

# EFICIÊNCIA AGROENERGÉTICA DO CULTIVO DE MELÃO EM ESTUFA PLÁSTICA NUMA PERSPECTIVA AGROECOLÓGICA

Marcelino HOPPE<sup>1</sup>, Sergio R. MARTINS<sup>2</sup>, Gustavo SCHIEDECK<sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

A história da agricultura mostra os esforços do homem em aumentar a produção através de novas maneiras de introdução de energia nos sistemas de cultivo.

A partir da crise do petróleo (início dos anos 1970), a eficiência agroenergética passou a ser um critério de avaliação do desempenho das culturas (KHATOUNIAN, 1997). Nos cultivos em ambientes protegidos é importante a avaliação dos fluxos de energia radiante. Mas, também devem ser consideradas as energias complementares utilizadas para a produção. Neste sentido, as práticas fitotécnicas para uma agricultura sustentável devem contribuir para um balanço positivo dos agroecossistemas, de modo que a energia produzida (biomassa) venha a superar a energia por eles consumida (MARTINS, 1997).

A planta transforma energia radiante em energia aproveitável (biomassa). A contabilidade final dos fluxos de radiação resulta em uma eficiência líquida teórica da conversão da radiação solar global (RG) e da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) entre 4,8 e 11% para plantas C<sub>3</sub> e 6,1 e 14% para plantas C<sub>4</sub>, respectivamente. Porém, devido às limitações ambientais (clima e solo) e características morfológicas e fisiológicas das plantas, a eficiência energética final da fixação da radiação através da fotossíntese, na maioria das espécies cultivadas, é diminuída mais ainda, resultando em aproximadamente 1% (MARTINS, 1997). Por outro lado, as alternativas tecnológicas para superar tais limitações têm sido apoiadas num gasto crescente de energia não renovável, cuja finitude, exige novas soluções, numa perspectiva sustentável do ponto de vista econômico, social e ambiental.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência energética do cultivo de melão em estufa plástica, considerando os fluxos da radiação solar global externa e interna, radiação fotossinteticamente ativa interna, a energia complementar utilizada, bem como a produção de biomassa da cultura submetida a diferentes doses de adubação orgânica comparadas com a adubação mineral, no período verão – outono.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em estufas plásticas (307,32m<sup>2</sup> e 941,30m<sup>3</sup>), localizada na UFPel, Capão do Leão, RS (31°52'32" S). O meloeiro (*Cucumis melo* L), híbrido Trusty SLS, tipo Cantaloupe foi semeado em 27/01/2000 em sistema Float para a produção de mudas, com transplante em 24/02, na densidade de 4,0 plantas.m<sup>-2</sup>. O delineamento

experimental foi Blocos Casualizados com 8 tratamentos, 3 repetições, e 24 parcelas de 6,0m<sup>2</sup>.

As fontes de adubação orgânica foram vermicomposto (V), e cinza de casca de arroz (CCA). A adubação mineral constou de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Os tratamentos foram: a) adubação mineral completa (NPK) - **Mineral**; b) V para suprir o nitrogênio (N) - **1V(N)**; c) CCA para suprir o potássio (K) - **1C(K)**; d) V para suprir 50% do N e CCA para suprir o K - **1/2V+ 1C**; e) V para suprir o N e CCA para suprir o K - **1V+ 1C**; f) V para suprir o N e CCA para suprir 50% do K - **1V+ 1/2C**; g) Testemunha sem adubação - **Test**; h) V para suprir 50% do N e CCA para 50% do K - **1/2V+ 1/2C**.

A radiação solar global interna incidente (RG<sub>i</sub>) foi medida através da média de 8 tubos solarímetros construídos artesanalmente, instalados sobre os canteiros centrais, no sentido norte-sul. A radiação fotossinteticamente ativa interna incidente (RFA<sub>i</sub>) foi medida com um quantômetro marca LICOR, modelo LI190SB, instalado na região central da estufa, a 2m de altura.

A aquisição e o armazenamento de dados foram realizados com um micrologger, marca Campbell Scientific 21 XL operando com intervalo de 10 segundos e agrupando os dados a cada 15 minutos. Os dados de radiação solar global externa incidente (RG<sub>e</sub>) ocorrida durante o período do experimento, foram observados na Estação Agroclimatológica da UFPel/Embrapa-CPACT, distante 600m do local do experimento.

