

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS DO TOMATEIRO 'SANTA CLARA' E DO SEU MUTANTE NATURAL 'FIRME'

Growth and development of 'Santa Clara' tomato fruit and its mutant 'Firme'

Marcia Lima Moura¹, Claudia Martellet Fogaça¹,
Marcelo Amaral de Moura¹, Hilton Lopes Galvão¹, Fernando Luiz Finger¹

RESUMO

Na região produtora de hortaliças de Viçosa, MG, identificaram-se plantas de tomate da cv. Santa Clara (*Lycopersicon esculentum* Mill.), que apresentam senescência foliar precoce e estigmas amarelados, com frutos de coloração “amarelo-creme” quando imaturos e vermelho quando maduros, de maturação lenta, e mais firmes que o fenótipo normal. Objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e desenvolvimento dos frutos normais e mutantes. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições. Os frutos mutantes apresentaram matéria fresca total e diâmetro transversal e longitudinal menores do que o normal durante todo o seu desenvolvimento. A espessura do pericarpo foi significativamente menor nos frutos mutantes do que nos frutos normais, a partir dos 21 dias após a antese. Folhas medianas e basais de plantas mutantes apresentaram menores teores de clorofila do que o observado em plantas normais. O período de amadurecimento do fruto mutante foi de 14 dias, enquanto dos frutos normais foi de 7 dias, quando ligados à planta-mãe, demonstrando a maior longevidade dos frutos mutantes. Além disso, os frutos mutantes apresentaram atraso na elevação da produção de etileno durante o amadurecimento.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, amadurecimento, etileno, clorofila, carotenóides.

ABSTRACT

'Santa Clara' tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants showing earlier leaf senescence and yellowish stigma, fruits with pale yellow when immature and red when reach full ripe stage, associated to a lower rate of ripening and firmer than the wild type, were found in Viçosa, MG. The objective of this study was to evaluate the fruit growth and development of the mutant and wild type tomatoes. Mutant fruits showed smaller total fresh weight than wild type throughout development and thinner pericarp after 21 days after flowering. Basal and intermediate mutant plant leaves showed lower chlorophyll levels. 'Santa Clara' fruit took 7 days to reach full red ripe stage, while mutant fruits took 14 days. Furthermore, mutant fruits showed a delay on ethylene evolution during ripening when compared with wild type fruits.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, ripening, ethylene, chlorophyll.

(Recebido para publicação em 1º de outubro de 2003 e aprovado em 8 de julho de 2004)

INTRODUÇÃO

Em escala mundial, o fruto do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) continua a crescer em importância como um dos principais produtos hortícolas para a indústria e consumo de frutos frescos (JONES, 1999). Sua importância reside ainda no fato de ser uma das principais plantas utilizadas para pesquisas fundamentais de crescimento e desenvolvimento de órgãos vegetais. Na área de fisiologia e manejo pós-colheita de produtos hortícolas, há grande interesse em se reduzir as perdas ocorridas durante todo o processo de comercialização e armazenamento do tomate. A identificação e manipulação de genes envolvidos no processo de amadurecimento dos frutos, com o intuito de entender como é regulada a expressão dessa característica, são importantes passos para a obtenção de cultivares com maior vida pós-colheita.

Vários mutantes que afetam diferentes aspectos do amadurecimento de frutos foram descritos na literatura (GRAY et al., 1994; TUINEN et al., 1996). Entre eles, estão os mutantes, que apresentam frutos com diferentes níveis de pigmentos devido a menor expressão da enzima sintase do fitoeno, e aqueles que se caracterizam pelos efeitos pleiotrópicos no amadurecimento (GRAY et al., 1994; CORO-NA et al., 1996). Nesse último grupo, a mutação ocorrida em um gene causa alteração em vários aspectos do amadurecimento, frequentemente associada ao retardamento da velocidade de amadurecimento. Hobson e Grierson (1993) citam como exemplos de mutantes pleiotrópicos o *Never ripe (Nr)*, o *Ripening inhibitor (rin)*, o *Non-ripening (nor)* e o *Alcobaça (alc)*. Embora ainda não se saiba o local preciso da alteração bioquímica causada por essas mutações, ocorrem alterações na síntese, percepção e tradução de sinal do etileno durante o amadurecimento dos frutos.

