

Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 31-36, 1993.

Aprovado para publicação em 25/11/92.

EFEITO DA COBERTURA PLÁSTICA DE ESTUFA SOBRE A RADIAÇÃO SOLAR

EFFECT OF GREENHOUSE PLASTIC COVERING ON SOLAR RADIATION

José Renato Bouças Farias¹, Homero Bergamaschi²,
Sérgio Roberto Martins³ e Moacir Antônio Berlatto⁴

RESUMO

A transmissividade à radiação solar da cobertura plástica bem como seu efeito dispersante foram avaliados em estufa revestida com polietileno de baixa densidade, com *0,1mm* de espessura, disposta no sentido norte-sul. O experimento foi realizado no Campus da Universidade Federal de Pelotas, RS, localizado a 31°52'32" S e a 52°21'24" W, de 10 a 21 de novembro de 1989. Em média, 83% da radiação solar global verificada externamente, ao redor das 12 horas, penetrou para o interior da estufa, variando este percentual de 65 a 90%. Em dia de céu limpo, em média, 45% da radiação solar global interna correspondeu à radiação difusa, ao passo que, externamente, este percentual foi de 24%, evidenciando o efeito dispersante da cobertura plástica. Em condições externas de mínima ou nula radiação solar direta, os valores externos de radiação difusa foram superiores aos observados internamente. Ao longo de um dia, observou-se que a maior transmissividade da cobertura plástica à radiação solar (93%) ocorreu das 14 às 16 horas, sendo menor nos horários próximos ao nascer e pôr-do-sol (52 e 77%, para as 8 e 17 horas, respectivamente), mostrando que a transmissibilidade da cobertura varia em função do ângulo de incidência da radiação solar.

Palavras-chave: Estufa, cobertura plástica, radiação solar, transmissividade.

SUMMARY

The transmissibility to global solar radiation of plastic covering as well as the quantification of its dispersant effect were evaluated in a 6 months old greenhouse covered with *0.1mm* thick low density polyethylene. The experiment was carried out at the Federal University of Pelotas, state of Rio Grande do Sul,

¹ Engº Agrº, Dr., CNPSo/EMBRAPA, Londrina/PR, Caixa Postal 1061, CEP 86001-970.

² Engº Agrº, Dr., Faculdade de Agronomia/UFRGS, Porto Alegre/RS, Bolsista do CNPq.

³ Engº Agrº, Dr., Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPel, Pelotas/RS, Bolsista do CNPq.

⁴ Engº Agrº, Dr., Faculdade de Agronomia/UFRGS, IPAGRO-SAA, Porto Alegre/RS, Bolsista do CNPq.

South Brazil, located at 31°52'32" S e a 52°21'24" W, from november 10 to 21, 1989. In average, 83% of the external global solar radiation measured around 12:00 o'clock, which ranged from 65% to 90%, penetrated the plastic covering. Under clear sky weather condition an average of 45% the internal global solar radiation was diffuse radiation. In contrast externally this type of radiation was 24%. These data demonstrate the dispersant effect of the plastic covering under conditions of minimum or null direct solar radiation, the external values for diffuse radiation were higher than those observed internally. Along a whole day it was observed that the highest transmissibility of the plastic cover to solar radiation (93%) occurred from 2:00 PM to 4:00 PM with lower values around sunrise and sunset (52% and 77% for 8:00 AM and 5:00 PM, respectively) indicating that the transmissibility of the plastic cover varies as a function of the angle of incidence of the solar radiation.

KEY WORDS: Greenhouse, plastic covering, solar radiation, transmissibility.

INTRODUÇÃO

O uso de estufas plásticas na produção agrícola é muito recente no Brasil. Seu emprego é responsável por alterações em diversos elementos meteorológicos, sendo seus efeitos ainda pouco conhecidos. A radiação solar é um dos principais elementos alterados pelo uso de coberturas plásticas.

O material plástico mais empregado, atualmente, na agricultura, em nível mundial é o polietileno de baixa densidade (*PEBD*) (PRADOS, 1986). O *PEBD* é um material que apresenta boa transparência à radiação solar, deixando passar, em média, cerca de 70 a 90 % da radiação de onda curta incidente, podendo este percentual atingir, no máximo, 95% (ROBLEDO e MARTIN, 1981; GONZALES, 1985). Porém, apresenta, também, uma elevada transmissividade à radiação de onda longa, permitindo a passagem de até 80 % desta (TAPIA, 1981).

