

Híbridos de tomateiro longa-vida com frutos de maior intensidade de coloração

José Antônio Cá⁽¹⁾, Wilson Roberto Maluf⁽²⁾, Luiz Antonio Augusto Gomes⁽²⁾, Ildon Rodrigues do Nascimento⁽²⁾, Marcos Ventura Faria⁽³⁾, Vicente Licursi⁽⁴⁾ e Paulo Moretto⁽⁴⁾

⁽¹⁾In memoriam. ⁽²⁾Universidade Federal de Lavras, Dep. de Agricultura, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: wrmaluf@ufla.br, laagomes@ufla.br, nascimento_ildon@yahoo.com.br ⁽³⁾Universidade Estadual do Centro-Oeste, Dep. de Agronomia, Rua Simeão Camargo Varella Sá, nº 03, Caixa Postal 3.010, CEP 85040-080 Guarapuava, PR. E-mail: mfarria@unicentro.br ⁽⁴⁾HortiAgro Sementes Ltda., Fazenda Palmital, Estrada Ijaci-Macaia, CEP 37205-000 Ijaci, MG.

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do emprego simultâneo de genes mutantes de amadurecimento e de coloração, nos locos *nor^A*, *rin*, *og^c* e *hp*, em híbridos de tomateiro, com diferentes *backgrounds* e combinações genotípicas. O experimento foi conduzido em estufas, em delineamento de blocos ao acaso, com 20 genótipos e três repetições. Houve tendência dos mutantes de amadurecimento (*nor⁺/nor^A* e *rin⁺/rin*) para reduzir a produção precoce de frutos, mas não a produção total. Genótipos portadores de um ou mais alelos *nor^A*, *rin*, *hp* e/ou *og^c* apresentaram maior conservação de frutos na pós-colheita que genótipos normais. Genótipos *rin⁺/rin* apresentaram as piores colorações internas de frutos. Houve um efeito positivo de *og^{c+}/og^c*, *og^c/og^c* e/ou *hp⁺/hp* na coloração interna de genótipos normais, *rin⁺/rin* e *nor⁺/nor^A*, mas o efeito em genótipos *rin⁺/rin* não foi de magnitude suficiente para tornar a coloração interna final semelhante à de genótipos normais. As constituições genotípicas *og^{c+}/og^c* e *og^c/og^c* apresentaram efeitos semelhantes na melhoria da coloração interna dos frutos e da coloração da mucilagem placentária. As constituições genotípicas *nor⁺/nor^A* *og^{c+}/og^c* ou *nor⁺/nor^A* *og^{c+}/og^c* *hp⁺/hp* foram consideradas as mais promissoras, tanto para melhorar a conservação pós-colheita, quanto para manter ou melhorar a coloração interna dos frutos do tomateiro.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, *alcobaça*, *rin*, *old gold crimson*, *high pigment*, pós-colheita.

Long shelf life tomato hybrids with improved fruit color intensity

Abstract – The objective of this work was to evaluate the feasibility of simultaneous use of the ripening mutant (*nor^A* or *rin*) and color enhancing mutant genes (*og^c* and/or *hp*) in tomato hybrids with different genotypic backgrounds and genotype combinations. The trial was set up in a plastic house, with in RCB design with 20 genotypes and 3 replications. Ripening mutant genotypes *nor⁺/nor^A* and *rin⁺/rin* reduced early yields, but not total yields. Genotypes bearing one or more mutants *nor^A*, *rin*, *og^c* or *hp* showed improved shelf life in comparison to that of normal genotypes. The constitution *rin⁺/rin* showed the poorest internal color among the genotypes tested. There was a positive effect of *og^{c+}/og^c*, *og^c/og^c* and/or *hp⁺/hp* on the internal fruit color of normal *nor⁺/nor^A* and *rin⁺/rin* genotypes, but the effect in *rin⁺/rin* genotypes was not enough as to insure a final color similar to that of normal genotypes. Genotypic constitutions *og^{c+}/og^c* and *og^c/og^c*, in the *og^c* locus, showed similar positive effects on both internal color and color of placental jelly. The genotypic constitutions *nor⁺/nor^A* *og^{c+}/og^c* or *nor⁺/nor^A* *og^{c+}/og^c* *hp⁺/hp* were deemed the most promising genotypic combinations to attain improvements in both fruit shelf life and internal color.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, *alcobaça*, *rin*, *old gold crimson*, *high pigment*, shelf life.

Introdução

A demanda por tomates de qualidade tem aumentado significativamente em todo o mundo, nos últimos anos, em razão das propriedades terapêuticas comprovadas do licopeno, pigmento que confere a coloração avermelhada ao fruto.

Frutos de tomateiro de cultivares tradicionais possuem vida curta pós-colheita. Os tomates longa-vida, no entanto, permanecem com o pericarpo firme por maior período de tempo e, em geral, são portadores de algum alelo que aumenta significativamente sua conservação pós-colheita, o que favorece o transporte em longas distâncias e torna viável seu envio a regiões mais distantes (Pierro, 2002).

Entre as estratégias para prolongar a vida pós-colheita dos frutos, tem-se estudado o emprego de diferentes alelos mutantes, para retardar o amadurecimento e prolongar a conservação. Alelos mutantes que interferem no amadurecimento do tomate têm despertado, há algum tempo, o interesse de vários pesquisadores e melhoristas, e têm sido úteis para o melhor entendimento dos processos que regulam o amadurecimento e para o desenvolvimento de novas cultivares com frutos de vida de prateleira mais longa (Buescher et al., 1976; Kopeliovitch et al., 1979; Araújo et al., 2002; Santos Júnior, 2002; Benites, 2003; Dias et al., 2003).

