

PAULA FLM; FRIZZONE JA; PAULA AL; MANFRON PA; SOARES TM; ROJAS JSD. 2015. Concentração foliar de nutrientes na pimenta 'Tabasco' em função da aplicação de CO₂ via irrigação. Horticultura Brasileira 33: 224-229. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000200014>

Concentração foliar de nutrientes na pimenta 'Tabasco' em função da aplicação de CO₂ via irrigação

Fabiana LM Paula¹; Jose A Frizzone²; Adalberto L Paula³; Paulo A Manfron⁴; Tales M Soares⁵; Juan SD Rojas²

¹UTFPR, R. Marechal Mascarenhas de Moraes 91, São Francisco de Assis, 85660-000 Dois Vizinhos-PR; fabianadepaula3@hotmail.com; ²USP-ESALQ, Depto. Eng. Rural, C. Postal 9, 13418-900 Piracicaba-SP; frizzone@usp.br; juansdrojas@hotmail.com; ³UTFPR, Depto. de Agronomia, Estr. para Boa esperança km 04, 85660-000 Dois Vizinhos-PR; adalbertolpaula@utfpr.edu.br; ⁴UFMS, Depto. Fitotecnia, Av. Roraima, 1000, Camobi, 97105-900 Santa Maria-RS; pamanfron@hotmail.com; ⁵UFRB, Depto. Irrigação, R. Rui Barbosa 710, 44380-000 Cruz das Almas-BA; tales@ufrb.edu.br

RESUMO

Foram avaliados os efeitos de diferentes doses de dióxido de carbono (CO₂), aplicadas via irrigação por gotejamento na concentração de macronutrientes e micronutrientes nas folhas da pimenta 'Tabasco' (*Capsicum frutescens*) em ambiente protegido. O delineamento experimental utilizado foi aleatorizado em blocos, com quatro tratamentos e oito repetições. Os tratamentos foram constituídos inicialmente de quatro doses de CO₂ (0; 206,6; 309,9 e 413,2 kg/ha) antes da poda das plantas, e posteriormente de mais quatro doses de CO₂ (0; 245,4; 368,0 e 490,7 kg/ha) após a poda, respectivamente para T1, T2, T3 e T4. A análise da concentração de nutrientes nas folhas foi realizada aos 189, 404 e 484 dias após o transplante (DAT). Verificou-se efeito linear significativo ($p < 0,05$), para as doses de CO₂ sobre as concentrações de N, Fe, Mn e, para o Zn efeito quadrático significativo ($p < 0,05$) aos 187 DAT. Com relação à concentração de Ca, houve efeito linear decrescente significativo ($p < 0,01$) aos 484 DAT. Observou-se que a concentração de N nas folhas aos 187 DAT aumentou em função das doses de CO₂. Quanto ao Fe, verificou-se que a concentração na folha diminuiu em função das doses de CO₂. Esse mesmo comportamento foi observado em relação ao Mn aos 189 DAT, mas com um aumento em T4 em relação aos demais tratamentos. A concentração de Zn diminuiu nos tratamentos T2 e T3, com um aumento em T4 em relação à testemunha. O CO₂ teve efeito significativo nos teores de N, Fe, Mn e Zn aos 187 DAT e no Ca aos 484 DAT. O CO₂ ocasionou aumento na concentração de nitrogênio (59,5 g/kg) e zinco (97 mg/kg) nas folhas de pimenta Tabasco comparado à testemunha com valores de 49,3 g/kg e 86 mg/kg para valores de N e Zn, respectivamente. A concentração de Fe (230 mg/kg), Mn (235 mg/kg) e Ca (13,8 g/kg) teve um decréscimo nas folhas quando comparado à testemunha, com valores de 235 mg/kg, 308 mg/kg e 26,4 g/kg, para Fe, Mn e Ca, respectivamente.

Palavras chave: *Capsicum frutescens*, irrigação localizada, dióxido de carbono.

