

Capacidade combinatória de híbridos de tomateiro de crescimento determinado, resistentes a *Begomovirus* e *Tospovirus*

Tullio Raphael Pereira de Pádua⁽¹⁾, Luiz Antonio Augusto Gomes⁽¹⁾, Wilson Roberto Maluf⁽¹⁾, José Luiz Sandes de Carvalho Filho⁽²⁾, Álvaro Carlos Gonçalves Neto⁽¹⁾ e Marcela Carvalho Andrade⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, Caixa Postal 3.037, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: trpp2000@yahoo.com.br, lagomes@dag.ufla.br, wrmaluf@dag.ufla.br, alvarocogneto@gmail.com, marcellinhaufila@gmail.com ⁽²⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, CEP 52171-900 Recife, PE. E-mail: jose.luiz@depa.ufrpe.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade combinatória de linhagens de tomateiro com hábito de crescimento determinado, com resistência múltipla a espécies dos gêneros *Begomovirus* e *Tospovirus*, e identificar combinações híbridas superiores. O experimento foi realizado em casa de vegetação, com 14 híbridos obtidos do cruzamento de sete linhagens femininas (grupo I) com duas linhagens masculinas (grupo II), em um diallelo parcial. As seguintes características agrônômicas foram avaliadas: produção total, produção precoce, massa média de frutos, formato, firmeza inicial e firmeza na meia-vida. As linhagens genitoras TOM-680 e TOM-682, do grupo I, se destacaram por exibir as maiores estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) quanto às características produção total, produção precoce e massa média de frutos, enquanto a linhagem TOM-585 se destacou quanto aos maiores valores de produção total e massa média de frutos. No grupo II, a linhagem TOM-698 apresentou estimativas superiores de CGC para as características de produção total, produção precoce, massa média dos frutos e firmeza inicial dos frutos. O híbrido TOM-682xTOM-698 apresenta as maiores estimativas de capacidade geral e específica de combinação para produção total, produção precoce e meia-vida da firmeza, e é o genótipo mais promissor entre os materiais testados.

Termos para indexação: *Solanum lycopersicon*, análise dialélica, geminivírus, melhoramento, resistência.

Combining ability of determinate-growth-habit tomato hybrids resistant to *Begomovirus* and *Tospovirus*

Abstract – The objective of this work was to evaluate the combining ability of determinate-growth-habit tomato inbred lines with multiple resistance to *Tospovirus* and *Begomovirus* species, and to identify superior hybrid combinations. The experiment was carried out in greenhouse, with 14 hybrids obtained from crosses of seven lines of the group I (female parents) with two lines of the group II (male parent), in a partial diallel. The following agronomic traits were assessed: total production, early production, mean fruit mass, shape, initial firmness and half life firmness. The parental lines TOM-680 and TOM-682, from group I, stand out with the largest general combining ability (GCA) concerning total production, early production and average fruit mass, while line TOM-585 stood out as to higher values of total production and average fruit mass. In group II, TOM-698 showed higher estimates of GCA as to total production, early production, average fruit mass and initial consistence of the fruits. The hybrid TOM-682xTOM-698 had the highest estimate of general and specific combining ability to total production, early production and average fruit mass, and it is the most promising genotype among the materials tested.

Index terms: *Solanum lycopersicon*, diallel analyses, geminiviruses, breeding, resistance.

Introdução

O tomate está entre os principais produtos agrícolas brasileiros, com produção de 3,77 milhões de toneladas em uma área de 60.292 ha, no ano de 2008. É a olerícola com maior volume comercializado nos últimos cinco anos na Ceagesp (Instituto FNP, 2009).

O tomateiro apresenta elevadas perdas de produção devido à infecção por viroses do gênero *Tospovirus*,

conhecido como vira-cabeça do tomateiro, ou por geminivírus (Faria et al., 2000). Segundo Ferraz et al. (2003), o vira-cabeça do tomateiro pode ser responsável por perdas de até 30% de produção, e espécies de geminivírus também podem ser limitantes ao cultivo do tomateiro (Faria et al., 2000). O controle dos geminivírus é dificultado, porque o seu vetor, a mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipos A e B), é um inseto de hábito alimentar polífago (Faria et al., 2000).

O gênero *Tospovirus* apresenta quatro espécies que infectam a cultura do tomateiro: o TSWV (*Tomato spotted wilt virus*), o TCSV (*Tomato chlorotic spot virus*), o GRSV (*Groundnut ringspot virus*) (Nagata et al., 1995) e o INSV (*Impatiens necrotic spot virus*), que ainda não foi detectada no Brasil (Kimati et al., 1997). O gênero *Begomovirus* é constituído por espécies em que o genoma possui uma ou duas moléculas de DNA circular de fita simples, como é o caso da espécie com genoma bipartido *Tomato yellow vein streak virus* (TYVSV) (Matos et al., 2003), *Tomato severe rugose virus* (TSRV) e *Tomato mottle leaf curl virus* (ToMLCV), que são espécies encontradas no Brasil (Fernandes et al., 2008).

