

ISSN 0104-1347

Alterações morfológicas do tomateiro em resposta à redução de radiação solar em ambientes de estufa plástica

Morphologic alterations of tomato plants to reduction of incoming solar radiation in plastic greenhouse's environments

Carlos Reisser Júnior¹, Homero Bergamaschi², Bernadete Radin³ e João Ito Bergonç²

Resumo – A presença de filme plástico e elementos estruturais em estufas plásticas reduz em cerca de 30% a radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre as culturas. Apesar desta redução, tomateiro cultivado nestes ambientes mantém sua produção de biomassa semelhante às plantas mantidas a céu aberto. Com o objetivo de identificar alterações em tomateiro cultivado dentro e fora de estufas, foi realizado experimento em duas épocas de cultivo, em Eldorado do Sul-RS. As alterações morfológicas como maior altura, área foliar, longevidade das folhas, área foliar específica e modificações morfológica das folhas, típicas de plantas de sombra, decorrentes da redução de radiação e de outras mudanças micrometeorológicas, aumentaram a eficiência de utilização da radiação solar nos ambientes protegidos, contribuindo para que a produção de biomassa seja equivalente à dos ambientes a céu aberto. O uso de telas plásticas anti-insetos nas bordas da estufa acentuaram as alterações morfológicas das plantas, em resposta às modificações do ambiente físico interno.

Palavras-chave: Plantas de sombra.

Abstract – The presence of the plastic film and the structural elements in greenhouses lead to decreases of about 30% in the incoming photosynthetically active radiation. Despite this reduction, tomato grown in these environments is able to maintain their biomass productivity, by means of some alterations. With the purpose of identifying alterations in tomato plants cultivated inside and outside of a plastic greenhouse, an experiment was carried out in two cropping cycles, in Eldorado do Sul, Brazil. Increase in plant high, leaf area, leaf longevity, specific leaf area and leaf morphology, typical alterations of shade plants, caused by reductions of the incoming solar radiation and other micrometeorological modifications, increased the efficiency of use of the solar radiation in the protected environment, maintaining the levels of biomass productivity similar in both inside and outside environments. The use of a plastic anti-insect net at the borders of the greenhouse increased plant morphological alterations, as a result of physical modifications of the internal environment.

Key words: Shade plants.

Introdução

A simplicidade das estufas plásticas tornam as condições do ambiente destes abrigos totalmente dependentes das condições locais (FARIAS et al., 1993). Com isto, as temperaturas mínimas na estufa são semelhantes àquelas ocorridas no ambiente externo, até

podendo ser mais baixas internamente, ocasionando a inversão térmica (MONTERO et al. 1985; CASTILLA PRADOS, 1998). Em estruturas mais sofisticadas, como algumas usadas em Portugal, com estrutura metálica e filme plástico térmico de 200µm e sem aquecimento, o controle ambiental também é restrito e as condições permanecem semelhantes e dependentes do clima externo (ABREU et al., 1994).

¹Eng^o Agrícola, Dr., Pesquisador da EMBRAPA - Clima Temperado, Pelotas, RS. Email: reisser@cpact.embrapa.br

²Prof. Dr., Fac. Agronomia/UFRGS, Caixa Postal, 776, CEP 91501-970, Porto alegre, RS. Bolsista do CNPq.

³Eng^a Ag^a, Dr^a, Pesquisadora da Fepagro, rua Gonçalves Dias, 570, CEP 90130-060, Porto alegre, RS.

Porém, com a presença de radiação solar, é comum que as temperaturas internas das estufas sejam superiores ao ambiente externo, principalmente quando se restringe a ventilação, em modelos com pequena área de ventilação ou com manejo errado das cortinas laterais (CASTILLA PRADOS, 1998). Podem ocorrer, também, em dias com velocidade do vento baixa e não nublados, temperaturas mais elevadas do que no ambiente, mesmo com manejo correto e modelos adequados.

A umidade relativa do ar em estufas é maior, devido à restrição da ventilação. ABREU *et al.* (1994) verificaram que o número de horas com umidade relativa do ar acima de 85% é quase o dobro em estufas cujas cortinas são fechadas à noite, em relação àquelas em que as cortinas permanecem abertas.

