

## MODIFICAÇÃO AMBIENTAL CAUSADA POR TÚNEIS BAIXOS DE POLIETILENO TRANSPARENTE PERFURADO CULTIVADOS COM ALFACE\*

ENVIRONMENTAL MODIFICATION CAUSED BY PERFORATED TRANSPARENT  
POLYETHYLENE LOW TUNNELS CULTIVATED WITH LETTUCE

Galileo Adeli Buriol\*\*  
Flavio Miguel Schneider\*\*

Nereu Augusto Streck\*\*\*  
Sandro Luis Petter Medeiros\*\*\*\*

### RESUMO

Determinou-se as modificações ambientais causadas por túneis baixos de polietileno transparente perfurado instalados no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS. As densidades de perfuração estudadas foram 100, 200, 300 e 400 perfurações por m<sup>2</sup> correspondendo, respectivamente, a uma área perfurada de 0,78% (T1), 1,57% (T2), 2,35% (T3) e 3,14% (T4). Os resultados evidenciam que a densidade de perfuração não modificou significativamente a disponibilidade de energia solar. À medida que aumentou-se a densidade de perfuração ocorreu um decréscimo no valor médio diurno da temperatura do ar, aspecto que demonstra a viabilidade de ventilar o túnel baixo através da perfuração do plástico. Também observou-se que nos túneis perfurados, os valores médios da temperatura do solo, mínima e média diurna do ar e umidade relativa do ar foram maiores que no ambiente externo.

**Palavras-chave:** túneis baixos, manejo, variáveis do ambiente.

### SUMMARY

Environmental modifications caused by low tunnels made of perforated transparent polyethylene were determined in an area allocated at the Federal University of Santa Maria, RS. The perforation densities were 100, 200, 300 and 400 perforations per square meter, corresponding respectively to 0.78% (T1), 1.57% (T2), 2.35% (T3) and 3.14% (T4) of area perforated. The results indicated that perforation density did not significantly affect solar energy availability. As

perforation density increased there was a decrease on the average diurnal air temperature which demonstrated the viability of ventilating low tunnels with perforated plastic. It was also observed that inside the perforated tunnels the averages values for soil, air minimum and diurnal temperatures and air relative humidity were higher than on the external environment.

**Key words:** low tunnels, management, environment variables.

### INTRODUÇÃO

O cultivo de plantas em túneis baixos cobertos com filme de polietileno transparente é uma técnica utilizada no sul do Brasil, nos meses mais frios do ano, principalmente na produção de hortaliças. Os túneis baixos, por serem estruturas de menor porte, em relação ao túnel alto e a estufa, têm menor custo de instalação. Também proporcionam um ganho térmico durante o dia favorecendo o crescimento das plantas, protegendo as culturas do impacto da chuva, dos ventos frios e intensos e, quando manejados adequadamente, das temperaturas mínimas prejudiciais (ROBLEDO & MARTIN, 1981).

Devido principalmente ao pequeno volume de ar contido no túnel, a temperatura do ar pode se elevar muito em dias de intensa radiação solar, necessitando desta forma, muito rigor em seu manejo. Este é realizado, diariamente, através da abertura das laterais, sendo importante tanto o momento como a magnitude de sua abertura. Isto exige grande mão-de-obra, pois, diariamente realiza-se a abertura e fechamento do túnel. Uma técnica utilizada para diminuir o manejo, e conseqüentemente a mão-de-obra, é a perfuração do filme de polietileno, para permitir a ventilação, com o túnel permanentemente fechado. O princípio da técnica supõe que a

\* Agências financiadoras: CNPq e FAPERGS.

\*\* Engenheiro Agrônomo, Professor Titular do Departamento de Fitotecnia/CCR/UFMS. 97119-900 - Santa Maria, RS. Bolsista do CNPq.

\*\*\* Engenheiro Agrônomo, Aluno do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - área de Concentração: Produção Vegetal/CCR/UFMS. Bolsista do CNPq.