ABSTRACT

Leaf nutrients concentration on 'Tabasco' pepper due to the application of CO₂ by irrigation

We verified the effect of different doses of carbon dioxide (CO₂), supplied via drip irrigation in the concentration of macronutrients and micronutrients in the leaves of 'Tabasco' pepper (*Capsicum frutescens*). The treatments consisted initially of four levels of CO₂ (0, 206.6, 309.9 and 413.2 kg/ha) before pruning the plants, and then four more doses of CO₂ (0, 245.4, 368.0 and 490.7 kg/ha) after pruning, respectively T1, T2, T3 and T4. The analysis of nutrient concentration was determined in leaves at 189, 350 and 432 days after transplanting (DAT). There was a significant linear effect ($p < 0.05$) for rates of CO₂ on concentrations of N, Fe, Mn and for Zn there was a quadratic effect ($p < 0.05$) at 187 DAT. With respect to the concentration of Ca, there was a significant linear effect ($p < 0.01$) at 484 DAT. The N concentration in leaves at 187 DAT increased depending on the CO₂ levels. The concentration of Fe decreased depending on the CO₂ levels. Identical behavior was observed on Mn at 189 DAT. The concentration of Zn decreased on treatments T2 and T3, with an increase on T4 compared to control. We concluded that CO₂ had a significant effect on the levels of N, Fe, Mn and Zn at 187 DAT and 484 DAT to Ca. The CO₂ caused an increase on the concentration of N (59.5 g/kg) and Zn (97 mg/kg) on 'Tabasco' pepper leaves compared to the control values with 49.3 g/kg and 86 mg/kg for values of N and Zn, respectively. The concentration of Fe (230 mg/kg) Mn (235 mg/kg) and Ca (13.8 g/kg) decreased in the leaves as compared to control, with values of 235 mg/kg, 308 mg/kg and 26.4 g/kg for Fe, Mn and Ca, respectively.

Keywords: *Capsicum frutescens*, trickle irrigation, carbon dioxide.

(Recebido para publicação em 15 de outubro de 2013; aceito em 15 de novembro de 2014)

(Received on October 15, 2013; accepted on November 15, 2014)

As pimentas constituem importante segmento do setor de hortaliças, tanto para agricultura quanto para a indústria alimentícia. Do ponto de vista

social, o cultivo da pimenta tem grande importância devido à exigência de mão de obra, principalmente na colheita (EPAMIG, 2006). 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. No Ceará, a pimenta

‘Tabasco’ é exportada na forma de pasta, para ser utilizada na fabricação do molho Tabasco (EPAMIG, 2006).

A cultura da pimenta ‘Tabasco’ requer temperatura média do ar entre 25 a 35°C (Khan *et al.*, 2005). Trata-se de uma cultura de clima tropical, exigente em calor, sensível à baixa temperatura e intolerante a geadas; por esses motivos deve ser cultivada nas épocas mais quentes do ano. As condições encontradas na região de Piracicaba-SP proporcionam o cultivo satisfatório desse tipo de pimenta, que possui produtividade média variando de 10 a 30 t/ha (Embrapa, 2006). Com investimento em tecnologias como a aplicação de CO₂ via água da irrigação é possível aumentar a produtividade da pimenta Tabasco em 16% (Paula *et al.*, 2011).

A análise foliar juntamente com a análise do solo, é utilizada para avaliar o estado nutricional das culturas para estabelecer as recomendações de adubação, identificando quais nutrientes são limitantes para a produção. O teor do nutriente na planta é resultante da ação e interação dos fatores que afetam a sua disponibilidade no solo e sua absorção pelas plantas (Portz *et al.*, 2006). Os minerais têm papel importante do ponto de vista nutricional para a planta, sendo exigidos em maior ou menor concentração, cada um com uma finalidade específica nas plantas (Bezerra Neto *et al.*, 2008).

A aplicação de CO₂ via água de irrigação vem sendo utilizada com o intuito de melhorar a absorção de nutrientes pelas culturas, em função do efeito de abaixamento temporário do pH do solo. O CO₂ provoca redução do pH do solo, aumentando a disponibilidade de alguns nutrientes presentes no solo. O efeito de redução do pH pode estar associado à ocorrência de bicarbonatos de cálcio, provenientes da reação de ácidos carbônicos formados pela aplicação de CO₂ via água de irrigação com o Ca presente no solo (Pinto *et al.*, 2000).

