

## ALTERAÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS CAUSADAS POR TÚNEIS BAIXOS DE TELA PLÁSTICA PRETA CULTIVADOS COM ALFACE<sup>1</sup>

### MICROMETEOROLOGICAL ALTERATIONS CAUSED BY LOW TUNNELS OF BLACK PLASTIC SCREEN CULTIVATED WITH LETTUCE

Galileo Adeli Burio<sup>2</sup>

Nereu Augusto Streck<sup>3</sup>

Eliseo Salvatierra Gimenes<sup>4</sup>

Flávio Miguel Schneider<sup>2</sup>

#### RESUMO

Foram determinadas alterações micrometeorológicas causadas por tela plástica preta com 18, 30 e 50% de atenuação da radiação solar incidente, durante os meses de verão, em Santa Maria, RS. O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da UFSM, onde foram cultivados quatro canteiros com alface, três deles cobertos com túneis de tela plástica. O estudo foi realizado em 3 períodos: de 30/11/90 a 17/01/91, de 06/02/91 a 25/03/91 e de 10/12/91 a 01/03/92. Mediu-se a radiação solar global, radiação solar na faixa de comprimento de onda do infravermelho e a luminosidade, temperatura diurna do solo, temperatura mínima e diurna do ar e umidade do solo e do ar. Os resultados mostraram que a temperatura do solo e do ar e a perda de água do solo são menores sob os túneis

do que no exterior. As diferenças cresceram com o aumento da atenuação e a temperatura mínima do ar e a umidade relativa do ar são semelhantes no interior e exterior dos túneis e entre os túneis com diferentes percentagens de atenuação.

**Palavras-chave:** radiação solar, temperatura do solo e do ar, tela plástica, sombreamento.

#### SUMMARY

Micrometeorological alterations caused by low tunnels of black plastic screen with 18, 30, and 50% of solar radiation reduction in central region of the Rio Grande do Sul state, Brazil, was investigated during the summer. The experiment was carried out in the Federal University of Santa Maria, where four plots

<sup>1</sup>Trabalho financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Titular do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). 97119-900 - Santa Maria, RS. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Bolsista de Aperfeiçoamento da FAPERGS, Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM.

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, CCR, UFSM.

were cultivated with lettuce. Three plots were covered by low tunnels of black plastic screen and one was left uncovered as a control. The study was conducted in 3 periods: 11/30/90 to 01/17/91, 02/06/91 to 03/25/91, and 12/10/91 to 03/01/92. Soil and air temperature, and soil water consumption decreased with solar radiation reduction. However, air minimum temperature and relative humidity were similar inside and outside, and also among different levels of reduction caused by plastic screen.

**Key words:** solar radiation, soil and air temperature, plastic screen, shading.

## INTRODUÇÃO

O uso de técnicas para atenuar a densidade de fluxo da radiação solar incidente com objetivo de aumentar o crescimento e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas no período do ano em que esta e a temperatura do ar alcançam valores elevados tem-se mostrado vantajoso. Entretanto, os resultados podem variar em função da intensidade de atenuação da radiação solar, cultura utilizada e época e local de execução do trabalho (Shantz, 1913 apud ALLEN, 1975; GLENN et al., 1984; RYLSKI, 1986; RYLSKI & SPIGELMAN, 1986; SANCHEZ et al., 1989; WOLFF & COLTMAN, 1989). Desta forma é importante que, além da determinação do efeito da intensidade de atenuação da radiação solar incidente sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, sejam quantificados também os diferentes elementos meteorológicos deste microambiente.

Dentre os materiais mais usados na agricultura com o objetivo de atenuar a radiação solar está a tela plástica. São encontradas no comércio telas plásticas com diferentes intensidades de atenuação e de distintas colorações.

