

**JANINI TATIANE LIMA SOUZA MAIA**

**CULTIVO HIDROPÔNICO DO TOMATEIRO DO GRUPO CEREJA:  
CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE SOB DOSES DE K E SINTOMAS  
VISUAIS E ANATOMIA SOB OMISSÃO DE NUTRIENTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M217c  
2012

Maia, Janini Tatiane Lima Souza, 1979-

Cultivo hidropônico do tomateiro do grupo cereja :  
crescimento, produção e qualidade sob doses de K e sintomas  
visuais e anatomia sob omissão de nutrientes / Janini Tatiane  
Lima Souza Maia. – Viçosa, MG, 2012.

xii, 90f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Hermínia Emília Prieto Martinez.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Tomate - Nutrição. 2. Tomate - Qualidade. 3. Tomate -  
Crescimento. 4. Plantas - Nutrição. 5. Plantas - Anatomia.

I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.


CDD 22. ed. 635.642

JANINI TATIANE LIMA SOUZA MAIA

**CULTIVO HIDROPÔNICO DO TOMATEIRO DO GRUPO CEREJA:  
CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE SOB DOSES DE K E  
SINTOMAS VISUAIS E ANATOMIA SOB OMISSÃO DE NUTRIENTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Aprovada em: 04/04/2012



---

Cândido Alveš da Costa



---

Marília Contin Ventrella  
(Co-orientadora)



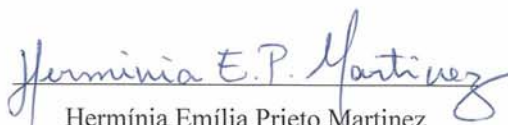
---

Maria Aparecida Nogueira Sedyama



---

Paulo Roberto Cecon  
(Co-orientador)



---

Hermínia Emília Prieto Martinez

(Orientadora)

*“Se não houver frutos, valeu a beleza das  
flores; se não houver flores, valeu a sombra  
das folhas, se não houver folhas, valeu a  
intenção da semente”*

(Henfil)

## AGRADECIMENTOS

Ao meu grande amigo Deus, presente em todos meus caminhos.

Ao meu esposo Geraldo que esteve incondicionalmente ao meu lado em todas as etapas da minha vida.

À Professora Hermínia pelos ensinamentos, orientação e pela amizade que construímos.

Aos meus ex-professores Ernane e Cândido que mesmo à distância sempre me incentivaram e colaboraram em todas as vezes que os procurei.

Aos meus co-orientadores Marília e Paulo Roberto Cecon pelos aconselhamentos e sugestões sempre tão pertinentes e atenciosos para o desenvolvimento da tese.

Aos funcionários Domingos, Itamar, Ribeiro e Tatiani pelo carinho e atenção.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Fitotecnia, a CAPES e ao CNPq, pela oportunidade e apoio aos estudos.

Aos meus familiares pela confiança depositada em mim.

À minha mãe pelo amor e orações.

Aos amigos Filipe e Rafael pelos momentos tão especiais pelos quais passamos e pela amizade construída.

À minha amiga Junia por toda a ajuda, conselhos e carinho dispensados todos esses anos.

Aos demais amigos Cristiane, Daniela, Deisy, Érica, Eduardo, Fernanda, Iná, Isabel, Isabela, Marcos e Pedro pelo companheirismo e carinho, durante esses anos de convivência.

A todos os membros da banca pelas valiosas sugestões que contribuíram para a melhoria deste trabalho.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma pela concretização deste sonho, o meu carinho e reconhecimento.

## BIOGRAFIA

JANINI TATIANE LIMA SOUZA MAIA – Filha de Paulo Cirino de Souza e Maria do Socorro Lima, nascida na cidade de Montes Claros, no Estado de Minas Gerais, em 19 de julho de 1979.

Em março de 2000, começou sua formação acadêmica, no curso de graduação em Ciências Biológicas, na Universidade Estadual de Montes Claros, localizada em Montes Claros-MG. Graduou-se em dezembro de 2003.

Iniciou em 2005 o curso de pós-graduação *Latu-Senso* em Docência do Ensino Superior com Ênfase em Gestão Educacional nas Faculdades Unidas do Norte de Minas – FUNORTE, com término em setembro de 2006.

Em abril de 2006, iniciou o curso de Mestrado em Ciências Agrárias Área de concentração em Agroecologia, com conclusão em dezembro de 2007.

Em agosto de 2008, iniciou o Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, nível doutorado, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa de tese em abril de 2012.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	x
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	2
ARTIGO 1 .....	5
<b>Produção e qualidade de tomate do grupo cereja cultivado em sistema hidropônico sob doses de K</b> .....	5
RESUMO .....	5
ABSTRACT .....	6
INTRODUÇÃO .....	6
MATERIAL E MÉTODOS .....	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	11
CONCLUSÕES .....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19
ARTIGO 2 .....	23
<b>Crescimento de plantas de tomateiro cereja em sistema hidropônico, sob doses de K</b> 23	
RESUMO .....	23
ABSTRACT .....	24
INTRODUÇÃO .....	25
MATERIAL E MÉTODOS .....	27
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
CONCLUSÕES .....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
ARTIGO 3 .....	43
<b>Sintomas visuais, biometria e teor de nutrientes em plantas de tomateiro do grupo cereja submetidas a deficiências nutricionais</b> .....	43
RESUMO .....	43
ABSTRACT .....	44

INTRODUÇÃO.....	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
ARTIGO 4.....	64
<b>Alterações anatômicas foliares e caulinares de tomateiro do grupo cereja submetido a deficiências nutricionais.....</b>	<b>64</b>
RESUMO.....	64
ABSTRACT .....	65
INTRODUÇÃO.....	66
MATERIAL E MÉTODOS.....	67
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
<b>Nitrogênio.....</b>	<b>69</b>
<b>Cálcio .....</b>	<b>74</b>
<b>Magnésio.....</b>	<b>77</b>
<b>Enxofre.....</b>	<b>80</b>
<b>Boro.....</b>	<b>83</b>
CONCLUSÕES.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	86

## RESUMO

MAIA, Janini Tatiane Lima Souza, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2012. **Cultivo hidropônico do tomateiro do grupo cereja: crescimento, produção e qualidade sob doses de K e sintomas visuais e anatomia sob omissão de nutrientes.** Orientadora: Hermínia Emília Prieto Martinez. Co-orientadores: Marília Contin Ventrella e Paulo Roberto Cecon.

O tomate é uma das hortaliças mais populares e uma das mais exigentes em nutrientes, e conforme a etapa de desenvolvimento, cultivar, temperatura, solo, luminosidade, umidade relativa e manejo adotado, os teores médios de nutrientes podem variar. Portanto, o objetivo geral deste estudo foi avaliar no tomateiro do grupo cereja, cultivado no sistema hidropônico, a produção, qualidade e o crescimento sob doses de K e os sintomas visuais, o teor de nutrientes e a anatomia sob omissão de nutrientes. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Para avaliar o efeito de doses de K na produção e na qualidade dos frutos do tomateiro cereja, realizou-se um experimento em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por doses de potássio (6, 8, 10 e 12 mmol L<sup>-1</sup>) na solução nutritiva de frutificação. Avaliaram-se a produção e o número de frutos por planta, número de frutos por cacho, peso médio dos frutos e do cacho, proporção de frutos em classes distintas, teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável, teor de ácido ascórbico, pH, teor de licopeno,  $\beta$ -caroteno e clorofilas *a* e *b*, os teores dos nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, boro, ferro, zinco e manganês nos frutos e na terceira folha acima do quarto cacho. A dose de 6 mmol L<sup>-1</sup> de K foi suficiente para garantir a produção e qualidade do tomateiro cereja híbrido Sindy. O incremento das doses de K afetou as concentrações de K, Ca, Mg e Mn nos frutos. O acúmulo de K pelas plantas desfavoreceu o teor foliar dos nutrientes Ca, Mg, S, Zn e Mn. Para caracterizar o crescimento das plantas de tomateiro cereja em resposta a doses de K foram avaliados massa de matéria seca de folhas, caules, raízes, inflorescências e frutos; área foliar; número de inflorescências e frutos; comprimento e volume radicular; os índices fisiológicos: taxa de crescimento relativo, razão e índice de área foliar, taxa assimilatória

líquida e razão raiz-parte aérea; o acúmulo dos nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, caules e raízes aos 26, 41, 56, 71, 86 e 101 dias após o transplântio – DAT. Os dados foram analisados em parcelas subdivididas no tempo, sendo as parcelas constituídas pelas doses de K e as sub-parcelas pelas datas de coleta. As parcelas foram aleatorizadas inteiramente ao acaso, empregando-se quatro repetições. Cada sub-parcela compôs-se de uma planta. Doses de K entre 6 e 12 mmol L<sup>-1</sup> não influenciaram o crescimento do tomateiro tipo cereja. A taxa de crescimento relativo reduziu-se gradativamente ao longo do período de avaliação. Os acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas foram máximos aos 101 DAT, atingindo, respectivamente: 4850; 35,35; 928,17; 828,39; 228,41 e 190,42 mg. Para caracterizar os sintomas visuais de deficiência, realizou-se um experimento em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram: solução completa, omissão de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn e Fe. Após 60 dias, os principais sintomas foram fotografados e descritos. Avaliou-se a produção de matéria seca total de folhas, caules e raízes; número de folhas, inflorescências e frutos; volume radicular; o teor e o acúmulo dos nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, zinco e ferro nas folhas, caules e raízes. Os sintomas visuais de carência que primeiro se manifestaram foram os de P, B e Fe. As omissões dos nutrientes N, Mg e B foram as que mais comprometeram a produção de matéria seca das plantas de tomateiro cereja. Os teores e acúmulos dos nutrientes foram influenciados pelas deficiências impostas. No tratamento completo as folhas apresentaram: 3,34; 0,37; 2,07; 2,13; 0,54; e 0,55 dag Kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, e 41,9; 5,9; 4,75; e 94,57 mg Kg<sup>-1</sup> de B, Cu, Zn e Fe. Nos tratamentos em que os nutrientes foram omitidos as concentrações foliares foram: 1,77; 0,22; 1,57; 1,06; 0,17; 0,10 dag Kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, e 21,35; 4,08; 5,85 e 115,83 mg Kg<sup>-1</sup> de B, Cu, Zn e Fe. Ainda sob omissão de nutrientes, objetivou-se caracterizar as alterações anatômicas foliares e caulinares apresentadas por plantas de tomateiro cereja deficientes. Aos 60 dias, as plantas foram retiradas das soluções nutritivas, amostrando-se folhas com idade fisiológica adequada para caracterizar a deficiência nutricional de cada nutriente e também porções do caule de cada planta de aproximadamente 5 cm de comprimento, do entrenó logo abaixo da terceira folha completamente expandida a partir do ápice. Nas folhas mensurou-se: espessura das epidermes adaxial e abaxial, dos parênquimas paliádico e lacunoso, do mesófilo, do limbo

foliar; e a área dos tecidos componentes da nervura central: epiderme, parênquima clorofiliano, colênquima, feixe vascular e parênquima de preenchimento. No caule: espessura da epiderme, do parênquima clorofiliano, do colênquima, do parênquima de preenchimento, do floema, da faixa cambial, do xilema, do parênquima de preenchimento da medula central e o espessamento da parede celular das fibras do floema. Os dados foram submetidos a análise de variância em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. As deficiências de N, Ca, Mg e S favoreceram uma hipertrofia do floema. A insuficiência dos nutrientes Ca e Mg favoreceram a redução no espessamento da parede celular das fibras do floema. . As alterações anatômicas mais drásticas, tanto em folhas como em caule, foram causadas pela omissão de B, como a formação de feixes vasculares desorganizados, xilema e floema com composição celular atípica e câmbio vascular com atividade atípica.

## ABSTRACT

MAIA, Janini Tatiane Lima Souza, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, April 2012. **Hydroponic cultivation of cherry tomato: growth, yield and quality in doses of K, and visual symptoms and anatomy of omission in nutrients.** Adviser: Hermínia Emília Prieto Martinez. Co-Advisers: Marília Contin Ventrella e Paulo Roberto Cecon.

The tomato is one of the most popular vegetables and one of the most demanding in nutrients, and as the development stage, cultivar, temperature, soil, light, humidity and soil management, the average levels of nutrients may vary. Therefore, the aim of this study was to evaluate the cherry tomato, grown in hydroponic system, production, quality and growth under K doses and visual symptoms, the nutrient content and anatomy under omission of nutrients. The experiment was conducted in the greenhouse of the Horticultural Department of the Federal University of Viçosa. In order to evaluate the effect of K doses on yield and fruit quality of cherry tomato, it was used a completely randomized design with four replicates and treatments were increasing levels of potassium (6, 8, 10 and 12 mmol L<sup>-1</sup>) in the nutrient solution during fruiting. We evaluated the production and number of fruits per plant, number of fruits per cluster, fruit weight and cluster, proportion of fruits in different classes, total soluble solids, titratable acidity, ascorbic acid, pH, lycopene,  $\beta$ -carotene and chlorophyll *a* and *b*. Also evaluated the levels of nutrients: nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, copper, boron, iron, zinc and manganese in fruits and third leaf above the fourth cluster. It was observed that the dose of 6 mmol L<sup>-1</sup> was sufficient to ensure production and quality of cherry tomato plants studied. There was an effect at concentrations of K, Ca, Mg and Mn in tomato fruits with increasing levels of K. The accumulation of K by plants affected the leaf content of Ca, Mg, S, Zn and Mn. Also under K doses, aimed to characterize the growth of cherry tomato plants in completely randomized design in which the treatments were all combinations of the first factor composed of six samples (26, 41, 56, 71, 86 and 101 days after transplant - DAT) and the second factor corresponding to the four potassium (6, 8, 10 and 12 mmol L<sup>-1</sup>), with a plant as experimental unit. At each harvest was determined the dry mass of leaves, stems, roots, flowers and fruit, leaf area, number of inflorescences and fruits, root length and volume,

besides the physiological indices: relative growth rate, reason and leaf area index, net assimilation rate and root-shoot ratio. It was also evaluated the accumulation of nutrients: nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur in leaves, stems and roots.

The doses of K between 6 and 12 mmol L<sup>-1</sup> not influence the growth of cherry tomato. The relative growth rate was reduced during the evaluation period. The accumulation of N, P, K, Ca, Mg and S in leaves were maximum at 101 DAT, reaching respectively: 4850; 35,35; 928,17; 828,39; 228,41 and 190,42 mg. Under omission of nutrients in order to characterize the visual symptoms of deficiency, the effect of nutritional restriction on development and nutrient contents in cherry tomato plants, it was used a completely randomized design with three replications and the treatments were complete solution, omission of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn and Fe. After 60 days the plants were removed from solutions and its main symptoms photographed and described. The variables evaluated were: total dry matter production of leaves, stems and roots, number of leaves, flowers and fruits and root volume. It was evaluated the content and accumulation of nutrients: nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, boron, copper, zinc and iron in the leaves stems and roots. According to the observation of deficiency symptoms, the greatest restrictions to the growth of cherry tomato plants were the omissions of P, B and Fe. The nutrients of N, Mg and B were the most affected dry matter production of plants. Concentration and accumulation of nutrients were influenced by deficiencies imposed. In the complete treatment the leaves showed: 3,34; 0,37; 2,07; 2,13; 0,54 and 0,55 dag kg<sup>-1</sup> of N, P, K, Ca, Mg and S, and 41,9; 5,9; 4,75; and 94,57 mg kg<sup>-1</sup> of B, Cu, Zn and Fe. In treatments in which nutrients were omitted the leaf concentrations were 1,77; 0,22; 1, 57; 1,06; 0,17; 0,10 dag kg<sup>-1</sup> of N, P, K, Ca, Mg and S, and 21,35; 4,08; 5,85 and 115,83 mg kg<sup>-1</sup> B, Cu, Zn and Fe. Also under omission of nutrients aimed to characterize leaf and stem anatomical changes in cherry tomato plants. The experimental design was completely randomized with three replications and treatments were complete solution, omission of N, Ca, Mg, S and B. After 60 days, the seedlings were taken from solutions, it used leaves with physiological age appropriate to characterize the nutritional deficiency of each nutrient. Also parts of the stem of each plant of about five centimeters in length were used, of the internode just below the third fully expanded leaf from the apex. In each sample leaf characteristics were measured: thickness of the adaxial and abaxial

epidermis, palisade and spongy parenchyma, mesophyll, leaf, and the area of tissue components of the midrib epidermis, chlorenchyma, collenchymas, vascular bundle and filling parenchyma. In sections of stem were measured: thickness of the epidermis, chlorophyll parenchyma, collenchymas, filling parenchyma, phloem, exchange track, xylem, filling parenchyma of the mid rib and cell wall of phloem sclereids. Deficiencies of N, Ca, Mg and S caused hypertrophy of the phloem. The lack of Ca and Mg caused the reduction thickness of cell wall of phloem fibers. The most drastic anatomical changes, both on leaves and stems, were caused by the omission of B, as the formation of unorganized vascular bundles, xylem and phloem atypical cell composition and unusual vascular cambium.

## INTRODUÇÃO GERAL

O tomate é uma das hortaliças mais importantes comercialmente no Brasil com produção anual de aproximadamente 3,2 milhões de toneladas numa área plantada em torno de 63000 ha e produção média de 62470 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a região sudeste, principalmente os estados de São Paulo e Minas Gerais os maiores produtores do país (IBGE, 2011). Em 2010, a produção mundial de tomate foi de cerca 145 milhões de toneladas, numa área de mais de quatro milhões de hectares (FAO, 2012).

Tem-se observado crescente demanda pelas variedades de tomate cereja, que tem recebido grande aceitação pelo consumidor. Além disso, elas têm despertado o interesse por parte dos produtores pelos lucros de mercado (TRANI et al., 2003). Por ser uma hortaliça exótica, sempre é incorporada ao cardápio de restaurantes pelo seu tamanho reduzido, o que evita desperdício, e pela delicadeza da forma, o que dá requinte aos pratos (MACHADO et al., 2003). Devido a essa demanda, vem se intensificando o número de pesquisas que visam o estudo desse grupo (ROCHA, 2009; RODRIGUES et al., 2008; GOMES et al., 2011).

O tomateiro é uma das plantas mais exigente em adubação, e conforme a etapa de desenvolvimento, a cultivar, a temperatura, o solo, a luminosidade, a umidade relativa e o manejo adotado, os teores médios de nutrientes no tecido vegetal podem variar (ALVARENGA, 2004). É estabelecido que a qualidade, bem como a produtividade são influenciadas pela nutrição mineral adequada (SASAKI & SENO, 1994), uma vez que a falta ou o excesso dos nutrientes compromete o metabolismo das plantas (ALVARENGA, 2004), direta ou indiretamente, contribuindo para modificações na forma de crescimento, composição química, morfologia e anatomia (MARSCHNER, 1995).

Dentre os macronutrientes, o potássio, apesar de não fazer parte de nenhuma molécula, tem papel fundamental nas plantas por agir na regulação de reações de síntese (TAIZ & ZEIGER, 2004). Participa ainda na translocação de fotoassimilados, alongação celular e reações enzimáticas relacionadas à fotossíntese, respiração, síntese de amidos, proteínas e lignina (MALAVOLTA et al., 1989; BARRETO & BEZERRA NETO, 2000; COSTA et al., 2001; MARENCO & LOPES, 2005). Dessa forma, por estar ligado aos processos de síntese e translocação de carboidratos para os frutos, alterações nos níveis de potássio fornecidos às plantas podem influenciar na qualidade, que está vinculada a

aparência, sabor, textura e valor nutritivo dos frutos (MARSCHNER, 1995; PIMENTEL, 2004). O conteúdo de açúcar, ácidos e compostos voláteis determina o sabor do tomate (KRUMBENIN & AUERSWALD, 1998), e frutos que apresentam baixa acidez titulável, alto conteúdo de açúcares totais, sólidos solúveis e conteúdo intermediário de compostos voláteis são qualificados como aqueles de melhor sabor (TANDO et al., 2003). Em pimentão cultivado sob doses de potássio em ambiente protegido, o aumento nas doses deste nutriente elevou o peso total de frutos da classe A (maior que 100g) e B (entre 50 e 100g), ao mesmo tempo que reduziu o de frutos da classe C (abaixo de 50g) (MELO et al., 2009), por favorecer uma melhor condutância estomática e acúmulo de carboidratos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O conhecimento acerca da dinâmica de crescimento das espécies de plantas cultivadas favorece o seu manejo, garantindo o bom desenvolvimento, refletindo na produtividade. Além disso, estudos que tem como objetivo avaliar a influência dos nutrientes no crescimento e na anatomia das plantas, também são de fundamental importância, já que tal alteração pode influenciar a espessura e forma de determinados tecidos, comprometendo a funcionalidade dos mesmos, interferindo na translocação de nutrientes, e conseqüentemente, no desenvolvimento da planta (MARSCHNER, 1995; ROSOLEM & LEITE, 2007). Ainda, as deficiências nutricionais causam danos primariamente às rotas metabólicas para depois manifestar-se como sintomas visuais, comprometendo a produtividade (FONTES, 2001).

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar, em sistema hidropônico, o crescimento de plantas de tomateiro do grupo cereja cultivadas sob doses crescentes de potássio, bem como a produtividade, qualidade de seus frutos, além de avaliar a biometria, anatomia e sintomas visuais dessas mesmas plantas sob a omissão de nutrientes,

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 302p.
- BARRETO, L.P.; BEZERRA NETO, E. **O potássio no metabolismo vegetal**. UFRPE. Recife, 2000. 58p.

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**, v.19, n.3, p.207-209, 2001.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG:UFV, 2001. 122p.

**FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION** (FAO). Disponível em:<<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 20 abril, 2012.

GOMES, J.V.S.; DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; BLANCO, F.F.; SOUZA NETO, O.N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.850-856, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v.24, n.4, p.182, 2011.

KRUMBEIN, A.; AUERSWALD, H. Characterization of aroma volatiles in tomatos by sensory analyses. **Nahrung**, v.42, p.395-399, 1998.

MACHADO, J.O.; BRAS, L.T.; GRILLI, G.V.G. Caracterização dos frutos de cultivares de tomateiro tipo cereja cultivados em diferentes espaçamentos. In: 43º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2003. **Anais...** Brasília: ABH. Horticultura Brasileira 21. (Suplemento CD-ROM)

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. POTAFOS, 1989. 201p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Ed.UFV, 2005. 451p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MELO, A.S.; BRITO, M.E.B.; DANTAS, J.D.M.; SILVA JÚNIOR, C.D.S.; FERNANDES, P.D.; BONFIM, L.V. Produção e qualidade do pimentão amarelo sob níveis de potássio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p.17-21, 2009.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédia: ENA, 2004. 192p.

ROCHA, M.Q. **Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico**. Dissertação (Mestrado do Programa de pós-graduação em Sistemas de

Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas. 2009. 129f.

RODRIGUES, M.B.; DORNELLES, A.L.C.; SILVA, V.O.M.Z.; PESSOA, C.A.; SERRALHA, B.C.S.; SILVA, D.A.G.; PEREIRA, M.B. Caracterização morfológica de 25 cultivares de tomateiro tipo cereja – caracteres da planta. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.2261-4467, 2008.

ROSOLEM, C.A.; LEITE, V.M. Coffee leaf and stem anatomy under boron deficiency. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.3, p.477-483, 2007.

SASAKI, J.L.S.; SENO, S. Importância da adubação na qualidade de algumas olerícolas (alho, cebola, couve flor, pimentão e tomate). In: SÁ, E.; BUZZTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.331-343.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TANDO, K. S.; BALDWIN, E. A.; SCOTT, J. W.; SHEWFELT, R. L. Linking sensory descriptors to volatile and non-volatile components of fresh tomato flavour. **Journal of Food Science**, v.68, p.2366–2371, 2003.

TRANI, P.E.; PASSOS, F.A.; MELO, A.M.T.; RIBEIRO, I.J.A. Avaliação da produtividade e qualidade comercial de quatro Genótipos de tomate do tipo “cereja”. In: **Workshop Tomate na Unicamp: Pesquisas e tendências**. Campinas, 2003.

## ARTIGO 1

### PRODUÇÃO E QUALIDADE DE TOMATE DO GRUPO CEREJA CULTIVADO EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB DOSES DE K

#### RESUMO

Dentre os nutrientes, o potássio é o mais abundante e que tem maior influência sobre a qualidade dos frutos, uma vez que age nas plantas regulando reações de síntese e translocação de fotoassimilados. Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de doses de K na produção e na qualidade dos frutos do tomateiro cereja em sistema hidropônico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições e os tratamentos foram constituídos pelas doses crescentes de potássio (6, 8, 10 e 12 mmol L<sup>-1</sup>) na solução de frutificação. Avaliaram-se a produção e o número de frutos por planta, número de frutos por cacho, peso médio dos frutos e do cacho, proporção de frutos em classes distintas, teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável, teor de ácido ascórbico, pH, teor de licopeno, β-caroteno e clorofilas *a* e *b*. Avaliaram-se também os teores dos nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, boro, ferro, zinco e manganês nos frutos e na terceira folha acima do quarto cacho. A dose de 6 mmol L<sup>-1</sup> de K foi suficiente para garantir a produção e qualidade do tomateiro cereja híbrido Sindy. O incremento das doses de K afetou as concentrações de K, Ca, Mg e Mn nos frutos do tomateiro. O acúmulo de K pelas plantas desfavoreceu o teor foliar dos nutrientes Ca, Mg, S, Zn e Mn.

**Palavras-chaves:** *Lycopersicon esculentum* Mill., solução nutritiva, nutrição mineral, sub-irrigação

## ABSTRACT

### PRODUCTION AND QUALITY OF CHERRY TOMATO GROWN IN HYDROPONIC UNDER DOSES OF K

Among the nutrients, potassium is the most abundant and most affects fruit quality, it regulates synthesis reactions and translocation of assimilates. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of rates of K on the production and fruit quality of cherry tomato plants in hydroponic. The experiment was conducted in the greenhouse of the Crop Science Department of the Federal University of Viçosa. The experimental design was completely randomized with four replicates and treatments were increasing doses of potassium (6, 8, 10 and 12 mmol L<sup>-1</sup>) in the nutrient solution fruiting. We evaluated the production and number of fruits per plant, number of fruits per cluster, fruit weight and cluster, proportion of fruits in different classes, total soluble solids, titratable acidity, ascorbic acid, pH, lycopene, β-carotene and chlorophyll *a* and *b*. Also evaluated the levels of nutrients: nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, copper, boron, iron, zinc and manganese in fruits and third leaf above the fourth cluster. It was observed that the dose of 6 mmol L<sup>-1</sup> was sufficient to ensure the production of plants and fruit quality of cherry tomato studied. The increasing doses of K affected the concentrations of K, Ca, Mg and Mn in tomato fruits. The accumulation of K by plants restricted the leaf content of Ca, Mg, S, Zn and Mn.

**Keywords:** *Lycopersicon esculentum* Mill, nutrition solution, mineral nutrition, sub-irrigation

## INTRODUÇÃO

O tomate é uma das hortaliças mais importantes comercialmente no Brasil com uma produção anual aproximadamente de 3,2 milhões de toneladas numa área plantada em torno de 63000 ha e produção média de 62470 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a região sudeste, principalmente os estado de São Paulo e Minas Gerais os maiores produtores do país (IBGE, 2011). Em 2010,

a produção mundial de tomate foi de cerca de 145 milhões de toneladas, numa área de mais de quatro milhões de hectares (FAO, 2011).

O mercado de tomate tem sido ampliado, com aumento da demanda pelos frutos do grupo cereja, que tem recebido grande aceitação pelo consumidor. Por ser uma hortaliça exótica, sempre é incorporada ao cardápio de restaurantes pelo seu tamanho reduzido, o que evita desperdício, e pela delicadeza da forma, o que dá requinte aos pratos (MACHADO et al. 2003). Assim sendo, seu cultivo tem despertado o interesse por parte dos produtores pelos lucros de mercado (TRANI et al., 2003). Devido a essa demanda, vem se intensificando o número de pesquisas que visam o estudo desse grupo de tomateiro (RODRIGUES et al., 2008; ROCHA, 2009; GOMES et al., 2011).

Por outro lado, no Brasil, o cultivo hidropônico de frutos tem apresentado produtividade superior à atingida em cultivos tradicionais e em estufas-solo (MORAES & FURLANI, 1999). Segundo CASTELLANE & ARAÚJO (1994) o tomateiro é dentre as hortaliças uma das mais cultivadas em hidroponia. O aumento da produtividade alcançado nesses sistemas tem ultrapassado 20 a 25 % comparativamente ao cultivo no solo em razão de diversos fatores, tais como maior eficiência na regulação da nutrição da planta, uso mais eficiente da água e fertilizantes e maiores densidades de plantio (MARTINEZ, 2006). Cardoso (2007) obteve para o cultivar Rebeca, produzido com duas pencas, em sistema de sub-irrigação, uma produtividade máxima de 22,61 kg/m<sup>2</sup> em um ciclo de cultivo de 134 dias, o que correspondeu a 226,1 t/ha.

O tomateiro é uma das espécies mais exigentes em adubação, e conforme a etapa de desenvolvimento, a cultivar, a temperatura, o solo, a luminosidade, a umidade relativa e o manejo adotado, os teores médios de nutrientes no tecido vegetal podem variar (ALVARENGA, 2004). É estabelecido que a qualidade, bem como a produtividade são influenciadas pela nutrição mineral adequada (SASAKI & SENO, 1994), uma vez que a falta ou o excesso dos nutrientes compromete o metabolismo das plantas (ALVARENGA, 2004).

Dentre os nutrientes, o potássio é o mais abundante e que tem maior influencia sobre a qualidade dos frutos, uma vez que age nas plantas regulando reações de síntese (TAIZ & ZEIGER, 2004; ALVARENGA, 2004). Participa ainda na translocação de fotoassimilados, alongação celular e reações enzimáticas relacionadas à fotossíntese,

respiração, síntese de amidos, proteínas e lignina (MALAVOLTA et al., 1989; BARRETO & BEZERRA NETO, 2000; COSTA et al., 2001; MARENCO & LOPES, 2005). Dessa forma, observa-se que plantas deficientes em K, devido ao desbalanço no metabolismo enzimático, apresentam-se deficientes na síntese e translocação de carboidratos para os frutos, comprometendo a qualidade, que está vinculada a aparência, sabor, textura e valor nutritivo dos frutos (MARSCHNER, 1995; PIMENTEL, 2004). O conteúdo de açúcar, ácidos e compostos voláteis determina o sabor do tomate (KRUMBEIN & AUERSWALD, 1998), e frutos que apresentam baixa acidez titulável, alto conteúdo de açúcares totais, sólidos solúveis e conteúdo intermediário de compostos voláteis são qualificados como aqueles de melhor sabor (TANDO et al., 2003).

