

## Transporte do $^{15}\text{N}$ e produtividade do tomateiro enxertado irrigado com água carbonatada

Roberto Botelho Ferraz Branco<sup>1</sup>; Romy Goto<sup>1</sup>; Ary Gertes Carneiro Júnior<sup>1</sup>; Vandeir Francisco Guimarães<sup>1</sup>; João Domingos Rodrigues<sup>2</sup>; Paulo César O. Trivelin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>FCA/UNESP, C. Postal 237, 18630-970 Botucatu-SP; <sup>2</sup>IB/UNESP C. Postal 510, 18618-000 Botucatu-SP; <sup>3</sup>CENA/USP, C. Postal 96, 13400-970 Piracicaba-SP. E-mail: betobotelho@uol.com.br; romy@fca.unesp.br; carneiro01@hotmail.com; vandeirfg@yahoo.com.br; rodrigues@laser.com.br; pcoatrive@cena.usp.br

### RESUMO

Verificou-se a ação do dióxido de carbono dissolvido na água de irrigação e da enxertia do tomateiro no transporte de  $^{15}\text{N}$  nos tecidos da planta e na produção da cultura. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de  $\text{CO}_2$ , 5 e 10 L  $\text{min}^{-1}$ , mais a testemunha (dose zero) e plantas enxertadas e pés-francos de tomateiro. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, com três repetições. As variáveis analisadas nas folhas e nos frutos da planta foram a produção de massa seca, o nitrogênio total, o excesso de  $^{15}\text{N}$ , a quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante e a porcentagem de recuperação do fertilizante e a produção de frutos comerciais. De acordo com os resultados estatísticos não houve diferença significativa entre os tratamentos do experimento em todas as variáveis analisadas. O  $\text{CO}_2$  dissolvido na água de irrigação e a enxertia do tomateiro não interferiram no transporte de  $^{15}\text{N}$  para os tecidos da parte aérea do tomateiro e tampouco em sua produção.

**Palavras-chave:** *Lycopersicon esculentum* Mill, dióxido de carbono, nitrogênio.

### ABSTRACT

**Transport of  $^{15}\text{N}$  and yield of the grafted tomato irrigated with carbonated water**

We evaluated the action of the carbon dioxide dissolved in the irrigation water and the grafting of the tomato in the transport of  $^{15}\text{N}$  in the tissue of the plant and in the production of the culture. The treatments were the  $\text{CO}_2$  doses (0; 5 and 10 L  $\text{min}^{-1}$ ) and grafted and ungrafted tomato plant. These treatments were arranged in a 3x2 factorial scheme, in completely randomized design, with three replications. The variables analysed in the leaves and fruits were dry mass production, total nitrogen, excess of  $^{15}\text{N}$ , amount of nitrogen originated from the fertilizer, percentage of recovery of the fertilizer and commercial fruits production. There was no significant statistical difference among the treatments for any variable. The carbon dioxide dissolved in the irrigation water and the grafting of the tomato did not interfere in the transport of  $^{15}\text{N}$  to the shoots tissue neither in the yield.

**Keywords:** *Lycopersicon esculentum* Mill, carbon dioxide, nitrogen.

(Recebido para publicação em 20 de março de 2006; aceito em 27 de fevereiro de 2007)

A horticultura moderna dispõe de diversas tecnologias que elevam a produtividade das culturas. Entre elas, a utilização de dióxido de carbono, aplicado via atmosfera ou via água de irrigação, tem gerado diversos benefícios às plantas cultivadas com conseqüente incremento na produção e na qualidade dos cultivos.

Estudos objetivando elucidar efeitos do enriquecimento de  $\text{CO}_2$ , via água de irrigação, na absorção e na utilização de nutrientes pelas plantas têm sido frequentes, pois a assimilação do  $\text{CO}_2$  pode ocorrer tanto nas folhas como nas raízes (Baron & Gorski, 1986).

