

EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA PARA A PRODUÇÃO DE FITOMASSA DA CULTURA DA ABÓBORA ITALIANA EM AMBIENTE PROTEGIDO

RIBEIRO, DÁGNON S.¹, MENDEZ, MARTA E. G.², SCHÖFFEL, EDGAR RICARDO²,
BÖHMER, CLÊNIO R. K.³, PAULA, VIVIANE A.⁴, FRAGA, DIEGO⁵

¹Eng. Eletricista, Mestre em Meteorologia, Prof. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas (CEFET-RS), Doutorando em Agronomia - FAEM/UFPEL, Pelotas - RS, Fone: (0xx53) 32270167, dagnon@pop.com.br;

² Eng^{o(a)} agrônomo(a), Prof.^(a) Dr.^(a), Depto. de Fitotecnia, FAEM/UFPEL, Pelotas - RS;

³Eng. Eletricista, Mestre em Meteorologia, Prof. do CEFET-RS, Doutorando em Sist. de Prod. Agric. Familiar - FAEM/UFPEL, Pelotas-RS;

⁴Eng^a agrônoma, Mestre em Agronomia, FAEM/UFPEL, Pelotas - RS;

⁵Graduando em Agronomia - FAEM/UFPEL.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 –
Aracaju – SE

RESUMO: O presente trabalho objetivou quantificar a eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) para a produção de fitomassa da cultura da abóbora italiana (*Cucurbita pepo* L. var. *melopepo* cv. Caserta) cultivada com diferentes doses de adubação orgânica, em ambiente protegido, no período de verão-outono. O experimento foi conduzido de fevereiro a maio de 2006, na área experimental do Departamento de Fitotecnia (DFt) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Capão do Leão-RS, em estufa plástica. Foi adotado o delineamento experimental inteiramente ao acaso, constituído de três tratamentos com cinco repetições (sem biofertilizante; com uma dose de vermicomposto bovino sólido (VBS); e com duas doses de VBS). A eficiência de conversão da radiação em fitomassa, estimada em função da radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a cultura, é menor para o cultivo sem biofertilizante (0,501 g MJ⁻¹), com aumento progressivo entre uma dose (0,989 g MJ⁻¹) e duas doses (1,666 g MJ⁻¹) do biofertilizante. Quando se considera a PAR interceptada pela cultura, a eficiência de conversão da radiação em fitomassa aumenta (3,22 g MJ⁻¹).

PALAVRAS-CHAVE: radiação PAR, *Cucurbita pepo*, adubação orgânica.

ABSTRACT: The present work had for objective to quantify the conversion efficiency of the radiation in biomass of the Summer Squash cultivation (*Cucurbita pepo* L. var. *melopepo* cv. Caserta) cultivated under different doses of organic fertilizer in a protected environment in the summer-autumn period. The experiment was carried out from February to May, in 2006, at DFt/FAEM, at Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Capão do Leão-RS, inside polyethylene greenhouse. The experiment was set up in a entirely randomized delineation, constituted of three treatments with five replications (fertilizer absence; one dose of solid bovine vermicompost (VBS); two doses of VBS). The conversion efficiency of the radiation in biomass, estimated in function of photosynthetically active radiation (PAR) incident on the cultivation, it is smaller for the cultivation with fertilizer absence (0,501 g MJ⁻¹), with progressive increase among one dose (0,989 g MJ⁻¹) and two doses (1,666 g MJ⁻¹) of the organic fertilizer. When is considered the PAR intercepted by the cultivation, the conversion efficiency of the radiation in biomass increases (3,22 g MJ⁻¹).

KEY WORD: radiation PAR, *Cucurbita pepo*, organic fertilizer.