FARIAS *et al.* (1993) verificaram que a transmissividade do filme plástico no mês de novembro variou de 93 a 52%, conforme o ângulo de incidência da radiação solar, e que a transmissividade média do filme de polietileno de baixa densidade aditivado com anti-UV foi de 83%. Os mesmos autores observaram incremento da radiação difusa internamente, que variou de 31 a 65% da radiação global incidente, enquanto que fora da estufa ela variou de 5 a 27%. Ao longo de todo o período, a radiação difusa a céu aberto correspondeu a 33% daquela verificada internamente.

GRANTZ & MEINZER (1991), bem com RADIN (2002), verificaram alta relação de dependência entre radiação global e radiação fotossinteticamente ativa, já que a segunda é parte do espectro total do primeiro tipo de radiação.

Todas as plantas têm capacidade de se aclimatar a ambientes sombreados com maior ou menor intensidade, o que determina o seu fenótipo: de sol ou de sombra. O termo planta de sombra pode-se referir a um genótipo adaptado ou a um fenótipo aclimatado (LAMBERS *et al.*, 1998). Para os mesmos autores, os termos folha de sol ou de sombra, referem-se a folhas ou plantas que se desenvolveram em condições de alta ou baixa irradiância, respectivamente. Conforme BOARDMAN (1977), estas características podem ser encontradas tanto entre plantas de diferentes espécies como entre plantas de uma mesma espécie, desde que cultivadas em diferentes disponibilidades de radiação.

YANHONG (1997) observou que a resposta das plantas à disponibilidade de radiação, que pode

ocorrer em pequeno ou grande espaço de tempo, depende do tipo de estímulo que as mesmas recebem e pode se dar através de respostas bioquímicas e fisiológicas. O autor afirmou, ainda, que a aclimação fotossintética é uma das mais importantes respostas das plantas às mudanças de luz e que estas modificações tendem a maximizar a taxa de fotossíntese líquida. BOARDMAN (1977) também afirmou que as plantas de sombra investem uma maior porção de fotoassimilados na síntese e na manutenção de seu aparato para a captação de luz, do que as plantas de sol.

YANHONG (1997) e LAMBERS *et al.* (1998) mostraram que algumas características de folhas ou plantas de sombra e sol são diferentes, as quais são mostradas na Tabela 1.

Concluindo, BOARDMAN (1977) afirmou que a adaptação para alta eficiência fotossintética, sob extremas condições de disponibilidade de radiação, exige alta eficiência na captação deste recurso, quando ele é limitante.

RADIN (2002) verificou que tomateiro cultivado em estufas plásticas, onde houve redução de aproximadamente 30% da radiação fotossinteticamente ativa, apresentou aumento na eficiência de utilização da radiação em aproximadamente 33% na época de primavera-verão e 43% na época de verão-outono. A maior eficiência da radiação difusa, para a produção vegetal, também foi citada por CASTILLA PRADOS (1998), quando a cultura cobre totalmente o solo, por ser multidirecional e penetrar mais na vegetação.

Plantas cultivadas em estufa plástica tendem a apresentar menor massa específica quando comparadas com as produzidas em ambiente natural, independente da temperatura do período de cultivo

Tabela 1. Características gerais de plantas ou folhas aclimatadas, de acordo com a disponibilidade de radiação solar do ambiente (adaptado de LAMBERS *et al.*, 1998; YANHONG, 1997; BOARDMAN, 1977)

Características Estruturais	Sol	Sombra
Matéria seca de folha por área	Alta	Baixa
Espessura de folha	Grossa	Fina
Espessura do tecido paliádico	Grossa	Fina
Área foliar específica	Baixa	Alta
Células da folha	Menores	Maiores
Densidade celular na folha	Alta	Baixa

(REISSER JÚNIOR & BURIOL, 1996), maior taxa de crescimento e menor massa específica, como em folhas de alface (SEGOVIA et al., 1997), aumento da altura da planta devido à redução da radiação solar (VARGUES et al. 1994),

Pode-se observar que a redução da radiação proporcionada pela presença do filme plástico e dos elementos estruturais das estufas plásticas e outras modificações micrometeorológicas, provocam modificações nas características das plantas cultivadas sob estas estruturas, sendo estas variações semelhantes às das plantas cultivadas sob reduzida disponibilidade de radiação, ou seja, às plantas de sombra. Assim sendo, este trabalho teve por objetivo comparar alterações sofridas pelo tomateiro de hábito de crescimento determinado, cultivado em estufas plásticas com e sem tela anti-insetos, em duas épocas de cultivo, com as das plantas cultivadas fora destes ambientes.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Centro de Pesquisas Veterinárias Desidério Finamor da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro-CPVDF), localizado no município de Eldorado do Sul (latitude: 30° 05'S, longitude: 51° 39'W e altitude: 10m), na região ecoclimática da Depressão Central, de clima tipo cfa conforme classificação de Köppen, subtropical úmido, sem estiagem, no período de setembro de 1999 a junho de 2000.