Novero *et al.* (1991) relatam que o efeito da aplicação do  $\text{CO}_2$  via água de irrigação aumenta a quantidade de  $\text{CO}_2$  no solo, levando à redução do pH a valores que proporcionam maior absorção de fósforo, potássio, magnésio, zinco, ferro, manganês, cobre e boro; efeito

este citado como provável causa do aumento em produtividade verificado para cultura do tomate em função do fornecimento de dióxido de carbono.

O fornecimento de  $\text{CO}_2$  para as raízes, via água de irrigação ou em cultivo hidropônico, aumenta a incorporação de carbono inorgânico pelas raízes em até 10 vezes em plântulas de tomate e também influencia positivamente na absorção de  $\text{NO}_3^-$  (Cramer & Lips, 1995).

O  $\text{CO}_2$  é solúvel em água, com 99% como gás dissolvido e 1% como ácido carbônico. Os componentes de carbono inorgânico em água são  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ . A produção de íons de hidrogênio através da reação do dióxido de carbono com água ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \ll \text{H}_2\text{CO}_3 \ll \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \ll 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ ) contribuiu para a solubilização de alguns minerais do solo, e aumenta a disponibilidade destes para as plantas (Enoch & Olesen, 1993).

Gao & Lips (1997) afirmam que o carbono fixado através da enzima PEPcarboxilase, em raízes de plantas de tomate, pode fornecer esqueletos carbônicos para a síntese de aminoácidos e acumular, principalmente, malato nas raízes.

Estudando a cultura do tomate submetida ao enriquecimento de 0,025% de  $\text{CO}_2$  em água, Bialczyk *et al.* (1996) observaram aumentos de 32,6% na massa fresca dos frutos, em comparação à testemunha.

Estudos de D'Andria *et al.* (1990), sobre efeitos da água carbonatada e "mulching" em tomateiro, mostraram aumento de 7 t  $\text{ha}^{-1}$  com a utilização do "mulching" e aplicação do gás. Por outro lado, Hartz & Holt (1991) consideraram que a quantidade de  $\text{CO}_2$  absorvida pelas raízes não seria mais que uma pequena parte (0,1 a 1%) do total de  $\text{CO}_2$  fixado pela planta, não justificando o

incremento produtivo dos cultivos quando fornecido no sistema radicular. Portanto, mais estudos se fazem necessários para elucidar os efeitos do CO<sub>2</sub> sobre a produtividade das culturas.

A técnica de enxertia é de conhecimento mundial principalmente nas áreas de fruticultura e floricultura. Em hortaliças, os europeus e japoneses já a utilizavam desde 1921, a fim de resolver os problemas de adaptação de variedades à época de plantio. Desde então, descobriu-se que a enxertia poderia ser uma alternativa para solucionar os problemas relacionados com patógenos de solo, pois evita o contato de uma planta suscetível com o solo infestado, mediante a utilização de porta-enxertos resistentes. Dessa forma, essa técnica pode viabilizar a produção de cultivares requeridas pelo mercado que não apresentem resistência genética a certos patógenos para a área de cultivo disponível (Goto *et al.*, 2003).

Quanto à qualidade, Cañizares (2001) verificou que os frutos das plantas de pepineiro enxertadas em porta-enxertos específicos perderam serosidade, apresentando maior brilho na casca, além de terem sido verificados benefícios para a absorção de alguns nutrientes.

Diante dos fatores expostos, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do dióxido de carbono dissolvido na água de irrigação e da enxertia do tomateiro sobre o transporte de nitrogênio para a parte aérea da planta e sobre a produtividade da cultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na UNESP, Campus de Botucatu, localizada no município de São Manuel-SP, cujas coordenadas cartográficas aproximadas são de 22° 44' S e 48° 34' W Gr. e altitude média de 750 metros. Segundo Espindola *et al.* (1973), o clima da região é do tipo mesotérmico, ou seja, subtropical úmido com estiagem no inverno.

O experimento foi implantado em delineamento fatorial 3 x 2, sendo duas doses de CO<sub>2</sub> via água de irrigação (5 e 10 L min<sup>-1</sup>) mais a testemunha em plantas enxertadas ('Débora Max' sobre 'Anchor T') e não enxertadas ('Débora Max') de tomateiro, com três repetições.

