

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

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Curso de Fitotecnia,
para obtenção do título de "Doctor
Scientiae".

Prof. Vicente Wagner Dias Casali

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
OUTUBRO - 1996

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

T

**S192p
1996**

Sampaio, Regynaldo Arruda, 1963-

**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 / Regynaldo Arruda
Sampaio. - Viçosa : UFV, 1996.**

117p. : il.

Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa

**1. Tomate - Adubação potássica. 2. Tomate - Teor de po-
tássio. 3. Solos - Teor de potássio. 4. Tomate - Qualidade. 5.
Fertirrigação. 6. Cobertura morta. I. Universidade Federal de
Viçosa. II. Título.**

CDD. 19.ed. 635.642893

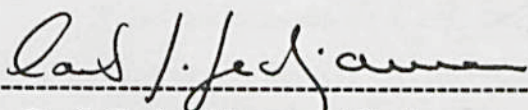
CDD. 20.ed. 635.642893

REGYNALDO ARRUDA SAMPAIO

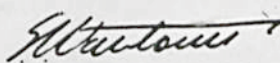
PRODUÇÃO, QUALIDADE DOS FRUTOS E TEORES DE NUTRIENTES NO
SOLO E NO PECÍOLO DO TOMATEIRO, EM FUNÇÃO DA
FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA E DA COBERTURA PLÁSTICA DO SOLO

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Curso de Fitotecnia,
para obtenção do título de "Doctor
Scientiae".

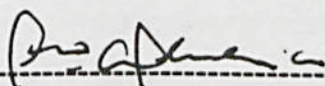
APROVADA: 16 de agosto de 1996.



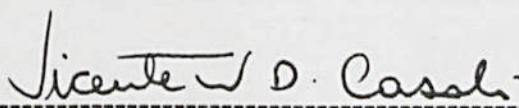
Prof. Carlos Sigueyuki Sediyaama
(Conselheiro)



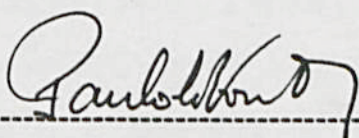
Prof. Everardo Chartuni Mantovani
(Conselheiro)



Prof. Francisco Affonso Ferreira



Prof. Vicente Wagner Dias Casali



Prof. Paulo Cezar Rezende Fontes
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus,

À minha esposa Adelia,

Aos meus avós-pais, Miguel e Fransquinha,

Aos meus pais, Pedro e Mifran,

Aos meus tios e irmãos,

À minha sogra Adalva.

Aos Professores Carlos Sediyama, Everardo Mantovani, Francisco Adilson, Hugo Ruiz e Vicente Casali, pelas sugestões e pelo apoio.

Aos Acadêmicos da UFV, em especial, Mara, Marise, Domingos Sávio, Wagner, Matheus, Ramon, Assis, Renato Vianna, Claudio Brustolini, Wilson, Dora, José Roberto, Paulo, Luis, Feliciano, José Geraldo, Valdeci e Julinho, pelo apoio técnico e pela dedicação.

Aos meus anfitriões Amabelia, Célia, Dona Mercedes e Seu Amintias, pela hospitalidade, compreensão e amizade.

Aos amigos Adailson, Rejane, Célida, Gardênia, Paulo, José Maria, Carlos, Fernando, Nereu, Gilson, Wilson, Robson, Elaine, Vicente, Marley, Ivan, Dede, Flávio, Paulo, Antônio de Paula, Luciano, Roberto, Gherman, Sílvia, Mariana, Roberto, Mary, Wilson, Pedro Viêgas, Aninha, João Batista, Alexandre, Rodrigo, Wilson, Maria, Claudete, Alexandre, Norma, Dilechmando, Tânia, Carlos, de Fátima, Nani, Maria Antônio, Cicero e Davi.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade oferecida para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À minha esposa Adelia, pelo carinho, pelo amor e pela compreensão.

Ao Professor Paulo Cezar Rezende Fontes, pela orientação, amizade e atenção.

Aos Professores Carlos Sedyama, Everardo Mantovani, Francisco Affonso, Hugo Ruiz e Vicente Casali, pelas sugestões e pelo apoio.

Aos funcionários da UFV, em especial, Mara, Marise, Domingos Sávio, Vicente Madaleno, Itamar, Assis, Renato Vianna, Cláudio Brustolini, Wilson, Gessi, Juvecindo, Paulo, Luis, Feliciano, José Geraldo, Valdeci e Julinho, pelo apoio técnico e pela dedicação.

Aos nossos anfitriões Annabella, Célia, Dona Mercedes e Seu Aminthas, pela solidariedade, compreensão e amizade.

Aos amigos Adailson, Rejane, Célida, Gardênia, Paulo, José Maria, Cátia, Frutuoso, Neusa, Gilson, Wânia, Robson, Elaine, Vicente, Marley, Ivan, Tadeu, Tiãozinho, Paulo, Antônio de Pádua, Luciano, Robério, Gherman, Sílvia, Mariana, Leossávio, Mary, Wilson, Pedro Viégas, Aninha, João Batista, Arimatéia, Fernando, Walter, Nádja, Claudivan, Alexandre, Norma, Dilermando, Tânia, Cantarutti, Teógenes, Natan, Marco Antônio, Cícero e Davi.

BIOGRAFIA

Página

Regynaldo Arruda Sampaio, filho de Pedro Leite Sampaio e Maria Mifran Arruda Sampaio, nasceu no dia 2 de maio de 1963 na Cidade de Baixio, Estado do Ceará.

Em agosto de 1984, ingressou no Curso de Agronomia da Universidade Federal da Paraíba concluindo-o em julho de 1988.

Em outubro de 1989, ingressou no Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa concluindo-o em setembro de 1992.

Em setembro de 1992, iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa.

No dia 16 de agosto de 1996 defendeu tese, requisito necessário à obtenção do título *Doctor Scientiae*.

PRODUÇÃO DE FRUTOS E TEORES DE NUTRIENTES NO TOMATEIRO E NO SOLO ADUBADO COM POTÁSSIO.....	16
RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	18
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
CONCLUSÕES.....	36
LITERATURA CITADA.....	38

ARTIGO 1

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA.....

RESUMO.....

ABSTRACT.....

CONTEÚDO

INTRODUÇÃO.....

MATERIAL E MÉTODOS.....

RESULTADOS E DISCUSSÃO.....

CONCLUSÕES.....

EXTRATO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Importância do Cultivo do Tomateiro.....	3
2.2. Formas de Potássio no Solo.....	3
2.3. Importância do Potássio para o Tomateiro.....	4
2.4. Utilização e Manejo da Fertirrigação Potássica em Tomateiro.....	5
2.5. Efeito da Cobertura Plástica do Solo sobre o Cultivo de Tomatei- ro.....	6
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	9

ARTIGO 1

PRODUÇÃO DE FRUTOS E TEORES DE NUTRIENTES NO TOMATEIRO E NO SOLO ADUBADO COM POTÁSSIO.....	16
RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	18
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
CONCLUSÕES.....	36
LITERATURA CITADA.....	38

ARTIGO 2

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA.....	41
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	43
INTRODUÇÃO.....	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
CONCLUSÕES.....	51
LITERATURA CITADA.....	52

ARTIGO 3

NÍVEIS CRÍTICOS DE POTÁSSIO NO SOLO E NO TOMATEIRO FERTIRRIGADO POR GOTEJAMENTO.....	55
RESUMO.....	55
ABSTRACT.....	57
INTRODUÇÃO.....	59
MATERIAL E MÉTODOS.....	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
CONCLUSÕES.....	76
LITERATURA CITADA.....	77

ARTIGO 4

PRODUÇÃO DE FRUTOS E TEORES DE NUTRIENTES NO SOLO E NO PECÍOLO DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DA FERTIRRIGAÇÃO COM POTÁSSIO E DA COBERTURA PLÁSTICA DO SOLO....	80
RESUMO.....	80
ABSTRACT.....	82
INTRODUÇÃO.....	84
MATERIAL E MÉTODOS.....	86
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91

CONCLUSÕES.....	102
LITERATURA CITADA.....	103
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	106
APÊNDICE.....	110

EXTRATO

SAMPAIO, Reginaldo Amado, D.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 1996. Produção, qualidade dos frutos e teores de nutrientes no solo e no tecido de maracujá, em função da fertilização potássica e da cobertura orgânica do solo. Professor Orientador: Paulo César Rezende Fontes. Professores Conselheiros: Carlos Sigueyuki Sodeyama, Everardo Charuni Mantovani e Hugo Alberto Ruiz.

Três experimentos foram realizados na Universidade Federal de Viçosa, em solo podzólico vermelho-amarelo cámbico. No primeiro experimento, foram testadas seis doses de K correspondentes a 0; 48,4; 118,6; 188,8; 259,0 e 399,4 kg ha⁻¹, aplicadas anualmente durante o ciclo da cultura, em quatro repetições, no delineamento em blocos casualizados. O segundo experimento foi similar ao primeiro, porém as doses de K foram aplicadas por fertilização. No terceiro experimento foram testadas: (A) aplicação manual de 40% da dose de K no momento do transplante e 60% aplicados manualmente em cobertura; (B) aplicação manual de 40% da dose de K no momento do transplante e 60% aplicados por fertilização; (C) procedimento idêntico ao anterior, porém com o solo coberto por plástico; (D) aplicação de 100% da dose de K por fertilização e (E) procedimento idêntico ao anterior, porém com o solo coberto por plástico. Os tratamentos, em cinco repetições, foram distribuídos no delineamento em blocos casualizados. No primeiro experimento, a produção comercial de frutos atingiu o valor máximo de 32,0 t ha⁻¹, a dose de K associada à produção de máxima

EXTRATO

SAMPAIO, Reginaldo Arruda, D.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 1996. Produção, qualidade dos frutos e teores de nutrientes no solo e no pecíolo de tomateiro, em função da fertirrigação potássica e da cobertura plástica do solo. Professor Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes. Professores Conselheiros: Carlos Siqueyuki Sedyama, Everardo Chartuni Mantovani e Hugo Alberto Ruiz.

Três experimentos foram realizados na Universidade Federal de Viçosa, em solo podzólico vermelho-amarelo câmbico. No primeiro experimento, foram testadas seis doses de K correspondentes a 0; 48,4; 118,6 188,8; 259,0 e 399,4 kg ha⁻¹, aplicadas manualmente durante o ciclo da cultura, em quatro repetições, no delineamento em blocos casualizados. O segundo experimento foi similar ao primeiro, porém as doses de K foram aplicadas por fertirrigação. No terceiro experimento foram testados: (A) aplicação manual de 40% da dose de K no momento do transplante e 60% aplicados manualmente em cobertura; (B) aplicação manual de 40% da dose de K no momento do transplante e 60% aplicados por fertirrigação; (C) procedimento idêntico ao anterior, porém com o solo coberto por plástico; (D) aplicação de 100% da dose de K por fertirrigação e (E) procedimento idêntico ao anterior, porém com o solo coberto por plástico. Os tratamentos, em cinco repetições, foram distribuídos no delineamento em blocos casualizados. No primeiro experimento, a produção comercial de frutos atingiu o valor máximo de 38,0 t ha⁻¹; a dose de K associada à produção de máxima

eficiência econômica (MEE) foi de 186 kg ha^{-1} ; os níveis críticos de K no solo associados à dose de MEE nos surgimentos do 2º, 4º e 6º cachos foram, respectivamente, 151; 110 e 136 mg dm^{-3} ; nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos, nos florescimentos destes, os níveis críticos de K associados à dose de MEE foram $10,00$; $9,35$ e $4,50 \text{ dag kg}^{-1}$. No segundo experimento, a produção comercial de frutos atingiu o valor máximo de $73,4 \text{ t ha}^{-1}$; a dose de K associada à MEE foi 125 kg ha^{-1} ; os níveis críticos de K no solo associados a dose de MEE, nos surgimentos do 2º, 4º e 6º cachos, foram 68; 47 e 99 mg dm^{-3} , respectivamente; nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos, no florescimento destes, os níveis críticos de K associados à dose de MEE foram $10,30$; $7,30$ e $2,96 \text{ dag kg}^{-1}$. No terceiro experimento, a cobertura plástica manteve a umidade e a temperatura do solo mais elevadas nos intervalos entre irrigações; maior produção comercial de frutos foi obtida com aplicação do K por fertirrigação do que com aplicação manual do K; a presença de cobertura plástica no solo propiciou aumento na condutividade elétrica e nos teores de N-NO_3^- , N-total, Ca e Mg, nas profundidades de 0-10 e de 10-20 cm.

ABSTRACT

SAMPAIO, Reginaldo Arruda, D.S., Federal University of Viçosa, october of 1996. Yield, fruit quality and nutrients concentrations on soil and on tomato petiole in function of potassic fertirrigation and soil plastic mulching. Adviser: Paulo Cezar Rezende Fontes. Committee members: Carlos Sigueyuki Sedyama, Everardo Chartuni Mantovani e Hugo Alberto Ruiz.

Three field experiments were conducted at the Federal University of Viçosa, on cambic yellowish podzolic. In the first experiment were investigated six K rates corresponding to 0, 48.4, 118.6, 188.8, 259.0 e 399.4 kg ha⁻¹, with four replicates, following a randomized block design. The second experiment was similar to the first, but K application was made by fertirrigation. In the third experiment were evaluated: (A) manual application of 40% of K rate at seedling transplantation and 60% by manual sidedress application; (B) manual application of 40% of K rate at seedling transplantation and 60% by fertirrigation; (C) procedure similarly to B but with soil plastic mulching; (D) 100% application of K rate by fertirrigation and (E) procedure similarly to D but with soil plastic mulching. The treatments, with five replicates, followed a randomized block design. In the first experiment, the commercial fruit yield attained maximum value of 38.0 t ha⁻¹; K rate associating to optimum profit yield (OPY) corresponded to 186 kg ha⁻¹; soil K critical levels associating to the rate which resulted on OPY, at the 2°, 4° and 6° clusters appearance were 151, 110 and 136 mg dm⁻³, respectively; K critical levels associating to OPY, on petioles from

leaves adjacent to 2°, 4° and 6° clusters, on the onset of each cluster flowering, were 10.00, 9.35 and 4.50 dag kg⁻¹. In the second experiment, commercial fruit yield attained the maximum value of 73.4 t ha⁻¹; the K rate associating to OPY was 125 kg ha⁻¹; soil K critical levels associating to the rate which resulted on OPY, at the 2°, 4° e 6° clusters appearance were 68, 47 and 99 mg dm⁻³, respectively; K critical levels associating to OPY, on petioles from leaves adjacent to 2°, 4° e 6° clusters, on the onset of each cluster flowering, were 10.30, 7.30 and 2.96 dag kg⁻¹. In the third experiment, the plastic mulch maintained soil moisture and increased the soil temperature; commercial fruit yield was higher with K application by fertirrigation than with manual fertilization; at 0-10 and 10-20 cm soil depth, the plastic mulch increased the electrical conductivity and NO₃⁻-N, total-N, Ca and Mg concentrations, compared to soil without plastic mulch.

de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Goiás.

O tomateiro, em virtude de sua suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças, ciclo relativamente curto, elevado valor comercial dos frutos e capacidade de produção, requer a aplicação de grande quantidade de insumos e serviços o que implica em significativo aporte de recursos financeiros por unidade de área constituindo, assim, um investimento caro e de alto risco. Apesar das variações de preço no mercado, esta cultura tem assegurado bom retorno econômico ao produtor, o que vem estimulando sua exploração por aqueles que conseguem alta produtividade.

A fertirrigação consiste na aplicação de nutrientes via água de irrigação. Esta técnica tem apresentado bons resultados e pode ser aplicada em qualquer cultura irrigada, embora sua eficiência dependa de sistema de irrigação utilizado. Em razão de maior eficiência na aplicação de água, os sistemas de irrigação localizados apresentam em geral maior eficiência na aplicação de adubos.

O manejo eficiente de adubação, com destaque para a fertirrigação, é importante para o aumento da produtividade e redução dos custos de exploração do tomateiro. Além de aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, a fertirrigação reduz os gastos com mão de obra, uma vez que o adubo é fornecido

1. INTRODUÇÃO

A cultura do tomate apresenta elevado valor comercial, destacando-se como a principal espécie do grupo das hortaliças. No Brasil, em que a produtividade média varia em torno de 36 t ha^{-1} , estima-se que 1,5 milhão de toneladas de tomate sejam comercializadas anualmente, destacando-se os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Goiás.

O tomateiro, em virtude da sua susceptibilidade ao ataque de pragas e doenças, ciclo relativamente curto, elevado valor comercial dos frutos e capacidade de produção, requer a aplicação de grande quantidade de insumos e serviços o que implica em significativo aporte de recursos financeiros por unidade de área constituindo, assim, um investimento caro e de alto risco. Apesar das variações de preço no mercado, esta cultura tem assegurado bom retorno econômico ao produtor, o que vem estimulando sua exploração por aqueles que conseguem alta produtividade.

A fertirrigação consiste na aplicação de nutrientes via água de irrigação. Esta técnica tem apresentado bons resultados e pode ser utilizada em qualquer cultura irrigada, embora sua eficiência dependa do sistema de irrigação utilizado. Em razão de maior eficiência na aplicação de água, os sistemas de irrigação localizados apresentam em geral maior eficiência na aplicação de adubos.

O manejo eficaz da adubação, com destaque para a fertirrigação, é importante para o aumento da produtividade e redução dos custos de exploração do tomateiro. Além de aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, a fertirrigação reduz os gastos com mão de obra, uma vez que o adubo é fornecido

às plantas por meio do sistema de irrigação. A fertirrigação permite também que o adubo seja parcelado em maior número de vezes, evitando as perdas por lixiviação e, possivelmente, a poluição do lençol freático. Nessas condições, maiores produções podem ser obtidas com a aplicação de menor quantidade de adubo.

O uso da cobertura plástica do solo é outra prática cultural utilizada nos países mais desenvolvidos visando ao aumento da produtividade do tomateiro. Pesquisas mostram que ela protege a planta contra algumas pragas do solo, controla a incidência de plantas daninhas, conserva a umidade do solo e, principalmente, reduz a lixiviação de nitrato e potássio, importantes para a nutrição do tomateiro.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação potássica, aplicada manualmente ou por fertirrigação, e da cobertura plástica do solo sobre a produção, a qualidade de frutos e os teores de potássio no solo e no pecíolo do tomateiro.

Assim, maiores possibilidades de processamento industrial, excelentes qualidades organolépticas e alto valor nutritivo (ESPINOZA, 1991; BARBOSA, 1993).

Entretanto, em razão da instabilidade de preços e produtividade, o cultivo do tomateiro constitui uma prática de alto risco (TAKAHASHI, 1993). Nestas circunstâncias, é de fundamental importância a definição de quantidades ideais de insumos, de modo a aumentar qualitativa e quantitativamente a produção e maximizar os lucros. Dentre os insumos utilizados na cultura, destaca-se o potássio.

2.2. Formas de Potássio no Solo

No solo, o potássio pode ser encontrado na forma estrutural, constituindo os minerais primários e secundários; na forma não trocável, fixado entre as camadas de argilas do tipo 2:1; na forma trocável, adsorvido a micela coloidal; e na forma solúvel. O potássio trocável é o fator quantidade e praticamente a reserva disponível, enquanto o potássio em solução é o fator intensidade e é

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância do Cultivo do Tomateiro

O tomateiro é cultura de grande valor comercial. Seu fruto destaca-se em relação às demais hortaliças por apresentar menor perecibilidade, maior resistência ao transporte, maiores possibilidades de processamento industrial, excelentes qualidades organolépticas e alto valor nutritivo (ESPINOZA, 1991; BARBOSA, 1993).

Entretanto, em razão da instabilidade de preços e produtividade, o cultivo do tomateiro constitui uma prática de alto risco (TAKAHASHI, 1993). Nestas circunstâncias, é de fundamental importância a definição de quantidades ideais de insumos, de modo a aumentar qualitativa e quantitativamente a produção e maximizar os lucros. Dentre os insumos utilizados na cultura, destaca-se o potássio.

2.2. Formas de Potássio no Solo

No solo, o potássio pode ser encontrado na forma estrutural, constituindo os minerais primários e secundários; na forma não trocável, fixado entre as camadas de argilas do tipo 2:1; na forma trocável, adsorvido à micela coloidal; e na forma solúvel. O potássio trocável é o fator quantidade e praticamente a reserva disponível, enquanto o potássio em solução é o fator intensidade e é

controlado pelo teor trocável (RAIJ, 1981; TISDALE et al., 1985; FASSBENDER e BORMEMISZA, 1987).

O potássio em solução é influenciado tanto pelos teores de cálcio e magnésio quanto pela CTC do solo (RAIJ, 1981). Nesse aspecto, a utilização de índices que reflitam o valor relativo do potássio ou a capacidade do solo em repor este elemento em solução, pode representar melhor sua disponibilidade (LIMA et al., 1981; NOVOZAMSKY e HOUBA, 1987; KARPINETS, 1993; VAN DIEST et al., 1993).

2.3. Importância do Potássio para o Tomateiro

O potássio é absorvido pelas plantas na forma iônica, exercendo diversas funções fisiológicas. Plantas deficientes em potássio apresentam acúmulo de carboidratos, compostos nitrogenados solúveis e aminoácidos e, ou, amidas, além da diminuição no teor de amido e na atividade de diversas enzimas (MARSCHNER, 1995; MENGEL e KIRKBY, 1987).

Os principais sintomas externos de deficiência do potássio são a presença de clorose internerval e queimaduras nas margens das folhas mais velhas, folhas com cor escura, pecíolos menores e mais rígidos, internódios mais curtos e caule mais fino. Em estádios mais avançados de deficiência, a clorose e necrose podem difundir-se para as folhas mais novas ocorrendo abscisão prematura das folhas mais velhas. Outras consequências são o surgimento de frutos menores com amadurecimento desigual (BESFORD e MAW, 1974; FREIRE et al., 1980).

Os sintomas de deficiência de potássio são mais aparentes no início da frutificação, quando ocorre grande carreamento de potássio das folhas para os frutos (LINGLE e LORENZ, 1969; WIDDERS e LORENZ, 1979; WIDDERS e LORENZ, 1982). A correção da deficiência nesta época pode não ser satisfatória, uma vez que a produção poderá já estar comprometida.

A diagnose foliar reflete a interação dos fatores ambientais com a planta na absorção dos nutrientes (MALAVOLTA et al., 1989), podendo proporcionar informações precisas, em tempo hábil, sobre a deficiência de potássio, apesar das

dificuldades técnicas. O pecíolo da folha madura mais recente é a parte da planta do tomateiro mais sensível às variações dos teores de potássio no substrato, constituindo o melhor indicador do status deste elemento na planta (BESFORD e MAW, 1974), embora outras partes da planta possam também ser utilizadas.

Por outro lado, índices que relacionam concentrações de potássio em partes diferentes da planta são também bons indicadores do nível de suficiência deste elemento. Dentre os índices utilizados, pode se citar aquele que relaciona a concentração de potássio no pecíolo com a do limbo foliar adjacente (BESFORD e MAW, 1974; WIDDERS e LORENZ, 1982). Entretanto, a possibilidade de utilização desses índices deve ser mais intensamente investigada com o intuito de estabelecer relações que expressem adequadamente o status nutricional da planta em função do suprimento de K pelo solo ou fertilizante.

Embora pesquisas revelem pequena resposta do tomateiro à adubação potássica (SERRA et al., 1975; BOARETTO et al., 1983; BARBOSA, 1993; TAKAHASHI, 1993), principalmente devido ao alto teor de potássio existente na maioria dos solos brasileiros, a aplicação deste elemento tende a aumentar a produção de frutos e torná-los de melhor qualidade, com coloração mais avermelhada e sem a presença de espaços vazios em seu interior. Além disso, os frutos prendem-se mais firmemente à planta, não ocorrendo quedas durante os estádios de formação e amadurecimento (FREIRE et al., 1980; PAPADOPOULOS, 1991).

2.4. Utilização e Manejo da Fertirrigação Potássica em Tomateiro

O suprimento de potássio para o tomateiro pode ser realizado através de incorporação direta no solo ou pela fertirrigação (ESPINOZA, 1991; VITTI et al., 1993). A fertirrigação permite maior economia de mão-de-obra, melhor distribuição do adubo no campo e maior parcelamento da aplicação deste, aumentando a eficiência de uso pelas plantas (LOCASCIO e MYERS, 1974; STEDUTO, 1984; DELLACECCA, 1987).

Entretanto, o manejo inadequado da fertirrigação pode levar ao acúmulo indesejável de sais no solo, principalmente em solos com menor permeabilidade onde a lixiviação de sais é dificultada (PAPADOPOULOS e RENDIG, 1983; PAPADOPOULOS, 1986; TESI e TOSI, 1986; SARRO et al., 1989; TESI e TOSI, 1989; ALVA e SYVERTSEN, 1991; FISCHER, 1992). O aumento da salinidade reduz a atividade do cálcio em relação aos íons monovalentes e o potencial total de água no solo, reduzindo a absorção, translocação e acúmulo deste elemento nos frutos e órgãos de reservas, e consequentemente aumentando a incidência de podridão apical em tomate (SHEAR, 1975; SONNEVELD e VOOGT, 1981; MULLINS e COFFEY, 1982; CASTELLANE, 1988; CADAHIA L., 1989; ADAMS e HO, 1992; PEET, 1992; SCHMIDT et al., 1993).

No manejo da fertirrigação, pesquisas revelam que maiores produções de tomate são obtidas quando 30 a 40% das doses de potássio e de nitrogênio recomendadas são incorporadas ao solo, por ocasião do plantio, e o restante é aplicado através da água de irrigação durante o ciclo da cultura (LOCASCIO e MYERS, 1974; LOCASCIO et al., 1982; FISKELL e LOCASCIO, 1983; LOCASCIO et al., 1989; LOCASCIO e SMAJSTRLA, 1989; DANGLER e LOCASCIO, 1990a; DANGLER e LOCASCIO, 1990b). Este fato pode estar relacionado à movimentação de íons podendo variar conforme o nível de fertilidade e características físicas do solo (LOCASCIO et al., 1985; HUETT, 1993).

2.5. Efeito da Cobertura Plástica do Solo sobre o Cultivo de Tomateiro

A cobertura plástica conserva a umidade do solo, permitindo a utilização de turnos de rega mais longos e tornando-se benéfica especialmente em regiões com pouca disponibilidade de água. Pesquisas mostram que, para mesma frequência e lâmina de irrigação, a evapotranspiração diminui de 5 a 10% em solos com cobertura plástica relativamente aos solos sem cobertura. A cobertura plástica também conserva a umidade próxima à superfície do solo, forçando as raízes a concentrarem na camada mais aquecida e mais fértil do perfil. Esta pode

ser uma das principais explicações para o rápido crescimento e maior vigor das plantas cultivadas sob cobertura plástica (SPICE, 1959; KNAVEL e MOHR, 1967; LOCASCIO e MYERS, 1974; VANDERWERKEN e WILCOX-LEE, 1988; MAKISHIMA e MIRANDA, 1992).

A temperatura na camada superficial do solo com cobertura plástica pode ser até 5°C mais elevada que aquela no solo sem cobertura. Este aumento de temperatura beneficia o crescimento das plantas, principalmente em regiões mais frias ou em plantios de inverno, uma vez que a absorção de água e nutrientes pelas raízes é favorecida (RENQUIST et al., 1982a; RENQUIST et al., 1982b; HALE e ORCUTT, 1987; WIEN e MINOTTI, 1987; ABDUL-BAKI et al., 1992).

A influência da cobertura plástica sobre a temperatura do ar ocorre principalmente no estrato inferior da planta. Geralmente a temperatura média diária, medida 5 cm acima da cobertura plástica, é até 2°C mais elevada em relação à temperatura do ar no solo sem cobertura (FRITSCHEN e SHAW, 1960; TSEKLEEV et al., 1993).

A umidade relativamente constante e a temperatura mais elevada no solo com cobertura plástica favorecem a atividade microbiana e a mineralização do nitrogênio orgânico. A cobertura plástica também protege o solo contra a lixiviação de nutrientes, principalmente potássio e nitrogênio (LOCASCIO e MYERS, 1974; WIEN e MINOTTI, 1987; BHELLA, 1988a; PHENE, 1989).

O efeito da cobertura plástica sobre o crescimento de plantas daninhas depende de sua capacidade em transmitir a luz visível, particularmente o comprimento de onda onde ocorre a fotossíntese (EMMERT, 1957; COURTER e OEBKER, 1964; ASHWORTH e HARRISON, 1983; MARTINEZ, 1989). Embora transmita elevado percentual de luz visível, o filme transparente aumenta a temperatura sob a cobertura plástica. Em consequência, as plantas daninhas secam e sua biomassa é reduzida em aproximadamente 60% em relação à biomassa daquelas crescidas no solo sem cobertura plástica (TSEKLEEV et al., 1993). Nos filmes preto e branco-opaco, a luz visível é absorvida ou refletida impossibilitando a realização de fotossíntese pelas plantas daninhas. Neste caso,

o decréscimo da biomassa, em relação ao solo sem cobertura plástica, é quase total (LIPPERT et al., 1964;; BHELLA, 1988b; CARTER e JOHNSON, 1988; PHENE, 1989; CLARK e MAYNARD, 1992).

A cobertura plástica protege a planta de doenças, como a murcha de esclerócio e de verticílio, e pragas que passam parte do seu ciclo evolutivo no solo (GARNAUD, 1974). Os filmes branco-opaco e prateado, em razão da sua forte capacidade reflectiva, também exercem efeito repelente sobre trips e afídeos (CLARKSON, 1960; CSIZINSZKY et al., 1995).

O uso da cobertura plástica pode antecipar a colheita do tomateiro em até dez dias e aumentar as produções precoce e total em até 27 e 32%, respectivamente (SALVETTI, 1985; MARTINEZ, 1989). Em razão da maior conservação de umidade do solo, a cobertura plástica também reduz a incidência de podridão apical e evita que os frutos do tomateiro tenham contato direto com o solo, melhorando sua qualidade e apresentação e permitindo uma comercialização mais lucrativa (KIMOTO et al., 1984; WELLS e LOY, 1985; VANDERWERKEN e WILCOX-LEE, 1988; WEST e PEIRCE, 1988; WIEN e MINOTTI, 1988).

ASHWORTH, S., HARRISON, H. Evaluation of mulches for use in the home garden. HortSci, Alexandria, v.18, n.2, p.180-182, 1983.

BARBOSA, V. Nutrição e adubação de tomate resisteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal, Anais... Piracicaba: POTAFOS, 1993, p.323-339.

