

X. CLIMATOLOGIA

MODIFICAÇÕES MICROCLIMÁTICAS PROVOCADAS POR ESTUFA COM COBERTURA PLÁSTICA⁽¹⁾

JOSÉ EDUARDO MACEDO PEZZOPANE⁽²⁾, MÁRIO JOSÉ PEDRO JÚNIOR^(3,4)
e ALTINO ALDO ORTOLANI^(3,4)

RESUMO

Embora o uso de estufas com cobertura plástica tenha aumentado muito na Região Sul do Brasil, as alterações microclimáticas provocadas por esse ambiente modificado ainda não são bem conhecidas. Sendo assim, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de caracterizar as variações da temperatura e umidade do ar e a temperatura do solo, no interior de uma estufa coberta com polietileno de baixa densidade, na região de Campinas (SP). Os resultados mostraram que a temperatura máxima do ar foi sempre maior no interior da estufa, mas os valores elevados foram evitados com a abertura das cortinas laterais. Em noites frias, principalmente com céu limpo e ausência de vento, nas quais a temperatura do ar atingiu valores abaixo de 10°C, a temperatura mínima na estufa foi sempre superior à observada no canteiro desprotegido. A umidade relativa no interior da estufa, quando fechada, mostrou-se mais elevada em relação ao ambiente externo, situação igualada pelo manejo das cortinas laterais da estufa. As temperaturas máximas e mínimas do solo mostraram-se sempre superiores no interior da estufa.

Termos de indexação: estufa, microclima.

ABSTRACT

MICROCLIMATIC MODIFICATIONS DUE TO THE USE OF PLASTIC GREENHOUSE

The use of plastic greenhouse has increased in southern Brazil, but the modifications in the microclimate are not well known. Therefore, this research was developed at Campinas, State of São Paulo, Brazil, aiming to characterize the changes in air temperature and humidity and soil temperature in a low texture plastic greenhouse. The results showed that the values of maximum air temperature were higher in the greenhouse when compared to outside and the highest values were avoided by opening

⁽¹⁾ Parte da dissertação do primeiro autor, apresentada como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Agrometeorologia (ESALQ/USP). Recebido para publicação em 14 de dezembro de 1994 e aceito em 2 de maio de 1995.

⁽²⁾ Centro Agropecuário da Universidade Federal do Espírito Santo, Caixa Postal 16, 29500-000 Alegre (ES).

⁽³⁾ Seção de Climatologia Agrícola (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽⁴⁾ Com bolsa de pesquisa do CNPq.

the side courtines. During cool nights, mainly, with clear sky and no wind, when the temperature reached values below 10°C, the minimum air temperature values in the greenhouse were higher than the observed in the open field plot. The relative humidity, when the greenhouse was closed, showed higher values than at the open greenhouse conditions when the humidity was equal to the external conditions. Also it was possible to notice that the maximum and minimum soil temperature showed higher values in the greenhouse.

Index terms: greenhouse, microclimate.

1. INTRODUÇÃO

O uso de plástico na agricultura tem constituído alternativa na proteção das culturas diante das adversidades climáticas (Farias et al., 1993). Diversos trabalhos mostram aumento na produção agrícola em função das modificações microclimáticas causadas pelo uso de estufas, como os de Tapia (1981); Tzekleu et al. (1984); Mougou et al. (1989); Mills et al. (1990); Andriollo et al. (1991); Reis et al. (1991); Peñuelas et al. (1992).

Segundo Martinez Garcia (1978), a temperatura do ar no interior de estufas está intimamente ligada ao balanço de energia, que depende, entre vários fatores, principalmente, do tamanho da estufa (Seeman, 1979; Buriol et al., 1993), das propriedades óticas da cobertura (Seeman, 1979; Robledo de Pedro, 1987; Robledo de Pedro & Vicente, 1988; Mougou et al., 1989; Buriol et al., 1993) e das condições meteorológicas locais (Buriol et al., 1993; Farias et al., 1993).

