

## Influência da irrigação com água enriquecida com dióxido de carbono e da enxertia sobre o estado nutricional de plantas de pepino

Kathia A.L. Cañizares; João D. Rodrigues; Romy Goto; Roberto L. Vilas Bôas

UNESP, FCA, C. Postal 237, 18603-970 Botucatu-SP.

### RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito da enxertia e do enriquecimento da água de irrigação com dióxido de carbono sobre o teor de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn e Zn na parte aérea de plantas de pepino tipo japonês cultivadas em ambiente protegido, foram conduzidos experimentos em duas épocas do ano. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram plantas de pepino enxertadas e não enxertadas, irrigadas com água comum ou enriquecida com CO<sub>2</sub>, em uma concentração de 1‰ no primeiro semestre e 0,25‰ no segundo semestre. No final do ciclo da cultura, o CO<sub>2</sub>, influenciou unicamente no primeiro semestre os teores de K, Ca, Mg, S e Zn; enquanto o teor de N só alterou no segundo semestre. Não houve padrão de resposta consistente da enxertia sobre os teores de N, P, Mg e Zn; porém, plantas enxertadas apresentam maior teor de K e menor teor de Mg, S e Ca na sua parte aérea, ao final do ciclo da cultura, podendo estar relacionado com os sintomas de deficiências nutricionais observados em plantas de pepino enxertadas.

**Palavras-chave:** *Cucumis sativus* L., nutrição, CO<sub>2</sub>.

### ABSTRACT

#### **Influence of irrigation water enriched with carbon dioxide and grafting on the nutrient content of cucumber plants**

The effect of grafting and irrigation water, enriched with carbon dioxide, on the N, P, K, Ca, Mg, S, Mn and Zn content in the aerial part of Japanese cucumber plants cultivated under protected conditions was evaluated. The experiments were carried out in two periods. The experimental design was of blocks with four treatments and four replications. The treatments were cucumber plants grafted and not grafted, irrigated with common water or water enriched with CO<sub>2</sub>, with 1‰ in the first semester and 0,25‰ of concentration in the second semester. At the end of the culture cycle, the CO<sub>2</sub> only influenced the K, Ca, Mg, and S contents in the first semester; while the N content was altered only in the second semester. The grafting did not influence N, P, and Mg content, but, grafted plants had higher potassium content and lower Mg, S and Ca content in plant shoots, at the end of the cultivation period. These results could be related to the symptoms of deficiency observed in grafted cucumber plants.

**Keywords:** *Cucumis sativus* L., nutrition, CO<sub>2</sub>.

(Recebido para publicação em 25 de setembro de 2003 e aceito em 19 de novembro de 2004)

Qualidade e competitividade atualmente têm sido os alvos das atividades agrícolas em geral. Nesse contexto, o pepino (*Cucumis sativus* L.) do tipo japonês, é cultivado intensamente em ambiente protegido por muitos produtores de hortaliças. Com a utilização desses ambientes surgiram grandes benefícios para os pequenos e médios produtores, pela alta produtividade e possibilidade de produzir em qualquer época. O emprego dessa tecnologia trouxe um aumento da incidência de doenças, levando os produtores a recorrer à prática da enxertia sobre genótipos resistentes (Cañizares, 1998). A enxertia em pepineiro atualmente está sendo realizada por muitos horticultores, levando-os ao sucesso na produção e comercialização. Porém, com a intenção de aumentar ainda mais a produção, alguns produtores estão enriquecendo o ambiente de cultivo com dióxido de carbono para obter maior eficiência fotossintética das plantas, (Lorenzo-Mínguez e Maroto, 1990; Hanan, 1998).

Teoricamente o enriquecimento da atmosfera da estufa com CO<sub>2</sub> promove a diminuição da respiração, fotorespiração e aumenta a fotossíntese, levando ao maior desenvolvimento das plantas (Lorenzo-Mínguez e Maroto, 1990). Nas hortaliças, este enriquecimento aumentaria a biomassa, a absorção de nutrientes e massa foliar e diminuiria a massa específica, devido ao aumento de açúcares nas folhas, aumentando assim a qualidade de frutos e produtividade de algumas espécies vegetais cultivadas sob ambiente controlado (Lorenzo-Mínguez e Maroto, 1990; Hanan, 1998). Na agricultura brasileira esta situação não acontece, pois as estruturas destinadas à produção comercial apresentam apenas efeito guarda-chuva. Portanto, para o produtor brasileiro seria pouco viável o enriquecimento via atmosfera, mas, o enriquecimento com CO<sub>2</sub> (gás) via irrigação poderia ser uma possibilidade de uso se comprovadas as vantagens da sua utilização, nessas condições tropicais, tanto de clima quanto de estruturas agrícolas.

