

Produção de pimenta tabasco com aplicação de CO₂, utilizando-se irrigação por gotejamento

Fabiana Luiza Matielo de Paula¹, José Antônio Frizzone^{1*}, Adalberto Luiz de Paula², Carlos Tadeu dos Santos Dias³ e Tales Miler Soares⁴

¹Departamento de Engenharia de Biosistemas, Escola de Agronomia 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. ²Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. ³Departamento de Ciências Exatas, Escola de Agronomia 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil. ⁴Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: frizzone@esalq.usp.br

RESUMO. A aplicação de CO₂ via água de irrigação produz o rebaixamento do pH da solução do solo, causando variações na mobilidade dos nutrientes e consequentes efeitos na absorção. O objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos de doses de dióxido de carbono (CO₂), aplicadas via irrigação por gotejamento, na produção da pimenta Tabasco. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos e oito repetições. Os tratamentos foram quatro doses de CO₂: 0 (T1), 451,95 (T2); 677,93 (T3) e 903,92 (T4) kg ha⁻¹. Os frutos foram pesados e contados; o comprimento e o diâmetro de frutos foram obtidos com a média de 20 frutos por planta. Ocorreu efeito quadrático ($p < 0,01$) para as doses de CO₂ sobre a produção e o efeito quadrático ($p < 0,05$) das doses sobre o número de frutos. Não houve efeito das doses de CO₂ sobre a massa de matéria verde, massa de matéria seca, comprimento e diâmetro de frutos. O tratamento T2 proporcionou a maior produção e o maior número de frutos por planta, com aumento de 16 e 26%, respectivamente, em relação a T1 (sem CO₂). A aplicação de CO₂ favoreceu o aumento da produção em decorrência do aumento do número de frutos por planta.

Palavras-chave: *Capsicum frutescens* L., dióxido de carbono, irrigação por gotejamento.

ABSTRACT. Tabasco pepper production with CO₂ application using drip irrigation.

Application of CO₂ through water reduces the soil solution pH, causing variations in nutrient mobility and consequent effects on the absorption. The objective of this study was to analyze the effects of carbon dioxide rates supplied by drip irrigation in the production of *Capsicum frutescens* L. crop. A randomized block design with four treatments and eight replications was used. The treatments were four rates of CO₂: 0 (T1), 451.95 (T2); 677.93 (T3) and 903.92 (T4) kg ha⁻¹. The fruits were counted and weighed; the length and the diameter were obtained from an average of 20 fruits per plant, randomly taken, from each treatment in the plot. The quadratic effect ($p < 0.01$) occurred for CO₂ on the yield and there was quadratic effect ($p < 0.05$) of the rates on the number of fruits. There were no effects of CO₂ rates on the green matter, dry matter and fruit length and diameter. The T2 treatment provided greater yield and higher number of fruits per plant with an increase of 16 and 26%, respectively in relation to T1 (without CO₂). CO₂ application favored the increase in the yield because of the greater number of fruits per plant in the Tabasco pepper crop.

Keywords: *Capsicum frutescens* L., carbon dioxide, drip irrigation.

Introdução

A pimenta (*Capsicum frutescens* L.) cv. Tabasco McIlhenny é uma olerícola originária da Bacia Amazônica, conhecida mundialmente pelo molho de pimenta que leva seu nome. A área anual cultivada no Brasil é de dois mil hectares e os principais Estados produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul. A produtividade média depende do tipo de pimenta cultivada, variando de 10 a 30 t ha⁻¹.

A demanda por alimentos de melhor qualidade requer o uso de tecnologias que minimizem os

efeitos que limitam a produtividade. Dentre estas tecnologias, tem-se o uso do dióxido de carbono (CO₂) aplicado via irrigação, com o objetivo de maximizar a produtividade, melhorar a qualidade de frutos e reduzir os custos de produção (FURLAN et al., 2002).

Segundo Basile et al. (1993), a concentração de CO₂ na rizosfera pode aumentar a concentração de íons bicarbonatos, diminuindo o pH da solução e disponibilizando alguns nutrientes. Estas variações da mobilidade dos nutrientes podem causar diferentes efeitos na absorção dos mesmos. O

dióxido de carbônico (CO₂), aplicado via solo, vem sendo utilizado desde o final do século passado no cultivo de espécies ornamentais.

