

ASPECTOS MICROCLIMÁTICOS EM TÚNEIS BAIXOS

PEREIRA, E.R.¹ ; DA SILVA, I.J.O.²; MOURA, D.J.³; PIEDADE, S.M.S.⁴

RESUMO

O cultivo de flores e hortaliças em ambiente protegidos é uma atividade que se encontra em franca expansão nos países da América Latina. Dentre os diversos tipos de estufa destaca-se o cultivo em túnel baixo que são utilizados, principalmente, em cultivo de espécies de pequeno porte como a alface e o morango. Por serem estruturas de menor porte, em relação ao túnel alto e a estufa, apresentam menor custo de instalação. Segundo pesquisas realizadas, a presença de material plástico em sua cobertura proporciona um ganho térmico durante o dia facilitando o crescimento das plantas, protegendo as culturas do impacto da chuva, dos ventos frios e intensos e das temperaturas mínimas. O princípio da técnica de se utilizar perfurações no plástico de polietileno supõe que a 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. Devido ao grande uso da técnica de cultivos protegidos, para produção de culturas de alto investimento e rentabilidade é necessário que as pesquisas em micrometeorologia sejam direcionadas de modo a elevar a eficiência dessa tecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: túneis baixos, plasticultura, microclima.

ABSTRACT

The growth of flowers and vegetables in protected environment is on activity in expansion in latin america. The low tunnel is a type of greenhouse that is used in cultivation of species of small load like, lettuce, strawberry, sweet pepper, rocket press and cucumber. This type of greenhouse have a smaller cost of installation than the others because of its lower high. The plastic covering allows the gain of temperature during the day, making easier the growing of the plants, protecting the culture of the impact of the rain, cold wind and low temperatures. The perforation of the polyethylene film, avoid the raise of the temperatures in days with intense solar radiation, caused by the small air volume inside the tunnel. The polyethylene perforation increases the

¹ Pós-graduanda em Irrigação e Drenagem – Dep. Engenharia Rural – NUPEA / ESALQ/USP. Brasil – Piracicaba –SP. Cx. 09. e-mail: erpereir@carpa.ciagri.usp.br

² Prof. Dr. Dep. Engenharia Rural – NUPEA / ESALQ/USP. e-mail: ijosilva@carpa.ciagri.usp.br

³ Prof(a). Dr(a). Dep. Engenharia Rural – NUPEA / ESALQ/USP. e-mail: djmoura@carpa.ciagri.usp.br

⁴ Prof(a)Dr(a) Depto Ciências Exatas – ESALQ/USP

26 natural ventilation that dissipates the diurnal thermal heat load, avoiding the raise of the air temperature during
27 the day that damages the cultivate development and allows that the nights temperatures inside the tunnel at
28 higher than the external atmosphere. What is due the great use this technique of plastic tunnels to the production
29 of cultivation that have hight investment, is necessary that micrometeorological research was do to increase the
30 efficiency this technology.

31 **KEY WORDS:** low tunnel, plasticulture, microclimate condition

32

33 **INTRODUÇÃO**

34 Frente a um mercado em constante modificação, mais aberto, “globalizado” e cada vez mais
35 competitivo, os agricultores se deparam com a necessidade de produzir mais, com melhor qualidade e
36 ocupando o mínimo espaço, para que, dessa forma, possam permanecer praticando uma produção
37 economicamente viável e compensadora.

38 O cultivo de flores e hortaliças em ambiente protegidos é uma atividade que se encontra em
39 franca expansão nos países da América Latina. A principal vantagem dessa técnica consiste na
40 possibilidade de produção nos períodos de entressafra, permitindo maior regularização da oferta e
41 melhor qualidade dos produtos. Além disso, os cultivos protegidos representam hoje o ramo da
42 atividade agrícola que mais recursos tem investido para a produção e a geração de empregos
43 permanentes (ARRUDA et al., 1994).

44 Os produtores de hortaliças sempre desejaram produzir fora dos períodos normais ou
45 antecipar suas produções com o objetivo de obterem melhores preços na venda de seus produtos.
46 Neste intuito exploravam os microclimas, ou utilizavam uma série de recursos para proteção das
47 plantas. Com o surgimento do plástico e o aperfeiçoamento da utilização do mesmo, foi possível obter
48 os esperados resultados. Uma de suas utilizações é como cobertura, fazendo parte de estruturas de
49 proteção semicirculares ao longo dos canteiros cultivados, denominados túneis de cultivo forçado.

50 Segundo SGANZERLA (1995), trata-se de uma técnica simples e econômica, que pode ser
51 adotada por agricultores de todos os níveis, com baixo investimento e retorno seguro em um curto
52 espaço de tempo.