A grande vantagem dessas mutações é o atraso nos processos ligados ao amadurecimento, culminando com maior vida pós-colheita dos frutos. No entanto, esses frutos não apresentam características desejáveis para o consumo *in natura* ou para o processamento industrial e, em geral, apresentam rendimento bem inferior às variedades comerciais cultivadas. Por outro lado, há um grande potencial no uso desses mutantes no melhoramento genético, via cruzamentos, visando à obtenção de frutos com maior resistência ao transporte e vida de prateleira. Schuelter et al. (2002) observaram que houve elevação da vida de prateleira do tomate mutante firme e dos frutos F1 provenientes do cruzamento entre o mutante firme e a cv. Santa Clara. Resultados similares foram observados nos híbridos heterozigotos *alcoabaça* (VILAS BOAS et al., 2000). Hobson (1980) obteve frutos com maior vida de prateleira ao cruzar a cv. Alisa Craig com os mutantes *nor* ou *rin*. Portanto, a identificação e caracterização de mutantes de ocorrência natural são de grande valia para futuros trabalhos de melhoramento que visem à obtenção de cultivares comerciais com superior vida de prateleira para tomates do grupo Santa Cruz.

Na região produtora de hortaliças de Viçosa, MG, identificaram-se plantas de tomate da cv. Santa Clara que apresentam senescência foliar precoce e estigmas amarelados, cujos frutos apresentam coloração amarelo-creme quando imaturos e vermelha quando maduros, caracterizados pela maturação lenta e frutos mais firmes que os da cultivar normal (SCHUELTER et al., 1997). Observou-se que a mutação permanece estável, visto que as gerações seguintes 100% dos frutos apresentam-se semelhantes aos progenitores. Schuelter et al. (1998a,b) demonstraram que apenas um gene recessivo controla esse caráter. Análises dessa mutação revelaram sua importância em programas de melhoramento intrapopulacionais visando à obtenção de genótipos com maior potencial de conservação pós-colheita (SCHUELTER et al., 2001).

Com o presente trabalho, objetivou-se avaliar as características de crescimento e desenvolvimento de frutos de tomateiro, cv. Santa Clara e do seu mutante natural 'Firme', encontrado na região produtora de hortaliças de Viçosa, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes da cv. Santa Clara e do seu mutante natural 'Firme' foram obtidas de uma plantação comercial na região de Viçosa, MG. Após multiplicações, essas foram semeadas e as mudas transplantadas, quando apresen-

taram cinco folhas definitivas, para a horta de pesquisa da UFV. O espaçamento entre plantas foi 0,60 × 1,0 m, com uma planta por cova; a adubação e os tratos culturais foram realizados segundo as recomendações para plantios comerciais.

As flores foram marcadas por ocasião da antese, sendo escolhidas aquelas presentes nos três primeiros cachos. Em intervalos de sete dias, a contar da antese, os frutos eram colhidos, imediatamente acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade e transportados para o laboratório. Após seleção, os frutos sadios foram pesados e, decorrido o período de uma hora, para estabilização da temperatura dos frutos em 24 ± 3°C, esses foram acondicionados em frascos herméticos para a determinação da produção de etileno e CO₂. Para tal, foi utilizado um cromatógrafo a gás, modelo Shimadzu GC-14B, equipado com coluna empacotada Porapak-Q de 1,60 m de comprimento. A determinação da concentração de CO₂ foi realizada utilizando-se um detector de condutividade térmica a 140°C e corrente de 80 A, e para a determinação do etileno, foi utilizado um detector de ionização de chama com temperatura de 150°C.

Depois de retirados dos frascos, determinaram-se os diâmetros transversal e longitudinal dos frutos. Em seguida, foram cortados na região equatorial para a avaliação da espessura do pericarpo. Posteriormente, foram secos em estufa de circulação forçada a 65°C, até a obtenção de massa constante, para a obtenção do teor de matéria seca.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo 11 tempos de amostragem para o cv. Santa Clara e 13 para o mutante 'Firme'. Foram coletados dois frutos por repetição para as referidas análises. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste-F a 5% ou 1% de probabilidade, e realizada análise de regressão individualizada para cada variável estudada em função do tempo.

Para a análise das folhas, aos 76 dias após o transplantio, foram coletadas folhas nas partes basal, mediana e do topo de quatro plantas de cada repetição. Nelas, foram realizadas análise de clorofila total, segundo metodologia adaptada de Arnon (1949), e carotenóides totais, segundo metodologia descrita por Lichtenthaler (1987). As médias foram comparadas pelo teste de Newman Keuls, em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos apresentaram aumento gradativo de matéria fresca total, diâmetro transversal e diâmetro longitudinal (Figuras 1 A e B). As curvas de acúmulo seguem comportamento sigmoidal de crescimento, tanto para a cv. Santa Clara quanto para o mutante 'Firme'.