É difícil o controle de insetos vetores de viroses do tomateiro (mosca-branca e tripses). Por isso, a melhor maneira de combater as viroses transmitidas por eles é a utilização de cultivares com algum grau de resistência, associadas ao manejo adequado da cultura (Giordano et al., 2005; Lima et al., 2005). Com relação ao melhoramento genético para obtenção de genótipos resistentes à tospovírus e begomovírus, diversos trabalhos vêm sendo realizados (Ferraz et al., 2003; Matos et al., 2003; Lourenção et al., 2004; Nizio et al., 2008). Nos programas de melhoramento que buscam linhagens avançadas de tomateiros com resistência a begomovírus e tospovírus, entre outras, o cruzamento dialélico permite a seleção dos melhores genitores (Ramalho et al., 1993), em virtude da ampla gama de genótipos divergentes disponível.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade combinatória de linhagens de tomateiro com hábito de crescimento determinado, com resistência múltipla a espécies dos gêneros *Begomovirus* e *Tospovirus*, e identificar combinações híbridas superiores.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Ijaci, MG, de outubro de 2007 a fevereiro de 2008, na estação experimental da HortiAgro Sementes Ltda., Fazenda Palmital (21°14'16"S e 45°08'00" W, com altitude média de 918 m). Foram avaliados 14 híbridos experimentais, em um dialelo parcial. O dialelo foi constituído de sete genitores (linhagens) femininos, integrantes do grupo I, e dois genitores masculinos, integrantes do grupo II, descritos na Tabela 1. Na Tabela 2, é apresentada a

descrição dos híbridos obtidos a partir dos cruzamentos das linhagens do grupo I com as do grupo II.

Entre os híbridos experimentais avaliados, sete possuem resistência a tospovírus conferida pelo alelo dominante do gene *Sw-5* (Stevens et al., 1992), proveniente da cultivar Stevens, que é uma cultivar comercial com resistência proveniente de *L. peruvianum*. Outras sete possuem resistência a tospovírus, conferida tanto pelo gene *Sw-5* quanto pelo gene *Sw-RT*, proveniente da cultivar Rey de Los Tempranos, que apresenta resistência controlada por, no máximo, três genes, em que os alelos dominantes propiciam uma resistência parcial a tospovírus (Juliatti & Maluf, 1995). De maneira geral, cultivares portadoras do gene *Sw-5* possuem alto grau de resistência aos isolados de tospovírus brasileiros (Boiteux & Giordano, 1993).

O gene *Ty-1*, que confere certa tolerância a begomovírus com genoma monopartido, é proveniente da espécie selvagem *L. chilense*. Entretanto, Boiteux et al. (2007), em trabalhos com espécies de begomovírus bipartido que são prevaletentes no Brasil, observaram que o gene *Ty-1*, quando sob a condição de presença do alelo dominante, também confere tolerância a essas espécies de begomovírus.

Os 14 tratamentos, constituídos por híbridos experimentais, foram semeados em bandejas de isopor

Tabela 1. Descrição dos genitores de tomateiro de hábito de crescimento determinado, constituintes do dialelo parcial quanto ao "background" genético e resistência a viroses e a *Meloidogyne* spp.⁽¹⁾.

Linhagem	"Background" genético	Resistência ⁽¹⁾
Grupo I		
TOM-676	Tipo Rio Grande	V, F(1), F(2), <i>Mi</i> , <i>Sw-5</i>
TOM-677	Tipo Rio Grande	V, F(1), F(2), <i>Mi</i> , <i>Sw-5</i>
TOM-680	Tipo Rio Grande	V, F(1), F(2), <i>Mi</i> , <i>Sw-5</i>
TOM-679	Tipo Bônus	V, F(1), F(2), <i>Mi</i> , <i>Sw-5</i>
TOM-682	Tipo Bônus	V, F(1), F(2), <i>Mi</i> , <i>Sw-5</i>
TOM-585	Tipo Santa Clara	V, F(1), F(2), <i>Sw-5</i>
TOM-654	Tipo Rio Grande (<i>Alcobaça</i>) ⁽²⁾	V, F(1), F(2)
Grupo II		
TOM-691	Tipo Rio Grande	V, F(1), F(2), <i>Sw-5</i> e <i>Ty-1</i>
TOM-692	Tipo Rio Grande	V, F(1), F(2), <i>Sw-RT</i> e <i>Ty-1</i>

