



Enxertia e água de irrigação carbonatada no transporte de ^{15}N e na produção do tomateiro

**Roberto B. F. Branco¹, Romy Goto¹, Ary G. Carneiro Júnior¹, Vandeir F. Guimarães¹,
João D. Rodrigues², Paulo C.O. Trivelin³ & Liciania V. de A. Silveira²**

RESUMO

Estudaram-se os efeitos da aplicação de CO_2 , via água de irrigação, e da enxertia do tomateiro no transporte de ^{15}N e na produção do tomateiro. Os tratamentos foram arranjos em delineamento inteiramente ao acaso no esquema fatorial 2×2 (com e sem CO_2 na água de irrigação e tomateiro enxertado e pé-franco). A injeção do CO_2 na água iniciou-se aos 34 dias após o transplante das mudas (DAT) e se prolongou em todas as irrigações. A aplicação do sulfato de amônio com abundância em átomos de ^{15}N de 3,13% nas plantas destinadas à análise foi feita aos 45 DAT quando as plantas estavam em plena frutificação. Após 14 dias da aplicação do fertilizante (^{15}N) as plantas foram colhidas, lavadas, secadas e enviadas ao laboratório, para análise do ^{15}N nos seus tecidos. Os resultados demonstraram que o CO_2 e a enxertia não alteraram o transporte de ^{15}N na planta. A produção de frutos comerciais foi maior quando se aplicou CO_2 na água.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum* Mill, dióxido de carbono, cultivo protegido

Grafting and carbonated irrigation water in transport of ^{15}N and in the tomato production

ABSTRACT

The effects of CO_2 application through irrigation water, and of grafting in transport of ^{15}N and in the tomato production, were studied. These treatments were arranged in a 2×2 factorial scheme (with and without CO_2 in irrigation water and grafted and non-grafted tomato), in a completely randomized design, with four replications. The injection of CO_2 into the water began at 34 days after transplant of seedlings (DAT) and continued for all irrigations. The application of the sulfate of ammonium with abundance in atoms of ^{15}N of 3.13% in plants destined to analysis was done at 45 DAT when the plants were in the middle of fructification. After 14 days of fertilizer (^{15}N) application the plants were harvested, washed, dried and sent for analysis of ^{15}N in plant tissue. The results demonstrated that CO_2 and the grafting did not alter the transport of ^{15}N in the plant. The production of commercial fruits was larger when CO_2 was applied in water.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill, carbon dioxide, protected cultivated

¹ FCA/UNESP – Fazenda Lageado s/n, CP 237; CEP 18630-970, Botucatu, SP. Fone/Fax: (14) 3811-7172. E-mail: betobotelho@uol.com.br; romy@fca.unesp.br; carneirodel@hotmail.com; vandeirfg@yahoo.com.br

² IB/UNESP – CP. 510, CEP 18618-000, Botucatu, SP. Fone: (14) 3811-6053, 3811-6097. E-mail: mingo@ibb.unesp.br; liciana@ibb.unesp.br

³ CENA/USP – CEP 13400-970, Piracicaba, SP. Fone: (19) 3429-4600. E-mail: pcotrive@cena.usp.br

INTRODUÇÃO

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido tem aumentado progressivamente, pois propicia ao agricultor, maior produtividade, melhor qualidade do produto e, conseqüentemente maior lucratividade. Nesse sistema de cultivo há, ainda, uma diversidade de tecnologias que podem ser empregadas com o intuito de se alcançar o máximo rendimento para a cultura; dentre essas tecnologias, pode-se citar o manejo climático das estufas com enriquecimento carbônico, e a enxertia de plantas.

O tomateiro tem sido muito plantado em condições de ambiente protegido, com o objetivo de se ofertar produtos de melhor qualidade, agregando maior valor à produção. No Brasil, o manejo dessa hortaliça é bastante estudado, principalmente com relação à densidade populacional, condução das plantas, nutrição, fitossanidade e outras técnicas culturais; entretanto, o manejo da planta, utilizando-se água carbonatada, ainda é pouco estudado, mas tem despertado interesse nos produtores e pesquisadores. Por outro lado, a técnica em que se utiliza o CO_2 dissolvido na água de irrigação, tem poucos resultados científicos que comprovam o emprego dessa tecnologia. Os resultados de trabalhos realizados com a aplicação de CO_2 via água de irrigação demonstram alguns benefícios na fisiologia da planta, como melhora no balanço hormonal e absorção de nutrientes, resultando em melhores produtividades (D'Andria et al., 1990; Pinto et al., 2001; Cararo & Duarte, 2002).