Em regiões mais quentes, sobretudo em dias com céu límpido, a temperatura do ar dentro da estufa atinge, durante o dia, valores muito elevados, que podem ser controlados por abertura das laterais (Robledo de Pedro & Vicente, 1988; Zabeltitz, 1988; Verheye & Verlodt, 1990). Martinez Garcia (1978) afirma que esse aumento excessivo dificilmente é evitado com ventilação. O valor médio da temperatura mínima do ar no interior de estufas, cobertas com filme polietileno de baixa densidade (PEBD), tende a ser igual ou ligeiramente superior, quando comparado com o ambiente externo (Montero et al., 1985; Mougou et al., 1989; Mills et al., 1990; Buriol et al., 1993; Farias et al., 1993). De acordo com Tapia (1981) e Robledo de Pedro (1987), o PEBD tem alta transparência à radiação de onda longa, não

impedindo, portanto, a perda noturna de energia, resultando em uma queda acentuada da temperatura do ar. Como no interior das estufas a temperatura máxima do ar é mais elevada, sendo a mínima praticamente igual à do ambiente externo, a amplitude térmica diária verificada no interior das estufas é maior em relação à do ambiente externo (Seeman, 1979; Montero et al., 1985; Farias et al., 1993).

Farias et al. (1993), estudando o comportamento dos elementos meteorológicos no interior de estufas com cobertura plástica, na Região Sul do Brasil, encontraram, em relação ao meio externo, valores de umidade relativa máxima mais elevados no período noturno, em razão da maior concentração de vapor de água no interior da estufa e dos valores de umidade relativa. Atribuiu-se tal resultado ao fato de as cortinas estarem abertas, não retendo, portanto, o vapor, e por estar a temperatura do ar mais elevada sob a cobertura plástica. Montero et al. (1985) e Levit & Gaspar (1988) também observaram que, de maneira geral, no interior de estufas, comparando com o exterior, encontram-se, em média, valores mais elevados de umidade relativa à noite e pela manhã e valores praticamente iguais no período mais quente do dia.

Em função das constatações feitas pelos autores citados, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de caracterizar as modificações microclimáticas causadas pelo uso de estufa com cobertura plástica, nas condições de Campinas (SP).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Centro Experimental de Campinas do Instituto Agrônomo (lat.= 22°55'S, long.= 47°05'W e alt.= 669 m), em abril-novembro de 1993.

Realizaram-se as medidas físicas do ambiente em dois canteiros de mudas de seringueira: um instalado no interior de uma estufa coberta com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD), outro desprotegido, a céu aberto, ao lado da estufa.

Construiu-se uma estufa com cobertura em arco, como descrito por Robledo de Pedro & Vicente (1988), com 10 m de comprimento e 5 m de largura, lateral com 1,8 m de altura e telhado em forma de arco com altura máxima de 3,1 m. A estufa foi orientada no sentido noroeste-sudeste e as linhas do canteiro, instaladas no mesmo sentido.

Como cobertura, utilizou-se um filme de polietileno de baixa densidade, aditivado, com espessura de 0,1 mm. Construíram-se laterais, do mesmo material, com espessura, porém, de 0,05 mm, em forma de cortina, abrindo-as toda vez que a temperatura no interior da estufa atingia cerca de 31°C.

No centro de cada canteiro, dentro de um microabrigo instalado a 0,5 m de altura, colocaram-se dois termômetros de resistência de platina. A fim de determinar a depressão psicrométrica, envolveu-se um dos termômetros em gaze mantida permanentemente úmida. Os sensores estavam conectados a um registrador, de maneira que a temperatura do bulbo seco e a do úmido eram registradas durante as 24 horas do dia.

A pressão atual de vapor e a umidade relativa foram calculadas de acordo com Vianello & Alves (1991).

Para a determinação da temperatura do solo, utilizaram-se termógrafos com sensores à base de mercúrio, dotados de cabos maleáveis com 10 m de comprimento. Os sensores foram instalados a 5 cm de profundidade do solo, dentro de sacolas plásticas nas quais se plantaram as mudas de seringueira. Empregaram-se dois pontos amostrais em cada canteiro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura máxima do ar foi sempre maior no interior da estufa, principalmente em períodos mais frios. Em dias quentes, sobretudo com céu límpido e abertura de todas as cortinas laterais, pôde-se

evitar temperaturas excessivas (Quadro 1), contrariando a afirmação de Martinez Garcia (1978), de que valores elevados de temperatura do ar dificilmente serão evitados em estufas cobertas com PEBD.