Com a atenuação da radiação solar global incidente a temperatura do solo é um dos elementos meteorológicos que mais se modifica diminuindo, principalmente, na camada superficial (0-5cm). ALLEN (1975), trabalhando com tela plástica de 30% de atenuação, constatou diferenças de até 20,0°C na superfície do solo. STRITZKE et al. (1976), sem especificar a profundidade de medida, encontraram diferenças médias de 4°C, 5°C, 8°C, 9°C e 8°C entre o exterior e sob a tela plástica de 30, 47, 63, 80 e 94% de atenuação, respectivamente. As diferenças crescem com o aumento da atenuação da radiação solar e diminuem com a profundidade do solo, sendo maiores no período com temperaturas elevadas (ALLEN, 1975; STRITZKE

et al., 1976; ERIKSEN & WHITNEY, 1984 e SANCHEZ et al., 1989). Na temperatura do ar a redução, causada pela atenuação da radiação solar, é menor do que na do solo (ALLEN, 1975; STRITZKE et al., 1976; SANCHEZ et al., 1989; WOLFF & COLTMAN, 1989). A intensidade de evaporação e evapotranspiração e a resistência à difusão do vapor d'água nos estômatos também diminuem com a atenuação da radiação solar, ocasionando, desta forma, uma menor variação da umidade do solo. (MARTSOLF & DECKER, 1970; ALLEN, 1975; ERIKSEN & WHITNEY, 1984).

O presente trabalho objetivou quantificar as variações de elementos meteorológicos no interior de túneis baixos de tela plástica preta, com diferentes percentagens de atenuação da densidade de fluxo da radiação solar incidente nas condições de verão, em Santa Maria, RS.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, RS (Lat.: 29°41'S, Long.: 53°48'W, Alt.: 95m), num solo Brunizem Hidromórfico. Foram preparados quatro canteiros de 12,0m de comprimento e 1,2m de largura, separados entre si de 30cm, orientados na direção Leste-Oeste e cultivados com alface. O estudo foi realizado em três períodos: de 30/11/90 a 17/01/91 (I), de 06/02/91 a 25/03/91 (II) e de 10/12/91 a 01/03/92 (III), respectivamente. O solo dos canteiros foi mantido permanentemente com umidade próxima à capacidade de campo, através de irrigação por aspersão. Sobre três canteiros, escolhidos por sorteio, foram instalados túneis de tela plástica de coloração preta com especificação comercial de 18% (T<sub>1</sub>), 30% (T<sub>2</sub>) e 50% (T<sub>3</sub>) de sombreamento e 0,5m de altura na parte central do túnel.

Nos períodos I e II determinou-se a densidade de fluxo da radiação solar global, radiação solar na faixa de comprimento de onda do infravermelho e a luminosidade incidente ao nível do solo, utilizando-se um medidor LI-COR, modelo LI-185B com sensores Piranômetro, Infravermelho e Fotômetro, respectivamente; a temperatura do solo a 5cm de profundidade e a temperatura do ar a 5cm acima da superfície do solo com auxílio de termômetros de vidro e coluna de mercúrio e resolução 0,2°C. As leituras foram realizadas no período diurno, a intervalos de 40 minutos, no interior e no exterior dos túneis. Os instrumentos foram instalados, aproximadamente, no centro de cada túnel e no canteiro sem a tela (T). Para a medida da temperatura do ar, o termômetro foi instalado num pequeno

abrigo de madeira pintado de branco, de modo a protegê-lo da incidência direta dos raios solares sem impedir a circulação do ar. Determinou-se a temperatura do solo e do ar ao longo de 7 dias no primeiro período e de 6 dias no segundo período, a radiação solar global e infravermelha e luminosidade ao longo de 3 dias em cada um dos períodos.

No período III, além das mesmas determinações realizadas nos períodos I e II, fez-se também medidas da temperatura mínima do ar e umidade relativa do ar a 5cm da superfície do solo, da temperatura do ar em momentos antes, durante e após a irrigação e da umidade do solo na camada de 0-5cm de profundidade. As determinações da radiação solar global, radiação solar na faixa de comprimento de onda do infravermelho e da luminosidade foram realizadas durante 3 dias e de temperatura do solo e ar e de umidade relativa do ar durante 15 dias, no período diurno e a intervalos de uma hora. Fez-se, ainda, medidas da temperatura do solo às 9h e às 15h durante 70 dias e da temperatura mínima diária do ar em 74 dias. Para medida da temperatura do ar antes e após a irrigação foram escolhidos somente dias limpidos. Para cada determinação, imediatamente antes de iniciar a irrigação fez-se a leitura da temperatura e após cessada a irrigação realizou-se uma nova leitura. As determinações foram realizadas em diferentes horários do período diurno.