Existem várias hipóteses para se esclarecer os efeitos provocados pela aplicação de CO₂ sobre a produtividade. O CO₂ aplicado, via irrigação, sofre difusão do solo para a atmosfera, pode ser absorvido pelas raízes e melhora a absorção de nutrientes (MACHADO et al., 1999). Mas estas hipóteses precisam ser esclarecidas, pois cada cultura responde diferentemente às condições impostas. A aplicação de CO₂ na água ou no ar baseia-se no fato de que alguns processos fisiológicos ou bioquímicos das plantas são beneficiados por este gás, causando respostas positivas na produtividade em várias culturas agrícolas (MACHADO et al., 1999).

Storlie e Heckman (1996) explicam que o uso de água carbonatada não tem sido recomendado comercialmente pelas poucas pesquisas realizadas a campo e pelo desconhecimento de certos mecanismos de ação, que promovem resultados diversos, dependendo das condições ambientais durante o experimento. A utilização extensiva desta técnica ainda é restrita pela falta de informação sobre o comportamento da planta nas condições de elevação da concentração do CO₂ na solução do solo.

No Brasil, a aplicação de dióxido de carbono, via irrigação, é de uso recente, sendo necessário esclarecer aspectos importantes de sua aplicação na produtividade e qualidade de frutos. A falta de informação sobre o efeito da aplicação de água carbonatada na cultura da pimenta tem limitado a utilização desta técnica, sendo necessários estudos para se determinar as doses de CO₂ mais adequadas para se otimizar seu cultivo em ambiente protegido. O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos de doses de dióxido de carbono (CO₂), aplicadas via irrigação por gotejamento na produção; número de frutos por planta; massa de matéria verde; massa de matéria seca; comprimento e diâmetro dos frutos na cultura da pimenta Tabasco (*Capsicum frutescens* L.).

Material e métodos

O experimento foi conduzido em ambiente protegido instalado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Esalq – USP, localizada no município de Piracicaba, Estado de São Paulo. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo franco-arenoso, com características físicas e químicas apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Com base na análise química e na recomendação de adubação para o Estado de São Paulo, 30 dias

antes do transplante incorporou-se NPK nas doses de 40, 600 e 180 kg ha⁻¹ na forma de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Tabela 1. Características físicas do solo utilizado no experimento.

Granulometria (%)			Classe textural	Massa específica (g cm ⁻³)	
Argila	Silte	Areia		Solo	Partículas
15,23	8,67	76,10	Franco-arenoso	1,08	2,66

Tabela 2. Resultados da análise química de macronutrientes e micronutrientes do solo utilizados no experimento.

Amostra	Macronutrientes												
	pH	M.O	P	S	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺	H+Al ⁺	SB	T	V	
	CaCl ₂ , g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol, dm ⁻³	(%)							
Estufa 1	5,0	10	10	25	1,9	25	15	0	22	41,2	63,2	65	
Estufa 2	5,9	17	20	35	2,9	53	25	0	16	80,9	96,9	83	
Amostra	Micronutrientes (mg dm ⁻³)												
	B	Cu	Fe	Mn	Zn								
	0,28	1,5	26	14,8	1,4								
Estufa 2	0,28	2,0	18	19,0	2,1								

O experimento foi conduzido em duas casas-de-vegetação, tipo arco, com orientação 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, cobertas com polietileno transparente com 150 µ de espessura, com tratamento anti UV e com abertura em cada arco das fachadas frontais para circulação do ar.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro blocos por casa-de-vegetação. Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de CO₂ (T1 = 0,0; T2 = 451,95; T3 = 677,93; T4 = 903,92 kg ha⁻¹ durante o ciclo). Cada bloco apresentava seis linhas de plantas de 3,2 m de comprimento, totalizando 30 plantas por bloco. A parcela útil foi constituída de 12 plantas. Estas doses foram definidas com base em trabalhos prévios conduzidos com aplicação de CO₂ em culturas de melão (PINTO et al., 2001; FRIZZONE et al., 2005a; D'ALBURQUERQUE JUNIOR et al., 2007). As doses de CO₂ foram parceladas em 70 aplicações, resultando nas seguintes doses por aplicação: T2 = 6,46; T3 = 9,68; T4 = 12,91 kg ha⁻¹.