No Brasil foram realizados alguns trabalhos em alface, abobrinha, melão, pimentão, e tomate, com enriquecimento de CO<sub>2</sub> via irrigação, onde foram observadas diferentes respostas (Machado *et. al.*, 1999; Pinto *et. al.*, 2000; Gomes, 2001; Araújo, 2002; Cararo e Duarte, 2002; Cardoso, 2002; Furlan *et. al.* 2002; Kano, 2002; Rezende *et. al.*, 2003). No entanto, tanto internacionalmente quanto no Brasil, informações testando a cultura de pepino são escassas.

Quanto ao estado nutricional de plantas enxertadas, é possível que a concentração de alguns nutrientes na parte aérea estejam em função da diferença de concentração entre porta-enxerto e enxerto. Dessa forma, a maior ou menor concentração de magnésio e potássio em plantas enxertadas tem sido relacionada com a maior ou menor concentração desses nutrientes presentes no porta-enxerto. Por exemplo, tem sido observada maior concentração de N, K, Ca e Mg em uma grande gama de porta-enxertos de cucurbitáceas. Nessa

mesma linha, o crescimento vegetativo, podridão interna dos frutos e desordens fisiológicas também têm sido relacionados com porta-enxertos que reduzem a absorção de água e nutrientes do solo (Schonhard, 1973; Masuda e Gomi, 1984; Ikeda *et al.*, 1986; Kim e Lee, 1989; Rachow-Brandt e Kollmann, 1992a; Rachow-Brandt e Kollmann, 1992b; Andrews e Marquez, 1995; Pulgar *et al.*, 1996; Cañizares, 1997; Macedo Junior, 1998; Cañizares, 2001).

Híbridos de pepino enxertados sobre determinados híbridos de abóbora têm apresentado deficiência de enxofre, potássio e magnésio na parte aérea, desconhecendo-se a explicação fisiológica para tal fato. Na tentativa de explicar essa deficiência, levanta-se a hipótese de que esses nutrientes ficam retidos na região da enxertia durante a cicatrização e conexão vascular, interferindo na translocação das raízes para a parte aérea da planta. Tem sido também observado que alguns híbridos de pepino enxertados em híbridos de *Cucurbita* sp. acumulam maior quantidade de N, P, K, Mg, B, S e Mn na parte aérea: nas raízes desses porta-enxertos, as quantidades de N, P, K, Mg, S, Fe, Zn e Mn, em alguns casos, são diferentes (ou muito maiores ou muito menores) das presentes nas raízes das plantas sem enxertar. Além disso, em alguns híbridos de pepino enxertados em *Cucurbita ficifolia* existe maior absorção de N, P, Ca e Mg e menor absorção de K (Cañizares, 1997, 2001).

Observando maior crescimento em plantas de pepino enxertadas em 'Summer Samchuk' e aumento de brotações e teores de N, P e K em 'Hunong Baekdadaki', acredita-se que o estado nutricional e a fisiologia da planta enxertada devem estar em estrita relação com a combinação porta-enxerto e enxerto. Também foi observado aumento da quantidade de K na parte aérea do híbrido Nikkey enxertado nos híbridos Ikky e Tetsukabuto, no entanto, não se observou nenhuma alteração no híbrido Ancor enxertado nos mesmos porta-enxertos. Além disso, foi observada diminuição da quantidade de Mg e S nos dois híbridos quando enxertados em qualquer dos dois porta-enxertos.

Em função do exposto, partindo do princípio de que a enxertia pode influ-

enciar o estado nutricional das plantas, e que a aplicação do gás na água de irrigação do pepineiro poderia beneficiar a produção através do incremento na absorção de nutrientes, enriquecimento do ar do solo (rizosfera) com CO<sub>2</sub>, absorção direta de CO<sub>2</sub> pela raiz ou enriquecendo o entorno da planta com CO<sub>2</sub>, (Storlie e Heckman, 1996), pretende-se com estes experimentos avaliar o efeito da enxertia e da irrigação com água enriquecida com CO<sub>2</sub> sobre o estado nutricional de plantas de pepino do tipo japonês.

## MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos (com e sem CO<sub>2</sub>) foram realizados durante o primeiro semestre e repetidos no segundo semestre de 2002. Os quatro experimentos foram conduzidos na FCA/UNESP, em Botucatu, em ambiente protegido, utilizando-se uma estrutura de metal tipo arco de 7 x 40 m, com 3,8 m de altura de pé direito, coberta com agrofilme e inicialmente fechada nas laterais com tela de sombreamento de 75% e saia de filme plástico. As laterais foram parcialmente abertas durante o 2º semestre para amenizar a temperatura diurna.

Com base na análise química do solo, realizada antes da instalação dos experimentos, fez-se a correção da acidez do solo e adubação inicial, seguindo alguns critérios de Trani e Raij (1997) e Cañizares (2001). O solo do local correspondeu a um podzólico com textura arenosa, com 6,1 a 6,5 de pH<sub>CaCl2</sub> após a correção no primeiro semestre e 6,1 e 6,6 de pH<sub>CaCl2</sub> no segundo semestre. No primeiro semestre utilizou-se 40 g m<sup>-1</sup> de calcário dolomítico PRNT 90, 280 g m<sup>-1</sup> de superfosfato simples, 0,6 g m<sup>-1</sup> de nitrato de magnésio e 0,06 g m<sup>-1</sup> de ácido bórico. No segundo semestre utilizou-se 150 g m<sup>-1</sup> de superfosfato simples.

