

TEORES DE *B-CAROTENO* E LICOPENO EM FUNÇÃO DAS DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO EM FRUTOS DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE TOMATEIRO INDUSTRIAL

TENORS OF *B-CAROTENE* AND LYCOPENE IN FUNCTION OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM RATES IN FRUITS OF THE DIFFERENT GENOTYPES OF INDUSTRIAL TOMATOES

Ernani Clarete da SILVA¹, Gabriel Mascarenhas MACIEL²,
Patrícia Penido Maia de ALVARENGA³, Ana Cardoso C. F. Ferreira de PAULA⁴

1. Professor, Doutor em Genética e Melhoramento Vegetal, Universidade Federal de São João del – Rei, Campos Sete Lagoas, Sete Lagoas, MG, Brasil. clarete@ufsj.edu.br; 2. Doutor em Fitotecnia, Responsável Técnico, Tecnoseed, Ijuí, RS, Brasil; 3. Doutora em Ciências de Alimentos, Técnica do Laboratório de Toxicologia e Análises Toxicológicas, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, Brasil; 4. Professora, Doutora em Ciências, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Bambuí, Bambuí, MG, Brasil.

RESUMO: O presente trabalho foi desenvolvido no Setor de Olericultura e Experimentação da Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS durante o ano de 2005. O objetivo foi avaliar teores de carotenóides em frutos de diferentes genótipos de tomate industrial em função das doses de fósforo e potássio aplicados no solo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 3 x 3 compreendendo dois genótipos de tomateiro (1095 e 1570), três doses de K₂O (45, 90 e 180 kg ha⁻¹) e três doses de P₂O₅ (40, 80 e 160 kg ha⁻¹) e 3 repetições. As características avaliadas foram: teores de licopeno, β-caroteno e açúcares totais nos frutos maduros de tomate. Pelos resultados obtidos, conclui-se que o efeito das doses de fósforo e potássio não interferiram significativamente nos teores de carotenóides e açúcares totais contidos nos genótipos de tomateiros industriais (genótipos 1095 e 1570). Pôde-se observar uma maior influência do material genético na capacidade de produção nos teores de β-caroteno com efeitos significativos para este carotenóide.

PALAVRAS-CHAVE: *Lycopersicon esculentum*. β-caroteno. Licopeno. Carotenóide.

INTRODUÇÃO

O pigmento vermelho licopeno (C₄₀H₅₆) é um carotenóide que acumula em frutos, flores e raízes de algumas espécies vegetais, incluindo, hortaliças e fruteiras. A principal fonte de licopeno na dieta humana é o fruto do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) e seus derivados, tais como sucos, sopas, molhos e *catchups*. A estrutura química singular do licopeno lhe confere marcante ação antioxidante, contribuindo na prevenção de doenças degenerativas, cardiovasculares e de certos tipos de câncer. Além do fator nutricional, a concentração do licopeno no tomate está relacionada com uma melhor percepção visual dos produtos, existindo, portanto, uma forte demanda para aumentar os teores deste pigmento em frutos das cultivares tanto para consumo *in natura* quanto para processamento industrial (DAVIES; HOBSON, 1981). O β-caroteno é uma pró-vitamina A, ou seja, um precursor da vitamina A. No organismo humano, atua na formação de pigmentos visuais, no crescimento celular normal, no desenvolvimento, na manutenção da estrutura epitelial e das mucosas que revestem intestinos, vias respiratórias e no desenvolvimento dos dentes e

ossos. O β-caroteno atinge a concentração máxima antes do final do amadurecimento, enquanto que licopeno continua a ser acumulado e as xantofilas diminuem (DAVIES; HOBSON, 1981). No fruto completamente maduro o pigmento predominante é o licopeno, que passa a representar cerca de 90% dos carotenóides visíveis no fruto (THOMPSON, 1961). O teor de açúcares totais é de fundamental importância no processo de industrialização do tomate, proporcionando um maior rendimento e economia nas indústrias quando obtêm matéria prima com altos valores de °Brix (FILGUEIRA, 2003).

