

ASSIMILAÇÃO DE CO₂ APLICADO VIA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO PELO MELOEIRO¹

Pinto, J. M.²; Botrel, T. A.³; Machado, E. C.⁴

(¹) Projeto parcialmente financiado pela FAPESP. (²) Embrapa Semi-Árido. C. P. 23. 56300-000 Petrolina, PE. impinto@cpatsa.embrapa.br (³) Departamento de Engenharia Rural. ESALQ/USP. C. P. 9, 13418-900 Piracicaba, SP. tabrotel@carpa.ciagri.usp.br (⁴) IAC, C. P. 28. 13101-970 Campinas, SP. Bolsista CNPq. caruso@barao.iac.br

ABSTRACT

The artificial increase of the effects of CO₂ concentration on plants for obtaining products in greater quantity with better quality permits us to know the capacity of the plants to adapt themselves in environment with high CO₂ concentration. In this research, the CO₂ assimilation rate and the productivity of melon crop were quantified, and the chemical characteristics of the fruits were evaluated at harvest. The study was carried out in greenhouse conditions with carbon dioxide applied through irrigation water to determine its effects on melon crop production. The CO₂ assimilation rate and yield were higher in the treatment with CO₂ artificial application. The fruit characteristics were not affected by carbon dioxide application through irrigation water.

Key words: photosynthesis, drip irrigation, fruit quality.

RESUMO

O aumento artificial da concentração de CO₂ na atmosfera tem sido utilizado como prática de manejo para aumentar a produtividade e qualidade de várias espécies vegetais. Estudos das interrelações dos processos produtivos com o aumento da concentração de CO₂ são fundamentais para aumentar os conhecimentos e a eficiência desta prática. Neste estudo quantificou-se a taxa de fotossíntese, a produtividade e as características químicas dos frutos de melão na colheita. Para tanto, conduziu-se um experimento com a cultura do melão em condições de casa de vegetação com aplicação de CO₂ via água de

irrigação. Tanto a taxa de assimilação de CO₂ como a produtividade foram maiores nas plantas submetidas ao tratamento com aplicação artificial de CO₂. As características químicas dos frutos não foram alteradas pela aplicação de CO₂ via água de irrigação.

Palavras chave: fotossíntese, gotejamento, qualidade de frutos.

1. Introdução

A modernização da produção agrícola tem na adoção de tecnologias instrumento para minimizar os efeitos dos fatores que limitam a processo fisiológico das culturas, aumentar a produtividade, reduzir os custos de produção e melhorar a qualidade dos produtos obtidos. Entre as técnicas, o uso de dióxido de carbono misturado à água de irrigação está sendo utilizado em culturas intensivas, com maior adensamento de plantas por área, conforme ocorre na horticultura, na fruticultura e na floricultura como mais um dos fatores na produção agrícola.

A concentração de CO₂ atmosférico tem sido significativamente alterado, era 250 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$ antes da revolução industrial, atingiu 350 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$ em 1989 (Long, 1991), estando, hoje, próximo de 365 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$, (Keeling et al., 1995). Continuando sua tendência de aumento, pode chegar a 530 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$ em 2050 (Casella et al., 1996). O aumento da concentração de dióxido de carbono pode provocar aumento de 4°C na temperatura global até o ano de 2100 (Mudrik et al. 1997). Entretanto, modelos recentes mostram que o aumento de temperatura pode ser menor, em torno de 0,2°C por década, devido à ação de resfriamento provocada por aerossóis sulfatados (Mitchell et al., 1995).

A aplicação de CO₂ melhora o metabolismo e o equilíbrio hormonal nas plantas, aumenta a fotossíntese e absorção de nutrientes, resultando em plantas mais produtivas, mais resistentes a doenças, ataque de pragas e produtos de melhor

qualidade (Kimball et al., 1994).