O tomate cereja é um grupo de alta produtividade que vem ganhando espaço entre os consumidores, e o conhecimento sobre os aspectos relacionados à sua produção e qualidade dos frutos, tanto em cultivos convencionais quanto em cultivos hidropônicos, é de grande importância para os agricultores interessados na diversificação de seus cultivos. Além disso, a adubação potássica pode favorecer a produção de frutos, garantindo a qualidade com frutos de coloração mais avermelhada e com polpa mais homogênea (ALVARENGA, 2004). Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar a produção e qualidade de tomateiro cereja sob doses crescentes de K em sistema hidropônico de sub-irrigação.

## **MATERIAL E METÓDOS**

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizado na horta velha, no período de junho a outubro de 2010. Utilizou-se o mini tomate longa vida híbrido Sindy (Sakama). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições.

Os tratamentos consistiram de diferentes concentrações de K na solução nutritiva, na fase reprodutiva das plantas, ou seja, variando de 6, 8, 10 e 12 mmol L<sup>-1</sup>. Tais formulações estão de acordo com trabalho realizado por Fernandes et al. (2002).

As unidades experimentais foram constituídas por calhetões de cimento amianto de 0,85 m de largura na parte superior; 0,60 m de largura na base; 0,20 m de altura e 3,75 m de comprimento, impermeabilizados com as extremidades fechadas, preenchidos com argila expandida (cinasita) e dispostos em blocos ao acaso na casa de vegetação. A solução nutritiva foi fornecida por sub-irrigação, a partir do bombeamento do conteúdo de caixas de cimento amianto, impermeabilizadas e com 1000 L de capacidade. Cada caixa forneceu a solução nutritiva correspondente a um tratamento para quatro calhetões, que constituíram as repetições.

A semeadura foi feita em espuma fenólica de 5 x 5 x 3,8 cm. As mudas foram irrigadas com solução nutritiva segundo Fernandes et al., (2002), a  $\frac{1}{2}$  da força iônica, com a frequência de uma vez ao dia, após às 18 horas, de forma a saturar o substrato. Quando apresentaram de três a cinco folhas definitivas, foram transplantadas para o sistema de sub-irrigação, no espaçamento de 0,3 m entre plantas e uma fileira por unidade experimental, totalizando 10 plantas por parcela.

As plantas foram cultivadas em solução de crescimento vegetativo com 100 % de força iônica contendo: 8; 2; 4; 2; 1; e 1 mmol L<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg, S e 35; 19; 21; 4; 0,9; e 0,7 μmol L<sup>-1</sup> de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo, respectivamente. Com emissão dos primeiros cachos a solução nutritiva ministrada foi a de frutificação contendo: 12; 3; 3; 1,5; 1,5 mmol L<sup>-1</sup> de N, P, Ca, Mg, S e 59; 20; 25; 4; 1,3 e 0,7 μmol L<sup>-1</sup> de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo, respectivamente. O volume da solução foi monitorado dia a dia, e completado com água até o volume inicial de 1000 L em cada caixa. O pH da solução foi monitorado e mantido entre 5,5 e 6,5 mediante ajustes com a adição de HCl ou NaOH. Foram realizadas re-adições periódicas dos nutrientes, conforme a redução da condutividade elétrica até 30% de depleção.

As plantas foram tutoradas com fitilho, e conduzidas com duas hastes, sendo a poda apical realizada quando cada planta apresentou três folhas acima do quarto cacho, deixando-se em média 20 frutos por cacho, quando não ramificado. Já nos cachos ramificados, foi estabelecido o limite de 12 frutos por ramificação. Desbrotas e podas ocorreram durante o experimento para o controle do número de frutos e retirada de brotos laterais.

Quando cada cacho apresentou os frutos da base totalmente vermelhos, foram

colhidos. Em seguida os frutos foram destacados do cacho, separados em classes de diâmetro (> 20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40 e > 40 mm) (FERNANDES et al., 2007) e pesados. Foi calculada a proporção de frutos em cada classe, peso e número de frutos por planta, número de frutos por cacho, peso médio de cada fruto e do cacho.

Utilizando-se a polpa homogeneizada em triturador doméstico tipo 'mixer', avaliaram-se: a) teor de sólidos solúveis totais (SST): determinado pela leitura direta em refratômetro digital, b) acidez titulável (AT): determinada de acordo com método descrita por Carvalho et al. (1990) e os resultados expressos em % de ácido cítrico da polpa; c) teor de ácido ascórbico (AA): determinado por titulometria, de acordo com o método descrito por Carvalho et al. (1990), e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de polpa; d) pH: aferido pela leitura direta em pHmetro; e) SS/AT: obtida da divisão do teor de sólidos solúveis pela acidez titulável; e) teor de licopeno,  $\beta$ -caroteno e clorofilas *a* e *b* por espectrofotometria, conforme Nagata & Yamashita (1992).

No momento do pleno florescimento (50 DAT), a terceira folha acima do quarto cacho foi colhida e feita para determinação da concentração dos nutrientes e se averiguar o estado nutricional das plantas, conforme método adaptado de Malavolta et al. (1997). As amostras, de frutos e folhas após secagem em estufa com circulação forçada de ar de 65 a 70 °C até atingir peso constante, foram pesadas, moídas, peneiradas e foi realizada digestão sulfúrica para a análise de N pelo método micro-Kjeldahl. Outra sub-amostra foi submetida à digestão nítrico-perclórica sendo o teor de K determinado por fotometria de chama; S por turbidimetria do sulfato e Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn dosados por espectrofotometria de absorção atômica (A.O.A.C.,1975).

Os dados referentes à produção total e em classes, além do número total de frutos, foram submetidos à análise de regressão, ao nível de significância de até 5% pelo teste t. Em relação ao número de frutos por cacho, peso médio dos frutos e do cacho, utilizou-se o esquema de parcela subdividida em que as doses corresponderam à parcela e a posição do cacho (1, 2, 3 e 4) à subparcela. Para as variáveis de qualidade, foi utilizado o esquema de parcela subdividida, com as doses na parcela, e a posição dos cachos avaliados (primeiro e quarto) na subparcela. Da mesma forma, conforme a significância dos dados foi realizada a análise de regressão para doses dentro de posição dos cachos. Utilizou-se o programa estatístico SAEG 9.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

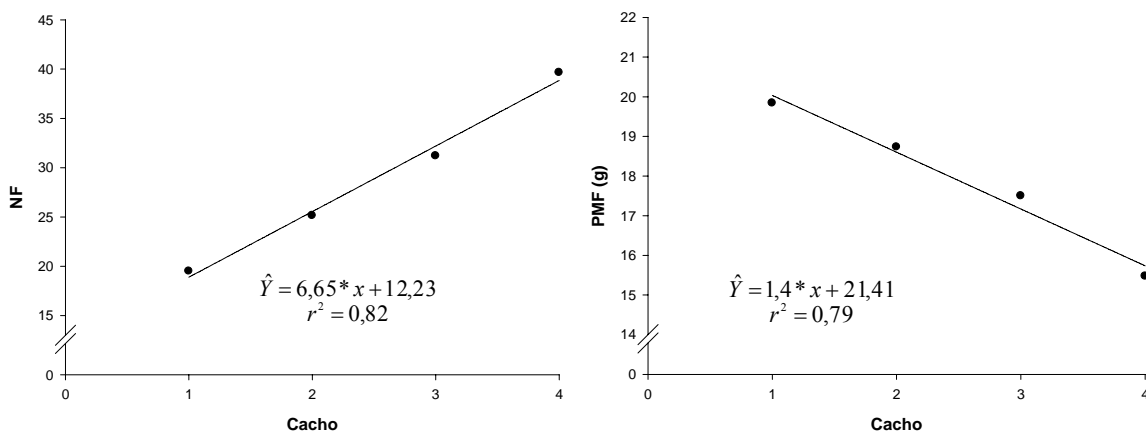
A produção, número total e proporção de frutos em cada classe, por planta, não foram afetados significativamente pelas doses de K estudadas. Esses resultados podem ser devidos à baixa exigência nutricional da variedade de tomate cereja estudada, uma vez que para tomate de mesa, a quantidade utilizada é de 8,6 mmol L<sup>-1</sup> (FERNANDES et al., 2002), enquanto que neste trabalho foram utilizadas as doses 6, 8, 10 e 12 mmol L<sup>-1</sup>. Alguns autores afirmam que, no solo, apesar do tomateiro ser exigente em potássio, as respostas à aplicação deste elemento não são frequentes (BOARETTO et al., 1983; TAKAHASHI, 1993). No entanto, em hidroponia, podem-se observar efeitos positivos, uma vez que neste sistema o estabelecimento das concentrações adequadas de nutrientes e a ampla disponibilidade contribuem para o crescimento e desenvolvimento satisfatórios das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004). As cultivares Cereja 261, San marzano (tipo italiano), Santa Clara (tipo salada) e o híbrido Cereja Chipano, produzidas sob razões de nitrogênio e potássio, apresentaram maior rendimento e qualidade de frutos em cultivo hidropônico que em sistema fertirrigado (GENÚNCIO et al., 2010).

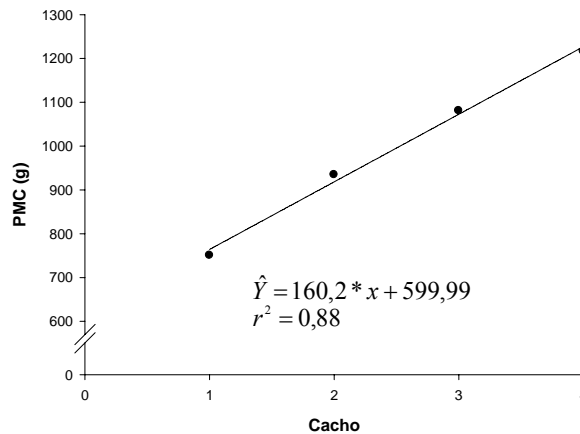
No tomateiro tipo cereja, o processo de melhoramento é ainda recente. Dessa forma, é possível que os cultivares disponíveis ainda apresentem certa rusticidade, assim, a adubação pouco influencia na produção. No entanto, apesar de não ter havido diferenças entre as doses, a produção média por planta foi 4001,99 g, o que corresponderia, considerando-se 31347 plantas por hectare, a uma média de 125,45 t ha<sup>-1</sup>, em um ciclo total de 120 dias. Esta produtividade foi maior que a observada na literatura, tanto para tomateiro do grupo salada quanto para o grupo cereja. A produtividade média dos frutos do tomateiro longa vida “Alambra” na safra 2008-2009 foi de 100 t ha<sup>-1</sup> (SUZUKI et al., 2010). O híbrido Super-Sweet produzido em sistema orgânico e conduzido com duas hastes apresentou produtividade total de 11,63 t ha<sup>-1</sup> (AZEVEDO, 2006). A produção de frutos entre cinco cultivares de tomateiro tipo cereja variou de 2,45 a 3,35 kg planta<sup>-1</sup> (MACHADO et al., 2003), o que corresponderia adotando-se a mesma população de plantas indicada acima a produtividades de 76,8 a 105,01 t/ha, bem abaixo do observado neste trabalho. Sob diferentes relações K:Ca:Mg na solução nutritiva, a cultivar Sweet Million apresentou maior produção (1,69 kg planta<sup>-1</sup> – 52,98 t em 120 dias) (ABRAHÃO et al.,

2011).

O número de frutos, o peso médio de frutos e o peso médio do cacho não apresentaram diferenças significativas em relação às doses, bem como a interação com a posição dos cachos pelo teste F a 5% de probabilidade. No entanto, tais variáveis foram influenciadas pelo efeito isolado da posição do cacho (Figura 1). Observa-se acréscimo gradativo no número de frutos e um declínio acentuado do peso médio dos mesmos com relação à posição do cacho. A produção dos frutos do quarto cacho foi mais tardia quando comparada aos demais cachos, ou seja, a planta já estava próxima aos 90 dias após o transplantio, e possivelmente a solução nutritiva já se encontrava desbalanceada, uma vez que as re-adições de nutrientes, conforme redução da condutividade elétrica até 30% de depleção, não supria a solução com a quantidade exata de nutrientes utilizadas pelas plantas. Watthier et al. (2008), avaliando o rendimento do tomate cereja Vermelho, linha *Blue Line* (Topseed Garden®) em função da aposição do cacho floral e da concentração de nutrientes da solução nutritiva observaram que a posição não influenciou as variáveis número de frutos, peso médio e peso do cacho.

Do primeiro cacho produzido por planta ao quarto cacho, o peso dos frutos variou de 16 a 20 g, sendo que o número de frutos produzidos por cacho variou de 20 a 40 frutos. Tais resultados são superiores aos encontrados na literatura. Os frutos da cultivar Sweet Grape, submetida a diferentes relações de K:Ca:Mg, pesaram em média 9g (ABRAHÃO et al., 2011). Em média, o número de frutos por cacho e o peso médio do fruto foi de 18,58 e 11,94 g, respectivamente, em plantas de tomateiro Cereja Vermelho, sob diferentes concentrações salinas da solução nutritiva (WATTIER et al., 2008).

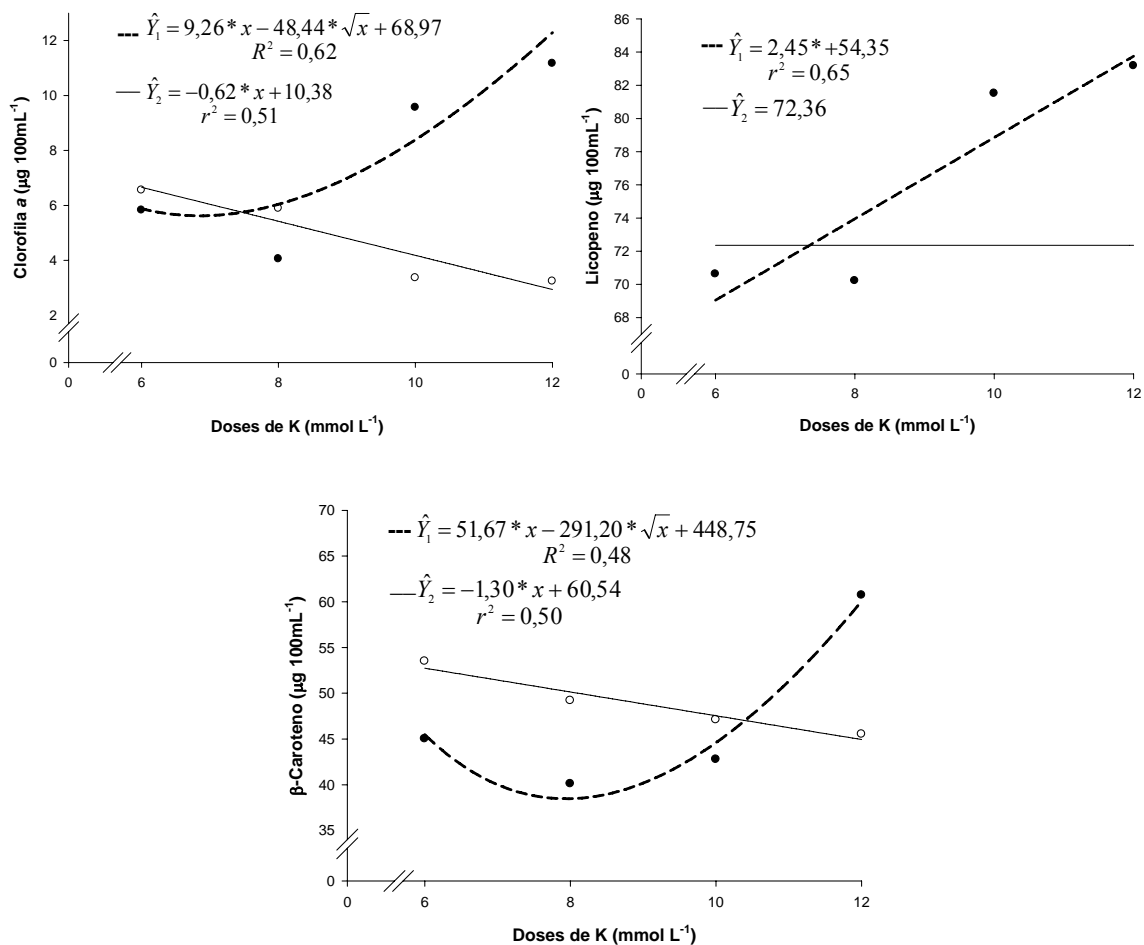




**Figura 1** – Número de frutos (NF), peso médio de frutos (PMF) e peso médio do cacho (PMC) em função da posição do cacho (1, 2, 3, 4) em plantas de tomateiro cereja híbrido Sindy, cultivado em sistema hidropônico de subirrigação.

\* Significativo a 5% pelo teste t.

Das variáveis relacionadas à qualidade dos frutos, somente as concentrações de clorofila *a*, licopeno e  $\beta$ -caroteno, foram influenciados pelas doses crescentes de K (Figura 2). As concentrações de clorofila *a* foram favorecidas pelas maiores doses de K, no primeiro cacho, enquanto que no quarto cacho à medida que se aumentou as doses, o teor de clorofila *a* diminuiu. O licopeno, no primeiro cacho, foi influenciado pelas doses alcançando  $83,75 \mu\text{g } 100 \text{ mL}^{-1}$ , enquanto que no quarto cacho não houve efeito das doses. O  $\beta$ -caroteno no primeiro cacho, também foi influenciado pela maior dose. Taber et al. (2008) em estudo sobre a influência da cultivar sob adubação potássica sobre o conteúdo de licopeno nos frutos, observaram que a cultivar ‘Fla 8153’ continha  $9,5 \text{ mg kg}^{-1}$  a mais de licopeno nos frutos do que a cultivar ‘Spring Mountain’, cuja concentração de licopeno não foi influenciada pela adubação potássica. Os autores observaram ainda que a concentração de licopeno aumentou 21,7% com a dose máxima de potássio aplicado ao solo ( $372 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Apesar de não ter havido efeito das doses para os sólidos solúveis totais (SST), no presente estudo, estes foram superiores aos encontradas na literatura ( $7,45 \text{ }^\circ\text{Brix}$ ) (GUSMÃO et al., 2000; FELTRIN et al., 2005; BLANCO & FOLEGATTI, 2008).



**Figura 2** – Teores de clorofila *a*, licopeno e  $\beta$ -caroteno de frutos do primeiro cacho ( $\hat{Y}_1$ ) e do quarto cacho ( $\hat{Y}_2$ ) de tomateiro cereja híbrido Sindy, cultivado em sistema hidropônico de subirrigação, sob doses crescentes de K.

\* Significativo a 5% pelo teste t.

Nos frutos do primeiro cacho, as maiores doses de K contribuíram para o aumento da concentração de clorofila *a*,  $\beta$ -caroteno e licopeno, enquanto que o mesmo não foi observado com os frutos do quarto cacho, evidenciando o desbalanço da solução nutritiva. Como dito anteriormente, os SST foram superiores aos encontrados em estudos recentes, sendo essa a variável que proporciona o sabor característico do tomate que configura a qualidade do produto. Assim, torna-se fundamental o balanço nutricional em cultivos de

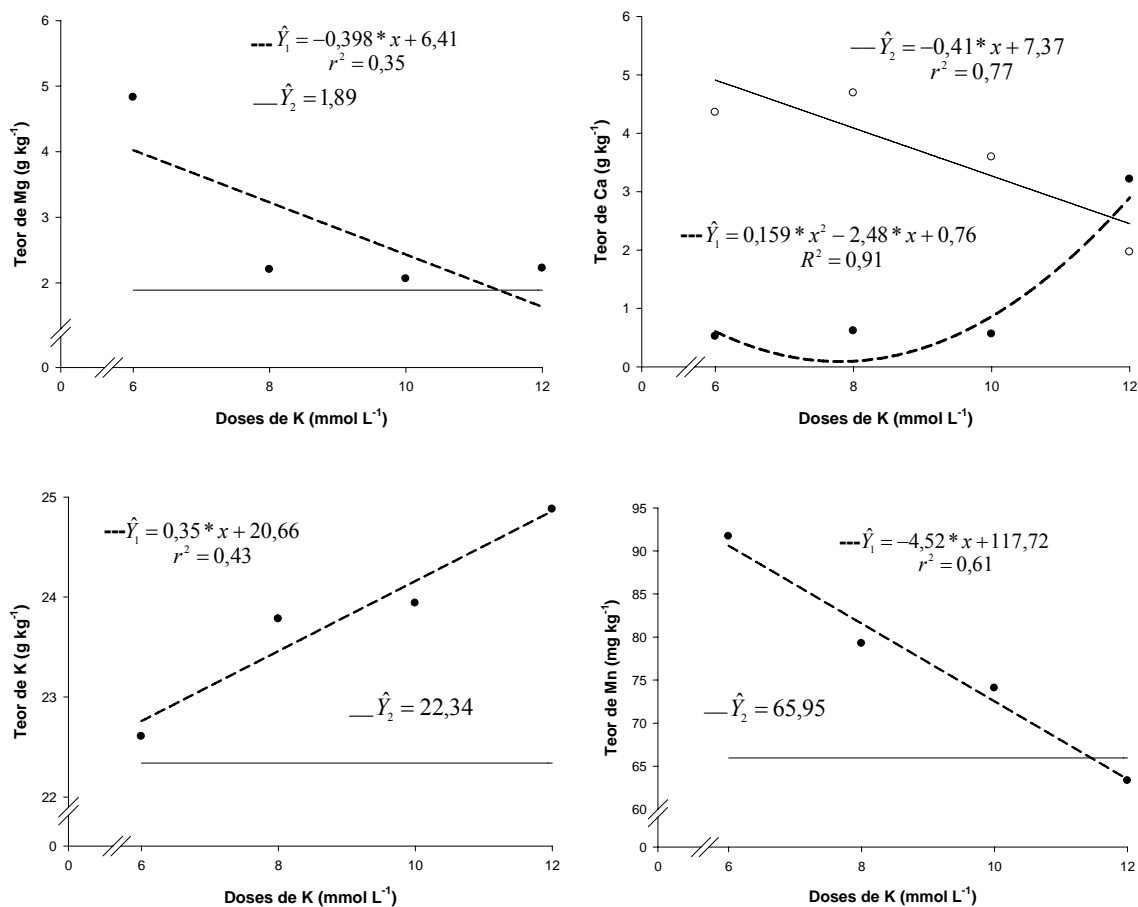
tomateiro de forma a explorar todo o potencial das variedades e se reduzir a adição de fertilizantes.

A produção e as características como teor de vitamina c, acidez total titulável e sólidos solúveis totais não sofreram o efeito das doses crescentes de K, que somente proporcionaram o aumento das concentrações de clorofila *a*, licopeno e  $\beta$ -caroteno nos frutos do primeiro cacho. Dessa forma, os resultados indicam que a menor dose ( $6 \text{ mmol L}^{-1}$ ) é suficiente para a obtenção de frutos do tomateiro cereja híbrido Sindy, de boa qualidade. Feltrin et al. (2005), avaliando a produtividade e qualidade de frutos das cultivares de tomateiro cereja Sweet Million, Rocio e Densus fertirrigadas com cloreto e sulfato de potássio, observaram que as fontes de potássio, com relação às características de qualidade, somente influenciaram o pH (FELTRIN et al., 2005). Já Ramírez et al. (2009), trabalhando com o tomateiro híbrido ‘Gabriela’ em casa de vegetação, observaram efeito positivo do aumento das concentrações de K na solução nutritiva sobre o conteúdo de licopeno e  $\beta$ -caroteno nos frutos.

Os teores dos nutrientes K, Mg, Mn nos frutos do primeiro cacho e de Ca, no primeiro e quarto cacho foram influenciados pelas doses de K (Figura 3). Observa-se que a concentração de Mg decresceu com o incremento das doses chegando a  $1,64 \text{ g kg}^{-1}$  na maior dose ( $12 \text{ mmol L}^{-1}$ ). O teor de Ca nos frutos do primeiro cacho aumentou com a elevação das doses, já nos frutos do quarto cacho seu teor diminuiu linearmente. O teor de K apresentou ajuste linear com o incremento das doses, enquanto que o teor de Mn decresceu. Por ocasião da produção do quarto cacho, a demanda da planta era maior. Dessa forma, a maior dose aplicada ( $12 \text{ mmol L}^{-1}$ ) foi insuficiente para incrementar a qualidade nos frutos deste cacho. Além disso, processos como a manutenção do equilíbrio iônico ou da eletroneutralidade nas plantas estão relacionados à interação competitiva entre os cátions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$  (DIBB & THOMPSON JR., 1985).

A competição observada no presente estudo indica que o acúmulo de K com o tempo prejudicou a absorção de outros cátions, principalmente de Ca. No entanto, mesmo diminuindo com o incremento de K, tais cátions não se mostraram insuficientes. O aumento na concentração de K nos frutos indica que este nutriente pode ter influenciado diretamente o metabolismo do fruto, devido às alterações observadas nas características de qualidade avaliadas. Os teores dos nutrientes N, P, K, S, Mg e relação K/Ca nos frutos de tomateiro

cv. Santa Clara, fertirrigado com potássio em solo coberto com polietileno preto não foram influenciados pelos tratamentos, no entanto, o teor de Ca foi maior com o uso de cobertura plástica (0,17 dag kg<sup>-1</sup>). Os autores acreditam que a maior disponibilidade de K favorece a competitividade entre este e o Ca, devido a menor conservação de água sem a cobertura plástica (SAMPAIO & FONTES, 1998). Em média, os teores de Mg e Ca em frutos de tomateiro cereja são de 15,45 e 20,77 mg 100g<sup>-1</sup> de amostra (COSTA, 2009).



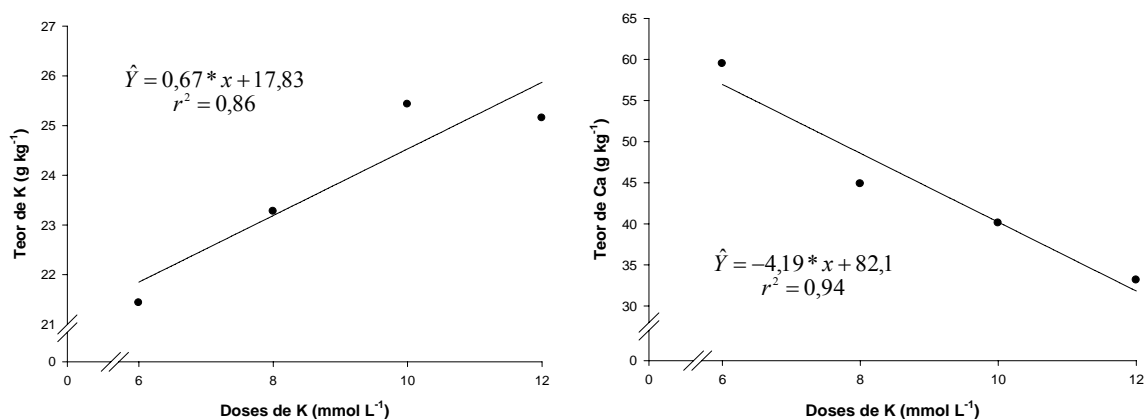
**Figura 3** – Concentração dos nutrientes Mg, Ca, Mn e K nos frutos do primeiro cacho ( $\hat{Y}_1$ ) e do quarto cacho ( $\hat{Y}_2$ ) de tomateiro cereja híbrido Sindy, cultivado em sistema hidropônico de subirrigação, sob doses crescentes de K.

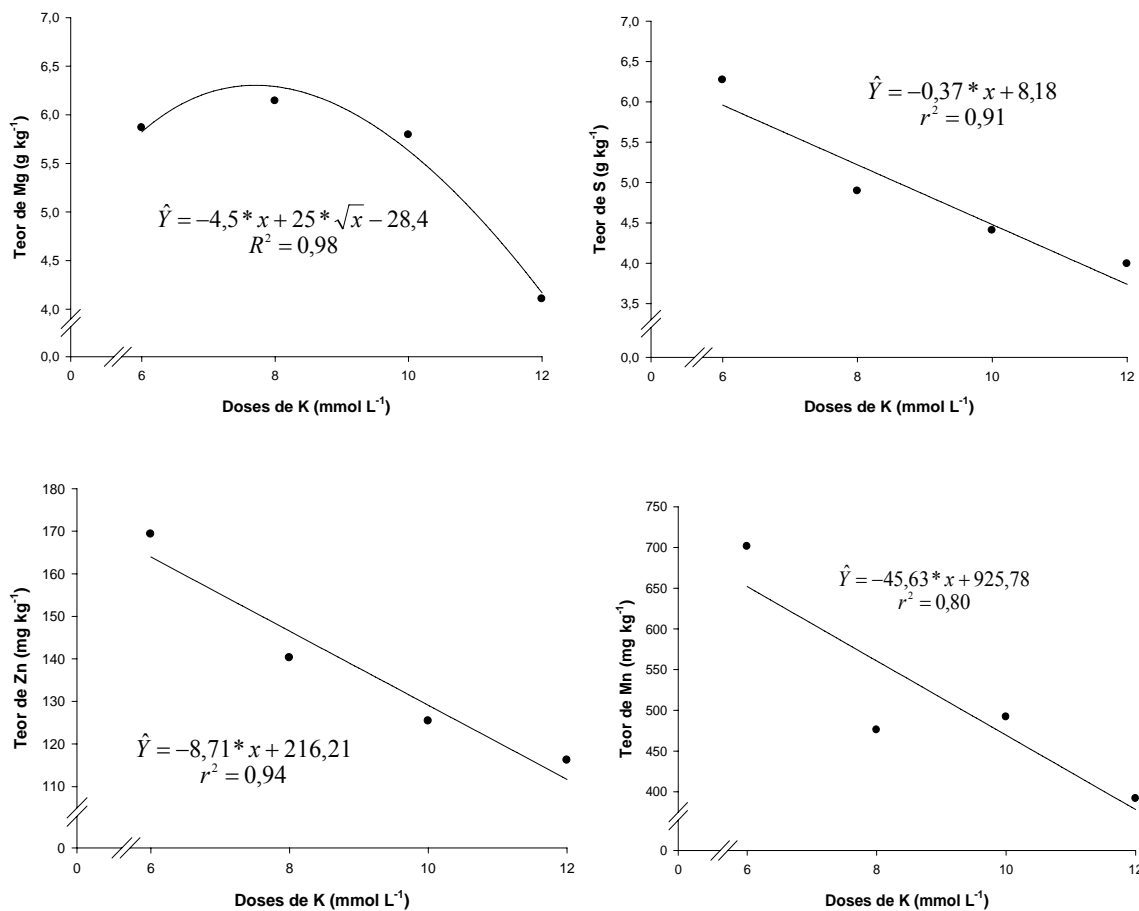
\* Significativo a 5% pelo teste t.

