

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 37-42, 1993.

Aprovado para publicação em 25/11/92.

**MODIFICAÇÃO NA TEMPERATURA DO SOLO CAUSADA POR ESTUFAS DE  
POLIETILENO TRANSPARENTE DE BAIXA DENSIDADE EM SANTA MARIA, RS.**

**SOIL TEMPERATURE MODIFICATION CAUSED BY LOW DENSITY TRANSPARENT  
POLYETHYLENE GREENHOUSES IN SANTA MARIA, RS.**

Flávio Miguel Schneider<sup>1</sup>, Galileo Adeli Buriol<sup>1</sup>, Jerônimo Luiz Andriolo<sup>2</sup>,

Valduíno Estefanel<sup>1</sup> e Nereu Augusto Streck<sup>3</sup>

**RESUMO**

Determinou-se a temperatura do solo no interior de estufas de polietileno transparente aditivado de baixa densidade, com espessura de *100m*, instaladas no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, e no ambiente externo. A temperatura do solo foi medida diariamente, nos horários de 9, 15 e 21 h, com geotermômetros de vidro com resolução de 0,2°C. Os resultados evidenciam que, em média, os valores de temperatura do solo sempre foram mais elevados no interior das estufas, independente da profundidade de medida, ano e horário de observação, e que nos dias mais frios a diferença de temperatura, entre os dois ambientes, foi mais elevada. Também observou-se que o manejo da estufa altera o momento de ocorrência das temperaturas máximas do solo.

**Palavras-chave:** Estufa plástica, temperatura do solo, manejo da estufa.

**SUMMARY**

Soil temperature were measured both inside and outside, using a low density polythylene, (*100m* of

---

<sup>1</sup> Professor Titular, Bolsista do CNPq - Departamento de Fitotecnia/CCR/UFSM - 97119-900 - S. Maria, RS.

<sup>2</sup> Professor Assistente - Departamento de Fitotecnia/CCR/UFSM -97119-900 - S. Maria, RS.

<sup>3</sup> Bolsista Aperfeiçoamento da FAPERGS - Departamento de Fitotecnia/CCR/UFSM - 97119-900 - S.Maria, RS.

tickness), greenhouse. The experiment was located in the Field Crops Department of the Federal University of Santa Maria, RS. Daily temperatures were taken at 09:00 a.m., 3:00 p.m. and 9:00 p.m. with mercury in glass thermometers. The results indicated that, on the average, soil temperatures were higher inside the greenhouse independently of the deep of measurement, year or observation time. Also was observed that during cold days, temperature differences among environments were greater. The management of the greenhouse can also alter the occurrence moment of maximum soil temperature.

**Key words:** Plastic greenhouse, soil temperature, management of greenhouse.

## INTRODUÇÃO

O cultivo de hortaliças em estufas de polietileno transparente de baixa densidade é uma atividade que está em franca expansão no Brasil. A principal vantagem dessa técnica consiste na possibilidade de produção, principalmente de hortaliças, nos períodos de entressafra, permitindo maior regularização da oferta e melhor qualidade dos produtos. O cultivo em ambiente parcialmente protegido se constitui numa tecnologia de produção amplamente consolidada em países como Espanha, Itália, Holanda, França, Japão e Estados Unidos (ALPI & TOGNONI, 1978). No Brasil, são ainda escassas as informações concernentes ao efeito da proteção ambiental das estufas de polietileno sobre as variáveis meteorológicas e sobre o crescimento e desenvolvimento das culturas. Além disso, a grande extensão do território nacional, caracterizado por regiões climaticamente bem distintas, exige a realização de estudos regionais visando determinar as potencialidades e limitações dessa tecnologia em cada uma das regiões.

