

**CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE
LINHAGENS AVANÇADAS DE
TOMATEIRO DE MESA E SELEÇÃO
ASSISTIDA POR MARCADORES
MOLECULARES PARA RESISTÊNCIA A
BEGOMOVÍRUS E TOSPOVÍRUS**

DANIELA APARECIDA DE CASTRO NIZIO

2008

DANIELA APARECIDA DE CASTRO NIZIO

**CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE LINHAGENS
AVANÇADAS DE TOMATEIRO DE MESA E SELEÇÃO
ASSISTIDA POR MARCADORES MOLECULARES PARA
RESISTÊNCIA A BEGOMOVÍRUS E TOSPOVÍRUS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Wilson Roberto Maluf, Ph.D.

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Nizio, Daniela Aparecida de Castro.

Capacidade combinatória de linhagens avançadas de tomateiro de mesa e seleção assistida por marcadores moleculares para resistência a begomovírus e tospovírus / Daniela Aparecida de Castro Nizio. – Lavras : UFLA, 2008.

71 p.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Wilson Roberto Maluf.

Bibliografia.

1. *Lycopersicon esculentum*. 2. Geminivírus. 3. Vira-cabeça. 4. Análise dialéctica. 5. Resistência. 6. Marcador molecular. I. Universidade Federal de Lavras. II Título.

CDD – 635.6423

DANIELA APARECIDA DE CASTRO NIZIO

**CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE LINHAGENS
AVANÇADAS DE TOMATEIRO DE MESA E SELEÇÃO
ASSISTIDA POR MARCADORES MOLECULARES PARA
RESISTÊNCIA A BEGOMOVÍRUS E TOSPOVÍRUS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 22 de julho de 2008

Prof. Dr. Ildon Rodrigues do Nascimento	UFT
Profa. Dra. Luciane Vilela Resende	UFLA
Prof. César Augusto Brasil P. Pinto, PhD	UFLA

Prof. Wilson Roberto Maluf, PhD
DAG/UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

*A DEUS,
pelo dom da vida, pela inteligência e por tantas bênçãos concedidas.*

*Aos meus pais, Antônio e Marlene, por todo apoio sempre,
Aos meus irmãos, Graziela, Pedro, Talita e cunhados,
Júnior e Marilene, pela força e incentivo.
Ao meu esposo, Alexandre e meu filho, Lucas, pelo carinho
e compreensão em todos os momentos.*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia, pela oportunidade de realizar o mestrado.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos e à Fapemig, pelo apoio financeiro para a realização dos trabalhos.

Ao professor Wilson Roberto Maluf, pela orientação, confiança, ensinamentos, compreensão e amizade, durante estes anos de trabalho.

À professora Dra. Antônia dos Reis Figueira, pela disponibilização do Laboratório de Virologia Molecular; a Valquíria Nogueira Camargos, pela disponibilidade e auxílio na realização das análises e ao Carlos (Carzim), pelo apoio e confiança.

À HortiAgro Sementes, especialmente Vicente Licursi, Paulo Moretto, ao Sebastião (Ná) e demais funcionários, por serem os grandes responsáveis pela realização de todos os trabalhos desenvolvidos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, em especial, Magno Antônio Patto Ramalho, César B. Pereira Pinto, João Cândido, João Bosco dos Santos, Lisete Chamma Davide e Elaine Aparecida de Souza.

Aos amigos do Programa de Melhoramento Genético de Hortaliças da UFLA/HortiAgro Sementes Ltda., em especial Vanisse, Álvaro, Gabriel, Douglas, Marcela e Rafael, sempre dispostos a ajudar. Serei sempre grata a vocês.

Aos irmãos da RCC, em especial Raphel, Marisa, Fernanda, Vítor, Edson, Juliana, Fabíola, por tudo que vivemos e partilhamos. À Mônica, pelo exemplo e incentivo.

Às tias Francisca, Marilda, Marli e primos, pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

Às colegas do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas: Lidiane, Isabela, Flávia, Paula e Cristiana, por todo apoio, amizade e compreensão.

Ao professor Luís A. A. Gomes, e aos amigos Luciano, Elizabeth, Ronaldo e Ildon, pelo incentivo e amizade.

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	iii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
Artigo 1: Capacidade combinatória de linhagens de tomateiro de mesa resistentes a begomovírus e tospovírus	6
Resumo	6
Abstract.....	7
1 Introdução	8
2 Material e métodos.....	12
3 Resultados e discussão.....	19
4 Conclusão.	25
5 Referências bibliográficas.....	27
Tabelas	31
Artigo 2: Caracterização de genótipos de tomateiro assistida por marcadores moleculares para resistência a begomovírus e tospovírus.....	34
Resumo	34
Abstract.....	36
1 Introdução	37
2 Material e métodos.....	41
3 Resultados e discussão.....	49
4 Conclusão.	59
5 Referências bibliográficas.....	61
Tabelas	67

RESUMO

NIZIO, Daniela Aparecida de Castro. **Capacidade combinatória de linhagens avançadas de tomateiro de mesa e seleção assistida por marcadores moleculares para resistência a begomovírus e tospovírus.** 2008. 71p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

Os objetivos da realização deste trabalho foram: inferir sobre a capacidade combinatória de linhagens de tomateiro de mesa, resistentes a begomovírus e tospovírus, e identificar combinações híbridas superiores; avaliar híbridos de tomateiro e suas linhagens genitoras quanto à resistência a begomovírus e caracterizar, por meio de marcadores moleculares, híbridos de tomateiro de mesa com potencial comercial, resistentes a begomovírus e tospovírus, portadores, respectivamente, dos alelos de resistência *Ty-1* e *Sw-5*. Dezoito híbridos experimentais foram obtidos pelo cruzamento entre nove genitores femininos (grupo I) e dois genitores masculinos (grupo II), constituindo um dialelo parcial. As linhagens TOM-695, TOM-696, TOM-698 e TOM-699 se destacaram entre os genitores femininos, por exibirem as maiores estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) para as características produção total e massa média dos frutos. As linhagens TOM-695, TOM-696 e TOM-698 apresentaram também os maiores valores de CGC para produção precoce. No grupo II, a linhagem TOM-694 apresentou valores positivos de CGC para produção total e produção precoce. A combinação híbrida F_1 (TOM-695 x TOM-700) apresentou a maior estimativa de capacidade específica de combinação (CEC) para os caracteres produção total de frutos, produção precoce e massa média dos frutos e valores positivos para firmeza inicial e meia vida da firmeza. Os híbridos experimentais TEX-246 [F_1 (TOM-694 x TOM-700)], TEX-261 [F_1 (TOM-698 x TOM-684)], TEX-253 [F_1 (TOM-699 x TOM-700)], TEX-256 [F_1 (TOM-696 x TOM-684)], TEX-262 [F_1 (TOM-699 x TOM-684)], TEX-252 [F_1 (TOM-698 x TOM-700)], TEX-251 [F_1 (TOM-693 x TOM-700)] e TEX-268 [F_1 (TOM-698 x TOM-658)] aliaram médias elevadas, tanto para produção total quanto para massa média dos frutos, tendo os híbridos TEX-246, TEX-253, TEX-256, TEX-262, TEX-252 apresentado também valores elevados para meia vida da firmeza, constituindo híbridos competitivos, quando comparados aos padrões comerciais. Os 24 híbridos experimentais (18 do dialelo + 6 adicionais) foram avaliados quanto à resistência a begomovírus por meio de inoculação por enxertia, juntamente com 9 linhagens maternas (utilizadas no dialelo) e 4 híbridos comerciais. As avaliações foram feitas com base numa escala de notas

variando de 1 (ausência de sintomas) a 5 (sintomas bastante severos). Para a caracterização dos genótipos quanto à presença dos alelos *Sw-5* e *Ty-1*, foram utilizados os marcadores moleculares SCAR-*Sw-421* e SSR-47. Verificou-se que os 24 híbridos experimentais com constituição genotípica *Ty-1/Ty-1*⁺ apresentaram sintomas intermediários quando comparados às linhagens homocigotas (*Ty-1/Ty-1*) e genótipos suscetíveis (*Ty-1*⁺/*Ty-1*⁺), exibindo notas médias que variaram de 2,0 a 3,0, e foram considerados resistentes (com resistência parcial) a begomovírus. Os resultados das avaliações de resistência a begomovírus, obtidos por meio do teste de enxertia, concordam com os resultados obtidos com o marcador molecular SSR-47, que pode ser útil para programas de melhoramento de tomateiro, visando à obtenção de genótipos resistentes à virose.

