



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Coefficiente de Extinção e Eficiência de Interceptação da Densidade de Fluxos de Fótons Fotossintéticos em Tomate Cereja Sob Diferentes Doses de Nitrogênio



*Mariana de Oliveira Pereira*¹; *Leonardo Duarte Batista da Silva*²; *Carlos Rodrigues Pereira*³; *Ricardo Araújo Ferreira-Júnior*⁴; *Guilherme Bastos Lyra*⁵; *José Leonaldo de Souza*⁶; *Gustavo Bastos Lyra*⁷

¹Eng. Agrícola, Aluna de mestrado em Eng. de Biosistemas, PGEB, UFF, Niterói – RJ, Fone: (21) 99758-9741, mariana.eng.uff@gmail.com

² Eng. Agrícola, Prof. Adjunto, Depto. Engenharia, UFRRJ, Seropédica – RJ, irriga@ufrrj.br

³ Agrônomo, Prof. Adjunto, Depto. Engenharia Agrícola, UFF, Niterói – RJ, carrodp@yahoo.com.br

⁴ Agrônomo, Prof. Adjunto, Centro de Ciências Agrárias, UFAL, Rio Largo – AL, ricardo_ceca@hotmail.com

⁵ Agrônomo, Prof. Adjunto, Centro de Ciências Agrárias, UFAL, Rio Largo – AL, gbastoslyra@gmail.com

⁶ Meteorologista, Prof. Associado, Inst. de Ciências Atmosféricas, UFAL, Maceió – AL, jls@ccen.ufal.br

⁷ Meteorologista, Prof. Adjunto, Depto. Ciências Ambientais, UFRRJ, Seropédica – RJ, gblyra@gmail.com

RESUMO: Objetivou-se no presente trabalho estimar o coeficiente de extinção (k) e a eficiência de interceptação (ϵ_{int}) da densidade de fluxos de fótons fotossintéticos (DFFF) para a cultura do tomateiro cereja, cv. Perinha Água Branca, cultivado em condições de casa de vegetação. A casa de vegetação foi instalada em Seropédica - RJ (22°45,5' S; 43°41' W; 34 m). O tomateiro foi submetido a diferentes doses de nitrogênio (T1=0%, T2=50%, T3=100%, T4=200%, T5=300% e T6=400%) com base no valor de referência para a cultura (100 kg/ha), aplicadas por meio de água residuária de bovinocultura de leite. No período de 25/07 a 15/08/2012, foram realizadas com um ceptômetro quatro campanhas semanais de medidas da DFFF abaixo ($DFFF_{in}$) e acima do dossel ($DFFF_a$) e estimativas do Índice de Área Foliar (IAF). O coeficiente k para cada tratamento foi obtido com base no modelo proposto por Monsi e Saeki (1953). A eficiência foi estimada pelo quociente entre DFFF absorvida pelo dossel ($DFFF_{abs} = DFFF_a - DFFF_{in}$) e a $DFFF_a$. Os testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov e Kruskal-Wallis foram aplicados ao k e ϵ_{int} para avaliar a influência das doses de N. Para o k não se observou diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$), o que indicou a uniformidade da estrutura do dossel. O valor mediano de k foi de 0,79. Esses resultados indicaram, assim, que a arquitetura do dossel foi o fator de maior influência no coeficiente. De forma análoga, a ϵ_{int} não apresentou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos para cada campanha, porém, a maior eficiência de interceptação foi alcançada pelo tratamento T5 ($\epsilon_{int}=0,82$ em 08/ago) e a menor pelo tratamento T3 ($\epsilon_{int}=0,52$ em 25/jul).

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum Lycopersicum* var., manejo orgânico, radiação solar

Extinction Coefficient and Efficiency of Interception from Photosynthetic Photon Flux Density in a Cherry Tomato Crop Under Different Nitrogen Levels

