

**CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES,
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE
FRUTOS EM TOMATEIRO CULTIVADO
EM SUBSTRATOS E COM APLICAÇÃO DE
ÁCIDOS HÚMICOS**

ANTONIO ANICETE DE LIMA

2008

ANTONIO ANICETE DE LIMA

**CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES, PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE FRUTOS EM TOMATEIRO CULTIVADO EM
SUBSTRATOS E COM APLICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do programa de Pós-
Graduação em Agronomia, área de concentração
Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Marco Antonio Rezende Alvarenga

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Lima, Antonio Anicete de.

Concentração de nutrientes, produtividade e qualidade de frutos em
tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos
/ Antonio Anicete de Lima. – Lavras : UFLA, 2008.

71 p. : il.

Tese(Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Marco Antonio Rezende Alvarenga.

Bibliografia.

1. Tomateiro. 2. Substratos orgânicos. 3. Ácidos húmicos. 4.
Concentração de nutrientes. 5. Produtividade. 6. Qualidade de frutos. 7.
Sólidos solúveis. 8. Acidez titulável. I. Universidade Federal de Lavras.
II. Título.

CDD – 635.642

ANTONIO ANICETE DE LIMA

**CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES, PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE FRUTOS EM TOMATEIRO CULTIVADO EM
SUBSTRATOS E COM APLICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do programa de Pós-
Graduação em Agronomia, área de concentração
Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 11 de novembro de 2008

Prof. PhD. Luiz Carlos de Oliveira Lima - UFLA/DCA

Prof. Dr. Rovilson José de Souza – UFLA/DAG

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende – UFRPE/DAG

Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho – UFLA/DCS

**Prof. Dr. Marco Antonio Rezende Alvarenga
UFLA-DAG
(Orientador)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008**

AGRADECIMENTOS

A **Jesus**, a imagem do Deus invisível, o criador de todas as coisas que há nos céus e na terra, visíveis e invisíveis, sejam tronos, sejam dominações, sejam principados, sejam potestades. Tudo foi criado por **Ele** e para **Ele** (Colossenses 1.15,16).

Aos meus queridos familiares, especialmente a minha esposa Nilba e filhos, Débora, Lígia e Anicete Júnior, pelo carinho, companhia, paciência e compreensão. Aos meus queridos pais, Antonio Ferreira Lima, Joana Adalgisa de Lima (*in memoriam*) e Expedita de Souza Ferreira Lima, pelo amor, dedicação, zelo e a educação que nos transmitiram.

Aos estimados professores que contribuíram com sugestões para elaboração desse trabalho, Marco Antonio R. Alvarenga, Janice Guedes de Carvalho, Luiz Carlos de Oliveira Lima, Rovilson José de Souza, Luciane Vilela Resende; ao querido e saudoso professor Admilsom Bosco Chitarra, que deixou neste trabalho as marcas da suas últimas pegadas, quando de sua passagem por esse orbe (*in memoriam*); ao professor Valdemar Faquin pelas suas sugestões e apoio no Laboratório de Nutrição; ao caro colega e amigo Leandro Rodrigues pela ajuda na realização desse trabalho.

À Capes/MEC, pela concessão de bolsa; ao CNPq, pelo auxílio financeiro, por meio de taxa de bancada; à Amafibra, pela doação da fibra de coco (<http://www.amafibra.com.br/aempresa/>); e à EAGLE COMÉRCIO DE SEMENTES LTDA representante exclusivo da BHN SEED, pela doação de sementes (E-mail: eagle-sementes@uol.com.br).

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
CAPÍTULO 1. Concentração de macronutrientes e produtividade de tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos.....	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	8
2 MATERIAL E MÉTODOS	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4 CONCLUSÕES	22
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
CAPÍTULO 2. Concentração de micronutrientes e produtividade de tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos.....	27
RESUMO	28
ABSTRACT	29
1 INTRODUÇÃO	30
2 MATERIAL E MÉTODOS	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4 CONCLUSÕES	46
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

CAPÍTULO 3. Produtividade e qualidade de frutos de tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos.....	51
RESUMO	52
ABSTRACT	53
1 INTRODUÇÃO	54
2 MATERIAL E MÉTODOS	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4 CONCLUSÕES	67
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

RESUMO GERAL

LIMA, Antonio Anicete de. **Concentração de nutrientes, produtividade e qualidade de frutos em tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos**. 2008. 71p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

Avaliaram-se a concentração foliar, a produtividade e a qualidade de frutos de tomateiro, cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos. O experimento foi conduzido de agosto de 2007 a janeiro de 2008, em ambiente protegido, no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. As mudas de tomateiro, híbrido Vênus, foram transplantadas com 35 dias de idade para sacolas plásticas de 7,0 L, com espaçamento de 1,0 m x 0,80 m x 0,40 m. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x4, sendo testadas 4 doses de ácidos húmicos (AH) e 4 substratos orgânicos, com 4 repetições. Foram avaliadas 4 doses de ácidos húmicos (0, 20, 40 e 80 L ha⁻¹) e 4 tipos de substratos orgânicos: **S1** - fibra de coco (FC), **S2** - FC + casca de café carbonizada (CC) – 1/3, **S3** - FC + CC – 2/3 e **S4** – CC. Os AH foram aplicados 4 vezes em um intervalo de 8 dias, sendo a primeira aplicação oito dias após o transplante. Não houve efeito significativo dos tratamentos nos teores de N e K nas folhas, na produção de frutos (pequenos, médios, não-comercial) e nos teores de umidade, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e SS/AT. Doses crescentes de AH diminuíram os teores de Ca, S, B, Cu (em S1) e de Mn nas folhas, porém, aumentaram de forma linear a concentração de Zn e das relações K/Ca e K/Mg. Em doses de 36 a 49 L ha⁻¹ de AH, ocorreram os máximos teores de Fe, Cu (em S2, S3 e S4), das relações Fe/Zn e Fe/Mn nas folhas e da relação SS/AT em frutos. Houve efeito significativo dos substratos nos teores de P, Mg, Ca, Cu e Mn nas folhas e na produção de frutos (total e comercial), índice de precocidade comercial, produção de frutos grandes, massa de frutos frescos e massa seca de frutos. A produção de frutos comerciais em S1 foi superior à dos demais substratos, com média de 162,08 t ha⁻¹, apresentando incremento de produtividade de 24,41%, 29,33% e 36,04%, em relação a S2, S3 e S4, respectivamente. A produção de frutos grandes em S1, de 83,20 t ha⁻¹, foi 3,6 vezes superior a S4. Os ácidos húmicos apesar de terem influenciado no teor foliar de nutrientes, não apresentaram efeito significativo no aumento de produtividade e qualidade de frutos, nas condições desse experimento.

¹ Comitê orientador: Marco Antonio Rezende Alvarenga – UFLA (Orientador); Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Co-Orientador).

GENERAL ABSTRACT

LIMA, Antonio Anicete de. **Content of nutrients, yield and fruit quality of tomato grown on substrates and with application of humic acids.** 2008. 71p. Thesis (Doctor in Crop Science/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG².

The leaf content, yield and quality of tomato fruit grown on substrates and with application of humic acids were evaluated. The experiment was carried from August 2007 to January 2008, under unheated greenhouse conditions in the Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. The 35-day old seedlings of hybrid Venus tomato were placed into 7.0 L bags, spaced 1.0 m x 0.80 m x 0.40 m. The experimental design was of randomized blocks in a factorial 4x4, and 4 doses of humic acids (AH) and 4 organic substrates were tested, with 4 replications. Four doses of AH were evaluated (0, 20, 40 and 80 L ha⁻¹) and 4 substrates: **S1** - coconut fiber (CF), **S2** - CF + carbonized bark of coffee (CC) – 1/3, **S3** - CF + CC – 2/3 and **S4** - CC. The humic acids applications were made 4 times in a 8 day interim, the first application eight days after the transplanted. There was no significant effect of treatments on the contents of N and K in leaves, in the production of fruit (small, medium, non-commercial) or in moisture, soluble solids (SS), titratable acidity (AT) or SS/AT. Increasing doses of AH decreased the content of Ca, S, B, Cu (at S1) and Mn in the leaves, however, they linearly increased the content of Zn and relations of K/Ca and K/Mg. At dosages of 36 to 49 L ha⁻¹ AH, there was the peak contents of Fe, Cu (in S2, S3 and S4), Fe/Zn and Fe/Mn relations in the leaves and SS/AT relation in fruits. There was significant substrates effect on P, Mg, Ca, Cu and Mn contents in the leaves and on fruit production (total and commercial), index of commercial precocity, production of large fruit, fresh fruit weight and dry weight of fruit. The production of fruits under S1 was higher than that of any other substrates, with an average of 162.08 t ha⁻¹, showing an increase in yield of 24.41%, 29.33% and 36.04% as compared to S2, S3 and S4, respectively. The production of large fruits in S1, of 83.20 t ha⁻¹ was 3.6 times higher than in S4. The humic acids, despite having influenced the leaf content of nutrients, showed no significant effect on the increase of yield and quality of fruits under the conditions of this experiment.

² Guidance committee: Dr. Marco Antonio Rezende Alvarenga – UFLA (Adviser); Janice Guedes de Carvalho – UFLA.

INTRODUÇÃO GERAL

Desde a década de 70, a plasticultura vem sendo utilizada na olericultura, portanto, as estufas trouxeram a possibilidade de ajustar o ambiente às plantas e, conseqüentemente, estender o período de produção para épocas do ano, mesmo em regiões antes inaptas à agricultura (Andriolo, 1999). Entretanto, quando o cultivo é feito em ambiente protegido, diretamente no solo encontra, de acordo com Moraes & Furlani (1999), vários problemas de contaminação por bactérias, fungos e nematóides fitopatogênicos, além da salinização. Para resolver estas questões, recomenda-se que o cultivo em ambiente protegido seja feito em recipientes utilizando substratos apropriados.

A escolha de substratos adequados possibilita o aumento do crescimento e da produtividade do tomateiro. Portanto, devem ser consideradas as suas propriedades físicas e químicas, como distribuição de partículas, densidade, boa retenção de água e nutrientes, disponibilização de oxigênio, alta capacidade de troca de cátions, baixa relação C/N, entre outras (Fernandez & Gomes, 1999; Martinez, 2002).

Em cultivo em ambiente protegido e utilizando fibra de coco verde como substrato, Carrijo et al. (2004) obtiveram com tomateiro produção de $106,2 \text{ t ha}^{-1}$ de frutos, expressivamente superior as que foram obtidas em ambiente protegido em solo, de 77 t ha^{-1} (Marques et al., 2000) e quase duas vezes superior a média nacional de 55 t ha^{-1} (Cançado Jr. et al., 2003).

É importante desenvolver substratos de materiais inertes, de baixo custo, de fácil utilização, de longa durabilidade e com a possibilidade de utilização na melhoria das condições químicas e físicas do solo (Sasaki, 1997). Nesse sentido tem se destacado a fibra de coco com excelentes resultados na produtividade do

tomateiro, no entanto, seria importante utilizar materiais locais, tendo em vista a redução de custos de produção.

O efeito dos ácidos húmicos (AH) sobre as plantas depende do material de origem, da concentração de ácidos bioativos, da dose utilizada, da espécie vegetal e da cultivar. Os AH são ácidos orgânicos, solúveis em água, presentes na matéria orgânica do solo, porém, sendo encontrados em maior concentração em minérios de lignitos, Leonardita, turfa, carvão mineral, etc. Apresentam vários grupos funcionais principalmente, carboxilas, hidroxilas, carbonilas e grupos fenólicos capazes de complexação com íons catiônicos, aumentando a sua disponibilização para as plantas, além do que melhoram as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Kielh, 1985; Maccarthy et al., 1990).

Os principais efeitos dos AH no metabolismo das plantas são: aumentam o transporte de nutrientes facilitando a absorção de nutrientes tais como N, P, Ca, K, Mg, Fe, Zn e Cu (Nannipieri et al., 1993; David, 1994; Adani et al., 1998); induzem a atividade de H⁺-ATPases de membranas plasmáticas e desenvolvimento de raízes (Façanha et al., 2002); aumentam o crescimento vegetativo do tomateiro, o peso médio de frutos, a produtividade comercial, o teor de sólidos solúveis e de ácido ascórbico (Abdel-Mawgoud, 2007; Padem & Ocal, 1999); aumentam a respiração e a velocidade das reações de muitas enzimas (fosforilase, fosfatase, citocromo oxidase), à inibição de outras (IAA oxidase, fitase e peroxidase) e à síntese de enzimas (invertase) (Pospíšil & Hrubcova, 1974; Vaughan & Ord, 1980).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o teor de nutrientes nas folhas, a produtividade do tomateiro e a qualidade de frutos, tipo italiano, cultivado em ambiente protegido em substratos, com aplicação de ácidos húmicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-MAWGOUD, A.M.R.; EL-GREADLY, N.H.M.; HELMY, Y.I.; SINGER, S.M. Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. **Journal of Applied Sciences Research**, Cairo, v.3, n.2, p.169-174, 2007.

ADANI, F.; GENEVINI, P.; ZACCHEO, P.; ZOCCHI, G. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, n.3, p.561-575, 1998.

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.

CANÇADO-JÚNIOR, F.L.; CAMARGO-FILHO, W.P.; ESTANISLAU, M.L.L.; PAIVA, B.M.; MAZZEI, A.R.; ALVES H.S. Aspectos econômicos da produção e comercialização do tomate para mesa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n.24, p.7-18, 2003.

CARRIJO, O.A.; VIDAL, M.C.; REIS, N.V.B.; SOUZA, R.B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.5-9, 2004.

DAVID, P.P.; NELSON, P.V.; SANDERS, D.C. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. **Journal Plant Nutrition**, New York, v.17, n.1, p.173-184, 1994.

FAÇANHA, A.R.; FAÇANHA, A.; OLIVARES, F.L.; GURIDI, F. et al. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p. 1301-1310, 2002.

FERNANDEZ, M.M.; GOMES, I.M.C. **Cultivos sin suelo II**. Almeria: Direccion General de Investigacion y Formacion Agraria de la Junta de Andalucia; FIAPA; Caja Rural de Almeria, 1999. 590p.

KIELH, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 429p.

MACCARTHY, P.; MALCOLM, R.L.; CLAPP, C.E.; BLOOM, P.R. An introduction to soil humic substances. In: MACCARTHY, P.; CLAPP, C.E.; MALCOLM, R.L.; BLOOM, P.R. (Ed.). **Humic substances in soil crop sciences: selected readings**. Madison, Wis: American Society of Agronomy, 1990. p.1-12.

MARQUES, F.C.; TIBOLA, A.J.; PRIEBE, A.J. Cultivo protegido de cultivares de tomateiros submetidos ou não à desbrota. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.1, p.190-191, 2000.

MARTINEZ, P.F. Manejo de substratos para horticultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3, 2002, Campinas: **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. p.53-76.

MORAES, C.A.G; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia e em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, p.106-113, 1999.

NANNIPIERI, P.; GREGO, S.; DELL'AGNOLA, G.; NARDI, S. Proprietà biochimiche e fisiologiche della sostanza organica. In: NANNIPIERI, P. (Ed.). **Ciclo della sostanza organica nel suolo: aspetti agronomici, chimici, ecologici, ecologici & selvicolturali**. Bologna: Patron, 1993. p.67-78.

PADEM, H.; OCAL, A. Effects of humic acid applications on yield and some characteristics of processing tomato. **Acta Horticulturae**, The Hague, NL, v.487, p.159-164, 1999.

POSPÍSIL, F.; HRUBCOVA, M. The effect of humic acids and their fractions on the phytase activity. **Vedecke Prace Vyskumneho Ustavu Rastlinnej Vyroby**, Praze-Ruzini, v.18, p.47-54, 1974.

SASSAKI, O.K. Resultados preliminares da produção de hortaliças sem o uso de solo no Amazonas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, p.165-169, 1997.

VAUGHAN, D.; ORD, B.G. An effect of soil organic matter on invertase activity in soil. **Soil Biology Biochemistry**, v.12, p.449-450, 1980.

CAPÍTULO 1

CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DE TOMATEIRO CULTIVADO EM SUBSTRATOS E COM APLICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS

CAPÍTULO 1

RESUMO

LIMA, Antonio Anicete de. Concentração de macronutrientes e produtividade de tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos.