A maioria das pesquisas avaliando doses de fertilizantes aplicados em tomate foi feita fora do Brasil, em regiões temperadas, com características edafoclimáticas bem diferentes das condições brasileiras. Além dos fatores ambientais Zdravković et al. (2007), avaliando a influência da nutrição mineral na constituição de frutos de tomateiro na cv. Narvik SPF, identificaram um aumento significativo de 33,69 mg/kg para 56,92 mg/kg no teor de licopeno em plantas submetidas a aplicação de fertilizantes com K₂O. Todavia, aplicações com fertilizantes utilizando como fonte P₂O₅ nas mesmas condições anteriores também proporcionou aumento

no teor de licopeno, porém não foram significativos. Estudos realizados por Trudel et al. (1971) demonstraram que a presença de potássio no fruto influenciava os teores de carotenóides nos frutos de tomateiro. Em condições ambientais mais controladas, em casa de vegetação, Ramírez et al (2009) encontraram efeito significativo nos teores de licopeno e β -caroteno ao submeter plantas do híbrido de tomate "Gabriela" em diferentes concentrações de potássio. Efeitos semelhantes também foram encontrados por Helyes et al. (2009), demonstrando efeitos significativos de altas doses de potássio aplicados no solo sob diferentes laminas de irrigação no teor de licopeno e sólidos solúveis. Fertilizantes contendo potássio podem afetar a biossíntese de carotenóides, e a resposta das plantas de tomate aos diferentes níveis de potássio aplicado variam com o material genético utilizado (TABER, 2008).

É importante, portanto, o aprofundamento nos estudos sobre os efeitos destes macronutrientes nos teores de carotenóides e açúcares, já que existem poucos trabalhos nas condições edafoclimáticas do Brasil. Também, é fundamental que se conheçam fórmulas de fertilizantes para maximizar os teores destes pigmentos nos frutos do tomateiro, nas proporções ideais, quer seja via melhoramento genético, quer seja atuando sobre fatores bióticos e/ou abióticos que porventura tenham influência na concentração destas substâncias. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de carotenóides em frutos de diferentes genótipos de tomate industrial em função das doses de fósforo e potássio aplicados no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Alfenas, nas condições do sul de Minas Gerais (849,2 m de altitude, 21° 25'45" de latitude e longitude de 45°56'50" W) conduzido nas dependências da Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Setor de Olericultura e Experimentação durante o período de agosto a dezembro de 2005. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 2 x 3 x 3, com três repetições totalizando 36 parcelas. Os fatores estudados foram dois genótipos de tomateiro do grupo industrial (1095 e 1570) fornecidos pela Syngenta Seeds – Rogers; três doses de K_2O (45, 90 e 180 kg ha⁻¹) obtidas respectivamente pela adição de 75, 150 e 300 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e três doses de P_2O_5 (40, 80 e 160 kg ha⁻¹) obtidas respectivamente pela adição de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de superfosfato simples.

As parcelas com dimensões de 4,0 m x 1,0 m foram compostas de 16 plantas distribuídas em espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,50 m entre plantas. Como parcelas úteis foram consideradas as oito plantas centrais deixando como bordadura quatro plantas de cada extremidade das parcelas.

O solo, um latossolo vermelho-amarelo apresentava inicialmente a seguinte composição: P=11,1 mg/dm³; K = 88 mg/dm³; Ca = 1,9 cmol_cdm⁻³; Mg = 0,6 cmol_cdm⁻³; Al= 0,2 cmol_cdm⁻³, soma de bases trocáveis = 2,7 cmol_cdm⁻³, capacidade de troca catiônica efetiva = 2,9 cmol_cdm⁻³, capacidade de troca catiônica a pH 7,0 = 6,7 cmol_cdm⁻³, saturação por bases= 40,5%, índice de saturação de alumínio= 7%, matéria orgânica= 1,0 dag kg⁻¹ e fósforo remanescente igual a 17 mg L⁻¹.