A variação da acidez do solo, até níveis adequados para a vida das plantas, em torno de 5,5 a 6,3 (Malavolta, 2006), pode aumentar ou diminuir a disponibilidade de macronutrientes e de micronutrientes no solo para as plantas, fato este que está associado à resposta

das plantas na absorção de nutrientes em solos com a adição de água carbonatada via irrigação, pela diminuição momentânea do pH do solo (Pinto *et al.*, 2000).

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 (Pinto *et al.*, 2001; Cararo & Duarte, 2002; Furlan *et al.*, 2002; Frizzone *et al.*, 2005a, 2005b; D’Albuquerque Junior *et al.*, 2007; Araújo & Botrel, 2010; Paula *et al.*, 2011).

A falta de informação sobre o efeito da aplicação de CO₂ na cultura da pimenta tem limitado a utilização desta técnica, sendo necessários estudos para determinar as doses de CO₂ mais adequadas para otimizar seu cultivo, em ambiente protegido. Este trabalho teve como objetivo analisar os efeitos de doses de dióxido de carbono, aplicadas via irrigação por gotejamento, sobre a concentração de macro e micronutrientes nas folhas da pimenta ‘Tabasco’ (*Capsicum frutescens*).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, instalado em área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), localizada no município de Piracicaba-SP (22°42’30”S, 47°38’00”O, 580 m de altitude).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Álico. As análises químicas (Tabela 1) foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas segundo Novais *et al.* (2007) e as análises físicas segundo Camargo *et al.* (2009), realizadas no Laboratório de Água e Solo do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ. As análises físicas revelaram: argila (%), silte (%) e areia (%) de 15,23, 8,67 e 76,10, respectivamente e massa específica de solo e partículas de 1,08 e 2,66 g/cm³, respectivamente.

O experimento foi conduzido em

duas casas de vegetação do tipo arco em aço galvanizado, 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 sob cada arco das fachadas frontais para circulação do ar.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições por casa de vegetação. Os tratamentos aplicados foram constituídos inicialmente de quatro doses de CO₂ (0; 206,6; 309,9 e 413,2 kg/ha) antes da poda das plantas, e posteriormente de mais quatro doses de CO₂ (0; 245,4; 368,0 e 490,7 kg/ha) após a poda, respectivamente T1, T2, T3 e T4. Estas doses foram definidas com base em trabalhos prévios, conduzidos com aplicação de CO₂ nas culturas de melão (Pinto *et al.*, 2001; Frizzone *et al.*, 2005a, D’Albuquerque Junior *et al.*, 2007). As doses de CO₂ foram parceladas em 70 aplicações, sendo 32 antes da poda e 38 após a poda, com duração do ciclo de desenvolvimento da cultura de 1 ano e 4 meses, resultando nas seguintes doses por aplicação durante todo o ciclo: 6,46; 9,68 e 12,91 kg/ha.

O monitoramento dos elementos microclimáticos foi realizado mediante auxílio de um “datalogger”, que forneceu as médias de leituras de sensores a cada 30 minutos. Os sensores instalados foram dois psicrômetros com termopares de bulbo úmido e seco (temperatura e umidade relativa), sendo um por casa-de-vegetação, além de um saldo-radiômetro (radiação líquida). Os sensores foram instalados no centro da casa de vegetação.

O espaçamento de transplântio utilizado foi de 80 cm entre plantas por 1,10 m entre linhas com uma população 11.363 plantas/ha. Cada casa-de-vegetação (estufas) apresentava quatro blocos. Cada bloco apresentava seis linhas de plantas de 4,0 m de comprimento, totalizando 30 plantas por bloco, sendo as duas linhas laterais as bordaduras. A área útil do bloco foi constituída de 12 plantas, utilizadas para as avaliações realizadas durante o período experimental.

A semeadura foi realizada em

08/08/06, e o transplante aos 50 dias após a semeadura (DAS), quando as mudas apresentaram seis folhas definitivas. Com base na análise química e na recomendação de adubação para o estado de São Paulo (Raij *et al.*, 1997), 30 dias antes do transplante, incorporou-se NPK nas doses de 40, 600 e 180 kg/ha na forma de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Foram realizadas duas podas apicais, a primeira 11 dias após o transplante (10/10/06), com o objetivo de induzir a planta a emitir brotações laterais. A segunda foi realizada 16 dias após a primeira (26/10/06), 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.

