



**LÂMINAS DE ÁGUA E FERTIRRIGAÇÃO  
POTÁSSICA SOBRE O CRESCIMENTO,  
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DO  
TOMATEIRO (*Lycopersicon esculentum* Mill.)  
EM AMBIENTE PROTEGIDO**

**LADILSON DE SOUZA MACÊDO**

**2002**



**LADILSON DE SOUZA MACÊDO**

**LÂMINAS DE ÁGUA E FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA SOBRE  
O CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS  
DO TOMATEIRO (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EM AMBIENTE  
PROTEGIDO**

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”.

Orientador

Prof. Dr. Marco Antônio Rezende Alvarenga

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL**

**2002**

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

Macêdo, Ladilson de Souza

Lâminas de água e doses de potássio sobre o crescimento, produção e  
qualidade de frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em  
ambiente protegido / Ladilson de Souza Macêdo. -- Lavras : UFLA, 2002.  
101 p. : il.

Orientador: Marco Antonio Rezende Alvarenga.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia:

1. Fertilização. 2. Potássio. 3. Tomate. 4. *Lycopersicon  
esculentum*. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.64283  
-635.642893

**LADILSON DE SOUZA MACÊDO**

**LÂMINAS DE ÁGUA E FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA SOBRE  
O CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS  
DO TOMATEIRO (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EM AMBIENTE  
PROTEGIDO**

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”.

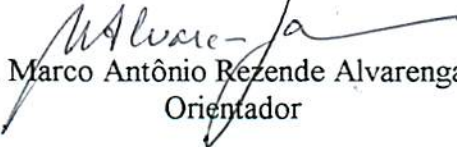
Aprovada em 25 de novembro de 2002

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Janice Guedes de Carvalho – UFLA

Prof. Dr. Ernani Clarete da Silva – UNIFENAS/ICA

Prof. Dr. Geraldo Magela Andrade – UFLA

Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes – UFLA

  
Prof. Dr. Marco Antônio Rezende Alvarenga – UFLA  
Orientador

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2002**

*A meus pais, Domingos (Sr. Tó, in memorian) e Maria José*

*Ofereço*

*A meus filhos, Thiago (25),  
Thales (23)  
e, em especial,  
à minha filha, Thaís (1)  
(fim de rama)*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde, sabedoria e força de vontade para atingir meus objetivos ao longo dos anos.

Aos meus pais, Sr. Tó e D. Maria, pelo estímulo à educação e formação profissional.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização do Doutorado.

À Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba, na pessoa dos diretores José de Oliveira Costa, Áureo Guedes Filho e Paulo Roberto de Miranda Leite, os quais me proporcionaram liberação das atividades de coordenação de pesquisa, para que pudesse realizar o Curso.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pelo endosso na liberação, posterior indicação e bolsa concedida em parte do curso, o que viabilizou sua realização.

Ao meu orientador, professor Marco Antônio Rezende Alvarenga, pelo constante apoio, esclarecimentos e confiança.

Do Departamento de Engenharia Agrícola da UFLA: professor Dr. Alberto Colombo, pela idealização do sistema auxiliar de injeção de solução fertilizante; Dr. Luiz Arthur, pelos esclarecimentos e ao funcionário Oswaldo Francisco de Carvalho, pelo auxílio na montagem e reparos no sistema de irrigação.

Do Departamento de Ciência do Solo: professora Dr<sup>a</sup> Janice Guedes de Carvalho, pelas preciosas sugestões.

Ao pesquisador da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba Elson Soares dos Santos, pelo apoio na análise estatística, sugestões afins e gráficos.

Aos membros da banca professores Dr<sup>a</sup> Janice Guedes de Carvalho, Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes e Dr. Geraldo Magela Andrade, pelas sugestões e correções da tese.

Aos estagiários voluntários, acadêmicos Patrick Wagner Freire e Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Cibelle Vilela Andrade Fiorini, que muito me ajudaram a irrigar, fertirrigar, colher, pesar e classificar.

**Ao Setor de Olericultura desta Universidade, especialmente os servidores Sr. Pedro, Josimar, Milton e Leandro, os quais me auxiliaram desde do preparo do solo até a colheita dos frutos.**



## BIOGRAFIA

Ladilson de Souza Macedo, filho de Domingos Ramos de Macêdo e Maria José de Macêdo, nasceu aos 12 de dezembro de 1949, na cidade de Recife, Pernambuco.

Graduou-se em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco em dezembro de 1972.

No período de janeiro de 1973 a junho de 1974, foi professor de curso pré-vestibular de colégios do 2º grau em Recife e Caruaru, Pernambuco.

No período de julho de 1974 a dezembro de 1975, trabalhou em Usina de Cana-de-Açúcar no Estado de Pernambuco.

Em março de 1976, ingressou na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, no quadro de pesquisadores, na função de difusor de tecnologia. Em fevereiro de 1976, foi selecionado pela Embrapa para iniciar, em março de 1977, curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de Concentração Irrigação e Drenagem, concluindo-o em maio de 1979, no Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Durante o período de maio a dezembro de 1978, foi pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Pernambuco (IPA), cedido pela Embrapa, e lotado na Estação Experimental de Serra Talhada, Pernambuco.

Em janeiro de 1980, transferiu-se para a Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA-PB), com endosso da Embrapa.

Em maio de 1999, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, na Universidade Federal de Lavras.

## SUMÁRIO

Resumo .....	i
Abstract .....	iii

### CAPÍTULO 1

1. Introdução Geral .....	01
2. Referencial Teórico .....	03
2.1 Fertirrigação na cultura do tomateiro .....	03
2.2 Absorção de nutrientes pelo tomateiro .....	07
2.3 Crescimento e desenvolvimento do tomateiro .....	15
2.4 Fertilizantes utilizados em fertirrigação .....	17
2.5 Aspectos qualitativos do tomate .....	21
3. Referências Bibliográficas .....	23

### CAPÍTULO 2

Lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento e produção do tomateiro híbrido Bônus F1 em ambiente protegido

1 Resumo .....	36
2 Abstract .....	38
3 Introdução .....	40
4 Material e Métodos .....	42

4.1	Localização .....	42
4.2	Clima e solo .....	42
4.3	Preparo do solo e adubação .....	44
4.4	Características da casa-de-vegetação (ambiente protegido) .....	44
4.5	Sistema de irrigação .....	45
4.6	Produção de mudas e transplântio .....	46
4.7	Delineamento experimental e tratamentos .....	49
4.8	Manejo da irrigação e da fertirrigação .....	50
4.9	Tratos culturais e colheita .....	54
4.10	Avaliações .....	55
4.10.1	Altura de plantas .....	55
4.10.2	Produção de frutos por classe e total .....	55
4.10.3	Número e peso de frutos sadios e com podridão apical .....	56
4.11	Análise estatística .....	56
5	Resultados e Discussão .....	56
5.1	Altura de plantas aos 30, 60 e 90 dias .....	56
5.2	Números de frutos doentes, sadios e total .....	60
5.3	Número de frutos comerciais .....	63
5.4	Número de frutos não-comerciais .....	68
5.5	Peso de frutos doentes, sadios e totais .....	69
5.6	Considerações gerais .....	73
6	Conclusões .....	74
7	Referências Bibliográficas .....	75

## CAPÍTULO 3

Lâminas de água e fertirrigação potássica sobre as características qualitativas dos frutos do tomateiro híbrido Bônus F<sub>1</sub> em ambiente protegido.

1	Resumo .....	79
2	Abstract .....	80
3	Introdução .....	82
4	Material e Métodos .....	83
4.1	Análises químicas .....	84
5	Resultados e Discussão .....	85
5.1	Sólidos solúveis (°Brix) .....	85
5.2	Acidez .....	88
5.3	pH .....	89
5.4	Pectina solúvel .....	89
5.5	Pectina total .....	90
5.6	Considerações gerais .....	91
6	Conclusão .....	95
7	Referências Bibliográficas .....	95

## LISTA DE FIGURAS

1 Equipamento de irrigação: controlador automático, sistema de injeção de fertilizante, motobomba, filtro e solenóides. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	47
2 Plantas de tomate híbrido Bônus F <sub>1</sub> recém-transplantadas e no início de floração. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	48
3 Esquema da área experimental: parcelas experimentais (canteiros) e repetições dispostas na casa-de-vegetação, e cabeçal de controle do sistema de irrigação. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	50
4 Relação linear da altura de plantas de tomateiro, aos 30 dias de idade, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	58
5 Relação linear da altura de plantas de tomateiro, aos 60 dias de idade, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	59
6 Relação linear da altura de plantas de tomateiro, aos 90 dias de idade, em função de lâminas de irrigação. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	60
7 Relação linear do número de frutos sadios de tomateiro em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	62
8 Relação linear do número de frutos total de tomateiro em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	63

9	Relação linear do número de frutos Extra AAA de tomateiro em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001 ....	66
10	Relação linear do número de frutos Extra AA de tomateiro em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001 ....	67
11	Relação linear do número de frutos Extra A de tomateiro em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	68
12	Relação linear do peso de frutos sadios de tomateiro em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	71
13	Relação linear do peso de frutos total de tomateiro em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	72
14	Variação das características químicas do fruto de tomate híbrido Bônus F1 em função das doses de $K_2O$ nas lâminas de água estudadas. UFLA, Lavras, MG, 2002 .....	92
15	Variação das características químicas do fruto de tomate híbrido Bônus F1 em função das lâminas de água nas doses de potássio estudados. UFLA, Lavras, MG, 2002 .....	93

## LISTA DE TABELAS

1	Relação de fertilizantes nitrogenados utilizados para fertirrigação .....	20
2	Relação de fertilizantes potássicos utilizados para fertirrigação .....	20
3	Análises química e física do solo da área experimental antes da implantação do ensaio. UFLA, Lavras, MG, abril de 2001 .....	43
4	Manejo de fertirrigação potássica utilizada durante as fases de desenvolvimento do tomateiro Híbrido Bônus F1. UFLA, Lavras, MG, abril de 2002 .....	53
5	Análises de variância (quadrados médios e significância) para altura de plantas de tomateiro ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) aos 30, 60 e 90 dias de idade, submetido a diferentes lâminas de irrigação e fertilização potássica em ambiente protegido. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	57
6	Análises de variância (quadrados médios e significância) para número de frutos doentes (NFD), número de frutos sadios (NFS) e número de frutos totais (NFT) de tomateiro ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) aos 30, 60 e 90 dias de idade, submetido a diferentes lâminas de água e fertilização potássica em ambiente protegido. UFLA, Lavras, MG, 2001 .....	61



- 7 Análises de variância (quadrados médios e significância) para número de frutos comerciais tipos Extra AAA (NFEAAA), Extra AA (NFEAA) e Extra A (NFEA) de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.), submetido a diferentes lâminas de irrigação e fertilização potássica em ambiente protegido. UFLA, Lavras, MG, 2001 ..... 64
- 8 Análises de variância (quadrados médios e significância) para número de frutos não-comerciais de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.), submetido a diferentes lâminas de irrigação e fertilização potássica em ambiente protegido. UFLA, Lavras, MG, 2001 ..... 69
- 9 Análises de variância (quadrados médios e significância) para peso de frutos doentes (PFD), sadios (PFS) e total (PFT) de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) submetido a diferentes lâminas de água e fertilização potássica em ambiente protegido. UFLA, Lavras, MG, 2001 ..... 70
- 10 Qualidade dos frutos de tomate em função dos tratamentos de lâminas de água (40, 60, 80 e 100% KcEv) e doses de potássio (300, 500, 700 e 900 Kg ha<sup>-1</sup>) UFLA, Lavras, MG, 2001 ..... 87
- 11 Equações de regressão polinomial e coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) para as análises químicas dos frutos do tomateiro híbrido Bônus F1. UFLA, Lavras, MG, 2002 ..... 94

## RESUMO

MACÊDO, LADILSON DE SOUZA. LÂMINAS DE ÁGUA E FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA SOBRE O CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO (*Lycopersicon esculentum* Mill) EM AMBIENTE PROTEGIDO. Lavras: UFLA, 2002, 101 p. (Tese de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia).\*

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de lâminas de água e doses de potássio, via fertirrigação, sobre as características quantitativas e qualitativas de frutos do tomateiro em ambiente protegido. O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho Distroférico, com o Híbrido Bônus F<sub>1</sub>. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento e a estrutura de proteção tipo capela. As lâminas de água avaliadas foram 40, 60, 80 e 100% Kc.Ev e as doses de potássio foram 300, 500, 700 e 900 Kg.ha<sup>-1</sup>, combinadas e dispostas em blocos casualizados, com arranjo em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Foram realizadas fertirrigações três vezes por semana, durante quatro meses e colheitas semanais, durante 42 dias. Através das equações de regressão, pode-se inferir: i) as características de número e peso de frutos sadios e totais, número de frutos comerciais e altura de plantas aumentaram linearmente com as lâminas de água aplicadas; ii) a aplicação da lâmina total de 419,2mm (100%Kc.Ev) proporcionou produtividade total e comercial de frutos, de 97.908 kg.ha<sup>-1</sup> e 73.329 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente; iii) a cada 20% adicionado a lâmina de água obteve-se incremento de 0,462; 0,681 e 1,038 frutos.planta<sup>-1</sup>, para as classes

---

\*Comitê de orientação: Marco Antônio Rezende Alvarenga – UFLA (Orientador)

Extra AAA, Extra AA e Extra A, respectivamente. Na avaliação das características qualitativas do fruto, foram amostrados quatro frutos por tratamento e analisado pH, sólidos solúveis, acidez e pectinas total e solúvel, submetidas à análise de regressão polinomial. Os sólidos solúveis e a pectina solúvel foram influenciados pelo aumento da lâmina de água, enquanto sólidos solúveis, acidez total e pH foram influenciados pela dose de potássio.

## ABSTRACT

Macêdo, Ladilson de Souza. **WATER LEVELS AND POTASSIUM FERTIRRIGATION ON THE GROWING, PRODUCTION AND TOMATO FRUITS QUALITY (*Lycopersicon esculentum* MILL) IN GREENHOUSE.** LAVRAS: UFLA, 2002, 101p (Thesis – Doctorate in Agronomy / Plant Science). Lavras, MG. 2002.

We aimed by this work to evaluate the water application effects and potassium dosages, by means of fertirrigation, on the quantitative and qualitative characteristics of tomato fruits in greenhouse. The experiment was done in Dystroferric Red Latosol with the *Híbrido Bônus Fl*. It was used the trickle-irrigation system and the protection structure chapel. The water levels evaluated were 40, 60, 80 and 100 Kc.Ev and the potassium dosages were 300, 500, 700 and 900 Kg ha<sup>-1</sup>, combined and exposed in randomized blocks, with subdivided parcels, in four replications. Fertirrigations were realized three times per week, during four months and weekly harvests, during 42 days. By the regression equations, we noted: i) the number and good fruits weight, the number and height of tradable fruits had increased linearly with the applied water levels; ii) the total water application of 419,2 mm (100% KcEv) has promoted productivity of 97.908 Kg ha<sup>-1</sup> and 73.329 Kg ha<sup>-1</sup> of good fruits weight; iii) at each 20% added, the water levels Obtained was 0,462; 0,681 and 1,038 fruits. Plants<sup>-1</sup> for the classes Extra AAA, Extra AA and Extra A, respectively. In the fruit qualitative

---

Guidance Committee: Marco Antônio Rezende Alvarenga – UFLA (Major Professor)

characteristics evaluation, four fruits were sampled in each combination L x K, and analyzed pH, soluble solids, acidity and total and soluble pectins, submitted to polynomial regression analysis. The soluble solids and the soluble pectin were influenced by the water level increasing while the soluble solids, total acidity and pH were influenced by the potassium dosage.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Entre as hortaliças produzidas no Brasil, o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) ocupa posição de destaque, com área plantada de aproximadamente 56,72 mil hectares e produtividade média de 54,08 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2002). Uma das características mais relevantes, quanto ao seu manejo sob irrigação, é a alta eficiência de uso de água, em média, 11 kg m<sup>-3</sup> (Doorembos e Kassan, 1994) e que lhe proporciona alta produtividade (até 10 kg planta<sup>-1</sup>) quando irrigado adequadamente. Entre as regiões produtoras de tomate irrigado no Brasil, despontam o Sudoeste, Triângulo Mineiro, Goiás e Submédio São Francisco no Nordeste, e o cultivo sob condições protegidas (estufa), em sua maioria, é realizado nos Estados de São Paulo e Minas Gerais (IBGE, 2002).

Em razão da dificuldade de produção do tomateiro em algumas épocas do ano, principalmente durante o verão chuvoso e no inverno das Regiões Sul e Sudeste, o seu cultivo em ambiente protegido vem crescendo rapidamente, tornando-se a principal hortaliça também nesse tipo de cultivo no Brasil (Martins et al, 1994).

Dentre os fatores de produção, a água e os insumos agrícolas (fertilizantes) são os que mais influenciam a quantidade e a qualidade dos frutos, motivo pelo qual o controle eficiente da umidade do solo e o manejo da nutrição mineral são essenciais a uma exploração comercial agrícola bem sucedida, de alta produtividade e ecologicamente sustentável, desde que seja criteriosamente bem-conduzida.

No mundo, a produção de hortaliças em ambiente protegido está se expandindo na ordem de 7% ao ano, em área superior a 100 mil hectares,

havendo consumo aproximado de 1.250.000 t ano<sup>-1</sup> de filme plástico destinado à agricultura. Desse total, cerca de 4.000 t ano<sup>-1</sup> são consumidos no Brasil (Takazaki e Della Vecchia, 1993). O Brasil segue essa tendência de sistema produtivo em estufas, principalmente nas regiões supracitadas.

Segundo Sganzerla (1995), o cultivo em ambiente protegido possibilita uma produção contínua e certa, a qual abastece o mercado o ano todo. Esse sistema tem proporcionado colheitas com alto rendimento e melhor qualidade dos produtos, em épocas do ano em que as condições ambientais são normalmente desfavoráveis no campo. Nesse ambiente, o comportamento da planta e sua necessidade nutricional é diferente. Apesar disso, na maioria das vezes, as mesmas doses de fertilizantes estão sendo utilizadas nos dois sistemas de cultivo, requerendo ações de pesquisa sobre o assunto.

Os problemas de fertilidade do solo no cultivo protegido poderão ser ainda maiores do que os do cultivo intensivo a céu aberto, pois, a proteção proporcionada contra as chuvas evita a lixiviação de nutrientes e aumenta a sua concentração na camada de solo explorada pelas raízes.

Atualmente uma tecnologia disponibilizada para os sistemas produtivos é a fertirrigação. O manejo eficaz dessa técnica é também importante para o aumento da produtividade e redução dos custos de produção do tomate. Além de aumentar a disponibilidade dos nutrientes para as plantas, ela reduz gastos com a mão-de-obra. Nessas condições, maiores produções podem ser obtidas com a aplicação de menor quantidade de fertilizantes e menor custo operacional (Frizzone et al, 1985). No entanto, há necessidade de pesquisas que gerem informações que permitam que os fertilizantes sejam utilizados de forma mais racional e econômica nos cultivos fertirrigados, evitando-se problemas de salinização no solo e de contaminação ambiental.

Apesar dos avanços tecnológicos disponibilizados na área de engenharia agrícola, a interação e complexidade das reações ocorridas no

sistema solo-água-plantas exigem a realização de estudos e pesquisas que esclareçam a cinética de absorção de nutrientes ao longo do ciclo das culturas.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de lâminas de água e doses de potássio na fertirrigação, em casa-de-vegetação, sobre a produção e qualidade do tomate e sua influência sobre as características físico-químicas do solo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Fertirrigação na cultura do tomateiro

O tomateiro pode ser irrigado pelos métodos de sulco, aspersão e gotejamento, desde que seja possível aplicar níveis adequados de água no solo. Entretanto, restrições têm sido feitas ao uso da aspersão, que lava os defensivos aplicados nas folhas, criando, assim, condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças (Alves et al., 1982).

Quando a água é fator limitante, a irrigação por sulcos, mais comumente utilizada no cultivo do tomateiro, não é recomendada devido à baixa eficiência de aplicação. Essa característica torna-se mais restritiva em regiões semi-áridas (altas temperaturas, baixa umidade relativa e vento) que favorecem o aumento de perdas de água por evaporação, comprometendo áreas agricultáveis pela salinização e/ou sodificação dos solos.

;) A fertirrigação é possível com todos os métodos de irrigação: superfície, aspersão e localizada (gotejamento e microaspersão). No entanto, a aplicação de nutrientes via água de irrigação pelos métodos localizados, principalmente o gotejamento, permite maior eficiência de absorção dos nutrientes pelas culturas em função da aplicação diária em tempo mínimo, que



reduz o problema da deriva, quando se usa aplicação simultânea com produtos agroquímicos.

O sistema de irrigação por gotejamento é relativamente antigo (1972) no Brasil, cujos emissores aplicam vazões de 2 a 10 L.h<sup>-1</sup>. Pelo fato de ter o maior custo entre os métodos e sistema de irrigação, seu uso é recomendado em culturas de alto retorno econômico, como é o caso do tomateiro, pois permite um controle rigoroso da quantidade de água a ser fornecida à planta. Entre outras vantagens desse sistema, destacam-se: baixo consumo de energia elétrica, manutenção da umidade do solo próxima à da capacidade de campo, menor desenvolvimento de plantas daninhas entre linhas de plantas, pouco uso de mão-de-obra, facilidade de automação, possibilidade de uso de águas salinas e elevada eficiência de aplicação de água (Bernardo, 1995).