Em noites frias, quando a temperatura do ar atingiu valores abaixo de 10°C, a temperatura mínima na estufa foi sempre superior à observada no canteiro desprotegido (Quadro 2). Isso foi evidenciado, principalmente, em noites de céu límpido e com ausência de vento. Esse comportamento também foi observado por Buriol et al. (1993), na Região Sul do País.

Mesmo admitindo que o PEBD transmita até 80% da radiação térmica (Tapia, 1981; Robledo de Pedro & Vicente, 1988), no período noturno, quando a quantidade de energia é baixa, uma pequena variação no balanço de radiação líquida pode diminuir a taxa de resfriamento.

Em algumas noites com vento moderado e geralmente com céu límpido ou parcialmente encoberto, a temperatura mínima no interior da estufa foi menor, mas isso só ocorreu em noites com temperaturas mínimas acima de 14°C.

Quadro 1. Valores de temperatura máxima do ar, no interior de estufa e no ambiente externo em dias cuja máxima foi igual ou superior a 30°C

Dia/mês	Temperatura máxima do ar	
	Exterior	Estufa
°C		
3/7	31,3	33,0
5/7	30,0	32,2
6/7	30,0	32,0
8/8	30,8	33,3
29/8	33,5	34,5
31/8	34,3	34,3
1.º/9	33,0	34,5
2/9	33,5	33,5
6/9	34,3	34,3
7/9	34,0	34,0
20/9	34,3	34,3

Tal resultado reforça a afirmação de Buriol et al. (1993) de que a temperatura mínima do ar na estufa só é menor em relação à observada na condição exterior, em noites que não oferecem riscos às plantas.

Ao longo do dia, de maneira geral, sempre ocorreram, dentro da estufa, valores mais elevados de temperatura do ar, tanto em dias com céu limpo (Figura 1A) como em nublados (Figura 1B), com ou sem a ocorrência de chuva (Figura 1C).

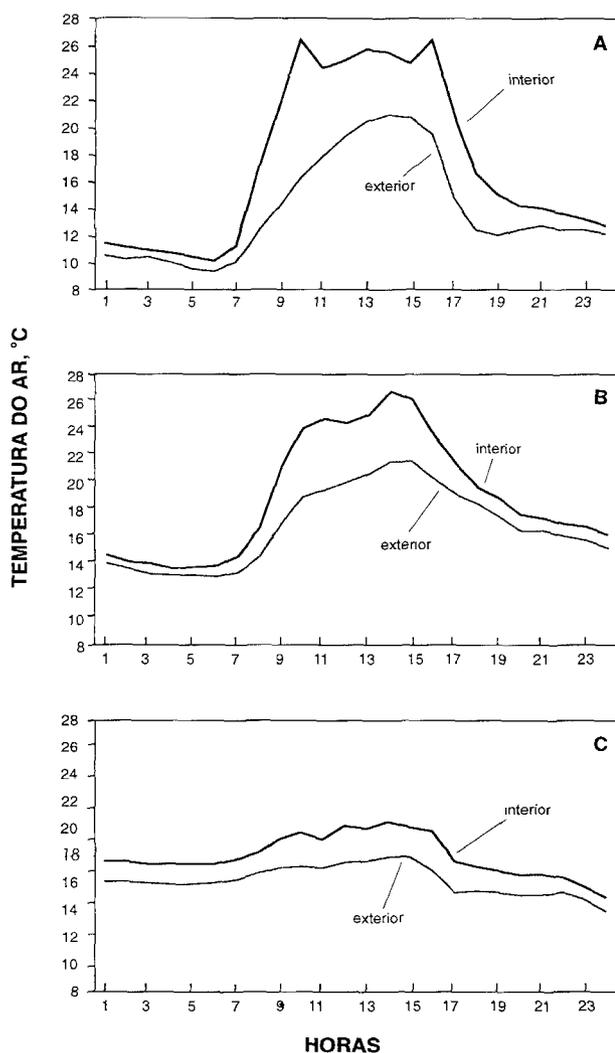


Figura 1. Variação horária de temperatura do ar, no interior da estufa (interior) e no canteiro externo (exterior): 20/6/93, com céu limpo e com manejo das cortinas laterais (A); dias nublados sem manejo das cortinas laterais, sendo 14/8/93 sem chuva (B) e 24/8/93 com chuva (C).