Tigchelaar et al. (1978), ao estudar o mutante de amadurecimento *rin* em homozigose, demonstraram que seus frutos apresentavam um modelo de amadurecimento do tipo não climatérico, ou seja, não amadureceram quando colhidos na fase inicial de maturação. Entretanto, frutos de outro mutante, o *alcobaça*, apresentaram amadurecimento do tipo climatérico (Lobo, 1981). O alelo *alcobaça*, em heterozigose, promoveu a redução da taxa de amadurecimento do fruto entre os estádios verde-maduro e vermelho. Esse mutante promoveu aumento de cinco dias na vida pós-colheita dos frutos heterozigotos (*alc⁺/alc*), e de 26 dias nos frutos homozigotos (*alc/alc*), quando comparados aos frutos normais (+/+) (Mutschler et al., 1992).

O alelismo entre um outro mutante de amadurecimento *nonripening* (*nor*) e o *alcobaça* (atualmente designado *nor^A*) foi recentemente comprovado (Benites, 2003), de modo que a utilização do heterozigoto *nor/nor^A* equivaleria, para fins práticos, à dos homozigotos *nor^A/nor^A* ou *nor/nor*, considerada inviável por sua ação deletéria na coloração final dos frutos.

A cultivar longa-vida Carmem, portadora do genótipo *rin⁺/rin*, representa cerca de 70% do mercado brasileiro atual, devido à maior flexibilidade que oferece ao produtor, no momento da colheita, e menor perda na operação de preparo, transporte e comercialização (Della Vecchia & Koch, 2000; Camargo Filho, 2001).

A qualidade do tomate é importante sob o ponto de vista comercial, e características como tamanho, formato, firmeza, coloração e aparência são determinantes para atender à exigência do consumidor. Contudo, existem parâmetros de qualidade que muitas vezes não são preocupação direta do consumidor. Entre eles, as propriedades nutracêuticas, destacando-se a presença do licopeno, substância que confere a cor avermelhada aos frutos. Trata-se de um antioxidante que, ao ser absorvido pelo organismo, ajuda a impedir e reparar danos

causados às células pelos radicais livres. Entre os mais de 700 tipos de carotenóides encontrados em frutas e hortaliças, os três mais importantes para o organismo humano são o alfa-caroteno, o beta-caroteno e o licopeno. Além dos três serem poderosos destruidores de radicais livres, o licopeno é também uma das substâncias fitoquímicas que apresenta propriedades anticancerígenas, comprovada na prevenção do câncer de próstata (Gerber, 2000).

Frutos de tomateiro com teor de licopeno mais elevado são, portanto, desejáveis. No entanto, o teor de licopeno pode ser prejudicado pelo emprego de determinados mutantes de amadurecimento, como *rin*, *nor* ou *nor^A*, mesmo em heterozigose. Nesse caso, o emprego dos mutantes *crimson* (*og^c*) e *high pigment* (*hp*) para melhorar a coloração do fruto, em consequência da elevação do teor de nível de licopeno (Thompson et al., 1965), seria altamente viável.

Este trabalho teve por objetivo quantificar e comparar os efeitos de *nor⁺/nor^A* e *rin⁺/rin*, na vida pós-colheita e na coloração dos frutos de tomateiro, e os possíveis efeitos de *og^c* (em homozigose ou heterozigose) e *hp* (em heterozigose) nestes caracteres, em genótipos portadores ou não desses alelos mutantes de amadurecimento.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Estação de Pesquisa de Hortaliças, da HortiAgro Sementes Ltda, Município de Ijaci, MG (altitude de 920 m, 21°14'S e 45°W) e nas dependências do Setor de Olericultura, Dep. de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, MG.

Foram obtidas 15 combinações híbridas (Tabela 1), a partir de cruzamentos entre 14 diferentes linhagens ou cultivares: TOM-559 (*nor^A/nor^A*); TOM-558 (*og^c/og^c hp/hp*); TOM-589 (*nor^A/nor^A og^c/og^c hp/hp*); TOM-593 (*nor^A/nor^A hp/hp*); TOM-595 (*og^c/og^c hp/hp*); TOM-596 (*nor^A/nor^A og^c/og^c*); TOM-614 (*rin/rin*); TOM-591 (*nor^A/nor^A og^c/og^c*); NC-8276; Flórida-7771; Stevens; FloraDade, BPX-371D-01-04-01 (*rin/rin*) e Flórida-7775 (*og^c/og^c*).

As linhagens TOM-559, TOM-558, TOM-589, TOM-593, TOM-595, TOM-596, TOM-614 e TOM-591 são versões quase isogênicas da cultivar parental recorrente FloraDade (proveniente da Universidade da Flórida, USA), e dela diferem quanto à constituição genotípica dos locos *nor^A*, *rin*, *og^c* e/ou *hp*, sendo homozigotas para os alelos mutantes em um ou

mais destes quatro locos, conforme indicado nos parênteses. As linhagens FloraDade, NC-8276, Flórida-7771 e o híbrido Giselle (genótipos normais não portadores de *rin*, *nor^A*, *og^c* ou *hp*), juntamente com a linhagem Flórida-7775 (*og^c/og^c*) foram usadas como testemunhas (Tabela 1). Todas as linhagens e híbridos estudados possuíam hábito de crescimento determinado. As linhagens e híbridos experimentais testados, no total de 20 tratamentos, juntamente com suas constituições genótípicas (genótipos) nos locos *rin*, *nor^A*, *og^c* e *hp* estão descritos na Tabela 1.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com 20 tratamentos e três repetições. Cada parcela foi constituída por uma fileira com 20 plantas, espaçadas de 0,40 m entre si. O plantio foi feito em estufas de plástico, em canteiros, com as plantas distribuídas em fileiras duplas, no espaçamento de 0,60 m entre fileiras, 0,40 m entre plantas dentro das fileiras e 0,90 m entre canteiros.

