

Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO₂.

III. Características dos frutos

Fátima Conceição Rezende^{1*}, José Antonio Frizzone² e Anderson Soares Pereira³

¹Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, C.P. 37, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

²Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queróz", Universidade de São Paulo, C.P. 9, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. ³Departamento de Ciências Exatas, Esalq/USP, Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: frezende@ufla.br

RESUMO. O experimento foi conduzido na Esalq/USP, em Piracicaba, Estado de São Paulo, com o objetivo de estudar o efeito do aumento da concentração de CO₂ e do volume de água aplicado em plantas de pimentão, *Capsicum annum* L. (Solanaceae), cultivados em vasos, em ambiente protegido. Adotaram-se quatro concentrações de CO₂ (367, 600, 800 e 1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$) aplicadas diariamente no período da manhã. A irrigação foi realizada utilizando um gotejador por planta, com frequência de dois dias, sendo aplicado quatro volumes de água definidos pela evapotranspiração (30,89 L, 40,7 L, 61,86 L e 82,83 L), com quatro repetições. Foram analisados o comprimento, o diâmetro e espessura da polpa dos frutos das primeiras colheitas. Para todos tratamentos de água a espessura da polpa foi maior nos ambientes enriquecidos com CO₂. Nos ambientes com 800 e 1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ de CO₂ o diâmetro foi maior nas plantas irrigadas com os menores volumes. Plantas irrigadas com volume de 61,86 L, no ambiente com 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, apresentaram maior comprimento de frutos.

Palavras-chave: concentração de CO₂, irrigação, pimentão.

ABSTRACT. **Bell pepper plants cultivated in CO₂ enriched environment. III: Fruit characteristics.** The experiment was carried out at Esalq/USP, Piracicaba/SP and its objective was to study the effects of elevated CO₂ concentrations and water volume on pepper crops, *Capsicum annum* L. (Solanaceae), planted in pots inside plastic greenhouse. In the morning four levels of CO₂ (367, 600, 800 and 1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$) were applied daily. A drip irrigation system, having one drip by plant, used to irrigate the pots every other day. Four water volumes (30.89 L; 40.7 L; 61.86 L and 82.83 L) with four replications were used. The fruit lengths, fruit widths and the pulp thickness were analyzed. An increase in pulp thickness was found in the CO₂ enriched environment for all water volumes applied. For the lowest water volumes the fruit width was higher in ambient with 800 and 1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$. The fruit lengths were greater in the ambient enriched with 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ and water volume of 61.86 L.

Key words: CO₂ concentration, irrigation, pepper.

Introdução

No Brasil o cultivo de hortaliças em ambiente protegido tem sido amplamente utilizado, principalmente nas regiões sul e sudeste e no Estado de São Paulo, o pimentão, *Capsicum annum* L. (Solanaceae) é a cultura que melhor tem se adaptado ao cultivo em ambiente protegido (Melo, 1997). Nestes ambientes, o enriquecimento da atmosfera com gás carbônico pode proporcionar aumento na produtividade da cultura uma vez que a fotossíntese líquida normalmente aumenta, devido à redução da fotorrespiração (Bazzaz, 1990). Muitos experimentos

conduzidos em câmaras de crescimento e casas de vegetação têm demonstrado que o aumento da concentração de CO₂ aumenta o desenvolvimento e produtividade de muitas culturas (Kimball, 1983; Mortensen, 1987; Idso e Idso, 1994). Entretanto, o desenvolvimento, a alocação de biomassa, a fenologia e outros processos fisiológicos apresentam uma ampla gama de respostas devido à variabilidade dos fatores ambientais (Kimball, 1986). A interação do CO₂ com outros fatores ambientais é que induz esta grande variabilidade de respostas das culturas. Smirnov (1954), citado por Stanev e Tsonev (1986), relata que o efeito do aumento da concentração de