O monitoramento dos elementos microclimáticos foi realizado mediante análise de dados armazenados por um *datalogger*, que forneceu as médias de leituras de sensores a cada 30 min. Os sensores instalados foram dois psicrômetros com termopares de bulbo úmido e seco (temperatura e umidade relativa), sendo um por casa-de-vegetação e um saldo radiômetro (radiação líquida). Os sensores e o *datalogger* foram instalados no centro de uma casa-de-vegetação.

A semeadura foi realizada no dia 8/8/2006 e o transplante, aos 50 dias após a semeadura (DAS),

quando as mudas apresentaram seis folhas definitivas. O espaçamento utilizado foi de 0,80 m entre plantas por 1,10 entre linhas (11.363 plantas ha⁻¹).

Foram realizadas duas podas apicais, a primeira, 11 dias após o transplantio (10/10/2006), com o objetivo de induzir a planta a emitir brotações laterais. A segunda foi realizada 16 dias após a primeira (26/10/2006), tendo como finalidade aumentar o número de galhos e deixar a planta com arquitetura na forma de taça, visando aumentar o número de frutos por planta.

O sistema de irrigação foi por gotejamento, composto de fitas gotejadoras com diâmetro de 16,4 mm e vazão de 1,1 L h⁻¹ por gotejador, com emissores espaçados de 0,40 m. O sistema de bombeamento foi composto por bomba centrífuga, com potência de 0,736 kW, vazão de 0,5 a 11 m³ h⁻¹ e pressão manométrica de 23 a 31 mca. O sistema foi composto por filtros, manômetros, hidrômetros e registros. Foram instalados reguladores de pressão de 105 kPa em cada uma das oito linhas de derivação.

As irrigações foram realizadas com turno de rega fixo de dois dias. A quantidade de água aplicada foi determinada com base na curva de retenção da água no solo e nas leituras do potencial mátrico (ψ_m) em tensiômetros com leitura digital. Em cada casa-de-vegetação foram instalados quatro tensiômetros nas profundidades de 0,20 e 0,40 m.

O sistema de fertirrigação operou independentemente do sistema de irrigação e aplicação de CO₂, sendo o reservatório da calda independente do reservatório de irrigação. A calda foi preparada em baldes de 20 L, sendo adicionada a um reservatório de 200 L para posterior aplicação. A fertirrigação foi realizada de acordo com a análise química do solo. A solução foi preparada no momento de cada fertirrigação, utilizando-se nitrato de potássio (KNO₃) e nitrato de cálcio (Ca(NO₃)₂), na concentração de 17 kg ha⁻¹ para ambos. Foram realizadas 12 aplicações com frequência de 15 dias.

O sistema de aplicação de CO₂ foi composto de cilindro de 11 kg, equipado com uma válvula reguladora de pressão, manômetro e fluxômetro com escala de 0,2 a 2,0 L min.⁻¹ para quantificar o volume de CO₂ injetado via água de irrigação com frequência de quatro dias. As doses de CO₂ aplicadas foram quantificadas a cada aplicação por uma balança com precisão de 10 g, sendo o cilindro pesado durante a aplicação. A utilização da balança fez-se necessária pelo fato de o fluxômetro não possibilitar rigoroso controle de CO₂ injetado no sistema.

O tempo médio por aplicação de CO₂ foi 4, 8 e 12 min. para os tratamentos T2, T3 e T4, respectivamente. Após estes tempos, aplicou-se

apenas água para totalizar 30 min. de irrigação. Este procedimento foi utilizado para que o CO₂ fosse eliminado do sistema entre aplicações sucessivas, uma vez que as aplicações eram iniciadas pela menor dose (T2) para minimizar a interferência entre um tratamento e outro. Após a aplicação do CO₂, foi irrigado o tratamento sem CO₂ (T1) com a mesma quantidade de água.

O ciclo fenológico da pimenta perfez 432 dias após o transplantio (DAT), realizadas 13 colheitas após os 127 DAT, no intervalo de sete dias entre uma colheita e outra. Após os 188 DAT, foi realizada uma poda (4/4/2007), devido ao estiolamento ocasionado pela baixa radiação no interior da casa-de-vegetação. Uma das estratégias para se melhorar a radiação neste ambiente foi a retirada da manta termorrefletora (aluminete, 50%). A duração do ciclo, antes da poda, considerando-se a época de semeadura, foi de 239 dias e, após a poda, foi de 244 dias, totalizando-se 16 meses de cultivo.