A adubação em cobertura foi semanal, nos quatro experimentos, à base de uréia ou nitrato de cálcio ou nitrato de potássio, na concentração de 0,5% de N, dissolvido em água e distribuído com copos plásticos. A cobertura com nitrato de potássio (2 g planta<sup>-1</sup>) iniciou-se no começo da produção e repetiu-se quatro vezes ao longo dessa fase.

A semeadura do pepino, híbrido Hokuho, foi feita no mês de março, correspondente ao primeiro semestre e no mês de julho para o segundo semestre, em bandejas de poliestireno expandido modelo 128/6, contendo substrato à base de terra descrito por Ballarim (1996) citado por Cañizares *et al.* (2002). As plantas foram enxertadas pelo método de fenda apical (Oda, 1995; Cañizares e Goto, 2002) e o transplante foi realizado duas semanas após, no espaçamento de 1,0 x 0,5 m. O solo recebeu cobertura morta à base de acículas de pinus visando a diminuição da evaporação da água.

Cinco dias após o transplante foi iniciada a aplicação do dióxido de carbono (entre as 8:00 e 10:00 horas), na concentração de 1 g L<sup>-1</sup> (1‰) na água de irrigação através da rede de irrigação por gotejamento. Os tratamentos que não receberam água enriquecida com o gás foram irrigados com a mesma frequência e quantidade de água. Na fase produtiva, forneceu-se até 3 L dia<sup>-1</sup> planta.

Para a injeção do gás na água de irrigação foi utilizado um bujão de dióxido de carbono líquido sob pressão (5 kg), provido de manômetro (L min<sup>-1</sup>) e injetor Venturi específico para aplicação de gás em água, localizados fora do ambiente protegido. No 1º semestre o CO<sub>2</sub> foi injetado inicialmente na taxa de 12 L min<sup>-1</sup> durante 30 min de irrigação. No início da produção diminuiu-se para 6 L min<sup>-1</sup> (0,5‰) e 15 dias após, para 3 L min<sup>-1</sup> (0,25‰), permanecendo com essa concentração até o final do experimento. Essas mudanças ocorreram após a observação de plantas com clorose generalizada e pouco desenvolvimento nos tratamentos que recebiam água enriquecida com CO<sub>2</sub>. Durante o 2º semestre foi utilizada a concentração de 0,25‰.

As brotações dos primeiros cinco nós da planta foram retiradas. As plantas foram tutoradas individualmente, conduzidas até o 22º nó, e todas as ramificações secundárias foram despontadas com 2 entrenós. As colheitas foram feitas a cada dois dias durante 10 semanas no 1º semestre. No 2º semestre a colheita foi realizada durante 8 semanas, tendo sido interrompida devido a danos físicos da estufa ocasionado por ventos fortes.

**Tabela 1.** Teor em g kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea, aos 6 dias (fase de crescimento), 20 dias (floração), 35 dias (início da produção) e 63 dias após transplante (DAT) (início da colheita), de plantas de pepino enxertadas (c/Enx) e não enxertadas (s/Enx), cultivadas em duas épocas do ano. São Manuel (SP), UNESP, 2003.

| Efeito da enxertia |        | 1º semestre (DAT)  |       |       |       | 2º semestre (DAT)  |       |       |       |
|--------------------|--------|--------------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|
|                    |        | 6                  | 20    | 35    | 63    | 6                  | 20    | 35    | 63    |
|                    |        | g kg <sup>-1</sup> |       |       |       | g kg <sup>-1</sup> |       |       |       |
| N                  | s/ Enx | 28,2               | 17,5b | 24,7b | 22,0b | 22,0a              | 16,5  | 17,4a | 16,7a |
|                    | c/ Enx | 29,1               | 21,6a | 28,6a | 26,0a | 17,9b              | 15,3  | 15,5b | 13,4b |
| P                  | s/ Enx | 7,3                | 6,5b  | 5,9   | 5,7   | 5,4                | 4,7   | 4,4   | 4,5   |
|                    | c/ Enx | 7,3                | 7,4a  | 6,2   | 4,8   | 6,0                | 5,3   | 4,5   | 5,2   |
| K                  | s/ Enx | 38,0b              | 29,5b | 22,0b | 13,7b | 33,6               | 22,4b | 17,0b | 16,2b |
|                    | c/ Enx | 43,3a              | 33,5a | 31,2a | 20,4a | 35,2               | 27,7a | 25,8a | 22,9a |
| Ca                 | s/ Enx | 22,7               | 26,9a | 30,5  | 42,6a | 16,4               | 26,2  | 35,2a | 36,0a |
|                    | c/ Enx | 22,3               | 19,7b | 26,3  | 35,2b | 16,1               | 24,6  | 25,6b | 30,2b |
| Mg                 | s/ Enx | 5,3a               | 6,4a  | 6,5   | 12,8a | 5,4a               | 7,7a  | 8,3a  | 8,1a  |
|                    | c/ Enx | 4,9b               | 5,5b  | 5,8   | 10,4b | 4,3b               | 6,3b  | 6,6b  | 7,3b  |
| S                  | s/ Enx | 38,3a              | 38,0a | 37,2a | 30,1  | 35,5a              | 20,5a | 26,7a | 26,6a |
|                    | c/ Enx | 30,6b              | 29,8b | 29,7b | 28,1  | 15,9b              | 16,5b | 16,7b | 15,8b |