As linhagens e os híbridos foram semeados em casa de vegetação, em 22/6/2004, diretamente em bandejas de isopor de 128 células, com mistura de substrato comercial Plantimax e casca de arroz carbonizada, na proporção 1:1, em volume.

A repicagem das mudas ocorreu 15 dias após a semeadura. As mudas foram transplantadas para estufa de plástico, 35 dias após a semeadura. O cultivo foi feito em sistema tutorado, de área irrigada por gotejamento. As plantas foram desbrotadas para manter haste única,

e foram tutoradas, de modo individual, semanalmente. As adubações de plantio, cobertura, tratos culturais e fitossanitários, seguiram recomendações específicas para a cultura do tomateiro (Filgueira, 2000). Foram feitas sete colheitas, uma por semana no período de 49 dias.

Foi realizada a análise de variância dos caracteres estudados, de acordo com o delineamento em blocos ao acaso, e o modelo estatístico adotado foi: $Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$, em que Y_{ij} é o valor observado no tratamento i , na repetição j ; m é a média geral; t_i é o efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, \dots, 20$; b_j é o efeito da repetição j , sendo $j = 1, 2, 3$; e_{ij} é o erro experimental, $e_{ij} \cap NID(0, \sigma^2)$.

Os tratamentos foram submetidos ao teste de médias de Duncan ($\alpha = 0,05$), e foram obtidas estimativas de contrastes (não ortogonais) entre tratamentos ou grupos de tratamentos de interesse. O recursos computacionais utilizados foram os do SAS Institute (1990).

Avaliaram-se os caracteres: produção total de frutos (PT), em $t\ ha^{-1}$, obtida pelo somatório da massa de todos os frutos, de cada parcela, referentes às sete colheitas; produção precoce de frutos (PP), em $t\ ha^{-1}$, obtida pela soma da massa dos frutos de cada parcela, das três primeiras colheitas; massa média dos frutos (MMF), em grama por fruto, calculada pela divisão da PT pelo número total de frutos produzidos em cada parcela.

Tabela 1. Médias de produção total (PT), produção precoce (PP), e massa média por fruto (MMF), entre 20 genótipos de tomateiro (Lavras, UFPA, 2004)⁽¹⁾.

Tratamentos	Genótipos	PT ($t\ ha^{-1}$)	PP ($t\ ha^{-1}$)	MMF ($g\ fruto^{-1}$)
T1 – Floradade	Normal	105,16a	46,06ab	138,50cd
T2 – NC-8276	Normal	87,33abcd	32,80cdef	186,26A
T3 – Flórida-7771	Normal	91,83abcd	47,43ab	125,13de
T4 – Giselle	Normal	94,77abc	32,77cdef	167,97B
T5 – Flórida-7775	<i>og^c/og^c</i>	71,20d	21,33f	99,87ghi
T6 – F1(Floradade x NC-8276)	Normal	94,16abcd	43,63abc	157,90B
T7 – F1(TOM-559 x Flórida-7771)	<i>nor⁺/nor^A</i>	87,16abcd	37,73bcd	113,97efg
T8 – F1(TOM-614 x Flórida-7771)	<i>rin⁺/rin</i>	84,60abcd	31,43cdef	111,63efg
T9 – F1(BPX-371D-01-04-01 x Flórida-7771)	<i>rin⁺/rin</i>	95,30abc	53,63a	154,33bc
T10 – F1(Stevens x Flórida-7775)	<i>og^{c+}/og^c</i>	74,33cd	30,97cdef	106,83efgh
T11 – F1(Floradade x Flórida-7775)	<i>og^{c+}/og^c</i>	92,60abcd	34,93bcde	112,43efg
T12 – F1(TOM-595 x Flórida-7775)	<i>og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i>	87,93abcd	42,20abc	90,70hi
T13 – F1(TOM-559 x Flórida-7775)	<i>nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c</i>	76,67bcd	34,93bcde	103,06ghi
T14 – F1(TOM-593 x Flórida-7775)	<i>nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c & hp⁺/hp</i>	89,06abcd	21,13f	113,10efg
T15 – F1(TOM-596 x Flórida-7775)	<i>og^c/og^c</i>	89,00abcd	46,10ab	91,40hi
T16 – F1(TOM-588 x Flórida-7775)	<i>og^c/og^c hp⁺/hp</i>	73,70cd	33,00cdef	84,90I
T17 – F1(TOM-591 x Flórida-7775)	<i>nor⁺/nor^A og^c/og^c</i>	89,97abcd	28,03def	103,03ghi
T18 – F1(TOM-589 x Flórida-7775)	<i>nor⁺/nor^A og^c/og^c hp⁺/hp</i>	97,93ab	27,70ef	104,26fgh
T19 – F1(TOM-614 x Flórida-7775)	<i>rin⁺/rin og^{c+}/og^c</i>	82,16abcd	25,43def	103,43fgh
T20 – F1(BPX-371D-01-04-01 x Flórida-7775)	<i>rin⁺/rin og^{c+}/og^c</i>	83,60abcd	27,13def	122,13def

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Para a avaliação da conservação pós-colheita, avaliou-se o número de dias (ND) para a firmeza dos frutos atingir $2 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ em câmara fria, durante 28 dias, em temperatura e umidade relativa do ar constantes (15°C e 60%). Para essas análises, foram amostrados oito frutos de cada parcela. As medidas de firmeza, ao longo dos 28 dias, foram tomadas segundo a técnica de aplanção de Calbo & Nery (1995). Depois do 28º dia, os frutos foram cortados em secção transversal, para as medidas de notas de coloração interna (NI) e da mucilagem placentária (NP), que variaram de 1 a 5. A escala de notas empregada foi: 1 – pálida (para NI) e alaranjada (para NP); 2 – vermelho-alaranjada (NI e NP); 3 – vermelho-clara (NI e NP); 4 – vermelho-escura (NI e NP) e 5 – vermelho-intensa (NI e NP).

