

PAULA, FLM; PAULA, AL; FRIZZONE, JA; VILAS BOAS, MA; GOMES AWA; SOUZA, C. 2017. Concentração de capsaicinóides em pimenta Tabasco com doses de CO₂ aplicadas via irrigação. *Horticultura Brasileira* 35: 390-394. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170312>

Concentração de capsaicinóides em pimenta Tabasco com doses de CO₂ aplicadas via irrigação

Fabiana LM Paula¹; Adalberto L Paula¹; Jose A Frizzone²; Márcio A Vilas Boas³; Anthony WA Gomes⁴; Cristina Souza⁵

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Dois Vizinhos-PR, Brasil; fabianadepaula3@hotmail.com; adalbertolpaula@utfpr.edu.br; ²Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba-SP, Brasil; frizzone@usp.br; ³Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel-PR, Brasil; marcio.vilasboas@unioeste.br; ⁴Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Garanhuns-PE, Brasil; awagomes@uag.ufrpe.br; ⁵Nature Lab. Pesquisas e Análises Ltda., São Carlos-SP, Brasil; crisdiagone@gmail.com

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de dióxido de carbono (CO₂), aplicadas via irrigação por gotejamento na determinação da concentração de capsaicinóides nos frutos da pimenta cv. Tabasco (*Capsicum frutescens*) visando proporcionar frutos mais ardentes e maior produção dessas substâncias para o mercado de molhos picantes. Os tratamentos aplicados foram 0; 82,6; 92,6; 123,8; g CO₂/L. O delineamento experimental utilizado foi de bloco casualizados com 4 tratamentos e 8 repetições. Foram coletados 20 frutos de pimenta na maturação máxima, porém antes do início do murchamento, apresentando cor vermelha nas colheitas, totalizando 12 amostras. Para cada amostra, foram analisadas duas repetições de capsaicina e dihidrocapsaicina. As análises foram realizadas por cromatografia líquida com detecção por ultravioleta no CROMA, na USP em São Carlos. A concentração de capsaicina nos frutos foi reduzida conforme a concentração de CO₂ aplicado aumentava, até um valor mínimo de 297 mg/kg de fruto para 123,8 g CO₂/L. O mesmo comportamento foi observado em relação à dihidrocapsaicina, com o mínimo de 108,46 mg/kg de fruto para 123,8 g CO₂/L. Conclui-se que quanto maior a concentração de CO₂ aplicado via água de irrigação por gotejamento, menor a concentração nos frutos das substâncias capsaicinóides analisadas. Entretanto, uma vez que a produtividade aumenta com o aumento das doses de CO₂, o rendimento total dessas substâncias por planta foi maior, mesmo que não tenha proporcionado aumento da concentração desses capsaicinóides nos frutos.

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

ABSTRACT

Concentration of capsaicinoids in Tabasco pepper with doses of CO₂ applied via irrigation

The study was performed to evaluate the effects of different doses of carbon dioxide (CO₂), applied through drip irrigation in determining the concentration of capsaicin and dihydrocapsaicin in the fruits of hot pepper cv. Tabasco (*Capsicum frutescens*). We aimed to obtain hotter fruits and greater production of these substances for the market of spicy sauces. The experimental design was a randomized block with 4 treatments and 8 replications. Twenty pepper fruits were collected at full maturity, red colored, before the start of wilting, totaling 12 samples. For each sample, two replications of capsaicin and dihydrocapsaicin were analyzed. Analyses were performed by liquid chromatography with ultraviolet detection in CROMA in USP-São Carlos. The concentration of capsaicin in fruits reduced as the applied concentration of CO₂ increased, up to a minimum value of 297 mg/kg of fruits for 123.8 g CO₂/L. The same behavior was observed in relation to dihydrocapsaicin, with a minimum of 108.46 mg/kg of fruits for 123.8 g CO₂/L. This means that the higher the CO₂ concentration applied via drip irrigation water, the lower the analyzed capsaicinoids concentration on fruit. However, since productivity increases with increasing CO₂ doses, the total yield of these substances per plant was higher, even though it did not provide an increase in the concentration of these capsaicinoids in fruits.