CO₂ em pepino, tomate, rabanete e feijão, depende das condições de intensidade de luz e temperatura tendo observado que para baixa intensidade de luz e baixa temperatura o efeito é maior no desenvolvimento vegetativo e que para intensidade de luz e temperatura altas, o efeito é maior no desenvolvimento de frutos. Conforme Chmora e Mokronosov (1994), estudos realizados com plantas cultivadas em laboratório não refletem a complexa interrelação no sistema planta-solo e o principal fator é a restrição ao desenvolvimento radicular imposto pelo pequeno volume dos vasos que pode resultar em uma redução apreciável do efeito do aumento da concentração de CO₂ na fotossíntese. Além disso, uma grande variação no efeito do aumento da concentração de CO₂ na produtividade freqüentemente depende da interação entre o sistema radicular, fungos e micro-organismos do solo (Kimball, 1983). Tagmazyan (1958), citado por Stanev e Tsonev (1986), verificou que o enriquecimento do ambiente com CO₂ aumentou em 62% a produtividade de tomate, porém, houve uma redução no tamanho dos frutos. Alves et al. (1999) aplicaram CO₂ via água de irrigação na cultura de pimentão e verificaram que as lâminas adotadas não apresentaram efeito significativo nos dados analisados para os tratamento com CO₂ e sem CO₂, porém, a aplicação de CO₂ apresentou efeito significativo no comprimento e largura (diâmetro) dos frutos. Este trabalho teve como objetivo avaliar as características dos frutos de plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO₂ e irrigadas com diferentes volumes de água.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, em Piracicaba, Estado de São Paulo. As coordenadas geográficas do local são 23°42' de Latitude sul, 47°38' de Longitude oeste e Altitude de 520 metros. Conforme classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo CWA, subtropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco.

O trabalho foi conduzido em 4 estufas, instaladas no sentido leste-oeste, com cobertura em arco, tendo 8,75 m de comprimento, largura de 7,0 m e pé direito de 3,0 m. As fachadas laterais e frontais foram envolvidas com tela de citricultura. O teto foi coberto com filme plástico de polietileno de 150 µm, com tratamento anti-UV. As fachadas laterais e frontais também foram fechadas com o mesmo material e apresentavam um sistema de manivela para abrir as cortinas.

Em cada uma das quatro estufas foram colocadas duas bancadas de madeira, com 4,0 m de comprimento, 0,54 m de largura e 0,70 m de altura. O espaçamento entre as bancadas e entre as fachadas laterais da casa de vegetação foi de 2,0 m e entre as paredes frontais foi de 2,30 m. Sobre cada bancada foram colocados oito vasos com capacidade de 20 litros, espaçados de 0,50 m, com uma planta por vaso.

Em uma das estufas foi colocada uma bancada de 2,0 m de comprimento, 0,54 m de largura e 0,70 m de altura, entre as duas bancadas, para colocação de 3 vasos com planta, semelhante aos demais, utilizados para o controle da irrigação.

O experimento foi composto pela combinação de dois fatores: (a) ambiente: quatro concentrações de CO₂ definindo os seguintes tratamentos: C4 = concentração normal da atmosfera, aproximadamente 367 µmol . mol⁻¹; C3 = 600 µmol . mol⁻¹; C2 = 800 µmol . mol⁻¹ e C1 = 1000 µmol . mol⁻¹; (b) aplicação de quatro volumes de água definidos em relação à evapotranspiração da planta (Vet): V1 = 0,5Vet (30,89 L); V2 = 0,65Vet (40,7 L); V3 = 1,0Vet (61,86 L) e V4 = 1,35Vet (82,83 L). Cada tratamento constou de 4 repetições casualizadas em cada ambiente.

Foram utilizados 67 vasos com capacidade de 20 litros (área de 0,075 m²). No fundo destes fez-se um furo e adaptou-se um conector de 7 mm e um tubo interligando o vaso a uma garrafa de 2 litros para coletar o volume de água percolado.

No interior dos vasos colocou-se uma camada de brita número 1 e, sobre esta uma manta geotextil (bidim). O conjunto foi pesado e mantido um peso constante de 2,5 kg para todos os vasos. A seguir, completou-se o volume do vaso com solo peneirado e adubado conforme recomendação da análise de fertilidade, sendo incorporado calcário, esterco de curral curtido e P₂O₅. O peso total de cada vaso foi 20 kg. Adicionou-se água aos vasos, até iniciar percolação, e a seguir, foram cobertos com sacos plástico até 3 dias antes do plantio.

As mudas de pimentão, híbrido zarco, foram transplantadas para os vasos no dia 30/05/2000 quando apresentavam dois pares de folhas verdadeiras, colocando uma planta por vaso. O N e K₂O foram aplicados após o plantio das mudas. Todas as brotações laterais, antes da bifurcação, foram eliminadas e as plantas foram conduzidas com quatro hastes. Eliminou-se a primeira flor que surgiu na bifurcação.