Resultados e Discussão

A análise de variância foi significativa a 5% de probabilidade, para todas as características dos frutos de tomateiro avaliadas. Em geral, o emprego dos mutantes de amadurecimento nor^+/nor^A e rin^+/rin não afetou a produção total de frutos (Tabela 2, Contrastes C1 e C2), o que concorda com Dias et al. (2003), Faria et al. (2003) e

Santos Júnior et al. (2005), mas discorda de Araújo (1997) e de Faria (2004). Discrepâncias como essas, na literatura, podem ser explicadas pelos diferentes *backgrounds* genotípicos utilizados, que podem ter diferentes respostas à ação desses genes (Araújo et al., 2002).

Neste trabalho, apenas a combinação de genes mutantes de coloração og^c/og^c hp^+/hp apresentou tendência à redução de produtividade total (Contraste C16, Tabela 2), embora a tendência de og^{c+}/og^c somente em reduzir a produtividade tenha sido relatada por Andrade Júnior (2003).

Os genótipos nor^+/nor^A ou rin^+/rin mostraram tendência para reduzir a massa média por frutos (Contrastes C1 e C2, Tabela 2), fenômeno também observado por Santos Júnior (2002) e, no caso de nor^+/nor^A , também por Andrade Júnior (2003). As constituições genotípicas og^{c+}/og^c , og^c/og^c e hp^+/hp também afetaram negativamente a massa média dos frutos (Contrastes C3, C7 e C4, Tabela 2); essa redução, causada por nor^+/nor^A , rin^+/rin , og^{c+}/og^c , og^c/og^c e hp^+/hp , é pequena e, para efeitos práticos, é pouco importante, uma vez que o emprego de nor^+/nor^A ou rin^+/rin implica, necessariamente, o uso de híbridos F_1 , nos quais certamente se fará uma seleção prévia de genitores, de modo a que o produto comercial (híbrido F_1) tenha massa média satisfatória.

Tabela 2. Estimativas de contrastes não ortogonais, de *backgrounds* não isogênicos e isogênicos, relativas à produção total (PT), produção precoce (PP) e massa média por fruto (MMF), entre 20 genótipos de tomateiro (Lavras, UFPA, 2004).

Contraste	Efeito avaliado	Estimativas		
		PT (t ha ⁻¹)	PP (t ha ⁻¹)	MMF (g fruto ⁻¹)
<i>Backgrounds</i> não isogênicos				
C1 = T7 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	nor^+/nor^A vs Normal	-7,48 ^{ns}	-2,81 ^{ns}	-41,18**
C2 = (T8+T9)/2 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	rin^+/rin vs Normal	-4,70 ^{ns}	1,99 ^{ns}	-22,17**
C3 = (T10+T11)/2 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	og^{c+}/og^c vs Normal	-11,18*	-7,59*	-45,52**
C4 = T12 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	hp^+/hp og^{c+}/og^c vs Normal	-6,72 ^{ns}	1,66 ^{ns}	-64,45**
C5 = T13 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	nor^+/nor^A og^{c+}/og^c vs Normal	-17,99*	-15,74**	-52,08**
C6 = T14 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	nor^+/nor^A og^{c+}/og^c hp^+/hp vs Normal	-5,59 ^{ns}	-19,40**	-42,05**
C7 = (T5+T15)/2 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	og^c/og^c vs Normal	-14,55**	-6,82*	-59,52**
C8 = T16 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	og^c/og^c hp^+/hp vs Normal	-20,95**	-7,54 ^{ns}	-70,25**
C9 = T17 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	nor^+/nor^A og^c/og^c vs Normal	-7,69 ^{ns}	-12,51**	-52,12**
C10 = T18 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	nor^+/nor^A og^{c+}/og^c hp^+/hp vs Normal	3,28 ^{ns}	-16,84**	-50,89**
C11 = (T19+T20)/2 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	rin^+/rin og^{c+}/og^c vs Normal	-11,77*	-14,25**	-42,37**
C12 = (T19+T20)/2 vs (T8+T9)/2	rin^+/rin og^{c+}/og^c vs rin^+/rin	-7,06 ^{ns}	-16,25**	-20,20**
<i>Backgrounds</i> isogênicos				
C13 = T16 vs T11	og^c/og^c hp^+/hp vs og^{c+}/og^c	-18,90*	-1,93 ^{ns}	-27,53**
C14 = T17 vs T11	nor^+/nor^A og^c/og^c vs og^{c+}/og^c	-5,63 ^{ns}	-6,90 ^{ns}	-9,40 ^{ns}
C15 = T18 vs T11	nor^+/nor^A og^c/og^c hp^+/hp vs og^{c+}/og^c	5,33 ^{ns}	-11,23*	-8,16 ^{ns}
C16 = T16 vs T15	og^c/og^c hp^+/hp vs og^c/og^c	-15,30 ^{ns}	-13,10*	-6,50 ^{ns}
C17 = T17 vs T15	nor^+/nor^A og^c/og^c vs og^c/og^c	-2,03 ^{ns}	-18,06**	11,63 ^{ns}
C18 = T18 vs T15	nor^+/nor^A og^c/og^c hp^+/hp vs og^c/og^c	8,93 ^{ns}	-22,40**	12,87 ^{ns}
C19 = T18 vs T14	og^c/og^c vs og^{c+}/og^c nor^+/nor^A hp^+/hp	8,87 ^{ns}	2,57 ^{ns}	-8,83 ^{ns}
C20 = (T15+T16+T17+T18)/4 vs (T11+T12+T13+T14)/4	og^c/og^c vs og^{c+}/og^c nor^+/nor^A hp^+/hp	0,33 ^{ns}	1,95 ^{ns}	-8,92*
C21 = T15 vs T11	og^c/og^c vs og^{c+}/og^c (hp e nor^A)	-3,60 ^{ns}	11,16*	-21,03**
C22 = T16 vs T12	og^c/og^c vs og^{c+}/og^c hp^+/hp	-14,23 ^{ns}	-9,20 ^{ns}	-5,80 ^{ns}
C23 = T17 vs T13	og^c/og^c vs og^{c+}/og^c nor^+/nor^A	10,30 ^{ns}	3,23 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
C24 = T11 vs T19	og^{c+}/og^c vs rin^+/rin og^{c+}/og^c	10,43 ^{ns}	9,50 ^{ns}	9,00 ^{ns}