⁽¹⁾V, *Verticillium* sp.; F(1), F(2), *Fusarium oxysporum* fsp. *Lycopersici* raças 1 e 2; *Sw-5*, Tospovirus, fonte de resistência cv. Stevens; *Sw-RT*, tospovírus, fonte de resistência cv. Rey de Los Tempranos; *Ty-1*, Begomovirus; *Mi*, *Meloidogyne* spp. ⁽²⁾*Alcobaça*, alelo mutante para amadurecimento atípico dos frutos de tomateiro, com amolecimento retardado e maior período de armazenamento.

de 128 células com substrato comercial Plantimax. Aos 25 dias, as mudas foram transplantadas para casas de vegetação, num delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. Cada bloco correspondeu a uma casa de vegetação de seis metros de largura por 30 metros de comprimento. Dentro de cada bloco, as parcelas foram constituídas por uma fileira com 20 plantas. Utilizou-se espaçamento de um metro entre linhas e 0,5 metros entre plantas, o que equivale a uma densidade de 20.000 plantas por ha, as quais foram cultivadas com tutoramento.

Tanto as adubações de plantio quanto as de cobertura via fertirrigação seguiram as recomendações de Alvarenga (2004). Os tratos culturais e fitossanitários seguiram as recomendações técnicas específicas para a cultura (Filgueira, 2003).

Durante o período de 20 de dezembro de 2007 a 7 de fevereiro de 2008, foram realizadas 12 colheitas, em que as seguintes características agrônomicas foram avaliadas: produção total de frutos ($Mg\ ha^{-1}$), correspondente ao total de frutos colhidos de cada parcela durante as 12 colheitas; produção precoce ($Mg\ ha^{-1}$), referente à produção total de frutos colhidos em cada parcela, nas quatro primeiras colheitas; massa média dos frutos (grama por fruto), obtida pela divisão da massa fresca total de frutos colhidos em cada parcela pelo respectivo número de frutos, durante as

12 colheitas; formato dos frutos, obtido pela divisão do comprimento médio (cm) pela largura média dos frutos (cm), em cada parcela (C/L).

A firmeza de frutos foi medida segundo a técnica de aplanção não-destrutiva (Calbo & Calbo, 1989; Calbo & Nery, 1995). As medidas foram tomadas a cada dois dias, a partir do estágio “breaker”, até o 24º dia após esse estágio. O estágio “breaker” é caracterizado pela “quebra” do estado verde dos frutos, com o aparecimento de manchas levemente amareladas ou avermelhadas na região da cicatriz estilar. Meia-vida da firmeza (T) é o tempo, em dias, em que a firmeza inicial do fruto no estágio “breaker” se reduz à metade. A meia-vida da firmeza foi obtida pela regressão dos dados da firmeza dos frutos de cada parcela pelo número de dias decorridos (x), mediante o modelo de decaimento exponencial: $Fz = Fo(1/2)^{x/T}$, em que: Fo , firmeza inicial ($N\ m^{-2}$) dos frutos no estágio “breaker”; x, número de dias decorridos após a colheita no estágio “breaker”; T, meia-vida da firmeza (dias); Fz, firmeza ($N\ m^{-2}$) depois de decorridos x dias, conforme Cá (2005) e Faria (2006).

Após a obtenção dos dados médios de cada parcela, os dados foram avaliados pela análise de variância, tendo-se utilizado o modelo dialélico proposto por Griffing (1956), adaptado para dialelos parciais (Cruz et al., 2004).

Os efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres foram avaliados pelo coeficiente de determinação (R^2) das estimativas dos efeitos aditivos (capacidade geral de combinação, CGC) e não aditivos (capacidade específica de combinação, CEC), calculado pela relação entre a soma de quadrados dos efeitos aditivos e não aditivos e a soma de quadrados de tratamentos, em cada caráter estudado. Os dados foram analisados utilizando-se o programa estatístico Genes (Cruz, 2006).

Resultados e Discussão

Na decomposição dos efeitos de tratamentos em capacidade geral e específica de combinação, foram observadas diferenças significativas da CGC, nas linhagens do grupo I (Tabela 3), o que indica a ação de efeitos aditivos capazes de influenciar a produção total de frutos. No grupo II, não houve diferença significativa na CEC e CGC, entre as linhagens, o que indica que não há divergência dessa característica

Tabela 2. Descrição da resistência dos híbridos de crescimento determinado utilizados no dialelo parcial.

