



Acta Scientiarum. Biological Sciences

ISSN: 1679-9283

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Frizzone, José Antônio; Silva Cardoso, Silvana da; Rezende, Roberto
Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de
dióxido de carbono e de potássio via água de irrigação
Acta Scientiarum. Biological Sciences, vol. 27, núm. 4, octubre-diciembre, 2005, pp. 707-717
Universidade Estadual de Maringá
.png, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=187117008019>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de dióxido de carbono e de potássio via água de irrigação

José Antônio Frizzone^{1*}, Silvana da Silva Cardoso¹ e Roberto Rezende²

¹Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (USP), Av. Pádua Dias 11, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: frizzone@carpa.ciagri.usp.br

RESUMO. Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de diferentes doses de dióxido de carbono (CO_2) e de potássio (K_2O), aplicadas através da irrigação por gotejamento, sobre a produtividade e a qualidade dos frutos do meloeiro rendilhado (*Cucumis melo L.*), híbrido Bônus II, cultivado em ambiente protegido. Mudas com 19 dias foram transplantadas para canteiros, espaçadas de 1,1 m x 0,3 m e conduzidas vertical até 2,0 m de altura. Os tratamentos resultaram de combinações entre 4 doses de K_2O e 4 doses de CO_2 aplicadas durante o ciclo. A irrigação e a aplicação de K_2O foram realizadas com freqüência de 4 dias e o CO_2 , com 2 dias, totalizando 45 irrigações, 33 aplicações de CO_2 e 19 aplicações de K_2O . Os resultados obtidos permitiram concluir que (a) o número de frutos comerciais de melão aumentou significativamente com o aumento das doses de CO_2 e K_2O , segundo uma relação quadrática; (b) não houve efeito significativo do CO_2 sobre o peso médio dos frutos, porém observou-se efeito quadrático significativo para o K_2O ; (c) as produtividades total e comercial de melão aumentaram, segundo uma relação quadrática, em função do aumento das doses de CO_2 e K_2O ; (d) A aplicação de CO_2 e K_2O , via irrigação, aumentou a eficiência de uso de água do meloeiro; (e) houve efeito significativo do CO_2 sobre a acidez total, o teor de sólido solúveis e o pH da polpa dos frutos, porém não houve efeito do K_2O ; e (f) a aplicação de K_2O afetou significativamente a espessura da polpa de melão e os diâmetros transversal e longitudinal dos frutos e o CO_2 afetou a espessura e a firmeza da polpa.

Palavras-chave: água carbonatada, fertirrigação, irrigação, melão rendilhado.

ABSTRACT. **Fruit yield and quality of melon cultivated in greenhouse with carbon dioxide and potassium applications through irrigation water.** The aim of this work was to study the effect of different doses of carbon dioxide (CO_2) and potassium (K_2O), applied through drip irrigation, at the yield and quality of cantaloupe melon (*Cucumis melo L.*), hybrid Bônus II, cultivated in greenhouse. 19-day seedlings were transplanted to beds. They were spaced out 1.1 m x 0.3 m apart from each other and vertically directed up to 2.0 m of height. The treatments resulted from combinations of four K_2O doses and four CO_2 doses applied during the crop. K_2O irrigation and application were carried out during four days. CO_2 irrigation and application were carried out during two days. 45 CO_2 irrigation, 33 CO_2 applications and 19 K_2O applications were totalized. Results showed that (a) based on a quadratic relation, the number of melon marketable fruits had a significant increase when CO_2 and K_2O doses were also increased; (b) there was no significant effect of CO_2 on the average fruit weight. However, there was a significant quadratic effect for K_2O ; (c) based on a quadratic relation, when there was an increase of CO_2 and K_2O doses, the total and commercial melon yield also increased; (d) CO_2 and K_2O application through irrigation increased the water efficiency usage; (e) there was significant effect of CO_2 on the total acidity, on the soluble solids content and on the flesh pH. However, there was no effect of K_2O ; and (f) K_2O application affected significantly the melon flesh thickness and the fruits transversal and longitudinal diameters. CO_2 application affected the flesh thickness and firmness.

Key words: carbonated water, fertirrigation, irrigation, net melon.

uso de tecnologias que possibilitem a obtenção de altas produtividades, economicamente viáveis, e que atendam aos padrões exigidos pelo mercado. Essas tecnologias devem amenizar o efeito de fatores limitantes ao desenvolvimento das culturas e atender aos conceitos de produtividade e de qualidade, elementos decisivos para a produção agrícola contemporânea.

O meloeiro é uma olerícola de grande importância econômica para o Brasil, país onde se adaptou bem às condições de solo e de clima. Foi introduzido pelos imigrantes europeus e seu cultivo iniciou-se em meados da década de 60, no Rio Grande do Sul. Desde então, a exploração da cultura tomou grande impulso, inicialmente no estado de São Paulo e, posteriormente, nas regiões Norte e Nordeste. Esta região detém, atualmente, a maior produção, atendendo principalmente, aos mercados internacional e centro-sul do país (Sousa et al., 1999).

Entre as técnicas agronômicas modernas, têm destaque a irrigação, a fertirrigação e, mais recentemente, o enriquecimento da água de irrigação com o dióxido de carbono (carbonatação), principalmente em cultivos protegidos. Alguns efeitos da carbonatação no desenvolvimento das plantas têm sido estudados, destacando-se o fato de que o aumento da concentração de CO₂ no ar do solo pode aumentar a concentração de íons hidrogênio com abaixamento do pH da solução do solo, podendo aumentar a disponibilidade de alguns nutrientes para as plantas (Mauney e Hendrix, 1988; Basile et al., 1993; Casella et al., 1996), melhorando o estado nutricional das plantas (Novero et al., 1991), favorecendo o desenvolvimento de certos microorganismos benéficos no solo e aumentando a resistência das plantas ao estresse hídrico (Moore, 1990).

Já no início da década de 60, algumas pesquisas procuraram demonstrar os efeitos da utilização de água de irrigação enriquecida com HCO₃⁻ sobre a absorção de nutrientes, em algumas espécies de plantas (Brown, 1960; Rhoads e Wallace, 1960; Hale e Wallace, 1960). Mais recentemente, o aumento na absorção de nutrientes pelas plantas, em decorrência da aplicação de CO₂ via água de irrigação, é relatado por vários trabalhos.