A densidade de fluxo da radiação solar no interior da estufa é menor que a verificada externamente, devido a reflexão e à absorção do material da cobertura plástica (SEEMAN, 1979; MARTIN *et al*, 1982; PRADOS, 1986; KURATA, 1990). A absorção depende da composição química do material da cobertura. Segundo SEEMAN (1979), os tipos de materiais normalmente usados, além de causarem redução da densidade de fluxo da radiação solar, possuem efeito seletivo, isto é, permitem a passagem de certas faixas espectrais e reduzem a transmitância de outras faixas de comprimento de onda. A reflexão é determinada pelas condições da superfície da cobertura (período de utilização, deposição de poeiras, etc.) e pelo ângulo de incidência da radiação solar sobre a cobertura (SEEMAN, 1979; MONTERO *et al*, 1985; KURATA, 1990). Neste sentido, segundo estes autores, a reflexão pode variar em função da posição do sol, da inclinação da cobertura, da forma e da orientação geográfica da estrutura. Segundo TANAKA e GENTA (1982), quanto mais perpendicular à

superfície da cobertura for a incidência da radiação solar, menor será a reflexão.

Segundo GONZALES (1985), para conseguir-se um efeito estufa satisfatório, o material da cobertura deve transmitir uma maior fração da radiação solar ($0,3$ a $3 \mu m$) e uma menor fração da radiação térmica na banda do infravermelho distante, especialmente no intervalo de comprimento de onda de 8 a $14 \mu m$, em que a atmosfera terrestre é mais transparente (ROSENBERG, 1974).

De acordo com sua coloração, opacidade ou transparência, os filmes plásticos se comportam diferentemente quanto a absorção, reflexão e transmissão das radiações de onda curta e longa (ROBLEDO e MARTIN, 1981). Em alguns casos, havendo interesse em diminuir a penetração de radiação, podem ser utilizados plásticos coloridos ou pintados, para aumentar a reflexão e/ou a absorção, o que é bastante comum na floricultura (GONZALES, 1985).

Em determinadas condições de temperatura e umidade do ar, no interior da estufa, ocorre condensação de vapor d'água sobre a face interna da cobertura (ROBLEDO e MARTIN, 1981). A aderência de gotas de água sobre o filme plástico reduz a transmissividade deste material, sendo o coeficiente de transmissão de uma película de água de $0,01 mm$ em torno de $0,35$, para o comprimento de onda de $7 \mu m$, diminuindo ainda mais com o aumento do comprimento de onda e não transmitindo radiação com valores superiores a $12 \mu m$. Portanto, a camada de água condensada na superfície inferior do filme de polietileno aumenta consideravelmente a interceptação de radiação de ondas longas, quando comparado com a não aderência; em conseqüência, pode-se obter maior conservação de calor (TANAKA e GENTA, 1982). Esta característica, embora sendo vantajosa durante a noite, não é desejável durante o dia por impedir a entrada de parte da radiação solar incidente, reduzindo a fotossíntese e afetando o crescimento e o desenvolvimento das culturas. TANAKA e GENTA (1982) demonstram isto pela ocorrência de elevada queda de flores de tomateiro, nos meses de inverno, provocando consideráveis reduções no rendimento da cultura. HARPER *et al* (1979), trabalhando com estufas de vidro, observaram que a transmissão de radiação solar pela cobertura pode ser reduzida em até 80% na presença de condensação sobre a superfície interna da cobertura, em condições externas de dia claro.

Devido às suas características óticas, a cobertura plástica atua como um meio dispersante da radiação, podendo aumentar a fração da radiação difusa no interior da estufa (PRADOS, 1986). Segundo MARTINEZ GARCIA (1978), em condições de dia claro, com 20% da radiação ao ar livre correspondendo à fração difusa, podem ocorrer valores superiores a 60% dentro da estufa.

Face ao exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a transmissividade da cobertura plástica de polietileno de baixa densidade à radiação solar global, bem como quantificar seu efeito dispersante sob diferentes condições atmosféricas externas e ao longo de um dia.