A semeadura do tomateiro foi realizada em 13/03/03 em bandejas de poliestireno expandido de 128 células. Durante a formação das mudas, todos os tratamentos culturais de adubação e de aplicação de inseticida para o controle de insetos vetores de viroses foram executados. Aos 20 dias após a semeadura (DAS), as mudas foram transplantadas para copos plásticos com volume de 200 mL, para que houvesse um melhor desenvolvimento delas e facilitasse a operação da enxertia.

A enxertia do tomateiro foi realizada aos 39 DAS. A técnica utilizada foi de fenda cheia, deixando-se o porta-enxerto com duas folhas definitivas e o cavaleiro com quatro folhas definitivas (Santos *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 que vinham sendo cultivadas.

O transplante para o local definitivo foi realizado aos 48 DAS, em vasos de polietileno com volume aproximado de 20 L. Optou-se pelo cultivo em vasos para que não houvesse perda no perfil do solo do fertilizante nitrogenado (sulfato de amônio) com abundância em átomos de <sup>15</sup>N utilizado no experimento como elemento traçador. Cada parcela constou-se de seis vasos espaçados a 1,3 m entre linhas e 0,40 m entre plantas.

Para o preenchimento dos vasos foi utilizada terra de barranco do perfil de um argissolo vermelho-amarelo distrófico. Elevou-se a saturação em bases para 80% e a adubação de plantio foi feita com base nos dados da análise química do solo, conforme (Raij, 1992). Após a correção e a adubação de plantio, o solo apresentou a seguinte caracterização química: pH=7,1; M.O.=8,0 g dm<sup>-3</sup>; P=152 g dm<sup>-3</sup>; H+Al=14 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K=1,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca=60 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg=26 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB=86 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC=100 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V%=86.

O experimento foi instalado em um ambiente protegido com estrutura do tipo arco de 7x15 m, pé direito de 3,5 m de altura, coberto com agrofílmico plástico de 150 µm e fechada lateralmente com tela de sombreamento de 50%.

A irrigação da cultura foi feita vaso a vaso por gotejadores com terminais tipo "lança", vazão de 2 L h<sup>-1</sup>, pressão de serviço de 1,6 kgf. O monitoramento da irrigação foi realizado por meio de tensiômetro, sendo que as irrigações ocorriam sempre que o potencial matricial do solo atingia 70 kPa (Marouelli, 1996).

Realizou-se adubação de cobertura com cloreto de potássio e nitrato de cálcio, parcelada em três aplicações (Raij, 1992) e, ainda, adubação via foliar semanalmente, com um fertilizante à base de micronutrientes. O tomateiro foi conduzido em haste única, retirando-se toda brotação lateral da planta. A poda apical foi realizada acima de duas folhas localizadas após o sexto racemo.

A aplicação de CO<sub>2</sub> foi realizada por meio da água de irrigação, utilizando-se um sistema composto por cilindro de CO<sub>2</sub> líquido sob pressão, válvula reguladora de pressão com manômetro, fluxômetro e injetor tipo Venturi, específico para aplicação de gás em água. A quantidade de CO<sub>2</sub> foi ministrada pelos fluxômetros, nas dosagens de 5 e 10 L min<sup>-1</sup>, respectivamente a duas doses do ensaio, sendo as aplicações realizadas em todas as irrigações durante 90% do tempo de rega, sempre no período da manhã, tendo-se iniciado à partir da emissão do primeiro racemo, ou seja, aos 35 dias após transplante (DAT), finalizando-se no final da colheita dos frutos. Ao final do ciclo da cultura calculou-se a quantidade de CO<sub>2</sub> aplicada, o que totalizou em 2,308 kg e 4,806 kg de CO<sub>2</sub>, respectivamente para as dosagens 5 e 10 L min<sup>-1</sup>. Sendo assim, para a dosagem de 5 L min<sup>-1</sup> foi aplicado aproximadamente 38,0 g de CO<sub>2</sub> por planta e para a dosagem de 10 L min<sup>-1</sup> 80,0 g de CO<sub>2</sub> por planta, durante o ciclo todo da cultura.