INTRODUÇÃO: A radiação solar é praticamente a única fonte de energia para os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais. A produção de matéria seca de uma planta depende da quantidade de radiação solar interceptada e absorvida pelas folhas, e da eficiência com que as folhas convertem a energia radiante em energia química através da fotossíntese. Contudo, somente uma fração do espectro solar é utilizada pelas plantas para o processo de conversão, denominada radiação fotossinteticamente ativa (PAR), que se encontra dentro da faixa espectral de 400 a 700 nm, faixa onde ocorre a excitação das moléculas de clorofila dando início ao fluxo de energia requerida na fotossíntese (LARCHER, 2000). A eficiência de conversão da radiação solar em fitomassa (ou rendimento energético) é obtida pela relação entre o total de matéria seca produzido pela cultura (g m^{-2}) e o total de radiação solar acumulado durante o ciclo da cultura (MJ m^{-2}). As relações baseadas na quantidade de radiação solar e na eficiência de sua conversão em matéria seca têm sido utilizadas por diversos autores com a finalidade de estimar ou de analisar o crescimento de diferentes culturas. Apesar do conceito de eficiência de uso da radiação solar se referir à radiação fotossinteticamente ativa interceptada ou absorvida pela planta, também poderá ser expressa em função dos totais de radiação global e radiação fotossinteticamente ativa incidente (BECKMANN, 2004). Este trabalho teve por objetivo quantificar a eficiência de conversão da PAR para a produção de fitomassa da cultura da abóbora italiana (*Cucurbita pepo* L. var. *melopepo* cv. Caserta) cultivada com diferentes doses de adubação orgânica, em ambiente protegido, no período de verão-outono.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) no Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), no município de Capão do Leão ($31^{\circ}52'S$, $52^{\circ}21'W$ e 13 m de altitude). De acordo com a classificação de Köppen, o clima do local é do tipo Cfa, sendo o solo da área experimental, conforme PINTO et al. (1999), classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico Solódico. A condução do experimento foi em estufa plástica com cobertura em arco, disposta no sentido Leste-Oeste, com área de 180 m^2 ($18 \times 10 \text{ m}$), pé direito lateral de 3,0 m e cumeeira de 4,5 m na parte central, com estrutura de ferro galvanizado e cobertura com filme transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de $150 \mu\text{m}$ e com aditivo anti-ultravioleta (anti-UV). O experimento foi conduzido utilizando o delineamento experimental inteiramente ao acaso, constituído de três tratamentos com cinco repetições. A adubação foi orgânica tendo sido utilizado como adubo o vermicomposto bovino sólido (VBS), obtido por vermicompostagem, utilizando-se a minhoca vermelha-da-califórnia (*Eisenia foetida*). A partir da análise do solo bem como do vermicomposto bovino foi determinada a quantidade de adubo necessária para a correção dos nutrientes, de acordo com as recomendações da ROLAS (2004), para a cultura utilizada. Os três tratamentos utilizados consistiram de: tratamento 0 (testemunha – sem biofertilizante), tratamento 1 (uma dose de VBS) e tratamento 2 (duas doses de VBS). A semeadura da abóbora italiana foi realizada em 24/02/2006, em sistema de bandejas flutuantes de poliestireno expandido de 72 células, preenchidas com substrato a base de cinza de casca de arroz (25%) e vermicomposto bovino (75%). O transplântio foi feito em 16/03/2006 quando as mudas apresentavam entre duas e três folhas definitivas e a colheita final foi em 10/05/2006. As mudas transplantadas foram distribuídas em 15 parcelas, cada uma com área útil de $5,4 \text{ m}^2$ ($1,2 \times 4,5 \text{ m}$) coberta com filme plástico preto “mulch” de 0,05 mm de espessura. Em cada parcela foram colocadas 10 plantas distribuídas em duas linhas, no espaçamento de $0,9 \times 0,6 \text{ m}$ com linhas desencontradas, numa densidade de $1,85 \text{ plantas m}^{-2}$, sendo de 1,2 m o espaçamento entre as linhas duplas. As plantas foram conduzidas em haste única, eliminando-se todas as brotações laterais, sendo a sustentação destas realizada por fios