53 De acordo com OLIVEIRA (1997) o cultivo em ambientes protegidos consiste numa
54 tecnologia amplamente consolidada em países como Espanha, Itália, Holanda, França, Japão e
55 Estados Unidos.

56 No Brasil, apesar de sua crescente utilização, essa tecnologia ainda carece de informações
57 relativas ao efeito da proteção ambiental, às variáveis meteorológicas e a sua influência no
58 crescimento e desenvolvimento das culturas.

59 Ainda, as condições continentais do território nacional com regiões climaticamente bem
60 distintas, exigem a realização de estudos regionais visando determinar as potencialidades e limitações
61 dessa tecnologia (SCHNEIDER et al. 1993a).

62 O emprego de estufas plásticas é responsável por alterações em diversos elementos
63 meteorológicos, tornando viável a produção de vegetais em épocas ou lugares cujas condições
64 climáticas são críticas.

65 Os resultados e trabalhos científicos realizados no Brasil, desde 1988, com diversas espécies
66 olerícolas cultivadas em estufa plástica, são bastante animadoras pois indicam rendimentos bastante
67 superiores aos normalmente obtidos a campo no Brasil e compatíveis aos rendimentos obtidos em
68 estufa plástica em países do chamado primeiro mundo (MARTINS et al. 1995).

69

70 **USO DE TÚNEIS BAIXOS**

71 O túnel de cultivo forçado consiste de uma proteção com filme plástico sobre estrutura ao
72 longo dos canteiros dos cultivos em desenvolvimento. São inúmeras as vantagens que se pode obter
73 com o emprego desta técnica como colheita fora da época normal, preservação da estrutura do solo,
74 precocidade da colheita, produtos de melhor qualidade além de um considerável aumento de produção
75 (SGANZERLA, 1995).

76 Dentre os túneis de cultivo forçado destacam-se os túneis baixos que são utilizados,
77 principalmente, em cultivo de espécies de pequeno porte como a alface e o morango. No que diz
78 respeito às dimensões, apresenta uma altura mínima de 60cm e os arcos utilizados em sua construção
79 devem ser fixados ao solo numa distância de 1,20 a 1,50 metros entre um e outro, ou de acordo com a
80 incidência de ventos da região. São geralmente construídos com o uso de filme plástico de largura
81 2,20 metros.

82 O cultivo de plantas em túneis baixos cobertos com filme de polietileno transparente é uma
83 técnica utilizada no sul do Brasil, nos meses mais frios do ano, principalmente na produção de
84 hortaliças. Os túneis baixos, por serem estruturas de menor porte, em relação ao túnel alto e a estufa,
85 tem menor custo de instalação. Também proporcionam um ganho térmico durante o dia favorecendo
86 o crescimento das plantas, protegendo as culturas do impacto da chuva, dos ventos frios e intensos e
87 quando manejados adequadamente, das temperaturas mínimas prejudiciais. (ROBLEDO & MARTIN,
88 1981).

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

96 CUNHA et al. (1997) verificando o comportamento da temperatura ambiente no interior de
97 túneis baixos com quatro tipos diferentes de cobertura: túnel guarda-chuva, túnel perfurado ,
98 testemunha e túnel convencional para a cultura de alface; verificaram que os túneis perfurados e
99 guarda-chuva foram os que mostraram melhor aeração, não permitindo a elevação da umidade
100 relativa do ar nem condensação, além de proporcionarem temperaturas mínimas superiores que no

101 ambiente externo. O túnel convencional foi o que apresentou temperaturas mais altas, requerendo um
102 manejo mais intenso .

103 Estudos realizados por REGHIN et al. (2000) envolvendo a produção de alface em túneis
104 baixos no período de verão mostraram que o microclima no interior dos túneis favoreceu o maior
105 desenvolvimento da planta e maior índice de área foliar quando comparados ao cultivo a céu aberto.

106 O princípio da técnica de se utilizar perfurações no plástico supõe que a ventilação
107 proporcionada pelas perfurações seja suficiente para evitar temperaturas diurnas do ar prejudiciais aos
108 cultivos e, durante o período noturno, mantenha as temperaturas noturnas mais elevadas que o
109 ambiente externo. Esta ventilação está associada à área perfurada e a localização das perfurações do
110 túnel.

111 Geralmente, para simplificar as operações, os filmes plásticos são constituídos de um grande
112 número de pequenas perfurações (em torno de 1cm^2) uniformemente distribuídas em toda sua
113 extensão ou de um menor número de perfurações de diâmetro maior distribuídos geralmente nas
114 partes altas do túnel (STRECK et al., 1994).