In: _____. **Concentração de nutrientes, produtividade e qualidade de frutos em tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos.**

2008. Cap.1, p.5-26. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o estado nutricional e a produtividade de tomateiro, híbrido Vênus, cultivado em substratos, com aplicação de ácidos húmicos (AH) e fertirrigação. Foram avaliadas 4 doses de AH (0, 20, 40 e 80 L ha⁻¹) e 4 substratos: **S1** - fibra de coco (FC), **S2** - FC + casca de café carbonizada (CC) – 1/3, **S3** - FC + CC – 2/3 e **S4** – CC, distribuídos em esquema fatorial 4x4, com delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. As mudas de tomate foram transplantadas com 35 dias de idade para sacolas plásticas de 7,0 L, com espaçamento de 1,0 m x 0,80 m x 0,40 m. Os AH foram aplicados 4 vezes em um intervalo de 8 dias, sendo a primeira aplicação oito dias após o transplantio. Não houve efeito significativo dos substratos nos teores de N, K e S nas folhas e na produção de frutos não-comerciais. No entanto, houve efeito significativo dos substratos sobre os teores de P, Mg, Ca e na produção de frutos total e comercial. Doses crescentes de AH diminuíram de forma linear os teores de S e Ca nas folhas, porém, aumentaram as relações K/Ca, K/Mg e K/Ca+Mg. As maiores produtividades comerciais foram obtidas com a fibra de coco (S1) com média de 162,08 t ha⁻¹, apresentando incremento médio de produtividade de 24,41%, 29,33% e 36,04% em relação a S2, S3 e S4, respectivamente.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, teor foliar, produção, nutrientes.

¹ Comitê orientador: Marco Antonio Rezende Alvarenga – UFLA (Orientador); Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Co-Orientador).

ABSTRACT

LIMA, Antonio Anicete de. Content of macronutrients and yield of tomatoes plants grown on substrates and under application of humic acids. In: _____. **Content of nutrients, yield and fruit quality of tomato grown on substrates and with application of humic acids.** 2008. Cap.1, p.5-26. Thesis (Doctor in Crop Science/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG².

This work was carried out as to evaluate the nutritional status and yield of “Vênus hybrid” tomato, grown on substrates, with application of humic acids (AH) and fertigation. Four doses of AH were evaluated (0, 20, 40 and 80 L⁻¹ ha) and 4 substrates: **S1** - coconut fiber (CF), **S2** - FC + carbonized bark of coffee (CC) - 1/3, **S3** - CF + CC - 2/3 and **S4** - CC, distributed as factorial scheme 4 x 4, on randomized design blocks, with four replications. The 35-day old seedlings of hybrid Venus tomato were placed into 7.0 L bags. The humic acids applications were made 4 times in a 8 day interim, the first application eight days after the transplantation. There was no significant effect of the treatments on the content of N, K, S in leaves and of non-commercial yield fruits. However, there was significant effect of substrates on the content of P, Mg, Ca and the production of fruit total and commercial. Increasing doses of AH linearly decreased the content of S and Ca in the leaves, but increased the relations K/Ca, K/Mg and K/Ca+Mg. The largest commercial yields were obtained with the coconut of fiber with an average of 162.1 t ha⁻¹, showing a productivity average increase of 24.4%, 29.3% and 36.0% compared to S2, S3 and S4, respectively.

Keywords: Lycopersicon esculentum, leaf content, yield, nutrients.

² Guidance committee: Dr. Marco Antonio Rezende Alvarenga – UFLA (Adviser); Janice Guedes de Carvalho – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo em ambiente protegido permite a produção de hortaliças em qualquer época do ano, mesmo em condições climáticas mais desfavoráveis, possibilitando o prolongamento do período de colheita (Makishima & Carrijo, 1998), o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade do produto. No entanto, quando o cultivo é feito em ambiente protegido, diretamente no solo e sem utilização de substratos, apresenta vários problemas de contaminação por bactérias, fungos e nematóides, além da salinização (Moraes & Furlani, 1999).

A escolha de substratos é importante por possibilitar aumento do crescimento e desenvolvimento do tomateiro, resultando em maior produtividade. Portanto, devem ser consideradas as suas propriedades físicas e químicas, como tamanho e distribuição de partículas, densidade, boa retenção de água e nutrientes, disponibilização de oxigênio, alta capacidade de troca de cátions, baixa relação C/N, entre outras (Martinez, 2002).

É importante desenvolver substratos de materiais inertes, de longa durabilidade, de baixo custo, de fácil utilização, de baixa condutividade elétrica e com a possibilidade de reaproveitamento na melhoria das condições químicas e físicas do solo. Nesse sentido, tem sido utilizada a fibra de coco com excelentes resultados na produção de tomate em ambiente protegido, embora não sendo verificada diferença estatística com relação à serragem, à casca de arroz carbonizada e à maravalha (Carrijo et al., 2004). Porém, o transporte da fibra de coco, implica em custos adicionais à produção, portanto, seria importante desenvolver substratos com materiais de baixo custo e disponíveis em cada região do país.

O efeito dos ácidos húmicos (AH) sobre as plantas depende do material de origem, da concentração de substâncias húmicas, da dose utilizada, da espécie

vegetal e da cultivar. Os AH são ácidos orgânicos, solúveis em água, presentes na matéria orgânica do solo, porém, sendo encontrados em maior concentração em minérios de lignitos, Leonardita, turfa, carvão mineral, etc. Apresentam vários grupos funcionais capazes de complexação com íons catiônicos, resultando em maior disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Os principais efeitos dos AH no metabolismo das plantas consistem, no aumento da absorção e transporte de nutrientes (Nannipieri et al., 1993; Adani et al., 1998); induzem a atividade de H⁺-ATPases de membranas plasmáticas e desenvolvimento de raízes (Façanha et al., 2002); estimulam o crescimento de plantas pela liberação de moléculas bioativas com ação semelhante à auxina (Nardi et al., 1991; Canellas et al., 2002). No tomateiro, os AH estimulam o crescimento de raízes e da parte aérea, resultando no aumento do teor de matéria seca; aumentam a massa seca de frutos, a produtividade e o teor de sólidos solúveis; aumentam a absorção de N, P, Fe e Cu (Adani et al., 1998; Abdel-Mawgoud, 2007; Yildirim, 2007).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o teor de macronutrientes nas folhas e a produtividade do tomateiro, cultivado em ambiente protegido em diferentes substratos, com aplicação de ácidos húmicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da UFLA, Lavras, MG, no período de agosto de 2007 a janeiro de 2008. As sementes do híbrido Vênus, do grupo italiano, hábito de crescimento determinado, frutos oblongos, foram semeadas em bandejas de poliestireno com 128 células e irrigadas diariamente por meio de microaspersão.

As mudas foram transplantadas 35 dias após a semeadura para sacolas plásticas com capacidade de 7,0 litros, sendo distribuídas no espaçamento de 1,0 m x 0,80 m x 0,40 m, com densidade populacional de 2,78 plantas m⁻². A condução do experimento foi em ambiente protegido, modelo capela, com 30 m de comprimento, 10 m de largura e 1,80 m de pé direito, coberto com polietileno de baixa densidade de 150 micras.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x4, em quatro repetições. O primeiro fator referiu-se às doses de Codahumus 20 e o segundo aos diferentes substratos: S₁ = fibra de coco (FC); S₂ = FC + casca de café carbonizada (CC) - 1/3 (v/v); S₃ = FC + CC - 2/3 (v/v); e S₄ = CC (Tabela 1). As parcelas foram constituídas por nove plantas, sendo as amostras retiradas de cinco plantas centrais em cada parcela.

TABELA 1. Características dos substratos orgânicos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

Características	S1	S2	S3	S4
pH em H ₂ O	5,8	7,2	7,3	7,8
N-Total (g kg ⁻¹)	9,2	8,7	9,7	8,2
P (g kg ⁻¹)	2,0	2,4	2,5	2,5
K (g kg ⁻¹)	8,2	17,7	22,0	30,5
Ca (g kg ⁻¹)	4,2	10,2	8,2	9,1
Mg (g kg ⁻¹)	1,5	2,8	2,5	2,3
S (g kg ⁻¹)	2,3	2,5	2,7	2,4
B (mg kg ⁻¹)	29,5	19,6	21,4	21,2
Cu (mg kg ⁻¹)	85,2	57,7	61,8	45,0
Mn (mg kg ⁻¹)	77,8	182,0	157,1	164,2
Zn (mg kg ⁻¹)	84,2	52,9	55,0	29,7
Fe (mg kg ⁻¹)	716,3	1256,1	1265,1	1188,9
C.E. (mS cm ⁻¹)	3,8	3,9	4,9	5,6
C total (dag kg ⁻¹)	40,6	40,6	36,9	41,0
C/N	44,1	46,7	38,0	50,0
Ácido Húmico (g kg ⁻¹)	2,0	2,5	1,4	2,5
Ácido Fúlvico (g kg ⁻¹)	3,2	2,4	1,6	3,7

C.E. – condutividade elétrica. Nutrientes - determinados após mineralização pela digestão nitro-perclórica.

Como fonte de ácidos húmicos foi utilizado o produto comercial Codahumus 20 (ácido fúlvico 10,2% p/p e ácido húmico 10,0% p/p e 0,65 de N p/p) aplicado a cada oito dias, em 4 parcelamentos, a partir do oitavo dia após o transplântio, nas dosagens de 0, 20, 40 e 80 L ha⁻¹, diretamente nos substratos.

Os nutrientes foram fornecidos por meio de fertirrigação diária, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, sendo as doses baseadas em recomendação de Castellane & Araújo (1995). Na fase inicial de crescimento: 12,5 de N; 1,5 de P; 7,0 de K; 4,0 de Ca; 2,0 de Mg; 2,0 de S (mmol L⁻¹); e, ainda 20 de Fe; 15 de Mn; 5 de Zn; 30 de B; 0,8 de Cu; 0,5 de Mo (μmol L⁻¹). Na fase de crescimento e frutificação: 14,0 de N; 2,0 de P; 11,2 de K; 5,2 de Ca; 1,6 de Mg; 5,7 de S (mmol L⁻¹); e 25 de Fe; 15 de Mn; 5 de Zn; 30 de B; 0,8 de Cu; 0,5 de Mo (μmol L⁻¹).

Na condução do tomateiro, foi selecionada uma haste secundária de ramo vigoroso, logo abaixo do primeiro cacho floral, sendo as demais eliminadas. A partir daí, não foram mais realizadas desbrotas, de tal maneira que as plantas se desenvolveram com uma média de 4 a 6 hastes. As plantas foram mantidas verticalmente por fitilhos dispostos de forma horizontal, fixados a mourões de madeira (2,50 m), distanciados de 3,60 m.

A irrigação foi realizada por meio de gotejamento, com gotejadores de múltiplas saídas (um por planta), vazão média de 1,0 L h⁻¹. O tempo de irrigação foi determinado após drenagem de 30% do volume total de água aplicada às sacolas plásticas e a frequência ajustada diariamente, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura e as condições climáticas.

As amostras para análise foliar foram coletadas 64 dias após o plantio, retirando-se a quarta folha a partir do ápice das hastes. O N mineralizado foi determinado pelo método Kjeldahl, descrito por Bremner (1965). Os teores de P, K, Ca, Mg, S foram analisados após a mineralização pela digestão nítrico-perclórica. Os teores de K, P, S, Ca e Mg foram determinados no extrato nítrico-

perclórico, utilizando-se o método colorimétrico para o fósforo, fotometria de chama para o potássio, turbidimetria para o enxofre e espectrofotometria de absorção atômica para os demais nutrientes (Malavolta et al. 1997).

Foram realizadas 11 colheitas a cada 5 dias, de frutos maduros ou em estágio máximo de desenvolvimento fisiológico. Os frutos que apresentaram calibre maior que 40 mm de diâmetro equatorial, foram pesados e separados dos que apresentaram podridão apical. As características avaliadas foram produção total, comercial e não-comercial. A produção comercial de frutos foi obtida pelo somatório das classes (calibres) grande, médio e pequeno ($t\ ha^{-1} = g\ planta^{-1}$ de cada classe $\times 2,78\ plantas\ m^{-2} \times 10^{-2}$). A produção não-comercial foi constituída principalmente por frutos que apresentaram podridão apical.

Foram avaliados os teores de macronutrientes nas folhas de tomateiro e a produção de frutos total, comercial e não-comercial. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, utilizando o SAS (Statistical Analysis System) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos diferentes tipos de substratos utilizados, houve diferença significativa para os teores foliares de P, Mg e Ca observando-se maiores concentrações desses nutrientes nos substratos com casca de café carbonizada (Tabela 2). No entanto, apesar desses teores terem sido significativos não houve influência do ponto de vista nutricional, capaz de elevar a produtividade do tomateiro.

A ordem decrescente de concentração de nutrientes nas folhas de tomateiro nos diferentes tratamentos foi: N, K, Ca, Mg, S e P. No entanto, esse

resultado foi diferente do observado por Fernandes et al. (2002) com o híbrido Carmen, cultivado em substratos, apresentando valores de $K > Ca > N > S > P > Mg$. É importante ressaltar que as diferenças entre os teores foliares de nutrientes, referidas por diversos autores depende da época de plantio, da idade da planta ou órgão amostrado, da cultivar, da interação entre nutrientes, das condições climáticas (Carvalho et al., 2004), do tipo de substrato e da concentração iônica da solução.

O teor foliar de nitrogênio não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 2), porém, ficou dentro do padrão de concentração considerado adequado, 3,7 a 6,0 dag kg⁻¹ (Camargos, 1998; Silva & Giordano, 2000; Fontes et al., 2004). Segundo Fayad et al. (2002), a taxa diária de absorção de N pelo tomateiro é crescente até aos 46 dias, para depois decrescer, devido a sua exportação para frutos, cuja taxa é de 55%. Provavelmente, devido ao fato de a amostragem foliar ter sido realizada por ocasião da formação do segundo cacho de frutos, a redistribuição tenha afetado a concentração de N foliar.

O teor de fósforo nas folhas foi influenciado pelos substratos, sendo significativamente menor apenas em S1 (Tabela 2). No entanto, o menor teor de P de 0,60 dag kg⁻¹, permaneceu dentro dos níveis considerados adequados para o tomateiro de 0,25 a 0,80 dag kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997; Silva & Giordano, 2000), e acima de 0,55 dag kg⁻¹ indicado como nível crítico (Fontes & Silva, 2002).

O teor médio de P, de 0,65 dag kg⁻¹, foi superior ao encontrado por Fontes et al. (2004), utilizando outros substratos, com média de 0,39 dag kg⁻¹, porém, inferior ao referido por Fernandes et al. (2002) em cultivo em vaso e solução nutritiva, 1,25 dag kg⁻¹. Provavelmente, as diferenças observadas na concentração de P nas folhas de tomateiro nos substratos S2 e S3, estejam relacionadas à maior capacidade de disponibilização de P pela casca de café carbonizada, ou à sua maior capacidade de retenção de ânions, quando

comparada com a fibra de coco (Tabela 1). No entanto, deve ser considerado ainda, o fator diluição, ou seja, a fibra de coco proporcionou maior absorção de P e, conseqüentemente, maior desenvolvimento foliar, diminuindo o teor desse elemento nas folhas.

TABELA 2. Teores médios de N, P, K, Mg e Ca nas folhas de tomateiro, híbrido Vênus, cultivado em diferentes substratos orgânicos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

Substratos	N	P	K	Mg	Ca
	(dag kg ⁻¹)				
S1	3,92 a	0,60 b	3,25 a	0,70 b	3,37 a
S2	3,98 a	0,67 a	3,36 a	0,75 a	2,97 b
S3	3,74 a	0,69 a	3,27 a	0,76 a	3,00 b
S4	3,94 a	0,66 ab	3,12 a	0,76 a	3,09 b
Média	3,90	0,65	3,25	0,75	3,10
CV (%)	8,68	10,37	8,37	6,86	6,38

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre o teor de potássio nas folhas (Tabela 2). No entanto, o menor teor de K, em S4 de 3,12 dag kg⁻¹, ficou dentro do padrão considerado adequado, de 3,0 a 5,0 dag kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997; Silva & Giordano, 2000; Silva et al., 2001). Mesmo assim, a concentração de K nas folhas foi menor que a encontrada no híbrido Carmen, de 4,7 a 5,4 dag kg⁻¹ (Fernandes et al., 2002); e de 4,7 a 4,9 dag kg⁻¹ (Fontes et al., 2004), cujos resultados diferiram de acordo com a fonte de nutrientes utilizados e com o ambiente de cultivo, em campo ou ambiente protegido. Porém, estão dentro dos teores de 2,8 a 3,3 dag kg⁻¹, obtidos por Silva et al. (2001) e considerados adequados para o tomateiro (Furlani et al., 1978).