Cararo & Duarte (2002) estudando o efeito da aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação em tomateiro (híbrido Débora Plus), sob cultivo protegido, concluíram que este tratamento promoveu aumento significativo de 7,6% na produtividade, de 11,5% na massa de frutos de tamanho pequeno e de 7,8% na massa seca de frutos, porém não verificaram diferenças na precocidade de produção, número de frutos, massa fresca de frutos de tamanho médio nem na eficiência no uso de água. Na cultura do tomateiro submetida ao enriquecimento de 0,025% de CO_2 em água, Bialczyk & Lechowski (1995) observaram aumentos de 32,6% na massa fresca dos frutos.

Em meloeiro, Pinto et al. (2001) notaram que a aplicação de CO_2 via irrigação não modificou o ciclo da cultura, não alterou a qualidade nem os teores de macro e micronutrientes na folhas, mas elevou a produtividade; já no melão rendilhado, cultivado em ambiente protegido, Cardoso (2002) verificou maior absorção e redistribuição de nutrientes na planta, aumento no número de frutos comerciais, na produtividade e na qualidade dos frutos, em função da aplicação de CO_2 em água de irrigação.

Em ambiente protegido, a aplicação de CO_2 via água de irrigação na cultura do pimentão, numa dosagem suficiente a ponto de elevar a concentração atmosférica a 800 mmol mol^{-1} , possibilitou a obtenção de maiores comprimentos, diâmetros e número de frutos por planta, além da massa e rendimento, na ordem de 12,4, 11,9, 21,4, 20 e 51,3%, respectivamente, em relação ao ambiente sem aplicação de CO_2 (Furlan et al., 2002).

A enxertia é uma técnica de manejo hortícola que confe-

re resistência às plantas a enfermidades do solo, como fungos e nematóides, a temperaturas extremas, salinidade e excesso de umidade do solo; no entanto, os porta-enxertos podem influenciar no tamanho e formação dos frutos, na precocidade de frutificação, na formação de frutos, na qualidade da produção e no estado nutricional da parte aérea.

A parte aérea das plantas enxertadas pode apresentar mudanças na concentração e na quantidade de vários nutrientes minerais, em função de um impedimento na conexão vascular do xilema e floema, ocorrido durante o processo de união entre os tecidos do porta-enxerto e enxerto; por exemplo, a translocação de nitrogênio pode ser restrita ou bloqueada no ponto da enxertia em plantas do gênero *Lycopersicon* enxertado em *Solanum*, *Helianthus* enxertado em *Helianthus* e *Vicia* enxertada em *Helianthus*, combinações em que se observa menor acúmulo de assimilados de nitrogênio (Cañizares & Villas Boas, 2003).

O trabalho foi realizado com objetivo de avaliar o efeito da enxertia e do fornecimento de CO_2 via água de irrigação, no transporte de ^{15}N e na produção do tomateiro híbrido Débora Max.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP), pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP/Campus de Botucatu, localizada no município de São Manuel, SP (22° 44' S e 48° 34' W e altitude média de 750 m). Segundo Espindola et al. (1973), o clima da região é do tipo mesotérmico, ou seja, subtropical úmido com estiagem no inverno.

A semeadura do tomateiro foi realizada em 10/12/2001 em bandejas de poliestireno expandido de 128 células utilizando-se, como porta-enxerto, o híbrido Anchor-T (Takii) e, como cavaleiro e pé-franco, o híbrido Débora Max (Sakata Seed Sudamérica). As mudas foram produzidas em viveiro com cobertura plástica localizado na Fazenda Experimental de São Manuel. Durante a formação das mudas três pulverizações com inseticidas sistêmicos foram realizadas, aos 7, 14 e 21 dias após a emergência das plântulas, visando ao controle dos vetores tripses e pulgões, prevenindo assim, a ocorrência de viroses nas plantas. Com 15 dias após a semeadura, as mudas foram transplantadas para copos plásticos com volume de 200 mL, para que houvesse melhor desenvolvimento e facilitasse a operação da enxertia.