115 A área perfurada do filme plástico mais adequada ao crescimento e desenvolvimento das
116 plantas depende, principalmente, das condições climáticas do local, do período do ano, da cultura
117 utilizada e da localização da perfuração no filme do túnel.

118 Boa parte da arquitetura e construção de estufas agrícolas no Brasil ainda obedece a
119 parâmetros com base em tendências oriundas do exterior (WOLMER, 1995). Este fato resulta em
120 construções dimensionadas e adaptadas a características climáticas completamente diferentes das
121 nacionais ou regionais. Logo, torna-se premente o desenvolvimento de estudos e ensaios para a
122 aquisição de conhecimento e experiência no intuito de ajustar o dimensionamento dos túneis às
123 condições nacionais e até mesmo regionais, devido a extensa área do país.

124

125

126

127 **INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS**

128 A radiação solar é a principal fonte de energia para as plantas e a maior parte dessa energia é
129 convertida em calor, impulsionando o processo de transpiração e alterando a temperatura dos tecidos
130 vegetais com conseqüências para os processos metabólicos (JONES, 1992).

131 A essência do conceito de saldo de radiação está na afirmação de que a diferença entre a
132 energia que entra e a energia que sai do sistema é a energia utilizada ou armazenada por ele. A
133 utilização dessa energia nos sistemas vegetais dá-se de várias maneiras: no aquecimento do ar, das
134 plantas e do solo, na transpiração e evapotranspiração e nos processos de sínteses biológicas. A
135 magnitude do saldo de radiação sofre interferência de diversos fatores relacionados com os
136 componentes de ondas curtas e ondas longas, como a latitude, a altitude, época do ano, cobertura de
137 nuvens, composição espectral da radiação incidente, tipo de cobertura (polietileno), disponibilidade
138 hídrica do solo e temperatura da superfície e da atmosfera.

139 O uso de técnicas para atenuar a densidade de fluxo da radiação solar incidente, com objetivo
140 de aumentar o crescimento, e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas tem-se mostrado vantajoso.

141 A radiação solar global incidente no interior de uma estufa coberta com plástico é sempre
142 menor que a que incide sobre uma superfície livre (PEZZOPANE, 1994). A redução da densidade de
143 fluxo de radiação solar no interior da estufa é devida aos processos de reflexão e de absorção pela
144 cobertura plástica.

145 Segundo SEEMAN (1979), a absorção depende da composição química e da espessura do
146 material plástico, as quais, além de reduzir a densidade de fluxo da radiação solar, possuem efeito
147 seletivo, isto é, permitem a passagem de certas faixas espectrais e reduzem a transmitância de outras
148 faixas de comprimento de onda. Já a reflexão é condicionada pelas características da superfície da
149 cobertura e pelo ângulo de incidência da radiação solar.

150 O material plástico mais empregado atualmente em cultivos protegidos é o polietileno
151 transparente de baixa densidade (PEBD), que apresenta boa transparência à radiação solar (onda

152 curta), com uma transmissividade, em média, de 70 a 90% da radiação incidente (FARIAS et al.,
153 1993 a).

154 A temperatura do ar no interior de estufas plásticas está intimamente ligada ao balanço de
155 energia, que irá depender de fatores como: tamanho da estufa, propriedades óticas da cobertura e das
156 condições meteorológicas locais (BURIOL et al. 1993).

157 Durante o dia, devido à radiação líquida positiva, a superfície aquece a parcela de ar próxima
158 a ela, desencadeando um processo convectivo. Dentro de ambiente protegidos, este processo é
159 interrompido pela cobertura plástica que impede a ascensão do ar quente, provocando a elevação das
160 temperaturas durante o período diurno (PEZZOPANE, 1994). Com isso, as temperaturas máximas
161 atingem valores bem mais elevados do que no exterior .

162 Em estudos sobre ambiência em túneis plásticos, TANAKA & GENTA (1982), observaram
163 que o efeito da cobertura plástica é maior sobre as temperaturas máximas e atribuem este fato à íntima
164 relação da temperatura com a radiação solar, ao menor volume de ar a ser aquecido e ao efeito
165 eficiente das estufas, impedindo o resfriamento do ambiente causado pela ação dos ventos.

166 Trabalhando com estufa tipo túnel, com a cultura do pepino, em Bagdá, Iraque, AL-RIABI et
167 al., (1989) averiguaram que, durante os meses de janeiro a abril de 1987, as médias mensais das
168 temperaturas diárias do ar foram sempre superiores na estufa (entre 1,1 e 3,2°C).

