

AVALIAÇÃO MICROMETEOROLÓGICA EM TRES MODELOS DE ESTUFA CULTIVADAS COM TOMATE EM SUBSTRATOS

Neville V. B. dos REIS¹, Osmar A. CARRIJO¹

1. INTRODUÇÃO

Estufa é uma estrutura coberta por um material transparente que permite a passagem da luz solar para crescimento e desenvolvimento das plantas (Cermeño, 1990). O formato da estrutura determina o modelo da estufa tal como os mais conhecidos capela, teto-em-arco, teto-convectivo, londrina, túnel alto, belo união, dente de serrate e túnel forçado, configurados de forma individual ou conjugadamente (geminados), que retratam os nomes aos formatos de uma igreja, telhado redondo, dois telhados convergentes para gerarem convecção etc. Também conforme o tipo de modificação microclimáticas desejada, as estufas são classificadas em 3 tipos, climatizadas, semiclimatizadas e não climatizadas. Neste estudo comparamos o comportamento das variáveis radiação solar, temperatura e umidade, em 3 modelos de estufas de tipo não climatizado, capela, teto em arco e teto convectivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na Embrapa Hortaliças, Brasília, DF com o objetivo de avaliar as variações micrometeorológicas em três modelos de estufas, capela, teto em arco e teto convectivo. A cultura utilizada foi tomate, um híbrido experimental da Embrapa Hortaliças (TX 472) plantadas em sistema hidropônico aberto. O contentor utilizado foram bisnagas de plástico contendo sete substratos: casca de arroz parcialmente carbonizada, casca de arroz, fibra de coco, lã de rocha, maravalhas, serragem e uma modificação da mistura para produção de mudas. Os tratos culturais foram os normalmente recomendados para a cultura. Os modelos de estufas utilizados foram capela, teto em arco e teto convectivo. Todas elas com 8 m de largura por 50m de comprimento, pé direito de 2,80 m de altura, instalados nas direções de Nordeste para Sudoeste. O modelos de estufa capela e teto em arco foram utilizados com pequenas modificações como a instalação de cortinas de tela clarite de 50% de porosidade. Enquanto o modelo de teto convectivo foi obtido a partir da adaptação de uma estufa modelo teto em arco com a instalação de dois telhados de tamanhos diferentes e convergentes. Um telhado maior com ângulo de inclinação de 33 ° e o menor 22°. A diferença de altura dos dois telhados formou uma abertura pórtica de 80 cm de altura. Tal sistema permite a circulação de calor e massa de forma convectiva forçada. As estufas foram cobertas com plástico de polietileno de baixa densidade de 150 micrômetros. Os parâmetros micrometeorológicos registrados foram radiação solar, umidade e temperaturas , com a utilização de sensores de temperatura, de umidade e de monitoração solar. As tecnologias de avaliação micrometeorológicas foram as sugeridas por Evans (1963), Bakker et al. (1995), Meyer et al. (1973) .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se, às 9:00 horas, uma similaridade de comportamento dos telhados dos 3 modelos de estufa em relação a transmitância do fluxo solar em sua densidades

máxima, média e mínima. Entretanto, este comportamento não é observado as 12:00 horas quando o sol está próximo de sua passagem pelo meridiano local. Neste instante os raios solares incidem o mais verticalmente sobre as superfícies normais. Estes resultados podem ser explicados baseado na lei de Lambert, $I = I_0 \cdot \cos \alpha$ (onde I é a radiação incidente em uma superfície normal, $\cos \alpha$ é o coseno do angulo formado entre os raios solares incidentes e a superfície) quanto maior for o angulo de inclinação do telhado, maior será reflexão da radiação incidente e menor a captação e transmitância de energia global para o interior da estufa. Esta é a razão pela qual os modelos capela e de teto em arco com menor inclinação angular dos telhados (capela 22 ° e teto em arco formato parabólico invertido com angulo de curvatura de aproximadamente 12 °) terem indice de captação de radiação global maior do que dos telhados do modelo teto convectivo com inclinações de 33° para o telhado maior e 22 ° para o telhado menor (Tabela 1) Utilizando-se a da Lei de Stefan Boltzman [$\Delta E = \sigma (T_2^4 - T_1^4)$] para avaliar o balanço de energia (calor) no interior dos três modelos de estufas com relação ao transporte do fluxo de calor da superfície do solos para o interior da estufa e vice-versa em função das temperaturas, e pode-se fazer as seguintes inferências: 1) - dos 483 watts do fluxo radioativo solar que adentraram a estufa capela às 9:00 horas e penetram no substrato até a profundidade de 5 cm, apenas 36 watts foram utilizados no processo de aquecimento do próprio substrato, enquanto 447 watts foram destinados aos processos de aquecimento, evaporação, condensação, fotossíntese e respiração das plantas, onde, em média 90 % do saldo de radiação é utilizado exclusivamente no processo de evaporação (transporte de massa – vapor) ; 2) - na estufa modelo teto em arco com uma captação de 436 watts, 42 foram usados no substrato para o processo de aquecimento e o saldo de radiação, 394 watts para os demais processos de trocas físicas; 3)– Dos 492 watts que adentraram a estufa modelo teto convectivo, 46 foram usados no aquecimento da componente substrato e o saldo de 446 watts para os demais processos físicos; 4 – às 12:00 horas quando da passagem do sol pelo meridiano local a penetração radiação solar fez-se de maneira quase perpendicular aos telhados das estufas, nesta circunstancias as estufas de modelos teto em arco e capela utilizaram toda radiação que adentrou em ambas(346 e 386 watts, respectivamente) nos processos de aquecimento, evaporação, fotossíntese e respiração não havendo compartilhamento com a componente de substrato, devido, provavelmente ao melhor adensamento foliar da cultura de tomate que fazia parte do teste de substratos em sistema de hidroponia aberto. Apenas a estufa modelo teto convectivo apresentou um saldo de solo de 26 watts. 5 – em seu deslocamento na direção do ocaso, os raios solares voltam novamente a se enclinarem, o que permite a penetração da radiação nos substratos que servem de suporte ao sistema radicular da cultura do tomateiro, nestas circunstancias, observou-se saldos de radiação da componente solo (substrato) de 51, 39 e 38 watts para as estufas modelos teto convectivo, teto em arco e capela respectivamente.