Foi utilizada a cultivar de tomateiro Flora-dade, de hábito de crescimento determinado, com frutos do tipo salada. As plantas são de formato arbustivo, não ultrapassando a altura de 1,60m, com caule e ramos laterais terminando em um rácimo floral.

O transplante foi realizado em duas épocas: a primeira em 18 de outubro de 1999 e a segunda em 15 de fevereiro de 2000. Os espaçamentos utilizados foram 0,80m entre linhas pareadas, no canteiro, e 1,20m entre as linhas de canteiros vizinhos. O espaçamento entre plantas, na linha, foi de 0,50m. Este arranjo determina uma densidade de duas plantas por metro quadrado ou 20.000 plantas por hectare.

Após o transplante, foi feito desbrote somente dos ramos localizados abaixo do primeiro rácimo floral. As plantas foram tutoradas ao longo das linhas e sustentadas por estacas de 1,5m, colocadas a cada duas plantas, as quais eram fixadas com fitas plásticas.

Foi usada uma estufa plástica modelo pampeana, de cobertura em arco e com dimensões de 10 x 24m (240m² de área), disposta na direção nortesul com pé-direito lateral de 3,0m e altura de 4,5m no centro da estrutura. Como plástico de cobertura utilizou-se polietileno de baixa densidade aditivado com anti-UV, com 150µm de espessura. As laterais eram fechadas com o mesmo filme da cobertura, porém com espessura de 100 µm.

O experimento foi conduzido em três ambientes. O primeiro, dentro da estufa, caracterizava-se pela existência de tela anti-insetos fixa em suas laterais (CT), além da cortina plástica, que permitia abertura e fechamento. O segundo, também interno à estufa, tinha apenas a presença da cortina plástica lateral, porém sem tela (ST). O terceiro ambiente era a céu aberto, portanto, fora da estufa (FE). Em cada ambiente foram instalados cinco canteiros (parcelas) de 1,60m de largura por 11m de comprimento. Em cada canteiro foram cultivadas duas linhas com 20 plantas em cada uma. Cada ambiente, portanto, possuía 200 plantas.

Os valores de radiação global foram coletados com piranômetro da marca LICOR a uma altura de 3,5m e foram medidos em Wm² a cada 5s e armazenados como média a cada 30 min. em "datalogger" da marca Campbell. Os valores da radiação fotossinteticamente ativa foram coletados em µmolms⁻¹m⁻² em sensores tipo "quantum" da marca LICOR e armazenados no mesmo "datalogger" no mesmo espaço de tempo. Para possibilitar o estabelecimento de relações entre valores de radiação global com radiação fotossinteticamente ativa, em MJm⁻², seguiu-se a metodologia de THIMIYAN & HEINS (1983). Os valores determinados neste trabalho são a média das relações entre estas medidas ao longo de todo o experimento.

Considerou-se altura de planta a distância do ponto de crescimento mais alto da planta até o solo e esta determinação foi feita em 4 plantas em cada ambiente. A área foliar, realizada com planímetro ótico e a produção de matéria seca, realizada através de pesagem das várias partes da planta secas em estufa até massa constante, foram feitas em 4 plantas. A taxa fotossintética das plantas foi feita com um analisador de gases com infravermelho, em 6 plantas e em 3 alturas em cada planta. Os valores considerados foram a média aritmética de todas as determinações feitas em plantas previamente sorteadas em cada ambiente. Foram realizadas análises de regressão e

os dados foram ajustados a modelos polinomiais e sigmoidais, conforme o coeficiente de regressão.