169 A reação das plantas às alterações da temperatura é marcante. Altas oscilações de
170 temperatura durante o desenvolvimento das plantas podem resultar na sua morte total ou parcial.
171 Devido ao processo fotossintético da maioria das plantas cultivadas, a temperatura ótima para o
172 desenvolvimento vegetativo está em torno de 25°C. À medida que a temperatura oscila para pontos
173 afastados desse nível ótimo, o crescimento da planta é prejudicado (SCARPARE FILHO, 1995).

174 Com relação a influência da temperatura sobre a produtividade vegetal, SENTELHAS et al.,
175 (1998) relatam que a temperatura está relacionada ao crescimento, devido ao seu efeito na velocidade
176 das reações químicas e dos processos internos de transporte de seiva, e ao desenvolvimento normal

177 das plantas. Estes processos só se sucedem de forma adequada entre certos limites térmicos, sendo que
178 diferentes espécies toleram distintos limites de temperatura.

179 STRECK et al., (1994), determinando o efeito do filme de polietileno perfurado sob
180 diferentes porcentagens de perfuração, em túneis baixos, sobre o crescimento da alface no Brasil
181 (região de Santa Maria - RS) concluíram que o crescimento da alface é favorecido no ambiente sob os
182 túneis baixos de polietileno perfurado em relação ao ambiente externo, uma vez que, obteve maior
183 número de folhas, área foliar e massa de matéria seca nos cultivos sob túneis.

184 É de fundamental importância arejar os cultivos nos dias quentes. Com o arejamento do
185 túnel, não somente busca-se baixar a temperatura, como também diminuir o excesso de umidade do
186 ar, que conjugada com o calor excessivo, cria condições favoráveis para o desenvolvimento de
187 doenças fúngicas. A ventilação também é importante para evitar a condensação no interior do túnel
188 (SGANZERLA, 1995).

189 No caso do solo apresentar-se excessivamente quente, recomenda-se a abertura lateral do
190 túnel. Muito embora as condições de aquecimento do ambiente sejam por vezes superiores às ideais,
191 os túneis são também utilizados no verão, especialmente para as condições de chuva excessivas. Nessa
192 época o túnel permanece semi-aberto dia e noite, funcionando com um telhado. Nos períodos com
193 ocorrência de ventos intensos e aquecidos, o túnel deve ser aberto apenas na face contrária à direção
194 dos ventos predominantes (LEMOS, 1986).

195 BURIOL et al. (1997), avaliando as modificações micrometeorológicas causadas por túneis
196 baixos utilizando diferentes manejos de ventilação e cultivados com alface, concluíram que as
197 temperaturas médias e máximas diárias e a umidade do ar foram mais elevadas nos túneis do que no
198 exterior e, sob os túneis, naqueles que permaneceram mais tempo fechados. Nos meses mais frios os
199 túneis apresentaram maior rendimento e precocidade na cultura. Nos meses de primavera, ocorrendo
200 vários dias com temperatura do ar elevadas, o crescimento sob os túneis pode ser prejudicado,
201 necessitando maior rigor em seu manejo.

202 De acordo com SERRANO CERMEÑO (1994), em determinadas circunstâncias, no interior
203 do recinto que o plástico cobre, a temperatura do ar pode ser até menor que no exterior, provocando
204 sérios danos à cultura. Isto ocorre porque a água condensada junto ao plástico retém um pouco do
205 calor emitido pelas plantas e solo durante a noite, quando a temperatura externa está baixando a
206 limites compreendidos entre 0° e -3° C, aproximadamente.

207 Segundo SGANZERLA (1995), a utilização de túneis com filmes perfurados impedem a
208 condensação da água na sua superfície interna.

209 Em seus estudos sobre a modificação ambiental causada por túneis baixos de polietileno
210 transparente perfurado cultivados com alface, com 0,78%(T1), 1,57%(T2), 2,35%(T3) e 3,14%(T4)
211 de área perfurada, BURIOL et al. (1993), concluíram que a perfuração não afetou significativamente
212 a redução na densidade de fluxo de radiação solar global e na intensidade da luminosidade incidente
213 (Tabela 1) fato este devido a pequena diferença de área perfurada entre os tratamentos. À medida que
214 aumentou-se a densidade de perfuração ocorreu um decréscimo no valor médio diurno na temperatura
215 do ar, aspecto que demonstra a viabilidade de se ventilar o túnel baixo através da perfuração do
216 plástico (Tabela 2).

217 Estes resultados evidenciaram que o efeito do túnel baixo, assim como da estufa plástica
218 sobre a temperatura do ar, é acentuado sobre os valores diurnos, principalmente em torno do horário
219 das temperaturas máximas. Também foi constatado que nos túneis perfurados, os valores médios da
220 temperatura do solo a uma determinada profundidade foi maior no interior do túnel em relação ao
221 ambiente externo (Tabela 3).