*Orientador: Wilson Roberto Maluf - UFLA

ABSTRACT

NIZIO, Daniela Aparecida de Castro. **Combining ability of fresh market tomato advanced lines and selection assisted by molecular markers for resistance to begomovirus and tospovirus** . 2008. 71p. Dissertation (Master's degree in Genetics and Plant Breeding) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

This research intended to assess the combining abilities of fresh market tomato lines resistant to both begomovirus and geminivirus, to identify superior hybrid combinations among them, to assess resistance to begomovirus of the tomato hybrids and their parental lines, and to fingerprint, via molecular markers, tomato hybrids with resistance to both begomovirus and tospovirus that bear the respective resistance alleles *Ty-1* and *Sw-5*. Eighteen experimental hybrids were obtained by crossing nine parental lines (group I) used as seed parents, with two parental lines (group II) used as pollen sources, in a partial diallel cross. Lines TOM-695, TOM-696, TOM-698 and TOM-699 stood out among the lines in group II for their higher general combining ability values (g_i) for total yield and mean fruit mass; TOM-695, TOM-696 and TOM-698 showed also high g_i 's for early yield. In group II, line TOM-694 had the largest g_i 's for both total and early yields. The hybrid F_1 (TOM-695 x TOM-700) had the highest specific combining ability (s_{ij}) for total and early yields, mean fruit mass, in addition to positive estimates for fruit firmness at the breaker stage and for firmness half-life. The experimental hybrids TEX-246 [F_1 (TOM-694 x TOM-700)], TEX-261 [F_1 (TOM-698 x TOM-684)], TEX-253 [F_1 (TOM-699 x TOM-700)], TEX-256 [F_1 (TOM-696 x TOM-684)], TEX-262 [F_1 (TOM-699 x TOM-684)], TEX-252 [F_1 (TOM-698 x TOM-700)], TEX-251 [F_1 (TOM-693 x TOM-700)] and TEX-268 [F_1 (TOM-698 x TOM-658)] had high means for both total yield and mean fruit mass; hybrids TEX-246, TEX-253, TEX-256, TEX-262, TEX-252 also had higher values of fruit firmness half-life, when compared to commercial hybrid checks, and are therefore considered competitive with current hybrids in the market. The 24 experimental hybrids (18 from the partial diallel + 6 additional hybrids) were tested for begomovirus symptoms after graft inoculation with infected plants, along 9 parental lines (used as seed parents in the diallel) and 4 commercial hybrid checks. Symptoms were assessed in a scale that varied from 1 (= no symptoms) to 5 (= very severe symptoms). The presence of the resistance alleles *Sw-5* and *Ty-1* was assessed with the molecular markers SCAR-Sw-421 and SSR-47, respectively. All 24 experimental hybrids heterozygous in the *Ty-1* locus showed begomovirus symptoms rated between 2 and 3, intermediate between those of the homozygous resistant lines (*Ty-1/Ty-1*)

and those of the susceptible hybrid checks ($Ty-1^+/Ty-1^+$). The molecular markers Sw-421 and SSR-47 were able to effectively fingerprint tomato genotypes bearing the resistant alleles *Sw-5* and *Ty-1*, respectively for tospovirus and begomovirus resistance. The begomovirus symptoms observed were cohering with the results via fingerprinting with the marker SSR-47, which is thus considered a useful tool in breeding programmes aimed at begomovirus resistance.

*Orientador: Wilson Roberto Maluf - UFLA

INTRODUÇÃO GERAL

O tomate ocupa posição de destaque entre as hortaliças cultivadas. No Brasil, ocupa o segundo lugar em importância econômica e tem produção bastante expressiva, tanto para o consumo “in natura” quanto para o processamento industrial. Em 2005, a produção nacional alcançou 3,2 milhões de toneladas, colhidas em uma área de 57,6 mil hectares (Agrianual, 2006).

As doenças causadas por vírus têm assumido lugar de destaque como fator limitante para a produção dessa hortaliça em áreas tropicais e subtropicais, principalmente as viroses causadas por espécies de *Begomovirus* e *Tospovirus*. Uma vez que não são controladas quimicamente, a resistência genética constitui o caminho mais promissor para a diminuição dos danos causados por essas viroses na cultura do tomateiro.

Fontes de resistência têm sido encontradas dentro das espécies selvagens de *Lycopersicon*. O alelo *Ty-1*, originado da espécie selvagem *Lycopersicon chilense* Dun., tem sido utilizado em introgressões gênicas, visando à obtenção de cultivares resistentes a begomovírus (Giordano et al., 1994). Para o controle genético dos tospovírus (vira-cabeça-do-tomateiro), as principais fontes de resistência atualmente utilizadas nos programas de melhoramento do tomateiro são as cultivares Stevens (com resistência derivada de *L. peruvianum*) e Rey de Los Tempranos (*L. esculentum*) (Juliatti & Maluf, 1995; Lourenção et al., 1999; Ferraz et al., 2003).

O procedimento de transmissão de vírus é fundamental para o estudo de doenças viróticas (Jeffries, 1998; Franc & Bantari, 2001). A avaliação da resistência de plantas a um vírus é frequentemente baseado em inoculações mecânicas. No entanto, é relatado que a infecção sistêmica de tomateiros por begomovirose quase nunca ocorre e, portanto, alternativas têm sido

encontradas. Métodos adequados de inoculação devem garantir 100% de infecção em plantas suscetíveis e evitar que genótipos com níveis de resistência sejam descartados. Embora demorada, a inoculação por enxertia tem sido utilizada com alta eficiência de infecção (Kasrawi et al., 1988). Possui também a vantagem de não depender da disponibilidade do inseto-vetor.

No processo de transferência de alelos de resistência, a seleção indireta de plantas resistentes por meio de marcadores moleculares pode levar a resultados mais rápidos, além de não depender de condições ambientais e do estágio de desenvolvimento da planta para realizar a seleção. Marcadores moleculares ligados aos alelos *Ty-1* (que confere resistência a begomovírus) e *Sw-5* (confere resistência a tospovírus) têm sido utilizados com sucesso (Nogueira, 2005; Nogueira et al., 2007).

Cruzamentos dialélicos são delineamentos genéticos estatísticos em que n parentais são cruzados dois a dois (Cruz et al., 2004; Ramalho et al., 1993). Os procedimentos de análise dialélica têm por finalidade a estimação de parâmetros úteis na seleção de genitores e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (Cruz et al., 2004). A origem dos procedimentos para análises dialélicas é atribuída a Schmidt, por volta dos anos de 1920 (Ghosh & Biswas, 2003). Porém, os primeiros a definirem os termos capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) foram Sprague & Tatum (1942). Segundo esses autores, a CGC refere-se ao comportamento médio de cada genitor em cruzamento com os demais do grupo estudado e a CEC é interpretada como um efeito na expressão do híbrido que não é explicado pelos efeitos da CGC dos genitores.

