

ISSN 0104-1347

Eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa e distribuição de fitomassa produzida no meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera

Efficiency of the conversion of photosynthetically active radiation and dry-matter distribution in melon cultivated in greenhouse in the spring

Braulio Otomar Caron¹; Denise Schmidt¹; Sandro Luis Petter Medeiros²; Arno Bernardo Heldwein² e Paulo Augusto Manfron²

Resumo - A eficiência de conversão de radiação fotossinteticamente ativa em fitomassa seca e a distribuição da fitomassa foram determinadas em meloeiro cultivado em estufa plástica. Os experimentos foram realizados na primavera de 1998, em estufa com área de 240m² e cobertura em forma de arco, situada no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS. As plantas foram conduzidas em haste única, tutoradas por fio de rafia, utilizando-se uma população de 3,33 plantas m⁻², com espaçamento de 1,0m entre fileiras. As determinações fenométricas foram iniciadas aos 30 dias após o transplante (DAT). As folhas foram o maior dreno de fotoassimilados no início do ciclo, correspondendo com aproximadamente 81% da fitomassa seca da parte aérea. A partir dos 75DAT, os frutos foram os maiores drenos, sendo que a fitomassa desses órgãos representou cerca de 84% da fitomassa seca da parte aérea aos 107DAT. A eficiência de conversão de radiação fotossinteticamente ativa para a produção de meloeiro na primavera em estufa plástica foi de 2,31 g MJ⁻¹.

Palavras-chave: *Cucumis melo*, distribuição da fitomassa seca, radiação fotossinteticamente ativa, estufa plástica.

Abstract - The efficiency of the conversion of photosynthetically active radiation and dry-matter partitioning was determined for a melon crop cultivated in greenhouse. The experiment was carried out in the spring of 1998, in Santa Maria, at Rio Grande do Sul state- Brazil, using a polyethylene greenhouse with an area of 240m². The plant density was 3.33 plants/m², and row spacing was 1.0m. The leaf was a major sink of the metabolites in early cycle, with 81% of the aerial dry-matter. But, at 75 days after transplant (DAT), the fruits became a greater sink of the dry-matter and 84% of the aerial dry-matter was accumulated in fruits at 107 DAT. The efficiency of conversion of photosynthetically active radiation for the melon production in the spring in greenhouse was of 2.31 g MJ⁻¹.

Key-words: *Cucumis melo*, dry-matter distribution, photosynthetically active radiation, greenhouse.

Introdução

A necessidade de produtos de alta qualidade por exigência do mercado consumidor e os problemas que ocorrem com cultivos tradicionais a campo, faz com que o cultivo protegido (estufa plástica) se

torne uma alternativa viável para o produtor rural. Esta técnica permite a ampliação do período de cultivo de algumas espécies olerícolas de verão, as quais devido as condições meteorológicas adversas normalmente não poderiam ser cultivadas em alguns perío-

¹Eng. Agr., Doutor, Prof. da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), otomarcaron@yahoo.com.br.

²Eng. Agr., Doutor, Professor do Departamento de Fitotecnia, CCR/UFSM.

dos do ano no Rio Grande do Sul. Assim, alonga-se o período de produção diminuindo-se a dependência de importação de outros mercados. A técnica de cultivar em ambientes protegidos causa alterações significativas nos elementos meteorológicos no seu interior, sendo a radiação solar um dos primeiros elementos meteorológicos a ser modificado.

A tendência da agricultura moderna é gerar modelos de simulação de crescimento com o objetivo de detectar os fatores que possam limitar o cultivo ou mesmo interferir no potencial produtivo das espécies. Além disso, os modelos podem ser empregados para prever a produção de uma cultura em função das condições meteorológicas de uma região. Assim, quando utilizado coerentemente, um modelo torna-se uma ferramenta importante para técnicos e produtores no planejamento e avaliação da atividade agrícola.

A produção da fitomassa seca da cultura é função da radiação fotossinteticamente ativa e da eficiência de conversão desta em fitomassa seca (GOSSE, 1994), sendo que esta eficiência é um parâmetro utilizado em modelos de simulação para gerar a fotossíntese líquida de uma cultura. Após a simulação da fitomassa seca, ocorre uma distribuição da mesma entre os diferentes órgãos em crescimento. A distribuição da fitomassa é realizada através da utilização de coeficientes de repartição, os quais variam de acordo com estágio de desenvolvimento. Esta metodologia de simulação encontra-se nos modelos sugeridos por RITCHIE & ALAGARSWAMY (1989), MAAS (1993 a,b) e HAMMER & MUCHOW (1994).