Resultados e discussão

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente na cultura localizada fora das estufas foi 36,71% da radiação global (R_g), considerando os dois elementos com a mesma unidade ($MJ\ m^{-2}\ h^{-1}$). Para o período de abril a julho, FRANÇA *et al.* (1997) determinaram valor médio de 42% para a relação RFA/ R_g , enquanto que PANDOLFO (1995) obteve 43%. A diferença encontrada (5,29 ou 6,29%) pode ser atribuída ao período de determinação da média da leitura, que nesse trabalho foi das 7 às 19h, enquanto que no de FRANÇA (1997) foi das 8 às 17h e no de PANDOLFO (1995) foi das 7 às 12h. Outra razão pode ser as condições de tempo ocorridas ao longo das medições, já que a nebulosidade e o período das medições afeta os valores desta razão (PANDOLFO, 1995). Dentro da estufa sem tela (ST) a RFA foi 26,6% da R_g externa e no ambiente com tela (CT) a porção de RFA foi de 24,6% da radiação global a céu aberto.

De novembro de 1999 a maio de 2000, as razões médias entre a RFA dos ambientes sem tela e com tela e a RFA externa foi de 0,72 e 0,67, respectivamente (Figura 1). As médias de transmissividade diária das estufas à RFA se mantiveram em valores próximos a 0,8, oscilando de valores abaixo de 0,6, nos períodos de menor disponibilidade de radiação,

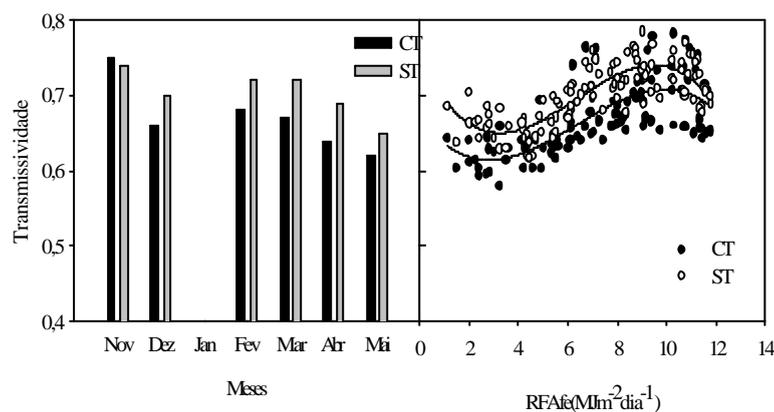


Figura 1. Transmissividade média mensal e transmissividade média diária das estufas com (CT) e sem (ST) à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) durante os meses de novembro de 1999 a maio de 2000 e em função do total diário de RFA_{fc} fora das estufas. Fepagro. Eldorado do Sul, RS, 1999/2000.

até valores acima de 0,75 em dias de maior radiação (Figura 1). No Rio Grande do Sul, REISSER JÚNIOR (1991) e FARIAS *et al.* (1993) mediram este elemento dentro da estufa e também encontraram médias semelhantes a estas. CASTILLA PRADOS (1998) também determinou valores semelhantes para o sul da Europa.

A altura das plantas cultivadas no ambiente de menor disponibilidade de radiação solar foi maior do que nas cultivadas fora da estufa. Este resultado foi observado nas duas épocas, e inclusive as plantas apresentaram uma tendência de maior altura na segunda época, possivelmente pela menor disponibilidade de radiação em relação à primeira (Figura 2). O efeito da baixa disponibilidade de radiação também foi citado por MASTALERZ (1977), ao afirmar que plantas cultivadas em condições de alta disponibilidade de radiação solar apresentam altura menor do que as cultivadas em ambientes de radiação reduzida. FRANCESCANGELI *et al.* (1994) verificaram que a redução de 20% da radiação global incidente sobre a cultura, em estufas plásticas, promoveu aumento da altura da planta, do número de folhas, de ramos florais e do número de flores, mas com pequena redução de produtividade.

Outra característica morfológica apresentada pelas plantas, relacionada à redução de radiação solar, foi o aumento da área foliar. Considerando como máxima a área foliar do ambiente com tela, na primeira época, houve redução, na área foliar máxima, de aproximadamente 20% no tratamento sem tela e de 40% no ambiente fora da estufa, nas duas épocas de cultivo (Figura 3). MASTALERZ (1977) observou que plantas cultivadas em ambiente com alta disponibilidade de radiação solar apresentam, como característica, área foliar menor do que as sombreadas, o que está de acordo com LAMBERS *et al.* (1998). COCKSHULL *et al.* (1992) também verificaram que reduções de radiação incidente de 6 e 24% promoveram acréscimos de 22 e 48% na área foliar de plantas cultivadas em estufas.