Realizou-se a enxertia do tomateiro aos 35 dias após a semeadura (DAS) cuja técnica utilizada foi a de fenda simples, deixando-se o porta-enxerto com duas folhas definitivas e o cavaleiro com quatro (Goto et al., 2003). As mudas enxertadas foram colocadas em ambiente controlado com temperatura aproximada de 25 °C e umidade relativa em torno de 95%, para evitar o ressecamento da seiva no ponto de enxertia. As mudas do pé-franco continuaram nas mesmas condições em que vinham sendo cultivadas. O pegamento do enxerto das mudas foi de aproximadamente 95%.

As mudas foram transplantadas para o local definitivo, aos 44 DAS, em vasos de polietileno com volume aproximado

de 20 L. Preferiu-se o cultivo em vasos para que não houvesse perda no perfil do solo do fertilizante nitrogenado (sulfato de amônio) com abundância em átomos de ^{15}N , que foi utilizado neste experimento como elemento traçador.

Para o preenchimento dos vasos usou-se “terra de barranco” do perfil de um solo tipo Nitossolo com textura arenosa. A calagem foi realizada para elevar a saturação em bases a 80% e a adubação de plantio feita com base nos dados da análise química do solo, conforme Raij et al. (1996). Com 30 dias de antecedência ao transplante das mudas, cada vaso recebeu 20 g de calcário dolomítico (2 t ha^{-1}), 18 g de superfosfato simples, 15 g de termofosfato magnésiano com boro e zinco, 6 g de cloreto de potássio, 0,5 g de ácido bórico e 1 L de composto orgânico; no dia do transplante realizou-se amostragem do solo para análise química, o qual apresentou as seguintes características: $\text{pH} (\text{CaCl}_2) = 6,6$; matéria orgânica = 25 g dm^{-3} ; $\text{P}_2\text{O}_5 = 74 \text{ g dm}^{-3}$; $\text{H} + \text{Al} = 11 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{K} = 0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 43 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 13 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{SB} = 57 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{CTC} = 68 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{V} = 83\%$.

O experimento foi instalado em ambiente protegido com estrutura do tipo arco com 30 m de comprimento e 7 m de largura, pé direito de 3,5 m de altura, coberta com agrofílm plástico de $150 \mu\text{m}$ e fechada lateralmente com tela de sombreamento de 50%. Para amenizar as temperaturas elevadas no interior do ambiente de cultivo, no verão, utilizou-se malha termo-refletora de 50% de sombreamento sob a cobertura plástica.

Os valores médios das temperaturas máxima, média e mínima do período de cultivo do tomateiro foram 31,3, 26,0 e $20,4 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente, e os da umidade relativa máxima, média e mínima foram 84,7, 67,3 e 49,9%, respectivamente.

Fez-se a irrigação da cultura vaso a vaso, por gotejadores com terminais tipo “lança” e com vazão de 2 L h^{-1} por vaso, a uma pressão de serviço de 1,6 kgf. O monitoramento da irrigação foi realizado por tensiômetros, instalados a 10 cm de profundidade. Quando o valor da tensão da água no solo chegava a 0,7 bar efetuava-se a irrigação (Marouelli et al., 1996).

Empregaram-se, na adubação de cobertura potássica, 48 g de cloreto de potássio por vaso parcelados oito vezes de 6 g cada uma, a partir de sete dias após o transplante das mudas, numa frequência de cinco dias. A adubação de cobertura nitrogenada foi realizada em três aplicações, a primeira aos 21 DAT, com 10 g de nitrato de cálcio por planta, a segunda aos 36 DAT com 10 g de sulfato de amônio por planta e a terceira aos 45 DAT com 10 g de sulfato de amônio por planta. Realizou-se adubação via foliar com o fertilizante à base de micronutrientes, semanalmente.

O tomateiro foi conduzido em haste única, retirando-se toda a brotação lateral da planta. A poda apical foi realizada acima de duas folhas localizadas após a sexta penca de frutos.