Considerando-se que a conversão da radiação fotossinteticamente ativa em fitomassa varia entre as espécies de interesse econômico, torna-se necessário conhecer a eficiência de cada cultura nos diferentes sistemas de produção, a fim de identificar o potencial de produção e os fatores limitantes à produtividade. O objetivo do trabalho foi determinar a eficiência de conversão da radiação solar em fitomassa do meloeiro cultivado em estufa plástica no cultivo de primavera, bem como sua distribuição nos respectivos órgãos da parte aérea da planta.

Material e métodos

O experimento foi implantado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa

Maria, Santa Maria – RS. A semeadura foi realizada em 15/07/1998 em bandejas de poliestireno com substrato comercial, efetuando-se o transplante em 19/08/1998 quando as plantas apresentavam duas folhas definitivas abertas. Utilizou-se o híbrido Dom Carlos, do tipo rendilhado, adotando-se o espaçamento de 0,30m entre plantas e 1m entre as fileiras. As plantas foram sustentadas por fio de ráfia e conduzidas em haste única, até a altura de 2m, deixando-se a partir de 0,30m de altura as ramificações nas quais houve fixação de frutos. Nessas ramificações, o desponse foi feito após a terceira folha. As folhas na haste principal foram sendo retiradas à medida que apresentavam sinais de senescência, identificada pela coloração amarela em pelo menos 50% de sua área. A partir de 18/09/98, coletou-se semanalmente e aleatoriamente cinco plantas nas quais foram determinada, separadamente, a fitomassa seca das folhas principais, folhas dos ramos secundários, haste principal, ramos secundários, flores e frutos.

A partir de metodologia proposta por MONTEITH (1977), a produção de fitomassa seca de uma cultura pode ser representada pela equação:

$$FSA_{ac} = \epsilon b * \Sigma PARI_{ac} \quad (1)$$

Onde FSA_{ac} é a produção de fitomassa seca; $PARI_{ac}$ a radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada ($PARI$) acumulada; ϵb a eficiência de conversão da radiação $PARI$ em fitomassa seca produzida.

GOSSE (1994) cita que a eficiência ϵb pode ser calculada através da regressão linear entre a FSA_{ac} e $PARI_{ac}$ envolvido na produção da fitomassa. O valor de ϵb , dado pelo coeficiente angular, representa a quantidade de fitomassa formada para cada unidade de energia interceptada.

A radiação fotossinteticamente ativa interceptada foi calculada a partir da metodologia proposta por VARLET-GRANCHER et al. (1989):

$$PARI = 0,95(PARinc)(1 - e^{-K \cdot IAF}) \quad (2)$$

onde $PARI$ é a radiação fotossinteticamente ativa interceptada em $MJ m^{-2}$; K o coeficiente de extinção, adimensional; IAF o índice de área foliar; $PARinc$ a radiação fotossinteticamente ativa incidente, $MJ m^{-2}$.

O valor de K depende das propriedades óticas das folhas e da geometria do dossel vegetal. De acordo NEDERHOFF (1984) apud PEIL (2000), a cultura do pepino em estufa apresentou um valor de K de 0,8. Portanto, adotou-se esse valor de K para a cultu-

ra do meloeiro, pois as duas culturas possuem arquitetura similar.

O IAF foi determinado com base nas folhas principais, a partir da área foliar total de cada planta e da área de solo explorada por esta (0,30m²). Dessa maneira, calculou-se o IAF de cada planta com base na equação:

$$\text{IAF} = \text{AF}/\text{AES} \quad (3)$$

Onde: IAF é o índice de área foliar; AF a área foliar total da planta em m²; AES a área explorada de solo pela planta em m².

A radiação solar global incidente foi estimada através da metodologia proposta por ESTEFANEL, et al. (1990), obtendo-se os dados de insolação junto à estação meteorológica situada a 100m da estufa. A radiação fotossinteticamente ativa incidente foi estimada considerando-se como sendo 45% da radiação solar global incidente segundo sugerido por ASSIS et al. (1989) e PANDOLFO (1995). A temperatura e umidade do ar foram medidos através de um termohigrógrafo instalado em um abrigo situado no interior da estufa, a 1,5m do solo.