BESFORD, R.T., MAW, G.A. Uptake and distribution of potassium in tomato plants. Pl. Soil, The Hague, v.41, p.601-618, 1974.

BHELLA, H.S. Effect of trickle irrigation and black mulch on growth, yield, and mineral composition of watermelon. HortSci, Alexandria, v.23, n.1, p.123-125, 1988a.

BHELLA, H.S. Tomato response to trickle irrigation and black polyethylene mulch. J. Amer. Soc. Hort. Sci., St. Joseph, v.113, n.4, p.543-546, 1988b.

BOARETTO, A.B., BULL, E.T., FIERI, J.C. et al. Doses de potássio na adubação do tomateiro *Lycopersicon esculentum* MILL. e citricultura. R. Agric. Piracicaba, v.58, p.209-218, 1993.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-BAKI, A., SPENCE, C., HOOVER, R. Black polyethylene mulch doubled yield of fresh-market field tomatoes. **HortSci.**, Alexandria, v.27, n.7, p.787-789, 1992.
- ADAMS, P, HO, L.C. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. **J. Hort. Sci.**, Ashford, v.67, p.827-839, 1992.
- ALVA, A.K., SYVERTSEN, J.P. Irrigation water salinity affects soil nutrient distribution, root density, and leaf nutrient levels of citrus under drip irrigation. **J. Pl. Nutr.**, New York, v.14, p.715-727, 1991.
- ASHWORTH, S., HARRISON, H. Evaluation of mulches for use in the home garden. **HortSci.**, Alexandria, v.18, n.2, p.180-182, 1983.
- BARBOSA, V. Nutrição e adubação de tomate rasteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal, **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.323-339.
- BESFORD, R.T., MAW, G.A. Uptake and distribution of potassium in tomato plants. **Pl. Soil**, The Hague, v.41, p.601-618, 1974.
- BHELLA, H.S. Effect of trickle irrigation and black mulch on growth, yield, and mineral composition of watermelon. **HortSci.**, Alexandria, v.23, n.1, p.123-125, 1988a.
- BHELLA, H.S. Tomato response to trickle irrigation and black polyethylene mulch. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.113, n.4, p.543-546, 1988b.
- BOARETTO, A.E., BULL, L.T., PIERI, J.C. et al. Doses de potássio na adubação do tomateiro *Lycopersicum esculentum* MILL.) estaqueado. **R. Agric.**, Piracicaba, v.58, p.209-219, 1983.

- CADAHIA L., C. Nutrient disorders in frutis related to water and fertilizer application. In: COLLOQUIUM INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 21, 1989, Louvain-la-neuve. **Proceedings...** Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1989. p.307-318.
- CARTER, J., JOHNSON, C. Influence of different types of mulches on eggplant production. **HortSci.**, Alexandria, v.23, n.1, p.143-145, 1988.
- CASTELLANE, P.D. **Podridão apical em frutos de tomateiro**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 39p.
- CLARK, G.A., MAYNARD, D.N. Vegetable production on various bed widths using drip irrigation. **Ap. Engin. Agric.**, St. Joseph, v.8, n.1, p.28-32, 1992.
- CLARKSON, V.A. Effect of black polyethylene mulch on soil and microclimate temperature and nitrate level. **Agron. J.**, Madison, v.52, n.6, p.307-309, 1960.
- COURTER, J.W., OEBKER, N.F. Comparisons of paper and polyethylene mulching on yields of certain vegetable crops. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Beltsville, v.85, p.526-531, 1964.
- CSIZINSZKY, A.A., SCHUSTER, D.J., KRING, J.B. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Alexandria, v.120, n.5, p.778-784, 1995.
- DANGLER, J.M., LOCASCIO, S.J. External and internal blotchy ripening and fruit elemental content of trickle-irrigated tomatoes as affected by N and K application time. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.115, p.547-549, 1990a.
- DANGLER, J.M. e LOCASCIO, S.J. Yield of trickle-irrigated tomatoes as affected by time of N and K application. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.115, p.585-589, 1990b.
- DELLACECCA, V.; MANCINI, L.; SESSA, S. et al. Effetti di trattamenti alleganti e della fertirrigazione sul pomodoro da mensa, 2° contributo. **Colt. Prot.**, Bologna, v.6, p.47-52, 1987.
- EMMERT, E.M. Black polyethylene for mulching vegetables. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Ithaca, v.69, p. 464-469, 1957.
- ESPINOZA, W. **Manual de produção de tomate industrial no Vale do São Francisco**. Brasília, DF: CODEVASF, IICA, 1991. 300p.
- FASSBENDER, H.W., BORNEMISZA, E. **Química de suelos, com énfasis en suelos de América Latina**. San José: IICA, 1987. 420p.

- FISCHER, J.R. **Water and nutrient requirements for drip-irrigated vegetables in humid regions**. Gainesville, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1992, 17p. (Bulletin 363).
- FISKELL, J.G.A., LOCASCIO, S.J. Changes in available N for drip-irrigated tomatoes from preplant and fertigation N sources. **Soil Crop Sci. Soc. Fl.**, Bradenton, v.42, p.180-184, 1983.
- FREIRE, F.M.; MONNERAT, P.H., MARTINS FILHO, C.A.S. Nutrição mineral do tomateiro. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v.6, p.13-20, 1980.
- FRITSCHEN, L.J., SHAW, R.H. The effect of plastic mulch on the microclimate and plant development. **Iowa St. J. Sci.**, Ames, v.35, n.1, p.59-72, 1960.
- GARNAUD, J.C. **The intensification of horticultural crop production in the mediterranean basin by protected cultivation**. Rome, FAO, 1974. 148p.
- HALE, M.G., ORCUTT, D.M. **The physiology of plants under stress**. New York: John Wiley e Sons, 1987. 206p.
- HUETT, D.O. Fertiliser nitrogen and potassium studies with Flora-Dade tomatoes grown with trickle irrigation and polyethylene mulch covered beds on krasnozem soils. **Aust. J. Exp. Agr.**, East Melbourne, v.33, p.221-226, 1993.
- KARPINETS, T.W. Estimation of K fixation and release in soils by two consecutive extractions. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 23, 1993. **Proceedings...** Worblauer-Bern: International Potash Institute, 1993. p. 29-33.
- KIMOTO, T., ZANIN, A.C.W., CONCEIÇÃO, F.A.D. Sistemas alternativos de sustentação das plantas e mulching para cultivares de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de crescimento determinado. **Científica**, São Paulo, v.12, n.1/2, p.111-116, 1984.
- KNAVEL, D.E., MOHR, H.C. Distribution of roots of four different vegetables under paper and polyethylene mulches. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.91, p.589-597, 1967.
- LIMA, J.A.; DEFELIPO, B.V.; NOVAIS, R.F. et al. Efeito das relações Ca/Mg e (Ca+Mg)/K na correção da acidez de dois latossolos e na produção de matéria seca do tomateiro (*Lycopersicum esculentum*, MILL.) cv. Kada. **Rev. Ceres**, Viçosa, v.28, p.103-115, 1981.

- LINGLE, J.C., LORENZ, O.A. Potassium nutrition of tomatoes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.94, p.679-683, 1969.
- LIPPERT, L.F.; TAKATORI, F.H., WHITING, F.L. Soil moisture under bands of petroleum and polythylene. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Beltsville, v.85, p.541-546, 1964.
- LOCASCIO, S.J., MYERS, J.M. Tomato response to plug-mix, mulch and irrigation method. **Proc. Fla. State Hort. Soc.**, Lake Alfred, v.85, p.126-130, 1974.
- LOCASCIO, S.J., SMAJSTRLA, A.G. Drip irrigated tomato as affected by water quantity and N and K application timing. **Proc. Fla. State Hort. Soc.**, Lake Alfred, v.102, p.307-309, 1989.
- LOCASCIO, S.J., FISKELL, J.G.A., GRAETZ, D.A. et al. Nitrogen accumulation by pepper as influenced by mulch and time of fertilizer application. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.110, n.3, p.325-328, 1985.
- LOCASCIO, S.J., MYERS, J.M., FISKELL, J.G.A. Nitrogen application timing and source for drip irrigated tomatoes. In: SCAIFE, A.; ed. **INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM**, 9, England, 1982. **Proceedings...** p. 323-328.
- LOCASCIO, S.J., OLSON, S.M., RHOADS, F.M. Water quality and time of N and K application for trickle-irrigated tomatoes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.114, p.265-268, 1989.
- MAKISHIMA, N., MIRANDA, J.E.C. **Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. EMBRAPA/CNPH, 1992. 22p. (Instrução Técnica, 11).
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2th edition, London: Academic Press, 1995. 889p.
- MARTINEZ, M. Plástico: produtividade e solo protegido. **Manchete Rural**, Rio de Janeiro, v.33, p.76-80, 1989.
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Berna: International Potash Institute, 1987. 593p.
- MULLINS, C.A., COFFEY, D.L. Effect of fertilizer level and season on tomato fruit quality. **Ten. Farm Home Sci.**, Knoxville, v.122, p.9-11, 1982.

- NOVOZAMSKY, I, HOUBA, V.J.G. Critical evaluation of soil testing methods for K. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 20, Áustria, 1987. **Proceedings...** Worblaufen-Bern: International Potash Institute, p.177-197.
- PAPADOPOULOS, A.P. **Growing greenhouse tomatoes in soil and soilless media.** Ottawa: Agriculture Canada Publication, 1991. 79p.
- PAPADOPOULOS, I. Nitrogen fertigation of greenhouse-grown french beans. **Commun. Soil Sci. Pl. Anal.**, New York, v.17, p.893-903, 1986.
- PAPADOPOULOS, I., RENDIG, V.V. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. **Pl. Soil**, The Hague, v.73, p.47-57, 1983.
- PEET, M.M. Fruit cracking in tomato. **HortTechn.**, Alexandria, v.2, p.216-223, 1992.
- PHENE, C.J. Water management of tomatoes in the tropics. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM MANAGEMENT PRACTICE., **Proceedings...** Asian Vegetable Research and Development Center, 1989, p.308-322.
- RAIJ, B. VAN. **Avaliação da fertilidade do solo.** Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 143p.
- RENQUIST, A.R., BREEN, P.J., MARTIN, L.W. Effect of polyethylene mulch and summer irrigation regimes on subsequent flowering and fruiting of "Olympus" strawberry. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.107, n.3, p.373-376, 1982a.
- RENQUIST, A.R., BREEN, P.J., MARTIN, L.W. Vegetative growth response of "Olympus" strawberry to polyethylene mulch and drip irrigation regimes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.107, n.3, p.369-372, 1982b.
- SALVETTI, M.G. **O polietileno na agropecuária brasileira.** São Paulo: Poliolefinas, 1985. 154p.
- SARRO, M.J., SAA, A., CADAHIA, C., MASAGUER, A. Respuesta del cultivo de tomate en arenado y condiciones salinas a diferentes programas de fertilización fosfórica. **An. Edaf. Agrob.**, Madrid, v.48, p.449-957, 1989.
- SCHMIDT, C., HE, T., CRAMER, G.R. Supplemental calcium does not improve growth of salt-stressed brassicas. **Pl. Soil**, The Hague, v.155/156, p.415-418, 1993.

- SERRA, G.E., GARCIA, G.J., CONCEIÇÃO, F.A.D. et al. Efeitos da adubação potássica sobre alguns aspectos qualitativos e composição química do tomate. **Rev. Oleric.**, Botucatú, v.15, p.272-273, 1975.
- SHEAR, C.B. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. **HortSci.**, Alexandria, v.10, p.361-365, 1975.
- SONNEVELD, C., VOOGT, S.J. Nitrogen, potash and magnesium nutrition of some vegetable fruit crops under glass. **Neth. J. Agric. Sci.**, Arnhem, v.29, p.129-139, 1981.
- SPICE, H.R. **Polythene film in horticulture**. London: Faber and Faber, 1959. 176p.
- STEDUTO, P. Fertigation. **Riv. di Agron.**, Bologna, v.18, n.1, p.3-20, 1984.
- TAKAHASHI, H.W. Nutrição e adubação de tomate estaqueado. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, Jaboticabal, 1990, **Anais...** Piracicaba, POTAFOS, 1993, p. 301-322.
- TESI, R., TOSI, D. Effect of different peat substrates on the growth of tomato seedlings. **Riv. Ortoflorofrutt. It.**, Firenze, v.70, p.165-170, 1986.
- TESI, R., TOSI, D. Influenza di alcuni fattori colturali nella produzione di piantine di pomodoro in vivaio. **Colt. Prot.**, Bologna, v.5, p.73-78, 1989.
- TISDALE, S.L., NELSON, W.L., BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4th ed., New York: Macmillan Publishing Company, 1985, 754p.
- TSEKLEEV, G., BOYADJIEVA, N., SOLAKOV, Y. et al. Influence of photo-selective mulch films on tomatoes in greenhouses. **Plasticulture**, Paris, v.95, p.45-49, 1993.
- VANDERWERKEN, J.E., WILCOX-LEE, D. Influence of plastic mulch and type and frequency of irrigation on growth and yield of bell pepper. **HortSci.**, Alexandria, v.23, n.6, p.985-988, 1988.
- VAN DIEST, A., HORAKOVA, H., HOUBA, V.J.G. Towards unity and clarity in European soil testing. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 23, 1993. **Proceedings...** Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1993. p.26-28.
- VITTI, G.C., BOARETTO, A.E., PENTEADO, S.R. Fontes de fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E., eds. SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, Piracicaba, 1993. **Anais...** p. 233-256.

WELLS, O.S., LOY, J.B. Intensive vegetable production with row covers. **HortSci.**, Alexandria, v.20, n.5, p.822-825, 1985.

WEST, J., PEIRCE, L.C. Yields of tomato phenotypes modified by planting density, mulch, and row covers. **HortSci.**, Alexandria, v.23, n.2, p.321-324, 1988.

WIDDERS, I.E., LORENZ, O.A. Tomato root development as related to potassium nutrition. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.104, p.216-220, 1979.

WIDDERS, I.E., LORENZ, O.A. Potassium nutrition during tomato plant development. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.107, p.960-964, 1982.

WIEN, H.C., MINOTTI, P.L. Growth, yield, and nutrient uptake of transplanted fresh-market tomatoes as affected by plastic mulch and initial nitrogen rate. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.112, p.759-763, 1987.

WIEN, H.C., MINOTTI, P.L. Increasing yield of tomatoes with plastic mulch and apex removal. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.113, n.3, p.342-347, 1988.

críticos de potássio associados à dose de MEE, nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2°, 4° e 6° cachos, no início do florescimento de cada um destes, foram 10,00; 9,35 e 4,30 dag kg^{-1} , respectivamente.

Termos para indexação: tomate, adubação potássica, teores de nutrientes, nível crítico de potássio, *Lycopersicon esculentum*

PRODUÇÃO DE FRUTOS E TEORES DE NUTRIENTES NO TOMATEIRO E NO SOLO ADUBADO COM POTÁSSIO

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a resposta do tomateiro à adubação potássica, foi realizado um experimento de campo, na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em solo podzólico vermelho-amarelo câmbico. Foram aplicadas seis doses de potássio correspondentes a 0; 48,4; 118,6; 188,8; 259,0 e 399,4 kg ha^{-1} , na forma de KCl, em quatro repetições e dispostas no delineamento em blocos casualizados. As produções total e comercial de frutos aumentaram com as doses de potássio adicionadas, atingindo valores máximos de 53,9 e 38,0 t ha^{-1} , respectivamente, aplicando-se dose de potássio de aproximadamente 186 kg ha^{-1} . A dose de potássio associada a máxima eficiência econômica (MEE), estimada com base na produção ponderada de frutos, foi praticamente igual à de máxima eficiência física. A condutividade elétrica da solução do solo, o pH e o teor de cálcio no solo não foram influenciados pelas doses de potássio, ocorrendo o inverso com o teor de potássio. Os teores de potássio nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2°, 4° e 6° cachos aumentaram linearmente com as doses de potássio aplicadas, enquanto os teores de magnésio decresceram. Os níveis críticos de potássio no solo associados à dose que proporcionou a MEE nas amostragens realizadas nos surgimentos do 2°, 4° e 6° cachos foram 151, 110 e 136 mg dm^{-3} , respectivamente. Nessas mesmas épocas de amostragem, os níveis

críticos de potássio associados à dose de MEE, nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2°, 4° e 6° cachos, no início do florescimento de cada um destes, foram 10,00; 9,35 e 4,50 dag kg⁻¹, respectivamente.

Termos para indexação: tomate, adubação potássica, teores de nutrientes, nível crítico de potássio, *Lycopersicon esculentum*.

ABSTRACT

FRUIT YIELD AND NUTRIENT CONCENTRATIONS ON TOMATO PLANT AND ON SOIL FERTILIZED WITH POTASSIUM

To evaluate tomato response to potassic fertilization, an field experiment was conducted on "Horta do Fundão" at the Federal University of Viçosa, in a cambic yellowish podzolic. Six potassium rates were applied, corresponding to 0, 48.4, 118.6, 188.8, 259.0 and 399.4 kg ha⁻¹, as KCl, with four replicates, and following a randomized block design. Total and commercial fruit yields increased with applied K levels, attaining maximum values of 53.9 and 38.0 t ha⁻¹, respectively, with approximately 186 kg K ha⁻¹. Potassium rate associated to optimum profit yield (OPY), based in the weighted fruit yield, was the same as that of maximum yield. Soil solution electrical conductivity, soil pH and Ca concentration were not influenced by potassium rates, but the inverse occurred for soil potassium. Potassium concentrations in the leave petioles adjacent to 2°, 4° and 6° clusters increased linearly with potassium rates applied, while magnesium concentration decreased. Soil potassium critical levels associated with K rate which resulted on OPY, at 2°, 4° and 6° cluster appearances were 151, 110 and 136 mg dm⁻³, respectively. Potassium critical levels associated to OPY, on leave petioles adjacent to 2°, 4° and 6° cluster, on the onset of each cluster flowering, were 10.00, 9.35 and 4.50 dag kg⁻¹, respectively.

ABSTRACT

FRUIT YIELD AND NUTRIENT CONCENTRATIONS ON TOMATO PLANT AND ON SOIL FERTILIZED WITH POTASSIUM

To evaluate tomato response to potassic fertilization, an field experiment was conducted on "Horta do Fundão" at the Federal University of Viçosa, in a cambic yellowish podzolic. Six potassium rates were applied, corresponding to 0, 48.4, 118.6, 188.8, 259.0 and 399.4 kg ha⁻¹, as KCl, with four replicates, and following a randomized block design. Total and commercial fruit yields increased with applied K levels, attaining maximum values of 53.9 and 38.0 t ha⁻¹, respectively, with approximately 186 kg K ha⁻¹. Potassium rate associated to optimum profit yield (OPY), based in the weighted fruit yield, was the same as that of maximum yield. Soil solution electrical conductivity, soil pH and Ca concentration were not influenced by potassium rates, but the inverse occurred for soil potassium. Potassium concentrations in the leave petioles adjacents to 2°, 4° and 6° clusters increased linearly with potassium rates applied, while magnesium concentration decreased. Soil potassium critical levels associated with K rate which resulted on OPY, at 2°, 4° and 6° cluster appearances were 151, 110 and 136 mg dm⁻³, respectively. Potassium critical levels associated to OPY, on leave petioles adjacent to 2°, 4° and 6° cluster, on the onset of each cluster flowering, were 10.00, 9.35 and 4.50 dag kg⁻¹, respectively.

Index terms: tomato, potassium rates, nutrient concentrations, potassium critical levels, *Lycopersicon esculentum*.

INTRODUÇÃO

Embora o tomateiro seja exigente em potássio, não é frequente observar marcantes respostas de produção com a aplicação deste elemento no solo (BOARETTO et al., 1983; TAKAHASHI, 1993). Este fato pode estar relacionado aos altos teores iniciais de potássio nos solos brasileiros, resíduos de adubações anteriores e, em alguns solos, à presença de minerais potássicos (LOPES, 1982; NACHTIGALL & VAHL, 1991).

Entretanto, quando submetidos a cultivos sucessivos, esses solos são esgotados de potássio e geralmente após o terceiro cultivo sem adição deste elemento, a planta demonstra sinais de deficiência (RICCI et al., 1989). Este fato é muito comum em regiões de agricultura intensiva, onde as quantidades de nutrientes exportadas pela cultura e perdidas por erosão ou lixiviação superam as quantidades aplicadas (NACHTIGALL & VAHL, 1991).

A deficiência de potássio acentua-se em solos de textura mais arenosa, com baixo poder tampão, baixa retenção de umidade e baixos teores de minerais potássicos. Nessas condições espera-se resposta da planta à adubação potássica. A deficiência de potássio causa reduções no crescimento e produção de tomate (FREIRE et al., 1989). Pesquisas mostram que, influenciando o processo de abertura e fechamento dos estômatos e a osmorregulação, o potássio tem papel importante no controle da umidade na planta. A ativação de enzimas, a síntese e a estabilidade de proteínas e a síntese de carboidratos também dependem da presença de potássio (MARECHNER, 1995).

INTRODUÇÃO

Embora o tomateiro seja exigente em potássio, não é frequente observar marcantes respostas de produção com a aplicação deste elemento no solo (BOARETTO et al., 1983; TAKAHASHI, 1993). Este fato pode estar relacionado aos altos teores iniciais de potássio nos solos brasileiros, resíduos de adubações anteriores e, em alguns solos, à presença de minerais potássicos (LOPES, 1982; NACHTIGALL & VAHL, 1991).

Entretanto, quando submetidos a cultivos sucessivos, esses solos são exauridos de potássio e geralmente após o terceiro cultivo sem adição deste elemento, a planta demonstra sinais de deficiência (RICCI et al., 1989). Este fato é muito comum em regiões de agricultura intensiva, onde as quantidades de nutrientes exportada pela cultura e perdida por erosão ou lixiviação superam as quantidades aplicadas (NACHTIGALL & VAHL, 1991).

A deficiência de potássio acentua-se em solos de textura mais arenosa, com baixo poder tampão, baixa retenção de umidade e baixos teores de minerais potássicos. Nessas condições espera-se resposta da planta à adubação potássica. A deficiência de potássio causa reduções no crescimento e produção de tomate (FREIRE et al., 1980). Pesquisas mostram que, influenciando o processo de abertura e fechamento dos estômatos e a osmorregulação, o potássio tem papel importante no controle da umidade na planta. A ativação de enzimas, a síntese e a estabilidade de proteínas e a síntese de carboidratos também dependem da presença de potássio (MARSCHNER, 1995).

O excesso de potássio, por outro lado, pode causar reduções na produção e qualidade dos frutos do tomateiro devido à competição deste elemento com os íons cálcio e magnésio pelos sítios de absorção, desbalanço nutricional e dificuldade de absorção de água pela planta. Além disso, a inibição da absorção de cálcio pelo fruto do tomateiro aumenta a incidência de podridão apical, influenciando o valor comercial dos frutos (CADAHIA L., 1989; MARSCHNER, 1995).

Os principais objetivos deste trabalho foram avaliar a produção de frutos e os teores de nutrientes nos pecíolos do tomateiro e no solo, em função da adubação potássica.

O experimento foi realizado em solo podzólico vermelho-amarelo cámbico na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, sendo as características químicas e físicas do solo apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1 - Características químicas e físicas do solo

C	pH-H ₂ O	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Argila	Silte	Areia
dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³		cmol dm ⁻³				dag kg ⁻¹		
2,38	5,3	2,6	46	3,6	0,5	0,1	4,3	59	7	31

P e K: Extrator Mehlich-1
 Al, Ca e Mg: Extrator KCl 1 mol L⁻¹
 H+Al: Extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0

Sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.), cv. "Santa Clara", foram germinadas em sementeira em 26 de maio de 1994. Nessa mesma data, no solo onde seriam transplantadas as mudas, 40% da dose de calcário dolomítico necessária para elevar a percentagem de saturação de bases para 70% foi incorporada até 50 cm de profundidade. Os 60% restantes foram incorporados até 15 cm de profundidade, três dias antes do transplante, em 29 de junho de 1994. Cada tratamento ocupou uma parcela de 14 m² com espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras, com 10 plantas úteis.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em solo podzólico vermelho-amarelo câmbico na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, sendo as características químicas e físicas do solo apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1 - Características químicas e físicas do solo

C	pH-H ₂ O 1:2,5	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Argila	Silte	Areia
dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				dag kg ⁻¹	
2,38	5,5	2,6	46	3,6	0,5	0,1	4,8	40	9	51

P e K: Extrator Mehlich-1.

Al, Ca e Mg: Extrator KCl 1 mol L⁻¹.

H+Al: Extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0.

Sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.), cv. "Santa Clara", foram semeadas em sementeira em 26 de maio de 1994. Nessa mesma data, no solo onde seriam transplantadas as mudas, 40% da dose de calcário dolomítico necessária para elevar a percentagem de saturação de bases para 70% foi incorporada até 50 cm de profundidade. Os 60% restantes foram incorporados até 15 cm de profundidade, três dias antes do transplante, em 29 de junho de 1994. Cada tratamento ocupou uma parcela de 14 m² com espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras, com 10 plantas úteis.

Os tratamentos, distribuídos no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, corresponderam a seis doses de potássio definidas com base no teor de potássio disponível e CTC total do solo. Assim, tendo sido considerados os teores de potássio já existentes no solo, foram aplicadas as quantidades de potássio necessárias para elevar a percentagem de potássio em relação à CTC total para 2 (48,36 kg de K ha⁻¹), 3 (118,56 kg de K ha⁻¹), 4 (188,76 kg de K ha⁻¹), 5 (258,96 kg de K ha⁻¹) e 7% (399,36 kg de K ha⁻¹), respectivamente. O potássio foi aplicado em forma de KCl na proporção de 40% no sulco de transplântio e 20% após o surgimento do 2º, 4º e 6º cachos de frutos. O N foi aplicado na forma de uréia em doses equivalentes a 80 kg ha⁻¹ de N no sulco de transplântio e 120 kg ha⁻¹ de N parcelado em três vezes, juntamente com o potássio. No sulco, por ocasião do transplante, foram aplicados também 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples, 10 kg ha⁻¹ de bórax, 10 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco e 200 g ha⁻¹ de molibdato de amônio, conforme recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989).

O tomateiro foi conduzido com duas hastes tutoradas no sistema de cerca cruzada. A poda apical foi realizada quando a planta atingiu 1,8 m de altura.

A demanda de água pela cultura foi estimada com base na evaporação de um tanque classe "A" considerando o coeficiente do tanque como 0,85 e os coeficientes de cultura variáveis, dependendo do estágio de desenvolvimento do tomateiro (VOLPE & CHURATA-MASCA, 1988). A irrigação foi feita com mangueira, utilizando-se hidrômetro e chuveiro adaptados na extremidade (SOARES, 1986). O turno de rega adotado foi variável sendo que, a cada dois turnos de rega de dois dias, intercalava-se um de três dias. A lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura foi 478,0 mm em complementação aos 84,8 mm precipitados pela chuva.

No florescimento do 2º, 4º e 6º cachos da haste principal, foram coletadas amostras de solo à profundidade de 0-20 cm, entre plantas, na fileira, para análise da condutividade elétrica (CE), pH e cálcio, magnésio e potássio trocáveis (ALVAREZ V., 1985). Após a determinação do potássio trocável, na mesma

amostra efetuou-se uma nova extração determinando-se o potássio adicional (Ka). O potássio total disponível (Kt) foi obtido pela soma do potássio trocável e potássio adicional.

Nas mesmas épocas em que foram retiradas as amostras de solo, também foram coletadas amostras do pecíolo da folha adjacente ao 2º, 4º e 6º cacho para análise dos teores de $N-NO_3^-$ (CATALDO et al., 1975), cálcio, magnésio e potássio (MALAVOLTA et al., 1989) na matéria seca.

Os frutos foram colhidos semanalmente, em nove colheitas, quando seus ápices apresentavam a coloração avermelhada, e aqueles sem defeitos foram classificados em função de seu diâmetro transversal (Quadro 2). Os frutos com podridão apical foram separados, pesados e quantificados independentemente do seu diâmetro. A primeira colheita foi realizada em 20 de setembro e a última em 16 de novembro de 1994.

QUADRO 2 - Classificação dos frutos segundo seu diâmetro transversal (adaptado da portaria ministerial nº 76 de 25/2/75 do MA)

Classe de Frutos	Diâmetro Transversal (mm)
Graúdo 3 ^{1/}	diâmetro ≥ 60
Graúdo 2 ^{2/}	$56 \leq \text{diâmetro} < 60$
Graúdo 1 ^{3/}	$52 \leq \text{diâmetro} < 56$
Médio	$47 \leq \text{diâmetro} < 52$
Pequeno	$40 \leq \text{diâmetro} < 47$
Miúdo	$33 \leq \text{diâmetro} < 40$

^{1/} Foi considerado extra AA;
^{2/} Foi considerado extra A;
^{3/} Foi considerado extra.

A produção comercial de frutos foi obtida pelo somatório das classes extra AA, extra A e extra. Calculou-se também a produção ponderada de frutos. Para tanto, utilizaram-se os fatores de ponderação 1,0; 0,5 e 0,3, baseando-se nos preços das classes supracitadas, obtidos nos meses de setembro a novembro de

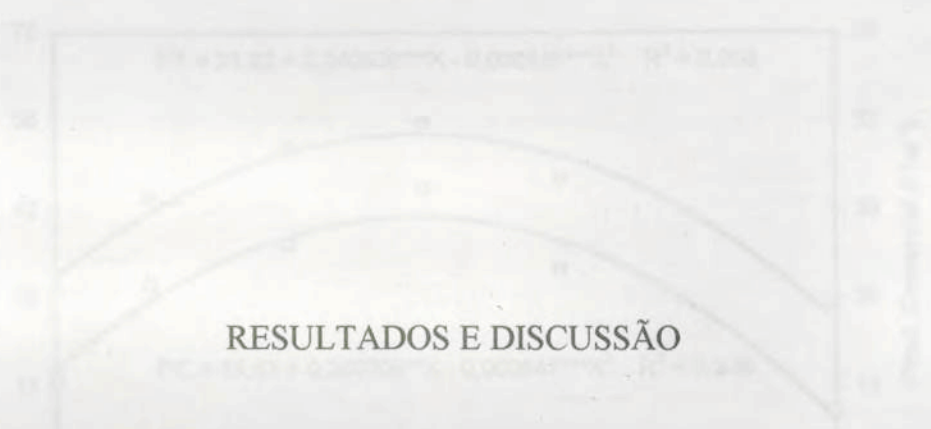
1994 (CEASA, 1994), para serem transformadas as classes extra AA, extra A e extra em unicamente extra AA.