A umidade relativa do ar foi determinada através de psicrômetro comum e a temperatura mínima do ar através de termômetro de mínima de vidro, resolução de 0,2°C. A umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico, iniciando a série de medidas sempre ao primeiro ou segundo dia após o término da chuva e finalizando no momento em que, em função do secamento do solo, era necessário uma nova irrigação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atenuação da radiação solar global, radiação solar na faixa do infra-vermelho e luminosidade pela tela plástica, nos três tratamentos, foi mais elevada do que o especificado no material (Tabela 1). Em

média, considerando os valores horários medidos ao longo do dia, foram de aproximadamente 3% no T<sub>1</sub>, 8% no T<sub>2</sub> e 5% no T<sub>3</sub> acima do especificado. Isto, certamente, ocorreu porque a região em estudo está fora da faixa tropical e, portanto, mesmo no verão, o sol não atinge o zênite do local.

Tabela 1. Atenuação, em percentagem, da radiação solar global (K↓), infravermelho (IV) e luminosidade (Lu) incidentes no interior de túneis de tela plástica com especificação comercial de 18% (T<sub>1</sub>), 30% (T<sub>2</sub>) e 50% (T<sub>3</sub>) de atenuação da radiação solar nas diferentes horas e períodos do dia. Santa Maria, RS, 1991/92, época III.

Hora local	T <sub>1</sub>			T <sub>2</sub>			T <sub>3</sub>		
	K↓	IV	Lu	K↓	IV	Lu	K↓	IV	Lu
07:30	24,0*	29,0	17,1	37,0	44,0	46,1	59,5	57,4	54,9
08:30	25,6	20,1	14,7	34,8	38,4	46,5	54,8	63,2	56,2
09:30	19,6	14,4	22,8	42,5	44,7	39,6	60,8	61,6	50,6
10:30	19,9	22,9	17,5	39,1	41,7	38,4	54,1	57,0	52,7
11:30	26,0	19,6	18,6	35,6	27,0	41,1	55,1	56,8	54,8
12:30	20,9	15,2	22,1	32,0	32,1	34,4	54,6	52,5	53,8
13:30	21,2	14,3	17,3	36,0	32,9	33,6	47,5	52,4	52,8
14:30	21,8	18,8	34,5	35,1	35,4	35,5	54,7	52,8	40,6
15:30	21,9	18,0	18,8	36,5	37,1	36,2	54,2	55,3	56,3
16:30	24,0	26,0	24,8	39,5	45,8	36,9	46,7	59,2	58,9
17:30	27,0	37,4	26,7	45,4	52,0	37,0	56,4	58,6	60,4
07:30 - 09:30	23,1	18,6	21,2	38,1	44,1	42,4	58,4	53,9	60,7
10:30 - 14:30	22,0	22,0	18,2	35,6	36,6	33,8	53,2	50,9	54,3
15:30 - 17:30	24,3	23,4	27,1	40,5	36,7	44,9	52,4	63,4	57,7
Média	22,9	21,4	21,3	37,6	39,2	38,7	54,4	57,0	53,8

\* Média de três dias de observação.

A intensidade de atenuação foi semelhante para as três grandezas medidas e, para uma mesma malha, função da inclinação dos raios solares incidentes, sendo maior nas primeiras e últimas horas do dia do que nas horas próximas ao meio-dia, quando o sol encontrava-se mais próximo do zênite do local.

A temperatura do solo foi mais baixa no interior dos túneis do que no exterior (Figura 1). As diferenças entre o exterior e o interior dos túneis aumentaram com a atenuação da radiação solar incidente e com o aumento da disponibilidade de energia. A média diurna de 13 dias de observação, períodos I e II, apresentou diferenças de 2,0; 3,1 e 3,9°C entre T-T<sub>1</sub>, T-T<sub>2</sub> e T-T<sub>3</sub>, respectivamente. Foram registradas diferenças instantâneas de até 5,7°C entre T-T<sub>1</sub>, 7,4°C entre T-T<sub>2</sub> e 8,3°C entre T-T<sub>3</sub> nos três períodos estudados.