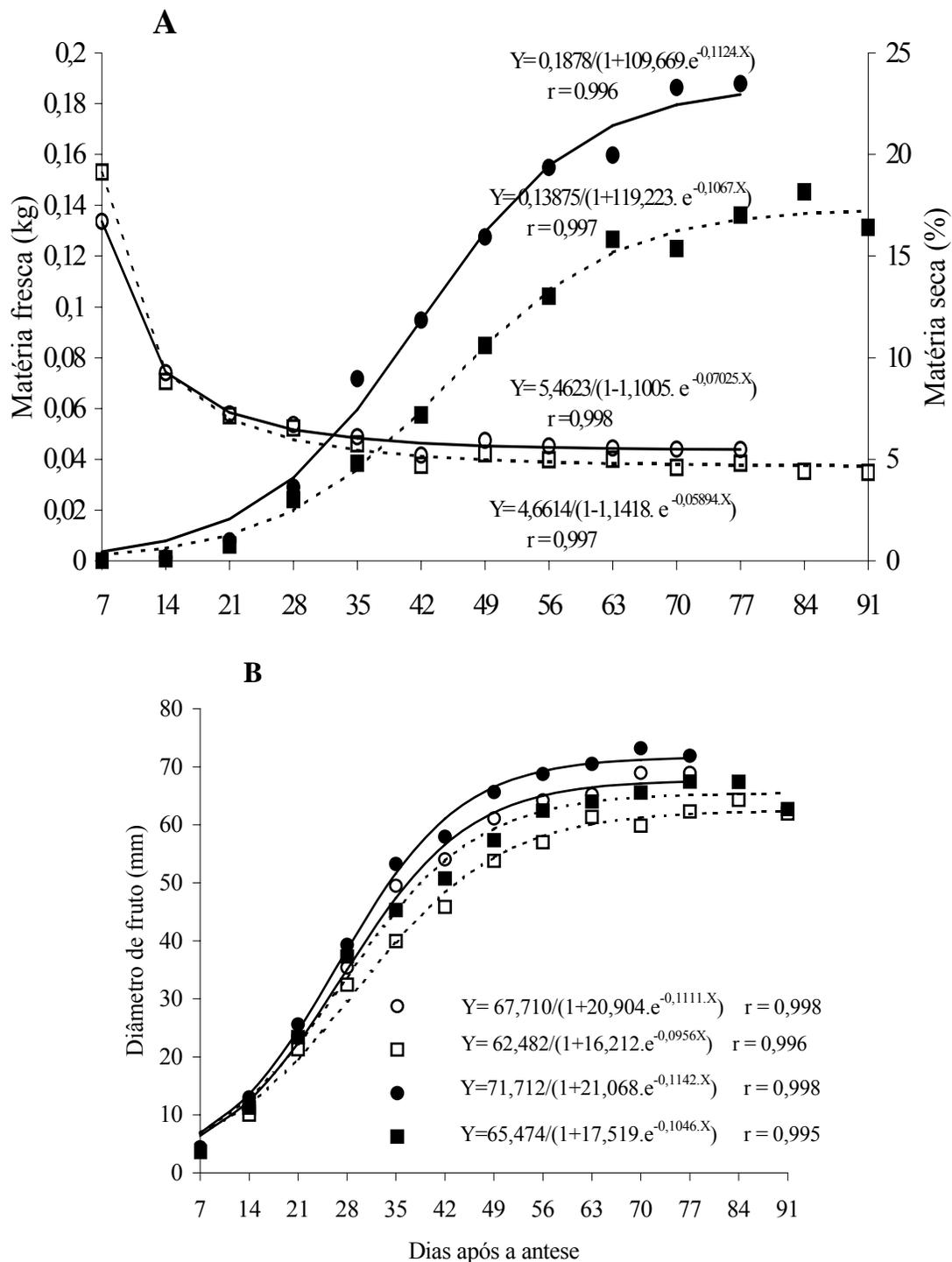


FIGURA 1 – Variação de matéria fresca (●; ■) e matéria seca (○; □) - (A); e variação do diâmetro transversal (○; □) e longitudinal (●; ■) - (B) de frutos de tomateiro cv. Santa Clara normal (—) e seu mutante natural 'Firme' (---), durante 91 dias de desenvolvimento.