A primeira adubação de cobertura foi realizada aplicando N e K₂O, diluídos em água. Posteriormente, com base nos resultados de análise

foliar, as adubações de cobertura foram parceladas em 17 vezes, aplicando-se em cada parcelamento N, K₂O, P e Ca. Foram realizadas 3 aplicações foliares de Ca, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn.

O controle de ervas daninhas foi realizado manualmente, quando necessário. O controle fitossanitário consistiu de aplicação de fungicidas a base de enxofre para controlar a ocorrência de *Oidiopsis sicula*, e o controle de pragas, tais como trips, mosca minadora e ácaro branco, foi realizado por ocasião do seu aparecimento, através de pulverizações com inseticidas específicos.

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, com um emissor por vaso, operando a uma pressão de 98,1 kPa e vazão nominal de 4,0 L . h⁻¹. A uniformidade de emissão dos 67 gotejadores foi 98,17%. Cada parcela, formada por 4 vasos, representava um tratamento de volume de água aplicado, controlado pelo tempo de aplicação. Adotou-se um turno de rega de dois dias e o volume de água aplicado em cada tratamento foi definido com base no volume de água evapotranspirado (Vet), determinado pela pesagem diária de 3 vasos com plantas, localizados na estufa sem enriquecimento de CO₂ e irrigados com um volume igual ao consumido por evapotranspiração.

A aplicação do CO₂ nas estufas foi aérea e o sistema de aplicação consistiu de um cilindro com capacidade de 25 kg, para armazenamento do gás em alta pressão, equipado com válvula dosadora, para especificar a vazão do gás a ser liberado, manômetro e fluxômetro. O cilindro foi instalado entre as estufas e o gás foi conduzido até o centro das mesmas, em tubos com diâmetro de 3/8". O gás foi distribuído a uma altura de 3,0m, através de dois segmentos de tubos, um sobre cada bancada, sendo o gás liberado no ambiente por micro tubos inseridos na tubulação. No interior de cada um dos três ambientes com enriquecimento de CO₂ foi colocado um fluxômetro e dois registros sendo que, um deles possibilitou a liberação do gás para fazer a regulagem da vazão e o outro liberou o gás no ambiente. A aplicação do gás iniciou-se em 14/06/2000, após o pegamento das mudas, sendo realizada diariamente no período da manhã, durante uma hora. Durante a aplicação, as estufas eram mantidas fechadas e, uma hora após o término da aplicação as cortinas eram abertas. A concentração de CO₂ foi medida periodicamente utilizando-se um analisador de gás, modelo LI-800, fabricado pela Licor Inc./EUA. A cada 15 minutos eram feitas as leituras de concentração de CO₂, dentro das casas de vegetação e no ambiente fora das mesmas, iniciando-se antes da aplicação do gás e prolongando até a

abertura das cortinas, quando a concentração de CO₂ igualava-se à concentração do ambiente externo.

O comprimento, o diâmetro e a espessura da polpa de todos os frutos, referentes à primeira e segunda colheita, foram medidos com paquímetro digital. O diâmetro foi medido na terça parte superior do fruto e a seguir os mesmos foram cortados neste ponto para medir a espessura da polpa. Os dados médios das variáveis, de cada repetição, foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey.

Resultados e discussão

Comprimento do fruto

A análise dos dados de comprimento do fruto, relativos à primeira e segunda colheita, é apresentada nas Tabelas 1 e 2. Com relação à água, o comprimento dos frutos da primeira colheita tendeu a aumentar conforme se aumentou o volume aplicado, apresentando diferença significativa entre os volumes V2 e V3, exceto no ambiente C3 cuja diferença foi significativa entre os volumes V1 e V2. A taxa de acréscimo no comprimento do fruto, em função do aumento do volume aplicado, foi de 19,38% no ambiente C4, 39,44% no ambiente C2 e 15,98% no ambiente C1. No ambiente C3 observou-se um acréscimo de 48,76% entre os volumes V1 e V2.