Ibrahim (1992), avaliando doses de CO₂ (0; 50; 150 e 200 mg CO₂ L⁻¹), verificou, em folhas de plantas de pepino, um aumento na concentração de potássio, magnésio, zinco e cobre para concentração de CO₂ superior a 100 mg CO₂ L⁻¹. Para o tomateiro, D'Andria et al. (1993) verificaram, nos frutos, que a concentração de zinco, de cobre, de ferro e de manganês aumentou inicialmente com a utilização de água carbonatada, sendo que, no período ao longo da colheita, as concentrações passaram a ser semelhantes

(zinco e manganês) ou menores (cobre e ferro) do que as dos frutos produzidos sem carbonatação. Para essa mesma cultura, Novero et al. (1991) observaram aumentos significativos, nos teores de zinco nas folhas das plantas que receberam água carbonatada, e Cararo e Duarte (2002), utilizando doses de 7,73 g CO₂ L⁻¹, verificaram redução do teor de zinco nos frutos, semelhante aos resultados encontrados por Kimball et al. (1986).

Algumas pesquisas, entretanto, têm mostrado que a aplicação de CO₂ através da água de irrigação não proporcionou diferenças na produção econômica e na absorção de nutrientes em determinadas culturas. Para o tomateiro, Cararo e Duarte (2002) não observaram aumento da produção econômica e Stoffella et al. (1995), utilizando a dose de 1,362 mg CO₂ L⁻¹, não observaram aumento na concentração de macronutrientes nas folhas de mudas de citrus; no entanto verificaram aumento na concentração de zinco e redução de manganês. Storlie e Heckman (1996) não verificaram diferenças na concentração de nutrientes e na produtividade de plantas de pimentão irrigadas com água carbonatada com concentração de 1,2 g CO₂ L⁻¹.

Para a cultura do meloeiro, são poucos os resultados de pesquisa sobre a utilização de água carbonatada. Pinto et al. (2000, 2001), trabalhando com aplicação de 50 kg CO₂ ha⁻¹ via irrigação por gotejamento e utilizando a dose total de 180 kg de K₂O ha⁻¹ através de fertirrigação, no meloeiro cultivar Valenciano Amarelo, em espaçamento de 0,60 m x 2,0 m, obtiveram um incremento de 27,3% na produtividade. Entretanto, não obtiveram diferenças para os teores de nutrientes nas folhas, exceto para o boro. Além disso, a eficiência de uso da água pela cultura aumentou, o que pode ser atribuído ao maior desenvolvimento do sistema radicular.

Dois mecanismos possíveis podem ser considerados para explicar o aumento da absorção de nutrientes. Primeiro, a disponibilidade de certos nutrientes pode aumentar devido ao abaixamento do pH do solo, ocasionado pela aplicação do CO₂ junto com a água de irrigação. Segundo, o CO₂ pode induzir um aumento do crescimento de raízes, agindo de forma semelhante a um fitomônio, em um equilíbrio competitivo, com a concentração de etileno no ar do solo (Govindarajan e Poovaiah, 1984; Chaudhuri et al., 1990; Novero et al., 1991).

A cultura do melão é exigente em nutrientes, particularmente em potássio, a qual, segundo Prabhakar et al. (1985), é responsável pela translocação de carboidratos para os frutos, com importante participação na produção e na qualidade dos frutos. Além disso, é uma cultura que responde bem à fertirrigação por gotejamento, cuja eficiência tem proporcionado significativos aumentos na produtividade ao possibilitar maior parcelamento dos

nutrientes, de acordo com a marcha de absorção da cultura (Pinto *et al.*, 1999; Sousa *et al.*, 1999).

O enriquecimento da água de irrigação com CO₂ e a fertirrigação se impõem como práticas a serem adotadas, visando ao aumento da produtividade e da qualidade física e química de frutos de melão. Entretanto a falta de informações sobre os efeitos de diferentes doses de CO₂ no meloeiro tem limitado o avanço dessa tecnologia. Dessa forma, torna-se fundamental a realização de estudos para determinar as doses de CO₂ e de potássio mais adequadas para otimizar a produtividade da cultura, especialmente, em ambiente protegido.

O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de diferentes doses de dióxido de carbono (CO₂) e de potássio (K₂O), aplicadas através da irrigação por gotejamento, sobre a produtividade e a qualidade física e química dos frutos do meloeiro rendilhado, cultivado em ambiente protegido.

Material e métodos

Este trabalho foi desenvolvido em estufas instaladas na área experimental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, em Piracicaba, Estado de São Paulo. As coordenadas geográficas do local são 23°42'30" de Latitude Sul, 47°38'00" de longitude Longitude Oeste, a altitude de 580 m. Pela classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, subtropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média mensal varia de 24,8°C (verão) a 17,1°C (inverno), sendo a média anual 21,4°C. As chuvas são da ordem de 1278 mm anuais, ocorrendo cerca de 1000 mm de outubro a março e 278 mm de abril a setembro.

O solo da área experimental foi um Latossolo Vermelho-Amarelo franco-arenoso, cujas características físicas e químicas estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. A caracterização química do solo foi feita mediante análise de amostras compostas

coletadas na camada de 0-0,30 m de profundidade, logo após a construção dos canteiros nas estufas, para quantificar a necessidade de calagem, de adubação de plantio (fósforo) e de cobertura (nitrogênio). Com base nos resultados da análise química e na recomendação de Raji *et al.* (1996), aos 60 dias antes do transplante, incorporaram-se, nos canteiros, 2,96 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (39% de CaO, 13% de MgO e PRNT de 67%).

Tabela 1. Características físicas do solo utilizado no experimento.

Argila	Granulometria (%)			Classe textural	Densidade (g cm ⁻³)	
	Silte	Areia	Global		Partículas	
15,23	8,67	76,10	Franco-arenosa	1,08	2,66	

Trinta dias após a calagem, fez-se a adubação de plantio aplicando-se 240,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de termofosfato Yoorin master (17,5% de P₂O₅, 0,10% de B e 0,55% de Zn) e 30,0 Mg ha⁻¹ de esterco bovino curtido. Um mês após, foi feita nova análise do solo, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 2.

O trabalho foi conduzido em 4 estufas agrícolas com cobertura em arco, orientadas no sentido leste-oeste, com 3,0 m de pé-direito, 7,0 m de largura, 17,5 m de comprimento e 4,7 m de altura na parte mais alta. As fachadas laterais e frontais foram envolvidas com tela de polipropileno branco de 1 mm. As fachadas frontais possuíam janelas para liberar o ar quente que se acumulava no alto e, nas laterais, instalaram-se cortinas com um sistema de manivela para permitir o fechamento e a abertura sempre que necessário. O teto foi coberto com filme plástico de polietileno transparente de 150 micras, com tratamento anti-UV.