As doses de K exerceram efeito sobre os teores dos macronutrientes K, Ca, Mg e S e sobre os micronutrientes Zn e Mn, na terceira folha completamente expandida acima do quarto cacho na ocasião do início da formação de frutos (Figura 4). Somente o teor de K

aumentou linearmente com o aumento da concentração de K na solução nutritiva. Com o aumento dos teores de K na planta pode ocorrer inibição da absorção de Ca e Mg, contribuindo para a má formação da lamela média, desequilíbrio do funcionamento da membrana plasmática e baixa formação de ATP (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006). No capítulo 2 deste trabalho, quando se avaliou o acúmulo de nutrientes em diferentes épocas, o K foi o segundo nutriente mais acumulado pelas plantas, enquanto que o incremento de Ca apesar ter sido crescente, foi menor do que o observado na literatura, sugerindo a existência de uma competição entre os cátions.

Pela figura 4, observa-se que a concentração foliar de K foi inferior ao encontrado na literatura que é de 30 a 50 g kg<sup>-1</sup>, enquanto que Ca, Zn e Mn estiveram acima da faixa (13 a 38 g k<sup>-1</sup>, 60 a 70 mg kg<sup>-1</sup> e 50 a 250 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente); e Mg e S permaneceram dentro da faixa (4 a 6) (MALAVOLTA et al., 1997; SILVA & GIORDANO, 2000; SILVA et al., 2001; FERNANDES et al., 2002; FONTES, 2004). As diferenças observadas quanto aos teores dos nutrientes não influenciaram a produção das plantas de tomateiro, que como mencionado anteriormente, foi superior ao encontrado em trabalhos recentes. Além disso, os teores dos nutrientes dependem de vários fatores como a concentração deles na solução nutritiva, a época do plantio, a idade da planta, as condições climáticas, bem como as interações ocorridas entre os nutrientes (CARVALHO et al., 2004; LIMA et al., 2011). Suzuki et al. (2010), avaliando diferentes fontes de N e K via fertirrigação em tomateiro tomateiro longa vida “Alambra” safra 2008-2009, observaram que os teores foliares dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg permaneceram dentro da faixa considerada ótima, enquanto os micronutrientes Mn, Zn e Cu apresentaram teores acima do normal ou excessivos, por razões de contaminação por fungicidas (SUZUKI et al., 2010).





**Figura 4** – Teor de macro e micronutrientes na folha terceira acima do quarto cacho de tomateiro cereja híbrido Sindy, cultivado em sistema hidropônico de subirrigação, sob doses crescentes de K.

\* Significativo a 5% pelo teste t.

## CONCLUSÕES

- A dose de 6 mmol L<sup>-1</sup> foi suficiente para garantir a produção e a qualidade do tomateiro cereja híbrido Sindy.
- Houve efeito nas concentrações de K, Ca, Mg e Mn nos frutos do tomateiro com o incremento das doses de K.
- O aumento da dose de K na solução nutritiva desfavoreceu o teor foliar dos

nutrientes Ca, Mg, S, Zn e Mn.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, C.; VILLAS BÔAS, R.L.; SILVA, V.C.; RAMOS, A.R.P.; CAMPAGNOL, R.; BARDIVIESSO, D.M. Produção de mini-tomate em função de diferentes relações K:Ca:Mg na solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.3813-3819, 2011. (Suplemento)

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 302p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C.- **Official methods of analysis**. 12 ed. Washington, D.C., 1975. 1094 p.

AZEVEDO, V.F. **Produção orgânica de tomateiro tipo “cereja”: comparação entre cultivares, espaçamentos e sistemas de condução da cultura**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2006. 79f.

BARRETO, L.P.; BEZERRA NETO, E. **O potássio no metabolismo vegetal**. UFRPE. Recife, 2000. 58p.

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.122-127, 2008.

BOARETTO, A. E.; BULL, L. T.; PIERI, J. C.; CHITOLINA, J. C.; SOARES, E. Doses de potássio na adubação do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) estaqueado. **Revista Agropecuária**, v.58, p.209-212, 1983.

CARDOSO, F.B. Produtividade e qualidade de tomate com um e dois cachos em função da densidade de plantio, em hidroponia. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007. 49p.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D. M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p. (Manual Técnico)

CARVALHO, J.G.; BASTOS, A.R.R.; ALVARENGA, M.A.R. Fertirrigação. In: ALVARENGA, M.A.R. (ed). **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em**

**hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, 2004. p. 63-120.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. de. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43p.

CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras : ESAL/FAEPE, 1990. 320p.

COSTA, F.F. **Avaliação da composição em micronutrientes do tomate consoante a variedade e modo de colheita**. Dissertação (Nutrição Médica) – Universidade de Coimbra – Faculdade de Medicina. 2009. 98f.

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**, v.19, n.3, p.207-209, 2001.

DIBB, D. W., THOMPSON JR., W. R. Interacion of potassium with other nutrients. In: MUNSON, R. D. (Ed.) **Potassium in agriculture**. Madison: ASA, CSSA, SSA, p. 515-533, 1985.

FELTRIN, D.M.; POTT, C.A.; FURLANI, P.R.; CARVALHO, C.R.L. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.4, n.1, p.17-24, 2005.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.4, p. 564-570, 2002.

FERNANDES, C.; CORÁ, R.E.; BRAZ, L.T. (b) Classificação de tomate cereja em função do tamanho e peso dos frutos. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.275-278, 2007.

FONTES, P.C.R.; LOURES, J.L.; GALVÃO, J.C.; CARDOSO, A.A.; MANTOVANI, E.C. Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.614-619, 2004.

GENUNCIO, G.C.; SILVA, R.A.C.; SÁ, N.M.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A.P. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.446-452, 2010.

GOMES, J.V.S.; DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; BLANCO, F.F.; SOUZA NETO, O.N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de

dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.850-856, 2011.

GUSMÃO, S.A.L.; PÁDUA, F.G.; GUSMÃO, M.T.A.; BRAZ, L.T. Efeito da cobertura do solo com filme de polietileno e da densidade de plantio na produção de tomate tipo “cereja”. In: 40º CONGRESSO BRASILEIRO IBERO-AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICO NA AGRICULTURA E 2º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE PRODUÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES, 2000, São Pedro. **Anais...** Brasília: SOB/FCAV-UNESP, 2000. v.18, p.571-572.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v.24, n.4, p.182, 2011.

JACKSON, M.L. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: JACKSON, M.L. (Ed.) **Soil chemical analysis**. Englewood cliffs: Prentice Hall, 1958. p.183-204.

KRUMBEIN, A.; AUERSWALD, H. Characterization of aroma volatiles in tomatoes by sensory analyses. **Nahrung**, v.42, p.395-399, 1998.

LIMA, A.A.; ALVARENGA, M.A.R.; RODRIGUES, L.; CARVALHO, J.G. Concentração foliar de nutrientes e produtividade de tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácidos húmicos. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.63-69, 2011.

MACHADO, J.O.; BRAS, L.T.; GRILLI, G.V.G. Desempenho de produção de cultivares de tomateiro tipo cereja em diferentes espaçamentos. In: 43º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2003. **Anais...** Brasília: ABH. Horticultura Brasileira 21. (Suplemento CD-ROM)

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. POTAFOS, 1989. 201p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Ed.UFV, 2005. 451p.

MARTINEZ, H.E.P. Manual prático de hidroponia. Aprenda Fácil, Viçosa, MG. 271p. 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995.

MELO, A.S.; BRITO, M.E.B.; DANTAS, J.D.M.; SILVA JÚNIOR, C.D.S.;

FERNANDES, P.D.; BONFIM, L.V. Produção e qualidade do pimentão amarelo sob níveis de potássio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p.17-21, 2009.

MORAES, C.A.G.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v.20, p. 105-113, 1999.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology**, v.39, n.10, p.925-928, 1992.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédia: ENA, 2004. 192p.

RAMÍREZ, S.L.F.; MURO, E.J.; SÁNCHEZ, G.P. Potassium effects the lycopene and b-carotene concentration in greenhouse tomato. **Acta Horticulturae**, v.821, p.223-228, 2009.

ROCHA, M.Q. **Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico**. Dissertação (Mestrado do Programa de pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas. 2009. 129f.

ROCHA, M.Q.; PEIL, R.M.N.; COGO, C.M. Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.466-471, 2010.

RODRIGUES, M.B.; DORNELLES, A.L.C.; SILVA, V.O.M.Z.; PESSOA, C.A.; SERRALHA, B.C.S.; SILVA, D.A.G.; PEREIRA, M.B. Caracterização morfológica de 25 cultivares de tomateiro tipo cereja – caracteres da planta. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.2261-2267, 2008.

SAMPAIO, R.A.; FONTES, P.C. Qualidade de frutos de tomateiro fertirrigado com potássio em solo coberto com polietileno preto. **Horticultura Brasileira**, v. 16, n. 2, p. 136-139, 1998.

SASAKI, J.L.S.; SENO, S. Importância da adubação na qualidade de algumas olerícolas (alho, cebola, couve flor, pimentão e tomate). In: SÁ, E.; BUZZTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.331-343.

SILVA, E.C.; MIRANDA, J.R.P.; ALVARENGA, M.A.R. Concentração de nutrientes e produção do tomateiro podado e adensado em função do uso de fósforo, de gesso e de fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.19, p.64-69, 2001.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília:

Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia - Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.

SUZUKI, S.; FELTRIM, A.L.; MUELLER, S.; WAMSER, A.F.; VALMORBIDA, J. Avaliação de fontes de N e K aplicados via fertirrigação no tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.3933-3939, 2010. (Suplemento)

TABER, H.; PERKINS-VEAZIE, P.; LI, S.; WHITE, W.; RODERMEL S.; XU, Y. Enhancement of tomato fruit lycopene by potassium is cultivar dependent. **HortScience**, v.43, p.159-165, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAKAHASHI, H. W. Nutrição e adubação de tomate estaqueado. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 301-322.

TANDO, K. S.; BALDWIN, E. A.; SCOTT, J. W.; SHEWFELT, R. L. Linking sensory descriptors to volatile and non-volatile components of fresh tomato flavour. **Journal of Food Science**, v.68, p.2366–2371, 2003.

TRANI, P.E.; PASSOS, F.A.; MELO, A.M.T.; RIBEIRO, I.J.A. Avaliação da produtividade e qualidade comercial de quatro genótipos de tomate do tipo “cereja”. In: **Workshop Tomate na Unicamp: Pesquisas e tendências**. Campinas, 2003.

WATTHIER, M.; ROCHA, M.Q.; COGO, C.M.; MARQUES, G.N.; PEDÓ, T.; PEIL, R.M.N. Rendimento do tomate cereja em função da posição do cacho floral e da concentração de nutrientes da solução nutritiva. In: XVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E X ENCONTRO DE PÓS GRADUAÇÃO, Pelotas: RS. **Resumos...** Universidade Federal de Pelotas, 2008.

## ARTIGO 2

### CRESCIMENTO DE PLANTAS DE TOMATEIRO CEREJA EM SISTEMA HIDROPÔNICO, SOB DOSES DE K

#### RESUMO

O potássio age nas plantas regulando reações de síntese e participa ainda na

translocação de fotoassimilados, alongação celular e reações enzimáticas relacionadas à fotossíntese, respiração, síntese de amidos, proteínas e lignina. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho caracterizar o crescimento das plantas de tomateiro cereja em sistema hidropônico, sob doses crescentes de potássio. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com todas as combinações do primeiro fator composto pelas seis coletas quinzenais (26, 41, 56, 71, 86 e 101 dias após o transplântio - DAT) e do segundo fator correspondendo às quatro doses de potássio (6, 8, 10 e 12 mmol L<sup>-1</sup>), com uma planta como unidade experimental. Em cada coleta determinou-se acúmulo de massa seca de folhas, caules, raízes, inflorescências e frutos; área foliar; número de inflorescências e frutos; comprimento e volume radicular; além dos índices fisiológicos: taxa de crescimento relativo (TCR), razão e índice de área foliar (RAF e IAF), taxa assimilatória líquida (TAL) e razão raiz-parte aérea (RRPA). Também foi avaliado o acúmulo dos nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, caules e raízes. Doses de K entre 6 e 12 mmol/L não influenciaram o crescimento do tomateiro tipo cereja. A taxa de crescimento relativo reduziu-se gradativamente ao longo do período de avaliação. Os acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas foram máximos aos 101 DAT, atingindo, respectivamente: 4850; 35,35; 928,17; 828,39; 228,41 e 190,42 mg.

**Palavras-chave:** *Lycopersicon esculentum* Mill., solução nutritiva, análise de crescimento, sub-irrigação

## ABSTRACT

### GROWTH OF CHERRY TOMATO PLANTS IN HYDRIPONIC UNDER DOSES OF K

The potassium in plants works regulating synthesis reactions and also participates in the translocation of assimilates, cell elongation and enzymatic reactions related to photosynthesis, respiration, synthesis of starch, protein and lignin. Thus, the aim of this work was to characterize the growth of cherry tomato plants in hydroponic, under

increasing doses of potassium. The experiment was carried out in the greenhouse of the Crop Science Department of the Federal University of Viçosa. The experimental design was completely randomized in which the treatments were all combinations of the first factor composed of six samples (26, 41, 56, 71,86 and 101 days after transplant - DAT) and the second factor corresponding to the four potassium (6, 8, 10 and 12 mmol L<sup>-1</sup>), with a plant as experimental unit. At each harvest was determined the dry mass of leaves, stems, roots, flowers and fruit, leaf area, number of inflorescences and fruits, root length and volume, besides the physiological indices: relative growth rate, reason and leaf area index, net assimilation rate and root-shoot ratio. It was also evaluated the accumulation of nutrients: nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur in leaves, stems and roots. The doses of K between 6 and 12 mmol L<sup>-1</sup> not influence the growth of cherry tomato. The relative growth rate was reduced during the evaluation period. The accumulation of N, P, K, Ca, Mg and S in leaves were maximum at 101 DAT, reaching respectively: 4850; 35,35; 928,17; 828,39; 228,41 and 190,42 mg.

**Keywords:** *Lycopersicon esculentum* Mill, nutritive solution, growth analysis, subirrigation

## INTRODUÇÃO

O sistema hidropônico de produção vem se destacando nas últimas décadas no Brasil. Apesar de ser uma prática jovem, se expande para as regiões próximas aos grandes centros urbanos, ambientes de terras agricultáveis escassas, caras e com grande demanda por produtos hortícolas (MARTINEZ, 1997). Além disso, os hidrocultores brasileiros vêm buscando espécies alternativas para cultivo, no intuito de diversificar a produção. As hortaliças de folhas eram o carro chefe da produção hidropônica, no entanto, a produção de hortaliças de frutos vem ganhando espaço nas hidroponias pelo país (MONTEZANO, 2007), sendo o tomateiro uma cultura de boa adaptação a esse sistema (FERNANDES et al., 2002; ANDRIOLLO et al., 2004; GENÚNCIO et al., 2006).

Tem-se observado uma crescente demanda pelas variedades de tomate cereja, que tem recebido grande aceitação pelo consumidor. Além disso, elas têm despertado o interesse por parte dos produtores pelos lucros de mercado (TRANI et al., 2003). Por ser uma hortaliça exótica, sempre é incorporada ao cardápio de restaurantes pelo seu tamanho

reduzido, o que evita desperdício, e pela delicadeza da forma, o que dá requinte aos pratos (MACHADO et al. 2003). Devido a essa demanda, vem se intensificando o número de pesquisas que visam o estudo desse grupo de tomate (ROCHA, 2009; RODRIGUES et al., 2008; GOMES et al., 2011).

O tomateiro apresenta boa resposta à adubação, dessa forma deficiências ou excessos nutricionais podem influenciar a produtividade e a qualidade dos frutos. Dentre os macronutrientes, vários estudos demonstram a importância do K para o tomateiro, relacionada à sua função fisiológica. O potássio age nas plantas regulando reações de síntese (TAIZ & ZEIGER, 2004) e participa ainda na translocação de fotoassimilados, alongação celular e reações enzimáticas relacionadas à fotossíntese, respiração, síntese de amidos, proteínas e lignina (MALAVOLTA et al., 1989; BARRETO & BEZERRA NETO, 2000; COSTA et al., 2001; MARENCO & LOPES, 2005). Em pimentão cultivado sob níveis de potássio em ambiente protegido, o aumento nos níveis deste nutriente elevou o peso total de frutos da classe A (maior que 100g) e B (entre 50 e 100g), ao mesmo tempo que reduziu o de frutos da classe C (abaixo de 50g) (MELO et al., 2009), por favorecer uma melhor condutância estomática e acúmulo de carboidratos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O conhecimento acerca do crescimento das espécies de plantas cultivadas favorece o planejamento de métodos de cultivo que permitam o bom desenvolvimento das mesmas, resultando em boa produtividade. Define-se como análise de crescimento o estudo de um conjunto de plantas de forma a descrever e interpretar o desenvolvimento de uma determinada espécie ou variedade, nas condições de cultivo impostas (HUNT, 1990). Trata-se da quantificação seqüencial da acumulação de matéria orgânica, de forma destrutiva, onde a amostra, geralmente em massa seca, deve representar a população estudada (OLIVEIRA et al., 2006).

Várias determinações são feitas com o intuito de se analisar o crescimento. A área foliar determina o acúmulo de matéria seca, o metabolismo vegetal, o potencial fotossintético, o rendimento e a qualidade da colheita (JORGE & GONZALEZ, 1997). O índice de área foliar (IAF) é um parâmetro determinante da produtividade da cultura alvo (OLIVEIRA et al., 2006). O acúmulo de matéria seca total e das partes da planta, além do incremento de área foliar são quantificados em função do tempo e contribuem com a estimativa de alguns índices fisiológicos como taxa de crescimento relativo (TCR), taxa

assimilatória líquida (TAL) e razão de área foliar (RAF), entre outros (BENINCASA, 2003). Lopes et al. (2010) avaliando o crescimento, desenvolvimento e índices fisiológicos de plantas de tomate 'SM-16', cultivadas sob diferentes coberturas de solo observaram que o valor máximo de área foliar foi obtido aos 74 DAT. A TCR em plantas de tomateiro variedade Cereja Vermelho alcançou valor máximo no estágio inicial de cultivo, seguido de decréscimo significativo alcançando valor próximo de zero ao final do experimento (ROCHA, 2009).

É sabido que o potássio é extremamente importante para regulação osmótica celular, contribuindo com a abertura e fechamento estomático, conseqüentemente com o transporte de carboidratos (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Meurer (2006) afirma que o K favorece o incremento de massa de raízes, aumento na resistência a seca e ao ataque de pragas e doenças. Além disso, o tomate cereja é um grupo de alta produtividade que vem ganhando espaço entre os consumidores, e o conhecimento sobre a dinâmica do desenvolvimento e nutrição das plantas desse grupo é de grande importância para o planejamento correto do cultivo, garantindo seu sucesso. Dessa forma, objetivou-se com este estudo caracterizar o crescimento das plantas de tomateiro cereja em sistema hidropônico, sob doses crescentes de potássio.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de junho a outubro de 2010. Foi utilizado mini tomate longa vida híbrido Sindy (Sakama).

A semeadura foi feita em espuma fenólica de 5 x 5 x 3,8 cm. As mudas foram irrigadas com solução nutritiva segundo Fernandes et al., (2002), a ½ da força iônica, com a frequência de uma vez ao dia, após às 18 horas, de forma a saturar o substrato. Quando apresentaram de três a cinco folhas definitivas, foram transplantadas para o sistema de sub-irrigação, no espaçamento de 0,3 m entre plantas e uma fileira por calhetão, totalizando 10 plantas por parcela.

As parcelas experimentais foram constituídas por calhetões de cimento amianto de 0,85 m de largura na parte superior; 0,60 m de largura na base; 0,20 m de altura e 3,75 m de

comprimento, impermeabilizados com as extremidades fechadas, preenchidos com argila expandida (cinasita) e dispostos em blocos ao acaso na casa de vegetação. A solução nutritiva foi fornecida por sub-irrigação, a partir do bombeamento do conteúdo de caixas de fibra, impermeabilizadas e com 1000 L de capacidade. Cada caixa forneceu a solução nutritiva correspondente aos tratamentos para quatro calhetões.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. As plantas foram cultivadas em solução de crescimento vegetativo com 100 % de força iônica contendo: 8; 2; 4; 2; 1; e 1 mmol L<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg, S e 35; 19; 21; 4; 0,9; e 0,7 μmol L<sup>-1</sup> de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo, respectivamente. Com emissão dos primeiros cachos a solução nutritiva ministrada foi a de frutificação contendo: 12; 3; 3; 1,5; 1,5 mmol L<sup>-1</sup> de N, P, Ca, Mg, S e 59; 20; 25; 4; 1,3 e 0,7 μmol L<sup>-1</sup> de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo, respectivamente. Os tratamentos consistiram das diferentes concentrações de K na solução nutritiva, na fase reprodutiva das plantas, ou seja, variando de 6, 8, 10 e 12 mmol L<sup>-1</sup>. Tais formulações estão de acordo com trabalho realizado por Fernandes et al. (2002).

O volume da solução, monitorado dia a dia, foi completado com água até o volume inicial de 1000 L em cada caixa. O pH da solução foi monitorado e mantido entre 5,5 e 6,5 mediante ajustes com a adição de HCl ou NaOH. Foram realizadas re-adições periódicas das soluções, conforme a redução da condutividade elétrica até 30% de depleção.

As plantas foram tutoradas com fitilho, e conduzidas com duas hastes, sendo a poda apical realizada quando cada planta apresentou três folhas acima do quarto cacho, deixando-se em média 20 frutos por cacho, quando não ramificado. Já nos cachos ramificados, foi estabelecido o limite de 12 frutos por ramificação. Desbrotas e podas ocorreram durante o experimento para o controle do número de frutos e retirada de brotos laterais. Armadilhas com a finalidade de atrair e reduzir a população de pragas vetores de viroses, como mosca-branca e pulgões foram espalhadas no interior da casa de vegetação na altura das plantas. Cada armadilha ‘pega-moscas’ correspondia a uma folha de plástico amarelo, fixado em hastes de madeira, e coberto com óleo mineral para a fixação dos insetos que são atraídos por essa cor.

As coletas quinzenais foram realizadas, a partir dos 26 DAT, retirando-se uma planta de cada tratamento para realização de análises de crescimento, em que se quantificou a produção de matéria seca das partes: folha, caule, raiz, inflorescências e frutos.

Determinou-se também a área foliar acumulada, o comprimento da raiz principal e volume radicular, obtido pelo método de deslocamento de água em proveta. Com base nesses dados foram calculados os índices de crescimento:

a) incremento de matéria seca total ( $W_t$ ), de folhas ( $W_f$ ), de caule ( $W_s$ ) e de raízes ( $W_r$ ), taxa de crescimento relativo – consiste no somatório de massa seca de todos os órgãos da planta, folhas, caule e raízes, respectivamente.

b) taxa de crescimento relativo (TCR) – é o aumento da massa seca por planta, obtida pela equação:  $TCR = dW/dt$ , onde:

$dW$  = incremento de matéria seca no tempo 2 menos biomassa inicial;

$dt$  = tempo 2 menos tempo 1

c) taxa assimilatória líquida (TAL) – é dada pela taxa de produção de massa seca expressa por unidade de área foliar total, em unidade de massa por unidade de área por unidade de tempo dada pela equação:  $TAL = (1/\text{Área Foliar}) \times (dW/dt)$ , onde:

$dW$  = incremento de matéria seca no tempo 2 menos biomassa inicial;

$dt$  = tempo 2 menos tempo 1

d) razão de área foliar (RAF) – é a razão do material de assimilação por unidade de material vegetal presente, expresso em unidades de área por unidades de massa, obtida pela equação:  $RAF = \text{Área foliar}/W$ , onde  $W$  é o incremento total de matéria seca da planta

e) índice de área foliar (IAF) – é razão entre a área foliar total da cultura e a área total do terreno, dada pela equação:  $IAF = \text{Área foliar}/ \text{Área total do calhetão}$

f) relação raiz-parte aérea (RRPA) – é o balanço entre o crescimento da raiz e da parte aérea ao longo do tempo.

Também foi avaliado o acúmulo dos nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, caules e raízes. As amostras já secas foram pesadas, moídas e peneiradas realizando-se a digestão sulfúrica para a análise de N pelo método micro-Kjeldahl. Outra sub-amostra foi submetida à digestão nítrico-perclórica sendo o teor de K determinado por fotometria de chama; S por turbidimetria do sulfato, Ca e Mg dosados por espectrofotometria de absorção atômica (A.O.A.C.,1975).

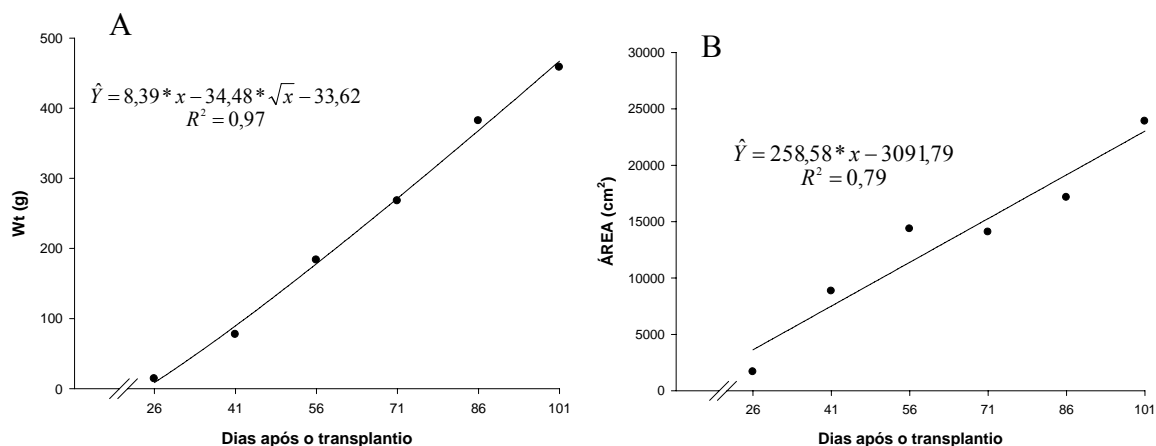
O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com todas as combinações do primeiro fator composto pelas seis coletas quinzenais (26, 41, 56, 71, 86 e 101 dias após o transplântio - DAT) e do segundo fator correspondendo às quatro doses de

potássio (6, 8, 10 e 12 mmol L<sup>-1</sup>), com uma planta como unidade experimental. Os resultados das variáveis analisadas foram submetidos à análise de regressão, ao nível de 5% de significância pelo teste t, utilizando-se o programa estatístico SAEG 9.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as características estudadas, não houve efeito significativo das doses de potássio, apenas o fator tempo de coleta influenciou significativamente. As equações foram então ajustadas às médias das doses e calculados seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2 = \text{SQRegressão}/\text{SQTratamentos}$ ), sendo os coeficientes de regressão significativos pelo teste t a 5% de probabilidade.

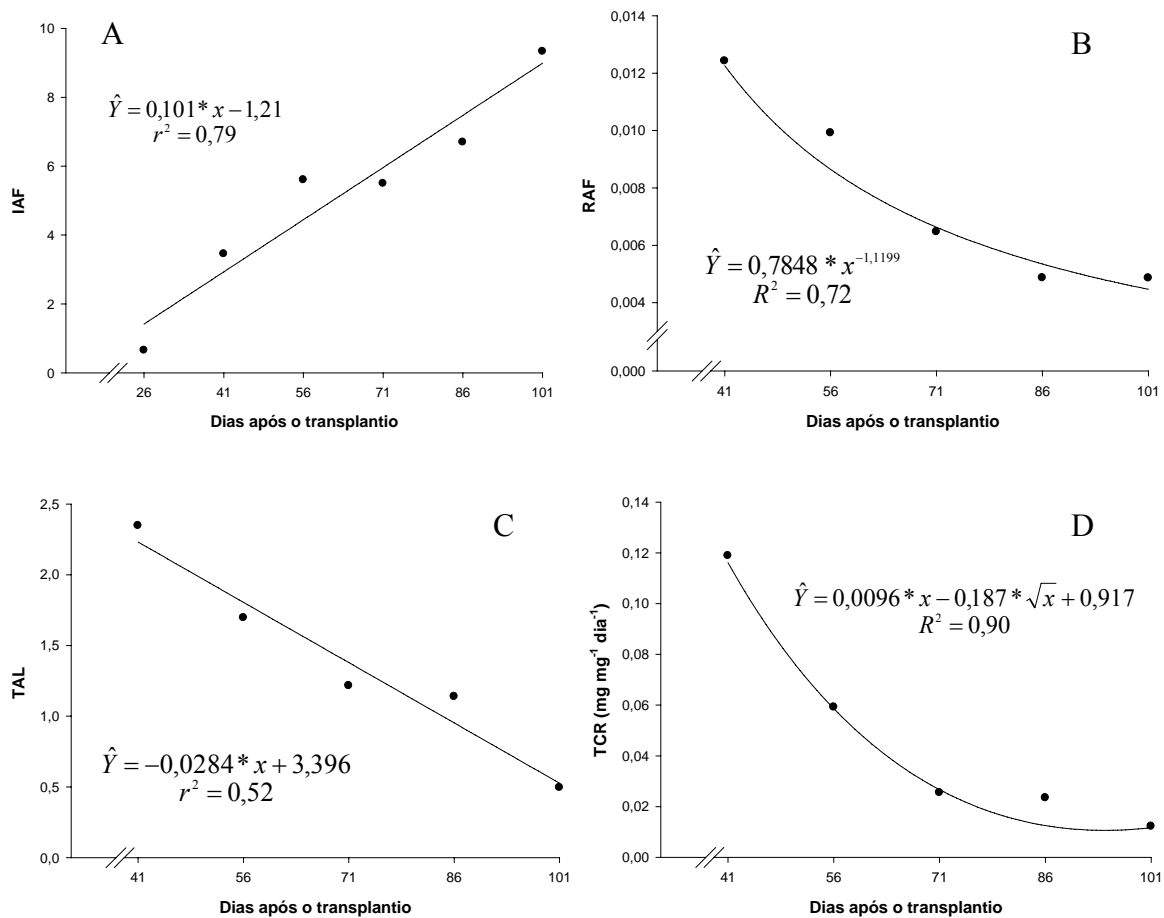
Na Figura 1 encontram-se as variáveis primárias do crescimento, ou seja, fitomassa (Wt) e área foliar. Observa-se pela análise de Wt que ocorreu crescimento contínuo ao longo do tempo, chegando acumular em média 467,25 g de matéria seca por planta aos 101 DAT (Figura 1A). Em relação à área foliar, ocorreu incremento linear ao longo do tempo, atingindo em média 23024,79 cm<sup>2</sup>, aos 101 DAT, proporcionado pelo acúmulo de fitomassa (Figura 1B). Em tomateiro híbrido EF-50, cultivado em ambiente protegido, observou-se que tanto a área foliar quanto o número de folhas aumentaram até os 93 e 81 dias, respectivamente, após o transplântio (FAYAD et al., 2001), enquanto neste estudo, até o 101 dias, as plantas ainda não apresentavam declínio, quanto ao acúmulo de fitomassa. Pode-se inferir que o crescimento inicial mais lento ocorre devido ao processo de fixação da planta, em que o direcionamento dos fotoassimilados é destinado preferencialmente para as raízes em detrimento a parte aérea, em relação à área foliar acumulada. Rocha (2009) observou menor acúmulo de massa de matéria seca (254 g planta<sup>-1</sup>) e menor área foliar (4166 cm<sup>2</sup>) para tomateiro Cereja Vermelho, linha *Blue Line*, em cultivo hidropônico.