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

(Recebido para publicação em 19 de julho de 2016; aceito em 16 de janeiro de 2017)

(Received on July 19, 2016; accepted on January 16, 2017)

As pimentas constituem um importante segmento do setor de hortaliças, tanto para agricultura, quanto para a indústria alimentícia. Do ponto de vista social, a pimenta tem grande importância devido à exigência de mão de obra, principalmente na colheita (Pinto *et al.*, 2010b). 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 (Pinto *et al.*, 2010b). No Ceará a pimenta Tabasco é exportada na forma de pasta, para ser utilizada na fabricação do molho Tabasco (Pinto *et al.*, 2010).

A pimenta tipo Tabasco pertence à família Solanaceae, gênero *Capsicum*. A espécie *Capsicum frutescens* é uma planta arbustiva, atingindo 1,20 m de altura, com formação de ramificações laterais e possibilidade de tornar-se perene. Normalmente é autopolinizada, mas pode ocorrer polinização cruzada. Produz frutos com sabor picante, devido

à presença de alcalóides, ou mais especificamente, a dois capsaicinóides: a capsaicina e dihidrocapsaicina, responsáveis por 90% do conteúdo de capsaicinóides. Estas substâncias são encontradas exclusivamente na placenta e nas sementes e em menor quantidade no pericarpo e são liberadas quando o fruto sofre qualquer dano físico, conferindo a pungência nos frutos (Nwokem *et al.*, 2010).

A pimenta é uma cultura de clima tropical, sensível a baixas temperaturas e intolerante às geadas, devendo ser cultivada nos meses com temperaturas altas. A temperatura afeta a qualidade dos frutos, especialmente os teores de açúcar e vitamina C, e a intensidade da cor, sendo maiores em temperaturas elevadas. Em condições de baixas temperaturas a pungência dos frutos pode ser alterada (Giuffrida *et al.*, 2013). A pimenta apresenta alto valor nutricional, sendo fonte de vitaminas, principalmente C e A. Contém ainda cálcio, ferro, caroteno, tiamina, niacina, riboflavina e fibras (Giuffrida *et al.*, 2013).

O CO₂ é um gás incolor e inodoro cuja solubilidade em água é de 1,45 g/L de água; apresenta densidade de 1,98 kg/m³. Essa solubilidade decresce com o aumento da temperatura até 40°C (Hodgman, 1955). O carbono aumenta a atividade metabólica da planta, melhorando a absorção total de CO₂, não alterando a fotorrespiração, aumentando o vigor, floração, frutificação, com reflexo na maior produtividade e melhor qualidade (Pinto *et al.*, 2010a).

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 rebaixamento temporário do pH do solo. O CO₂ provoca redução do pH do solo, aumentando a disponibilidade de alguns nutrientes presentes no solo (Paula *et al.*, 2015). O enriquecimento da água com CO₂, baseia-se no fato de que alguns processos fisiológicos ou bioquímicos das plantas são beneficiados por este gás, proporcionando respostas positivas com relação à produtividade, absorção de nutrientes e fotossíntese em várias espécies vegetais utilizadas na agricultura.

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 (Paula *et al.*, 2011), melhorar a qualidade de frutos e reduzir os custos de produção (Furlan *et al.*, 2002). 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 avaliar os efeitos de diferentes doses de dióxido de carbono (CO₂), aplicadas via irrigação por gotejamento na concentração de capsaicinóides (capsaicina e dihidrocapsaicina) nos frutos da pimenta Tabasco (*Capsicum frutescens*) visando proporcionar frutos mais ardentes e maior produção dessas substâncias para o mercado de molhos picantes.

MATERIAL E METODOS

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

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 aleatorizado em blocos, com quatro repetições por casa de vegetação. Os tratamentos aplicados foram constituídos de quatro doses (0; 82,6; 92,9; 123,8 g CO₂/L). Estas doses foram definidas com base em trabalhos prévios, conduzidos com aplicação de CO₂ na cultura de melão (Frizzone *et al.*, 2005; Albuquerque Junior *et al.*, 2007; Pinto *et al.*, 2010). As doses de CO₂ foram parceladas em 32 aplicações.