O município de Santa Maria, situado na região climática da Depressão Central, possui clima "*Cfa*", segundo a classificação de Köppen (MOTA, 1951), onde já ocorreram temperaturas máximas do ar de até 41,2°C, no verão, e mínimas de até -2,4°C, no inverno. Dessa forma, o cultivo de espécies exigentes em temperaturas elevadas, sob condições naturais, fica restrito somente aos meses mais quentes do ano.

A temperatura do solo é o elemento do ambiente que determina a velocidade de germinação e emergência das plântulas. Sua influência é maior nos subperíodos semeadura-emergência e crescimento inicial, quando ocorrem acentuadas amplitudes térmicas diárias, principalmente próximo à superfície. Segundo

CASTILLO (1983) a temperatura adequada no solo para hortaliças como tomate, berinjela, pimentão e melão está numa faixa de 15 a 20°C. Já a temperatura do solo que resulta em atividade vegetal mínima é de 5°C para a couve (CORNILLON, 1980) e de 12°C para o feijoeiro, o tomate (CORNILLON, 1980) e o melão (RISSER *et al*, 1978).

O presente trabalho objetiva determinar a influência da proteção ambiental com estufas de polietileno transparente de baixa densidade sobre o comportamento da temperatura do solo, nos meses mais frios do ano, na região mesoclimática de Santa Maria, RS.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em estufas, cobertas com polietileno transparente aditivado de baixa densidade com espessura de 100  $\mu$ m, instaladas no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (Latitude: 29°43'S, Longitude: 53°42'W e Altitude: 95 m). O solo da área experimental é um podzólico vermelho amarelo distrófico (BRASIL, 1973).

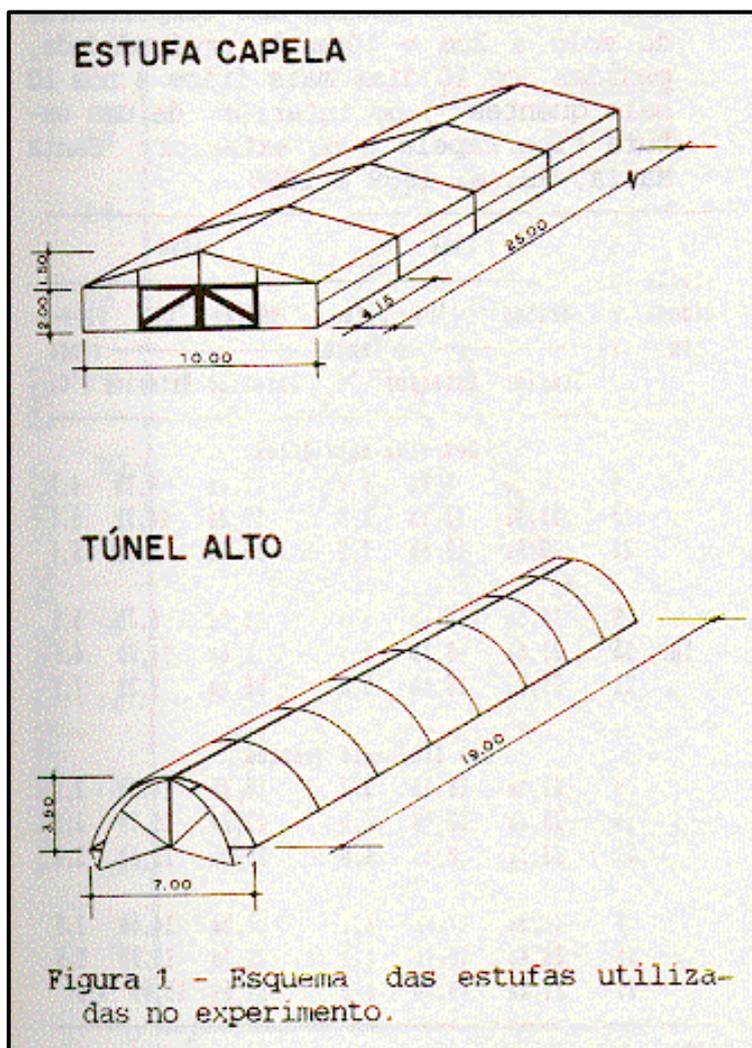
Utilizou-se uma estufa tipo túnel alto (TA), comercialmente denominada "Túnel Butuí" de formato semi-circular, com 19,5 m de comprimento, 7,0 m de largura ao nível do solo, altura máxima de 3,5 m e relação entre volume de ar e superfície coberta de 2,75 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> (Figura 1) e uma estufa do tipo capela (CA), construída com dimensões especificadas na Figura 1 e relação entre volume de ar e superfície cobertura de 2,75 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. A temperatura do solo foi medida diariamente às 9, 15 e 21 h, com geotermômetros de vidro, com resolução de 0,2 °C, instalados nas mesmas profundidades no interior da estufa e a céu aberto.