\*\*\*\* Engenheiro Agrônomo, Professor Assistente do Departamento de Fitotecnia.



ventilação proporcionada pelas perfurações seja suficiente para evitar temperaturas diurnas do ar prejudiciais aos cultivos e, durante o período noturno, mantenha as temperaturas noturnas mais elevadas que o ambiente externo. Esta ventilação está associada à área perfurada e a localização das perfurações no túnel (BAILLE, 1975). Geralmente, para simplificar as operações, os filmes plásticos são constituídos de um grande número de pequenas perfurações (em torno de  $1\text{cm}^2$ ) uniformemente distribuídos em toda sua extensão ou de um menor número de perfurações de diâmetro maior distribuídos geralmente nas partes altas do túnel (BENOIT & CEUSTERMANS, 1980; YARD, 1992).

No sul do Brasil, os túneis perfurados têm sido utilizados principalmente na produção de mudas de fumo. O seu uso com outras culturas ainda é incipiente e dependente de informações sobre as modificações causadas no ambiente e sobre o crescimento e desenvolvimento dos cultivos. Neste sentido, o trabalho objetiva detectar as alterações na disponibilidade de energia solar, temperatura e umidade do solo e do ar causadas por diferentes densidades de perfurações do polietileno em túneis baixos cultivados com alface, nas condições de Santa Maria, RS.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (latitude:  $29^{\circ}41'S$ , longitude:  $53^{\circ}48'W$  e altitude: 95m) quatro túneis baixos de filme de polietileno transparente com 0,1mm de espessura, aditivado (anti-UV) sobre canteiros de 1,2m de largura e 12,0m de comprimento. Os túneis possuíam 1,6m de perímetro do semi-círculo, 0,5m de raio apoiados sobre arcos de ferro com 10mm de diâmetro. O filme foi perfurado com vasador de 10mm de diâmetro, obtendo-se quatro densidades de perfurações: 100, 200, 300 e 400 perfurações/ $\text{m}^2$ , correspondendo respectivamente, a uma área perfurada de 0,78% (T1), 1,57% (T2), 2,35% (T3) e 3,14% (T4). O solo do local pertence à unidade de mapeamento Santa Maria, classificado como Brunizem Hidromórfico - textura média (BRASIL, 1973). O seu preparo foi realizado através de aração e passagem de enxada rotativa, com posterior encanteiramento. Cada área encanteirada de 1,20m x 12,0m de comprimento foi cultivada com alface, no espaçamento de 0,25m x 0,25m, em duas épocas. A primeira de 23/05/91 a 08/08/91 com a cultivar White Boston (grupo "Lisa") e a segunda de 30/08/91 a 30/10/91 com a cultivar Hampson (grupo "Crespa"), correspondendo ao período de plantio das mudas até o início da fase de pendoamento em pelo menos um dos tratamentos. Durante o período experimental, a irrigação foi realizada com o uso de mangueiras per-

furadas, situadas ao nível do solo, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo, durante todo o período experimental.

Na parte central de cada um dos canteiros de túneis perfurados e um sem túnel (testemunha) foram instalados um geotermômetro de vidro e coluna de mercúrio na profundidade de 5cm, um termômetro de mínima de vidro e coluna de álcool (bulbo seco) e um termômetro de vidro e coluna de mercúrio (bulbo úmido) a 5cm do nível do solo, todos com resolução  $0,2^{\circ}\text{C}$ . Os termômetros foram mantidos abrigados da incidência direta da radiação solar com o auxílio de uma superfície plana de madeira de 2,0cm de espessura, pintada de branco e que permitia a circulação de ar.