¹ Pesquisadores da Embrapa Hortaliças – Caixa Postal 218 – 70359-970 – Email: neville@cnph.embrapa.br – Brasília – Distrito Federal

Com relação as temperatura observou-se em função das equações das 9:00, 12:00 e 15:00 horas ($Y_{9:00} = -0,1164x + 22,049$, $Y_{12:00h} = 0,5951x + 29,568$ e $Y_{15:00h} = -0,7536x + 31,563$) haver uma variação linear na distribuição da temperatura nos três horários de observações e que os menores valores de temperaturas (máxima, média e mínima) tiveram lugar na estufa modelo teto convectivo, os maiores na estufa modelo capela e os intermediários com a estufa teto em arco.

Análise dos dados de umidade observados durante a execução desta pesquisa evidenciaram que a estufa modelo teto convectivo teve valores de umidade relativa superior em 19% aos observadas na estufa modelo teto em arco e, de 38% em relação a estufa modelo capela, no horário das 9:00 h. Esta tendência permaneceu no horário das 12:00. Entretanto houve uma inversão às 16 horas, onde, os maiores valores foram assumidos pela estufas de teto em arco e capela 34 e 30%, respectivamente, ficando a estufa de teto convectivo com o menor valor médio, 24 %. Este comportamento no transporte de massa (vapor d'água) tem explicação no fato de que a estufa modelo de teto convectivo ser uma estufa para atuar sob ação de uma convecção de ar forçado e, devido a necessidade de simular as condições micrometeorológicas de temperatura e umidade o mais próximo possível das dominantes na região Amazônica, nos três modelos de estufas, a instalação da tela de proteção de 50% de porosidade reduziu, consideravelmente, os efeito dos ventos advectivos (convecção horizontal), causando a diferença de comportamento entre este modelo de estufa e os modelos de estufas capela e teto em arco que não possuem janela pórtica para transporte de calor e massa em sua parte superior, como é o caso da estufa modelo de teto convectivo. Outro fator de comprovação é o fato de que este modelo apresentou as menores temperaturas interna nos

períodos de observação das 9:00 e 12:00 h. Em suma as modificações causaram uma diminuição no coeficiente de Nusselt (Bakker et alli,1995) explicando a redução do transporte de energia (calor) e massa (vapor d'água) nesse modelo de estufa.

Produtividade

Com relação à produtividade significamente a melhor aconteceu com a cultura de tomateiro vegetada em substrato de casca de coco sob a proteção de estufa modelo teto em arco. Entretanto melhores inferências pode ser colhidas estudando-se o comportamento desta cultivar de tomateiro com relação às exigências fisiológicas de microambiente, sanidade fitossanitária, nutricionais e fitotécnicas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa indicaram que para a região de Brasília, Distrito Federal, o modelo de estufa teto em arco foi o que proporcionou melhores condições de microclima para cultura do tomateiro plantadas em sistemas hidropônicos aberto com o uso de substratos de fibra de coco.

5. REFERENCIAS

- BAKKER, J. C.; BOT, G. P. A. ; Challa, H. Van de Braak, N.J. **Greenhouse Climate Control**. Wageningen : Wageningen Pers, 1995. 279 p.
- CERMENO, Z.S. *Estufas – Instalações e Manejo*. Lisboa, LITEXA EDITORA LTDA, 1990. p13-160 p.
- DUBOIS, P. *Plastics in Agriculture* . London, APPLIED SCIENCE : PUBLISHERS LTD, 1978. 176p.
- HANAN, J .J, *Greenhouse. –Advanced Technology for Protected Horticulture*. RC Press, 1997. 684 p.
- PEDRO, F. R. *Aplicacion de los Plasticos en la Agricultura*. Ediciones Mundi-Prensa. Madri, 1993. 562 p.