Após cada colheita semanal, os frutos foram pesados e contados para obtenção da produção e do número de frutos e conduzidos para uma estufa ventilada com temperatura constante de 60°C, até atingirem massa constante para a determinação da matéria seca dos frutos. Para a medição do comprimento e diâmetro dos frutos, realizada em uma amostra aleatória de 20 frutos por parcela em todas as colheitas, utilizou-se um paquímetro digital.

Para a análise estatística, utilizou-se o programa SAS (1999), realizando-se regressão para os tratamentos quantitativos (efeito de doses de CO₂) e teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para o tratamento qualitativo (efeito da casa-de-vegetação), e análise de variância para se testar a interação entre as doses de CO₂ e o ambiente (casa-de-vegetação). O cálculo da máxima eficiência foi realizado de acordo com a metodologia descrita em Storck et al. (2000).

Resultados e discussão

O resumo da análise de variância para a produção, número de frutos por planta, massa de matéria verde e seca de frutos e comprimento e diâmetro de frutos é apresentado na Tabela 3. Verificaram-se efeitos quadráticos para as doses de CO₂ sobre a produção de frutos ($p < 0,05$) e sobre o número de frutos por planta ($p < 0,01$). Quanto às massas de matéria fresca e seca de frutos e comprimento e diâmetro de frutos, não se verificou efeito significativo das doses de CO₂, o mesmo ocorrendo para a interação entre casas-de-vegetação e doses de CO₂.

O tratamento T2 proporcionou maior produção (748,87 g planta⁻¹), comparado aos tratamentos T1, T3

e T4, com valores de 644,69; 719,89 e 572,78 g planta⁻¹, respectivamente (Figura 1). A máxima eficiência técnica (MET) obtida pela equação de regressão foi de 421,4 kg de CO₂ ha⁻¹ com uma produção estimada de 767,3 g planta⁻¹ (Figura 1).

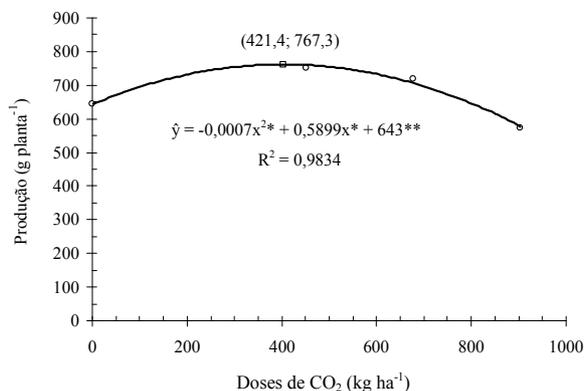


Figura 1. Produção de frutos por planta em função das doses de CO₂ na cultura da pimenta Tabasco.

* e ** representam significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Com a utilização de CO₂ via irrigação, obteve-se incremento na produção da pimenta Tabasco de 16 e 12% para os tratamentos T2 e T3, respectivamente, comparado ao tratamento sem aplicação de CO₂. O tratamento T4 apresentou produção e número de frutos inferiores a T1 (sem CO₂), indicando que a dose de CO₂ utilizada neste tratamento pode ser considerada excessiva, induzindo a planta a responder negativamente à aplicação de CO₂ (Figura 1 e 2).

O aumento na produção da pimenta Tabasco com aplicação de CO₂ foi semelhante aos encontrados por Frizzone et al. (2005a) com aumento médio na produção total de melão de 10,5%, aplicando 301,8 kg ha⁻¹ de CO₂. Cararo e Duarte (2002) obtiveram incremento médio de 8,2% na produtividade e 13% na produção de matéria verde e seca de frutos na cultura do tomateiro, aplicando dose de CO₂ de 7,73 g L⁻¹.

D'Albuquerque Júnior et al. (2007) obtiveram incremento de 18% na produção de frutos de melão, aplicando 8,0 kg de CO₂ ha⁻¹ durante a frutificação, em relação ao tratamento sem CO₂. Furlan et al. (2002) obtiveram incrementos de 35 e 38,4%, na produção e número de frutos, aplicando CO₂ junto à água de irrigação, elevando a concentração do gás na atmosfera para aproximadamente 800 mmol CO₂ mol⁻¹ na cultura do melão. Para a cultura do pimentão, Guri et al. (1999) observaram acréscimo de 10% na produtividade quando aplicaram 400 mg L⁻¹ de CO₂ em solução nutritiva.