Objetivou-se, com a realização deste trabalho, inferir sobre a capacidade combinatória de linhagens de tomateiro de mesa resistentes a begomovírus e tospovírus; avaliar genótipos de tomateiro quanto à resistência a begomovírus e

caracterizar por meio de marcadores moleculares, híbridos de tomateiro de mesa com potencial comercial, portadores dos alelos de resistência *Ty-1* e *Sw-5*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2006 - **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Instituto Agrônômico. FNP Consultoria & Comércio, 2005. 504 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. de S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

FERRAZ, E., RESENDE, L.V.; LIMA, G.S.A.; SILVA, M.C.L.; FRANÇA, J.G.E.; SILVA, D.J. Redenção: nova cultivar de tomate para a indústria resistente a geminivírus e tospovírus. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 578-580, jul/set. 2003.

FRANC, G.D.; BANTTARI, E.E. Mechanically transmissible viruses of potatoes. In: LOEBENSTEIN, G.; BERGER, P.H.; BRUNT, A.A.; LAWSON, R.H. **Virus and virus-like diseases of potatoes and production of seed-potatoes**. Dordrecht: Klumer Academic, 2001. p. 159-175.

GIORDANO, L. de B.; BOITEUX, L.S. & HORINO, Y. Avaliação em condições de campo de genótipos de tomate para resistência a tospovirose. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.2, p.176-178, 1994..

GHOSH, D. K.; BISWAS, P. C. Complete diallel crosses plans through balanced incomplete block designs. **Journal of Applied Statistics**, Hants, v. 30, n. 6, p. 697-708, July 2003.

JEFRIES, C. S. Technical guidelines for the safe movement of germplasm. In: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; INTERNATIONAL PLANT GENETICS RESOURCES INSTITUTE. **Potato**. Rome: FAO/ IPGRI, 1998. 177 p.

JULIATTI, F.C.; MALUF, W.R. Controle genético da resistência do tomateiro a um isolado de tospovírus (TSWV): Análise em plantas individuais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.39-47, 1995.

KASRAWI, M.A.; SUWWAN, M.A.; MANSOUR, A. Sources of resistance to tomato yellow leaf curl virus in *Lycopersicon* species. **Euphytica**, v.37, n. 1, p. 61-64, Jan. 1988.

LOURENÇÃO, A.L., YUKI, V.A.; ALVES, S.B. Epizootia de *Aschersonia* cf. *goldiana* em *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) biótipo B no Estado de São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, n. 2, p.343-345, jul. 1999.

NOGUEIRA, D. W. **Seleção assistida pelo marcador molecular tipo SCAR 'Sw-421' para seleção de genótipos de tomateiro resistentes ao vira-cabeça.** 2005. 20p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NOGUEIRA, D. W.; MALUF, W. R.; PAIVA, L. V.; FIGUEIRA, A. R.; NASCIMENTO, I.R.; GONÇALVES, L.D.; MACIEL, G.M.; NIZIO, D.A.C.; SILVA, V.F.; GONÇALVES NETO, A.C. Marcador molecular associado ao alelo *Ty-1* em tomateiro e sua eficiência de seleção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: UFLA, 2007. p 452.

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. 271 p.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 34, n. 10, p. 923-932, oct. 1942.

Capacidade combinatória de linhagens avançadas de tomateiro de mesa resistentes a begomovírus e tospovírus

(Preparado de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira-PAB)

Daniela Aparecida de Castro Nizio¹, Wilson Roberto Maluf²

⁽¹⁾Departamento de Biologia, ⁽²⁾Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3.037, CEP 37200-000. Lavras, MG. E-mail: danielanizio@yahoo.com.br, wrmaluf@ufla.br

Resumo - Objetivou-se inferir sobre a capacidade combinatória de linhagens de tomateiro de mesa resistentes a begomovírus e tospovírus, e identificar possíveis combinações híbridas superiores. Dezoito híbridos experimentais obtidos pelo cruzamento de 9 linhagens do grupo I (genitores femininos) com 2 linhagens do grupo II (genitores masculinos), constituindo um dialelo parcial, foram testados em campo, onde foram avaliados os caracteres: produção total, produção precoce, massa média de frutos, formato (relação comprimento/diâmetro), firmeza inicial e meia vida da firmeza. As linhagens do grupo I, TOM-695, TOM-696, TOM-698, TOM-699, se destacaram por exibirem as maiores estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) para produção total e massa média dos frutos; as linhagens TOM-695, TOM-696 e TOM-698 apresentaram também os maiores valores para produção precoce. No grupo II, a linhagem TOM-694 apresentou valores positivos para CGC para produção total e precoce. A combinação híbrida F₁(TOM-695 x TOM-700) apresentou maior estimativa de capacidade específica de combinação (CEC) para produção total, produção precoce e massa média dos frutos e valores positivos para firmeza inicial e meia vida da firmeza. Os efeitos gênicos aditivos foram importantes para produção precoce, massa média dos frutos e formato, enquanto tanto os efeitos aditivos quanto os não aditivos foram importantes para produção total. Termos para Indexação: *Lycopersicon esculentum*, geminivírus, resistência, análise dialélica.

**Combining ability of fresh market tomato lines resistant to both
begomovirus and tospovirus**

Abstract - The objectives of this work were to assess the combining ability of new fresh market tomato lines with resistance to both begomovirus and tospovirus, and to identify superior hybrid combinations among them. Eighteen experimental hybrids were obtained by crossing nine parental lines (group I) used as seed parents, with two parental lines (group II) used as pollen sources, in a partial diallel cross. These hybrids were field tested and assessed for total yield, early yield, mean fruit mass, fruit shape (length/diameter ratio), fruit firmness at the breaker stage, and fruit firmness half life. Group I lines TOM-695, TOM-696, TOM-698 and TOM-699 stood out among the other lines within the group for their high estimates of general combining ability (GCA) for total yield and mean fruit mass; TOM-695, TOM-696, TOM-698 also had the highest GCA's for early yield. Group II line TOM-684 had positive values of GCA for both total and early yields. The hybrid combination F_1 (TOM-695 x TOM-700) had the highest values of specific combining ability (SCA) for total yield, early yield, and mean fruit mass, and presented positive estimates for firmness at breaker and firmness half-life. Additive gene effects were relatively more important than non-additive for early yield, mean fruit mass, and fruit shape, whereas both additive and non-additive gene effects were important for total yield.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, geminivirus, resistance, diallel analysis

1 INTRODUÇÃO

A tomaticultura é considerada atividade de alto risco, principalmente por apresentar suscetibilidade a diversas pragas e doenças. A partir do início da década de 1990, observou-se acentuada redução da área cultivada com tomate, provocada, dentre outros fatores, por problemas fitossanitários, como traça-do-tomateiro, tospovírus, mosca branca e geminivírus (Silva & Giordano, 2000; Melo, 2001).

Os geminivírus pertencem à família Geminiviridae e são classificados de acordo com seus vetores, as plantas hospedeiras e a organização do genoma. O gênero que infecta o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tem sido classificado como *Begomovirus*, sendo transmitido pela mosca-branca do gênero *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae) (Faria et al., 2000). As begomoviroses constituem, atualmente, a principal virose que infecta o tomate, nos principais estados produtores do Brasil (Ribeiro et al., 2003). Diversos surtos de begomoviroses em tomate têm sido observados no país, principalmente após a introdução do biótipo B (*B. argentifolii*) do vetor *Bemisia tabaci* no país e, hoje, além de quatro espécies reconhecidas, outras dez espécies ‘provisórias’ de begomovírus têm sido identificadas infectando tomate (Ribeiro et al., 2003).