**Figura 1** – Acúmulo de matéria seca total (Wt) e área foliar em plantas de tomate cereja cultivado sob sistema hidropônico de sub-irrigação.

\* Significativo a 5% pelo teste t.

É sabido que à medida em que ocorre incremento de área foliar, o índice de área foliar (IAF) também cresce até um valor a partir do qual o autossombreamento comprometerá a eficiência fotossintética (REIS & MULLER, 1979). No presente trabalho, o IAF acompanha o comportamento da área foliar, chegando a 9,3 e 23024,79 cm<sup>2</sup>, respectivamente, aos 101 DAT (Figuras 2A e 1B), valores estes muitos superiores aos encontrados em outros trabalhos (PIVETTA et al., 2007; ROCHA, 2009). Já a razão de área foliar (RAF) declinou à medida que a planta cresceu (Figura 2B), tal fato pode ser explicado tanto pelo aumento na queda de folhas e redução da quantidade de fotoassimilados para produção de novas folhas (COSTA et al., 1989), quanto pelo aumento no padrão de autossombreamento. Em tomateiro submetido à poda do primeiro cacho, a RAF também decresceu ao longo do ciclo da cultura (GUIMARÃES et al., 2009), isto é, mais fotoassimilados foram direcionados para as partes reprodutivas, em detrimento das folhas. Em tomateiro cereja variedade Cereja Vermelho, cultivado em sistema hidropônico durante o ciclo de verão-outono de 2008, a RAF decresceu até aos 50 DAT, indicando a progressiva diminuição de fotoassimilados direcionados às folhas (ROCHA, 2009).



**Figura 2** – Índice de área foliar (A), razão de área foliar (B), taxa assimilatória líquida (C) e taxa de crescimento relativo (D) em plantas de tomate cereja, cultivado sob sistema hidropônico de sub-irrigação.

\*Significativo a 5% pelo teste t.

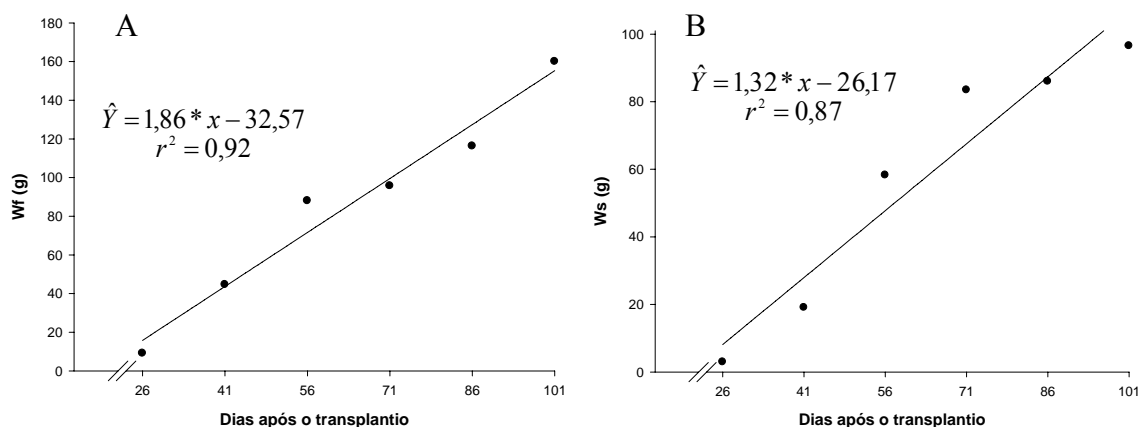
Observou-se uma redução da taxa assimilatória líquida (Figura 2C), possivelmente devido ao fato do intenso aumento da área foliar (Figura 1B), uma vez que essa taxa é influenciada pelo índice de área foliar, radiação solar, balanço hídrico e pelas condições internas da planta (CONCEIÇÃO et al., 2005). Assim, com a expansão foliar o autossombreamento é favorecido e a eficiência do sistema assimilador é desfavorecida, comprometendo a atividade fotossintética, uma vez que a TAL é uma estimativa da fotossíntese líquida. Além disso, com a elevação da capacidade de drenos dos frutos, os fotoassimilados são preferencialmente direcionados para estes órgãos em detrimento dos

tecidos assimilatórios (GUIMARÃES et al., 2009).

A taxa de crescimento relativo (TCR) que representa o principal componente do aumento da matéria seca total da planta reduziu-se gradativamente ao longo do período de cultivo (Figura 2D). A TCR é o produto entre a TAL e a RAF, dessa forma, uma diminuição contínua da RAF pode ocasionar uma posterior redução da TAL e com isso comprometer a TCR da planta. À medida que a planta acumula matéria seca, torna-se necessário maior incremento de fotoassimilados para manutenção dos órgãos, comprometendo o crescimento, o que é visualizado pela TCR (BENINCASA, 2003). A TCR em tomateiro em que o primeiro cacho foi podado foi maior aos 74 dias após a emergência, fase em que havia na planta maior quantidade de tecidos assimilatórios (GUIMARÃES et al., 2009). Rocha (2009) observou valor máximo da TCR em plantas de tomateiro cereja no estágio inicial de cultivo, decrescendo e alcançando  $0,017 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  ao final do experimento, enquanto que neste estudo, aos 101 DAT observou-se uma TCR de  $0,035 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ .

O acúmulo de matéria seca de folhas e caule das plantas de tomate em função do tempo estão apresentadas na Figura 3. Observa-se incremento linear no acúmulo de matéria seca das folhas ao longo do período de avaliação, o mesmo foi observado no incremento de matéria seca do caule, alcançando 107,15g aos 101 DAT (Figura 3B).

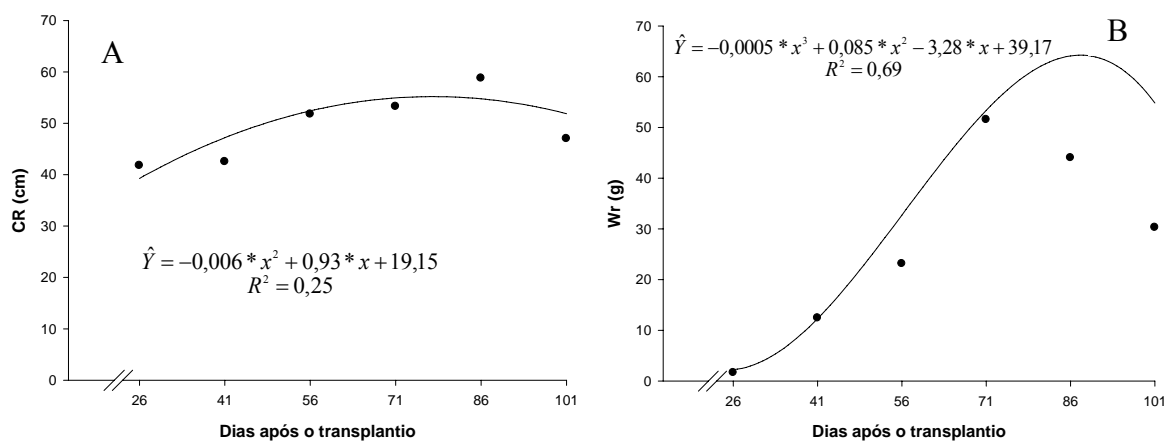
Mesmo com o início do amadurecimento dos frutos, por volta dos 101 DAT, ainda não havia ocorrido a estabilização no acúmulo de matéria seca nas folhas, ou seja, a fase de senescência da planta é posterior a esse período. Rocha (2009) observou em tomateiro cereja que as folhas além de fontes principais são drenos primordiais de fotoassimilados, quando as plantas foram cultivadas no ciclo de verão-outono. Plantas de tomateiro, cultivar Kyndio, apresentaram máxima produção de matéria seca de folhas aos 114 DAE, para os dois tratamentos aplicados, poda ou não do primeiro cacho (GUIMARÃES et al., 2009).

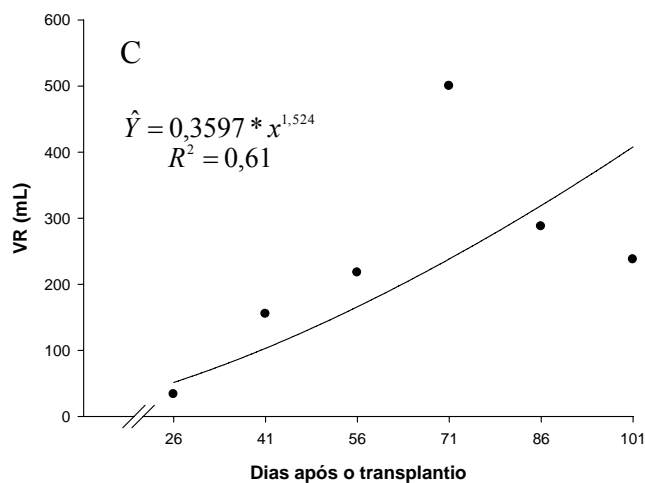


**Figura 3** – Acúmulo de matéria seca de folhas (A) e caule (B) em plantas de tomate cereja, cultivado sob sistema hidropônico de sub-irrigação.

\*Significativo a 5% pelo teste t.

O comprimento da raiz principal (CR), acúmulo de matéria seca de raízes (Wr) e volume radicular (VR) estão apresentadas na Figura 4. A razão raiz-parte aérea não foi influenciada pelo tempo, ou seja,  $\hat{Y} = \square = 0,08$ . O CR apresentou pouca variação devido ao espaço limitado para o crescimento das raízes. No entanto, Wr e Vr aumentaram ao longo do período de avaliação, indicativo da capacidade das raízes de explorar o substrato horizontalmente, já que em profundidade foram limitadas pela altura dos calhetões. O acúmulo de matéria seca de raízes apresentou ponto de máximo aos 88,67 DAT com valor de 68,06 g, enquanto que aos 101 DAT, o volume radicular foi de 407,87 mL.

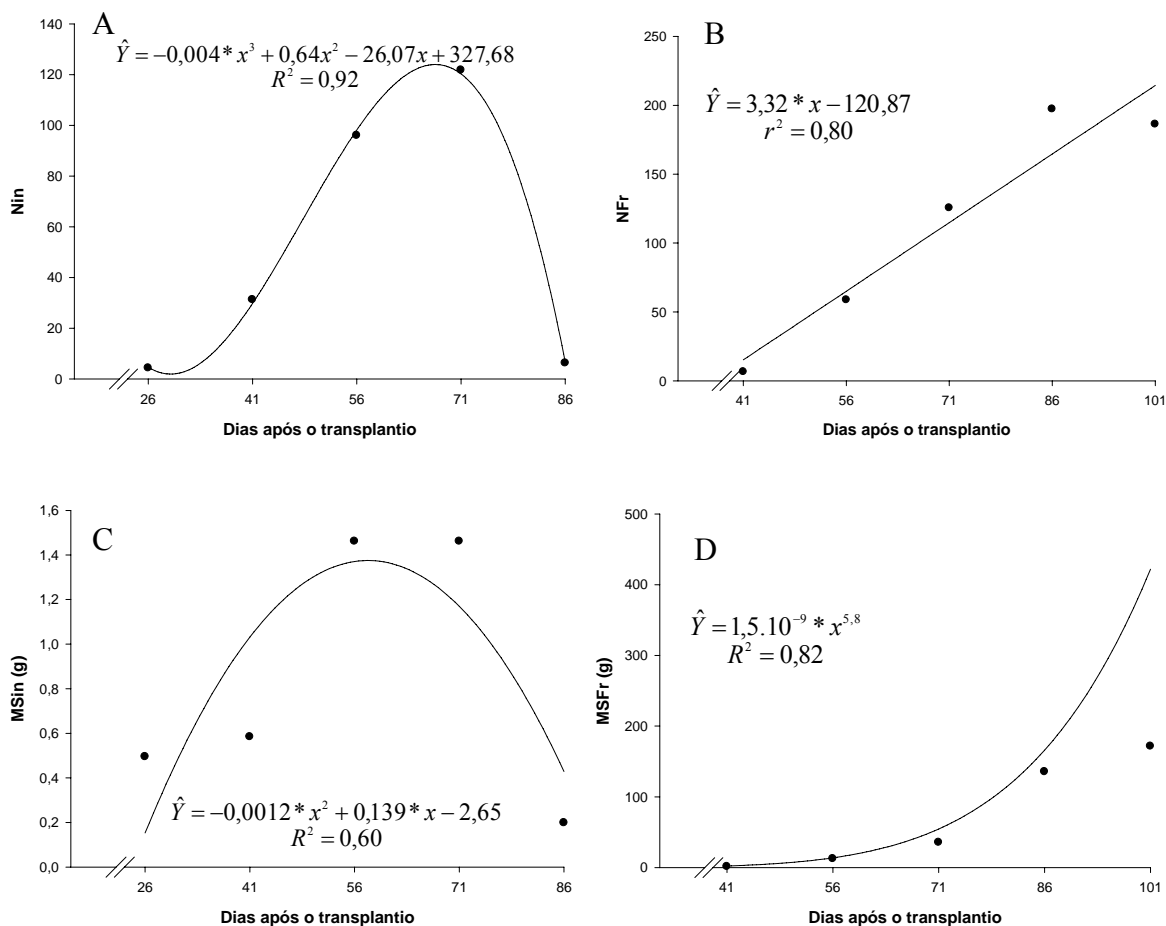




**Figura 4** – Comprimento radicular (A), acúmulo de matéria seca de raízes (B) e volume radicular (C) em plantas de tomate cereja, cultivado sob sistema hidropônico de sub-irrigação.

\*Significativo a 5% pelo teste t.

As plantas de tomateiro iniciaram a floração aos 20 DAT, aumentando gradativamente e com ponto de máximo aos 67,9 DAT com 103,92 inflorescências (Figura 5A). O número de frutos foi crescente até ao final do período de avaliação (Figura 5B). A produção de matéria seca de inflorescências (Figura 5C) apresentou ajuste quadrático com ponto de máximo aos 58,25 DAT, com 1,38g de inflorescências, enquanto que a produção de matéria seca de frutos (MSFr) apresentou ajuste potencial, assim, o incremento no número e no desenvolvimento dos frutos proporcionou aumentos no acúmulo de matéria seca dos mesmos ao longo do tempo. Observou-se, em tomateiro ‘SM-16’ cultivado sob diferentes coberturas de solo, crescimento acelerado na massa de matéria seca dos frutos desde os 42 DAT até os 84 DAT, ocorrendo logo após um crescimento menos intenso (LOPES et al., 2010).



**Figura 5** – Número de inflorescências (A), número de frutos (B), produção de matéria seca de inflorescências (C) e de frutos (D) em plantas de tomate cereja, cultivado sob sistema hidropônico de sub-irrigação.

\*Significativo a 5% pelo teste t.

Apenas o acúmulo de N, K, Ca e Mg foi influenciado pelo tempo. Esse acúmulo intensificou-se a partir dos 41 DAT, até o final das avaliações. A quantidade de N acumulada nas folhas foi de 4850 mg por planta, aos 101 DAT (Figura 6A). No caule houve incremento de N com ajuste quadrático, alcançando valor máximo aos 82 DAT, acumulando 1931 mg. Aos 101 DAT, o acúmulo de N nas raízes foi de 1086,62 mg por planta. Em tomateiro cultivar Raíssa, o acúmulo de N e K foi crescente ao longo do ciclo da cultura (PRADO et al., 2011).

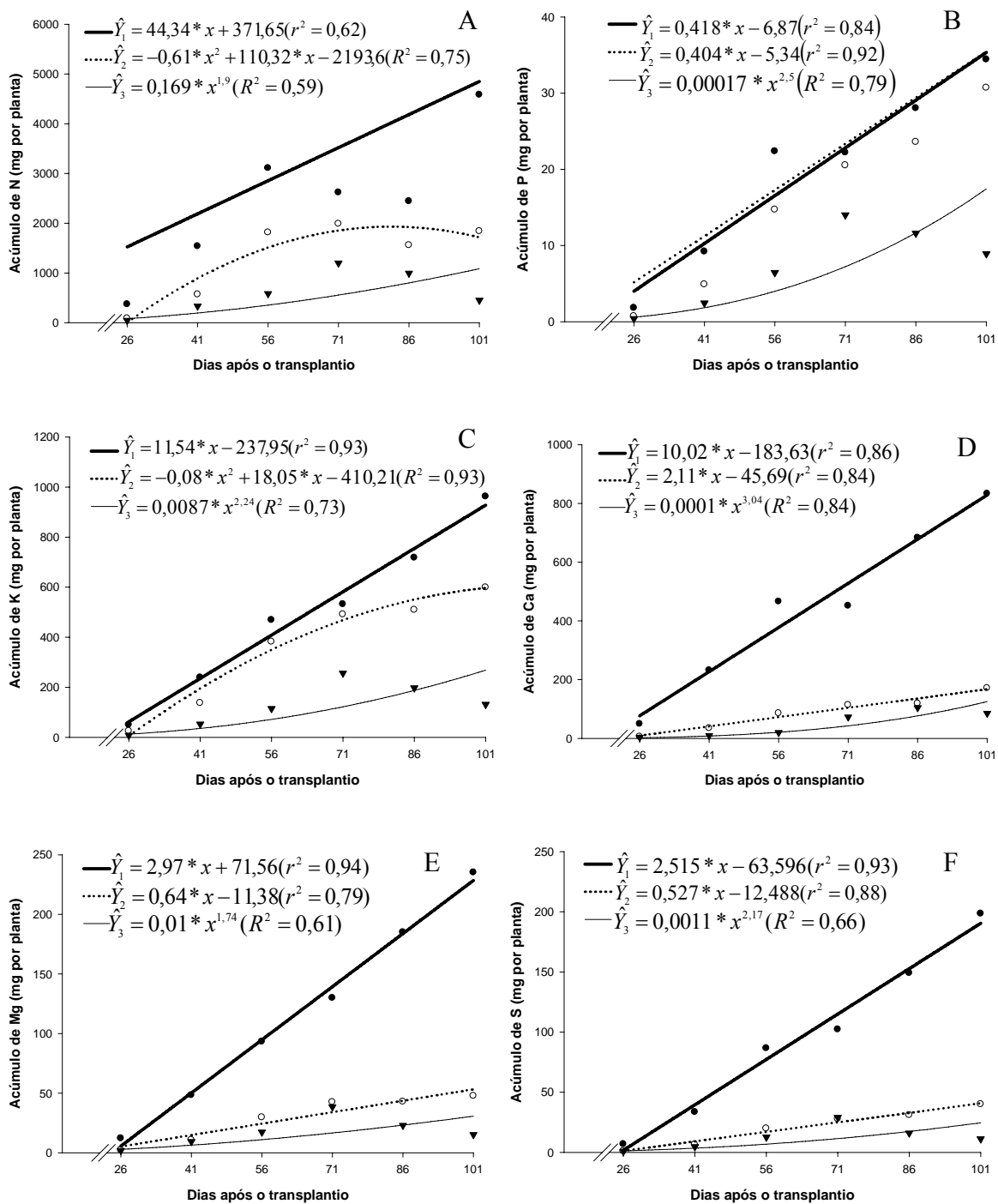
As folhas e caule acumularam fósforo seguindo um ajuste linear atingindo 35,35 e 35,47 mg por planta aos 101 DAT (Figura 6B). O acúmulo de P nas raízes ajustou um

modelo potencial alcançando 17,43 mg por planta, aos 101 DAT.

O incremento máximo de K nas folhas também ocorreu aos 101 DAT, acumulando 928,17 mg por planta (Figura 6C). Como as avaliações terminaram quando do início da fase de maturação, e a solução nutritiva ministrada desde o início da fase reprodutiva teve doses crescentes de K, nota-se pela reta, que o acúmulo de K permanece contínuo nas folhas. O K desempenha funções essenciais às plantas como na fotossíntese, síntese protéica, ativação enzimática e transporte de carboidratos (TAIZ & ZEIGER, 2004), dessa forma, as folhas são os órgãos que, na fase vegetativa, mais requerem tal nutriente. Seguido a essa fase, o K tende a favorecer o transporte de carboidratos para os frutos, evidenciando o maior acúmulo deste nos frutos, como ocorre em outras hortaliças fruto (FAYAD, 2001; GRANGEIRO & CECÍLIO FILHO, 2005). Com relação ao acúmulo de K no caule, observa-se incremento com ajuste quadrático, e nas raízes ajuste potencial, atingindo 268,66 mg por planta, aos 101 DAT.

Notou-se um incremento com ajuste linear no acúmulo de Ca nas folhas e caules do tomateiro, acumulando 828,39 e 167,42 mg por planta, aos 101 DAT (Figura 6D). Este fato pode ser explicado em função da movimentação do Ca ser praticamente via xilema, permitindo o maior acúmulo deste na parte aérea. No entanto, as quantidades acumuladas são bem inferiores às encontradas em tomateiro cultivar Raísa, cerca de 2 g por planta aos 85 DAT (PRADO et al., 2011). Cátions divalentes como Ca e Mg são mais retidos no apoplasto devido a interação com as cargas elétricas ali presentes, o que pode ser a causa de menor translocação, e conseqüentemente, menor acúmulo na matéria seca. O cálcio foi o terceiro macronutriente mais acumulado em plantas de tomateiro híbrido Thomas (VILLAS BÔAS et al., 2003)

A acumulação máxima de Mg nas folhas e caule com ajuste linear, foi de 228,41 e 53,26 mg por planta, respectivamente, aos 101 DAT. Nas raízes, observa-se incremento com ajuste potencial, atingindo 30,73 mg por planta, aos 101 DAT. Em tomateiro cultivar Raísa, o acúmulo de Mg na planta foi de 0,68 g, com partição nas folhas, caule e raízes de 55, 23 e 3%, respectivamente (PRADO et al., 2011). O ajuste observado no acúmulo de enxofre nas folhas e caule do tomateiro foi linear, atingindo valor máximo de 190,42 e 40,74 mg por planta, respectivamente, aos 101 DAT. Nas raízes observou-se ajuste potencial, acumulando 24,59 mg por planta aos 101 DAT.



**Figura 6** – Acúmulo de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F), em folhas ( $\hat{Y}_1$ ), caule ( $\hat{Y}_2$ ) e raízes ( $\hat{Y}_3$ ) de plantas de tomate cereja cultivado, sob sistema hidropônico de sub-irrigação.

\*Significativo a 5% pelo teste t.

## CONCLUSÕES

- Doses de K entre 6 e 12 mmol/L não influenciaram o crescimento do tomateiro tipo cereja.

- A taxa de crescimento relativo reduziu-se gradativamente ao longo do período de avaliação

- Os acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas foram máximos aos 101 DAT, acumulando, respectivamente: 4850; 35,35; 928,17; 828,39; 228,41 e 190,42 mg.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.F.; PICIO, M.D.; CARDOSO, L.F.; ERPEN, L. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, v.40, n.2, 2010.

ANDRIOLO, J.L.; ROSS, R.D.; WITTER, M. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do tomateiro cultivado em substrato com três concentrações de nitrogênio na solução nutritiva. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1451-1457, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C.- **Official methods of analysis**. 12 ed. Washington, D.C., 1975. 1094 p.

BARRETO, L.P.; BEZERRA NETO, E. **O potássio no metabolismo vegetal**. Recife: UFRPE, 2000. 58 p.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42p.

CONCEIÇÃO, M.K.; LOPES, N.F.; FORTES, G.R.L. Análise de crescimento de plantas de batata-doce (*Ipomea batatas* (L.) LAM) cultivares Abóbora e da Costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.3, p.273-278, 2005.

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**, v.19, n.3, p.207-209, 2001.

COSTA, R.C.L.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; BARROS, R.S. Crescimento e conversão de energia solar em feijão submetido a três doses de nitrogênio e dois regimes hídricos.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.12, p.1439-1450, 1989.

EPSTEIN, E.; BLOMM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, L.F.; FERREIRA, F.A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.19, p.365-370, 2001.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.564-570, 2002.

Fernandes. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

GENÚNICO, G.C.; MAJEROWICZ, N.; ZONTA, E.; SANTOS, A.M.; GRACIA, D.; AHMED, C.R.M.; SILVA, M.G. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.175-179, 2006.

GOMES, J.V.S.; DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; BLANCO, F.F.; SOUZA NETO, O.N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.850-856, 2011.

GRANGEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHOA, A.B. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancia sem sementes. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.763-767, 2005.

GUIMARÃES, M.A.; SILVA, D.J.H.; PETERNELLI, L.A.; FONTES, P.C.R. Distribuição de fotoassimilados em tomateiro com e sem a retirada do primeiro cacho. **Bioscience Journal**, v.25, n.5, p.83-92, 2009.

HUNT, R. **Basic growth analysis**. London: Unwin Hyman, 1990. 112p.

JORGE, Y.; GONZÁLEZ, F. Estimación Del área foliar em los cultivos de ají y tomate. **Agrotecnia de Cuba**, v.27, n.1, p.123-126, 1997.

LIETEN, P. Effect of K:Ca:Mg ratio on performance of ‘Elsanta’ strawberries grown on peat. **Acta Horticulturae**, v.708, p.397-400, 2006.

LOPES, W.A.R. **Análise do crescimento de tomate ‘SM-16’ cultivado sob diferentes coberturas de solo**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia: Área de concentração em Agricultura Tropical) – Universidade Federal Rural do Semiárido. 2010. 92f.

MACHADO, J.O.; BRAS, L.T.; GRILLI, G.V.G. 2003. Caracterização dos frutos de cultivares de tomateiro tipo cereja cultivados em diferentes espaçamentos. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 43. **Anais...** Brasília: ABH. Horticultura Brasileira 21. (Suplemento CD-ROM)

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 638 p.

MARRENCO RA; LOPES NF. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 451 p.

MARTINEZ, H.E.P. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 52p.

MELO, A.S.; BRITO, M.E.B.; DANTAS, J.D.M.; SILVA JÚNIOR, C.D.S.; FERNANDES, P.D.; BONFIM, L.V. Produção e qualidade do pimentão amarelo sob níveis de potássio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p.17-21, 2009.

MEURER, E. J. **Potássio**. In: **Nutrição Mineral de plantas**. Editor Manlio Silvestre MONTEZANO, E.M. **Sistemas de cultivo sem solo para a cultura do meloeiro**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Pelotas: UFPel, 2007. 141f.

OLIVEIRA, L.M.; PAIVA, R.; ALVARENGA, A.A.; NOGUEIRA, R.C. Análise do crescimento. In: PAIVA, R.; OLIVEIRA, L.M. (Ed) **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2006. 104p.

PIVETTA, C.R.; TAZZO, I.F.; MAASS, G.F.; STRECK, N.A.; HELDWEIN, A.B. Emissão e expansão foliar em três genótipos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1274-1280, 2007.

PRADO, R.M.; SANTOS, V.H.G.; GONDIM, A.R.O.; ALVES, A.U.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CORREIA, M.A.R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raisia cultivado em sistema hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.19-30, 2011.

REIS, G.G.; MÜLLER, M.W. **Análise de crescimento de plantas: mensuração do crescimento**. Belém: FCAP - Informe Didático 1, 1979. 39p.

ROCHA, M.Q. **Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico**. Dissertação (Mestrado do Programa de pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas. 2009. 129f.

RODRIGUES, M.B.; DORNELLES, A.L.C.; SILVA, V.O.M.Z.; PESSOA, C.A.; SERRALHA, B.C.S.; SILVA, D.A.G.; PEREIRA, M.B. Caracterização morfológica de 25 cultivares de tomateiro tipo cereja – caracteres da planta. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.2261-4467, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TRANI PE; PASSOS FA; MELO AMT; RIBEIRO IJA. Avaliação da produtividade e qualidade comercial de quatro Genótipos de tomate do tipo “cereja”. In: **Workshop Tomate na Unicamp: Pesquisas e tendências**. Campinas, 2003.

VILHAS BOAS, R.L.; MATOS, E.S.; SCHIAVON JUNIOR, A.A.; SANTOS, H.S. Acúmulo de nutrientes em plantas de tomate híbrido Thomas. In: 43º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2003, Recife. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.370-371, 2003.

### ARTIGO 3

## SINTOMAS VISUAIS, BIOMETRIA E TEOR DE NUTRIENTES EM PLANTAS DE TOMATEIRO DO GRUPO CEREJA SUBMETIDAS A DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS

### RESUMO

O tomate é uma das hortaliças mais populares e uma das mais exigentes em nutrientes, e conforme a etapa de desenvolvimento, cultivar, temperatura, solo, luminosidade, umidade relativa e manejo adotado, os teores médios de nutrientes podem variar. Dessa forma objetivou-se com este trabalho caracterizar os sintomas visuais de deficiência, bem como o efeito da restrição nutricional no desenvolvimento e nos teores de nutrientes em plantas de tomateiro do tipo cereja em solução nutritiva. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições e os tratamentos foram: solução completa, omissão de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn e Fe. Após 60 dias, as plantas foram retiradas das soluções, sendo seus principais sintomas fotografados e descritos. As variáveis avaliadas foram: produção de matéria seca total, de folhas, caules e raízes; número de folhas, inflorescências e frutos e volume radicular. Também foi avaliado o teor e o acúmulo dos nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, zinco e ferro nas folhas, caules e raízes. Os sintomas visuais de carência que primeiro se manifestaram foram os de P, B e Fe. As omissões dos nutrientes N, Mg e B foram as que mais comprometeram a produção de matéria seca das plantas de tomateiro cereja. Os teores e acúmulos dos nutrientes foram influenciados pelas deficiências impostas. No tratamento completo as folhas apresentaram: 3,34; 0,37; 2,07; 2,13; 0,54; e 0,55 dag Kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, e 41,9; 5,9; 4,75; e 94,57 mg Kg<sup>-1</sup> de B, Cu, Zn e Fe. Nos tratamentos em que os nutrientes foram omitidos as concentrações foliares foram: 1,77; 0,22; 1,57; 1,06; 0,17; 0,10 dag Kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, e 21,35; 4,08; 5,85 e 115,83 mg Kg<sup>-1</sup> de B, Cu, Zn e Fe.