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Para a coleta das amostras para análise nutricional, a parte aérea da planta era destacada (exceto frutos) e logo após, foram preparadas de acordo com Miyazawa *et al.* (1992). A metodologia de extração dos nutrientes foi feita segundo Malavolta *et al.* (1989): a extração de nitrogênio pela digestão ácida a quente, e a sua determinação, pelo método Semi-micro Kjeldahl. A extração de fósforo, potássio, magnésio cálcio, e enxofre pela digestão nítrico-perclórica e a sua determinação, exceto fósforo e enxofre, por absorção atômica. A determinação do enxofre foi por turbidimetria do sulfato de bário e do fósforo por colorimetria do metavanadato.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 4 tratamentos: plantas enxertadas e não enxertadas, com e sem CO<sub>2</sub>, com 4 repetições e 2 plantas úteis/parcela. As características avaliadas foram teores de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio, enxofre, manganês e zinco na parte aérea das plantas.

Foram feitas as análises individuais dentro de cada experimento, e, logo após, foi feita análise conjunta seguindo os critérios de Banzatto e Kronka (1989). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise individual dos experimentos, a enxertia influenciou teores de

alguns nutrientes na parte aérea. Na análise conjunta observou-se que as plantas apresentaram em geral, menor quantidade de nutrientes durante o segundo semestre.

O teor de nitrogênio foi superior em plantas enxertadas no primeiro semestre, porém inferior no segundo semestre. O teor de fósforo variou pouco entre plantas enxertadas e não enxertadas em ambos semestres. O teor de potássio foi maior em plantas enxertadas que em não enxertadas em ambos semestres. O teor de cálcio foi inferior nas plantas enxertadas durante as fases de frutificação e final do ciclo no primeiro semestre e na fase produtiva e final do ciclo no segundo semestre. Os teores de magnésio e enxofre foram inferiores em plantas enxertadas no primeiro e segundo semestre em quase todas as fases, com exceção do início da produção no primeiro semestre e final do ciclo no segundo semestre (Tabela 1).

Em geral, algumas observações concordam com a literatura, e outras são contraditórias, no entanto, as diferenças podem estar relacionadas com os híbridos utilizados e condições ambientais. Nesse contexto Masuda e Gomi (1984) e Cañizares (1997) observaram maior concentração de nitrogênio na parte aérea de plantas de pepino enxertadas, quando comparadas com as não enxertadas. No entanto, Cañizares (2001) observou, no final do ciclo, menor con-

centração de nitrogênio nas plantas enxertadas. Macedo Junior (1998) encontrou entre 4,34 e 3,29% nas plantas enxertadas e entre 4,02 e 2,83% de N nas não-enxertadas, quantidades superiores às observadas neste experimento.

Cañizares (1997) observou maior quantidade de fósforo na parte aérea das plantas enxertadas. No entanto, Cañizares (2001) não observou diferenças entre plantas enxertadas e não enxertadas. Porém, Macedo Junior (1998) verificou em algumas etapas fisiológicas da cultura, que plantas enxertadas apresentaram mais fósforo, e em outras, foram as não enxertadas as que obtiveram maior quantidade, concordando com os resultados obtidos durante o primeiro semestre.

Os resultados de teor de potássio concordam com Schonhard (1973) e Cañizares (1997), que verificaram maior quantidade na parte aérea de plantas enxertadas que de não-enxertadas. Da mesma forma Cañizares (2001) verificou que a quantidade total acumulada na planta inteira foi 115% superior nas plantas enxertadas quando comparadas com as não enxertadas. Por outro lado, quantidades similares às observadas neste experimento, Macedo Junior (1998) obteve 21 e 16 g de K kg<sup>-1</sup> em plantas enxertadas e não enxertadas, respectivamente, ao final do ciclo. No entanto, Masuda e Gomi (1984) observaram menor teor de potássio nas plantas enxertadas.