ABSTRACT: The objective of this paper was to estimate the extinction coefficient (k) and the efficiency of interception (ϵ_{int}) from Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) for cherry tomato crop, cv. Perinha Água Branca, grown in greenhouse located at Seropédica – RJ (22°45,5' S, 43°41' W; 34 m). The tomato was subjected to different nitrogen levels (T1=0%, T2=50%, T3=100%, T4=200%, T5=300% and T6=400%) based on the reference value for the culture (100 kg/ha) applied through of wastewater from the dairy cattle. In the period from July 25 to August 15, 2012 were performed with a ceptometer four weekly campaigns measures of PPFD below ($PPFD_{in}$) and above ($PPFD_a$) the canopy and estimates the Leaf Area Index (LAI). The coefficient k was obtained for each treatment based on the model proposed by Monsi and Saeki (1953). The efficiency was estimated by the ratio between the PPFD absorbed by the canopy ($PPFD_{abs} = PPFD_a - PPFD_{in}$) and the $PPFD_a$. Statistical tests of Kolmogorov-

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Smirnov and Kruskal-Wallis were applied to k and ϵ_{int} to evaluate the influence of nitrogen levels. For k there were no statistically significant differences ($p < 0,05$), which indicated the uniformity of the canopy structure. The median value of k was 0,79. These results indicate, therefore, that the architecture of the canopy was the most influential factor in the coefficient. Similarly, the ϵ_{int} showed no statistically significant differences between treatments for each campaigns, however, the largest interception efficiency was achieved by treatment T5 ($\epsilon_{int}=0,82$ in Aug/08) and the lowest by T3 ($\epsilon_{int}=0,52$ in July/25).

KEYWORDS: *Solanum Lycopersicum* var., organic management, solar radiation

INTRODUÇÃO

Dentre os fatores ambientais que condicionam o crescimento e desenvolvimento das plantas, a interceptação da radiação solar pelo dossel é o principal, pois participa dos processos bioquímicos, como fotossíntese e transpiração. A arquitetura das plantas, por sua vez, influencia na interceptação da radiação solar e exerce fundamental importância na transmissão da luz no interior do dossel. Outro importante fator é o nitrogênio (N). No tomateiro, a elevação no nível de N fornecido às plantas aumenta a massa de matéria seca das raízes, do caule, das folhas e dos frutos, a altura da planta, o número de folhas, a área foliar, o florescimento, a frutificação e a produtividade. Todavia, o sistema de cultivo também exerce influência sobre a densidade de fluxo de radiação solar em virtude dos processos de absorção, transmissão e reflexão (FERREIRA et al., 2010; ZEIST et al., 2014).

Em virtude disto, este trabalho teve como objetivo estimar o coeficiente de extinção e a eficiência de interceptação da densidade de fluxos de fótons fotossintéticos para a cultura do tomateiro cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) cultivado em ambiente protegido submetido a diferentes doses de N.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Estadual de Pesquisa em Agricultura Orgânica/ Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (CEPAO/PESAGRO-RIO), município de Seropédica (22°48'S, 43°41'W e 33 m de altitude), Rio de Janeiro, no período de 29/05/12 à 20/09/12 (outono-inverno). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, clima tropical, com inverno seco.

O tomate, tipo cereja, cv. Perinha Água Branca, foi cultivado em sistema de cultivo orgânico em vasos de 12 L, arranjados em casa de vegetação com espaçamento de 0,6 m entre fileiras e 0,7 m entre plantas. A casa de vegetação, com área de 160 m², era do tipo estrutura de madeira com cobertura em arco de polietileno de baixa densidade de 150 μ m e aluminet, as laterais foram revestidas com sombrites com 50 % de sombreamento.

A semeadura do tomate ocorreu no dia 17/04/12 e foi realizada em bandejas. Quinze dias após o semeio foi feita o desbaste das mudas e as mesmas foram transplantadas no dia 29/05/12. O experimento foi finalizado no dia 20/09/12 (114 dias após o plantio - DAP).

As plantas de tomate foram tutoradas com o uso de fitilhos presos em arames lisos sobre as fileiras dos tomateiros a altura de 3 m. O estudo contou com 192 vasos com uma planta cada, sendo 32 vasos por tratamento, que totalizou seis tratamentos (oito parcelas por tratamento com quatro plantas cada).

O solo foi preparado a partir da mistura de argila, areia e substrato comercial Top Garden[®] tipo solo base na proporção de 3:2:1. As correções no solo foram realizadas conforme recomendações para o

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

estado do Rio de Janeiro. Na irrigação do tomateiro foi utilizado sistema de irrigação localizada por gotejadores com vazão de 2,4 L/h e um emissor por planta.