A área experimental foi preparada com uma aração, duas gradagens e sulcamentos. A calagem foi feita de acordo com o resultado da análise de fertilidade da área com 60 dias antes da instalação do experimento.

As mudas foram produzidas em bandejas de isopor de 128 células com uso de substrato comercial acrescido de palha de arroz carbonizada. Aos 30 dias do semeio, quando as mesmas atingiram quatro folhas definitivas, foram transplantadas diretamente para os sulcos previamente preparados. A irrigação foi feita por aspersão convencional com os tratamentos culturais e fitossanitários realizados de acordo com o recomendado para a cultura.

O fertilizante a base de P_2O_5 (Superfosfato Simples) foi aplicado em dose única no sulco de plantio de acordo com cada tratamento (40, 80 e 160 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , equivalente a 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples). Junto a adubação de plantio em dose única de fósforo foram aplicados 30% (13,5; 27 e 54 kg ha⁻¹) do total da dose de potássio o que representa em termos de cloreto de potássio (22,5; 45 e 150 kg ha⁻¹) obtidas respectivamente pela dose total de K_2O (75, 150 e 300 kg ha⁻¹). O restante do K_2O (Cloreto de Potássio), foi parcelado em cobertura sob três aplicações sendo a primeira efetuada no transplântio das mudas no campo e espaçadas por 20 dias, completando assim, as doses totais desse nutriente aplicado no solo representando os tratamentos da fonte de K_2O .

Visando atender a exigência da cultura em nitrogênio, foi aplicado ainda 100 kg de sulfato de amônio parcelada em três aplicações sendo a primeira efetuada no transplântio das mudas no campo e as outras duas aplicações restantes espaçadas por 20 dias em relação à primeira aplicação. As doses de nitrogênio não fazem parte

do objetivo deste trabalho e foram feitas apenas para proporcionar o desenvolvimento normal da planta no campo, sem níveis elevados de deficiências para este nutriente.

Dentro de cada parcela foram coletados das quatro plantas centrais seis frutos por planta, observando-se maturação uniforme com vermelho total. Em seguida os frutos foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados e transportados para o laboratório de Análises de Alimentos da UNIFENAS, onde se realizou a quantificação de carotenóides totais, seguindo o método de Nagata e Yamashita (1992).

No preparo das amostras foram extraídos discos cortados da região equatorial dos frutos. A epiderme dos discos foi removida, para evitar a contaminação com o pigmento amarelo naringenina chalcona. Amostras de 1g foram colocadas em tubos de ensaio de aproximadamente 18 x 130 mm e trituradas por um minuto em homogeneizador de tecidos com 10 ml de mistura acetona-hexano (4:6). O extrato sobre-nadante foi usado para leitura da absorbância em espectrofotômetro UV- 190, em quatro comprimentos de onda: 453, 505, 645 e 663 nm. Os cálculos das concentrações de licopeno, β -caroteno e açúcar total foram feitos segundo Nagata e Yamashita (1992). Os resultados foram

multiplicados por 1000 para serem expressos em $\mu\text{g}/100\text{mL}$. Os valores obtidos foram submetidos a análises de variância, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância para o efeito das doses de potássio (45, 90 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O) e doses de fósforo (40, 80 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicado via fertilizante Cloreto de Potássio e Super Simples, respectivamente, indicaram efeito não significativo nos teores de β -caroteno, licopeno e açúcares totais. Também, no presente trabalho, não houve influência significativa das doses de fósforo e de potássio e nem de sua interação sobre os teores de β -caroteno, licopeno e açúcares totais. Fontes *et al.* (2000), trabalhando com tomateiros (*Lycopersicon esculentum*) observaram que teores de vitamina C, sólidos solúveis, licopeno e β -caroteno não foram influenciados pelas doses de K; porém, os incrementos nas doses reduziram o pH e aumentaram o conteúdo de ácidos nos frutos. Foram observados efeitos significativos ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F apenas no teor de β -caroteno entre os genótipos avaliados (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo das análises de variância para a influência das doses de fósforo e potássio nos teores de β -caroteno ($\mu\text{g}/100\text{mL}$), Licopeno ($\mu\text{g}/100\text{mL}$) e Açúcares Totais (mg/g) em frutos de genótipos industriais de tomateiro. Alfenas, MG: UNIFENAS, 2005.