⦿ Problemas de ordem nutricional nas plantas cultivadas são freqüentes, uma vez que os elementos minerais que não são absorvidos pelas raízes das plantas tendem a se acumular na camada superficial do solo, provocando a salinização e/ou o antagonismo entre os nutrientes, com reflexos negativos sobre o rendimento (Andriolo, 1996). Uma alternativa para superar os problemas de ordem nutricional e preservar a sanidade do sistema radicular é o cultivo em substratos com fertirrigação (Andriolo, 1997).

⦿ Cadahia Lopez (1995) ressalta que na Espanha a irrigação localizada é bastante utilizada (mais de 40 mil hectares), até mesmo em regiões onde a qualidade e quantidade da água de irrigação são problemas fundamentais, em razão da possibilidade de fazer fertirrigação em função da demanda hídrica da planta e também de controlar possíveis contaminações que possam surgir pelo excesso transitório de fertilizantes no solo.

Os entupimentos comuns aos gotejadores podem ser minimizados pela aplicação do ácido fosfórico em doses pequenas e freqüência de aplicação mínima, ou pela lavagem do sistema com água por, pelo menos, 30 minutos.

Frizzone e Botrel (1994) citaram que em alguns países (EUA, Israel e Itália) a fertirrigação tornou-se uma técnica de uso generalizado, principalmente com o desenvolvimento dos modernos sistemas de irrigação e da qualidade dos fertilizantes líquidos. No Brasil, entretanto, são ainda raras as áreas de culturas fertirrigadas. Porém, a difusão de novas tecnologias em irrigação, a introdução de fertilizantes líquidos pelos fornecedores de insumos no mercado, o custo crescente da mão-de-obra, a necessidade de maximizar a eficiência de utilização dos insumos e implementar a rentabilidade do sistema produtivo agrícola, especialmente em áreas do cerrado e do trópico semi-árido, fazem com que a projeção econômica dessa tecnologia assuma enorme dimensão, potencializando sua perspectiva de utilização.

Apesar da indisponibilidade de informações sobre dosagens, tipos de fertilizantes e época de aplicação, via água de irrigação, a fertirrigação começa a ser empregada em diferentes culturas e sistemas de irrigação. Entre as vantagens de aplicabilidade da fertirrigação, destacam-se: economia de mão-de-obra e maquinaria, aplicação na medida exata da necessidade da planta, possibilidade de aplicação simultânea de adubos e defensivos em qualquer fase do ciclo cultural, facilidade de parcelamento e controle, distribuição uniforme com a água de irrigação, maior flexibilidade das operações, maior eficiência na utilização dos nutrientes, maior facilidade de aplicação de nutrientes, menor erosão do solo e menos danos físicos à cultura (Costa et al., 1986).

A fertirrigação é efetuada pela adição de pequenas quantidades de fertilizantes durante todo o período de crescimento das plantas, sem causar-lhes problemas de deficiência ou toxidez de nutrientes. A aplicação em doses pequenas evita a lavagem dos fertilizantes, o que é comum na adubação convencional, mantém o nível ideal de nutrientes no solo e permite um melhor aproveitamento do adubo que, dissolvido na água, será facilmente absorvido pelas plantas (Pinto e Soares, 1990).

Kitamura e Nakane (1994), comparando a aplicação de fertilizante orgânico ao solo do método convencional e fertirrigação, em tomate sob estufa, observaram que o convencional reduziu o pH e aumentou a condutividade elétrica do solo e provocou um maior acúmulo de sais no solo. A fertirrigação reduziu a quantidade de nitrogênio aplicado em 33% e aumentou o tamanho dos frutos.

Locascio e Smajstrla (1992) testaram a aplicação de todos os nutrientes na adubação de plantio, sendo um tratamento com aplicação de 40% do N e K com todo o fósforo e micronutrientes, e outro tratamento com 60% do N e K aplicados semanalmente ou diariamente por fertirrigação. Nas condições do experimento, eles tiveram nesse último tratamento (fertirrigação) 30% a mais no número de frutos e 10% a mais na produção. Observaram ainda que a produção não diferiu estatisticamente com fertirrigação diária ou semanal.

④ Os produtos usados em fertirrigação são classificados como soluções (clear liquid) e suspensões. As soluções caracterizam-se por uma completa dissolução das matérias-primas (fertilizantes). São ideais para sistemas de gotejamento, pois evitam entupimentos. As suspensões geralmente usam argila como agente para manter os nutrientes em suspensão. Para aplicações uniformes, é necessária contínua agitação durante o processo de aplicação (Frizzone e Botrel, 1994)..

⑤ Adicionalmente, os produtos devem ter características fundamentais, como conter os elementos necessários de forma prontamente disponível ou rapidamente convertível e serem formulados de maneira a não conter elementos que possam causar entupimentos em emissores e queima às plantas (Frizzone et al. 1985).

⑥ O manejo da fertirrigação consiste basicamente na determinação da quantidade adequada de nutrientes a ser aplicada nos momentos oportunos. O processo de fertirrigação, de forma geral, pode ser dividido em três etapas: a

primeira refere-se à aplicação da água, apenas; a segunda é a aplicação de fertilizante dissolvido na água, e a terceira diz respeito à aplicação de água novamente para lavar o sistema e colocar os nutrientes na zona radicular das plantas (Carrijo et al. 1999).

④ O tempo correspondente a cada uma dessas etapas depende principalmente do equipamento, da evapotranspiração da cultura, da vazão dos emissores e da frequência de irrigação. Em irrigações de alta frequência, quando geralmente a quantidade de água a ser aplicada é pequena, nem sempre é possível seguir à risca as três etapas do processo (Carrijo et al. 1999).

## **2.2 Absorção de nutrientes pelo tomateiro**

④ Os teores e os conteúdos de nutrientes no tomateiro variam com o desenvolvimento da cultura. A marcha de absorção de nutrientes, durante o crescimento, mostra essa situação (Minami e Haag, 1989) e o seu conhecimento é importante para decisões sobre a aplicação racional de fertilizantes (Haag et al., 1981). A quantidade de nutrientes absorvidos pela planta depende de fatores bióticos, genótipos (Fontes e Wilcox, 1984), e abióticos, como compactação do solo (Fontes et al., 1984) porção do solo fertilizado (Fontes, 1987), sistema de plantio (Fontes e Fontes, 1991), fontes e doses de fertilizantes (Fontes e Fontes, 1992) e concentração de nutrientes no solo (Fontes e Wilcox, 1984).

No Brasil, um dos primeiros trabalhos visando ao conhecimento da marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro foi realizado por Gargantini e Blanco (1963), utilizando a variedade Santa Cruz 1639, cultivadas em vasos, sob casa-de-vegetação. Durante o ciclo da planta, a cada dez dias, foram colhidas partes da planta e realizadas análises para determinar os teores de N, P, K, Ca, Mg e S no caule, folhas, flores, frutos e raízes. Os autores concluíram que: i) os nutrientes recebidos em maior quantidade foram K e N, seguidos pelo Ca, S, P e

Mg; ii) a absorção de nutrientes alcançou o máximo entre os 100 e 120 dias após a germinação, para o N, K, Mg e S, ao passo que o Ca e o P foram absorvidos continuamente do início ao final do ensaio; iii) foi intensa a redistribuição de N, P, K e Mg da parte vegetativa para os frutos; iv) com base na produção de 41 t/ha de tomate, a cultura absorveu 94 kg de N (72 kg nos frutos), 21 kg de P (18 kg nos frutos), 185 kg de K (130 kg nos frutos), 31 kg de Ca (7 kg nos frutos), 9 kg de Mg (7 kg nos frutos) e 28 kg de S (9 kg nos frutos).

Para a maioria das cultivares de tomate com hábito de crescimento indeterminado, estudados por Ward (1964), Fernandes et al. (1975) e Haag et al. (1981), a iniciação floral ocorre aproximadamente aos 60 dias de idade, período em que a planta absorve aproximadamente 7,6% do N, 10% do P, 8,3% do K, 10,7% do Ca, 6% do Mg, 4,9% do S, 8,0% do B, 3,1% do Cu, 8,8% do Fe, 11,0% do Mn e 7,2% do Zn do total a ser absorvido pela planta até os 140 dias de idade no final do ciclo. As raízes apresentam crescentes concentrações de N, com o máximo aos 50 dias de idade (Gargantini e Blanco, 1963; Ward, 1964; Fernandes et al., 1975).

Antes do florescimento, as concentrações de N e P foram maiores nas folhas, seguidas das flores e dos frutos. O K esteve presente em maior proporção até o início da frutificação; a partir daí, concentrou-se mais nos frutos. O teor de S foi aproximadamente igual em toda a planta, mas, após o florescimento, as folhas passaram a apresentar maior concentração que os demais órgãos (Ward, 1967; Tanaka et al., 1974; Fernandes et al., 1975).

No início da floração, as folhas apresentaram teores médios de 3,5, 0,4, 3,8, 3,0, 0,87 e 0,3 mg.100g<sup>-1</sup> de matéria seca de respectivamente N, P, K, Mg e S e de 72, 15, 434, 375 e 148 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca de B, Cu, Fe, mn e Zn, respectivamente (Haag et al, 1978; Halbrooks e Wilcox, 1980). Tanaka et al. (1974) encontraram em frutos de tomate, no ponto de colheita, as concentrações

de 2,3; 0,3; 2,75; 0,53 e 0,2 mg 100 g<sup>-1</sup> de matéria seca de N, P, K, Ca, Mg e 11, 89, 20 e 44 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca de B, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

Durante o florescimento e a frutificação, ocorridos de forma intensa no período de 55 aos 120 dias, a planta apresentou elevada absorção de nutrientes, chegando aos 100 dias de idade com aproximadamente 82% do N, 89,4% do P, 77,8% de K, 65,0% do Ca, 67,0% do Mg e 94,5% do S (Gargantini e Blanco, 1963), 71,0% do B, 93% do Cu, 83,0% do Fe, 66,0% do Mn e 80,0% do Zn em relação ao total absorvido até os 120 dias de idade (Fernandes et al., 1975). Nesse período, as concentrações de N, P, K (Halbrooks e Wilcox, 1980) e Cu (Fernandes et al., 1975) são maiores nos frutos e as de Ca, Mg, (Halbrooks e Wilcox, 1980) S, B e Mn nas folhas (Fernandes et al., 1975). Do total de nutrientes absorvidos pelo tomateiro, aos 100 dias de idade, aproximadamente 56% do N; 76% do P; 54% do K; 9% do Ca; 19% do Mg; 35% do B; 54% do Cu; 13% do Fe; 9% do Mn e 35% do Zn do total de nutrientes da planta estavam concentrados nos frutos (Fernandes et al., 1975).

Há relação direta entre acúmulo de matéria seca e quantidade de nutrientes absorvidos pelo tomateiro. Portanto, a absorção de nutriente é contínua durante o desenvolvimento e o crescimento da planta (Ward, 1964; Haag et al., 1981). A planta do tomate acumulou 4,9 g de matéria seca por dia, após os 70 dias de idade, e foi acompanhada pelo acúmulo de nutrientes na proporção de 20 mg de N, 2 mg de P, 25 mg de K, 120 mg de Ca e 10 mg de Mg/dia para a parte vegetativa e 150 mg de N, 21 mg de P, 231 mg de K, 6 mg de Ca e 10 mg de Mg dia<sup>-1</sup> nos frutos (Halbrooks e Wilcox, 1980).

Trabalhando com tomate rasteiro, cv. Roma VF, em condições de campo e produtividade de 65 t. ha<sup>-1</sup>, Haag et al., (1981) mostraram que os frutos extraíram 67,8 kg de N; 8,9 kg de P; 112,2 kg de K; 7,7 kg de Ca; 6,0 kg de Mg; 3,1 kg de S; 93 g de B; 45 g de Cu; 547 g de Fe; 163 g de Mn; 485 mg de Mo e 321 g de Zn.

Um interessante efeito da aplicação do fertilizante fosfatado via água de irrigação, nos experimentos de Herget e Reuss (1976), foi a profundidade de distribuição do fósforo no perfil do solo. No solo argiloso, o fósforo apresentou baixa movimentação, acumulando-se na camada superficial (< 4 cm). Entretanto, no solo arenoso, pelos dados, constata-se haver movimentação do nutriente em até 18 cm de profundidade, com a fertirrigação. Resultados semelhantes foram obtidos por Faria e Pereira (1993) em ensaio de laboratório em colunas lixiviadoras com solos da Região Nordeste do Brasil.

Assim, o fósforo aplicado via água de irrigação, em solos argilosos, tende a permanecer em uma fina camada de solo, de poucos centímetros, e, no ano de aplicação, poderá ser menos eficiente do que quando adequadamente aplicado no sulco de plantio.

Por outro lado, infere-se por meio de pesquisas que quando o fósforo é aplicado através da irrigação por gotejamento, tanto em solos arenosos como argilosos, há maior mobilidade devido à saturação dos sítios de adsorção próximos ao ponto de saída da solução. Rauschkolb et al. (1976) verificaram que, com a aplicação de ortofosfato através de gotejamento, o fósforo movimentou-se cerca de 30 cm em profundidade, em solos argilosos. Isso representa uma movimentação de 5 a 10 vezes maior do que quando o fósforo é aplicado na superfície do solo.

A pouca mobilidade do fósforo no solo, a maior exigência na fase inicial de crescimento das culturas, a baixa solubilidade da maioria dos adubos fosfatados e a facilidade de precipitação, que causam entupimento nos aspersores, são as principais restrições para sua utilização na fertirrigação (Hernandez Abreu et al., 1987).

A aplicação simultânea de potássio e nitrogênio, via água de irrigação, é bastante utilizada pelos agricultores. De acordo com Vitti et al. (1993), a

aplicação de potássio através da fertirrigação praticamente não apresenta problemas, por causa da alta solubilidade dos sais de potássio.

A utilização do sulfato de potássio é limitada, em relação ao cloreto ou ao nitrato, uma vez que, na presença de grandes concentrações de cálcio na água, ocorre a formação de precipitação de sulfato de cálcio (Hagin e Tucker, citado por Vitti et al., 1993).

Desde que os fertilizantes potássicos não apresentem problemas para a aplicação via água de irrigação, a definição do parcelamento desse nutriente é o principal enfoque. Nesse sentido, dois aspectos devem ser considerados: o potencial de perdas por lixiviação e as exigências das culturas em relação à curva de absorção.

Com relação à movimentação no solo, Pushparajah et al. (1977), citados por Vilela et al. (1986), verificaram menores perdas de potássio por lixiviação em solos de textura média e argilosa.

A nutrição com cálcio e magnésio, em geral, não constitui preocupação nos programas de adubação, haja vista que a calagem ainda é a maneira mais comum de fornecimento desses nutrientes às plantas.

A exemplo do nitrogênio, o fornecimento de enxofre às culturas através da irrigação não apresenta problemas, por causa da mobilidade do íon sulfato para a camada subsuperficial do solo e da existência, no mercado, de fertilizantes que contêm esse nutriente, com alta solubilidade em água.

As necessidades de enxofre das culturas são supridas via fornecimento de fertilizantes carreadores de macronutrientes primários portadores de enxofre.

Segundo Malavolta (1980), o termo absorção corresponde à entrada de um elemento em forma iônica ou molecular nos espaços intercelulares ou em qualquer parte ou organela celular (parede, membrana, citoplasma, vacúolo, mitocôndria, cloroplasto, etc.).



A absorção percentual dos nutrientes por estádios de desenvolvimento da planta fornece uma indicação de que época a planta absorve os nutrientes com maior ou menor intensidade (Haag e Minami, 1981).

Haag et al. (1981) consideraram como de grande importância o conhecimento da marcha de absorção de nutrientes pelas culturas, principalmente visando a uma aplicação racional dos fertilizantes. Smith (1986) lembra que o uso de análises de plantas, como ferramenta para diagnosticar a extração dos nutrientes, antecede ao ano de 1800.

Adams (1994) cita que a absorção e a distribuição dos nutrientes na planta são fortemente influenciados pelo meio aéreo e radicular e também a importância que o controle e a otimização da nutrição têm no sucesso da produção. Uma interação entre a nutrição e o meio ambiente é essencial para uma boa produção.

Whitney et al. (1985) citaram que a concentração do nutriente dentro da planta, numa determinada época, corresponde ao valor integral de todos os fatores que influenciam na concentração do elemento, na hora da coleta do material. Segundo Smith (1986), a idade dos tecidos, a diferença entre genótipos e a interação entre nutrientes e o meio ambiente são fatores que interferem na concentração dos nutrientes.

O sistema do tomateiro estaqueado é complexo, pois em grande parte do período de desenvolvimento ocorrem simultaneamente o crescimento vegetativo e o desenvolvimento reprodutivo, com frutificação, em média, de doze níveis de cachos. Na fase imediatamente anterior à maturação dos frutos do primeiro e do segundo cacho, em virtude provavelmente da grande demanda de nutrientes minerais e carboidratos para o crescimento dos frutos, a parte vegetativa normalmente paralisa o crescimento momentaneamente, e pode-se considerar que essa fase é o período de maior exigência de água, nutrientes e

condições ambientais adequadas, tais como temperatura e luminosidade (Takahashi, 1993).

Gargantini e Blanco (1963) apresentaram trabalhos que visavam à absorção dos nutrientes, utilizando a variedade Santa Cruz, cultivada em vasos contendo terra roxa misturada e verificaram a seguinte extração correspondente a  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ : N-94; P-21; K-185; Ca-31; Mg-9; S-28.

Fernandes et al. (1975), em um experimento de marcha de absorção de nutrientes em condições de campo, em um solo Latossol Roxo, concluíram que uma cultura de tomate rasteiro com  $57.000 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$  e produção de 41 toneladas extrai as seguintes quantidades em kg: N-67; P-5; K-101; Ca-24; Mg-18; S-5, e que os micronutrientes foram extraídos nas seguintes quantidades em g: B-86; Cu-37; Fe-1353; Mn-393; Zn-119.

Haag et al. (1981), em um experimento de marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro industrial, observaram que o crescimento da cultura foi lento até os 30 dias; logo após, há um crescimento acelerado, com o peso do material seco dobrando a cada quinzena no período dos 45 aos 75 dias, atingindo o máximo aos 105 dias; os frutos cresceram em peso de material seco cerca de 20 vezes no intervalo de 45 até 75 dias, duplicando o peso no período de 75 até 90 dias e estabilizando-se aos 105 dias. Na época da floração, as folhas apresentavam, em função do material seco: N-3,7%; P-0,05%; Ca-3,24%; Mg-0,99%; S-0,45%; e os micronutrientes: B-72 ppm; Cu-15 ppm; Fe-434 ppm; Mn-375 ppm; Mo-0,18 ppm e Zn-148 ppm. A produção efetiva de  $65 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de frutos contém: 67,8 kg N; 8,9 kg P; 112,2 kg K; 7,7 kg Ca; 6,0 kg Mg e 3,1 kg S, e para os micronutrientes 93 g B; 45 g Cu; 547 g Fe; 163 g Mn; 485 mg Mo e 321 g Zn.

Hester e Riverton (1938) observaram que a maior parte dos nutrientes absorvidos pelo tomateiro foi entre o segundo e o terceiro mês após o transplântio. Já Gargantini e Blanco (1963) observaram que a maior demanda de

nutrientes coincidiu com o período de maior desenvolvimento dos frutos, isto é, dos 90 aos 120 dias. Observaram também que nesse período o tomateiro torna-se mais vulnerável ao ataque de patógenos, principalmente de fungos e bactérias. Esse também é o período em que se observou uma maior frequência dos sintomas de deficiência de nutrientes minerais.

Nkansah e Ito (1995) compararam a absorção e a concentração de nutrientes em duas cultivares de tomateiro tolerante (cv Shuki) e não-tolerante (cv Sataan) às altas temperaturas. As plantas foram estudadas com temperaturas do solo em 15, 20, 25 e 30°C e a temperatura ambiente dia/noite 40/23 e 22/16, respectivamente. Os autores observaram que a cultivar Shuki, aumentando a temperatura do solo e a temperatura ambiente, obteve uma maior absorção radicular, principalmente na temperatura ambiente mais alta; porém, os níveis de nutrientes nas folhas foram maiores na cultivar Satan em todos os tratamentos. Foi observado também que houve uma relação linear significativa entre a área foliar e a absorção de água e nutrientes, com a conclusão de que as cultivares tolerantes e não-tolerantes às altas temperaturas requerem manejo diferenciado.

Pinto et al. (1997) verificaram que quando se usaram 90 kg.ha<sup>-1</sup> de N por fertirrigação até 50 e 75 dias após o transplantio, obtiveram-se incrementos de 21,8% e 19,5% sobre a produtividade do sistema convencional nos anos de 1993 e 1994; doses inferiores à citada por um período menor que 50 dias após o transplantio podem levar a uma redução na produtividade e peso médio de frutos.

Para Barbosa (1993), a extração de nutrientes pelo tomateiro até 30 dias é irrisória, desaconselhando-se pesadas adubações pré-plantio.

Os fatores do meio ambiente que mais influenciam a composição e a qualidade dos frutos de tomate são a luminosidade, temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes (Montagu, 1990; Yadav et al., 1992; Johjima, 1994; Yanagi et al., 1995). No referente a nutrientes, o nitrogênio influencia

principalmente o conteúdo de sólidos solúveis totais, a acidez total titulável e o teor de ácido ascórbico (Kooner e Randhawa, 1990; Arora et al., 1993).