Além de uma grande diversidade de sintomas (enrolamento da folha, epinastia, mosaico dourado, rugoses, cloroses nervais e internervais, mosqueado e atrofia), a planta apresenta, ainda, redução da floração, paralisação no crescimento, com conseqüente perda na produção, principalmente se a infecção das plantas ocorrer nos estádios iniciais de desenvolvimento (Ribeiro et al., 1994; Rezende et al., 1996).

Os tospovírus pertencem à família Bunyaviridae e são responsáveis por causar o conjunto de sintomas denominado, vulgarmente no Brasil, de vira-

cabeça-do-tomateiro. Assumem grande importância como patógenos da cultura, principalmente nas épocas mais quentes do ano, em diferentes regiões do mundo (German et al., 1992; Pozzer et al., 1996). Os sintomas mais comumente observados são anéis necróticos ou cloróticos nas folhas e frutos, além de sintomas de arroxamento, bronzeamento, mosaico e amarelecimento das folhas. Quando a infecção é precoce pode ocorrer a morte da planta. Atuam como vetores de tospovírus tripes dos gêneros *Frankliniella*, *Thrips* e *Scirtothrips* (Mound, 1996).

Devido às dificuldades encontradas no combate aos insetos vetores, tanto para begomovírus (mosca-branca) quanto para tospovírus (tripes), o desenvolvimento de cultivares de tomate com resistência às duas viroses é o melhor método para o controle das doenças.

Níveis variáveis de resistência a begomovírus e tospovírus têm sido encontrados em germoplasma de *Lycopersicon*. Acessos tolerantes a begomovírus com genoma monopartido na Europa, a partir da introgressão do alelo *Ty-1* de *L. chilense*, foram também tolerantes a alguns isolados de begomovírus bipartidos (Santana et al., 2001; Matos et al., 2003), os quais predominam no Brasil (Ribeiro et al., 2003; Inoue-Nagata et al., 2004; Fernandes, 2006). Resistência a tospovírus tem sido identificada em *L. pimpinellifolium*, *L. hirsutum* e *L. peruvianum* e também em cultivares de *L. esculentum*. As cultivares Stevens (portadora do alelo de resistência *Sw-5* derivada de *L. peruvianum*) e Rey de Los Tempranos (*L. esculentum*) constituem as duas principais fontes utilizadas no controle genético do “vira-cabeça” nos programas de melhoramento em andamento no país (Juliatti & Maluf, 1995; Lourenção et al., 1999; Ferraz et al., 2003).

Atualmente, a seleção de linhagens de tomateiro com resistência a tospovírus e begomovírus tem sido priorizada (Lourenção et al., 2001; Matos et al., 2003; Lourenção et al., 2004). O uso de variedades comerciais de tomate

resistentes a geminivírus e tospovírus, ou com níveis de resistência satisfatórios, reduziria a necessidade do uso de substâncias químicas para o controle do vetor, pouparia o meio ambiente da contaminação por agrotóxicos e, além disso, seria oferecido ao consumidor um produto de melhor qualidade.

Durante o processo de obtenção de cultivares, uma etapa que exige bastante atenção diante do número de genótipos disponíveis consiste na escolha dos materiais mais promissores para serem os parentais num programa de hibridação. Uma técnica que auxilia na escolha de progenitores é a de cruzamentos dialélicos (Ramalho et al., 1993). Cruzamentos dialélicos são delineamentos genéticos estatísticos em que n parentais são cruzados dois a dois (Cruz et al., 2004; Ramalho et al., 1993). Os procedimentos de análise dialélica têm a finalidade de estimar parâmetros úteis na seleção de genitores e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (Cruz et al., 2004). A origem dos procedimentos para análises dialélicas é atribuída a Schmidt, por volta dos anos de 1920 (Ghosh & Biswas, 2003). Porém, os primeiros a definir os termos capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) foram Sprague & Tatum (1942). Segundo esses autores, a CGC refere-se ao comportamento médio de cada genitor em cruzamento com os demais do grupo estudado e a CEC é interpretada como um efeito na expressão do híbrido que não é explicado pelos efeitos da CGC dos genitores.

Linhagens de tomateiro com frutos do tipo Santa Cruz, e com resistência a múltiplas doenças, inclusive a begomovírus e tospovírus, têm sido obtidas na empresa HortiAgro Sementes Ltda., em Ijaci, MG. Contudo, sua capacidade de combinação é ainda desconhecida e o comportamento dos híbridos desenvolvidos a partir delas precisa ser estudado. Este trabalho foi realizado com os objetivos de inferir sobre a capacidade combinatória de linhagens de

tomateiro de mesa, resistentes a begomovirus e tospovirus, bem como identificar possíveis combinações híbridas superiores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na estação experimental da HortiAgro Sementes Ltda., localizada na fazenda Palmital, município de Ijaci, MG, no período de julho de 2006 a agosto de 2007. O município de Ijaci situa-se nas coordenadas 21°14'16'' de latitude Sul e 45°08'00'' de longitude Oeste, à altitude de 920m.

O material genético foi constituído de 18 híbridos experimentais, correspondendo a um cruzamento dialélico parcial. O dialelo foi constituído de nove genitores femininos (grupo I) e dois genitores masculinos (grupo II), cujas descrições se encontram no Quadro 1. As linhagens do grupo I foram identificadas como 1=TOM-694, 2=TOM-695, 3=TOM-696, 4=TOM-697, 5=TOM-691, 6=TOM-692, 7=TOM-693, 8=TOM-698, 9=TOM-699 e as do grupo II, como 1'=TOM-700 e 2'=TOM-684.

Os híbridos obtidos a partir dos cruzamentos das linhagens do grupo I x grupo II estão descritos no Quadro 2.

QUADRO 1. Descrição dos genitores constituintes do dialelo parcial

Linhagens do grupo I	Descrição
TOM-694, TOM-695, TOM-696, TOM-697	Linhagens com <i>background</i> comum, do tipo Santa Clara, de crescimento indeterminado. Resistências a I, Pto, Sm, Sw-RT e Ty-1.
TOM-691, TOM-692, TOM-693	Linhagens com <i>background</i> comum, do tipo Rio Grande, de crescimento determinado. Resistências a I, I ₂ (?), Ve, Sw-5 e Ty-1.
TOM-698 e TOM-699	Linhagens com <i>background</i> comum, do tipo Rio Grande, de crescimento determinado. Resistências a I, I ₂ [?] , Ve, Sw-RT e Ty-1.
Linhagens do grupo II	
TOM-700 e TOM-684	Linhagens com <i>background</i> comum, do tipo Santa Clara, de crescimento indeterminado. Resistências a I, Ve, Mi, Pto, Sm e Sw-5.

Resistências: I = *Fusarium oxysporum* fsp. *lycopersici* raça 1; I₂ = *Fusarium oxysporum* fsp. *lycopersici* raça 2; Mi = *Meloidogyne* spp.; Pto = *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*; Sm = *Stemphylium* sp.; Sw-5 = *Tospovirus*, fonte de resistência: cv. Stevens; Sw-RT = resistência a *Tospovirus*, fonte de resistência: ‘Rey de Los Tempranos’; Vê = *Verticillium* sp.; Ty-1 = *Begomovirus*; ? = resistência presumida pela genealogia.