A área foliar foi calculada através do “método de discos”, ou seja, coletaram-se discos do limbo foliar (folhas principais) em cada repetição. O número de discos variou de 15 (na primeira semana de coleta) a 50 discos por repetição à partir da sexta semana de coleta. Dessa maneira, calculou-se a área foliar de cada planta através da equação:

$$\text{AF} = (\text{n}^\circ \text{ de discos} \cdot \text{AD} \cdot \text{FSF})/\text{FSD} \quad (4)$$

Onde: AF é a área foliar em m²; AD a área dos discos em m²; FSF a fitomassa seca das folhas (g) e FSD a fitomassa seca dos discos (g).

Resultados e discussão

A eficiência de conversão da PAR interceptada em fitomassa (ϵb) do meloeiro, espécie C₃, foi igual a 2,31 g MJ⁻¹ (Figura 1). Esse valor é inferior ao encontrado por BARNI et al. (1995) para a cultura do girassol, com eficiência de conversão de 2,457 g MJ⁻¹ e ao valor de 2,5 g MJ⁻¹, observado por HEUVELINK (1995) para a cultura do tomateiro cultivado em estufa. Porém, os maiores valores encontrados por esses autores explicam-se pelo fato de que os mesmos consideraram a radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelo o cultivo, a qual é inferior a radiação interceptada. Assim, o valor para eficiência de conversão

será maior quando se considera a radiação absorvida. Já para o sorgo, espécie C₄, RITCHIE & ALAGARSWAMY (1989) citam um valor de ϵb igual a 4.

A distribuição dos fotoassimilados nos diferentes órgãos foi distinta ao longo do período experimental (Figura 2). Dos 30 aos 75 DAT, as folhas destacaram-se como maior dreno para a fitomassa seca produzida. Nesse período, ocorreu um acentuado crescimento das folhas, determinando um rápido aumento no IAF da cultura. Observa-se que antes da emissão dos ramos secundário, dos 30 aos 44 DAT, as folhas dos ramos principais possuem um crescimento intenso acumulando aproximadamente 81% da fitomassa seca da parte aérea.

A partir dos 44DAT, surgiram dois novos drenos para fitomassa produzida devido ao aparecimento dos ramos secundários e a emissão de folhas nesses órgãos (Figura 2). Entre 44 e 51 DAT, também se observou uma queda expressiva na fração de fitomassa representada pelas folhas e haste principais. No mesmo período foi observado um rápido crescimento de folhas e ramos secundários, indicando que esses órgãos se tornaram um importante dreno para os fotoassimilados, principalmente os ramos secundários onde surgirão as flores femininas.

De acordo com MONTEIRO (1995), das primeiras semanas do subperíodo vegetativo até o início da floração, os valores mais adequados para a umidade relativa do ar encontram-se na faixa de 65 a 70% e para o aparecimento das primeiras flores até o final do ciclo, os valores mais adequados encontram-se na

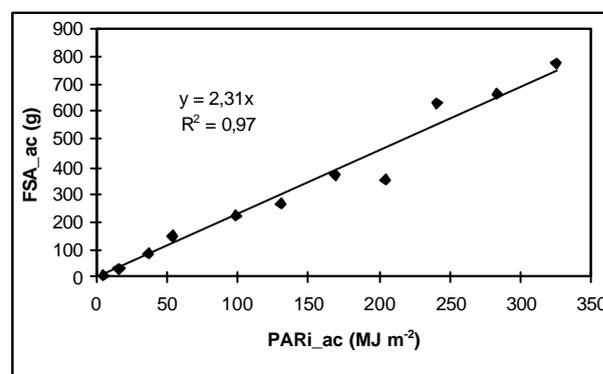


Figura 1 Relação entre a Radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada (PARi_{ac}, MJ/m²) e a produção de fitomassa seca acumulada (FSA_{ac}, g) do meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. Santa Maria, RS - 1998.