O CO₂ aplicado, via irrigação, proporcionou aumento no número de frutos por planta em relação ao tratamento sem CO₂ (T1). Este comportamento fez com que a produção de frutos por planta fosse superior nos tratamentos com aplicação CO₂, exceto para T4 que foi inferior ao T1, tanto em produção quanto em número de frutos produzidos. Um dos fatores que pode ter influenciado negativamente na produção e no número de frutos por planta no tratamento T4 foi o pH do solo que reduziu de 6,0 para 4,9 após a aplicação de CO₂.

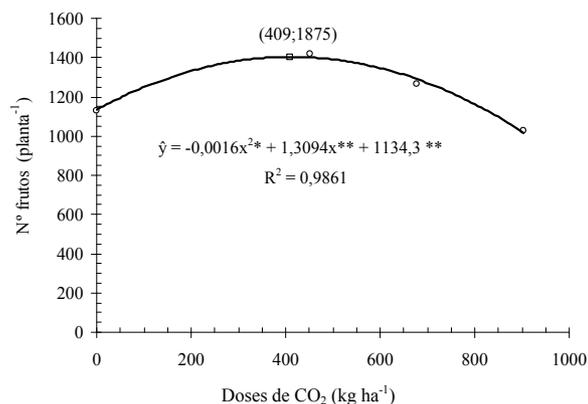


Figura 2. Número de frutos por planta em função das doses de CO₂ na cultura da pimenta Tabasco.

* e ** representam significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 3. Resultado da análise da variância (quadrados médios) referente à produção; número de fruto (NF); peso verde por fruto (PV) e peso seco por fruto (PS); comprimento (C) e diâmetro (D) de frutos de pimenta Tabasco.

Causas de variação	GL	Parâmetros produtivos					
		Produção (g planta ⁻¹)	NF	PV (g fruto ⁻¹)	PS (g fruto ⁻¹)	C (mm)	D (mm)
-----Quadrados médios-----							
Dose de CO ₂ (D)	3	50.112,59 ^{ns}	23.205,4 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,00014 ^{ns}	1,424 ^{ns}	0,061 ^{ns}
Efeito linear	1	8.335,87 ^{ns}	21.846,34 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	2,95 ^{ns}	0,154 ^{ns}
Efeito quadrático	1	139.315,1*	644.655,7**	0,0043 ^{ns}	0,00008 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Desvio	1	2686,86 ^{ns}	9.672,34 ^{ns}	0,0046 ^{ns}	0,00023 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,253 ^{ns}
Estufa (E)	1	118.075,6*	380.404,57*	0,00005 ^{ns}	0,00041 ^{ns}	0,3047 ^{ns}	0,062 ^{ns}
Bloco	3	12.149,1 ^{ns}	13.898,61 ^{ns}	0,0035 ^{ns}	0,0040 ^{ns}	1,6615 ^{ns}	0,264 ^{ns}
E x D	3	16.063,5 ^{ns}	107.965,6 ^{ns}	0,0044 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,4288 ^{ns}	0,053 ^{ns}
Resíduo	21	19.268,8	64.291,01	0,0055	0,00039	0,8299	0,051
CV (%)	—	20,67	20,94	13,23	14,76	3,44	3,19
Média (planta)	—	671,55	1.210,72	0,56	0,13	26,48	7,10

*significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}não-significativo.

D'Adria et al. (1990) constataram aumento na produção de tomate com aplicação de CO₂ em decorrência do aumento do tamanho de frutos e não do maior número de frutos. Comportamento este diferente do observado na cultura da pimenta Tabasco, pois o aumento na produção foi obtido pelo aumento do número de frutos por planta e não pela massa do fruto.

Foram obtidos 1131, 1421, 1268 e 1027 frutos-planta⁻¹, para T1, T2, T3 e T4, respectivamente (Figura 2). Quando aplicada a dose de CO₂ de 451,95 kg ha⁻¹ (T2), as plantas produziram maior número de frutos, comparado a T3 e T4, com aumento de 12 e 38%, respectivamente. Resultado compatível foi encontrado por Pinto et al. (2000) ao observarem que o CO₂ aplicado, via água de irrigação na cultura do melão, influenciou positivamente o número de frutos em comparação aos tratamentos sem aplicação de CO₂. Já Cararo e Duarte (2002) não observaram efeito significativo do CO₂ sobre o número de frutos do tomateiro e Rezende et al. (2003), aplicando CO₂ via atmosfera, não observaram efeito significativo do gás sobre o número de frutos de pimentão.