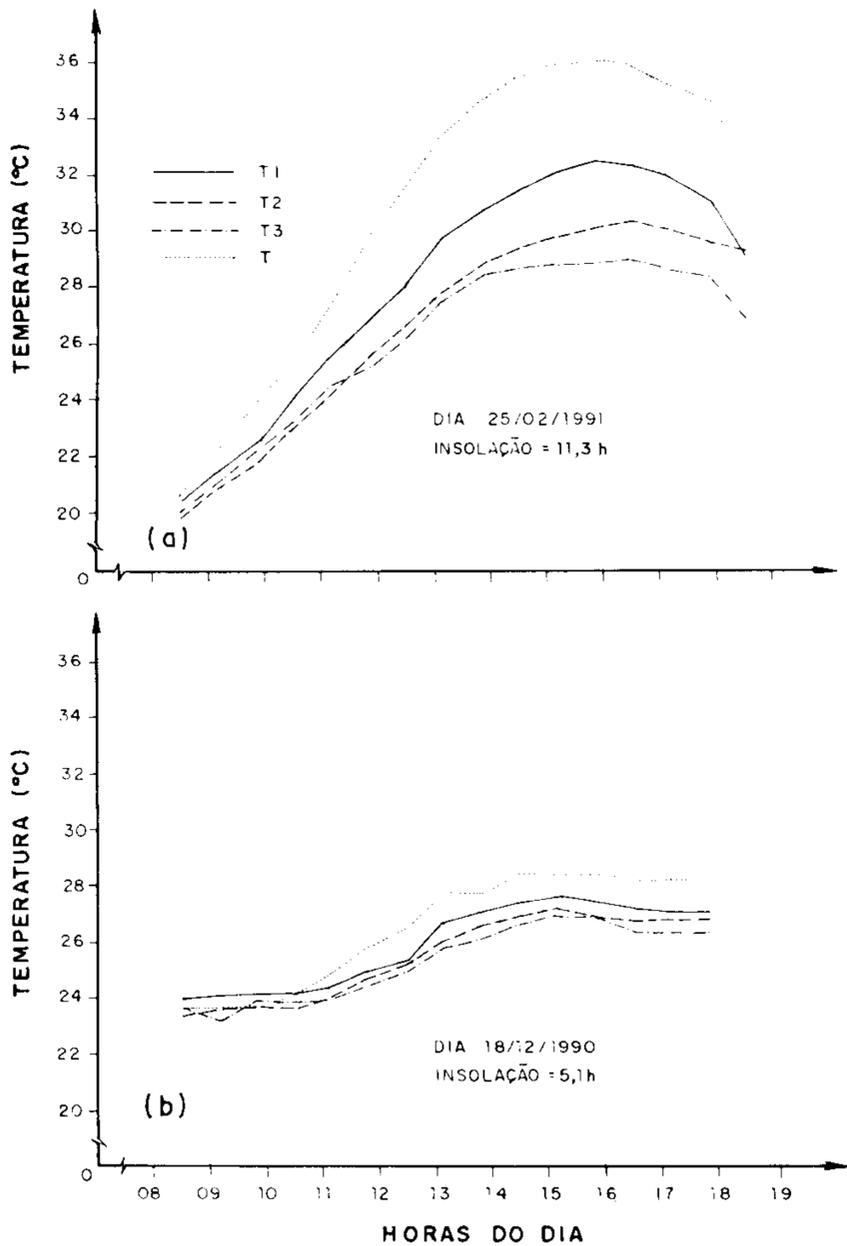


Figura 1 - Temperatura do solo a 5cm de profundidade em um dia limpo (a) e em um dia parcialmente nublado (b) no interior de túneis baixos de tela plástica preta com 18% ( $T_1$ ), 30% ( $T_2$ ) e 50% ( $T_3$ ), de atenuação da radiação solar incidente e no ambiente externo (T). Santa Maria, RS, Brasil.

A temperatura do solo é função, principalmente, da densidade de fluxo de radiação solar incidente e das suas propriedades térmicas. Desta forma as diferenças entre o interior e exterior aumentaram com a intensidade de atenuação da radiação solar, como se observa na Figura 1a. Além disso, o menor decréscimo da umidade do solo sob os túneis (Tabela 2) certamente contribuiu para que o calor específico e a condutividade térmica fossem elevados, o que determinou uma menor elevação da temperatura do solo e menor amplitude térmica em relação ao ambiente externo. As diferenças se intensificaram no período da tarde quando, no ambiente externo, o secamento do solo é mais intenso. Nas primeiras horas do dia e nos dias nublados, quando a energia disponível é baixa, as

diferenças entre os tratamentos diminuíram (Figura 1b). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por STRITZKE et al. (1976), ALLEN (1975), ERIKSEN & WHITNEY (1984) e SANCHEZ et al. (1989).