No período de 13/06/91 a 04/08/91 (1ª época) e 07/09/91 a 30/10/91 (2ª época) foram coletados diariamente dados de temperatura do solo nos horários das 9 e 15 horas e de temperatura mínima do ar. Num total de 13 dias típicos (sem nuvens), nas duas épocas, foram realizadas leituras com intervalo de 1 hora, entre 08 e 17 horas, da temperatura do solo e do ar e umidade relativa do ar. Em 6 dias típicos, foram realizadas leituras instantâneas da densidade de fluxo de radiação solar global incidente e da intensidade da luminosidade, em intervalos horários, através de sensores piranômetro e fotômetro localizados na parte central dos canteiros e acoplados a um medidor LI-COR modelo LI-185B.

Determinou-se também a umidade da camada de solo de 0-5cm através do método gravimétrico. Para tanto, as amostras foram coletadas quando se detectou uma diferenciação visual entre os tratamentos após chuva que homogeneizasse-os quanto ao teor de água no solo.

Os valores médios diurnos da densidade de fluxo de radiação solar global incidente, intensidade de luminosidade e da temperatura do ar foram obtidos pela média aritmética dos valores horários medidos e o valor médio representativo do período de observação através da média aritmética dos valores médios diurnos dos dias de observação. O total diário de graus-dia, acima das temperaturas base (tb) de 6, 8 e  $10^{\circ}\text{C}$ , foi obtido através da média aritmética das diferenças entre temperatura horária diurna do ar e tb. A soma de graus-dia é o valor acumulado dos totais diários de graus-dia dos 13 dias de observações horárias. Os valores médios diários da temperatura do solo e umidade relativa do ar, às 9h e 15h, e da temperatura mínima do ar foram obtidos pela média aritmética dos dias de observação.

A análise estatística consistiu no uso do teste Duncan para comparação de médias ( $P > 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade de perfuração do filme de polietileno não afetou significativamente a redução na densidade



de fluxo de radiação solar global e na intensidade da luminosidade incidentes (Tabela 1). Isto ocorreu devido a pequena diferença de área perfurada entre os tratamentos. Em relação ao ambiente externo, no interior dos túneis baixos ocorreu uma menor disponibilidade de radiação solar. A redução média, calculada com todos os valores horários, pelo filme de polietileno foi de 21,4% para a radiação solar global e 36% para a luminosidade, considerando-se a média dos tratamentos. Estes valores concordam com resultados obtidos por outros autores (ALPI & TOGNONI, 1978; ROBLEDO & MARTIN, 1981; VILLELE, 1983). A atenuação média ao longo do dia foi um pouco superior pela parte da manhã do que pela tarde (Tabela 2). Isso ocorreu, principalmente, devido à persistência da camada de condensação do vapor d'água na parte interna da cobertura do plástico pela manhã. Observou-se também que em dias de vento a camada de condensação geralmente foi removida, porém persistindo em dias de calmaria em todos os tratamentos. Entretanto notou-se que neste último caso, ao final da tarde, nos tratamentos com maior densidade de perfuração a camada de água

condensada foi menor.

A temperatura média do solo, na profundidade de 5cm, no interior dos túneis foi, em média, 2,1°C superior a do ambiente externo (Tabela 3). Apesar de ter havido diferença estatística entre as densidades de perfuração, as diferenças entre os valores médios dos tratamentos é pequena, podendo-se assumir que os valores médios de temperatura do solo nas quatro densidades de perfuração são similares. A temperatura do solo é função da densidade de fluxo de radiação solar global incidente e das propriedades térmicas do solo. Em função disso, a temperatura do solo no interior dos túneis deveria ser menor do que no ambiente externo, visto que a energia solar disponível é, em média, 21,4% menor no interior dos túneis e que como o solo normalmente é mais úmido, a condutividade térmica e o calor específico são maiores, o que determinaria uma menor elevação da temperatura. Como no túnel, entretanto, existe um menor volume de ar e normalmente uma menor velocidade de renovação do ar junto à superfície, a transferência de energia na forma de calor latente e sensível, é menor, comparativamente com o ambiente externo, e com isso certamente haverá um maior fluxo de calor para o solo, acentuando o aquecimento do solo no interior dos túneis. Porém, existiram dias em que a temperatura do solo no interior dos túneis foi inferior à do ambiente externo. Isto ocorreu, principalmente, nos dias de vento forte. O vento diminui a formação da camada de vapor d'água no filme de polietileno, intensificando a perda radiativa de energia, que juntamente com a menor disponibilidade de energia solar e maior teor de umidade do solo no interior dos túneis são as causas para que a temperatura do solo não se eleve tanto como no ambiente externo (Tabela 4).