Conduziu-se o experimento com melão rendilhado 'Bônus II', analisando-se o efeito de dois fatores: doses de potássio (K₂O) e de gás carbônico (CO₂), aplicadas via água de irrigação. Utilizaram-se 4 estufas, cada uma com uma dose de CO₂. Em cada

Tabela 2. Resultados da análise química do solo.

P (mg dm ⁻³)	M.O. (g dm ⁻³)	K ⁺	Antes da adubação de plantio			pH	S	T (%)	V
			Ca ⁺² (mmol _c dm ⁻³)	Mg ⁺² (mmol _c dm ⁻³)	H + Al ⁺				
4,00	13,80	0,90	7,50	3,30	27,80	4,6	11,95	39,73	30,00
			60 dias após a calagem e 30 dias após a adubação de plantio						
15,50	24,25	2,38	15,75	8,00	20,30	5,50	20,08	46,48	55,00

estufa, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, para as doses de K₂O. Para análise do efeito do CO₂, utilizou-se a técnica de análise conjunta de experimentos, conforme descrito por Gomes (2000). Na análise conjunta, o efeito do CO₂ foi confundido com o efeito de experimentos ou estufas. Os tratamentos foram 4 doses de K₂O durante o ciclo (K₁ = 50; K₂ = 150; K₃ = 300; K₄ = 600 kg ha⁻¹) combinadas com 4 doses de CO₂ (C₀ = 0,0; C₁ = 165,0; C₂ = 301,8 e C₃ = 460,4 kg ha⁻¹).

Cada estufa continha 16 parcelas formadas por segmentos da linha de plantas com 3,9 m de comprimento, com 13 plantas, sendo 11 plantas úteis. Considerou-se uma planta em cada extremidade das parcelas e as fileiras de plantas das extremidades das estufas como bordadura. A análise de variância foi realizada de forma que o valor de F testou a hipótese H₀, segunda a qual não existe diferença entre as médias dos tratamentos. O nível de significância mínimo considerado para a rejeição da hipótese H₀ foi

5%, ou seja, sempre que o valor da probabilidade do teste F foi menor ou igual a 0,05, aceitava-se que houve diferença entre, pelo menos, 2 tratamentos e continuava-se o detalhamento da análise por meio de estudos de regressão, para verificar a tendência das variáveis em função das doses crescentes de K₂O e de CO₂. Pela análise de regressão múltipla, procurou-se ajustar o seguinte modelo:

$$Z = B_0 + B_1 X + B_2 Y + B_3 X^2 + B_4 Y^2 + B_5 XY \quad (1)$$

em que:

Z é a produtividade total ou comercial de frutos (Mg ha⁻¹);

X é a dose de CO₂ durante o ciclo (kg ha⁻¹);

Y a dose de K₂O durante o ciclo (kg ha⁻¹);

B₀, B₁, B₂, B₃ e B₄ são os parâmetros do modelo.

O monitoramento dos elementos microclimáticos em cada estufa foi realizado por um sistema automático de aquisição de dados tipo CR 10X para registrar o sinal emitido pelos sensores a cada 5 segundos e armazenar as médias a cada 30 minutos. Os sensores instalados foram: um pirâmetro (radiação solar global), um saldo radiômetro (radiação líquida) e quatro psicrómetros com termopares de bulbo úmido e de bulbo seco (temperatura e umidade relativa), sendo um por estufa.

Mudas de melão rendilhado 'Bônus II' foram preparadas em bandejas de poliestireno expandido, com substrato comercial organo-mineral, colocando-se uma semente por célula. Realizou-se a semeadura no dia 16/08/01, em estufa localizada no Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Esalq/USP. As mudas foram irrigadas três vezes ao dia e, aos 19 dias após a semeadura, quando a segunda folha definitiva foi emitida, as mudas foram consideradas formadas.

Fez-se o transplantio das mudas para canteiros em fileira simples, no espaçamento de 0,30 m x 1,10 m (30.303 plantas por hectare). Em seguida, irrigou-se com uma lâmina de água de 3,0 mm para garantir o pegamento. Quando as plantas de melão iniciaram a emissão de gavinhas, fez-se o tutoramento conduzindo-as em haste única na vertical até 2 m de altura. Eliminaram-se todos os ramos secundários até o 11º nó por meio de podas, acerca de 0,70 m do colo da planta, deixando os demais brotos laterais com 3 folhas. As primeiras flores masculinas surgiram no ramo principal, aos 18 dias após o transplantio (DAT), e as primeiras flores hermafroditas surgiram nos ramos laterais aos 40 DAT. Aos 43 DAT, iniciou-se a polinização manual por 15 dias consecutivos. Durante a condução da cultura, procurou-se manter, no máximo, 3 frutos por planta.

Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento superficial e o abastecimento de água foi feito por um

conjunto de reservatórios com capacidade para 2000 L. O sistema de bombeamento foi composto por um conjunto motobomba centrífuga, potência de 1,0 cv, vazão de 3,3 m³ h⁻¹ e pressão manométrica de 630 kPa. A estação de controle, com filtros de tela, reguladores de pressão (105 kPa), ventosa, registros e hidrômetros foi instalada fora das estufas, em abrigo específico.

As linhas de irrigação constituíram-se de tubos gotejadores, com parede de 225 micras de espessura e emissores do tipo labirinto, integrados à tubulação, espaçados de 0,20 m, com vazão média de 1,37 L h⁻¹, operando à pressão média de 105 kPa. A vazão média do sistema de irrigação por estufa foi 0,545 m³ h⁻¹ e a uniformidade de distribuição de água dos gotejadores 96%.

As irrigações foram realizadas com turno de rega fixo de 2 dias para facilitar a aplicação das quantidades desejadas de CO₂, sem violar a capacidade de solubilização da água e de medição de vazão de CO₂ do fluxômetro. A quantidade de água aplicada foi determinada com base na curva de retenção de água no solo e no potencial mátrico da água medido por tensiômetros com leitor digital. Em cada estufa, foram utilizadas 4 tensiômetros, instalados a 0,10 m; 0,20 m; 0,30 m e 0,40 m de profundidade. Considerou-se, como limite superior de água disponível no solo, a quantidade de água correspondente ao potencial mátrico de -9,0 kPa (0,204 cm³ cm⁻³) e, como limite inferior, a quantidade de água equivalente ao potencial mátrico da água no solo medido antes de cada irrigação.

Nos primeiros 30 DAT, calculou-se a lâmina de irrigação para a camada de solo de 0-0,20 m, considerando-se o potencial mátrico medido a 0,10 m de profundidade. Posteriormente, o manejo da irrigação foi feito pelo potencial mátrico medido a 0,20 m para calcular a quantidade de água a aplicar na camada de solo de 0-0,40 m de profundidade. Os tensiômetros instalados a 0,30 e 0,40 m foram utilizados para monitorar o avanço da frente de molhamento e a adequação da irrigação.