Na estufa túnel alto (TA), cultivada simultaneamente com alface, feijão de vagem e pepino, em áreas contíguas, mediu-se a temperatura do solo, na parte cultivada com alface, nas profundidades de 2 e 5 cm. As mesmas medidas foram efetuadas a céu aberto, a uma distância de 5 m a leste da estufa, também em solo cultivado com alface, no período de 04/08 a 16/09/1988. A ventilação foi realizada somente em dias ensolarados e/ou quentes (quando a temperatura do ar fora da estufa esteve acima de 20°C), aproximadamente das 9 h às 16 h, através da abertura das portas existentes nas extremidades. Na estufa tipo capela, a temperatura do solo foi determinada diariamente às 9, 15 e 21h, no período de 21/07 a 15/09/89, nas profundidades de 2,5 e 10 cm, e de 17/05 a 31/08/90, nas profundidades de 2 e 10 cm. No ano de 1989, o solo foi cultivado dentro e fora da

estufa com alface e no ano de 1990 com alface até meados de julho e posteriormente com pimentão, este somente no interior da estufa. A ventilação da estufa, nos dias quentes e/ou ensolarados, no ano de 1989, foi realizada através da abertura das portas localizadas nas extremidades e, no ano de 1990, mediante o abaixamento do filme de polietileno das paredes laterais, até a altura de 1,0 m acima da superfície do solo, no intervalo aproximado das 9 às 16 h.

Nos dias 24 e 25/08/92 determinou-se, a intervalos de uma hora, a temperatura do solo nas profundidades de 1,0cm e 5,0cm no interior da estufa tipo capela e a céu aberto. Em ambos os ambientes não existia vegetação.

A análise estatística consistiu no uso do teste de Duncan para detectar diferenças entre valores médios de temperatura do solo.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da Tabela 1 evidenciam que, em média, os valores de temperatura do solo sempre foram mais elevados no interior das estufas de polietileno transparente de baixa densidade, independente da profundidade de medida, ano e horário de observação. A diferença de temperatura do solo entre o interior e o exterior da estufa oscilou, em média, de 1,7°C a 6,3°C. Também constata-se que, de um modo geral, esta diferença, independentemente do tipo de estufa e profundidade de medida, é maior às 9 h e 21 h do que às 15 h. Este comportamento possivelmente está associado à ventilação das estufas, normalmente realizada das 9 h às 15 h, que resultou numa maior renovação do ar junto à superfície, determinando uma maior transferência de energia do solo para o ar e, conseqüentemente, a redução no aquecimento do solo no interior da estufa. Os valores médios de temperatura do solo a 2 cm de profundidade no horário das 9 h, logo após a ocorrência da temperatura mínima, permite inferir que a temperatura do solo no interior da estufa não é fator limite para a maioria dos cultivos olerícolas como couve (CORNILLON, 1980), feijoeiro, tomate (CORNILLON, 1980) e melão (PRISSER *et al*, 1978).