O espaçamento de transplântio utilizado foi de 80 cm entre plantas

por 1,10 m entre linhas com uma população 11.363 plantas por hectare. Cada casa-de-vegetação (estufas) apresentava quatro blocos. Cada bloco continha 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 08/08/2006, e o transplântio 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 transplântio, 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 transplântio (10/10/06), com o objetivo de induzir a planta a emitir brotações laterais. A segunda foi realizada 16 dias após a primeira, 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, 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 30 a 40 Pound Square Inch (PSI). 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 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, irrigou-se o tratamento sem CO₂ (testemunha) com a mesma quantidade de água.

As aplicações foram realizadas no período compreendido entre 8 e 11 horas; a primeira aplicação foi realizada aos 26 dias após o transplântio (26/10/06), para que as plantas estabelecessem e tivessem boa formação de raiz, pois o CO₂ aplicado no início poderia causar danos à cultura. O CO₂ não foi contabilizado na atmosfera, pois em trabalhos realizados anteriormente (Frizzone *et al.*, 2005; Albuquerque Junior *et al.*, 2007) foi observado o mesmo comportamento para todos os tratamentos estudados, não obtendo respostas na assimilação de CO₂ presente na atmosfera em função de acréscimos de gás carbono aplicado via água de irrigação.

As concentrações de capsaicina e dihidrocapsaicina nos frutos foram determinadas em pimentas vermelhas, coletadas em três datas de colheita, em 02; 12 e 28/03/2007, que correspondem às 4^a, 6^a e 7^a colheitas. De cada colheita, foram utilizadas quatro amostras com 20 frutos correspondentes aos tratamentos (0; 82,6; 92,9; 123,8 g CO₂/L), totalizando 12 amostras. Para cada amostra foram analisadas duas repetições de capsaicina e dihidrocapsaicina, totalizando 24 valores. As análises de capsaicina e dihidrocapsaicina foram realizadas por cromatografia líquida com detecção por ultravioleta (HPLC-UV) com interface de electrospray (modo positivo), monitorando o comprimento de onda 280 nm. Essas análises foram realizadas na Universidade de São Paulo, no Instituto de Química de São Carlos, no Laboratório de Cromatografia.

A análise estatística foi de variância e quando os tratamentos foram significativos, os dados foram submetidos à regressão, utilizando o programa estatístico SAS Institute (SAS, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito linear significativo ($P < 0,05$) das doses de CO₂ sobre a concentração de capsaicina e dihidrocapsaicina nos frutos (Figuras

1 e 2). As concentrações de capsaicina nos frutos reduziram-se com a aplicação de CO₂, até um valor mínimo de 297 mg/kg de fruto para 123,8 g CO₂/L (Figura 1). A concentração de capsaicina nos frutos foi maior no tratamento sem aplicação de CO₂ com valores de 342,0 mg/kg de fruto, valor esse superior aos tratamentos com aplicação de CO₂. Observando o comportamento nos tratamentos com aplicação de CO₂, nota-se um aumento crescente de capsaicina em função do aumento da concentração de CO₂ na água de irrigação (Figura 1), com valores de 297; 308,1 e 317 mg/kg de fruto para as doses 123,8; 92,9 e 82,6 g CO₂/L, respectivamente. A concentração de dihidrocapsaicina diminuiu com a aplicação das doses de CO₂ quando comparada ao tratamento sem CO₂, atingindo o mínimo de 108,4 mg/kg de fruto para 123,8 g CO₂/L (Figura 2). A concentração deste capsaicinóide no fruto apresentou o mesmo comportamento quando comparado à concentração de capsaicina nos frutos, apresentando valor máximo de 122,9 mg/kg de fruto no tratamento sem aplicação de CO₂; quando comparado aos tratamentos com aplicação de CO₂, a concentração nos frutos foi crescentes em função das doses aplicadas.

A concentração dessas substâncias nos frutos de pimenta pode ser influenciada por fatores genéticos, ambientais