Tabela 2. Umidade em base gravimétrica (UG) do solo (%) na camada de 0-5cm e temperatura do ar medida antes ( $T_a$ ) e após ( $T_d$ ) a irrigação e a diferença  $T_a - T_d$  ( $T_i$ ) sob túnel de tela plástica com 50% ( $T_3$ ), 30% ( $T_2$ ) e 18% ( $T_1$ ) de atenuação da radiação solar e no ambiente externo (T). Santa Maria, RS, Brasil, 1991/92, época III.

Tratamento	UG (%)	Temperatura do ar (°C)		
		$T_a$	$T_d$	$T_i$
$T_3$	17,3a	32,1 c	25,0 c	7,1a
$T_2$	15,6 b	33,4 b	28,4ab	5,0 b
$T_1$	12,9 c	33,5 b	29,1a	4,4 b
T	11,9 c	34,0a	27,7 b	6,3a

Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo Teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

As diferenças entre a temperatura do solo no exterior e sob a tela plástica foram menores no final do experimento, aumentando com o crescimento das plantas de alface, como ilustra a Figura 2. Isto pode ser atribuído, principalmente, ao crescimento diferenciado das plantas entre os tratamentos, pois, no início do ciclo, as plantas cobriam somente uma pequena parte da superfície do solo e, à medida que cresceram, a cobertura do solo se tornou mais heterogênea. No final do período experimental, as plantas do canteiro sem tela (T) apresentaram um menor crescimento e, conseqüentemente, a área da superfície de solo desnudo, que recebia radiação solar direta nesse canteiro foi maior do que aquela sob a tela plástica. Entre os tratamentos cobertos com tela plástica também houve diferença de crescimento das plantas em função do ambiente, conforme determinações feitas e constarão em trabalho a ser publicado. Portanto, a modificação no regime térmico do solo está associada não só ao efeito direto do nível de atenuação sobre o balanço de radiação, mas também indiretamente, em função do crescimento das plantas nos diferentes tratamentos.

O efeito dos tratamentos sobre a temperatura do ar foi menor do que sobre a temperatura do solo (Tabela 2). Apenas nas horas mais quentes do dia houve diferenças entre os tratamentos, que aumentaram com a atenuação da radiação solar. As diferenças entre as médias calculadas com os valores horários de

13 dias de observação, períodos I e II, foram de 0,4; 0,9 e 1,0°C para T-T<sub>1</sub>, T-T<sub>2</sub>, T-T<sub>3</sub>, respectivamente. As maiores diferenças encontradas foram de 3,5; 4,8 e 4,8°C para T-T<sub>1</sub>, T-T<sub>2</sub> e T-T<sub>3</sub>, respectivamente, registradas nos dias com valores elevados de radiação solar e nas horas mais quentes do dia, como ilustram os resultados de um dia ensolarado apresentado na Figura 3a. Quando os valores de radiação solar foram baixos as diferenças também foram menores, como se observa pelos resultados obtidos em um dia parcialmente nublado e apresentado na Figura 3b.