222

223

224

225

226

227

228 **Tabela 1:** Valores médios diários de densidade de fluxo de radiação solar global e de intensidade de
 229 luminosidade incidente no ambiente externo (E) e no interior (I) de túneis baixos de
 230 polietileno transparente com 0,78% (T1) , 1,57% (T2) , 2,35% (T3) e 3,14% (T4) de área
 231 perfurada. BURIOL et al, 1993.

Densidade de Perfuração	Radiação Solar Global (W.m ⁻²)			Luminosidade (Lux)		
	E	I	E-I	E	I	E-I
T1	590.1	466.1	124.0 ^a	13222	9861	3361b
T2	590.1	485.4	104.7 ^a	12894	8228	4667b
T3	590.4	482.9	107.5 ^a	12869	8542	4328b
T4	606.8	475.9	130.9 ^a	12869	9036	3833b

232

233 **Tabela 2:** Média das temperaturas mínimas diárias (°C), das temperaturas diurnas do ar (°C) e dos
 234 totais de graus-dia no interior de túneis baixos de polietileno transparente com 0,78% (T1),
 235 1,57% (T2), 2,35% (T3) e 3,14% (T4) de área perfurada (BURIOL et al, 1993).

Trat	Média das Temperaturas Mínimas	Média das Temperaturas Diurnas	Soma dos Graus-Dia		
			t _b >6°C	t _b >8°C	t _b >
10°C					
T1	10.9 ^a	21.0 ^a	156.2 ^a	136.2 ^a	117.0 ^a
T2	10.9 ^a	20.1b	148.5b	128.6b	109.4b
T3	10.8 ^a	19.3c	139.6c	119.7c	100.7b
T4	10.4b	18.8c	134.0c	114.2c	95.3c
T	9.5c	17.2d	117.9d	98.8d	80.6d

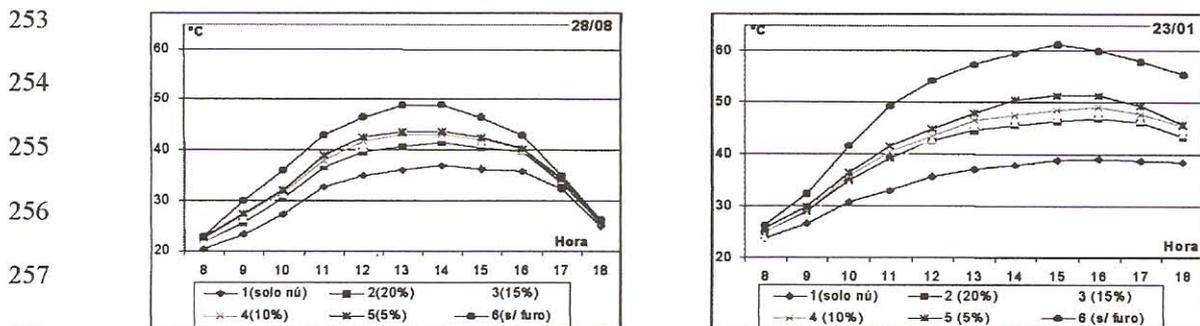
236

237 **Tabela 3:** Temperatura média do solo a 5cm de profundidade às 9h e 15h no interior de túneis baixos
 238 de polietileno transparente com 0,78% (T1), 1,57% (T2), 2,35% (T3) e 3,14% (T4) de área
 239 perfurada (BURIOL et al , 1993).

Tratamento	9 horas		15 horas	
	1 ^a época	2 ^a época	1 ^a época	2 ^a época
T1	13.1 a	19.4 a	16.6 c	26.2 b
T2	12.8 ab	18.8 c	18.3 a	26.8 a
T3	12.7 b	19.4 a	17.5 b	26.5 ab
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

240

241 MONTEIRO et al. (1999), comparando o microclima gerado em um canteiro aberto e no
 242 interior de um túnel baixo coberto com polietileno transparente sem perfuração e com graus de
 243 perfuração 5%, 10%, 15% e 20% na região de Piracicaba - SP, concluíram que a medida que se
 244 aumentou a densidade de área perfurada a elevação da temperatura média diurna foi menor, em
 245 função da maior ventilação proporcionada pelas perfurações na cobertura, atingindo um máximo no
 246 túnel sem perfuração e o mínimo no canteiro sem túnel (Figura 1). Constataram também, que houve o
 247 aumento da temperatura no período mais crítico do dia, das 11 às 15 horas, tanto no inverno como no
 248 verão. Além disso, no inverno, ao final do dia, ocorreu um rápido abaixamento da temperatura em
 249 todos os tratamentos, a medida que diminui a densidade de radiação solar e o ambiente se resfriou.
 250 Nessas condições, ainda se faz necessário uma estrutura de proteção mais eficaz em minimizar o
 251 aumento de temperatura nas horas do dia de maior incidência de radiação solar e que, ao mesmo
 252 tempo, proporcione maior inércia térmica para evitar as baixas temperaturas da noite.