Tabela 1. Médias de comprimentos de frutos (mm) da primeira colheita, para as diferentes combinações de volume de água aplicado (litros) e concentração de CO₂ (μmol . mol⁻¹)

Volume de água aplicado	Concentração de CO ₂			
	367 (C4)	600 (C3)	800 (C2)	1000 (C1)
30,89 (V1)	a 51,23 B	a 33,78 A	a 44,89 B	a 50,89 B
40,70 (V2)	a 52,39 A	b 50,25 A	a 46,05 A	a 52,30 A
61,86 (V3)	b 62,54 B	b 54,75 A	b 64,21 B	b 60,66 AB
82,83 (V4)	b 63,48 B	b 56,31 AB	b 72,09 C	b 54,72 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 2. Médias de comprimentos de frutos (mm), da segunda colheita, para as diferentes combinações de volume de água aplicado (litros) e concentração de CO₂ (μmol . mol⁻¹)

Volume de água aplicado	Concentração de CO ₂			
	367 (C4)	600 (C3)	800 (C2)	1000 (C1)
30,89 (V1)	a 65,97 B	a 35,72 A	a 46,02 A	a 59,45 B
40,70 (V2)	a 58,69 AB	b 62,78 B	a 50,67 A	a 65,59 B
61,86 (V3)	a 64,19 A	b 64,94 A	b 73,08 B	a 65,16 A
82,83 (V4)	a 66,14 A	b 61,42 A	b 64,07 A	a 56,66 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Em relação ao efeito da concentração de CO₂ no comprimento do fruto, observou-se que para o

volume V2 não houve efeito do gás em nenhum dos ambientes, sendo o menor valor registrado no ambiente C2 (Tabela 1). Verifica-se, também, que nos tratamentos irrigados com os menores volumes (V1 e V2), o comprimento do fruto tendeu a ser maior no ambiente com concentração de CO₂ normal da atmosfera. Nos tratamentos com maior volume de água aplicado (V3 e V4) o comprimento do fruto tendeu a ser maior no ambiente C2, sendo as taxas de acréscimo da ordem de 2,67% e 13,56%, respectivamente.

Observa-se na Tabela 2 que o volume de água aplicado não influenciou o comprimento de frutos, da segunda colheita, nos ambientes C4 e C1. Resultados semelhantes foram obtidos por Alves *et al.* (1999). Nos ambientes C1, C2 e C3 o comprimento do fruto tendeu a aumentar com o aumento do volume de água até V3, e reduziu-se para o maior volume aplicado. No ambiente C3 houve diferença significativa entre os volumes V1 e V2, apresentando uma taxa de acréscimo de 75,76% e, no ambiente C2, observou-se um aumento significativo entre os volumes V2 e V3, sendo a taxa de acréscimo de 44,23%. De acordo com Alves *et al.* (1999), a aplicação de CO₂ via água de irrigação promoveu acréscimo de 9,62% no comprimento médio dos frutos de pimentão irrigado por gotejamento, para todas as lâminas aplicadas.

Na segunda colheita, a concentração de CO₂ não teve efeito significativo sobre o comprimento dos frutos das plantas irrigadas com maior volume de água. Também não houve diferença significativa entre os ambientes C1 e C4 e entre C2 e C3 para o volume de água aplicado V1. Para o volume V2, o menor comprimento do fruto foi observado no ambiente C2, não diferindo, estatisticamente, do ambiente C4, mas é significativamente diferente dos comprimentos obtidos nos ambientes C1 e C3. O maior comprimento de fruto foi obtido no ambiente C2, com volume de água V3, sendo a taxa de acréscimo da ordem de 13,85% em relação ao ambiente C4.

Os comprimentos de frutos da primeira e da segunda colheita apresentaram tendências diferentes, tanto para volume de água aplicado quanto para concentração de CO₂. Na primeira colheita, o comprimento do fruto foi menor do que o observado na segunda colheita e, nas demais colheitas realizadas, observou-se redução no comprimento do fruto (dados não apresentados).

Os valores médios de comprimento dos frutos foram ajustados por um modelo de regressão múltipla, com termos quadráticos para volume de água e linear para concentração de CO₂. O modelo

não apresentou um bom ajuste, principalmente para os dados relativos à segunda colheita. Os modelos ajustados para a primeira e a segunda colheita foram:

$$Cf1 = 13,7828 + 0,0005C + 1,2490V - 0,0081V^2 \quad R^2 = 0,5063$$

$$Cf2 = 12,1484 - 0,0023C + 1,760V - 0,0137V^2 \quad R^2 = 0,2280$$

em que Cf1 e Cf2 são, respectivamente, o comprimento médio dos frutos da primeira e da segunda colheita, em mm, C é a concentração de CO₂, em μmol mol⁻¹ e V é o volume de água aplicado, em litros. Os coeficientes dos modelos não foram significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