Aos 75 DAT, realizou-se adubação com sulfato de amônio com concentração isotópica de 3,13% de átomos de <sup>15</sup>N em uma planta de cada parcela, sendo que cada planta recebeu 5 g do fertilizante.

A escolha da data para a aplicação do <sup>15</sup>N foi feita em função do desenvolvimento fenológico da cultura, sendo que no estádio escolhido a planta apresentava uma boa quantidade de frutos e estava próxima do início da produção.

Para analisar a dinâmica do <sup>15</sup>N e as demais características que foram avalia-

**Tabela 1.** Massa seca (MS), do nitrogênio total (NT), do excesso de  $^{15}\text{N}$  ( $^{15}\text{N}$ ), da quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante (QNPPF) e da porcentagem de recuperação do fertilizante (% R) entre as doses de  $\text{CO}_2$ , nas folhas e nos frutos das plantas enxertadas e pés-francos de tomateiro (Dry weight (MS), of total N (NT), of exceeding  $^{15}\text{N}$  ( $^{15}\text{N}$ ), from the nitrogen quantity of fertilizer (QNPPF) and percentage of fertilizer recuperation (%R) between  $\text{CO}_2$  doses, of leaves and fruits of grafted and no-grafted tomato plants). FCA/UNESP, Botucatu, 2004.

	Dose <sup>s</sup> L min <sup>-1</sup>	MS (g)		NT (mg/g)		$^{15}\text{N}$ (%)		QNPPF (mg/g)		% R	
		Folha	Fruto	Folha	Fruto	Folha	Fruto	Folha	Fruto	Folha	Fruto
Enxertada	0	90,8 a	100,2 a	2,09 a	1,65 a	2,34 a	1,57 a	0,30 a	0,33 a	14,45 a	15,90 a
	5	97,6 a	136,2 a	2,31 a	2,62 a	2,06 a	1,54 a	0,26 a	0,53 a	12,73 a	25,02 a
	10	94,3 a	123,1 a	2,04 a	2,29 a	1,99 a	1,57 a	0,23 a	0,43 a	10,90 a	20,63 a
Pé-franco	0	90,1 a	123,1 a	2,39 a	2,07 a	2,20 a	1,51 a	0,29 a	0,42 a	13,96 a	20,03 a
	5	96,4 a	139,1 a	2,30 a	2,51 a	2,06 a	1,23 a	0,53 a	0,41 a	11,38 a	19,48 a
	10	94,4 a	141,4 a	2,37 a	2,91 a	1,87 a	1,44 a	0,23 a	0,57 a	11,17 a	26,88 a
CV %		19,9		30,2		7,8		18,4		18,4	

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (means followed by the same letter in the column did not differ from each other by the Tukey test,  $P < 0.05$ ).

das em função do  $^{15}\text{N}$ , as plantas de tomateiro foram colhidas aos 89 DAT, ou seja, quatorze dias após a aplicação do fertilizante ( $^{15}\text{N}$ ).

Após a colheita, as plantas foram lavadas em água destilada e com sabão neutro e divididas em duas partes: vegetativa (folhas) e reprodutiva (frutos). Posteriormente, foram levadas à estufa de secagem, a aproximadamente  $65^\circ\text{C}$ , até atingirem uma massa constante. Por fim, as amostras foram moídas e enviadas ao laboratório. As análises de nitrogênio total e abundância de átomos de  $^{15}\text{N}$  foram realizadas no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP). Nesta metodologia as amostras foram novamente moídas para atingirem granulometria extremamente fina, pesadas na quantidade de 5 mg e colocadas no equipamento de espectrofotômetro de massa que determina a quantidade de N e abundância em átomos de  $^{15}\text{N}$  (Trivelin, 1973).