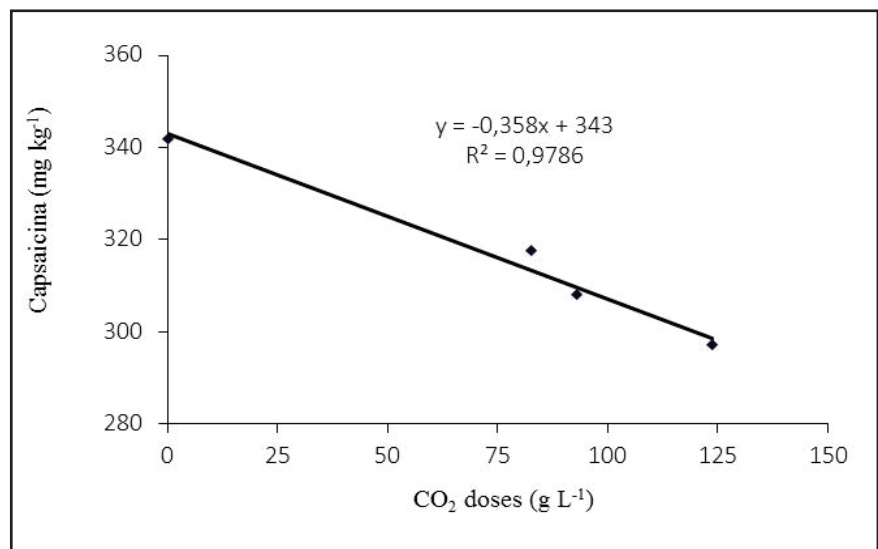


Figura 1. Concentração de capsaicina por fruto (mg/kg de fruto) em função de doses de CO₂ aplicadas via irrigação por gotejamento (concentration of capsaicin in fruit (mg/kg fruit) depending on CO₂ doses applied via dripping irrigation). Piracicaba, ESALQ, 2008.

e pelo manejo da cultura. O estágio de desenvolvimento do fruto também interfere no conteúdo de capsaicinóides, observando-se acúmulo até o início do amadurecimento e decréscimo a partir desse estágio (Bosland & Votava, 1999). A cor do fruto também influencia a sua pungência. Pino *et al.* (2007) observaram que o teor dos capsaicinóides pode estar associado à cor do fruto, pois verificaram que as cultivares de cor laranja foram as mais pungentes enquanto que Nwokem *et al.* (2010) encontraram

maior pungência em frutos de cor amarela. A pimenta analisada no presente experimento, do tipo Tabasco, antes da maturação, apresenta frutos amarelos e na sequência, coloração avermelhada. As colheitas foram realizadas no momento que em os frutos apresentavam a cor vermelho intenso para que esse fator não tivesse influência sobre esta característica.

O comportamento observado na concentração de capsaicina e dihidrocapsaicina pode ser explicado pelo fato que

as doses de CO₂ via água de irrigação avaliadas neste trabalho não atingiram seu ponto de máxima. Se doses maiores fossem testadas, o efeito poderia ser positivo em relação à maior produção destas características desejáveis neste tipo de pimenta, a qual apresenta valor comercial alto em função das suas características picantes e aromáticas.

Qualquer estresse à planta pode alterar a pungência dos frutos dessa cultivar de pimenta (Borges-Gómez *et al.*, 2010). Vários fatores influenciam a concentração destes capsaicinóides, entre eles a temperatura, luminosidade (Tewksbury *et al.*, 2006; Domenico *et al.*, 2012), estresse hídrico, disponibilidade de nutrientes (Estrada *et al.*, 1998) e as práticas de pós colheita como época e métodos de secagem para a realização das análises laboratoriais (Yaldiz *et al.*, 2010).

Houve efeito quadrático significativo ($P < 0,05$) das doses de CO₂ sobre o rendimento de capsaicina por planta (Figura 3). Observa-se que o rendimento de capsaicina por planta foi maior no tratamento com a maior produção de frutos por planta de pimenta Tabasco, resultado apresentado em parte desse trabalho publicado (Paula *et al.*, 2011). Mesmo os teores de capsaicina nos frutos, sendo menores nos tratamentos com CO₂, em função da maior produtividade para a dose de 123,8 g CO₂/L (748,87 g/planta), comparado aos tratamentos 0; 82,6 e 92,9 g CO₂/L com valores de 644,69; 572,78 e 719,89 g/planta (Paula *et al.*, 2011), o rendimento de capsaicina por planta foi maior no tratamento com a dose de 123,8 g CO₂/L, com valor de 124,1 mg/planta. O rendimento de dihidrocapsaicina por planta não apresentou efeito significativo em função das doses de CO₂. A proporção de capsaicina nos frutos é maior que a de dihidrocapsaicina (Estrada *et al.*, 2002; Nwokem *et al.*, 2010; Paulus *et al.*, 2015) comportamento também observado neste trabalho em relação a estas variáveis. Em experimento com 12 cultivares de *Capsicum*, observou-se que a variedade Tabasco apresentou elevado teor de capsaicina em relação à dihidrocapsaicina e a ausência de β-caroteno nas condições ambientais estudadas (Guiffreda *et al.*, 2013).