A espessura do pericarpo, por sua vez, apresentou o mesmo comportamento de crescimento sigmoidal, inferindo-se que o crescimento do pericarpo dos frutos de tomateiro do cv. Santa Clara e de seu mutante acompanha o crescimento do fruto como um todo (Figura 2).

Não houve diferença significativa entre os frutos normais e mutantes quanto ao teor de matéria seca ao longo do crescimento (Figura 1A). O teor de matéria seca reduziu-se rapidamente até os 35 dias após a antese, coincidindo com a fase exponencial de crescimento do fruto (Figura 1A), período em que o fruto adquire grande quantidade de água e rapidamente aumenta de volume (KINET e PEET, 1997). Após esse período, o teor de matéria seca permaneceu constante até o final do desenvolvimento do fruto.

A matéria fresca total dos frutos da cv. Santa Clara foi significativamente maior do que a do mutante, a partir dos 35 dias após a antese. Os frutos normais atingiram o máximo de crescimento aos 70 dias após a antese, equivalente ao primeiro estágio de maturidade (verde-maduro) e ao estágio totalmente maduro (mais de 90% da superfície vermelha) aos 77 dias após a antese. O mutante, no entanto, atingiu o máximo de cresci-

mento aos 77 dias após a antese e o estágio totalmente maduro aos 91 dias (Figura 1A). Esses dados demonstram que os frutos mutantes atingem o final da fase de crescimento 7 dias após os frutos normais e que, além disso, sua fase de amadurecimento dura, também, 7 dias a mais. Assim, o final do amadurecimento dos frutos mutantes ocorre 14 dias após os frutos normais, o que prolonga sua vida pós-colheita. Kopeliovitch et al. (1980), comparando o crescimento da cv. Rutgers e o mutante *Alcobaça*, observaram que não houve diferença no período de tempo entre o florescimento e o início do amadurecimento.

Nos frutos normais, o diâmetro transversal e longitudinal e a espessura do pericarpo foram maiores do que nos frutos mutantes ao longo do desenvolvimento (Figuras 1B e 2). A diferença para essas características foi significativa a partir dos 21, 35 e 28 dias após a antese, para diâmetro transversal, diâmetro longitudinal e espessura do pericarpo, respectivamente. Logo, os frutos mutantes são menores do que os normais, o que é uma característica indesejável, uma vez que os consumidores brasileiros preferem os frutos maiores para o consumo *in natura*.

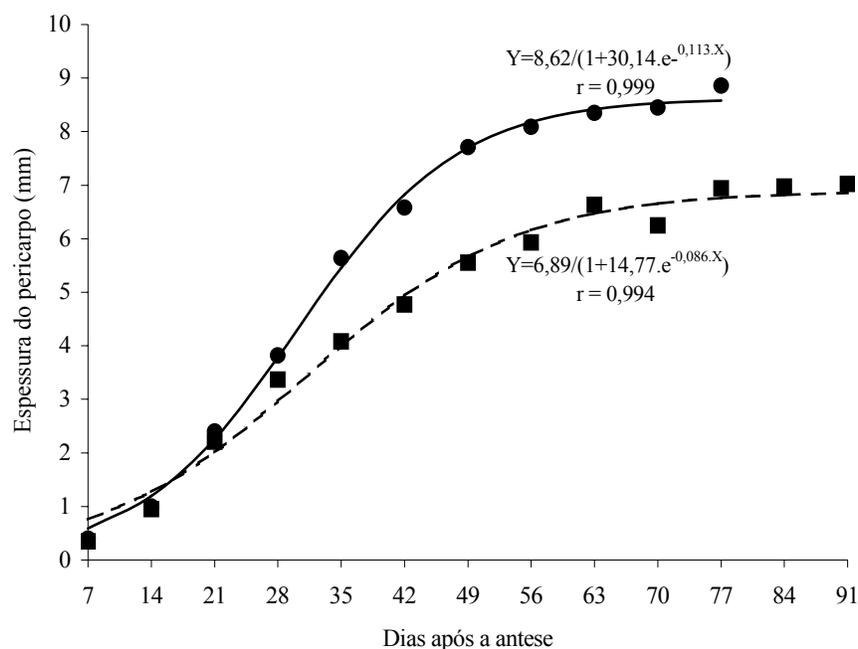


FIGURA 2 – Variação da espessura do pericarpo de frutos do cv. Santa Clara normal (—●—) e de seu mutante natural 'Firme' (---■---), durante 91 dias de desenvolvimento.