**Tabela 2.** Teor em g kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea, aos 6 dias (fase de crescimento), 20 dias (floração), 35 dias (início da produção) e 63 dias após transplante (DAT) (início da colheita), de plantas de pepino japonês irrigadas com água com CO<sub>2</sub> e sem CO<sub>2</sub>, e cultivadas em duas épocas do ano. São Manuel(SP), UNESP, 2003.

| Efeito do CO <sub>2</sub> |                    | 1º semestre (DAT)  |      |      |       | 2º semestre (DAT)  |       |       |       |
|---------------------------|--------------------|--------------------|------|------|-------|--------------------|-------|-------|-------|
|                           |                    | 6                  | 20   | 35   | 63    | 6                  | 20    | 35    | 63    |
|                           |                    | g kg <sup>-1</sup> |      |      |       | g kg <sup>-1</sup> |       |       |       |
| N                         | s/ CO <sub>2</sub> | 29,8a              | 19,0 | 26,8 | 24,2  | 22,6a              | 18,7a | 19,9a | 16,5a |
|                           | c/ CO <sub>2</sub> | 27,4b              | 20,0 | 26,5 | 23,8  | 17,4b              | 13,1b | 13,0b | 13,6b |
| P                         | c/ CO <sub>2</sub> | 7,2                | 7,0  | 5,8  | 5,3   | 5,2b               | 4,9   | 4,3   | 4,9   |
|                           | c/ CO <sub>2</sub> | 7,4                | 6,9  | 6,3  | 5,3   | 6,3a               | 5,2   | 4,6   | 4,8   |
| K                         | c/ CO <sub>2</sub> | 41,7a              | 32,7 | 26,7 | 15,5b | 32,2b              | 26,0  | 22,8a | 20,1  |
|                           | c/ CO <sub>2</sub> | 39,7b              | 30,3 | 26,5 | 18,6a | 36,5a              | 24,1  | 20,0b | 18,9  |
| Ca                        | c/ CO <sub>2</sub> | 23,3a              | 24,2 | 27,5 | 43,3a | 18,7a              | 24,1b | 31,4  | 32,5  |
|                           | c/ CO <sub>2</sub> | 21,6b              | 22,3 | 29,4 | 34,5b | 13,8b              | 26,8a | 29,5  | 33,6  |
| Mg                        | c/ CO <sub>2</sub> | 5,3                | 6,0  | 4,2b | 12,9a | 4,9                | 7,1   | 7,3   | 7,8   |
|                           | c/ CO <sub>2</sub> | 4,9                | 6,0  | 8,1a | 10,3b | 4,8                | 6,9   | 7,6   | 7,6   |
| S                         | c/ CO <sub>2</sub> | 38,2a              | 34,7 | 34,5 | 25,8b | 25,2               | 19,7  | 22,6  | 20,0  |
|                           | c/ CO <sub>2</sub> | 30,7b              | 33,2 | 32,4 | 32,4a | 26,2               | 17,2  | 20,7  | 22,4  |

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Quanto ao cálcio, os resultados observados ao final do ciclo da cultura concordam com os citados por Schonhard (1973), Masuda & Gomi (1984), Macedo Junior (1998) e Cañizares (1997 e 2001) que observaram menor acúmulo na parte aérea das plantas enxertadas.

Por outro lado, o teor de magnésio na parte aérea de plantas enxertadas, segundo Schonhard (1973), Masuda e Gomi (1984), Macedo Júnior (1998) e Cañizares (1997, 2001) foi inferior, concordando com os resultados obtidos neste experimento. Nesse sentido, Kawaide (1985) relacionou à deficiência de magnésio de plantas enxertadas com a enxertia.

Segundo Cañizares (1997 e 2001), plantas enxertadas têm apresentado menos acúmulo de enxofre na parte aérea, concordando com as observações feitas neste experimento.

Em função dos resultados obtidos e observações feitas ao longo de oito anos de pesquisa, pode-se resumir que, os teores de nitrogênio, fósforo, manganês e zinco não apresentam um padrão de resposta consistente. Por outro lado, plantas enxertadas apresentam maior teor de potássio e menor teor de magnésio, enxofre e cálcio na parte aérea das plantas, ao final do ciclo, podendo estar relacionado com os sintomas de deficiências nutricionais observadas e relatadas em plantas de pepino

enxertadas (Ikeda *et al.*, 1986; Cañizares, 1997).

No entanto, dentre os nutrientes acima citados, não se dispõe de pesquisas que trabalhem a hipótese de ser o enxofre influenciado pela enxertia, relacionando a sua deficiência com a clorose internerval, durante a fase de floração, observadas em plantas de pepino enxertadas

Quanto ao efeito do enriquecimento da água com CO<sub>2</sub> sobre o estado nutricional da parte aérea das plantas, o teor de nitrogênio nas plantas irrigadas com água comum foi maior durante a fase de crescimento do primeiro semestre. No entanto, no segundo semestre, as plantas deste tratamento apresentaram maiores teores ao longo do ciclo (Tabela 2). Trabalhando com plantas de melão rendilhado em ambiente protegido e diferentes níveis de K, Kano (2002) concluiu que no nível de 300 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com o qual conseguiu a melhor produção, as plantas irrigadas com água enriquecida com CO<sub>2</sub> apresentaram mais N aos 100 dias após o transplante (DAT). Da mesma forma, Araújo (2002) observou aos 76 DAT em plantas de abobrinha cultivadas com cobertura plástica e irrigadas com 274 kg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>, aumento de 1,2 de g planta<sup>-1</sup> de N.