Irrigou-se por gotejamento, composto de fitas gotejadoras com diâmetro de 16,4 mm, vazão de 1,1 L/h e com emissores espaçados em 40 cm. O sistema de bombeamento foi composto por bomba centrífuga, com potência de 0,736 kW, vazão de 0,5 a 11 m³/h 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 20 e 40 cm.

O sistema de fertirrigação operou independentemente dos sistemas de irrigação e de aplicação de CO₂, sendo o reservatório da calda independente do reservatório de irrigação. A calda foi preparada em baldes de 20 litros e adicionada a um reservatório de 200 litros para posterior aplicação. A fertirrigação foi realizada de acordo com a análise química do solo (Tabela 1), conforme metodologia descrita anteriormente. A solução foi preparada no momento de cada fertirrigação, utilizando-se nitrato de potássio e nitrato de cálcio, na concentração de 17 kg/ha para ambos, baseado na análise química do solo.

Foram realizadas 12 aplicações com frequência de 15 dias.

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

O tempo médio por aplicação de CO₂ foi quatro, oito e doze minutos para as doses um, dois e três, respectivamente. Após esses tempos, aplicou-se apenas água para totalizar 30 minutos de irrigação. Esse procedimento foi utilizado para que o CO₂ fosse eliminado do sistema entre aplicações sucessivas. Além disso, as aplicações foram iniciadas pela menor dose para minimizar a interferência entre um tratamento e outro. Após a aplicação do CO₂, foi irrigado o tratamento sem CO₂ (testemunha) com a mesma quantidade de água.

O ciclo produtivo da pimenta foi de 432 dias após o transplante (DAT), tendo sido realizadas treze colheitas após os 127 DAT, no intervalo de sete dias entre uma colheita e outra. Após os 188 DAT foi realizada uma poda (04/04/07), devido ao estiolamento ocasionado pela baixa radiação no interior da casa-de-vegetação. Uma das estratégias para melhorar a radiação nesse ambiente foi a retirada da manta termorrefletora (aluminet, 50%). A duração do ciclo antes da poda, considerando a época de semeadura, foi de 239 dias, e após a poda foi de 245 dias, totalizando 16 meses de cultivo.

As concentrações de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) foram determinadas em dez folhas jovens dispostas na parte superior (terminal ou lateral) dos ramos, no final do ciclo antes da poda, correspondente ao final da colheita (187 dias após o transplante). Após a poda, foi realizada a análise foliar no início da frutificação (404 dias

após o transplante) e no final do ciclo, correspondente à última colheita (484 dias após o transplante) com a mesma metodologia de coleta das folhas utilizada antes da poda. As análises foliares foram realizadas segundo a metodologia descrita por Malavolta (2006) no Laboratório de Ecologia Aplicada (ESALQ).

Para a avaliação estatística dos dados obtidos nas três épocas de amostragem, foi empregado o programa SAS (SAS, 1999); quando houve efeito significativo dos tratamentos, os dados foram submetidos à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se efeito linear significativo ($P < 0,05$) para as doses de CO₂ sobre a concentração de N, Fe, Mn e, para o Zn efeito quadrático significativo ($P < 0,05$), aos 187 DAT (Figura 1). Com relação à concentração de Ca, apresentou efeito linear significativo ($P < 0,01$) das doses de CO₂ sobre o teor de Ca nas folhas da pimenta aos 484 DAT (Figura 2). Para os demais macronutrientes e micronutrientes, não ocorreram efeitos significativos das doses de CO₂ sobre a concentração nas folhas da pimenta nas diferentes datas de amostragens realizadas durante o ciclo da cultura.

As concentrações de macronutrientes (g/kg) nas folhas em ordem decrescente foram: N (43,4), K (25,5), Ca (16,9), Mg (8,78), S (2,41), P (2,36), e a de micronutrientes (mg/kg) foram: Cu (596,1), Fe (579,7), Mn (147,2), B (61,6) e Zn (48,1), respectivamente. Segundo Pinto *et al* (2006), os macronutrientes mais absorvidos na cultura da pimenta são N (6,6), K (6,4), Ca (2,6), Mg (1,3), S (1,1) e P (0,7). Kano *et al.* (2013), avaliando a adição de CO₂ e potássio na água de irrigação, não observaram efeito significativo no acúmulo de nutrientes na cultura do meloeiro, com exceção do potássio e do magnésio, com diminuição do acúmulo no final do ciclo em função da água carbonatada.