O experimento foi implantado no delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 , sendo um dos fatores os tratamentos água de irrigação com e sem a presença de CO_2 e o outro fator, as plantas de tomateiro enxertadas (‘Anchor T’ + ‘Débora Max’) e não enxertadas (‘Débora Max’), com quatro repetições, resultando no total de 16 parcelas com 5 plantas cada uma, no total de 80 plantas úteis no experimento. Realizou-se o teste F de análise de variân-

cia e teste de Tukey dos dados do ensaio, não sendo necessária transformação dos valores, pois não ocorreu heterocedasticidade dos dados pelo teste de Hartley (Banzatto & Kronka, 1992).

Realizou-se a aplicação de CO_2 na água de irrigação, através de um sistema composto por cilindro de CO_2 líquido sob pressão, válvula reguladora de pressão com manômetro, fluxômetro e injetor Venturi, específico para aplicação de gás em água.

O CO_2 foi ministrado a partir do dia 27/02/2002, aos 34 dias após transplante das mudas, na dosagem de 12 L min^{-1} (dose recomendada pela empresa fornecedora do gás – White Martins), a qual era regulada por um fluxômetro na saída do cilindro. A aplicação do CO_2 se deu em todas as irrigações, durante 90% do tempo de rega, sempre no período da manhã. Ao final do ciclo da cultura calculou-se a quantidade aplicada de CO_2 , o que totalizou 110 g de CO_2 por planta ou $0,22 \text{ kg m}^{-2}$ de ambiente protegido.

Por ocasião da terceira adubação de cobertura nitrogenada, aos 45 DAT (08/03/2002), aplicou-se 5 g por planta do fertilizante sulfato de amônio com concentração isotópica de 3,13% em átomos ^{15}N em dezesseis plantas, uma de cada parcela do experimento. A escolha da data para aplicação do ^{15}N ocorreu em função do desenvolvimento fenológico da cultura visto que, nesse estágio, a planta apresentava boa quantidade de frutos e estava próximo do início da produção, o que viabilizou o estudo do transporte de ^{15}N para as folhas e frutos da planta de tomateiro.

Para avaliar o efeito da aplicação do CO_2 via água de irrigação na absorção e distribuição do nitrogênio pelo tomateiro enxertado e não enxertado, adubados com sulfato de amônio com abundância em átomos de ^{15}N a 3,13%, colheu-se uma planta por parcela experimental, quatorze dias após a aplicação do fertilizante marcado, aos 58 DAT.

Depois de colhidas, as plantas foram lavadas em água destilada e sabão neutro e divididas em partes vegetativa (folhas) e reprodutiva (frutos) e, em seguida, colocadas em estufa de secagem com temperatura aproximada de $65 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 h, até atingirem peso constante; depois, as amostras foram pesadas, moídas e encaminhadas ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) para se realizar as análises de abundância de átomos de ^{15}N nos tecidos do tomateiro, pelo equipamento de espectrofotômetro de massa (Trivelin et al., 1973). A partir dos resultados de abundância de átomos de ^{15}N , do nitrogênio total no tecido vegetal e da massa seca das amostras que foram enviadas ao laboratório, calcularam-se: a quantidade do nitrogênio total (NT), o excesso de ^{15}N na amostra, a quantidade do nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) e a porcentagem de recuperação do fertilizante pela planta (%R). Para esses cálculos, utilizaram-se as seguintes fórmulas:

Nitrogênio total no órgão da planta (NT), g kg^{-1}

$$\text{NT} = \text{N-t} \times \text{MSA} / 100$$

em que:

N-t – conteúdo de N no órgão, g kg^{-1}

MSA – massa seca da amostra, g

Excesso de átomos de ^{15}N no tecido vegetal (^{15}N), expresso em %:

$$^{15}\text{N} = ^{15}\text{N} - \text{cn}$$

em que:

^{15}N – abundância de átomos de ^{15}N no tecido vegetal %

cn – concentração natural de átomos de ^{15}N (0,367%)

Quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante (QNPPF), mg g^{-1}

$$\text{QNPPF} = [(c - s) / (f - s)] \times \text{N-t}$$

em que:

c – abundância de ^{15}N no órgão da planta

s – ocorrência natural de ^{15}N na amostra (0,367%)

f – abundância de átomos de ^{15}N no fertilizante (3,13%)

N-t – nitrogênio total

Porcentagem de recuperação do fertilizante (%EUF), expressa em %:

$$\% R = (\text{QNPPF} / \text{N}) \times 100$$

em que:

QNPPF – Quantidade de nitrogênio no órgão proveniente do fertilizante

N – quantidade de nitrogênio do fertilizante

Para determinação da produção do tomateiro, foram realizadas colheitas semanais dos frutos que estavam em ponto de colheita comercial. Iniciou-se a colheita dos frutos aos 63 DAT (26/03/2002) terminando-a aos 133 DAT (04/06/2002), completando o ciclo da cultura. A produção foi determinada pelo número total de frutos comerciais, pela massa fresca dos frutos comerciais, pela média da massa fresca de fruto comercial e pela média da massa fresca de frutos comerciais por planta. Consideraram-se frutos comerciais os que apresentaram massa fresca acima de 85 g e indicaram bom aspecto comercial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparação entre as doses de CO_2

As variáveis analisadas não sofreram alterações significativas do emprego do CO_2 na água de irrigação, tanto no tomateiro enxertado como no pé-franco (Tabela 1), indicando

do que o gás e nem a enxertia alteraram o transporte de ^{15}N na planta. A massa seca (MS) de folhas e frutos também não diferiu entre os tratamentos com e sem CO_2 ; o mesmo ocorreu com o nitrogênio total (NT) das folhas e dos frutos do tomateiro enxertado, sendo que não diferiu entre os tratamentos com e sem CO_2 .

Com valores variando de 5,6 a 6,8 % de N nas folhas de pimentão irrigado com e sem CO_2 dissolvido na água Baiget (2002), também não encontrou diferença entre os tratamentos concluindo que o gás na água não interferiu na absorção nem no transporte de N para as folhas da planta. No tomateiro, Storlie & Heckman (1996) demonstraram que o CO_2 injetado na água de irrigação na concentração de $1,2 \text{ g L}^{-1}$ não afetou a absorção de nitrogênio, concordando com os resultados deste experimento, enquanto Bhan et al. (1960) também concluíram que o incremento de HCO_3^- no sistema radicular de plântulas de soja não aumentou a absorção de NO_3^- nem de NH_4^+ . No meloeiro irrigado com CO_2 na dose de 50 kg ha^{-1} , Pinto et al. (2001) não encontraram diferença na concentração de nitrogênio nas folhas da planta, concordando com o resultado deste experimento.

Bialczyk & Lechowski (1995) enriquecendo o ambiente da rizosfera do tomateiro com $5,68 \text{ mM KHCO}_3$ por dm^3 de solução nutritiva, observaram maior concentração de NO_3^- na seiva do xilema, em 34,6% mas os resultados deste trabalho demonstram que o incremento de CO_2 na rizosfera não aumentou a absorção nem o transporte de N para as folhas e frutos. O ganho que esses autores conseguiram na concentração de NO_3^- na seiva do xilema sob enriquecimento da rizosfera do tomateiro com CO_2 pode ter sido devido à fonte e dose utilizada no experimento.

Comparação entre planta enxertada e de pé-franco

Quando irrigada com ou sem CO_2 , a planta enxertada e o pé-franco não diferiram na MS de folhas nem de frutos. O NT acumulado nas folhas e frutos também não fugiu à regra, entre a planta enxertada e pé-franco (Tabela 2), indicando que a enxertia em tomate não causou prejuízo nem aumento em relação à eficiência em transportar N para os órgãos da planta.

O transporte do nitrogênio traçador (^{15}N) para as folhas e frutos foi semelhante entre a planta enxertada e o pé-franco e, conseqüentemente não houve diferença na QNPPF e % R no órgão vegetativo e reprodutivo.