A produção de CO₂ e etileno, nos frutos normais e mutantes, decresceu acentuadamente no início do desenvolvimento, estabilizando-se aos 42 e 21 dias, respectivamente (Figura 3). O início da ascensão climatérica da respiração ocorreu em torno dos 56 dias após a antese, tanto para os frutos normais como mutantes, porém, com taxa de elevação mais acentuada nos frutos normais da cv. Santa Clara. O aumento na produção de etileno ocorreu aos 56 e 77 dias após a antese para frutos normais e mutantes, respectivamente, coincidindo esse último com o crescimento máximo do fruto e posterior a elevação da respiração (Figura 3). Em diversos frutos climatéricos, inclusive em tomate da cv. Rutgers, observou-se comportamento semelhante ao mutante 'Firme', em que a elevação da produção de etileno é posterior à da respiração (BIALE e YOUNG, 1981).

O aumento da produção de etileno nos frutos mutantes só se iniciou após o fruto ter alcançado seu tamanho máximo, ao passo que, para os frutos normais, o início da produção climatérica ou autocatalítica de etileno ocorreu 14 dias antes de o fruto atingir o tamanho máximo. Possivelmente essa é uma das causas de os frutos mutantes apresentarem maior longevidade quando ligados à planta-mãe, visto que a produção autocatalítica de etileno está diretamente relacionada à taxa dos processos fisiológicos do amadurecimento e deterioração. Os mutantes *Never ripe* e *Non-ripening* também têm como característica o retardamento do amadurecimento dos frutos, atraso no au-

mento da produção e menor capacidade de síntese do etileno (HOBSON e GRIERSON, 1993). No mutante 'Firme', o pico de produção de etileno dos frutos no estágio pós-climatérico (frutos vermelhos) foi cerca de 50% inferior ao observado para a cultivar normal (Figura 3).

As plantas mutantes apresentaram folhas mais amareladas do que as plantas normais e, por essa razão, foram analisados os conteúdos de clorofila e de carotenóides nas folhas (Tabela 1).

Não houve diferença significativa para os teores de clorofila total nas folhas superiores entre a cultivar normal e a mutante. Entretanto, observou-se diferença significativa nas concentrações de clorofila das folhas medianas e basais, inferindo-se que a taxa de degradação foi mais acentuada nas folhas do mutante. Como o crescimento dos frutos está diretamente relacionado com o processo fotossintético das folhas, o menor tamanho final dos frutos mutantes pode ser devido, em parte, ao menor teor de clorofila das folhas. Os pigmentos carotenóides têm como função evitar a fotoxidação dos pigmentos fotossintéticos e danos ao fotossistema 2, devido ao excesso na absorção da energia luminosa (BOWYER e LEEGOOD, 1997). O conteúdo de carotenóides nas folhas basais foi significativamente inferior nas plantas mutantes (TABELA 1), indicando taxas de degradação mais acentuadas desses pigmentos nas folhas de plantas mutantes. O menor conteúdo de carotenóides nessas folhas pode estar associado à maior taxa de degradação da clorofila.

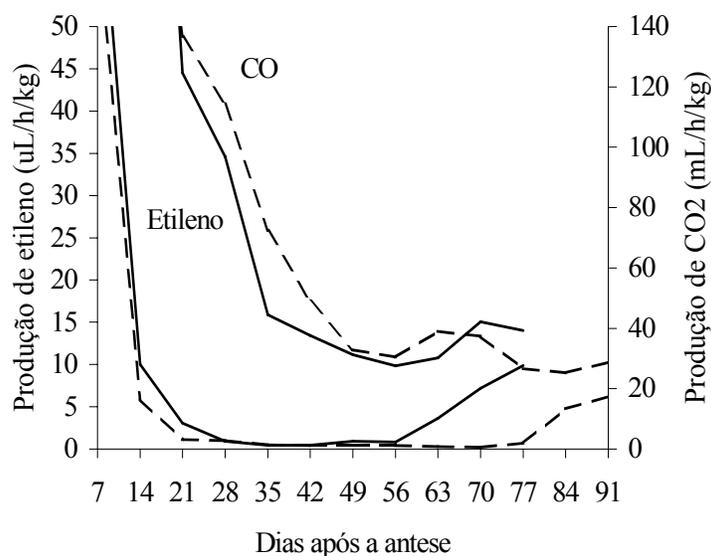


FIGURA 3 – Variação da produção de CO₂ e etileno de frutos de tomateiro cv. Santa Clara normal (—) e de seu mutante natural 'Firme' (---), durante 91 dias de desenvolvimento.