Calculou-se a lâmina de irrigação por meio da equação (2):

$$h = 10 (\theta_{cc} - \theta_{cr}) \cdot z \quad (2)$$

em que:

h é a lâmina de irrigação (mm);

θ_{cc} é a umidade do solo no potencial mátrico de -9,0 kPa (0,204 cm³ cm⁻³);

θ_{cr} é a umidade do solo no momento da irrigação (cm³ cm⁻³); e

z a profundidade da camada de irrigação (cm).

A lâmina de irrigação foi transformada em volume (L), considerando-se a área total da estufa (122,5 m²), e o tempo de irrigação foi calculado pela equação (3):

$$Ti = 60 \times 10^{-3} \frac{h \cdot A}{Q} \quad (3)$$

em que:

Ti é tempo de irrigação (min);
h é a lâmina de irrigação (mm);
A é a área da estufa ($122,5 \text{ m}^2$); e
Q a vazão de água por estufa ($0,546 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$).

O sistema de fertirrigação operou independentemente do sistema de irrigação e constituiu-se de um reservatório para acondicionar a calda fertilizante previamente preparada em recipientes. Preparou-se a calda com fertilizantes potássicos e nitrogenados. As doses de K_2O variaram de acordo com o tratamento e foram parceladas em 19 aplicações, dos 4 DAT aos 76 DAT, utilizando-se nitrito de potássio (KNO_3) e sulfato de potássio (K_2SO_4) em proporções necessárias para compor os tratamentos de K_2O preestabelecidos. Entre 4 DAT e 48 DAT, aplicou-se apenas KNO_3 , entre 52 DAT e 64 DAT, utilizaram-se combinações de KNO_3 e K_2SO_4 e, entre 68 DAT e 76 DAT, utilizou-se apenas K_2SO_4 . Foram aplicados 200 kg ha^{-1} de N, na forma de nitrito de potássio (KNO_3) e nitrito de amônio (NH_4NO_3), parcelados em 16 aplicações, dos 4 DAT aos 64 DAT. A frequência de fertirrigação foi 4 dias. Os percentuais de distribuição de nitrogênio e de potássio, ao longo do ciclo (Figura 1), foram baseados na marcha de absorção do meloeiro conforme proposta por Silva *et al.* (2000).

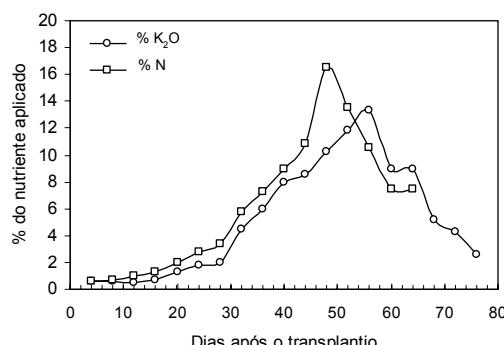


Figura 1. Distribuição percentual de nitrogênio e de potássio durante o ciclo do meloeiro.

Na fertirrigação, aplicou-se apenas água até pressurizar o sistema e, em seguida, injetou-se um volume conhecido de calda fertilizante (30 L), previamente dissolvida em água e colocada no reservatório, cuja concentração variou com a dose de potássio. Iniciaram-se as aplicações, da menor para a maior dose de K_2O , e operaram-se 4 linhas laterais por vez, possibilitando aplicações seqüenciais e independentes em uma linha por estufa. Posteriormente, injetaram-se 20 L de água para lavagem do sistema e expulsão de resíduos

fertilizantes do sistema de fertirrigação e das linhas laterais.

O sistema de aplicação de CO_2 constituiu de 3 conjuntos de injeção formados por um cilindro de CO_2 (5,0 kg), uma válvula reguladora de pressão, um manômetro e um fluxômetro previamente calibrado para controlar a vazão do gás injetado diretamente nas linhas de irrigação das estufas. O volume de água carbonatada aplicado em cada estufa foi controlado por hidrômetros instalados após o ponto de injeção do CO_2 .

Pelo fato de os fluxômetros não apresentarem alta precisão de escala, a quantidade de CO_2 aplicada em cada irrigação também foi controlada pela pesagem dos cilindros de gás, antes e depois de cada aplicação. As quantidades totais de CO_2 efetivamente aplicadas em cada tratamento foram contabilizadas no final do ciclo do meloeiro. As aplicações do CO_2 foram iniciadas aos 14 DAT, quando as mudas já estavam estabelecidas e foram interrompidas aos 78 DAT, 13 dias antes da primeira colheita. Essas aplicações foram feitas simultaneamente à irrigação, durante a manhã, com frequência de dois dias. A distribuição de CO_2 durante o ciclo da cultura nos diferentes tratamentos está apresentada na Figura 2.

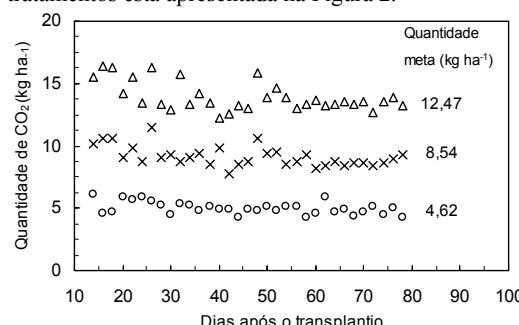


Figura 2. Distribuição de CO_2 durante o ciclo do meloeiro nos diferentes tratamentos.

Para avaliar a produtividade total e comercial, foram realizadas 3 colheitas, a partir dos 91 DAT, quando eles atingiram a maturação fisiológica (teor de sólidos solúveis em torno de 11 °Brix, cor acinzentada e rendilhamento em volta do pedúnculo). Procedeu-se à pesagem individual dos frutos em balança digital com precisão de 5,0 g. Foram classificados como frutos comerciais os não-deformados com peso superior a 0,550 kg, conforme Filgueiras *et al.* (2000).

Após a colheita, foram separados 4 frutos por repetição para a determinação dos parâmetros de qualidade física e química. Utilizou-se um paquímetro digital para medir os diâmetros transversal e longitudinal e a espessura da polpa e um penetrômetro de 8,0 mm para a firmeza em dois

pontos da zona equatorial do fruto. Um dia após a colheita, fez-se a análise química dos frutos. Utilizou-se um desintegrador de polpa, determinou-se o "Brix com um refratômetro analítico; o pH foi determinado com peágâmetro digital e a acidez total, pela titulação do suco com solução de NaOH 0,01N até o pH atingir 8,1.