As energias complementares, referentes aos insumos utilizados na produção de melão (semente, fertilizante, defensivo, estrutura, material plástico, etc.), bem como na mão de obra para as tarefas de cultivo, foram obtidas de HOPPE (2002) e são apresentados na Tabela 2.

A eficiência agroenergética da estufa plástica foi avaliada através da relação entrada/saída de energia. Os inputs energéticos foram contrastados com os outputs de energia do sistema representados pela biomassa vegetal. Foram calculados índices de eficiência energética completa (EEC), relacionando a energia que saiu do sistema (biomassa total ou biomassa dos frutos) com a energia que entrou no sistema, ou seja, a radiação solar incidente (RFA<sub>i</sub>, RG<sub>i</sub>, ou RG<sub>e</sub>) acrescida da energia complementar contida nos insumos e mão de obra, utilizados em cada tratamento. O cálculo da energia produzida pela biomassa total considerou o valor energético de 1,46 MJ.kg<sup>-1</sup> para fruto fresco de melão (90% de água) proposto por MAHAN & ESCOTT-STUMP (1998), e 19,05 MJ.kg<sup>-1</sup> de matéria seca para a palha de melão de acordo com SANDER (1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

<sup>1</sup> Dr. Prof. DEAA – UNISC, C.Postal 188, 96.815-900 97105-900 Santa Cruz do Sul, RS, E-mail:hoppe@unisc.br;

<sup>2</sup> Dr. Prof. UCPel/UFPel;

<sup>3</sup> Dr. Prof. UFPel.

Os totais e médias de radiação global externa ( $RG_e$ ), radiação global interna ( $RG_i$ ) e radiação fotossinteticamente ativa interna ( $RFA_i$ ) em  $MJ.m^{-2}$  e  $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$  ocorridos após o transplante são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 –  $RG_e$ ,  $RG_i$  e  $RFA_i$ , total ( $\Sigma$ ,  $MJ.m^{-2}$ ) e média ( $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$ ) ocorridas durante o cultivo de melão em estufa plástica. UFPel, Capão do Leão, RS.

Radiação	Radiações ocorridas	
	Período Pós-transplante (24/2-20/04) $\Sigma$ ( $MJ.m^{-2}$ )	X ( $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$ )
$RG_e$	794,09	13,93
$RG_i$	681,58	11,96
$RFA_i$	284,79	5,00

O maior valor energético ( $13,28 MJ.m^{-2}$ ) para biomassa total, foi obtido pelo tratamento  $1V+1C$ , seguido pelo *Mineral* ( $12,36 MJ.m^{-2}$ ) e  $1/2V+1C$  ( $12,30 MJ.m^{-2}$ ), conforme a Tabela 2.

A maior  $EEC_{Bio}$  foi apresentada pelo tratamento *adubação orgânica completa* com 4,28% de utilização da  $RFA_i$  e 1,88% de aproveitamento da  $RG_i$  (Figura 1). Este também proporcionou a maior  $EEC_{Fruto}$ : 1,87% de utilização da  $RFA_i$  e 0,82% de aproveitamento da  $RG_i$  (Tabela 3). Estes índices podem ser melhorados pelo aumento da produção de biomassa através do uso de práticas fitotécnicas específicas, e pela redução a menos da metade da energia complementar com a substituição e reciclagem de insumos utilizados (Hoppe, 2002).

Tabela 2 – Produção de biomassa útil (Frutos, frescos) e biomassa total (Bio Total, matéria seca) e insumos totais utilizados (Insumos) na cultura de melão em estufa plástica.

Trats	Produção de Biomassa na cultura do melão				
	Frutos <sup>1</sup> kg.m <sup>-2</sup>	MJ.m <sup>-2</sup>	Bio Total <sup>1,2</sup> kg.m <sup>-2</sup>	MJ.m <sup>-2</sup>	Insumos <sup>3</sup> MJ.m <sup>-2</sup>
Test	2,32	3,37	0,52	8,86	24,15
Mineral	3,06	4,47	0,72	12,36	25,28
$1/2V+1/2C$	2,91	4,25	0,57	9,64	24,69
$1/2V+1C$	3,45	5,04	0,72	12,30	24,88
$1V+1/2C$	3,30	4,81	0,66	11,19	25,03
$1V+1C$	3,98	5,81	0,79	13,28	25,22
$1V(N)$	2,72	3,96	0,60	10,21	24,93
$1C(K)$	3,22	4,70	0,66	11,18	24,54
Média	3,12	4,55	0,66	11,12	24,84

<sup>1</sup>/Frutos frescos:  $1,46 MJ.kg^{-1}$ ; 10% MS (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 1998). /Palha média típica: matéria seca,  $19,05 MJ.kg^{-1}$  (SANDER, 1997).