A concentração de N nas folhas, aos 187 DAT aumentou em função das doses de CO₂, com valores de 49,3, 50,3, 53,7 e 59,5 g/kg para T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Branco *et al.* (2007)

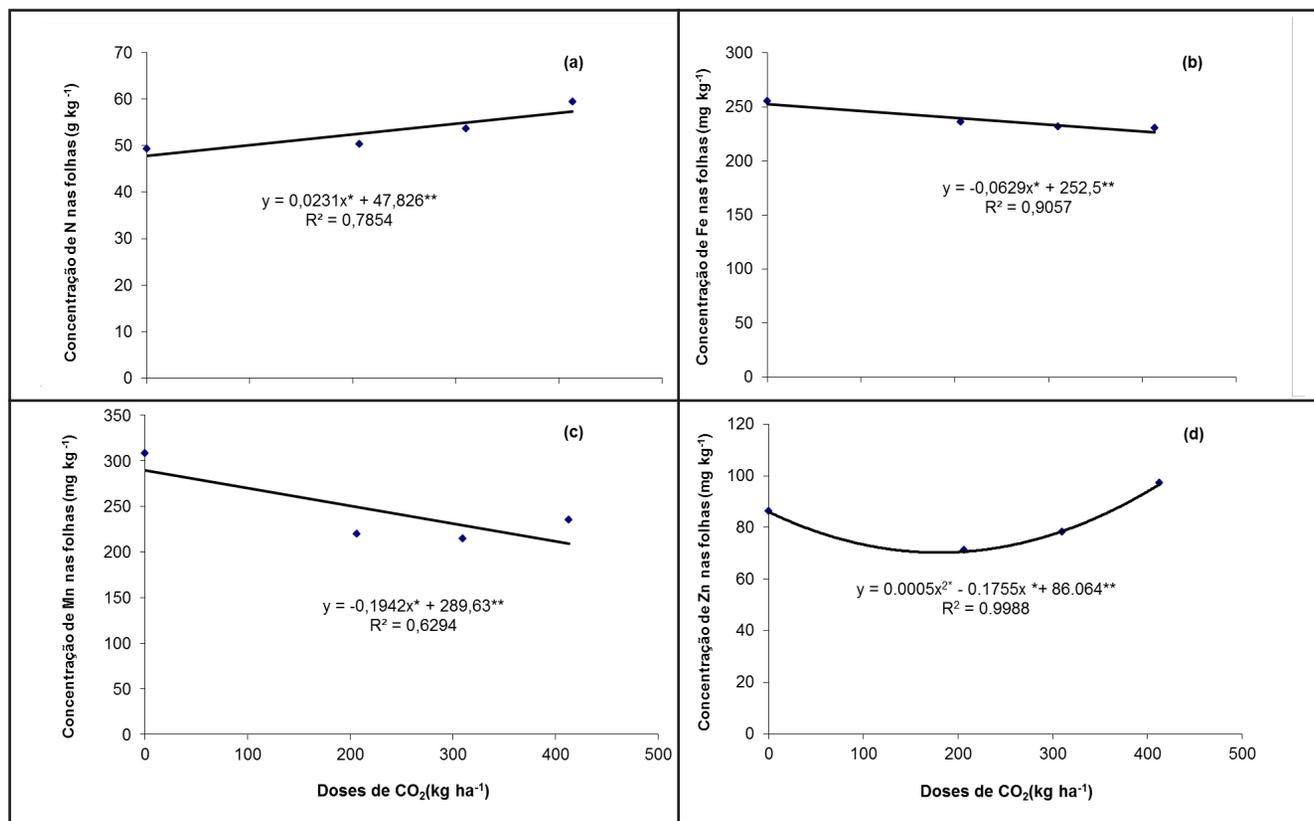


Figura 1. Concentração de nitrogênio (a), ferro (b), manganês (c) e zinco (d) nas folhas da pimenta 'Tabasco' aos 187 DAT em função das doses de CO₂ aplicadas via irrigação por gotejamento {nitrogen (a), iron (b), manganese (c) and zinc (d) content in the leaves of *Capsicum frutescens* at 187 DAT depending on the CO₂ levels applied by drip irrigation}. *,**significativo pelo teste t ao nível de 5 e 1%, respectivamente (significant at 5 and 1%, respectively, test t). Piracicaba, ESALQ, 2008.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo utilizado no experimento (results of chemical analysis of the soil used in the experiment). Piracicaba, ESALQ, 2008.