A longevidade das folhas de plantas tolerantes à sombra tende a ser maior, o que aumenta o seu potencial fotossintético (REICH *et al.*, 1991). Esta característica se repetiu nas duas épocas de cultivo, pois as plantas de estufa ti-

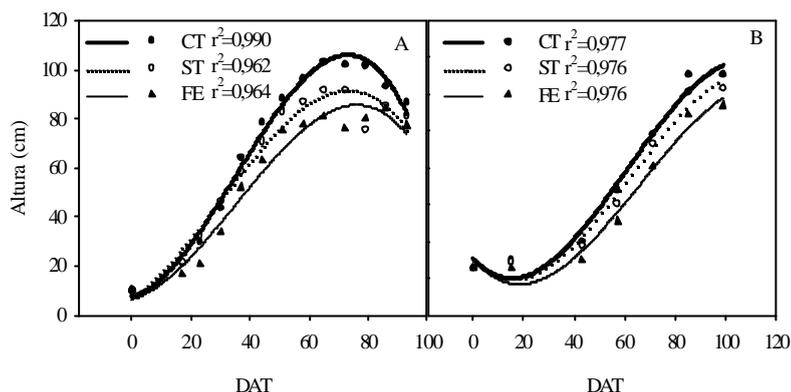


Figura 2. Altura de plantas de tomateiro durante as primeira (A) e segunda (B) épocas de cultivo, em função de dias após o transplante (DAT) nos ambientes de estufa plástica com tela anti-insetos (CT), sem tela (ST) e fora da estufa (FE).

veram longevidade maior do que as de fora, sendo que a redução da longevidade das folhas, no ambiente FE, foi maior na segunda do que na primeira (Figura 3).

A menor AFE, mostrada na Figura 4, pode ser devida a uma condição de estresse hídrico apresentada pelas plantas de fora da estufa durante a primeira época e até 40 DAT na segunda, quando a demanda hídrica da atmosfera era maior pois, conforme REIREIRA (1995), o déficit hídrico aumenta a matéria seca da planta por unidade de área foliar, reduzindo a área foliar específica. LI et al. (2001) também verificaram esta ocorrência de redução da AFE em plantas cultivadas em solução hidropônica com alta condutividade elétrica, ou seja, com potencial da água mais baixo.

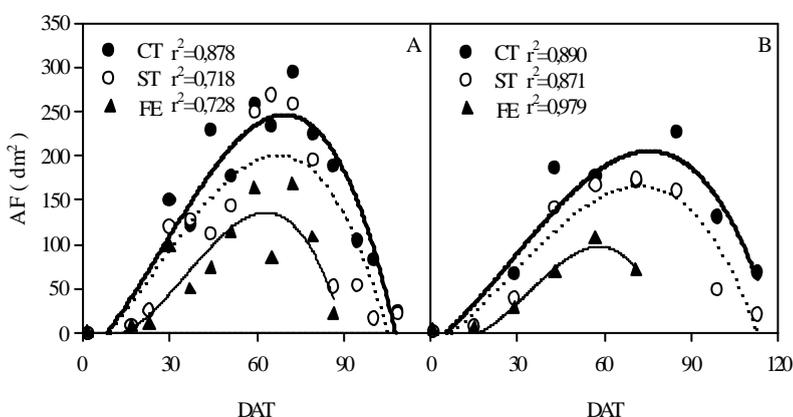


Figura 3. Área foliar por planta de tomateiro (AF), cultivado na primeira (A) e segunda (B) épocas de cultivo, em estufa com tela (CT), sem tela (ST) e fora da estufa (FE), em função de dias após o transplante (DAT). Fepagro, Eldorado do Sul-RS, 1999/2000.

A redução da radiação, ocorrida após 40 DAT, também pode ser a justificativa da semelhança de valores de AFE ocorrida após esta data na segunda época de cultivo, pois a disponibilidade de radiação também provoca modificações na AFE, o que foi observado por BERGAMASCHI (1984), que verificou redução deste parâmetro com aumento de radiação solar. BOARDMANN (1977) também cita que a maior disponibilidade de radiação solar provoca aumento na espessura da folha, o que influencia a AFE.