Híbrido	Resistência ⁽¹⁾
F ₁ (TOM-676xTOM-691)	V, F(1), F(2), Sw-5, Ty-1, Mi
F ₁ (TOM-677xTOM-691)	V, F(1), F(2), Sw-5, Ty-1, Mi
F ₁ (TOM-679xTOM-691)	V, F(1), F(2), Sw-5, Ty-1, Mi
F ₁ (TOM-680xTOM-691)	V, F(1), F(2), Sw-5, Ty-1, Mi
F ₁ (TOM-682xTOM-691)	V, F(1), F(2), Sw-5, Ty-1, Mi
F ₁ (TOM-585xTOM-691)	V, F(1), F(2), Sw-5, Ty-1
F ₁ (TOM-654xTOM-691)	V, F(1), F(2), Sw-5, Ty-1 (Alcobaça heterozigoto) ⁽²⁾
F ₁ (TOM-676xTOM-698)	V, F(1), F(2), Sw-5, Sw-RT, Ty-1, Mi
F ₁ (TOM-677xTOM-698)	V, F(1), F(2), Sw-5, Sw-RT, Ty-1, Mi
F ₁ (TOM-679xTOM-698)	V, F(1), F(2), Sw-5, Sw-RT, Ty-1, Mi
F ₁ (TOM-680xTOM-698)	V, F(1), F(2), Sw-5, Sw-RT, Ty-1, Mi
F ₁ (TOM-682xTOM-698)	V, F(1), F(2), Sw-5, Sw-RT, Ty-1, Mi
F ₁ (TOM-585xTOM-698)	V, F(1), F(2), Sw-5, Sw-RT, Ty-1
F ₁ (TOM-654xTOM-698)	V, F(1), F(2), Sw-RT, Ty-1 (Alcobaça heterozigoto)

⁽¹⁾V, *Verticillium* sp.; F(1), F(2), *Fusarium oxysporum* fsp. *Lycopersici* raças 1 e 2; Sw-5, Tospovírus, fonte de resistência cv. Stevens; Sw-RT, Tospovírus, fonte de resistência cv. Rey de Los Tempranos; Ty-1, Begomovírus; Mi, *Meloidogyne* spp. ⁽²⁾Alcobaça, alelo mutante para amadurecimento atípico dos frutos de tomateiro, com amolecimento retardado e maior período de armazenamento.

nesse grupo, possivelmente em razão da proximidade genética entre suas linhagens, que compartilham o mesmo “background” genético.

Quando se observam as estimativas de CGC, nota-se que houve grande variação entre as linhagens do grupo I, com amplitude total de 35,5501 Mg ha⁻¹ (Tabela 4), que é um valor considerável quando comparado à média geral de 86,1585 Mg ha⁻¹ da produção total (Tabela 3), e denota diferenças em termos do ganho que se pode conseguir nessa característica pela escolha de um ou outro genitor. Nas linhagens do grupo II, observa-se uma amplitude total bem menor, de 8,4462 Mg ha⁻¹. Esse valor é pouco relevante quando comparado à média geral.

As melhores estimativas de CGC das linhagens do grupo I foram observadas nas linhagens TOM-680, TOM-585 e TOM-682, que tenderam a incrementar favoravelmente a produção total nos híbridos em que participaram como genitoras (Tabela 4).

As estimativas de capacidade específica de combinação variaram pouco (Tabela 5). Na observação do coeficiente de determinação, verificou-se que os efeitos aditivos foram muito mais importantes na expressão da produção total (Tabela 3), com valor de 93,42%. Esses resultados são diferentes dos encontrados por Nizio (2008) que, em testes com linhagens de tomateiro com hábito de crescimento indeterminado, obteve estimativas de CEC com amplitude de 35,478 Mg ha⁻¹, e verificou, por meio do coeficiente de determinação, que ambos os efeitos aditivos quanto os não aditivos foram importantes

na expressão da produção total. Por sua vez, Melo et al. (1988) e Amaral Junior et al. (1999) relataram predominância dos efeitos não aditivos na expressão dessa característica em genótipos de tomateiro.

As combinações híbridas F₁ TOM-677xTOM-698 e TOM-680xTOM-691 apresentaram estimativas de CEC mais favoráveis, para o caráter produção total (Tabela 5), porém, conforme Griffing (1956), a melhor combinação híbrida é aquela com maior CEC dos genitores, cujos parentais apresentem alta CGC. De acordo com essa definição, o híbrido TOM-680xTOM-691 apresentou os melhores resultados de CEC (5,4331 Mg ha⁻¹), e valor positivo de CGC das linhagens do grupo I (16,6132 Mg ha⁻¹), demonstrando maior potencial de uso comercial (Tabela 4).

Observou-se diferença significativa na CGC das linhagens do grupo II, para a produção precoce de frutos (Tabela 3). Esses resultados indicam que as linhagens presentes no grupo II apresentam variabilidade genética para este caráter e que os efeitos aditivos são mais importantes na sua expressão. A amplitude total observada foi de 5,9048 Mg ha⁻¹, que, apesar de significativa, apresenta baixa relevância comparativamente à média geral de 32,5895 Mg ha⁻¹.