### **2.3 Crescimento e desenvolvimento do tomateiro**

O tomateiro, crescendo e desenvolvendo em condições protegidas, à semelhança daquele desenvolvido no campo, necessita de adequada luminosidade, temperatura, composição do ar, minerais, umidade, os quais influenciam a fotossíntese, respiração, transpiração, fecundação, nutrição, dentre outros processos, e, conseqüentemente, a produção (Papadopoulos, 1991; Martinez, 1994; Heuvelink, 1995), desde que a cultura seja mantida sem problemas fitossanitários (Mitidieri, 1994).

A cobertura plástica, na cultura do tomate, modifica as condições de umidade, amplitude térmica do solo, evaporação e período de molhamento foliar. Martins et al. (1994), trabalhando em condições de campo e em estufa coberta com plástico e laterais abertas, com tomate cvs. Santa Clara, Kada e Bocaina, nas condições de Jaboticabal- SP, encontraram 30% menos evaporação e cinco a nove vezes menos período de molhamento foliar na estufa que no campo. No campo, a temperatura do solo variou de 35 a 38°C, e na estufa, permaneceu próxima a 30°C.

Trabalhando com tomate cv. Criterium, Grimstad (1995) encontrou alteração no crescimento e no desenvolvimento da planta quando a temperatura média de 21°C foi mudada para 12°C por tempo de 2 horas, em período diurno e noturno; encontrando redução de 28% na altura da planta, 21% no comprimento dos internós, decréscimo na produção de matéria seca e número de folhas, verificando também que a alteração na temperatura atrasou em cinco dias a iniciação floral e aumentou o número de flores por cacho.

A luminosidade e a concentração de CO<sub>2</sub> interferem no índice de pegamento dos frutos (Picken, 1984), e alta temperatura, antes da antese, ocasiona aborto de flores, principalmente quando associada à baixa luminosidade (Calvert, 1969).

A formação de 7 a 12 folhas e a emissão do primeiro cacho floral caracterizam o primeiro estágio de crescimento da planta de tomate, dando início à fase reprodutiva; os estágios posteriores caracterizam-se pelo desenvolvimento do caule e de três folhas, seguido pelo cacho floral nas cultivares de crescimento indeterminado (Papadopoulos, 1991). O aumento do número de folhas anterior ao primeiro cacho deve-se à baixa luminosidade (Dieleman e Heuvelink, 1992). Nesse período, a área foliar variou de 450 a 900 cm<sup>2</sup> e atingiu peso de matéria seca de 4 a 8 g planta<sup>-1</sup> (Heuvelink, 1995). Após a emissão do primeiro cacho floral até o final do ciclo da planta, as fases vegetativa e reprodutiva ocorrem sucessivamente (Papadopoulos, 1991).

Mudas de tomateiro, com sistema radicular em solução nutritiva a 10°C, por duas semanas, seguido por restabelecimento da temperatura de 18°C, apresentaram diminuição na área foliar e no peso de matéria seca; porém, esse tratamento não afetou o rendimento final de frutos (Cave, 1991). Mudas de tomateiro desenvolvidas em solução nutritiva completa e enriquecida com H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> apresentaram aos 45 dias de idade área foliar de 14 dm<sup>2</sup> e taxa de crescimento relativo (R) de 0,18 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, valor maior que 179% na matéria seca e 176% na área foliar em relação ao tratamento sem enriquecimento (Bialczyk et al., 1994).

A produção de matéria seca e sua alocação nos diversos órgãos da planta são também influenciadas pelas podas de frutos e do ápice (Pimpini e Gianquinto, 1994). Cockshull e Ho (1995), trabalhando com tomate cv. Liberto, em solução nutritiva, podado acima do terceiro cacho, na densidade 3,06 plantas m<sup>-2</sup>, encontraram produção de matéria seca de 2,97 e 3,55 kg m<sup>-2</sup> em plantas com

14 a 20 frutos, respectivamente. Por outro lado, Heuvelink e Buskool (1995) encontraram alterações na produção de matéria seca somente quando o raleio dos frutos foi feito de forma drástica, isto é, deixando-se apenas um fruto por cacho; nesse caso, a planta diminuiu a produção de matéria seca em até 24%. Os autores concluíram que o raleio dos frutos também proporcionou aumento na área foliar e redução no comprimento internós e na área foliar específica.

## **2.4 Fertilizante utilizados em fertirrigação**

Segundo Vitti et al., (1994), além da possibilidade de utilização de fertilizantes sólidos na fertirrigação, vem ocorrendo um significativo aumento na produção de adubos fluidos em todas as partes do mundo. A indústria, tanto no setor de fertilizantes quanto no de equipamentos para a irrigação, começa a desenvolver produtos para o uso em fertirrigação.

Medina San Juan (1985), ao se referir ao sistema de fertirrigação via gotejamento, relata que, teoricamente, é possível aplicar qualquer tipo de fertilizante via água de irrigação; entretanto, para evitar entupimentos, deve-se escolher os mais solúveis. Segundo Hernandez (1994), os fertilizantes devem possuir alguns pré-requisitos para garantir a eficiência no fornecimento de nutrientes, como: solubilidade rápida e completa, evitando problemas de precipitação no interior do tanque de mistura e obstruções dos emissores; baixa capacidade corrosiva, evitando a danificação da tubulação; baixa volatilidade e alta concentração; fácil manipulação; compatibilidade; baixa toxicidade; baixo custo e elevada pureza, a fim de evitar resíduos nos tanques de mistura.

O fracionamento da aplicação de fertilizantes representa uma das maiores vantagens da fertirrigação, uma vez que o fornecimento parcelado de minerais atende às diferentes etapas de desenvolvimento das plantas e permite maior eficiência e economia de fertilizantes. O parcelamento na fertirrigação

**Tabela 1.** Relação de fertilizantes nitrogenados utilizados para fertirrigação.

Produto	Fórmula	N (%)	Estado
Nitrato de amônio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	18 a 21	Líquido
Nitrato de amônio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	34	Sólido
Nitrato de potássio	$\text{KNO}_3$	30	Líquido
Nitrato de potássio	$\text{KNO}_3$	13	Sólido-pó
MAP <sup>1</sup> + nitrato de amônio + KCl	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$	10	Líquido
Sulfato de amônio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20,5	Sólido
MAP + Uréia	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$	12,5	Líquido
Uran <sup>2</sup>	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	21 a 32	Líquido
Uréia	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	44 a 45	Sólido

1MAP: fosfato monoamônico;

2Mistura de uréia e nitrato de amônio

Fonte: Frizzone et al. (1985), citados por Frizzone e Botrel (1994)

**Tabela 2.** Relação de fertilizantes potássicos utilizados para fertirrigação.

Produto	Fórmula	Potássio (%)	Estado
Cloreto de potássio	KCl	17 (KCl)	Líquido
Cloreto de potássio	KCl	60	Sólido
Nitrato de potássio	$\text{KNO}_3$	30	Líquido
Nitrato de potássio	$\text{KNO}_3$	46 ( $\text{KNO}_3$ )	Sólido
Nitrato potássio + KCl+MAP	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 +$	10	Líquido
Sulfato de potássio		50 ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )	Sólido (pó)

Fonte: Frizzone e Botrel (1994)

59 gramas de nitrato de amônio por ano por gotejador. Háynes (1990) observou que o sulfato de amônio promoveu a acidificação do solo nos 20 cm abaixo da superfície e a uréia acidificou o solo até 40 cm.

① Quanto à absorção do nitrogênio pela planta, quando se comparam fontes nítricas e amoniacais, o que se observa é que embora as plantas absorvam prontamente  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e uréia, respostas ao  $\text{NO}_3^-$  são normalmente mais rápidas porque ele é carregado até a superfície da raiz pela água, via fluxo de massa. O amônio das fontes amoniacais, ou mesmo proveniente da amonificação da uréia, é relativamente imóvel no solo, pois ele é adsorvido mais perto da superfície, enquanto o  $\text{NO}_3^-$  e a uréia são carregados mais facilmente em profundidade no solo (Medina San Juan, 1985).

② Os fertilizantes potássicos apresentam menor solubilidade do que os nitrogenados, mas são bastante empregados na fertirrigação. Os mais utilizados são o nitrato ( $\text{KNO}_3$ ) e o cloreto de potássio ( $\text{KCl}$ ), dos quais o primeiro é mais solúvel e contém também nitrogênio. A utilização do sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) é limitada, em relação à utilização do cloreto ou do nitrato, pela possibilidade de formação de precipitado de sulfato de cálcio em água com grande concentração desse nutriente, além da necessidade de aquecimento para sua solubilização. Embora apresente maior solubilidade e menor preço, o cloreto de potássio pode afetar a qualidade de certas culturas, em consequência dos altos teores de cloro (Vitti et al., 1994). Nas Tabelas 1 e 2 pode-se observar exemplos de fertilizantes nitrogenados e potássicos utilizados em fertirrigação.



**Tabela 1.** Relação de fertilizantes nitrogenados utilizados para fertirrigação.

Produto	Fórmula	N (%)	Estado
Nitrato de amônio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	18 a 21	Líquido
Nitrato de amônio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	34	Sólido
Nitrato de potássio	$\text{KNO}_3$	30	Líquido
Nitrato de potássio	$\text{KNO}_3$	13	Sólido-pó
MAP <sup>1</sup> + nitrato de amônio + KCl	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$	10	Líquido
Sulfato de amônio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20,5	Sólido
MAP + Uréia	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$	12,5	Líquido
Uran <sup>2</sup>	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	21 a 32	Líquido
Uréia	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	44 a 45	Sólido

1MAP: fosfato monoamônico;

2Mistura de uréia e nitrato de amônio

Fonte: Frizzone et al. (1985), citados por Frizzone e Botrel (1994)

**Tabela 2.** Relação de fertilizantes potássicos utilizados para fertirrigação.

Produto	Fórmula	Potássio (%)	Estado
Cloreto de potássio	KCl	17 (KCl)	Líquido
Cloreto de potássio	KCl	60	Sólido
Nitrato de potássio	$\text{KNO}_3$	30	Líquido
Nitrato de potássio	$\text{KNO}_3$	46 ( $\text{KNO}_3$ )	Sólido
Nitrato potássio + KCl+MAP	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 +$	10	Líquido
Sulfato de potássio		50 ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )	Sólido (pó)

Fonte: Frizzone e Botrel (1994)

Frizzone e Botrel (1994) destacam que há limitações para o uso de outros elementos químicos ou métodos mais adequados à sua utilização do que via fertirrigação, a saber: os produtos fosfatados são relativamente corrosivos, além de terem pouca mobilidade no solo (com exceção de fertilizantes derivados do ácido ortofosfórico) e facilitarem a ocorrência de precipitados de cálcio e magnésio em águas com elevada concentração desses elementos; os produtos que contêm cálcio apresentam baixa solubilidade e são mais viáveis em aplicação via calagem, juntamente com o magnésio. Em sua maioria, a necessidade de enxofre é suprida pela combinação de uma dessas técnicas com o uso de sulfato de amônio como fonte de nitrogênio; a aplicação de micronutrientes requer a utilização de bomba injetora-dosadora de boa precisão e exatidão e alta eficiência de distribuição de água do sistema de irrigação. Em geral, os sistemas de irrigação são manejados para aplicar uma lâmina média igual à lâmina requerida; isso resulta em aproximadamente 50% da área recebendo lâminas de água superiores à requerida e outros 50% recebendo lâminas inferiores. Assim, enquanto em uma fração da área pode ocorrer déficit de micronutrientes, em outra pode ocorrer risco de fitotoxidez.

## **2.5. Aspectos qualitativos do tomate**

A qualidade do tomate, segundo Reina (1990), depende de suas características físicas, físico-químicas e químicas, as quais influenciam sua atratividade para o consumidor e também são indicativas de sua qualidade organoléptica e nutricional, entre as quais se destacam a pectina total, pectina solúvel, sólidos totais e solúveis, acidez total titulável, vitamina C e açúcares redutores.

Burem (1979) atribui o amaciamento da polpa do tomate às alterações nas características dos polissacarídeos da lamela média da parede

celular, principalmente das substâncias pécticas. Hobson e Davies (1971) observaram que, em tomate, a perda progressiva da firmeza com o amadurecimento é resultante da redução na espessura da parede celular e adesão entre as células adjacentes, em virtude da solubilização da protopectina na parede celular para formar pectina solúvel e outros produtos, o que mostra a importância da relação dos teores dessas substâncias, haja vista que menores valores de solubilização da pectina conferem ao fruto maior resistência ao armazenamento, transporte e injúrias mecânicas fisiológica e macrobiana. Os teores de sólidos solúveis exercem grande influência quando se trata do sabor, porque é nessa fração que se encontram os ácidos e açúcares cuja relação constitui fator decisivo na qualidade dos frutos e seus produtos (Chitarra e Chitarra, 1976; Carvalho, 1980).

Os sólidos solúveis e totais são também importantes no rendimento industrial, haja vista que seus teores determinam o grau de concentração industrial, mínimo de 5% para ser aproveitável (Quinn e Crowther, 1970). As indústrias preferem cultivares que apresentem altos teores de sólidos totais, devido a maior consistência do produto ao processo e melhor rendimento industrial (Yanaguchi et al. 1960).

Hobson e Davies (1971) observam que as cultivares/híbridos devem apresentar altos teores de ácido ascórbico, principalmente aquelas destinadas à indústria, porque durante o processamento e o armazenamento do produto industrializado ocorrem perdas significativas de vitamina C.

Diversos autores concordam que vários fatores influenciam os teores dessas substâncias nos frutos e que estão relacionados com a cultivar, o local, a época de colheita e o clima, com lastro numa série de transformações bioquímicas e fisiológicas que sofre o fruto na seqüência desenvolvimento, maturação, amadurecimento e senescência da planta (Denison et al. 1952; Gortner et al. 1967; Hobson e Davies, 1971; Yamaguchi et al. 1960). Segundo

Carvalho (1980), o tomate do ponto de vista nutricional destaca-se em vitamina C, e os demais constituintes apresentam-se em teores mais baixos. Assim, o valor nutricional do tomate é quase que exclusivamente atribuído ao seu teor de vitamina C total (ácido ascórbico).

Os níveis de macronutrientes no solo, observados em plantios convencionais, tiveram pouca influência sobre os teores de açúcar (Hobson e Davies, 1971). Esses autores observaram diminuição nos teores de açúcares redutores correlacionados com altas doses de nitrogênio.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. M.; BERNARDO, S.; SILVA, J. F.; CONDÉ, A. R. Efeito de diferentes lâminas d'água sobre a produção de três cultivares de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill. ), com a utilização da irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 29, n. 162, p. 145-154, mar./abr. 1982.

ANDRIOLO, J. L. **O cultivo de plantas com fertirrigação**. Santa Catatina: UFSM, 1996. 47 p.

ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 28-32, maio 1997.

ARORA, S. K.; INDER, S.; PANDITA, M. L.; SING, I. Effect of nitrogen fertilization and plant geometry on quality indices of tomato (*Lycopersicon*

*esculentum*). **Indian Journal of Agriculture Sciences**, New Delhi, v. 63, n. 4, p. 204-207, 1993.

BARBOSA, V. Nutrição e adubação de tomate rasteiro. In: SEMINÁRIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal, SP. Anais. . . Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 323-339.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV. Imprensa Universitaria, 1995. 657 p.

BIALCZYK, J.; LECHOWSKI, Z.; LIBIK, A. Growth of tomato seedling under different  $\text{HCO}_3^-$  concentration in the medium. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 17, n. 5, p. 801-816, 1994.

BUREM, J. P. VAN. The chemistry of texture in fruits and vegetables. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 10, n. 1, p. 1-23, Mar. 1979.

CADAHIA LOPEZ, C. Fertilización. In: **El cultivo del tomate**. Cap. 5. Madrid, Espanha: Ediciones Nundi-Prensa, 1995. p. 169-225.

CALVERT, A. Studies on the post-initiation development of flower buds of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 44, n. 1, p. 117-126, Jan. 1969.

CAMARGO FILHO, W. P.; MAZZEI, A. R. Necessidade de reconversão da produção de tomate em São Paulo: Ações na cadeia produtiva. **Informações Econômicas**, Piracicaba, v. 26, n. 6, p. 105-116, jun. 1996.

CAVE, C. R. J. The effect of intermittent irrigation with cold nutrient solution on the growth of tomato seedlings propagated in rockwool. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 66, n. 6, p. 781-788, Nov. 1991.

CARVALHO, V. D. de. Características químicas e industriais do tomate. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 66, p. 63-68, jun. 1980.

CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Composição química do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) em diferentes estádios de maturação. **Revista de Olericultura**, Campinas, v. 16, p. 194-198, 1976.

COCKSHULL, K. E.; HO, L. C. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 70, n. 3, p. 395-407, 1995.

COSTA, E. F.; FRANÇA, G. E. de; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 63-68, jul. 1986.

DENNILSON, R. A.; HALL, C. B.; NETTLES, U. F. Influence of certain factors on tomato quality. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, St. Petersburg, v. 65, p. 108-111, Nov. 1952.

DIELEMAN, J. A.; HEUVELINK, E. Factors affecting the number of leaves preceding the first inflorescence in the tomato. **Jornal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 67, n. 1, p. 1-10, Jan. 1992.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Tradução de H. R. Gheyi, A. A. de Souza, F. A. V. Damasceno, J. F. de Medeiros. Campina Grande, PB: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

EDWARDS, J. H.; BRUCE, R. R.; HORTON, B. D.; CHESNESS, J. L.; WEHUNT, E. J. Soil cation and water distribution as affected by  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  applied through a drip irrigation system. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, n. 6, p. 1142-1148, Nov. 1982.

FERNANDES, P. D.; CHURATA-MASCA, M. G. C.; OLIVEIRA G. D. de; HAAG, H. P. Nutrição de hortaliças XXVII. Absorção de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill. ) em cultivo rasteiro. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 32, p. 595-607, 1975.

FONTES, P. C. R. Distribuição de P no solo afetando o desenvolvimento e absorção de fósforo pelo tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 367-372, abr. 1987.

FONTES, P. C. R.; FONTES, R. R. Absorção de P e desenvolvimento do tomateiro rasteiro plantado em fileiras simples e duplas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 77-79, nov. 1991.

FONTES, P. C. R.; FREIRE, F. M.; NOVAIS, R. F. Efeito da densidade aparente e dos níveis de fósforo na solução do solo sobre o desenvolvimento de raízes e sobre a absorção de P pelo tomateiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 31, n. 177, p. 344-350, set./out. 1984.

FONTES, P. C. R.; WILCOX, G. E. Growth and phosphorus uptake by tomato cultivars as influenced by P concentration in soil and nutrient solution. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 109, n. 5, p. 633-636, Sept. 1984.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Coord.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p. 227-260.

FRIZZONE, J. A.; ZANINI, J. R.; PAES, L. A. D. , NASCIMENTO, V. M. do. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31 p. (Boletim Técnico, 2).

GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantia**, Campinas, v. 22, n. 56, p. 693-714, nov. 1963.



GORTNER, W. A.; DULL, G. G.; KRAUSS, B. H. Fruit development, maturation, ripening and senescence. A biochemical basic of Horticultural terminology. **Hortscience**, Alexandria, v. 2, n. 4, p. 141-144, Dec. 1967.

GRIMSTAD, S. D. Low-temperature pulse affects growth and development of young cucumber and tomato plants. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 70, n. 1, p. 75-80, Jan. 1995.

HAAG, P. H.; MINAMI, K. **Nutrição mineral em hortaliças**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1981. 631 p.

HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; BARBOSA, V.; SILVA, J. M. Nutrição mineral de hortaliças. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro destinado ao processamento industrial. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 35, p. 243-270, 1978.

HAAG, P. H.; OLIVEIRA, G. D. de; BARBOSA, V.; SILVA NETO, J. M. de. Marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill. ) destinado ao processamento industrial. In: HAAG, H. P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1981. p. 447-474.

HALBROOKS, M.; WILCOX, G. E. Tomato plant development and elemental accumulation. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 105, n. 6, p. 826-828, Nov. 1980.

HAYNES, R. J. Movement and transformation of fertigated nitrogen below trickle emitters and their effects on pH in the wetted soil volume. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 23, n. 2, p. 105-112, May 1990.

HERGET, G. W.; REUS, J. O. Sprinkler application of P and Zn fertilizers. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, p. 5-8, 1976.

HERNANDEZ, F. D. T. Potencialidades da fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1994. p. 215-224.

HERNANDEZ ABREU, J. M.; RODRIGO LOPEZ, J.; PEREZ REGALADO, A.; GONZALEZ HERNANDES, J. F. **El riego localizado**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1987. 317 p.

HESTER, J. B.; RIVERTON, N. J. The absorption of nutrients by tomato plant at different stages of growth. **Proceedings America Society Horticulturae Science**, New York, v. 36, p. 720-722, 1938.

HEUVELINK, E.; BUISSKOOL, R. P. M. Influence of sink-source interaction on dry matter production in tomato. **Annals of Botany**, London, v. 75, n. 4, p. 381-389, Apr. 1995.

HOBSON, G. E.; DAVIES, U. N. The tomato. In: HULME, A. C. **The Biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v. 2, cap. 3, p. 437-482.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.**  
**Levantamento sistemático da produção agrícola.** Rio de Janeiro, 2002. p.  
4-6.

**JOHJIMA, T.** Carotene synthesis and coloring in tomato fruits of various genotypic lines. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Kyoto, v. 63, n. 1, p. 109-114, 1994.