Diâmetro de fruto

Nas Tabelas 3 e 4, estão apresentados os dados de diâmetro médio dos frutos, medidos na primeira e na segunda colheita respectivamente. Verifica-se, na Tabela 3, que o diâmetro do fruto foi influenciado pelo volume de água aplicado e pela concentração de CO₂. Em relação ao volume de água, houve diferença significativa entre o menor volume (V1) e os maiores volumes (V3 e V4), apresentando taxas de acréscimo de 12,85% (ambiente C4), 16,92% (ambiente C3), 12,96% (ambiente C2) e 8,61% (ambiente C1). Nos ambientes C4 e C2, o diâmetro dos frutos aumentou com o aumento do volume de água aplicado e, nos ambientes C3 e C1, o diâmetro aumentou até o volume V3 e em seguida reduziu-se, porém, a diferença não foi significativa.

Tabela 3. Médias de diâmetros de frutos (mm) da primeira colheita para as diferentes combinações de volume de água aplicado (litros) e concentração de CO₂ (μmol . mol⁻¹)

Volume de água aplicado	Concentração de CO ₂			
	367 (C4)	600 (C3)	800 (C2)	1000 (C1)
30,89 (V1)	a 47,48 AB	a 46,15 AB	a 45,77 A	a 50,32 B
40,70 (V2)	ab 49,31 AB	ab 49,79 B	a 46,29 A	ab 53,32 C
61,86 (V3)	ab 48,93 A	b 53,96 AB	b 51,70 AB	b 54,65 B
82,83 (V4)	b 53,58 A	b 52,23 A	b 55,52 A	ab 51,39 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 4. Médias de diâmetro de fruto (mm) da segunda colheita para as diferentes combinações de volume de água aplicado (litros) e concentração de CO₂ (μmol . mol⁻¹)

Volume de água aplicado	Concentração de CO ₂			
	367 (C4)	600 (C3)	800 (C2)	1000 (C1)
30,89 (V1)	a 46,56 A	a 42,60 A	a 47,67 A	a 47,27 A
40,70 (V2)	a 50,34 A	ab 51,33 A	b 53,76 A	c 59,76 B
61,86 (V3)	b 59,19 A	b 54,96 A	b 55,97 A	bc 54,74 A
82,83 (V4)	b 55,58 A	b 54,81 A	ab 52,38 A	ab 51,40 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A concentração de CO₂ não teve efeito significativo nos tratamentos irrigados com volume de água V4. Nos tratamentos V1, V2 e V3, o diâmetro do fruto foi maior no ambiente C1, diferindo-se significativamente dos demais ambientes em que as plantas foram irrigadas com volume de água V2, sendo as diferenças observadas da ordem de 8,13% no ambiente C4, 7,09% no ambiente C3 e 15,19% no ambiente C2. Para o volume V1, o diâmetro dos frutos apresentou diferença significativa entre os ambientes C1 e C2 (aumento de 9,94%) e, para o volume V3, ocorreu diferença significativa entre os ambientes C1 e C4 (aumento de 11,69%).

Na Tabela 4 estão apresentados os diâmetros médios dos frutos, medidos na segunda colheita, e verifica-se que os mesmos foram menores do que na primeira colheita, em todas as concentrações de CO₂ e tratamentos que receberam volume de água V1. Houve efeito significativo do volume de água aplicado entre V1 e V3 nos ambientes C4, C3, C2 e C1 e, entre os volumes V1 e V2 nos ambientes C2 e C1.

O maior diâmetro dos frutos ocorreu no ambiente C1 com volume de água V2, e diferiu significativamente dos diâmetros obtidos nos ambientes C2, C3 e C4. Embora não tenham diferenças significativas, os maiores valores de diâmetros de frutos nos tratamentos V3 e V4 foram verificados no ambiente C4. Embora a forma de aplicação de CO₂ tenha sido diferente, este resultado diverge dos dados obtidos por Alves *et al.* (1999), os quais demonstram que a largura (diâmetro) média dos frutos apresentou um aumento médio significativo de 7,65% para o tratamento com aplicação de CO₂.