Para complementar o aporte de N às plantas, o tomateiro foi submetido a diferentes doses de N (T1=0%, T2=50%, T3=100%, T4=200%, T5=300% e T6=400%) com base no valor de referência para a cultura de 100 kg/ha conforme Matos (2006). As doses de N foram aplicadas por meio de água residuária de bovinocultura de leite (ARB). As lâminas de ARB foram calculadas seguindo as orientações de Macedo et al. (2010). Também foram realizadas adubações foliares em todas as plantas utilizando fertilizante orgânico Agrobio®.

No período de 25/07 a 15/08/12, foram realizadas com um ceptômetro (AccuPAR LP80, Decagon Devices, Inc.) quatro campanhas semanais de medidas da DFFF abaixo ($DFFF_{in}$, $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) e acima do dossel ($DFFF_a$, $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) e estimativas do Índice de Área Foliar (IAF). As medições foram realizadas sempre às 12 horas locais para evitar a influência de outros fatores nas medidas como, ângulo de elevação solar e sombreamento da estrutura.

O coeficiente de extinção da luz no dossel (k) foi obtido para cada tratamento com base no modelo de extinção da radiação baseado na Lei de Beer (1852) e aplicado a um dossel vegetal por Monsi e Saeki (1953), conforme equação 1.

$$DFFF_{in} = DFFF_a \times e^{-k \cdot IAF} \quad (1)$$

O IAF para cada observação e tratamento foi estimado (IAF_{est}) a partir da eq. 1 com o valor de k obtido experimentalmente e comparado com o IAF do ceptômetro (IAF_{cep}). A comparação foi realizada com o ajuste de regressão linear simples forçada a passar pela origem ($Y = \beta_1 X$). Os valores de IAF_{est} e IAF_{cep} para cada tratamento foram plotados, respectivamente, no eixo das ordenadas (Y) e no eixo das abscissas (X) e determinado o coeficiente de determinação (r^2).

A eficiência de interceptação (ϵ_{int}) da densidade de fluxos de fótons fotossintéticos pelo dossel da cultura foi estimada através da equação 2:

$$\epsilon_{int} = \frac{DFFF_{abs}}{DFFF_a} = 1 - \frac{DFFF_{in}}{DFFF_a} \quad (2)$$

em que:

ϵ_{int} - eficiência de interceptação (adimensional);

$DFFF_{abs}$ - densidade de fluxos de fótons fotossintéticos absorvidos pelo dossel ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$);

Nas análises das variáveis mencionadas foram aplicados os testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov e Kruskal-Wallis. Foram utilizados os programas computacionais: Microsoft Excel® na versão 2010; a ferramenta *solver* do Excel; o suplemento Action versão 2.8; e o software estatístico livre Assistat, versão 7.7 beta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de probabilidade de 5%, os dados analisados não apresentaram distribuição normal. A mediana de k foi igual a 0,79 para todos os tratamentos, com exceção de T3 cujo k foi de 0,77. Entretanto, pelos resultados do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5%, não houve diferenças estatísticas significativas de k entre os tratamentos ao longo do período avaliado. O coeficiente de determinação (r^2) resultante da regressão linear ajustada foi de 0,98, o que indicou que o k mediano proporciona precisão elevada na

estimativa do IAF, com subestimativa menor que 1 % (Figura 1).

Tabela 1. Resultado coeficiente de extinção e análise estatística.

Tratamento	K (mediana)	Desvio Padrão	CV (%)
T1	0,780	0,03	3,5
T2	0,798	0,03	5,0
T3	0,770	0,05	6,5
T4	0,796	0,03	4,0
T5	0,794	0,03	4,3
T6	0,791	0,05	5,9
Mediana	0,792	-	-

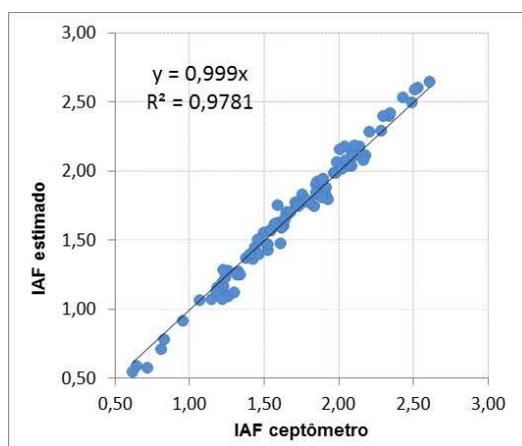


Figura 1. Regressão linear entre o índice de área foliar estimado (IAF_{est}) e índice de área foliar obtido pelo ceptômetro (IAF_{cep}).