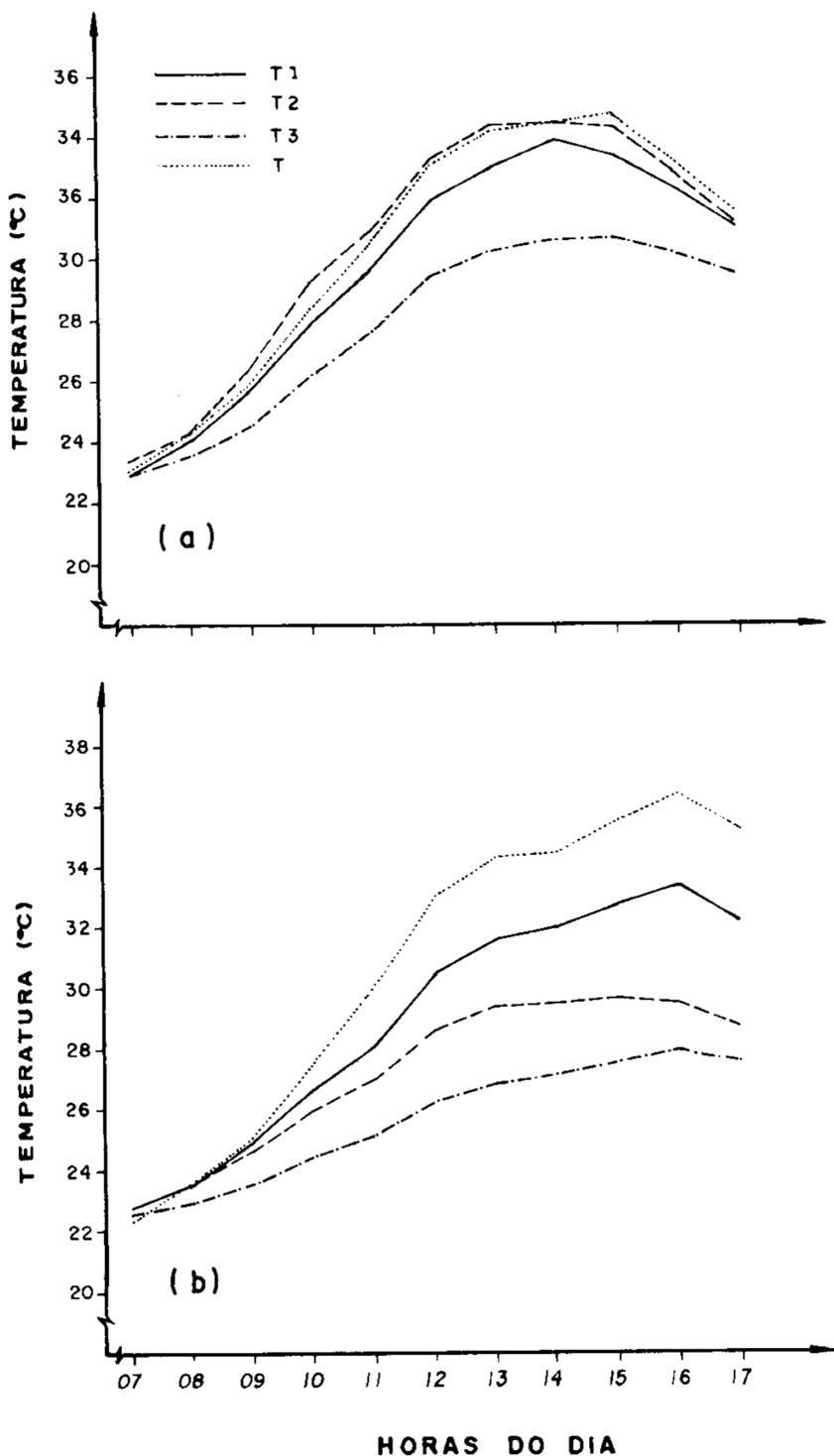


Figura 2 - Valores médios de temperatura do solo a 5cm de profundidade no interior de túneis baixos de tela plástica preta com 18% (T<sub>1</sub>), 30% (T<sub>2</sub>) e 50% (T<sub>3</sub>) de atenuação da radiação solar incidente e no ambiente externo (T) caracterizando o início (a) e fim (b) do ciclo das plantas de alface. Santa Maria, RS, Brasil, 1991/92, época III.