O teor de fósforo na parte aérea foi diferente entre os tratamentos na maior parte do ciclo dos dois semestres, com exceção do segundo semestre, em que as plantas irrigadas com água

enriquecida apresentaram maior teor na fase de crescimento (Tabela 2), estando de acordo com as observações feitas por Kano (2002). Da mesma forma, Araújo (2002) observou aumento de 0,2 g de planta de abobrinha.

O teor de potássio no primeiro semestre foi maior nas plantas irrigadas com água enriquecida, porém, no segundo semestre este resultado se repetiu na fase de crescimento, sendo que aos 35 DAT ou início da produção, as plantas irrigadas com água comum apresentaram maior quantidade (Tabela 2). Pinto *et al.* (1999) em plantas de melão amarelo observaram aumento de 94% da concentração de K nas folhas das plantas irrigadas com água enriquecida com CO<sub>2</sub>. Da mesma forma, Araújo (2002) observou aumento de 2,2 g de K em plantas de abobrinha. Ao contrário de Kano (2002) que observou menos K aos 100 DAT.

O teor de enxofre só foi diferenciado na fase inicial e final do ciclo do primeiro semestre. No início as plantas irrigadas com água comum apresentaram maior teor de enxofre, porém no final do ciclo, o teor foi inferior às plantas irrigadas com água enriquecida (Tabela 2). Kano (2002) não encontrou diferenças na concentração desse nutriente em plantas de melão rendilhado, no entanto, Araújo (2002) observou aumento de 0,2 g de enxofre em abobrinha.

O teor de cálcio na parte aérea, durante o primeiro semestre e início do

segundo, foi maior nas plantas irrigadas com água comum. Porém na fase de frutificação, foram as plantas irrigadas com água enriquecida as que apresentaram mais cálcio (Tabela 2), concordando com Araújo (2002) que observara em abobrinha aumento de 3,5 g de Ca planta<sup>-1</sup>, e em oposição a Kano (2002) que observara menor concentração de Ca em melão rendilhado. Com respeito a isto, (Moore, 1990) afirmou que existe a possibilidade que o ácido carbônico faça reação com o carbonato de cálcio do solo, transformando o cálcio a uma forma mais solúvel e prontamente disponível à planta.

O teor de magnésio foi influenciado unicamente no primeiro semestre, sendo que aos 35 DAT, as plantas irrigadas com água enriquecida apresentaram mais magnésio, porém ao final do ciclo, apresentaram menor teor desse nutriente. Da mesma forma, foi observada menor quantidade de enxofre aos 6 DAT nas plantas irrigadas com CO<sub>2</sub>, e maior quantidade aos 63 DAT nessas mesmas plantas (Tabela 2), no entanto, Kano (2002) não observou diferenças significativas na concentração de Mg em melão rendilhado e Araújo observou em abobrinha aumento de 2,1 g de Mg planta<sup>-1</sup>.

Os resultados obtidos estão de acordo com as afirmações de Machado *et al.* (1999) que citam que não há padrão de resposta quanto à absorção, distribuição e acúmulo de nutrientes em plantas irrigadas com água enriquecida com CO<sub>2</sub>. A resposta da planta está relacionada com o tipo de solo, dose de CO<sub>2</sub> utilizado, espécie, substrato de cultivo, temperatura e acidez do solo.

A clorose generalizada e o pouco desenvolvimento nos tratamentos que recebiam água enriquecida com CO<sub>2</sub>, no início do 1º semestre utilizando-se a concentração de 1%, pode estar relacionada com a concentração de CO<sub>2</sub> na água de irrigação, segundo observações feitas por Chang e Loomis (1940), Kimball *et al.* (1986) e D'Andria *et al.* (1993). Esses pesquisadores, junto a outros, observaram alterações no processo de absorção, distribuição e acumulação dos nutrientes nas plantas, em função do enriquecimento da água com CO<sub>2</sub>.

Da mesma forma Chang e Loomis (1940) trabalhando com trigo, milho e

arroz observaram que CO<sub>2</sub> via irrigação prejudicou a absorção de K, N, P, Ca e Mg. Algumas décadas depois, Kimball *et al.* (1986) observaram deficiência de nitrogênio e zinco em plantas irrigadas com água enriquecida com CO<sub>2</sub>. Mais tarde, D'Andria *et al.* (1993) observaram em plantas de tomate que a concentração na folha da maioria dos nutrientes, das plantas que receberam CO<sub>2</sub> via irrigação, aumentou unicamente ao final do ciclo, porém cálcio e magnésio, diminuíram desde o início até o final. No mesmo ano, Basile, *et al.* (1993) afirmaram que a concentração do CO<sub>2</sub> na rizosfera pode aumentar a concentração de íons bicarbonatos, diminuindo o pH da solução do solo e disponibilizando alguns nutrientes. Essas variações da mobilidade dos nutrientes podem causar diferentes efeitos na absorção.