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

aplicaram CO₂ na dose de 12 L/min na água de irrigação na cultura do tomate, e observaram que o CO₂ não alterou o transporte de ¹⁵N, mas resultou em aumento na produção de frutos comerciais por planta.

No caso da pimenta, a concentração de N nas folhas foi crescente, em função das doses de CO₂ aplicadas através da água de irrigação, quando comparada à do tratamento sem CO₂ (Figura 1a). Essa resposta é semelhante à encontrada por Kano *et al* (2013) que observaram incremento no conteúdo de N em folhas de meloeiro rendilhado, em função da

irrigação carbonatada de 301,8 kg/ha de CO₂.

O incremento da absorção do nitrogênio pela pimenteira pode estar associado ao efeito do rebaixamento do pH do solo, em resposta à aplicação do CO₂. Segundo Souza *et al.* (2010), o aumento da absorção de nutrientes pode estar associado à disponibilidade de certos nutrientes, que pode aumentar devido ao abaixamento do pH do solo, ocasionado pela aplicação do CO₂ via água de irrigação; outro fator pode estar associado ao estímulo do crescimento de raízes ocasionado pelo CO₂, na ri-

zosfera, agindo de forma semelhante a um fitohormônio, num equilíbrio competitivo, com a concentração de etileno do ar no solo. Em função do aumento da concentração do N nas folhas com a utilização da aplicação de CO₂ via água de irrigação, Paula *et al.* (2011) obtiveram incremento de 16% na dose de 451,95 kg CO₂/ha durante todo o ciclo da cultura da pimenta "Tabasco".

Quanto ao Fe, observou-se que a concentração na folha diminuiu, em função das doses de CO₂ (Figura 1b); o mesmo comportamento foi observado, em relação ao Mn, porém, com

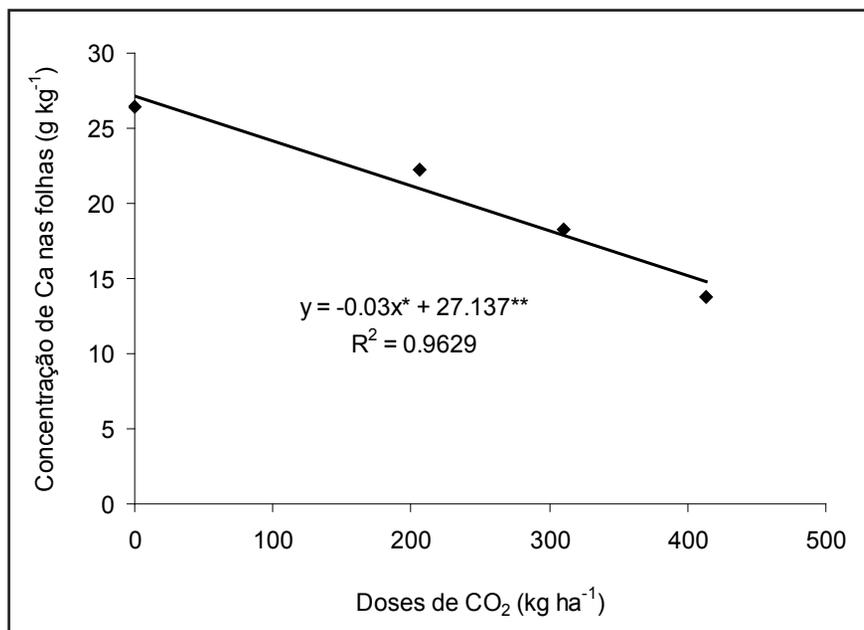


Figura 2. Concentração de Ca nas folhas da pimenta ‘Tabasco’ aos 484 DAT em função das doses de CO₂ aplicadas via irrigação por gotejamento {Ca concentration in leaves of *Capsicum frutescens*, on 484 DAT, depending on the CO₂ levels applied by drip irrigation}. **significativo pelo teste t ao nível de 1% de probabilidade; * significativo pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade. Piracicaba, ESALQ, 2008.