A aclimação das plantas ao ambiente com menor disponibilidade de luz pode ser uma das razões da manutenção das taxas fotossintéticas, através de variações na morfologia, principalmente na área foliar específica e espessura de folha (Figura 5). Esta alteração proporcionou que as plantas mantivessem os mesmos níveis de produção de matéria seca, ou até maiores, em ambientes com reduções expressivas de radiação solar. Não foram observadas reduções nestas taxas, embora a modificação das condições micrometeorológicas, considerando que as determinações foram efetuadas em períodos de alta demanda evaporativa atmosférica, em horários de máxima disponibilidade de radiação, durante a tarde.

Em observações feitas com microscópio ótico em folhas de tomateiro, visando identificar modificações nos tecidos, o número de repetições usadas para as várias medições não foi suficiente para mostrar diferenças visto que o desvio padrão dos dados foi elevado. A Tabela 2 mostra que as determinações nas folhas das plantas cultivadas nos ambientes protegidos se aproximam mais das plantas cultivadas fora da estufa do que entre elas.

A espessura das folhas das plantas cultivadas na estufa com tela foi maior do que no ambiente sem tela. Porém, a espessura das folhas do ambiente externo à estufa, apesar de apresentar a maior média, também apresentou maior variabilidade, o que não permitiu diferenciar-se dos demais

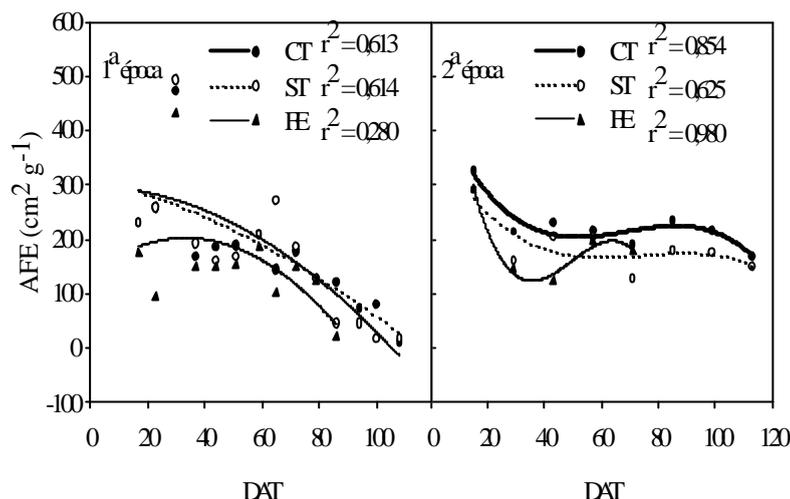


Figura 4. Variação da área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) de tomateiro AFE cultivado em estufa com tela anti-insetos (CT), sem tela (ST) e fora das estufas (FE), em função de dias após transplante (DAT), em duas épocas de cultivo. Fepagro, Eldorado do Sul-RS, 1999/2000.

ambientes. Apesar desta variabilidade de dados, as diferenças encontradas (Figura 5) podem sinalizar a possibilidade de haver diferença entre as plantas. Esta indicação pode confirmar os resultados de AFE (Figura 4), segundo os quais os ambientes com maior AFE determinam espessura menor de folhas. As folhas do ambiente com tela não apresentaram grande

variação, o que pode representar a espessura média das plantas.

Em resposta à disponibilidade de luz, plantas cultivadas em diferentes ambientes alteram suas características morfológicas, sendo uma delas a espessura da folha. BOARDMANN (1977) cita que plantas crescidas sob alta radiação solar têm maior desenvolvimento dos parênquimas paliçádico e lacunoso, proporcionando folhas mais espessas. Além disso, as células são menores e com maior densidade dentro das folhas. SALISBURY & ROSS (1994) também citam que as folhas de plantas de sombra são mais finas do que as de sol, devido à menor espessura do parênquima paliçádico.

Devido à maior variabilidade dos dados, a média da densidade de células de uma amostra de folhas das plantas cultivadas fora da estufa não se diferenciou (apesar de ser menor) dos outros dois ambientes, os quais apresentaram diferenças entre si. As folhas das plantas da estufa sem tela tiveram médias de densidade celular maiores do que as da estufa com tela. Se os espaços intercelulares da folha forem semelhantes, menor densidade pode representar tamanho celular maior.