Brandão Filho et al. (2003) não detectaram diferença na

Tabela 1. Valores médios de massa seca (MS), do nitrogênio total (NT), do excesso de ^{15}N (^{15}N), da quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante (QNPPF) e da porcentagem de recuperação do fertilizante (% R), entre as doses de 0 e 12 L min^{-1} de CO_2 na água de irrigação, nas folhas e nos frutos do tomateiro enxertado e pé-franco. FCA/UNESP, Botucatu 2004

	Doses L min^{-1}	MS g		NT g g^{-1}		^{15}N %		QNPPF mg g^{-1}		% R	
		Folha	Fruto	Folha	Fruto	Folha	Fruto	Folha	Fruto	Folha	Fruto
Enxertado	0	75,0 a	78,0 a	1,88 a	1,71 a	2,52 a	1,71 a	0,41 a	0,38 a	28,32 a	25,71 a
	12	62,2 a	80,9 a	1,68 a	1,78 a	2,41 a	1,38 a	0,31 a	0,31 a	21,56 a	21,25 a
Pé-franco	0	67,5 a	83,9 a	1,74 a	1,86 a	2,54 a	1,64 a	0,35 a	0,42 a	23,79 a	28,93 a
	12	74,9 a	75,5 a	2,05 a	2,05 a	2,33 a	1,40 a	0,39 a	0,35 a	26,97 a	23,73 a
CV %		14,0		16,7		7,7		19,9		19,9	

* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 2. Valores médios de massa seca (MS), do nitrogênio total (NT), do excesso de ^{15}N (^{15}N), da quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante (QNPPF) e da porcentagem de recuperação do fertilizante (% R) entre a planta enxertada e pé-franco, em suas folhas e frutos e nas doses de 0 e 12 L min⁻¹ de CO₂ na água de irrigação. FCA/UNESP, Botucatu 2004

Doses L min ⁻¹	Planta	MS g		NT g g ⁻¹		¹⁵ N %		QNPPF mg g ⁻¹		% R	
		Folha	Fruto	Folha	Fruto	Folha	Fruto	Folha	Fruto	Folha	Fruto
0	Enxertado	75,0 a	78,0 a	1,88 a	1,71 a	2,52 a	1,71 a	0,41 a	0,38 a	28,32 a	25,71 a
	Pé-franco	67,5 a	83,9 a	1,74 a	1,86 a	2,54 a	1,64 a	0,35 a	0,42 a	23,79 a	28,93 a
12	Enxertado	62,2 a	80,9 a	1,68 a	1,78 a	2,41 a	1,38 a	0,31 a	0,31 a	21,56 a	21,25 a
	Pé-franco	74,9 a	75,5 a	2,05 a	2,05 a	2,33 a	1,40 a	0,39 a	0,35 a	26,97 a	23,73 a
CV %		14,0		16,7		7,7		19,9		19,9	

* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

taxa fotossintética entre planta enxertada e não enxertada de berinjela o que, provavelmente, também pode ter acontecido com a absorção de N, pois, se a planta enxertada tivesse incremento na assimilação de carbono na fotossíntese, é provável teria tido uma demanda em N para suprir a necessidade para a fotossíntese. Esses resultados corroboram com o deste trabalho de que a planta enxertada e de pé-franco de tomate têm a mesma eficiência em absorver e assimilar o nitrogênio.

Produção

O número de frutos comerciais por planta (NFC) não teve diferença significativa entre o tratamento sem e com o dióxido de carbono dissolvido na água de irrigação, embora os valores tenham sido maiores no tratamento com o gás na água. Essa diferença de valor se deve ao fato de que no tratamento sem o gás a incidência de podridão apical nos frutos do tomateiro foi mais elevada que no tratamento com CO₂ (Tabela 3). Cararo & Duarte (2002) também não encontraram incremento na média da massa fresca de frutos comerciais quando o tomateiro foi irrigado com a dose de 7,73 g de CO₂ por litro d'água, mas constataram ganho no número de frutos comerciais e de 8% em produtividade em relação ao tratamento sem o gás, resultados que concordam com os deste trabalho mas, em termos absolutos, a produção de frutos comerciais por planta (MFC) foi maior no tratamento com o CO₂ dissolvido na água de irrigação. O aumento na produção da MFC está relacionado com o aumento do NFC devido à menor incidência de podridão apical, o que refletiu diretamente na produção de massa fresca de frutos comerciais na planta enxertada e pé-franco (Tabela 3).