QUADRO 2. Descrição dos híbridos do dialelo parcial

Híbridos	Descrição
1 x 1' = F ₁ (TOM-694 x TOM-700)	Híbridos de crescimento indeterminado com as resistências: I, Mi, Pto, Ve, Sm, Sw-5, Sw-RT e Ty-1.
2 x 1' = F ₁ (TOM-695 x TOM-700)	
3 x 1' = F ₁ (TOM-696 x TOM-700)	
4 x 1' = F ₁ (TOM-697 x TOM-700)	
5 x 1' = F ₁ (TOM-691 x TOM-700)	Híbridos de crescimento indeterminado com as resistências: I, I ₂ (?), Mi, Pto, Ve, Sm, Sw-5 e Ty-1.
6 x 1' = F ₁ (TOM-692 x TOM-700)	
7 x 1' = F ₁ (TOM-693 x TOM-700)	
8 x 1' = F ₁ (TOM-698 x TOM-700)	Híbridos de crescimento indeterminado com as resistências: I, I ₂ [?] , Mi, Pto, Ve, Sm, Sw-5, Sw-RT e Ty-1.
9 x 1' = F ₁ (TOM-699 x TOM-700)	
1 x 2' = F ₁ (TOM-694 x TOM-684)	Híbridos de crescimento indeterminado com as resistências: I, Mi, Pto, Ve, Sm, Sw-5, Sw-RT e Ty-1.
2 x 2' = F ₁ (TOM-695 x TOM-684)	
3 x 2' = F ₁ (TOM-696 x TOM-684)	
4 x 2' = F ₁ (TOM-697 x TOM-684)	
5 x 2' = F ₁ (TOM-691 x TOM-684)	Híbridos de crescimento indeterminado com as resistências: I, I ₂ [?] , Mi, Pto, Ve, Sm, Sw-5 e Ty-1.
6 x 2' = F ₁ (TOM-692 x TOM-684)	
7 x 2' = F ₁ (TOM-693 x TOM-684)	
8 x 2' = F ₁ (TOM-698 x TOM-684)	Híbridos de crescimento indeterminado com as resistências: I, I ₂ [?] , Mi, Pto, Ve, Sm, Sw-5, Sw-RT e Ty-1.
9 x 2' = F ₁ (TOM-699 x TOM-684)	

Resistências: I = *Fusarium oxysporum* fsp. *lycopersici* raça 1; I₂ = *Fusarium oxysporum* fsp. *lycopersici* raça 2; Mi = *Meloidogyne* spp.; Pto = *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*; Sm = *Stemphylium* sp.; Sw-5 = *Tospovirus*; Sw-RT = resistência a *Tospovirus*, fonte 'Rey de Los Tempranos'; Vê = *Verticillium* sp.; Ty-1 = *Begomovirus*, ? = resistência presumida pela genealogia das linhagens parentais.

Delineamento e detalhes experimentais

A semeadura dos 18 tratamentos foi realizada em bandejas de isopor de 128 células em substrato Plantimax®. Após 23 dias, as mudas foram transplantadas para o campo no delineamento de blocos casualizados com 18 tratamentos e 3 repetições. Cada parcela constituiu-se de uma fileira com 12 plantas. O espaçamento utilizado foi de 1,00 m entre linhas e 0,50 m entre plantas, equivalente a 20.000 plantas.ha⁻¹. O cultivo foi feito em sistema tutorado de área irrigada por gotejamento. As plantas foram conduzidas com haste única, tutoradas individualmente, sendo semanalmente desbrotadas. As adubações de plantio e de cobertura, e os tratos culturais e fitossanitários seguiram recomendações específicas para a cultura do tomateiro.

Foram feitas 13 colheitas no período de 19 de junho a 23 de agosto de 2007. Utilizou-se o valor médio de cada parcela para a realização das análises. As características avaliadas foram:

. **produção total de frutos** - obtida pelo somatório das produções do total de frutos colhidos em cada parcela, referente às 13 colheitas. Os dados foram expressos em t.ha⁻¹ de frutos colhidos;

. **produção precoce** - obtida pelo somatório das produções do total de frutos colhidos em cada parcela, referente às 4 primeiras colheitas. Os dados foram expressos em t.ha⁻¹ de frutos colhidos;

. **massa média dos frutos** - obtida pela divisão da massa total dos frutos de cada parcela, pelo respectivo número de frutos. Computaram-se os valores referentes às 13 colheitas e os resultados foram expressos em g.fruto⁻¹;

. **formato dos frutos** - obtido pela divisão do comprimento médio pela largura média dos frutos, por parcela. Relações C/L>1 são típicas do formato oblongo, denominado Santa Cruz;

. **firmeza dos frutos** - medida segundo a técnica de aplanção não-destrutiva, desenvolvida por Calbo & Calbo (1989) e Calbo & Nery (1995). A

medição da firmeza por essa técnica é feita utilizando-se um aplanador centrado. O princípio consiste em aplicar uma força exatamente conhecida à superfície do fruto, seguindo-se à medição da área de contato entre a placa compressora e a superfície do fruto. A área aplanada foi estimada pela fórmula da área (A) de uma elipse, $A = 0,7884 * a * b$, em que A = área aplanada em cm^2 , a = comprimento (cm) e b = largura (cm). A firmeza (Fz) foi obtida dividindo-se o peso da ponta de prova (P), em quilogramas-força pela área aplanada (A), em cm^2 , $Fz = P/A$. Para avaliação da firmeza, coletaram-se 6 frutos por parcela, no estádio *breaker* (caracterizado pela quebra do estado verde dos frutos com o aparecimento de manchas levemente amareladas ou avermelhadas na região da cicatriz estilar), que foram armazenados em prateleiras dentro de câmara fria a 15°C e umidade relativa de 60%, durante 18 dias. Foram anotadas as medidas individualmente para cada um dos seis frutos, obtendo-se, posteriormente, o valor médio para cada parcela. Estes frutos constituíram uma amostra uniforme relativamente ao ponto de colheita, ao tamanho e à ausência de injúrias e defeitos. Cada fruto foi colocado sob a ponta de prova do planador, com peso de 1,047kgf. Os frutos armazenados de cada parcela foram numerados e as medidas feitas sempre no mesmo ponto. Para delinear melhor a elipse provocada pela compressão, foi usada uma gota de óleo mineral na superfície do fruto a ser medido. A largura e o comprimento da elipse foram medidos com auxílio de um paquímetro. As medidas foram tomadas a partir do estádio *breaker* (dia 0) e, daí, a cada 2 dias, até o 18º dia após o *breaker*;

. **meia vida da firmeza** - consiste no tempo (em dias) em que a firmeza inicial do fruto no estádio *breaker* se reduz à metade. A meia vida da firmeza (T) foi obtida pela regressão dos dados da firmeza de cada parcela, no número de dias decorridos (X), mediante o modelo de decaimento exponencial: $Fz = F_0 * (1/2)^{X/T}$, em que F_0 = firmeza inicial (N.m^{-2}) dos frutos no estádio *breaker*, X = número de dias decorridos após a colheita no estádio *breaker*, T =

meia vida da firmeza (dias); F_z = firmeza ($N.m^{-2}$) depois de decorridos X dias. As medidas da firmeza inicial (F_0) e meia vida (T), para cada parcela, foram utilizadas nas análises estatísticas.

Análises estatísticas

Procedeu-se, primeiramente, a análise de variância para cada um dos caracteres avaliados para o delineamento em blocos casualizados, utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + b_j + t_i + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : observação do i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco;

μ : é o efeito fixo da média geral;

b_j : é o efeito aleatório do j -ésimo bloco;

t_i : é o efeito fixo do i -ésimo genótipo (tratamentos);

e_{ij} : é o erro experimental médio.

Na análise dialélica, os quadrados médios da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação foram obtidos segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij}.$$

em que:

Y_{ij} : observação da combinação híbrida envolvendo os genitores i e j

m : média geral;

g_i : capacidade geral de combinação do genitor feminino i ;

g_j : capacidade geral de combinação do genitor masculino j ;

s_{ij} : capacidade específica de combinação dos genitores i e j ;

e_{ij} : erro experimental.