A partir dos resultados de abundância de átomos de  $^{15}\text{N}$ , do nitrogênio total no tecido vegetal e da massa seca das amostras que foram enviadas ao laboratório calculou-se: a quantidade do nitrogênio total (NT), o excesso de  $^{15}\text{N}$  na amostra, a quantidade do nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) e a porcentagem de recuperação do fertilizante pela planta (%R). Para estes cálculos utilizaram-se as seguintes fórmulas:

- Quantidade de Nitrogênio total na planta (NT), expresso em  $\text{mg g}^{-1}$ :

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

onde: - N-t = teor de N no órgão (mg);

- MSA = massa seca da amostra (g).

- Excesso de átomos de  $^{15}\text{N}$  no tecido vegetal (Exc.  $^{15}\text{N}$ ), expresso em %:

$$\cdot \text{Exc. } ^{15}\text{N} = ^{15}\text{N} - \text{cn}$$

onde: -  $^{15}\text{N}$  = abundância de átomos de  $^{15}\text{N}$  no tecido vegetal (%);

- cn = concentração natural de átomos de  $^{15}\text{N}$  (%).

- Quantidade de N no órgão proveniente do fertilizante (QNPPF), expresso em  $\text{mg g}^{-1}$ :

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

onde: - c = abundância de  $^{15}\text{N}$  no órgão da planta;

- s = ocorrência natural de  $^{15}\text{N}$  na amostra (0,367);

- f = abundância de átomos de  $^{15}\text{N}$  no fertilizante (3,13%);

- NT = nitrogênio total no órgão da planta.

- Porcentagem de recuperação do fertilizante (%R), expresso em %:

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

onde: - QNPPF = Quantidade de nitrogênio no órgão proveniente do fertilizante;

- Dose de N = quantidade de nitrogênio do fertilizante.

Para a determinação da produção do tomateiro foram realizadas colheitas semanais dos frutos que estavam em ponto de colheita comercial. A colheita iniciou-se aos 76 DAT e finalizou-se aos 145 DAT (24/09/03), completando o ciclo da cultura. A produção foi determi-

nada pelo número total de frutos por planta, massa total de frutos por planta, número de frutos comerciais por planta e massa de frutos comerciais por planta. Consideraram-se frutos comerciais os que tiveram massa fresca acima de 85 gramas e com bom aspecto comercial.

Os dados obtidos foram analisados e processados no programa estatístico SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste F da análise de variância, não houve interação significativa entre os tratamentos e, portanto, os fatores foram analisados separadamente.

Tanto nas plantas enxertadas como naquelas de pés-francos, a massa seca (MS) e o nitrogênio total (NT) acumulado nas folhas e nos frutos ao longo do ciclo de cultivo foram semelhantes entre os tratamentos de doses de  $\text{CO}_2$  na água de irrigação (Tabela 1).

Quatorze dias após a aplicação do fertilizante com abundância em átomos de  $^{15}\text{N}$ , o  $\text{CO}_2$  dissolvido na água de irrigação nas doses de 5 e 10  $\text{L min}^{-1}$  não promoveu efeito no transporte de  $^{15}\text{N}$  para as folhas e nem para os frutos da planta enxertada. Também não houve diferença para a quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante (QNPPF) e para a porcentagem de recuperação do fertilizante (%R) nas folhas e nos frutos entre os tratamentos de doses de  $\text{CO}_2$  na irrigação, devido ao fato de que, nessas condições, o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  na rizosfera do tomateiro,



**Tabela 2.** Diferença entre as doses de CO<sub>2</sub> e das plantas enxertadas e pés-francos de tomateiro no número total de frutos por planta (NFT), na massa fresca total de frutos por planta (MFT), no número de frutos comerciais por planta (NFC) e na massa fresca de frutos comerciais por planta (MFC) (Difference between CO<sub>2</sub> doses and of grafted and no-grafted tomato plants on the total number of fruits/plant (NFT), on the total fresh weight of fruits/plant (MFT), on the number of commercial fruits/plant (NFC) and on the fresh weight of commercial fruits/plant (MFC)). FCA/UNESP, Botucatu 2004.