Apesar de não apresentar diferenças significativas, observou-se amplitude, na capacidade específica de combinação, de 5,0096 Mg ha⁻¹, para produção precoce de frutos, e os efeitos não aditivos foram responsáveis por 15,37% dessa característica. As maiores estimativas da CEC foram observadas nas combinações híbridas F₁ TOM-682xTOM-698, TOM-654xTOM-691 e

Tabela 3. Quadrado médio da análise dialélica para produção total, produção precoce, massa média dos frutos, formato dos frutos, firmeza inicial e meia vida da firmeza dos frutos em genótipos de tomateiro de crescimento determinado e coeficiente de determinação (R²) para os efeitos aditivos e não aditivos.

Fonte de variação	GL	Produção total (Mg ha ⁻¹)	Produção precoce (Mg ha ⁻¹)	Massa média dos frutos (g fruto ⁻¹)	Formato dos fruto (x 10 ⁻³)	Firmeza inicial (104 N m ⁻²)	Meia-vida da firmeza (dias)
Bloco	2	1.104,7241	23,3404	21,9908	0,0016	0,0039	0,5046
Tratamentos	13	642,6593**	59,3587*	210,3421**	0,0083**	0,3339**	1,9015**
CGC linhagens grupo I	6	1.175,9398**	47,1948 ^{ns}	246,1396**	0,0072**	0,4132**	3,0057**
CGC linhagens grupo II	1	749,0444 ^{ns}	366,5695**	1.047,7302**	0,0457**	1,2980**	3,1262**
CEC	6	91,6497 ^{ns}	20,3209 ^{ns}	34,9799 ^{ns}	0,0031**	0,0939 ^{ns}	0,5932 ^{ns}
Erro	26	194,7581	27,5622	64,3411	0,0002	0,0498	0,2856
R ² (%) CGC	-	93,42	84,20	92,32	82,76	87,02	85,60
R ² (%) CEC	-	6,58	15,80	7,68	17,24	12,98	14,40
Média	-	86,1585	32,5895	81,9598	1,1606	4,5232	10,8042
CV (%)	-	16,11	16,20	9,79	1,38	4,94	4,95

^{ns}Não significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. CGC, capacidade geral de combinação; CEC, capacidade específica de combinação.

TOM-677xTOM-698 (Tabela 5). As combinações híbridas TOM-682xTOM-698 e TOM-677xTOM-698 apresentaram estimativas elevadas tanto de efeitos aditivos (CGC dos grupos I e II, Tabela 4) quanto dos efeitos não aditivos (CEC, Tabela 5), e são os melhores híbridos para produção precoce de frutos.

Na avaliação de massa média dos frutos, foram observadas diferenças significativas na capacidade geral de combinação tanto nas linhagens do grupo I quanto nas do grupo II, o que demonstra que há variabilidade genética entre as linhagens dos dois grupos para esse caráter (Tabela 3). Com relação à capacidade específica de combinação, não foram observadas diferenças significativas entre os híbridos, o que demonstra que, quanto à característica massa média dos frutos, os

efeitos aditivos foram mais importantes que os não aditivos.

Entre as linhagens do grupo I, os valores de CGC apresentaram amplitude de 18,1017 g por fruto, entre as linhagens TOM-677 e TOM-682, relevante ao se levar em consideração a média geral de 81,9598 g por fruto (Tabela 4). No grupo II, a amplitude dos valores de CGC foi pequena, apesar de significativa, mas com menor relevância. No grupo I, as linhagens TOM-680, TOM-682 e TOM-585 foram as mais promissoras na obtenção de frutos com massas médias superiores. No grupo II, a linhagem TOM-698 foi a mais promissora, com estimativa de CGC de 4,9945 g por fruto. A contribuição dos efeitos aditivos na expressão dessa característica representou 92,32%. Alguns

Tabela 4. Estimativa da capacidade geral de combinação (g_i e g_j), para produção total, produção precoce, massa média dos frutos, formato, firmeza inicial e meia vida da firmeza dos frutos, em linhagens de tomateiro de crescimento determinado.