Resultados e discussão

Distribuição da produção de frutos

No experimento como um todo, os pesos dos frutos de melão, determinados logo após as colheitas, variaram de 350 g a 1550 g, tendo sido distribuídos em 6 classes de freqüência, definidas por faixas de peso de 200 g (Figura 3). No intervalo de classe inferior, foram agrupados os frutos com menos de 550 g e, no superior, os frutos com até 1550 g. Observou-se que as menores freqüências de frutos não-comerciais (pesos inferiores a 550 g) ocorreram nas maiores doses de CO_2 (301,8 kg ha^{-1} e 460,4 kg ha^{-1}) e nas maiores doses de K_2O (300 kg ha^{-1} e 600 kg ha^{-1}). Já na ausência de CO_2 foram

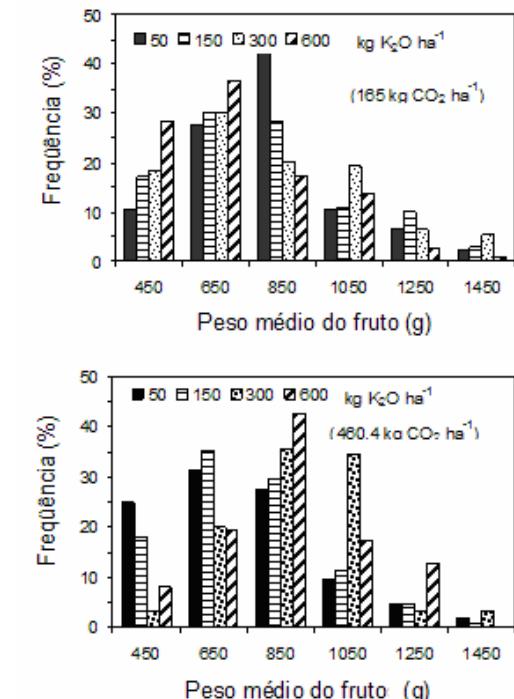
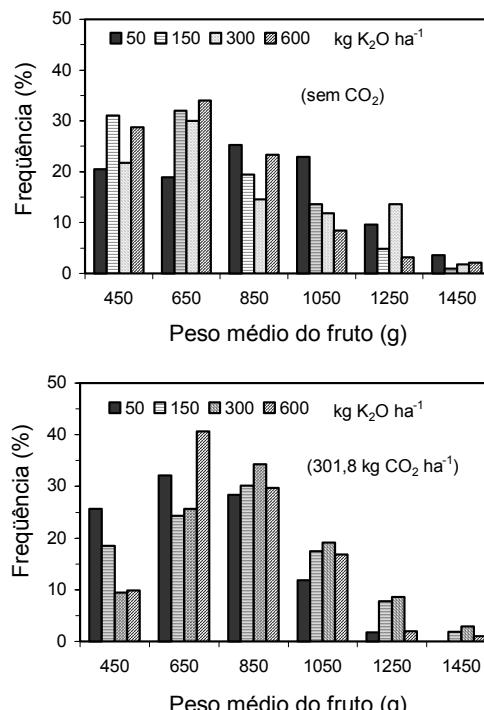


Figura 3. Distribuição de freqüências dos pesos de frutos de melão em cada dose de CO_2 aplicada.

obtidas as maiores freqüências de frutos não-comerciais. Para um total de 176 plantas, o maior número de frutos (418) foi produzido no tratamento que recebeu 301,8 kg ha^{-1} de CO_2 , com menor número de frutos defeituosos (3,6%). Os tratamentos sem adição de CO_2 e com adição de 460,4 kg ha^{-1} foram os que produziram menor número de frutos (390 e 387, respectivamente), sendo também os que apresentaram as maiores porcentagens de frutos defeituosos (6,4% e 6,5%). Os frutos com maior peso médio (898,9 g) foram produzidos no tratamento com 460,4 kg ha^{-1} de CO_2 e 300 kg ha^{-1} de K_2O . A dose de CO_2 de 301,8 kg ha^{-1} não se destacou pela produção dos frutos mais pesados, porém apresentou o maior número total de frutos (418 frutos por 176 plantas) e o menor número de frutos defeituosos (3,6%). Mavrogianopoulos *et al.* (1999) registraram aumento de até 29% na produtividade do meloeiro com incremento na concentrações de CO_2 de 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ para 1200 mol mol^{-1} , o que foi atribuído ao maior peso dos frutos (13%) e ao aumento do número de frutos (17%).

Os tratamentos sem adição de CO_2 e com adição de 460,4 kg ha^{-1} foram os que produziram menor número de frutos (390 e 387 frutos por 176 plantas), e apresentaram as maiores porcentagens de frutos defeituosos. Na Figura 4, estão representados os

Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro

713

valores médios de número de frutos comerciais de melão produzidos por parcela (11 plantas). A análise de variância da regressão indicou que o número de frutos comerciais foi influenciado significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, pelas doses de CO₂ e de K₂O, segundo um modelo quadrático, e a interação não foi significativa. A combinação de 300 kg ha⁻¹ de K₂O e 301,8 kg ha⁻¹ de CO₂ resultou no maior número de frutos comerciais.

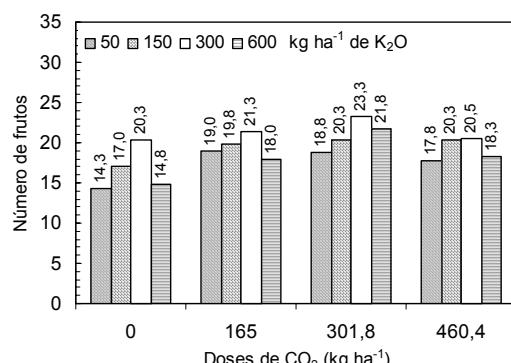


Figura 4. Número médio de frutos comerciais por parcela de 11 plantas.

Na Figura 5, são apresentados os pesos médios dos frutos comerciais em função das doses de CO₂ e de K₂O. Para o peso médio do fruto, não foi constatado efeito significativo do CO₂, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, indicando que a variação da produtividade comercial deveu-se, principalmente, ao número de frutos comerciais produzidos. Embora a dose de CO₂ de 301,8 kg ha⁻¹ não tenha se destacado pela produção dos frutos mais pesados, apresentou o maior número total de frutos, o menor número de frutos defeituosos e baixa freqüência de frutos com peso inferior a 550 g. Pinto *et al.* (1999), por sua vez, encontraram efeito significativo do CO₂ para número de frutos comerciais (aumento de 14,35% no número de frutos) e peso médio dos frutos (aumento de 9,38% no peso médio de frutos).