<sup>3</sup>/Insumos:  $24,14 MJ.kg^{-1}$  valor energético comum, mais adubação diferenciada por tratamento (energia no produto, frete e mão-de-obra de aplicação) e colheita considerando  $1,67 MJ.hora^{-1}.homem^{-1}$  (HOPPE, 2002).

A eficiência energética completa, a exemplo deste trabalho, mostra-se interessante em estudos de ecofisiologia vegetal, pois, segundo Monteith, 1958, citado por PRATES *et al.* (1986), "a agricultura é a exploração da radiação solar, tornada possível através de um adequado suprimento de água e nutrientes, necessários à manutenção da planta". A soma da energia solar com a energia complementar permite uma melhor e completa análise do efeito dos tratamentos.

Analisando a Tabela 3 nota-se que o tipo de radiação utilizado, fotossinteticamente ativa interna

( $RFA_i$ ), global interna ( $RG_i$ ) ou global externa ( $RG_e$ ) não altera a classificação dos tratamentos, dentro da eficiência energética escolhida ( $EEC_{Bio}$  ou  $EEC_{Fruto}$ ), podendo qualquer um dos fluxos energéticos ser usado para a identificação do melhor tratamento no uso da energia no cultivo de melão no interior de estufa plástica. Portanto, a informação da radiação solar ocorrida durante o período de condução do ensaio, obtida com sensores especiais, com tubos solarímetros artesanais ou com base na radiação registrada em estação meteorológica próxima, junto com os dados de produtividade são de extrema importância na comparação de resultados entre diferentes locais e anos, na avaliação da eficiência energética de uma cultura.

Tabela 3 – Eficiência energética completa da  $RFA_i$ , da  $RG_i$ , e da  $RG_e$ , na produção de biomassa total ( $EEC_{Bio}$ ) e biomassa útil ( $EEC_{Fruto}$ ) de melão cultivado em estufa plástica. UFPel, Capão do Leão, RS.

Trats	Eficiência energética completa (%)					
	$EEC_{Bio}$			$EEC_{Fruto}$		
	$RFA_i$	$RG_i$	$RG_e$	$RFA_i$	$RG_i$	$RG_e$
$1V+1C$	4,28	1,88	1,72	1,87	0,82	0,75
Mineral	3,99	1,75	1,60	1,44	0,63	0,58
$1/2V+1C$	3,97	1,74	1,59	1,63	0,71	0,65
$1V+1/2C$	3,61	1,58	1,45	1,55	0,68	0,62
$1C(K)$	3,61	1,58	1,45	1,52	0,67	0,61
$1V(N)$	3,30	1,45	1,32	1,28	0,56	0,51
$1/2V+1/2C$	3,11	1,36	1,25	1,37	0,60	0,55
Test	2,87	1,26	1,15	1,09	0,48	0,44

## CONCLUSÕES

A adubação orgânica completa (vermicomposto + cinza de casca de arroz) proporciona a maior eficiência energética na produção de melão em estufa, mostrando-se também superior a muitos sistemas de produção ao ar livre.

A eficiência energética completa mostra-se como parâmetro bastante útil em trabalhos de ecofisiologia vegetal, pois permite uma completa análise dos efeitos dos tratamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HOPPE, M. **Eficiência energética do agroecossistema estufa plástica numa perspectiva agroecológica**. Pelotas, 2002. 106f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel, 2002.
- KHATOUNIAN, C. A. A sustentabilidade e o cultivo de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, p.199-205, 1997. Palestra. Suplemento.
- MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause**: alimentos, nutrição e dietoterapia. 9ª ed. São Paulo: Roca, 1998. 1179p.
- MARTINS, S. R. **Determinação de indicadores de sustentabilidade e avaliação do agrossistema estufa plástica numa perspectiva agroecológica**. Pelotas. *Mimeo*. 1997. 30p.
- PRATES, J. E.; SEDIYAMA, G. C.; VIEIRA, H. A. Clima e produção agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.138, p.18-22, 1986.
- SANDER, B. Fuel data for Danish biofuels and improvement of the quality of straw and whole crops: Biomass for energy and environment.

Biomass & Bioenergy, 12, p.177-183, 1997. In:  
<http://www.ecn.nl/phyllis/empty>. Acessado em  
2001.