259 **Figura 1:** Variação da temperatura interna dos túneis baixos nos tratamentos em um dia ensolarado
 260 de Verão (23/01) e inverno (28/08) . (Temperatura (°C) X Tempo (h)). MONTEIRO et al.
 261 (1999)

262
 263 O menor decréscimo da umidade do solo sob os túneis contribui para que o calor específico e
 264 a condutividade térmica sejam elevados, o que determina uma menor elevação da temperatura do solo
 265 e menor amplitude térmica em relação ao exterior (SCHNEIDER et al., 1993).

266 DA SILVA et al. (2001), em pesquisa sobre as condições microclimáticas e qualidade da
 267 rúcula (*Eruca vesicaria sativa* (Mill) Thell) cultivada em túneis baixos com plástico perfurado em
 268 época de verão, constataram que a umidade relativa no interior dos túneis baixos apresentaram
 269 valores superiores nos tratamentos a 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de área perfurada, respectivamente, o
 270 que vem a comprovar que quanto maior o nível de perfuração menor o grau de umidade do ar (Tabela
 271 4). Este fato, concordando com trabalhos realizados por Monteiro et al.(2000), está relacionado com a
 272 eficiência de ventilação pois, uma maior área de perfuração, apresenta uma maior movimentação
 273 advectiva do ar o que contribui para a renovação do ar junto ao solo e à planta.

274

275 **Tabela 4:** Resultado do teste de Tukey para as médias horárias de umidade relativa do ar durante o
 276 cultivo de rúcula no período de verão, na região de Piracicaba, SP.

Tratamento	Umidade Relativa do ar				
	11 horas	12 horas	13 horas	14 horas	15 horas
1 (testemunha)	56,1 c	49,1 d	45,4 c	43,5 c	44,5 c
2 (0%)	70,1 a	64,7 a	61,4 a	63,8 a	65,9 a
3 (5%)	66,7 ab	62,7 ab	57,0 ab	53,4 b	54,5 b
4 (10%)	61,3 bc	58,0 abc	53,3 b	53,5 b	49,7 bc
5 (15%)	61,6 abc	55,7 bcd	52,1 bc	49,6 bc	50,8 bc
6 (20%)	59,8 bc	53,5 cd	49,6 bc	47,5 bc	43,5 c

277

278

279 Com a utilização dos túneis baixos cobertos com plástico perfurado a 0%, 5%, 10%, 15% e
 280 20% de área perfurada no desempenho da cultura da rúcula (*Eruca vesicaria sativus* (Mill) Thell),
 281 PEREIRA et al.(2001) observaram uma relação entre a produtividade e a porcentagem de perfuração
 282 no plástico de cobertura dos túneis baixos, sendo o tratamento com nível de perfuração 15% o que
 283 produziu maior número de plantas por metro quadrado (57%) e o tratamento sem perfuração produziu
 284 menor número de plantas por metro quadrado, quando comparado à testemunha (Tabela 5).

285

286

287

288 Tabela 5: Níveis de produtividade da rúcula por unidade de área ar durante o período de verão, na
289 região de Piracicaba, SP.

Tratamento	Produtividade (g/m ²)	Produtividade(%)
1(testemunha)	2385,0	100
2 (0%)	1213,0	52
3 (5%)	3821,4	127
4 (10%)	3247,1	116
5 (15%)	4792,7	157
6 (20%)	2901,3	122

290

291 Na região de Piracicaba e mesmo nas demais regiões do Estado de São Paulo, o uso de túneis
292 perfurados é ainda incipiente e dependente de informações sobre as modificações causadas no
293 ambiente e sobre o crescimento e desenvolvimento dos cultivos.

294 Em função do crescente aumento da utilização da técnica de cultivos protegidos, para
295 produção de culturas de alto investimento e rentabilidade é necessário que as pesquisas em
296 micrometeorologia sejam direcionadas de modo a elevar a eficiência dessa tecnologia.