A análise de regressão aplicada aos dados de diâmetro médio dos frutos, para a primeira e a segunda colheita, mostrou que o modelo com termos quadráticos para volume de água aplicado e linear para concentração de CO₂, foi o que melhor descreveu o fenômeno, para os intervalos estudados, embora com baixo coeficiente de determinação. Foram obtidos os seguintes modelos:

$$Df1 = 36,1174 + 0,0034C + 0,3628V - 0,0022V^2 \quad R^2 = 0,5197$$

$$Df2 = 4,7872 + 0,0186C + 1,4783V - 0,01V^2 - 0,0003V.C \quad R^2 = 0,6889$$

em que Df1 e Df2 são, respectivamente, o diâmetro médio dos frutos da primeira e da segunda colheita, em mm C é a concentração de CO₂, em $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ e V é o volume de água aplicado, em litros. No modelo referente à primeira colheita, a constante foi significativa ao nível de 5% probabilidade e os coeficientes das variáveis independentes não foram

significativos. Já para o modelo relativo à segunda colheita todos os coeficientes foram significativos ao nível de 5% de probabilidade.

Espessura de polpa

A espessura de polpa, referentes à primeira colheita, foi influenciada tanto pelo volume de água aplicado quanto pela concentração de CO₂ (Tabela 5). O aumento do volume de água promoveu aumento na espessura da polpa, sendo observado acréscimos que variam de 5,8% (C3) a 12,64% (C4) entre os volumes V1 e V2. Nos ambientes com enriquecimento de CO₂ e volume de água aplicado V1, V2 e V3, a espessura da polpa foi maior do que no ambiente C4, embora, em alguns casos, a diferença não tenha sido significativa. Nos tratamentos que receberam maior volume de água (V4), a concentração de CO₂ não teve efeito significativo sobre a espessura da polpa, no entanto, nos ambientes C1 e C2 houve um acréscimo de 2,41% em relação aos ambientes C3 e C4.

Tabela 5. Médias de espessura da polpa dos frutos (mm) da primeira colheita, nas diferentes combinações de volume de água aplicado (litros) e concentração de CO₂ ($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)

Volume de água aplicado	Concentração de CO ₂			
	367 (C4)	600 (C3)	800 (C2)	1000 (C1)
30,89 (V1)	a 2,69 A	a 2,93 B	a 3,2 C	a 3,18 C
40,70 (V2)	b 3,03 A	ab 3,10 A	b 3,44 B	b 3,47 B
61,86 (V3)	bc 3,18 A	c 3,37 AB	ab 3,33 AB	ab 3,38 B
82,83 (V4)	c 3,32 A	bc 3,32 A	b 3,40 A	ab 3,40 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

De acordo com Melo (1997), a espessura da polpa é um caráter de grande importância porque está diretamente relacionada à qualidade do fruto e à produtividade. Polpa grossa apresenta três vantagens principais: (a) frutos mais pesados, podendo ser comercializados por peso e não por volume; (b) maior conservação pós-colheita, pois o murchamento é menos acentuado; e (c) maior firmeza do fruto. O autor verificou, em 30 híbridos triplos, que a espessura da polpa variou de 3,83 a 5,1 mm, contra 3,9 mm do híbrido simples Magali. Já Pereira (1995), trabalhando com pimentão, verificou que a lâmina de água aplicada afetou significativamente a espessura da polpa, obtendo um valor médio de 5,4 mm para o tratamento mais irrigado e 2,5 mm para o tratamento com menor lâmina.

A análise de regressão aplicada aos dados médios de espessura de polpa indica que o modelo descreveu bem o fenômeno, para o intervalo considerado, com um coeficiente de determinação

de 0,8142. Todos os coeficientes do modelo foram significativos ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de t, sendo a equação de regressão representada por:

$$Ep = 1,4094 + 0,0013C + 0,0405V - 0,0002V^2 - 0,00001V.CR^2 = 0,8142$$

em que, Ep é a espessura média da polpa, em mm, C é a concentração de CO₂, em μmol mol⁻¹ e V é o volume de água aplicado, em litros.

Os dados de espessura média da polpa dos frutos da primeira colheita, medidos e ajustados pelo modelo, estão apresentados na Figura 1 e pode-se verificar que o mesmo subestima os valores.