Os dados da Tabela 5 mostram que o valor médio da temperatura mínima do ar é significativamente maior no interior dos túneis e que a perfuração do plástico até o nível de 2,35% (T3) não modificou significativamente a temperatura mínima do ar. Apesar de estatisticamente superiores, os valores médios da tempera-

Tabela 1 - Valores médios diários de densidade de fluxo de radiação solar global e da intensidade da luminosidade incidentes no ambiente externo (E) e no interior (I) de túneis baixos de polietileno transparente com 0,78% (T1), 1,57% (T2), 2,35% (T3) e 3,14% (T4) de área perfurada. Santa Maria, RS, 1991.

DENSIDADE DE PERFURAÇÃO	RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL (W.m <sup>2</sup> )			LUMINOSIDADE (Lux)		
	E	I	E-I	E	I	E-I
T1	590,1	466,1	124,0a	13222	9861	3361 b
T2	590,1	485,4	104,7a	12894	8228	4667 b
T3	590,4	482,9	107,5a	12869	8542	4328 b
T4	606,8	475,9	130,9a	12869	9036	3833 b

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Redução média (%) da densidade de fluxo da radiação solar global e da intensidade da luminosidade pelo filme de polietileno perfurado dos túneis baixos. Santa Maria, RS, 1991.

PERIODO DO DIA (horas)	RADIAÇÃO SOLAR	
	GLOBAL	LUMINOSIDADE
08:30 - 11:30	23,5	37,5
12:30	17,1	32,2
13:30 - 16:30	20,4	35,7
Média	21,4	36,0

Tabela 3 - Temperatura média do solo a 5cm de profundidade as 9h e 15h no interior de túneis baixos de polietileno transparente com 0,78% (T1), 1,57% (T2), 2,35% (T3) e 3,14% (T4) de área perfurada e no ambiente externo (T). Santa Maria, RS, 1991.

TRATAMENTO	9h		15h	
	1ª ÉPOCA*	2ª ÉPOCA**	1ª ÉPOCA	2ª ÉPOCA
T1	13,1a	19,4a	16,6 c	26,2 b
T2	12,8ab	18,8 c	18,3a	26,8a
T3	12,7 b	19,4a	17,5 b	26,5ab
T4	12,7 b	19,0 b	17,4 b	26,2 b
T	10,4 c	17,7 d	15,5 d	23,7 c

\* 13/06/91 a 04/08/91

\*\* 07/09/91 a 30/10/91

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.



Tabela 4 - Diferença entre a temperatura do solo determinada no interior dos túneis perfurados (T1, T2, T3 e T4) e no ambiente externo (T) e a velocidade do vento determinada as 15h em quatro dias de vento forte. Santa Maria, RS.

DIA	T1-T	T2-T	T3-T	T4-T	VELOCIDADE
					DO VENTO m/s
30/07/91	-3,0	-0,4	-1,0	-2,0	6,6
13/10/91	-2,6	-2,2	-2,8	-2,0	5,5
14/10/91	-0,8	-0,4	-1,8	-0,2	7,3
15/10/91	0,2	0,8	0,2	-0,2	10,0*

\* Leitura realizada as 9h.

