de construcciones sujetas a fuertes vientos, o en los casos en que se la destine a cultivos esciáfilos o de media sombra. Estas propiedades pueden resultar ventajosas en el caso de instalaciones destinadas al cultivo de algunas ornamentales.

Los polietilenos térmicos (muestras 1 al 7) de diferente procedencia, de igual espesor, tienen muy altas transmitancias (92%-94%) y poseen valores de haze muy diferentes, entre el 6 % y el 11%. Las modificaciones de la transmitancia cuando aumenta el espesor en 50 micrones no son significativas, en cambio el haze aumenta en un 12% para las muestras de la empresa B y un 21% para las de la empresa G. Los polietilenos cristal

Cuadro 1 Características, códigos de las muestras, transmitancia luminosa total y haze.

Muestra	Descripción	Espesor (μ)	Procedencia	T(%)	H(%)
1	LDPE/T	150	A	94,0 \pm 2,0	6,1 \pm 1,0
2	LDPE/T	150	B	94,0 \pm 1,0	9,8 \pm 1,0
3	LDPE/T	150	C	95,0 \pm 1,0	8,5 \pm 2,0
4	LDPE/T	150	D	93,0 \pm 1,0	11,0 \pm 2,0
5	LDPE/T	150	E	93,0 \pm 2,0	10,5 \pm 2,0
6	LDPE/T	150	F	93,0 \pm 1,0	6,2 \pm 2,0
7	LDPE/T	150	G	92,0 \pm 2,0	8,5 \pm 2,0
8	LDPE/T,EVA	150	H	95,0 \pm 1,0	2,0 \pm 1,0
9	LDPE/T	200	G	92,0 \pm 3,01	0,3 \pm 2,0
10	LDPE/T	200	B	91,0 \pm 1,0	11,0 \pm 2,0
11	LDPE,Cristal	100	I	93,0 \pm 2,0	2,0 \pm 1,0
12	LDPE,Cristal	150	I	93,0 \pm 2,0	4,1 \pm 2,0
13	Res.Ac./ F.V.	1000	J	46,0 \pm 3,02	7,0 \pm 2,0
14	Vidrio	3000	K	92,0 \pm 2,0	7,5 \pm 2,0

LDPE : polietilenos de baja densidad. T : térmicos

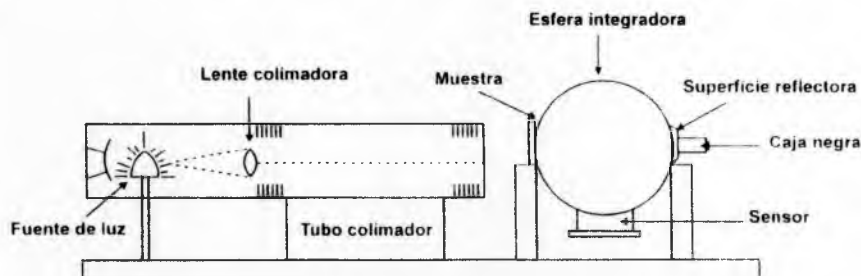


Figura 1. Instrumental de Medición

(muestras 11 y 12) presentan valores de transmitancia superiores a los de los térmicos de igual espesor, pero valores de haze de aproximadamente la mitad de los de aquéllos y del orden del error experimental.

En el copolímero EVA, muestra 8, el haze se reduce a un 2 %, aunque su alta transmitancia y el aditivo que le brinda mayor termicidad, lo hacen conveniente desde el punto de vista del balance térmico del invernáculo. Esto podría ser una ventaja en los casos en que no se requiera un alto nivel de haze y sea conveniente contar una alta resistencia estructural, lo cual lo hace elegible cuando se trate de cultivar especies heliófilas con baja densidad de plantas por unidad de superficie.

El vidrio (muestra 14) presenta una alta transmitancia y un valor de haze intermedio a los valores analizados, lo cual no lo diferencia desde el punto de vista fotosintético de los polietilenos térmicos y

cristal, aunque su mayor efecto de abrigo debido a su baja transmisión de la radiación infrarroja le otorga la mayor termicidad y su larga duración continúa haciéndolo popular cuando se trata de instalaciones permanentes.

CONCLUSIONES

La difusión de la luz por los plásticos de la cubierta favorece la uniformidad del flujo luminoso dentro del abrigo, lo que mejora la captación de la radiación, al disminuir las sombras de una planta sobre otra y de la estructura del invernadero sobre el cultivo.

La importancia de la luz difundida, para obtener un buen rendimiento fotosintético, coloca a los polietilenos térmicos de mayor haze en ventaja comparativa frente a los polietilenos cristal, al EVA y al vidrio.

BIBLIOGRAFIA

- ALPI, A. y F. TOGNONI 1991. Cultivo en invernadero. Ediciones Mundi-Prensa. 343 : 42-43.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1994. Designación : D 1003 - 61. (Reapproved 1979).
- ANTÓN I A. VALLEJO 1994. Estructuras : tipología y materiales. Tecnología de invernaderos, Centro de Investigación y Desarrollo Hortícola , Almería, España 347 : 67-97
- HANAN, J. J. 1990. The Influence of greenhouses on internal climate with special reference to mediterranean regions. *Acta Horticulturae*. 287 : 23-34.
- TOGNONI, F. 1990. Effects of stressful and unstressful low temperature on vegetables crops: Morphological and physiological aspects. *Acta Horticulturae*. 287 : 67-71
- MONTERO, J. 1993. La luminosidad en los invernaderos con cubierta de plástico. IIIa Jornadas de Plásticos en Agricultura. Lérida. España.
- ROBLEDO DE PEDRO, F. 1988. Aplicación de los Plásticos en la Agricultura. Mundi-Prensa 573 : 107-133.
- ZABEITITZ, C. VON 1992. Energy-efficient greenhouse designs for Mediterranean countries. *Plasticulture*. 96: 6-16.