Bialczyk *et al.* (1994) testaram no tomateiro duas doses de CO<sub>2</sub> na água da solução nutritiva, observando aumento da massa seca e área foliar assim como aumento de teores de nitrogênio, potássio e cálcio. Storlie e Heckman (1996) não observaram efeito da irrigação com água enriquecida com CO<sub>2</sub> (1,2 g L<sup>-1</sup>) sobre o estado nutricional de plantas de pimentão.

Considerando que as propriedades bioquímicas da água de irrigação podem ser limitantes para a produção de qualquer cultura, e que esta pode interferir na solução do solo, onde a maioria dos nutrientes fica disponível em pH 6,2 a 6,8; comprometendo acima disso, ou abaixo, a disponibilidade de alguns nutrientes. Considerando também que o pH e a condutividade elétrica do solo, em função da concentração salina, equilíbrio iônico e eletroquímico, afetam o processo da absorção radicular, e levando em consideração que a planta de pepino responde sensivelmente à alteração da condutividade elétrica e pH do solo, pode-se dizer que, modificando as propriedades da água de irrigação na cultura do pepineiro, poderão se apresentar uma série de alterações em efeito cascata, iniciando desde a fase de crescimento vegetativo até o final do ciclo da cultura.

Por outro lado, o maior ou menor efeito do enriquecimento da água de irri-

gação com o dióxido de carbono, está em função da concentração do gás, do início do fornecimento da água enriquecida afetando a fase fenológica desejada, tempo e intervalos de fornecimento, afetando o tempo em que alguns nutrientes ficarão disponíveis, características do solo, e genótipo utilizado. Com as considerações antes citadas e resultados obtidos, pode-se dizer que novos estudos deverão ser realizados, pois este constitui o primeiro no país em plantas de pepino irrigadas com água enriquecida.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro e ao relator do projeto pelas valiosas sugestões.

## LITERATURA CITADA

- ANDREWS, P.K.; MARQUEZ, C.A. Graft Incompatibility. In: JANICK, J.(Ed.). *Horticultural reviews*, v.15. Purdue University, John Wiley & Sons, Inc., s/d. p.183-232.
- ARAÚJO W.F. *Aplicação de água carbonatada em abobrinha cultivada em solo com e sem cobertura plástica*. 2002. 86 f. (Tese doutorado) – USP, ESALQ, Piracicaba.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação Agrícola*. São Paulo: UNESP, 1989. 247 p.
- BASILE, G.; ARIENZO, M.; ZENA, A. Soil nutrient mobility in response to irrigation with carbon dioxide enriched water. *Communications Soil Science and Plant Analysis*, v.24, n.11-12, p.1183-1195, 1993.
- BIALCZYK, J.; LECHOWSKI, Z.; LIBIK, A. A growth of tomato seedlings under different HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentration in the medium. *Journal of Plant Nutrition*, v.19, n.2, p.305-321, 1996.
- CAÑIZARES K.A.L. A cultura de pepino. In: GOTO, R. e TIVELLI, S.W. *Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais*. São Paulo: Editora UNESP, 1998. p.195-224.
- CAÑIZARES K.A.L. *Efeito da enxertia de híbridos de pepino (Cucumis sativus L.) em dois híbridos de abóbora (Cucurbita sp.) sob ambiente protegido*. 1997. 80 f. (Tese mestrado) – UNESP, FCA, Botucatu.
- CAÑIZARES K.A.L. *Enxertia, potássio e magnésio na nutrição, desenvolvimento e produção de pepino*. 2001. 158 f. (Tese doutorado) - UNESP, FCA, Botucatu.
- CAÑIZARES, K.A.L.; COSTA, P.C.; GOTO, R.; VIEIRA, A.R.M. Desenvolvimento de mudas de pepino em diferentes substratos com e sem uso de solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.2, p.227-229, 2002.
- CAÑIZARES, K.A.L.; GOTO, R. Comparação de métodos de enxertia em pepino. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.1, p.95-99, 2002.