**Palavras-chaves:** *Lycopersicum esculentum*, elemento faltante, solução nutritiva

## ABSTRACT

### VISUAL SYMPTOMS, BIOMETRY AND NUTRIENT CONTENT IN CHERRY TOMATO PLANTS UNDER NUTRITIONAL DEFICIENCIES

The tomato is one of the more popular vegetables and one of the more demanding nutrients, and according to development stage, cultivate, temperature, soil, light, humidity and management type, the average content of nutrients may vary. Thus, the objective of this study was to characterize the visual symptoms of deficiency and the effect of nutritional restriction on development and nutrient concentrations of cherry tomato plants in nutrient solution. The experimental design was completely randomized with three replications and the treatments were complete solution, omission of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn and Fe. After 60 days the plants were removed from solutions and its main symptoms photographed and described. The variables evaluated were: total dry matter production of leaves, stems and roots, number of leaves, flowers and fruits and root volume. It was evaluated the content and accumulation of nutrients: nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, boron, copper, zinc and iron in the leaves stems and roots. According to the observation of deficiency symptoms, the greatest restrictions to the growth of cherry tomato plants were the omissions of P, B and Fe. The nutrients of N, Mg and B were the most affected dry matter production of plants. Concentration and accumulation of nutrients were influenced by deficiencies imposed. In the complete treatment the leaves showed: 3,34; 0,37; 2,07; 2,13; 0,54 and 0,55 dag kg<sup>-1</sup> of N, P, K, Ca, Mg and S, and 41,9; 5,9; 4,75; and 94,57 mg kg<sup>-1</sup> of B, Cu, Zn and Fe. In treatments in which nutrients were omitted the leaf concentrations were 1,77; 0,22; 1, 57; 1,06; 0,17; 0,10 dag kg<sup>-1</sup> of N, P, K, Ca, Mg and S, and 21,35; 4,08; 5,85 and 115,83 mg kg<sup>-1</sup> B, Cu, Zn and Fe.

**Keywords:** *Lycopersicum esculentum*, missing element, nutrition solution

## INTRODUÇÃO

O tomate é uma das hortaliças mais importantes comercialmente no Brasil com uma produção anual aproximadamente de 3,2 milhões de toneladas numa área plantada em torno

de 63000 ha e produção média de 62470 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a região sudeste, principalmente os estados de São Paulo e Minas Gerais os maiores produtores do país (IBGE, 2011). Em 2010, a produção mundial de tomate foi de cerca 145 milhões de toneladas, numa área de mais de quatro milhões de hectares (FAO, 2012).

A cultura do tomateiro é uma das mais exigentes em nutrientes, e conforme a etapa de desenvolvimento, cultivar, temperatura, solo, luminosidade, umidade relativa e manejo adotado, os teores médios de nutrientes podem variar (ALVARENGA, 2004). É estabelecido que a qualidade, bem como a produtividade é influenciada pela nutrição mineral adequada do tomateiro (SASAKI & SENO, 1994), uma vez que a falta ou o excesso dos nutrientes compromete o metabolismo das plantas (ALVARENGA, 2004).

Dentre os macronutrientes, potássio e cálcio quando ausentes são os que mais comprometem a estrutura e as rotas bioquímicas das plantas (PRETTY, 1982). Quanto ao nitrogênio, seu efeito sobre os processos fisiológicos das plantas está relacionado às taxas de crescimento e absorção de elementos (HUETT & DETTMANN, 1988). A divisão celular é afetada sob deficiência de S e, conseqüentemente, o crescimento é inibido. (BERGMANN, 1992). O magnésio favorece o conteúdo de açúcares no fruto uma vez que o incremento nos níveis deste nutriente promove aumento da capacidade fotossintética e estímulo à fixação de carbono que está diretamente ligado a produção de altas concentrações de glicose (CHAPAGAIN & WIESMAN, 2004).

Em relação os micronutrientes, o boro ainda é uma incógnita quanto a sua verdadeira função nas plantas, porém sabe-se que sua importância está relacionada à formação de parede celular, na síntese de pectina, celulose e lignina (MARSCHNER, 1995). O zinco também tem sido relatado como nutriente, cujo acúmulo pode influenciar a espessura de tecidos foliares (SRIDHAR et al., 2007). Já quanto ao ferro, plantas deficientes neste elemento apresentam diminuição no volume e na concentração de proteínas dos cloroplastos (TERRY & ABADIA, 1986). O papel do cobre está relacionado a diversos processos como fotossíntese, respiração, distribuição de carboidratos, fixação e redução do nitrogênio, metabolismo de proteínas e formação de paredes celulares. (MARIZIAH & LAM, 1987).

Muitos são os trabalhos relatando as respostas das plantas quando em deficiência nutricional (FURLANI et al., 2001; LANGE et al., 2005; PRADO & LEAL, 2006; ALVES

et al., 2008; VIERA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009). No entanto, poucos são aqueles relativos à nutrição da cultura do tomateiro tipo cereja (FELTRIN et al., 2005; GENÚNCIO et al., 2010; ABRAHÃO et al., 2011). Os aspectos nutricionais relacionados às plantas cultivadas são de extrema importância, uma vez que atingem a produção. Além disso, os custos para se produzir são maiores quando as plantas passam por estresse nutricional (CAMBRAIA, 2005), e apesar do mecanismo com que as plantas reagem aos estresses serem semelhantes, pequenas particularidades são observadas entre as espécies e/ou cultivares.

Diante do exposto, este trabalho foi conduzido com objetivo de caracterizar os sintomas visuais de deficiência, bem como o efeito da restrição nutricional no desenvolvimento e nos teores de nutrientes em plantas de tomateiro do tipo cereja em solução nutritiva.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, de maio a julho de 2010. A produção de mudas de tomateiro do grupo cereja, híbrido Sindy, foi feita em bandejas contendo substrato comercial sem adição de solução nutritiva. Após as plantas apresentarem duas folhas definitivas foram selecionadas pela uniformidade, transferidas duas plantas para vasos plásticos de 8 L de capacidade e submetidas aos tratamentos, contendo solução nutritiva segundo Fernandes et al., (2002), e omitindo-se um elemento de cada vez. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições e os tratamentos foram com omissão de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Zn e Cu e a solução completa, totalizando 33 parcelas.

A solução nutritiva completa apresentou a seguinte composição: N= 8 mmolL<sup>-1</sup>; P= 2 mmolL<sup>-1</sup>; K= 4 mmolL<sup>-1</sup>; Ca= 2 mmolL<sup>-1</sup>; Mg= 1 mmolL<sup>-1</sup>; S = 1 mmolL<sup>-1</sup>; B= 21 µmolL<sup>-1</sup>; Cu= 0,9 µmolL<sup>-1</sup>; Fe= 35 µmolL<sup>-1</sup>; Mn= 15 µmolL<sup>-1</sup>; Mo= 0,7 µmolL<sup>-1</sup>; Zn= 0,4 µmolL<sup>-1</sup>. Para não se acrescentar quantidades excessivas de Na<sup>+</sup> ou Cl<sup>-</sup>, devido às omissões de ânions e cátions, nos tratamentos sem N, K e Ca no lugar da total retirada empregaram-se apenas as quantidades de 25, 25 e 50%, respectivamente, das concentrações fornecidas pela solução completa.

A solução nutritiva foi mantida sob aeração constante, o volume completado diariamente com água desionizada e o pH monitorado diariamente e ajustado a  $5,5 \pm 0,5$ , com HCl 1N ou NaOH 1N. As trocas das soluções foram realizadas quando se obteve uma redução de 30% da condutividade elétrica inicial.

Após 60 dias, as mudas foram retiradas das soluções, sendo seus principais sintomas fotografados e descritos. Avaliaram-se também produção de matéria seca total, de folhas, caules e raízes; número de folhas, flores e frutos, comprimento do caule, raiz e volume radicular. Em seguida, as amostras foram moídas e, posteriormente uma sub-amostra foi submetida à digestão nítrico-perclórica, sendo o teor de K determinado por fotometria de emissão de chama; P dosado colorimetricamente pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C; S por turbidimetria do sulfato e Ca, Mg, Cu, Fe e Zn por espectrofotometria de absorção atômica. Outra sub-amostra foi submetida à digestão sulfúrica para a análise de N pelo método micro-Kjeldahl. O acúmulo foi obtido multiplicando-se o teor em  $\text{g kg}^{-1}$  pelo peso da massa seca (g) em cada parte: folhas, caule e raízes.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e os resultados comparados pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

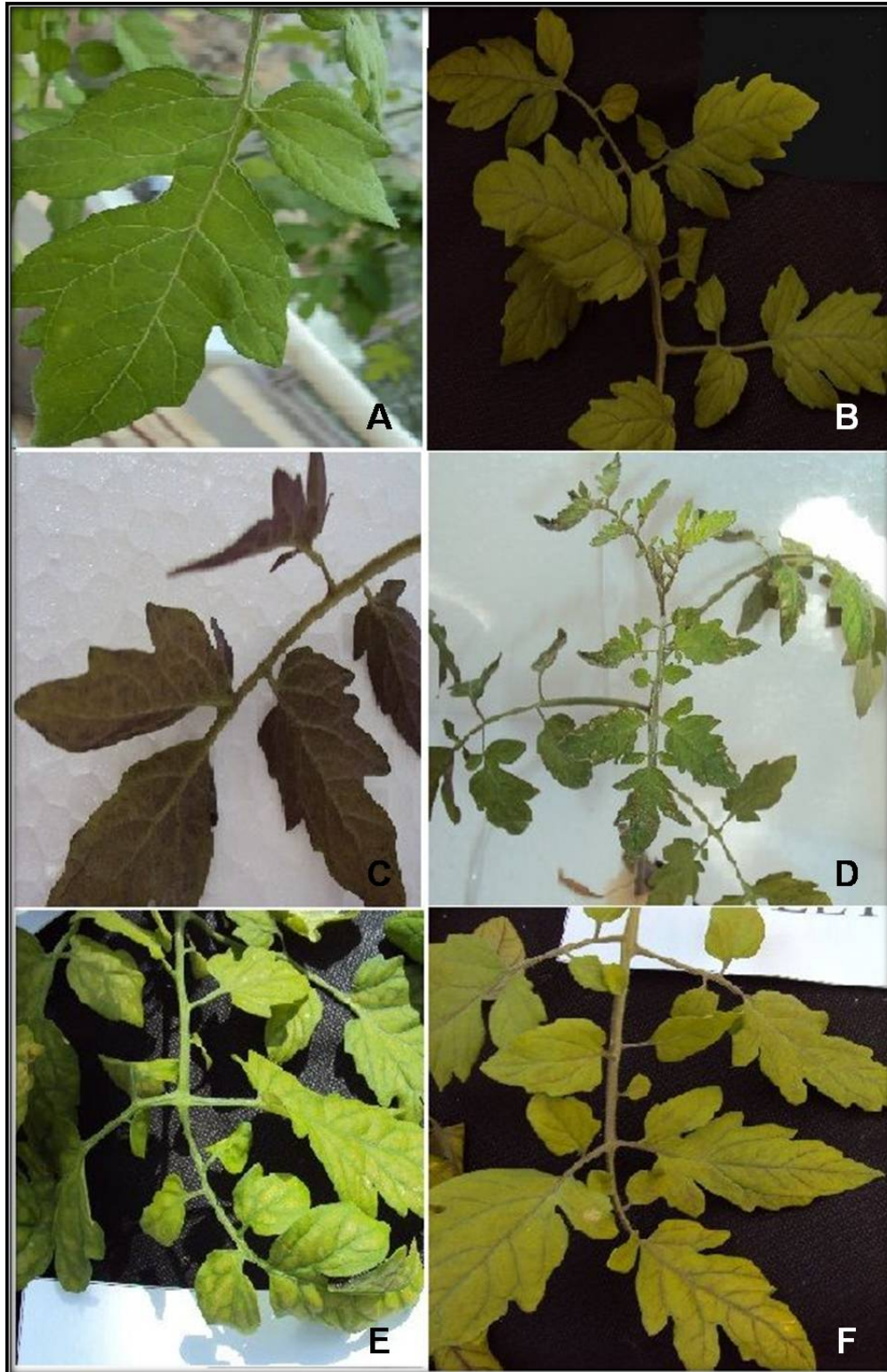
As omissões dos nutrientes afetaram significativamente o desenvolvimento das plantas do tomateiro. Os resultados referentes aos valores médios de número de folhas, inflorescências, frutos, volume radicular e produção de matéria seca de folhas, caule raízes e total estão apresentados na **Tabela 1**.

**Tabela 1** – Número de folhas (Nfo), inflorescências (NI) e frutos (NFr), volume radicular (VR) e produção de matéria seca de folhas (MSFo), caule (MSC), raízes (MSR) e total (MST) em plantas de tomateiro cereja submetidas a deficiência nutricional, em cultivo hidropônico.

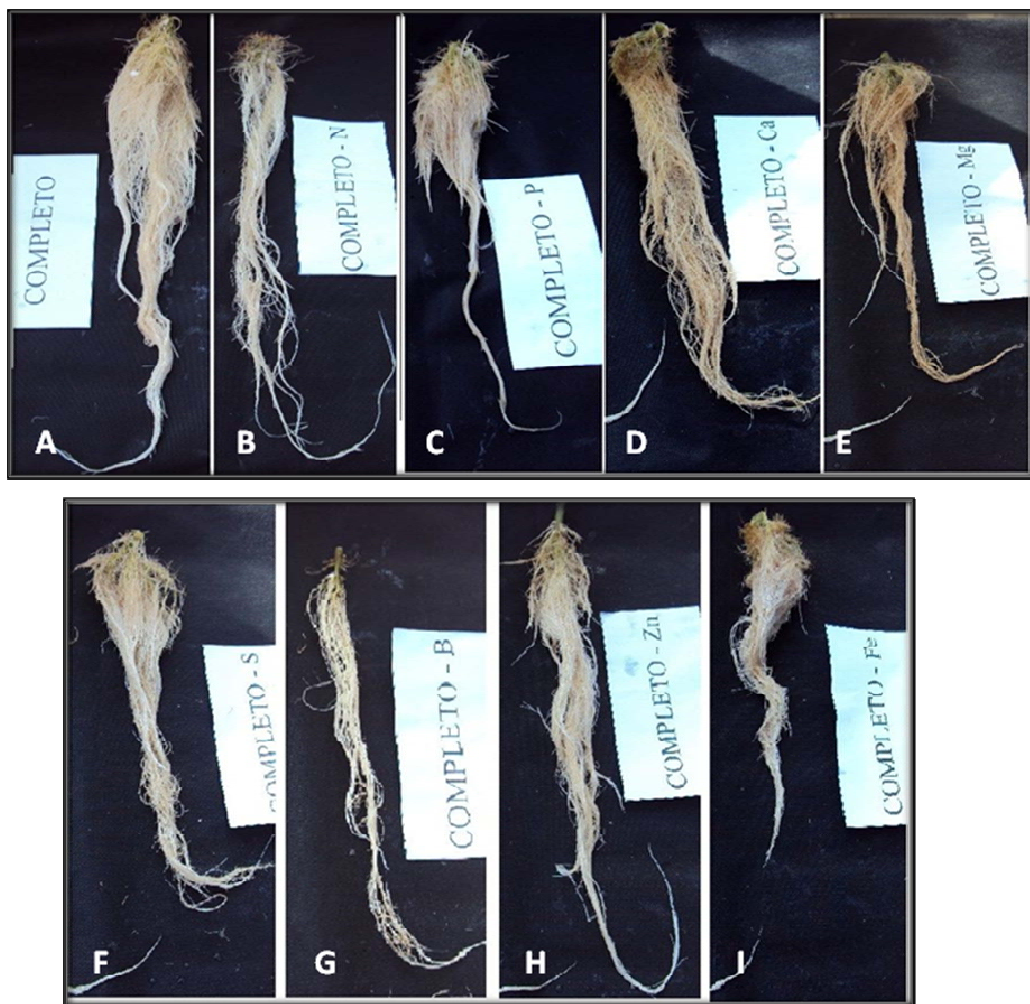
<b>Tratamento</b>	<b>Nfo</b>	<b>NI</b>	<b>NFr</b>	<b>VR (mL)</b>	<b>MSFo (g)</b>	<b>MSC (g)</b>	<b>MSR (g)</b>	<b>MST (g)</b>
<b>Completo</b>	13,33	16,00	8,67	53,33	10,72	7,93	2,13	21,83
– N	11,00*	7,00*	8,67	20,00*	4,11*	4,06*	0,68*	9,54*
– P	14,33	12,00	4,00*	40,00*	7,43*	4,27*	1,44*	13,51*
– K	14,33	32,00*	4,33*	58,33	8,50*	6,27*	2,28	17,65*
– Ca	13,00	11,67	6,33	33,33*	8,06*	6,82*	1,52	17,23*
– Mg	12,33	4,33*	5,00*	18,33*	5,41*	3,39*	0,49*	9,88*
– S	12,67	11,00	5,33	28,33*	5,84*	4,40*	1,19*	11,85*
– B	6,67*	0,0*	0,0*	5,00*	1,80*	0,55*	0,24*	2,59*
– Cu	14,33	20,33	7,67	48,33	8,86*	7,10	1,92	18,91*
– Zn	14,00	24,33*	7,67	36,67*	10,06	8,31	1,85	21,49
– Fe	14,33	15,00	4,00*	36,67*	9,22	5,72*	1,56	17,35*
<b>CV (%)</b>	12,87	16,03	34,82	44,78	20,08	33,42	14,68	12,12

Médias seguidas de \* na coluna diferem do tratamento completo pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

A redução do N em 75% na solução nutritiva comprometeu o desenvolvimento das plantas de tomateiro cereja, que apresentaram nas características fitotécnicas avaliadas, com exceção do número de frutos (NFr), valores inferiores ao do tratamento controle (Tabela 1). Além dessa redução apareceram sintomas de deficiência tanto na parte aérea quanto nas raízes. As plantas apresentaram clorose generalizada, acentuada em folhas mais velhas (Figura 1B), sendo que essas entraram em senescência mais rapidamente quando comparadas ao tratamento completo. Observou-se também que os pecíolos e caules apresentaram coloração verde-clara e menor diâmetro. As plantas sob deficiência de N mostraram, também, crescimento retardado com emissão de menor número de folhas. As raízes se mostraram menos densas em relação tratamento controle (Figura 2B), o que pode ser comprovado pela produção de matéria seca de raízes (MSR), variável mais comprometida em relação ao controle (Tabela 1). Apesar de ter sido observados sintomas de deficiência em folhas e raízes, o teor de N nestes respectivos órgãos do tomateiro não apresentou diferenças significativas e não diferiu da testemunha (Tabela 2). No entanto, o acúmulo desse nutriente nas folhas e caule teve redução de 80% e 65%, respectivamente em relação ao controle (Tabela 3), o que indica que as concentrações se mantiveram devido à redução no crescimento.



**Figura 1** – Sintomas visuais de deficiências nutricionais de na parte aérea de tomateiro tipo cereja cv. Sindy. Tratamento completo (A), deficiências: nitrogênio (B), fósforo (C e D), magnésio (E) e enxofre (F).



**Figura 2** – Sintomas visuais de deficiências nutricionais de raízes de tomateiro tipo cereja cv. Sindy. Tratamento completo (A), deficiências: nitrogênio (B), fósforo (C), cálcio (D), magnésio (E), enxofre (F), boro (G), zinco (H) e ferro (I).



**Figura 3** – Sintomas visuais de deficiências nutricionais de na parte aérea de tomateiro tipo cereja cv. Sindy. Deficiências: boro (A) e ferro (B)

**Tabela 2** – Teor de macronutrientes (dag kg<sup>-1</sup>) e micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) em folhas, caule e raízes de tomateiro cereja, submetido a deficiências nutricionais, em cultivo hidropônico.

<b>Nutriente</b>	<b>Tratamentos</b>	<b>Folhas</b>	<b>Caule</b>	<b>Raiz</b>
<b>N</b>	<b>Completo</b>	3,34	2,88	2,45
	<b>-N</b>	1,77	2,00*	2,57
	<b>CV (%)</b>	25,06	14,31	27,61
<b>P</b>	<b>Completo</b>	0,37	0,44	0,63
	<b>-P</b>	0,22*	0,21*	0,34*
	<b>CV (%)</b>	12,34	8,27	21,74
<b>K</b>	<b>Completo</b>	2,07	2,22	1,87
	<b>-K</b>	1,57*	1,62*	1,59*
	<b>CV (%)</b>	5,66	12,73	6,41
<b>Ca</b>	<b>Completo</b>	2,13	0,84	0,43
	<b>-Ca</b>	1,06*	0,11*	0,02*
	<b>CV (%)</b>	11,47	39,23	20,51
<b>Mg</b>	<b>Completo</b>	0,54	0,38	0,69
	<b>-Mg</b>	0,17*	0,21*	0,48
	<b>CV (%)</b>	8,56	21,09	30,50
<b>S</b>	<b>Completo</b>	0,55	0,12	0,37
	<b>-S</b>	0,10*	0,05*	0,10*
	<b>CV (%)</b>	19,68	17,35	17,04
<b>B</b>	<b>Completo</b>	41,89	16,64	60,00
	<b>-B</b>	21,35*	18,76	♦
	<b>CV (%)</b>	13,76	21,13	
<b>Zn</b>	<b>Completo</b>	5,90	11,52	35,14
	<b>-Zn</b>	4,08	6,55*	23,17
	<b>CV (%)</b>	15,55	16,38	25,43
<b>Cu</b>	<b>Completo</b>	4,75	4,72	1,08
	<b>-Cu</b>	5,85	6,20	1,52
	<b>CV (%)</b>	20,86	6,03	34,54
<b>Fe</b>	<b>Completo</b>	94,57	69,51	980,12
	<b>-Fe</b>	115,83*	53,05	468,78*
	<b>CV (%)</b>	12,41	51,09	25,88

Médias seguidas de \* na coluna diferem do tratamento completo pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

♦ Amostra não suficiente para realização da análise

**Tabela 3.** Acúmulo de macro e micronutrientes (mg planta<sup>-1</sup>) em folhas, caule e raízes de tomateiro cereja submetido a deficiências nutricionais, em cultivo hidropônico.

Nutrientes	Tratamento	Folha	Caule	Raiz
<b>N</b>	<b>Completo</b>	360,55	230,32	401,88
	<b>-N</b>	71,11*	81,80*	171,45*
	<b>CV(%)</b>	25,22	16,00	15,17
<b>P</b>	<b>Completo</b>	39,81	35,10	13,10
	<b>-P</b>	16,62*	9,06*	4,87*
	<b>CV (%)</b>	18,87	16,90	40,65
<b>K</b>	<b>Completo</b>	221,61	176,30	39,80
	<b>-K</b>	133,59*	101,88*	33,50
	<b>CV (%)</b>	15,42	16,50	30,30
<b>Ca</b>	<b>Completo</b>	228,58	66,78	8,88
	<b>-Ca</b>	85,34*	7,63*	0,26*
	<b>CV (%)</b>	19,46	38,22	31,00
<b>Mg</b>	<b>Completo</b>	58,43	30,54	14,85
	<b>-Mg</b>	9,38*	6,95*	2,70*
	<b>CV (%)</b>	22,03	25,51	44,21
<b>S</b>	<b>Completo</b>	59,53	9,63	7,80
	<b>-S</b>	4,94*	2,01*	1,15*
	<b>CV (%)</b>	47,37	27,97	43,40
<b>B</b>	<b>Completo</b>	0,45	0,13	0,13
	<b>-B</b>	0,04*	0,01*	♦
	<b>CV (%)</b>	21,21	24,22	
<b>Cu</b>	<b>Completo</b>	0,052	0,037	0,002
	<b>-Cu</b>	0,052	0,044	0,003
	<b>CV (%)</b>	31,91	27,91	39,00
<b>Zn</b>	<b>Completo</b>	0,061	0,089	0,077
	<b>-Zn</b>	0,041*	0,054*	0,042*
	<b>CV (%)</b>	18,63	25,12	31,77
<b>Fe</b>	<b>Completo</b>	1,004	0,562	2,230
	<b>-Fe</b>	1,327*	0,410*	1,021*
	<b>CV (%)</b>	20,31	52,64	40,65

Médias seguidas de \* na coluna diferem do tratamento completo pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

♦ Amostra não suficiente para realização da análise

Os sintomas visuais de deficiência de N em tomateiro cereja foram semelhantes aos observados por com lulo (*Solanum quitoense* var. *quitoense*), também da família das Solanaceas originária dos Andes (BOLÍVAR et al., 2009). Esses autores ainda observaram redução acentuada do número de folhas e área foliar, quando se comparou ao tratamento

controle. A produção de matéria seca da parte aérea e raízes de maxixe-do-reino em plantas sob omissão de N foi 88% e 67% menor que a produção do tratamento completo (FERNANDES et al., 2005). A carência do nitrogênio compromete o teor de clorofila na planta (MALAVOLTA et al., 1997), o que está relacionado à ocorrência da clorose observada nas folhas. As folhas mais velhas são as primeiras a mostrar deficiência de N, uma vez que é grande a translocação deste nutriente na planta (ALVARENGA, 2004).

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de P, inicialmente apresentaram crescimento retardado e as folhas novas com coloração arroxeada (Figura 1C), posteriormente, áreas necrosadas nas margens progrediram no sentido da nervura central. Em plantas sob deficiência prolongada de P podem ocorrer manchas necróticas marrom escuras nas folhas velhas, lesões necróticas nas margens das folhas, morte e queda das folhas mais velhas (BERGMANN, 1992).

Com a evolução da deficiência (Figura 1D), as folhas mais novas mostraram-se menores em comprimento e largura, relacionados ao baixo suprimento de P que reduz a área foliar devido ao menor número de folhas e pela limitação da expansão foliar (LYNCH et al., 1991; RODRÍGUES et al., 1998). Ocorreu ainda, nas folhas, uma diminuição dos ângulos foliares em relação ao caule, o que confere às folhas um aspecto de murcha. Devido ao agravamento dos sintomas, foram acrescentados 2 mL de solução de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   $1\text{mol L}^{-1}$  por litro em cada vaso sob omissão de P para que as plantas pudessem chegar até ao final do experimento. Com este acréscimo, houve recuperação do crescimento das plantas, que ainda assim, ao final do experimento apresentaram-se menores que as do tratamento completo. Na avaliação final, a omissão de P somente não comprometeu o número de folhas e de inflorescências (Nfo e NI). O número de frutos (NFr) foi a variável mais afetada, com redução em 53%, em relação ao tratamento completo (Tabela 1). Deficiências em P comprometem processos como síntese protéica e fotossíntese, uma vez que são realizados com participação de compostos fosforados (ALVARENGA, 2004), levando a alterações no desenvolvimento das plantas.

As raízes do tomateiro apresentaram menor densidade quando comparadas ao tratamento controle (Figura 2C). Porém, Marschner (1995) afirma que o crescimento radicular é menos afetado pela deficiência de P, alterando a relação parte aérea/raiz. Tal modificação é uma estratégia das plantas que permite obter mais P no ambiente radicular,

ocorrendo notável crescimento radicular, raízes maiores e mais finas e uma diminuição na relação parte aérea/raiz (ZOBEL et al., 2006).

A redução do crescimento em plantas carentes de P deve-se ao comprometimento de processos como síntese protéica e fotossíntese, uma vez que são realizados com participação de compostos fosforados (ALVARENGA, 2004). Segundo BOLÍVAR et al. (2009) as plantas de lulo com deficiência de P se mostraram semelhantes ao tratamento controle em relação à área foliar, porém, em relação à altura de plantas, estas foram 16% menores do que a testemunha. De acordo com Alvarenga (2004), em tomateiro os sintomas de carência de P não são muito evidentes, somente aparecem quando a deficiência já é aguda. No entanto, os resultados observados no presente estudo, revelam que para tomate cereja o P é limitante, uma vez que foi a primeira deficiência a se manifestar e, além disso, para que as plantas pudessem chegar até ao final do experimento, foi necessária adição de P à solução nutritiva.

Os teores de P em plantas cultivadas sob omissão desse nutriente apresentaram valores médios inferiores aos das plantas do tratamento completo nas folhas, caules e raízes das plantas de tomateiro, apresentando 0,22; 0,21 e 0,34 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 2). Já os acúmulos de P foram 58%, 74% e 63% menores em folhas, caules e raízes, respectivamente, comparativamente à testemunha (Tabela 3). Para o tomateiro cereja híbrido Sindy, apesar da recuperação das plantas ao final do experimento, pela adição de mais P, o teor foliar deste (0,22 dag kg<sup>-1</sup>) ainda encontrou-se fora da faixa encontrada na literatura, que é de 2,5 a 8,0 g kg<sup>-1</sup> (MALAVOLTA et al., 1997; SILVA & GIORDANO, 2000).

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob redução de 75% de K, não apresentaram sintomas visuais, mostrando que a quantidade fornecida foi suficientemente ótima para seu desenvolvimento. De acordo com Mengel e Kirkby (2001), a carência de K não apresenta sintomas visuais imediatos, causando primariamente redução do crescimento e apenas posteriormente ocorrem cloroses e necroses. No presente estudo, apenas o Nfo, VR e MSR, não diferiram da testemunha, o NI foi superior a esta, e as demais variáveis diferiram e foram menores. Estes resultados comprovam a importância do potássio na formação de frutos, ao atuar no transporte de fotoassimilados no floema, contribuir com a deposição de biomassa no fruto, além de participar na ativação de diversas enzimas

necessárias à síntese de compostos orgânicos (MARSCHNER, 1995; MARENCO & LOPES, 2005), resultando em distúrbios no enchimento de frutos. O teor de K foi inferior ao tratamento completo nas folhas, caule e raízes, com redução de 24%, 27% e 14%, respectivamente (Tabela 1), e o acúmulo deste nutriente somente não diferiu nas raízes (Tabela 3). Tal fato evidencia que se a deficiência fosse prolongada, por mais uns dias, os sintomas se manifestariam. No entanto, o teor encontrado nas folhas deficientes (1,57 dag kg<sup>-1</sup>), está abaixo da faixa observada para folhas de tomateiro tipo salada (30 a 50 g kg<sup>-1</sup>) (FURLANI et al., 1978; SILVA & GIORDANO, 2000).