^{ns}Não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tanto genótipos *nor⁺/nor^A* quanto *rin⁺/rin* diminuíram a produção precoce de frutos, particularmente em presença de *og^{c+}/og^c* e *hp⁺/hp* fato também observado por outros autores (Santos Júnior, 2002; Faria et al., 2003), embora em alguns casos não tenha sido significativa (Andrade Júnior, 2003). Os efeitos deletérios de *nor⁺/nor^A* ou *rin⁺/rin*, na produção precoce, não puderam ser contrabalançados pela utilização dos mutantes de amadurecimento *og^c* ou *hp*, nas constituições *og^{c+}/og^c*, *og^c/og^c* e suas combinações com *hp⁺/hp*. Uma vez que a colheita dos frutos foi feita com base no início da mudança de cor de frutos de verde para avermelhado, é bastante provável que a redução na produção precoce, em híbridos *nor⁺/nor^A* ou *rin⁺/rin*, seja efeito direto do retardamento da taxa de maturação de frutos determinada por esses mutantes.

A vida pós-colheita dos frutos foi medida pelo número de dias decorridos da colheita, até que se atingisse uma textura considerada comercialmente inaceitável de $2 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$. Em todas as comparações entre genótipos portadores de um ou mais dos alelos *nor^A*, *rin*, *hp* e/ou *og^c* (Tabelas 3 e 4) e os genótipos normais, as diferenças foram sempre positivas em favor dos primeiros, quanto ao número de dias necessários para atingir a firmeza equivalente a $2 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$. Na maioria dos casos (excetuados os efeitos de *nor⁺/nor^A* e *rin⁺/rin*, isoladamente – Contrastes C1 e C2, Tabela 4), essas

diferenças foram significativas, o que indica a tendência de *nor^A* e de *rin* de promover aumento da vida pós-colheita de frutos, fato relatado com frequência na literatura (Araújo, 1997; Araújo et al., 2002; Dias et al., 2003; Faria et al., 2003; Faria, 2004; Santos Júnior et al., 2005). Tanto a constituição genotípica *nor⁺/nor^A* quanto a *rin⁺/rin* tenderam a piorar a coloração interna dos frutos (Contrastes C1 e C2, Tabela 4), o que foi mais evidente para o genótipo *rin⁺/rin* (Contraste C2, Tabela 4).

Os genótipos *og^{c+}/og^c* e *og^c/og^c*, em presença ou ausência de *hp⁺/hp*, promoveram melhora na coloração interna dos frutos (Contrastes C3, C7, C4 e C8, Tabela 4). Os efeitos positivos de *og^{c+}/og^c*, *og^c/og^c* e/ou *hp⁺/hp* ocorram, também, em presença de *nor⁺/nor^A* (Contrastes C5, C6, C9 e C10), cujos efeitos negativos na coloração foram então contrabalançados. Efeito similar na coloração de frutos foi encontrado por Faria et al. (2003), para a combinação *og^{c+}/og^c hp⁺/hp*, em presença de *nor⁺/nor^A*. O efeito positivo de *og^{c+}/og^c* evidencia-se também em presença de *rin⁺/rin* (Contraste C12, Tabela 4), embora o efeito combinado de *rin⁺/rin og^{c+}/og^c* não seja suficiente para igualar ou superar a coloração interna de genótipos normais (Contraste C13, Tabela 4). Este efeito positivo de *og^{c+}/og^c* sobre *rin⁺/rin* parece dependente do *background* genotípico empregado, conforme indicam as diferenças entre os tratamentos T19 e T20 (Tabela 3).

Tabela 3. Médias de dias para os frutos atingirem a firmeza crítica de $2 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ (ND), nota de coloração interna (NI) e nota de coloração da mucilagem placentária (NP), entre 20 genótipos de tomateiro (Lavras, UFPA, 2004)⁽¹⁾.