Para a obtenção das estimativas, adotaram-se as seguintes restrições:

$$\sum g_i = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, p); \quad \sum g_j = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, q); \quad \sum s_{ij} = 0$$

Para se conhecer os efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres, foi calculado o coeficiente de determinação (R^2) para as estimativas dos efeitos aditivos (capacidade geral de combinação - CGC) e não aditivos (capacidade específica de combinação - CEC), pela relação entre a soma de quadrados dos efeitos aditivos (CGC) e não aditivos (CEC) e a soma de quadrados de tratamentos, para cada caráter estudado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises dialélicas, com a decomposição do efeito de tratamentos em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), são apresentados na tabela 1.

Produção total de frutos

Diferenças significativas foram observadas para as estimativas das CGC entre as linhagens do grupo I e para CEC, indicando que os efeitos aditivos e os não-aditivos foram importantes na expressão da produção total e que há divergência entre as linhagens do grupo I para essa característica. A não significância da CGC entre as linhagens do grupo II reflete a pouca divergência genética entre estas linhagens, que possuem *background* genotípico comum (Tabela 1).

As estimativas de CGC entre as linhagens do grupo I variaram de -15,713 a 16,058 t.ha⁻¹ [(amplitude total de 31,771 t.ha⁻¹, valor considerável quando comparado à média geral ($\mu = 76,387$)] (Tabelas 1 e 2). Entre as linhagens do grupo II, as estimativas da CGC variaram de -1,294 a 1,294 t.ha⁻¹, com amplitude total de 2,588 t.ha⁻¹ (valor pouco relevante comparativamente a $\mu = 76,387$ t.ha⁻¹). As linhagens 2 (TOM-695), 8 (TOM-698) e 9 (TOM-699) apresentaram as estimativas mais favoráveis de g_i, com valores respectivos de 16,058; 6,648 e 5,028 t.ha⁻¹, e tenderam, pois, a incrementar favoravelmente a produção total nos híbridos de que participam (Tabela 2).

Amplitude total elevada foi observada também para as estimativas de CEC, que variaram de -17,739 a 17,739 t.ha⁻¹ (amplitude de 35,478 t.ha⁻¹). Por meio do coeficiente de determinação verificou-se que os efeitos aditivos e não aditivos foram semelhantemente importantes na expressão da produção total, com valores de 57,91% e 42,09%, respectivamente. Melo (1988) e Amaral

Júnior (1996) observaram a predominância dos efeitos não-aditivos na expressão da produção total em tomateiro.

As combinações híbridas 2 x 1' [F₁(TOM-695 x TOM-700)], 9 x 1' [F₁(TOM-699 x TOM-700)] e 8 x 2' [F₁(TOM-698 x TOM-684)], que apresentaram as estimativas de s_{ij} mais favoráveis para a produção total de frutos, apresentaram também as maiores estimativas de g_i+g_j+s_{ij}, tendo sido, dessa maneira, os mais produtivos. Segundo Griffing (1956), a melhor combinação híbrida deve ser aquela com maior s_{ij}, cujos parentais apresentem alta CGC. O híbrido 8 x 2' alia valor positivo para a estimativa s_{ij} (7,114 t.ha⁻¹) a valores positivos de g_i e g_j (6,648 e 1,294, respectivamente) (Tabela 3).

Produção precoce de frutos

Na análise dialélica, ocorreram diferenças significativas para CGC entre linhagens do grupo I e entre as do grupo II. Isso denota a ocorrência de variabilidade genética entre as linhagens dos dois grupos para esse caráter. Não foram detectadas diferenças significativas para CEC, mostrando que os efeitos aditivos (CGC) foram mais importantes para a expressão da produção precoce que os efeitos não-aditivos.

Nas linhagens do grupo I, as CGCs variaram de -4,673 a 3,866 t.ha⁻¹. A amplitude total de 8,539 t.ha⁻¹ é bastante expressiva, quando comparada à média geral ($\mu = 11,660$ t.ha⁻¹) e reflete os ganhos que se podem conseguir para esta característica na escolha de um ou outro genitor. As linhagens 1 (TOM-694), 2 (TOM-695) e 3 (TOM-696) e 4 (TOM-697) apresentaram as maiores estimativas de g_i, com valores respectivos de 1,130; 2,588; 3,866 e 2,896 t.ha⁻¹. Os valores mais favoráveis para o caráter produção precoce de frutos dessas linhagens devem-se, provavelmente, ao fato de elas possuírem *background* comum, distinto do das demais linhagens do grupo I. Nas linhagens do grupo II, os valores das CGC variaram de -1,539 a 1,539 t.ha⁻¹, com amplitude total de 3,078

t.ha⁻¹, valor que, apesar de significativo, tem menor relevância comparativamente à média geral ($\mu = 11,660 \text{ t.ha}^{-1}$). As melhores estimativas da CGC para produção precoce coincidiram com as melhores estimativas para produção total nas linhagens 2 (TOM-695) e 3 (TOM-696) (Tabela 3).

Massa média dos frutos

Houve diferenças significativas para CGC apenas entre as linhagens do grupo I, o que indica a existência de diferenças importantes entre essas linhagens para a característica massa média por fruto (Tabela 1). Não foram detectadas diferenças significativas para CEC, o que mostra que os efeitos aditivos (CGC) foram mais importantes para a expressão da massa média dos frutos que os efeitos não-aditivos, o que também é evidenciado pelos valores do coeficiente de determinação (R^2) (Tabela 1).

Os valores para CGC entre as linhagens do grupo I variaram de -9,610 g.fruto⁻¹, para a linhagem 6 (TOM-692) a 10,670 g.fruto⁻¹, para a linhagem 8 (TOM-698) (Tabela 2). A amplitude de 20,28 g.fruto⁻¹ é de relativa importância quando comparada à média geral ($\mu = 136,625 \text{ g.fruto}^{-1}$). As linhagens 2 (TOM-695), 8 (TOM-698) e 9 (TOM-699) se destacaram por exibirem as maiores estimativas de g., com valores respectivos de 4,408; 10,670 e 9,687 g.fruto⁻¹, sendo, portanto, promissoras para obtenção de frutos com massas médias superiores. A maior participação dos efeitos aditivos na expressão desse caráter está de acordo com os resultados obtidos por Amaral Júnior et al. (1999) e Garg (2008).

Formato dos frutos

As médias para formato (comprimento/largura) dos frutos ($\mu=1,179$) e seus desvios devido às CGC e CEC caracterizam-nos como formato oblongo ($C/L>1$) (Tabela 1). Efeitos significativos entre tratamentos do dialelo foram

verificados para CGC entre linhagens, tanto do grupo I quanto entre linhagens do grupo II (CGC) e também para CEC, indicando a influência tanto dos efeitos aditivos quanto dos efeitos não-aditivos na expressão desse caráter (Tabela 1)

Os efeitos da CGC nas linhagens do grupo I tiveram uma participação mais expressiva no formato dos frutos comparativamente às linhagens do grupo II, refletindo a maior divergência genética entre os genitores do primeiro grupo do que entre os do segundo: as estimativas de g_i variaram de -0,065 a 0,094. A amplitude de 0,159 representa 13,49% da variação média total e reflete uma maior importância dos efeitos aditivos na expressão do caráter formato dos frutos. Dentro do grupo II, a amplitude observada foi de 0,044 e representa apenas 3,73% da variação média total (Tabela 2). As maiores estimativas da CGC para C/L foram exibidas pelas linhagens: 5 (TOM-691), 6 (TOM-692) e 7 (TOM-693), com valores de 0,075; 0,040 e 0,094, respectivamente. Embora significativos, os valores de CGC não são de magnitudes a reduzir a C/L a valores inferiores a 1.00, de modo que todas as linhagens utilizadas podem ser empregadas para a obtenção de híbridos do tipo Santa Cruz.