A produção não-comercial correspondeu ao somatório das classes médio, pequeno, miúdo e menor que 33 mm. A produção total foi obtida através do somatório da produção comercial e não comercial.

Calculou-se o índice de precocidade pela equação $IP = \sum_{i=1}^n (Y_i / D_i) / n$, em que n = número de colheitas, $i = 1, 2, \dots, n$; Y_i = produção na colheita “i” e D_i = número de dias do início ao final de cada colheita “i” (KHANIZADEH & FANOUS, 1992).

Os dados obtidos que não seguiam a distribuição normal foram transformados para $\sqrt{Y}$. Foram realizadas análises de variância e os modelos de regressão foram ajustados relacionando-se as doses aplicadas de potássio às variáveis obtidas. Os critérios para escolha dos modelos de regressão foram maior coeficiente de determinação, significância dos coeficientes de regressão até 10% de probabilidade pelo teste t e significado biológico do modelo.

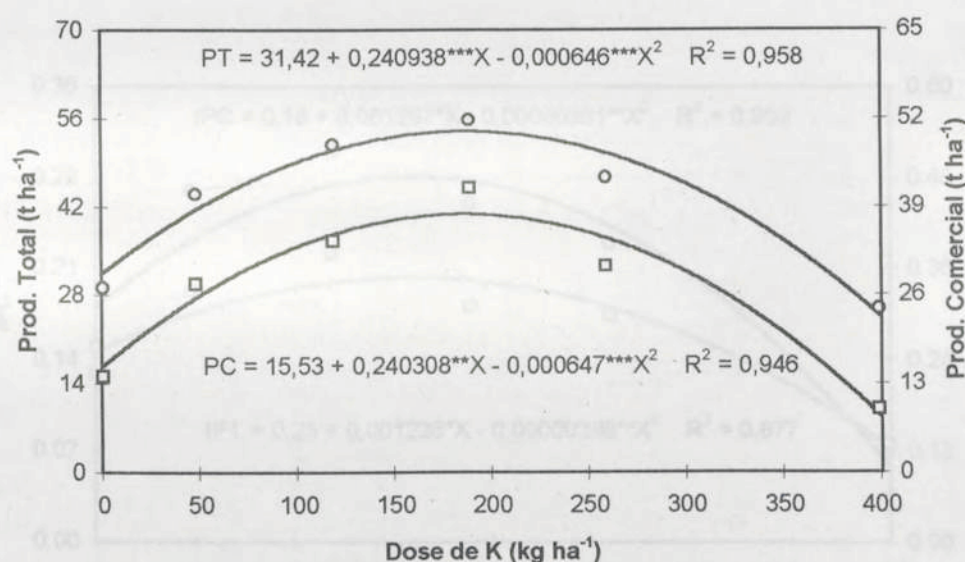
As doses de potássio correspondentes às produções de máxima eficiência física (MEF) (máxima produção de frutos) e de máxima eficiência econômica (MEE) (máximo retorno econômico) foram obtidas, respectivamente, igualando-se a primeira derivada da equação, correspondente à produção ponderada de frutos, ao valor zero e à relação de preços do adubo potássico e tomate.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A MEF da produção total foi 53,9 t ha⁻¹ com aplicação de potássio na dose de 187 kg ha⁻¹ (Figura 1). O suprimento adequado de potássio às plantas é importante, dentre outros processos, para manter o potencial hídrico da planta e os mecanismos de abertura e fechamento dos estômatos. Estes últimos, por sua vez, controlam a absorção de CO₂, importante para a formação de fotoassimilados (MARSCHNER, 1995). Doses excessivas de potássio, na forma de KCl, provocam reduções na produção em razão do desequilíbrio nutricional causado pela competição entre este elemento e outros cátions e do cloreto com nitrato (CERDA & MARTINEZ, 1988; DALIPARTHY et al., 1994).

A máxima produção comercial de frutos (38,0 t ha⁻¹) foi obtida com aplicação de 186 kg ha⁻¹ de potássio (Figura 1). Embora ligeiramente superior à média nacional, esta produção ainda é baixa quando comparada com as produções obtidas em determinadas regiões brasileiras e em países mais desenvolvidos, podendo estar relacionada à não aplicação de matéria orgânica no sulco de transplante, declividade do terreno, encrostamento do solo e sistema de irrigação utilizado, dificultando a infiltração de água no solo e aumentando as perdas por evaporação e escoamento. Periodicamente foi necessário sulcar o solo entre as fileiras para destruir o encrostamento e permitir infiltração de água. SILVA JR. & VIZZOTTO (1990) observaram queda na produção comercial de tomate de 53 t ha⁻¹, com dose de potássio de 85 kg ha⁻¹, para 46 t ha⁻¹, com dose de 108 kg ha⁻¹ de potássio, na ausência de adubação orgânica.

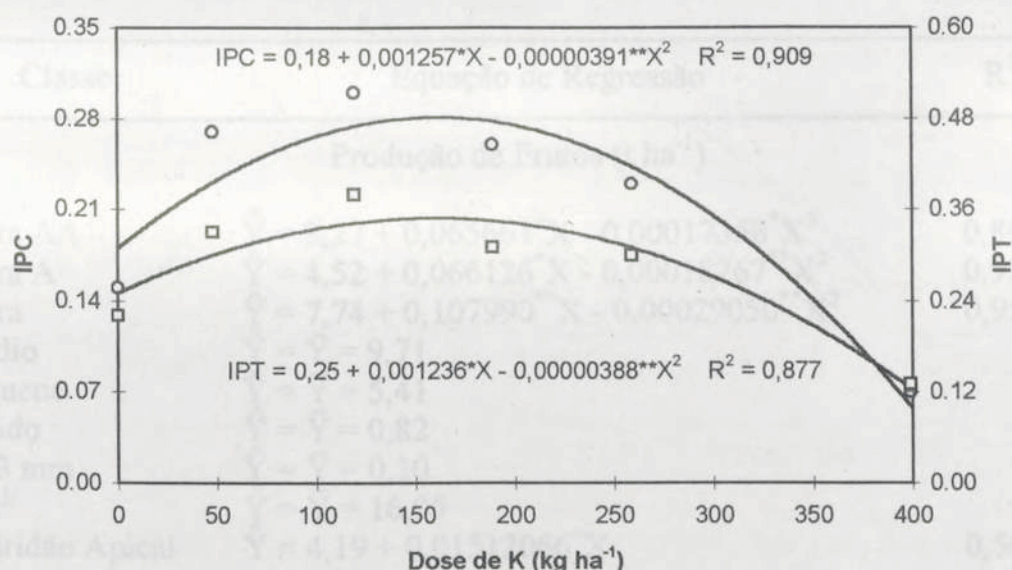


, *, significativos a 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

FIGURA 1 - Produções total (PT) e comercial (PC) de frutos do tomateiro em função das doses de potássio aplicadas.

Com base nos índices de precocidade da produção comercial e total (Figura 2), observa-se que colheitas mais precoces seriam obtidas com aplicação de potássio nas doses de 161 e 159 kg ha⁻¹, respectivamente. No entanto, essas doses propiciariam apenas 98,5 e 90,0% da produção máxima obtida. A antecipação da colheita pode ser importante em determinados períodos ou regiões, dependendo da oferta do produto no mercado.

A adubação potássica influenciou as produções de tomate das classes extra AA, extra A e extra (Quadro 3), sendo que as produções máximas dessas classes foram obtidas com aplicação de potássio nas doses de 189, 181 e 186 kg ha⁻¹, respectivamente.



*, **, significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

FIGURA 2 - Índices de precocidade das produções comercial (IPC) e total (IPT) de tomate, em função das doses de potássio aplicadas.

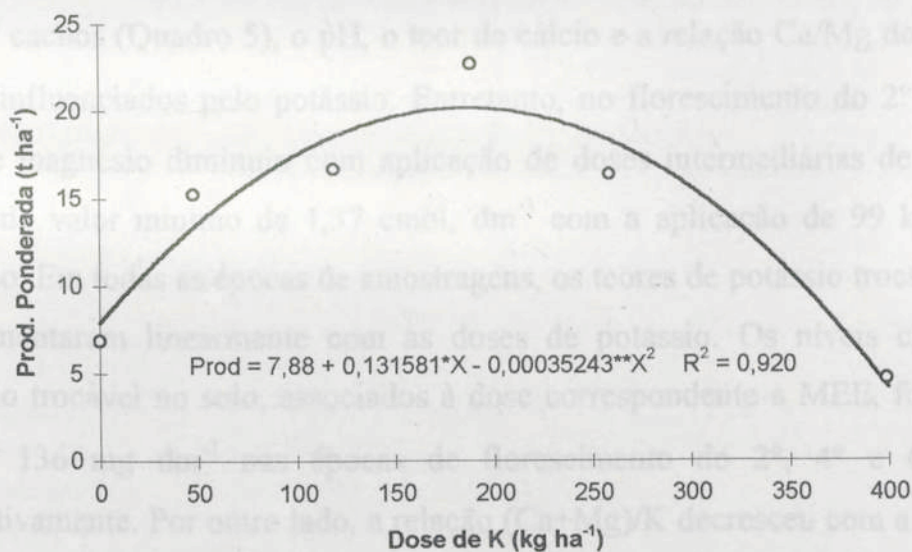
A incidência de podridão apical nos frutos aumentou com a aplicação de potássio (Quadro 3). Entretanto, o aumento na produção comercial, proporcionado pela dose adequada de potássio, superou o aumento da produção de frutos com podridão apical. Essa desordem fisiológica, provocada pela deficiência de cálcio no fruto, dentre outros fatores, pode ser causada pela competição entre potássio e cálcio pelos sítios de absorção e transporte na planta (CADAHIA L., 1989; DALIPARTHY et al., 1994). Os teores elevados de potássio no fruto estimulam a formação de ácidos orgânicos que reduzem a disponibilidade do cálcio no tecido do fruto e a permeabilidade seletiva da membrana, aumentando a perda dos constituintes celulares e, conseqüentemente, a incidência de podridão apical (WILLUMSEN et al., 1996).

QUADRO 3 - Equações de regressão relacionando a produção classificada de frutos às doses de potássio aplicadas

Classe	Equação de Regressão	R ²
Produção de Frutos (t ha ⁻¹)		
Extra AA	$\hat{Y} = 3,27 + 0,065661^{+}X - 0,00017358^{*}X^2$	0,802
Extra A	$\hat{Y} = 4,52 + 0,066126^{*}X - 0,00018267^{**}X^2$	0,928
Extra	$\hat{Y} = 7,74 + 0,107990^{**}X - 0,00029050^{**}X^2$	0,950
Médio	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,71$	
Pequeno	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,41$	
Miúdo	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,82$	
< 33 mm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,10$	
Pnc ^{1/}	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,05$	
Podridão Apical	$\hat{Y} = 4,19 + 0,01512066^{+}X$	0,565

⁺, ^{*}, ^{**}, significativos a 10; 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.
^{1/} Produção não comercial.

A produção de MEF, estimada com base na produção ponderada (Figura 3), foi obtida com a aplicação de potássio na dose de 187 kg ha⁻¹, enquanto a produção de MEE, também estimada com base na produção ponderada, no período correspondente à colheita de frutos (Quadro 4), foi obtida com aplicação de potássio na dose de 186 kg ha⁻¹. Estes valores foram praticamente iguais indicando que, para o tomate, uma dose de potássio que permita obter produção máxima, possibilitará também a obtenção do retorno econômico ótimo. No período compreendido entre julho/94 e agosto/96, considerando-se a produção ponderada nas relações de preços mais favoráveis e menos favoráveis (Quadro 4), as doses de potássio associadas à MEE variaram de 186 a 182 kg ha⁻¹, com valor médio de 185 kg ha⁻¹.



*, **, significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

FIGURA 3 - Produção ponderada de frutos de tomate em função das doses de potássio aplicadas.

QUADRO 4 - Doses de potássio associadas à máxima eficiência econômica (MEE), considerando-se a produção ponderada de tomate, em função da relação preço do potássio/preço do tomate

Preço do K (R\$/kg)/Preço do Tomate (R\$/t)	Dose de MEE (kg ha ⁻¹)
0,000645 ^{1/}	186
0,001556 ^{2/}	185
0,003417 ^{3/}	182
0,000774 ^{4/}	186

1/ Relação mínima observada entre julho/94 e agosto/96.

2/ Relação média observada entre julho/94 e agosto/96.

3/ Relação máxima observada entre julho/94 e agosto/96.

4/ Relação média observada entre setembro e novembro/94, período correspondente a colheita de frutos.

Em amostragens de solo, realizadas por ocasião do florescimento do 2º, 4º e 6º cachos (Quadro 5), o pH, o teor de cálcio e a relação Ca/Mg do solo não foram influenciados pelo potássio. Entretanto, no florescimento do 2º cacho, o teor de magnésio diminuiu com aplicação de doses intermediárias de potássio, atingindo valor mínimo de $1,37 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com a aplicação de 99 kg ha^{-1} de potássio. Em todas as épocas de amostragens, os teores de potássio trocável, K_a e K_t aumentaram linearmente com as doses de potássio. Os níveis críticos de potássio trocável no solo, associados à dose correspondente a MEE, foram 151; 110 e 136 mg dm^{-3} nas épocas de florescimento do 2º, 4º e 6º cacho, respectivamente. Por outro lado, a relação $(Ca+Mg)/K$ decresceu com a aplicação de potássio, apresentando na MEE valores críticos de 19,54; 30,22 e 21,64 para as amostragens realizadas por ocasião do florescimento do 2º, 4º e 6º cachos, respectivamente.

Os teores de nutrientes no solo, determinados no período de florescimento do 6º cacho, foram menores do que aqueles determinados por ocasião do florescimento do 2º e 4º cachos. Este fato pode ser atribuído à absorção de nutrientes pelas plantas além de possíveis perdas por erosão e lixiviação.

Na amostragem realizada na época de florescimento do 2º cacho (Quadro 6), o teor de nitrato no pecíolo da folha adjacente a este cacho não foi influenciado pela aplicação de potássio; o teor de cálcio diminuiu nas doses intermediárias, atingindo valor mínimo de $1,94 \text{ dag kg}^{-1}$ com aplicação de potássio na dose de 146 kg ha^{-1} ; o teor de magnésio diminuiu enquanto o teor de potássio e as relações K/Ca , K/Mg e $K/(Ca+Mg)$ aumentaram linearmente com aplicação das doses de potássio. O teor de potássio no pecíolo da folha adjacente ao 2º cacho, associado à dose deste elemento que proporcionou a MEE, foi $10,00 \text{ dag kg}^{-1}$.

QUADRO 5 - Equações de regressão relacionando características físicas e químicas do solo, coletado na época do florescimento do 2º, 4º e 6º cacho, com as doses de potássio aplicadas (kg ha⁻¹)

Característica	Equação de Regressão	R ²
2º Cacho		
CE ^{1/} (dS m ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,34$	
pH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,86$	
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,23$	
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{Y} = 1,64 - 0,054089^{**}X^{0,5} + 0,002714^{**}X$	0,902
Ca/Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,91$	
K ⁺ (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 79,02 + 0,388703^{***}X$	0,821
Ka ^{2/} (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 18,66 + 0,129982^{***}X$	0,938
Kt ^{3/} (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 97,66 + 0,518788^{***}X$	0,877
(Ca+Mg)/K	$\hat{Y} = 72,43 - 6,2921^{***}X^{0,5} + 0,17702^{***}X$	0,983
4º Cacho		
CE (dS m ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,34$	
pH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,52$	
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,47$	
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,38$	
Ca/Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,00$	
K ⁺ (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 12,21 + 0,526353^{***}X$	0,853
Ka (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 17,99 + 0,0994403^{***}X$	0,999
Kt (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 30,19 + 0,625836^{***}X$	0,892
(Ca+Mg)/K	$\hat{Y} = 74,06 - 0,30709^{***}X + 0,0003837^{***}X^2$	0,920
6º Cacho		
CE (dS m ⁻¹)	$\hat{Y} = 2,39 + 0,0021897^{+}X$	0,644
pH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,45$	
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,83$	
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,35$	
Ca/Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,61$	
K ⁺ (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 23,62 + 0,603241^{***}X$	0,928
Ka (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 5,40 + 0,153303^{**}X$	0,943
Kt (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 29,02 + 0,756533^{***}X$	0,934
(Ca+Mg)/K	$\hat{Y} = 56,06 - 0,242405^{***}X + 0,000309^{**}X^2$	0,967

⁺, ^{**}, ^{***}, significativos a 10; 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

1/ Condutividade elétrica do extrato da pasta de saturação a 25° C.

2/ K⁺ adicional.

3/ K⁺ total disponível.

No florescimento do 4º cacho (Quadro 6), o teor de cálcio no pecíolo adjacente a este cacho não foi influenciado pelas doses de potássio; os teores de nitrato e magnésio, entretanto, diminuíram linearmente enquanto o teor de potássio e as relações K/Ca, K/Mg e K/(Ca+Mg) ajustaram-se de forma quadrática às doses de potássio adicionadas; neste pecíolo, o nível crítico de potássio associado à dose correspondente a MEE, foi 9,35 dag kg⁻¹.

Por ocasião do florescimento do 6º cacho (Quadro 6), o teor de cálcio no pecíolo da folha adjacente a este cacho não foi influenciado pela adubação potássica; os teores de nitrato e magnésio diminuíram e o teor de potássio aumentou com a aplicação das doses de potássio; nesse pecíolo, o nível crítico de potássio associado à dose correspondente a MEE, foi 4,50 dag kg⁻¹. As relações K/Mg, K/Ca e K/(Ca+Mg) ajustaram-se de forma quadrática às doses de potássio aplicadas.

As reduções das concentrações de nitrato e magnésio no pecíolo do tomateiro, com o aumento das doses de KCl, podem ser atribuídas ao efeito de diluição na planta, ao insuficiente fornecimento pelo solo e fertilizantes e à competição destes íons com o cloreto e com o potássio pelos sítios de absorção e transporte na planta (CERDA & MARTINEZ, 1988; JAKOBSEN, 1993a; JAKOBSEN, 1993b; DALIPARTHY et al., 1994).

O teor de potássio no pecíolo aparentemente decresceu do 2º para o 6º cacho (Quadro 6), fato também observado por BESFORD & MAW (1974). O decréscimo pode ter sido decorrente principalmente do carreamento de potássio para maior número de frutos existentes na planta sem a correspondente absorção pelas raízes (LINGLE & LORENZ, 1969; WIDDERS & LORENZ, 1979; WIDDERS & LORENZ, 1982). As variações nos teores ótimos de potássio nos órgãos do tomateiro, frequentemente encontradas na literatura, podem ser atribuídas a diferenças entre cultivares, ao manejo do solo e da cultura, à época e posição de amostragem (LINGLE & LORENZ, 1969), dentre outros. Apesar dessa possível variação, os níveis críticos de potássio nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos, correspondentes à produção de MEE e determinados no presente trabalho, são similares aos níveis de potássio

considerados por JONES JR. et al. (1991) como suficientes para a cultura do tomateiro. Assim, a avaliação do estado nutricional em potássio do tomateiro pode ser feita nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos. Entretanto, é possível que o diagnóstico feito por ocasião do florescimento do 2º cacho permita a correção da deficiência sem que haja maiores prejuízos na produção.

Juntamente com a análise do pecíolo da planta, a análise do solo no período correspondente ao florescimento do 2º cacho poderá também auxiliar na identificação da necessidade de correção de possível deficiência de potássio.

Ca (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 2,22 - 0,005725 X + 0,001892 X^2$	0,866
Mg (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,65 + 0,008472 X$	0,599
K/Ca	$\hat{Y} = 1,60 + 0,007715 X$	0,719
K/Mg	$\hat{Y} = 1,20 + 0,017205 X$	0,738
K/(Ca+Mg)	$\hat{Y} = 2,75 + 0,006700 X$	0,743

Pecíolo da folha adjacente ao 4º cacho

N-NO ₃ (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,40 - 0,00050288 X$	0,806
K (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 1,50 + 0,06157 X - 0,00010690 X^2$	0,835
Ca (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,57$	
Mg (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 1,18 - 0,00085423 X$	0,818
K/Ca	$\hat{Y} = 0,65 + 0,02338 X - 0,00004010 X^2$	0,856
K/Mg	$\hat{Y} = 1,10 + 0,06737 X - 0,00009525 X^2$	0,906
K/(Ca+Mg)	$\hat{Y} = 0,40 + 0,01751 X - 0,00002910 X^2$	0,871

Pecíolo da folha adjacente ao 6º cacho

N-NO ₃ (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,25 - 0,000238 X$	0,810
K (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 1,50 + 0,01401 X$	0,756
Ca (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,08$	
Mg (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 1,72 - 0,001056 X$	0,456
K/Ca	$\hat{Y} = 0,15 + 0,014525 X - 0,00002485 X^2$	0,913
K/Mg	$\hat{Y} = -0,05 + 0,034635 X - 0,00006375 X^2$	0,879
K/(Ca+Mg)	$\hat{Y} = 0,10 + 0,010245 X - 0,00001730 X^2$	0,713

* **, ***, significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

QUADRO 6 - Equações de regressão das concentrações de nutrientes e das relações iônicas nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos em função das doses de potássio aplicadas (kg ha⁻¹)

Determinação	Equação de Regressão	R ²
Pecíolo da folha adjacente ao 2º cacho		
N-NO ₃ ⁻ (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,53$	
K (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 7,15 + 0,015305^{***}X$	0,866
Ca (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 2,22 - 0,045786^{*}X^{0,5} + 0,001892^{+}X$	0,741
Mg (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,65 - 0,000472^{*}X$	0,599
K/Ca	$\hat{Y} = 3,60 + 0,007715^{**}X$	0,719
K/Mg	$\hat{Y} = 1,20 + 0,047205^{**}X$	0,738
K/(Ca+Mg)	$\hat{Y} = 2,75 + 0,006700^{*}X$	0,743
Pecíolo da folha adjacente ao 4º cacho		
N-NO ₃ ⁻ (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,40 - 0,00060288^{***}X$	0,806
K (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 1,60 + 0,06157^{***}X - 0,00010690^{***}X^2$	0,835
Ca (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,57$	
Mg (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 1,18 - 0,00088423^{*}X$	0,818
K/Ca	$\hat{Y} = 0,65 + 0,02338^{***}X - 0,00004010^{**}X^2$	0,859
K/Mg	$\hat{Y} = 1,10 + 0,06737^{***}X - 0,00009525^{+}X^2$	0,906
K/(Ca+Mg)	$\hat{Y} = 0,40 + 0,01751^{***}X - 0,00002910^{**}X^2$	0,871
Pecíolo da folha adjacente ao 6º cacho		
N-NO ₃ ⁻ (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,25 - 0,000238^{***}X$	0,810
K (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 1,90 + 0,01401^{***}X$	0,756
Ca (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,08$	
Mg (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 1,72 - 0,001056^{+}X$	0,456
K/Ca	$\hat{Y} = 0,15 + 0,014525^{**}X - 0,00002485^{*}X^2$	0,913
K/Mg	$\hat{Y} = -0,05 + 0,037635^{**}X - 0,00006275^{*}X^2$	0,879
K/(Ca+Mg)	$\hat{Y} = 0,10 + 0,010245^{**}X - 0,00001730^{*}X^2$	0,913

⁺, ^{*}, ^{**}, ^{***}, significativos a 10; 5; 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

CONCLUSÕES

- As produções comercial e total de frutos atingiram valores máximos de 38,0 e 53,9 t ha⁻¹, respectivamente, com aplicação de potássio na dose de aproximadamente 186 kg ha⁻¹.
- A produção de máxima eficiência econômica (MEE), estimada com base na produção ponderada de frutos, foi obtida com a dose de potássio equivalente a 186 kg ha⁻¹.
- Maior produção precoce de frutos foi obtida com a aplicação de potássio na dose de aproximadamente 160 kg ha⁻¹.
- A incidência de podridão apical aumentou linearmente com as doses de potássio.
- A condutividade elétrica da solução do solo, o pH, os teores de cálcio e a relação Ca/Mg no solo não foram influenciados pela adubação potássica.
- Os teores de potássio no solo, durante o florescimento do 2º, 4º e 6º cachos, aumentaram linearmente com as doses de potássio.
- Os níveis críticos de potássio no solo, associados à MEE, nos períodos correspondentes aos surgimentos do 2º, 4º e 6º cachos foram 151; 110 e 136 mg dm⁻³, respectivamente.
- Os teores de magnésio nos pecíolos amostrados por ocasião do florescimento dos 2º, 4º e 6º cachos decresceram com as doses de potássio aplicadas.
- Os teores de potássio nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos aumentaram linearmente com as doses de potássio aplicadas.

- Nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos, os níveis críticos de potássio, associados à dose de MEE, foram 10,00, 9,35 e 4,50 dag kg⁻¹, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ, V., V.H. Caracterização química de solos. Viçosa: UFV, 1985. 77p. (mimeo.).
- BESFORD, R.T. & MAW, G.A. Uptake and distribution of potassium in tomato plants. *Pl. Soil*, The Hague, v.41, p.601-618, 1974.
- 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. *Rev. Agric.*, Piracicaba, v.53, p.209-219, 1983.
- CADAHIA, L., C. Nutrient disorders in fruits related to water and fertilizer application. In: COLLOQUIUM INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 21, 1989, Louvain-La-Neuve. *Proceedings... Wortblaufen-Bern: International Potash Institute*, 1989. p.307-315.
- CATALDO, D.A., FAROON, M., SCHRADER, L.E., YOUNES, V.I. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Pl. anal.*, New York, v. 6, p.71-80, 1975.
- CEASA. Boletim informativo diário de preços. Belo Horizonte: Secretaria de Agricultura, 1994.
- CERDA, A. & MARTINEZ, V. Nitrogen fertilization under saline conditions in tomato and cucumber plants. *J. Hort. Sci.*, Ashford, v.68, n.3, p.451-458, 1994.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 4ª aproximação. Letras, 1989. 76p.
- DALIPARTHY, J.; BARKER, A.V.; MONDAL, S.S. Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. *J. Pl. Nut.*, New York, v.17, n.11, p.1859-1880, 1994.

FREIRE, F.M., MÖNNERAT, P.H. & MARTINS FILHO, C.A.S. Nutrição mineral do tomateiro. *Inf. Agrícola, Belo Horizonte*, v.6, p.13-20, 1990.

JAKOBSEN, S.T. Interaction between plant nutrients. IV. interaction between calcium and phosphate. *Acta Agric. Scand., Copenhagen*, v.43, p.6-10, 1993a.

JAKOBSEN, S.T. Interaction between plant nutrients. III. antagonism between potassium, magnesium and phosphate. *Acta Agric. Scand., Copenhagen*, v.43, p.1-5, 1993a.

LITERATURA CITADA

JONES JR., I.B., WOLF, B.; MILLS, H.A. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide.

ALVAREZ V., V.H. **Caracterização química de solos**. Viçosa: UFV, 1985. 77p. (mimeo.).

KHANZADAH, A. & FARRIS, M.A. Mathematical indices for comparing

BESFORD, R.T. & MAW, G.A. Uptake and distribution of potassium in tomato plants. **Pl. Soil**, The Hague, v.41, p.601-618, 1974.

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. **Rev. Agric.**, Piracicaba, v.58, p.209-219, 1983.

LOPES, A.S. Nutrient disorders in fruits related to water and fertilizer

CADAHIA L., C. Nutrient disorders in fruits related to water and fertilizer application. In: COLLOQUIUM INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 21, 1989, Louvain-La-Neuve. **Proceedings...** Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1989. p.307-318.

CATALDO, D.A., HAROON, M., SCHRADER, L.E., YOUNES, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Comm. Soil Sci. Pl. anal.**, New York, v. 6, p.71-80, 1975.

CEASA. **Boletim informativo diário de preços**. Belo Horizonte: Secretaria de Agricultura, 1994.

CERDA, A. & MARTINEZ, V. Nitrogen fertilization under saline conditions in tomato and cucumber plants. **J. Hort. Sci.**, Ashford, v.68, n.3, p.451-458, 1988.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 4ª aproximação, Lavras, 1989. 76p.

DALIPARTHY, J.; BARKER, A.V.; MONDAL, S.S. Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. **J. Pl. Nut.**, New York, v.17, n.11, p.1859-1886, 1994.

- FREIRE, F.M., MONNERAT, P.H. & MARTINS FILHO, C.A.S. Nutrição mineral do tomateiro. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v.6, p.13-20, 1980.
- JAKOBSEN, S.T. Interaction between plant nutrients. IV. interaction between calcium and phosphate. **Acta Agric. Scand.**, Copenhagen, v.43, p.6-10, 1993a.
- JAKOBSEN, S.T. Interaction between plant nutrients. III. antagonism between potassium, magnesium and phosphate. **Acta Agric. Scand.**, Copenhagen, v.43, p.1-5, 1993b.
- JONES JR., J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A.. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide.** Athens: Micro-Macro Publishing, 1991. 214p.
- KHANIZADEH, S. & FANOUS, M.A. Mathematical indices for comparing small fruit crops for harvest time and trait similarity. **HortSci.**, Alexandria, v. 27, n. 4, p. 346-348, 1992.
- LINGLE, J.C. & LORENZ, O.A. Potassium nutrition of tomatoes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.94, n.6, p.679-683, 1969.
- LOPES, A.S. Mineralogia do potássio em solos do Brasil. In: POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1982, Londrina, **Anais...**, Piracicaba: FIAP, Instituto da Potassa & Fofato, Instituto Internacional da Potassa, 1982. p.51-65.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas.** Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2th edition, London: Academic Press, 1995. 889p.
- NACHTIGALL, G.R. & VAHL, L.C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.15, p.37-42, 1991.
- RICCI, M.S.F., DEFELIPO, B.V., COSTA, L.M. & REZENDE, S.B. As frações granulométricas do solo como reserva de potássio para as plantas. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.13, p.181-186, 1989.
- SILVA JR., A. A. & VIZZOTTO, V.J. Efeito da adubação mineral e orgânica sobre a produtividade e tamanho de fruto de tomate. **Hort. bras.**, Brasília, v.8, n.1, p.17-19, 1990.

SOARES, J.M. **Sistemas de irrigação por mangueiras**. Petrolina: EMBRAPA, 1986. 132p. (Circular Técnica, 13)

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.

VOLPE, C.A. & CHURATA-MASCA, M.G.C. **Manejo da irrigação em hortaliças: método do tanque classe "A"**. Jaboticabal: Funep, 1988. 20p.