MATERIAL E MÉTODOS

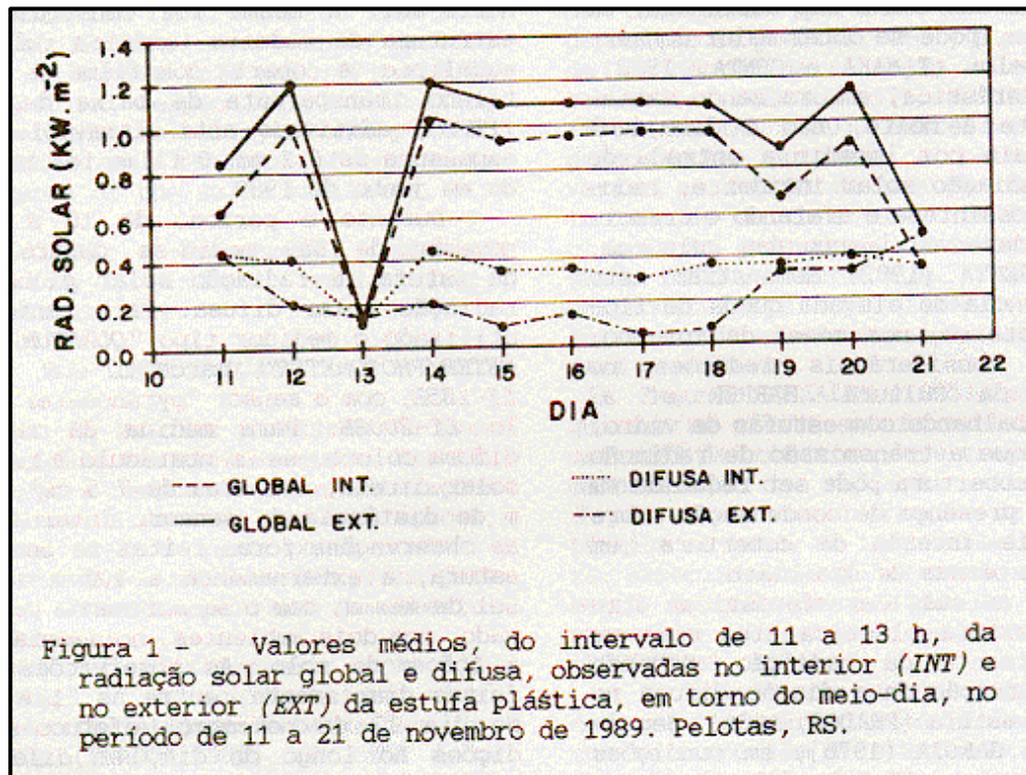
O experimento foi conduzido no Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), localizado no município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul, a uma latitude de 31°52'32" S, longitude 52°21'24" W e a uma altitude de 13 m, no interior de uma estufa plástica do tipo "capela", com as duas abas da cobertura iguais, formando um ângulo de 15° com a horizontal, com área de 500 m² (10 x 50 m) e um volume aproximado de 1275 m³, disposta na direção norte-sul. A mesma foi construída com estrutura de madeira (madeira roliça de eucalipto) e coberta com filme de polietileno transparente de baixa densidade (*PEBD*), aditivado anti-ultravioleta com espessura de 0,1 mm. O filme foi instalado em junho de 1989.

Durante o período de 10 a 21 de novembro de 1989, mediu-se, dentro e fora da estufa, a radiação solar global e a radiação solar difusa. Para tanto, foi utilizado o medidor tipo "QUANTUM/RADIOMETER/PHOTOMETER", marca LI-COR, modelo LI-185B, com o sensor "pyranometer" modelo LI-200SB. Para medida da radiação difusa colocou-se um obstáculo à radiação solar direta, com área de 7,5 cm², a 1,0 m de distância do sensor. Internamente, as observações foram feitas no centro da estufa, e externamente a 4,0 m da face sul da mesma, com o sensor sendo posicionado, nos dois ambientes, horizontalmente a 1,5 m do solo. As observações foram feitas diariamente, entre as 11 e 13 h. No dia 17 de novembro, efetuou-se medições ao longo do dia, em diferentes horários (às 7, 9, 11, 13, 15 e 17,5 h).