Os valores para CEC variaram de -0,024 a 0,024 (a amplitude de 0,048 representa 4,07% da variação média total). As maiores estimativas de s_{ij} para a relação C/L foram observadas nas combinações híbridas 7 x 1' [F_1 (TOM-693 x TOM-700)], 1 x 2' [F_1 (TOM-694 x TOM-684)] e 9 x 2' [F_1 (TOM-699 x TOM-684)], com os valores respectivos de 0,024; 0,017 e 0,013 - que são bastante pequenos. A combinação híbrida 7 x 1' [F_1 (TOM-693 x TOM-700)] (Tabela 4) associa estimativas elevadas, tanto dos efeitos aditivos (g_i e g_j) quanto dos efeitos não-aditivos (s_{ij}) e corresponde ao híbrido que apresentou a maior média para C/L dos frutos, que foi 1,287 (dado não apresentado). Este híbrido, por apresentar frutos ligeiramente mais compridos que o segmento Santa Cruz, talvez possa ser inserido no segmento de tomate 'italiano'.

Firmeza inicial dos frutos e meia vida da firmeza

Não foram observadas diferenças significativas para as estimativas de CGC e CEC, tanto para firmeza dos frutos no estágio *breaker* quanto para meia vida da firmeza, refletindo baixa variabilidade genética entre os genitores para esses caracteres relacionados à firmeza de frutos.

Considerações gerais

Os efeitos gênicos aditivos foram mais importantes para produção precoce, massa média dos frutos e formato dos frutos. Os efeitos aditivos e não aditivos foram importantes na expressão da produção total. As diferenças entre as CGCs das linhagens do grupo I foram mais nítidas do que entre as linhagens do grupo II. Isto ocorreu devido à maior divergência genética existente entre as linhagens do grupo I, que constituem pelo menos três grupos de genealogias distintas. Já as linhagens do grupo II têm comportamentos menos divergentes, por possuírem *background* genotípico comum.

No grupo de genitores femininos, destacaram-se, pelos altos valores das estimativas de CGC, considerando todas as características avaliadas, as linhagens 2 (TOM-695), 3 (TOM-696), 8 (TOM-698) e 9 (TOM-699). Os valores de CGC apresentados pelas linhagens 2, 3 e 8 se situaram entre os maiores para as características: produção total, produção precoce e massa média dos frutos. A linhagem 9 apresentou estimativas da CGC positiva e de alta magnitude para produção total, massa média dos frutos e meia vida da firmeza. No grupo II, a linhagem 2' (TOM-684) apresentou valores positivos de CGC para produção total e produção precoce, enquanto a linhagem 1' (TOM-700) exibiu valores positivos para massa média dos frutos, firmeza inicial e meia vida da firmeza.

O híbrido 2 x 1' [F_1 (TOM-695 x TOM-700)] apresentou a maior estimativa de s_{ij} para produção total, produção precoce e massa média por frutos,

com valores respectivos de 17,739 t.ha⁻¹; 1,124 t.ha⁻¹ e 6,410 g.fruto⁻¹. Para firmeza inicial e meia vida da firmeza, este mesmo híbrido apresentou valores positivos para CEC que, no entanto, não diferiram significativamente das CEC dos demais híbridos. As estimativas de s_{ij} para os híbridos 9 x 1' [F₁(TOM-699 x TOM-700)] e 3 x 2' [F₁(TOM-696 x TOM-694)] ficaram entre as maiores para produção total, produção precoce e massa média dos frutos.

4 CONCLUSÃO

1. As linhagens genitoras 2 (TOM-695), 3 (TOM-696) e 8 (TOM-698), do grupo I, se destacaram por exibir as maiores estimativas de CGC para as características produção total, produção precoce e massa média dos frutos. A linhagem 9 (TOM-699) apresentou estimativas da CGC positivas e de alta magnitude para produção total, massa média dos frutos e meia vida da firmeza. A linhagem 2' (TOM-684), do grupo II, apresentou valores positivos de CGC para produção total e produção precoce, enquanto a linhagem 1' (TOM-700) exibiu valores positivos para massa média dos frutos, firmeza inicial e meia vida da firmeza.
2. O híbrido 2 x 1' [F_1 (TOM-695 x TOM-700)] apresentou a maior estimativa de s_{ij} para produção total, produção precoce e massa média dos frutos, e também a maior estimativa de $g_i + g_j + s_{ij}$, constituindo um híbrido bastante promissor para ser lançado comercialmente.
3. Os efeitos gênicos aditivos foram mais importantes para produção precoce, massa média dos frutos e formato dos frutos, enquanto, para produção total, os efeitos aditivos e não aditivos tiveram importância semelhantes.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade Federal de Lavras e à empresa HortiAgro Sementes Ltda.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL JUNIOR, A. T.; CASALI, V. W. D.; SCAPIM, C. A.; SILVA, D. J. H. da.; CRUZ, C.D. Análise dialélica da capacidade combinatória de cultivares do tomateiro. **Bragantia**, Campinas, v.55, n.1, p.67-73, 1999.

AMARAL JUNIOR, A. T.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C.D.; FINGER, F. L. Inferências genéticas na produção e qualidade de tomateiro sob cruzamento dialélico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1407-1426, ago. 1999.

CALBO, A. G.; CALBO, M. E. Medição e importância do potencial de parede. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Ribeirão Preto, v.1, n.1, p.41-45, jun. 1989.

CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 14-18, maio 1995.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. de S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

FARIA JC; BEZZERRA IC; ZERBINI FM; RIBEIRO SG; LIMA MF. Situação atual das geminivirose no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, n.2, p.125-137, jun. 2000.

FERNANDES, J. J.; CARVALHO, M. G.; ANDRADE, E. C.; BROMMONSCHENKEL, S. H.; FONTES, E. P. B.; ZERBINI, F. M. Biological and molecular properties of Tomato rugose mosaic virus (ToRMV), a new tomato-infecting begomovirus from Brazil. **Plant Pathology**, v.55, n.4, p. 513–522, aug. 2006.

FERRAZ, E., RESENDE, L.V.; LIMA, G.S.A.; SILVA, M.C.L.; FRANÇA, J.G.E.; SILVA, D.J. Redenção: nova cultivar de tomate para a indústria resistente a geminivírus e tospovírus. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 578-580, jul./set 2003.

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, n. 1-2, p.275–288, jan. 2008.

GERMAN, T.L.; ULLMAN, D.E.; MOYER, J.W. Tospoviruses: diagnosis, molecular biology, phylogeny, and vector relationships. **Annual Review of Phytopathology**, v.30, p.315-348, sept.1992.

GHOSH, D. K.; BISWAS, P. C. Complete diallel crosses plans through balanced incomplete block designs. **Journal of Applied Statistics**, Hants, v. 30, n. 6, p. 697-708, july, 2003.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallell crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, East Melbourn, v. 9, n. 3, p. 463-493, 1956.

INOUE-NAGATA, A.K.; NAVAS-CASTILLO, J.; MELO, P.C.T.; ÁVILA, A.C. Busca por Tomato yellow leaf curl virus e Tomato yellow leaf curl Sardinia virus em tomatesiros. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 799-800, out/dez. 2004.

JULIATTI, F.C.; MALUF, W.R. Controle genético da resistência do tomateiro a um isolado de tospovírus (TSWV): Análise em plantas individuais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.39-47, 1995.

LOURENÇÃO, A.L., YUKI, V.A.; ALVES, S.B. Epizootia de *Aschersonia* cf. *goldiana* em *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) biótipo B no Estado de São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, p.343-345, 1999.

LOURENÇÃO, A.L.; SIQUEIRA, W.J.; MELO, A.M.T.; MELO, P.C.T.; COLARICCIO, A.; FONTE, L.C.; CHAVES, A.L.R. Avaliação da resistência a tospovírus em cultivares e linhagens de tomateiro. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, SP, v. 27, n. 1, p. 17- 23, 2001.