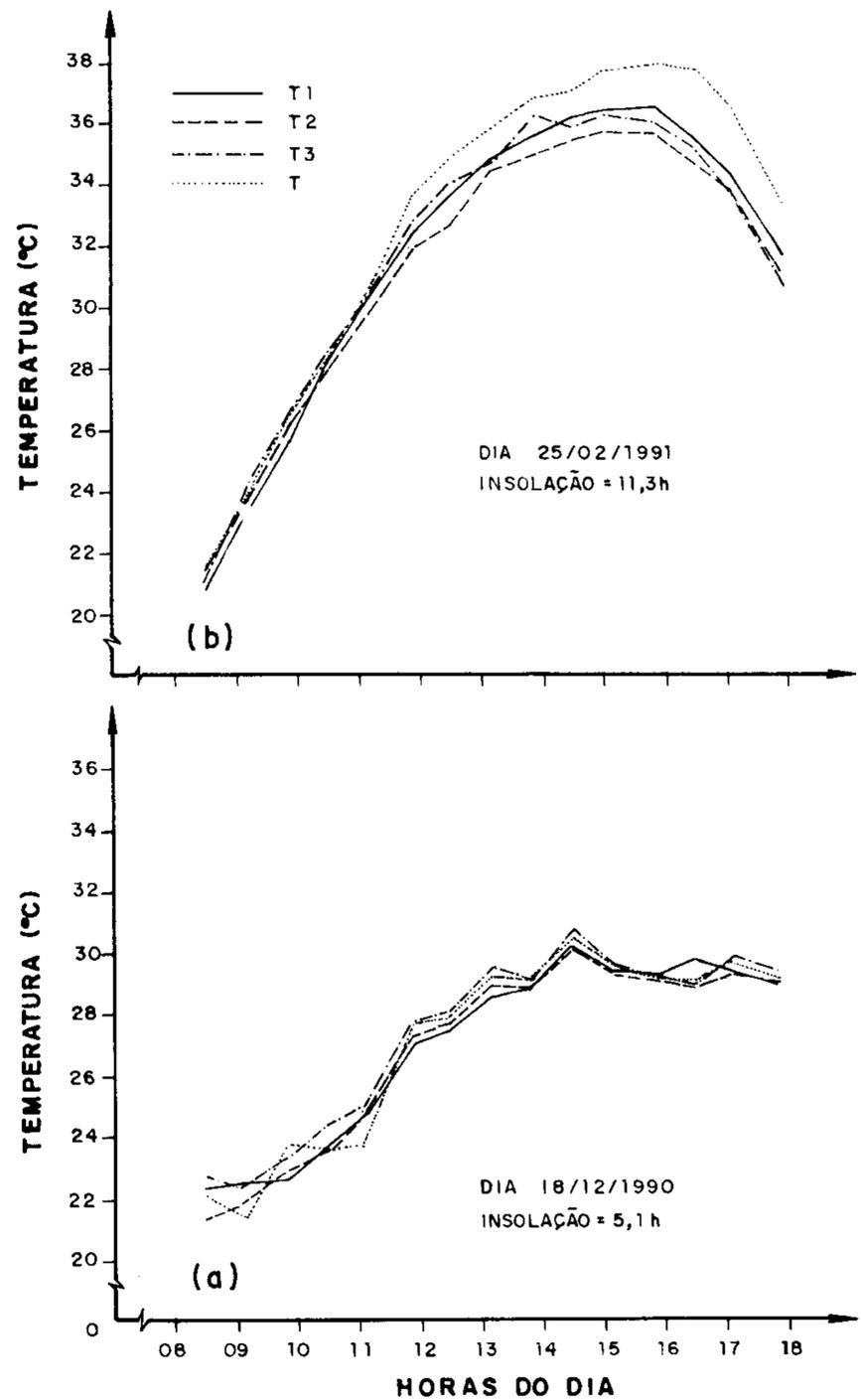


Figura 3 - Temperatura do ar em um dia limpo (a) e em um dia parcialmente nublado (b) no interior de túneis baixos de tela plástica preta com 18% (T<sub>1</sub>), 30% (T<sub>2</sub>) e 50% (T<sub>3</sub>) de atenuação da radiação solar incidente e no ambiente externo (T): Santa Maria, RS, Brasil, 1991/92.

A temperatura mínima do ar a 5cm acima da superfície do solo não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de DUNCAN, ao nível de 5% de probabilidade. As médias diárias das mínimas de 71 dias de observação, na época III, foram de 19,6; 19,5; 19,9 e 19,6°C, respectivamente em T, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, e T<sub>3</sub>. Observou-se ainda que as maiores diferenças entre os tratamentos ocorreram nas noites com calma e precedidas de dias limpos.

A irrigação dos canteiros ocasionou diminuição da temperatura do ar tanto sob a tela como no exterior (Tabela 2). A diminuição da temperatura do ar devido à irrigação, nos 12 dias de observação, variou

de 4,4 a 7,1°C, sendo mais elevada em T<sub>3</sub> e no ambiente externo (T). A diminuição da temperatura do ar através da irrigação por aspersão é importante, principalmente, quando a cultura é sensível a altas temperaturas. No caso da alface, quando cultivada no interior de estufas, nos meses de verão, é comum o uso desta técnica para diminuir temperatura, principalmente nas horas mais quentes do dia.