Dose <sup>s</sup> L min <sup>-1</sup>	NFT		MFT (kg)		NFC		MFC (kg)	
	Enxertada	Pé-franco	Enxertada	Pé-franco	Enxertada	Pé-franco	Enxertada	Pé-franco
0	54 Aa	55 Aa	3,512 Aa	3,240 Aa	18 Aa	16 Aa	2,173 Aa	1,836 Aa
5	58 Aa	55 Aa	3,383 Aa	3,372 Aa	17 Aa	16 Aa	1,934 Aa	1,846 Aa
10	56 Aa	55 Aa	3,722 Aa	3,469 Aa	19 Aa	17 Aa	2,156 Aa	1,982 Aa
CV %	7,2		6,3		10,8		10,4	

\*Médias na coluna e na linha seguidas de mesmas letras maiúsculas e minúsculas, respectivamente, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (means followed by the same letter in the column did not differ from each other by the Tukey test, P<0.05).

enxertado e pé franco, não proporcionou efeitos na reação do solo a ponto que beneficiasse ou prejudicasse o transporte de N para a parte aérea das plantas (Tabela 1).

O trabalho realizado por Novero *et al.* (1991) demonstrou que houve incremento na absorção de nutrientes pelo tomateiro quando irrigado com CO<sub>2</sub> dissolvido na água e também aumento em massa fresca de frutos, principalmente quando o solo foi coberto com “mulching”, o que aperfeiçoou o efeito do gás no solo.

Cramer & Lips (1995) não constataram aumento na concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nos tecidos do tomateiro sob enriquecimento da rizosfera com 5000 mmol mol<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>, mas este tratamento elevou o fluxo de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do xilema da planta.

De acordo com Baron & Gorski (1986) o enriquecimento carbônico da rizosfera da cultura da berinjela, com 0,03%, levou ao aumento de massa seca de frutos, devido à absorção do CO<sub>2</sub> pela raiz, ficando provado que a planta recuperou na parte aérea em torno de 37% do <sup>14</sup>C aplicado na rizosfera com a água de irrigação, o que contradiz o resultado deste trabalho. Entretanto, Enoch & Olesen (1993) citam que o CO<sub>2</sub> absorvido pelas raízes deve ser consideravelmente menor que 1% da quantidade absorvida pela fotossíntese das folhas.

Gao & Lips (1997) trabalharam com enriquecimento carbônico do sistema radicular do tomate, na concentração de

4.800 mmol mol<sup>-1</sup>, e obtiveram maior absorção de nitrato. Concluíram que o <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> absorvido pelas raízes pela enzima PEP-carboxilase e incorporado ao esqueleto carbônico, aumentou a demanda por N para formação de moléculas orgânicas e, conseqüentemente, aumentou a absorção de nitrato.

No que diz respeito à enxertia, Cañizares (2001) relatou que esta técnica em pepineiro aumentou a quantidade de nitrogênio na folha da planta em 30%, sendo que no caule o ganho em N foi de 49% em relação ao pé-franco, o que discorda do resultado deste trabalho, talvez devido ao fato do pepineiro ser uma espécie mais adaptada que o tomateiro em relação à enxertia. Macedo Júnior (1998), também encontrou maior quantidade de N no caule da planta enxertada de pepineiro.

A melancia ‘Fujihikari’ enxertada nos híbridos de abóbora ‘Squash’ e ‘Bottle Gourd’ teve maior concentração de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no exudato da seiva do xilema que no pé-franco, na fase de abertura das flores da planta. No entanto, aos 14 e 45 dias após a polinização, somente a planta enxertada no ‘Squash’ apresentou maior teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva do xilema (Yamakasi *et al.*, 1994), resultado que diverge dos encontrados neste trabalho, possivelmente pelo fato de que a planta investigada pertence a outra espécie vegetal, apresentando desempenho diferente com relação à absorção de N quando submetida ao processo de enxertia.

Com os resultados obtidos na assimilação do N, a cicatriz formada no

ponto de enxertia do tomateiro não interferiu no transporte de N para as folhas e frutos da planta, mas também não incrementou a nutrição da parte aérea da planta com o nitrogênio.