Houve efeito estatisticamente significativo dos substratos no teor de Magnésio nas folhas, sendo o menor valor observado no substrato S1. No entanto, a menor concentração foliar de Mg de $0,70 \text{ dag kg}^{-1}$, estava acima dos níveis considerados adequados para o tomateiro de $0,40$ a $0,60 \text{ dag kg}^{-1}$ (Silva & Giordano, 2000). Por outro lado, Fontes & Silva (2002) consideram como nível crítico teores foliares de Mg de $0,70 \text{ dag kg}^{-1}$. Teores maiores de Mg foram observados por Fontes et al. (2004), em cultivo em substrato e ambiente protegido, do que no sistema convencional, com transplântio diretamente no solo, variando de $0,92$ a $0,65 \text{ dag kg}^{-1}$, respectivamente. Também em cultivo convencional e sistema de condução podado e adensado, Silva et al. (2001) encontram valores médios de teor de Mg nas folhas, de $0,47 \text{ dag kg}^{-1}$, bem próximo do nível considerado como crítico, de $0,40 \text{ dag kg}^{-1}$ (Malavolta et al., 1997).

Foi observado, ainda, que os substratos contendo casca de café carbonizada apresentaram maior capacidade de disponibilização de Mg do que a fibra de coco, contribuindo para aumentar o teor foliar (Tabela 1). Portanto, podem afetar o teor foliar de Mg o tipo de substrato, o sistema de cultivo, o ambiente e, ainda, segundo Carvalho et al. (2004), a disponibilidade elevada de Ca e K na solução de cultivo.

Houve efeito significativo entre os fatores ácidos húmicos x substratos com relação ao teor de cálcio nas folhas do tomateiro (Figura 1). O teor foliar de Ca apresentou, tanto no substrato S1, quanto em S3, uma leve tendência de decréscimo, com o aumento das doses de AH. Provavelmente, houve maior complexação do Ca com os compostos fenólicos presentes, tanto nos AH quanto na casca de café carbonizada.

Observou-se que a que a casca de café carbonizada aumenta o pH externo da solução nutritiva (Tabela 1), elevando a concentração de hidroxilas (OH^-) e carbonatos (HCO_3^-), favorecendo a atividade de carregadores de ânions

(Faquin, 2005) e diminuindo, conseqüentemente, a absorção de Ca^{+2} . No entanto, apesar de essa variação ser significativa, os menores teores de cálcio nas folhas ($3,18 \text{ dag kg}^{-1}$ em S1 e $2,81 \text{ dag kg}^{-1}$ em S3) se mantiveram dentro dos níveis considerados adequados para o tomateiro, conforme Silva & Giordano (2000) de $1,5$ a $3,0 \text{ dag kg}^{-1}$; de $2,6$ a $3,5 \text{ dag kg}^{-1}$ (Silva et al., 2001); e de $1,75$ a $3,76 \text{ dag kg}^{-1}$ (Fontes et al., 2004).

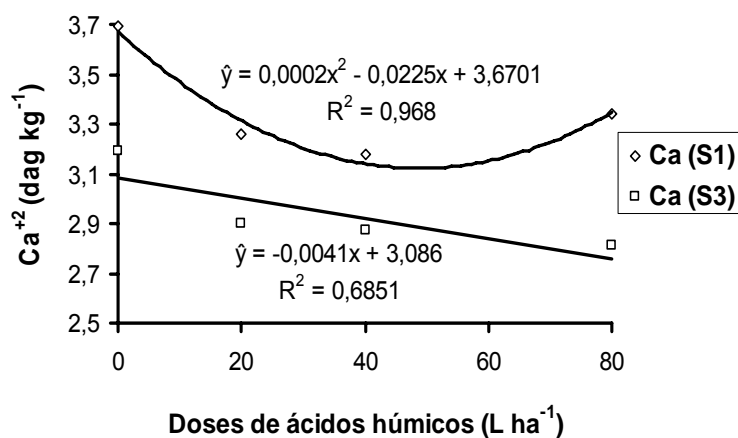


FIGURA 1. Teor médio de Ca em folhas de tomateiro, híbrido Vênus, em função da interação doses de ácidos húmicos x substratos S1 e S3. Lavras, MG, UFLA, 2008.

O substrato S1 proporcionou maior absorção e teor de Ca do que os outros com mistura de casca de café carbonizada (Figura 1), embora tenha apresentado, na sua composição, menor concentração do referido nutriente (Tabela 1). Esse fato pode ser explicado devido à fibra de coco apresentar maior capacidade de retenção e disponibilidade de água, quando comparada com a casca de café carbonizada. Portanto, maior disponibilização de água facilita o

transporte unidirecional de Ca pelo xilema, via corrente transpiratória, das raízes para a parte aérea (Faquin, 2005). Por outro lado, com a adição da casca de café carbonizada, ocorreu aumento da condutividade elétrica (Tabela 1) e da inibição competitiva do Ca com K ou Mg pelo mesmo sítio do carregador na membrana plasmática, diminuindo o teor desse nutriente nas folhas.

Houve efeito significativo dos ácidos húmicos com relação ao teor de enxofre nas folhas do tomateiro (Figura 2). O efeito dos AH no teor foliar de S expresso por uma equação linear, indica um decréscimo de 0,04 dag kg⁻¹ de S, para cada 20 L do produto aplicado aos substratos. No entanto, pode ser observado que o menor teor de S na dose máxima de 80 L ha⁻¹ de AH, de 0,63 dag kg⁻¹, está dentro do padrão de concentração considerado adequado para o tomateiro, de 0,3 a 1,0 dag kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997), de 0,4 a 1,2 dag kg⁻¹ (Silva & Giordano, 2000) e acima do nível considerado crítico, de 0,50 dag kg⁻¹ (Fontes e Silva, 2002). É importante ressaltar que os teores foliares de S, em cultivo em diferentes substratos e em ambiente protegido, foram maiores que em sistema de cultivo convencional, variando de 1,29 a 0,87 dag ha⁻¹ (Fontes et al., 2004).

A redução do teor foliar de S com doses crescentes de AH, ocorreu devido, provavelmente, a competição entre o sulfato (SO₄²⁻) (forma absorvida pela planta) com grupos funcionais do íon carboxilato (COO⁻), e ou hidroxilas (OH⁻), presentes nos ácidos fúlvicos e húmicos (Hayes et al., 1989), favorecendo a sua lixiviação, já que os substratos utilizados apresentaram baixa capacidade de retenção de ânions.

A interação iônica na solução pode afetar o teor foliar de K, Ca e Mg, quando a presença de um nutriente, pode modificar a velocidade de absorção do outro por inibição competitiva. Isso pode ocorrer quando os dois elementos se combinam com o mesmo sítio do carregador na membrana (Faquin, 2005).

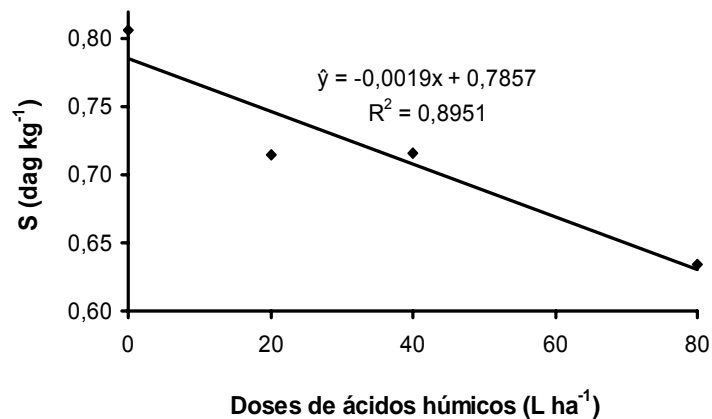


FIGURA 2. Teor médio de S em folhas de tomateiro, híbrido Vênus, em função das doses de ácidos húmicos, aplicados em diferentes substratos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

As relações K/Ca, K/Mg e K/Ca+Mg apresentaram um efeito linear crescente com o aumento das doses de AH, evidenciando uma competição de K em relação ao Ca e Mg (Figura 3). O efeito do K sobre o Mg, representado pela equação $y = 0,0047x + 4,2451$, indica um aumento crescente da concentração foliar de K em relação ao Mg, de 2,03% para cada 20 L de AH adicionados aos substratos. O efeito do K em relação ao Ca, representado pela equação $y = 0,002x + 0,9843$, indica um aumento da concentração foliar de K em relação ao Ca, de 3,51%, para cada 20 L de AH adicionados aos substratos.

Esses dados indicam, provavelmente, maior eficiência das H⁺-ATPases de membranas na absorção do K, cuja atividade é estimulada pelos AH. Os AH ativam H⁺-ATPases de membranas plasmáticas que são capazes de hidrolisar ATP, gerando energia e um gradiente eletroquímico que está diretamente envolvido na energização de sistemas secundários de translocação de íons fundamentais para absorção de macro e micronutrientes (Façanha et al., 2002).

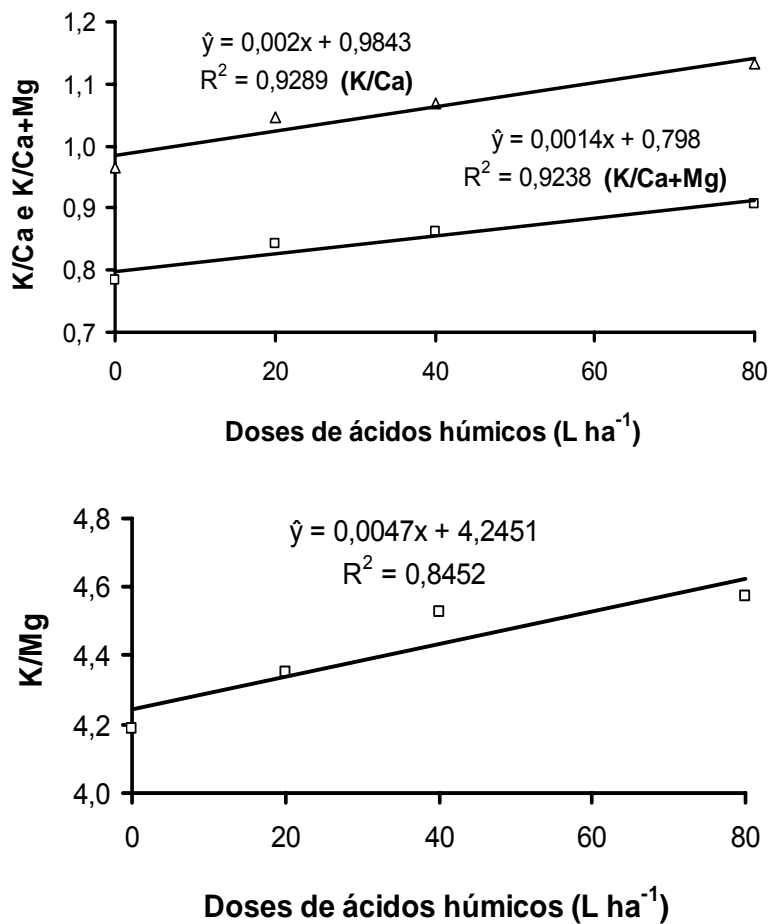


FIGURA 3. Relação K/Ca, K/Ca+Mg e K/Mg em folhas tomateiro, híbrido Vênus, em função das doses de ácidos húmicos, aplicados em diferentes substratos. Lavras, MG, UFLA, 2008

Não houve efeito significativo dos ácidos húmicos aplicados aos substratos, com relação à produção de frutos total, comercial e não-comercial. Não houve efeito significativo dos ácidos húmicos aplicados aos substratos, com relação à produção de frutos total, comercial e não-comercial (Tabela 3). Isso, provavelmente, ocorreu devido: à lixiviação dos ácidos húmicos, produzida pela

alta frequência de regas (10 a 14 vezes por dia); à utilização de solução nutritiva equilibrada, atendendo as exigências nutricionais da cultura ou à capacidade de disponibilização gradual, de AH pelos substratos, com médias de 21,0 a 43,4 g para um volume de 7,0 dm³ (Tabela 1).

A produção total de frutos de tomateiro em S1 foi significativamente superior aos demais substratos, com média de 166,83 t ha⁻¹ (Tabela 3). Houve redução da produção total com adição de casca de café carbonizada a fibra de coco, de 39,74 t ha⁻¹ em S2, 46,71 t ha⁻¹ em S3 e 58,69 t ha⁻¹ em S4, quando comparado com S1.

TABELA 3. Produção média de frutos de tomate italiano, híbrido Vênus, total (PT), comercial (PC) e não-comercial (PNC), cultivado em diferentes substratos orgânicos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

Tratamentos	PT	PC	PNC
	(t ha ⁻¹)		
S1	166,83 a	162,08 a	4,75 a
S2	127,09 b	122,20 b	4,89 a
S3	120,12 b	115,54 bc	4,58 a
S4	108,14 c	102,74 c	5,40 a
Média	130,55	125,64	4,91
CV (%)	9,37	10,68	35,21

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O substrato S1 (com fibra de coco) apresentou um incremento médio de produção de frutos comerciais de 24,41%, 29,33% e 36,04%, em relação aos substratos S2, S3 e S4. Cabe ressaltar que a produção de frutos comerciais, nos diferentes substratos, foi superior às obtidas: em ambiente protegido com o híbrido Carmen, média de 77 t ha⁻¹ (Marques et al., 2000); em cultivo

hidropônico NFT, com as cultivares de crescimento determinado, UC-82 e Saladinha, com médias de 85,5 a 101,3 t ha⁻¹ (Genúncio et al., 2006) e, como a utilização de fibra de coco e fertirrigação, na condução das cultivares TX e Larissa, com médias de 104 t ha⁻¹ (Carrijo et al., 2004). Portanto, a produção média de frutos comerciais nos diferentes tratamentos pode ter sido influenciada pelo tipo de substrato (granulometria das partículas, capacidade de retenção de água, drenagem, condutividade elétrica) e manejo da irrigação.

A casca de café carbonizada apresentou alta capacidade de disponibilização de potássio, 3,7 vezes mais que a fibra de coco, alterando a condutividade elétrica (CE) e o pH da solução de cultivo influenciando significativamente na redução da produtividade do tomateiro (Tabela 1). De acordo com Alvarenga et al. (2004), o limite máximo de salinidade expressa pela CE do solo para o tomateiro é de 2,5 mS cm⁻¹, ocorrendo diminuição de rendimento de 10% para cada acréscimo de 1,0 mS cm⁻¹, acima do limite de tolerância. Por outro lado, Carrijo et al. (2004) observaram maior massa média de frutos nos cultivos com fibra de coco verde e casca de arroz carbonizada, podendo estar relacionado à capacidade de disponibilização de água e nutrientes.

A produção média de frutos não-comerciais, não foi afetada significativa pelos diferentes substratos (Tabela 2). No entanto, é importante salientar que, apesar disso as perdas por deficiência de Ca foram 12% maiores em S4, do que em S1. A produção média de frutos não-comerciais, de 4,91 t ha⁻¹, constituída principalmente por deficiência de cálcio, encontra-se dentro dos valores médios, de 3,77 a 5,76 t ha⁻¹, observados por Sampaio et al. (1999) para a cv. Santa Clara.

Os fatores mais prováveis para a ocorrência de podridão apical podem estar relacionados ao manejo da irrigação, alta umidade relativa do ar no período de colheita e diminuição de fluxo transpiratório de água e nutrientes, para parte aérea, afetando a redistribuição de Ca⁺² para frutos. Portanto, em solução

nutritiva, Paiva et al. (1998) verificaram maior acúmulo de cálcio nos frutos, em condições de baixa umidade relativa (40%), por aumentar fluxo transpiratório de água e nutrientes para a parte aérea e, conseqüentemente, para o os frutos.

4 CONCLUSÕES

1. Os tratamentos apresentarem efeito significativo sobre os teores foliares de nutrientes, exceto N e K, no entanto, mantendo-os dentro dos níveis considerados adequados para o tomateiro.

2. Doses crescentes de ácidos húmicos diminuíram o teor foliar de Ca e S, porém, aumentam as relações K/Ca, K/Mg, indicando que o K é o nutriente preferencialmente absorvido quando está em maior concentração na solução nutritiva.

3. A fibra de coco apresentou resultados significativamente superiores aos demais substratos, com relação à produção de frutos total e comercial.

4. A casca de café carbonizada aumentou drenagem de água e nutrientes, altera a condutividade elétrica e o pH da solução nos substratos, diminuindo significativamente a produção de frutos total e comercial.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-MAWGOUD, A.M.R.; EL-GREADLY, N.H.M.; HELMY, Y.I.; SINGER, S.M. Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. **Journal of Applied Sciences Research**, Cairo, v.3, n.2, p.169-174, 2007.

ADANI, F.; GENEVINI, P.; ZACCHEO, P.; ZOCCHI, G. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, n.3, p.561-575, 1998.