Linhagem	Produção total	Produção precoce	Massa média dos frutos	Formato dos frutos	Firmeza inicial	Meia-vida da firmeza
	(Mg ha ⁻¹)			(g fruto ⁻¹)	(104 N m ⁻²)	(dias)
Capacidade geral de combinação de genitores do grupo I						
TOM-676	-11,1477	-2,2312	-4,0805	0,0089	0,0562	-0,4092
TOM-677	-1,1057	2,7178	-6,4404	-0,0232	0,1616	-0,2790
TOM-679	-10,2340	1,5628	-1,9528	-0,0150	-0,1421	0,0859
TOM-680	16,6132	3,1921	3,0413	0,0321	0,0487	-0,1973
TOM-682	11,1190	1,1563	11,6613	0,0573	-0,4282	-0,2646
TOM-585	13,6922	-2,7550	3,1560	-0,0405	0,4087	-0,4871
TOM-654	-18,9369	-3,6428	-5,3851	-0,0197	-0,1049	1,5514
Capacidade específica de combinação de genitores do grupo II						
TOM-691	-4,2231	-2,9542	-4,9945	0,0330	-0,1758	0,2728
TOM-698	4,2231	2,9542	4,9945	-0,0330	0,1758	-0,2728

Tabela 5. Estimativa da capacidade específica de combinação (s_{ij}) para produção total, produção precoce, massa média dos frutos, formato, firmeza inicial e meia vida da firmeza dos frutos, em híbridos de tomateiro de crescimento determinado.

Híbrido	$s_{ij}^{(1)}$	Produção total	Produção precoce	Massa média dos frutos	Formato	Firmeza inicial	Meia-vida da firmeza
		(Mg ha ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(g fruto ⁻¹)		(104 N m ⁻²)	firmeza (dias)
F ₁ (TOM-676xTOM-691)	1x1'	1,2406	0,8793	1,7645	-0,0057	-0,1003	0,4152
F ₁ (TOM-676xTOM-698)	1x2'	-1,2406	-0,8793	-1,7645	0,0057	0,1003	-0,4152
F ₁ (TOM-677xTOM-691)	2x1'	-7,0465	-2,1147	0,0608	0,0107	0,0679	-0,0002
F ₁ (TOM-677xTOM-698)	2x2'	7,0465	2,1147	-0,0608	-0,0107	-0,0679	0,0002
F ₁ (TOM-679xTOM-691)	3x1'	1,5086	-0,8830	1,6927	0,0138	-0,0531	0,1262
F ₁ (TOM-679xTOM-698)	3x2'	-1,5086	0,8830	-1,6927	-0,0138	0,0531	-0,1262
F ₁ (TOM-680xTOM-691)	4x1'	5,4331	1,6477	-5,0388	0,0079	0,0085	-0,0983
F ₁ (TOM-680xTOM-698)	4x2'	-5,4331	-1,6477	5,0388	-0,0079	-0,0085	0,0983
F ₁ (TOM-682xTOM-691)	5x1'	-2,6144	-2,5048	-0,7791	0,0316	0,2445	-0,6086
F ₁ (TOM-682xTOM-698)	5x2'	2,6144	2,5048	0,7791	-0,0316	-0,2445	0,6086
F ₁ (TOM-585xTOM-691)	6x1'	0,1340	0,8248	1,5720	-0,0240	-0,1194	0,0081
F ₁ (TOM-585xTOM-698)	6x2'	-0,1340	-0,8248	-1,5720	0,0240	0,1194	-0,0081
F ₁ (TOM-654xTOM-691)	7x1'	1,3448	2,1509	0,7279	-0,0342	-0,0480	0,1577
F ₁ (TOM-654xTOM-698)	7x2'	-1,3448	-2,1509	-0,7279	0,0342	0,0480	-0,1577

⁽¹⁾Linhagens: 1, TOM-676; 2, TOM-677; 3, TOM-679; 4, TOM-680; 5, TOM-682; 6, TOM-585; 7, TOM-654; 1', TOM-691; 2', TOM-698.

trabalhos relatam também a maior participação dos efeitos aditivos na expressão de massa média dos frutos, como os de Amaral Júnior et al. (1999), Garg et al. (2008) e Nizio et al. (2008).

Quanto ao formato de fruto, houve diferenças significativas tanto na capacidade geral de combinação das linhagens do grupo I e II quanto na capacidade específica de combinação (Tabela 3). Pela média geral, os frutos foram caracterizados como de formato oblongo, com uma relação entre comprimento e largura de 1,1606. Os efeitos significativos de CGC e CEC indicam influência tanto de efeitos aditivos como dos não aditivos na expressão desse caráter. Os efeitos da CGC sobre o formato do fruto foram mais pronunciados no grupo I, e refletiram maior divergência genética entre as linhagens presentes neste grupo, com as linhagens TOM-676, TOM-680 e TOM-682 tendo apresentado as maiores estimativas de CGC para a relação entre comprimento e largura (C/L) (Tabela 4). Apesar de apresentar significância, a variação de valores entre as linhagens tanto do grupo I quanto do grupo II não permite reduzir a relação C/L a valores inferiores a 1, o que permite a utilização de qualquer uma dessas linhagens em programas de melhoramento com o objetivo de se obter híbridos do tipo Santa Cruz.