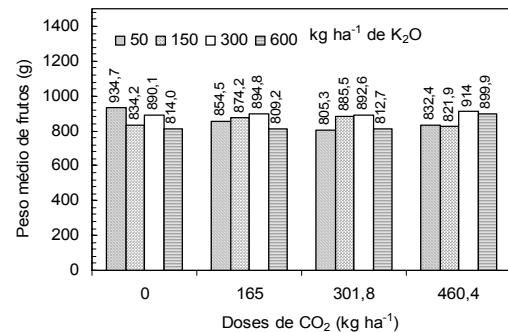


Figura 5. Peso médio (g) dos frutos comerciais de melão.

Em relação ao K₂O, observou-se efeito significativo, a 5% de probabilidade, sobre o peso médio de frutos, sendo que a dose de 300 kg ha⁻¹ proporcionou o maior peso médio em todas as doses de CO₂ (em média, 897,8 g). O efeito do K₂O, sobre o peso médio do fruto comercial, seguiu um modelo quadrático. Bhella (1985) verificou que a irrigação por gotejamento com dose de potássio de 140 kg ha⁻¹ aumentou significativamente o peso médio do fruto e a produtividade; por outro lado, diminuiu o teor de sólidos solúveis nos frutos do meloeiro rendilhado.

Produtividade total de frutos

A produtividade total do meloeiro, em função das doses de CO₂ e K₂O, aplicadas via sistema de irrigação por gotejamento, estão apresentadas na Tabela 3. Verifica-se um acréscimo de 30,9% na produtividade total média de melão, considerando-se o tratamento que recebeu 50 kg ha⁻¹ de K₂O sem adição de CO₂ (menor produtividade) e o tratamento com 300 kg ha⁻¹ de K₂O e adição de 301,8 kg ha⁻¹ CO₂ (maior produtividade). Observa-se que, independentemente da dose de CO₂, as maiores produtividades foram obtidas com 300 kg ha⁻¹ de K₂O. Para essa dose de K₂O, a produtividade aumentou de 55,42 Mg ha⁻¹, sem adição de CO₂, para 61,57 Mg ha⁻¹, com adição de 301,8 kg ha⁻¹ de CO₂ (acréscimo de 11,1%).

Tabela 3. Produtividade total da cultura do meloeiro.

Doses de CO ₂ (kg ha ⁻¹)	Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)			Média
	50	150	300	
----- Produtividade total de frutos (mg ha ⁻¹) -----				
0	47,05	51,09	55,42	49,47 50,76
165	52,12	54,83	60,13	53,26 55,09
301,8	52,80	56,24	61,57	53,84 56,11
460,4	51,45	54,22	55,71	52,02 53,35
Média	50,86	54,10	58,21	52,15 53,83

Em média, ocorreu um acréscimo de 10,5% na produtividade total com a aplicação de 301,8 kg ha⁻¹ de CO₂ em relação aos tratamentos que não receberam CO₂. Em todas as doses de K₂O, houve

tendência de maior produtividade para a aplicação de 301,8 kg ha⁻¹ de CO₂. Nessa dose de CO₂, comparando-se as produtividades obtidas com 50 e 300 kg ha⁻¹ de K₂O, verifica-se um aumento 16,6%.

A análise de variância para produtividade total de melão revelou efeito significativo ($P<0,01$) para doses de CO₂ e K₂O, mas não houve efeito significativo da interação desses fatores ($P>0,05$). Pinto *et al.* (2000) também observaram que a aplicação de CO₂ via água de irrigação, em condições de campo e em estufa, influenciou positivamente a produtividade do meloeiro amarelo. O autor conseguiu aumento de 22,9% na produtividade total do tratamento que recebeu 50 kg ha⁻¹ de CO₂ em condições de campo e 27,3% em estufa, em comparação ao tratamento que não recebeu adição de CO₂.

Aplicando-se análise de regressão múltipla para estudar as variações da produtividade total de frutos em função das doses de K₂O e CO₂, constataram-se efeitos linear e quadrático significativos para esses fatores (Tabela 4). Já a interação entre eles não foi significativa. Os parâmetros do modelo de regressão múltipla (equação 1) ajustado para produtividade total, com $R^2=0,9149$ significativo a 1% de probabilidade, estão apresentados na Tabela 4. Por esse modelo, estima-se uma produtividade total máxima de frutos de melão de 60,8 Mg ha⁻¹ com a aplicação de 351,4 kg ha⁻¹ de K₂O e 282,8 kg ha⁻¹ de CO₂.

Na Figura 6, está representada a superfície de resposta projetada em um gráfico de duas dimensões, para produtividade total de frutos, mostrando-se as diferentes combinações de K₂O e CO₂ que resultam na mesma produtividade. As curvas são convexas em relação à origem, isto é, doses crescentes de K₂O substituem doses de CO₂ cada vez menores e vice-versa. Isso introduz o conceito de substituição de fatores, isto é, CO₂ e K₂O podem se substituir na produção de melão.

Tabela 4. Análise de variância da regressão para produtividade total de melão.

Causas de variação	GL	QM	F	Pr > F
Modelo	5	37,155	33,243**	0,000
Resíduo	10	1,118		
Parâmetros	Variável	Valor	Valor "t"	Nível sig.
B ₀	Constante	44,235	46,451**	0,000
B ₁	CO ₂	4,125x10 ⁻²	7,373**	0,000
B ₂	K ₂ O	6,110x10 ⁻²	-10,232**	0,000
B ₃	(CO ₂) ²	-7,294x10 ⁻⁵	-6,736**	0,000
B ₄	(K ₂ O) ²	-8,693x10 ⁻⁵	-10,469**	0,000
B ₅	(CO ₂)x(K ₂ O)	-6,697x10 ⁻⁶	-0,903 ^{NS}	0,378
R^2 ajustado = 0,9149				

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{NS}não-significativo.

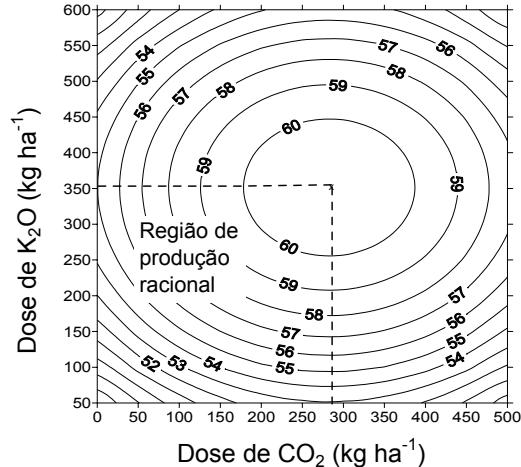


Figura 6. Produtividade total do meloeiro em função de doses de CO₂ e K₂O e região de produção racional.