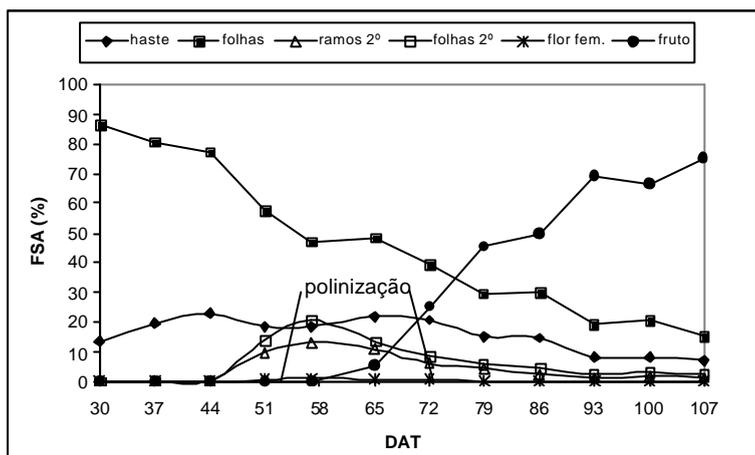


Figura 2. Distribuição da fitomassa seca total da parte aérea (FSA) nos diferentes órgãos do meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera em função dos dias após o transplante (DAT). Santa Maria, RS - 1998. (haste = fitomassa seca da haste principal; folhas = fitomassa seca das folhas principais, folhas 2° = fitomassa seca das folhas dos ramos secundários, ramos 2° = fitomassa seca dos ramos secundários, flor fem. = fitomassa seca das flores femininas e fruto = fitomassa seca dos frutos).

faixa de 60 e 70. A UR média verificada no período de polinização foi 71% (Figura 3), não sendo, portanto um fator limitante para o período de polinização (Figura 2).

Observa-se na Figura 3 que entre 51 até 72 DAT, período de polinização, a radiação solar global diária (RS) também não foi um fator limitante para a floração e manutenção de frutos. Com exceção dos dias 56, 57, 64, 66 e 67DAT, os valores estimados de RS no interior da estufa foram, geralmente, superiores ao valor mínimo de 8,4 MJ m⁻²dia⁻¹, citado como limitante para hortaliças de verão (FAO, 1990).

Considerando-se a faixa de valores ótimos de temperatura do ar (25 a 30°C), citada por CERMEÑO (1978) para o meloeiro, pode-se considerar que a temperatura do ar foi um fator que pode ter prejudicado a polinização (Figura 2), pois os valores de temperatura máxima do ar foram superiores a 30°C (Figura 3) durante o período da polinização, entre 51 a 72 DAT. Conseqüentemente, diminuiu o número de frutos, resultado do abortamento de flores e de frutos em crescimento, refletindo em uma produtividade de 6,9 Kg m⁻², contra 14,7 kg m⁻² obtidos em um experimento anterior com a mesma cultivar na primavera de 1997.

A fitomassa seca alocada para a haste principal das plantas do meloeiro manteve-se constante, principalmente, até período de polinização (Figura 2). Essa característica pode indicar que a haste principal seja um importante dreno de fotoassimilados das folhas. O declínio observado na percentagem de fitomassa seca de folhas e haste principal verificada aos 51DAT, está associado ao período de emissão de folhas e ramos secundários, que atinge o ponto máximo de acúmulo de fitomassa aos 57 DAT. A haste principal do meloeiro pode funcionar como reserva a ser utilizada durante a emissão de folhas e ramos secundários, sobre os quais ocorrerá a emissão de flores femininas. Esse fato é reforçado pela constatação de que a percentagem de fitomassa alocada para a haste principal começa a diminuir depois de terminado o período de polinização.

Apesar do início do desenvolvimento dos frutos (65 DAT), os demais órgãos continuaram acumulando fotoassimilados, porém em menor proporção (Figura

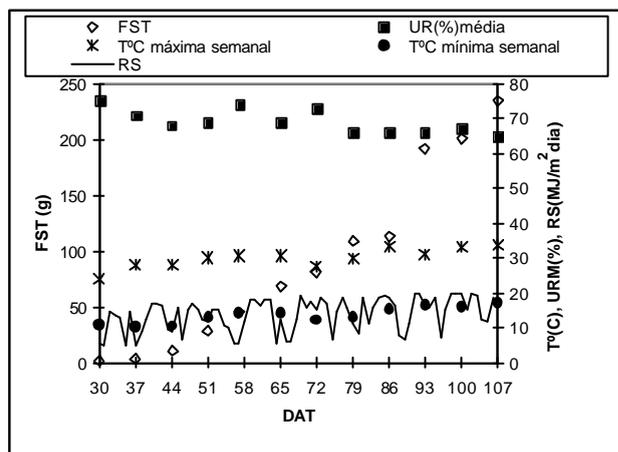


Figura 3. Variações das temperaturas máximas (Tmáx, em °C) e mínimas (Tmín, em °C), umidade relativa média semanal do ar (URM, em %), radiação solar global incidente média semanal (RS, em MJ m⁻²) e fitomassa seca total da parte aérea (FST, em g) para o meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera em função dos dias após o transplante (DAT). Santa Maria, RS - 1998.