ALVARENGA, M.A.R.; LIMA, L.A.; FAQUIN, V. Fertirrigação. In: ALVARENGA, M.A.R (Ed). **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras, MG: UFLA, 2004. cap. 6, p.123-158.

BREMNER, J.M. Total nitrogen In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. pt.2, p.1149-1178,

CAMARGOS, M.I. **Produção e qualidade dos frutos do tomateiro cultivado em estufa, em função do espaçamento e do número de cachos por planta**. Viçosa: UFV, 1998. 70f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; FAÇANHA, A.L.O.; FAÇANHA, A.R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.130, p.1951-1957, 2002.

CARRIJO, O.A.; VIDAL, M.C.; REIS, N.V.B.; SOUZA, R.B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.5-9, 2004.

CARVALHO, J.G de; 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. cap.5, p.63-120.

CASTELLANE, P.D; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP. 1995. 43p.

FAÇANHA, A.R.; FAÇANHA, A.L.O.; OLIVARES, F.L.; GURIDI, F.; SANTOS, G. de A. et al. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.1301-1310, 2002.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. 183p.

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, F.L.; FERREIRA, F.A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.90-94, 2002.

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**, Brasília, v.20, n.4, p. 564-570, 2002.

FONTES, P.C.R.; SILVA, D.J.H. de. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 196 p.

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**, Brasília, v.22, n. 3, p.614-619, 2004.

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

GENÚNCIO, 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**, Brasília, v.24, p.175-179, 2006.

HAYES, M.H.B.; MACCARTHY, P.; MALCOLM, R.L.; Swift, R. S. **Humic substances II: in search of structure**. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 1989. 764p.

MAKISHIMA, N.; CARRIJO, O.A. **Cultivo protegido do tomateiro**. Brasília: CPNH, 1998. (Circular Técnica da Embrapa Hortaliças, 13)

MALAVOLTA, E.; VITTI, C.G.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fosfato, 1997. 319p.

MARQUES, F.C.; TIBOLA, A.J.; PRIEBE, A.J. Cultivo protegido de cultivares de tomateiros submetidos ou não à desbrota. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.190-191, 2000.

MARTINEZ, P.F. Manejo de substratos para horticultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3, 2002, Campinas: **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. p.53-76.

MORAES, C.A.G.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia e em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, p.106-113, 1999.

NANNIPIERI, P.; GREGO, S.; DELL'AGNOLA, G.; NARDI, S. Proprietà biochimiche e fisiologiche della sostanza organica. In: NANNIPIERI, P. (Ed.). **Ciclo della sostanza organica nel suolo: aspetti agronomici, chimici, ecologici, ecologici & selvicolturali**. Bologna: Patron, 1993. p.67-78.

NARDI, S.; CONCHERI, G.; DELL'AGNOLA, G.; SCRIMIN, P. Nitrate uptake and ATPase activity in oat seedlings in the presence of two humic fractions. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, US, v.23, p.833-836, 1991.

PAIVA, E.A.S.; MARTINEZ, H.E.P.; CASALI, V.W.D.; PADILHA, L. Occurrence of blossom end rot in tomato as a function of calcium dose in the nutrient solution and air relative humidity. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, n.12, p.2663-2670, 1998.

SAMPAIO, R.A.; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, C.S. Resposta do tomateiro à fertirrigação potássica e cobertura plástica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.21-30, 1999.

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**, Brasília, v.19, n.1, 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.

YILDIRIM, E. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science**, Copenhagen, v.57, n.2, p.182-186, 2007.

CAPÍTULO 2

CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DE TOMATEIRO CULTIVADO EM SUBSTRATOS E COM APLICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS

CAPÍTULO 2

RESUMO

LIMA, Antonio Anicete de. Concentração de micronutrientes e produtividade de tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos.

In: _____. **Concentração de nutrientes, produtividade e qualidade de frutos em tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos.**

2008. Cap.2, p.27-50. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG³.

Este trabalho foi conduzido em ambiente protegido, para estudar o estado nutricional e a produtividade do tomateiro, híbrido Vênus, cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos (AH). Foram avaliadas 4 doses de AH (0, 20, 40 e 80 L ha⁻¹) e 4 substratos: **S1** - fibra de coco (FC), **S2** - FC + casca de café carbonizada (CC) – 1/3, **S3** - FC + CC – 2/3 e **S4** – CC, distribuídos em esquema fatorial 4x4, com delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. As mudas de tomate foram transplantadas com 35 dias de idade para sacolas plásticas de 7,0 L, com espaçamento de 1,0 m x 0,80 m x 0,40 m. Os AH foram aplicados 4 vezes em um intervalo de 8 dias, sendo a primeira aplicação oito dias após o transplantio. Em doses de 31 a 49 L ha⁻¹ de AH, ocorreu o máximo teor foliar de Fe, Mn, Cu e das relações Fe/Zn e Fe/Mn. No entanto, o teor de Zn aumentou de forma linear com aplicação de AH, enquanto o de B e Cu (em S1) decresceu de forma linear. Houve efeito significativo apenas dos substratos orgânicos com relação à produção média de frutos totais e comerciais, exceto, não-comerciais. A produtividade comercial de frutos nos diferentes substratos foi de 162,08 t ha⁻¹, 122,20 t ha⁻¹, 115,54 t ha⁻¹ e 102,74 t ha⁻¹ em S1, S2, S3 e S4, respectivamente.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, teor foliar, substrato, produção, nutrientes.

³ Comitê orientador: Marco Antonio Rezende Alvarenga – UFLA (Orientador); Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Co-Orientador).

ABSTRACT

LIMA, Antonio Anicete de. Content of micronutrients and yield of tomatoes grown on substrates and with application of humic acids. In: _____. **Content of nutrients, yield and fruit quality of tomato grown on substrates and with application of humic acids**. 2008. Cap.2, p.27-50. Thesis (Doctor in Crop Science/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG⁴.

This work was carried out under unheated greenhouse so as to study the nutritional status and yield of tomato, grown on substrates and with application of humic acids (AH). Four doses of AH were evaluated (0, 20, 40 and 80 L⁻¹ ha) and 4 substrates: **S1** - coconut fiber (CF), **S2** - FC + carbonized bark of coffee (CC) - 1/3, **S3** - CF + CC - 2/3 and **S4** - CC, distributed as factorial scheme 4x4, on randomized design blocks, with four repetitions. The seedlings of tomato, hybrid Venus, were placed 35-day old into 7.0 L bags, spaced 1.0 m x 0.80 m x 0.40 m. The humic acids applications were made 4 times in a 8 day interim, the first application eight days after the transplantation. Under doses of 31 to 49 L ha⁻¹ of AH, the maximum content of Fe, Mn, Cu and relations Fe/Zn and Fe/Mn occurred. However, the content of Zn increased linearly with application of AH, whereas the content of B and Cu (in S1) decreased linearly. There was a significant effect only of organic substrates in relation to average production of fruits total and commercial, except, non-commercial. The commercial yield of fruits in different substrates was 162.08 t ha⁻¹, 122.20 t ha⁻¹, 115.54 t ha⁻¹ and 102.74 t ha⁻¹ in S1, S2, S3 and S4, respectively.

Keywords: Lycopersicon esculentum, leaf content, substratum, yield, nutrients.

⁴ Comitê orientador: Marco Antonio Rezende Alvarenga – UFLA (Orientador); Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Co-Orientador).

1 INTRODUÇÃO

O cultivo em ambiente protegido permite a produção de hortaliças em qualquer época do ano, possibilitando o prolongamento do período de colheita e o aumento da produtividade (Makishima & Carrijo, 1998). No entanto, quando o cultivo é feito diretamente no solo e de forma sucessiva, pode levar a salinização do meio radicular e a problemas fitossanitários, reduzindo a produtividade.

Tendo em vista substituir o cultivo em solo, vários substratos têm sido utilizados, tais como: fibra de coco, turfas, resíduos de madeira, casca de pinus e de arroz parcialmente carbonizada ou não, além de materiais inorgânicos como areia, perlita, vermiculita e espuma fenólica, usados de forma isolada ou em composição (Carrijo et al., 2004; Fontes et al., 2004).

A escolha de substratos é importante por possibilitar aumento do crescimento e desenvolvimento do tomateiro, resultando em maior produtividade. Portanto, devem ser consideradas as suas propriedades físicas e químicas, como tamanho e distribuição de partículas, densidade, boa retenção de água e nutrientes, disponibilização de oxigênio, alta capacidade de troca de cátions, baixa relação C/N, entre outras (Martinez, 2002).

É importante desenvolver substratos de materiais inertes, de longa durabilidade, de baixo custo, de fácil utilização e com a possibilidade de reaproveitamento na melhoria das condições químicas e físicas do solo. Nesse sentido, tem sido utilizada a fibra de coco com excelentes resultados na produção de tomate em ambiente protegido, embora não sendo verificada diferença estatística com relação à serragem, à casca de arroz carbonizada e à maravalha (Carrijo et al., 2004). Porém, o transporte da fibra de coco, implica em custos adicionais à produção, portanto, seria importante desenvolver substratos com materiais de baixo custo, e disponíveis em cada região do país.

O efeito das substâncias húmicas sobre as plantas depende do material de origem, da concentração de substâncias bioativas, da dose utilizada, da espécie vegetal e da cultivar. Os ácidos húmicos (AH) são ácidos orgânicos, solúveis em água, presentes na matéria orgânica do solo, porém, sendo encontrados em maior concentração em minérios de lignitos, Leonardita, turfa, carvão mineral, etc. Apresentam vários grupos funcionais capazes de complexação com íons catiônicos, resultando em maior disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Os principais efeitos dos AH no metabolismo das plantas são: aumentam a absorção e transporte de íons (Nannipieri et al., 1993; Adani et al., 1998); induzem a atividade de H⁺-ATPases e estimulam o crescimento de raízes (Nardi et al., 1991; Façanha et al., 2002); estimulam o crescimento de plantas pela liberação de moléculas bioativas com ação semelhante à auxina (Nardi et al., 1991; Canellas et al., 2002). No tomateiro, os AH estimulam o crescimento de raízes e da parte aérea, resultando no aumento do teor de matéria seca; aumentam a massa seca de frutos, o diâmetro médio, a produtividade e o teor de sólidos solúveis; aumentam a absorção de N, P, Fe e Cu (Adani et al., 1998; Abdel-Mawgoud, 2007; Yildirim, 2007).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o teor de micronutrientes nas folhas e a produtividade de tomateiro, tipo italiano, cultivado em ambiente protegido em substratos, com aplicação de ácidos húmicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da UFLA, Lavras, MG, no período de agosto de 2007 a janeiro de

2008. As sementes do híbrido Vênus, do grupo italiano, hábito de crescimento determinado e frutos oblongos, foram semeadas em bandejas de poliestireno com 128 células, e irrigadas diariamente por meio de microaspersão.

As mudas foram transplantadas 35 dias após a semeadura para sacolas plásticas com capacidade de 7,0 litros, sendo distribuídas no espaçamento de 1,0 m x 0,80 m x 0,40 m, com densidade populacional de 2,78 plantas m⁻². A condução do experimento foi em ambiente protegido, modelo capela, com 30 m de comprimento, 10 m de largura e 1,80 m de pé direito, coberto com polietileno de baixa densidade de 150 micras.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x4, em quatro repetições. O primeiro fator refere-se às doses de ácidos húmicos e o segundo aos diferentes substratos: S₁ = fibra de coco; S₂ = fibra de coco + casca de café carbonizada - 1/3 (v/v); S₃ = fibra de coco + casca de café carbonizada - 2/3 (v/v); e S₄ = casca de café carbonizada (Tabela 1). As parcelas foram constituídas por nove plantas, sendo as amostras retiradas de cinco plantas centrais em cada parcela. Como fonte de ácidos húmicos foi utilizado o produto comercial Codahumus 20 (ácido fúlvico 10,2% p/p e ácido húmico 10,0% p/p e 0,65 de N p/p), aplicado a cada oito dias, em 4 parcelamentos, a partir do oitavo dia após o transplântio, nas dosagens de (0, 20, 40 e 80 L ha⁻¹), diretamente nos substratos.

Os nutrientes foram fornecidos por meio de fertirrigação diária, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, sendo as doses baseadas em recomendação de Castellane & Araújo (1995). Na fase inicial de crescimento: 12,5 de N; 1,5 de P; 7,0 de K; 4,0 de Ca; 2,0 de Mg; 2,0 de S (mmol L⁻¹); e, ainda 20 de Fe; 15 de Mn; 5 de Zn; 30 de B; 0,8 de Cu; 0,5 de Mo (μmol L⁻¹). Na fase de crescimento e frutificação: 14,0 de N; 2,0 de P; 11,2 de K; 5,2 de Ca; 1,6 de Mg; 5,7 de S (mmol L⁻¹); e 25 de Fe; 15 de Mn; 5 de Zn; 30 de B; 0,8 de Cu; 0,5 de Mo (μmol L⁻¹).

TABELA 1. Características dos substratos orgânicos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

Características	S1	S2	S3	S4
pH em H ₂ O	5,8	7,2	7,3	7,8
N-Total (g kg ⁻¹)	9,2	8,7	9,7	8,2
P (g kg ⁻¹)	2,0	2,4	2,5	2,5
K (g kg ⁻¹)	8,2	17,7	22,0	30,5
Ca (g kg ⁻¹)	4,2	10,2	8,2	9,1
Mg (g kg ⁻¹)	1,5	2,8	2,5	2,3
S (g kg ⁻¹)	2,3	2,5	2,7	2,4
B (mg kg ⁻¹)	29,5	19,6	21,4	21,2
Cu (mg kg ⁻¹)	85,2	57,7	61,8	45,0
Mn (mg kg ⁻¹)	77,8	182,0	157,1	164,2
Zn (mg kg ⁻¹)	84,2	52,9	55,0	29,7
Fe (mg kg ⁻¹)	716,3	1256,1	1265,1	1188,9
C.E. (mS cm ⁻¹)	3,8	3,9	4,9	5,6
C total (dag kg ⁻¹)	40,6	40,6	36,9	41,0
C/N	44,1	46,7	38,0	50,0
Ácido Húmico (g kg ⁻¹)	2,0	2,5	1,4	2,5
Ácido Fúlvico (g kg ⁻¹)	3,2	2,4	1,6	3,7

C.E. – condutividade elétrica. Nutrientes - determinados após mineralização pela digestão nitro-perclórica.

Na condução do tomateiro foi selecionada uma haste secundária de ramo vigoroso, logo abaixo do primeiro cacho floral, sendo as demais eliminadas. A partir daí, não foram mais realizadas desbrotas, de tal maneira que as plantas se desenvolveram com uma média de 4 a 6 hastes. As plantas foram mantidas verticalmente por fitilhos dispostos de forma horizontal, fixados a mourões de madeira (2,50 m), distanciados de 3,60 m.

A irrigação foi realizada por meio de gotejamento, com gotejadores de múltiplas saídas (um por planta), vazão média de 1,0 L h⁻¹. O tempo de irrigação foi determinado após drenagem de 30% do volume total de água aplicada às sacolas plásticas e a frequência ajustada diariamente, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura e as condições climáticas.

As amostras para análise foliar foram coletadas 64 dias após o plantio, retirando-se a quarta folha a partir do ápice das hastes. Os elementos Cu, Fe, Mn e Zn foram analisados após a mineralização pela digestão nítrico-perclórica por meio de espectrofotometria de absorção atômica (Blanchar et al., 1965). O B foi determinado colorimetricamente pelo método da Azometina H (Wolf, 1974), após a mineralização por via seca em mufla, a 550°C.

Foram realizadas 11 colheitas a cada 5 dias, de frutos maduros ou em estágio máximo de desenvolvimento fisiológico. Os frutos que apresentaram calibre maior que 40 mm de diâmetro equatorial foram pesados e separados dos que apresentaram podridão apical. Com os resultados obtidos, foi determinada a produção de frutos comercial, total e não-comercial. A produção comercial de frutos foi obtida pelo somatório das classes (calibres) grande, médio e pequeno ($t\ ha^{-1} = g\ planta^{-1}$ de cada classe $\times 2,78\ plantas\ m^{-2} \times 10^{-2}$). A produção não-comercial foi constituída principalmente por frutos que apresentaram podridão apical.

Foram avaliados os teores de micronutrientes nas folhas de tomateiro e a produção de frutos comercial, total e não-comercial. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, utilizando o SAS (Statistical Analysis System) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ácidos húmicos apresentaram efeito significativo sobre os teores foliares de micronutrientes e sobre as relações Fe/Zn e Fe/Mn. Também, é importante salientar, o efeito significativo dos substratos orgânicos apenas com relação aos teores de Cu e Mn e a produção média de frutos total e comercial.