Ao se observar os valores de capacidade específica de combinação, a maior variação encontrada foi entre os híbridos F_1 TOM-654xTOM-691 e TOM-654xTOM-698, que representa 5,89% da variação média total. As maiores estimativas de CEC foram observadas nas combinações híbridas TOM-682xTOM-691, TOM-585xTOM-698 e TOM-654xTOM-698 (Tabela 3). A combinação híbrida TOM-682xTOM-691 apresentou estimativas elevadas tanto para efeitos aditivos quanto não aditivos. Esse híbrido apresentou a maior média da relação C/L dos frutos, que foi de 1,283.

Os dados de firmeza inicial de frutos apresentaram diferenças significativas em suas estimativas de capacidade geral de combinação nas linhagens do grupo I e grupo II, tendo havido, assim, variabilidade genética entre as linhagens dos dois grupos quanto a esse caráter. Para capacidade específica de combinação, não houve diferença significativa, o que mostra que os efeitos aditivos são os principais responsáveis pela expressão dessa característica em frutos de tomate (Tabela 3). Para

a firmeza inicial dos frutos, as estimativas de CGC apresentaram amplitude total de $0,8369 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$, entre as linhagens do grupo I. Esse valor, apesar de significativo, apresenta pequena relevância quando comparado à média geral, de $4,5232 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$. Dentro do grupo I, as linhagens TOM-677 e TOM-585 foram superiores às demais. No grupo II, a amplitude total de variação nas estimativas de CGC foi de $0,3516 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$, que também é considerada pequena, quando comparada à média geral. A linhagem TOM-698 apresentou a maior estimativa de CGC nesse grupo (Tabela 4).

A linhagem Tom-654, que possui o alelo mutante alcobaça (Tabela 1), apresentou valores intermediários de firmeza inicial dos frutos, não sendo observado o efeito desse gene no aumento de firmeza inicial no estágio "breaker" de desenvolvimento dos frutos de tomate (Tabela 2).

Para o caráter meia-vida de firmeza dos frutos, houve diferença significativa nas estimativas de CGC, tanto nas linhagens do grupo I quanto nas do grupo II. Tais resultados refletem variabilidade genética entre as linhagens de cada grupo e indica que os efeitos aditivos são mais importantes que os não aditivos na expressão dessa característica (Tabela 3). A amplitude das estimativas de CGC para meia-vida da firmeza no grupo I foi de 1,9606 dias. A linhagem TOM-654, do grupo I, apresentou a maior estimativa de CGC para meia-vida de firmeza, possivelmente em razão da presença do alelo alcobaça, que confere maior conservação pós-colheita dos frutos dessa linhagem. No grupo II, a amplitude de variação entre as linhagens foi pequena, quando comparada à média geral, sendo a linhagem TOM-691 superior à TOM-698 (Tabela 4).

Os resultados deste trabalho diferem dos encontrados por Nizio et al. (2008) que, ao observarem híbridos que não possuíam o alelo alcobaça, não observaram diferenças significativas da estimativa da capacidade geral de combinação da meia-vida de firmeza de frutos de tomate.

Conclusões

1. Os efeitos aditivos apresentam maior magnitude na produção total, produção precoce, massa média de frutos, firmeza inicial e meia-vida de firmeza de frutos de tomateiro de crescimento determinado.

2. As linhagens genitoras TOM-680 e TOM-682 são superiores nas características produção total, produção precoce e massa média de frutos, e caracterizam, portanto, bons genótipos para o desenvolvimento de híbridos superiores de tomateiro de crescimento determinado.

3. O híbrido TOM-682xTOM-698 é o genótipo mais promissor entre os híbridos avaliados.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; à empresa HortiAgro Sementes Ltda; e à Universidade Federal de Lavras, pelo apoio financeiro.