A técnica de aplicação de CO₂ é praticada por agricultores europeus. Inicialmente, eles costumavam queimar querosene e propano nas estufas para aumentar a concentração de dióxido de carbono, mas as impurezas produzidas no processo contaminavam as plantas. Atualmente, o dióxido de carbono é ainda obtido por combustão, mas é purificado e engarrafado por indústrias. Além disso, foram desenvolvidos equipamentos e técnicas adequadas para sua aplicação em diversas condições climáticas e de plantio. Na Europa, o CO₂ é aplicado dentro de estufas. Nos países tropicais, onde esse tipo de cultivo é menos utilizado, o CO₂ é dissolvido na água e levado às plantas por irrigação (Kimball, 1983).

No Brasil a cultura do melão expandiu por várias regiões a partir dos anos 60, e ganhou importância considerável devido ao aumento das áreas plantadas e alta tecnologia empregada. Situando-se como terceiro produtor da América Latina, depois de Argentina e Chile, com 17% da produção total (FAO, 1994). O cultivo de melão concentra-se na Região Nordeste com 84% da produção e 57% da área plantada. Os principais estados produtores são Bahia, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte que, a partir de 1989, tornou-se o principal produtor (CODEVASF, 1989).

Todavia, no Brasil, a aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação é de uso recente. Existem, ainda, muitos aspectos a esclarecer em termos de efeitos sobre as plantas, influência na produtividade e na melhoria da qualidade de frutos, doses a serem usadas e

períodos de aplicação mais adequados para os diferentes tipos de cultivos, para alcançar uma relação benefício custo máxima.

2. Objetivos

Quantificar a taxa de assimilação de CO₂ e avaliar a produtividade e as características químicas (pH, acidez total e teor de sólidos solúveis) dos frutos de melão com aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação em ambiente protegido.

3. Material e Métodos

Foi realizado um estudo com a cultura do melão, cultivar "Valenciano Amarelo", para avaliar os efeitos da aplicação de CO₂ aplicado via água de irrigação na produtividade e qualidade dos frutos em ambiente protegido (casa de vegetação, sem controle das condições de ambiente).

Utilizou-se duas casas-de-vegetação, com 20 m de comprimento e 8 m de largura, onde plantou-se melão. Numa das casas-de-vegetação, aplicou-se CO₂ através da água de irrigação. Adotou-se o método de irrigação localizada, utilizando-se tubo gotejador Rain-Tape TPC. As linhas laterais, com comprimento de seis metros, foram dispostas próximas às fileiras de plantas, espaçadas de dois metros. As irrigações foram feitas diariamente, com início às 11:00 horas, e calculadas com base no coeficiente de cultivo (Kc) e na evaporação do tanque classe A.

O sistema de aplicação de CO₂ foi composto de um cilindro de aço com dióxido de carbono sob alta pressão, equipado com uma válvula para dosar a quantidade de CO₂ a ser liberada do cilindro, um manômetro e um injetor para introduzir o CO₂ na água de irrigação.

As mudas foram preparadas em bandejas de isopor preenchidas com substrato comercial. Colocou-se duas sementes por célula. Três dias após a germinação fez-se o desbaste, deixando uma planta por célula.

Durante a formação das mudas as irrigações foram realizadas quatro vezes ao dia, por período de dez minutos, através de nebulizadores, visando o satisfazer as necessidades hídricas da cultura e a refrigeração do viveiro.

Para o transplantio, o solo do local do experimento foi arado e gradeado. Incorporou-se no solo 3,5 t.ha⁻¹ de calcário no solo 35 dias antes do transplantio através de gradagem. A adubação com fósforo (180 kg.ha⁻¹) na forma de superfosfato simples e aplicação de esterco de curral curtido (5 t.ha⁻¹) foi realizada em sulcos uma semana antes do transplantio.