T1=0,78% de área perfurada

T2=1,57% de área perfurada

T3=2,35% de área perfurada

T4=3,14% de área perfurada

tura mínima do ar no interior dos túneis são, em média, apenas 1,2°C superior ao ambiente externo, fato que evidencia que o efeito estufa sobre a temperatura mínima do ar nos túneis perfurados é pequeno e bem menor que nas estufas plásticas (BURIOL et al, 1991). As maiores diferenças entre o ambiente dos túneis e o externo ocorreram em noites frias, límpidas e de calmaria (Tabela 6). Nessa situação, ocorre uma acentuada perda radiativa, tanto no interior como no exterior dos túneis, e, em decorrência, a partir de um determinado momento da noite forma-se uma camada de vapor d'água condensada na superfície interna do plástico. Esta camada reduz a transmissividade do plástico à onda longa, de modo que ocorre uma atenuação no esfriamento noturno no interior dos túneis, resultando em temperaturas mínimas do ar que geralmente permanecem superiores às daquelas do ambiente externo. Portanto, a formação desta camada de vapor d'água condensada contribui para o aumento do efeito estufa do plástico sobre as temperaturas mínimas do ar. Nas noites de céu encoberto, as diferenças são menores e em noites com vento pode ocorrer a "inversão dessa tendência" (Tabela 6). Este aspecto provavelmente é decorrente de que, com vento forte, ocorre uma renovação constante da camada de ar junto a superfície do ambiente externo evitando que a temperatura mínima do ar seja muito baixa. Já no inte-

Tabela 5 - Média das temperaturas mínimas diárias (°C), das temperaturas diurnas (°C) do ar e dos totais de graus-dia no interior de túneis baixos de polietileno com 0,78% (T1), 1,57% (T2), 2,35% (T3) e 3,14% (T4) de área perfurada e no ambiente externo (T). Santa Maria, RS, 1991.

TRAT	MÉDIA DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS	MÉDIA DIÁRIA DAS TEMPERA- TURAS DIURNAS	SOMA DOS GRAUS-DIA		
			t <sub>b</sub> >6°C	t <sub>b</sub> >8°C	t <sub>b</sub> >10°C
T1	10,9a	21,0a	156,2a	136,2a	117,0a
T2	10,9a	20,1 b	148,5 b	128,6 b	109,4 b
T3	10,8a	19,3 c	139,6 c	119,7 c	100,7 c
T4	10,4 b	18,8 c	134,0 c	114,2 c	95,3 c
T	9,5 c	17,2 d	117,9 d	98,8 d	80,6 d

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Duncan, ao nível 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Temperatura mínima do ar no ambiente externo (T) e diferença entre a mínima do interior e exterior de túneis baixos de polietileno com 0,78% (T1), 1,57% (T2), 2,35% (T3) e 3,14% (T4) de área perfurada em dias frios e céu descoberto, em dias com céu encoberto e em dias com vento. Santa Maria, RS, 1991.

DIA	T (°C)	DIFERENÇA (°C)			
		T1-T	T2-T	T3-T	T4-T
DIA FRIO					
13/07/91	1,0	3,4	3,4	2,6	1,6
14/07/91	-1,6	4,0	3,6	3,0	1,8
15/07/91	-0,5	3,5	2,3	2,3	1,5
DIA NUBLADO					
27/06/91	14,0	0,3	0,3	0,0	0,2
06/07/91	7,7	1,7	1,1	0,9	0,3
16/07/91	6,6	1,6	0,6	0,6	0,2
DIA COM VENTO					
21/07/91	20,0	-2,6	1,4	-1,4	-0,6
26/07/91	9,8	0,2	0,2	-0,8	-0,6
30/07/91	22,3	-5,9	-4,9	-4,9	-3,7

rior dos túneis não ocorre uma renovação similar ao ambiente externo. Ocorre um progressivo e ininterrupto resfriamento do ar devido às perdas energéticas por radiação e condução-convecção através do plástico. Devido à ação do vento sobre as paredes externas dos túneis não ocorre a formação de uma camada de vapor d'água condensada na face interna do plástico, o que contribui para que as perdas por radiação do interior dos túneis sejam elevadas. Outro aspecto que deve ser ressaltado é que, quando esta situação se verifica, as temperaturas mínimas do ar tanto do interior como do exterior dos túneis são relativamente elevadas e não existem condições de ocorrência de geadas radiativas. Comportamento similar foi observado em estufas plásticas na região de Santa Maria, RS (BURIOL et al, 1991).