O exame dos dados diários mostrou que, quase sempre, a temperatura do solo foi mais elevada no interior das estufas. As inversões que ocorreram, principalmente, no horário de observação das 15 h e na profundidade de 2 cm, provavelmente estão relacionadas às diferenças no teor de água do solo, que normalmente foi menor a céu aberto. Admitindo esta hipótese, no momento de maior disponibilidade de energia solar, como o calor específico e a condutividade térmica são menores no exterior da estufa a temperatura do solo, neste momento, seria mais elevada, principalmente próximo à superfície do solo.

Os dados da Tabela 2 evidenciam que a diferença de temperatura entre o interior e o exterior da estufa é mais elevada nos dias mais frios, principalmente nas observações realizadas às 9 h e 21 h. Este comportamento permite inferir que, nos momentos e dias de maior risco de ocorrência de temperaturas prejudiciais, a estufa se constitui em um instrumento que pode proteger as plantas contra as baixas temperaturas que normalmente ocorrem no inverno. As menores diferenças entre a temperatura do solo do interior e do exterior da estufa nos dias mais quentes, devem estar associados ao maior período de ventilação

nestes dias, com o conseqüente decréscimo no armazenamento de energia. Esta constatação é corroborada por autores que afirmam ser a vedação um dos principais fatores responsáveis pela redução das perdas energéticas do interior da estufa para o ambiente externo (ROBLEDO & MARTIN, 1981; BAILLE, 1983).

TABELA 1 - Valores médios de temperatura do solo e diferenças entre as médias no interior e exterior de duas estufas de polietileno transparente. Santa Maria, RS, 1988/89/90.

Profundidade (cm)	Horário (h)	Valor médio (°C)		Diferença (°C)
		Interior	Exterior	
<b>Estufa Túnel Alto</b>				
5	9	17,1 a	14,5 b*	2,6
	15	20,4 a	18,7 b	1,7
	21	19,3 a	16,4 b	2,9
10	9	16,6 a	14,5 b	2,1
	15	20,8 a	17,2 b	3,6
	21	19,1 a	16,6 b	2,5
<b>Estufa Capela</b>				
2	9	18,6 a	14,0 b	4,6
	15	25,6 a	22,2 b	3,4
	21	22,3 a	15,9 b	6,3
5	9	18,7 a	13,8 b	4,9
	15	24,6 a	20,7 b	3,9
	21	22,2 a	16,5 b	5,7
10	9	19,1 a	14,4 b	4,7
	15	23,1 a	19,4 b	3,7
	21	22,5 a	17,4 b	5,1

\* Médias seguidas pela mesma letra na linha horizontal não diferem estatisticamente pelo teste Duncan ( $P > 0,05$ ).