A aplicação de CO₂ não apresentou efeito significativo sobre as massas de matéria fresca e seca de frutos (Tabela 1). Os valores de massa de matéria verde foram de 0,57 g fruto⁻¹ (T1, T3 e T4), 0,53 g fruto⁻¹ (T2). Os valores de massa de matéria seca foram de 0,134; 0,129; 0,138 e 0,137 g fruto⁻¹ para T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Estes valores foram próximos, embora o menor valor tenha sido obtido com a dose de 451,95 kg ha⁻¹ (T2), que proporcionou a maior produção. Resultados compatíveis foram observados por Frizzzone et al. (2005a) e Cararo e Duarte (2002), não obtendo efeito significativo das doses de CO₂ sobre peso médio de frutos de melão e tomate, respectivamente. Rezende et al. (2002a) observaram que a matéria seca dos frutos de pimentão tende a aumentar com o aumento da concentração de CO₂, aplicada via atmosfera.

Frizzzone et al. (2005a) e D'Albuquerque Júnior et al. (2007) não observaram efeito significativo das doses de CO₂ aplicado via água de irrigação, sobre o comprimento e o diâmetro de frutos de melão. Rezende et al. (2002b) obtiveram efeito do CO₂ no diâmetro dos frutos, entretanto, para o comprimento de frutos de pimentão não observaram efeito do gás aplicado via atmosfera. Estes resultados são semelhantes aos observados neste trabalho com a cultura da pimenta Tabasco, sem efeito significativo das doses de CO₂ sobre o comprimento e diâmetro de frutos (Tabela 1). Os valores médios de comprimento de frutos foram de 26 mm (T1) e 27 mm (T2, T3 e T4). Quanto ao diâmetro médio de frutos, todos os tratamentos aplicados apresentaram o

valor de 7 mm. Estes valores de comprimento e diâmetros de frutos são característicos da variedade estudada, segundo Moreira et al. (2006).

Quanto à eficiência média do uso da água em função da produção de frutos, observou-se que as plantas dos tratamentos T2 e T3 em relação a T1 (sem CO₂), apresentaram maior eficiência em converter água em produção (Figura 3). Mas, com relação ao T4, a eficiência do uso da água (kg m⁻³) foi inferior ao T1, em decorrência da menor produção obtida com a dose mais alta de CO₂. Neste experimento, a lâmina total de água aplicada durante o ciclo da pimenteira (432 dias) foi 1.032,47 mm.

Resultados semelhantes com relação ao aumento da eficiência do uso da água pela aplicação de CO₂ via água de irrigação, foram observados por Frizzzone et al. (2005a e b) que obtiveram aumento crescente da eficiência do uso da água em relação às doses de CO₂. Rezende et al. (2003), aplicando 600 μmol mol⁻¹ de CO₂, via atmosfera na cultura do pimentão, obtiveram aumento na eficiência do uso da água.

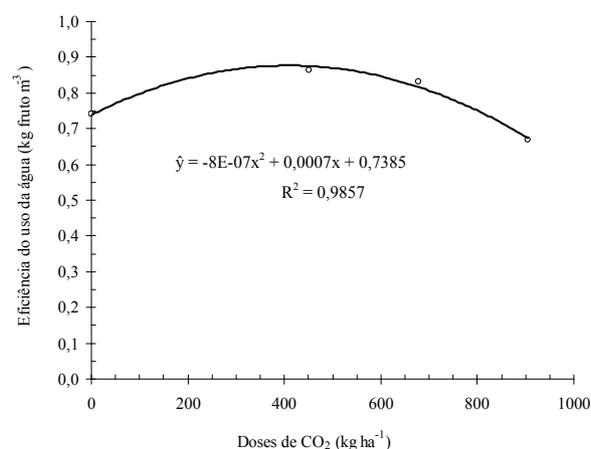


Figura 3. Eficiência média do uso da água em função das doses de CO₂.

A lâmina de água aplicada durante o ciclo da pimenta está dentro da faixa citada por Doorenbos e Kassan (2000) que indicam 600 a 1250 mm para o gênero *Capsicum* e a eficiência do uso da água no intervalo de 1,5 a 3,0 kg m⁻³ de água. A baixa eficiência do uso da água encontrada neste experimento pode ser explicada pela baixa produção em decorrência do pequeno número de colheitas (13) pelo estiolamento causado nas plantas pela baixa radiação solar no interior da casa-de-vegetação e pelo fato de se considerar somente a produção de frutos pelo total de água aplicada.