A variação na declividade das isoquantas, ao longo de uma mesma linha reta, traçada a partir da origem, sugere que a combinação dos fatores, para a qual se obtém o menor custo, varia com o nível de produtividade. Assim, a combinação econômica de K₂O e CO₂, para uma produtividade de 30 mg ha⁻¹, é diferente daquela para 50 mg ha⁻¹.

Na Figura 6, estão definidas duas isóclinas, linhas que unem os pontos de cada isoquanta, onde as inclinações das linhas tangentes são iguais e, sobre cada uma dessas linhas, para qualquer nível de produção, tem-se a mesma taxa marginal de substituição. Em estudos econômicos, interessa limitar, em cada isoquanta, o segmento entre duas isóclinas em que a taxa marginal de substituição é decrescente (região de produção racional). Ultrapassadas essas isóclinas, a declividade da isoquanta é positiva, isto é, quantidades crescentes de ambos os fatores são empregadas mantendo-se a produtividade no mesmo nível.

Produtividade comercial do meloeiro

A produtividade comercial do meloeiro foi estimada pela diferença entre a produtividade total e a produtividade não-comercial (frutos defeituosos mais frutos com peso inferior a 550 g), em função das doses de CO₂ e K₂O (Tabela 5). A maior produtividade comercial foi obtida com a dose de 300 kg ha⁻¹ de K₂O e 301,8 kg ha⁻¹ de CO₂. Pela análise de variância, constatou-se efeito significativo, a 5% de probabilidade, das doses de CO₂, K₂O e interação entre esses fatores. Para a dose 300 kg ha⁻¹ de K₂O, a produtividade comercial teve um aumento de 15,2% quando se aplicou 301,8 kg ha⁻¹ de CO₂, em relação ao tratamento sem aplicação desse gás.

Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro

Tabela 5. Produtividade comercial da cultura do meloeiro.

Dose de CO ₂ (kg ha ⁻¹)	Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)				Média
	50	150	300	600	
Produtividade comercial de frutos (mg ha ⁻¹)					
0,0	36,72	39,16	49,68	33,11	39,67
165,0	44,70	47,62	52,35	40,09	46,19
301,8	41,70	49,41	57,21	48,75	49,27
460,4	40,28	45,92	51,57	45,22	45,75
Média	40,85	45,53	52,70	50,04	45,22

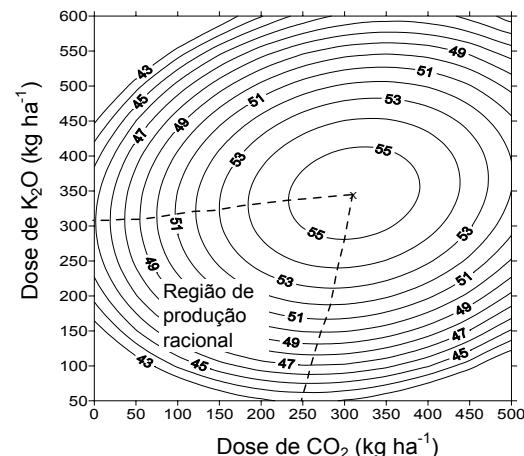
Pela análise de regressão entre doses de CO₂ e K₂O, verificou-se efeito significativo para os componentes linear e quadrático e para a interação entre esses fatores (Tabela 6). O modelo de regressão ajustado para produtividade comercial apresentou R² = 0,8474, significativo a 1% de probabilidade, mostrando que 84,74% da variação total da produtividade comercial de frutos foi explicada pela regressão.

Tabela 6. Resumo da análise de variância da regressão para produtividade comercial.

Causas de variação	GL	QM	F	Pr > F
Modelo	5	111,428	19,848**	0,0001
Resíduo	10	5,6142		
Parâmetros	Variável	Valor	Valor "t"	Nível sig.
B ₀	Constante	32,285	14,97**	0,000
B ₁	CO ₂	5,068x10 ⁻²	4,00**	0,003
B ₂	K ₂ O	8,910x10 ⁻²	6,59**	0,000
B ₃	(CO ₂) ²	-1,029x10 ⁻⁴	-4,20**	0,002
B ₄	(K ₂ O) ²	-1,458x10 ⁻⁴	-7,75**	0,000
B ₅	(CO ₂)(K ₂ O)	-3,875x10 ⁻⁵	2,31*	0,014
R^2 ajustado = 0,8474				

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 7, estão representadas as isoquantes e a região de produção racional, para produtividade comercial. Pelo modelo ajustado, estima-se uma produtividade comercial máxima de 55,64 Mg ha⁻¹ com a aplicação de 346,7 kg ha⁻¹ de K₂O e 311,5 kg ha⁻¹ de CO₂. Em estufa, Pinto *et al.* (2000) obtiveram a maior produtividade comercial de melão amarelo (23,68 kg ha⁻¹) com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de CO₂ e 180 kg ha⁻¹ de K₂O. Para condições de cultivo em campo aberto, Pinto *et al.* (2001) constataram aumento de 50,5% na produtividade comercial com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de CO₂ e 180 kg ha⁻¹ de K₂O e esse efeito se deveu à produção de maior número de frutos e frutos com maior peso. Relativamente ao potássio, Prabhakar *et al.* (1985) afirmar que o seu efeito no aumento da produtividade deve-se ao aumento do tamanho dos frutos, embora neste trabalho não se tenha verificado efeito significativo do potássio no peso médio do fruto.



polpa, reduzindo-a de 26 mm (com 50 kg ha⁻¹ de K₂O) para 22,9 mm (com 600 kg ha⁻¹ de K₂O). Embora não exista escala que compare e classifique os frutos quanto à firmeza e à espessura da polpa, é por meio dessas características que se identificam os frutos mais resistentes ao transporte e com maior vida pós-colheita.

Qualidade química dos frutos comerciais

Pela análise de variância, constatou-se efeito quadrático significativo ($P<0,01$) do CO₂ sobre a acidez total titulável e sobre o teor de sólidos solúveis ($P<0,01$) e não houve efeito sobre o pH (em média 6,2). Já K₂O não influenciou significativamente essas características químicas.