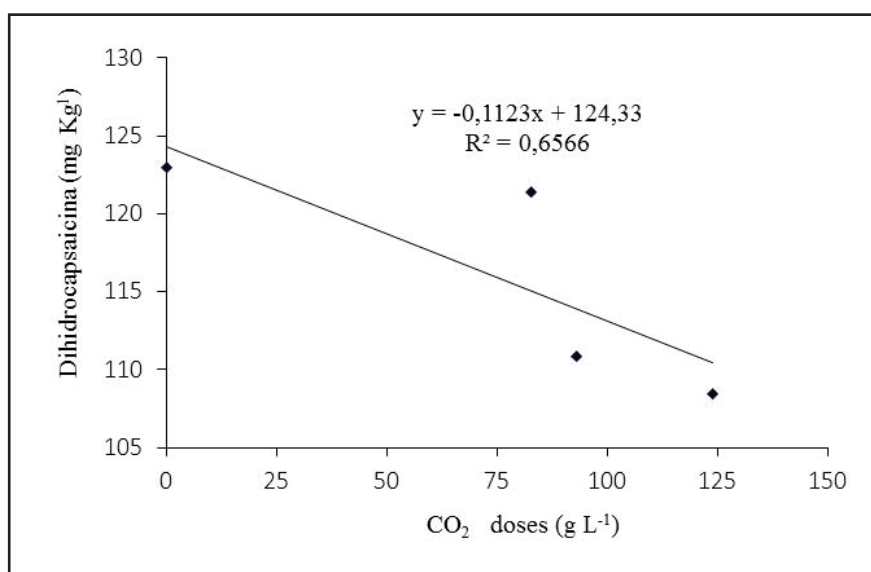


Figura 2. Concentração de dihidrocapsaicina por fruto (mg/kg de fruto) em função de doses de CO₂ aplicadas via irrigação por gotejamento (dihydrocapsaicin concentration (mg/kg fruit) depending on CO₂ doses applied via dripping irrigation). Piracicaba, ESALQ, 2008.

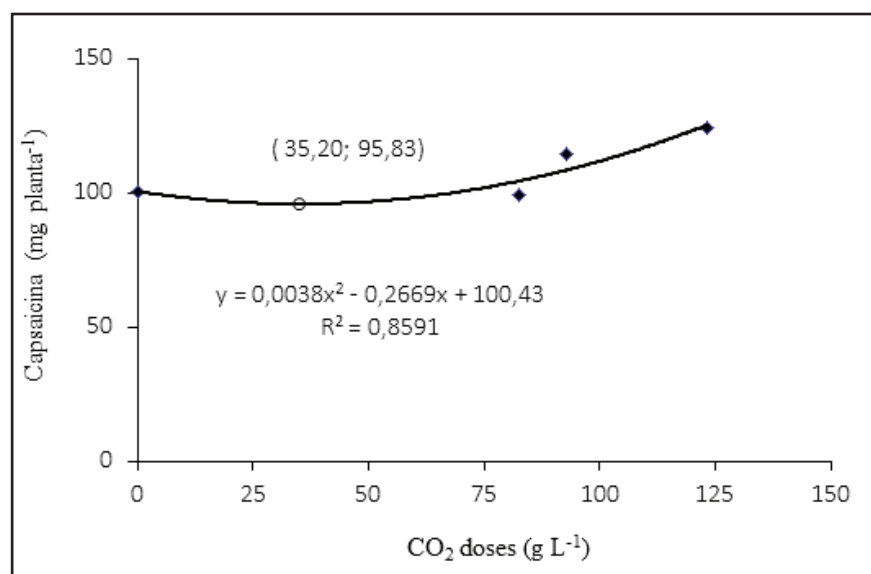


Figura 3. Rendimento de capsaicina por planta em função de doses de CO₂ aplicadas via irrigação por gotejamento (capsaicin yield per plant depending on CO₂ doses applied via dripping irrigation). Piracicaba, ESALQ, 2008.