**KITAMURA, H.; NAKANE, M.** Using liquid fertilizer to create sustainable cultures of greenhouse tomatoes. **Research Bulletin of the Aichi Ken Agricultural Research Center**, n. 26, p. 177-184, 1994. In: **CAB ABSTRACTS**, v. 4, Jan./Mar. 1996. CD-ROM.

**KOONER, K. S.; RANDHAWA, K. S.** Effect of varying level and sources of nitrogen on yield and processing qualities of tomato varieties. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 267, p. 93-99, 1990.

**LOCASCIO, S. J.; SMAJSTRLA, A. G.** Water and N-K application timing for drip irrigated tomato. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Alexandria, v. 36, p. 104-111, 1992. In: **CAB ABSTRACTS**, v. 4, Jan./Mar. 1996. CD-ROM.

**MALAVOLTA, E.** **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

**MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R.** **Manejo da irrigação em hortaliças.** Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 60 p.

MARTINEZ, P. F. The influence of environmental conditions of mild winter climate on the physiological behaviour of protected crops. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 357, p. 29-41, 1994.

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, nov. 1994.

MEDINA SAN JUAN, J. A. **Riego por goteo: teoria y practica**. 2. ed. Madrid: Mundi, 1985. 216 p.

MINAMI, K.; HAAG, H. P. **O tomateiro**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1989. 325 p.

MITIDIERI, I. M. Principales enfermedades que afectan a los cultivos horticolas que se desarrollan bajo cubierta, norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 357, p. 143-152, 1994.

MONTAGU, K. D. Effects of forms and rates of organic and inorganic nitrogen fertilizers on the yield and some quality indices of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Miller). **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 18, n. 1, p. 31-37, 1990.

NKANSAH, G. O.; ITO, T. Comparison of mineral absorption and nutrient composition of heat-tolerant and non heat-tolerant tomato plants at diferent root-

zone temperatures. **Journal of Horticulturae Science**, Ashford Kent, v. 70, n. 3, p. 453-460, May 1995.

PAPADOPOULOS, A. P. **Growing greenhouse tomatoes in soil and soilless media**. Ontário: Agriculture Canada Publication, 1991. 79 p.

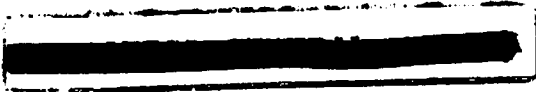
PICKEN, A. J. F. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill). **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 59, n. 1, p. 1-13, Jan. 1984.

PIMPINI, F.; GIANQUINTO, G. Influence of pinching, crop density and different growing methods on fresh market tomatoes grown under protected cultivation for early production. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 357, p. 343-358, 1994.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M. **Fertirrigação: a adubação via água de irrigação**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1990. 16 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 70).

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; COSTA, N. D.; FARIA, C. M. B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, D. J. Doses e período de aplicação de nitrogênio via água de irrigação na cultura do tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, n. 1, p. 15-18, maio 1997.

QUINN, J. G.; GROWTHER, P. C. Na evaluation of tomato cultivars: suitable for paste production in Northern Nigeria. **Tropical Science**, London, v. 18, n. 1, p. 13-35, 1976.



RAUSCHKOLB, R. S.; ROLSTON, D. E.; MILLER, R. J.; CARLTON, A. B.; BURAU, R. J. Phosphorus fertilization with drip irrigation. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 40, n. 1, p. 68-71, Jan./Feb. 1976.

REINA, L. del C. B. **Conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) da cultivar gigante Keda submetido a choque frio e armazenado com filme PVC.** 114 p. 1990. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos.** 5 ed. Porto Alegre: Agropecuária, 1995. 342 p.

SMITH, F. W. Interpretation of plant analysis. In: REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. **Plant analysis.** Melbourne: Inkata Press, 1986. p. 1-12.

TAKAHASHI, H. W. Nutrição e adubação de tomate estaqueado. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. **Nutrição e adubação de hortaliças.** Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 301-322.

TAKAZAKI, P. E.; DELLA VECCHIA, P. T. Problemas nutricionais e fisiológicos no cultivo de hortaliças em ambiente protegido. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. **Nutrição e adubação de hortaliças.** Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 481-487.

TANAKA, A.; FUJITA, K.; KIKUCHI, K. Nutrio-Physiological studies on the tomato plant. I. Outline of growth and nutrient absorption. **Soil Science Plant Nutrition**, Tokio, v. 20, n. 1, p. 57-68, 1974.

VILELA, L.; SILVA, J. E. da; RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M. G. de. Potássio. In: GOEDERT, W. J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília, DF: EMBRAPA/CPAC, 1986. p. 203-222.

VILLAS BOAS, R. L.; BOARETTO, A. E.; VITTI, G. C. Aspectos da fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUÍDOS, 1., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1994. p. 283-308.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e Fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUÍDOS, 1., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1994. p. 261-280.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fontes de fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/CENA/POTAFOS, 1993. p. 233-256.

WARD, G. M. Greenhouse tomato nutrition - a growth analysis study. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 21, n. 1, p. 125-133, 1964.

WARD, G. M. Growth and nutrient absorption in greenhouse tomato and cucumber. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, New York, v. 90, p. 335-341, June 1967.

WHITNEY, D. A.; COPE, J. T.; WELCH, L. F. Prescribing soil and crop nutrient needs. In: ENGELSTAD, O. P. (Ed.). **Fertilizer technology and use**. 3 ed. Madison: Soil Science Society of America, 1985. p. 25-52.

YADAV, B. S.; KALLOO, G.; MANGAL, J. L. Effect of irrigation fertilizer levels on fruit quality of tomato cultivar Hisan Arun. **Crop Research Hisar**, Hisar, v. 5, p. 163-167, 1992.

YAMAGUCHI, M.; HOWARD, T. D.; KUH, B. S.; LEONARD, S. J. Effect of ripeness and harvest dates on the quality and composition of fresh canning tomatoes. **Proceedings American of the Society for Horticultural Science**, New York, 76:560-567, 1960.

YANAGI, T.; UEDA, Y.; SATO, H.; HIRAI, H.; ODA, Y. Effect of shading and fruit set order on fruit quality in single truss tomato. **Journal of the Japanese Society for Agricultural Science**, Kyoto, v. 64, n. 2, p. 291-297, Sept. 1995.



## CAPÍTULO 2

### 1. RESUMO

Macêdo, Ladilson de Souza. **LÂMINAS DE ÁGUA E FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO TOMATEIRO HÍBRIDO BÔNUS F<sub>1</sub> EM AMBIENTE PROTEGIDO.** Lavras: UFLA, 2002 (Tese de Doutorado – Agronomia). Lavras, MG. 2002.

Avaliaram-se os efeitos de lâminas de água e fertilização potássica sobre o crescimento e produção da cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) híbrido bônus F<sub>1</sub> em ambiente protegido, num Latossolo Vermelho Distroférico do Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, MG. Foram testadas as lâminas de água de 40,60,80 e 100% KcEv e as doses de potássio de 300, 500, 700 e 900 kg.ha<sup>-1</sup>, utilizando-se o nitrato de potássio e o cloreto de potássio como fontes. As fertirrigações foram iniciadas 10 dias após o transplântio (DAT), três vezes por semana, de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura, utilizando o sistema de água por gotejamento. As características avaliadas foram altura de plantas aos 30,60 e 90 DAT, número e peso de frutos comerciais e não-comerciais. As doses de potássio isoladas e sua interação com lâminas de água não influenciaram as características de altura de plantas aos 30, 60 e 90 DAT e a produção da cultura do tomateiro. No entanto, a aplicação da lâmina total de água de 00% KcEv, correspondente a 419,2 mm, proporcionou maior produtividade (97.908 Kg.ha<sup>-1</sup>) para peso total de frutos e peso de frutos sadios (73.329 Kg.ha<sup>-1</sup>). A lâmina de água também influenciou

1.038 frutos planta<sup>-1</sup> para os frutos Extra AAA, Extra AA e Extra A, respectivamente, para cada 20% adicionado à lâmina de água.

## 2. ABSTRACT

Macedo, Ladilson de Souza. **WATER DEPTHS AND POTASSIUM FERTIRRIGATION ON THE GROWING AND PRODUCTION OF THE HÍBRIDO BÔNUS F1 TOMATO IN GREENHOUSE.** Lavras: UFLA, 2002 (Thesis Doctorate / Plant Science). Lavras, MG. 2002.

The water effects and potassium fertirrigation were evaluated on the growing and production of the tomato crop (*Lycopersicon esculentum* Mill) *Híbrido Bônus F1* in greenhouse, in a Dystroferric Red Latosol of the horticulture sector of the Universidade Federal of Lavras, MG. Water level at 40, 60, 80 and 100% KcEv were tested and the potassium dosages at 300, 500, 700 and 900 Kg. Ha<sup>-1</sup>, using the potassium nitrate and the potassium chlorite as sources. The fertirrigations were begun 10 days after the transplanting (DAT), three times per week, according to the crop development stages, using the trickle- irrigation system. The characteristics evaluated were plants height at 30, 60 and 90 DAT, number and good and bad fruits weight, and also the number of trade and non-tradable fruits number and weight. The potassium dosages isolated and their interaction with water depths have not influenced the plants height characteristics at 30, 60 and 90 DAT and the tomato crop production. However, the water total application 100% KcEv, corresponding to 419,2 mm, has proportioned more productivity (97.908 Kg ha<sup>-1</sup>). The water depths has also influenced the number of commercial

fruits, increasing 0,462; 0,681 and 1,038 fruits plant<sup>-1</sup> for the fruits Extra AAA, Extra AA and Extra A, respectively, for 20% added to the water depths.

### 3. INTRODUÇÃO

Dentre os fatores de produção, a água e os nutrientes são os que limitam o rendimento do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) com maior intensidade, o que requer controle eficiente da umidade do solo e da nutrição mineral para se obter uma exploração comercial agrícola de alta produtividade.

Recentemente o manejo correto da fertilização nitrogenada e potássica no tomateiro tem sido mais enfaticamente pesquisado, haja vista os aumentos qualitativo e quantitativo na produção que, de certa forma, reduzem os custos de produção e os efeitos danosos do uso intensivo e do manejo inadequado de produtos agroquímicos, os quais comprometem o equilíbrio do meio ambiente, pelo acúmulo e/ou lixiviação de sais contaminantes no perfil do solo.

Na produção de tomate em condições protegidas ou não, é de fundamental importância se conhecer o manejo eficiente da água e dos fertilizantes, racionalizando a água e fertilizantes pela exigência real necessária à planta, que tem reflexos significativos na produtividade e qualidade dos frutos, evitando-se desperdícios. Nesse sentido, o potássio assume papel importante para a cultura do tomate, considerando sua atuação na síntese de carotenóides, principalmente o licopeno, responsável pela cor vermelha do fruto, e também na biossíntese de açúcares, ácidos orgânicos, vitamina C e sólidos solúveis totais.

Uma das características que o destaca entre as outras hortaliças é sua alta eficiência de uso de água, em média, 11 kg m<sup>-3</sup> (Doorembo e Kassan, 1994), o que lhe proporciona alta produtividade (até 10 kg por planta), se irrigado adequadamente.

A fertágua localizada possibilita a aplicação, em função das demandas hídrica e nutricional da planta, sendo o sistema de água por gotejamento o mais

amplamente utilizado no cultivo do tomate. Nos sistemas automatizados de água, em estruturas de proteção, o uso de temporizador (irrigation controler) e válvulas solenóides têm facilitado o manejo eficaz e eficiente da fertágua, em que a água é controlada mediante o tempo de aplicação.

No Brasil, o cultivo protegido do tomateiro é empregado nas Regiões Sul e Sudeste no período de inverno, quando predominam baixas temperaturas, que interferem no desenvolvimento das plantas, e no verão, para proteção contra a precipitação pluvial. Dessa forma, busca-se regularizar as ofertas nas épocas de safra e entressafra.

Não obstante, os avanços tecnológicos na área de engenharia de água, a interação e complexidade das reações desenvolvidas no sistema solo-água-planta-atmosfera exigem maiores estudos e pesquisa no campo da fitotecnia, ciência do solo e fisiologia vegetal voltada para cultivos irrigados.

Os trabalhos sobre fertágua no Brasil ainda são escassos e pouco divulgados; contudo, trabalhos existentes demonstram que essa técnica é bastante promissora, sendo imprescindível, entretanto, estudos que permitam melhor entendimento para equacionar as complexas interações existentes sobre a cinética de absorção de nutrientes ao longo do ciclo da cultura. Assim, com o presente experimento, teve-se como objetivo estudar o efeito da aplicação de lâminas de água e doses de potássio, em adubação de cobertura, via fertágua por gotejamento, na produção da cultura do tomate em ambiente protegido.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Localização**

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, durante o período de 13/09/2001 a 13/01/2002, no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras-MG. A área está situada a 918,7m de altitude, com coordenadas geográficas de 21°14' S e 45°00' W. Gr.

### **4.2 Clima e solo**

O clima na região de Lavras é temperado suave (mesotérmico, tipo CWb, pela classificação climática de Koppen (1936). A temperatura média anual do ar é de 19,4°C (média das mínimas: 14,8°C e média das máximas: 26,1°C). A precipitação total anual é de 1529,7 mm. A umidade relativa média do ar é 76,2%. Dados médios de 1965 a 1990 (Brasil, 1991).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999). No interior da casa-de-vegetação, foram retiradas amostras do solo nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Essas foram analisadas no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, em julho de 2001. Os resultados das análises química e física encontram-se na Tabela 3.

**Tabela 3.** Análises química e física do solo da área experimental antes da implantação do ensaio. UFLA, Lavras, MG, abril de 2001.

Características	Profundidade (cm)/Interpretação	
	0 a 20	20 a 40
pH em água <sup>1</sup>	5,8	5,7
Fósforo-Mehlich I (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	29,0	13,0
Potásio (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	137,0	87,0
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	4,8	3,5
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	1,6	2,0
Alumínio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	0,0	0,0
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	2,6	2,9
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	6,8	5,7
T-CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	6,8	5,7
T-CTC a pH7 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	9,4	8,6
V (%) – Saturação por Bases	72,2	66,4
Matéria Orgânica (dag kg <sup>-1</sup> )	3,1	3,1
Enxofre (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup>	31,1	41,7
Boro (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	0,16	0,16
Zinco (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	0,60	0,40
Cobre (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	3,90	3,80
Ferro (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	24,20	27,10
Manganês (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	5,60	4,50
Areia (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	170	150
Limo (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	210	220
Argila (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	620	630
Condutividade elétrica (dSm <sup>-1</sup> )	0,25	0,17

<sup>1</sup>EMBRAPA (1979); <sup>2</sup>Tedesco et al. (1985); <sup>3</sup>DTPA; <sup>4</sup>Jackson (1970).  
Análises realizadas no DCS/UFLA.



### **4.3 Preparo do solo e adubação**

O preparo do solo constou de aplicação prévia de herbicida pós-emergente Metribuzin, utilizando a roçadeira para o corte das plantas daninhas secas, que foram removidas, sendo então o solo arado e gradeado com enxada rotativa utilizando um microtrator e posterior formação manual dos canteiro. De acordo com o resultado das análises, não foi necessária realizar a correção do solo.

Não foi adicionada matéria orgânica ao solo para se evitar fornecimento de N, além do aplicado através do fertilizante via fertirrigação, devido ao alto valor encontrado ( $3,1 \text{ dag Kg}^{-1}$ ).

O fósforo foi aplicado, em pequenos sulcos na linha de plantio, sendo posteriormente coberto com o solo. Foi utilizado como fonte de fósforo o superfosfato simples solúvel.

O sistema de plantio adotado foi o convencional (no solo), com as mudas transplantadas em fileiras duplas espaçadas de  $0,40 \times 0,60\text{m}$ .

### **4.4 Características da casa-de-vegetação (ambiente protegido)**

A casa-de-vegetação, tipo capela e modelo de estrutura "Ana Dias" modificado (Souza et al., 1994), com 10 m de largura e 31 m de comprimento ( $310 \text{ m}^2$ ), com pé direito de 2 m e altura da parte central de 3,5 m, foi utilizada como tentativa de proteção contra insetos.

Os dados relativos à evaporação (Ev), que serviu de base para a aplicação das lâminas de água, foram obtidos de um tanque de evaporação reduzido (minitanque) (Lopes Filho, 2000), o qual foi instalado sobre um extrado de madeira com 15 cm de altura, colocado no interior da casa-de-vegetação e que apresenta as seguintes características: é um recipiente circular de aço galvanizado, de 0,60 m de diâmetro e 0,25 m de altura. A instalação,

leitura e manejo do minitanque foram realizados conforme recomendam Marouelli et al. (1996) e Bernardo (1995).

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos a partir da instalação de um termohigrógrafo a 1,5 m de altura no interior da casa-de-vegetação.

#### **4.5 Sistema de fertirrigação**

O sistema de água por gotejamento foi montado e readaptado no mês de junho de 2001 (Figuras 1 e 2). Utilizou-se um conjunto motobomba SCHNEIDER - modelo NPE-R1-1CV-monofásica-motor NEMA - inox - 500 Lh<sup>-1</sup> - 29 mca; linha principal de polietileno com diâmetro nominal de 20 mm; filtro AMIAD - 150 mesh - 3/4" - plástico; temporizador (conholador) de 16 estações - 4 programas - 110 V - Irritrol ESP 16 LX - programas A, B, C, D; válvulas BERMAD com solenóides 3/4" 24 VAC plástica; gotejadores KATIF preto - 2,3 Lh<sup>-1</sup> e caixa de água 1000 L para água e sistema de injeção da solução de fertilizantes tipo recipiente de aplicação de soro hospitalar adaptado e conectado diretamente à tubulação principal.

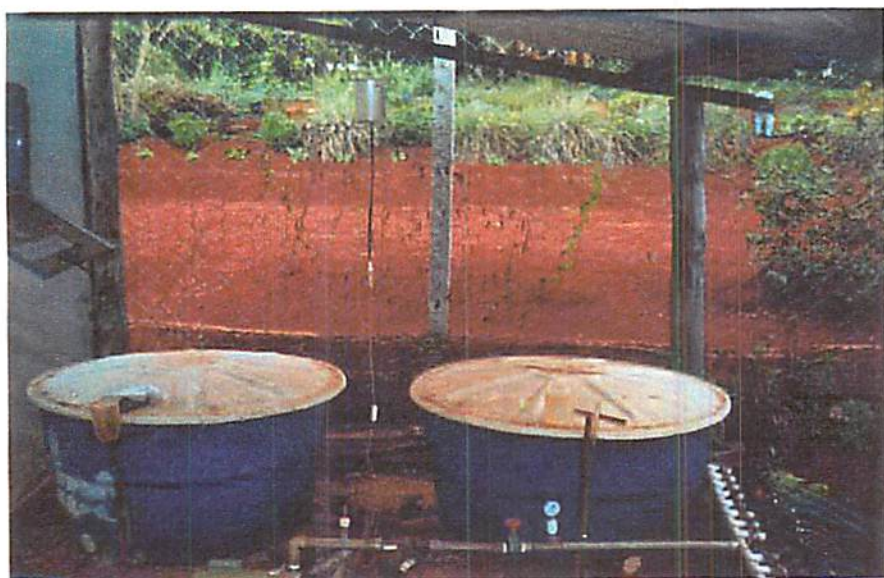
Cada canteiro (subparcela) possuía uma linha lateral de água com diâmetro nominal de 16 mm e 10 gotejadores inseridos sobre linha e distanciados entre si 0,40 m (um gotejador por planta). Essa linha lateral ficou disposta no canteiro de forma a atender duas fileiras de plantas, conforme pode ser verificado na Figura 3.

Foram realizados testes para determinação da vazão nominal do gotejador. Para isso, foram coletadas vazões nos gotejadores de uma determinada subunidade e nela selecionaram-se quatro laterais, a primeira, a situada a 1/3 e a 2/3 do início e a última. Em cada lateral selecionaram-se quatro

gotejadores, o primeiro, o situado a 1/3, e a 2/3 do início e o último (Merriam e Keller, 1978, citado por Cabello (1996).

#### **4.6 Produção de mudas e transplântio**

A cultivar de tomate utilizada foi o Híbrido F<sub>1</sub> Bônus, da TopSeed, com frutos graúdos (120 a 200g) tipo Santa Cruz, adaptado para plantio em casa-de-vegetação. As mudas foram formadas em bandejas de poliestireno de 128 células. A semeadura foi realizada no dia 08/08/2001.



**Figura 1.** Equipamento de irrigação: controlador automático, sistema de injeção de fertilizante, motobomba, filtro e solenóides. UFLA, Lavras, MG, 2002.