O CO₂ dissolvido na água de irrigação pode promover queda do pH do solo e disponibilidade de nutrientes (Enoch

& Olesen, 1993). O cálcio é um dos minerais que, na forma insolúvel, pode ser disponibilizado para as plantas quando na presença do H₂CO₃, fato que pode ter ocorrido neste experimento e, por consequência, diminuir a incidência de podridão apical nos frutos.

Cramer et al. (2001) também constataram aumento de 7% na produção comercial do tomateiro com enriquecimento carbônico de 1,0 g L⁻¹ na rizosfera da planta, devido à redução de 57% na incidência de podridão apical nos frutos em relação ao tratamento testemunha. Pinto et al. (2001) notaram aumento de 21,4% em produtividade, quando aplicado CO₂, via irrigação, no meloeiro. A aplicação de CO₂ na cultura do pimentão em ambiente protegido, para elevar a concentração da atmosfera a 800 μmol de CO₂ mol⁻¹, possibilitou maior produção de frutos (Furlan et al., 2002). Segundo os autores, este resultado se deve à maior produção de carboidratos pela planta uma vez que o enriquecimento do ambiente com CO₂ promove maior eficiência fotossintética; no entanto, Storlie & Heckman (1996) aplicando as doses de CO₂ 1,2 g L⁻¹, 0,80 g L⁻¹ e 0,39 g L⁻¹ na água de irrigação na cultura do pimentão, não encontraram aumento na produção de frutos comerciais.

Peil & Gálvez (2004), não encontraram, assim como os demais, diferença entre o tomateiro enxertado e pé-franco no número de frutos comerciais na massa fresca média de frutos nem na produtividade, sendo que o pé-franco foi mais precoce na colheita que o enxertado. Quanto ao número de frutos, Costa et al. (2001) relataram que plantas enxertadas de pepineiro produziram 24% a mais de fruto que a planta não enxertada.

Na cultura da melancia, corroborando com os resultados deste experimento, a enxertia não apresentou incremento em ganho de massa fresca de fruto nem em diâmetro de fruto, em relação ao pé-franco (Yamasaki et al., 1994).

Tabela 3. Número total de frutos comerciais por planta (NFC), média da massa fresca de fruto comercial (MMFC) e massa fresca de frutos comerciais por planta (MFC) entre o tratamento sem e com CO₂ dissolvido na água de irrigação na dose de 12 L min⁻¹ e planta enxertada e pé-franco de tomateiro. FCA/UNESP, Botucatu 2004

Doses L min ⁻¹	NFC			MMFC g fruto ⁻¹			MFC kg planta ⁻¹		
	Enxertado	Pé-franco		Enxertado	Pé-franco		Enxertado	Pé-franco	
0	33 Aa	35 Aa	ns	82,4 Aa	82,8 Aa	ns	2,72 Ba	2,90 Ba	ns
12	41 Aa	43 Aa	ns	83,4 Aa	81,8 Aa	ns	3,42 Aa	3,52 Aa	ns
	ns	ns		ns	ns		**	**	
CV %		15,6		5,2		16,1			

** Diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

CONCLUSÕES

1. A enxertia não interfere no transporte de ^{15}N nem na produção do tomateiro.

2. O CO_2 dissolvido na água de irrigação também não altera o transporte de ^{15}N no tomateiro, mas aumenta a produção de frutos comerciais por planta.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pelo financiamento do projeto; à CAPES, pela concessão da bolsa de estudo de doutorado.