Bertine Heuvelink (1993) determinaram para cobertura de plantas de tomateiro cultivado em ambiente de estufa coeficiente de extinção da luz de 0,80. Higashide e Heuvelink (2009), utilizando o modelo de Monsi & Saeki (1953), obtiveram para a mesma cultura coeficiente de extinção da luz de 0,75. Sarlikioti et al. (2011), através de modelagem matemática e computacional concluíram que para o tomate cultivado em ambiente protegido, a forma e o comprimento das folhas afetam a distribuição vertical da luz na cultura.

A máxima eficiência de interceptação foi encontrada na campanha do dia 08/08/12 para o tratamento T5 ($\epsilon_{int}=0,825$) com IAF próximo a 2,5, entretanto, também para mesma campanha T4 mostrou eficiência próxima a máxima e de $\epsilon_{int}=0,823$ (Tabela 1).

Tabela 2. Resultado eficiência de interceptação por tratamento para cada campanha.

Campanhas	T1	T2	T3	T4	T5	T6
25/jul	0,578	0,674	0,521	0,670	0,647	0,714
01/ago	0,701	0,693	0,598	0,764	0,806	0,781
08/ago	0,680	0,741	0,659	0,823	0,825	0,754
15/ago	0,722	0,785	0,662	0,778	0,755	0,762

Oliveira et al. (2013) encontraram, em cultivo irrigado do tomate, valor máximo de eficiência de interceptação de 88 %, o que é próximo ao obtido no presente trabalho.

CONCLUSÃO

A aplicação de diferentes doses de nitrogênio através da água residuária de bovinocultura não influenciou na arquitetura do dossel.

Em termos de eficiência de interceptação o tratamento com 300 % da dose recomendada de nitrogênio (T5) foi o mais eficaz, pois alcançou em menor intervalo de tempo o valor máximo de eficiência comparado aos demais tratamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTIN, N.; HEUVELINK, E. Dry-matter production in a tomato crop: comparison of two simulation models. *Journal of Horticultural Science*, v.68, n.6, p.995-1011, 1993.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. *Rev. Ceres, Viçosa*, v.57, n.2, p. 263-273, 2010.

HIGASHIDE, T., HEUVELINK, E. Physiological and morphological changes over the past 50 years in yield components in tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 134, p.460-465, 2009.

MACEDO et al. 2010 In: Almeida, D.L. et al. Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos e Agrobiologia, 2010. 2ª Edição, 362 p.

MATOS, A.T.; Disposição de águas residuárias no solo. Viçosa, MG: AEAGRI, 2006. 142p. (Caderno Didático n. 38).

MONSI, M., SAEKI, T. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jpn. J. Bot.* 14, p. 22–52, 1953. (On the Factor Light in Plant Communities and its Importance for Matter Production). Londres, *Oxford Journals, Annals of Botany*, 95, 95, p. 549-567, 2005.

OLIVEIRA, L. D. da S.; MOURA, M. S. B. de; SOUZA, L. S. B. de; YURI, J. E.; DINIZ, I. da S.; RODRIGUES, G. D. da S. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo tomateiro tipo cereja no Submédio do Vale São Francisco. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 8, p. 105-110, Anais... Petrolina: EmbrapaSemiárido, 2013.

SARLIKIOTI, V.; VISSER, P. H. B. de; BUCK-SORLIN, G. H.; MARCELIS, L. F. M. How plant architecture affects light absorption and photosynthesis in tomato: towards an ideotype for plant architecture using a functional – structural plant model. Londres, *Oxford Journals, Annals of Botany*, p.1-9, 2011.

ZEIST, A. R.; ZANIN, D. S.; CHAGAS, R. R.; GIACOBBO, C. L.; RESENDE, J. T. V. de. Produtividade, desenvolvimento vegetativo e trocas gasosas de *Physalis peruviana* cultivado em ambiente protegido e a campo. *Enc. Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia*, v.10, n.18; p.4017, 2014.