WIDDERS, I.E. & LORENZ, O.A.. Tomato root development as related to potassium nutrition. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Alexandria, v.104, n.2, p.216-220, 1979.

WIDDERS, I.E. & LORENZ, O.A.. Potassium nutrition during tomato plant development. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Alexandria, v.107, n.6, p.960-964, 1982.

WILLUMSEN, J.; PETERSEN, K.K. & KAACK, K. Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. **J. Hort. Sci.**, Ashford, v.71, n.1, p.81-98, 1996.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a composição e qualidade dos frutos do tomateiro cv. "Santa Clara", em função da adubação com potássio, foi realizado um experimento de campo na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em solo podzólico vermelho-amarelo câmbico. Foram aplicadas seis doses de potássio correspondentes a 0; 48,4; 118,6; 188,8; 259,0 e 399,4 kg ha⁻¹, na forma de KCl, em quatro repetições e dispostas no delineamento em blocos casualizados. No fruto seco em estufa, foram determinados os teores de matéria seca, nitrato, fósforo, enxofre, cálcio, magnésio e potássio enquanto no fruto fresco, o pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, "flavor", vitamina C, licopeno e carotenos totais. A adubação potássica promoveu aumentos no teor de potássio e nas relações K/Ca, K/Mg e K/(Ca+Mg) no fruto. Também, a acidez total titulável aumentou e o "flavor" diminuiu com a aplicação de potássio. A aplicação de potássio na dose de 186 kg ha⁻¹, correspondente à produção de frutos de máxima eficiência econômica, os valores de potássio no fruto, "flavor", acidez titulável e teor de vitamina C foram, respectivamente, 2,39 dag kg⁻¹; 20,55; 0,26% e 21,80 mg 100g⁻¹. As demais características do fruto não foram influenciadas pela aplicação das doses de potássio.

Termos para indexação: tomate, adubação potássica, características químicas, características organolépticas, *Lycopersicon esculentum*.

ABSTRACT

TOMATO FRUIT CHEMICAL COMPOSITION AND QUALITY AS A FUNCTION OF POTASSIUM FERTILIZATION

To evaluate composition and quality of tomato fruit in response to potassium rates, a field experiment was conducted on "Horta do Fundão" at the Federal University of Viçosa, in a cambic yellowish podzolic. Six potassium rates were applied corresponding to 0, 48.4, 113.6, 188.8, 259.0 and 399.4 kg ha⁻¹, as KCl, with four replicates, and following a randomized block design. The dry matter, nitrate, phosphorus, sulfur, calcium, magnesium and potassium concentration were determined for the oven-dried fruits while in the fresh fruits were determined the pH, total solids, titratable acidity, flavor, vitamin C, lycopene and carotenes. The potassium fertilization increased potassium concentration and the K/Ca, K/Mg and K/(Ca+Mg) ratios in the tomato fruit. The titratable acid also increased and the flavor decreased with potassium rates. In applying of 186 kg K ha⁻¹, the rate associated to optimum profit yield, the potassium, flavor, titratable acid and vitamin C contents in the fruit were 2.39 mg kg⁻¹, 20.55, 0.26% and 21.60 mg 100g⁻¹, respectively.

Index terms: tomato, potassic fertilization, nutrients concentrations, chemical characteristics, organoleptics characteristics, *Lycopersicon esculentum*.

ABSTRACT

TOMATO FRUIT CHEMICAL COMPOSITION AND QUALITY AS A FUNCTION OF POTASSIUM FERTILIZATION

To evaluate composition and quality of tomato fruit in response to potassium rates, a field experiment was conducted on "Horta do Fundão" at the Federal University of Viçosa, in a cambic yellowish podzolic. Six potassium rates were applied corresponding to 0, 48.4, 118.6, 188.8, 259.0 and 399.4 kg ha⁻¹, as KCl, with four replicates, and following a randomized block design. The dry matter, nitrate, phosphorus, sulfur, calcium, magnesium and potassium concentration were determined for the oven-dried fruits while in the fresh fruits were determined the pH, total solids, titratable acidity, flavor, vitamin C, lycopene and carotenes. The potassium fertilization increased potassium concentration and the K/Ca, K/Mg and K/(Ca+Mg) ratios in the tomato fruit. The titratable acid also increased and the flavor decreased with potassium rates. In applying of 186 kg K ha⁻¹, the rate associated to optimum profit yielded, the potassium, flavor, titratable acid and vitamin C contents in the fruit were 2.39 dag kg⁻¹, 20.55, 0.26% and 21.80 mg 100g⁻¹, respectively.

Index terms: tomato, potassic fertilization, nutrients concentrations, chemical characteristics, organoleptics characteristics, *Lycopersicon esculentum*.

INTRODUÇÃO

O tomate é uma das hortaliças mais consumidas no Brasil e constitui importante fonte de vitaminas e sais minerais para o ser humano. Entretanto, como o valor comercial do tomate depende principalmente de seu aspecto externo, pouca atenção tem sido dada à composição e qualidade dos frutos.

Pesquisas mostram que fatores da planta e do ambiente como a luminosidade, temperatura, umidade e, principalmente, nutrientes podem influenciar na composição e qualidade do tomate (MEREDITH & PURCELL, 1966; CAMBRAIA et al., 1971; KANESIRO et al., 1978; SANCHEZ C., 1983).

O potássio, especificamente, pode influenciar a síntese de carotenóides, de modo especial o licopeno que é responsável pelo desenvolvimento da cor vermelha do tomate; plantas deficientes em potássio, portanto, apresentam amadurecimento irregular e frutos com menor valor comercial (TRUDEL & OZBUN, 1970; TRUDEL & OZBUN, 1971; AMABLE & SINNADURAI, 1977). A deficiência de potássio pode também inibir a biosíntese de açúcares, ácidos orgânicos e vitamina C e reduzir a percentagem de sólidos solúveis no tomate, diminuindo seu valor nutricional (AMABLE & SINNADURAI, 1977; SOBULO & OLORUNDA, 1977; MATEV & STANCHEV, 1979).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a composição e a qualidade de frutos do tomateiro, em função da fertilização com potássio.

MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização do solo e a condução do experimento foram descritas em SAMPAIO (1996). Os tratamentos consistiram de seis doses de potássio na forma de KCl, correspondentes a 0; 48,4; 118,6; 188,8; 259,0 e 399,4 kg ha⁻¹, em quatro repetições e dispostos no delineamento em blocos casualizados. Frutos dos tipos extra AA, extra A e extra, da quinta colheita realizada em 18 de outubro de 1994, e escolhidos ao acaso, foram secos em estufa a 70° C até atingir o peso constante e moídos em moído tipo Willey, determinando-se os teores de matéria seca, nitrato (CATALDO et al. 1975), fósforo (BRAGA & DEFELIPO, 1974), enxofre, potássio, cálcio e magnésio (MALAVOLTA et al., 1989). Nos frutos frescos foram determinados o pH, a acidez titulável (GOULD, 1974), os sólidos solúveis totais (°BRIX), os teores de vitamina C (NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985) e os teores de licopeno e de carotenos totais (ZSCHEILE & PORTER, 1947). Foram também calculadas as relações K/Ca, K/Mg e K/(Ca+Mg) e o "flavor" pela relação °BRIX/acidez titulável.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e os modelos de regressão foram ajustados relacionando as doses de potássio aplicadas com as variáveis dependentes obtidas. Os critérios para a escolha dos modelos de regressão foram maior coeficiente de determinação, significância dos coeficientes de regressão até 10% de probabilidade pelo teste t e significado biológico do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação potássica não influenciou os teores de matéria seca (MS), nitrato, fósforo, enxofre, cálcio e magnésio no fruto. Entretanto, o teor de potássio e as relações K/Ca, K/Mg e K/(Ca+Mg) aumentaram linearmente com as doses de potássio aplicadas (Quadro 7), atingindo os valores de 2,39 dag kg⁻¹; 22,65; 15,27 e 9,02, respectivamente, com a aplicação de potássio na dose de 186 kg ha⁻¹, que propiciou a produção de frutos de máxima eficiência econômica (MEE), conforme apresentado por SAMPAIO (1996).

QUADRO 7 - Equações de regressão relacionando os teores de matéria seca (MS), nutrientes e relações iônicas no fruto de tomateiro com as doses de potássio aplicadas (kg ha⁻¹)

Característica	Equação de Regressão	R ²
MS (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,40$	
N-NO ₃ ⁻ (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,22$	
P (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,23$	
S (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,10$	
Ca (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,11$	
Mg (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,16$	
K (dag kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 1,88 + 0,002715^{***}X$	0,864
K/Ca	$\hat{Y} = 16,32 + 0,034014^{***}X$	0,918
K/Mg	$\hat{Y} = 11,72 + 0,019063^{***}X$	0,742
K/(Ca+Mg)	$\hat{Y} = 6,69 + 0,012529^{***}X$	0,882

, *, significativos a 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

O teor médio de MS do fruto (Quadro 7) foi relativamente mais baixo do que aqueles encontrados na literatura variando de 5 a 6 dag kg⁻¹ (DE BRUYN et al., 1971; PANAGIOTOPOULOS & FORDHAM, 1995). Essa discrepância pode ser atribuída principalmente a diferenças entre cultivares, manejo da cultura e “status” hídrico da planta. Os teores de nutrientes, entretanto, aproximaram-se daqueles obtidos por SANCHEZ C. (1983) e SANCHEZ C. (1986).

O pH, a percentagem de sólidos solúveis totais e os teores de licopeno e carotenos totais não foram influenciados pelas doses de potássio aplicadas (Quadro 8). O valor 4,27 para o pH está abaixo do limite de 4,50 estabelecido para separar frutos ácidos de não ácidos, conforme afirmação de GOULD (1974). Em frutos de tomate destinados ao processamento industrial, o pH baixo é importante para inibição do crescimento de bactérias. A percentagem de sólidos solúveis totais está relacionada, principalmente, ao sabor do fruto e é representada pelo °BRIX que inclui os açúcares e ácidos. Os sólidos solúveis totais também influenciam o rendimento industrial, principalmente o peso final do produto processado. O valor médio de 5,19% para sólidos solúveis, obtido neste experimento, encontra-se dentro da faixa recomendada para frutos destinados ao processamento. Na literatura, existem evidências de que os teores totais de licopeno e carotenos sejam influenciados pela adubação potássica (TRUDEL & OZBUN, 1970; TRUDEL & OZBUN, 1971; AMABLE & SINNADURAI, 1977). O potássio é co-fator essencial na síntese de proteínas (TRUDEL & OZBUN, 1971); em condições de deficiência desse elemento, há redução na taxa de reações enzimáticas envolvidas na síntese de carotenóides e precursores. Também, a tioquinase acética, responsável pela formação do acetil CoA, é ativada por potássio; na ausência deste elemento, não ocorre condensação das duas moléculas de acetil CoA que é o primeiro passo para formação do precursor do carotenóide. Além da nutrição potássica, outros fatores como genótipo, irradiação e temperatura durante o amadurecimento influenciam a coloração, o conteúdo de açúcar e a acidez titulável do tomate (TRUDEL & OZBUN, 1970; GRIERSON & KADER, 1986).

A acidez total titulável, representada pelo teor de ácido cítrico, aumentou linearmente com as doses de potássio aplicadas (Figura 4), atingindo o valor de 0,26% de ácido cítrico com a aplicação da dose de potássio correspondente à MEE. Comportamento semelhante da acidez titulável, em relação a adubação potássica, foi observado por SOBULO & OLORUNDA (1977). Os ácidos cítrico e málico são importantes no tomate e funcionam como um sistema tampão ácido fraco-base forte, no qual os ânions são o citrato e o malato e os cátions, principalmente o potássio. Alterações nos teores de ácido cítrico e/ou málico provocarão mudanças no teor de acidez titulável e consequentemente no sabor dos frutos (STEVENS et al., 1977; CARVALHO, 1980). No presente experimento, o teor máximo de ácido cítrico obtido nos frutos foi 0,30%; segundo PANAGIOTOPOULOS & FORDHAM (1995) frutos de tomate com teor de ácido cítrico abaixo de 0,44% são considerados insípidos.

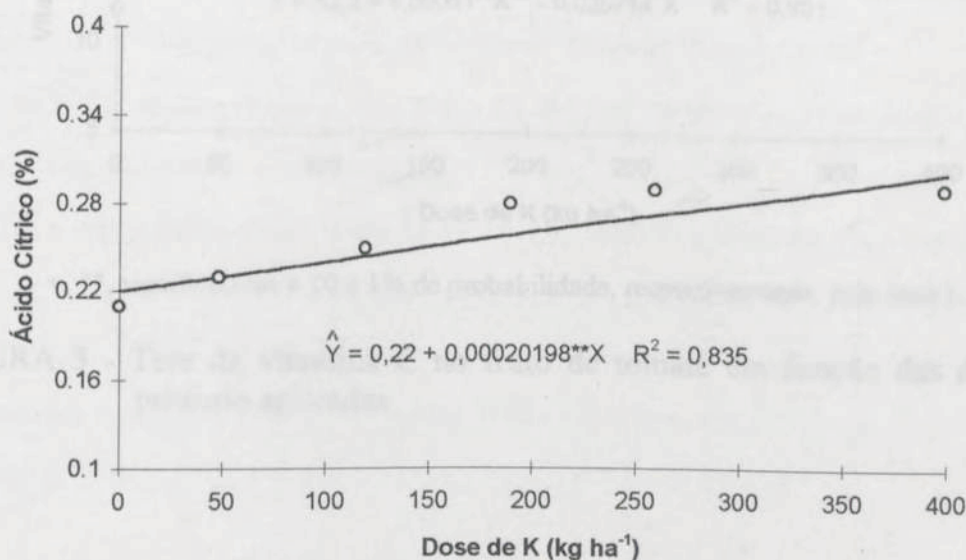
QUADRO 8 - Equações de regressão relacionando as características qualitativas do fruto de tomateiro com as doses de potássio aplicadas (kg ha^{-1})

Característica	Equação de Regressão	R^2
pH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,27$	
°BRIX	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,19$	
Licopeno ($\mu\text{g g}^{-1}$)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 65,33$	
Caroteno ($\mu\text{g g}^{-1}$)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 75,35$	
"Flavor"	$\hat{Y} = 23,31 - 0,014840 \cdot X$	0,758

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

O pH e o teor de acidez titulável no suco de tomate (Quadro 8 e Figura 4) comportaram-se de formas diferentes. 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; STEVENS et al., 1977).

O “flavor” do tomate envolve a percepção dos provadores e é influenciado pelo aroma de diversos constituintes químicos, sendo os açúcares (°BRIX), os ácidos e suas interações os mais importantes (GRIERSON & KADER, 1986). De acordo com DE BRUYN et al. (1971) quanto maior os teores de açúcar e de ácido, melhor será o sabor do tomate. O “flavor”, refletindo a relação entre o °BRIX e a acidez, face ao aumento do teor de acidez titulável, diminuiu linearmente com a aplicação de potássio, com valor de 20,55 associado a dose de potássio corresponde a MEE (Quadro 8).

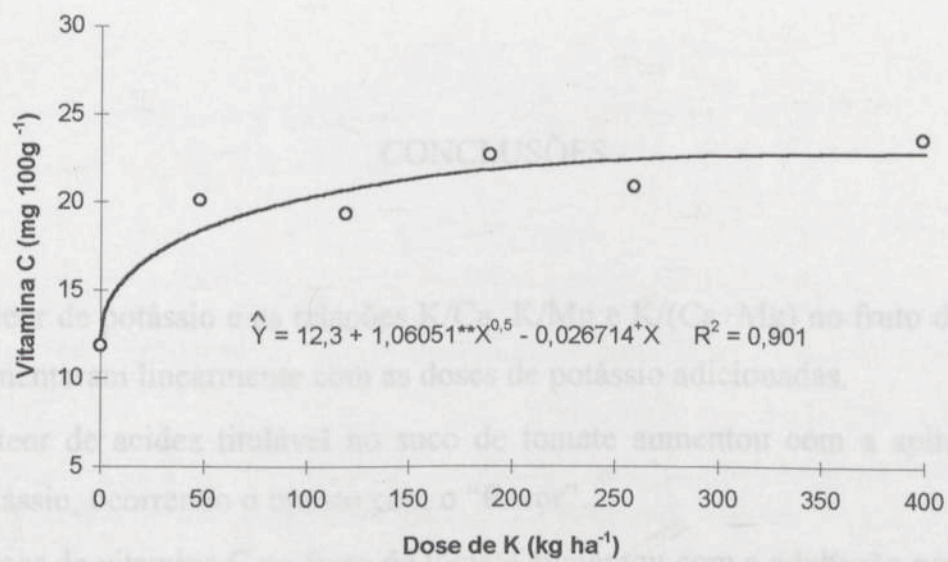


**, significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

FIGURA 4 - Teor de acidez total titulável em função das doses de potássio aplicadas.

O teor de vitamina C no fruto de tomate aumentou com a aplicação de potássio (Figura 5), conforme também observado por SOBULO & OLORUNDA (1977). O teor de vitamina C no fruto, associado à dose de potássio correspondente a MEE, foi de 21,80 mg 100g⁻¹, valor este próximo à média de 23 mg 100g⁻¹ encontrada para frutos de tomate (KANESIRO et al., 1978). Em razão dos baixos níveis de calorias, proteínas e sais minerais, quando comparados

a outros alimentos, o valor nutricional do tomate baseia-se principalmente no teor de vitamina C.



+, **, significativos a 10 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

FIGURA 5 - Teor de vitamina C no fruto de tomate em função das doses de potássio aplicadas.

CONCLUSÕES

- O teor de potássio e as relações K/Ca, K/Mg e K/(Ca+Mg) no fruto de tomate aumentaram linearmente com as doses de potássio adicionadas.
- O teor de acidez titulável no suco de tomate aumentou com a aplicação de potássio, ocorrendo o oposto com o "flavor".
- O teor de vitamina C no fruto de tomate aumentou com a adubação potássica.
- Com a aplicação da dose de potássio de 186 kg ha⁻¹, correspondente à produção de frutos de máxima eficiência econômica (MEE), os valores de potássio no fruto, "flavor", acidez titulável e teor de vitamina C foram 2,39 dag kg⁻¹; 20,55; 0,26% e 21,80 mg 100g⁻¹, respectivamente.

CATALDO, D.A., HAROUN, M., SCHRADER, L.B., YOUNG, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by reaction of salicylic acid. *Comm. Soil Sci. Pl. Anal.*, New York, v.6, p.71-80, 1975.

DE BRUYN, J.W., GARNETTSEN, F., KODISTRA, B. Variation in taste and chemical composition of the tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Euphytica*, Wageningen, v.20, p.214-227, 1971.

GOULD, W.A. Tomato production, processing and quality evaluation. Westport, The Avi Publishing Company, 1974. 445p.

GRIERSON, D. & KASER, A.A. Fruit ripening and quality. In: ATTERTON, J.C. & RUDOLPH, J. (eds) The tomato crop: a scientific basis for improvement. Chapman and Hall, London, p.241-280, 1986.

KANESIRO, M.A.D., FALEIRO, R.R.S., NASCIMENTO, V.M. Estudos da variação do teor de vitamina C em frutos de tomateiro, submetido a diferentes tipos de adubação. *Cherifon*, São Paulo, v.6, n.2, p.225-228, 1975.

LITERATURA CITADA

- AMABLE, R.A. & SINNADURAI, S. The influence of potassium, calcium and irrigation treatments on tomato fruit quality. **Acta Hort.**, Leuven, v.53, p.165-170, 1977.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Rev. Ceres**, Viçosa, v.21, n.113, p.73-85, 1974.
- CAMBRAIA, J., BRUNE, W., FORTES, J.M., ANDERSEN, O. Vitamina C em frutos de interesse tecnológico. **Rev. Ceres**, Viçosa, v.18, n.96, p.139-150, 1971.
- CARVALHO, V.D. Características químicas e industriais do tomate. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v.6, n.66, p.63-70, 1980.
- CATALDO, D.A., HAROON, M., SCHRADER, L.E., YOUNES, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Comm. Soil Sci. Pl. anal**, New York, v.6, p.71-80, 1975.
- DE BRUYN, J.W., GARRETSEN, F., KOOISTRA, E. Variation in taste and chemical composition of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Euphytica**, Wageningen, v.20, p.214-227, 1971.
- GOULD, W.A. **Tomato production, processing and quality evaluation**. Westport: The AVI Publishing Company, 1974. 445p.
- GRIERSON, D. & KADER, A.A. Fruit ripening and quality. In: ATHERTON, J.C. & RUDICH, J. (eds). **The tomato crops: a scientific basis for improvement**. Chapman and Hall, London, p.241-280. 1986.
- KANESIRO, M.A.B.; FALEIROS, R.R.S.; NASCIMENTO, V.M. Estudos da variação do teor de vitamina C em fruta de tomateiro, submetido a diferentes tipos de adubação. **Científica**, São Paulo, v.6, n.2, p.225-228, 1978.

- NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. v.1, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533p.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MATEV, Y. & STANCHEV, L. Effect of Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} disproportion on glasshouse tomato development and fruit biological value. **Hort. Vit. Sci.**, Sofia, v.16, n.1, p.76-82, 1979.
- MEREDITH, F.I. & PURCELL, A.E. Changes in the concentration of carotenes of ripening homestead tomatoes. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.89, p.544-548, 1966.
- PANAGIOTOPOULOS, L.J. & FORDHAM, R. Effects of water stress and potassium fertilisation on yield and quality (flavour) of table tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Acta Hort.**, Leuven, v.379, p.113-120, 1995.
- 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**. Viçosa: UFV, 1996. 117p. (Tese de Doutorado).
- SANCHEZ C., M.P. Estudio del efecto de la presión osmótica del medio nutritivo sobre la composición del fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum*). **An. Edaf. Agrob.**, Madrid, v.42, n.11/12, p.2217-2225, 1983.
- SANCHEZ C., M.P. Influencia de la presión osmótica sobre el desarrollo y composición de la planta y fruto de tomate (*Lycopersicum esculentum*). **Agrochimica**, Pisa, v.30, n.3, p.219-228, 1986.
- SOBULO, R.A. & OLORUNDA, A.O. The effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the canning quality of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in south-western Nigeria. **Acta Hort.**, Leuven, v.53, p.171-180, 1977.
- STEVENS, M.A., KADER, A.A., ALBRIGHT-HOLTON, M., ALGAZI, M. Genotypic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Alexandria, v.102, n.5, p.680-689, 1977.
- TRUDEL, M.J. & OZBUN, J.L. Relationship between chlorophylls and carotenoids of ripening tomato fruit as influenced by potassium nutrition. **J. Exp. Bot.**, London, v.21, n.69, p.881-886, 1970.

TRUDEL, M.J. & OZBUN, J.L. Influence of potassium on carotenoid content of tomato fruit. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.96, n.6, p.763-765, 1971.

ZSCHEILE, F.P. & PORTER, J.W. Analytical methods for carotenes of *Lycopersicon* species and strains. **Anal. Chem.**, Washington, v.19, n.1, p.47-51, 1947.

NÍVEIS CRÍTICOS DE POTÁSSIO NO SOLO E NO TOMATEIRO FERTIRREGADO POR GOTEJAMENTO

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a resposta do tomateiro à fertirrigação potássica, foi realizado um experimento de campo na lavoura do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em um solo podzólico castanho-amarelo cámbico. Foram aplicadas seis doses de potássio, via irrigação por gotejamento, correspondentes a 0; 48,4; 113,6; 188,8; 259,0 e 399,4 kg ha⁻¹, utilizando-se o KCl, em quatro repetições e dispostas no delineamento em blocos casualizados. As produções total e comercial de frutos aumentaram com a aplicação das doses de potássio, atingindo valores máximos de 86,4 e 73,4 t ha⁻¹ com as doses de potássio equivalentes a 193 e 194 kg ha⁻¹, respectivamente. A dose de potássio associada à máxima eficiência econômica (MEE), estimada com base na produção ponderada de frutos, correspondeu a 125 kg ha⁻¹. Os teores de potássio no solo aumentaram e as relações (Ca·Mg)/K diminuíram com a aplicação de potássio no solo. Os níveis críticos de potássio no solo, associados à dose de MEE, nos períodos correspondentes aos argumentos do 2º, 4º e 6º cachos foram 68, 47 e 99 mg dm⁻³, respectivamente. Os teores de potássio e as relações K/(Ca·Mg) nos pericólos do tomateiro aumentaram com a adição de potássio ao solo. Nos pericólos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos, por ocasião do florescimento dessas, os níveis críticos de potássio associados à dose de MEE

NÍVEIS CRÍTICOS DE POTÁSSIO NO SOLO E NO TOMATEIRO FERTIRRIGADO POR GOTEJAMENTO

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a resposta do tomateiro à fertirrigação potássica foi realizado um experimento de campo na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em um solo podzólico vermelho-amarelo câmbico. Foram aplicadas seis doses de potássio, via irrigação por gotejamento, correspondentes a 0; 48,4; 118,6; 188,8; 259,0 e 399,4 kg ha⁻¹, utilizando-se o KCl, em quatro repetições e dispostas no delineamento em blocos casualizados. As produções total e comercial de frutos aumentaram com a aplicação das doses de potássio, atingindo valores máximos de 86,4 e 73,4 t ha⁻¹ com as doses de potássio equivalentes a 198 e 194 kg ha⁻¹, respectivamente. A dose de potássio associada à máxima eficiência econômica (MEE), estimada com base na produção ponderada de frutos, correspondeu a 125 kg ha⁻¹. Os teores de potássio no solo aumentaram e as relações (Ca+Mg)/K diminuíram com a aplicação de potássio no solo. Os níveis críticos de potássio no solo, associados à dose de MEE, nos períodos correspondentes aos surgimentos do 2º, 4º e 6º cachos foram 68; 47 e 99 mg dm⁻³, respectivamente. Os teores de potássio e as relações K/(Ca+Mg) nos pecíolos do tomateiro aumentaram com a adição de potássio ao solo. Nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos, por ocasião do florescimento desses, os níveis críticos de potássio associados à dose de MEE

foram 10,30; 7,30 e 2,96 dag kg⁻¹, enquanto nos pecíolos das folhas completamente expandidas, amostradas na mesma ocasião, os níveis críticos foram 6,02; 5,02 e 2,88 dag kg⁻¹, respectivamente.

Termos para indexação: tomate, fertirrigação potássica, nível crítico de potássio, *Lycopersicon esculentum*.

ABSTRACT

CRITICAL LEVELS OF POTASSIUM ON SOIL AND ON TOMATO PLANTS FERTIRRIGATED BY DRIP SYSTEM

To evaluate tomato response to potassium fertirrigation, a field experiment was conducted at "Horta do Fundão" at the Federal University of Viçosa, in a rather yellowish podzolic. Six potassium rates were applied, corresponding to 0, 45.4, 118.6, 188.8, 259.0 and 399.4 kg ha⁻¹, as KCl, with four replicates and following a randomized block design. Total and commercial fruit yields increased with K rates, attaining the maximum values of 80.4 and 73.4 t ha⁻¹, with application of 198 and 194 kg K ha⁻¹, respectively. Potassium rate associated to optimum profit yield (OPY), estimated on weighted fruit yield basis, was 125 kg ha⁻¹. Soil potassium concentration increased and (Ca+Mg)/K ratio decreased with application of potassium rates in soil. Soil potassium critical levels associated to the rate resulting on OPY, during the 2^o, 4^o and 6^o clusters appearance were 68, 49 and 99 mg dm⁻³, respectively. Potassium concentrations and K/(Ca+Mg) ratios on tomato petioles increased with potassium rates. Potassium critical levels associated to OPY, determined on leaf petioles adjacent to 2^o, 4^o and 6^o clusters, at the onset of each cluster flowering, were 10.30, 7.30 and 2.96 dag kg⁻¹, respectively, while on petioles from completely expanded leaves, sampled at the same periods, the critical levels were 6.02, 5.02 and 2.88 dag kg⁻¹, respectively.

ABSTRACT

CRITICAL LEVELS OF POTASSIUM ON SOIL AND ON TOMATO PLANTS FERTIRRIGATED BY DRIP SYSTEM

To evaluate tomato response to potassium fertirrigation, a field experiment was conducted on "Horta do Fundão" at the Federal University of Viçosa, in a cambic yellowish podzolic. Six potassium rates were applied, corresponding to 0, 48.4, 118.6, 188.8, 259.0 and 399.4 kg.ha⁻¹, as KCl, with four replicates and following a randomized block design. Total and commercial fruit yields increased with K rates, attaining the maximum values of 86.4 and 73.4 t ha⁻¹, with application of 198 and 194 kg K ha⁻¹, respectively. Potassium rate associated to optimum profit yield (OPY), estimated on weighted fruit yield basis, was 125 kg ha⁻¹. Soil potassium concentration increased and (Ca+Mg)/K ratio decreased with application of potassium rates in soil. Soil potassium critical levels associated to the rate resulting on OPY, during the 2°, 4° and 6° clusters appearance were 68, 47 and 99 mg dm⁻³, respectively. Potassium concentrations and K/(Ca+Mg) ratios on tomato petioles increased with potassium rates. Potassium critical levels associated to OPY, determined on leaf petioles adjacent to 2°, 4° and 6° clusters, at the onset of each cluster flowering, were 10.30, 7.30 and 2.96 dag kg⁻¹, respectively, while on petioles from completely expanded leaves, sampled at the same periods, the critical levels were 6.02, 5.02 and 2.88 dag kg⁻¹, respectively.

Index terms: tomato, potassium fertirrigation, potassium critical levels, *Lycopersicon esculentum*.

INTRODUÇÃO

O potássio exerce funções fisiológicas importantes no tomateiro, destacando-se a regulação osmótica, a ativação de enzimas, a síntese e a estabilidade de proteínas e a síntese de carboidratos (MARSCHNER, 1993). Por essa razão, o diagnóstico e a correção de possível deficiência de potássio na planta devem ser feitos ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, de modo a evitar prejuízos ao produtor.

Na diagnose, os teores de potássio em pecíolos de tomateiro constituem adequadas indicações do nível de suficiência desse elemento na planta, refletindo variações no suprimento de potássio pelo solo (DESPOND & MAW, 1974). De acordo com WATTS *et al.* (1991) o nível crítico de potássio no pecíolo do tomateiro, ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta, varia de 1,5 a 2,5 g kg⁻¹ de matéria seca. No entanto, de acordo com WATTS *et al.* (1991) o nível crítico de potássio no pecíolo do tomateiro, ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta, varia de 1,5 a 2,5 g kg⁻¹ de matéria seca. No entanto, de acordo com WATTS *et al.* (1991) o nível crítico de potássio no pecíolo do tomateiro, ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta, varia de 1,5 a 2,5 g kg⁻¹ de matéria seca. No entanto, de acordo com WATTS *et al.* (1991) o nível crítico de potássio no pecíolo do tomateiro, ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta, varia de 1,5 a 2,5 g kg⁻¹ de matéria seca.