O transplantio foi feito quando as plantas emitiram a terceira folha, 20 dias após a semeadura. O espaçamento foi de dois metros entre linhas e 0,60 m entre plantas na linha, com uma planta por cova. A cultura foi conduzida de forma natural, sem desbrotas. A polinização foi realizada artificialmente, sempre pela manhã.

As adubações de nitrogênio e potássio foram feitas via água de irrigação três vezes por semana, utilizando um tanque de fertilizantes. A dose de nitrogênio foi de 130 kg.ha⁻¹ e a de potássio foi 180 kg.ha⁻¹, na forma de nitrato de potássio. Após o transplantio iniciou a fertirrigação que estendeu-se por 60 dias.

A aplicação de dióxido de carbono foi iniciada no dia seguinte ao transplantio, estendendo-se até a primeira colheita. O tempo de cada aplicação foi de 30 minutos e a dose aplicada foi de 50 kg.ha⁻¹ do transplantio à colheita. Em cada fileira de plantas selecionou-se uma planta para as medições da taxa de assimilação de CO₂, medida às 10, 11, 12, e às 14 horas, no início da frutificação. Utilizou-se um analisador portátil para fotossíntese por, por infravermelho, IRGA LI 6200 da Licor. As medidas foram realizadas por um período de 14 dias, sempre na mesma folha da planta selecionada.

Avaliou-se a produtividade total,

produtividade comercial, peso médio de frutos, número de frutos comerciais, as características químicas dos frutos na colheita e a fotossíntese.

4. Resultados e Discussão

O ciclo fenológico da cultura foi de 115 dias. Foram realizadas duas colheitas: 101 e 115 dias após a semeadura. Hernandez (1995), em Ilha Solteira, utilizando o sistema de formação de mudas, com posterior transplantio para o campo, encontrou ciclo de cultura variando de 101 e 108 dias, com três colheitas. Houve períodos com ocorrência de baixas temperaturas durante o período de florescimento e frutificação, que podem ter contribuído para prolongar o ciclo da cultura (Pinto, 1997).

O plástico utilizado na cobertura dos ambiente protegido apresentou um coeficiente de transparência igual a 73,3%, impedindo a passagem de parte da radiação fotossinteticamente ativa (PAR). No período entre 16/4 à 26/6 de 1997 o somatório da radiação global dentro do ambiente protegido foi de 17930,6; 25240,6; 27135,7 e 21422,7 J.m⁻².s⁻¹ às 10, 11, 12 e 14 horas, respectivamente e a radiação global fora da estufa neste período foi de 28395,3; 35134; 36807,4 e 30272,2 J.m⁻².s⁻¹ às 10, 11, 12 e 14 horas, respectivamente, medida através de uma estação meteorológica automática, instalada na casa-de-vegetação com aplicação de CO₂.

A taxa de assimilação e a concentração interna de dióxido de carbono foram medidas considerando uma variação de 5 μmolCO₂.mol⁻¹ na concentração de CO₂ na câmara de fotossíntese, com medidas sucessivas até que a taxa de assimilação de CO₂ atingisse valores próximos a zero, ou seja ponto de compensação de CO₂. Os resultados são mostrados na Figura 1.

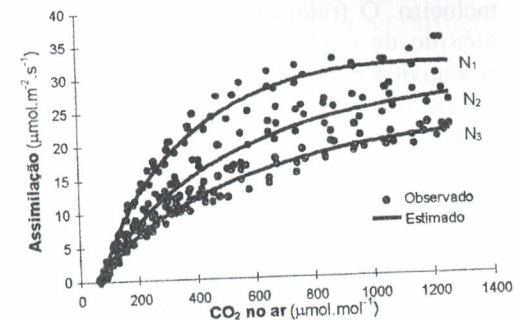


Figura 1. Taxa de assimilação de CO₂ em meloeiro, em função da concentração de CO₂ para valores de PAR de 850 (N1), 550 (N2) e 300 (N3) μmol.m⁻².s⁻¹.