LITERATURA CITADA

- Baiget, S. G. Efectes de la fertirrigación carbónica i de l'oxigenación del medi radicular en la productivitat dels cultius hortícoles. Lleida: Universidade de Lleida, 2002. 147p. Tese Doutorado
- Banzatto, D. A.; Kronka, S. N. Experimentação agrícola. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992, 247p.
- Bhan, K. C.; Huffaker, R. C.; Bedri, A. A.; Mueller, R. T.; Jeffreys, R. A. Carmack, R. M.; Biely, M. I.; Wallace, A. Possible relationships of bicarbonate or CO_2 assimilation to cation accumulation by plant roots. *Soil Science*, v.80, n.5, p.276-284, 1960.
- Bialczyk, J.; Lechowski, Z. Chemical composition of xylem sap of tomato grown on bicarbonate containing medium. *Journal of Plant Nutrition*, Philadelphia, v.18, n.10, p.2005-2021, 1995.
- Brandão-Filho, J. U.; Goto, R.; Guimarães, V. F.; Habermann, G.; Rodrigues, J. D.; Callegari, O. Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.3, p.474-477, 2003.
- Cañizares, K. A. L.; Villas Bôas, R. L. Aspectos nutricionais em hortaliças enxertadas. In: Goto, R.; Santos, H. S.; Cañizares, K. A. L. Enxertia em hortaliças. São Paulo: UNESP, 2003. cap.7, p.41-45.
- Cararo, D. C.; Duarte, S. N. Injeção de CO_2 e lâminas de irrigação em tomateiro sob estufa. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.3, p.432-437, 2002.
- Cardoso, S. S. Doses de CO_2 e de potássio aplicadas através da irrigação no meloeiro rendilhado (*Cucumis melo* L.) cultivado em ambiente protegido. Piracicaba: USP, 2002. 101p. Tese Doutorado
- Cramer, M. D.; Oberholzer, J. A.; Combrink, N. J. J. The effect of supplementation of root zone dissolved inorganic carbon on fruit yield and quality of tomatoes (cv. 'Daniella') grown with salinity. *Scientia Horticulturae*, v.89, p.269-289, 2001.
- Costa, P. C.; Cañizares, K. A. L.; Goto, R. Produção de pepino de plantas enxertadas cultivadas em soluções nutritivas com diferentes teores de potássio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.19, n.3, p.339-341, 2001.
- D'Andria, R.; Novero, R.; Smith, D. H.; Shanahan, J. F.; Moore, F. D. Drip irrigation of tomato using carbonated water and mulch in Colorado. *Acta Horticulturae*, v.44, p.179-185, 1990.
- Enoch, H. Z.; Olesen, J. M. Tansley Review. Plant response to irrigation with water enriched with carbon dioxide. *New Phytology*, v.125, n.54, p.249-258, 1993.
- Espindola, C. R.; Tosin, W. A. C.; Paccola, A. A. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental São Manuel. In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 14, 1973, Santa Maria, Anais... Santa Maria: SBCS 1973, p.650-651.
- Furlan, R. A.; Rezende, F. C.; Alves, D. R. B.; Folegatti, M. V. Lâmina de irrigação e aplicação de CO_2 na produção de pimentão cv. Mayata, em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.4, p.547-550, 2002.
- Goto, R.; Santos, H. S.; Cañizares, K. A. L. Enxertia em hortaliças. São Paulo: UNESP, 2003. p.41-45.
- Marouelli, W. A.; Silva, W. L. C.; Silva, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. 5.ed. Brasília: Embrapa-CNP/Embrapa-SPI, 1996. p.72.
- Peil, R. M. N.; Gálvez, J. L. Rendimiento de plantas de tomate injertadas y efecto de la densidad de tallos en el sistema hidropónico. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, p.265-270, 2004.
- Pinto, J.M.; Botrel, T.A.; Machado, E.C.; Feitosa Filho, J.C. Aplicação de CO_2 via água de irrigação em relação à produtividade do meloeiro. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.58, n.1, p.33-38, 2001.
- Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996, 285p. Boletim Técnico 100.
- Storlie, C. A., Heckman, J. R. Bell Pepper yield response to carbonates irrigation water. *Journal of Plant Nutrition*, Philadelphia, v.19, p.1477-1484. 1996.
- Trivelin, P. C. O.; Salati, E.; Matsui, E. Preparo das amostras para análise de ^{15}N por espectrometria de massa. Piracicaba: CENA, 1973. 41p. Boletim Técnico 2
- Yamasaki, A.; Yamashita, M.; Furuya, S. Mineral concentration and cytokinin activity in the xylem exudates of grafted watermelons as affected by rootstocks and crop load. *Journal Japan Society Horticultural Science*, v.62, n.4, p.817-826, 1994.