Tratamento	Genótipos	ND (N m ⁻²)	NI	NP
T1 – Floradade	Normal	17,77cdef	3,50abcd	3,54 efg
T2 – NC-8276	Normal	15,57f	4,83a	4,00 abcdefg
T3 – Flórida-7771	Normal	17,06def	4,00abc	3,50efg
T4 – Giselle	Normal	16,70ef	2,83cde	3,75bcdefg
T5 – Flórida-7775	<i>og^c/og^c</i>	20,20abc	5,00a	4,83a
T6 – F1(Floradade x NC-8276)	Normal	16,83def	3,83abc	3,17fg
T7 – F1(TOM-559 x Flórida-7771)	<i>nor⁺/nor^A</i>	17,80cdef	3,33bcde	3,63defg
T8 – F1(TOM-614 x Flórida-7771)	<i>rin⁺/rin</i>	18,23abcde	2,16de	3,63defg
T9 – F1(BPX-371D-01-04-01 x Flórida-7771)	<i>rin⁺/rin</i>	17,67cdef	1,83e	3,12g
T10 – F1(Stevens x Flórida-7775)	<i>og^{c+}/og^c</i>	18,00bcdef	4,83a	4,29abcde
T11 – F1(Floradade x Flórida-7775)	<i>og^{c+}/og^c</i>	19,20abcde	4,67a	3,88abcdefg
T12 – F1(TOM-595 x Flórida-7775)	<i>og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i>	20,60a	4,83a	3,46efg
T13 – F1(TOM-559 x Flórida-7775)	<i>nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c</i>	18,57abcde	4,33ab	4,59abcd
T14 – F1(TOM-593 x Flórida-7775)	<i>nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c & hp⁺/hp</i>	20,36ab	4,83a	4,71abc
T15 – F1(TOM-596 x Flórida-7775)	<i>og^c/og^c</i>	19,10abcde	4,83a	3,71cdefg
T16 – F1(TOM-588 x Flórida-7775)	<i>og^c/og^c hp⁺/hp</i>	20,36ab	5,00a	4,16abcdefg
T17 – F1(TOM-591 x Flórida-7775)	<i>nor⁺/nor^A og^c/og^c</i>	19,10abcde	4,83a	4,42abcde
T18 – F1(TOM-589 x Flórida-7775)	<i>nor⁺/nor^A og^c/og^c hp⁺/hp</i>	20,67a	5,00a	4,75ab
T19 – F1(TOM-614 x Flórida-7775)	<i>rin⁺/rin og^{c+}/og^c</i>	19,33abcd	4,33ab	4,12abcdefg
T20 – F1(BPX-371D-01-04-01 x Flórida-7775)	<i>rin⁺/rin og^{c+}/og^c</i>	18,73abcde	1,83e	3,59defg

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A coloração da mucilagem placentária também foi afetada pelos mutantes estudados. Os genótipos *nor⁺/nor^A* ou *rin⁺/rin*, empregados sem outros mutantes, não tiveram coloração de mucilagem diferente da coloração dos genótipos normais (Contrastes C1 e C2, Tabela 4). Em genótipos *nor⁺/nor⁺ rin⁺/rin⁺* (normais aos locos *nor^A* e *rin*), as constituições genotípicas *og^{c+}/og^c* e *hp⁺/hp* não trouxeram benefício adicional à coloração da mucilagem placentária (Contrastes C3 e C4, Tabela 4), mas *og^c/og^c* a promoveu (Contraste C7, Tabela 4). Em genótipos *nor⁺/nor^A*, melhorias significativas na coloração da mucilagem foram obtidas pelo emprego tanto de *og^{c+}/og^c* quanto de *og^c/og^c*, em combinação ou não com *hp⁺/hp* (Contrastes C5, C6, C9 e C10); contudo, *og^{c+}/og^c* e *hp⁺/hp* não foram capazes de promover melhoria da coloração da mucilagem em genótipos *rin⁺/rin*.

Os resultados mostram a eficiência das constituições genotípicas *nor⁺/nor^A* e *rin⁺/rin* em aumentar a vida pós-colheita dos frutos, ao mesmo tempo em que prejudicam a coloração interna deles. A tendência negativa na coloração interna dos frutos é mais evidente nos genótipos *rin⁺/rin* do que nos *nor⁺/nor^A*, enquanto os

mutantes *og^c* (em homozigose ou em heterozigose) e *hp* (em heterozigose) contribuem para a melhoria da pigmentação interna dos frutos, seja em genótipos normais, seja em genótipos *nor⁺/nor^A* ou *rin⁺/rin*. Em genótipos *nor⁺/nor^A*, o efeito positivo de *og^c/og^c*, *og^{c+}/og^c* e/ou *hp⁺/hp* foi de tal magnitude que contrabalançou os efeitos negativos de *nor⁺/nor^A* na coloração interna (NI) e na coloração da mucilagem placentária (NP). Em genótipos *rin⁺/rin*, o efeito de *og^c/og^c*, *og^{c+}/og^c* e/ou *hp⁺/hp* também foi positivo, embora nem sempre de modo a contrabalançar os efeitos negativos de *rin⁺/rin* na NI e NP, especialmente na NI.

Se por um lado existe a necessidade de se obterem híbridos com melhor conservação pós-colheita, por outro lado é importante manter ou melhorar a coloração dos frutos de tomateiro.

Assim, a melhor estratégia que se pode inferir dos dados obtidos é a de se obterem híbridos com o mutante *alcoçaca* (*nor^A*) associado aos mutantes de coloração *crimson* (*og^c*) e/ou *high-pigment* (*hp*), tais como *nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c* ou *nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp*. A obtenção de tais híbridos seria facilmente conseguida se desenvolvessem linhagens *nor^A/nor^A* e linhagens *og^c/og^c* ou *og^c/og^c hp/hp*, para uso como potenciais linhagens parentais.