de rafia. Foram realizadas desfolhas a partir dos 19 dias após o transplântio (DAT) para melhorar as condições de ventilação entre as plantas e eliminar as folhas senescentes e/ou atacadas por oídio (*Sphaerotheca fuliginea*). Além disso, como medida de controle de fungo, foi feita a aplicação de leite cru de vaca diluído em água na concentração de 10% (BETTIOL, 2004). Foram realizadas três aplicações, a primeira em 05/04, a segunda em 12/04 e a terceira em 20/04. O sistema de irrigação utilizado foi do tipo localizado (gotejamento) acompanhando as linhas de cultivo sendo as parcelas mantidas na capacidade de campo (-0,1 a -0,33 atm), utilizando-se, para isso, um tensiômetro de coluna de mercúrio por tratamento. A produção de matéria seca total da cultura foi quantificada através de análise das plantas ao final do experimento, incluindo os frutos colhidos durante o processo produtivo, bem como as folhas provenientes da desfolha antecipada. O material colhido foi seco em estufa de ventilação forçada a 65°C, até peso constante. Quantificou-se a radiação solar global incidente (Rs) através de dois tubos solarímetros localizados nas parcelas centrais, a 1,35 m de altura do solo. Monitorou-se também a radiação fotossinteticamente ativa transmitida (PAR_{ts}) através de um quantômetro marca LI-COR, modelo LI 190SB, localizado no centro do ambiente, ao nível do solo, em canteiro do tratamento 1, abaixo do dossel vegetativo. Os sensores meteorológicos foram conectados a um sistema de aquisição de dados, Datalogger Modelo CR21 XL – Campbell Scientific, que a cada dez segundos registrou as medições sendo armazenado um valor médio a cada 15 minutos. A partir dos valores medidos de Rs em Wm⁻² e PAR em μmol s⁻¹ m⁻², integralizou-se os referidos valores de radiação entre o nascer e o pôr-do-sol, obtendo-se as radiações totais diárias e convertendo ambas para MJ m⁻² dia⁻¹. A PAR incidente (PAR_{inc}) foi obtida através da relação média com a Rs (PAR_{inc}/Rs) de 40%, obtida por BECKMANN (2004), em experimento com a cultura do tomate no mesmo ambiente utilizado neste trabalho. A eficiência de conversão da PAR_{inc} em fitomassa (EC) foi obtida a partir da relação: $EC = MS_{total}/PAR_{inc}$, onde MS_{total} é a matéria seca total da parte aérea. Para o tratamento 1, estimou-se também a PAR interceptada (PAR_{int}) através da equação: $PAR_{int} = PAR_{inc} - PAR_{ts}$, e a eficiência de interceptação (ε_{int}) pela relação: $\epsilon_{int} = PAR_{int}/PAR_{inc}$. Com a PAR_{int} relativa ao tratamento 1, calculou-se a eficiência de conversão da PAR_{int} em fitomassa (EC*) em função do valor total dessa radiação ao final do ciclo, integrado a partir do 15º dia após o transplântio (início do florescimento) quando o sensor de PAR efetivamente passou a ficar sombreado pelo dossel da cultura, pela relação: $EC* = MS_{total}/PAR_{int}$. Os resultados de matéria seca total previamente foram submetidos à análise de variâncias – teste F, e devido a heterogeneidade das variâncias, também foram submetidos à comparação de médias pelo teste de DUNCAN. O nível de significância dos testes foi de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 estão apresentados os valores de produção total de matéria seca da parte aérea e a eficiência de conversão da PAR_{inc} em fitomassa - EC, da cultura da abóbora italiana, ao final do seu ciclo de cultivo, para os três tratamentos utilizados. Os valores de matéria seca total da parte aérea (MS) diferiram estatisticamente pelo teste F e de Duncan, sendo que o tratamento 2 apresentou o maior valor de matéria seca e o tratamento 0, o menor valor. Esses resultados refletem os valores de EC de cada tratamento, ou seja, para uma radiação PAR incidente total de 214,67 MJ m⁻², a maior produção de matéria seca por MJ, maior eficiência de conversão, foi obtida pelo tratamento 2, e a menor, pelo tratamento 0. Em termos relativos, o tratamento 2 obteve uma EC superior em 68,5% e 232,5%, aos tratamentos 1 e 0, respectivamente, enquanto a EC do tratamento 1, foi superior em 97,4% a do tratamento 0. Esses resultados demonstram que a EC sofre efeito da dose de adubação orgânica aplicada. A utilização de vermicomposto bovino proporciona melhorias nas características físicas e químicas do solo, eleva sua CTC e proporciona uma maior disponibilidade de nutrientes para as plantas, o que, provavelmente tenha ocorrido neste