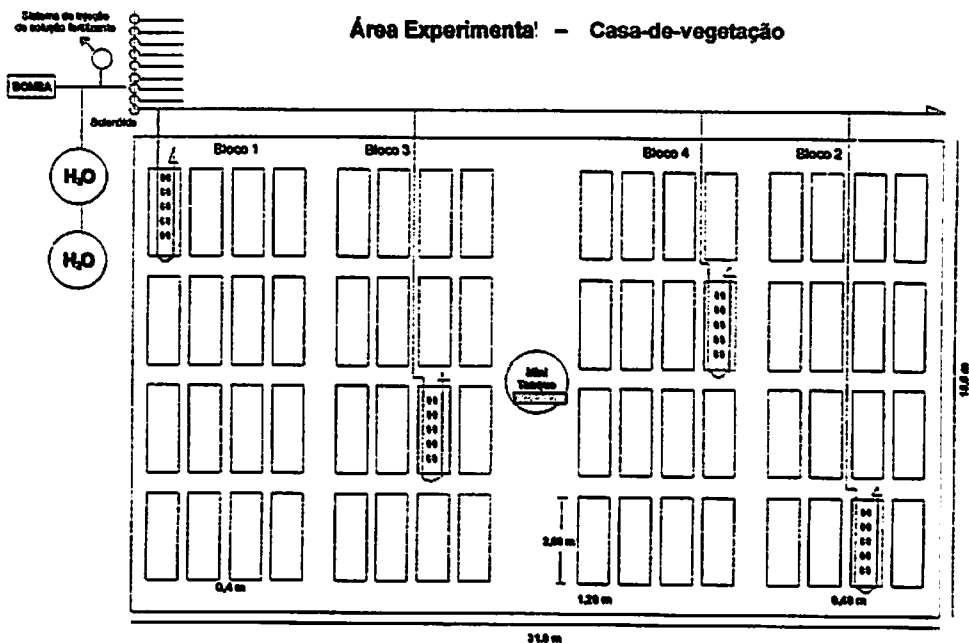
**Figura 2.** Plantas de tomate cultivar Bônus F1 recém-transplantadas e no início de floração. UFLA, Lavras, MG, 2002.

O substrato utilizado foi 50% de casca de arroz carborizada + 50% de substrato comercial Plantmax. Foi realizada uma aplicação de micronutrientes utilizando o produto comercial Plantin II. O controle fitossanitário foi realizado por meio de pulverizações com o inseticida Decis (Deltamethrin) e o fungicida Dithane (Mancozeb).

O transplântio foi realizado no dia 06/09/2001, com os canteiros previamente umedecidos, estando as mudas com 27 dias e quatro pares de folhas, com cerca de 15 cm de altura e bem uniformes. Após o transplântio, aplicou-se durante 10 dias água leve e diária para estabelecimento das mudas, num total de 20 mm.

#### **4.7 Delineamento Experimental e Tratamentos**

O experimento constou de 64 canteiros de 2,00 m de comprimento e 1,20 m de largura (Figura 3), cada um com 10 plantas, sendo consideradas as duas centrais como plantas úteis. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, divididos em quatro blocos de repetição. Os tratamentos foram distribuídos em arranjo de parcelas subdivididas. Nas parcelas principais, foram testadas quatro lâminas de água (40, 60, 80 e 100% Kc.Ev) calculadas de acordo com a fase fenológica da cultura e aplicadas em função da vazão do gotejador e do tempo de água e, nas subparcelas, quatro doses de potássio (300, 500, 700 e 900 kg ha<sup>-1</sup> potássio).



**Figura 3.** Esquema da área experimental: parcelas experimentais (canteiros) e repetições dispostas na casa-de-vegetação, e cabecal de controle do sistema de irrigação, UFLA, Lavras, MG, 2002.

#### 4.8 Manejo da água e da fertágua

O espaçamento utilizado, dentro do canteiro, foi de 0,60 m entre linhas (duas linhas por canteiro) e 0,40 m entre plantas. O espaçamento utilizado entre canteiro foi de 0,60 m. Considerando as áreas de circulação que devem existir entre os canteiros, os blocos e limites da casa-de-vegetação, tem-se cerca de 20.000 plantas por hectare, no sistema de fileiras duplas espaçadas de 1,20 m e 0,40 m entre plantas, no cultivo em ambiente protegido.

O manejo da água e de fertágua foi realizado com base na evaporação diária de um minitanque, considerando Kt igual a 1,0, conforme recomendação de Prados (1986), citado por Evangelista (1999).

De acordo com Marouelli et al. (1996), a evapotranspiração da cultura (Etc) pode ser estimada indiretamente a partir da seguinte equação:

$$Etc = Kt.Kc.Ev.....(1)$$

em que:

Etc = evapotranspiração da cultura (mmdia<sup>-1</sup>);

Kt = coeficiente do tanque, adimensional;

Kc = coeficiente da cultura, adimensional;

Ev = evaporação do tanque (mmdia<sup>-1</sup>).

Os valores de Kc utilizados nos diferentes estádios de desenvolvimento, foram adaptados de Marouelli et al. (1996), Allen et al. (1998) e Marowelli et al. (2001), os quais são apresentados a seguir:

**Estádio I** - Do transplântio até 10% do desenvolvimento vegetativo (0,60);

**Estádio II** - Desde o final da fase I até 70 a 80% do desenvolvimento vegetativo (início de florescimento (0,85);

**Estádio III** - Desde o final da fase II até o início da maturação (1,15);

**Estádio IV** - Desde o final da fase III até final da colheita (0,90).

Assim, a lâmina de água a ser aplicada com uma frequência diária foi calculada considerando-se porcentagem da Etc, ou seja, Kc, Ev, de acordo com cada tratamento (K), conforme a equação abaixo:

$$La = Kc. Ev. K .....(2)$$

em que:

LI = lâmina de água a ser aplicada em cada tratamento (mm);

Ev = evaporação do minitanque;

Kc = coeficiente da cultura, adimensional;

K = porcentagem da evapotranspiração de acordo com o tratamento.

As diferentes lâminas de água, para cada tratamento, foram aplicadas em diferentes tempos de funcionamento das linhas de gotejadores dispostos nos



canteiros, calculados em função da vazão média dos gotejadores e do espaçamento entre eles (ao longo da linha de água e entre linhas), conforme a seguinte equação:

$$T_i = \frac{L_i \cdot S_g \cdot S_c}{q} \dots\dots\dots(3)$$

em que:

$T_i$  = tempo de água para cada tratamento (h);

$L_a$  = lâmina de água a ser aplicada no tratamento (mm);

$S_g$  = espaçamento entre gotejadores na linha de água (m);

$S_l$  = espaçamento entre linhas de água (m);

$Q$  = vazão média do gotejador ( $Lh^{-1}$ ).

Nos primeiros dez dias após o transplântio, foi realizada somente irrigação, pelo fato de ser considerada a fase de estabelecimento das mudas. A partir daí, a fertirrigação foi realizada três vezes por semana. As fontes de N, K, Ca utilizadas foram uréia, nitrato de potássio, cloreto de potássio e nitrato de cálcio.

Tomando como referência as doses até então utilizadas no campo e recomendadas para a cultura, adotou-se uma quantidade média de nutrientes e estabeleceram-se valores abaixo e acima dessa, a serem testadas no experimento. A partir daí, estabeleceu-se divisão dos nutrientes e fertilizantes a serem fornecidos à cultura, segundo a fase de desenvolvimento da mesma (Tabela 4).

**Tabela 4.** Manejo de fertirrigação potássica utilizada durante as fases de desenvolvimento do tomateiro híbrido Bônus F<sub>1</sub>. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Fases (dias)	Lâmina (mm)	Doses de Potássio (kg ha <sup>-1</sup> )	Demanda de Potássio (%)	Nutrientes (g. parc. FI <sup>-1</sup> )			
				KNO <sub>3</sub>	CO (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	KCl	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
I (40 dias)	37,3	300	20	1,82	1,87	-	-
	58,2	500		3,00	1,50	-	-
	77,7	700		4,20	1,12	-	-
	97,1	900		5,45	0,75	-	-
II (40 dias)	73,9	300	30	2,73	2,80	-	-
	110,9	500		4,54	2,24	-	-
	147,9	700		6,36	1,68	-	-
	184,8	900		8,18	1,13	-	-
III (42 dias)	46,9	300	50	-	3,24	3,45	8,00
	70,4	500		-	3,24	5,74	8,00
	93,8	700		-	3,24	8,01	8,00
	117,3	900		-	3,24	10,3	8,00

Obs.: FI – fertirrigação; KNO<sub>3</sub> (44% K<sub>2</sub>O; 13% N); CO (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> (44% N); Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (15,5% N, 19% Ca), KCl (58%K)

L<sub>1</sub> = 40% Kc Ev; L<sub>2</sub> = 60% Kc Ev; L<sub>3</sub> = 80% Kc Ev e L<sub>4</sub> = 100% Kc Ev

Fase I: Transplântio a início de floração (Kc = 0,80)

Fase II: Início de floração a início de colheita (Kc = 1,15)

Fase III: Início de colheita a final de colheita (Kc = 0,90)

As lâminas totais de água utilizadas, considerando 20 mm aplicados durante 10 DAT, foram 178,1; 259,5; 339,4 e 419,2 mm, respectivamente.

É importante ressaltar que, ao observar a tabela 4, dá-se a falsa impressão de que o N estaria variando nas fases I e II, porém, para atender à demanda de N de 20% e 30% de 400 Kg ha<sup>-1</sup> nessas fases, utilizando como fontes a uréia e o nitrato de potássio, é necessário equilibrar com a uréia a

quantidade pré-estabelecida (tratamentos) de potássio (300, 500, 700 e 900 kg.ha<sup>-1</sup>). Dessa forma, ao se aumentar a dose de potássio, diminuiu-se a correspondente em termos de uréia, mantendo-se, no entanto, a dosagem de 20% e 30% de 400 kg/ha de N, para as fases I e II, respectivamente, devido à concentração de nitrogênio (13%) existente no nitrato de potássio, a qual é proporcional ao incremento nos tratamentos com potássio.

Após serem determinadas as quantidades aplicadas dos fertilizantes, estabeleceu-se a concentração dos mesmos e esses foram pesados e, posteriormente, diluídos por 45 minutos, até suas injeções no sistema específico, para obter as soluções nitrogenadas e potássica. Em seguida, programou-se o controlador do sistema água/fertágua de acordo com os tempos necessários de fertágua para cada tratamento.

Considerando-se a vazão de 2,3 L h<sup>-1</sup> para cada gotejador (Katif preto) e 40 gotejadores por tratamento (10 plantas canteiro<sup>-1</sup> x 4 blocos), obteve-se uma vazão de 92 L h<sup>-1</sup> em cada tratamento, ou seja, aproximadamente 1,5 L min<sup>-1</sup>.

#### **4.9 Tratos culturais e colheita da cultura**

No decorrer do ciclo da cultura, foram realizados os tratos culturais necessários ao seu adequado desenvolvimento.

As plantas foram tutoradas mediante colocação de quatro bambus fincados ao longo de cada parcela principal, os quais foram amarrados entre si no topo com fio de arame liso, em que cada planta foi laçada e amarrada nesse fio através de fitilhos plásticos específicos.

Procedeu-se à eliminação de plantas daninhas com a aplicação pré-plantio do produto Metribuzin (16 ml.100 L<sup>-1</sup> d'água) em 01/09/01 e adubação de fundação com superfosfato simples solúvel na linha do plantio em 27/07/01.

Durante o desenvolvimento da cultura, procederam-se à desbrota, amarrão, capação e aplicações de defensivos agrícolas contra broca-pequena (*Neoleucinodes elegantalis*), mosca-branca (*Bemisia spp.*), pulgão (*Myzus persicae*) e larva-minadora (*Liriomyza spp.*).

Para corrigir deficiências de cálcio e magnésio, foram aplicados, direcionados aos frutos e folhas, respectivamente, cálcio quelatizado CaB<sub>2</sub> (45 cc 15 L<sup>-1</sup> d'água) e sulfato de magnésio (100 g . 10 L<sup>-1</sup> d'água).

A colheita dos frutos foi realizada de 1 a 2 vezes por semana. Os frutos foram separados por blocos e tratamentos, computando-se a produção acumulada para o cálculo da produtividade, número e peso de frutos sadios.

## **4.10 Avaliações**

### **4.10.1 Altura de Plantas**

Foi obtida pela medição com trena em três plantas de cada subparcela, computando-se a média no período correspondente a 30, 60 e 90 dias após o transplântio (DAT).

### **4.10.2 Produção de frutos por classe e total**

A produção total dos frutos resultou da soma do peso da matéria fresca dos frutos das 16 colheitas realizadas, expressa em kg . planta<sup>-1</sup>. Os frutos foram separados por classe conforme classificação usual nas centrais de abastecimento de Minas Gerais, de acordo com o seu diâmetro, em:

Extra AAA ( $\Phi > 60$  mm); Extra AA ( $56 \leq \Phi < 60$  mm); Extra A ( $47 < \Phi \leq 56$ ).

Os frutos com diâmetro abaixo de 47 mm foram considerados não-comercializáveis, assim como os frutos rachados, descoloridos ou defeituosos.

#### **4.10.3. Número e peso de frutos sadios e com podridão apical**

Foram realizados a contagem e o peso dos frutos sadios de todas as colheitas.

#### **4.11. Análise estatística**

Foram realizadas análises de variância, teste F e análise de regressão relativas às características avaliadas, de acordo com Gomes (2000).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Altura de plantas aos 30, 60 e 90 dias**

Pelos resultados das análises de variância (Tabela 5), verifica-se que houve efeito linear. Constata-se que houve efeito linear significativo a 0,05 de probabilidade sobre a altura de plantas aos 30 dias de idade e a 0,01 de probabilidade sobre a altura de plantas aos 60 e 90 dias.

Nesta tabela, verifica-se também que não houve influência significativa ( $P > 0,05$ ) da fertilização com potássio, nem efeito interativo entre lâminas de água e doses de potássio sobre o crescimento de plantas até 90 dias de idade, nas condições deste experimento.

**Tabela 5.** Análises de variância (quadrados médios e significância) para comprimento de plantas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) aos 30, 60 e 90 dias de idade, submetido a diferentes lâminas de água e fertilização potássica, em ambiente protegido.

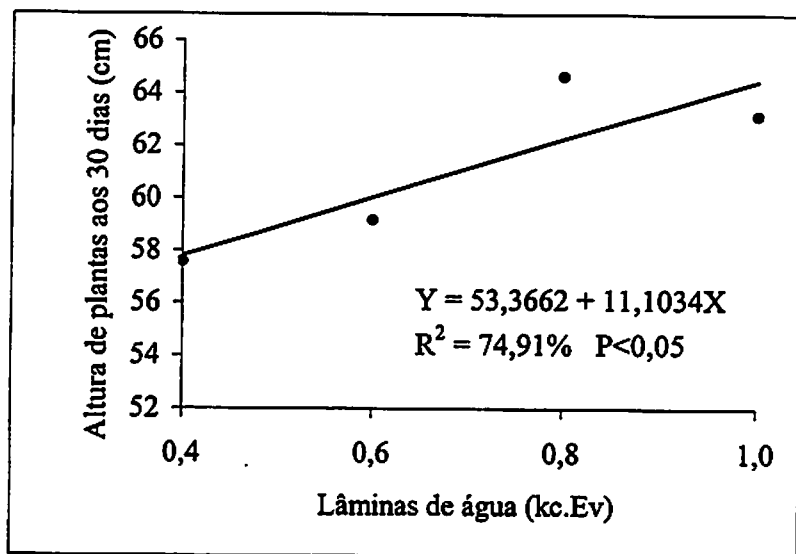
Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		CP30		CP60		CP90	
Blocos	3	162,3845	ns	421,2803	ns	415,3893	ns
Lâminas = L	3	175,5530	***	1513,9373	*	847,5768	*
Linear	1	394,5162	*	3829,5973	**	2197,1320	**
Desvio da reg.	2	66,0714	ns	326,1073	ns	172,7993	ns
Resíduo (a)	9	53,4766		371,3948		143,6636	
Potássio = K	3	82,1259	ns	681,5964	ns	283,7227	ns
Interação L x K	9	27,6792	ns	701,1546	ns	225,6775	ns
Resíduo (b)	36	44,7746		1221,6889		573,3312	
CV (a) %	-	11,96		12,68		6,97	
CV (b) %	-	10,94		22,99		14,93	

\* e \*\* (Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F)

\*\*\* Significativo ( $P > 0,0724$ )

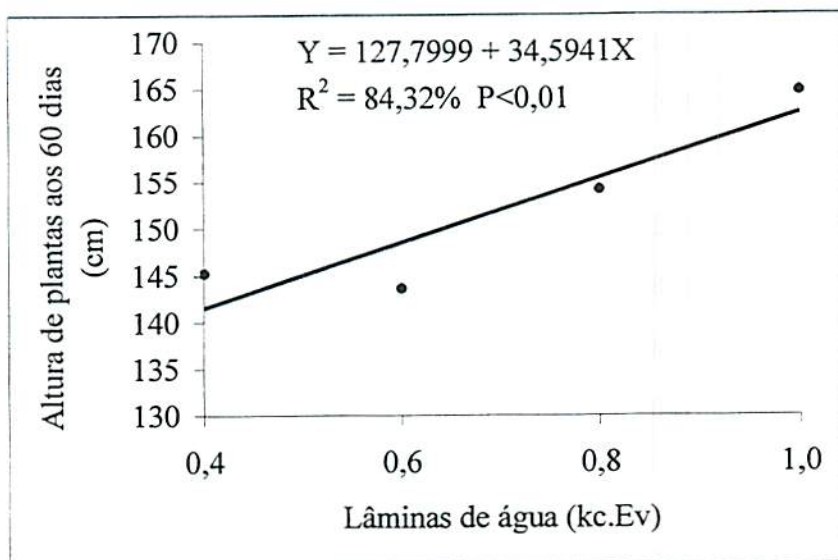
ns (Não significativo)

Na Figura 4, observa-se o comportamento linear do crescimento do tomateiro, em termos de altura de plantas aos 30 dias de idade, em função das lâminas de água aplicadas. Constata-se que houve um incremento no comprimento de plantas aos 30 dias à medida que se aumentava a lâmina de água. Pelo coeficiente angular da equação obtida, verifica-se que, no decorrer do período, o incremento na altura de plantas foi de aproximadamente 2,22 cm para cada 20% adicionada à lâmina de água de KcEv.



**Figura 4.** Relação linear do comprimento de plantas de tomateiro, aos 30 dias de idade, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001.

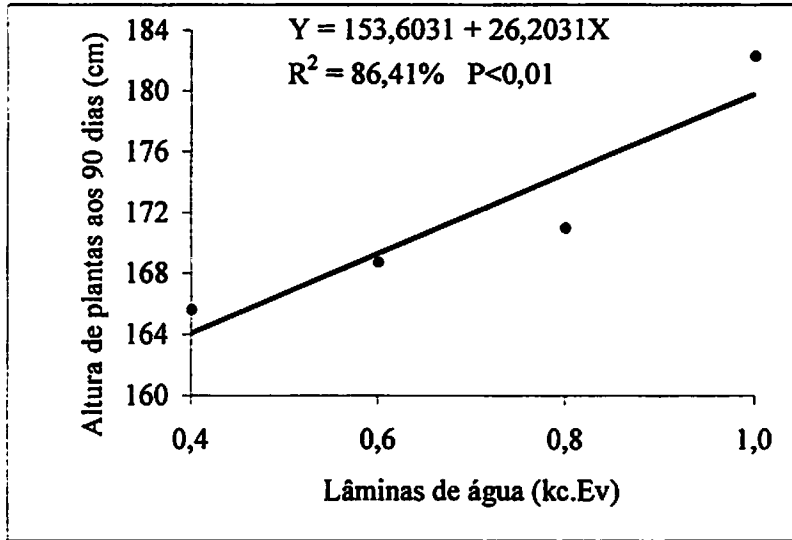
O comportamento do crescimento de plantas de tomateiro, em ambiente protegido, aos 60 dias de idade, pode ser observado na Figura 5, cuja linha de regressão infere que o crescimento das plantas aumentou proporcionalmente com o aumento das lâminas de água à razão de aproximadamente 6,92 cm para cada 20% a mais na lâmina de água aplicada.



**Figura 5.** Relação linear do comprimento de plantas de tomateiro aos 60 dias de idade, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001.

Na Figura 6 observa-se o comportamento linear do crescimento de plantas de tomateiro, em termos de altura de plantas aos 90 dias de idade, em função de lâminas de água. Verifica-se que houve resposta linear positiva e significativa ( $P < 0,01$ ), cuja linearidade infere que o altura das plantas aos 90 dias aumentou à medida que se aumentavam as lâminas de água. Pelo coeficiente angular da equação obtida, constata-se que o incremento na altura das plantas foi de aproximadamente 5,24 cm para cada 20% adicionada na lâmina de água.





**Figura 6.** Relação linear de altura de plantas do tomateiro, aos 90 dias de idade, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001.

## 5.2. Número de frutos doentes, sadios e total

Verifica-se na Tabela 6 que houve efeito linear significativo de lâminas de água a 1% de probabilidade sobre o número de frutos sadios e a 5% de probabilidade sobre o número de frutos total. Não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) de lâminas de água sobre o número de frutos doentes.