Solos com baixo teor de potássio em solução têm na difusão o principal mecanismo de suprimento de potássio para as plantas. Nestas circunstâncias, a fertirrigação potássica pode ser prática importante em razão da associação nutriente-água.

INTRODUÇÃO

O potássio exerce funções fisiológicas importantes no tomateiro, destacando-se a regulação osmótica, a ativação de enzimas, a síntese e a estabilidade de proteínas e a síntese de carboidratos (MARSCHNER, 1995). Por essa razão, o diagnóstico e a correção de possível deficiência de potássio na planta devem ser feitos no período inicial de desenvolvimento da cultura, de modo a evitar prejuízos na produção.

Na diagnose, os teores e as relações de potássio em pecíolos de tomateiro constituem adequados indicadores do nível de suficiência deste elemento na planta, refletindo variações no suprimento de potássio pelo solo (BESFORD & MAW, 1974). De acordo com JONES JR. et al. (1991) o nível crítico de potássio no pecíolo do tomateiro, ou seja, o teor de potássio na planta abaixo do qual o nutriente torna-se deficiente para uma taxa de desenvolvimento ótimo, depende da posição do pecíolo e estágio de desenvolvimento da planta. Na metade do florescimento do 1º cacho, os teores ótimos de potássio no pecíolo da folha adjacente ao cacho de flores no topo variam de 6,0 a 10,0 dag kg⁻¹, enquanto na metade do florescimento do 6º cacho, os teores ótimos variam de 3,5 a 6,0 dag kg⁻¹.

Solos com baixo teor de potássio em solução têm na difusão o principal mecanismo de suprimento de potássio para as plantas. Nestas circunstâncias, a fertirrigação potássica pode ser prática importante em razão da associação nutriente-umidade.

As principais vantagens da adubação via água de irrigação, em relação à adubação manual ou mecânica, são a maior economia de mão-de-obra, a possibilidade de melhor distribuição do adubo no campo, maior parcelamento do fertilizante, maior eficiência de uso do adubo pelas plantas e menor risco de contaminação do lençol freático (PHENE et al., 1989). Entretanto, quando manejada inadequadamente, a fertirrigação pode elevar a concentração de íons no solo, causar sua salinização, reduzir a produção do tomateiro e aumentar a incidência de podridão apical no fruto (ADAMS & HO, 1992).

Os principais objetivos deste trabalho foram determinar a produção de frutos e os níveis críticos de potássio no solo e no pecíolo do tomateiro fertirrigado através de um sistema de irrigação localizada.

Sementes de tomate (*Solanum lycopersicon*, Mill.) cv. "Santa Clara" foram semeadas em vasos de 10 L em julho de 1994. Nesta mesma data, no solo onde seriam feitas as fertirrigações, foi incorporada até 50 cm de profundidade, 40% do adubo necessário para elevar a percentagem de matéria orgânica do solo de 1,4% para 2,0%. Os 60% restantes foram incorporados até 15 cm de profundidade, 150 dias antes do transplante, em 29 de junho de 1994. Cada parcela foi dividida em subparcela de 14 m², com espaçamento de 0,3 m entre plantas e 1,0 m entre linhas, resultando em 10 plantas por subparcela.

Os tratamentos de fertilização via água de irrigação foram estabelecidos com quatro repetições, representando níveis de 0, 25, 50 e 75% da CTC com base no teor de potássio disponível no solo. Assim, considerando os teores de potássio disponíveis de 0,03, 0,06, 0,12 e 0,18 g kg⁻¹ de solo, as quantidades de potássio necessárias para elevar a CTC para os níveis de 0,03, 0,06, 0,12 e 0,18 g kg⁻¹ de solo foram 2 (48,36 kg de K kg⁻¹ de solo), 3 (72,54 kg de K kg⁻¹ de solo), 4 (96,72 kg de K kg⁻¹ de solo) e 5 (120,90 kg de K kg⁻¹ de solo), respectivamente. O potássio foi aplicado na forma de K₂O 30% no solo, no transplante e 50% aplicado via fertirrigação, em três parcelas espaçadas de 10, 15 e 20 dias de frutos. O N foi aplicado na forma de NH₄NO₃ 33% no transplante e 20 kg ha⁻¹ de N no sulco de transplante e 100 kg ha⁻¹ de N por parcela de 14 m² por

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em solo podzólico vermelho-amarelo câmbico com as características químicas e físicas apresentadas por SAMPAIO (1996).

Sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) cv. "Santa Clara", foram semeadas em sementeira, em 26 de maio de 1994. Nesta mesma data, no solo onde seriam transplantadas as mudas, foi incorporada até 50 cm de profundidade, 40% da dose de calcário dolomítico necessária para elevar a percentagem de saturação de bases para 70%. Os 60% restantes foram incorporados até 15 cm de profundidade, três dias antes do transplante, em 29 de junho de 1994. Cada tratamento ocupou uma parcela de 14 m², com espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras e com 10 plantas úteis.

Os tratamentos, distribuídos no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, corresponderam a seis doses de potássio definidas com base no teor de potássio disponível e CTC total do solo. Assim, considerando os teores de potássio já existentes no solo, foram aplicadas as quantidades de potássio necessárias para elevar a percentagem de potássio em relação à CTC total para 2 (48,36 kg de K ha⁻¹), 3 (118,56 kg de K ha⁻¹), 4 (188,76 kg de K ha⁻¹), 5 (258,96 kg de K ha⁻¹) e 7% (399,36 kg de K ha⁻¹), respectivamente. O potássio foi aplicado na forma de KCl; 40% no sulco de transplante e 60% aplicados por fertirrigação, em três parcelas iguais, após os surgimentos dos 2º, 4º e 6º cachos de frutos. O N foi aplicado na forma de uréia em doses equivalentes a 80 kg ha⁻¹ de N no sulco de transplante e 120 kg ha⁻¹ de N parcelado em três vezes. No

sulco, por ocasião do transplante, foram também aplicados 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples, 10 kg ha⁻¹ de bórax, 10 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco e 200 g ha⁻¹ de molibdato de amônio, conforme recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989).

O tomateiro foi conduzido com duas hastes tutoradas no sistema de cerca cruzada. A poda apical foi realizada quando a planta atingiu 1,8 m de altura.

A demanda de água pela planta foi estimada com base na evaporação de um tanque classe "A" considerando-se o coeficiente do tanque equivalente a 0,85 e os coeficientes de cultura variáveis dependendo do estágio de desenvolvimento do tomateiro (VOLPE & CHURATA-MASCA, 1988). A irrigação foi conduzida através de sistema de gotejamento (GONÇALVES, 1988) com instalação de um tanque de 20,4 L para aplicação do fertilizante (BONOMO, 1995). Durante a aplicação do potássio, o volume de água derivado para o tanque correspondeu a cinco vezes o volume deste. O turno de rega adotado foi variável sendo que, a cada dois turnos de rega de dois dias, intercalava-se um de três dias. A lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura foi 478,0 mm em complementação aos 84,8 mm precipitados pela chuva.

Nos florescimentos dos 2º, 4º e 6º cachos da haste principal, foram coletadas amostras de solo até 20 cm de profundidade, entre plantas, na fileira, para análise da condutividade elétrica (CE), pH e cálcio, magnésio e potássio trocáveis (ALVAREZ V., 1985). Foram também coletadas amostras do pecíolo da folha completamente expandida mas não senescente e do pecíolo da folha adjacente ao 2º, 4º e 6º cachos para análise dos teores de cálcio, magnésio e potássio na matéria seca (MALAVOLTA et al., 1989).

Os frutos foram colhidos semanalmente, em nove colheitas, quando seus ápices apresentavam coloração avermelhada e aqueles sem defeitos foram classificados conforme descrito em SAMPAIO (1996). Os frutos com podridão apical foram separados, pesados e quantificados independentemente de seu diâmetro. A primeira colheita foi realizada em 20 de setembro e a última em 16 de novembro de 1994.

A produção comercial de frutos foi obtida por somatório das classes extra AA, extra A e extra. Calculou-se também a produção ponderada de frutos. Para tanto, utilizaram-se os fatores de ponderação 1,0; 0,5 e 0,3, baseando-se nos preços das classes supracitadas, obtidos nos meses de setembro a novembro de 1994 (CEASA, 1994), para serem transformadas as classes extra AA, extra A e extra em unicamente extra AA.

A produção não comercial correspondeu ao somatório das classes médio, pequeno, miúdo e menor que 33 mm. A produção total foi obtida por somatório da produção comercial e não comercial.

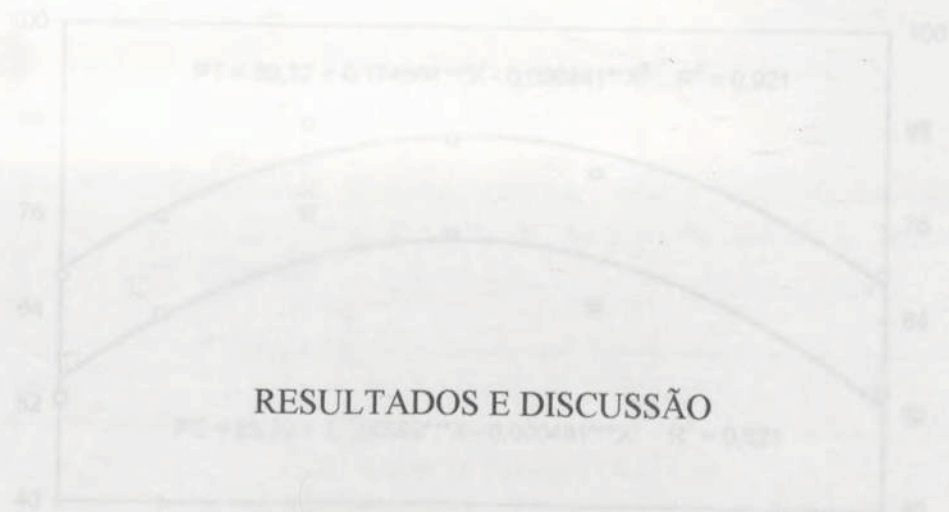
O índice de precocidade foi calculado pela equação $IP = \sum_{i=1}^n (Y_i / D_i) / n$,

em que n = número de colheitas, $i = 1, 2, \dots, n$; Y_i = produção na colheita "i" e D_i = número de dias do início ao final de cada colheita "i" (KHANIZADEH & FANOUS, 1992).

Foram realizadas análises de variância e os modelos de regressão foram ajustados relacionando as doses de potássio aplicadas com as variáveis obtidas. Os critérios para escolha dos modelos de regressão foram maior coeficiente de determinação, significância dos coeficientes de regressão até 10% de probabilidade pelo teste t e significado biológico do modelo.

As doses de potássio correspondentes às produções de máxima eficiência física (MEF) (máxima produção de frutos) e de máxima eficiência econômica (MEE) (máximo retorno econômico) foram obtidas, respectivamente, igualando-se a primeira derivada da equação, correspondente à produção ponderada de frutos, ao valor zero e à relação de preços do adubo potássico e do tomate.

Foram estabelecidas classes de fertilidade do solo e níveis de suficiência de potássio na planta, considerando-se como muito baixa, baixa, média, suficiente e alta aquelas concentrações de potássio que geraram produções menores que 90%, de 90 a <95%, de 95 a <99%, de 99 a 100% e menor que 100% (efeito tóxico), respectivamente.

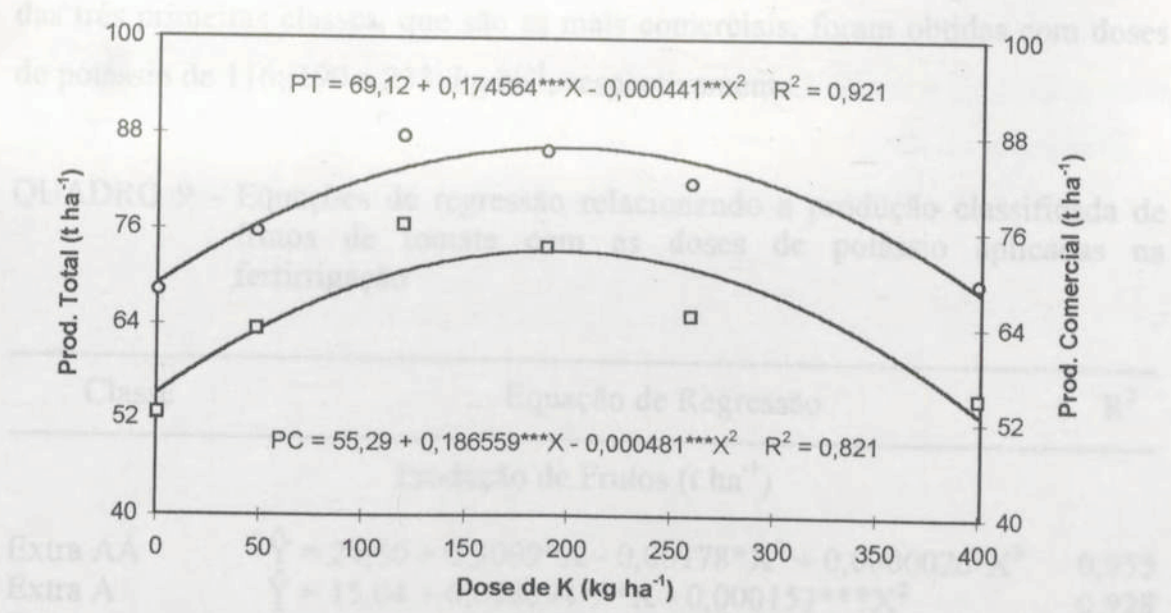


RESULTADOS E DISCUSSÃO

A MEF da produção total foi $86,4 \text{ t ha}^{-1}$, com aplicação da dose de potássio de 198 kg ha^{-1} (Figura 6). O suprimento adequado de potássio é importante, principalmente para o controle de água na planta e para o processo de abertura e fechamento dos estômatos que regulam a absorção de CO_2 e a produção de fotoassimilados (MARSCHNER, 1995). Doses excessivas de potássio, na forma de KCl, causam reduções na produção em razão do desequilíbrio nutricional causado pela competição entre este elemento e outros cátions e entre o cloreto e o nitrato (CADAHÍA et al., 1993; DALIPARTHY et al., 1994).

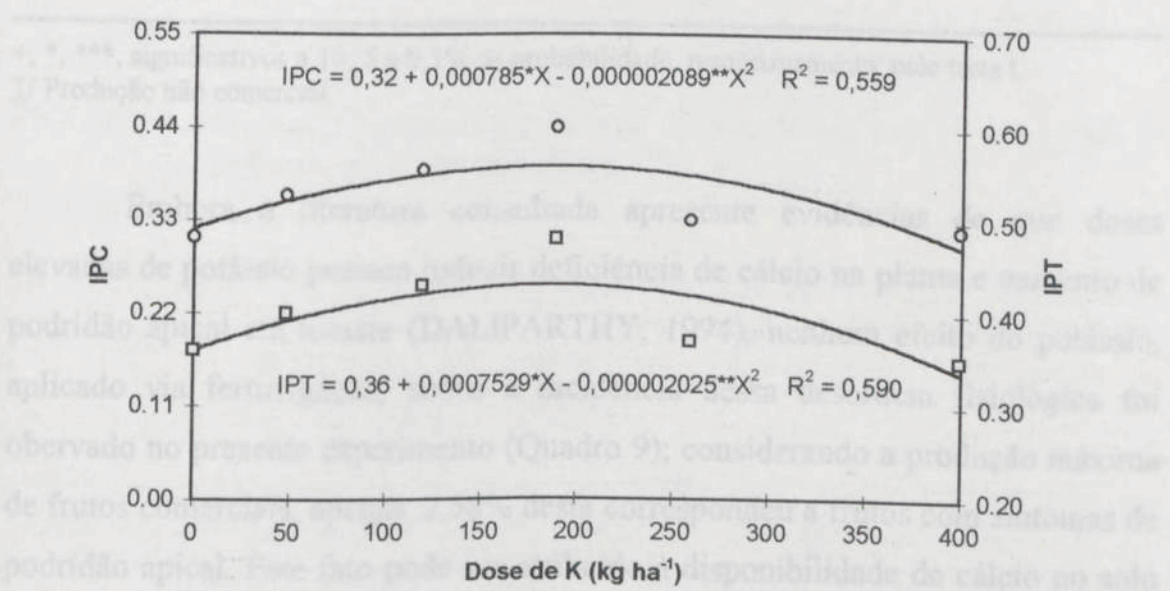
A máxima produção comercial de frutos, $73,4 \text{ t ha}^{-1}$, foi obtida com 194 kg ha^{-1} de potássio (Figura 6). Apesar da não aplicação de matéria orgânica no sulco de transplante, que poderia aumentar a produção comercial de tomate (SILVA JR. & VIZZOTTO, 1990), a produção de frutos obtida neste experimento correspondeu à aproximadamente o dobro da média nacional. De acordo com STEDUTO (1984) maiores incrementos na produção agrícola são obtidos com a aplicação do fertilizante na água de irrigação do que com a aplicação de um e de outro separadamente.

Com base nos índices de precocidade da produção comercial e total (Figura 7), observa-se que colheitas mais precoces seriam obtidas com a aplicação de doses de potássio de 188 e 186 kg ha^{-1} , respectivamente.



, *, significativos a 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

FIGURA 6 - Produções total (PT) e comercial (PC) de frutos do tomateiro em função das doses de potássio aplicadas na fertirrigação.



*, **, significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

FIGURA 7 - Índices de precocidade da produção comercial (IPC) e total (IPT) de tomate, em função das doses de potássio aplicadas na fertirrigação.

A adubação potássica influenciou as produções de tomate das classes extra AA, extra A, extra e pequeno (Quadro 9), sendo que as produções máximas

das três primeiras classes, que são as mais comerciais, foram obtidas com doses de potássio de 116; 190 e 233 kg ha⁻¹, respectivamente.

QUADRO 9 - Equações de regressão relacionando a produção classificada de frutos de tomate com as doses de potássio aplicadas na fertirrigação

Classe	Equação de Regressão	R ²
Produção de Frutos (t ha ⁻¹)		
Extra AA	$\hat{Y} = 24,60 + 0,3099 * X - 0,00178 * X^2 + 0,0000026 * X^3$	0,955
Extra A	$\hat{Y} = 15,04 + 0,058094 *** X - 0,000153 *** X^2$	0,928
Extra	$\hat{Y} = 11,57 + 0,038031 * X - 0,00008155 * X^2$	0,767
Médio	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,15$	
Pequeno	$\hat{Y} = 5,16 - 0,292762 * X^{0,5} + 0,015665 * X$	0,576
Miúdo	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,87$	
< 33 mm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,16$	
Pnc ^{1/}	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,68$	
Podridão Apical	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,94$	

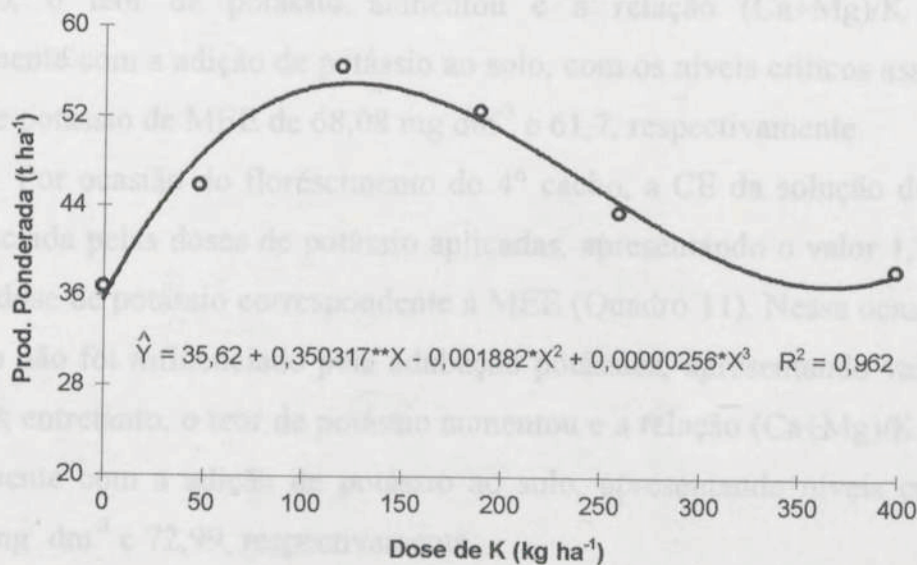
+, *, ***, significativos a 10; 5 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

1/ Produção não comercial.

Embora a literatura consultada apresente evidências de que doses elevadas de potássio possam induzir deficiência de cálcio na planta e aumento de podridão apical em tomate (DALIPARTHY, 1994), nenhum efeito do potássio, aplicado via fertirrigação, sobre a incidência dessa desordem fisiológica foi observado no presente experimento (Quadro 9); considerando a produção máxima de frutos comerciais, apenas 2,58% desta correspondeu a frutos com sintomas de podridão apical. Este fato pode ser atribuído à disponibilidade de cálcio no solo e, possivelmente à maior eficiência de aplicação de água, em razão do sistema de irrigação utilizado (PHENE et al., 1989).

As produções de MEF e MEE, estimadas com base na produção ponderada (Figura 8), no período correspondente à colheita de frutos, foram obtidas com a dose de 125 kg ha⁻¹ de potássio, indicando que, para o tomate, a dose de potássio que permite a obtenção da produção máxima possibilita também

a obtenção do retorno econômico ótimo. No período compreendido entre julho/94 a agosto/96, considerando-se a produção ponderada nas relações de preços mais favoráveis e menos favoráveis (Quadro 10), as doses de potássio associadas à MEE variaram de 125 a 123 kg ha⁻¹, com valor médio de 124 kg ha⁻¹.



*, **, significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

FIGURA 8 - Produção ponderada de frutos de tomate em função das doses de potássio aplicadas na fertirrigação.

QUADRO 10 - Doses de potássio aplicadas por fertirrigação associadas à máxima eficiência econômica (MEE), considerando a produção ponderada de tomate, em função da relação preço do potássio/preço do tomate

Preço do K (R\$/kg)/Preço do Tomate (R\$/t)	Dose de MEE (kg ha ⁻¹)
0,000645 ^{1/}	125
0,001556 ^{2/}	124
0,003417 ^{3/}	123
0,000774 ^{4/}	125

1/ Relação mínima observada entre julho/94 e agosto/96.
2/ Relação média observada entre julho/94 e agosto/96.
3/ Relação máxima observada entre julho/94 e agosto/96.
4/ Relação média observada entre setembro e novembro/94, período correspondente a colheita de frutos.

Por ocasião do florescimento do 2º cacho, a condutividade elétrica da solução do solo (CE) não foi influenciada pelas doses de potássio aplicadas, apresentando valor médio de $2,22 \text{ dS m}^{-1}$ (Quadro 11). Entretanto, o pH do solo diminuiu com a aplicação de doses intermediárias de potássio, apresentando o valor de 6,61 com a dose de potássio correspondente à MEE; neste mesmo período, o teor de potássio aumentou e a relação $(\text{Ca}+\text{Mg})/\text{K}$ diminuiu linearmente com a adição de potássio ao solo, com os níveis críticos associados à dose de potássio de MEE de $68,08 \text{ mg dm}^{-3}$ e 61,7, respectivamente.

Por ocasião do florescimento do 4º cacho, a CE da solução do solo foi influenciada pelas doses de potássio aplicadas, apresentando o valor $1,76 \text{ dS m}^{-1}$ com a dose de potássio correspondente à MEE (Quadro 11). Nessa ocasião, o pH do solo não foi influenciado pela adubação potássica, apresentando valor médio de 6,59; entretanto, o teor de potássio aumentou e a relação $(\text{Ca}+\text{Mg})/\text{K}$ diminuiu linearmente com a adição de potássio ao solo, apresentando níveis críticos de $46,86 \text{ mg dm}^{-3}$ e 72,99, respectivamente.

Por ocasião do florescimento do 6º cacho, a CE e o pH do solo não foram influenciados pelas doses de potássio, apresentando valores médios de $2,82 \text{ dS m}^{-1}$ e 6,46, respectivamente (Quadro 11); o teor de potássio, entretanto, aumentou e a relação $(\text{Ca}+\text{Mg})/\text{K}$ diminuiu linearmente com a adição de potássio ao solo, apresentando os níveis críticos de $98,55 \text{ mg dm}^{-3}$ e 40,5, respectivamente. Neste período, a CE da solução do solo ultrapassou o valor $2,50 \text{ dS m}^{-1}$, considerado como limite de tolerância para o tomateiro. Segundo RHOADES & LOVEDAY (1990) a produção de frutos diminui em aproximadamente 10% para cada 1 dS m^{-1} de aumento da CE acima deste valor limite.

Em todas as épocas de amostragens, o pH do solo manteve-se dentro da faixa ideal para o tomateiro. PAPADOPOULOS (1991) afirma que a absorção de macro e micronutrientes, em tomateiro, é otimizada na faixa de pH entre 5,5 e 7,0.

A relação $(\text{Ca}+\text{Mg})/\text{K}$, em geral, apresenta correlação com a produção do tomateiro. Pesquisas mostram que o requerimento de potássio no solo, para

satisfazer a demanda da planta, aumenta com o incremento dos teores de cálcio e magnésio. Assim, as relações (Ca+Mg)/K abaixo ou acima da faixa ideal devem ser corrigidas pela adição dos nutrientes específicos da relação (BECKET & NAFADY, 1969). Segundo LIMA et al. (1981) as relações (Ca+Mg)/K ótimas para o desenvolvimento de tomateiro em latossolo vermelho escuro e latossolo húmico são 10,5 e 26,3, respectivamente; valores mais baixos do que aqueles encontrados neste experimento.

QUADRO 11 - Equações de regressão relacionando características físicas e químicas do solo coletado nas épocas dos florescimentos do 2°, 4° e 6° cachos com as doses de potássio aplicadas na fertirrigação (kg ha⁻¹)

Característica	Equação de Regressão	R ²
2° Cacho		
CE ^{1/} (dS m ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,22$	
pH	$\hat{Y} = 7,09 - 0,082563^+X^{0,5} + 0,003570^+X$	0,695
K ⁺ (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 27,74 + 0,323213^{***}X$	0,937
(Ca+Mg)/K	$\hat{Y} = 83,53 - 0,17501^{***}X$	0,959
4° Cacho		
CE (dS m ⁻¹)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,06 + 0,008141^{**}X - 0,00002013^{**}X^2$	0,742
pH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,59$	
K ⁺ (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 35,05 + 0,094629^{***}X$	0,751
(Ca+Mg)/K	$\hat{Y} = 91,88 - 0,151373^{***}X$	0,849
6° Cacho		
CE (dS m ⁻¹)	$\hat{Y} = 2,82$	
pH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,46$	
K ⁺ (mg dm ⁻³)	$\hat{Y} = 45,87 + 0,422078^{***}X$	0,930
(Ca+Mg)/K	$\hat{Y} = 55,62 - 0,121404^{***}X$	0,824

+, **, ***, significativos a 10; 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

1/ Condutividade elétrica do extrato da pasta de saturação a 25° C.

Para diagnóstico da deficiência de potássio, é importante realizar a análise do solo antecipadamente, por exemplo, na época do florescimento do 2º cacho de frutos, pois, nesta época, a correção poderá minimizar os prejuízos na produção. No presente experimento, a faixa ótima de potássio no solo para obtenção de 99 a 100% da produção ponderada máxima, no período de florescimento do 2º cacho, variou entre 60,45 e 68,11 mg dm⁻³ (Quadro 12). Estes valores aproximam-se daqueles obtidos por KIDDER et al. (1989). Segundo estes autores, na Flórida a adubação potássica não é recomendada para solos contendo mais de 61 mg dm⁻³ de potássio extraído com Mehlich-1. Por outro lado, SOBULO et al. (1977) obtiveram nível crítico de potássio no solo de 120 mg dm⁻³, para atingir de 95 a 100% da produção máxima do tomateiro, enquanto, FASSBENDER & LAROCHE (1968) obtiveram resposta na produção de matéria seca do tomateiro, colhida 45 dias após o plantio, até concentrações de potássio no solo de 323,7 mg dm⁻³. Os menores níveis críticos de potássio obtidos neste experimento podem ser atribuídos a diversos fatores, tais como, a mineralogia, a capacidade de suprimento de potássio do solo, o teor de argila, os teores de cálcio e magnésio, o manejo do solo e da cultura, o tipo de irrigação, além da possível utilização pela planta de formas de potássio não trocáveis advindas de minerais primários ricos neste nutriente.

QUADRO 12 - Concentrações de potássio no solo relacionadas à diferentes proporções da produção ponderada de máxima eficiência física de frutos de tomate (PPMF)

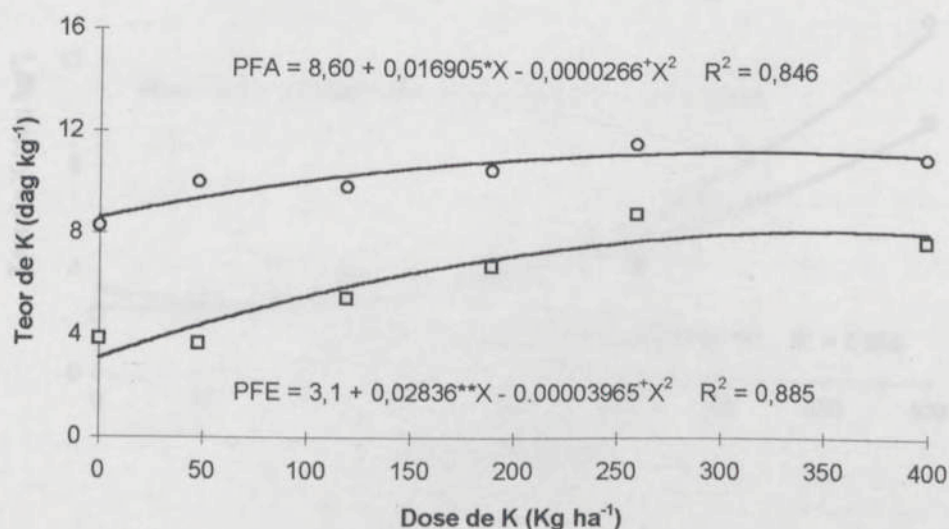
Classe	K ⁺ no solo ^{1/} (mg dm ⁻³)	PPMF (%)
Muito baixa	< 45,29	< 90
Baixa	45,29 a < 51,59	90 a < 95
Média	51,59 a < 60,45	95 a < 99
Suficiente	60,45 a 68,11	99 a 100
Alta	> 68,11	< 100

^{1/} Amostragem realizada por ocasião do florescimento do 2º cacho de tomate.