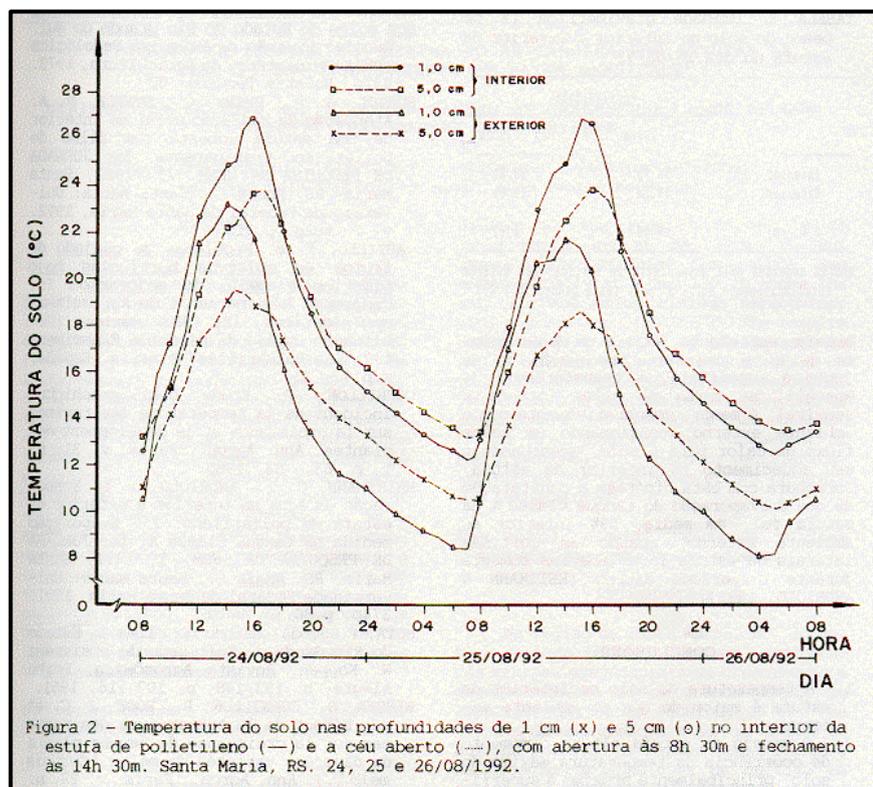
TABELA 2. Valores médios das temperaturas do solo a 2cm e 10cm de profundidade, medidas nos 10 dias mais frios e nos 10 dias mais quentes<sup>(1)</sup>, no interior de uma estufa tipo capela e no exterior. Santa Maria, RS, em 1989 e 1990.

Profundidade (cm)	E	1989		1990		Diferença (°C)	
		Médias <sup>(2)</sup> (°C)		Médias (°C)			
		Interior	Exterior	Interior	Exterior		
Dez dias mais frios							
2	9	15,3a	8,9b	6,4	11,4a	6,7b	4,7
	15	23,9a	22,1b	1,8	19,2a	14,2b	5,0
	21	20,8a	13,6b	7,2	15,7a	9,3b	6,4
10	9	16,5a	10,6b	5,9	12,2a	6,7b	5,5
	15	21,6a	18,1b	3,5	18,6a	14,0b	4,6
	21	21,2a	15,6b	5,6	16,4a	9,3b	7,1
Dez dias mais quentes							
2	9	21,5a	18,3b	3,2	16,9a	14,8b	2,1
	15	25,2a	22,7b	2,5	22,2a	19,7b	2,5
	21	23,1a	18,3b	4,8	19,0a	15,6b	3,4
10	9	21,3a	17,6b	3,7	17,5a	14,6b	2,9
	15	23,4a	20,1b	3,3	21,7a	19,8b	1,9
	21	23,2a	19,0b	4,2	19,6a	15,6b	4,0

<sup>(1)</sup> Classificação feita com base nos valores medidos às 9h, no exterior da estufa.

<sup>(2)</sup> Médias com a mesma letra na linha horizontal não diferem significativamente pelo teste Duncan ( $p > 0,05$ ).

A análise da variação diária nas profundidades de 1 e 5 cm (Figura 2) mostra que a temperatura do solo no interior da estufa, ao longo do dia, sempre foi superior à do ambiente externo, sendo superior em até mais de 4 °C nos momentos de máxima e de mínima. Esta diferença se acentuou a partir da tarde, principalmente após o fechamento da estufa e se prolongou por toda noite.



Na curva de variação diária da temperatura na profundidade de 1 cm, pode-se perceber a influência do fechamento da estufa na elevação da temperatura, visto que, até o momento do fechamento, a curva apresenta a tendência de um ponto de inflexão e após, a temperatura tornou a se elevar. Portanto, o momento de ocorrência da temperatura máxima do solo, principalmente próximo à superfície, foi alterado pelo manejo da estufa. Este manejo, entretanto, não modificou o padrão de variação diária da temperatura, que permaneceu similar ao movimento periódico amortecido, com a onda diária de temperatura, tanto do interior da estufa como do ambiente externo, sendo amortecida acentuadamente com a profundidade (SCHNEIDER, 1980). Também se

verifica que as amplitudes térmicas das profundidades de 1 e 5 cm do interior da estufa são similares às do ambiente externo. Portanto, o que se nota é que tanto as temperaturas máximas como as mínimas são incrementadas com o uso de estufas plásticas.