A maior eficiência térmica da estufa é observada no período da manhã, com rápido aquecimento, como mostra a figura 2. Em 13/6/93, por exemplo, iniciando a uma mesma temperatura, observaram-se, dentro da estufa, valores mais altos após algumas horas, sendo necessária a abertura da cortina lateral para evitar que a temperatura atingisse valores prejudiciais ao desenvolvimento das mudas.

De acordo com medidas obtidas nos primeiros 45 dias do experimento (Figura 3), as temperaturas máximas e mínimas do solo, a 5 cm de profundidade, foram maiores no interior da estufa. Nesse período, as médias das máximas foram 33,0 e 28,5°C e das mínimas, 17,1 e 13,6°C, para a estufa e o canteiro desprotegido respectivamente.

A estufa mostrou uma eficiência térmica muito grande, principalmente quanto à temperatura mínima. Esse comportamento também foi observado por Schneider et al. (1993). De acordo com esses autores, a princípio, a temperatura do solo no interior da estufa deveria ser menor em vista da incidência reduzida de radiação solar, mas como existe pouca aeração, os fluxos de calor latente e sensível diminuem e o fluxo de calor para o solo, por sua vez, aumenta.

Quadro 2. Valores de temperatura mínima do ar no ambiente externo e no interior da estufa em dias cuja mínima no canteiro externo foi inferior a 10°C

Dia/mês	Temperatura mínima do ar	
	Exterior	Estufa
°C		
20/5	9,3	10,0
21/6	8,6	9,8
22/6	9,8	11,8
15/7	9,4	12,7
1.º/8	3,1	6,2
2/8	6,8	9,8
20/8	8,9	10,5

Em condições normais e em dias típicos, a umidade relativa do ar tem comportamento contrário ao da temperatura do ar, ou seja, valores elevados no período noturno e baixos durante o diurno. Isso acontece em razão de a pressão de saturação de vapor aumentar exponencialmente com a temperatura do ar e da pequena variação da pressão atual de vapor ao longo do dia.

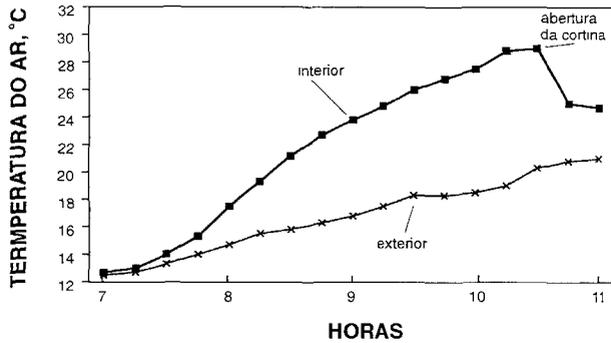


Figura 2. Variação horária da temperatura do ar dentro (interior) e fora da estufa (exterior) no período da manhã, até a abertura das cortinas laterais, em 13/6/93.