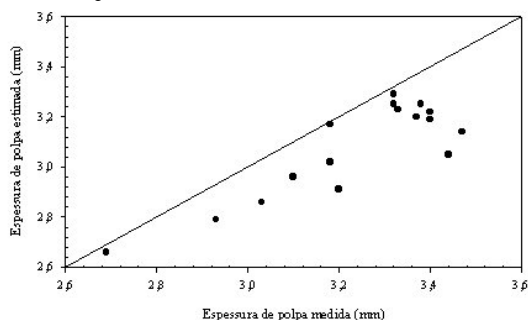


Figura 1. Diagrama de dispersão entre os valores médios de espessura da polpa dos frutos (mm) medidos e estimados pelo modelo

De acordo com Tivelli (1998), o híbrido zarco apresenta frutos retangulares, medem de 12 a 14cm de comprimento e de 8 a 9cm de diâmetro (ou largura). Os resultados obtidos apresentaram valores inferiores àqueles característicos do híbrido, porém, esta tendência foi igual para todas as plantas do experimento e, portanto, não deve ser atribuído aos tratamentos de irrigação e/ou concentração de CO₂. Vários fatores podem ter induzido à formação de frutos pequenos dos quais podem ser considerados como mais importante o confinamento das plantas em vasos, a elevada temperatura do ar e do solo, alta intensidade de luz, períodos de baixa umidade relativa do ar e nutrição. No entanto, pode-se verificar que tanto o volume de água aplicado quanto a concentração de CO₂ teve efeito sobre as características dos frutos. O comprimento dos frutos, nas duas colheitas realizadas, foi maior no ambiente enriquecido com 800 μmol . mol⁻¹ de CO₂ e no tratamento irrigado com volume de 61,86 L, embora na primeira colheita a diferença não tenha sido significativa. Nos tratamentos que receberam menor volume de água o diâmetro dos frutos, nas duas colheitas realizadas, foi maior nos ambientes com maior concentração de CO₂ (800 e 1000 μmol . mol⁻¹). A espessura da polpa aumentou em função do enriquecimento do ambiente com CO₂

apresentando diferença significativa, em relação ao ambiente sem enriquecimento, nos tratamentos irrigados com volumes de água 30,89 L, 40,7 L e 61,86 L.

Referências

- ALVES, D.R.B. et al. Efeito do dióxido de carbono nas características do fruto do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas, 1999. (CD-ROOM)
- BAZZAZ, F. A. The response of natural ecosystem to the rising global CO₂ levels. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, Palo Alto, v.21, p.167-196, 1990.
- CHMORA, S. N.; MOKRONOSOV, A. T. The global increase of CO₂ in the atmosphere: Adaptive strategies in plants. *Rus. J. Plant Physiol.*, Moscow, v.41, n.5, p.768-778, 1994.
- IDSO K. E.; IDSO, S. B. Plant response to atmospheric CO₂ enrichment in the face of environmental constraints: a review of the past 10 years. *Agric. For. Meteorol.*, Madison, v.69, n.3/4, p.153-203, 1994.
- KIMBALL, B. A. Carbon dioxide and agricultural yield: an assemblage and analysis of 430 prior observations. *Agron. J.*, Madison, v.75, n.5, p.779-788, 1983.
- KIMBALL, B. A. CO₂ stimulation of growth and yield under environmental restraints. In: ENOCH, H. Z.; KIMBALL, B. A. (Ed.). *Carbon dioxide enrichment of greenhouse crops*. Boca Raton: CRC Press, 1986. v.2: Physiology, yield and economics, cap. 5, p.53-67.
- MELO, A. M. T. de. *Análise genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão*. 1997. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- MORTENSEN, L. M. Review: CO₂ enrichment in greenhouse. *Crop Response. Sci. Hortíc.*, Amsterdam, v.33, n.1/2, p.1-25, 1987.
- PEREIRA, E. C. *Avaliação do crescimento e da produtividade de pimentão amarelo (Capsicum annuum L.) sob diferentes potenciais matriciais de água no solo, em condições de casa de vegetação*. 1995. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 1995.
- STANEV, V. P.; TSONEV, T. D. CO₂ enrichment in some countries of Eastern Europe: Research and practical application. In: ENOCH, H. Z.; KIMBALL, B. A. (Ed.). *Carbon dioxide enrichment of greenhouse crops*. Boca Raton: CRC Press, 1986. v.1: Status and CO₂ sources, cap. 3, p.35-48.
- TIVELLI, S. W. A cultura de pimentão. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Org.). *Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais*. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1998. cap.8, p.225-256.

Received on March 13, 2002.

Accepted on June 03, 2002.