A temperatura do solo é uma função da densidade de fluxo de radiação solar global incidente e das propriedades térmicas do solo. Em função disto, a temperatura do solo no interior da estufa deveria ser menor que no ambiente externo, visto que a energia solar disponível é, em média, 25% menor no interior da estufa (BURIOL et al, 1992) e que, como o solo normalmente é mais úmido (Tabela 3), a condutividade térmica e o calor específico são maiores, o que determinaria uma menor elevação da temperatura. Como na estufa, entretanto, existe um menor volume de ar e uma menor renovação do ar junto à superfície, a transferência de energia, na forma de calor latente e sensível, é menor, comparativamente com o ambiente externo, ocasionando

**TABELA 3. Umidade gravimétrica (% de peso) do solo no interior e exterior da estufa no dia 25/08/92.**

	Profundidade	
	0 - 10 cm	10 - 20 cm
Interior	19,7a	20,2b
Exterior	17,7a	19,6b
C.V. (%)	9,36	4,63

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan ( $p > 0,05$ ).

um maior fluxo de calor para o solo, acentuando o seu aquecimento no interior da estufa. Corrobora com esta hipótese a constatação de que a evaporação do tanque Classe A na estufa foi, em média, 59% inferior ao ambiente externo, quando as cortinas laterais da estufa foram abertas somente durante o período diurno (HEIZMANN & ANDRIOLO, 1991).

## CONCLUSÕES

1 - A temperatura do solo no interior da estufa é maior do que no ambiente externo.

2 - O manejo da estufa altera o momento de ocorrência da temperatura máxima do solo, principalmente próximo à superfície.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPI, A., TOGNONI, F. **Cultura em estufas**. Lisboa: Editorial Presença, 1978. 196p.

BAILLE, A. Le contexte actuel des cultures protegees. In: **I'INRA et les cultures sous serre**. Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, 1983. p. 11 - 15.

BRASIL **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Divisão de Pesquisa Pedológica (DNPA)/Ministério da Agricultura, 1973. 431p. Boletim Técnico, 30.

BURIOL, G. A., PETRY, C., STRECK, N. A. Atenuação da radiação solar no interior de uma estufa coberta com filme de polietileno transparente. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, II, 1992, Santa Maria, RS. **Anais...**, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. v. 1. 602p. p.315.

CASTILLO, F. B. Problemas de cuajado de frutos en cultivos hortícolas bajo plástico y médio de mejorarlo. In: Congreso Internacional de Agricultura con plásticos, IX, 1983. México. (Publicação avulsa da Estacion Experimental "Las Palmerillas" Almeria, España, n.p.).

CORNILLON, P. Étude bibliographique: incident de la temperature des racines sur la croissance et le development des plantes. **Ann. Agron.**, Paris, v. 31, n. 1, p. 63 - 84, 1980.

HEINZMANN, 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, I, 1991, Santa Maria, RS. **Anais...**, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1991. 374p. p.80.

MOTA, F. S. da. Estudo do clima do Estado do Rio Gande do Sul, segundo o sistema W. Köppen. **Revista Agronômica**, Porto Alegre, n. 193/198, p. 107-116, 1951.

RISSER, G.; CORNILLON, P.; RODE, J. C. *et al.* Effect de la temperature des racines sur la croissance de jeunes plants de diverses varietés de melon (*Cucumis melo* L.). **Ann. Agron.**, Paris, v. 29, n. 5, p. 453 - 473, 1978.

ROBLEDO, F. de P., MARTIN, L. V. **Aplicacion de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Ediciones Mundi -

Prensa, 1981. 553p.