297

298 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

299 É importante o conhecimento dos aspectos microclimáticos que envolve a produção em
300 túneis baixos, acarretando uma necessidade de maiores estudos e pesquisas nas interrelações com a
301 produção. A análise detalhada das variações ambientais (temperatura do ar, umidade do ar, radiação
302 solar, entre outros) e suas relações com as modificações ambientais ocorridas no interior dos túneis
303 baixos, são uma opção para obter bons resultados em um ambiente, tornando-o mais adequado para o
304 desenvolvimento de produtos vegetais. Pesquisas sugerem um manejo diferenciado dos túneis baixos
305 (com ou sem perfuração no plástico de cobertura) em determinadas épocas do ano para diferentes
306 culturas, o que valoriza muito mais o conhecimento dos aspectos microclimáticos que envolvem cada
307 região e as necessidades de cada cultura. Além disso, como trata-se de um sistema de menor
308 investimento quando comparado aos demais, sugere-se a avaliação da resistência do material plástico

309 de cobertura, assim como sua vida útil e a relação custo/benefício para a utilização dos túneis baixos
310 com plástico perfurado.

311

312 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

313 ALLEN JR, H.J. Shade-cloth microclimate of soybeans. *Agronomy Journal*, v.67, n.2, p.175-181,
314 Madison. 1975.

315 ALPI, A.; TOGNONI, F. *Cultivo en invernadero*. 3.ed. Madri: Mundi-Prensa, 1991. 246p.

316 AL-RIahi, M.; AL-KARAGHOULI, A.; HASSON, A.M. Relations between radiation fluxes of a
317 greenhouse in semi-arid conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.44, p.329-38, 1989.

318 ARRUDA, F.B.; FUJIWARA, M.; CALHEIROS, R.; PIRES, R.C.M.; SAKAI, E. *A agricultura*
319 *irrigada frente a administração dos recursos hídricos do Estado de São Paulo*. Laranja,
320 *Cordeirópolis*, v.15, n.2, p.343-364, 1994.

321 BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M.; STRECK, N. A.; MEDEIROS, S. L. P. Modificação ambiental
322 causada por túneis baixos de polietileno transparente perfurado cultivados com alface. *Revista*
323 *Ciência Rural*, v.23, n.3, p.261-266, 1993.

324 BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M.; ESTFANEL, V.; ANDRIOLO J.L. e MEDEIROS, S.L.P.
325 Modificação da temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa
326 densidade. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.1, n. 1, p.43-49, 1993.

327 BURIOL, G. A.; LUFT, S. V. L.; HELDWEIN, A. B.; STRECK, N. A.; SCHNEIDER, F. M. Efeito
328 da ventilação sobre a temperatura e umidade do ar em túneis baixos de polietileno transparente e o
329 crescimento da alface. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.5, n.1, p.17-24, 1997.

330 CUNHA, N. S.; CELLA, W. L.; MANFRON, P. A.; SEEGER, S. O. Avaliação da temperatura do ar
331 no Interior de túneis baixos com diferentes tipos de coberturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO
332 DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 10., 1997. *Anais*. Campina Grande. UFPB/SBEA, 1997. p.468-
333 470.

- 334 FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, M. A. B.; Oliveira, A. C. B. Alterações na
 335 temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira**
 336 **de Agrometeorologia**, v.1, n.1, p.51-62, 1993.
- 337 GLENN, E.P.; CARDRAN, P.; THOMPSON, T.L. Seasonal effects of shading on growth of
 338 greenhouse lettuce and spinach. **Scientific Horticulture**. v.24, p.231-239, 1984.
- 339 JONES, H.G. **Plants and microclimate**. Cambridge: Cambridge University Press. 1992. 429p.
- 340 LEMOS, O. Os avanços na agricultura. **Agricultura de hoje**. v.117, p.24-30, 1986.
- 341 MARTINEZ GARCIA, P.F. La regulación de las condiciones del ambiente en los cultivos protegidos.
 342 In: FERIA TECNICA INTERNACIONAL DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA, Zaragoza, 1986.
 343 **Anais**. Zaragoza: Asociación de Ingenieros Agronomos, p.135-147, 1986.
- 344 MARTINS, S.R. ; FERNANDES, H.S. ; FARIAS JR., M.J.A. et al. Respuestas agronómicas y
 345 fisiológicas de hortalizas cultivadas en invernadero de bajo costo en la región de Pelotas (RS-
 346 Brasil). In: SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE APLICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS EN LAS
 347 TECNOLOGÍAS AGRÁRIAS, 1., Almeria, 1995. **Anales**. Almeria: FIAPA, 1995.
- 348 MONTEIRO, J.E.B.; SILVA, I.J.O da; PIEDADE, S.M.S. Uso de plásticos perfurados na modificação
 349 de ambiência de túneis baixos. Piracicaba, 1999. 58p. Dissertação (Iniciação Científica), Escola
 350 Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1999.
- 351 MONTEIRO, J.E.B.; SILVA, I.J.O da; PIEDADE, S.M.S. Modificações da ambiência de túneis
 352 baixos com o uso de filmes plásticos perfurados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE
 353 OLERICULTURA, 40. CONGRESSO IBERO-AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE
 354 PLÁSTICO NA AGRICULTURA, 2.; SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE PRODUÇÃO DE
 355 PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES, 1.; 2000, São Pedro.
 356 Trabalhos apresentados e palestras. **Horticultura Brasileira**, Brasília: SOB/FCAV-UNESP, v.18, p.
 357 236-237, 2000. Suplemento.
- 358 OLIVEIRA, C.R. **Cultivo em ambiente protegido**. Campinas: CATI, 1997. 31p. (CATI. Boletim
 359 Técnico, 232).