Referências

- ALVARENGA, M.A.R. (Ed.). **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Ufla, 2004. 400p.
- AMARAL JUNIOR, A.T. do; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D.; FINGER, F.L. Inferências genéticas na produção e qualidade de tomateiro sob cruzamento dialélico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1407-1416, 1999.
- BOITEUX, L.S.; GIORDANO, L. de B. Genetic basis of resistance against two Tospovirus species in tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Euphytica**, v.71, p.151-154, 1993.
- BOITEUX, L.S.; OLIVEIRA, V.R.; SILVA, C.H.; MAKISHIMA, N.; INOUE-NAGATA, A.K.; FONSECA, M.E. de N.; GIORDANO, L.B. de. Reaction of tomato hybrids carrying the *Ty-1* locus to Brazilian bipartite *Begomovirus* species. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.20-23, 2007.
- CÁ, J.A. **Obtenção de híbridos de tomate tipo longa vida com maior intensidade de coloração**. 2005. 77p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CALBO, A.G.; CALBO, M.E. Medição e importância do potencial de parede. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, p.41-45, 1989.
- CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, v.13, p.14-18, 1995.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: estatística experimental e matrizes. Viçosa: UFV, 2006. 285p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.
- FARIA, J.C.; BEZERRA, I.C.; ZERBINI, F.M.; RIBEIRO, S.G.; LIMA, M.F. Situação atual das geminiviroses no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v.25, p.125-137, 2000.
- FARIA, M.V.; MALUF, W.R.; RESENDE, J.T.V. de; ANDRADE-JÚNIOR, V.C.; NASCIMENTO, I.R. do; BENITES, F.R.G.; MENEZES, C.B. de; AZEVEDO, S.M. Mutantes *rin*, *nor*^A, *og*^c e *hp* em diferentes backgrounds genotípicos de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.793-800, 2006.
- FERNANDES, F.R.; ALBUQUERQUE, L.C. de; GIORDANO, L. de B.; BOITEUX, L.S.; ÁVILA, A.C. de; INOUE-NAGATA, A.K. Diversity and prevalence of Brazilian bipartite begomovirus species associated to tomatoes. **Vírus Genes**, v.36, p.251-258, 2008.
- FERRAZ, E.; RESENDE, L.V.; LIMA, G.S. de A.; SILVA, M.C.L. da; FRANÇA, J.G.E. de; SILVA, D.J. da. Redenção: nova cultivar de tomate para a indústria resistente a geminivírus e tospovírus e nematóides-das-galhas. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.578-580, 2003.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Solanáceas**: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras: Ufla, 2003. 333p.
- GARG, N.; CHEEMA, D.S.; DHATT, A.S. Genetics of yield, quality and shelf life characteristics in tomato under normal and late planting conditions. **Euphytica**, v.159, p.275-288, 2008.
- GIORDANO, L. de B.; FONSECA, M.E. de N.; SILVA, J.B.C. da; INOUE-NAGATA, A.K.; BOITEUX, L.S. Efeito da infecção precoce por *Begomovirus* com genoma bipartido em características de frutos de tomate industrial. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.815-818, 2005.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallell crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, v.9, p.463-493, 1956.
- INSTITUTO FNP. **Agrianual 2009**: anuário da agricultura brasileira. 14.ed. São Paulo: Instituto Agrônomo: FNP Consultoria & Comércio, 2009. 504p.
- JULIATTI, F.C.; MALUF, W.R. Controle genético da resistência do tomateiro a um isolado de tospovírus (TSWV): análise em plantas individuais. **Fitopatologia Brasileira**, v.20, p.39-47, 1995.
- KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. 3.ed. Campinas: Agrônomo Ceres, 1997. v.2, 774p.
- LIMA, A.N. de; BATISTA, J. de L.; COSTA, N.P. da. Efeito de variedades de tomateiro no controle da mosca-branca (*Bemisia tabaci* L.). **Caatinga**, v.18, p.92-97, 2005.
- LOURENÇÃO, A.L.; MELO, A.M.T. de; SIQUEIRA, W.J.; COLARICCIO, A.; MELO, P.C.T. de.; CHAVES, A.L.R.; EIRAS, M. Avaliação da resistência de acessos de tomateiro a tospovírus e a geminivírus. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.193-196, 2004.
- MATOS, E.S.; SIQUEIRA, W.J.; LOURENÇÃO, A.L.; MELO, A.M.T. de; SAWAZAKI, H.E.; SOUZA-DIAS, J.A.C.; COLARICCIO, A. Resistência de genótipos de tomateiro a um isolado de geminivírus do cinturão verde de Campinas, São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.159-165, 2003.
- MELO, P.C.T. de; MIRANDA, J.E.C.; COSTA, C.P. da. Possibilidades e limitações do uso de híbridos F₁ de tomate. **Horticultura Brasileira**, v.6, p.4-6, 1988.
- NAGATA, T.; MELO, P.C.T.; BARBOSA, C.J. de; JULIATTI, J.C.; KITAJIMA, E.W.; ÁVILA, A.C. Occurrence of different

tosporviruses in six states of Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v.20, p.90-95, 1995.

NIZIO, D.A. de C.; MALUF, W.R.; FIGUEIRA, A. dos R.; NOGUEIRA, D.W.; SILVA, V. de F.; GONÇALVES NETO, A.C. Caracterização de genótipos de tomateiro resistentes a begomovírus por marcador molecular co-dominante ligado ao gene *Ty-1*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1699-1705, 2008.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

STEVENS, M.R.; SCOTT, S.J.; GERGERICH, R.C. Inheritance of a gene for resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV) from *Lycopersicon peruvianum* Mill. **Euphytica**, v.59, p.9-17, 1992.

Recebido em 13 de abril de 2010 e aprovado em 22 de junho de 2010