trabalho. Não há muitas publicações a respeito da cultura da abóbora italiana, o que torna difícil a comparação de resultados. STRASSBURGUER et al. (2006), em experimento com a

Tabela 1. Matéria seca total da parte aérea e eficiência de conversão da PAR_{inc} em fitomassa (EC), da cultura da abóbora italiana, cultivada sem biofertilizante (0), com uma dose de VBS (1) e com duas doses de VBS (2), no período de 16/03/2006 a 10/05/2006, em Pelotas-RS.

| Tratamento | Matéria seca – MS ($g\ m^{-2}$) | Eficiência de conversão da PAR_{inc} em fitomassa – EC ($g\ MJ^{-1}$) |
|------------|-----------------------------------|---|
| 0 | 107,52c | 0,501 |
| 1 | 212,25b | 0,989 |
| 2 | 357,75a | 1,666 |
| Teste F | 36,16 | |
| C.V. (%) | 9,7 | |

* Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

cultura da abóbora italiana, cultivada em substrato com diferentes concentrações salinas da solução nutritiva, obteve para o período de verão-outono, como produções totais de matéria seca da parte aérea, os valores de: 92,90, 124,98, 195,98 e 220,50 $g\ planta^{-1}$, para as concentrações salinas de 1,3, 1,7, 2,1 e 4,2 $dS\ m^{-1}$, respectivamente. Considerando a produção de matéria seca em gramas por planta, tanto os maiores valores de produção (concentrações salinas de 2,1 e 4,2 $dS\ m^{-1}$) quanto os menores (concentrações salinas de 1,3 e 1,7 $dS\ m^{-1}$), são resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho. Destaca-se que STRASSBURGUER et al. (2006) desenvolveu seu experimento no mesmo período de cultivo e local que este experimento, com sua estufa localizada ao lado da estufa utilizada neste trabalho. Assim, embora não tenham sido estimadas as eficiências de conversão da radiação em fitomassa em seu experimento, pelos resultados obtidos de matéria seca total e pelas similares condições experimentais, se fossem estimadas, em que pese, entre outros, pequenas diferenças de espaçamento entre plantas, tais eficiências de conversão também seriam semelhantes às obtidas neste trabalho. Para outras culturas, como por exemplo, a do tomate, tem-se mais publicações a respeito da EC da cultura. BECKMANN (2004), em experimento com a cultura do tomate, no período de verão-outono, na mesma estufa utilizada neste experimento, também calculou a eficiência de conversão da radiação em fitomassa a partir da PAR incidente, obtendo os valores de EC de 1,5, 1,5 e 1,4 $g\ de\ MS\ MJ^{-1}$, para os tratamentos de adubação mineral, adubação com duas doses de VBS e com uma dose de VBS, respectivamente. Esses resultados, segundo a autora, estão de acordo com outros trabalhos para a mesma cultura, sendo que as diferenças observadas foram atribuídas às diferenças na densidade de plantio, hábito de crescimento da cultura e sistemas de poda e desbaste foliar. Embora a cultura seja diferente, cabe destacar a semelhança de resultados, do tratamento com duas doses de VBS utilizado por BECKMANN (2004), com o tratamento com a mesma dose de adubação utilizado neste trabalho (tratamento 2). Pela medida da PAR interceptada pela cultura, integralizada a partir de 15 DAT (início do florescimento), medida efetuada em canteiro do tratamento 1, obteve-se a eficiência de interceptação média (ϵ_{int}) de 0,43, ou seja, em média, 43% da PAR incidente foi interceptada pela cultura (tratamento 1) no período considerado. Para esse período, os totais de PAR_{inc} , PAR_{ts} , PAR_{int} , foram, respectivamente, de: 153,33, 87,34 e 65,99 $MJ\ m^{-2}$. Com relação a PAR_{int} , a eficiência de conversão da radiação em fitomassa relativa ao tratamento 1, no período considerado, foi de 3,22 $g\ MJ^{-1}$. Esse resultado, na comparação direta com o obtido através da PAR_{inc} , foi bastante superior, demonstrando que o resultado do cálculo da eficiência de conversão a partir da PAR_{inc} fica subestimado. A