Os teores foliares de Fe foram maiores que Cu, seguidos do Mn, B e Zn, com médias nos diferentes tratamentos de 221,48; 193,52; 170,09; 68,69; 28,09 mg kg⁻¹, respectivamente. No entanto, teores maiores de micronutrientes foram encontrados, por Rodrigues et al. (2002), na cv. Lúcia, produzido em ambiente protegido, utilizando diferentes fertilizantes, via solo, foliar e fertirrigação, com médias de: 440,4 de Fe; 313,8 de Mn; 107,8 de Cu; 194,9 de Zn e 56,1 de B em mg kg⁻¹. Em solução nutritiva, Fernandes et al. (2002) obtiveram, com o híbrido Carmen, concentrações foliares, também diferentes das obtidas neste trabalho, com médias de: 209 de Fe; 96 de Zn; 10 de Cu; 665 de Mn; e 209 de B em mg kg⁻¹. É importante ressaltar que a diferença entre as concentrações de nutrientes, mencionada por diversos autores, depende da época de plantio, da idade da planta ou órgão amostrado, da cultivar, da interação entre nutrientes, das condições climáticas (Carvalho et al., 2004), também, da concentração de nutrientes da solução nutritiva e do tipo de substratos utilizados.

Houve efeito significativo dos ácidos húmicos (AH) com relação ao teor de Boro nas folhas do tomateiro (Figura 1). O efeito dos AH no teor de B nas folhas, expresso por uma equação linear, indica um decréscimo de 3,11 mg kg⁻¹ para cada 20 L do produto aplicado aos substratos. No entanto, pode ser observado que o menor teor foliar de B na dose máxima de 80 L ha⁻¹ de AH, de 61,34 mg kg⁻¹, está dentro do padrão considerado adequado para o tomateiro, de 30 a 100 mg kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997); de 50 a 70 mg kg⁻¹ (Silva & Giordano, 2000) e bem acima do nível considerado crítico de 25 mg kg⁻¹ (Fontes & Silva, 2002).

É importante ressaltar que Costa (1999) obteve, com o híbrido Momotaro, concentração média de B nas folhas de tomateiro, de 67,8 mg kg⁻¹. Ainda, segundo Rodrigues et al. (2002), o B teve sua concentração máxima aos 49 dias, permanecendo no mesmo nível até os 77 dias, alcançando o teor de 56,07 mg kg⁻¹.

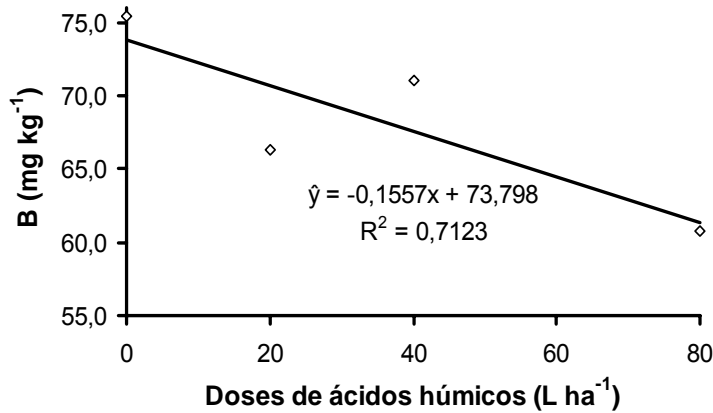


FIGURA 1. Teor médio de B em folhas de tomateiro, híbrido Vênus, em função das doses de ácidos húmicos aplicados em diferentes substratos orgânicos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

A redução do teor de B nas folhas com doses crescentes de AH ocorreu devido, provavelmente, à reação do H_3BO_3 (forma absorvida) com grupos funcionais de hidroxilas (OH), presentes nos ácidos fúlvicos e húmicos (Hayes et al., 1989) e à formação do ânion borato $B(OH)_4^-$, diminuindo a sua disponibilidade para as plantas. Também, deve ser considerado a provável formação de complexos mais solúveis do B com SH presente nos AH, cuja lixiviação pode ter sido facilitada, devido a baixa capacidade de retenção de ânions por parte dos substratos.

Houve efeito significativo entre os fatores ácidos húmicos x substratos na concentração foliar de Cobre ($p < 0,05$) (Figura 2). O efeito da interação AH x S1(fibra de coco) no teor de cobre, representado por uma equação linear, indica um decréscimo de $23,19 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cu, para cada 20 L do produto aplicado aos substratos.

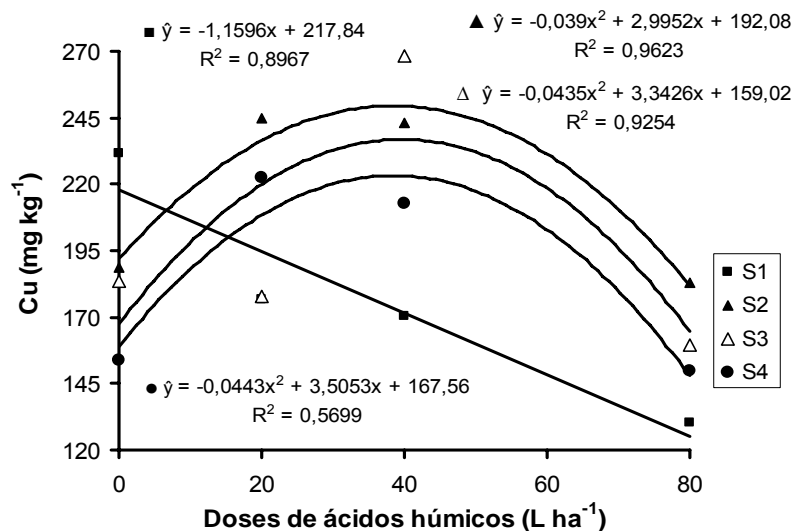


FIGURA 2. Teor médio de Cu em folhas de tomateiro, híbrido Vênus, em função das doses de ácidos húmicos aplicados em diferentes substratos orgânicos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

O efeito referente ao teor de Cu, apresentado pela fibra de coco, difere dos demais substratos onde foi utilizada a casca de café carbonizada. Ao contrário da fibra de coco, a aplicação de doses crescente de AH aumentou o teor foliar de Cu, cujos resultados foram representados por curvas de regressão quadráticas, para os substratos S2, S3 e S4, apresentando nas doses de 38,4 a 39,5 L, as máximas concentrações de Cu, de 249,59; 236,89; e 223,45mg kg⁻¹, respectivamente.

Os resultados indicam que a fibra de coco (S1) apresenta menor capacidade de retenção de cátions (CTC), quando comparada com a casca de café carbonizada. Portanto, é provável que, com aumento das doses de AH, tenha ocorrido complexação do Cu com os ácidos húmicos, formando um complexo mais estável, reduzindo a sua disponibilização para as plantas ou facilitando perdas por lixiviação, devido à baixa CTC da fibra de coco, quando

comparada com a casca de café carbonizada (Tabela 1). Por isso, Correia et al. (2003) recomendam a utilização da fibra de coco misturada a outros materiais, para aumentar a sua eficiência como substrato.

Os substratos contendo casca de café carbonizada apresentaram teor foliar de Cu de forma crescente, até a dose de aproximadamente 38,4 L ha⁻¹ de AH, provavelmente, devido à maior CTC, e maior concentração do elemento na solução. Esse resultado pode ser explicado, também, pela ativação H⁺-ATPases de membranas por substâncias húmicas de baixo peso molecular (especialmente ácidos fúlvicos) ou por aumento da permeabilidade da membrana plasmática, implicando em maior absorção de íons, como Fe²⁺ e Cu² (Adani et al., 1998; Nardi et al., 1991).

No entanto, pôde-se observar que o menor teor foliar de Cu na dose máxima de 80 L ha⁻¹ de AH, no caso de S1, de 125,07 mg kg⁻¹, está acima do padrão considerado adequado para o tomateiro, de 5 a 15 mg kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997); de 10 a 20 mg kg⁻¹ (Silva & Giordano, 2000). Altos teores Cu variando de 88,3 a 152,4 mg kg⁻¹ foram observados por Rodrigues et al. (2002) em cultivo protegido, utilizando a cultivar Lúcia. Altas concentrações de Cu estão relacionadas à aplicação foliar de fungicidas cúpricos para controle de doenças da parte aérea do tomateiro. Nesse caso, os ácidos húmicos reduziram o excesso de Cu, diminuindo possíveis efeitos tóxicos ou competitivos com outros cátions.

Houve efeito interativo entre os fatores ácidos húmicos x substratos (S1 e S3) na concentração foliar de Manganês ($p < 0,01$) (Figura 3). As curvas de resposta as dose de AH (em S1 e S3), indicam um efeito quadrático decrescente das concentrações foliares de Mn, atingindo o mínimo de 211,21 mg kg⁻¹ e 156,30 mg kg⁻¹ de Mn, respectivamente, nas doses de 46,96 e 49,10 L ha⁻¹. É importante ressaltar que, embora o substrato S3 tenha apresentado mais que o

dobro de Mn na sua composição do que S1, o seu efeito no teor foliar foi significativamente menor do que S1 (Tabela 1).

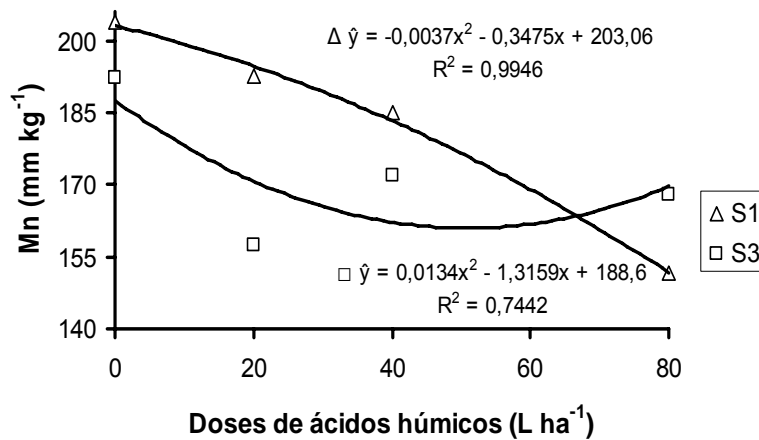


FIGURA 3. Teor médio de Mn em folhas de tomateiro, híbrido Vênus, em função das doses de ácidos húmicos aplicados em diferentes substratos orgânicos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

Foi observado, no ponto mínimo de concentração foliar de Mn, uma diferença entre S1 e S3, de 54,91 mg kg⁻¹ (Figura 3). A casca de café carbonizada aumenta o pH e a condutividade elétrica da solução, diminuindo, conseqüentemente, a disponibilização de íons catiônicos. Normalmente, a solubilidade e absorção dos micronutrientes catiônicos (Cu, Fe, Mn e Zn) diminuem com o aumento do pH da solução (Faquin, 2005).

Esse efeito em ambos os substrato S1 e S3 foi revertido em doses de AH superiores a 46,96 L ha⁻¹, por provável complexação do Mn com ligantes orgânicos (ácidos húmicos e fúlvicos) solúveis em água, que podem influir na absorção do elemento pelas raízes.

É importante ressaltar que os teores foliares de Mn nos diferentes tratamentos, de 156,30 a 203,06 mg kg⁻¹, estão dentro do padrão considerado adequado para o tomateiro, de 50 a 250 mg kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997). Vários fatores interferem na concentração de Mn, como tipo de híbrido, ambiente de cultivo, substratos, solução de cultivo, aplicações foliares de micronutrientes ou pulverizações para controle de fitopatógenos da parte aérea. Em solução nutritiva, Costa (1999) obteve, com o híbrido Momotaro, em média, a concentração de 117 mg kg⁻¹ de Mn. Teores considerados elevados foram observados em cultivo protegido e fertirrigação, com a cultivar Lúcia, média de 313,18 mg kg⁻¹ (Rodrigues et al., 2002) e, com a cultivar Santa Clara conduzida em campo e diferentes doses de fósforo e gesso, nesse caso, os teores de Mn de (253 a 384 mg kg⁻¹), situaram-se acima da concentração considerada adequada (Silva et al., 2001).

Houve efeito significativo dos ácidos húmicos com relação ao teor de Zinco nas folhas do tomateiro (Figura 4). O efeito dos AH no teor de Zn, representado por uma equação linear, indica um aumento da concentração desse nutriente, de 0,81 mg kg⁻¹ para cada 20 L aplicados aos substratos.

No entanto, observou-se que os teores de Zn nas folhas de tomateiro, de 21,68 a 29,92 estão abaixo do padrão considerado adequado para o tomateiro, de 60 a 70 mg kg⁻¹ (Silva & Giordano, 2000). Teores similares de Zn, de 26 a 29 mg kg⁻¹, também foram observados por Fontes et al. (2004), tanto em campo com em ambiente protegido.

Embora os teores de Zn tenham sido altos nos substratos, a absorção não foi suficiente para atingir os níveis considerados adequados para o tomateiro (Tabela 1). A baixa absorção de Zn pode ser atribuída à provável interação competitiva com o Fe, ao nível da membrana celular pelo sitio ativo do carregador íons (Figura 6). O efeito dos AH no aumento do teor de Zn, pode ser

atribuído à formação de complexos solúveis com o ácido fúlvico, aumentando a sua disponibilização para planta.

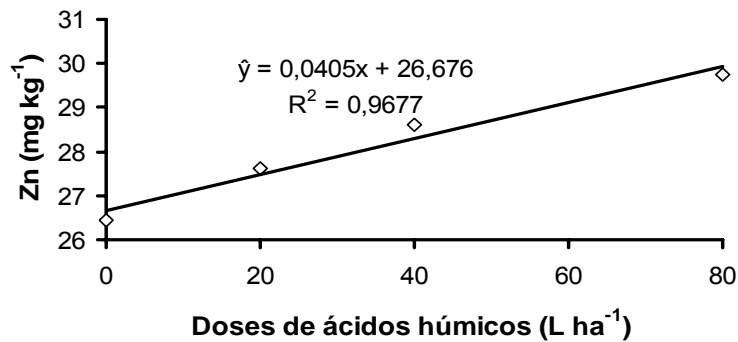


FIGURA 4. Teor médio de Zn em folhas de tomateiro, híbrido Vênus, em função das doses de ácidos húmicos aplicados em diferentes substratos. Lavras, MG, UFLA, 2008

Houve efeito significativo dos ácidos húmicos na concentração foliar de Ferro ($p < 0,01$) (Figura 5). O efeito dos AH no teor de Fe, definido pela equação quadrática, $\hat{y} = - 0,0301x^2 + 2,2077x + 213,25$, indica um aumento crescente da concentração foliar desse nutriente, atingindo valor máximo de $253,73 \text{ mg kg}^{-1}$ na dose de $36,67 \text{ L ha}^{-1}$. É importante considerar que esse efeito foi independente dos substratos e das alterações produzidas pela casca de café carbonizada, como aumento de pH e de CE o que, normalmente, diminui a solubilidade e disponibilidade de Fe. Portanto, esse aumento na absorção e no teor de Fe nas folhas pode ser atribuído a um aumento da solubilidade do Fe por meio da formação de um complexo solúvel com as substâncias húmicas, ou

ainda, a redução do Fe^{3+} a Fe^{2+} pelos AH resultando em maior disponibilidade para as plantas (Adani et al. 1998).

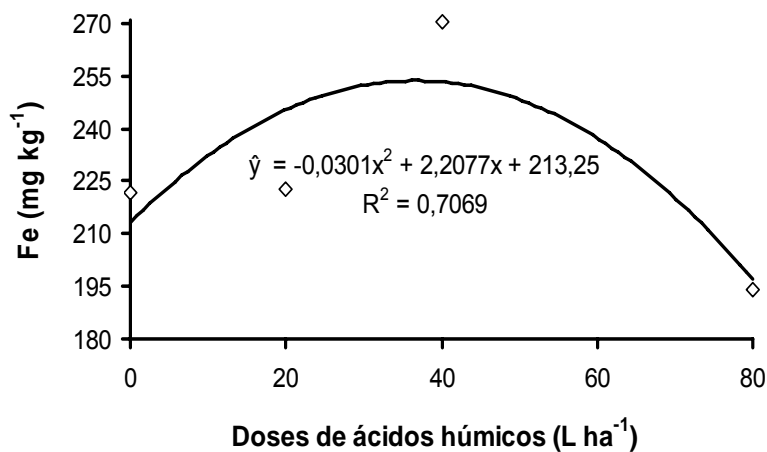


FIGURA 5. Teor médio de Fe em folhas de tomateiro, híbrido Vênus, em função das doses de ácidos húmicos aplicados em diferentes substratos orgânicos. Lavras, MG, UFLA, 2008

Em doses acima de $36,67 \text{ L ha}^{-1}$, houve redução na disponibilização de Fe para a forma reduzida $\text{Fe}(\text{OH})_3$, produzida, provavelmente, pela liberação de hidroxilas de grupos fenólicos, tanto de substâncias húmicas como da casa de café carbonizada.