A Tabela 5 também mostra que os valores médios das temperaturas do ar e da soma de graus-dia do período diurno diminuíram a medida que aumentou a densidade de perfuração do plástico, mas todas as densidades de perfuração estudadas proporcionaram valores significativamente superiores ao ambiente externo. Estes resultados evidenciam que o efeito do túnel baixo, assim como da estufa plástica (ANDRIOLO et al, 1989) sobre a temperatura do ar é acentuado sobre os valores diurnos, principalmente em torno do momento das temperaturas máximas, conforme pode-se visualizar na Figura 1.

O decréscimo da temperatura média diurna (Tabela 5) e dos valores horários (Figura 1) da temperatura do ar com o aumento da densidade de perfuração do plástico evidencia que a técnica de perfuração do plástico é recomendável na ventilação e pode evitar temperaturas diurnas prejudiciais aos cultivos sem a necessida-



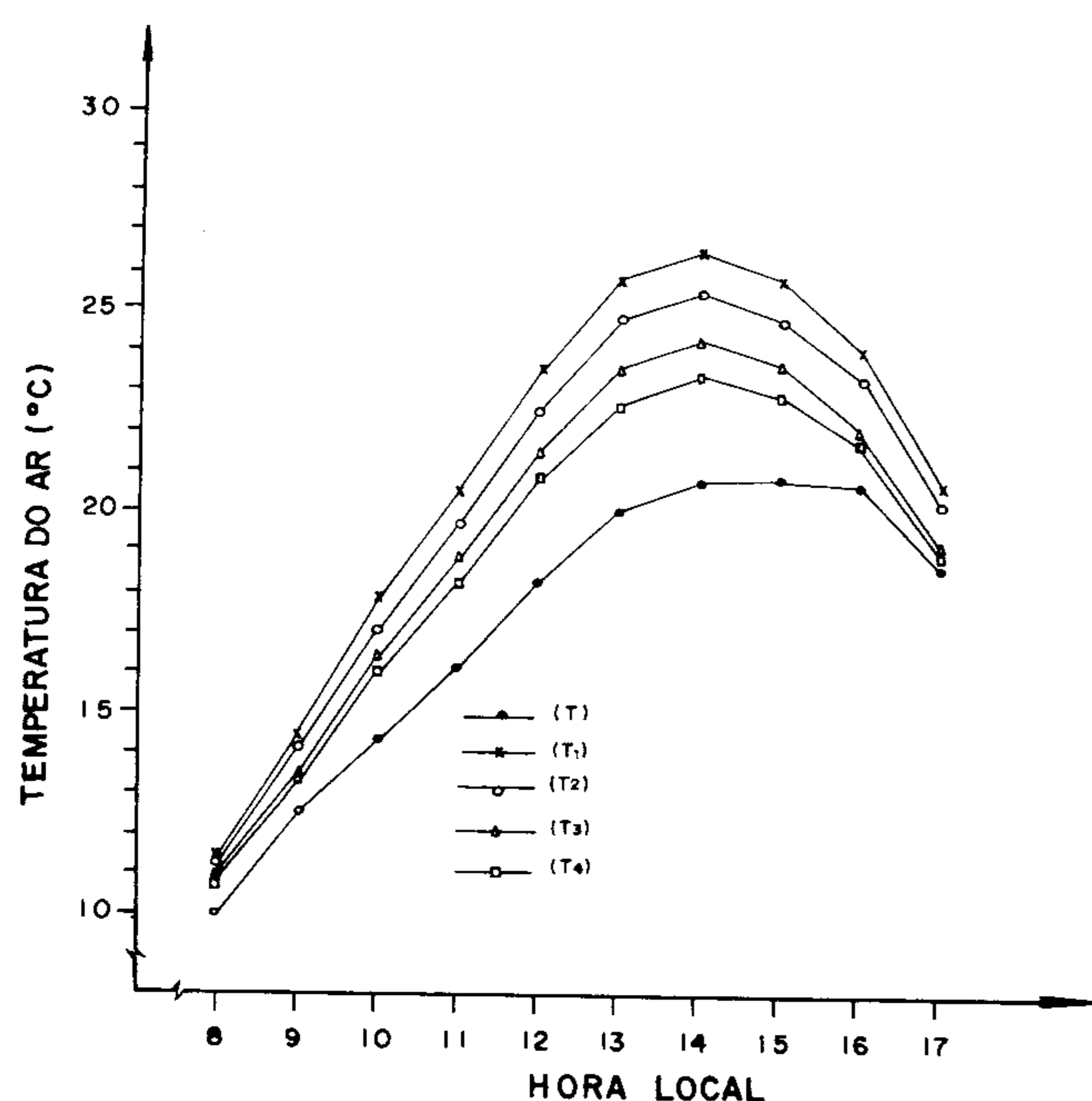


Figura 1 - Temperatura média diurna do ar no interior de túneis baixos de polietileno transparente com 0,78% (T1), 1,57 (T2), 2,35% (T3) e 3,14% (T4) de área perfurada e no ambiente externo (T). Santa Maria, RS, 1991.

de do manejo tradicional dos túneis. Deve-se ressaltar também que até a densidade de perfuração de 2,35% ainda persiste um ganho térmico diário superior a 2,0°C, mantendo uma das características dos túneis plásticos convencionais que é proporcionar uma soma térmica maior que o ambiente externo. A Tabela 7 mostra que os valores de teor de umidade no solo, determinados 6 e 4 dias após uma chuva, diminuem a medida que aumenta a densidade de perfuração do plástico e são menores no ambiente externo. Este comportamento está associado à