Para cada valor de PAR ajustou-se, pela análise de regressão, uma equação descrevendo a variação da taxa de assimilação de CO₂ em função da concentração de dióxido de carbono. As equações ajustadas seguiram o modelo raiz quadrada, para os três valores de PAR, 850, 550 e 300 μmol.m⁻².s⁻¹, respectivamente:

$$Y_1 = -23,3369 + 3,1966X^{0,5} - 4,6074.10^{-2}X \quad (R^2 = 0,9810)$$

$$Y_2 = -15,1131 + 1,9799X^{0,5} - 2,2008.10^{-2}X \quad (R^2 = 0,9709)$$

$$Y_3 = -10,2147 + 1,3927X^{0,5} - 1,3939.10^{-2}X \quad (R^2 = 0,9788)$$

em que:

Y - taxa de assimilação de CO₂, μmol.m⁻².s⁻¹;
X - concentração de CO₂, μmolCO₂.mol⁻¹.

Verificou-se, pela análise de variância, que as diferenças na produtividade total, produtividade comercial e número de frutos comerciais foram significativas a 1% de probabilidade. A diferença no peso médio de frutos comerciais foi significativa a 5% de probabilidade.

A aplicação CO₂ via água de irrigação influenciou positivamente a produtividade do

meloeiro. O tratamento com aplicação de dióxido de carbono proporcionou maior produtividade de frutos (total e comercial) em comparação com o tratamento sem aplicação de dióxido de carbono (Tabela 1).

Tabela 1. Produtividade total (Pt), produtividade comercial (Pc), peso médio de frutos comerciais (Pmf) e número de frutos comerciais (Nf), em meloeiro cultivado em ambiente protegido com e sem aplicação de CO₂ na água de irrigação.

Trat	Pt(t.ha ⁻¹)	Pc(t.ha ⁻¹)	Pf(t.ha ⁻¹)	Nf.ha ⁻¹
C/ CO ₂	28,68A	23,68A	0,875A	34500A
S/ CO ₂	22,53B	19,67B	0,800B	30170B
C.V (%)	5,05	4,90	5,20	6,13

Para cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra não diferiram entre si, à 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A maior produtividade do tratamento com aplicação de CO₂ deveu-se ao maior número e peso médio de frutos comerciais. No tratamento com aplicação de CO₂ via água de irrigação a taxa de assimilação de CO₂ foi maior no horário de aplicação de CO₂ e iguais nos demais horários (Tabela 2). D'Andria et al. (1990) constataram aumento na produção de tomate devido à aplicação de CO₂ em decorrência do aumento do tamanho de frutos e não maior número de frutos. Neste estudo encontrou-se frutos comerciais com peso médio maior com aplicação CO₂. O número de frutos comercial foi maior com aplicação diária de CO₂, o que provavelmente ocorreu devido ao prolongamento do ciclo da cultura quando houve aplicação de CO₂.

Tabela 2. Taxa de assimilação de CO₂ média (μmol.m⁻².s⁻¹) em meloeiro nos diferentes horários, cultivado em ambiente protegido com e sem CO₂ via água de irrigação.

Trat	10h	11h	12	14h
C/ CO ₂	10,81A	16,55A	13,91A	10,93A
S/ CO ₂	11,68A	13,54B	12,94A	10,78A
C.V (%)	14,90	13,08	16,62	17,05

Para cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra não diferiram entre si, à 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Não houve efeitos significativos detectado pela análise de variância para pH, acidez total e teor de sólidos solúveis nos frutos de melão cultivado em ambiente protegido com e sem aplicação de CO₂ via água de irrigação.

O valor médio do teor de sólidos solúveis na colheita foi 10,26 com aplicação de CO₂ e 9,87 sem aplicação de CO₂, a acidez média foi de 0,20 e 0,19, respectivamente e o pH médio foi de 5,92 e 5,76, respectivamente. Estes valores estão de acordo com os valores encontrados por Micollis & Salveit Jr. (1991), Lester & Shellie (1992) e Menezes (1996).