Tabela 2. Média e desvio padrão das determinações morfológicas feitas em folhas de tomateiro cultivado em estufa plástica com tela anti-insetos, sem tela e fora da estufa. Fepagro, Eldorado do Sul-RS, 1999/2000.

	Com Tela		Sem Tela		Fora da Estufa	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Área do paliçádico(mm^2)	0,0669	0,0046	0,0469	0,0135	0,0678	0,0176
Área do esponjoso(mm^2)	0,0698	0,0040	0,0570	0,0088	0,0840	0,0137
Área do mesófilo(mm^2)	0,1365	0,0044	0,1039	0,0188	0,1518	0,0310
NºCélulas paliçádico	20,25	0,96	21,00	4,54	20,25	0,96
NºCélulas esponjoso	62,5	3,1	60,5	6,7	59,0	18,1
NºCélulas total	82,75	2,87	81,50	9,15	79,25	17,27
Densidade celular do paliçádico (cel/mm^2)	303,80	27,31	458,09	83,24	309,95	59,35
Densidade celular do esponjoso (cel/mm^2)	895,58	20,75	1069,26	109,84	728,06	304,45
Densidade celular do mesófilo (cel/mm^2)	605,28	17,36	796,93	115,70	542,53	182,04
Espessura da folha (entre as epidermes) (μm)	269,96	9,12	206,83	36,62	299,21	67,23

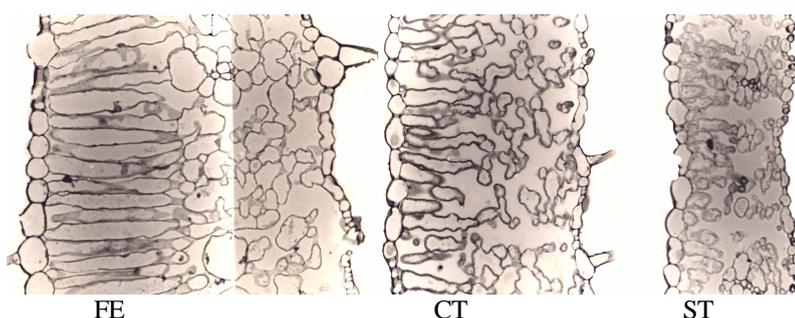


Figura 6 - Fotografia feita em microscópio ótico, de corte transversal de folhas de tomateiro cultivados em estufa com tela anti-insetos (CT) sem tela (ST) e fora da estufa (FE). Fepagro, Eldorado do Sul-RS, 1999/2000.

A aclimação das plantas é uma das tendências observadas, a partir da qual as plantas se modificam morfológicamente e criam condições para aproveitar os recursos disponíveis da melhor maneira possível, no sentido de maximizar sua produtividade.

Estas modificações são causadas, principalmente, pelas alterações na radiação solar. Com certeza, a quantidade e, talvez, a qualidade da radiação disponível dentro das estufas são alteradas, em relação àquela que incide na parte externa do abrigo. A redução da advecção, decorrente da presença do plástico, de telas e dos elementos estruturais, é outro fator que modifica a disponibilidade de energia em ambientes protegidos.

Modificações morfológicas, como altura da planta, maior área foliar e área foliar específica, que permitem que a planta aumente a captação de radiação com a mesma matéria seca, são responsáveis pelo aumento da eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa em mais de 50%, verificada por RADIN (2002). A eficiência de uso da radiação permitiu que a produção de biomassa das plantas cultivadas em ambientes com restrição de luz atingisse valores iguais a 802 e 700g planta⁻¹, na primeira e 560 e 510g planta⁻¹ na segunda época de cultivo equivalendo a acréscimos de 18 e 3%, na primeira e de 33 e 21% na segunda época, nos ambientes com e sem tela, respectivamente, em relação ao ambiente fora da estufa.

Modificações em tecidos (tendência observada neste trabalho), como tamanho de células, espessura de folha e, possivelmente, outras relacionadas a plantas de sombra, podem também contribuir para o

aumento da eficiência de transformação da energia solar em biomassa.

Conclusão

Com base nos resultados observados pode-se concluir que ocorrem modificações morfológicas nas plantas de tomateiro cultivadas em ambientes de estufa plástica, dotando-as de características de plantas de sombra. Estas modificações contribuem para que os níveis de produção de biomassa da cultura, nestes ambientes, sejam equivalentes àqueles das plantas cultivadas em ambientes sem redução de radiação solar.