### Produção

O número total de frutos por planta (NFT), a massa fresca total de frutos por planta (MFT), o número de frutos comerciais (NFC) e a massa fresca de frutos comerciais (MFC), não apresentaram diferença entre os tratamentos de doses de CO<sub>2</sub> e tampouco entre as plantas enxertadas e pés-francos (Tabela 2). A ausência de diferença ocorrida entre os tratamentos deve-se ao fato de que o CO<sub>2</sub> fornecido nessas condições, tanto nas plantas enxertadas como nas de pés-francos, não promoveu alterações químicas na solução do solo a ponto de proporcionar aumento da quantidade de nitrogênio transportado para a parte aérea da planta e nem aumento na massa seca de folhas e frutos. Entretanto, o poder tampão do solo pode ter inibido provável efeito favorável à aplicação do CO<sub>2</sub> na rizosfera do tomateiro, via água de irrigação.

Baiget (2002) também não encontrou diferença na produção total e comercial com a aplicação de CO<sub>2</sub>, via água de irrigação, na cultura do pimentão quando cultivado em solo natural. No entanto, no cultivo em substrato houve aumento de produção, quando irrigado com CO<sub>2</sub> dissolvido na solução nutritiva. Segundo a autora, essa diferença de resposta de produtividade do pimentão à aplicação do gás na água, quando cultivado no solo ou em substrato, pode ter ocorrido devido ao fato de que o poder tampão do solo inibe o efeito químico causado pelo CO<sub>2</sub> na água.

Enriquecendo a rizosfera do tomateiro com 5,68 mM de KHCO<sub>3</sub><sup>-</sup> por dm<sup>3</sup> de solução nutritiva, Bialczyk *et al.* (1996) demonstraram que a planta teve aumento em produção de 32,6% em relação à testemunha, devido ao fato de o HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, segundo os autores, ter sido absorvido pelas raízes e transportado para a parte aérea para constituir compostos orgânicos. Esse resultado contrasta com o verificado neste trabalho, pois a incorporação do CO<sub>2</sub> pelas raízes parece não ter acontecido, já que não se obser-

vou ganho em produção dos tratamentos com CO<sub>2</sub> em relação à testemunha.

No trabalho de D'Andria *et al.* (1990), o tomateiro cultivado com "mulching" e irrigado com CO<sub>2</sub> dissolvido na água teve aumento em produtividade de 7 t ha<sup>-1</sup> em relação à testemunha; no entanto, quando cultivado sem "mulching" não houve diferença em produção em relação ao tratamento sem o gás na irrigação. Neste caso, o "mulching" aperfeiçoou o efeito do gás na reação do solo, causando uma ligeira queda no pH, o que possibilitou melhoria na absorção de nutrientes. Novero *et al.* (1991) também constataram que o efeito do CO<sub>2</sub> é melhorado quando se utiliza "mulching" como cobertura do canteiro de cultivo, sendo que nessa condição, obtiveram aumento no ganho de produção do tomateiro na ordem de 9%.

Hartz & Holt (1991) utilizando doses de 0; 0,5 e 1,0 g de CO<sub>2</sub> por L de água, relataram que o tomateiro e o pepineiro não tiveram aumento em produção de frutos comerciais, havendo até decréscimo em função das doses, o que pode ter ocorrido em função do efeito fitotóxico causado pelo gás na rizosfera das plantas.

Com 200 ppm de CO<sub>2</sub> na água de irrigação do pepineiro, Ibrahim (1992) relatou aumento na produção na ordem de 22,9% em relação ao tratamento sem CO<sub>2</sub>, fundamentado na melhoria de absorção de nutrientes causada pela queda momentânea do pH do solo sob o efeito do gás na água.

Cañizares (2001) também não encontrou diferença em produção entre plantas enxertadas e pé-franco de pepineiro; no entanto, o número de frutos comerciais foi maior nas plantas enxertadas. Já no trabalho de Lopes & Goto (2003),

plantas enxertadas de tomateiro produziram mais que o pé-franco, mas não diferiram entre si quando se utilizou o híbrido 'Anchor T' e 'Kaguemusha' como porta enxerto para o 'Momotaro'.