Os valores médios de umidade relativa do ar no período diurno observados nos diferentes tratamentos estão representados na Tabela 3. Embora tenha ocorrido diferenças significativas entre tratamentos, os valores são bastante similares, indicando que os túneis de tela plástica preta influenciam pouco a umidade relativa do ar. No entanto, nota-se uma pequena tendência de aumento da umidade relativa do ar com o aumento da atenuação da radiação solar incidente. Este fato pode estar associado à maior umidade do solo disponível à demanda atmosférica, à menor temperatura do ar que diminui a pressão de saturação e à menor intensidade de trocas gasosas do interior dos túneis com o ambiente externo, com maior atenuação da radiação solar incidente.

Tabela 3. Umidade relativa do ar (%) no interior dos túneis de tela plástica preta com especificação comercial de 18% (T<sub>1</sub>), 30% (T<sub>2</sub>) e 50% (T<sub>3</sub>) de atenuação da radiação solar e no exterior (T). Santa Maria, RS., Brasil, 1991/92., época III.

Hora local	T	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
07:00	92,8 b*	93,0 b	94,6a	96,4a
08:00	85,8a	86,2a	85,4a	87,6a
09:00	74,4 b	74,4 b	75,1 b	80,3a
10:00	68,1 b	66,8 b	67,8 b	71,2a
11:00	61,6 c	62,0 bc	63,9ab	64,8a
12:00	56,2 b	56,8ab	59,6a	57,7ab
13:00	51,6 b	51,9 b	54,8a	53,4ab
14:00	49,6 b	50,7 b	54,8a	51,6 b
15:00	46,6 b	47,8 b	50,5a	48,3 b
16:00	48,0 b	49,1 b	53,4a	49,0b
17:00	50,2 b	52,4 b	57,1a	51,5 b
Média	62,3 b	62,9 b	65,2a	64,7a

Médias seguidas pela mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo Teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

\* Média de 13 dias de observação.

## CONCLUSÕES

A atenuação da densidade de fluxo de radiação solar incidente por túneis baixos de tela plástica preta diminui a temperatura do solo e do ar e as perdas de água do solo mas não influencia de forma significativa a temperatura mínima e a umidade relativa do ar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN Jr., H.J. Shade-cloth microclimate of soybeans. *Agronomy Journal*, Madison, v. 67, n. 2, p. 175-181, 1975.
- ERIKSEN, F.I., WHITNEY, A.S. Effects of solar radiation regimes on growth and N<sub>2</sub> fixation of soybean, cowpea and bushbean. *Agronomy Journal*, Madison, v. 76, p. 529-535, 1984.
- GLENN, E.P., CARDRAN, P., THOMPSON, T.L. Seasonal effects of shading on growth of greenhouse lettuce and spinach. *Scientific Horticulture*, Canterbury, v. 24, p. 231-239, 1984.
- MARTSOLF J.D., DECKER, W.L. Microclimate modification by manipulation of net radiation. *Agricultural Meteorology*, Amsterdam, v. 7, p. 197-216, 1970.
- RYLSKI, I. Use of shading to control the time of harvest of red-ripe pepper fruits during the winter season in a high-radiation desert climate. *Horticultural Abstracts*, East Malling, v. 56, n. 10, p. 839, 1986.
- RYLSKI, I., SPIGELMAN, M. Effect of shading on plant development, yield and fruit quality of sweet pepper grown under conditions of high temperature and radiation. *Horticultural Abstracts*, East Malling, v. 56, n. 10, p. 839, 1986.
- SANCHEZ, C.A., ALLEN, R.J., SCHAFFER, B. Growth and yield of crisphead lettuce under various shade conditions. *Journal of the American Society Horticultural Science*, Mount Vernon, v. 114, n. 6, p. 884-890, 1989.
- STRITZKE, J.F., CROY, L.I., McMURPHY, W.E. Effect of shade and fertility on NO<sub>3</sub>-N accumulation, carbohydrate content, and dry matter production of tall fescue. *Agronomy Journal*, Madison, v. 68, p. 387-389, 1976.
- WOLFF, X.Y., COLTMAN, R.R. Productivity under shade in Hawaii of five crops grown as vegetables in the tropics. *Journal of the American Society Horticultural Science*, Mount Vernon, v. 115, n. 1, p. 175-181, 1989.