A lâmina total de água aplicada através da irrigação, no período do transplantio à colheita foi de 236,1 mm e a evaporação medida em um tanque tipo classe A modificado foi de 206,9 mm. Na Figura 2 pode-se visualizar o comportamento da evapotranspiração da cultura (ETc) e na Figura 3 os valores de água aplicada por dia durante o período de duração do experimento.

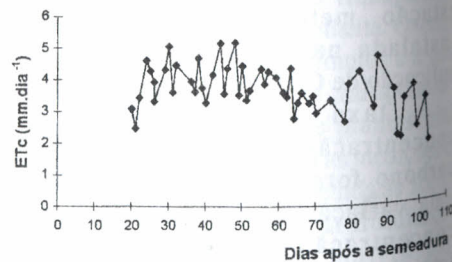


Figura 2. Evapotranspiração da cultura estimada pelo Tanque Classe A, para a cultura do meloeiro, em ambiente protegido Piracicaba, no período entre 16/04 e 26/06/1997.

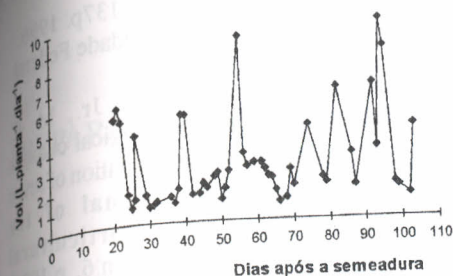


Figura 3. Volume de água aplicado em meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de CO₂ durante o experimento. Piracicaba, no período entre 16/04 e 26/06/1997.

Os valores encontrados para eficiência na uso de água (kg.m⁻³) foram: 12,15 e 9,54 com e sem aplicação de CO₂, respectivamente. Estes valores estão próximo do valor encontrado no experimento em condições de campo que variou de 8,65 a 13,01 e menores que os valores encontrados por Hernandez (1995), valores compreendidos entre 17,53 e 19,82, porém maiores que alguns valores obtidos por Ritschel et al. (1994) com valores variando de 5,42 a 6,49 em um experimento e 15,49 a 19,82 em outro experimento. Segundo estes autores aumento do intervalo de irrigação pode reduzir a eficiência do uso de água, evidenciando que aplicações de água menos frequentes podem aumentar as perdas por percolação e distribuição da água na zona radicular da cultura.

O custo de produção para o melão determinado por Hernandez (1995) foi de US\$ 2.202,96.ha⁻¹. O custo do quilograma do CO₂ foi de US\$ 0,40. A dose usada foi de 50 kg.ha⁻¹. Esta dose correspondeu a cerca de 70 kg.ha⁻¹ de melão, o que significou um aumento no custo de produção da ordem de US\$ 20,00 ha⁻¹. A aplicação de CO₂ representou aproximadamente 0,90% do custo de total de produção. O incremento de produção proporcionado pelo CO₂ foi de 4,01 t.ha⁻¹. Este acréscimo de produção

correspondeu a um aumento de receita de US\$ 1.203,00.ha⁻¹, mostrando a viabilidade econômica da utilização de dióxido de carbono para fins agrícolas, em ambiente protegido.

5. Conclusões

A maior produtividade de melão (28,68 t.ha⁻¹) foi obtida no tratamento com aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação; A taxa de fotossíntese líquida foi maior no tratamento com aplicação de CO₂ quando medida no horário de aplicação do dióxido de carbono e igual nos demais horários; A aplicação de CO₂ via água de irrigação não afetou as características químicas (teor de sólidos solúveis, acidez total e pH) dos frutos na colheita.