No período de florescimento do 2º cacho, os teores de potássio no pecíolo da folha adjacente e no pecíolo da folha completamente expandida aumentaram com as doses de potássio aplicadas (Figura 9). Nessa época, os níveis críticos de potássio associados à dose correspondente a MEE foram 10,30 e 6,02 dag kg⁻¹, respectivamente.

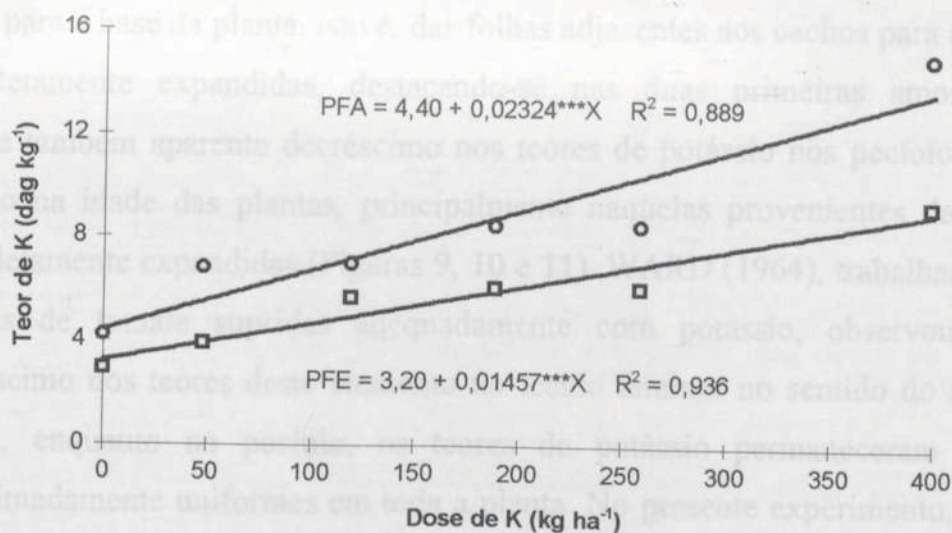
No florescimento do 4º cacho, os teores de potássio no pecíolo da folha adjacente e no pecíolo da folha completamente expandida aumentaram linearmente com a aplicação de potássio no solo (Figura 10). Nesse período, os níveis críticos de potássio associados à dose correspondente a MEE foram 7,30 e 5,02 dag kg⁻¹, respectivamente.

No florescimento do 6º cacho, os teores de potássio no pecíolo da folha adjacente e no pecíolo da folha completamente expandida aumentaram a partir das doses intermediárias de potássio (Figura 11). Nessa época, os níveis críticos de potássio associados à dose correspondente a MEE foram 2,96 e 2,88 dag kg⁻¹, respectivamente.



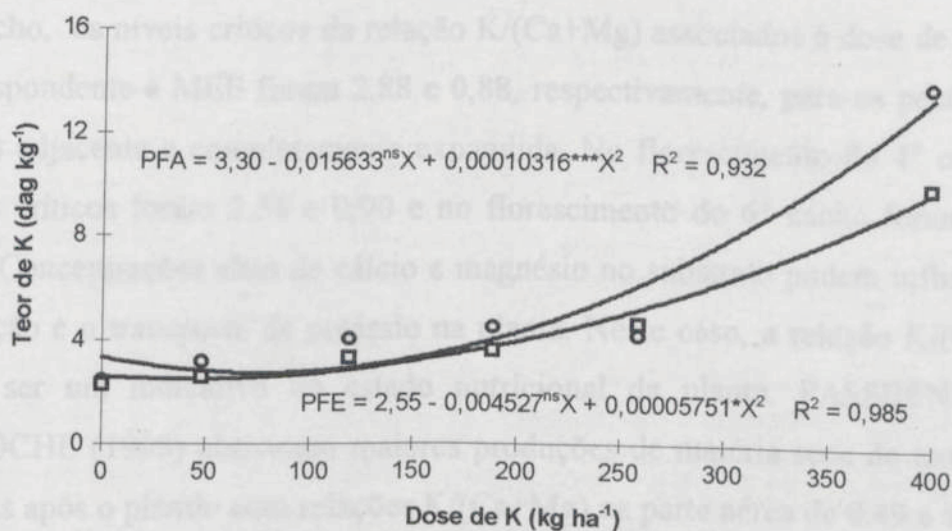
+, *, **, significativos a 10; 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, p/ teste t.

FIGURA 9 - Teores de potássio no pecíolo da folha expandida não senescente (PFE) e no pecíolo da folha adjacente ao 2º cacho (PFA), por ocasião de seu florescimento.



***, significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

FIGURA 10 - Teores de potássio no pecíolo da folha expandida não senescente (PFE) e no pecíolo da folha adjacente ao 4º cacho (PFA), por ocasião de seu florescimento.



ns, *, ***, não significativo e significativos a 5 e 0,1% de probabilidade pelo teste t.

FIGURA 11 - Teores de potássio no pecíolo da folha expandida não senescente (PFE) e no pecíolo da folha adjacente ao 6º cacho (PFA), por ocasião de seu florescimento.

Em geral, os teores de potássio no pecíolo do tomateiro diminuíram do ápice para a base da planta, isto é, das folhas adjacentes aos cachos para as folhas completamente expandidas, destacando-se nas duas primeiras amostragens. Houve também aparente decréscimo nos teores de potássio nos pecíolos com o avanço na idade das plantas, principalmente naquelas provenientes das folhas completamente expandidas (Figuras 9, 10 e 11). WARD (1964), trabalhando com plantas de tomate supridas adequadamente com potássio, observou ligeiro decréscimo nos teores deste elemento no tecido laminar no sentido do ápice da planta, enquanto no pecíolo, os teores de potássio permaneceram altos e aproximadamente uniformes em toda a planta. No presente experimento, tal fato foi observado apenas no florescimento do 6º cacho, quando a aplicação da dose de potássio correspondente a produção de MEE (125 kg ha^{-1}) proporcionaria teores de potássio praticamente iguais no pecíolo da folha adjacente e no pecíolo da folha completamente expandida.

Em geral, as relações $K/(Ca+Mg)$ nos pecíolos das folhas adjacentes e completamente expandidas aumentaram com a aplicação de potássio no solo e foram maiores em plantas e folhas mais jovens (Quadro 13). No florescimento do 2º cacho, os níveis críticos da relação $K/(Ca+Mg)$ associados à dose de potássio correspondente à MEE foram 2,88 e 0,88, respectivamente, para os pecíolos das folhas adjacente e completamente expandida. No florescimento do 4º cacho, os níveis críticos foram 2,58 e 0,90 e no florescimento do 6º cacho foram 0,68 e 0,47. Concentrações altas de cálcio e magnésio no substrato podem influenciar a absorção e o transporte de potássio na planta. Neste caso, a relação $K/(Ca+Mg)$ pode ser um indicativo do estado nutricional da planta. FASSBENDER & LAROCHE (1968) obtiveram maiores produções de matéria seca de tomate aos 45 dias após o plantio com relações $K/(Ca+Mg)$ na parte aérea de 0,49 a 0,54.

Os níveis críticos de potássio propostos (Quadro 14) aproximam-se daqueles considerados por LINGLE & LORENZ (1969), REUTER & ROBINSON (1986) e JONES JR. et al. (1991), como suficientes para a cultura do tomateiro, considerando-se a parte da planta e a época de amostragem. As possíveis variações nos teores ótimos de potássio em pecíolo de tomateiro podem

ser atribuídas, dentre outros fatores, à diferenças entre cultivares, ao manejo do solo e da cultura e à época e posição de amostragem (LINGLE & LORENZ, 1969).

QUADRO 13 - Equações de regressão das relações K/(Ca+Mg) nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos (PFA) e nos pecíolos da folha completamente expandida (PFE) por ocasião do florescimento de cada cacho, em função das doses de potássio aplicadas na fertirrigação (kg ha⁻¹)

Posição	Equação de Regressão	R ²
2º Cacho		
PFA	$\hat{Y} = 2,20 + 0,006810 \cdot X - 0,00001099^+ X^2$	0,896
PFE	$\hat{Y} = 0,40 + 0,004785^{**} X - 0,0000073 \cdot X^2$	0,854
4º Cacho		
PFA	$\hat{Y} = 1,50 + 0,00868^{***} X$	0,804
PFE	$\hat{Y} = 0,60 + 0,00242^{**} X$	0,935
6º Cacho		
PFA	$\hat{Y} = 0,90 - 0,005463^+ X + 0,00002955^{***} X^2$	0,932
PFE	$\hat{Y} = 0,45 - 0,001261^{ns} X + 0,00001107^{**} X^2$	0,991

+, *, **, ***, significativos a 10; 5; 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

A amostragem da planta, para diagnóstico de possível deficiência de potássio, poderia ser realizada no pecíolo da folha adjacente ao 2º cacho e, ou, no pecíolo da folha completamente expandida por ocasião do florescimento deste, embora a primeira seja mais facilmente definida e executada. Nessa ocasião, os teores de potássio em ambos os pecíolos foram sensíveis às variações dos teores deste elemento no solo, bem como a identificação da deficiência neste período possibilitaria uma correção sem a ocorrência de prejuízos na produção de frutos.

QUADRO 14 - Concentrações de potássio no pecíolo da folha adjacente (PFA) e no pecíolo da folha completamente expandida (PFE) relacionadas com diferentes percentagens da produção ponderada de máxima eficiência física (PPMF), em amostragens realizadas por ocasião do florescimento do 2º, 4º e 6º cachos

EA ^{1/}	Classe	PFA	PFE	PPMF
		----- dag kg ⁻¹ -----		%
2º Cacho	Muito baixa	< 9,44	< 4,52	< 90
	Baixa	9,44 a < 9,70	4,52 a < 4,98	90 a < 95
	Média	9,70 a < 10,04	4,98 a < 5,56	95 a < 99
	Suficiente	10,04 a 10,30	5,56 a 6,02	99 a 100
	Alta	> 10,30	> 6,02	< 100
4º Cacho	Muito baixa	< 5,66	< 3,99	< 90
	Baixa	5,66 a < 6,12	3,99 a < 4,28	90 a < 95
	Média	6,12 a < 6,75	4,28 a < 4,68	95 a < 99
	Suficiente	6,75 a 7,30	4,68 a 5,02	99 a 100
	Alta	> 7,30	> 5,02	< 100
6º Cacho	Muito baixa ^{2/}	-	< 2,47	< 90
	Baixa	< 2,71	2,47 a < 2,53	90 a < 95
	Média	2,71 a < 2,75	2,53 a < 2,68	95 a < 99
	Suficiente	2,75 a 2,96	2,68 a 2,88	99 a 100
	Alta	> 2,96	> 2,88	< 100

1/ Época de amostragem.

2/ No PFA, as concentrações de potássio na classe muito baixa foram ligeiramente superiores às da classe baixa devido ao ajuste da curva.

CONCLUSÕES

- As produções total e comercial de frutos aumentaram com as doses de potássio aplicadas, atingindo valores máximos de 86,4 e 73,4 t ha⁻¹ com doses de potássio de 198 e 194 kg ha⁻¹, respectivamente; porém, a dose associada à MEE, estimada com base na produção ponderada de frutos correspondeu a 125 kg ha⁻¹.
- Os teores de potássio no solo aumentaram e as relações (Ca+Mg)/K diminuíram com a aplicação de potássio.
- Os níveis críticos de potássio no solo, associados à dose de MEE, nos períodos correspondentes aos surgimentos do 2º, 4º e 6º cachos, foram 68; 47 e 99 mg dm⁻³, respectivamente.
- Os teores de potássio e as relações K/(Ca+Mg) nos pecíolos do tomateiro aumentaram com a adição de potássio ao solo.
- Nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos, por ocasião do florescimento destes, os níveis críticos de potássio, associados à dose de MEE, foram 10,30; 7,30 e 2,96 dag kg⁻¹ enquanto nos pecíolos das folhas completamente expandidas, amostradas na mesma ocasião, os níveis críticos foram 6,02; 5,02 e 2,88 dag kg⁻¹, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, P & HO, L.C. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. **J. Hort. Sci.**, Ashford, v.67, p.827-839, 1992.
- ALVAREZ V., V.H. **Caracterização química de solos**. Viçosa: UFV, 1985. 77p. (mimeo.).
- BECKET, P.H.T. & NAFADY, M.H.M. The significance of cation activity ratios. **Agrochimica**, Pisa, v.13, p.469-477, 1969.
- BESFORD, R.T. & MAW, G.A. Uptake and distribution of potassium in tomato plants. **Pl. Soil**, The Hague, v.41, p.601-618, 1974.
- BONOMO, R. **Análise da validade da equação utilizada para estimar a variação da concentração de fertilizante no tanque de derivação, em fertirrigação**. Viçosa: UFV, 1995. 57p. (Tese M.S.)
- CADAHÍA, C.; SEGURA, M.L.; EYMAR, E.; MARTINEZ, M.; GIL, C. Tomato culture fertigation in peat bags and saline conditions. **Acta Hort.**, Leuven, v.335, p.101-107, 1993.
- CEASA. **Boletim informativo diário de preços**. Belo Horizonte: Secretaria de Agricultura. 1994. (s.n.p.)
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 4ª aproximação, Lavras, 1989. 76p.
- DALIPARTHY, J.; BARKER, A.V.; MONDAL, S.S. Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. **J. Pl. Nut.**, New York, v.17, p.1859-1886, 1994.

- FASSBENDER, H.W. & LAROCHE, L.A. The nutritive potentials of soil and the proportions of K:Ca:Mg in tomato plants. **Pl. Soil**, The Hague, v.28, p.431-441, 1968.
- GONÇALVES, A.C.A. **Análise da perda de carga em tubos perfurados para irrigação, pela comparação entre o conceito de vazão fictícia e a metodologia proposta por Christiansen**. Viçosa: UFV, 1988. 80p. (Tese M.S.).
- JONES JR., J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A.. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Athens: Micro-Macro Publishing, 1991. 214p.
- KHANIZADEH, S. & FANOUS, M.A. Mathematical indices for comparing small fruit crops for harvest time and trait similarity. **HortSci.**, Alexandria, v.27, p.346-348, 1992.
- KIDDER, G.; HANLON, E.A. & HOCHMUTH, G.L. **IFAS standardized fertilization recommendation for vegetable crops**. Gainesville: Florida Cooperative Extension Service, 1989. 4p. (Bulletin, 38).
- LIMA, J.A.; DEFELIPO, B.V.; NOVAIS, R.F. & THIÉBAUT, J.T.L. Efeito das relações Ca/Mg e (Ca+Mg)/K na correção da acidez de dois latossolos e na produção de matéria seca do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill) cv. "Kada". **Rev. Ceres**, Viçosa, v.28, p.103-115, 1981.
- LINGLE, J.C. & LORENZ, O.A. Potassium nutrition of tomatoes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.94, p.679-683, 1969.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2th edition, London: Academic Press, 1995. 889p.
- PAPADOPOULOS, A.P. **Growing greenhouse tomatoes in soil and soilless media**. Ottawa: Agriculture Canada Publication, 1991. 79p.
- PHENE, C.J.; DAVIS, K.R.; McCORMICK, R.B.; HUTMACHER, R.B.; PIERRO, J.D. Water-fertility management for subsurface drip irrigated tomatoes. In: International Symposium on Integrated Management Practices, **Proceedings...** Asian Vegetable Research and Development Center, 1989. p.323-338.
- REUTER, D.J. & ROBINSON, J.B. (eds.) **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata Press, 1986. 218p.

- RHOADES, J.D. & LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: Stewart, B.A. & Nielsen, D.R., (eds). **Irrigation of agricultural crops**. Madison: Am. Soc. Agron., 1990. p.1091-1142. (Agronomy Series, 30.)
- 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**. Viçosa: UFV, 1996. 117p. (Tese de Doutorado).
- SILVA JR., A .A . & VIZZOTTO, V.J. Efeito da adubação mineral e orgânica sobre a produtividade e tamanho de fruto de tomate. **Hort. bras.**, Brasília, v.8, p.17-19, 1990.
- SOBULO, R.A.; AGBOOLA, A.A. & FAYEMI, A.A. Application of soil and plant analysis to nutrition of tomatoes in south west Nigeria. **Acta Hort.**, Leuven, v.53, p.235-247, 1977.
- STEDUTO, P. Fertigation. **Riv. di Agron.**, Bologna, v.18, p.3-20, 1984.
- VOLPE, C.A. & CHURATA-MASCA, M.G.C. **Manejo da irrigação em hortaliças: método do tanque classe "A"**. Jaboticabal: Funep, 1988. 20p.
- WARD, G.M. Greenhouse tomato nutrition - a growth analysis study. **Pl. Soil**, The Hague, v.21, p.125-133, 1964.

PRODUÇÃO DE FRUTOS E TEORES DE NUTRIENTES NO SOLO E NO
PECÍOLO DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DA FERTIRRIGAÇÃO COM
POTÁSSIO E DA COBERTURA PLÁSTICA DO SOLO

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a produção de frutos e os teores de nutrientes no solo e no pecíolo de tomateiro em função da fertirrigação parcial ou total e da cobertura plástica do solo foi realizado um experimento de campo, na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em solo podzólico vermelho-amarelo câmbico. Os tratamentos, em cinco repetições, no delineamento em blocos casualizados, corresponderam a: (A) aplicação manual de 40% da dose recomendada de K no sulco de transplante e 60% aplicados manualmente em cobertura, utilizando-se a irrigação por aspersão manual com mangueira; (B) aplicação manual de 40% da dose de K no sulco de transplante e 60% aplicados por fertirrigação; (C) procedimento idêntico ao anterior, porém com o solo coberto por plástico; (D) aplicação de 100% da dose de K por fertirrigação e (E) procedimento idêntico ao anterior, porém com o solo coberto por plástico. Os tratamentos B, C, D e E foram irrigados por gotejamento empregando-se o sistema xique-xique. A cobertura plástica manteve a umidade e as temperaturas máxima e mínima dos 10 cm superficiais do solo mais elevadas nos intervalos entre as irrigações. Maiores produções total, comercial e ponderada de frutos foram obtidos com a aplicação do potássio por fertirrigação, utilizando-se o

sistema de gotejamento, do que pelo método tradicional, ou seja, aplicação manual do adubo potássico e irrigação por aspersão manual com mangueira. Por outro lado, essas características não foram influenciadas pela aplicação total ou parcial de potássio por fertirrigação, nem pela presença de cobertura plástica do solo. Nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm de solo, a condutividade elétrica e os teores de N-NO_3^- , N inorgânico total, cálcio e magnésio foram mais elevados nas parcelas com cobertura plástica do que nas parcelas sem cobertura. Os teores de N-NO_3^- , N-NH_4^+ , K, Ca e Mg no pecíolo da folha adjacente ao 6º cacho e no pecíolo da folha completamente expandida, em geral, não foram influenciados pelos métodos de aplicação do adubo potássico nem pela cobertura plástica do solo.

Termos para indexação: tomate, adubação potássica, fertirrigação, cobertura plástica do solo, *Lycopersicon esculentum*.

To evaluate the yield, fruit quality and nutrient concentrations on the soil and on tomato petioles as a function of partial or total fertirrigation and soil plastic mulch, was conducted a field experiment in a cambic yellowish podzolo on "Horta do Fundão" at the Federal University of Viçosa. The treatments, with five replicates, following a randomized block design, were: (A) manual application of 40% of recommended K rate at seedling transplantation and manual side-dress application of 60%; (B) manual application of 40% of recommended K rate at seedling transplantation and 60% by fertirrigation; (C) similar procedure to B but with soil plastic mulching; (D) application of 100% of K rate by fertirrigation and (E) similar procedure to D but with soil plastic mulching. Treatments A, C, D and E were drip irrigated. The plastic mulch maintained the soil moisture and increased the minimum and maximum soil temperature at 10 cm depth on irrigation intervals. Total, commercial and weighted fruit yields were higher with K application by fertirrigation than using the manual fertilization method; the total, commercial and weighted fruit yield were not influenced by K partial or total fertirrigation neither by of plastic mulch presence or not. At 0-10 and 10-20 cm soil depth, the plastic mulch increased the electrical conductivity and

NO_3^- -N, total inorganic N, Ca and Mg concentrations when compared to soil without plastic mulch. The NO_3^- -N, NH_4^+ -N, K, Ca & Mg concentrations on lower petioles adjacent to 6th cluster, on the onset of cluster flowering, and on petiole from completely expanded leaves, sampled at the same periods, were not influenced by treatments.

Index terms: tomato, potassium fertilization, fertirrigation, plastic mulch, *Lycopersicon esculentum*.

ABSTRACT

FRUIT YIELD AND NUTRIENT CONCENTRATIONS ON SOIL AND ON TOMATO PETIOLE AS A FUNCTION OF PARTIAL OR TOTAL POTASSIUM FERTIRRIGATION AND SOIL PLASTIC MULCHING

To evaluate the yield, fruit quality and nutrient concentrations on the soil and on tomato petiole as a function of partial or total fertirrigation and soil plastic mulch, was conducted a field experiment in a cambic yellowish podzolic on "Horta do Fundão" at the Federal University of Viçosa. The treatments, with five replicates, following a randomized block design, were: (A) manual application of 40% of recommended K rate at seedling transplantation and manual sidedress application of 60%; (B) manual application of 40% of recommended K rate at seedling transplantation and 60% by fertirrigation; (C) similar procedure to B but with soil plastic mulching; (D) application of 100% of K rate by fertirrigation and (E) similar procedure to D but with soil plastic mulching. Treatments B, C, D and E were drip irrigated. The plastic mulch maintained the soil moisture and increased the minimum and maximum soil temperature at 10 cm depth on irrigation intervals. Total, commercial and weighted fruit yields were higher with K application by fertirrigation than using the manual fertilization method; the total, commercial and weighted fruit yield were not influenced by K partial or total fertirrigation neither by of plastic mulch presence on soil. At 0-10 and 10-20 cm soil depth, the plastic mulch increased the electrical conductivity and

NO_3^- -N, total inorganic N, Ca and Mg concentrations when compared to soil without plastic mulch. The NO_3^- -N, NH_4^+ -N, K, Ca e Mg concentrations on leave petioles adjacents to 6° cluster, on the onset of cluster flowering, and on petiole from completely expanded leaves, sampled at the same periods, were not influenced by treatments.

Index terms: tomato, potassic fertilization, fertirrigation, plastic mulch, *Lycopersicon esculentum*.

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação constitui prática importante para a cultura do tomateiro. Esta técnica proporciona aumento na disponibilidade de nutrientes, reduz os custos com mão-de-obra, melhora a distribuição do adubo no campo e facilita seu parcelamento (LOCASCIO e MYERS, 1974; STEDUTO, 1984).

A aplicação da dose total de potássio, no momento do transplante do tomateiro, pode aumentar a concentração salina em torno das raízes, aumentar as perdas deste nutriente por lixiviação e reduzir a eficiência de sua utilização pelas plantas. Em razão do pequeno desenvolvimento radicular, a aplicação da dose inicial de potássio via irrigação localizada, no momento do transplante, pode movimentar os íons para a extremidade do bulbo melhado, dificultando a absorção dos nutrientes pelas plantas (FISCHER, 1992; HARTZ, 1994). Nessas condições, LOCASCIO et al. (1982) e DANGLER & LOCASCIO (1990) recomendam que por ocasião do transplante, entre 30 e 40% das doses recomendadas de potássio sejam incorporadas ao solo e o restante seja aplicado por fertirrigação durante o ciclo da cultura.

A utilização da fertirrigação é compatível com a cobertura do solo por plástico, consorciando prática comum na produção de tomate para mesa nos EUA (BAKI-ABDUL & SPENCE, 1993). A cobertura plástica plástica e plástica contra algumas pragas do solo, controla a incidência de plantas doentes, conserva a umidade próxima à superfície do solo, aumenta a concentração de nitrogênio no perfil do solo e aumenta a fertilidade do perfil, aumenta a atividade microbiana e a taxa de

imobilização do nitrogênio orgânico e principalmente, evita a lixiviação de nitrato e potássio, importantes para a nutrição do tomateiro (CLARK & MAYNARD, 1992; TSEKLEEV et al., 1993). Estudos empregando a combinação de cobertura do solo com plástico e fertirrigação potássica do tomateiro, embora inexistentes na literatura nacional, são difundidos na literatura estrangeira (FISCHER, 1992).

Os objetivos deste trabalho foram determinar a produção de frutos e os teores de nutrientes no solo e no tecido do tomateiro, em função da fertirrigação parcial ou total com potássio e da cobertura do solo com plástico.

INTRODUÇÃO

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação constitui prática importante para a cultura do tomateiro. Esta técnica proporciona aumento na disponibilidade de nutrientes, reduz os custos com mão-de-obra, melhora a distribuição do adubo no campo e facilita seu parcelamento (LOCASCIO e MYERS, 1974; STEDUTO, 1984).

A aplicação da dose total de potássio, no momento do transplante do tomateiro, pode aumentar a concentração salina em torno das raízes, aumentar as perdas deste nutriente por lixiviação e reduzir a eficiência de sua utilização pelas plantas. Em razão do pequeno desenvolvimento radicular, a aplicação da dose inicial de potássio via irrigação localizada, no momento do transplante, pode movimentar os íons para a extremidade do bulbo molhado, dificultando a absorção dos nutrientes pelas plantas (FISCHER, 1992; HARTZ, 1994). Nessas condições, LOCASCIO et al. (1982) e DANGLER & LOCASCIO (1990) recomendam que por ocasião do transplante, entre 30 e 40% das doses recomendadas de potássio sejam incorporadas ao solo e o restante seja aplicado por fertirrigação durante o ciclo da cultura.

A utilização da fertirrigação é compatível com a cobertura do solo por plástico, constituindo prática comum na produção de tomate para mesa nos EUA (BAKI-ABDUL & SPENCE, 1992). A cobertura plástica protege a planta contra algumas pragas do solo, controla a incidência de plantas daninhas, conserva a umidade próxima à superfície do solo, aumenta a concentração de raízes na parte mais aquecida e mais fértil do perfil, aumenta a atividade microbiana e a taxa de

mineralização do nitrogênio orgânico e, principalmente, evita a lixiviação de nitrato e potássio, importantes para a nutrição do tomateiro (CLARK & MAYNARD, 1992; TSEKLEEV et al., 1993). Estudos empregando a combinação de cobertura do solo com plástico e fertirrigação potássica do tomateiro, embora inexistentes na literatura nacional, são difundidos na literatura estrangeira (FISCHER, 1992).

Os objetivos deste trabalho foram determinar a produção de frutos e os teores de nutrientes no solo e no pecíolo de tomateiro, em função da fertirrigação parcial ou total com potássio e da cobertura do solo com plástico.

O experimento foi realizado na Horta do Fundo da Universidade Federal de Viçosa, em solo podzólico vermelho-amarelo cámbico com as características químicas e físicas apresentadas no Quadro 15.

QUADRO 15 - Características químicas e físicas do solo

C	pH-H ₂ O 5,2-5,5	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Argila	Silic	Areia
dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³			cmol dm ⁻³				dag kg ⁻¹	
1,87	5,6	60,5	58,5	1,2	0,6	0,1	0,2	50	14	36

P + K: Extrator Mehlich-1
 Al, Ca e Mg: Extrator KCl 1 mol L⁻¹
 H⁺+Al³⁺: Extrator Ca(OAc) 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,8

Sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*, MILL.), cv. "Santa Clara", foram semeadas em sementeira, em 8 de setembro de 1993. Nessa mesma data, no solo onde seriam transplantadas as mudas, foi incorporada 100 kg ha⁻¹ de profundidade, 40% da dose de calcário dolomítico necessária para elevar a porcentagem de saturação de bases para 70%. Os 60% restantes foram incorporados até 15 cm de profundidade, três dias antes do transplante, em 27 de setembro de 1994. Cada um dos cinco tratamentos estudados, descritos no Quadro 16, ocupou uma parcela de 14 m², com espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras e com 10 plantas úteis.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em solo podzólico vermelho-amarelo câmbico com as características químicas e físicas apresentadas no Quadro 15.

QUADRO 15 - Características químicas e físicas do solo

C	pH-H ₂ O 1:2,5	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Argila	Silte	Areia
dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³				dag kg ⁻¹	
1,87	5,6	60,3	58,5	3,2	0,6	0,1	4,2	50	14	36

P e K: Extrator Mehlich-1.

Al, Ca e Mg: Extrator KCl 1 mol L⁻¹.

H+Al: Extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0.

Sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.), cv. "Santa Clara", foram semeadas em sementeira, em 8 de setembro de 1995. Nessa mesma data, no solo onde seriam transplantadas as mudas, foi incorporada até 50 cm de profundidade, 40% da dose de calcário dolomítico necessária para elevar a percentagem de saturação de bases para 70%. Os 60% restantes foram incorporados até 15 cm de profundidade, três dias antes do transplante, em 27 de setembro de 1994. Cada um dos cinco tratamentos estudados, caracterizados no Quadro 16, ocupou uma parcela de 14 m², com espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras e com 10 plantas úteis.

Em todos os tratamentos, um percentual de 40% do fertilizante potássico foi colocado no momento do transplante e os 60% restantes foram aplicados em cobertura, em três vezes, a cada 15 dias, a partir da adubação realizada no momento do transplante. No tratamento A, considerado testemunha, o fertilizante foi aplicado manualmente no sulco de transplante e, também manualmente, em cobertura ao lado das plantas; utilizando-se a irrigação por aspersão manual com mangueira. Nos tratamentos B e C (fertirrigação parcial) o adubo potássico foi colocado manualmente no sulco de transplante e as aplicações em cobertura foram feitas via água de irrigação. Nos tratamentos D e E (fertirrigação total) o adubo potássico foi aplicado sempre via água de irrigação, tanto no momento do transplante quanto nas aplicações em cobertura. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento em blocos casualizados com cinco repetições.