FV	GL	QM		
		β -caroteno ($\mu\text{g}/100\text{mL}$)	Licopeno ($\mu\text{g}/100\text{mL}$)	Açúcares Totais (mg/g)
Fósforo	2	4,002 ^{ns}	2,557 ^{ns}	46742,513 ^{ns}
Genótipos	1	249,940 ^{**}	15,033 ^{ns}	432443,935 ^{ns}
Potássio	2	10,169 ^{ns}	27,585 ^{ns}	4305,274 ^{ns}
Fósforo x Genótipos	2	9,608 ^{ns}	23,279 ^{ns}	13715,915 ^{ns}
Fósforo x Potássio	4	1,316 ^{ns}	0,269 ^{ns}	9399,299 ^{ns}
Potássio x Genótipos	2	28,155 ^{ns}	45,733 ^{ns}	144838,177 ^{ns}
Fósforo x Genótipo x Potássio	3	6,137 ^{ns}	18,017 ^{ns}	76078,323 ^{ns}
Blocos	2	4,002 ^{ns}	2,557 ^{ns}	46742,513 ^{ns}
Erro	34	21,511 ^{ns}	25,553 ^{ns}	132269,790 ^{ns}
Total corrigido	52			
CV (%)		48,64	52,25	31,05
Média Geral		301,50	149,62	37,04

** , significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F (**, significant at 1% probability by the F test)

Devido à significância entre os genótipos nos teores de β -caroteno as médias foram submetidas ao teste de Tukey (P<0,05). O genótipo “1095” apresentou 33,7 % a mais no teor de β -caroteno ($\mu\text{g}/100\text{mL}$) quando comparado ao genótipo “1570” (Tabela 2). Este fato também foi verificado por Gonçalves et al. (2004), onde

avaliaram teores de carotenóides em 16 progênies de tomateiros oriundas do cruzamento entre a cultivar Viradoro x LA-3473 e identificaram diferentes respostas nos teores de carotenóides em cada genótipo. Provavelmente a superioridade no teor deste carotenóide observado nos frutos do genótipo “1095” se deva a sua própria constituição

genética e ainda deve ser alvo de maiores estudos. Recomendam-se na continuidade desta pesquisa novas aplicações com fertilizantes à base de fósforo e potássio utilizando um maior número de doses para uma melhor compreensão destes efeitos. De

fato, o fator genético demonstrou influenciar nos teores de carotenóides nos frutos de tomateiro, sendo alvo das pesquisas realizadas pelas empresas de melhoramento genético de plantas.

Tabela 2. Teste de médias referente aos teores de β -caroteno, licopeno e açúcares totais em frutos de genótipos industriais tomateiro. Alfenas, MG: UNIFENAS, 2005.

Genótipos	β -caroteno ($\mu\text{g}/100\text{mL}$) ¹	Licopeno ($\mu\text{g}/100\text{mL}$)	Açúcares Totais (mg/g)
1095	369,20 a	167,60 a	33,99 a
1570	244,75 b	134,14 a	39,67 a

¹ médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Apesar dos efeitos não se diferenciarem e não serem significativos, algumas observações foram relevantes. Os maiores coeficientes de determinação foram encontrados para o efeito das doses de fósforo (40, 80 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e doses de potássio (45, 90 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O) nos teores de açúcares totais, apresentando 0,81 (81%) e 0,66 (66%) respectivamente (Figura 1E e 1F). O teor de açúcares totais é de fundamental importância no processo de industrialização do tomate, proporcionando um maior rendimento e economia

nas indústrias quando obtêm matéria prima com altos valores de °Brix (FILGUEIRA, 2003). Conforme a equação linear, à medida que aumentou tanto as dosagens de Super Simples (Fósforo) quanto as dosagens de Cloreto de Potássio (Potássio) o teor de açúcares totais tendeu a diminuir. Portanto em cultivos de frutos de tomateiro o balanço nutricional é de fundamental importância para explorar o máximo do potencial genético de cada genótipo cultivado.