Os teores de Fe nas folhas do tomateiro, de $197,23$ a $253,73 \text{ mg kg}^{-1}$, estão dentro do padrão considerado adequado para o tomateiro, de 100 a 300 mg kg^{-1} (Malavolta et al., 1997). Respostas similares às obtidas nesse trabalho com relação à concentração de Fe, foram observadas por Fernandes et al. (2002) em cultivo hidropônico com o híbrido Carmen, com médias de 198 a 220 mg kg^{-1} . Em cultivo em ambiente protegido e em campo, o teor foliar variou de 134 a 209

mg kg⁻¹, sendo observados maiores teores de Fe em substratos (Fontes et al. 2004).

Houve efeito significativo dos ácidos húmicos nas relações Fe/Zn e Fe/Mn (Figura 6). As relações entre nutrientes foram representadas por curvas de regressão quadráticas, indicando, no caso de Fe/Zn um acréscimo de 15,17% de Fe em relação ao teor de Zn, entre a menor dose e a máxima, de 31,71 L ha⁻¹ de AH. Da mesma maneira, a relação Fe/Mn, representada através de curva de regressão quadrática, indicou um acréscimo de 23,94% de Fe em relação ao teor de Mn, entre a dose mínima e a máxima, de 38,83 L ha⁻¹ de AH.

Os dados indicam que houve, provavelmente, uma inibição competitiva do Fe com relação ao Mn e Zn, pelo sítio ativo do carregador (competição pelo carregador-transportador) ao nível de membrana plasmática, diminuindo a absorção dos referidos nutrientes (Faquin 2005).

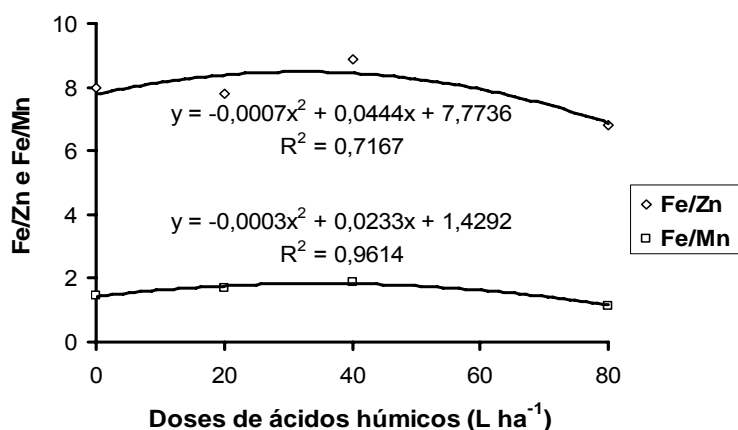


FIGURA 6. Teor médio de Fe e das relações entre Fe/Zn e Fe/Mn em folhas de tomateiro, híbrido Vênus, em função das doses de ácidos húmicos aplicados em diferentes substratos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

Também, foram observadas, nos substratos, altas concentrações de Fe, favorecendo preferencialmente a sua absorção (Tabela 1). No entanto, doses acima de 31,71 L ha⁻¹ de AH reverteram esse processo, aumentando a absorção de Mn e Zn. Esse efeito pode ser explicado, provavelmente, devido à maior solubilização do Mn e do Zn pelos AH e maior complexação do Fe.

Não houve efeito significativo dos ácidos húmicos aplicados aos substratos, com relação à produção de frutos total e comercial (Tabela 2). Isso pode ser atribuído, provavelmente, a lixiviação dos ácidos húmicos, produzida pela alta frequência de regas (10 a 14 vezes por dia); à utilização de solução nutritiva equilibrada, atendendo as exigências nutricionais da cultura; ou, ainda, devido à capacidade de disponibilização gradual, de ácidos húmicos e fúlvicos pelos substratos, com médias de 21,0 a 43,4 g por 7,0 dm³ de recipiente (Tabela 1).

A produção total de frutos de tomateiro em S1 foi significativamente superior aos demais substratos, com média de 166,83 t ha⁻¹ (Tabela 2). No entanto, houve redução da produção total com adição de casca de café carbonizada a fibra de coco, de 39,74 t ha⁻¹ em S2, 46,71 t ha⁻¹ em S3 e 58,69 t ha⁻¹ em S3, quando comparado com S1.

TABELA 2. Produção média de frutos de tomateiro, híbrido Vênus, total (PT), comercial (PC) e não-comercial (PNC), cultivado em substratos orgânicos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

Produção	Tratamentos				Média	CV %
	S1	S2	S3	S4		
			t ha ⁻¹			
PT	166,83 a	127,09 b	120,12 b	108,14 c	130,55	9,37
PC	162,08 a	122,20 ab	115,54 b	102,74 c	125,64	9,91
PNC	4,75 a	4,89 a	4,58 a	5,40 a	4,91	35,20

Na linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A fibra de coco (S1) apresentou um incremento médio de produção de frutos comerciais de 24,41%, 29,33%, e 36,04%, em relação aos substratos S2, S3 e S4 (Tabela 2). Cabe ressaltar que a produção de frutos comerciais nos diferentes substratos, foi superior às obtidas em ambiente protegido com o híbrido Carmen, média de 77 t ha⁻¹ (Marques et al., 2000); em cultivo hidropônico NFT, com as cultivares de crescimento determinado, UC-82 e Saladinha, com médias de 85,5 a 101,3 t ha⁻¹ (Genúncio et al., 2006) e, como a utilização de fibra de coco e fertirrigação, na condução das cultivares TX e Larissa, com médias de 104 t ha⁻¹ (Carrijo et al., 2004).

A produção média de frutos comerciais foi influenciada pelo tipo de substrato (granulometria das partículas, capacidade de retenção de água, drenagem, pH e condutividade elétrica) e manejo da irrigação (Tabela 1).

A casca de café carbonizada apresentou alta capacidade de disponibilização de potássio, 3,7 vezes mais que a fibra de coco, alterando a CE e o pH da solução de cultivo e influenciando significativamente na produtividade do tomateiro (Tabela 1). De acordo com Alvarenga et al. (2004), o limite máximo de salinidade expressa pela condutividade elétrica do solo para o tomateiro é de 2,5 mS cm⁻¹, ocorrendo diminuição de rendimento de 10% para cada acréscimo de 1,0 mS cm⁻¹, acima do limite de tolerância. Por outro lado, Carrijo et al. (2004) observaram maior massa média de frutos nos cultivos com fibra de coco verde e casca de arroz carbonizada, podendo estar relacionado à capacidade de disponibilização de água e nutrientes.

A produção média de frutos não-comerciais, não foi afetada significativa pelos diferentes substratos (Tabela 2). No entanto, é importante salientar que, apesar disso as perdas por deficiência de Ca foram 12% maiores em S4, do que em S1. A produção média de frutos não-comerciais, de 4,91 t ha⁻¹, constituída principalmente por deficiência de cálcio, encontra-se dentro dos valores médios,

de 3,77 a 5,76 t ha⁻¹, observados por Sampaio et al. (1999) para a cv. Santa Clara.

Os fatores mais prováveis para ocorrência de podridão apical podem estar relacionados ao manejo da irrigação, á alta umidade relativa do ar no período de colheita e a diminuição de fluxo transpiratório de água e nutrientes, para parte aérea, afetando redistribuição de Ca⁺² para frutos. Portanto, em solução nutritiva, Paiva et al. (1998) verificaram maior acúmulo de cálcio nos frutos, em condições de baixa umidade relativa (40%), por aumentar fluxo transpiratório de água e nutrientes para a parte aérea e, conseqüentemente, para o os frutos.

4 CONCLUSÕES

1. Os teores máximos nas folhas de Cu, Fe e Mn ocorreram com a aplicação de doses médias de AH, de 36 a 49 L ha⁻¹, da mesma forma as máximas relações entre Fe/Zn e Fe/Mn com doses de 31 a 38 L ha⁻¹.

2. Os teores de B e de Cu (em S1), diminuíram de forma linear com as doses crescentes de AH, no entanto, o efeito na concentração de Zn apresentou uma resposta linear crescente.

3. A fibra de coco apresentou resultado significativamente superior aos demais substratos, com relação à produção de frutos total e comercial.

4. A casca de café carbonizada aumentou drenagem de água e nutrientes, alterou a condutividade elétrica e o pH da solução nos substratos, diminuindo significativamente a produção de frutos total e comercial.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-MAWGOUD, A.M.R.; EL-GREADLY, N.H.M.; HELMY, Y.I.; SINGER, S.M. Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. **Journal of Applied Sciences Research**, Cairo, v.3, n.2, p.169-174, 2007.

ADANI, F.; GENEVINI, P.; ZACCHEO, P.; ZOCCHI, G. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. **Journal Plant Nutrition**, New York, v.21, n.3, p.561-575, 1998.

ALVARENGA, M.A.R.; LIMA, L.A.; FAQUIN, V. Fertirrigação. In: ALVARENGA, M.A.R (Ed). **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras, MG: UFLA, 2004. cap.6, p.123-158.

BLANCHARD, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Proceedings-Soil Science Society of America**, Madison, v.29, n.1, p.71-72, 1965.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; FAÇANHA, A.L.O.; FAÇANHA, A.R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.130, p.1951-1957, 2002.

CARRIJO, O.A.; VIDAL, M.C.; REIS, N.V.B.; SOUZA, R.B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.5-9, 2004.

CARVALHO, J.G de; 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, MG: UFLA. 2004. cap.5, p.63-120.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP. 1995. 43p.

CORREIA, D.; ROSA, M.F.; NOROES, E.R.V. Uso do pó da casca de coco na formulação de substratos para formação de mudas enxertadas de cajueiro anão precoce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.557-558, 2003.

COSTA, P.C. **Relações N:K:Ca na qualidade de frutos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) Híbrido Momotaro, em cultivo**

hidropônico. Botucatu, 1999. 73p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrônômicas, São Paulo.

FAÇANHA, A.R.; FAÇANHA, A.R.; OLIVARES, F.L.; VELLOSO, A.C.X.; BRAZ-FILHO, R.; SANTOS, G.A.; CANELLAS, L.P. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento de prótons. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, p.1301-1310, 2002.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** Lavras, MG: UFLA / FAEPE. 2005. 183p.

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**, Brasília, v.20, n.4, p.564-570, 2002.

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**, Brasília, v.22, n.3, p.614-619, 2004.

FONTES, P.C.R.; SILVA, D.J.H. de. **Produção de tomate de mesa.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 196p.

GENÚNCIO, 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**, Brasília, v.24, n. 1, p.175-179, 2006.

GIORDANO, L.B.; SILVA, J.B.C; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: SILVA, J.B.C., GIORDANO, L.B. (Org.). **Tomate para processamento industrial.** Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia/EMBRAPA Hortaliças, 2000. 168p.

HAYES, M.H.B.; MACCARTHY, P.; MALCOLM, R.L; Swift, R. S. **Humic substances II:** in search of structure. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 1989. 764p.

MAKISHIMA, N.; CARRIJO, O.A. **Cultivo protegido do tomateiro.** Brasília: CPNH, 1998. (Circular Técnica da Embrapa Hortaliças, 13)

MALAVOLTA, E.; VITTI, C.G.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fósforo, 1997. 319p.

MARQUES, F.C.; TIBOLA, A.J.; PRIEBE, A.J. Cultivo protegido de cultivares de tomateiros submetidos ou não à desbrota. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 190-191, 2000.

MARTINEZ, P.F. Manejo de substratos para horticultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3, 2002, Campinas: **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. p. 53-76.

NANNIPIERI, P.; GREGO, S.; DELL'AGNOLA, G.; NARDI, S. Proprietà biochimiche e fisiologiche della sostanza organica. In: NANNIPIERI, P. (Ed.). **Ciclo della sostanza organica nel suolo: aspetti agronomici, chimici, ecologici, ecologici & selvicolturali**. Bologna: Patron, 1993. p. 67-78.

NARDI, S.; CONCHERI, G.; DELL'AGNOLA, G.; SCRIMIN, P. Nitrate uptake and ATPase activity in oat seedlings in the presence of two humic fractions. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 23, p. 833-836, 1991.

PAIVA, E.A.S.; MARTINEZ, H.E.P.; CASALI, V.W.D.; PADILHA, L. Occurrence of blossom end rot in tomato as a function of calcium dose in the nutrient solution and air relative humidity. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, n.12, p.2663-2670, 1998.

RODRIGUES, D.S.; PONTES, A.L.; MINAMI, K.; DIAS, C.T. dos S. Quantidade absorvida e concentrações de micronutrientes em tomateiro sob cultivo protegido. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, 2002.

SAMPAIO, R.A. **Produção, qualidade dos frutos e teores de nutrientes no solo e no pecíolo do tomateiro, em função da fertirrigação potássica e da cobertura plástica**. 1996. 117p. Tese (Doutorado). – Universidade Federal de Viçosa, Curso de Fitotecnia, Viçosa, MG.

SAMPAIO, R.A.; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, C.S. Resposta do tomateiro à fertirrigação potássica e cobertura plástica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.21-30, 1999.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.

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**, Brasília, v.19, n.1, p. 64-69, 2001.

YILDIRIM, E. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science**, Copenhagen , v.57, n.2, p.182-186, 2007.

WOLF, B. Improvements in azomethine-H method for determination of boron. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.5, n.1, p.39-44, 1974.

CAPÍTULO 3

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE TOMATEIRO CULTIVADO EM SUBSTRATOS E COM APLICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS

CAPÍTULO 3

RESUMO

LIMA, Antonio Anicete de. Produtividade e qualidade de frutos de tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos. In: _____. **Concentração de nutrientes, produtividade e qualidade de frutos em tomateiro cultivado em substratos e com aplicação de ácidos húmicos.** 2008. Cap.3, p.51-71. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG⁵.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produtividade e qualidade de frutos de tomateiro, cultivado em substratos, com aplicação de ácidos húmicos (AH) e fertirrigação. Foram avaliadas 4 doses de AH (0, 20, 40 e 80 L ha⁻¹) e 4 substratos: **S1** - fibra de coco (FC), **S2** - FC + casca de café carbonizada (CC) – 1/3, **S3** - FC + CC – 2/3 e **S4** – CC. As mudas foram transplantadas com 35 dias para sacolas plásticas com capacidade de 7,0 L. Os AH foram aplicados 4 vezes em um intervalo de 8 dias, sendo a primeira aplicação oito dias após o transplantio. Não houve efeito significativo dos AH sobre a produtividade e qualidade de frutos, exceto na relação SS/AT. Doses de até 36 L ha⁻¹ aumentaram acidez titulável (AT), porém, acima desse valor, favoreceram o incremento de sólidos solúveis (SS). A casca de café carbonizada nos tratamentos S2, S3 e S4, não alterou a produção de frutos pequenos, médios, não-comerciais, umidade, pH, SS, AT e SS/AT, porém, diminuiu significativamente a produção total, comercial e índice de precocidade comercial. A produção de frutos comerciais em S1 foi significativamente superior aos demais tratamentos, com média de 162,08 t ha⁻¹, apresentando aumento médio de produtividade de 24,41%, 29,33% e 36,04% em relação a S2, S3 e S4, respectivamente.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, produção, sólidos solúveis, acidez titulável.

⁵ Comitê orientador: Marco Antonio Rezende Alvarenga – UFLA (Orientador); Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Co-Orientador).

ABSTRACT

LIMA, Antonio Anicete de. Yield and quality of tomato grown on substrates and with application of humic acids. In: _____. **Content of nutrients, yield and fruit quality of tomato grown on substrates and with application of humic acids**. 2008. Cap.3, p. 51-71. Thesis (Doctor in Crop Science/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG⁶.

The aim of this work was to evaluate the yield and quality of tomato fruits, grown on substrates, with application humic acids (AH) and fertigation. Four doses of humic acids were evaluated (0, 20, 40 and 80 L ha⁻¹) and 4 substrates: **S1** - coconut fiber (CF), **S2** - CF + carbonized bark of coffee (CC) – 1/3, **S3** - CF + CC – 2/3 and **S4** - CC. The 35-day old seedlings of hybrid Venus tomato were placed into 7.0 L bags. The humic acids applications were made 4 times in a 8 day interim, the first application eight days after the transplanted. There was no significant effect of AH on the yield and quality of fruit, except in SS/AT relation. Doses of up to 36 L⁻¹ has increased tritable acidity (AT), while value above that favored the development of soluble solids (SS). The bark of coffee treatment S2, S3 and S4, did not alter the production of small, medium, non-commercial fruits, moisture, pH, SS, AT and SS/AT, however, it significantly reduced the total and commercial production and the index of commercial precocity. The production of fruits in S1 was significantly higher than under the other treatments, with an average of 162.08 t ha⁻¹, showing average increase in yield of 24.41%, 29.33% and 36.04% as compared to S2, S3 and S4, respectively.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*, yield, soluble solids, tritable acidity.