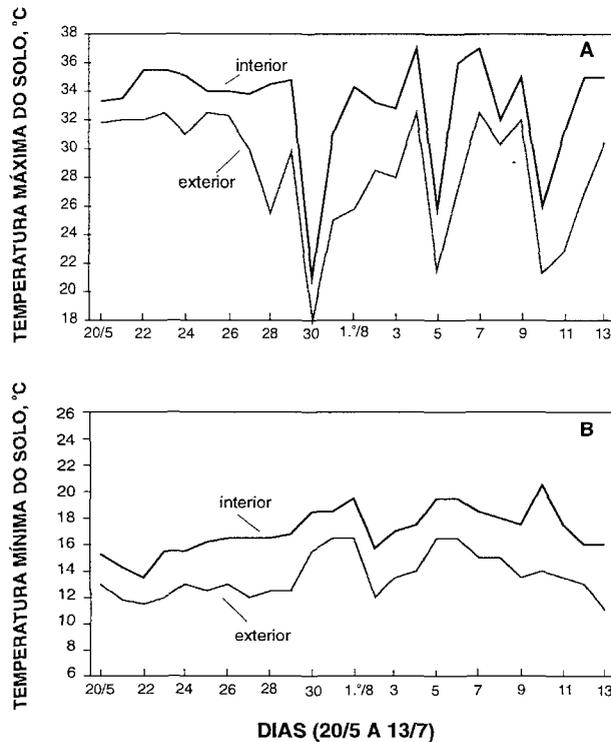


Figura 3. Temperaturas máximas (A) e mínimas (B) do solo, a 5 cm de profundidade no interior das sacolas plásticas, observadas fora (exterior) e dentro da estufa (interior),

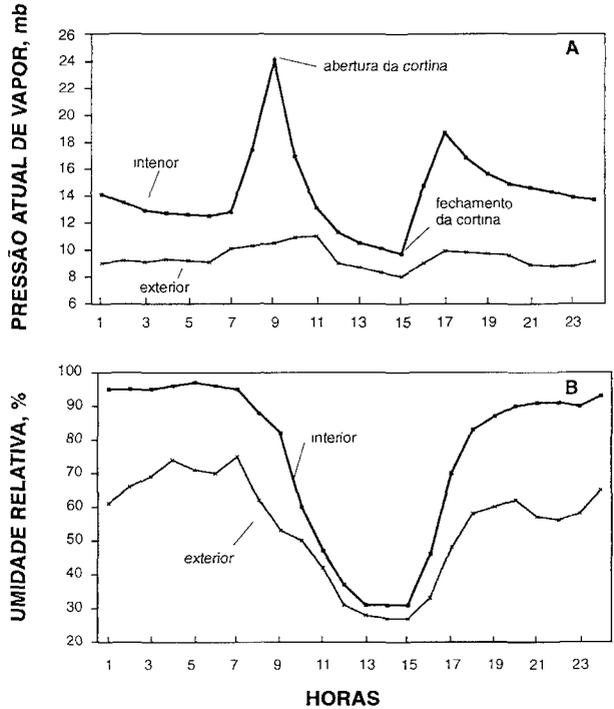


Figura 4. Variação horária da pressão atual de vapor em 8/7/93 (A) e umidade relativa em 6/7/93 (B), observadas fora (exterior) e dentro da estufa (interior).

A figura 4A, correspondente ao dia 8/7/93, mostra que a pressão atual de vapor no interior da estufa foi maior que a verificada no ambiente externo. A não-renovação do ar no interior da estufa, de manhã, e a incidência dos primeiros raios solares, com conseqüente aumento da evapotranspiração, determinaram acentuada elevação da pressão atual de vapor, a qual passou de, aproximadamente, 13 mb, às 7 horas, para 24 mb, às 9 horas e, com a abertura das cortinas laterais, diminuiu rapidamente, atingindo valores de 10 mb às 15 horas. Com o fechamento das cortinas laterais, a pressão atual de vapor voltou a aumentar, devido à não-renovação do ar no interior da estufa. Enquanto isso, nesse mesmo dia, a pressão de vapor no canteiro do ambiente externo apresentou pequenas variações entre 8 e 10 mb.

No interior da estufa, mesmo apresentando valores mais elevados de temperatura do ar, a umidade relativa foi superior àquela observada no exterior (Figura 4B), justamente em função da maior pressão atual de vapor.