Em *Solanum quitoense* var. quitoense a deficiência de potássio não afetou a altura de plantas e a área foliar, porém, observou-se senescência de folhas maduras e coloração ocre nas margens foliares (BOLÍVAR et al., 2009). A omissão de K em couve-flor ocasionou uma redução no número de folhas, altura de plantas, diâmetro de caule e redução de área foliar, em relação ao tratamento completo (AVALHÃES et al., 2009). O crescimento também foi afetado pela ausência de potássio em plantas de beterraba (ALVES et al., 2008). Apesar de não ser parte integrante de nenhum composto, o K é o macronutriente mais absorvido pelas hortaliças, e desempenha funções importantes na planta relacionadas às propriedades osmóticas, abertura e fechamento de estômatos, síntese de proteínas, fotossíntese e atividade enzimática entre outros (TAIZ & ZEIGER, 2004). A redução de 75% de Ca na solução nutritiva não promoveu o aparecimento de sintomas visuais de deficiência, mostrando pouca exigência nutricional da variedade em estudo. A deficiência de cálcio em tomateiro é caracterizada pela podridão-apical dos frutos, folhas jovens com pontas necrosadas e folhas mais velhas arroxeadas (ALVARENGA, 2004). As raízes das plantas submetidas à deficiência de Ca apresentaram menor volume e coloração marrom (Figura 2D) e, aparentemente, o crescimento não pareceu ter sido influenciado pela omissão deste nutriente, embora a deficiência de Ca seja caracterizada pela redução no crescimento de tecidos meristemáticos (MENGEL & KIRKBY, 2001).

Apesar de não terem sido observados sintomas de deficiência, e das variáveis Nfo, NFI, NFr e MSR não terem diferido do tratamento controle, as demais foram inferiores a este. Sob omissão de Ca observaram-se menores teores de Ca nas diversas partes avaliadas em relação ao tratamento completo, com a porcentagem de redução variando de 50 a 95% (Tabela 2). O acúmulo de Ca foi inferior ao do tratamento controle em 63%, 87% e 97%,

respectivamente nas folhas, caule e raízes (Tabela 3). O Ca foi o segundo nutriente mais limitante da produção de matéria seca da parte aérea e raízes de plantas de maxixe-do-reino, sob condições de baixa disponibilidade no solo (FERNANDES et al., 2005).

As plantas submetidas à omissão de Mg apresentaram inicialmente clorose em folhas mais velhas, que se iniciou nas das margens do limbo foliar e que progrediu para o interior das folhas. As partes próximas à nervura central permaneceram verdes e com o avanço dos sintomas, pontos necróticos evoluíram no limbo foliar (Figura 1E). A deficiência de Mg afetou o crescimento das plantas, e estas apresentaram sistema radicular pouco denso e deficiente evoluindo para o apodrecimento (Figura 3E). Apenas o N<sub>Fo</sub> não diferiu da testemunha, sendo que as outras variáveis apresentaram redução comparativamente ao tratamento controle. O teor de Mg nas raízes não apresentou diferenças significativas, enquanto que nas folhas e caule reduziu-se em 69% e 45%, respectivamente. O acúmulo desse nutriente nas partes avaliadas foi inferior ao do controle em 83%, 77% e 82%, justificando os sintomas visuais observados, e os pequenos valores das características relativas ao crescimento observadas, quando comparadas à testemunha.

A ocorrência de clorose em folhas mais velhas se dá pelo fato do Mg ser facilmente translocado de áreas maduras para as mais jovens da planta, provocando a apresentação dos primeiros sintomas visuais em folhas mais velhas (EPSTEIN & BLOOM, 2004). Em *S. quitoense*, os autores também observaram clorose internerval iniciada nos bordos foliares que alcança áreas próximas à nervura central, ocasionando senescência precoce (BOLÍVAR et al., 2009). A ausência de Mg afeta o tamanho, estrutura e função dos cloroplastos, uma vez é átomo constituinte da molécula de clorofila, sua carência sempre resulta em clorose (MARSCHNER, 1995).

As plantas sob deficiência de S apresentaram redução no crescimento. Inicialmente as folhas mais jovens foram as primeiras a apresentar clorose generalizada e tamanho reduzido em relação às folhas assintomáticas. As nervuras centrais das folhas apresentaram tonalidade avermelhada (Figura 1F). O sistema radicular mostrou-se menos denso, porém com pouca redução do crescimento (Figura 2F). Na ausência de S, geralmente, o crescimento da parte aérea é mais afetado do que o crescimento das raízes (BERGMANN, 1992; MARCHNER, 1995). Plantas de pepino em solução nutritiva sob omissão parcial de enxofre apresentaram redução significativa na produção de matéria seca de raízes e volume

radicular (SILVA et al., 2011). O Nfo, NI e NFr não diferiram do controle, enquanto que a produção de matéria seca e o volume radicular apresentaram valores inferiores a testemunha (Tabela 1). O teor de S nas folhas, caule e raízes apresentaram reduções de 82%, 58% e 73%, respectivamente, resultando em acúmulo deste nutriente nas partes analisadas de 92%, 78% e 85%, respectivamente (Tabelas 2 e 3).

A clorose observada em plantas deficientes em S é consequência de distúrbios do metabolismo protéico nos cloroplastos (BERGMANN, 1992). O S participa de aminoácidos essenciais e a sua deficiência interrompe a síntese de proteínas (RAIJ, 1991). Dessa forma, a divisão celular é afetada, resultando em plantas de menor tamanho e número de folhas (BURKE et al., 1986). As plantas de lulo (*S. quitoense*), sob deficiência de S apresentaram clorose em todas as folhas com senescência precoce em folhas maduras (BOLÍVAR et al., 2009). As menores reduções na produção de matéria seca da parte aérea em plantas de pepino foram observadas nas soluções onde se omitiu Fe e S (5,4 e 17,2g, respectivamente) (SILVA et al., 2011).

As plantas submetidas à omissão de B apresentaram drástica redução do crescimento, dando às plantas um aspecto de “roseta” devido à proximidade dos pecíolos das folhas no caule. As folhas mostraram-se mais espessas, mal formadas e com necroses localizadas (Figura 3A). Foi observada ainda morte prematura do meristema apical. Devido à imobilidade relativa nos tecidos, a deficiência de B tem como característica distúrbios de crescimento em tecidos meristemáticos (MENGEL & KIRKBY, 2001). O caule das plantas sob deficiência de B tornou-se mais grosso e as raízes eram menos densas e menores (Figura 2G). Ausência de B pode causar mau funcionamento do tecido do cambio vascular que é responsável pela multiplicação das células dos órgãos de condução, provando colapso do floema e, em deficiência aguda o xilema também pode ser afetado (QUAGGIO & PIZA JUNIOR, 1991). Dessa forma, há redução do crescimento radicular que não recebe quantidades suficientes de fotoassimilados.

Os sintomas de deficiência observados em plantas deficientes em B são justificados pelos baixos valores de teor e acúmulo dos nutrientes nos tecidos (Tabela 2 e 3). A produção de flores e frutos foi comprometida pela inviabilidade dos tecidos meristemáticos e as baixas produções de matéria seca, principalmente a do caule, pelas atrofia sofridas pelos tecidos condutores. No entanto, somente as folhas apresentaram menor teor de B, em

torno de 49% a menos que o controle, enquanto que no caule, o teor nas plantas deficientes não diferiu da testemunha em 13% (Tabela 2). Apesar disso, o acúmulo gerado nestes respectivos órgãos foi drasticamente reduzido (91% e 92%), em relação a testemunha (Tabela 3), devido ao efeito de concentração.

Sob omissão de B, o florescimento é severamente afetado (EPSTEIN & BLOM, 2004). As plantas de tomateiro cereja sob omissão de B não lançaram inflorescência e, conseqüentemente, não houve formação de cachos. Os sintomas observados em plantas de tomateiro cereja diferiram daqueles observados em tomateiro do grupo salada, uma vez que o B foi pouco limitante na fase vegetativa (OLIVEIRA et al., 2009).

As plantas submetidas à omissão de Cu não apresentaram sintomas visuais de deficiência, ou seja, o desenvolvimento das plantas não foi afetado pela omissão, uma vez somente a produção de matéria seca de folhas diferiu e foi menor que a do tratamento completo (Tabela 1). É possível que a ausência de sintomas seja devida à baixa exigência deste elemento para as plantas do tomateiro tipo cereja. Além disso, a concentração de nutrientes nas plantas deficientes foi superior à das plantas controle, enquanto que o acúmulo não diferiu do mesmo. Pode ser que o Cu presente como contaminante na solução nutritiva, tenha sido suficiente, o que é comum para elementos exigidos pelas plantas em concentrações muito baixas (FONTES, 1985). Em tomateiro tipo salada, a omissão de Cu também não promoveu sintomas evidentes de deficiência (OLIVEIRA et al., 2009).

Da mesma forma que com o Cu, as plantas submetidas deficiência de Zn não apresentaram sintomas visuais de deficiência na parte aérea, porém as raízes apresentaram-se com menor volume em relação ao tratamento completo (Figura 2H, Tabela 1). Dessa forma, somente o volume radicular diferiu e foi menor que o tratamento controle. O teor de Zn nas partes avaliadas foi menor em de 31%, 42% e 24%, resultando em um acúmulo também reduzido (33%, 40% e 45%), em relação ao controle (Tabelas 2 e 3). Em tomateiro tipo salada, a omissão de Zn promoveu raquitismo nas plantas e rachamento de frutos (OLIVEIRA et al., 2009).

Com omissão de Fe, observou-se inicialmente clorose internerval nas folhas mais novas, posteriormente ocorreu necrose foliar, que evolui das margens para o centro (Figura 2B). Com a intensificação dos sintomas toda a área foliar foi tomada por coloração amarelada. Devido ao agravamento dos sintomas foi acrescentado 1 mL L<sup>-1</sup> de solução de

FeEDTA, em cada repetição, para que as plantas chegassem até ao final do experimento. Com esse acréscimo, houve recuperação do crescimento da planta, e somente o NFr, VR e MSC foram inferiores aos do tratamento completo (Tabela 1). No entanto, as raízes das plantas submetidas à deficiência de Fe apresentaram-se menos densas, menores e com aspecto amarronzado (Figura 2I).

A deficiência de ferro está relacionada à inibição da elongação radicular, aumentos do diâmetro das zonas apicais das raízes e formação abundante de raízes laterais (ROMHELD & MARSCHNER, 1981). O ferro é constituinte ou ativador de enzimas, possui função estrutural e participa de processos como fotossíntese, respiração, síntese de lignina e suberina e metabolismo de auxina, dentre outros (MALAVOLTA, 2006).

O teor de Fe nas folhas foi superior ao do tratamento completo e inferior nas raízes em 52% (Tabela 2), no entanto, seu acúmulo foi maior nas folhas e menor que da testemunha no caule e nas raízes, em 27% e 54% (Tabela 3). Em tomateiro do tipo salada, a omissão de Fe foi a que mais afetou o desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA et al., 2009). No entanto, em plantas de lulo não foram observados sintomas típicos de deficiência de Fe (BOLÍVAR et al., 2009).

## CONCLUSÕES

- Com base na observação dos sintomas visuais de deficiência, as maiores restrições ao crescimento das plantas de tomateiro cereja foram nas omissões de P, B e Fe.

- Os nutrientes N, Mg e B foram os que mais comprometeram a produção de matéria seca das plantas de tomateiro cereja

- Os teores e acúmulos dos nutrientes foram influenciados pelas deficiências impostas.

- No tratamento completo as folhas apresentaram: 3,34; 0,37; 2,07; 2,13; 0,54; e 0,55 dag Kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, e 41,9; 5,9; 4,75; e 94,57 mg Kg<sup>-1</sup> de B, Cu, Zn e Fe. Nos tratamentos em que os nutrientes foram omitidos as concentrações foliares foram: 1,77; 0,22; 1,57; 1,06; 0,17; 0,10 dag Kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, e 21,35; 4,08; 5,85 e 115,83 mg Kg<sup>-1</sup> de B, Cu, Zn e Fe.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, C.; VILLAS BÔAS, R.L.; SILVA, V.C.; RAMOS, A.R.P.; CAMPAGNOL, R.; BARDIVIESSO, D.M. Produção de mini-tomate em função de diferentes relações K:Ca:Mg na solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.3813-3819, 2011. (Suplemento)

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 302p.

ALVES, A.U.; PRADO, R.M.; GONDIM, A.R.O.; FONSECA, I.M.; CECÍLIO FILHO, A.B. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.292-295, 2008.

AVALHÃES, C.C.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; ROZAE, D.E.; CORREIA, M.A.R. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional de plantas de repolho cultivado em solução nutritiva. **Bioscience Journal**, v.25, n.5, p.21-28, 2009.

BERGAMAN, W. **Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis**. Jena: Gustav Fischer, 1992. 741p.

BOLÍVAR, M.E.V.; MEDELLÍN, L.A.C.; TRUJILLO, M.M.P. Efecto de las deficiencias de algunos nutrientes en plantas de lulo (*Solanum quitoense* var. *quitoense*) em etapa de vivero. **Revista Facultad de Ciencias Básicas**, v5, n.1, p-64-82, 2009.

BURKE, J.J.; HOLLOWAY, P.; DALLING, M.J. The effect of sulfur deficiency on the organization and photosynthetic capability of the wheat leaves. **Journal of Plant Physiology**, v.125, n.3-4, p.371-375, 1986.

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAUJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. (Ed.). **Estresses ambientais danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p.127-137.

CHAPAGAIN, B.P.; WIESMAN, Z. Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. **Scientia Horticulturae**, v.99, p.279-288, 2004.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Mineral nutrition of plants**. Sunderland: Sinauear Associates, 2004. 403p.

FELTRIN, D.M.; POTT, C.A.; FURLANI, P.R.; CARVALHO, C.R.L. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.4, n.1, p.17-24, 2005.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 564-570, 2002.

FERNANDES, L.A.; ALVES, D.S.; RAMOS, S.J.; OLIVEIRA, F.A.; COSTA, C.A.; MARTINS, E.R. Nutrição mineral de plantas de maxixe-do-reino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.7, p.719-722, 2005.

FONTES, R. L. F. **Purificação de soluções nutritivas para indução de deficiência de zinco e cobre, em plantas**. Viçosa, 1985. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1985.

FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; GALLO, J.R. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**, v.37, n.5, p.33-44, 1978.

FURLANI, A.M.C.; TANAK, R.T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M.F.; MASCARECHAS, H.A.A. Exigência a boro em cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.929-937, 2001.

GENUNCIO, G.C.; SILVA, R.A.C.; SÁ, N.M.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A.P. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.446-452, 2010.

LANGE, A.; MARTINES, A.; SILVA, M.A.C.; SORREANO, M.C.M.; CABRAL, C.P.; LYNCH, J.; LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus nutrition. **Crop Science**, v.31, n.2, p.380-387, 1991.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995.

MARRENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 451p.

- MARZIAH, M. & LAM, C.H. Polyphenol oxidase from soybean (*Glycine Max*, v. Palmetto) and its response to copper and other micronutrients. **Journal of Plant Nutrition**, v.10, p.2089-2094, 1987.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.
- OLIVEIRA, R.H.; LIMA, M.J.S.; PEREIRA-JUNIOR, H.A.; REBOUÇAS, T.N.H.; MORAIS, O.M.; GUIMARÃES, B.V.C.; NOLASCO, C.A. Caracterização de sintomas visuais de deficiência de micronutrientes em tomateiro do grupo salada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, suplemento 1, p.1093-1100, 2009.
- PRADO, R.M.; LEAL, R.M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol-01. **Revista Agropecuária Tropical**, v.36, n.3, p.187-193, 2006.
- PRETTY, K.M. O potássio na qualidade dos produtos agrícolas. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. (Eds.) **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato (EUA), 1982. p.177-194.
- QUAGGIO, J.A.; PIZA JUNIOR, C.T. Frutíferas tropicais. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.; ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001, p.459-492.
- RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991, 343p.
- RODRÍGUES, D.; KELTJENS, W.G.; GOUDRIAAN, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growth under low phosphorus conditions. **Plant Soil**, v.200, n.2, p.227-240, 1998.
- ROMHELD, V.; MARSCHNER, H. Iron deficiency stress induced morphological and physiological changes in root tips of sunflower. **Physiologia Plantarum**, v.53, n.3, p.354-360, 1981.
- SASAKI, J.L.S.; SENO, S. Importância da adubação na qualidade de algumas olerícolas (alho, cebola, couve flor, pimentão e tomate). In: SÁ, E.; BUZZTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.331-343.
- SILVA, G.F.; FONTES, P.C.R.; LIMA, L.P.F.; ARÁUJO, T.O.; SILVA, L.F. Aspectos morfoanatômicos de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) sob omissão de nutrientes. **Revista Verde**, v.6, n.2, p.13-20, 2011.
- SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília:

Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.

SRIDHAR, B. M.; HAN, F. X.; DIEHL, S. V.; MONTS, D. L.; SU, Y. Effects of Zn and Cd accumulation on structural and physiological characteristics of barley plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 1, p. 15-22, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TERRY, N.; ABADIA, J. Function of iron in chloroplasts. **Journal of Plant Nutrition**, v.9, p.609-646, 1986.

VICHIATO, M.; VICHIATO, M.R.M.; CASTRO, D.M.; MARCHIORI JÚNIOR, W.; LIMA, C.D.F.; CARVALHO, J.G. Silício e fósforo no desenvolvimento e anatomia foliar de mudas do mamoeiro ‘improved sunrise solo 72/12’. In: MARTINS, D.S.; COSTA, A.N.; COSTA, A.F.S. (eds.). **Papaya Brasil: Manejo, Qualidade e Mercado do Mamão**. Vitória, ES: Incaper, 2007. 704p.

VIEIRA, H.; CHAVES, L.H.G.; VIÉGAS, R.A. Crescimento inicial de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) sob omissão de nutrientes. **Caatinga**, v.21, n.4, p.51-56, 2008.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Calcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição Mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p.299-325.

ZOBEL, R.W.; ALLOUSCH, G.A.; BELESKY, D.P. Differential root morphology to no versus high phosphorus, in three hydroponically growth forage chicory cultivars. **Environmental and Experimental Botany**, v.57, n.21, p.201-208, 2006.

HUETT, D.O.; DETTMANN, E.B. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.28, n.3, p.391-399, 1988.

NEUMANN, K.H.; ABADIA, A.; ABADIA, J. Investigation on the growth and metabolism of cultured explants of *Daucus carota*. I. Effects of iron, molybdenum and manganese deficiency on growth. **Planta**, v.81, p.333-350, 1968.

## ARTIGO 4

### ALTERAÇÕES ANATÔMICAS FOLIARES E CAULINARES DE TOMATEIRO DO GRUPO CEREJA SUBMETIDO A DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS

#### RESUMO

Estudos anatômicos que visam avaliar a influência dos nutrientes na anatomia da planta são de fundamental importância, já que tal alteração pode alterar a translocação de nutrientes, comprometendo o desenvolvimento da planta como um todo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi caracterizar as alterações anatômicas foliares e caulinares apresentadas em plantas de tomateiro cereja, quando submetidas à deficiência nutricional em solução nutritiva. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições e os tratamentos foram: solução completa, omissão de N, Ca, Mg, S e B. Após 60 dias, as mudas foram retiradas das soluções, amostrando-se folhas com idade fisiológica adequada para caracterizar a deficiência nutricional de cada nutriente e também porções do caule de cada planta de aproximadamente 5 cm de comprimento, do entrenó logo abaixo da terceira folha completamente expandida a partir do ápice. As amostras foram fixadas em FAA<sub>50</sub> e conservadas em etanol 70%. Em seguida, foram desidratadas, emblocadas em resina sintética e seccionadas em micrótomo rotativo. Em cada amostra de folha foram mensuradas as características: espessura das epidermes adaxial e abaxial, dos parênquimas paliádico e lacunoso, do mesofilo, do limbo foliar; e a área dos tecidos componentes da nervura central: epiderme, parênquima clorofiliano, colênquima, feixe vascular e parênquima de preenchimento. Nas secções transversais do caule foram mensurados: espessura da epiderme, do parênquima clorofiliano, do colênquima, do parênquima de preenchimento, do floema, da faixa cambial, do xilema, do parênquima de preenchimento da medula central e o espessamento da parede celular das fibras do floema. As deficiências de N, Ca, Mg e S favoreceram uma hipertrofia do floema. A insuficiência dos nutrientes Ca e Mg favoreceram a redução no espessamento da parede celular das fibras do floema. As alterações anatômicas mais drásticas, tanto em folhas como em caule, foram causadas pela omissão de B, como a formação de feixes vasculares desorganizados, xilema

e floema com composição celular atípica e câmbio vascular com atividade atípica.

**Palavras-chaves:** *Lycopersicum esculentum* Mill, anatomia, cultivo hidropônico

## **ABSTRACT**

### **LEAF AND STEM ANATOMY CHANGES OF CHERRY TOMATO PLANTS UNDER NUTRITIONAL DEFICIENCIES**

Anatomical studies aimed at assessing the influence of nutrients of nutrients on plant anatomy are essential, because this change cans alter the translocation of nutrients, by effecting plant development. Thus, the aim of this study was to characterize leaf and stem anatomical changes in cherry tomato plants in nutrient solution. The experimental design was completely randomized with three replications and treatments were complete solution, omission of N, Ca, Mg, S and B. After 60 days, the seedlings were taken from solutions, it used leaves with physiological age appropriates to characterize the nutritional deficiency of each nutrient. Also parts of the stem of each plant of about five centimeters in length were used, of the internode just below the third fully expanded leaf from the apex. Samples were fixed in FAA and stored in 70% ethanol. They were dehydrated, embedded in synthetic resin and sectioned on a rotary microtome. In each sample leaf characteristics were measured: thickness of the adaxial and abaxial epidermis, palisade and spongy parenchyma, mesophyll, leaf, and the area of tissue components of the midrib epidermis, chlorenchyma, collenchymas, vascular bundle and filling parenchyma. In sections of stem were measured: thickness of the epidermis, chlorophyll parenchyma, collenchymas, filling parenchyma, phloem, exchange track, xylem, filling parenchyma of the mid rib and cell wall of phloem sclereids. Deficiencies of N, Ca, Mg and S caused hypertrophy of the phloem. The lack of Ca and Mg caused the reduction thickness of cell wall of phloem fibers. The most drastic anatomical changes, both on leaves and stems, were caused by the omission of B, as the formation of unorganized vascular bundles, xylem and phloem atypical cell composition and unusual vascular cambium.

**Keywords:** *Lycopersicum esculentum* Mill, anatomy, hydroponic system

## INTRODUÇÃO

É sabido que macro e micronutrientes participam da estrutura anatômica das plantas, e que a insuficiência ou o excesso no fornecimento destes elementos minerais pode interferir no metabolismo e na anatomia vegetal. Estudos anatômicos que têm como objetivo avaliar a influência dos nutrientes na anatomia da planta são de fundamental importância, pois a nutrição mineral pode comprometer a estrutura e a funcionalidade dos tecidos e, conseqüentemente, o desenvolvimento da planta (MARSCHNER, 1995). Além disso, as deficiências nutricionais causam danos primariamente às rotas metabólicas para depois manifestar os sintomas visualmente, comprometendo a produtividade (FONTES, 2001).

A nutrição mineral adequada do tomateiro é importante, uma vez que a falta ou o excesso dos nutrientes compromete o metabolismo das plantas (ALVARENGA, 2004). O N quando em excesso pode comprometer a síntese de compostos fenólicos (DUFFY & DÉFAGO, 1999), enquanto que o cálcio é responsável pela espessura da parede celular (PRETTY, 1982). A deficiência de S provoca redução da área foliar. A importância de B para as plantas está relacionada à formação da parede celular e síntese de pectina, celulose e lignina.

Apesar do mecanismo com que as plantas reagem aos estresses serem semelhantes, pequenas particularidades são observadas entre as espécies e/ou cultivares. Dessa forma, os aspectos nutricionais relacionados às plantas cultivadas são de extrema importância, uma vez que interferem na produção, sendo os custos para se produzir são maiores quando as plantas passam por estresse nutricional (CAMBRAIA, 2005). Muitos são os trabalhos relatando as respostas das plantas sob deficiência nutricional (FURLANI et al., 2001; LANGE et al., 2005; PRADO & LEAL, 2006; ALVES et al., 2008; VIEIRA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009). No entanto, poucos são aqueles que tratam de mudanças que ocorrem na anatomia, associadas à sintomatologia visual de deficiência nutricional em tomateiro.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar a anatomia quantitativa e qualitativa em plantas de tomateiro cereja, quando submetidas à deficiência nutricional em solução nutritiva.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, de junho a agosto de 2010. A produção de mudas de tomateiro do grupo cereja, híbrido Sindy, foi feita em bandejas contendo substrato comercial, sem adição de solução nutritiva. Após as plantas apresentarem duas folhas definitivas foram selecionadas pela uniformidade, transferidas duas plantas para vasos plásticos de 8 L de capacidade e submetidas aos tratamentos, contendo solução nutritiva segundo Fernandes et al., (2002), e omitindo-se um elemento de cada vez. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições e os tratamentos foram constituídos pela omissão de N, Ca, Mg, S e B e a solução completa, totalizando 18 parcelas.

A solução nutritiva completa apresentou a seguinte composição: N= 8 mmolL<sup>-1</sup>; P= 2 mmolL<sup>-1</sup>; K= 4 mmolL<sup>-1</sup>; Ca= 2 mmolL<sup>-1</sup>; Mg= 1 mmolL<sup>-1</sup>; S = 1 mmolL<sup>-1</sup>; Na = 2 mmolL<sup>-1</sup>; B= 21 µmolL<sup>-1</sup>; Cu= 0,9 µmolL<sup>-1</sup>; Fe= 35 µmolL<sup>-1</sup>; Mn= 15 µmolL<sup>-1</sup>; Mo= 0,7 µmolL<sup>-1</sup>; Zn= 0,4 µmolL<sup>-1</sup>. Para não se acrescentar quantidades excessivas de Na<sup>+</sup> ou Cl<sup>-</sup>, devido às omissões de ânions e cátions, nos tratamentos sem N e Ca no lugar da total retirada foram acrescentadas apenas as quantidades de 25 e 50%, respectivamente, destes elementos, a partir da solução completa.

A solução nutritiva foi mantida sob aeração constante, o volume completado diariamente com água desionizada e o pH monitorado diariamente e ajustado a 5,5 ± 0,5, com HCl 1N ou NaOH 1N. As trocas das soluções seguiram o critério de 30% de redução da condutividade elétrica inicial.

Após 60 dias, foram retiradas porções do terço mediano de folhas correspondentes a mobilidade de cada nutriente: N e Mg – terceira folha completamente expandida a partir do ápice; Ca, S e B - folhas mais velhas do terço médio das plantas, sem ainda estar em processo de senescência visível. Foram retiradas também porções do caule de cada planta de aproximadamente 5 cm de comprimento, do entrenó logo abaixo da terceira folha completamente expandida a partir do ápice. As amostras foram fixadas em uma solução de FAA<sub>50</sub> (formaldeído, ácido acético e álcool etílico 50%) por 72 horas e conservadas em

etanol 70% (JOHANSEN, 1940).

Para a confecção das lâminas foram retiradas amostras de aproximadamente 0,25 cm<sup>2</sup>, desidratadas em série etílica crescente e incluídas em metacrilato (Historesin-Leica), conforme as recomendações do fabricante. O material foi seccionado transversalmente com 5µm de espessura em micrótomo rotativo e os cortes corados com azul de toluidina para caracterização estrutural e análises micromorfométricas. As lâminas foram montadas em resina sintética (Permount). Imagens digitalizadas das seções transversais de caule e de folhas, de cada repetição, foram obtidas em fotomicroscópio (Olympus AX70) com sistema U-Photo.

As características mensuradas na região intervenal da folha foram: espessura das epidermes adaxial e abaxial, dos parênquimas paliçádico e lacunoso, do mesófilo e do limbo foliar. Na região da nervura central foram mensurados: área de epiderme, de parênquima clorofiliano, de colênquima, de feixe vascular e de parênquima de preenchimento.

As características mensuradas no caule foram: espessura de epiderme, de parênquima clorofiliano, de colênquima, de parênquima de preenchimento cortical e medular, de floema, da faixa cambial, de xilema, e espessura da parede celular dos esclereides do floema. As medições foram feitas utilizando-se o software Image Pro-Plus (Media Cybernetics, Silver Spring, MD, USA). Os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando-se o programa SAEG 9.0, e as médias comparadas com a testemunha pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A folha do tomateiro cereja apresenta epiderme unisseriada, com tricomas tectores e glandulares e estômatos em ambas as faces, sendo classificada como anfiestomática. O mesófilo é dorsiventral, com parênquima paliçádico voltado para a face adaxial e parênquima lacunoso voltado para a face abaxial. Na região da nervura central, o parênquima clorofiliano se estende pela face adaxial, onde é interrompido por algumas células de colênquima. O feixe vascular da nervura principal é bicolateral, com floema voltado para ambas as faces da folha, e rodeado por parênquima de preenchimento. Os

demais feixes vasculares são colaterais, com bainha do feixe vascular discreta dispostos na região mediana do mesofilo.

O caule do tomateiro cereja, na região amostrada, também apresenta epiderme unisseriada com tricomas tectores e glandulares e estômatos. A região cortical apresenta parênquima clorofiliano subepidérmico, seguido de colênquima e parênquima de preenchimento. O tecido vascular é formado por floema secundário, delimitado externamente por esclereides, e xilema secundário, intercalados pelo câmbio vascular. Um medula parenquimática preenche o interior do caule.

As características anatômicas gerais da folha e do caule do tomateiro cereja, descritas acima, não foram afetadas qualitativamente pelos tratamentos impostos, salvo pela omissão de boro, onde a atividade cambial atípica culminou na desorganização estrutural dos tecidos vasculares em ambos os órgãos. Todavia, várias diferenças quantitativas foram observadas nos tratamentos impostos (Tabela 1).

### **Nitrogênio**

A região intervenal das folhas de plantas sob insuficiência de N foi afetada, e a proporção de parênquima lacunoso foi 30% superior à do controle. Essas alterações foram suficientes para influenciar a proporção de mesofilo e, conseqüentemente, do limbo, que foi 34% maior em relação ao completo. É possível observar esse aumento ao se comparar as Figuras 1E e 1F. Na nervura central e no caule, o tratamento imposto não foi suficiente para provocar alterações anatômicas quantitativas significativas. A deficiência de N pode afetar especialmente a formação do parênquima, reduzindo tanto a área das seções transversais das folhas como dos feixes vasculares, uma vez que este influencia diretamente o mecanismo de assimilação e indiretamente a estrutura foliar (ROVENSKÁ & NÁTR, 1981).