Conclui-se que a concentração das substâncias por frutos foi menor quando comparado ao tratamento sem CO₂, mas, em função do aumento do número de frutos por planta proporcionado pela utilização do CO₂ obtido em parte do trabalho já publicado (Paula et al., 2011) o rendimento dessas substâncias por planta foi maior mesmo não proporcionando aumento da concentração desses capsaicinoides nos 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

- ALBUQUERQUE JUNIOR, BSD; FRIZZONE, 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.
- BORGES-GOMEZ, L; CÁRDENAS, LC; NOVELO, JR; FREGOSO, MS; OREGEL, VR; COUOH, EV. 2010. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra Latino Americana*. 28: 35-41.
- BOSLAND, PW; VOTAVA, EJ. 1999. *Peppers: vegetable and spice Capsicums*. New York: CABI Publishing. p.66-83.
- DOMENICO, CI; COUTINHO, JP; GODOY, HT; MELO, AMT. 2012. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta de cheiro. *Horticultura Brasileira* 30: 466-472.
- ESTRADA, B; BERNAL, MA; DÍAZ, J; POMAR, F; MERINO, F. 2002. Capsaicinoids in vegetative organs of *Capsicum annum* L. in relation to fruiting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 1188-1191.
- ESTRADA, B; POMAR, F; DIAZ, J; MERINO, F; BERNAL, MA. 1998. Effects of mineral fertilizer supplementation on fruit development and pungency in Padrón pepper. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73: 493-497.
- FRIZZONE, JA; CARDOSO, SS; REZENDE, R. 2005. 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* 27: 707-717.
- 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.
- GIUFFRIDA, D; DUGOB, P; TORRE, G; BIGNARDI, C; CAVAZZA, A; CORRADINI, C; DUGO, G. 2013. Characterization of 12 Capsicum varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. *Food Chemistry* 4: 794-802.
- HODGMAN, CD; WEAST, RC; WALLACE, CW; SELBY, SM. 1955. *Handbook of chemistry and physics*. Cleveland: Chemical Rubber Publishing. 36 ed. p.2686.
- NWOKEM, CO; AGBAJI, EB; KAGBU, JA; EKANEM, EJ. 2010. *Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria*. 3: 17-21.
- PAULA, FLM; FRIZZONE, JA ; PAULA, AL; DIAS, CTS; SOARES, TM. 2011. Produção de pimenta tabasco com aplicação de CO₂, utilizando-se irrigação por gotejamento. *Acta Scientiarum Agronomy* (Online) 33: 133-138.
- 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.
- PAULUS, D; VALMORBIDA, R; SANTIN, A; TOFFOLI, E; PAULUS, E. 2015. Crescimento, produção e qualidade de frutos de pimenta (*Capsicum annum*) em diferentes espaçamentos. *Horticultura Brasileira*. 33: 91-100.
- PINO, J; GONZÁLEZ, M; CEBALLOS, L ; CENTURIÓN - YAH, AR ; TRUJILLOAGUIRRE, J; LATOURNERIE-MORENO, L; SAURI-DUCH, E. 2007. Characterization of total capsaicinoids, color and volatile compounds of habanero chili pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars in Yucatan. *Food Chemistry* 104: 1682-1686.
- PINTO, JM; BOTREL, TA; MACHADO, EC; FEITOSA FILHO, JC. 2010a. Aplicação de CO₂ via água de irrigação em relação à produtividade do meloeiro. *Scientia Agrícola* 58: 33-38.
- PINTO, CMF; PINTO, CLO; SANTOS, IC; SILVA, AF. 2010b. Plantas condimentares: do uso doméstico à comercialização. *Informe Agropecuário* 31: 62-71.
- 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*: Cary. Version 8.0 edition. 956p.
- TEWKSBURY, JJ; MANCHEGO, C; HAAK, DC; LEVEY, DJ. 2006. Where did the chili get its spice. Biogeography of capsaicinoid production in ancestral wild chili species. *Journal of Chemical Ecology* 32: 547-564.
- YALDIZ, G; OZGUVEN, M; SEKEROGU, N. 2010. Variation in capsaicin contents of different Capsicum species and lines by varying drying parameters. *Industrial Crops and Products* 32: 434-438.