Na figura 4B é mostrado que durante o período diurno, principalmente nas horas mais quentes do dia, a umidade relativa do ar é praticamente a mesma quando se compara a condição externa com a interna, evidenciando que a estufa praticamente não influenciou na ocorrência de valores mínimos. Esse comportamento também foi observado por Montero et al. (1985) e Levit & Gaspar (1988). Segundo Robledo de Pedro & Vicente (1988), isso ocorre em vista da pequena permeabilidade do plástico à água e da baixa taxa de renovação do ar no interior da estufa. De acordo com Seemann (1979), a umidade relativa no período noturno é maior no interior da estufa, pois, além da maior concentração de vapor, a redução da temperatura do ar faz torná-la próxima ou igual àquela que ocorre no ambiente externo. O fato de Farias et al. (1993) encontrarem valores mais baixos de umidade relativa dentro da estufa, no horário mais quente do dia, pode ser devido à antecipação do horário de manejo das cortinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIOLLO, J.L.; BURIOL, G.B.; STRECH, N.A. & FIORIN, J. Influência da proteção ambiental com estufa de polietileno sobre alguns parâmetros de crescimento e desenvolvimento do pimentão, em Santa Maria, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., Viçosa, 1991. *Resumos*. Viçosa, SBA, 1991. p.27-29.
- BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; ESTEFANEL, V.; ANDRIOLO, J.L. & MEDEIROS, S.L.P. Modificação na temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, **1**:43-49, 1993.
- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A. & OLIVEIRA, A.C.B. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, **1**:51-62, 1993.
- LEVIT, G.J. & GASPAR, R. Energy budget for greenhouses in humid temperature climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, **44**:241-254, 1988.
- MARTINEZ GARCIA, P.F. *Características climáticas de los invernaderos de plástico*. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias - INIA. Hojas técnicas, 19, 1978. 48p.
- MILLS, P.J.W.; SMITH, I.E. & MORAIS, G.A. Greenhouse design for a cool subtropical climate with mild winters based on microclimatic measurements of protected environments. *Acta Horticulturae*, Wageningen, **281**:83-93, 1990.
- MONTERO, J.I.; CASTILLA, N.; GUTIERREZ DE RAUÉ, E. & BRESTONES, F. Climate under plastic in the Almeria area. *Acta Horticulturae*, Wageningen, **170**:227-234, 1985.
- MOUGON, R; MOUGON, A. & BEN MECHILA, N. Comparative study of greenhouse covers with and without thermal screens. *Plasticulture*, Paris, **81**:37-42, 1989.
- PEÑUELAS, J.; SAVÉ, R.; MARFÁ, O. & SERRANO, L. Remotely measured canopy temperature of greenhouse strawberries as indicator of water status and yield under mild and very mild water stress conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, **58**:63-77, 1992.
- REIS, N.V.B. dos; HORINO, Y.; OLIVEIRA, C.A. da S. & OITEUX, L. Cultivo de tomate com e sem cobertura plástica. I. Efeito sobre a produção e radiação interceptada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., Viçosa, 1991. *Resumos*. Viçosa, SBA, 1991. p. 12-15.
- ROBLEDO DE PEDRO, F. Láminas de polietileno y copolímero EVA para usos en agricultura. *Hojas Divulgadoras*, Madrid, 1987. n° 2. 20p.
- ROBLEDO DE PEDRO, F. & VICENTE, L.M. *Aplicación de los plásticos en la Agricultura*. 2.ed., Madrid, Mundi-Prensa, 1988. 573p.
- SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; ANDRIOLO, J.L.; ESTEFANEL, V. & STRECK, N.A. Modificações na temperatura do solo causadas por estufas de polietileno transparente de baixa densidade em Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, **1**:37-42, 1993.

- SEEMAN, J. Greenhouse climate. In: Seeman, J. et al. *Agrometeorology*. New York, Springer-Verlag, 1979. p.167-178.
- TAPIA, G.J. Filmes térmicos para invernaderos. *Revista de Plásticos Modernos*, Madrid, **295**:75-82, 1981.
- TZEKLEU, G.L.; SAMRA, B. & SOLAKOV, J.D. A study on multi-wall covering of greenhouses in Bulgaria. *Plasticulture*, Paris, **62**:11-18, 1984.
- VERHEYE, Ph. & VERLODT, H. Comparison of different systems for static ventilation of hemispheric plastic greenhouses. *Acta Horticulturae*, Wageningen, **281**:183-197, 1990.
- VIANELLO, R.L. & ALVES, A.R. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa, Imprensa Universitária, 1991. 449p.
- ZABELTITZ, C. Greenhouse design for warmer climates. *Plasticulture*, Paris, **80**:39-50, 1988.