**Tabela 6.** Análises de variância (quadrados médios e significância) para números de frutos doentes (NFD), número de frutos sadios (NFS) e número de frutos totais (NFT) de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.), submetido a diferentes lâminas de água e fertilização potássica, em ambiente protegido, UFLA, Lavras, MG, 2001.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		NFD <sup>(1)</sup>	NFS <sup>(2)</sup>	NFT <sup>(3)</sup>
Blocos	3	0,5806 ns	1,1221 ns	1,3970 ns
Lâminas = L	3	0,1036 ns	5,8001 *	2,8298 ns
Linear	1	0,0044 ns	16,8984 **	8,1517 *
Desvio da reg.	2	0,1533 ns	0,2510 ns	0,1689 ns
Resíduo (a)	9	0,7703	1,0253	1,3963
Potássio = K	3	1,0119 ns	3,3095 ns	0,4946 ns
Interação L x K	9	0,9458 ns	2,0999 ns	0,7418 ns
Resíduo (b)	36	1,1670	2,2537	1,7253
CV (a) %	-	16,97	17,34	15,10
CV (b) %	-	20,89	25,70	16,79

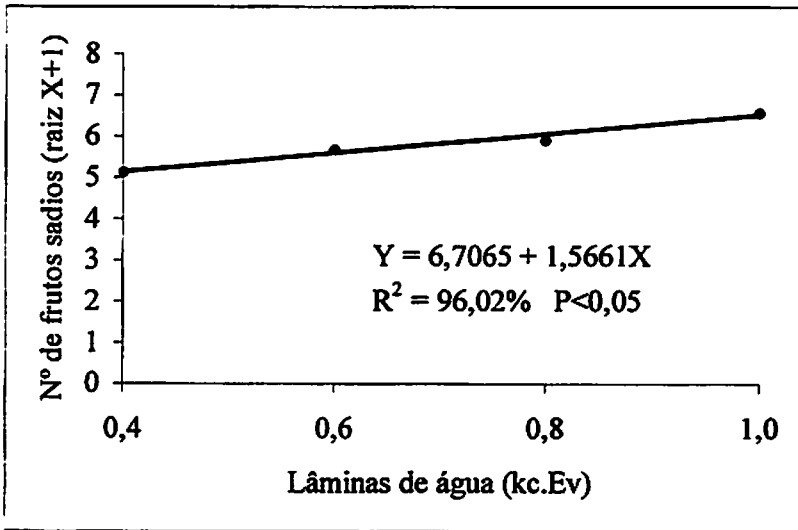
\* e \*\* (Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F)  
ns (Não-significativo)

<sup>1</sup> e <sup>3</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X}$

<sup>2</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X+1}$

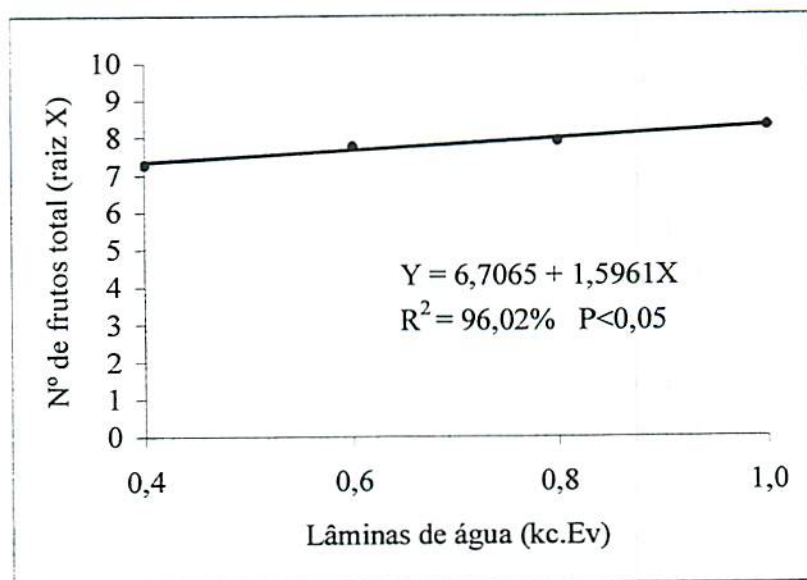
Não foi observada influência significativa ( $P>0,05$ ) de doses de potássio nem da interação entre lâminas de água e fertilização potássica sobre o número de frutos doentes, número de frutos sadios e número de frutos total.

A Figura 7 representa a relação linear do número de frutos sadios de tomateiro, em função de lâminas de água. Percebe-se que o número de frutos sadios aumentou proporcionalmente com o incremento das lâminas de água em 20% adicionados às lâminas de água.



**Figura 7.** Relação linear do número de frutos sadios de tomateiro, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001.

A Figura 8 representa o comportamento do número de frutos total do tomateiro, em função de lâminas de água aplicadas. Verifica-se que o número de frutos total aumentou linearmente com o aumento das lâminas de água, cujo incremento foi cerca de 2,5 frutos para cada 20% adicionados às lâminas de água.



**Figura 8.** Relação do número de frutos total de tomateiro, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001.

### 5.3. Número de frutos comerciais

Na Tabela 7 constam os resultados das análises de variância (quadrados médios e significância) para número de frutos comerciais tipos Extra AAA, Extra AA e Extra A de tomateiro, submetido a diferentes lâminas de água e doses de fertilização potássica, em ambiente protegido. Constatou-se que houve efeito linear significativo ( $P < 0,01$ ) de lâminas de água sobre essas variáveis.

O incremento no número de frutos comerciais foi o componente de produção que mais influenciou na produtividade em relação às lâminas, concordando com Novero et al. (1991) para cultivo sob condições de solo coberto.

Os incrementos obtidos neste experimento foram principalmente devidos a frutos de tamanho pequeno a médio (Extra A e Extra AA) com incrementos estimados em 1,038 e 0,681 frutos.planta<sup>-1</sup> para cada 20% adicionados à lâmina de

água. Obtiveram-se poucos frutos grandes (Extra AAA) com incremento de 0,462 fruto.planta<sup>-1</sup> para cada 20% adicionados à lâmina de água.

Os resultados obtidos sobre a não-significância, tanto para doses de potássio quanto para a interação com lâminas de água, estão de acordo com Silva et al. (2002), com tomate industrial e semelhantes aos obtidos por Santos et al. (1988) e Nannetti (2001), com a cultura do pimentão.

**Tabela 7.** Análises de variância (quadrados médios e significância) para número de frutos comerciais tipos Extra AAA (NFEAAA), Extra AA (NFEAA) e Extra A (NFEA) de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) submetido a diferentes lâminas de água e fertilização potássica, em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2001.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		NFEAAA <sup>(1)</sup>	NFEAA <sup>(1)</sup>	NFEA <sup>(1)</sup>
Blocos	3	0,1419 ns	0,2237 ns	3,5774 *
Lâminas = L	3	1,6435 *	3,1945 *	4,7863 **
Linear	1	3,9864 **	7,3522 **	11,8017 **
Desvio da reg.	2	0,4721 ns	1,1157 ns	1,2786 ns
Resíduo (a)	9	0,3025	0,4725	0,5943
Potássio = K	3	0,0297 ns	0,3549 ns	2,1888 ns
Interação L x K	9	0,7312 ns	1,4752 ns	2,6053 ns
Resíduo (b)	36	0,6625	0,9767	2,7986
CV (a) %	-	34,42	34,92	24,03
CV (b) %	-	50,94	50,21	52,14

\* e \*\* (Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F)  
ns (Não-significativo)

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X+1}$

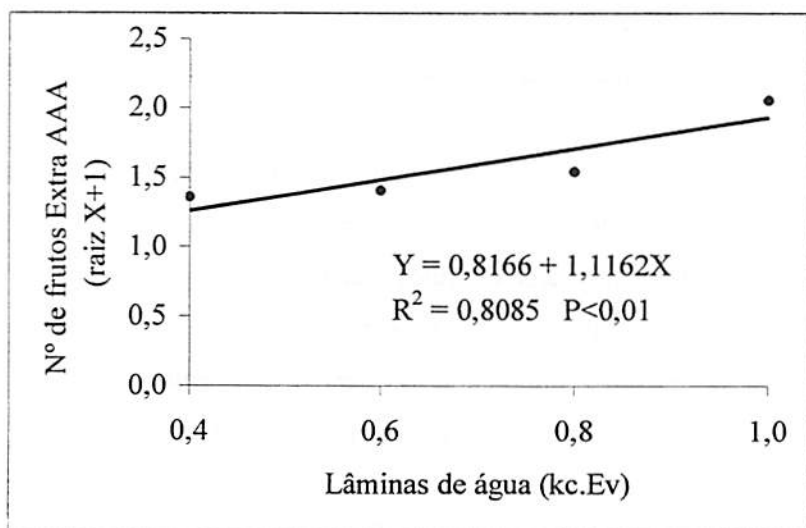
Não foi observado efeito significativo ( $P>0,05$ ) de doses de fertilização potássica e da interação lâminas de água x doses de potássio sobre o número de frutos comerciais.

Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Oliveira et al (1980) e Cook e Sanders (1991) observaram aumento significativo com a utilização de potássio somente na produção de frutos graúdos.

Locascio et al. (1989), em experimento realizado em Gainesville, Flórida, não encontraram interação significativa entre N e K, quando trabalharam com fornecimento de nitrogênio e potássio aplicados 40% em pré-plantio, mais 60% parcelado via fertágua (6,8 g planta<sup>-1</sup> de N e 10,0 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), para tomateiro cv "Sunny". Trabalhando também com tomateiro "Sunny", testando a frequência de aplicação da adubação nitrogenada, via fertágua por gotejamento, Cook e Sanders (1991) observaram que o número de frutos comerciais não foi afetado pelos tratamentos. O total do rendimento comercial aumentou somente devido a maior frequência de frutos grandes.

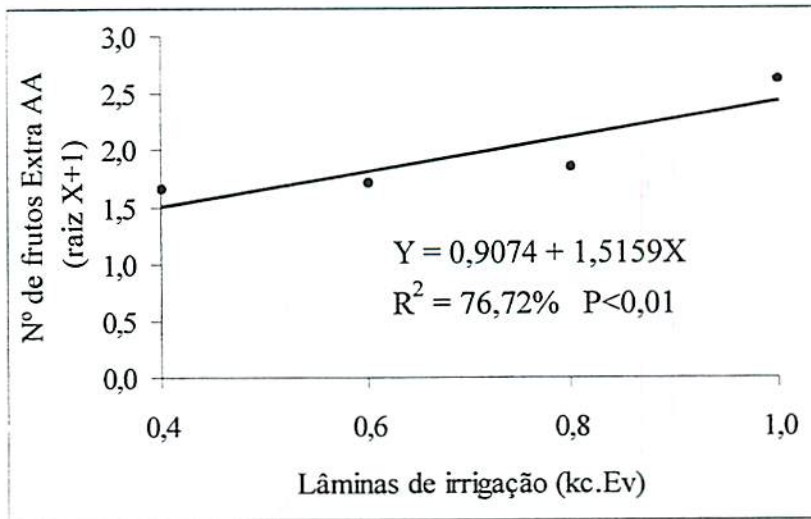
Carrijo et al. (1996), estudando nitrogênio e potássio fornecidos em fertágua por gotejamento para o tomateiro cv Irazu (grupo salada), em ambiente protegido, conseguiram obter maior produtividade quando utilizaram doses dos dois nutrientes (5,4 g planta<sup>-1</sup> de N e 10,8 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) em proporção similar às que produziram melhores frutos nesse trabalho (8,9 g de N e 17,6 g K<sub>2</sub>O planta<sup>-1</sup>).

Na Figura 9 encontram-se linha e equação de regressão, com respectivo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para número de frutos comerciais tipo Extra AAA, em função das lâminas de água. Verifica-se que o número de frutos Extra AAA teve um acréscimo proporcional ao aumento das lâminas de água. Pelo coeficiente angular da equação obtida, vê-se que o incremento do número de frutos Extra AAA foi cerca de 1,0 fruto para cada 20% adicionados à lâmina de água.



**Figura 9.** Relação linear do número de frutos Extra AAA de tomateiro, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001.

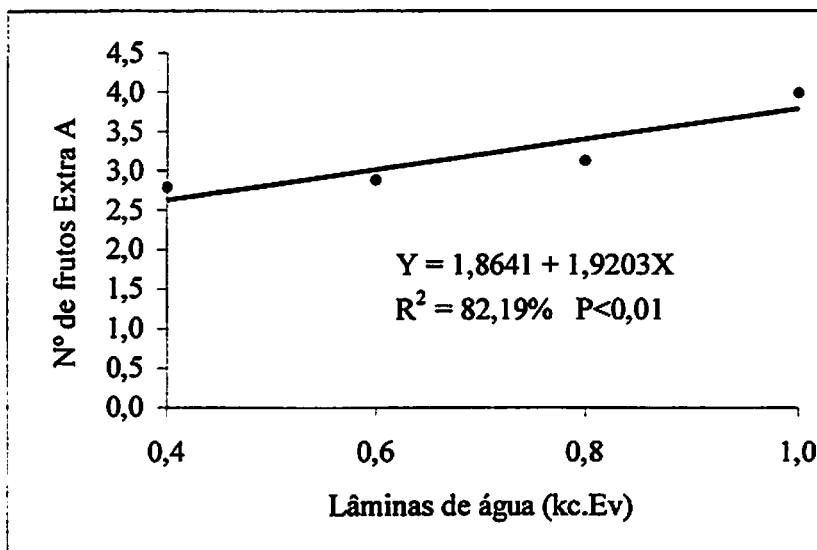
A relação linear entre número de frutos Extra AA de tomateiro e lâminas de água está apresentada na Figura 10, cujos dados indicam que o número de frutos comerciais Extra AA aumentou linearmente com o aumento das lâminas de água aplicadas. Esse incremento foi estimado em 1,0 fruto para cada 20% a mais da lâmina aplicada à cultura do tomateiro.



**Figura 10.** Relação linear do número de frutos Extra AA de tomateiro, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001.

Na Figura 11 pode ser observado o comportamento do número de frutos Extra A de tomateiro, em função de lâminas de água. Depreende-se que o número de frutos Extra A aumentou linearmente à medida que se aumentavam as lâminas de água, à razão de aproximadamente 2,7 frutos para cada 20% adicionados à lâmina de água.





**Figura 11.** Relação linear do número de frutos Extra A de tomateiro, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001.

#### 5.4 Número de frutos não comerciais

Na Tabela 8, encontra-se a análise de variância (quadrados médios e significância) para número de frutos não-comerciais de tomateiro submetido a diferentes lâminas de água e fertilização potássica, em casa-de-vegetação, cujos dados revelam que não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) de lâminas de água, de fertilização potássica, nem da interação lâminas de água x níveis de potássio sobre essa variável.

**Tabela 8.** Análises de variância (quadrados médios e significância) para número de frutos não comerciais de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) submetido a diferentes lâminas de água e fertilização potássica, em ambiente protegido. UFLA, Lavras, MG, 2001.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios <sup>(1)</sup>
Blocos	3	1,0142 ns
Lâminas = L	3	1,0784 ns
Linear	1	0,2878 ns
Desvios de reg.	2	1,4743 ns
Resíduo (a)	9	0,9941
Doses de potássio = K	3	0,2274 ns
Interação L x K	9	0,9468 ns
Resíduo (b)	36	1,2876
CV (a) %	-	15,07
CV (b) %	-	17,16

\* e \*\* (Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F)  
ns (Não-significativo)

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$

### 5.5 Peso de frutos doentes, sadios e total

Os resultados das análises de variância (quadrados médios e significância) para pesos dos frutos doentes, sadios e total do tomateiro, submetido a diferentes lâminas de água e fertilização potássica, em ambiente protegido, encontram-se na Tabela 9. Nota-se que houve efeito linear

significativo ( $P < 0,05$ ) de lâminas de água apenas sobre o peso dos frutos sadios e peso dos frutos total.

Também se verifica que as doses de potássio não influenciaram significativamente ( $P > 0,5$ ) os pesos de frutos doentes, sadios e total, assim como a interação lâmina x potássio. Esses resultados estão de acordo com Boaretto et al., (1983) e Takahashi (1993), os quais afirmam que, embora o tomateiro seja exigente em potássio, não é freqüente observar respostas de produção com a aplicação desse elemento no solo. Esse fato pode estar relacionado aos altos teores iniciais de potássio no solo da área experimental, proveniente de resíduos de adubações efetuadas em experimentos que precederam ao ensaio em questão.

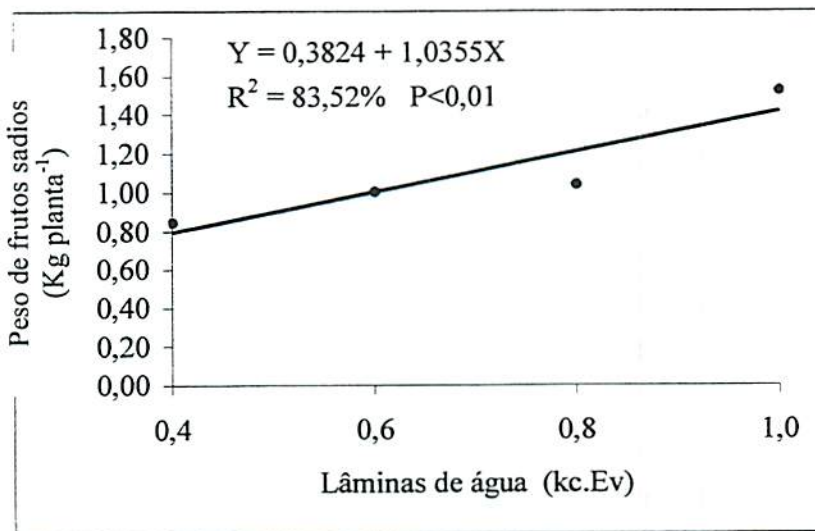
**Tabela 9.** Análises de variância (quadrados médios e significância) para pesos de frutos doentes (PFD), sadios (PFS) e total (PFT) de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) submetido a diferentes lâminas de água e fertilização potássica, em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2001.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		PFD	PFS	PFT
Blocos	3	0,1222 ns	0,1508 ns	0,4495 ns
Lâminas = L	3	0,0811 ns	1,3695 *	3,0718 *
Linear	1	0,2376 ns	3,43,15 **	5,4763 **
Desvio da reg.	2	-0,0029 ns	0,3384 ns	0,3696 ns
Resíduo (a)	9	0,0690	0,2152	0,3853
Potássio = K	3	0,0168 ns	0,7980 ns	0,7636 ns
Interação L x K	9	0,0469 ns	0,6679 ns	0,7231 ns
Resíduo (b)	36	0,0913	0,7396	1,1248
CV (a) %	-	47,52	41,89	37,39
CV (b) %	-	54,65	77,67	63,88

\* e \*\* (Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F)  
ns (Não-significativo)

A análise de regressão indicou que o peso de frutos sadios de tomateiro apresentou resposta linear com o aumento das lâminas de água, expressa na Figura 12 pela equação  $Y = 0,3824 + 1,035 X$ , em que Y representa o peso de frutos sadios e X, as lâminas de água (Kc.Ev). Constata-se que houve acréscimo no peso de frutos sadios à medida que se aumentavam as lâminas de água, à razão de aproximadamente  $0,207 \text{ kg.planta}^{-1}$  para cada 20% de aumento na lâmina de água.

Considerando a densidade populacional de  $20.000 \text{ plantas ha}^{-1}$  no cultivo protegido e substituindo X por 40%, 60%, 80% e 100% K Ev ( $Kc = 0,05$  e  $Ev = 3,34\text{mm}$ ), obtiveram-se produtividades médias de 29.332, 43.997, 58.663 e  $73.329 \text{ Kg}$  de frutos sadios por hectare, respectivamente.

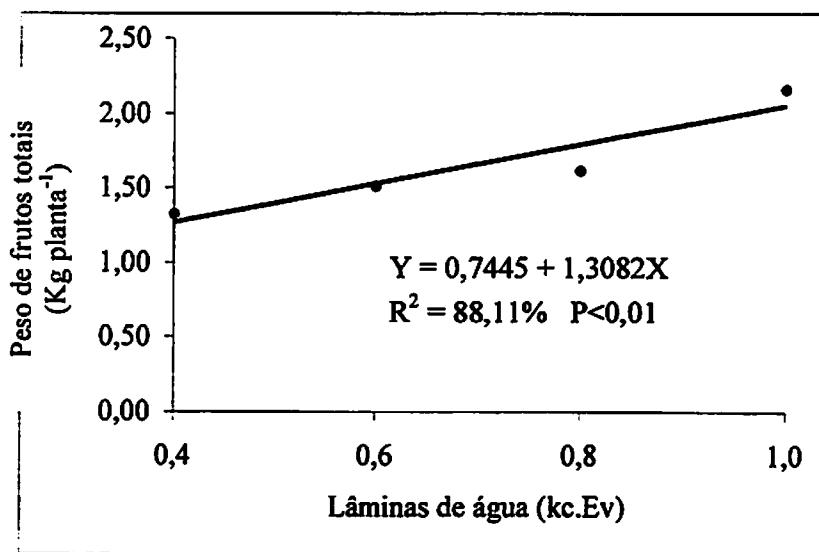


**Figura 12.** Relação linear do peso de frutos sadios de tomateiro, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001.

A relação linear entre peso de frutos total de tomateiro e lâminas de água foi estabelecida por uma análise de regressão polinomial.(Figura 13). A

equação encontrada  $Y = 0,7445 + 1,3082 X$  indica que o peso de frutos total aumentou proporcionalmente com o aumento das lâminas de água. O coeficiente angular da equação de regressão obtida indica que o incremento no peso de frutos total foi de aproximadamente  $0,261 \text{ kg.planta}^{-1}$  para cada 20% de aumento nas lâminas de água.

Considerando a densidade populacional de 20.000 plantas por hectare e substituindo X por 40%, 60%, 80% e 100% Kc.Ev, obtiveram-se produtividades médias de 48.000, 64.701, 81.304 e 97.90, considerando Kc médio de 0,95 e evaporação média de 3,34 mm.



**Figura 13.** Relação linear do peso de frutos total de tomateiro, em função de lâminas de água. UFLA, Lavras, MG, 2001.