Referências bibliográficas

- ABREU, P.E.; MONTEIRO, A.A.; MENESES, J.F. Response of non heated plastic covered greenhouse tomatoes during the cool season and under two different **natural ventilation** *Acta Horticulturae*, Netherlands, v. 366, p. 195-200, 1994.
- BERGAMASCHI, H. **Perda de água e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob diferentes condições da disponibilidade hídrica no solo e da atmosfera**. Piracicaba: USP, 1984. 204 f. Tese (Doutorado em Agronomia), - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.
- BOARDMAN, N.K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 28, p. 355-377, 1977.
- CASTILLA PRADOS, C. Condiciones ambientales en invernaderos no climatizados. In: PEREZ PARRA, J.; CUADRADO GÓMEZ, I.M. (Ed.). **Tecnología de invernaderos II**. Almeria: FIAPA, 1998. p. 163-177.
- COCKSHULL, K.E.; GRAVES, C.J.; CAVE, C.R.J. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 67, n. 1, p. 11-24, 1992.
- FARIAS, J.R.B. et al. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993.

- FRANÇA, S. et al. Radiação fotossinteticamente ativa e sua relação com a radiação solar global em dossel de alfafa, em função do índice de área foliar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 147-153, 1997.
- FRANCESANGELI, N. et al. Sombreado de invernaderos. Efectos sobre el microclima y la aparición de la podredumbre apical del fruto en tomate de producción primavera-estival. **Horticultura Argentina**, Buenos Aires, v. 13, n. 33, p. 65-70, 1994.
- GRANTZ, D.A.; MEINZER, F.C. Regulation of transpiration in field-grown sugarcane: evaluation of the stomatal response to humidity with the Bowen ratio technique. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 53, n. 2, p. 169-183, 1991.
- LAMBERS, H.; CHAPIN III, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer Verlag, 1998. 540 p.
- LI, Y.L.; STANGHELLINI, C.; CHALLA, H. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of **greenhouse tomato** (*Lycopersicon esculentum L.*) **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 88, n. 1, p. 11-29, 2001.
- MASTALERZ, J.W. **The greenhouse environment**. New York: John Wiley & Sons, 1977. 629 p.
- MONTERO J.I. et al. Climate under plastic in the Almeria área. **Acta Horticulturae**. Netherlands. n.170, p.227-234, 1985.
- PANDOLFO, C. **Parâmetros básicos para uso na modelagem do rendimento de matéria seca em alfafa (*Medicago sativa L.*)**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.
- PEREIRA, J.S. Gas exchange and growth. In: SCHULZE, E.; CALDWELL, M.M. (Ed.) **Ecophysiology of photosynthesis**. Berlin: Springer, 1995. p. 147-175.
- RADIN, B. **Eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 124 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- REICH, P.B.; WALTERS, M.B.; ELLSWORTH, D.S. Leaf life-span as a determinant of leaf structure and function among 23 amazonian species. **Oecologia**, Heidelberg, v. 86, n. 1, p. 16-24, 1991.
- REISSER JÚNIOR, C. **Evapotranspiração de alface em estufa plástica e ambiente natural**. Santa Maria: UFSM, 1991. 78p. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem), Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, CCR, Universidade Federal de Santa Maria, 1991.
- REISSER JÚNIOR, C.; BURIOL G.A. Crescimento da alface (*Lactuca sativa*, L.) em estufa plástica e ambiente natural, em duas épocas do ano. **Hortisul**, Pelotas, v. 3, n. 4, p. 15-20, 1996.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia Vegetal**. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994. 759 p.
- SEGOVIA, J.F.O. et al. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa L.*) no interior e no exterior de estufas de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 37-41. 1997.
- THIMIJJAN, R.; HEINS, R.D. Photometric, radiometric, ano quantum light units of measure: a review of procedures for interconversion. **HortScience**, Alexandria, v. 18, n. 6, p. 8181-822, 1983.
- VARGUES, A.C. et al. The effect of greenhouse double-roof on tomato growth and yield.. **Acta Horticulturae**, Netherlands, v. 357, p. 317-324, 1994
- YANHONG, T. Natural, abiotic factors: Light. In: PRASAD, M.N.V. (Ed.) **Plant Ecophysiology**. New York: J. Wiley & Sons, 1997. p. 3-40.