Tabela 4. Estimativas de contrastes não ortogonais de *backgrounds* não isogênicos e isogênicos, relativas a número de dias para os frutos atingirem a firmeza crítica de $2 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ (ND), nota de coloração interna (NI) e nota de coloração da mucilagem placentária (NP), entre 20 genótipos de tomateiro (Lavras, UFLA, 2004).

Contraste	Efeito avaliado	Estimativas		
		ND (N m ⁻²)	NI	NP
<i>Backgrounds</i> não isogênicos				
C1 = T7 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	<i>nor⁺/nor^A</i> vs Normal	1,01 ^{ns}	-0,80 ^{ns}	0,03 ^{ns}
C2 = (T8+T9)/2 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	<i>rin⁺/rin</i> vs Normal	1,16 ^{ns}	-1,80**	-0,21 ^{ns}
C3 = (T10+T11)/2 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	<i>og^{c+}/og^c</i> vs Normal	1,81**	0,95**	0,49*
C4 = T12 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	<i>hp⁺/hp og^{c+}/og^c</i> vs Normal	3,81**	1,03*	-0,13 ^{ns}
C5 = T13 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	<i>nor⁺/nor^A og^c/og^c</i> vs Normal	1,78*	0,53 ^{ns}	0,10**
C6 = T14 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	<i>nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i> vs Normal	3,58**	1,03*	1,11**
C7 = (T5+T15)/2 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	<i>og^c/og^c</i> vs Normal	2,86**	1,11**	0,67**
C8 = T16 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	<i>og^c/og^c hp⁺/hp</i> vs Normal	3,58**	1,20**	0,57 ^{ns}
C9 = T17 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	<i>nor⁺/nor^A og^c/og^c</i> vs Normal	2,31**	1,03*	0,82**
C10 = T18 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	<i>nor⁺/nor^A og^c/og^c hp⁺/hp</i> vs Normal	3,88**	1,20**	1,15**
C11 = (T19+T20)/2 vs (T1+T2+T3+T4+T6)/5	<i>rin⁺/rin og^{c+}/og^c</i> vs Normal	2,24**	-0,72 ^{ns}	0,26 ^{ns}
C12 = (T19+T20)/2 vs (T8+T9)/2	<i>rin⁺/rin og^{c+}/og^c</i> vs <i>rin⁺/rin</i>	1,08 ^{ns}	1,08**	0,47 ^{ns}
<i>Backgrounds</i> isogênicos				
C13 = T16 vs T11	<i>og^c/og^c hp⁺/hp</i> vs <i>og^{c+}/og^c</i>	1,17 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,28 ^{ns}
C14 = T17 vs T11	<i>nor⁺/nor^A og^c/og^c</i> vs <i>og^{c+}/og^c</i>	-0,10 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,54 ^{ns}
C15 = T18 vs T11	<i>nor⁺/nor^A og^c/og^c hp⁺/hp</i> vs <i>og^{c+}/og^c</i>	1,46 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,87*
C16 = T16 vs T15	<i>og^c/og^c hp⁺/hp</i> vs <i>og^c/og^c</i>	1,26 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,45 ^{ns}
C17 = T17 vs T15	<i>nor⁺/nor^A og^c/og^c</i> vs <i>og^c/og^c</i>	-0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,71 ^{ns}
C18 = T18 vs T15	<i>nor⁺/nor^A og^c/og^c hp⁺/hp</i> vs <i>og^c/og^c</i>	1,57 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,04*
C19 = T18 vs T14	<i>og^c/og^c</i> vs <i>og^{c+}/og^c nor⁺/nor^A hp⁺/hp</i>	0,30 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,04 ^{ns}
C20 = (T15+T16+T17+T18)/4 vs (T11+T12+T13+T14)/4	<i>og^c/og^c</i> vs <i>og^{c+}/og^c nor⁺/nor^A hp⁺/hp</i>	0,12 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,10 ^{ns}
C21 = T15 vs T11	<i>og^c/og^c</i> vs <i>og^{c+}/og^c (hp e nor^A)</i>	-0,10 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,16 ^{ns}
C22 = T16 vs T12	<i>og^c/og^c</i> vs <i>og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i>	-0,23 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,70 ^{ns}
C23 = T17 vs T13	<i>og^c/og^c</i> vs <i>og^{c+}/og^c nor⁺/nor^A</i>	0,53 ^{ns}	0,50 ^{ns}	-0,16 ^{ns}
C24 = T11 vs T19	<i>og^{c+}/og^c</i> vs <i>rin⁺/rin og^{c+}/og^c</i>	-0,13 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-0,24 ^{ns}

^{ns}Não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Conclusões

1. A presença dos mutantes de amadurecimento (nor^+/nor^A ou rin^+/rin) não afeta a produção total de frutos, mas tende a reduzir a produção precoce; a massa média dos frutos é afetada negativamente tanto pelos mutantes de amadurecimento (nor^+/nor^A e rin^+/rin) quanto pelos mutantes de coloração (og^c e hp).

2. Genótipos portadores de um ou mais alelos nor^A , rin , hp e og^c apresentam maior conservação de pós-colheita de frutos do que genótipos normais.

3. A pior coloração interna dos frutos é observada nos genótipos rin^+/rin ; há efeito positivo de og^{c+}/og^c , og^c/og^c e hp^+/hp na melhoria da coloração interna dos frutos de genótipos rin^+/rin , mas esse efeito nem sempre é de magnitude a tornar a coloração interna equivalente à de genótipos normais; em genótipos nor^+/nor^A , o efeito positivo de og^{c+}/og^c , og^c/og^c e hp^+/hp é suficiente para torná-los semelhantes aos genótipos normais.