Nas condições em que foi conduzido este ensaio, não houve interferência negativa e tampouco positiva da técnica da enxertia no que diz respeito ao transporte de nitrogênio para a parte aérea da planta.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES e FAPESP.

## REFERÊNCIAS

- BAIGET SG. 2002. *Efectes de la fertirrigación carbónica i de l'oxigenación del medi radicular en la productivitat dels cultius hortícoles*. Lleida, 147p. Tese (Doutorado) - Departamento do Meio Ambiente e Ciências do Solo, Universidade de Lleida, Espanha.
- BARON JJ; GORSKI SF. 1986. Responses of eggplant to a root environment enriched with CO<sub>2</sub>. *HortScience* 21: 495-498.
- BIALCZYK J; LECHOWSKI Z; LIBIK A. Fruiting of tomato cultivated on medium enriched with bicarbonate. *Journal of Plant Nutrition* 19: 305-321.
- CAÑIZARES KAL. 2001. *Enxertia, potássio e magnésio na nutrição e desenvolvimento e produção de pepino*. Botucatu, 158p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- CRAMER MD; LIPS SH. 1995. Enriched rhizosphere CO<sub>2</sub> concentrations can ameliorate the influence of salinity on hydroponically grown tomato plants. *Physiologia Plantarum* 94: 425-432.
- D'ANDRIA R; NOVERO R; SMITH DH; SHANAHAN JF; MOORE FD. 1990. Drip irrigation of tomato using carbonated water and mulch in Colorado. *Acta Horticulturae* 44: 179-185.
- ENOCH HZ; OLESEN JM. 1993. Tansley Review No. 54. Plant response to irrigation with water enriched with carbon dioxide. *New Phytology* 125: 249-258.
- ESPINDOLA CR; TOSIN WAC; PACCOLA AA. 1973. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental São Manuel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 14, Santa Maria, 650-651.
- GAO ZF; LIPS SH. 1997. Effects of increasing inorganic carbon supply to roots on net nitrate uptake and assimilation in tomato seedlings. *Physiologia Plantarum* 101: 206-212.
- HARTZ TK; HOLT DB. 1991. Root-zone carbon dioxide enrichment in field does not improve tomato or cucumber yield. *Hort Science* 26: 1423.
- IBRAHIMA. 1992. Response of plant to irrigation with CO<sub>2</sub>-enriched water. *Acta Horticulturae* 323: 205-214.
- LOPES MC; GOTO R. 2003. Produção do híbrido Momotaro de tomateiro, em função da enxertia e do estágio das miúdas no plantio. *Horticultura Brasileira* 21: 553-557.
- MACEDO JUNIOR EK. 1998. *Crescimento e produtividade do pepino (Cucumis sativus L.) enxertado e não enxertado, submetido a adubação convencional em cobertura e fertirrigação, em cultivo protegido*. Botucatu, 129p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - FCA, Universidade Estadual Paulista.
- MAROUELLI WA; SILVA WLC; SILVA HR. 1996. *Manejo da irrigação em hortaliças*. EMBRAPA-CNP/EMBRAPA-SPI, ed. 5, p.72.
- NOVERO R; SMITH DH; MOORE FD; SHANAHAN JF; D'ANDRIA R. 1991. Field-grown tomato response to carbonated water application. *Agronomy Journal* 5: 911-916.
- RAIJ B. 1992. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Bol. Inst. Agron. Campinas. p.29.
- TRIVELIN PCO; SALATI E; MATSUI E. 1973. Preparo das amostras para análise de <sup>15</sup>N por espectrometria de massa. Boletim técnico, 2, Piracicaba, CENA, 41 p.
- SANTOS HS; KOBORI RF; LOPES MC. 2003. Enxertia em solanáceas. In: GOTO R; SANTOS HS; CAÑIZARES KAL. Enxertia em hortaliças. São Paulo: Editora UNESP. p.41-45.
- YAMASAKI A; YAMASHITA M; FURUYA S. 1994. Mineral concentration and cytokinin activity in the xylem exudates of grafted watermelons as affected by rootstocks and crop load. *Journal Japan Society Horticultural Science* 62: 817-826