6. Referências

- ACOCK, B.; ACOCK, M. C.; PASTERNAK, D. Interactions of CO₂ enrichment and temperature on carbohydrate production and accumulation in muskmelon leaves. *Journal of the American for Horticultural Science*, Alexandria, v.115, n.4, p.525-529, 1990.
- CASELLA, E.; SOUSSANA, J. F.; LOISEAU, P. Long-term effects of CO₂ enrichment and temperature increase on a temperate grass sward. I. Productivity and water use. *Plant and Soil*, Hague. v. 187, n.1, p.83-99, 1996.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO. *Frutas brasileiras: exportação*. Brasília, 1989. 352p.
- D'ANDRIA, R.; NOVERO, R.; SMITH, D. H. Drip irrigation of tomato using carbonated water and mulch in Colorado. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.278, p.179-185, 1990.
- FAO - PRODUCTION YEARBOOK. Rome, n.48, 1994. 243p. (FAO. Statistic Series, 112).
- GHANNOUM, O.; CAEMMERER, S. V.;

- BARLOW, E. W. R.; CONROY, J. P. The effect of CO₂ enrichment and irradiance on the growth, morphology and gas exchange of a C3 (*Panicum laxum*) and a C4 (*Panicum antidotade*) grass. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.24, n.2, p.227-237, 1997.
- HERNANDEZ, F. B. T. **Efeitos da supressão hídrica nos aspectos produtivos e qualitativos da cultura do melão**. Piracicaba, 1995. 75p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- KEELING, C. D.; WHORF, T P.; PFLIT, J. V. D. Interannual extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980. **Nature**, London, v.375, n.6533, p.666-670, 1995.
- KIMBALL, B. A. Carbon dioxide and agricultural yield: an assemblage and analysis of 430 prior observation. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, n.5, p.779-788, 1983.
- KIMBALL, B. A.; LaMORTE, R. L.; SEAY, R. S.; PINTER, P. J.; ROKEY, R. R.; HUNSAKER, D. J.; DUGAS, W. A.; HEUER, M. L.; MAUNEY, J. R.; HENDREY, G. R.; LEWIN, K. F.; NAGY, J. Effects of free air CO₂ enrichment on energy balance and evapotranspiration of cotton. **Agricultural Forest and Meteorology**, Amsterdam, v.70, n.1/4, p.259-278, 1994.
- LESTER, G.; SHELLIE K. C. Postharvest sensory and physicochemical attributes of Honey Dew melon fruits. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.9, p.1012-1014, 1992.
- LONG, S. P. Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by atmospheric CO₂ concentration: has its importance been underestimated. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.14, p.729-739, 1991.
- MENEZES, J. B. **Qualidade pós-colheita de melão tipo galia durante a maturação e o armazenamento**. Lavras. 137p. 1996. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras.
- MICCOLIS, V.; SALTVEIT Jr., M. E. Morphological and physiological changes during fruit growth and maturation of seven melon cultivators. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.116, n.6, p.1025-1029, 1991.
- MITCHELL, J. F. B.; JOHNS, F. C.; GREGORY, J. M.; TETT, S. F. B. Climate response to increasing levels of greenhouse gases and sulphate aerosols. **Nature**. London, v. 376, n.6540, p.501-504, 1995.
- MUDRIK, V. A.; ROMANOVA, A. K.; IVANOV, B. N.; NOVICHKOVA, N. S.; POLYAKOVA, V. A. Effect of increased CO₂ concentration on growth, photosynthesis, and composition of *Pisum sativum* L. plant. **Russian Journal of Plant Physiology**, New York, v.44, n.2, p.165-171, 1997.
- PINTO, J. M. **Aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação em meloeiro**. Piracicaba, 1997. 82p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- RITSCHER, P. S.; SOUZA, V. F. de; CONCEIÇÃO, M. A.; SOUZA, V. A. B. de; COELHO, E. F. Efeito da época de suspensão da irrigação na produtividade do meloeiro (*Cucumis melo* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 10. Salvador, 1994. **Anais**. Salvador:ABID. 1994. p.135-142.