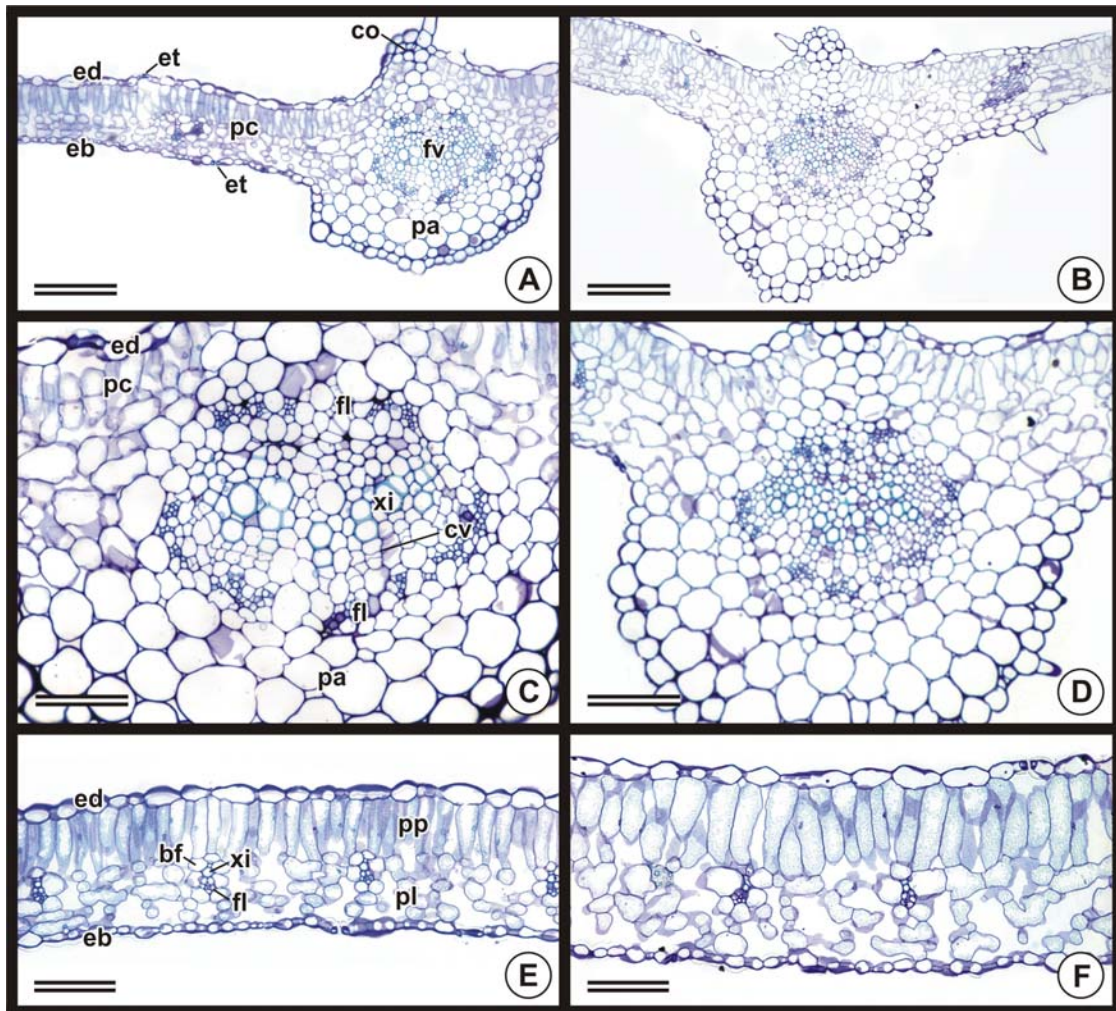
A redução da assimilação ocorre como conseqüência do comprometimento dos cloroplastos. Quando a planta é suprida inadequadamente com nitrogênio, este é remobilizado das folhas mais velhas para as partes mais novas da planta. Dessa forma, as proteínas das folhas mais velhas sofrem proteólise, resultando em aminoácidos que serão redistribuídos para os tecidos mais novos. Como conseqüência da hidrólise destas proteínas, os cloroplastos se degeneram e assim ocorre a redução nos teores de clorofila, e posterior amarelecimento das folhas mais velhas (MENGEL & KIRKBY, 1987). Com isso

a difusão de CO<sub>2</sub> é comprometida, e fotossíntese, transporte de assimilados e alguns outros processos que são afetados, favorecendo o aparecimento de plantas cloróticas e de tamanho reduzido, característica marcante da deficiência de N (NIGHTINGALE et al., 1932), como foi observado no presente estudo. Em folhas de *Chenopodium acunation* cultivado sob omissão de N, a diferenciação entre parênquima paliçádico e lacunoso foi incipiente (CHEN et al., 2010). As células da secção transversal de folhas de repolho cultivadas com a metade da dose de N (14 g m<sup>-2</sup>) foram menores que as do controle (KANO et al., 2007).

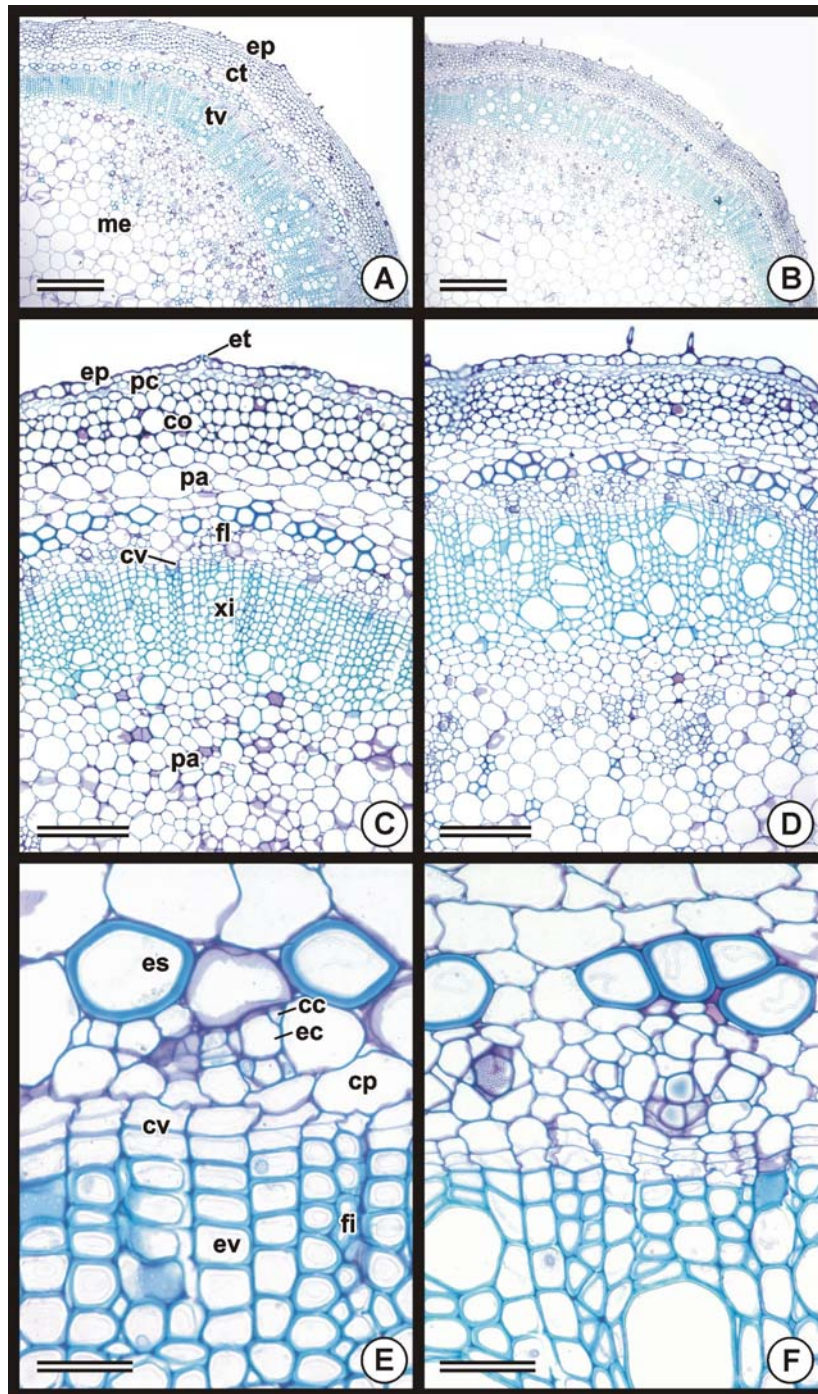
**Tabela 1** – Características anatômicas avaliadas em folhas e caule de tomateiro tipo cereja cultivado sob deficiências nutricionais, em cultivo hidropônico.

Características	Tratamentos						CV %
	Completo	(-) N	(-) Ca	(-)Mg	(-)S	(-)B	
<b>Região intervenal do limbo (espessura em <math>\mu\text{m}</math>)</b>	149,5	200,7*	126,6	198,5*	251,1*	291,3*	8,5
% epiderme adaxial	9,0	8,5	10,4	6,9	6,8	4,3*	15,4
% parênquima paliçádico	38,6	33,8	32,1	37,2	25,4*	32,1*	8,1
% parênquima lacunoso	40,8	53,0*	51,1*	50,4*	55,1*	51,7*	4,9
% epiderme abaxial	5,5	4,7	6,5	5,5	5,0	3,2*	11,6
Mesofilo	82,0	86,7*	83,2	87,5*	82,0	87,0*	1,5
<b>Região da nervura central da folha (área em <math>\mu\text{m}^2</math>)</b>	939.770,6	452.156,7	267.988,1	401.490,0	420.463,3	1.233.611,8	14,4
% epiderme adaxial	4,3	4,3	3,8	3,6	4,2	2,0	32,1
% colênquima	7,8	7,2	4,5*	0,5*	1,7*	0,5*	36,0
% parênquima clorofiliano	7,1	7,7	6,3	7,2	8,3	4,7	28,7
% feixe vascular	18,9	21,5	24,7	21,3	20,0	34,4*	13,4
% parênquima preenchimento	55,3	49,1	52,1	57,9	54,1	53,5	9,5
% epiderme abaxial	6,7	10,3	8,6	9,4	11,6*	4,8	24,2
<b>Região do caule (espessura em <math>\mu\text{m}</math>)</b>	1.110,1	1.058,5	1.073,1	1.044,4	1.055,2	1.103,6	5,8
% epiderme	2,2	1,9	2,17	1,6	2,0	2,1	18,3
% colênquima	14,1	14,5	14,5	17,6	12,0	16,7	15,8
% parênquima clorofiliano	2,3	2,2	1,9	1,6	2,1	4,3*	11,4
% parênquima preenchimento	11,1	8,2	9,9	9,0	8,2	14,1	18,3
% floema	7,4	5,5	5,8	7,0	5,3	9,1	19,5
Câmbio	2,8	3,6	3,8	4,0	3,5	8,6*	24,2
Xilema	27,8	30,8	22,8	24,5	24,2	12,14*	17,4
<b>Espessura (<math>\mu\text{m}</math>) Parede celular de esclereides</b>	4,3	4,1	1,1*	1,7*	4,0	2,2*	15,4

As médias seguidas de \* na linha diferem do tratamento completo a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.



**Figura 1** - Fotomicrografias de seções transversais da folha de tomate-cereja cultivado em solução nutritiva completa (A, C, E) e sob insuficiência de nitrogênio (B, D, F). A-B, aspecto geral da folha na região da nervura central. C-D, detalhe da nervura central. E-F, detalhe da região intervenal. bf, bainha do feixe vascular; co, colênquima; ct, córtex; cv, câmbio vascular; eb, epiderme abaxial; ed, epiderme adaxial; ep, epiderme; et, estômato; fl, floema; fv, feixe vascular; pa, parênquima de preenchimento; pc, parênquima clorofiliano; pl, parênquima lacunoso; pp, parênquima paliçádico; xi, xilema. Barra= 300  $\mu$ m (A-B); 100  $\mu$ m (C-F).

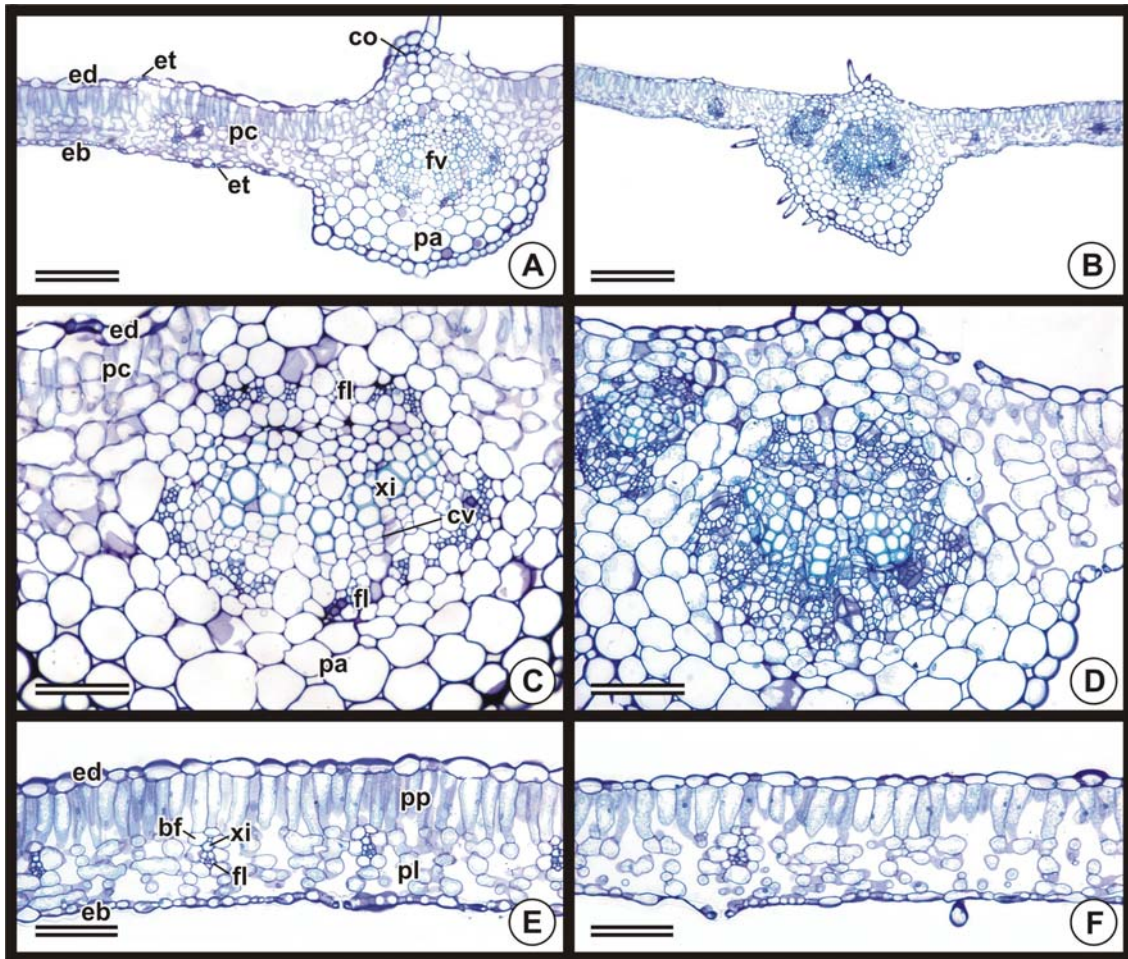


**Figura 2** - Fotomicrografias de seções transversais do caule de tomate-cereja cultivado em solução nutritiva completa (A, C, E) e sob insuficiência de nitrogênio (B, D, F). A-B, aspecto geral do caule. C-D, detalhes da região cortical, vascular e medular. E-F, detalhe da região cambial. cc, célula companheira; co, colênquima; cp, célula parenquimática; ct, córtex; cv, câmbio vascular; ec, elemento de tubo crivado; ep, epiderme; es, escleríde; et, estômato; ev, elemento de vaso; fi, fibra; fl, floema; me, medula; pa, parênquima de preenchimento; pc, parênquima clorofiliano; tv, tecido vascular; xi, xilema. Barra= 500  $\mu$ m (A-B); 200  $\mu$ m (C-D); 50  $\mu$ m (E-F).

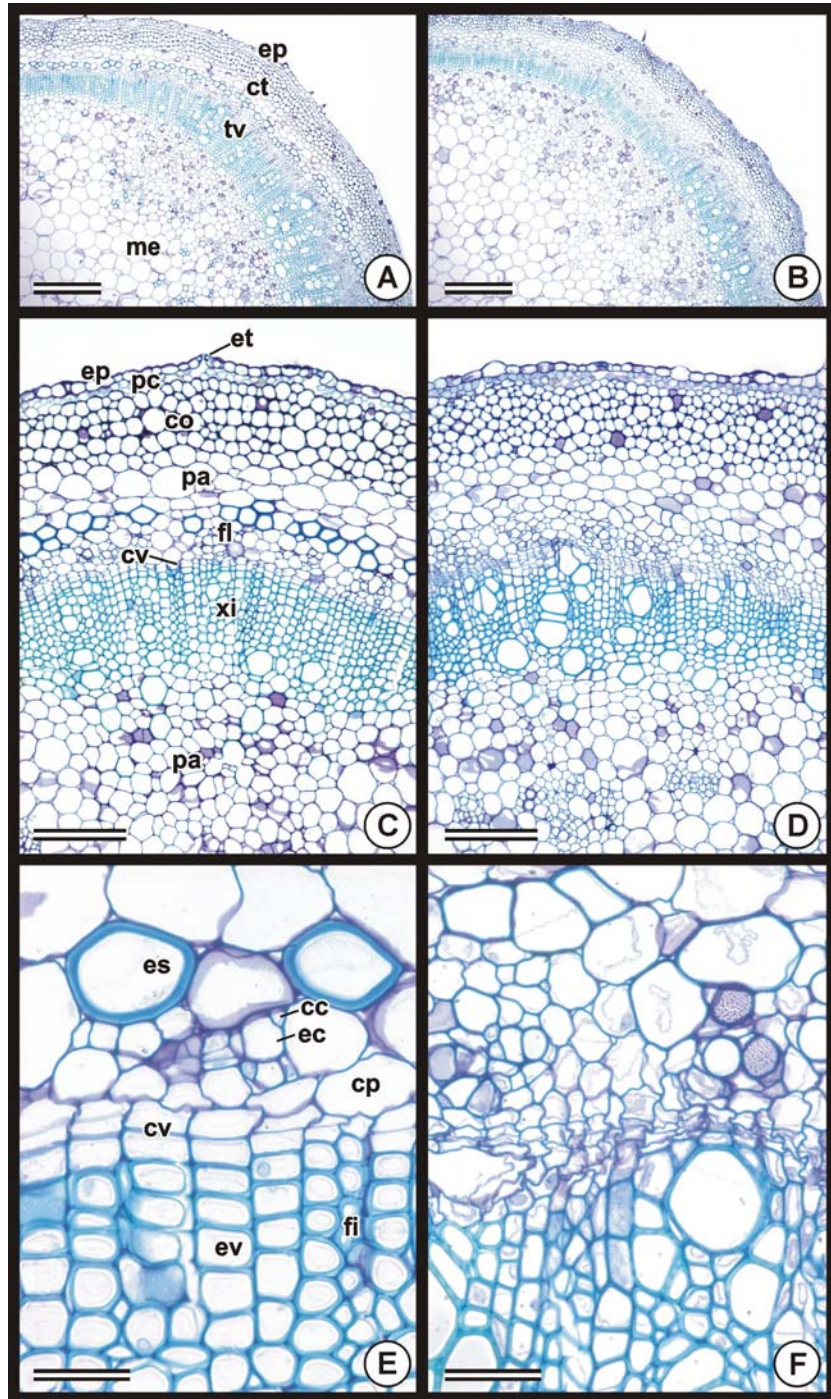
## **Cálcio**

Em folhas de plantas de tomateiro cereja deficientes em Ca, pode-se observar uma leve hipertrofia do floema que se torna mais evidente quando se analisa o detalhe da nervura central (Figura 3C), o que não resultou em diferenças quantitativas em relação ao controle (Tabela 1). A proporção de colênquima, sob deficiência de Ca foi 42% menor que no tratamento completo. Na região intervenal apenas se observa uma redução do parênquima paliçádico, o que não foi suficiente para gerar redução significativa. No entanto, a proporção de parênquima lacunoso foi 25% maior do que o controle, o que não provocou alteração da espessura final do limbo foliar. No caule de plantas sob deficiência de Ca, observa-se que a espessura da parede celular das esclereides do floema foi afetada, resultando em uma redução de 74% em relação ao tratamento completo (Figura 2F e Tabela 1). Plantas deficientes em Ca podem apresentar uma diminuição na taxa de divisão celular, resultando na redução da atividade cambial, acompanhado por um aumento na diferenciação do xilema secundário (DAVIS, 1949; VENNING, 1953). Tais alterações são decorrentes do papel enzimático do cálcio nas regiões meristemáticas das plantas.

A formação das fibras do floema pode ser comprometida em plantas deficientes de Ca, evidenciando maior efeito desta deficiência na formação do floema do que no xilema (ALGAN & TILEKLIÖGLU, 1992). Como observado neste trabalho, a parede celular dos esclereides do floema foram menos espessas do que no tratamento testemunha, uma vez que a parede celular, a lamela média e superfície externa da membrana plasmática, são as áreas com elevadas concentrações de cálcio que exerce funções estruturais essenciais (TREVIZAM, 2005), sendo que qualquer alteração no fornecimento deste elemento pode comprometer a formação desta estrutura. A estrutura da parede celular em frutos de morango com a aplicação de cloreto de cálcio e pré-congelados, manteve-se inalterada, em comparação àqueles que não receberam tratamento, tornando-se menos resistentes e firmes (SUUTARINEN et al., 2000).



**Figura 3** - Fotomicrografias de seções transversais da folha de tomate-cereja cultivado em solução nutritiva completa (A, C, E) e sob insuficiência de cálcio (B, D, F). A-B, aspecto geral da folha na região da nervura central. C-D, detalhe da nervura central. E-F, detalhe da região intervenal. bf, bainha do feixe vascular; co, colênquima; ct, córtex; cv, câmbio vascular; eb, epiderme abaxial; ed, epiderme adaxial; ep, epiderme; et, estômato; fl, floema; fv, feixe vascular; pa, parênquima de preenchimento; pc, parênquima clorofiliano; pl, parênquima lacunoso; pp, parênquima paliçádico; xi, xilema. Barra= 300  $\mu$ m (A-B); 100  $\mu$ m (C-F).



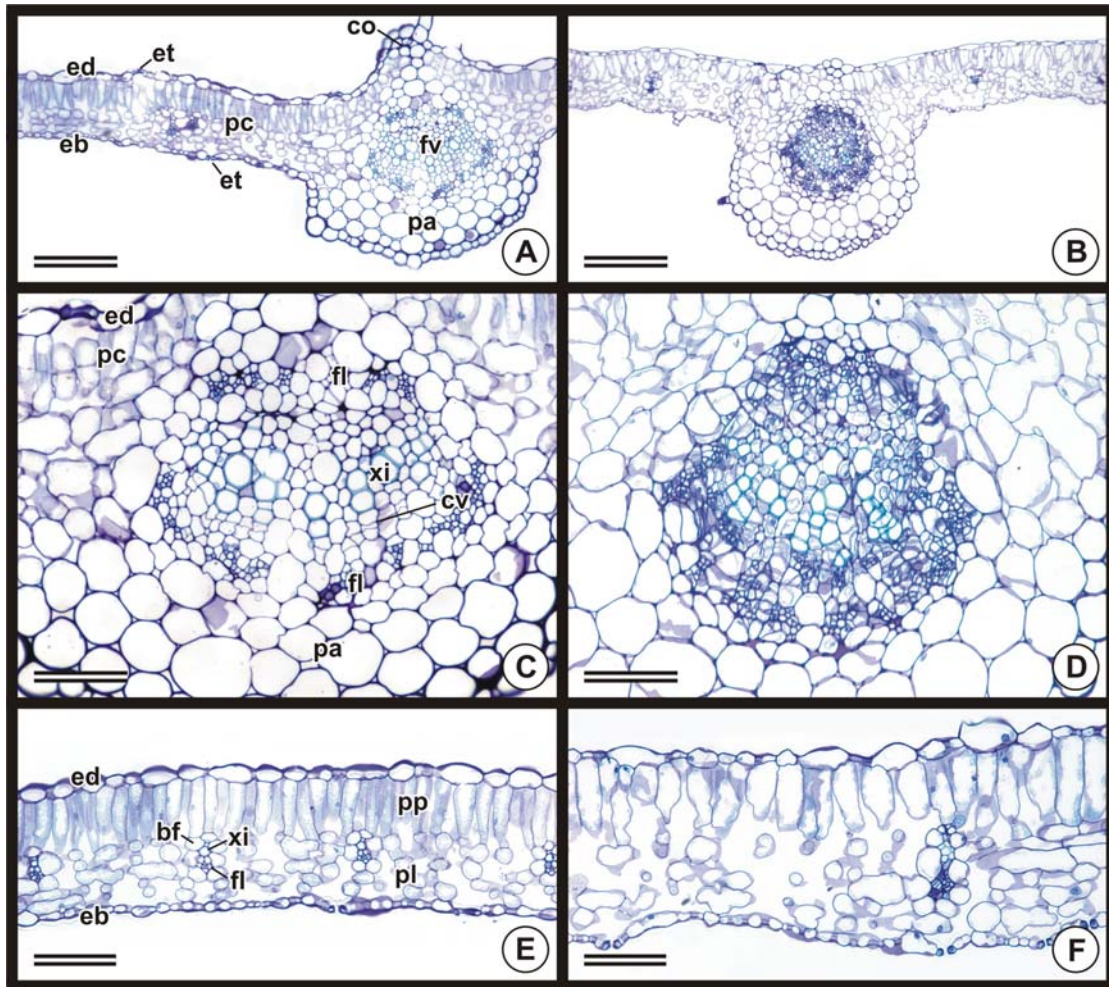
**Figura 4** - Fotomicrografias de seções transversais do caule de tomate-cereja cultivado em solução nutritiva completa (A, C, E) e sob insuficiência de cálcio (B, D, F). A-B, aspecto geral do caule. C-D, detalhes da região cortical, vascular e medular. E-F, detalhe da região cambial. cc, célula companheira; co, colênquima; cp, célula parenquimática; ct, córtex; cv, câmbio vascular; ec, elemento de tubo crivado; ep, epiderme; es, esclereíde; et, estômato; ev, elemento de vaso; fi, fibra; fl, floema; me, medula; pa, parênquima de preenchimento; pc, parênquima clorofiliano; tv, tecido vascular; xi, xilema. Barra= 500 µm (A-B); 200 µm (C-D); 50 µm (E-F).

## **Magnésio**

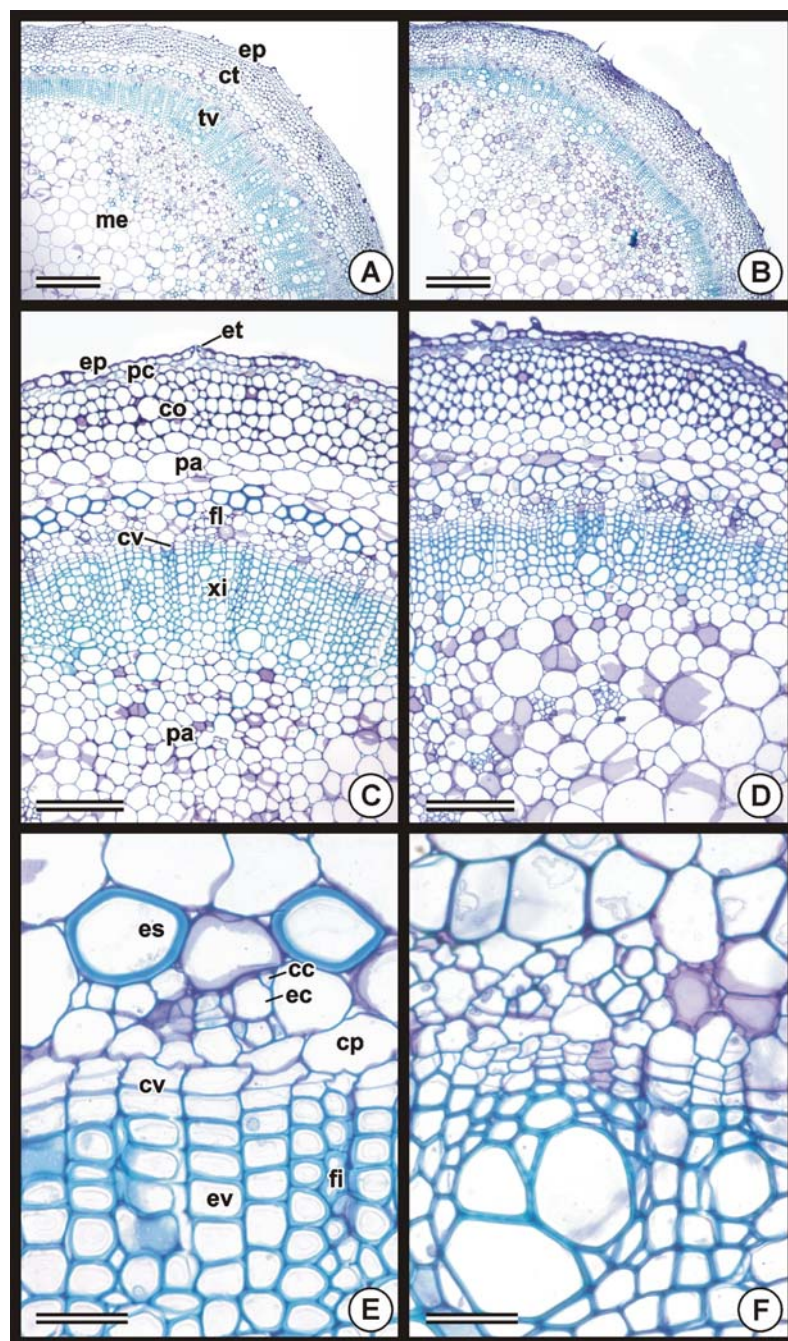
A folha de tomateiro cereja submetido à omissão de Mg apresentou uma hipertrofia do floema que se torna mais evidente no detalhe da nervura central (Figura 5D). A proporção de colênquima apresentou-se reduzida em 93% em relação ao controle. Na região intervenal, observa-se que as nervuras de menor calibre apresentam-se também hipertrofiadas, resultando em um micro relevo quando comparadas ao tratamento controle (Figura 5F). Dessa forma, a espessura do limbo foi 33% maior que no controle, também pelo aumento na espessura dos parênquimas paliádico e lacunoso, ou seja, mesofilo, e da epiderme abaxial (Tabela 1). No caule, as secções transversais revelam redução na espessura da parede celular dos esclereides do floema (Figura 6F e Tabela 1).

Os parênquimas paliádico e lacunoso são ditos clorofilianos com capacidade fotossintética, devido à presença de cloroplastos, portanto, deficiência em Mg compromete o funcionamento dos mesmo pelo fato deste nutrientes ser componente estrutural da molécula de clorofila (TAIZ & ZEIGER, 2004; ALQUINI et al., 2006). As secções transversais da região intervenal da folha revela a má formação das células parenquimáticas, resultando em aumento dos espaços intercelulares e com isso elevação da espessura total do limbo foliar. Como resultado da alteração anatômica observada nesses tecidos, as plantas sob deficiência de Mg apresentaram clorose internerval em folhas maduras, permanecendo as nervuras ainda verdes.