⁶ Comitê orientador: Marco Antonio Rezende Alvarenga – UFLA (Orientador); Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Co-Orientador).

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 70, a plasticultura vem sendo utilizada na olericultura. Portanto, o cultivo protegido trouxe a possibilidade de ajustar o ambiente às plantas e, conseqüentemente, estender o período de produção para épocas do ano, mesmo em regiões antes inaptas à agricultura (Andriolo, 1999). Entretanto, quando o cultivo é feito em ambiente protegido, diretamente no solo e sem utilização de substratos, ocorrem vários problemas fitossanitários e salinização do meio radicular, reduzindo a produção.

A escolha de substratos é importante por possibilitar aumento do crescimento e da produtividade do tomateiro. Portanto, devem ser consideradas as suas propriedades físicas e químicas, como distribuição de partículas, densidade, boa retenção de água e nutrientes, disponibilização de oxigênio, alta capacidade de troca de cátions, baixa relação C/N, entre outras (Martinez, 2002).

No cultivo sem solo são utilizados vários tipos de substratos orgânicos, como fibra de coco, turfas, resíduos de madeira, casca de *pinus* e de arroz parcialmente carbonizada ou não, ou materiais inorgânicos como areia, rochas vulcânicas, perlita, lã de vidro e a espuma fenólica, usados de forma isolada ou em composição (Carrijo et al., 2004; Fontes et al., 2004).

É importante desenvolver substratos de materiais inertes, de longa durabilidade, de baixo custo, de fácil utilização, de baixa condutividade elétrica, e com a possibilidade de reaproveitamento na melhoria das condições químicas e físicas do solo. Nesse sentido, tem sido utilizada a fibra de coco com excelentes resultados na produção de tomate, embora, não sendo verificada diferença estatística com relação à serragem, à casca de arroz carbonizada e à maravalha (Carrijo et al., 2004). Porém, o transporte da fibra de coco, implica

em custos adicionais à produção, portanto seria importante desenvolver substratos com materiais de baixo custo, e disponíveis em cada região do país.

O efeito dos ácidos húmicos (AH) sobre as plantas depende do material de origem, da concentração de substâncias bioativas, da dose utilizada, da espécie vegetal e da cultivar. Os AH são ácidos orgânicos solúveis em água, presente na matéria orgânica do solo, porém, sendo encontrados em maior concentração em minérios de lignitos, Leonardita, turfa, carvão mineral, etc. Apresentam vários grupos funcionais capazes de complexação com íons catiônicos, resultando em maior disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Os principais efeitos dos AH no metabolismo das plantas são: induzem a atividade de H⁺-ATPases de membranas plasmáticas aumentando, a absorção e o transporte de íons (Façanha et al., 2002); estimulam o crescimento de plantas pela liberação de moléculas bioativas com ação semelhante à da auxina (Canellas et al., 2004); aumentam a respiração e a velocidade das reações de muitas enzimas (fosforilase, fosfatase, citocromo oxidase), à inibição de outras (IAA oxidase, fitase e peroxidase) e à síntese de enzimas (invertase) (Pospisil & Hrubcova, 1974; Vaughan & Ord, 1980). Os AH aumentam o crescimento vegetativo do tomateiro; o peso, o diâmetro médio de frutos e a produtividade comercial; o teor de sólidos solúveis e de ácido ascórbico (Abdel-Mawgoud, 2007; Padem & Ocal, 1999).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produção e a qualidade de frutos de tomate, tipo italiano, cultivado em ambiente protegido em diferentes tipos de substratos orgânicos, com aplicação de ácidos húmicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da UFLA, Lavras – MG, no período de agosto de 2007 a janeiro de 2008. As sementes do híbrido Vênus, do grupo italiano, hábito de crescimento determinado, frutos oblongos, foram semeadas em bandejas de poliestireno com 128 células, e irrigadas diariamente por meio de microaspersão.

As mudas foram transplantadas 35 dias após a semeadura para sacolas plásticas com capacidade de 7,0 litros, sendo distribuídas no espaçamento de 1,0 m x 0,80 m x 0,40 m, com densidade populacional de 2,78 plantas m⁻². A condução do experimento foi em ambiente protegido, modelo capela, com 30 m de comprimento, 10 m de largura e 1,80 m de pé direito, coberto com polietileno de baixa densidade de 150 micras.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x4, em 4 repetições. O primeiro fator refere-se às doses de ácidos húmicos e o segundo, aos diferentes substratos: S₁ = fibra de coco (FC); S₂ = FC + casca de café carbonizada (CC) - 1/3 (v/v); S₃ = FC + CC - 2/3 (v/v) e S₄ = CC (Tabela 1). As parcelas foram constituídas por nove plantas, sendo as amostras retiradas de cinco plantas centrais em cada parcela. Como fonte de ácidos húmicos foi utilizado o produto comercial Codahumus 20 (ácido fúlvico 10,2% p/p e ácido húmico 10,0% p/p e 0,65 de N p/p) aplicados a cada oito dias, em quatro parcelamentos, a partir do oitavo dia após o transplântio, nas dosagens de 0, 20, 40 e 80 L ha⁻¹, diretamente nos substratos.

Os nutrientes foram fornecidos por meio de fertirrigação diária, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, sendo as doses baseadas em recomendação de Castellane & Araújo (1995). Na fase inicial de crescimento: 12,5 de N; 1,5 de P; 7,0 de K; 4,0 de Ca; 2,0 de Mg; 2,0 de S

(mmol L⁻¹); e, ainda 20 de Fe; 15 de Mn; 5 de Zn; 30 de B; 0,8 de Cu; 0,5 de Mo (μmol L⁻¹). Na fase de crescimento e frutificação: 14,0 de N; 2,0 de P; 11,2 de K; 5,2 de Ca; 1,6 de Mg; 5,7 de S (mmol L⁻¹); e 25 de Fe; 15 de Mn; 5 de Zn; 30 de B; 0,8 de Cu; 0,5 de Mo (μmol L⁻¹).

TABELA 1. Características dos substratos orgânicos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

Características	S1	S2	S3	S4
pH em H ₂ O	5,8	7,2	7,3	7,8
N-Total (g kg ⁻¹)	9,2	8,7	9,7	8,2
P (g kg ⁻¹)	2,0	2,4	2,5	2,5
K (g kg ⁻¹)	8,2	17,7	22,0	30,5
Ca (g kg ⁻¹)	4,2	10,2	8,2	9,1
Mg (g kg ⁻¹)	1,5	2,8	2,5	2,3
S (g kg ⁻¹)	2,3	2,5	2,7	2,4
B (mg kg ⁻¹)	29,5	19,6	21,4	21,2
Cu (mg kg ⁻¹)	85,2	57,7	61,8	45,0
Mn (mg kg ⁻¹)	77,8	182,0	157,1	164,2
Zn (mg kg ⁻¹)	84,2	52,9	55,0	29,7
Fe (mg kg ⁻¹)	716,3	1256,1	1265,1	1188,9
C.E. (mS cm ⁻¹)	3,8	3,9	4,9	5,6
C total (dag kg ⁻¹)	40,6	40,6	36,9	41,0
C/N	44,1	46,7	38,0	50,0
Ácido Húmico (g kg ⁻¹)	2,0	2,5	1,4	2,5
Ácido Fúlvico (g kg ⁻¹)	3,2	2,4	1,6	3,7

C.E. – Condutividade elétrica. Nutrientes - determinados após mineralização pela digestão nitro-perclórica.

Na condução do tomateiro foi selecionada uma haste secundária de ramo vigoroso, logo abaixo do primeiro cacho floral, sendo as demais eliminadas. A partir daí, não foram mais realizadas desbrotas, de tal maneira que as plantas se desenvolveram com uma média de 4 a 6 hastes. As plantas foram mantidas

verticalmente por fitilhos dispostos de forma horizontal, fixados a mourões de madeira (2,50 m), distanciados de 3,60 m.

A irrigação foi realizada por meio de gotejamento, com gotejadores de múltiplas saídas (um por planta), vazão média de 1,0 L h⁻¹. O tempo de irrigação foi determinado após drenagem de 30% do volume total de água aplicada as sacolas plásticas, e a frequência ajustada diariamente, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura e as condições climáticas.

Foram realizadas 11 colheitas a cada 5 dias, de frutos maduros ou em estágio máximo de desenvolvimento fisiológico. Os frutos foram pesados e classificados de acordo como o diâmetro equatorial (calibre) em pequenos (40 < 50 mm), médios (50 < 60 mm), grandes (> 60 mm). Também foram separados os que apresentaram podridão apical. Com os resultados obtidos, determinou-se a produção de frutos total, comercial, pequenos, médios, grandes, não-comerciais. A produção comercial de frutos foi obtida pelo somatório das classes (calibres) grande, médio e pequeno ($t \text{ ha}^{-1} = g \text{ planta}^{-1} \text{ de cada classe} \times 2,78 \text{ plantas m}^{-2} \times 10^{-2}$). A produção não-comercial foi constituída principalmente por frutos que apresentaram podridão apical. O índice de precocidade foi calculado pela equação IP, em que n = número de colheitas; i = 1, 2, ..., n; Yi = (produção na colheita i; e Di = número de dias do início ao final de cada colheita i

$$IP = \sum_{i=1}^n (y_i/D_i)/n$$

(Khanizadeh & Fanous, 1992).

Por ocasião da segunda colheita, foram selecionados cinco frutos por parcela, de coloração vermelho-alaranjada, para a determinação de massa de frutos frescos (MFF), massa seca de frutos (MSF), umidade, pH, sólidos solúveis e acidez titulável. A MFF foi determinada em frutos com calibre ≥ 50 mm. Os frutos frescos foram pesados, cortados e secos em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C, por 72 horas. Em seguida, foram pesados para determinar a MSF. Os teores de SS, pH e AT foram determinados de acordo com as normas

analíticas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). Também foi determinada a relação SS/AT, que expressa o sabor do fruto.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, utilizando-se o programa computacional Statistical Analysis System (SAS) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ácidos húmicos não apresentaram efeito estatisticamente significativo com relação à produtividade e a qualidade de frutos de tomateiro, exceto na relação SS/AT. Isso, provavelmente, ocorreu devido: à lixiviação dos ácidos húmicos (AH) produzidos pela alta frequência de regas (10 a 14 vezes por dia); à utilização de solução nutritiva equilibrada, atendendo às exigências nutricionais da cultura ou à capacidade de disponibilização de AH pelos substratos (Tabela 1).

Os substratos apresentaram efeito significativo na produção total, comercial, frutos grandes e índice de precocidade comercial, exceto em relação ao tamanho de frutos pequenos, médios e não-comerciais (Tabela 2). O substrato S1 apresentou diferença significativa em relação aos demais tratamentos na produção total de frutos, 166,83 t ha⁻¹ (Tabela 2). Houve redução da produção total com adição de casca de café carbonizada a fibra de coco, de 39,74 t ha⁻¹ em S2, 46,71 t ha⁻¹ em S3 e 58,69 t ha⁻¹ em S4, quando comparado com S1.

A produção média de frutos comerciais de S1 (162,08 t ha⁻¹) foi superior aos demais tratamentos, porém, S2 superou significativamente, apenas o substrato S4 (Tabela 2). O tratamento S1 apresentou incremento de 24,41%, 29,33%, e 36,04% em relação a S2, S3 e S4, respectivamente.

TABELA 2. Produção média de frutos de tomate italiano, híbrido Vênus, cultivado em substratos orgânicos, pequenos (FP), médios (FM), grandes (FG), não-comerciais (PNC), total (PT), comercial (PC) e índice de precocidade comercial (IPC). Lavras, MG, UFLA, 2008.

Tratamentos	PT	PC	PNC	FP	FM	FG	IPC
	(t ha ⁻¹)						
S1	166,83 a	162,08 a	4,75 a	15,61 a	63,19 a	83,20 a	0,25 a
S2	127,09 b	122,20 b	4,89 a	17,10 a	58,36 a	47,00 b	0,19 b
S3	120,12 b	115,54 bc	4,58 a	18,15 a	59,43 a	36,91 b	0,17 bc
S4	108,14 c	102,74 c	5,40 a	19,60 a	61,21 a	22,80 c	0,16 c
Média	130,55	125,64	4,91	17,62	60,55	47,48	0,19
CV (%)	9,37	10,68	35,21	25,33	16,63	24,29	10,94

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Cabe ressaltar que a produção de frutos comerciais nos diferentes substratos, foi superior à obtida em ambiente protegido com o híbrido Carmen, média de 77 t ha⁻¹ (Marques et al., 2000); em cultivo hidropônico NFT, com as cultivares de crescimento determinado, UC-82 e Saladinha, com médias de 85,5 a 101,3 t ha⁻¹ (Genúncio et al., 2006); e, como a utilização de fibra de coco e fertirrigação, na condução das cultivares TX e Larissa, com médias de 104 t ha⁻¹ (Carrijo et al., 2004). Portanto, a produção média de frutos comerciais nos diferentes tratamentos, foi influenciada pelo tipo de substrato e manejo da irrigação.

A casca de café carbonizada apresentou alta capacidade de disponibilização de potássio, 3,7 vezes mais que a fibra de coco, alterando a condutividade elétrica (CE) e o pH da solução de cultivo e influenciando significativamente na produtividade do tomateiro (Tabela 1). Segundo Alvarenga et al. (2004), o limite máximo de salinidade expressa pela CE do solo para o tomateiro, é de 2,5 mS cm⁻¹, ocorrendo diminuição de rendimento de 10% para cada acréscimo de 1,0 mS cm⁻¹, acima do limite de tolerância. Por outro lado, Carrijo et al. (2004) observaram maior massa média de frutos nos cultivos

com fibra de coco verde e casca de arroz carbonizada, podendo estar relacionado à capacidade de disponibilização de água e nutrientes.

A produção média de frutos não-comerciais, não foi afetada significativa pelos diferentes substratos (Tabela 2). No entanto, é importante salientar que, apesar disso as perdas por deficiência de Ca foram 12% maiores em S4, do que em S1. A produção média de frutos não-comerciais, de 4,91 t ha⁻¹, constituída principalmente por deficiência de cálcio, encontra-se dentro dos valores médios, de 3,77 a 5,76 t ha⁻¹, observados por Sampaio et al. (1999) para a cv. Santa Clara.

Os fatores mais prováveis para ocorrência de podridão apical podem estar relacionados ao manejo da irrigação, condutividade elétrica nos substratos, alta umidade relativa do ar no período de colheita e diminuição de fluxo transpiratório de água e nutrientes, para parte aérea, afetando redistribuição de Ca⁺² para frutos. Portanto, em solução nutritiva, Paiva et al. (1998) verificaram maior acúmulo de cálcio nos frutos, em condições de baixa umidade relativa (40%), por aumentar fluxo transpiratório de água e nutrientes para a parte aérea, e conseqüentemente para o os frutos.

As plantas cultivadas em substrato contendo fibra de coco (S1) apresentaram a seguinte distribuição de frutos por classe entre pequenos, médios, grandes e não-comerciais: 9,36%, 37,90%, 49,90% e 2,85%, respectivamente. Por outro lado, o substrato com casca de café carbonizada (S4), apresentou um aumento de frutos pequenos para 18,12%, de médios para 56,60% e uma redução do tamanho de frutos grandes para 21,08%.

A produção média de frutos nos diferentes substratos, não apresentou diferença significativa para frutos pequenos (17,62 t ha⁻¹) e médios (60,55 t ha⁻¹) (Tabela 2). No entanto, a fibra de coco apresentou produção média de frutos grandes, superior aos demais substratos com incrementos de 43,51%, 55,64% e 72,60% em relação a S2, S3 e S4. Segundo Carrijo et al. (2004) a fibra de coco e

a casca de arroz carbonizada proporcionaram os maiores pesos médios de frutos 128,2 g e 123,3 g, respectivamente. Os menores pesos médios foram obtidos nos cultivos sob lã de rocha (107,4 g) e casca de arroz (110,7 g). Esses resultados podem estar relacionados à capacidade de disponibilização de nutrientes e água de cada substrato. Substratos com casca de café carbonizada apresentam maior diâmetro de partículas, drenam água com maior rapidez, exigindo regas muito mais frequentes do que a fibra de coco.