2). Os frutos tornam-se o maior dreno dos fotoassimilados e são os órgãos responsáveis pelo rápido incremento da fitomassa seca da planta, principalmente após os 79DAT (Figura 3). Verificam-se quedas mais acentuadas, cerca de 10%, para a fração representada pelas folhas principais, principalmente, entre os 72 e 79 DAT e dos 86 aos 93 DAT. O mesmo fato ocorre para a haste principal nos mesmos períodos, onde também verificam uma diminuição de 5 e 7 pontos percentuais, nos respectivos períodos. Nessas mesmas datas, também foram observados valores máximos de fitomassa alocados para os frutos.

Conclusões

A eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa seca (ϵb) do meloeiro cultivado em estufa plástica foi de 2,31 g MJ⁻¹. No início do ciclo, as folhas são os principais órgãos consumidores de fitomassa seca produzida, enquanto que a partir dos 75 DAT os frutos tornam-se os principais drenos de fotoassimilados produzidos.

Referências bibliográficas

- ASSIS, F.N., MENDEZ, M.E.G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 2, n. 7, p. 797-800, 1989.
- BARNI, N.A. et al. Rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e temperatura: II. Produção de fitomassa e rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 201-216, 1995.
- CERMEÑO, Z.S. **Cultura de plantas hortícolas em estufa**. Lisboa: Lixeta, 1978. 367 p.
- ESTEFANEL, V. et al. Insolação e radiação solar na Região de Santa Maria, RS: I - Estimativa da radiação solar global incidente a partir dos dados de insolação. **Revista Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 20, n. 3-4, p. 203-218, 1990.
- FAO. **Protected cultivation in the mediterranean climate**. Rome: FAO, 1990. 313 p. (Plant Production and Protection Paper, 90).
- GOSSE G. European Sweet Sorghum Network ESSON State of art, Progress Report and Perspectives. In: EUROPEAN CONFERENCE, 8., Viena, 1994. **proceedings...**, Biomass for energy environment agriculture and industry, Viena: CHARTIER, Ph., BEENACKERS A.A.C.M., GRASSI G. (eds). p 322-331.
- HAMMER G.L., MUCHOW, R.C. Assessing climatic risk to sorghum production in water-limited subtropical environments. I. Development and testing of a simulation model. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 36, p. 221-234. 1994.
- HEUVELINK E. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. **Scientia Horticulturae**, v. 61, p. 77-99. 1995.
- MAAS S.J. Parameterized model of gramineous crop growth. I. Leaf area and dry matter simulation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 348-353, 1993a.
- MAAS S.J. Parameterized model of gramineous crop growth. II. Within-season simulation calibration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 354-358, 1993b.
- MONTEIRO, S.B. **Irrigação por gotejamento na cultura do melão em estufa e seu efeito na produção**. UNESP: Botucatu, SP, 1995. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônomicas do Campus de Botucatu/ UNESP, 1995.
- MONTEITH, J.L. Climate and the efficiency crop production in Britain. **Philosoph. Trans. R. Soc. Lon. B.**, Londres, v. 281, p. 277-294, 1977.
- PANDOLFO, C. **Parâmetros básicos para uso na modelagem do rendimento de matéria seca de alfafa (*Medicago sativa* L.)**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 128 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.
- PEIL, R.M. **Radiación solar interceptada y crecimiento del pepino cultivado en NFT**. Almeria, Espanha: Escuela Politécnica Superior, 2000. 128 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidad de Almeria, Escuela Politécnica Superior, 2000.
- RITCHIE J.T., ALAGARSWAMY G. Physiology of sorghum and pearl millet. In: VIRMANI, S.M., TANDON H.L.S., ALAGARSWAMY G. (eds). **Modeling the growth and development of sorghum and pearl millet** ICRISAT, India, 1989. 45 p. (Research Bulletin n. 12).
- VARLET-GRANCHER C. et al. Mise au point: rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, Paris, v. 9, p. 419-439, 1989.