- CARARO, D.C.; DUARTE, S.M. Injeção de CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> e de potássio aplicadas através da irrigação no meloeiro (Cucumis melo) cultivado em ambiente protegido*. 2002. 101 f. (Tese doutorado) – USP, ESALQ, Piracicaba.
- CHANG, H.T.; LOOMIS, W.E. Effect of carbon dioxide on absorption of water and nutrients by roots. *Plant Physiology*, v.20, p.221-230, 1940.
- D'ANDRIA, R.; MAGLIULO, V.; MAGGIO, A.; BASILE, G.; ARIENZO, M. Soil and plant nutrient modifications in response to irrigation with CO<sub>2</sub> enriched water on tomato. *Acta Horticulturae*, v.335, p.557-552, 1993.
- FURLAN, R.A.; REZENDE, F.C.; ALVES, D.R.B.; FOLEGATTI, M.V. Lâmina de irrigação e aplicação de CO<sub>2</sub> na produção de pimentão cv. Mayala, em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.4, p.547-550, 2002.
- GOMES, T. M. *Efeito do CO<sub>2</sub> aplicado na água de irrigação e no ambiente sobre a cultura da alface (Lactuca sativa L.)*. 2001. 83 f. (Tese doutorado) – USP, ESALQ, Piracicaba.
- HANAN, J.J. Greenhouses: advanced technology for protected horticulture. Washington: CRC, Pressllc, 1998. 684 p.
- IKEDA, H.; OKITSU, S.; ARAI, K. A comparison of magnesium deficiency in grafted and non-grafted cucumbers in water culture and soil culture and the effect of increased magnesium application in preventing magnesium deficiency. *Bulletin of Vegetable and Ornamental Crops Research Station*, v.9, p.31-34, 1986.
- KANO, C. *Extrações de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido com adição de potássio e CO<sub>2</sub>*. 2002. 102 F. (Tese mestrado) – USP, ESALQ, Piracicaba.
- KAWAIDE, T. Utilization of rootstocks in cucurbits production in Japan. *Japanese Agricultural Research Quarterly*, v.18, n.4, p.285-288, 1985.
- KIM, S.E.; LEE, J.M. The grafting and fertilizers on growth and mineral counters of leaves of cucumber (*Cucumis satives L.*). *Abstracts of Communicated Papers Horticulture*. v.7, n.1 p.46-47, 1989.
- LORENZO-MINGUEZ, P.; MAROTO, C. CO<sub>2</sub> in plastic greenhouse in Almeria (Spain). *Acta Horticulturae*, v.268, p.165-167, 1990.
- MACEDO JUNIOR, E.K. *Crescimento e produtividade de pepino (Cucumis sativus L.) enxertado e não enxertado, submetido à adubação convencional em cobertura e fertirrigação, em cultivo protegido*. 1998. 129 f. (Tese doutorado) – UNESP, FCA, Botucatu.
- MACHADO, E.C.; TAKANE, R.J.; FERRO, R. Aplicação de CO<sub>2</sub> via água de irrigação em agricultura. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) *Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças*. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 345-353.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações*. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.
- MASUDA, M., GOMI, K. Mineral absorption and oxygen consumption in grafted and non-grafted cucumbers *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, v.52, n.4, p.414-410, 1984.
- MAUNEY, J.R.; HENDRIX, D.L. Responses of glasshouse grown cotton to irrigation with carbon dioxide-saturated water. *Crop Science*, v.28, p.835-838, 1998.
- MIYAZAWA, M., PAVAN, M.A., BLOCH, M.F.M. Análise química de tecido vegetal. *Circ. IAPAR*, n.24, p.1-17, 1992.
- MOORE, P.D. Potential for irrigation with carbon dioxide. *Acta Horticulturae*, n.278, p.171-178, 1990.
- ODA, M. New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan. *Japanese Agricultural Research Quarterly*, v.29, p.187-194, 1995.
- PINTO, J.M.; BOTREL, T.A.; MACHADO, E.C. Uso do dióxido de carbono na agricultura: revisão bibliográfica. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.4, p.919-925, 2000.
- PINTO, J.M.; BOTREL, T.A.; MACHADO, E.C.; FEITOSA FILHO, J.C.; MEDINA, C.L. Aplicação de CO<sub>2</sub> via irrigação na cultura do melão em ambiente protegido. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.18, n.3, p.1-10, 1999.
- PULGAR, G.; BELAKBIR, A.; VILLORA, G.; MORENO, D.; ROMERO, L. Pyruvate kinase activity as a bioindicator of cations in grafted watermelon plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.27, p.5-8, 1996.
- RACHOW-BRANDT, G.; KOLLMANN, R. Studies on graft unions. IV. Assimilate transport and sieve element restitution in homo and heterografts. *Journal of Plant Physiology*, v.139, p.579-583, 1992 a.
- RACHOW-BRANDT, G.; KOLLMANN, R. Studies on graft unions. V. Unloading of assimilates in homo and heterografts. *Journal of Plant Physiology*, v.139, p.579-583, 1992b.
- REZENDE, F.C.; FRIZZONE, J.A.; OLIVEIRA, R.F.; PEREIRA, A.S. CO<sub>2</sub> and irrigation in relation to yield and water use of the bell pepper crop. *Scientia Agrícola*, v.60, n.1, p.7-12, 2003.
- SCHONHARD, G. Nutrient uptake by grafted cucumbers as affecting the occurrence of graft chloroses. *Phytopatologische Zeitschrift*, v.78, n.2, p.152-159, 1973.
- STOFELLA, P.J.; LI, Y.; PELOSI, R.R.; HAMNER, A.M. Citrus rootstock and carbon dioxide enriched irrigation influence on seedling emergence, growth and nutrient content. *Journal of Plant Nutrition*, v.18, n.7, p.1439-1448, 1995.
- STORLIE, C.A.; HECKMAN, J.R. Bell pepper yield response to carbonated irrigation water. *Journal of Plant Nutrition*, v.19, n.10-11, p.1477-1484, 1996.
- TRANI P.E., RAIJ, B. Hortaliças. In: RAIJ, B., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. *Boletim Técnico Instituto Agrônomo: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2 ed. Campinas: IAC, 1997. 165p.