TABELA 1 – Teores de clorofila total e de carotenóides ($\mu\text{g/gMF}$) de folhas de tomateiro, cv. Santa Clara normal e do seu mutante Firme, retiradas da base, do meio e do topo das plantas, após 76 dias de desenvolvimento.

Genótipos	Teor de Clorofila			Teor de Carotenóides		
	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo
Santa Clara normal	700 A	950 A	990 A	340 A	425 A	460 A
Mutante Firme	400 B	750 B	950 A	250 B	400 A	450 A

Médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

CONCLUSÕES

a) O crescimento do pericarpo, tanto da cv. Santa Clara quanto do mutante Firme, tem o mesmo padrão do fruto como um todo, isto é, apresenta comportamento de dreno semelhante às outras partes do fruto.

b) O mutante 'Firme' oriundo da cv. Santa Clara produz frutos de menor tamanho e com pericarpo menos espesso, o que pode ser atribuído provavelmente à menor síntese de fotoassimilados pelas folhas.

c) Os frutos mutantes apresentam maturação de 7 dias a mais e período de amadurecimento na planta de 7 dias a mais, em relação aos frutos normais.

d) O aumento da produção de etileno dos frutos mutantes, durante o amadurecimento, é mais tardio e menor do que o dos frutos normais.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à FAPEMIG, pelo financiamento do projeto, e ao CNPq pela concessão de bolsas a Márcia L. Moura, Marcelo A. de Moura e Fernando L. Finger.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.

BIALE, J. B.; YOUNG, R. E. Respiration and ripening in fruits: retrospective and prospect. In: FRIEND, J.; RHODES, M. J. C. (Eds.). **Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables**. London: Academic, 1981. p. 1-39.

BOWYER, J. R.; LEEGOOD, R. C. Photosynthesis. In: DEY, P. M.; HARBORNE, J. B. (Eds.). **Plant biochemistry**. San Diego: Academic, 1997. p. 49-104.

CORONA, V. et al. Regulation of carotenoid biosynthesis gene promoter during plant development. **The Plant Journal**, Oxford, v. 9, n. 4, p. 215-219, 1996.

GRAY, J. E. et al. The use of transgenic and naturally occurring mutants to understand and manipulate tomato fruit ripening. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 17, p. 557-571, 1994.

HOBSON, G. E. Effect of introduction of Non-ripening mutant genes on the composition and enzyme content of tomato fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 31, p. 578-584, 1980.

HOBSON, G.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Eds.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 405-442.

JONES, J. B. **Tomato plant culture**: in the field, greenhouse, and home garden. Boca Raton: CRC, 1999. 199 p.

KINET, J. M.; PEET, M. M. Tomato. In: WIEN, H. C. (Ed.). **The physiology of vegetable crops**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 207-258.

KOPELIOVITCH, E. et al. Physiology of the tomato mutant alcobaca. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 48, p. 307-311, 1980.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in enzymology**, San Diego, v. 148, p. 362-385, 1987.

SCHUELTER, A. R. et al. Analysis of mendelian segregation in a natural occurred tomato mutant. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 3, p. 217, 1998a. Suplemento.

SCHUELTER, A. R. et al. Herança de um mutante de tomate que condiciona modificações em características morfológicas e fisiológicas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 96, 1998b.

SCHUELTER, A. R. et al. Biometrical analysis of a mutant that increases shelf-life of tomato fruits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 1, p. 44-53, 2001.

SCHUELTER, A. R. et al. Inheritance and genetic linkage analysis of a firm-ripening tomato mutant. **Plant Breeding**, Berlin, v. 121, p. 338-342, 2002.

SCHUELTER, A. R.; FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. Alterações na firmeza de frutos de um mutante de tomate oriundo da variedade Santa Clara, na região de Viçosa (MG). In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 43., 1997, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Genética, 1997. p. 153.

TUINEN, A. van et al. Analysis of phytochrome-deficient yellow-green-2 and aurea mutants of tomato. **The Plant Journal**, Oxford, v. 9, n. 2, p. 173-182, 1996.

VILAS BOAS, E. V. B. et al. Modificações texturais de tomates heterozigotos no loco alcobaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 650-657, 2000.