demanda evaporativa, que nos ambientes parcialmente controlados é menor, como já foi observado por HEIZMANN & ANDRIOLO (1991), REISSER JÚNIOR (1991) e SCHMIDT & BURIOL (1991) em estufas plásticas. O decréscimo do teor de umidade no solo com o aumento da densidade de perfuração deve-se ao aumento da demanda evaporativa decorrente da maior ventilação nos túneis com maior densidade de perfuração.

Os valores da Tabela 8 mostram que de um modo geral a densidade de perfuração do plástico não modificou a umidade relativa do ar, que foi menor no ambiente externo, independente do horário de observação. A menor evapotranspiração em uma atmosfera com pouca ou nenhuma ventilação do ar, certamente é a causa da maior umidade relativa nos túneis, assim como já foi observado nas estufas plásticas (ROBLEDO & MARTIN, 1981). A própria cobertura plástica, mesmo com 3,14% de área perfurada, representa uma resistên-

Tabela 7 - Teores de umidade do solo, em % de peso seco, na camada de 0-5cm no interior de túneis baixos de polietileno transparente com 0,78% (T1), 1,57% (T2), 2,35% (T3) e 3,14% (T4) de área perfurada e no ambiente externo (T). Santa Maria, RS, 1991.

TRATAMENTO	DATA DE COLETA	
	11/06/91(1)	02/07/91(2)
T1	18,2a	19,2a
T2	18,0ab	18,4 b
T3	17,5ab	17,8 bc
T4	16,2 bc	16,9 cd
T	14,5 c	16,1 d

(1) última chuva: 05/06/91; hora de coleta: 09:00h

(2) última chuva: 28/06/91; hora de coleta: 17:00h

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8 - Valores médios diários da umidade relativa do ar (%) as 9h e 15h no interior de túneis baixos de polietileno transparente com 0,78% (T1), 1,57% (T2), 2,35% (T3) e 3,14% (T4) de área perfurada e no ambiente externo (T). Santa Maria, RS, 1991.