O índice de precocidade comercial relaciona a produção com o tempo e com o número de colheitas, indicando o efeito do tratamento no desenvolvimento da cultura e antecipação da colheita. O índice de precocidade foi maior em S1 do que nos demais tratamentos, e S2 superou de modo significativo, apenas o substrato S4, com médias de 0,25 a 0,16 (Tabela 2). Valores menores de índices de precocidade, e bastante diferenciados foram encontrados por Mattedi et al. (2006) em famílias de acessos BGH, indicando forte controle genético. Porém, nas cultivares comerciais, Fanny, Santa Clara e Débora Plus, os valores de índices de precocidade comercial variaram de 0,14 a 0,15.

A massa de frutos frescos (MFF) com diâmetro (≥ 50 mm) no substrato S1 foi significativamente superior apenas a S4, com médias respectivas de 169,86 e 159,18 g (Tabela 3). A fibra de coco aumentou a MFF, como foi observado por (Carrijo et al., 2004) nas cultivares TX e Larissa, com média de 128,2 g m⁻², superior aos substratos lã de rocha (107,4 g m⁻²) e casca de arroz (110,7 g m⁻²).

É importante ressaltar que, em cultivo hidropônico e com substrato, a cultivar Carmen, apresentou MFF, muito próximos aos referidos nesse experimento de 143,1 a 160,7 g (Fernandes et al., 2002). Cultivo em ambiente protegido reduz a radiação solar e a taxa assimilatória de carboidratos, quando

comparado ao cultivo em campo, diminuindo alocação de reservas para os frutos (Martins et al., 1994; Caliman et al., 2003), reduzindo o peso de frutos.

TABELA 3. Avaliação físico-química de frutos de tomate italiano, híbrido Vênus, cultivado em substratos orgânicos, massa média de frutos frescos (MFF), umidade, massa seca de frutos (MSF), pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT. Lavras, MG, UFLA, 2008.

Tratamentos	MFF (g)	Umidade	MSF	SS (%)	AT	pH	SS/AT
S1	169,86 a	94,37 a	5,68 b	4,27 a	0,53 a	4,27 a	8,04 a
S2	165,15 ab	94,12 a	5,96 ab	4,34 a	0,56 a	4,26 a	7,78 a
S3	164,80 ab	93,65 a	6,15 a	4,31 a	0,55 a	4,26 a	7,84 a
S4	159,18 b	93,98 a	6,02 ab	4,31 a	0,55 a	4,25 a	7,83 a
Média	164,75	94,03	5,95	4,31	0,55	4,26	7,87
CV (%)	5,35	0,79	6,08	5,50	5,26	0,75	6,92

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A umidade média de frutos ficou em torno de 94,03%, não sendo afetada pelos tratamentos (Tabela 3). Fernandes et al. (2002) encontraram valores similares para a cultivar Carmen, conduzida em sistema NFT, cerca de 94,3% de umidade. Ainda, segundo Davies & Hobson (1981) frutos de tomateiro possuem em sua composição 92,5 a 95,0% de água e 5,0 a 7,5% de massa seca. Os substratos utilizados apresentaram diferença estatisticamente significativa com relação à massa seca de frutos (MSF), com destaque para S3, cuja média foi de 6,15% (Tabela 3). Portanto, esse resultado está muito próximo dos teores de MSF encontrados por Fernandes et al. (2002) em frutos de tomateiro longa vida, com médias de 5,6 a 5,8%.

Nos sólidos solúveis (SS) estão os principais componentes que dão sabor ao fruto (açúcares e ácidos) e que influenciam na escolha do consumidor e no rendimento industrial (Giordano et al., 2000). Os principais açúcares são a

glicose e a frutose que representam aproximadamente 22% e 25%, respectivamente, da massa seca de frutos maduros de tomate. O teor de SS, não variou significativamente nos tratamentos apresentando valor médio de 4,31 (Tabela 3). São considerados normais em frutos de tomateiro valores de 4 a 6% para SS (George et al., 2004).

O ambiente exerce importante influência no teor de SS de frutos de tomateiro. Em pesquisa conduzida por Caliman et al. (2003) com três genótipos, BHG-320, Carmen e Santa Clara foram observados valores menores e significativos de SS em ambiente protegido do que em campo, 3,60 a 3,68 °Brix e 5,20 a 5,95 °Brix, respectivamente. Os valores maiores de °Brix, referente aos genótipos produzidos em campo, estão relacionados à síntese e acúmulo de açúcares no fruto, devido à maior luminosidade (aproximadamente 25% superior) em relação ao cultivo em ambiente protegido.

Foi observada, nas condições desse experimento, uma diminuição da intensidade luminosa, associada à nebulosidade e a precipitações, durante o período da colheita. Nesse caso, Cintra et al. (2000) encontraram valores médios SS inferiores a 4,0 °Brix, relacionados provavelmente ao período chuvoso. Ainda, segundo Davies & Hobson (1981), vários fatores afetam a produção de SS, a cultivar, o local, a época de colheita, o estresse hídrico antes da colheita, a idade da planta e as práticas culturais.

A acidez titulável (AT) influencia o sabor, pois mede a quantidade de ácidos húmicos e indica adstringência do fruto. Além disso, frutos apresentando valores de ácido cítrico abaixo de 350 mg/100g de massa fresca, requerem aumento no tempo e na temperatura de processamento, para evitar a proliferação de microorganismos nos produtos processados (Giordano et al., 2000). Os principais ácidos húmicos encontrados em frutos de tomateiro são o cítrico e o málico, representando 9% e 4% da matéria seca de frutos; entre estes o ácido

cítrico é o mais abundante, representando até 90% da acidez total em frutos maduros (Davies & Hobson, 1981).

A acidez titulável não foi influenciada pelo tipo de substrato, apresentando média de 0,55% (Tabela 3). Portanto, os valores médios de AT se situam um pouco acima da faixa considerada normal para frutos de tomateiro de 0,3 a 0,4% (George et al., 2004). Em cultivo hidropônico, Fernandes et al. (2002) relataram AT (de 0,5 a 0,6%) na polpa de frutos do híbrido Carmen. Porém, utilizando água na irrigação de alta salinidade (CE 9,5 dS m⁻¹) e com doses crescentes de N e K, os valores de AT (de 0,91 a 1,01%), foram acima dos níveis considerados normais em frutos de tomateiro (Blanco & Folegatti, 2008). De acordo com os dados obtidos, os fatores que contribuíram para aumento de acidez, provavelmente sejam relativos à concentração iônica da solução nutritiva e à diminuição da radiação solar, comum em ambiente protegido, afetando o metabolismo de fotoassimilados.

Os tratamentos não afetaram o pH dos frutos, cuja média foi de 4,26 (Tabela 3). Os valores encontrados estão abaixo do limite máximo estabelecido 4,5, sendo importante para impedir a proliferação de microorganismos na polpa. Segundo Sapers et al. (1978) pH entre 3,9 e 4,9, é encontrado em frutos de diferentes cultivares de tomateiro. Valores mais altos exigem maior período de esterilização e consumo de energia elétrica. O pH pode ser afetado pela fonte de suprimento de potássio. Segundo Feltrin et al. (2005), o K₂SO₄ aumentou os valores de pH em relação ao KCL, as médias encontradas variaram de 3,96 a 4,17 nas cultivares Sweet Million, Rocio e Densus. Em cultivo em substrato, Carvalho et al. (2005) não encontram variação significativa de pH entre as cultivares Andréa, Débora Max, Carmen e Diana, mantendo-se na faixa de 4,11 a 4,43.

Houve efeito significativo apenas entre os fatores ácidos húmicos e a variável SS/AT, ($p < 0,05$) (Figura 1). O resultado da regressão apresentou uma

resposta quadrática decrescente, até a dose de 36 L ha⁻¹ de ácidos húmicos (AH), correspondente ao ponto mínimo da relação SS/AT, 7,66. Porém, a partir desse valor ocorreu aumento na relação SS/AT, até atingir 8,08 na dose de 80 L ha⁻¹ de AH. Os dados indicam que até a dose de 36 L ha⁻¹ ocorreu um pequeno aumento da AT, no entanto, acima desse valor, houve uma reversão no processo ao nível metabólico, aumentando o teor de sólidos solúveis, com pequena redução de ácidos húmicos.

Em doses mais elevadas, os AH aumentaram a relação SS/AT, favorecendo provavelmente o processo de conversão de ácidos húmicos em açúcares. Por outro lado, Abdel-Mawgoud et al. (2007) encontraram teores mais elevados de SS em frutos de tomateiro, com a aplicação foliar de AH na dose de 75 g/100 L do produto comercial, indicando uma relação positiva com o teor de assimilados produzidos pela planta. Isso ocorre devido os AH estimularem a fotossíntese, ocorrendo maior taxa de assimilados nas folhas e exportação para os frutos, aumentando o teor de SS.

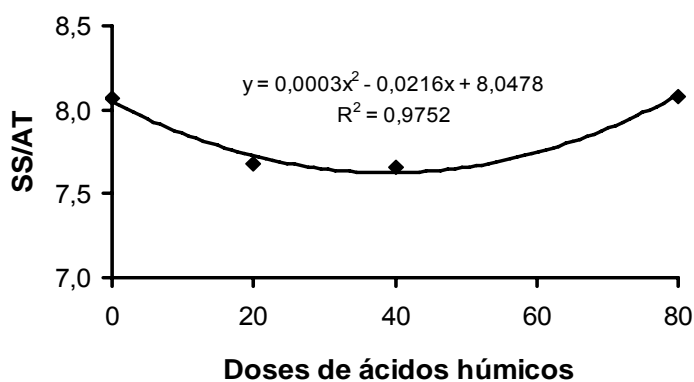


FIGURA 1. Relação SS/AT em frutos de tomateiro do grupo italiano, híbrido Vênus, em função de doses de ácidos húmicos, aplicados em substratos orgânicos. Lavras, MG, UFLA, 2008.

Frutos de alta qualidade são caracterizados por conter mais do que 0,32% de AT, 3% de SS e uma relação SS/AT maior do que 10 (Mencarelli & Saltveit Jr., 1988). Os teores de AT e SS encontrados nesse trabalho estão dentro dos limites estabelecidos pelos referidos autores, pois apresentaram valores médios de 0,55% e 4,31%, respectivamente. Porém, os valores máximos encontrados na relação SS/AT, estão abaixo de 10. No entanto, foi observado que em cultivo em campo, os frutos de tomateiro foram mais saborosos, com maior °Brix do que os frutos produzidos em ambiente protegido, com médias de 12,07 a 16,82 de SS/AT (Caliman et al., 2003). Isso ocorre devido à maior radiação solar em campo do que em ambiente protegido. Nesse experimento, o período de colheita coincidiu com a época de maior intensidade pluviométrica, baixa luminosidade e alta umidade relativa, o que explicaria a menor atividade fotossintética, e o fator diluição, ou seja, acúmulo de água no fruto.

4 CONCLUSÕES

1. A fibra de coco apresentou resultados significativamente superiores aos demais substratos, com relação à produção de frutos comercial, total, grandes e índice de precocidade comercial.

2. A casca de café carbonizada aumentou a drenagem de água e nutrientes, alterou a condutividade elétrica e o pH da solução nos substratos, diminuindo o tamanho de frutos total, comercial e grandes, embora não afete as características relativas à qualidade.

3. Os ácidos húmicos produziram pequeno efeito na qualidade de frutos, afetando apenas a relação SS/AT, isso pode ser atribuído à alta frequência de regas e lixiviação do produto aplicado aos substratos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-MAWGOUD, A.M.R.; EL-GREADLY, N.H.M.; HELMY, Y.I.; SINGER, S.M. Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. **Journal of Applied Sciences Research**, Cairo, v.3, n.2, p.169-174, 2007.

ALVARENGA, M.A.R.; LIMA, L.A.; FAQUIN, V. Fertirrigação. In: ALVARENGA, M.A.R (Ed). **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras, MG: UFLA, 2004. cap.6, p.123-158

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.

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**, Campina Grande, v.12, n.2, p.122–127, 2008.

CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; MARTINS, C.J.L.; MOREIRA, G.R.; STRINGHETA, P.C.; MARIN, B.G. Acidez, °brix e sabor de frutos de diferentes genótipos de tomateiro produzidos em ambiente protegido e no campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43, Recife. **Anais eletrônicos...** Brasília: ABH, 2003. Disponível em: <<http://200.210.234.180/HORTA/Download/Biblioteca/olfg4152c.pdf>>. Acesso em 18 de março de 2008.

CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R. Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p.233-240, 2004.

CARRIJO, O.A.; VIDAL, M.C.; REIS, N.V.B.; SOUZA, R.B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.5-9, 2004.

CARVALHO, L.A. de; NETO, J.T.; ARRUDA, M.C. de; JACOMINO, A. P.; MELO, P.C.T. de. Caracterização físico-química de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.3, p.295-298, 2005.

CASTELLANE, P.D; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo-hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP. 1995. 43p.

CINTRA, A.A.D.; GRILLI, G.V.G.; BRAZ, L.T.; SANTOS, G.M.; BRAZ, B.A. Caracterização de frutos de cultivares de tomateiro para processamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.723-725, 2000. Suplemento.

DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit – the influence of environment, nutrition and genotype. **Critical Review of Food Science Nutrition**, Boca Raton, US, n.15, p.205-280, 1981.

FAÇANHA, A.R.; FAÇANHA, A.; OLIVARES, F.L.; GURIDI, F. et al. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.1301-1310, 2002.

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**, Lages, 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**, Brasília, v.20, n.4, p.564-570, 2002.

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**, Brasília, v. 22, n.3, p.614-619, 2004.

GENÚNCIO, 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**, Brasília, v.24, p.175-179, 2006.

GEORGE, B.; KAUR, C.; KHURDIYA, D.S.; KAPOOR, H.C. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. **Food Chemistry**, London, v.84, n.1, p.45-51, 2004.

GIORDANO, L.B.; SILVA, J.B.C; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: SILVA, J.B.C., GIORDANO, L.B. (Org.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 168p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533p.

KHANIZADEH, S.; FANOUS, M.A. Mathematical indices for comparing small fruit crops for harvest time and trait similarity. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.3, p.346-348, 1992.

MARTINS, G.; CASTELLANE, P.D.; VOLPE, C.A. Influência da casa de vegetação nos aspectos climáticos e em época de verão chuvoso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.2, p.131-135, 1994.

MARQUES, F.C; TIBOLA, A.J; PRIEBE, A.J. Cultivo protegido de cultivares de tomateiro submetido ou não à desbrota. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.190-191, 2000.

MARTINEZ, P.F. Manejo de substratos para horticultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3, 2002, Campinas: **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. p.53-76.

MATTEDI, A.P; MARIM, B.G; GUIMARÃES, M. de A.; MAGALHÃES, R.M.C; ALMEIDA, V de S.; SILVA, D.J.H. Divergência genética entre acessos de tomateiro baseado em dados de produção e fatores de perda de frutos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46., 2006. Goiânia. **Anais eletrônicos...**Goiânia: ABH, 2006. Disponível em: <http://200.210.234.180/HORTA/Download/Biblioteca/46_0376.pdf>. Acesso em 20 de mar. de 2008.

MENCARELLI, F.; SALTVEIT, Jr. M.E. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.113, n.5, p.742-745, 1988.

PADEM, H.; OCAL, A. effects of humic acid applications on yield and some characteristics of processing tomato. **Acta Horticulturae**, The Hague, NL, v.487, p.159-164, 1999.

PAIVA, E.A.S.; MARTINEZ, H.E.P.; CASALI, V.W.D.; PADILHA, L. Occurrence of blossomend rot in tomato as a function of calcium dose in the nutrient solution and air relative humidity. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, n.12, p.2663-2670, 1998.

POSPÍSIL, F.; HRUBCOVA, M. The effect of humic acids and their fractions on the phytase activity. **Vedecke Prace Vyskumneho Ustavu Rastlinnej Vyroby**, Praze-Ruzini, v.18, p.47-54, 1974.

SAPERS, G.M.; PHILLIPS, J.G.; PANASIUK, O.; CARRÉ, J.; STONER, A.K.; BARKSDALE, T. Factors affecting the acidity of tomatoes. **HortScience**, Alexandria, v.13, n. 2, p.187-189, 1978.

SAMPAIO, R.A.; FONTES, P.C.R; SEDIYAMA, C.S. Resposta do tomateiro à fertirrigação potássica e cobertura plástica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.21-30, 1999.

VAUGHAN, D.; MALCOLM, R.E.; ORD, B.G. Influence of humic substances on biochemical processes in plants. In: VAUGHAN, D.; MALCOLM, R.E. (ed.). **Soil organic matter and biological activity**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1985. p.77-108.