produção de matéria seca depende da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelas folhas e da eficiência com que esta energia radiante é convertida em energia química pela fotossíntese. Portanto, a obtenção da eficiência de conversão da radiação em fitomassa através da PAR absorvida é uma medida mais adequada, porém, em função da dificuldade de aquisição dos sensores, neste trabalho utilizou-se a PAR_{int} para a referida determinação, assim como em outros trabalhos também tem sido utilizada esta medida, conforme CHARLES-EDWARDS & THORLEY (1973) e PAPADOPOULOS & PARARAJASIGHAM (1997), citados por BECKMANN (2004). A respeito da relação entre esses dois tipos de medida da radiação PAR, RADIN (2002), para a cultura do tomateiro, verificou que a PAR interceptada e a PAR transmitida tiveram um padrão de variação similar no decorrer do ciclo da cultura, sendo que cerca de 10% da PAR interceptada não foi absorvida pela cultura, representando a porção refletida pelo solo e pela cultura, medida acima do dossel, considerada como radiação perdida.

CONCLUSÃO: A eficiência de conversão da radiação em fitomassa da cultura da abóbora italiana, em função da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) incidente sobre a cultura, é menor para o cultivo sem biofertilizante ($0,501 \text{ g MJ}^{-1}$), com aumento progressivo entre uma dose ($0,989 \text{ g MJ}^{-1}$) e duas doses ($1,666 \text{ g MJ}^{-1}$) do biofertilizante. Quando se considera a PAR interceptada pela cultura, a eficiência de conversão da radiação em fitomassa aumenta ($3,22 \text{ g MJ}^{-1}$).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BECKMANN, M. Z. **Uso da radiação solar pela cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sob adubação orgânica em ambiente protegido.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, 2004, 85f.
- BETTIOL, W. Leite de vaca cru para o controle de oídio. **Comunicado Técnico 14** - Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, abr./ 2004.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** Rima: São Carlos, 2000. 531p.
- PINTO, L.F.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S.; SOUSA, R.O. Caracterização de solos de várzea. In: GOMES, A.S., PAULETTO, E.A. (ed.) Manejo do solo e da água em área de várzea. Pelotas: EMBRAPA - Clima Temperado, 1999. 201p.
- RADIN, B. **Eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo tomateiro cultivado em diferentes ambientes.** Tese de doutorado, Universidade Federal de Porto Alegre, Porto Alegre, 2002. 127f.
- ROLAS. **Recomendação de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 3.ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1994. 224p.
- STRASSBURGUER, A.; PEIL, R.; FONSECA, L.; AUMONDE, T. Produção de biomassa na cultura da abobrinha italiana cultivada em substrato com diferentes concentrações salinas da solução nutritiva. In: XV Congresso de Iniciação Científica - VIII Encontro de Pós-Graduação. **Anais do...** Pelotas, RS: Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, 2006.