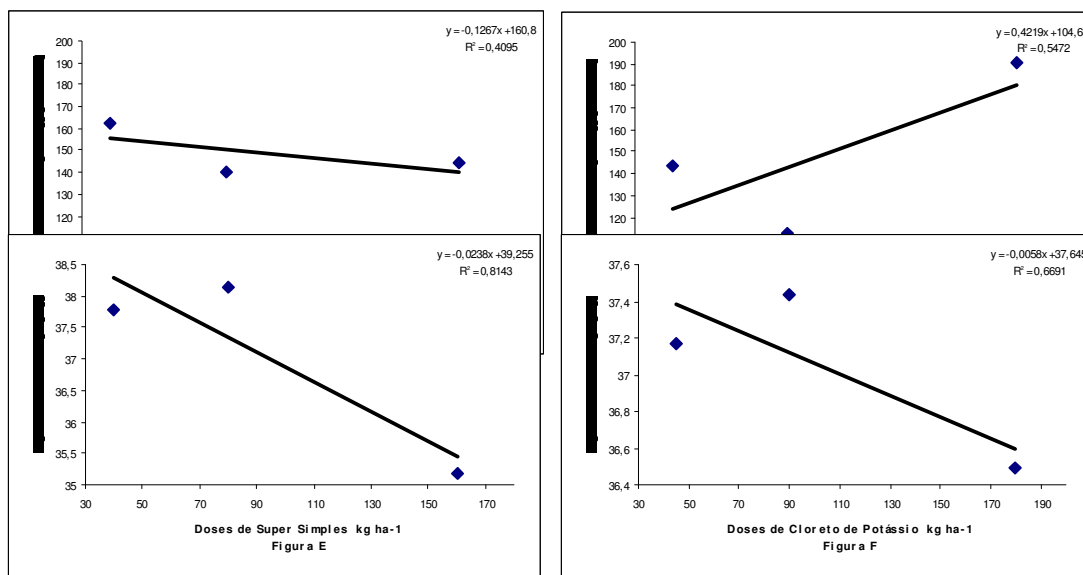


Figura 1. Diagrama de dispersão e ajuste para o efeito das doses de K₂O (cloreto de potássio Kg ha⁻¹) e P₂O₅ (Super Simples Kg ha⁻¹) no teor de licopeno ($\mu\text{g}/100\text{mL}$), β -caroteno ($\mu\text{g}/100\text{mL}$) e Açúcares Totais (mg/g) em frutos de tomateiro do grupo industrial, Alfenas-MG, UNIFENAS, 2005.

Já para o teor de licopeno a equação linear para doses do fertilizante Super Simples demonstrou comportamento decrescente, isto é, a medida que se aumentou a concentração de fósforo nas dosagens o efeito foi inverso para teor de licopeno apresentando coeficiente de determinação igual a 0,4095 (45,95%) (Figura 1C). De forma

contrária, a resposta das dosagens de potássio tendeu de forma crescente, isto é, a medida que aumenta a concentração de potássio ou, a quantidade de Cloreto de potássio aplicada no solo, o teor de licopeno aumentou apresentando coeficiente de determinação igual a 0,5472 (54,72%) (Figura 1D).

Os teores de β -caroteno foram influenciados de forma decrescente a medida que se aumentou as doses de fósforo no solo (Super Simples). O aumento das dosagens de potássio (Cloreto de potássio) influenciaram de forma crescente as concentrações de β -caroteno nos frutos. Tanto para o efeito das dosagens de potássio e fósforo no solo na influencia dos teores de β -caroteno, os coeficientes de determinação apresentaram valores baixos 0,1626 e 0,2083 ou 16,26% e 20,83% respectivamente (Figura 1E e F).