O interior da estufa, no período de observações encontrava-se cultivado com feijão-de-vagem (*Favorito Ag-480*), do grupo macarrão e de crescimento indeterminado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

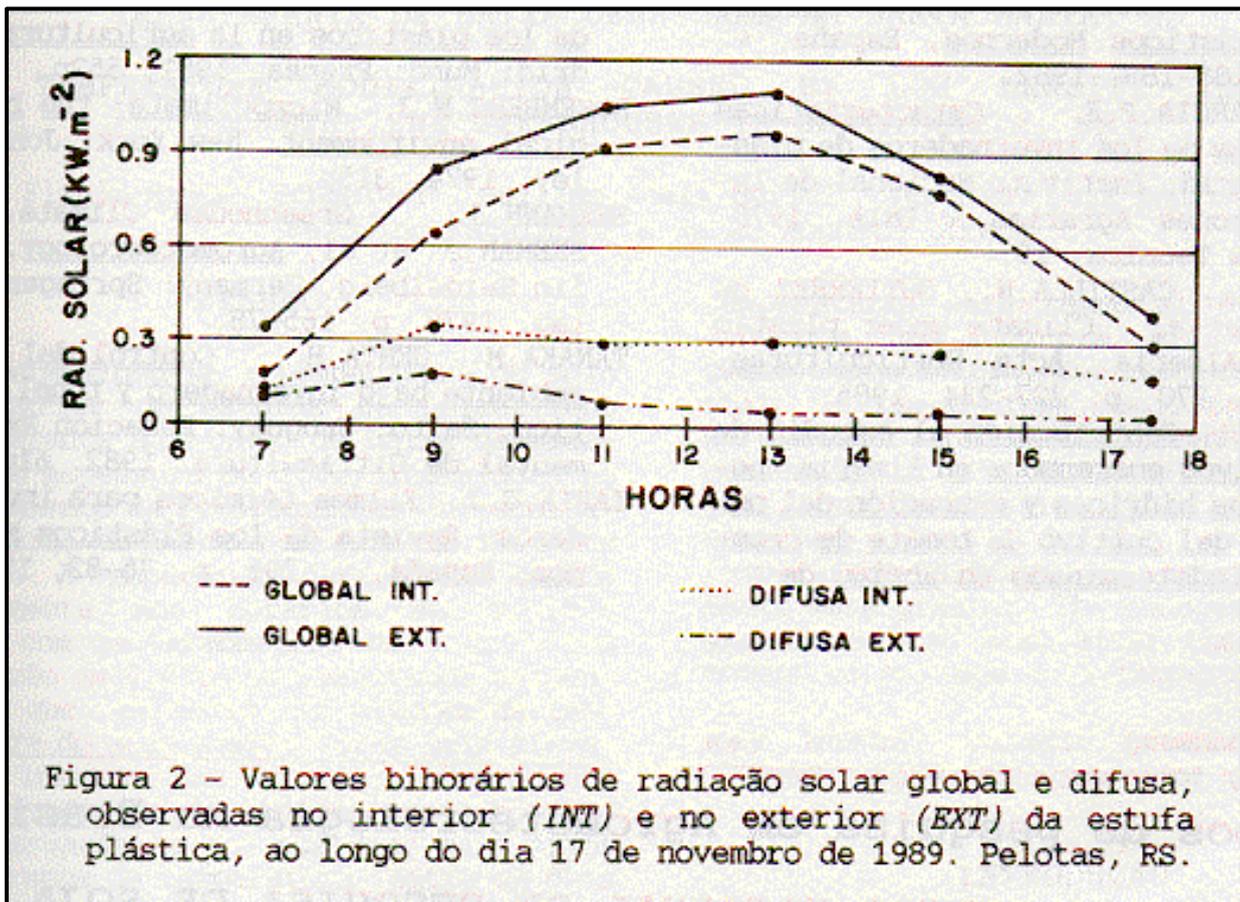
Na Figura 1 são mostrados os valores médios, no intervalo de 11 a 13 h, de radiação solar global e difusa, de 10 a 21 de novembro de 1989. Pode-se verificar que a radiação solar global interna foi sempre inferior à externa, ficando entre 65 e 90 % da observada externamente, com média de 83%.