TRATAMENTO	HORA	
	9h	15 h
T1	97,5a	74,4a
T2	97,4a	69,0 b
T3	95,3a	73,0ab
T4	97,6a	74,2a
T	91,4 b	59,5 c

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

cia muito grande ao fluxo turbulento de vapor d'água, dificultando as trocas com o meio externo e contribuindo para a retenção do vapor no interior dos túneis.

O uso de túneis plásticos perfurados mostra-se promissor visto que as densidades de perfuração estudadas não modificaram significativamente a disponibilidade de energia solar, proporcionaram soma térmica maior que o ambiente externo e ventilação, visto que as temperaturas diurnas do ar decresceram com o aumento da densidade de perfuração. O efeito dos túneis perfurados sobre o crescimento e desenvolvimento da alface será objetivo de um outro trabalho que será publicado em *Ciência Rural*.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALPI, A., TOGNONI, F. **Cultura em estufas**. Lisboa: Editorial Presença, 1978. 196 p.
- ANDRIOLO, J.L., BURIOL, G.A., ESTEFANEL, V. et al. **Comparação de elementos meteorológicos dentro e fora de estufa de polietileno em Santa Maria, RS**. Santa Maria: Departamento de Fitotecnia/CCR/UFSM, 1989. 21 p. Publicação avulsa (Apresentado no III Encontro de Plasticultura da Região Sul, em Curitiba, 1989).
- BAILLE, A. Étude de l'influence du positionnement des aérations sur les champs de température et de vitesse a l'interieur des tunnels de semi-forçage. **Ann Agron**, v. 26, n. 3, p. 265-275, 1975.
- BENOIT, F., CEUSTERMANS, N. Morphogénese des jeunes laitues sous convert temporaire de baches à plat perforés. **Plasticulture**, Paris, v. 46, p. 19-29, 1980.
- BURIOL, G.A., ANDRIOLO, J.L., ESTEFANEL, V., et al. Modificação na temperatura mínima diária do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade em Santa Maria, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1991, Viçosa, MG. **Resumos...**, Viçosa: SBA/UFV, 1991. 314 p. p. 36-37.
- HEIZMANN, C.J., ANDRIOLO, J.L. Evaporação da água no interior e exterior de estufa de polietileno. 2 - Evaporação medida no tanque classe A. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, 1991, Santa Maria, RS. **Anais...**, Santa Maria: UFSM, 1991, 374 p. p. 82.
- ROBLEDO, F. de P., MARTIN, L.V. **Aplicacion de los plasticos en la agricultura**. Madrid: Mundial-Prensa, 1981, 553 p.
- REISSER JÚNIOR, C. **Evapotranspiração da Alface (Lactuca sativa L.) em Ambiente Natural e em Estufa de Polietileno**. Santa Maria, 1981. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 1991.
- SCHMIDT, C.D.S., BURIOL, G.A. Evaporação da água no interior e exterior de estufa de polietileno. 1 - Evaporação medida no evaporímetro de Piche. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, 1991, Santa Maria, RS. **Anais...**, Santa Maria: UFSM, 1991. 374 p. p.79.
- VILLELE, O. de. **Le contexte climatique et cultural de la serre. 1 - La serre, agent de modification du climat**. In: **L'INRA et les cultures sous serre**. Paris: Institut National de La Recherche Agronomique, 1983. p. 21-27.
- YARD, C. Optimisation de l'emploi des filmes plastiques dans la culture du melon. **Plasticulture**, Paris, n. 95, p. 40-44, 1992.