QUADRO 16 - Caracterização dos tratamentos utilizados no experimento

Tratamento	Modo de Aplicação do Adubo	Cobertura c/ Plástico	Modo de irrigar
A (test.)	Convencional	Não	Aspersão c/ mangueira
B	Fertirrigação parcial	Não	Gotejamento
C	Fertirrigação parcial	Sim	Gotejamento
D	Fertirrigação total	Não	Gotejamento
E	Fertirrigação total	Sim	Gotejamento

A dose de potássio, aplicada na forma de KCl, foi equivalente a 186 kg ha^{-1} e correspondeu à dose de máxima eficiência física da produção comercial de tomate obtida por SAMPAIO (1996). O N foi aplicado na forma de uréia, em doses equivalentes a 80 kg ha^{-1} de N, no sulco de transplante e 120 kg ha^{-1} de N parcelado em três vezes, nas mesmas datas em que o adubo potássico foi parcelado. Por ocasião do transplante, foram aplicados também no sulco 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples, 10 kg ha^{-1} de

bórax, 10 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco e 200 g ha⁻¹ de molibdato de amônio, conforme recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989).

Nos tratamentos com cobertura plástica, o solo foi coberto quinze dias após o transplante das mudas utilizando-se filme de polietileno preto de baixa densidade medindo 3,6 m de comprimento por 1,2 m de largura. As bordas do filme entre as fileiras foram superpostas e cobertas com solo, nos moldes daqueles realizados em outros países que utilizam a cobertura do solo com plástico (SALVETTI, 1985).

O tomateiro foi conduzido com duas hastes tutoradas no sistema de cerca cruzada. A poda apical foi realizada quando a planta atingiu 1,8 m de altura.

A demanda de água pela planta foi estimada com base na evaporação de tanque classe "A" considerando o coeficiente do tanque equivalente a 0,85 e os coeficientes de cultura variáveis dependendo do estágio de desenvolvimento do tomateiro (VOLPE & CHURATA-MASCA, 1988). No tratamento A, a irrigação foi realizada no sulco com mangueira, utilizando-se hidrômetro e chuveiro adaptados na extremidade (SOARES, 1986). Nos demais tratamentos, a irrigação foi realizada por gotejamento empregando-se o método xique-xique (GONÇALVES, 1988), com as linhas laterais distribuídas entre fileiras e com a saída de água a 10 cm de distância da planta. O sistema de irrigação foi instalado com tanque de 20,4 L para aplicação do fertilizante (BONOMO, 1995) sendo que, durante a aplicação do potássio na fertirrigação, o volume de água derivado para o tanque correspondeu a cinco vezes o volume deste. O turno de rega adotado foi variável, sendo que, a cada dois turnos de rega de dois dias, intercalava-se um de três dias. A lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura foi 231,5 mm em complementação aos 734,8 mm precipitados pela chuva (322,9 mm do transplante até a 1ª colheita + 411,9 mm da 1ª até a 7ª colheita).

Durante cinco turnos de rega, em 13/11/95, 27/11/95, 4/12/95, 18/12/95 e 1/1/96, escolhidos aleatoriamente durante o ciclo da cultura, imediatamente antes da irrigação foram coletadas amostras de solo até 10 cm de profundidade, para a determinação da umidade pelo método termogravimétrico. Nessas ocasiões e na

mesma profundidade do solo, foram determinadas as temperaturas mínima às 8:00 h e máxima às 16:00 h.

No florescimento do 6º cacho, foram coletadas amostras do pecíolo da folha completamente expandida mas não senescente e do pecíolo da folha adjacente ao 6º cacho para determinação dos teores de N-NH_4^+ (JACKSON, 1958), N-NO_3^- (CATALDO et al., 1975), cálcio, magnésio e potássio na matéria seca (MALAVOLTA et al., 1989).

Os frutos foram colhidos semanalmente, em sete colheitas, quando seus ápices apresentavam coloração avermelhada e aqueles sem defeitos foram classificados conforme descrito em SAMPAIO (1996). A primeira colheita foi realizada em 7 de dezembro de 1995 e a última em 17 de janeiro de 1996.

Após a última colheita, foram coletadas amostras de solo nos intervalos de 0-10; 10-20; 20-30; 30-40 e 40-50 cm de profundidade, entre plantas, na fileira de plantio, para análise da condutividade elétrica, pH e teores de potássio, cálcio, magnésio (ALVAREZ V., 1985), N-NO_3^- e N-NH_4^+ (TEDESCO et al., 1985).

A produção comercial de frutos foi obtida por somatório das classes extra AA, extra A e extra. Calculou-se também a produção ponderada de frutos. Para tanto, foram utilizados os fatores de ponderação 1,0; 0,6 e 0,3, baseando-se nos preços médios das classes supracitadas, verificados nos meses de dezembro de 1995 e de janeiro de 1996 (CEASA, 1995/1996), para serem transformadas as classes extra AA, extra A e extra em unicamente extra AA.

A produção não-comercial correspondeu ao somatório das classes de frutos de tamanho médio, pequeno, miúdo e menor que 33 mm. A produção total foi obtida através de somatório da produção comercial e não comercial.

Calculou-se o índice de precocidade pela equação
$$IP = \sum_{i=1}^n (Y_i / D_i) / n$$
, em que n = número de colheitas, $i = 1, 2, \dots, n$; Y_i = produção na colheita “i” e D_i = número de dias do início ao final de cada colheita “i” (KHANIZADEH & FANOUS, 1992).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo os tratamentos comparados a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan (GOMES, 1987).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O filme de polietileno, dado as suas características de impermeabilidade, manteve a umidade do solo mais elevada nos intervalos entre as irrigações (Quadro 17). Também, em razão da maior absorção de calor e reirradiação para o solo, as temperaturas máximas e mínimas foram mais elevadas e os gradientes entre elas foram menores no solo coberto com plástico do que no solo não coberto.

QUADRO 17 - Umidade (U), temperaturas máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}) e diferença entre T_{max} e T_{min} (ΔT) do solo em função dos tratamentos A (modo convencional de aplicação do adubo, irrigação por aspersão manual com mangueira e solo não coberto com plástico); B (adubo parcialmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico); C (igual ao anterior, porém, com o solo coberto); D (adubo totalmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico) e E (igual ao anterior, porém, com solo coberto)

Tratamento	U	T _{max}	T _{min}	ΔT
	dag kg ⁻¹	°C		
A	21,19b	26,5b	23,2b	3,3a
B	21,53b	26,3b	23,4b	2,9ab
C	23,36a	26,7ab	24,4a	2,3c
D	21,52b	26,4b	23,2b	3,2a
E	23,70a	27,0a	24,3a	2,7bc

Médias seguidas da mesma letra na vertical são diferentes estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O filme de polietileno, dado as suas características de impermeabilidade, manteve a umidade do solo mais elevada nos intervalos entre as irrigações (Quadro 17). Também, em razão da maior absorção de calor e reirradiação para o solo, as temperaturas máximas e mínimas foram mais elevadas e os gradientes entre elas foram menores no solo coberto com plástico do que no solo não coberto.

QUADRO 17 - Umidade (U), temperaturas máxima (Tmax) e mínima (Tmin) e diferença entre Tmax e Tmin (ΔT) do solo em função dos tratamentos A (modo convencional de aplicação do adubo, irrigação por aspersão manual com mangueira e solo não coberto com plástico); B (adubo parcialmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico); C (igual ao anterior, porém, com o solo coberto); D (adubo totalmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico) e E (igual ao anterior, porém, com solo coberto)

Tratamento	U	Tmax	Tmin	ΔT
	dag kg ⁻¹	°C		
A	21,19b	26,5 b	23,2b	3,3a
B	21,83b	26,3 b	23,3b	3,0ab
C	23,36a	26,7ab	24,4a	2,3c
D	21,82b	26,4b	23,2b	3,2a
E	23,70a	27,0a	24,3a	2,7bc

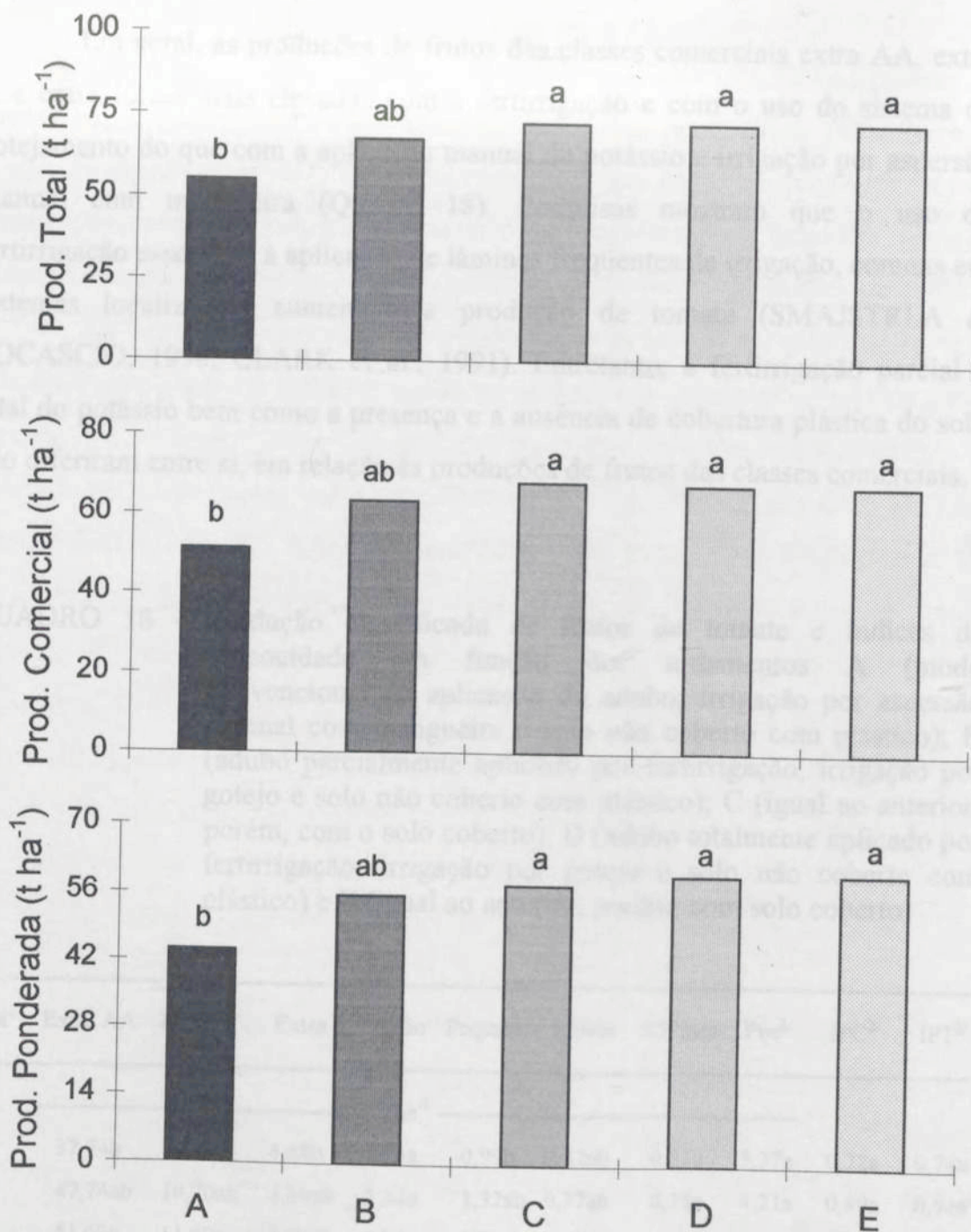
Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

Em geral, as produções total, comercial e ponderada de frutos de tomate foram mais elevadas nos tratamentos irrigados por gotejamento usando a fertirrigação para aplicação do potássio do que no tratamento irrigado por aspersão manual com mangueira e aplicação manual do fertilizante potássico (Figura 12). Esse fato poderia estar relacionado a maior eficiência de utilização de água, em razão do sistema de irrigação adotado. Segundo PHENE et al. (1989) a irrigação localizada aumenta a concentração de raízes próximas ao gotejador tornando o uso de água e nutrientes mais eficiente.

Na região de Viçosa, as produtividades de tomate em períodos de intensas chuvas e calor, raramente ultrapassam 50 t ha⁻¹. No presente experimento, com exceção do tratamento A que seria a testemunha, os demais apresentaram produções comerciais próximas a 70 t ha⁻¹.

Em relação as produções total, comercial e ponderada de frutos de tomate, nenhuma diferença entre a aplicação parcial e total do potássio na água de irrigação, foi observada no presente experimento (Figura 12), embora a aplicação do adubo por fertirrigação imediatamente após o transplante possa ser menos eficiente para o tomateiro do que a aplicação manual, em razão do pequeno desenvolvimento radicular neste período e do movimento do potássio para as bordas do bulbo molhado (FISCHER, 1992; HARTZ, 1994). Este fato poderia estar relacionado ao tipo de argila e teor médio de potássio existente no solo (Quadro 15).

Nas parcelas fertirrigadas, a cobertura plástica do solo não influenciou as produções total, comercial e ponderada de frutos de tomate (Figura 12). A cobertura plástica manteve a umidade e as temperaturas máxima e mínima do solo mais elevadas (Quadro 17). Entretanto, essas variações não apresentaram reflexos significativos na produção de tomate. As temperaturas mínima e máxima dos solos com cobertura plástica superaram em aproximadamente 0,5 e 1,0°C, respectivamente, aquelas dos solos sem cobertura, tais incrementos, no entanto, poderiam ser importantes em época de menores temperaturas uma vez que, nessas condições, o desenvolvimento da planta e a absorção de nutrientes, poderiam ser aumentados conforme verificado por MARTIN & WILCOX (1963).



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

FIGURA 12 - Produções total, comercial e ponderada de tomate em função dos tratamentos A (modo convencional de aplicação do adubo, irrigação por aspersão manual com mangueira e solo não coberto com plástico); B (adubo parcialmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico); C (igual ao anterior, porém, com o solo coberto); D (adubo totalmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico) e E (igual ao anterior, porém, com solo coberto).

Em geral, as produções de frutos das classes comerciais extra AA, extra A e extra foram mais elevadas com a fertirrigação e com o uso do sistema de gotejamento do que com a aplicação manual do potássio e irrigação por aspersão manual com mangueira (Quadro 18). Pesquisas mostram que o uso da fertirrigação associada à aplicação de lâminas frequentes de irrigação, comuns em sistemas localizados, aumentam a produção de tomate (SMAJSTRLA & LOCASCIO, 1990; CLARK et al., 1991). Entretanto, a fertirrigação parcial e total do potássio bem como a presença e a ausência de cobertura plástica do solo não diferiram entre si, em relação às produções de frutos das classes comerciais.

QUADRO 18 - Produção classificada de frutos de tomate e índices de precocidade em função dos tratamentos A (modo convencional de aplicação do adubo, irrigação por aspersão manual com mangueira e solo não coberto com plástico); B (adubo parcialmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico); C (igual ao anterior, porém, com o solo coberto); D (adubo totalmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico) e E (igual ao anterior, porém, com solo coberto)

Trat°	Extra AA	Extra A	Extra	Médio	Pequeno	Miúdo	<33mm	Pnc ^{1/}	IPC ^{2/}	IPT ^{2/}
t ha ⁻¹										
A	37,74b	8,77b	4,68b	2,14a	0,99b	0,42ab	0,23a	3,77a	0,72a	0,74a
B	47,74ab	10,70ab	4,89ab	2,34a	1,32ab	0,37ab	0,18a	4,21a	0,89a	0,91a
C	51,62a	11,60a	4,93ab	2,60a	1,31ab	0,43ab	0,22a	4,56a	0,76a	0,80a
D	53,14a	9,79ab	4,68b	3,18a	1,30ab	0,50a	0,22a	5,19a	0,78a	0,83a
E	48,73a	12,28a	6,33a	3,42a	1,83a	0,35b	0,16a	5,76a	0,88a	0,92a

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1/ Produção não comercial.

2/ Índice de precocidade da produção comercial (IPC) e da total (IPT).

A produção não-comercial e os índices de precocidade das produções comerciais e totais não foram influenciados pelos tratamentos (Quadro 18), apesar de WIEN & MINOTTI (1988) afirmarem que colheitas mais precoces de tomate possam ser obtidas com o uso da cobertura plástica do solo. Em todos os tratamentos, a incidência de podridão apical do fruto foi praticamente inexistente.

Por ocasião do florescimento do 6º cacho de tomate, os teores de N-NO_3^- e N-total no pecíolo da folha adjacente ao mesmo não foram influenciados pelos tratamentos (Quadro 19). No pecíolo da folha completamente expandida, coletado na mesma data, todos os nutrientes (N-NO_3^- , N-total, K, Ca e Mg) e a relação $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ não foram influenciados pelos tratamentos. Os teores de N-NO_3^- , N-total, potássio, cálcio e magnésio no pecíolo da folha adjacente ao 6º cacho e no pecíolo da folha completamente expandida encontram-se dentro da faixa considerada por REUTER & ROBINSON (1986) e JONES JR. et al. (1991) como suficientes para a cultura do tomateiro. Também, os teores de potássio no pecíolo da folha adjacente e no pecíolo da folha completamente expandida foram, em todos os tratamentos, maiores que o nível crítico citado por JONES JR. et al. (1991), indicando o suprimento adequado deste elemento para as plantas nos diversos tratamentos.

As condutividades elétricas das soluções do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, foram maiores nas parcelas com cobertura plástica do que nas parcelas sem cobertura (Quadro 20). Nas profundidades de 20-30, 30-40 e 40-50 cm, os efeitos dos tratamentos sobre a condutividade elétrica foram menos evidentes porém nas parcelas com cobertura plástica, as condutividades elétricas foram quase sempre maiores do que naquelas sem cobertura. Este fato, possivelmente, pode estar relacionado à maior mineralização da matéria orgânica, menor lixiviação de nutrientes e à menor perda de N por volatilização. Com exceção dos tratamentos em que o solo foi coberto com plástico, nos quais as condutividades elétricas aparentemente decresceram em profundidade, não houve acúmulo de sais até 50 cm de profundidade, indicando que o aumento da condutividade elétrica proporcionado pela cobertura plástica do solo poderia estar

mais relacionado à mineralização da matéria orgânica e menor perda por volatilização de N do que a lixiviação de nutrientes nas parcelas sem cobertura.

QUADRO 19 - Teores de nutrientes e relações iônicas nos pecíolos das folhas adjacente ao 6° cacho e completamente expandida em função dos tratamentos A (modo convencional de aplicação do adubo, irrigação por aspersão manual com mangueira e solo não coberto com plástico); B (adubo parcialmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico); C (igual ao anterior, porém, com o solo coberto); D (adubo totalmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico) e E (igual ao anterior, porém, com solo coberto)

Trat°	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-total ^{1/}	K	Ca	Mg	K/(Ca+Mg)
----- dag kg ⁻¹ -----							

Pecíolo da Folha Adjacente ao 6° Cacho

A	1,36a	0,20a	1,56a	5,59ab	1,81b	0,42ab	2,53a
B	1,15b	0,21a	1,37a	5,69a	1,78b	0,36b	2,69a
C	1,19ab	0,21a	1,40a	5,50ab	1,83b	0,41ab	2,49a
D	1,26ab	0,19a	1,45a	5,50ab	1,88b	0,43ab	2,52a
E	1,22ab	0,24a	1,46a	4,93b	2,32a	0,55a	1,78b

Pecíolo da Folha Completamente Expandida

A	1,68b	0,35a	2,03a	5,08a	3,29a	0,97a	1,23a
B	1,74ab	0,28a	2,03a	4,78a	3,22a	0,91a	1,16a
C	2,02a	0,34a	2,36a	5,39a	3,49a	1,00a	1,20a
D	1,72ab	0,32a	2,04a	5,11a	3,24a	0,90a	1,24a
E	1,75ab	0,30a	2,04a	5,38a	3,17a	0,87a	1,53a

Para cada pecíolo, médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1/ N-total = N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻.

Os valores de pH do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, foram menores nas parcelas com cobertura plástica do que nas parcelas sem cobertura (Quadro 20); o menor pH no solo com cobertura plástica poderia estar relacionado à maior nitrificação do amônio advindo da matéria orgânica do solo e da uréia aplicada na adubação, em razão da maior conservação de umidade nos períodos mais secos e menor encharcamento nos períodos de chuvas intensas (PARCHOMCHUK et al., 1993). Nas profundidades de 30-40 e 40-50 cm o pH não foi influenciado pelos tratamentos.

Em geral, os teores de N-NH_4^+ no solo não foram influenciados pelos tratamentos (Quadro 20) e aparentemente foram mais baixos na camada de 0-10 cm onde, normalmente, a atividade biológica é mais intensa aumentando moderadamente nas camadas mais profundas. O N-NH_4^+ pode causar a acidificação do solo, aumentar a solubilidade do cálcio e do magnésio e deslocar estes nutrientes e o potássio do complexo de troca. No caso da irrigação localizada, a aplicação do N-NH_4^+ pode também facilitar a movimentação de cálcio, magnésio e potássio para as extremidades do bulbo molhado (PARCHOMCHUK et al., 1993).

Os teores de nitrogênio inorgânico total (obtido pela soma de N-NH_4^+ + N-NO_3^-), nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, foram maiores nas parcelas com cobertura plástica do que nas parcelas sem cobertura (Quadro 20). Este fato pode estar associado a maior mineralização da matéria orgânica e menores perdas de nitrogênio por desnitrificação nas parcelas com cobertura plástica do solo, face ao encharcamento a que o solo foi submetido nas parcelas não cobertas com plástico, em razão das fortes chuvas precipitadas no período, conforme verificado por MUIRHEAD et al. (1985). Nas profundidades de 20-30, 30-40 e 40-50 cm, as variações nos teores de nitrogênio do solo não mostraram tendências definidas em função dos tratamentos. Com exceção dos solos com cobertura plástica, onde houve acúmulo nas primeiras camadas superficiais, o teor de nitrogênio total aparentemente aumentou em profundidade, concentrando-se principalmente na profundidade de 40-50 cm.

QUADRO 20 - Condutividade elétrica (CE), pH e teores de nutrientes no solo em função dos tratamentos A (modo convencional de aplicação do adubo, irrigação por aspersão manual com mangueira e solo não coberto com plástico); B (adubo parcialmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico); C (igual ao anterior, porém, com o solo coberto); D (adubo totalmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico) e E (igual ao anterior, porém, com solo coberto), em diferentes profundidades do solo (P)

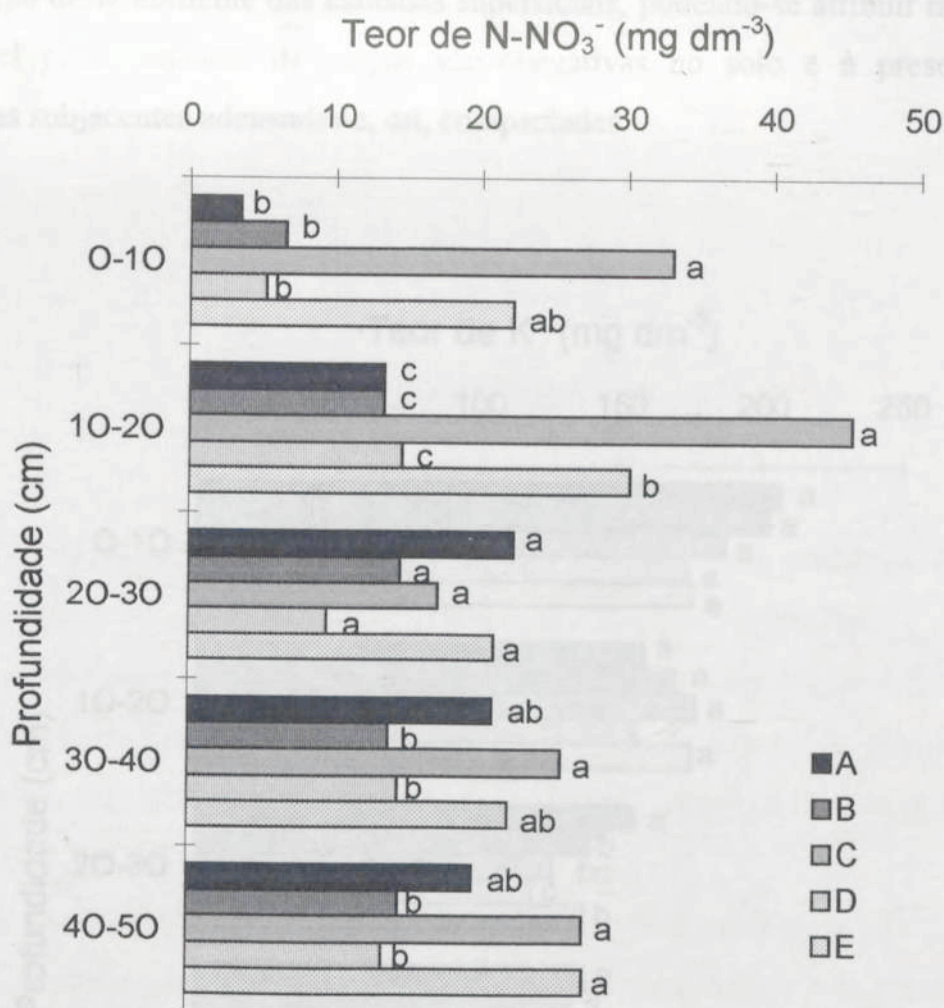
P	Tratº	CE	pH	N-NH ₄ ⁺	N-Total ^{1/}	Ca ²⁺	Mg ²⁺
cm		dS m ⁻¹		----- mg dm ⁻³ -----		--- cmol _c dm ⁻³ ---	
0-10	A	0,61b	5,55a	9,49a	12,94b	5,21b	0,98bc
	B	0,58b	5,59a	9,61a	16,19b	5,39b	0,94bc
	C	2,10a	5,28ab	18,81a	51,88a	6,91a	1,19a
	D	0,59b	5,40ab	8,71a	13,91b	4,60b	0,88c
	E	2,01a	5,23b	13,32a	35,48ab	7,30a	1,06ab
10-20	A	0,64b	5,30a	27,60a	40,95b	4,84a	0,84bc
	B	0,59b	5,27a	32,07a	45,44b	4,58a	0,78c
	C	1,45a	4,91b	26,27a	71,66a	4,77a	0,98a
	D	0,60b	5,21a	29,50a	44,09b	4,44a	0,81c
	E	1,36a	4,98b	35,56a	74,75a	4,88a	0,94ab
20-30	A	0,65b	4,78a	17,20a	39,47ab	3,52a	0,69a
	B	0,57b	4,75ab	21,20a	35,76ab	3,30a	0,62a
	C	0,95a	4,59b	18,43a	35,51ab	3,23a	0,64a
	D	0,59b	4,75ab	11,69a	21,15b	3,37a	0,62a
	E	0,76b	4,60b	21,84a	42,77a	3,39a	0,68a
30-40	A	0,65ab	4,78a	20,46a	41,29a	3,34a	0,73a
	B	0,54b	4,70a	24,27a	38,00a	3,08a	0,68a
	C	0,83a	4,73a	32,49a	58,03a	3,08a	0,65a
	D	0,55b	4,58a	27,10a	41,50a	3,43a	0,75a
	E	0,65ab	4,60a	18,78a	40,73a	3,34a	0,65a
40-50	A	0,59ab	5,10a	41,87ab	61,44abc	4,22a	0,61a
	B	0,51b	4,95a	41,96ab	56,47bc	3,98a	0,58a
	C	0,62a	4,86a	55,18a	82,31a	3,83a	0,53a
	D	0,52ab	4,96a	34,23b	47,64c	3,96a	0,65a
	E	0,57ab	5,00a	46,21ab	73,40ab	4,49a	0,58a

^{1/} N-Total = N-NO₃⁻ + N-NH₄⁺.

Para cada profundidade, médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

Os teores de cálcio e magnésio, principalmente, na profundidade de 0-10 cm, foram mais elevados nos tratamentos com cobertura plástica do que naqueles sem cobertura (Quadro 20). Este fato pode estar relacionado a maior mineralização da matéria orgânica e, ou, maior solubilização do calcário dolomítico, aplicado imediatamente antes do transplante, em razão da maior redução do pH. Nas demais profundidades, os teores de cálcio e magnésio não foram influenciados pelos tratamentos. Nas parcelas sem cobertura plástica, aparentemente, não houve acúmulo de cálcio e de magnésio em profundidade, evidenciando a não lixiviação deste nutriente.

Os teores de N-NO_3^- no solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, foram maiores nas parcelas com cobertura plástica do que naquelas sem cobertura (Figura 13). Este incremento no teor de N-NO_3^- poderia ser atribuído principalmente ao provável aumento da taxa de mineralização da matéria orgânica do solo, decorrente do aumento da temperatura e umidade no solo com cobertura plástica (Quadro 17) e, possivelmente, às menores perdas de N-NO_3^- por denitrificação face à ocorrência de encharcamento do solo sem a cobertura plástica, nos períodos de chuvas intensas (STEDUTO, 1984; MUIRHEAD et al., 1985). Na profundidade de 20-30 cm, o teor de N-NO_3^- não foi influenciado pelos tratamentos, enquanto nas profundidades de 30-40 e 40-50 cm, os teores de N-NO_3^- foram menores nos tratamentos B e D evidenciando tendência para os teores de N-NO_3^- no solo coberto serem maiores do que no solo não coberto. Nos solos sem cobertura plástica, aparentemente, houve lixiviação de N-NO_3^- apenas na camada de 0-10 cm de profundidade; a não lixiviação de N-NO_3^+ para camadas mais profundas, conforme observado por COOK & SANDERS (1990), poderia ser atribuída à presença de camadas adensadas e, ou, compactadas verificadas a partir de 20 cm de profundidade, limitando o fluxo de água e reduzindo a movimentação do N-NO_3^- no solo no curto espaço de tempo da cultura.