4. As constituições genotípicas og^{c+}/og^c e og^c/og^c apresentam efeitos semelhantes entre si, na melhoria de coloração interna dos frutos e da coloração da mucilagem placentária.

5. As constituições genotípicas nor^+/nor^A og^{c+}/og^c e/ou nor^+/nor^A og^{c+}/og^c hp^+/hp são as mais promissoras, tanto para melhorar a conservação pós-colheita quanto para manter ou melhorar a coloração interna dos frutos do tomateiro.

Agradecimentos

Ao CNPq, pelo apoio financeiro; à Capes, pelas bolsas concedidas; à Universidade Federal de Lavras e à HortiAgro Sementes Ltda., pela infra-estrutura e pessoal técnico para a execução dos experimentos.

Referências

- ANDRADE-JÚNIOR, V.C. de. **Produção e qualidade de frutos de híbridos quase isogênicos de tomateiros heterozigotos quanto a alelos mutantes de amadurecimento e de coloração**. 2003. 106p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ARAÚJO, M.L. **Interações intra-loco e inter-locos *alcobaça*, *crimson* e *high pigment* sobre características de qualidade e de produção de frutos do tomateiro**. 1997. 131p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ARAÚJO, M.L.; MALUF, W.R.; GOMES, L.A.A.; OLIVEIRA, A.C.B. Intra and interlocus interactions between *alcobaça* (*alc*),

crimson (*og^c*) and *high pigment* (*hp*) loci in tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. **Euphytica**, v.125, p.215-225, 2002.

BENITES, F.R.G. **Estudo genético-fisiológico dos mutantes *alcobaça* (*alc*), *non-ripening* (*nor*) e *ripening inhibitor* (*rin*) em tomateiro**. 2003. 106p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BUESCHER, R.W.; SISTRUNK, W.A.; TIGCHELAAR, E.C.; NG, T.J. Softening, pectolytic activity, and storage-life of *rin* and *nor* tomato hybrids. **HortScience**, v.11, p.603-604, 1976.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, v.13, p.14-18, 1995.

CAMARGO FILHO, W.P. Perspectivas dos mercados de tomate para indústria e mesa. **Informações Econômicas**, v.31, p.51-54, 2001.

DELLAVECCHIA, P.T.; KOCH, P.S. Tomates longa vida: o que são, como foram desenvolvidos? **Horticultura Brasileira**, v.18, p.3-4, 2000.

DIAS, T.J.M.; MALUF, W.R.; FARIA, M.V.; FREITAS, J.A.; GOMES, L.A.A.; RESENDE, J.T.V.; AZEVEDO, S.M. *Alcobaça* allele and genotypic background affect yield and fruit shelf life of tomato hybrids. **Scientia Agricola**, v.60, p.269-275, 2003.

FARIA M.V. **Emprego simultâneo dos mutantes de amadurecimento (*rin* e *nor^A*) e de coloração (*og^c* e *hp*) em heterozigose em genótipos de tomateiro longa-vida**. 2004. 96p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FARIA, M.V.; MALUF, W.R.; AZEVEDO, S.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; GOMES, L.A.A.; MORETTO, P.; LICURSI, V. Yield and post-harvest quality of tomato hybrids heterozygous at the loci *alcobaça*, *old gold-crimson* or *high pigment*. **Genetics and Molecular Research**, v.2, p.317-327, 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

GERBER, M. Efeito benéfico do tomate e de seus derivados para a saúde. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.11-14, 2000. Suplemento.

KOPELIOVITCH, E.; RABINOWITCH, H.D.; MIZRAHI, Y.; KEDAR, N. The potential of *ripening* mutants for extending the storage life of the tomato fruit. **Euphytica**, v.28, p.99-104, 1979.

LOBO, N. **Genetic and physiological studies of the “Alcobaça” tomato ripening mutant**. 1981. 107p. Thesis (Ph.D.) - University of Florida, Florida.

MUTSCHLER, M.A.; WOLFE, D.W.; COBB, E.D.; YOURSTONE, K.S. Tomato fruit quality and shelf life in hybrids heterozygous for the *alc ripening* mutant. **HortScience**, v.27, p.352-355, 1992.

PIERRO, A. Gosto bom. **Cultivar**, v.2, p.10-12, 2002.

SANTOS-JÚNIOR, A.M. **Produtividade, qualidade e conservação de frutos de híbridos de tomateiro heterozigotos nos locos *alcobaça*, *non ripening* e *ripening inhibitor***. 2002. 86p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SANTOS JÚNIOR, A.M.; MALUF, W.R.; FARIA, M.V.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; NASCIMENTO, I.R.; BENITES, F.R.G.; GOMES, L.A.A. Produção, qualidade e conservação de tomates heterozigotos nos locos *alcobaça*, *nonripening* e *ripening inhibitor*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.1203-1210, 2005.

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS/STAT**: user's guide. Cary, 1990. 913p.

THOMPSON, A.E.; TOMES, M.L.; WANN, E.V.; McCOLLUM, J.P.; STONER, A.K. Characterization of crimson tomato fruit color. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.86, p.610-626, 1965.

TIGCHELAAR, E.C.; McGLASSON, W.B.; BUESCHER, R.W. Genetic regulation of tomato fruit *ripening*. **HortScience**, v.13, p.508-513, 1978.

Recebido em 18 de maio de 2005 e aprovado em 4 de maio de 2006