Por outro lado, observa-se que, embora a maior radiação solar global externa, a radiação difusa ocorrida externamente foi inferior na maior parte do período, correspondendo, em média, a 65 % da observada internamente. Comparando-se os valores de radiação global e difusa em cada ambiente, verifica-se que, em média, 45 % da radiação solar global observada internamente correspondem à radiação solar difusa, variando de 31 a 100%, ao passo que externamente variou de 5 a 100%, com a média caindo para 24 %, o que pode demonstrar o efeito dispersante do filme plástico, aumentando a quantidade de radiação difusa. Este efeito, segundo MARTINEZ GARCIA (1978) e PRADOS (1986), é bastante desejável, uma vez que a radiação difusa é mais efetiva para a fotossíntese, pois é multi-direcional e penetra melhor entre as plantas, o que pode compensar, em parte, a parcial opacidade do filme plástico à radiação solar. Observa-se, ainda, que os valores externos de radiação difusa foram superiores aos observados internamente, somente quando a radiação solar global externa foi composta basicamente pela radiação difusa (condições observadas nos dias 13 e 21 de novembro de 1989). Como, nestas condições, praticamente não havia radiação solar direta, a fração de radiação difusa observada internamente foi devido apenas à transmissividade da cobertura à radiação solar.

Ao longo do dia 17 de novembro de 1989, verificou-se que o comportamento da radiação solar foi similar à tendência verificada próxima ao meio-dia. Com o auxílio da Figura 2, verifica-se que a maior transmissividade da cobertura plástica à radiação solar (93 %) ocorreu das 14 às 16 h, sendo menor nos horários de menor elevação solar (52 e 77 %, para as 7 e 17,5 h, respectivamente), mostrando que a transmissividade

varia, também, em função do ângulo de incidência da radiação solar, conforme citado por MARTIN *et al* (1982); MONTERO *et al* (1985) e KURATA (1990). No decorrer do dia, a transmissividade média do filme plástico à radiação solar ficou em 83 %. A fração de radiação difusa em relação à radiação global observada internamente variou de 31 a 65 %, ficando a média em 39%, ao passo que externamente este percentual variou de 5 a 27 %, com média de 11 %. Ao longo de todo o período, a radiação difusa foi menor a céu aberto, correspondendo, em média, a 33 % da verificada internamente, variando de 17 a 82 %.



CONCLUSÕES

- 1 - A cobertura plástica apresenta uma parcial transmissividade à radiação solar global.
- 2 - A cobertura plástica aumenta a fração da radiação solar difusa no interior da estufa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GONZALES, A.M. Ahorro energetico y materiales de cobertura para cultivos horticolas. In: CURSO INTERNACIONAL DE HORTICULTURA INTENSIVA (COMESTIBLE Y ORNAMENTAL) EN CLIMAS ARIDOS, IV, 1985. Murcia, España. Apostilas ... Murcia: Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. v. 2, n.p. 1985.
- HARPER,L.A., PALLAS,J.E., BRUCE,R.R. Greenhouse microclimate for tomatoes en the southeast. J. Amer. Soc. Hort. Sci., Alexandria, v. 104, n. 5, p. 659-663, 1979.
- KURATA,K. Role of reflection in light transmissivity of greenhouses. Agric. For. Meteor., Amsterdam, v. 52, p. 319-331, 1990.
- MARTIN,E.C., NOVOA,A.C., GOMES,S.J. Estudio comparativo de las propiedades de diversos materiales utilizados como cubierta en cultivos protegidos. Revista de Plásticos Modernos, España, v. 308, p. 185-189, 1982.
- MARTINEZ GARCIA,P.F. Características climáticas de los invernaderos de plástico. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias - INIA, 1978. 43p. Hoja Tecnica, 19.
- MONTERO,J.I., CASTILLA,N., GUTIERREZ de RAVÉ,E. *et al* Climate under plastic in the Almeria. Acta Horticulturae, Hague, v. 170, p. 227-234, 1985.
- PRADOS,N.C. Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almeria: necesidades hídricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno. Almeria, 1986, 195p. Tesis (Doutorado em Fitotecnia), Caja Rural Provincial, Almeria, 1986.
- ROBLEDO,F.P., MARTIN,L.V. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Madrid: Mundi-Prensa, 1981, 552p.
- ROSEMBERG,N.J. Microclimate: the biological environment. New York: John Wiley, 1974, 315p.
- SEEMANN,J. Greenhouse Climate. In: SEEMAN,J. et al, Agrometeorology. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag. 1979. p. 165-78.
- TANAKA,M., GENTA,H. Control del medio ambiente bajo invernadero y tunel plástico. Salto: Uruguay: Estación Experimental de Citricultura, 1982. 61p.
- TAPIA,G.J. Filmes térmicos para invernaderos. Revista de los Plásticos Modernos, España, v. 295, p. 75-82, 1981.