CONCLUSÃO

O efeito das doses de fósforo e potássio não interferiram significativamente nos teores de

carotenóides e açúcares totais contidos nos genótipos de tomateiros industriais (genótipos 1095 e 1570). Pôde-se observar uma maior influência do material genético na capacidade de produção nos teores de β -caroteno com efeitos significativos para este carotenóide. Talvez tais fatores sejam mais influenciados pelas características genéticas de cada genótipo ou ainda a capacidade genética de cada genótipo em “responder” de forma diferente aos efeitos das doses de potássio e fósforo.

AGRADECIMENTOS

Aos integrantes do NEOL (Núcleo de Estudos em Olericultura) e a Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS.

ABSTRACT: This work was carried out at the Horticultural Section and Experimentation of the José do Rosário Vellano University – UNIFENAS, during the year of 2005. The objective was to evaluate carotenoid content in tomato fruit of industrial tomato plants in relation to potassium and phosphorus concentrations. The experimental design was randomized complete blocks distributed on a 2 x 3 x 3 factorial model containing three replicates: two tomato plant genotypes (1095 and 1570), three K₂O concentrations (45, 90 and 180 kg ha⁻¹) and three P₂O₅ concentrations (40, 80 and 160 kg ha⁻¹). The characteristics evaluated were: lycopene and carotene contents and total sugar in the ripe fruits. The phosphorus and potassium concentrations did not influence significantly β -carotene, lycopene and total sugar in genotypes. Significant differences in the tenors of β -carotene between the genotypes had occurred.

KEYWORDS: *Lycopersicon esculentum*. β -carotene. Lycopene. Carotenoid.

REFERÊNCIAS

CPTEC Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em > <http://www.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 20 nov. 2005.

DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition and genotype. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 3, p. 205-208, 1981.

FERREIRA, P. V. F. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: EDUFAL, 2000. 680p.

FILGUEIRA, F. R. **Solanáceas - Agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: UFLA, 2003, 298p.

FONTES, P.C.R.; SAMPAIO, R.A.; FINGER, F.L. Tamanho, composição mineral e qualidade de frutos de tomateiro irrigado por gotejamento em razão de doses de potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 21-25. 2000.

GONÇALVEZ, A. C.; RESENDE, L. V.; MARTINIANO, M. C.; BEZERRA, E.; FERRAZ, E.; SILVA, M. C. L. Avaliação do teor de carotenóides em progênies de tomateiro para mesa e indústria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44. **Resumos...** Campo Grande: SOB (CD-ROM). 2004.

GUIMARÃES, M. A.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; MATTEDI, A. P. Produtividade e sabor dos frutos de tomate do grupo salada em função de podas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 32-38, Jan./Mar. 2008.

HELYES, L.; DIMÉNY, J.; BŐCS, A.; SCHÖBER, G.; PÉK, Z. The effect of water and potassium supplement on yield and lycopene content of processing tomato. **Acta Hort. (ISHS)** v. 823, p. 103-108. 2009.

NAGATA, M; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaish**, v. 39, p. 925-928. 1992.

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

TABER, H. G.; PERKINS-VEAZIE P.; LI, S.; WHITE, W.; RODERMEL S.; XU, Y. Enhancement of Tomato Fruit Lycopene by Potassium is Cultivar Dependent. **HortScience**. v. 43, p. 159-165. 2008.

THOMPSON, A. E. A comparison of fruit quality constituents of normal and high pigment tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v. 78 p. 464-473. 1961.

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

ZDRAVKOVIĆ, J.; MARKOVIĆ, Z.; ZDRAVKOVIĆ, M.; DAMJANOVIĆ, M.; PAVLOVIĆ, N. Relation of mineral nutrition and content of lycopene and b-carotene in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) fruits. **Acta Hort. (ISHS)**, v. 729 p. 177-181. 2007