## 5.6. Considerações gerais

Um dos principais efeitos da cobertura plástica na proteção à cultura é a diminuição da demanda evaporativa em função das menores radiação solar e vento, fatores importantes, entre outros, que influenciam a evapotranspiração.

Durante o período de execução deste ensaio, a evaporação diária foi, em média, 3,34 mm (Tabela 2A), considerada baixa para viabilizar o manejo da fertágua preconizado com freqüência de 3 vezes por semana, com gotejador de baixa vazão (2,3 L.h<sup>-1</sup>) e baixa qualidade das peças de derivação do fluxo de água (Te<sup>1</sup>), as quais requereram trocas permanentes, mesmo mantendo-se a pressão de serviço recomendada de entre 250 Kpa e 300 KPa, prejudicando a uniformidade de distribuição e aplicação da água e fertilizantes.

Outro aspecto importante refere-se às temperaturas máximas e mínimas registradas (Tabela 2A) no interior da casa-de-vegetação, onde verificaram-se temperaturas máximas acima das consideradas ótimas (25 a 30° C) para a cultura, e mínimas abaixo das favoráveis (15 a 20° C) para seu bom desenvolvimento e produção. Esse fato parece requerer maiores alturas no pé direito e parte central da casa-de-vegetação, que deu suporte aos estudos em questão.

Esses fatos parecem ter influenciado a disponibilidade dos nutrientes aplicados, haja vista que o tempo de água (tempo de aplicação + tempo de fertágua + tempo de lavagem), na maioria das vezes, foi inferior a 30 minutos, o que dificultou a uniformidade de distribuição dos fertilizantes potássicos durante todo o ciclo da cultura.

Sugerem-se novos estudos de fertirrigação potássica, inclusive com doses variando desde zero até 300 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, com frequência de duas vezes por semana e redefinição de intervalos entre lâminas de água.

## 6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- i) as doses de potássio e sua interação com lâminas de água não influenciaram as características de crescimento das plantas, de produção e qualidade dos frutos;
- ii) as aplicações de lâminas de água e da fertilização potássica não influenciaram, nem isoladamente nem em conjunto, o número de frutos não-comerciais;
- iii) a aplicação das lâminas totais de 178,1, 259,5, 339,4 e 419,2 mm produziram, em média, 48.000, 64.701, 81.304 e 97.908 Kg ha<sup>-1</sup> de peso total de frutos de tomate;
- iv) as lâminas de água influenciaram o número de frutos comerciais com incrementos de 0,462; 0,681 e 1,038 frutos.planta<sup>-1</sup> para os frutos Extra AAA, Extra AA e Extra A adicionados à lâmina de água.
- v) a aplicação da lâmina de água de 100% KcEv proporcionou maior produtividade para peso total de frutos e peso de frutos sadios.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, N. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 328 p. (Irrigation and Drainage. Papers, 56).

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV. Imprensa Universitaria, 1995. 657 p.

BOARETTO, A. E.; BULL, L. T.; PIERI, J. C.; CHITOLINA, J. C.; SOARES, E. Doses de potássio na adubação do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill. ) estaqueado. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 209-212, out. 1983.

CABELLO, F. P. **Piegos localizados de alta-frecuencia (RLAF) goteo, microaspersion, exudación**. 3. ed. Madrid: /ediciones Mundi-Prensa, 1996. 511 p.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N.; OLIVEIRA, C. A. S.; REIS, N. V. B.; FONTES, R. Fatores de evapotranspiração do tanque Classe A e níveis de fertágua com nitrogênio e potássio afetando o cultivo protegido de tomate. resumo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 78, maio 1996.

COOK, W. P.; SANDERS, D. C. Nitrogen application frequency for drip-irrigated tomatoes. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 3, p. 250-252, 1991.



DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Tradução de H. R. Gheyi, A. A. de Souza, F. A. V. Damasceno, J. F. de Medeiros. Campina Grande, PB: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: Água e Drenagem, 33).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análises de solo.** Rio de Janeiro, 1979. 60 p.

EVANGELISTA, A. W. P. **Avaliação de métodos de determinação da evapotranspiração no interior da casa de vegetação em Lavras – MG.** 1999. 79 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 14. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 47 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Anuário estatístico.** Rio de Janeiro, 1996.

KOPPEN, W. **Der geographische system der klimate.** In: KOPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). **Handbuch der klimatologie.** Berlin: Borntrager, 1936. v. 1, part c.

JACKSON, M. L. **Analises químico de suelos**. Barcelona: Omega, 1970. 662 p.

LOCASCIO, S. J.; OLSON, S. M.; RHOADS, F. Mwater quantity and time of N and application for for trickle-irrigated tomatoes. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, n. 2, p. 265-268, Mar. 1989.

LOPEZ FILHO, R. P. **Utilização de diferentes tanques evaporimétricos em ambiente protegido 2000**. 79 p. Dissertação (Mestrado em Água e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NANNETTI, D. C.; **Nitrogênio e potássio aplicados via fertágua na produção, nutrição e pós-colheita do pimentão**. 2001. 184 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NOVERO, R; SMITH, D. H.; MOORE, F. D.; SHWNAHAN, U. F.; DANGRIA, R. Field=grown tomato response to carbonated water application. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 5, p. 911-16, Sept./Oct. 1991.

OLIVEIRA, C. A. S.; CARRIJO, O. A.; OLITTA, F. L.; REIS, N. V. B.; FONTES, R. R. Água por gotejamento e fertágua de N e K em tomateiro. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEO, 3., 1979, Campinas. **Informe final...** San Jose. IICA, 1980. p. 476-490.

SANTOS, R. F.; KLAR, A. E.; BRAGA, M. B. Efeitos da aplicação de N-K em água por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L. ) em estufa de polietileno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: ABID, 1998.

SILVA, H. R.; MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Resposta do tomateiro industrial a diferentes lâminas de água e dose de potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42.; CONGRESSO LATINO AMERICANO DE HORTICULTURA, 11., 2002. Uberlândia, MG. **Resumos...** Brasília: Horticultura Brasileira, 2002. v. 20, n. 2, jul. 2002.

SOUZA, J. A. de; SOUSA, R. J. de; COLLICCHIO, E.; GOMES, L. A. A.; SANTOS, H. S. **Instruções práticas para a construção da estufa “Modelo Ana Dias”**. Lavras: UFLA, 1994. 20 p. (Boletim Técnico).

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

TEDESCO, M. J.; WOLKWEISS, S. T.; BOHNEN, H. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. (Boletim Técnico, 5).

## CAPÍTULO 3

### 1. RESUMO

Macêdo, Ladilson de Souza. **LÂMINAS DE ÁGUA E FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DOS FRUTOS DO TOMATEIRO HÍBRIDO BÔNUS F<sub>1</sub> EM AMBIENTE PROTEGIDO**. Lavras: UFLA, 2002 (Tese de Doutorado – Agronomia). Lavras, MG. 2002.

Este experimento foi conduzido, em janeiro de 2002, com o objetivo de determinar os efeitos da aplicação de lâminas de água (L) e doses de potássio (K), via fertirrigação, sobre as características qualitativas do fruto de tomate, híbrido bônus F<sub>1</sub>. Foram retiradas amostras de quatro frutos em cada combinação L x K, totalizando 16 amostras. As quatro lâminas de água foram aplicadas em função do coeficiente da cultura (Kc) e da evaporação (Ev), sendo expressas por 40,60,80 e 100% KcEv, e as quatro doses de potássio aplicadas foram 300, 500, 700 e 900 Kgha<sup>-1</sup>, dispostas em fatorial 4 x 4 em repetição, utilizando a interação dupla L x K como resíduo, sendo submetidos à análise de regressão polinomial. As características qualitativas analisadas foram: pH, acidez, sólidos solúveis (°Brix) e pectinas total e solúvel. As características avaliadas não foram influenciadas pela interação L x K, entretanto o °Brix e a pectina solúvel foram influenciadas pelo aumento da lâmina de água até 100% KcEv. (419,2 mm). As características de °Brix, acidez e pH foram influenciadas pela dose de potássio.

### 3. ABSTRACT

Macedo, Ladilson de Souza. **WATER DEPTHS AND POTASSIUM FERTIRRIGATION ON THE QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF THE TOMATO FRUITS *HÍBRIDO BÔNUS F1* IN GREENHOUSE.** Lavras: UFLA, 2002 (Thesis Doctorate / Plant Science). Lavras, MG. 2002.

The experiment was conducted in January 2002, with the objective to determine the effects of the water application (L) and potassium dosages (K), by means of fertirrigation, on the qualitative tomato fruit characteristics, *híbrido bônus F1*. Samples of four fruits were extracted from each combination L x K, summing 16 specimens. The four water depths were applied according to the crop coefficient (Kc) and the evaporation (Ev), expressed by 40, 60, 80 and 100% KcEv, and the four potassium dosages applied were 300, 500, 700 and 900 Kg ha<sup>-1</sup>, disposed in factorial 4 x 4, with no replication, using the double interaction L x K as residual, submitted to a polynomial regression analysis. The qualitative characteristics analyzed were: pH, acidity, soluble solids and total and soluble pectins. The characteristics evaluated were not influenced by the L x K interaction, however the °Brix and the soluble pectin were influenced by the water increasing

up to 100% KcEv (419,2 mm). The °Brix characteristics, total acidity and pH were influenced by the potassium dosage.

### 3. INTRODUÇÃO

A obtenção de altas produtividades no campo é, em geral, priorizada, não havendo preocupação com a qualidade do produto final disponibilizado.

O tomate constitui-se numa importante fonte de vitaminas e sais minerais para o ser humano, sendo uma das hortaliças mais consumidas no Brasil. Contudo, seu valor comercial depende especialmente do seu aspecto externo, sendo dada pouca atenção à composição e qualidade dos frutos.

Diversos fatores contribuem para a alta produtividade do tomateiro. Certamente que a produção em ambiente controlado e os manejos adequados da água e da fertirrigação são alguns desses fatores. Entretanto, na exploração de tomate em condições protegidas, é de fundamental importância o manejo dos fertilizantes visando a maior eficácia da produção qualificada de frutos, sem comprometimento do meio ambiente.

Nesse sentido, a análise química dos frutos é essencial em estudos de nutrição e adubação, pois permite avaliar as concentrações e as relações dos constituintes, possibilitando inferências sobre a qualidade do produto obtido, para atender a um mercado consumidor cada vez mais exigente.

Os fatores do meio ambiente que mais influenciam a composição e qualidade dos frutos de tomate são: luminosidade, temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes (Montagu, 1990; Yadav et al., 1992; El-Gizawy et al., 1993; Naphade, 1993; Johjima, 1994; Yanagi et al., 1995). Dentre os nutrientes, o potássio assume papel importante na síntese de carotenóides, e sua deficiência no fruto influencia a biossíntese de açúcares, ácidos orgânicos, vitamina C e sólidos solúveis totais (Trudel e Ozbun, 1971; Sobulo e Olorunda, 1977; Matev e Stanchev, 1979; Rao, 1994).

O nitrogênio, por sua vez, influencia principalmente o conteúdo de sólidos solúveis totais, a acidez total titulável e o teor de ácido ascórbico (Kooner e Randhawa, 1990; Arora et al., 1993; Rao, 1994).

Plantas de tomate deficientes em potássio, apresentam irregularidade no amadurecimento e frutos com menor valor comercial (Trudel e Ozbun, 1970; Trudel e Ozbun, 1971; Amable e Sinnadurai, 1977).

Com lastro em tais considerações, este trabalho teve como objetivo relacionar as lâminas de água e de doses potássio, aplicados via fertirrigação, com as características químicas inerentes à composição e qualidade de frutos do tomate, conduzido sob ambiente protegido.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos foram originados de experimento conduzido no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras, MG, em ambiente protegido tipo capela.

A cultivar de tomate utilizada foi o híbrido bônus F<sub>1</sub>, do grupo Santa Cruz comercializado pela Empresa de Sementes TopSeed, com frutos do tipo graúdo (120 a 200g), com formato oblongo. A cultura foi conduzida por 5,5 meses (com 45 dias de colheita) nos quais utilizou-se a fertirrigação potássica, através do uso de nitrato de potássio com quatro doses em cobertura (300, 500, 700 e 900 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) e quatro lâminas de água (40%, 60%, 80% e 100% Kc.Ev). A coleta dos frutos para determinação das características químicas, como sólidos solúveis, acidez total titulável, pH e pectinas solúveis e total, foi realizada na última colheita do experimento.

Desse modo, avaliaram-se as características qualitativas, submetendo-as a análise de regressão polinomial do teste de identidade do modelo polinomial



que melhor explica as características do pH, °Brix, acidez, pectinas total e e solúvel dos frutos de tomate.] Neste caso, foi usada a interação dupla (L x k) como resíduo de acordo com Gomes (2000), num esquema fatorial de 4 x 4.

#### 4.1. Análises químicas

Foi coletada amostra em todas interações L x K constituindo-se posteriormente numa amostragem de seis frutos por combinação totalizando 16 amostras, estando os frutos na fase intermediária de maturação.

A amostragem foi realizada na última colheita dos frutos.

O pericarpo congelado foi triturado (liquidificador) na proporção 1: 10 (polpa e água) para as avaliações de pH, sólidos solúveis e acidez total titulável.

pH – determinado por potenciometria, em potenciômetro Digimed modelo DMpH-2, após filtragem do homogenato em gaze.

Acidez total titulável – medida por titulação do homogenato filtrado em gaze, com NaOH 0,1 N, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985), e os resultados expressos em % de ácido cítrico.

Sólidos solúveis (°Brix) – medidos por refratometria, em refratrômetro digital ATAGO PR-100, após filtragem do homogenato em gaze, e os resultados expressos em %, segundo AOAC (1990).

Pectina total e solúvel – extraídas segundo técnica descrita por McCready e McComb (1952), e determinadas colorimetricamente segundo Bitter e Muir (1992). Os resultados foram expressos em mg de pectina por 100g de polpa.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação de lâminas de água e doses de potássio via fertirrigação aplicada sobre a cultura do tomate híbrido Bônus F<sub>1</sub>, sob ambiente protegido, não influenciaram o pH, a acidez e o brix.

Para as características químicas de pectinas solúvel e total, houve maior amplitude de variação em função dos diferentes tratamentos de fertirrigação utilizados.

Devido à ausência de modelos matemáticos que explicassem a oscilação dos dados, foi necessário recorrer a simples demonstração desses gráficos, muitas vezes irregulares e sem tendências de crescimento ou diminuição coerente com a aplicação dos fertilizantes no solo.

Técnicas laboratoriais normais adotadas para viabilização de determinações de tais características químicas, como a colocação dos frutos sob baixa temperatura, ou a temperatura do soluto no momento da leitura do °Brix, soluções usadas para titulação da acidez ou aferir o peagâmetro, além da diferença normal de constituintes químicos entre os frutos, podem ter influenciado os resultados obtidos, revelando pequenas oscilações numéricas, sem diferenças relevantes na prática.

Para a interpretação dos gráficos, tentou-se estabelecer linhas de tendências de aumento ou diminuição das variáveis analisadas na última colheita dos frutos de tomate, cujas variações encontram-se nas figuras 14 e 15.

### 5.1. Sólidos solúveis (°Brix)

A análise dos resultados de sólidos solúveis mostra que o valor do °Brix dos frutos de tomate (Tabela 10) aumentou à medida que aumentaram-se as doses de potássio até 700 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, havendo um decréscimo no

nível mais alto potássio. Os maiores valores de sólidos solúveis foram observados com a aplicação da lâmina de água de 80% Kc.Ev e a dose de 700 kg ha<sup>-1</sup> de potássio. A porcentagem de sólidos solúveis totais, representada pelo °Brix, inclui os açúcares e os ácidos dos frutos. Quando se observa o efeito da lâmina de água sobre os sólidos solúveis, esta tende a não influenciar de maneira tão clara como as doses de potássio. O °Brix aumentou um pouco com o aumento da interação lâmina de 80% Kc.Ev e somente quando os valores de K aumentaram até 700 kg ha<sup>-1</sup>. (Tabela 10). Sampaio (1996) e Sampaio e Fontes (1998), testando várias doses de potássio em fertirrigação para a cultura do tomate, não observaram efeito significativo dos vários tratamentos para sólidos solúveis nos frutos.

A porcentagem de sólidos solúveis totais está relacionada, principalmente, ao sabor do fruto que inclui os açúcares e ácidos.

Os sólidos solúveis também influenciam o rendimento industrial, especialmente o peso final do produto processado. O valor médio de 5,06% obtido no presente estudo, encontra-se dentro da faixa recomendada para frutos destinados ao processamento.

**Tabela 10.** Qualidade dos frutos de tomate em função dos tratamentos de lâminas de água (40, 60, 80 e 100% KcEv) e doses de potássio (300, 500, 700 e 900 Kg ha<sup>-1</sup>). UFLA, Lavras, MG, 2001.

Tratamentos	pH	Acidez (% ác. cítrico)	Sólidos Solúveis (%)	Pectina (mg 100g <sup>-1</sup> )	
				Total *	Solúvel **
L <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	4,01	0,26	4,40	690,43	204,59
L <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	4,09	0,24	4,10	697,28	190,64
L <sub>1</sub> K <sub>3</sub>	3,90	0,28	4,70	704,73	199,30
L <sub>1</sub> K <sub>4</sub>	4,00	0,28	4,40	649,25	194,09
L <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	4,00	0,26	4,10	645,47	148,11
L <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	4,03	0,22	4,20	640,98	144,25
L <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	4,00	0,28	5,00	630,04	147,57
L <sub>2</sub> K <sub>4</sub>	4,02	0,28	4,80	656,81	167,45
L <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	4,09	0,26	4,90	633,72	170,05
L <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	4,07	0,26	5,30	686,44	178,53
L <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	4,08	0,28	5,50	632,29	172,07
L <sub>3</sub> K <sub>4</sub>	4,09	0,27	5,20	665,95	180,77
L <sub>4</sub> K <sub>1</sub>	4,02	0,27	4,70	631,17	203,54
L <sub>4</sub> K <sub>2</sub>	4,02	0,29	4,80	643,64	204,74
L <sub>4</sub> K <sub>3</sub>	4,02	0,28	5,80	678,58	191,61
L <sub>4</sub> K <sub>4</sub>	4,04	0,28	4,60	657,43	191,03

\* 5g.100mL<sup>-1</sup> - 1mL<sup>-1</sup>. 10mL<sup>-1</sup> - 0,5 mL Deter

\*\* 5g.50mL<sup>-1</sup> - 1mL<sup>-1</sup>. 10mL<sup>-1</sup> - 1,0 mL Deter

Apesar de ter ocorrido diferença entre os valores de °Brix nas diversas combinações de tratamentos, as diferenças numéricas são pequenas. Entretanto, a diferença entre o maior (5,8%) e o menor (4,10%) valor do °Brix foi de 1,7 referente aos tratamentos L<sub>4</sub>K<sub>3</sub> e L<sub>1</sub>K<sub>2</sub>, respectivamente, o que representa 29,3% de amplitude de variação, é considerada uma alta variação no teor de °Brix.

## 5.2. Acidez

A acidez total titulável, representada pelo teor de ácido cítrico, influencia principalmente o sabor dos frutos. A presença de ácido cítrico nos frutos de tomate teve a tendência de ser menos acentuada quando aumentaram as doses tanto de água quanto de potássio no solo. Entretanto, as diferenças numéricas não foram grandes, mostrando pequena influência dos tratamentos no conteúdo de ácidos nos frutos de tomate. Sampaio e Fontes (1998), trabalhando com doses de K<sub>2</sub>O em tomateiro, não observaram influência dos tratamentos na acidez total dos frutos. De forma similar, Moral et al. (1996) e Elkner e Kaniszewski (1993) não encontraram efeito de fertilizantes químicos sobre os teores de ácido cítrico em frutos de tomateiro. Segundo Panagiotopoulos e Fordham (1995), frutos de tomate com teores de ácido cítrico abaixo de 0,44% são considerados insípidos. O “flavor” está relacionado com a presença de diversos constituintes químicos, sendo os açúcares (°Brix) e ácidos e suas interações os mais importantes. Neste caso, quanto maior o teor de açúcar e de ácido, melhor o sabor do fruto (Grierson e Kader, 1986). Sampaio e Fontes (2000) encontram aumento linear do teor de vitamina “C” com a adubação potássica em frutos de tomate.

### 5.3 pH

Os valores de pH nos frutos não foram influenciados pelas lâminas de água e doses de potássio aplicados no solo. Sampaio (1996) também não constatou influência do potássio aplicado no solo sobre o pH em frutos de tomateiro.

Os valores de pH encontrados neste experimento encontram-se abaixo de 4,5, limite estabelecido para separar frutos ácidos de não ácidos (Gould, 1974). O pH baixo é mais importante quando o fruto vai ser submetido ao processo industrial, face à inibição do crescimento de bactérias.

O pH e a acidez titulável podem comportar-se de forma diferente nos frutos. O pH de uma solução é a medida da concentração do  $H^+$  ou  $OH^-$  livres; em soluções puras de ácido ou base, ele é proporcional à concentração dos íons. Entretanto, em soluções de frutos ou vegetais, devido à presença de colóides e sais tampões que influenciam a leitura do pH, podem ocorrer soluções com o mesmo pH e teor de acidez titulável diferente (Gould, 1974).

### 5.4. Pectina solúvel

O maior teor (204,74 mg 100g<sup>-1</sup>) de pectina solúvel, dentre as interações Ln x Kn foi verificado no tratamento de lâmina de 100% KcEv e a dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> de K e o menor valor (144,25 mg 100g<sup>-1</sup>) no tratamento de lâmina de 80% KcEv com dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> de potássio.