um aumento em T4, em relação a T3 e T2 (Figura 1c), aos 187 DAT. Essa redução na absorção se deveu ao fato de os teores de Fe e Mn estarem com sua concentração na folha próxima ao limite considerado máximo para a cultura que, segundo Trani (2007), a faixa de concentração de Fe nas folhas varia de 50 a 300 mg/kg, enquanto a de Mn varia de 30 a 250 mg/kg na cultura do pimentão. Outra explicação deve-se ao fato desses nutrientes no solo estarem próximos do ponto de máxima concentração na solução do solo (Tabela 1) que corresponde a 20 mg/L para o manganês (Pereira *et al.*, 2001).

A concentração de Zn (Figura 1d) diminuiu nos tratamentos T2 e T3, em relação a T1, o que não foi observado em T4, no qual a concentração de Zn foi maior, quando comparada à do tratamento sem CO₂ (T1), resultado esse semelhante ao obtido por Cararo & Duarte (2002) e Kano *et al.* (2013) para as culturas do tomate e meloeiro, respectivamente. Kano *et al.* (2013), avaliando a adição de água carbonatada na cultura do meloeiro, observaram que os teores de macronutrientes tiveram um incremento com o uso desta tecnologia, e para os micronutrientes como Zn e

Mn obtiveram aumento no acúmulo nas folhas.

A concentração de Ca nas folhas apresentou uma resposta linear decrescente, em função do aumento das doses de CO₂ (Figura 2), semelhante ao encontrado por Kano *et al.* (2013), que observaram menor concentração de Ca em melão rendilhado com a utilização de água carbonatada. O CO₂ aplicado via irrigação promove a redução momentânea do pH do solo e o maior crescimento das raízes, aumentando a disponibilidade de nutrientes (Pinto *et al.*, 2000; Araújo & Botrel, 2010). De acordo com Trani *et al.* (2007), os valores adequados de Ca variam entre 15 e 35 g/kg, estando os valores observados neste trabalho de acordo com a faixa ideal, com exceção de T4. Apesar de T4 apresentar valor abaixo do ideal, não foram observados sintomas visuais de podridão apical dos frutos, decorrentes da deficiência de Ca, aos 484 DAT (Figura 2).

Conclui-se que o CO₂ teve efeito significativo nos teores de N, Fe, Mn e Zn aos 187 DAT e no Ca aos 484 DAT. O CO₂ ocasionou aumento na concentração de N e Zn nas folhas de pimenta Tabasco e um decréscimo na concentração de Fe, Mn e Ca. Os valores observados dos

nutrientes nas folhas foram suficientes, sem causar desequilíbrio nutricional, não ocorrendo falta e nem excesso dos mesmos.

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

- ARAÚJO WF; BOTREL TA. 2010. Influência do CO₂ na água de irrigação e da cobertura plástica no solo na abobrinha. *Revista Ciência Agronômica* 41: 216-221.
- BEZERRA NETO F; BARROS JUNIOR AP; AROUCHA EMM; OLIVEIRA EQ; SILVA EO. 2008. Conteúdo de nutrientes na folha de alface em sistema consorciado com cenoura sob diferentes densidades populacionais. *Caatinga* 21: 116-123.
- BRANCO RBF; GOTO R; CARNEIRO JUNIOR AG; GUIMARÃES VF; RODRIGUES JD; TRIVELIN PCO; SILVEIRA LV. 2007. Enxertia e água de irrigação carbonatada no transporte de ¹⁵N e na produção do tomateiro. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental* 11: 374-379.
- CAMARGO OA; MONIZ AC; JORGE JA; VALADARES JMAS. 2009. *Métodos e análise química mineralógica e física dos solos do Instituto Agronômico de Campinas*. Boletim Técnico, 106. Campinas, 72p.
- CARARO DC; DUARTE SM. 2002. Injeção de CO₂ e lâminas de irrigação em tomateiro sob estufa. *Horticultura Brasileira* 20: 432-437.
- D'ALBUQUERQUE JUNIOR BSD; FIZZONE JA; DUARTE SN; MINGOTI R; DIAS NS; SOUSA VF. 2007. Qualidade física e química de frutos de meloeiro rendimento cultivado sob diferentes épocas de aplicação de CO₂ via água de irrigação. *Irriga* 12: 273-280.
- EMBRAPA. 2006. *Sistema de produção de pimentas (Capsicum sp)*. Disponível em: <<http://www.cnpq.embrapa.br/capsicum/cultivo.htm>>. Acesso em: 18 janeiro 2013.
- EPAMIG. 2006. Cultivo da pimenta. *Informe agropecuário* 27: 7-15.
- FRIZZONE JA; CARDOSO SS; REZENDE R. 2005a. 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* 27: 707-717.