360 PEREIRA, E.R.; SILVA, I.J.O. da; MOURA, D.J. Use of perforated plastic in performance of rocket
361 press (*Eruca vesicaria sativus* (Mill) Thell) cultivated in low tunnel. In: ASAE ANNUAL
362 INTERNATIONAL MEETING, Sacramento, 2001. 6p. (ASAE, Paper 014061).

363 PEZZOPANE, J.E.M. O uso de estufa com cobertura plástica e de quebra ventos na produção de porta
364 enxertos de seringueira, na região de Campinas, SP. Piracicaba, 87p. Dissertação (Mestrado)
365 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1994.

366 REGHIN, M.Y.; OTTO, R.F.; FELTRIN, A.L.; VENDRAMI, F.L.; DUDA, C. Produção de alface
367 em túneis baixos no período de verão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA,
368 40. CONGRESSO IBERO-AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICO NA
369 AGRICULTURA, 2. SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE PRODUÇÃO DE PLANTAS
370 MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES, 1. ; 2000, São Pedro. Trabalhos
371 apresentados e palestras. Horticultura Brasileira, Brasília: SOB/FCAV-UNESP, v.18, p.531-533,
372 2000.

373 ROBLEDO, P.F.; MARTIN, L.V. *Application de los plasticos en la agricultura*. Madrid: Mundi –
374 Prensa, 1981. 553p.

375 SANCHEZ, C.A.; ALLEN, R. J.; SCHAFFER, B. Growth and yield of crisphead lettuce under various
376 shade conditions. *American Society Horticultural Science Journal*, v.114, n.6, p.884-890,
377 1989.

378 SCARPARE FILHO, J. A. Viveiros para formação de mudas. In: MINAMI, K. **Produção de mudas**
379 **de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T. A. Queiroz, p. 47-51, 1995.

380 SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; ANDRIOLO, J.L.; ESTEFANEL, V.; STRECK, N.A.
381 Modificação na temperatura do solo causada por estufa de polietileno transparente de baixa
382 densidade em Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.1, n.1, p.37-42,
383 1993b.

384 SCHNEIDER, F. M.; STRECK, N.A.; BURIOL, G. A. Modificações físicas causadas pela solarização
385 do solo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.1, n.1, p.149-157, 1993a.

- 386 SEEMANN, J. Greenhouse climate. In: Seeman, J. et al. **Agrometeorology**. Berlin Heidelberg,
387 Germany: Springer-Verlag, p.165-178. 1979.
- 388 SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, Q.R.; ANGELOCCI, L.R. **Meteorologia agrícola**. Piracicaba:
389 ESALQ, Departamento de Física e Meteorologia . 1998, 131p.
- 390 SERRANO CERMEÑO, Z. **Construcción de invernaderos**. Madri: Ediciones Mundi – Prensa. 1994.
391 445p.
- 392 SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 6.ed. Porto
393 Alegre: Petroquímica Triunfo, 1995. 341p.
- 394 SILVA, I.J.O. da; PEREIRA, E. R.; PIEDADE, S. M. Desempenho do plástico perfurado sobre o
395 cultivo da rúcula (*Eruca vesicaria sativus* (Mill) Thell) em túneis baixos. In: CONGRESSO
396 BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12.; Reunião Latino Americana de
397 Agrometeorologia,3, 2001. Fortaleza. **Anais**. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia.
398 Fortaleza, 2001. , Fortaleza, 2001.
- 399 STRECK, N. A.; BURIOL, G. A.; ANDRIOLO, J. L. Crescimento da alface em túneis baixos com
400 filme de polietileno perfurado. **Revista Ciência Rural**, v.24, n.2, p.235-240, 1994.
- 401 TANAKA, M.; GENTA, H. **Control del medio ambiente baho invernadero y tunel plastico**. Salto:
402 Estación Experimental de Citricultura, 1982. 61p.
- 403 WOLMER, M. Arquitetura e construção de estufas: Programa de plasticultura para o estado de São
404 Paulo. AEASP, p.22-26, 1995.