A menor acidez (0,1134 mg ácido málico anidro por 100 ml suco) ocorreu no tratamento sem adição de CO₂ e a maior (0,1318 mg ácido málico anidro por 100 mL suco) quando se aplicou 165 kg ha⁻¹ de CO₂. O teor de sólidos solúveis totais variou de 10,3 °Brix (sem adição de CO₂) a 13,0 °Brix (com aplicação de 460,4 kg ha⁻¹ de CO₂). De maneira geral, os teores de sólidos solúveis encontrados atendem aos padrões de qualidade para comercialização, tanto para o mercado interno como para o externo, pois, para o mercado europeu, frutos com teores de sólidos solúveis abaixo de 9 °Brix são considerados inaptos, entre 9 e 12 °Brix, são aceitáveis, e os que apresentarem valores acima de 12 °Brix são considerados ótimos para a comercialização.

Conclusão

- O número de frutos comerciais de melão aumentou significativamente com o aumento das doses de CO₂ e K₂O, segundo uma relação quadrática;

- Não houve efeito significativo do CO₂ sobre o peso médio dos frutos, porém observou-se efeito quadrático significativo para o K₂O;

- As produtividades total e comercial de melão aumentaram, segundo uma relação quadrática, em função do aumento das doses de CO₂ e K₂O;

- A aplicação de CO₂ e K₂O, via irrigação aumentou a eficiência de uso de água do meloeiro;

- Houve efeito significativo do CO₂ sobre a acidez total, o teor de sólido solúveis e o pH da polpa dos frutos, porém não houve efeito do K₂O;

- A aplicação de K₂O afetou significativamente a espessura da polpa de melão e os diâmetros transversal e longitudinal dos frutos e o CO₂ afetou a espessura e a firmeza da polpa.

Referências

- BASILE, G. et al. Soil nutrient mobility response to irrigation with carbon dioxide enriched water. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, Monticello, v. 24, n. 11/12, p. 1183-1195, 1993.

BHELLA, H.S. Muskmelon growth, yield, and nutrition as influenced by planting method and trickle irrigation. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, Alexandria, v. 110, n. 6, p. 793-796, 1985.

BROWN, J.C. An evaluation of bicarbonate-induced iron chlorosis. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 80, n. 5, p. 246-247, 1960.

CARARO, D.C.; DUARTE, S.N. Injeção de CO₂ e lâminas de irrigação em tomateiro sob estufa. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 20, n. 3, p. 432-437, 2002.

CASELLA, E. et al. Long-term effects of CO₂ enrichment and temperature increase on a temperature grass ward. I. Productivity and water use. *Plant Soil*, Dordrecht, v. 187, n. 1, p. 83-89, 1996.

CHAUDHURI, U.N. et al. Root growth of winter wheat under elevated carbon dioxide and drought. *Crop Sci.*, Madison, v. 30, p. 853-857, 1990.

D'ANDRIA, R. et al. Soil and plant nutrient modifications in response to irrigation with CO₂ enriched water on tomato. *Acta Hortic.*, Wageningen, n. 335, p. 557-562, 1993.

FILGUEIRAS, H.A. et al. *Colheita e manuseio pós-colheita*. In: ALVES, R.E. Melão: Pós-colheita. Brasília: Embrapa, comunicação para transferência de tecnologia, 2000.

GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 14.ed. São Paulo: Nobel, 2000.

GOVINDARAJAN, G.; POOVAIAH, B.H. Effect of root-zone carbon dioxide enrichment on ethylene of carbon assimilation in potato plants. *Plant Physiol.*, Bethesda, v. 55, p. 465-469, 1984.

HALE, V.Q.; WALLACE, A. Bicarbonate and phosphorus in soybeans of iron chelated with ethylenediamine dihydroxyphenyl acetate. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 80, n. 5, p. 241-245, 1960.

IBRAHIM, A. Response of plant to irrigation with CO₂ enriched water. *Acta Hortic.*, Wageningen, n. 323, p. 205-214, 1992.

KIMBALL, B.A. et al. *Progress research report 039*. Phoenix: United States Water Conservation Laboratory, 1986. 125p.

MAUNHEY, J.R.; HENDRIX, D.L. Responses of glasshouse grown cotton to irrigation with carbon dioxide-saturated water. *Crop Sci.*, Madison, v. 28, n. 5, p. 835-838, 1988.

MAVROGIANOPOULOS, G.N. et al. Effect of carbon dioxide enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. *Sci. Hortic.*, Amsterdam, v. 79, p. 61-63, 1999.

MOORE, P.D. Potential for irrigation with carbon dioxide. *Acta Hortic.*, Wageningen, n. 278, p. 171-178, 1990.

NOVERO, R. et al. Field-grown tomato response to carbonated water application. *Agron. J.*, Madison, v. 83, p. 911-916, 1991.

PINTO, J.M. et al. Aplicação de CO₂ via água de irrigação na cultura do melão em ambiente protegido. *Eng. Agric.*, Sorocaba, v. 18, n. 3, p. 1-10, 1999.

PINTO, J.M. et al. The effects of CO₂ applied through irrigation water on melon crop in protect cultivation. *Acta Hortic.*, Wageningen, n. 537, p. 267-272, 2000.

PINTO, J.M. et al. Aplicação de CO₂ via água de irrigação em relação à produtividade do meloeiro. *Sci. Agric.*, 98(1), 2001.

- Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 33-338, 2001.
- PRABHAKAR, B.S. et al. Yield and quality of muskmelon (cv. Haro madhu) in relation to spacing and fertilization. *Prog. Hortic.*, Chaubatia, v. 17, n. 1, p. 51-55, 1985.
- RAIJ, B. Van. et al. (Ed.) *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p.181: Melão. (IAC. Boletim, 100).
- RHOADS, W.A.; WALLACE, A. Possible involvement of dark fixation of CO₂ in lime-induced cholorosis. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 80, n. 5, p. 248-256, 1960.
- SILVA, H.R. et al. *Cultivo do meloeiro para o norte de Minas Gerais*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 22p. (Circular Técnica, 20)
- SOUSA, V. F. et al. *Cultivo do meloeiro sob fertirrigação*

por gotejamento no meio norte do Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1999. 68p. (Embrapa Meio-Norte. Circular técnica, 21).

STOFFELLA, P.J. et al. Citrus rootstock and carbon dioxide enriched irrigation influence on seedling emergence, growth, and nutrient content. *J. Plant Nutr.*, Monticello, v. 18, n. 7, p. 1439-1448, 1995.

STORLIE, C.A.; HECKMAN, J.R. Bell pepper yield response to carbonated irrigation water. *J. Plant Nutr.*, Monticello, v. 19, n. 10/11, p. 1477-1484, 1996.

Received on February 28, 2005.

Accepted on November 11, 2005.