- FRIZZONE JA; D'ALBUQUERQUE JUNIOR BS; REZENDE R. 2005b. Aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do meloeiro cultivado em ambiente protegido. *Acta Scientiarum Agronomy* 27: 667-675.
- FURLAN RA; REZENDE FC; ALVES DRB; FOLEGATTI MV. 2002. Lâmina de irrigação e aplicação de CO₂ na produção de pimentão cv. Mayata, em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 20: 547-550.
- KANO C; CARMELLO QAC; FRIZZONE JA; CARDOSO SS. 2013. Teor e acúmulo de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado com potássio e CO₂ na água de irrigação. *Biotemas* 26: 19-28.
- KHAN MUH; CHTTHA TH; SALEEN N. 2005. Influence of different irrigation intervals on growth and yield of bell pepper (*Capsicum annum*). *Journal Agriculture and Biological Science* 1: 125-128.
- MALAVOLTA E. 2006. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo. Editora Agronômica Ceres, 638p.
- NOVAIS RF; ALVAREZ VH; BARROS NF; FONTES RLF; CANTARUTTI RB; NEVES JCL. 2007. *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 1017p.
- PAULA FLM; FRIZZONE JA; PAULA AL; DIAS CTS; SOARES TM. 2011. Produção da pimenta Tabasco com aplicação de CO₂, utilizando-se irrigação por gotejamento. *Acta Scientiarum* 33: 133-138.
- PEREIRA, G.D.; BERTONI, J.C.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R. 2001. Doses e modos de adubação com manganês e seus efeitos na produção da cultura do arroz. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 25: 625-633.
- PINTO CMF; PUIATTI M; CALIMAN FRB; MOREIRA GR; MATTOS RN. 2006. Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. *Informe Agropecuário* 27: 40-49.
- PINTO JM; BOTREL TA; MACHADO EC. 2000. Uso do dióxido de carbono na agricultura: revisão bibliográfica. *Ciência Rural* 30: 919-925.
- PINTO JM; BOTREL TA; MACHADO EC; FEITOSA FILHO JC. 2001. Aplicação de CO₂ via água de irrigação em relação à produtividade do meloeiro. *Scientia Agricola* 58: 33-38.
- PORTZA; MARTINS CAC; LIMA E; ZONTAE. 2006. Teores e acúmulo de nutrientes durante o ciclo da mandioquinha-salsa em função da aplicação de Nitrogênio, Fósforo e Potássio. *Horticultura Brasileira* 24: 329-333.
- RAIJ B; CANTARELLA H; QUAGGIO JA; FURLANI AMC. 1997. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. rev. atual. Campinas: IAC. (Boletim técnico, 100). 285p.
- SAS INSTITUTE. 1999. *SAS: User's guide statistics: Version 8.0 edition*. Cary. 956p.
- SOUZA LH; NOVAIS RF; ALVAREZ VH; VILLANI EMA. 2010. Efeito do pH do solo rizosférico e não rizosférico de plantas de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na absorção de boro, cobre, ferro, manganês e zinco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34: 1641-1652.
- TRANI PE. 2007. *Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido*. Disponível em: http://www.infobibos.com/artigos/2007_1/cp/index.htm/. Acesso em: 5 maio de 2008.