Os efeitos sobre as estruturas do floema causados por deficiências minerais se tornam mais visíveis que as alterações na estrutura dos cloroplastos nas células mesofílicas (SCHMITT et al., 1986). Sob déficit de Mg os tecidos vasculares podem ser afetados, principalmente o floema, comprometendo a translocação de carboidratos, uma vez que tanto Mg quanto K são nutrientes essenciais para a ativação de ATPases envolvidas no carregamento do floema (FINK, 1991; CAKMAK et al., 2008). Daí a redução observada na espessura da parede celular dos esclereides do floema do caule do tomateiro.



**Figura 5** - Fotomicrografias de seções transversais da folha de tomate-cereja cultivado em solução nutritiva completa (A, C, E) e sob a omissão de magnésio (B, D, F). A-B, aspecto geral da folha na região da nervura central. C-D, detalhe da nervura central. E-F, detalhe da região intervenal. bf, bainha do feixe vascular; co, colênquima; ct, córtex; cv, câmbio vascular; eb, epiderme abaxial; ed, epiderme adaxial; ep, epiderme; et, estômato; fl, floema; fv, feixe vascular; pa, parênquima de preenchimento; pc, parênquima clorofiliano; pl, parênquima lacunoso; pp, parênquima paliçádico; xi, xilema. Barra= 300  $\mu\text{m}$  (A-B); 100  $\mu\text{m}$  (C-F).



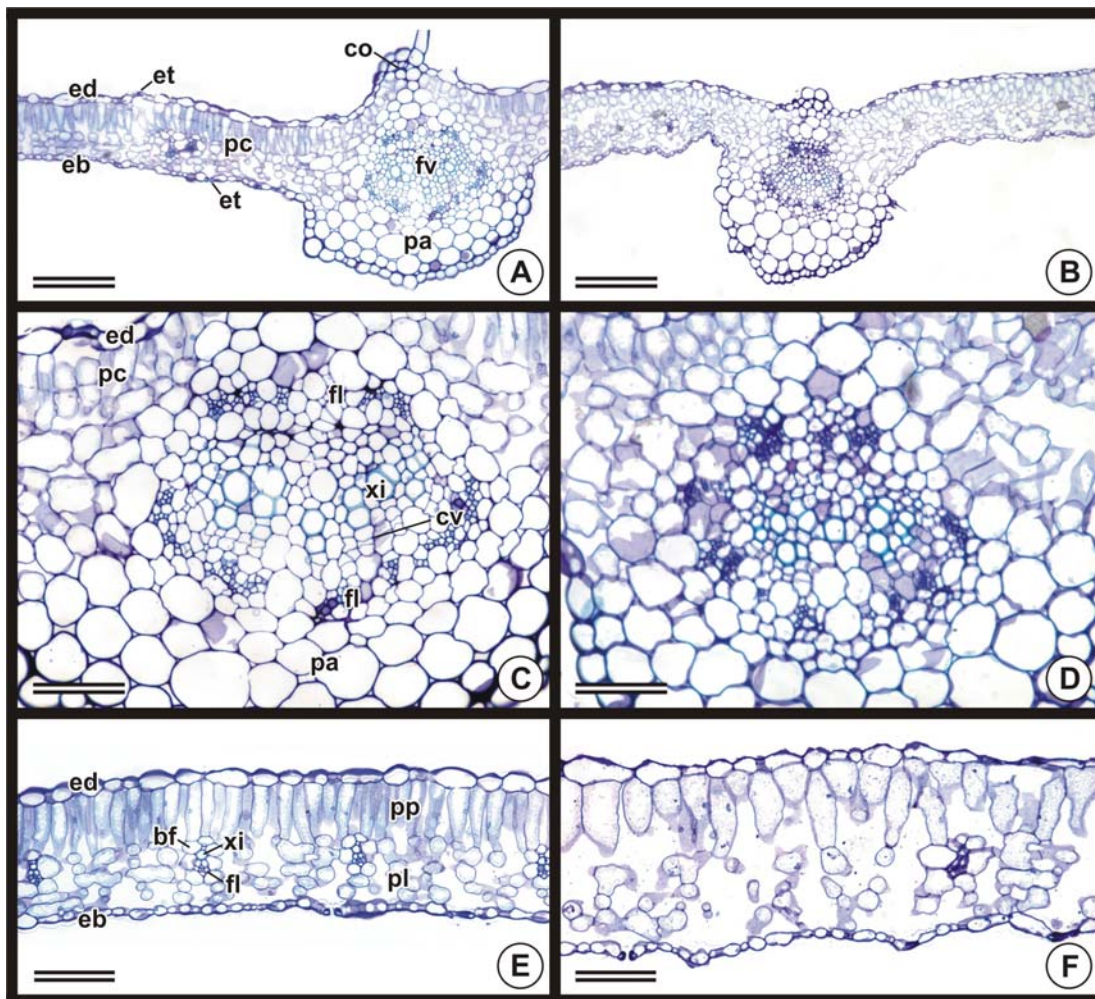
**Figura 6** - Fotomicrografias de seções transversais do caule de tomate-cereja cultivado em solução nutritiva completa (A, C, E) e sob a omissão de magnésio (B, D, F). A-B, aspecto geral do caule. C-D, detalhes da região cortical, vascular e medular. E-F, detalhe da região cambial. cc, célula companheira; co, colênquima; cp, célula parenquimática; ct, córtex; cv, câmbio vascular; ec, elemento de tubo crivado; ep, epiderme; es, esclereíde; et, estômato; ev, elemento de vaso; fi, fibra; fl, floema; me, medula; pa, parênquima de preenchimento; pc, parênquima clorofiliano; tv, tecido vascular; xi, xilema. Barra= 500  $\mu$ m (A-B); 200  $\mu$ m (C-D); 50  $\mu$ m (E-F).

## **Enxofre**

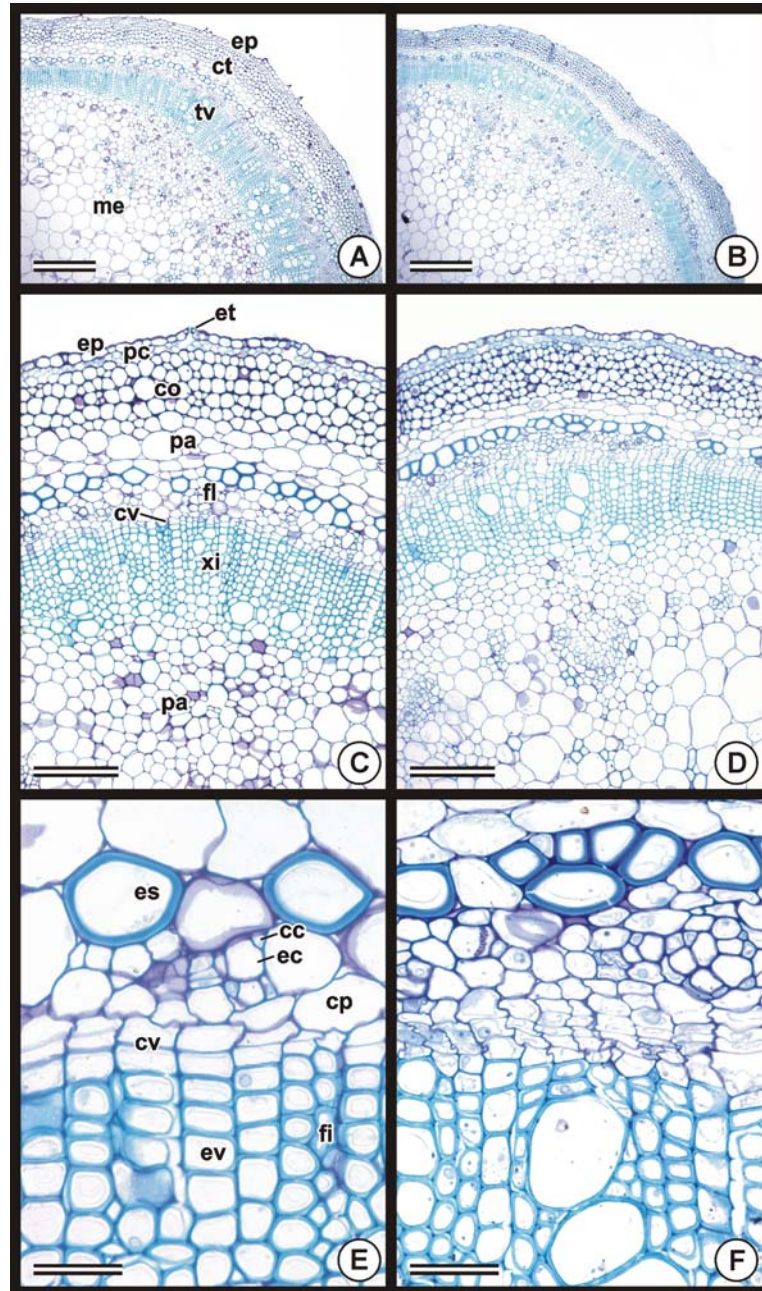
Na região da nervura central da folha de tomateiro cereja submetido à deficiência de enxofre observa-se redução da proporção de colênquima em 78%, enquanto que a epiderme abaxial foi superior em 73%, comparativamente ao controle. Na observação da região intervenal há presença de espaços intercelulares atípicos no parênquima lacunoso e paliádico, resultando em um aumento na espessura total do limbo em 68%. A deficiência de S não foi suficiente para alterar quantitativamente os tecidos caulinares.

Sob deficiência de S ocorrem distúrbios no metabolismo protéico dos cloroplastos (BERGMANN, 1992). O S participa de aminoácidos essenciais e a sua deficiência interrompe a síntese de proteínas (RAIJ, 1991). Dessa forma, a divisão celular é afetada, resultando em plantas de menor tamanho e número de folhas (BURKE et al., 1986). Tal fato foi observado no presente estudo, além de folhas cloróticas evoluindo de verde-amarelo claro a amarelo intenso.

Plantas de tomate deficientes em enxofre podem apresentar altas concentrações de carboidratos, além de hastes com cambio inativo, paredes das fibras extremamente espessas, uma proporção muito elevada de espessura da parede do xilema e do tecido colênquima (NIGHTINGALE et al., 1932). No entanto, neste trabalho, os tecidos do caule não diferiram da testemunha, bem como os da nervura central das folhas que tiveram espessura inferior ao tratamento controle. Foi observado um aumento na quantidade de espaços intercelulares na região intervenal das folhas do tomateiro sob deficiência de S, uma vez que tal como na deficiência de nitrogênio, o protoplasto das células pode estar limitado em quantidade, e não desintegrado como em plantas deficientes em cálcio e fósforo (NIGHTINGALE et al., 1932). Folhas de bananeira ornamental submetida à deficiência de S apresentaram parênquimas clorofilianos menos espessos quando comparados com a testemunha (PINHO, 2007).



**Figura 7** - Fotomicrografias de seções transversais da folha de tomate-cereja cultivado em solução nutritiva completa (A, C, E) e sob a omissão de enxofre (B, D, F). A-B, aspecto geral da folha na região da nervura central. C-D, detalhe da nervura central. E-F, detalhe da região intervenal. bf, bainha do feixe vascular; co, colênquima; ct, córtex; cv, câmbio vascular; eb, epiderme abaxial; ed, epiderme adaxial; ep, epiderme; et, estômato; fl, floema; fv, feixe vascular; pa, parênquima de preenchimento; pc, parênquima clorofiliano; pl, parênquima lacunoso; pp, parênquima paliçádico; xi, xilema. Barra= 300  $\mu$ m (A-B); 100  $\mu$ m (C-F).



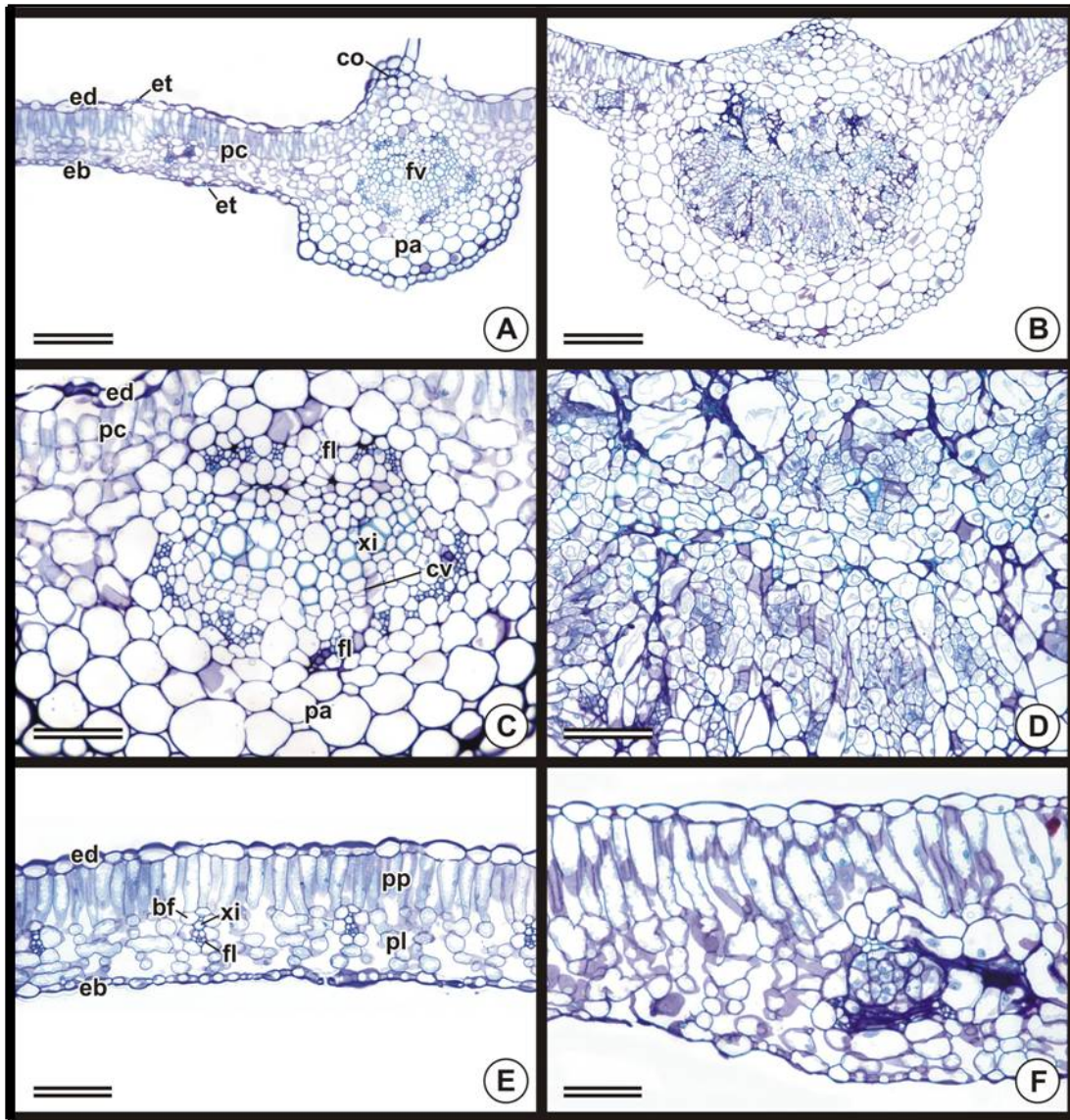
**Figura 8** - Fotomicrografias de seções transversais do caule de tomate-cereja cultivado em solução nutritiva completa (A, C, E) e sob a omissão de enxofre (B, D, F). A-B, aspecto geral do caule. C-D, detalhes da região cortical, vascular e medular. E-F, detalhe da região cambial. cc, célula companheira; co, colênquima; cp, célula parenquimática; ct, córtex; cv, câmbio vascular; ec, elemento de tubo crivado; ep, epiderme; es, esclereíde; et, estômato; ev, elemento de vaso; fi, fibra; fl, floema; me, medula; pa, parênquima de preenchimento; pc, parênquima clorofiliano; tv, tecido vascular; xi, xilema. Barra= 500  $\mu$ m (A-B); 200  $\mu$ m (C-D); 50  $\mu$ m (E-F).

## **Boro**

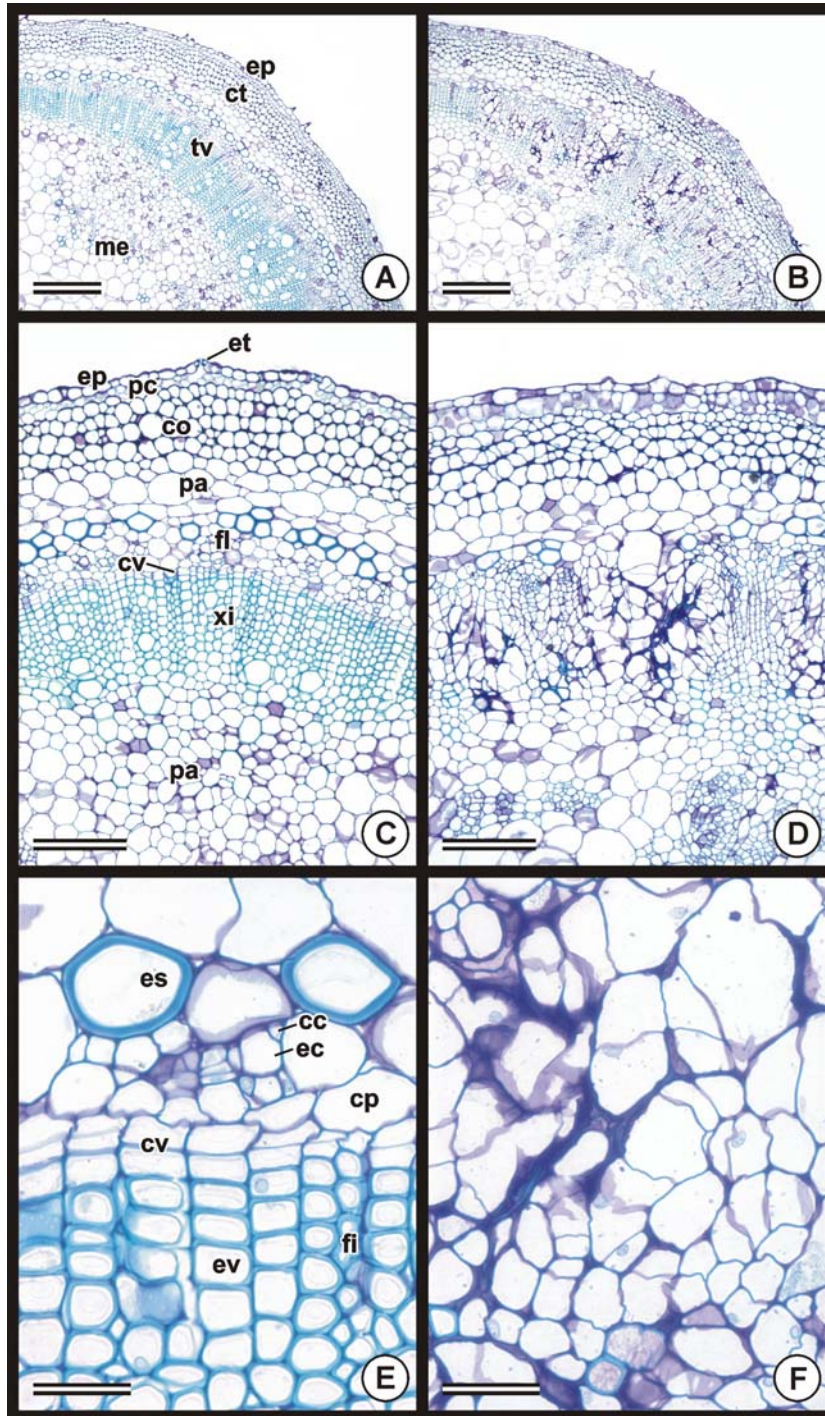
Nas folhas de tomateiro desenvolvidas sob deficiência de B, há diferenciação atípica de tecidos vasculares formados (Figura 9B e Tabela 1). A região intervenal se mostra também hipertrofiada tanto pelos feixes vasculares das nervuras de menor calibre, tanto pelos parênquimas paliádico e lacunoso, resultando em um aumento considerável na espessura total do limbo foliar, 95% maior do que o do tratamento completo. No caule a faixa cambial apresenta-se com atividade atípica, produzindo xilema e floema atípicos, desorganizados, com escassez de elementos condutores e células com acúmulo de compostos fenólicos (Figura 10).

As plantas sob omissão de B podem apresentar deformações e clorose em folhas novas, morte dos pontos de crescimento, escurecimento e necrose das extremidades das raízes (MAGALHÃES, 1988), tal qual como foi observado no presente estudo. A concentração de amido no limbo foliar em plantas cultivadas sem B pode ser mais alta, no entanto a taxa de fotossíntese líquida é menor (ZHAO & OOSTERHUIS, 2002). As alterações nos vasos xilemáticos podem estar relacionadas a menor espessura da parede celular ou pelo comprometimento da lignificação causados pela deficiência de B (LEITE, 2002).

O principal efeito observado nas plantas deficientes em B está relacionado a desorganização dos tecidos vasculares. Observou-se também que as plantas sob essa supressão apresentaram inibição da elongação e da divisão celular, com necrose da região apical. É sabido que a atividade meristemática é interrompida em plantas deficientes a B, devido à redução de compostos nitrogenados, resultando em uma diminuição na translocação de açúcares, comprometendo a formação da parede celular (MORAES-DALLAQUA, 1992). Em cafeeiro, em plantas sob omissão de B, observou-se notável desorganização dos tecidos vasculares (LEITE, 2002). As folhas de algodoeiro sob dose limitante de boro e cálcio apresentaram as células mesofílicas desarranjadas com excesso de espaços celulares entre os parênquimas (MANFREDINI, 2008).



**Figura 9** - Fotomicrografias de seções transversais da folha de tomate-cereja cultivado em solução nutritiva completa (A, C, E) e sob a omissão de boro (B, D, F). A-B, aspecto geral da folha na região da nervura central. C-D, detalhe da nervura central. E-F, detalhe da região intervenal. bf, bainha do feixe vascular; co, colênquima; ct, córtex; cv, câmbio vascular; eb, epiderme abaxial; ed, epiderme adaxial; ep, epiderme; et, estômato; fl, floema; fv, feixe vascular; pa, parênquima de preenchimento; pc, parênquima clorofiliano; pl, parênquima lacunoso; pp, parênquima paliádico; xi, xilema. Barra= 300  $\mu$ m (A-B); 100  $\mu$ m (C-F).



**Figura 10** - Fotomicrografias de seções transversais do caule de tomate-cereja cultivado em solução nutritiva completa (**A, C, E**) e sob a omissão de boro (**B, D, F**). **A-B**, aspecto geral do caule. **C-D**, detalhes da região cortical, vascular e medular. **E-F**, detalhe da região cambial. cc, célula companheira; co, colênquima; cp, célula parenquimática; ct, córtex; cv, câmbio vascular; ec, elemento de tubo crivado; ep, epiderme; es, esclereíde; et, estômato; ev, elemento de vaso; fi, fibra; fl, floema; me, medula; pa, parênquima de preenchimento; pc, parênquima clorofiliano; tv, tecido vascular; xi, xilema. Barra= 500  $\mu$ m (**A-B**); 200  $\mu$ m (**C-D**); 50  $\mu$ m (**E-F**).

## CONCLUSÕES

- As deficiências de N, Ca, Mg, S e B causaram alterações anatômicas em folhas e caules do tomateiro cereja, embora as alterações em folhas tenham sido mais marcantes;
- A hipertrofia do floema em caules e, principalmente, em folhas foi uma das alterações anatômicas mais marcantes causadas pelas deficiências de N, Ca, Mg e S;
- A redução no espessamento da parede celular das fibras do floema do caule foi evidente sob omissão de Ca e Mg;
- As alterações anatômicas mais drásticas, tanto em folhas como em caule, foram causadas pela omissão de B, como a formação de feixes vasculares desorganizados, xilema e floema com composição celular atípica e câmbio vascular com atividade atípica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGAN, G.; TILEKLIOGLY, B. The effects of N, P, Ca and Fe deficiency in *Linum usitatissimum* L. in cambial activity and differentiation. **Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C**, v.10, p.1-10, 1992.
- ALQUINI, Y.; BONA, C.; BOERGER, M.R.T.; COSTA, C.G.; BARROS, C.F. Epiderme. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2006, p.87-108.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 302p.
- ALVES, A.U.; PRADO, R.M.; GONDIM, A.R.O.; FONSECA, I.M.; CECÍLIO FILHO, A.B. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.292-295, 2008.
- BERGAMAN, W. **Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis**. Jena: Gustav Fischer, 1992. 741p.
- BURKE, J.J.; HOLLOWAY, P.; DALLING, M.J. The effect of sulfur deficiency on the organization and photosynthetic capability of the wheat leaves. **Journal of Plant Physiology**, v.125, n.3-4, p.371-375, 1986.
- CAKMAK, I.; KIRKBY, E.A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviated

photo oxidative damage. **Physiologia Plantarum**, v.133, p.692-704, 2008.

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAUJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. (Ed.). **Estresses ambientais danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p.127-137.

CHEN, F.; ZENG, D.; FAHEY, T.J.; YAO, C.; YU, Z. Response of leaf anatomy of *Chenopodium acuminatum* to soil resource availability in a semi-arid grassland. **Plant Ecology**, v.209, n.2, p.375-382, 2010.

DAVIS, D.E.; Some effects of calcium deficiency on the anatomy of *Pinus taeda*. **Annual Journal of Botany**, v.36, p.276-282, 1949.

DUFFY, B.K.; DÉFAGO, G. Macro-and microelement fertilizers influence the severity of *Fusarium* crown and root rot of tomato in soilless production system. **Hortscience**, v.34, n.2, p.287-291, 1999.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.564-570, 2002.

FINK, S. Structural changes in conifer needles due to Mg and K deficiency. **Fertilizer Research**, v.27, p.23-27, 1991.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG:UFV, 2001. 122p.

FURLANI, A.M.C.; TANAK, R.T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M.F.; MASCARECHAS, H.A.A. Exigência a boro em cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.929-937, 2001.

GOMES, J.V.S.; DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; BLANCO, F.F.; SOUZA NETO, O.N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, n.4, p.850-856, 2011.

JOHANSEN, D.A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1940. 523p.

KANO, Y.; NAKAGAWA, H.; SEKINE, M.; GOTO, H.; SUGIURA, A. Effect of nitrogen fertilizer on cell size and sugar accumulation in the leaves of cabbage (*Brassica oleracea*

- L.). **HortScience**, v.42, n.6, 1490-1492, 2007.
- LANGE, A.; MARTINES, A.; SILVA, M.A.C.; SORREANO, M.C.M.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.1, p.61-67, 2005.
- LEITE, V.M. **Absorção e translocação de B em cafeeiro**. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2002. 99f.
- MACHADO, J.O.; BRAS, L.T.; GRILLI, G.V.G. 2003. Caracterização dos frutos de cultivares de tomateiro tipo cereja cultivados em diferentes espaçamentos. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 43. **Anais...** Brasília: ABH. Horticultura Brasileira 21. (Suplemento CD-ROM)
- MAGALHÃES, J.R. **Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA/ CNPH, 1988. 64 p. (EMBRAPA/CNPH - Documentos, 1)
- MANFREDINI, D. **Cálcio e boro para soja-perene: característica anatômicas e agrônômicas e concentração de nutrientes**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroza, 2008. 103f.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.
- MORAES-DALLAQUA, M.A. **Alterações nos órgãos vegetativos do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L cv. carioca) causadas por diferentes níveis de B na solução nutritiva**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas/Biologia Vegetal) - Instituto de Ciências de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 1992, 69f.
- NIGHTINGALE, G.T.; SHERMERHORN, L.G.; ROBBINS, W.R. Effects of sulphur deficiency on metabolism in tomato. **Plant Physiology**, v.7, n.4, p.565-595, 1932.
- OLIVEIRA, R.H.; LIMA, M.J.S.; PEREIRA-JUNIOR, H.A.; REBOUÇAS, T.N.H.; MORAIS, O.M.; GUIMARÃES, B.V.C.; NOLASCO, C.A. Caracterização de sintomas visuais de deficiência de micronutrientes em tomateiro do grupo salada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, suplemento 1, p.1093-1100, 2009.
- PINHO, P.J. **Deficiências nutricionais em bananeira ornamental (*Musa velutina* H. Wedl & Drude): alterações químicas e morfológicas e caracterização de sintomas**

**visuais**. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal de Lavras, 2007. 152f.

PRADO, R.M.; LEAL, R.M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol-01. **Revista Agropecuária Tropical**, v.36, n.3, p.187-193, 2006.

PRETTY, K.M. O potássio na qualidade dos produtos agrícolas. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. (Eds.) **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato (EUA), 1982. p.177-194.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991, 343p.

ROCHA, M.Q. **Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico**. Dissertação (Mestrado do Programa de pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas. 2009. 129f.

ROVENSKÁ, B.; NÁTR, L. The effect of nitrogen deficiency on leaf anatomy of yong spring barley plants. **Biologia Plantarum**, v.23, n.4, p.291-295, 1981.

SASAKI, J.L.S.; SENO, S. Importância da adubação na qualidade de algumas olerícolas (alho, cebola, couve flor, pimentão e tomate). In: SÁ, E.; BUZZTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.331-343.

SCHMITT, U.; LIESE, W.; RUETZE, M. Ultrastrukturelle Veränderungen in grünen Nadeln geschädigter Fichten. **Angew Botanik**, v.60, p.441-450, 1986.

SUUTARINEN, J.; HEISKA, K.; AUTIO, K. The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. **LWT-Food Science and Technology**, v.33, p.89-102, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TREVISAM, R. **Análises histológicas e bioquímicas em calos de *Eucalyptus urograndis* S. T. Blake cultivados *in vitro* sob interação nutricional de boro e cálcio**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais com opção em Silvicultura e Manejo Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. 167.

VENNING, F. D. The influence of major mineral nutrient deficiencies on growth and tissue differentiation in the hypocotyl of marglobe tomato. **Phytomorphology**, v.3, p. 315-326, 1953.

VIEIRA, H.; CHAVES, L.H.G.; VIÉGAS, R.A. Crescimento inicial de moringa (*Moringa*

*oleifera* Lam.) sob omissão de nutrientes. **Caatinga**, v.21, n.4, p.51-56, 2008.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D.M. Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates, and boron distribution in tissues during development of boron deficiency. **Field Crops Research**, v.78, p.75-87, 2002.