No caso da pimenta Tabasco, estudada neste trabalho, até então não se tinham dados referentes à utilização do CO₂ via água de irrigação. Observou-se que a pimenteira Tabasco responde positivamente às doses de CO₂ aplicadas, tanto em produção quanto em número de frutos. Novas pesquisas deverão ser

conduzidas para se analisar a resposta da planta ao uso de CO₂ em diferentes estádios de desenvolvimento, visando à economia de CO₂ e à maximização da produtividade e qualidade dos frutos.

Conclusão

A aplicação de CO₂ proporcionou aumento máximo de 16% na produção da pimenta Tabasco; o maior número de frutos por planta foi obtido na dose de 451,95 kg CO₂ ha⁻¹ e com maior eficiência no uso da água; o aumento da produção decorreu do aumento do número de frutos por planta; a aplicação de CO₂ não alterou as massas de matéria fresca e seca, comprimento e diâmetro de frutos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro a esta pesquisa, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCT-EI).

Referências

BASILE, G.; ARIENZO, M.; ZENA, A. Soil nutrient mobility in response to irrigation with carbon dioxide enriched water. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 24, n. 11-12, p. 1183-95, 1993.

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

D'ADRIA, R.; NOVERO, R.; SMITH, D. H.; SHANAHAN, J. F.; MOORE, F. D. Drip irrigation of potato using carbonated water and mulch in colorado. **Acta Horticulturae**, n. 278, p. 179-185, 1990.

D'ALBUQUERQUE JÚNIOR, B. S.; FRIZZONE, J. A.; DUARTE, S. N.; MINGOTI, R.; DIAS, N. S.; SOUSA, V. F. Qualidade física e química de frutos de meloeiro rendimento cultivado sob diferentes épocas de aplicação de CO₂ via água de irrigação. **Irriga**, v. 12, n. 3, p. 273-280, 2007.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 2000. (Estudos FAO: irrigação e drenagem, 33).

FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, S. S.; REZENDE, R. 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. Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 707-717, 2005a.

FRIZZONE, J. A.; D'ALBUQUERQUE JÚNIOR, B. S.; REZENDE, R. Aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura

do meloeiro cultivado em ambiente protegido. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 667-675, 2005b.

FURLAN, R. A.; REZENDE, F. C.; ALVES, D. R. B.; FOLEGATTI, M. V. Lâmina de irrigação e aplicação de CO₂ na produção de pimentão CV Mayata, em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 547-550, 2002.

GURI, S.; MARFÁ, O.; SAVÉ, R. **Efecto de la irrigación carbónica en la producción de un cultivo de pimiento**. Barcelona: IRTA. Departamento de Tecnología Hortícola, 1999.

MACHADO, E. C.; TAKANE, R. J.; FERRO, R. Aplicação de CO₂ via água de irrigação em agricultura. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.) **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 345-353.

MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; RIBEIRO, C. S. C. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 235, p. 16-29, 2006.

PINTO, J. M.; BOTREL, T. A.; MACHADO, E. C. Uso do dióxido de carbono na agricultura: revisão bibliográfica. **Ciência Rural**, v. 30, n. 4, p. 919-925, 2000.

PINTO, J. M.; BOTREL, T. A.; MACHADO, E. C.; FEITOSA FILHO, J. C. Aplicação de CO₂ via água de irrigação em relação à produtividade do meloeiro. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 33-38, 2001.

REZENDE, F. C.; FRIZZONE, J. A.; PEREIRA, A. S. Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO₂. II. Produção de matéria seca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1535-1540, 2002a.

REZENDE, F. C.; FRIZZONE, J. A.; PEREIRA, A. S. Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO₂. III. Característica dos frutos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1535-1540, 2002b.

REZENDE, F. C.; FRIZZONE, J. A.; OLIVEIRA, R. F.; PEREIRA, A. S. CO₂ and irrigation in relation to yield and water use of the bell pepper. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, p. 7-12, 2003.

SAS INSTITUTE. **SAS: user's guide statistics: version 8.0 edition**. Cary, 1999.

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2000.

STORLIE, C. A.; HECKMAN, J. R. Soil, plant, and canopy responses to carbonated irrigation water. **HortTechnology**, v. 6, n. 2, p. 111-124, 1996.

Received on October 7, 2008.

Accepted on March 17, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.