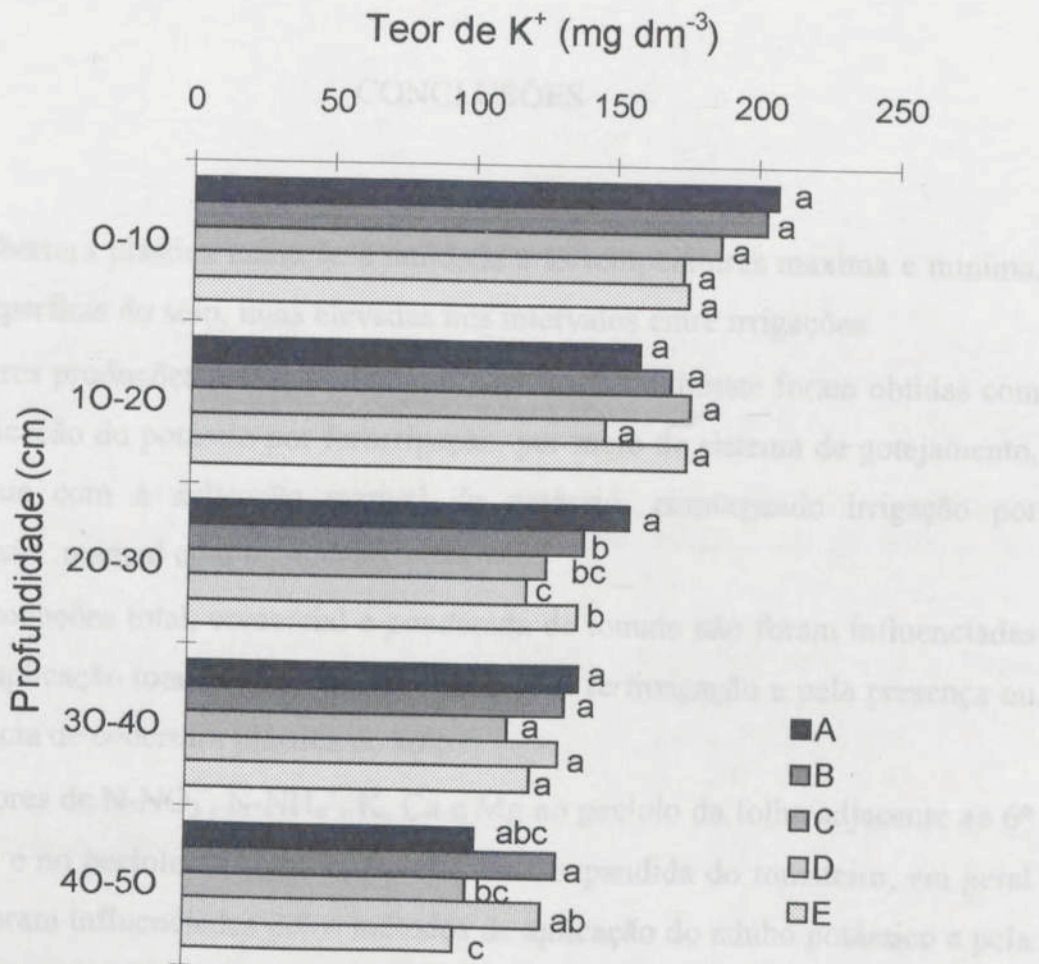


Para cada profundidade, médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

FIGURA 13 - Teor de N-NO_3^- no solo em função dos tratamentos A (modo convencional de aplicação do adubo, irrigação por aspersão manual com mangueira e solo não coberto com plástico); B (adubo parcialmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico); C (igual ao anterior, porém, com o solo coberto); D (adubo totalmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico) e E (igual ao anterior, porém, com solo coberto), em diferentes profundidades do solo.

Os teores de potássio, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 30-40 cm, não foram influenciados pelos tratamentos (Figura 14). O, aparentemente, moderado decréscimo dos teores de potássio em profundidade poderia evidenciar a não

lixiviação deste nutriente das camadas superficiais, podendo-se atribuir tal fato à provável predominância de cargas eletronegativas no solo e à presença de camadas subjacentes adensadas e, ou, compactadas.



Para cada profundidade, médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

FIGURA 14 - Teor de K⁺ no solo em função dos tratamentos A (modo convencional de aplicação do adubo, irrigação por aspersão manual com mangueira e solo não coberto com plástico); B (adubo parcialmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico); C (igual ao anterior, porém, com o solo coberto); D (adubo totalmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico) e E (igual ao anterior, porém, com solo coberto), em diferentes profundidades do solo.

CONCLUSÕES

- A cobertura plástica manteve a umidade e as temperaturas máxima e mínima, na superfície do solo, mais elevadas nos intervalos entre irrigações.
- Maiores produções total, comercial e ponderada de tomate foram obtidas com a aplicação do potássio por fertirrigação, por meio de sistema de gotejamento, do que com a aplicação manual do potássio, empregando irrigação por aspersão manual com mangueira.
- As produções total, comercial e ponderada de tomate não foram influenciadas pela aplicação total ou parcial do potássio por fertirrigação e pela presença ou ausência de cobertura plástica do solo.
- Os teores de N-NO_3^- , N-NH_4^+ , K, Ca e Mg no pecíolo da folha adjacente ao 6º cacho e no pecíolo da folha completamente expandida do tomateiro, em geral não foram influenciados pelos métodos de aplicação do adubo potássico e pela cobertura plástica do solo.
- A cobertura plástica do solo elevou a condutividade elétrica e os teores de N-NO_3^- , N inorgânico total, cálcio e magnésio, nas profundidades de 0-10 e de 10-20 cm, em relação às parcelas sem cobertura.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ V., V.H. **Caracterização química de solos**. Viçosa: UFV, 1985. 77p. (mimeo.).
- BAKI-ABDUL, A. & SPENCE, C. Black polyethylene mulch doubled yield of fresh-market field tomatoes. **HortSci.**, Alexandria, v.27, n.7, p.787-789, 1992.
- BONOMO, R. **Análise da validade da equação utilizada para estimar a variação da concentração de fertilizante no tanque de derivação, em fertirrigação**. Viçosa: UFV, 1995. 57p. (Tese M.S.)
- CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E. & YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, New York, v.6, p.71-80, 1975.
- CEASA. **Boletim informativo diário de preços**. Belo Horizonte: Secretaria de Agricultura, 1995/1996. (s.n.p.)
- CLARK, G.A. & MAYNARD, D.N. Vegetable production on various bed widths using drip irrigation. **Ap. Engin. Agric.**, St. Joseph, v.8, n.1, p.28-32, 1992.
- CLARK, G.A., STANLEY, C.D.; MAYNARD, D.N.; HOCMUTH, G.J.; HANLON, E.A. & HAMAN, D.Z. Water and fertilizer management of microirrigated fresh market tomatoes. **Transactions Amer. Soc. Agric. Eng.**, St. Joseph, v.34, n.2, p.429-435, 1991.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 4ª aproximação, Lavras, 1989. 76p.
- COOK, W.P. & SANDERS, D.C. Fertilizer placement effects on soil nitrogen and use by drip-irrigated and plastic-mulched tomatoes. **HortSci.**, Alexandria, v.25, n.7, p.767-769, 1990.

- DANGLER, J.M. & LOCASCIO, S.J. Yield of trickle-irrigated tomatoes as affected by time of N and K application. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.115, p.585-589, 1990.
- FISCHER, J.R. **Water and nutrient requirements for drip-irrigated vegetables in humid regions**. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Sciences: University of Florida, 1992, 17p. (Bulletin 363).
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 12.^a ed. Piracicaba: Nobel, 1987. 468p.
- GONÇALVES, A.C.A. **Análise da perda de carga em tubos perfurados para irrigação, pela comparação entre o conceito de vazão fictícia e a metodologia proposta por Christiansen**. Viçosa: UFV, 1988. 80p. (Tese M.S.).
- HARTZ, T.K. Water management in drip-irrigated vegetable production. In: **AMERICAN SOCIETY HORTICULTURAL SCIENCE SEMINAR**, Lexington, 1994. **Proceedings...** American Society for Horticultural Science, 1994, p.12-15.
- JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc., 1958. 458p.
- JONES JR., J.B.; WOLF, B. & MILLS, H.A.. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Athens: Micro-Macro Publishing, 1991. 214p.
- KHANIZADEH, S. & FANOUS, M.A. Mathematical indices for comparing small fruit crops for harvest time and trait similarity. **HortSci.**, Alexandria, 27:346-348. 1992.
- LOCASCIO, S.J. & MYERS, J.M. Tomato response to plug-mix, mulch and irrigation method. **Proc. Fla. State Hort. Soc.**, Lake Alfred, v.85, p.126-130, 1974.
- LOCASCIO, S.J., MYERS, J.M. & FISKELL, J.G.A. Nitrogen application timing and source for drip irrigated tomatoes. In: SCAIFE, A.; ed. **INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM**, 9, Warwick, 1982. **Proceedings...** p. 323-328.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201 p.
- MARTIN, G.C. & WILCOX, G.E. Critical soil temperature for tomato plant growth. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.27, p.565-567, 1963.

- MUIRHEAD, W.A.; MELHUISE, F.M.; WHITE, R.J.G. & HIGGINS, M.L. Comparison of several nitrogen fertilisers applied in surface irrigation systems. II. nitrogen transformations. **Fert. Res.**, Dordrecht, v.8, p.49-68, 1985.
- PARCHOMCHUK, P.; NEILSEN, G.H. & HOGUE, E.J. Effects of drip fertigation of $\text{NH}_4\text{-N}$ and P on soil pH and cation leaching. **Can. J. Soil Sci.**, Ottawa, v.73, p.157-164, 1993.
- PHENE, C.J. Water management of tomatoes in the tropics. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM MANAGEMENT PRACTICE., **Proceedings...** Asian Vegetable Research and Development Center, 1989, p.308-322.
- REUTER, D.J. & ROBINSON, J.B. (eds.) **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata Press, 1986. 218p.
- SALVETTI, M.G. **O polietileno na agropecuária brasileira**. São Paulo: Poliolefinas, 1985. 154p.
- 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**. Viçosa: UFV, 1996. 117p. (Tese de Doutorado).
- SMAJSTRLA, A.G. & LOCASCIO, S.J. Irrigation scheduling of drip-irrigated tomato using tensiometers and pan evaporation. **Proc. Fla. State Hort. Soc.**, Lake Alfred, v.103, p.88-91, 1990.
- SOARES, J.M **Sistemas de irrigação por mangueiras**. Petrolina: EMBRAPA, 1986. 132p. (Circular Técnica, 13).
- STEDUTO, P. Fertigation. **Riv. di Agron.**, Bologna, v.18, n.1, p.3-20, 1984.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEM, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRS, 1985. s.n.p. (Boletim Técnico, 5).
- TSEKLEEV, G., BOYADJIEVA, N. & SOLAKOV, Y. Influence of photo-selective mulch films on tomatoes in greenhouses. **Plasticulture**, Paris, v.95, p.45-49, 1993.
- VOLPE, C.A. & CHURATA-MASCA, M.G.C. **Manejo da irrigação em hortaliças: método do tanque classe "A"**. Jaboticabal: Funep, 1988. 20p.
- WIEN, H.C. & MINOTTI, P.L. Increasing yield of tomatoes with plastic mulch and apex removal. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, St. Joseph, v.113, n.3, p.342-347, 1988.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de avaliar a produção, a qualidade de frutos e os teores de nutrientes no solo e no pecíolo do tomateiro, em função da adubação potássica, aplicada manualmente ou via fertirrigação parcial ou total e da cobertura plástica do solo, foram realizados três experimentos de campo, na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em solo podzólico vermelho-amarelo câmbico. No primeiro experimento, irrigado por aspersão manual com mangueira, foram testadas seis doses de K correspondentes a 0; 48,4; 118,6 188,8; 259,0 e 399,4 kg ha⁻¹, na forma de KCl, aplicadas manualmente durante o ciclo da cultura, em quatro repetições e dispostas no delineamento em blocos casualizados. O segundo experimento foi similar ao primeiro, porém as doses de K foram aplicadas por fertirrigação parcial utilizando-se o sistema de irrigação por gotejamento. No terceiro experimento, foram testados cinco tratamentos: (A) aplicação manual de 40% da dose de K no momento do transplante e 60% aplicados manualmente em cobertura, utilizando-se irrigação por aspersão manual com mangueira; (B) aplicação manual de 40% da dose de K no momento do transplante e 60% aplicados por fertirrigação; (C) procedimento idêntico ao anterior, porém com o solo coberto por plástico; (D) aplicação de 100% da dose de K por fertirrigação e (E) procedimento idêntico ao anterior, porém com o solo coberto por plástico; os quatro últimos tratamentos foram irrigados utilizando-se o sistema de gotejamento. Os tratamentos, em cinco repetições, foram distribuídos no delineamento em blocos casualizados.

As principais conclusões foram:

1) utilizando a adubação manual e irrigação por aspersão manual com mangueira:

- As produções comercial e total de frutos atingiram valores máximos de 38,0 e 53,9 t ha⁻¹, respectivamente, com aplicação da dose de potássio de 186 kg ha⁻¹, que também foi a dose que propiciou a produção de máxima eficiência econômica (MEE), estimada com base na produção ponderada de frutos.
- A incidência de podridão apical nos frutos aumentou linearmente com as doses de potássio aplicadas.
- A condutividade elétrica da solução do solo, o pH e os teores de cálcio no solo não foram influenciados pelas doses de potássio aplicadas.
- Os teores de potássio no solo, em amostragens realizadas por ocasião do florescimento do 2º, 4º e 6º cachos, aumentaram linearmente com as doses de potássio aplicadas.
- Os níveis críticos de potássio no solo, associados à MEE, em amostragens realizadas por ocasião do florescimento do 2º, 4º e 6º cachos foram, respectivamente, 151; 110 e 136 mg dm⁻³.
- Os teores de magnésio nos pecíolos amostrados por ocasião do florescimento dos 2º, 4º e 6º cachos decresceram com as doses de potássio aplicadas.
- Os teores de potássio nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos, amostrados por ocasião de seus florescimentos, aumentaram linearmente com as doses de potássio aplicadas, com níveis críticos, associados à dose de MEE, de 10,00; 9,35 e 4,50 dag kg⁻¹, respectivamente.
- O teor de potássio e as relações K/Ca, K/Mg e K/(Ca+Mg) no fruto de tomate aumentaram linearmente com as doses de potássio adicionadas.
- O teor de acidez titulável no suco de tomate aumentou com a aplicação de potássio, ocorrendo o oposto com o “flavor”.
- O teor de vitamina C no fruto de tomate aumentou com a adubação potássica.
- Com a dose de potássio equivalente a 186 kg ha⁻¹, correspondente à produção de frutos de MEE, os valores de potássio no fruto, “flavor”, acidez titulável e teor de vitamina C foram, respectivamente, 2,39 dag kg⁻¹; 20,55; 0,26% e 21,80 mg 100g⁻¹.

2) Utilizando a fertirrigação e a irrigação por gotejamento:

- As produções total e comercial de frutos aumentaram com as doses de potássio aplicadas, atingindo valores máximos de 86,4 e 73,4 t ha⁻¹ com as doses de potássio equivalentes a 198 e 194 kg ha⁻¹, respectivamente; porém, a dose associada à MEE, estimada com base na produção ponderada de frutos, correspondeu a 125 kg ha⁻¹.
- Os teores de potássio no solo aumentaram e as relações (Ca+Mg)/K diminuíram com a aplicação de potássio no solo.
- Os níveis críticos de potássio no solo, associados à dose de MEE, nos períodos correspondentes aos surgimentos do 2º, 4º e 6º cachos foram 68; 47 e 99 mg dm⁻³, respectivamente.
- Os teores de potássio e as relações K/(Ca+Mg) nos pecíolos do tomateiro aumentaram com a adição de potássio ao solo.
- Nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2º, 4º e 6º cachos, por ocasião do florescimento destes, os níveis críticos de potássio associados à dose de MEE foram 10,30; 7,30 e 2,96 dag kg⁻¹, enquanto nos pecíolos das folhas completamente expandidas, amostradas na mesma ocasião, os níveis críticos foram 6,02; 5,02 e 2,88 dag kg⁻¹, respectivamente.

3) Utilizando a fertirrigação parcial ou total e a cobertura plástica do solo:

- A cobertura plástica manteve mais elevadas a umidade e as temperaturas máxima e mínima da superfície do solo nos intervalos entre irrigações.
- Maiores produções total, comercial e ponderada de tomate foram obtidas com a aplicação do potássio por fertirrigação, empregando o sistema de gotejamento, do que com a aplicação manual do potássio, utilizando a irrigação por aspersão manual com mangueira ou método convencional.
- As produções total, comercial e ponderada de tomate não foram influenciadas pela aplicação total ou parcial do potássio por fertirrigação e pela presença de cobertura plástica do solo.

- Os teores de N-NO_3^- , N-NH_4^+ , K, Ca e Mg no pecíolo da folha adjacente ao 6º cacho e no pecíolo da folha completamente expandida do tomateiro não foram, em geral, influenciados pelos métodos de aplicação do adubo potássico e pela cobertura plástica do solo.
- A cobertura plástica do solo elevou a condutividade elétrica e os teores de N-NO_3^- , N inorgânico total, cálcio e magnésio, nas profundidades de 0-10 e de 10-20 cm, em relação às parcelas sem cobertura.

APÊNDICE

Quadro 1A - Produção classificada de frutos de tomate em relação às doses de K aplicadas

Dose de K	Classe de Frutos							T _{tot} ^{1/}	P Apical ^{2/}
	Extra AA	Extra A	Extra	Médio	Pequeno	Muito	<33 mm		
kg ha ⁻²	t ha ⁻¹								
0	3,77	3,72	5,50	8,70	5,42	0,81	0,23	15,13	2,96
48	7,71	7,89	12,01	10,25	5,73	0,86	0,04	16,29	3,54
119	6,24	10,61	17,08	10,17	6,41	1,13	0,07	17,78	7,71
189	11,40	11,90	19,31	8,58	4,67	0,62	0,21	17,99	7,68
259	8,23	7,85	14,12	10,19	3,76	0,68	0,09	16,51	10,69
399	2,02	2,20	5,00	8,58	0,82	0,05	0,05	16,58	7,92

APÊNDICE

1/ Produção não comercial

2/ Podridão apical

Quadro 2A - Número de frutos de tomate em relação às doses de potássio aplicadas

Dose de K	Classe de Frutos							P. Apical ^{2/}
	Extra AA	Extra A	Extra	Médio	Pequeno	Muito	<33 mm	
kg ha ⁻²	N° de frutos ha ⁻¹							
0	21.167	34.874	56.256	124.837	197.713	26.693	19.278	61.571
48	61.914	26.232	140.480	134.723	296.963	26.643	2.309	67.989
119	50.222	39.278	109.833	178.877	212.940	28.551	6.390	107.891
189	26.308	104.215	207.030	155.647	98.045	30.667	5.111	176.167
259	47.667	94.721	135.896	139.627	160.730	23.778	8.644	283.056
399	17.135	37.238	57.334	146.778	302.500	32.879	5.300	180.722

1/ Podridão apical

APÊNDICE

Quadro 1A - Produção classificada de frutos de tomate em relação às doses de K aplicadas

Dose de K	Classe de Frutos							Pnc ^{1/}	P.Apical ^{2/}
	Extra AA	Extra A	Extra	Médio	Pequeno	Miúdo	<33 mm		
kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹								
0	2,77	3,72	7,50	8,70	5,42	0,81	0,23	15,15	2,96
48	7,71	7,89	12,01	10,25	5,25	0,86	0,04	16,39	3,54
119	6,26	10,61	17,08	10,17	6,41	1,13	0,07	17,78	7,71
189	11,40	11,00	19,31	8,58	4,67	0,62	0,11	13,99	7,68
259	8,23	7,83	14,12	10,19	5,56	0,68	0,09	16,51	10,69
399	2,02	2,26	5,02	10,39	5,18	0,82	0,08	16,48	7,92

1/ Produção não comercial.

2/ Podridão apical.

Quadro 2A - Número de frutos de tomate em relação às doses de potássio aplicadas

Dose de K	Classe de Frutos							P. Apical ^{2/}
	Extra AA	Extra A	Extra	Médio	Pequeno	Miúdo	<33mm	
kg ha ⁻¹	Nº de frutos ha ⁻¹							
0	21.167	34.834	86.556	121.833	105.333	26.695	19.278	63.611
48	63.714	76.232	140.000	140.572	106.661	26.643	2.500	85.089
119	50.222	99.278	189.833	139.937	131.040	38.564	6.389	195.881
189	86.500	104.222	207.000	124.945	98.445	20.667	5.111	176.167
259	47.667	78.722	155.056	139.667	106.333	21.778	8.611	285.056
399	17.333	22.278	57.333	144.778	102.500	27.889	5.500	189.722

1/ Podridão apical.

Quadro 3A - Características físicas e químicas do solo, coletado na época do florescimento do 2º, 4º e 6º cacho, em relação às doses de K aplicadas

Dose de K	CE ^{1/}	pH	K ⁺	Ka ^{2/}	Kt ^{3/}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K
kg ha ⁻¹	dS m ⁻¹		----- mg dm ⁻³ -----			--- cmol _c dm ⁻³ ---			
2° Cacho									
0	3,58	6,82	52,18	18,38	70,56	7,86	1,65	4,79	71,99
48	3,11	6,75	83,22	23,87	107,09	6,83	1,38	5,01	40,30
119	3,49	6,70	154,57	32,20	186,76	6,61	1,32	5,00	20,56
189	3,08	7,00	178,86	41,69	220,56	6,87	1,47	4,70	18,70
259	3,65	6,95	194,26	61,82	256,08	8,34	1,49	5,66	20,48
399	3,10	6,92	205,16	65,81	270,98	6,84	1,62	4,29	16,39
4° Cacho									
0	2,18	6,62	32,25	18,00	50,25	5,34	1,43	3,76	82,67
48	2,16	6,35	53,75	23,25	77,00	5,18	1,40	3,74	49,76
119	2,35	6,26	71,75	28,75	100,50	5,77	1,40	4,12	38,55
189	2,31	6,59	76,75	37,00	113,75	5,37	1,26	4,29	33,48
259	2,43	6,69	109,25	44,25	153,50	5,56	1,38	4,02	25,03
399	2,59	6,63	263,25	57,50	320,75	5,58	1,39	4,05	10,29
6° Cacho									
0	2,29	6,59	41,15	10,69	51,85	4,83	1,50	3,23	60,16
48	2,52	6,35	69,03	15,20	84,23	5,02	1,30	3,90	39,62
119	3,02	6,23	83,27	19,46	102,72	5,34	1,38	3,85	31,27
189	2,65	6,29	108,23	25,72	133,95	4,48	1,22	3,69	21,10
259	2,65	6,81	157,01	45,24	202,25	5,04	1,47	3,43	17,00
399	2,65	6,41	294,71	71,53	366,24	4,26	1,21	3,54	7,31

1/ Condutividade elétrica do extrato da pasta de saturação a 25° C.

2/ K adicional.

3/ K total disponível.

Quadro 4A - Concentrações de nutrientes e relações iônicas nos pecíolos das folhas adjacentes aos 2°, 4° e 6° cachos de tomate, em relação às doses de potássio aplicadas

Dose de K	N-NO ₃ ⁻	K	Ca	Mg	K/Ca	K/Mg	K/(Ca+Mg)
kg ha ⁻¹	----- dag kg ⁻¹ -----						
2° Cacho							
0	0,54	6,05	2,21	0,65	2,80	10,20	2,20
48	0,50	8,05	2,04	0,69	3,95	11,55	2,95
119	0,53	10,05	1,86	0,51	5,40	22,05	4,25
189	0,47	10,95	1,93	0,52	5,90	25,95	4,75
259	0,60	10,35	2,06	0,58	5,05	18,90	3,95
399	0,55	13,00	2,03	0,45	6,45	30,70	5,25
4° Cacho							
0	0,43	1,90	2,47	1,18	0,75	1,60	0,50
48	0,40	2,55	2,40	1,20	1,10	2,20	0,70
119	0,32	9,95	2,61	1,01	3,80	10,25	2,75
189	0,22	9,00	2,68	0,99	3,35	9,55	2,45
259	0,22	9,25	2,52	0,87	3,75	11,65	2,85
399	0,21	9,50	2,71	0,88	3,70	13,00	2,85
6° Cacho							
0	0,24	1,00	3,07	1,78	0,30	0,55	0,20
48	0,24	2,35	3,04	1,80	0,80	1,45	0,50
119	0,22	3,50	3,22	1,52	1,10	2,40	0,75
189	0,22	6,10	3,03	1,49	2,10	4,85	1,45
259	0,16	6,75	2,73	1,17	2,55	6,70	1,80
399	0,16	6,10	3,39	1,50	1,90	4,60	1,35

Quadro 5A - Teores de matéria seca (MS), concentração de nutrientes e relações iônicas no fruto de tomateiro, em função das doses de potássio aplicadas

Dose de K	MS	N-NO ₃ ⁻	P	S	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K/Ca	K/Mg	K/(Ca+Mg)
kg ha ⁻¹	dag kg ⁻¹									
0	3,08	0,24	0,23	0,10	1,61	0,11	0,18	14,53	9,41	5,65
48	4,05	0,21	0,24	0,11	2,16	0,13	0,14	17,53	15,17	8,04
119	3,82	0,26	0,21	0,09	2,35	0,11	0,16	22,27	14,93	8,92
189	2,98	0,18	0,24	0,11	2,43	0,12	0,17	23,71	14,67	8,88
259	3,55	0,23	0,24	0,10	2,58	0,10	0,17	25,98	15,96	9,84
399	2,90	0,20	0,24	0,10	2,88	0,10	0,15	28,37	19,49	11,54

1/ Produção média por hectare;
2/ Potencial apical.

Quadro 6A - Características qualitativas do fruto de tomateiro em função das doses de potássio aplicadas

Dose de K	pH	°BRIX	“Flavor”	Licopeno	Caroteno
kg ha ⁻¹		%		μg g ⁻¹	
0	4,25	5,23	24,77	57,15	68,02
48	4,31	5,00	21,89	62,73	71,77
119	4,38	5,25	21,92	70,97	81,52
189	4,25	5,18	19,08	65,75	75,20
259	4,24	5,30	18,46	69,61	79,85
399	4,21	5,18	18,69	65,77	75,75

1/ Produção apical.

Quadro 7A - Produção classificada de frutos de tomate em relação às doses de K aplicadas na fertirrigação

Dose de K	Classe de Frutos							Pnc ^{1/}	P.Apical ^{2/}
	Extra AA	Extra A	Extra	Médio	Pequeno	Miúdo	<33mm		
kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹								
0	25,60	14,95	12,26	8,93	5,23	1,08	0,21	15,45	0,74
48	33,52	16,93	12,96	7,32	4,03	0,84	0,10	12,28	1,47
119	41,81	21,06	13,75	7,42	2,91	0,64	0,10	11,07	0,83
189	37,61	20,63	15,62	6,87	4,38	0,80	0,08	12,12	3,31
259	28,93	18,90	17,43	10,09	5,38	0,93	0,26	16,65	3,11
399	27,45	14,21	13,30	8,25	5,13	0,94	0,20	14,51	2,19

1/ Produção não comercial.

2/ Podridão apical.

Quadro 8A - Número de frutos de tomate em relação às doses de potássio aplicadas na fertirrigação

Dose de K	Classe de Frutos							P. Apical ^{1/}
	Extra AA	Extra A	Extra	Médio	Pequeno	Miúdo	<33mm	
kg ha ⁻¹	Nº de frutos ha ⁻¹							
0	183.722	135.722	142.778	126.667	109.445	39.778	16.445	16.833
48	244.945	156.722	143.111	106.445	81.167	30.556	8.611	39.222
119	295.611	193.945	152.556	102.945	58.222	25.056	8.000	20.111
189	264.111	188.445	173.389	103.222	87.111	25.278	7.833	81.167
259	208.333	171.222	189.167	142.222	110.778	32.000	21.945	66.389
399	186.333	130.389	147.611	117.389	108.333	35.222	17.000	52.111

1/ Podridão apical.

Quadro 9A - Características físicas e químicas do solo, coletado na época do florescimento do 2º, 4º e 6º cacho, em relação às doses de K aplicadas na fertirrigação

Dose de K	CE ^{1/}	pH	K ⁺	(Ca+Mg)/K
kg ha ⁻¹	dS m ⁻¹		mg dm ⁻³	
2º Cacho				
0	2,14	7,06	41,47	89,70
48	1,86	6,84	47,49	74,10
119	1,91	6,40	55,52	58,50
189	2,59	6,67	74,61	50,70
259	2,54	6,73	104,49	31,20
399	2,27	6,85	170,64	19,50
4º Cacho				
0	1,11	6,79	30,00	101,40
48	1,54	6,29	32,50	89,70
119	1,36	6,60	52,75	58,50
189	1,93	6,46	62,00	58,50
259	2,06	6,69	65,25	50,70
399	1,02	6,71	63,75	39,00
6º Cacho				
0	2,74	6,69	51,00	66,30
48	3,19	5,98	69,53	42,90
119	2,44	6,63	74,79	42,90
189	3,03	6,30	119,53	27,30
259	2,44	6,94	183,84	15,60
399	3,06	6,22	204,58	15,60

^{1/} Condutividade elétrica do extrato da pasta de saturação a 25° C.

Quadro 10A - Relações K/(Ca+Mg) no pecíolo da folha adjacente ao 2°, 4° e 6° cacho (PFA) e no pecíolo da folha completamente expandida (PFE), em relação às doses de potássio aplicadas na fertirrigação

Dose de K kg ha ⁻¹	PFA			PFE		
	2° Cacho	4° Cacho	6° Cacho	2° Cacho	4° Cacho	6° Cacho
0	2,25	1,50	0,60	0,55	0,50	0,45
48	2,55	2,40	0,75	0,50	0,70	0,60
119	2,60	2,50	0,90	0,85	1,00	0,60
189	3,15	3,10	0,90	0,95	1,10	0,60
259	3,35	2,60	0,90	1,35	1,10	0,90
399	3,10	5,60	3,45	1,10	1,60	1,80

QUADRO 11A - Número de frutos de tomate em função dos tratamentos A (modo convencional de aplicação do adubo, irrigação por aspersão manual com mangueira e solo não coberto com plástico); B (adubo parcialmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico); C (igual ao anterior, porém, com o solo coberto); D (adubo totalmente aplicado por fertirrigação, irrigação por gotejo e solo não coberto com plástico) e E (igual ao anterior, porém, com solo coberto)

T ^{1/}	Extra AA	Extra A	Extra	Médio	Pequeno	Miúdo	<33 mm
N° de Frutos por ha							
A	283.472b	83.333b	66.250a	31.528b	22.014a	13.820a	13.820a
B	336.722ab	103.000ab	57.278a	34.667ab	27.945a	12.333a	14.000a
C	359.889a	112.889a	60.167a	39.222ab	27.278a	14.333a	14.333a
D	364.778a	94.500ab	54.945a	46.889ab	27.000a	15.278a	15.778a
E	340.778ab	118.278a	76.722a	51.722a	37.334a	11.667a	12.500a

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1/ Tratamentos.