A visível deficiência de cálcio nos frutos com podridão apical verificado no experimento, está relacionada a senescência foliar e o amadurecimento dos frutos, sendo que a taxa de senescência depende da quantidade de cálcio no tecido (Poovaiah, 1986). Segundo Conway, Sans e

Watada (1995), pulverizações e imersões de frutos em cloreto de cálcio retardam o seu amaciamento e senescência, em função do aumento de cálcio ligado à parede celular. Nesse aspecto, como foram realizadas cinco aplicações de cálcio quelatizado direcionadas às pencas além de fertilizações com nitrato de cálcio para controlar a podridão apical, seria normal um aumento drástico no teor de pectina solúvel durante o amadurecimento dos frutos (Steele, Mc Cann e Roberts. 1997).

Segundo Fischer e Bennet (1991), o cálcio forma partes inter e intramoleculares com as pectinas. Ele se liga covalentemente às pectinas, dando origem ao pectato de cálcio, que restringe a ação de enzimas com a poligalacturonase e a pectinametilesterase, restringindo o amaciamento dos frutos.

As diferenças numéricas entre os tratamentos são consideradas normais e expressivas. Para a avaliação realizada nos frutos colhidos obteve-se a diferença de  $60,5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  entre os tratamentos com menor e o maior valor de pectina solúvel.

### 5.5. Pectina total

O maior valor ( $704,73 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ) de pectina total dentre os tratamentos, foi verificado na combinação  $L_1K_3$  e o menor teor ( $630,04 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ) na interação  $L_2K_3$ . Não houve coerência nos resultados obtidos, revelando que não houve influência do aumento de potássio sobre o acúmulo de pectina total, tanto para a menor quanto para a maior lâmina de água.

As oscilações no conteúdo da pectina total nos frutos de tomate, ocorridas entre os tratamentos, podem ser reflexo do metabolismo dinâmico das pectinas na parede celular, ou seja, elas se degradam (diminuindo o conteúdo de

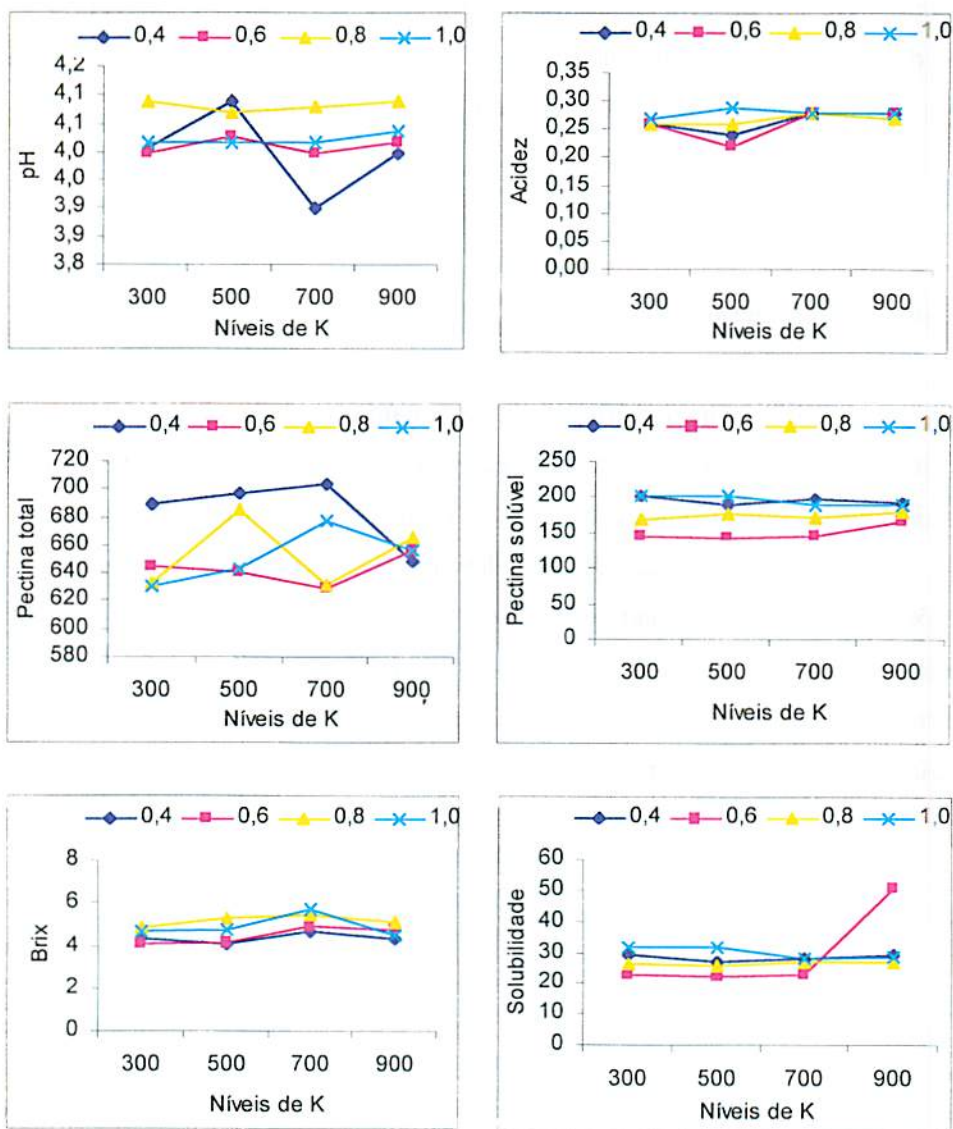
pectina total) e se formam (aumentando novamente seu conteúdo) durante o estágio de amadurecimento dos frutos.

Os modelos ajustados para a Figura 14, estão dispostos na Tabela 11.

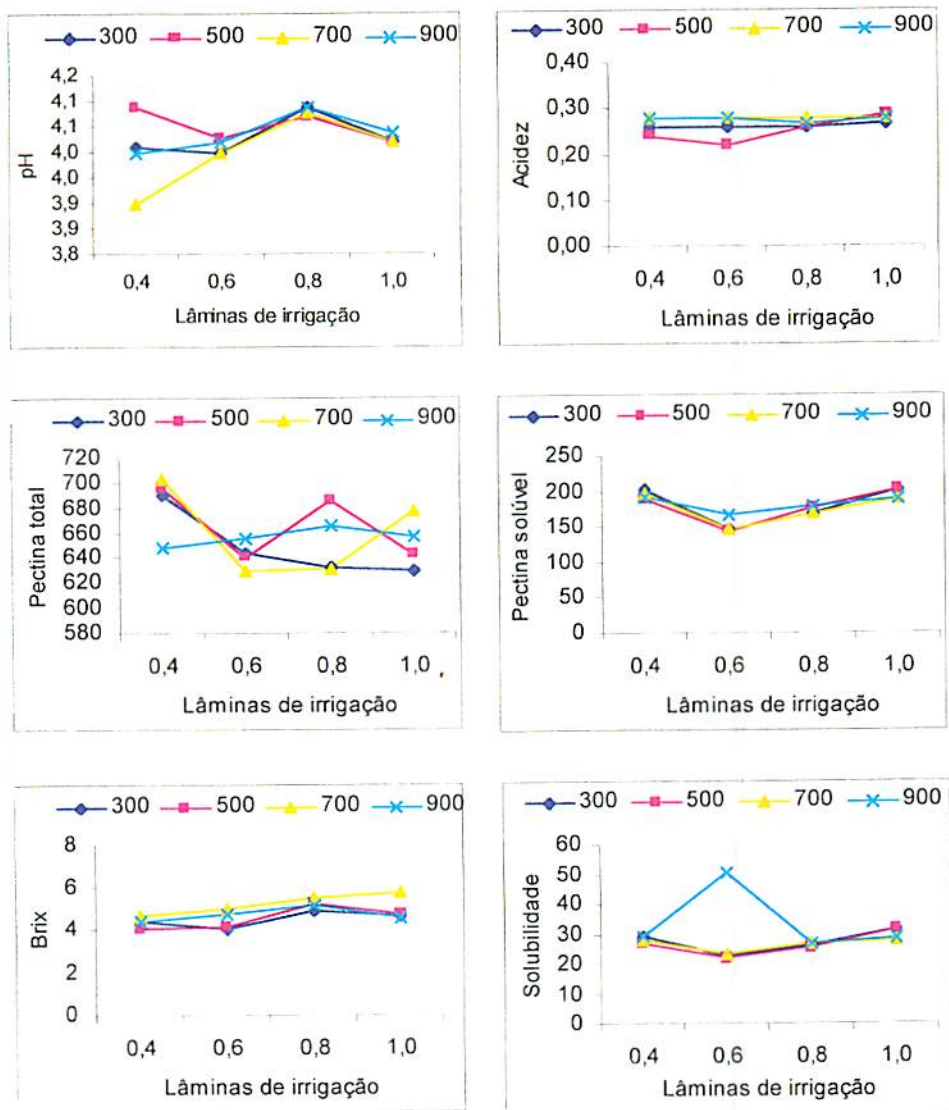
## 5.6. Considerações gerais

Houve diferenças numéricas entre os tratamentos de lâminas de água e doses de potássio isoladamente sobre as características químicas avaliadas nos frutos de tomate, principalmente brix, pH e pectina solúvel. Com relação aos demais, em termos práticos elas não são relevantes. Ocorreram apenas pequenas oscilações numéricas podendo essas terem sido mais influenciadas por condições ambientais ou intrínsecas do próprio fruto do que por efeito dos tratamentos. O ° Brix, ao contrário, teve diferença marcante, principalmente na interação da maior lâmina com a dose de 700 Kg de potássio ha<sup>-1</sup>.





**Figura 14.** Variação das características qualitativas do fruto de tomate híbrido Bônus F1, em função das doses de potássio nas lâminas de água estudadas. UFLA, MG, 2002.



**Figura 15.** Variação das características qualitativas do fruto de tomate híbrido Bônus F1, em função das lâminas de água nas doses de potássio estudadas. UFLA, MG, 2002.

**Tabela 11.** Equações de regressão polinomial e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para as análises químicas dos frutos do tomateiro híbrido Bônus F<sub>1</sub>. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Variável	Equação de regressão
Em função de lâminas de água	
Acidez Total	Não houve efeito
Pectina Total	Não houve efeito
Pectina solúvel	$Y = 774,055 - 2602,4917X + 3483,5625X^2 - 1457,3958X^3$ $R^2 = 1 \quad (P < 0,04)$
SST (° Brix)	$Y = 11,975 - 39,6042X + 64,375X^2 - 31,770X^3$ $R^2 = 1 \quad (P < 0,03)$
pH	Não houve efeito
Em função de doses de potássio	
Acidez Total	$Y = 0,4955 - 0,001423X + 0,0000025781X^2 - 0,0000000014x^3$ $R^2 = 1 \quad (P < 0,07)$
Pectina Total	Não houve efeito
Pectina solúvel	Não houve efeito
SST (° Brix)	$Y = 9,2641 - 0,03089X + 0,000061094X^2 - 0,000000036X^3$ $R^2 = 1 \quad (P < 0,02)$
pH	$Y = 3,4947 - 0,0033X + 0,00006094X^2 - 0,000000003X^3$ $R^2 = 1 \quad (P < 0,09)$

## 6. CONCLUSÃO

Considerando-se os resultados obtidos, conclui-se que:

- A interação de lâminas de água e doses de potássio, aplicadas via fertirrigação, na cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) híbrido Bônus F<sub>1</sub>, influenciou as características químicas de acidez, pectina total, pectina solúvel e pH dos frutos de forma não relevante.

- As características do °Brix e pectina solúvel foram influenciadas pela lâmina de água de 100% Kc.Ev.

- As características de °Brix , acidez total e pH foram influenciadas pela dose de potássio de 700 Kg ha<sup>-1</sup>.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARORA, S. K.; INDER, S.; PANDITA, M. L.; SINGH, I. Effect of nitrogen fertilization and plant geometry on quality indices of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. ). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 63, n. 4. p. 204-207, Apr. 1993.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chamists**. 5. ed. Washington, 1990. 2v.

BITTER, J.; MUIR, H. M. A modified uronic carbozole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 34, p. 330-340, 1992.

CONWAY, W. S.; SAMS, C. E.; WATADA, A. E. Relationship between total and cell wall bound calcium in apples following postharvest pressure infiltration of calcium chloride. *Acta Horticulturae*, The Hague, v. 398, p. 31-39, 1995.

EL-GIZAWY, A. M.; ABDALLAH, M. M. F.; GOMAA, H. M.; MOHAMED, S. S.; ABDUHADID, A. F.; SMITH, A. R. Effect of different shading levels on tomato plants. 2. yield and fruit quality. *Acta Horticulturae*, The Hague, v. 323, p. 349-354, 1993.

ELKNER, K.; KANISZEWSKI, S. Effect of drip irrigation and mulching on quality of tomato fruits. *Acta Horticulturae*, The Hague, v. 379, p. 349-354, 1993.

FISCHER, R. L.; BENNET, A. B. Role of cell hydrolases in fruits ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v. 42, p. 675-703, 1991.

GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. 14. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477 p.

GOULD, W. A. *Tomato production, processing and quality evaluation*. Westport: The AVI, 1974. 445 p.

GRIERSON, D.; KADER, A. A. Fruit ripening and quality. In: ATHERTON, J. G.; RUDICH, J. (Ed.). *The tomato crop: a scientific basis for improvement*. London: Chapman and Hall, 1986. Cap. 6, p. 241-280.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1, 533 p.

JOHJIMA, T. Carotene synthesis and coloring in tomato fruits of various genotypic lines. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Kyoto, v. 63, n. 1, p. 109-114, June 1994.

KOONER, K. S.; RANDHAWA, K. S. Effect of varying levels and sources of nitrogen on yield and processing qualities of tomato varieties. **Acta Horticultural**, The Hague, v. 267, p. 93-99, 1990.

MATEV, Y.; STANCHEV, L. Effect of  $\text{Na}^{++}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  disproportion on glasshouse tomato development and fruit biological value. **Horticultural and Viticultural Science**, Sofia, v. 16, n. 1, p. 76-82, 1979.

McCREADY, P. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.

MONTAGU, K. D. Effects of forms and rates of organic and inorganic nitrogen fertilisers on the yield and some quality indices of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Miller). **Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 18, n. 1, p. 31-37, 1990.

MORAL, R.; NAVARRO PEDREND, J.; GOMEZ, U.; PALACIOS, G.; MATAIX, J. Tomato fruit yield and quality are affected by organic and

inorganic fertilization and cadmium pollution. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 19, n. 12, p. 1493-1498, 1996.

NAPHADE, A. S. Effect of water regimes on the quality of tomato. **Journal of Horticulture**, Maharashtra, v. 7, n. 2, p. 55-60, 1993.


PANAGIOTOPOULOS, L. J.; FORDHAM, R. Effects of water stress and potassium fertilization on yield and quality (flavour) of table tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill. L. ). **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 379, p. 113-120, 1995.

POOVAJAH, B. H. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 86-88, May 1986.

RAO, M. H. Growth, yield and quality of tomato, carrot and cauliflower as influenced by levels and sources of potassium. **Journal of Potassium Research**, Gurgan, v. 10, n. 4, p. 402-406, 1994.

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 do solo**. 1996. 117 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SAMPAIO, R. A.; FONTES, P. C. R. Composição química de frutos de potássio em função da adubação potássica. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 5, n. 1, p. 65-73, 2000.



SAMPAIO, R. A.; FONTES, P. C. R. Qualidade de frutos de tomateiro fertirrigado com potássio no solo coberto com polietileno preto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 136-139, nov. 1998.

SOBULO, R. A.; OLORUNDA, A. O. The effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the canning quality of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in southwestern Nigeria. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 53, p. 171-180, 1977.

STEELE, N. A.; McCANN, M. C.; ROBERTS, K. Pectin modification in cell walls of ripening tomatoes occurs in distinct domains. **Plant Physiology**, Rockville, v. 114, n. 1, p. 373-381, May 1997.

TRUDEL, M. J.; OZBUN, J. L. Influence of potassium on carotenoid content of tomato fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 96, n. 6, p. 763-765, Nov. 1971.

TRUDEL, M. J.; OZBUN, J. L. Relationship between chlorophylls and carotenoids of ripening tomato fruits as influenced by potassium nutrition. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 21, n. 69, p. 881-886, 1970.

YADAY, B. S.; KALLOO, G.; MANGAL, J. L. Effect of irrigation and fertilizer levels on fruit quality of tomato cultivar Hisar Arun. **Crop Research Hisar**, Hisar, v. 5, p. 163-167, 1992.

YANAGI, T.; UEDA, Y.; SATO, H.; HIRAI, H.; ODA, Y. Effects of shading and fruit set order on fruit quality in single trunks tomato. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Kyoto, v. 64, n. 2, p. 291-297, Sept. 1995.



TABELA 1 A . Leitura do parafuso micrométrico (mm) e evaporação (mm) registradas na casa-de-vegetação no período de 13/09/2001 a 13/01/2002. UFLA, Lavras-MG.

Dia	Setembro / 01		Outubro / 01		Novembro / 01		Dezembro / 01		Janeiro / 02	
	Leitura	Evap.	Leitura	Evap.	Leitura	Evap.	Leitura	Evap.	Leitura	Evap.
1	-	-	18,36/45,00	1,00	24,29/50,86	3,45	42,38	1,52	46,80	2,06
2	-	-	42,77	2,31	46,38	4,48	39,66	2,72	42,96	3,84
3	-	-	41,50	1,27	42,78	3,60	34,28 IC	5,38	38,20	4,76
4	-	-	40,06	2,71	39,20	3,58	29,74	4,54	32,46	5,74
5	-	-	36,76	3,30	38,68	0,52	24,98	4,76	27,24	5,22
6	-	-	31,76	5,00	36,10	2,58	19,04/47,00	5,94	22,20/47,00	5,04
7	-	-	27,52	4,24	33,06	3,04	45,80	1,20	42,10	4,90
8	-	-	22,22/47,54	5,30	29,12	3,94	43,48	2,32	39,10	3,00
9	-	-	46,50	1,04	26,04	3,08	41,94	1,54	36,42	2,58
10	-	-	45,12	1,38	20,48/47,62	5,56	36,36	5,58	32,52	3,90
11	-	-	42,70	3,42	43,45	4,17	33,74	2,62	29,22	3,30
12	-	-	37,10	5,60	38,87	4,58	27,30/47,88	6,44	26,00	3,22
13	43,44 T	-	31,54	5,56	36,48	2,39	43,54	4,30	24,00	2,00 FC
14	42,54	0,90	27,72/48,34	3,82	34,94	1,54	40,52	3,06	-	-
15	41,00	1,54	44,82	3,52	32,52	2,42	38,80	1,72	-	-
16	40,58	0,58	41,94	2,88	29,08	3,44	37,64	1,16	-	-
17	38,51	2,07	36,14	5,80	24,29/47,74	4,79	36,04	1,60	-	-
18	34,52	3,99	32,12	2,02	43,07	4,67	34,74	1,30	-	-
19	30,52	4,00	28,06	4,06	39,68	3,39	30,34	4,40	-	-
20	27,08	3,44	26,70	1,36	36,50	3,18	26,16	4,18	-	-
21	22,56/44,41	4,52	24,70/48,90	2,00	33,50	3,00	24,62/47,00	1,54	-	-
22	40,91	3,50	44,42	4,48	28,96	4,54	43,82	3,18	-	-
23	37,71	3,20	41,14 IF	3,28	24,56	4,40	39,96	3,86	-	-
24	33,36	4,35	36,42	4,72	22,16/48,80	2,40	36,74	2,62	-	-
25	32,00	1,36	32,38	4,04	43,30	5,50	34,62	2,12	-	-
26	30,58	1,42	27,52	4,86	37,98	5,32	33,70	0,32	-	-
27	27,98	2,60	21,54/47,88	5,98	32,80	5,18	31,98	1,72	-	-
28	26,78	1,20	43,04	4,84	28,88	3,92	27,52	4,46	-	-
29	22,60	4,18	37,92	5,12	23,86/4760	5,02	26,24	1,28	-	-
30	19,36	3,24	32,84	5,08	43,90	3,70	25,12	1,12	-	-
31	-	-	27,74	5,10	-	-	23,84/48,86	1,28	-	-

**TABELA 2 A.** Dados de evaporação (mm), umidade relativa (%) e temperaturas máxima e mínima (°C) registradas na cultura do tomate fertirrigado sob estufa. Lavras, MG. 2001/2002.

Mês	Decêndio	Evaporação (mm)		UR (%)		Temperatura (°C)	
				Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
Setembro/2001	II	16,2	T	71	28	34	7
	III	26,3		70	27	34	11
	I	26,3		70	30	41	12
Outubro/2001	II	39,0		70	28	41	11
	III	49,5	IF	72	28	41	11
	I	31,4		70	30	45	13
Novembro/2001	II	34,6		70	34	45	14
	III	43,0		70	32	46	15
	I	34,0	FC	70	25	47	15
Dezembro/2001	II	33,6		71	28	47	17
	III	24,1		72	36	45	14
	I	29,7	FC	70	25	43	16
Total Ciclo		391,0		-	-	-	-

T – Transplântio (14/09/01);

IF – Início de floração (23/10/01)

IC – Início de colheita (03/12/01);

FC – Final de colheita (13/01/02).