LOURENÇÃO, A.L.; MELO, A.M.T.; SIQUEIRA, W.J.; COLARICCIO, A.; MELO, P.C.T. Avaliação da resistência de acessos de tomateiro a tospovírus e a geminivírus. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.193-196, abr/jun. 2004.

MATOS, E.S., SIQUEIRA, W.J., LOURENÇÃO, A.L., MELO A.M.T.; 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, n. 2, p.159-165, mar./abr. 2003.

MELO, P.C.T.; MIRANDA, J.E.C.; COSTA, C.P. Possibilidades e limitações do uso de híbridos F₁ de tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.6, n.2, p.4-6, nov. 1988.

MELO, P. C. T. A cadeia agroindustrial do tomate no Brasil: retrospectiva da década de 90 e cenários para o futuro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n. 2, Palestras, jul. 2001. 1 CD ROM.

MOUND, L.A. The Thysanoptera vector species of Tospoviruses. **Acta Horticulturae**, Taiwan, v.431, p.298-307, sept.1996.

POZZER, L.; RESENDE, R.O.; LIMA, M.I.; KITAJIMA, E.W.; GIORDANO, L.B.; ÁVILA, A.C. Tospovírus: uma visão atualizada. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.4, p.95-148, 1996.

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. 271 p.

REZENDE, E.A.; FILGUEIRA, F.A.R.; ZERBINI, F.M.; MACIEL-ZAMBOLIM, E.; FERNANDES, J.J.; GILBERTSON, R.L. Tomato infected with geminivirus in greenhouse conditions at Uberlândia-MG, Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.21, p.424, 1996 Resumo.

RIBEIRO, S.G.; MELO, L.V. ; BOITEUX, L.S. ; KITAJIM, E.W.; FARIA, J.C. Tomato infection by a geminivirus in the Federal District, Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v.19, p.330, 1994 Resumo.

RIBEIRO, S.G.; AMBROZEVÍCIUS, L.P.; ÁVILA, A.C.; BEZERRA, I.C.; CALEGARIO, R.F.; FERNANDES, J.J.; LIMA, M.F.; MELLO, R.N.; ROCHA, H.; ZERBINI, F.M. Distribution and genetic diversity of tomato infecting begomoviruses in Brazil. **Archives of Virology**, v.148, n. 2, p.281–295, jan. 2003.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. Produção mundial e nacional. In: Silva, J.B.C. Giordano, L.B. **Tomate para processamento Industrial**. Brasília: Embrapa, 2000. p. 8-11.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 34, n. 10, p. 923-932, oct. 1942.

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, n.1, p.9-17, nov. 1992.

SANTANA, F.M.; RIBEIRO, S.G.; MOITA, A.W.; MOREIRA JUNIOR, D.J.; GIORDANO, L.B. Sources of resistance in *Lycopersicon* spp. to a bipartite whitefly-transmitted geminivirus from Brazil. **Euphytica**, v.122, n. 1, p. 45-51, oct. 2001.

TABELAS

TABELA 1. Resumo da análise dialélica para produção total, massa média dos frutos, produção precoce, formato dos frutos, firmeza inicial e meia vida da firmeza dos frutos em genótipos de tomateiro e coeficiente de determinação (R^2) para os efeitos aditivos (CGC) e não aditivos (CEC). Lavras, MG: UFLA, 2008.

F.V	GL	QM					
		Produção total (t.ha ⁻¹)	Produção precoce (t.ha ⁻¹)	Massa média dos frutos (g.fruto ⁻¹)	Formato (x 10 ⁻³)	Firmeza inicial (10 ⁴ N.m ⁻²)	Meia vida da firmeza (dias)
Bloco	2	1344,462	9,499	675,214	0,558	0,541	8,213
Tratamentos	(17)	405,309**	37,340**	205,496**	1,580**	0,315 ^{ns}	32,846 ^{ns}
<i>CGC linhagens grupo I</i>	8	487,472**	56,981**	327,472**	20,352**	0,309 ^{ns}	38,323 ^{ns}
<i>CGC linhagens grupo II</i>	1	90,456 ^{ns}	127,974**	76,089 ^{ns}	25,873**	0,544 ^{ns}	35,446 ^{ns}
<i>CEC</i>	8	362,502*	6,370 ^{ns}	99,696 ^{ns}	1,021*	0,294 ^{ns}	27,044 ^{ns}
Erro	34	122,209	11,767	75,216	0,436	0,209	30,621
R ² (%) CGC		57,91	91,97	77,17	95,85	56,20	61,25
R ² (%) CEC		42,09	8,03	22,83	4,15	43,80	38,75
Média (μ)		76,387	11,660	136,625	1,179	5,52	27,93
CV %		14,47	29,41	6,35	1,77	8,28	19,81

ns, **, * : não significativo e significativo, a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste de F, respectivamente

CGC: capacidade geral de combinação, CEC: capacidade específica de combinação

TABELA 2. 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. Lavras, MG: UFLA, 2008

	Linhagens	Produção total (t.ha⁻¹)	Produção precoce (t.ha⁻¹)	Massa média dos frutos (g.fruto⁻¹)	Formato	Firmeza inicial (10⁴ N.m²)	Meia vida da firmeza (dias)
Grupo I (g_i)	1	-2,082	1,130	-3,795	-0,051	-0,156	-2,062
	2	16,058	2,588	4,408	-0,038	0,035	2,126
	3	2,891	3,866	1,462	-0,065	-0,328	3,049
	4	-2,247	2,896	-8,886	-0,054	-0,076	0,337
	5	-6,280	-2,300	-4,605	0,075	0,040	1,107
	6	-15,713	-4,673	-9,610	0,040	0,193	-2,946
	7	-4,303	-4,132	0,668	0,094	0,440	-3,669
	8	6,648	0,673	10,670	-0,003	0,045	-0,899
	9	5,028	-0,048	9,687	0,002	-0,193	2,956
Grupo II (g_j)	1'	-1,294	-1,539	1,187	0,022	0,100	0,810
	2'	1,294	1,539	-1,187	-0,022	-0,100	-0,810

Linhagens: 1 = TOM-694, 2 = TOM-695, 3 = TOM-696, 4 = TOM-697, 5 = TOM-691, 6 = TOM-692, 7 = TOM-693, 8 = TOM-698, 9 = TOM-699, 1' = TOM-700 e 2' = TOM-684.

TABELA 3. 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. Lavras, MG: UFLA, 2008.

Sij	Produção total (t.ha⁻¹)	Produção precoce (t.ha⁻¹)	Massa média dos frutos (g.fruto⁻¹)	Formato	Firmeza inicial (.10⁴ N.m²)	Meia vida da firmeza (dias)
1 x 1'	-4,454	-0,030	-4,847	-0,017	0,061	-3,447
2 x 1'	17,739	1,124	6,410	-0,004	0,033	1,638
3 x 1'	-4,927	-1,934	-3,504	-0,009	-0,390	1,288
4 x 1'	-0,736	-0,794	2,971	-0,003	-0,152	-0,800
5 x 1'	-2,509	-0,980	0,230	0,011	0,091	3,736
6 x 1'	-4,422	0,806	-5,545	0,010	0,211	-1,557
7 x 1'	-0,456	0,454	2,160	0,024	0,356	-1,593
8 x 1'	-7,114	0,926	-1,119	0,002	-0,167	0,343
9 x 1'	6,879	0,428	3,245	-0,013	-0,045	0,391
1 x 2'	4,454	0,030	4,847	0,017	-0,061	3,447
2 x 2'	-17,739	-1,124	-6,410	0,004	-0,033	-1,638
3 x 2'	4,927	1,934	3,504	0,009	0,390	-1,288
4 x 2'	0,736	0,794	-2,971	0,003	0,152	0,800
5 x 2'	2,509	0,980	-0,230	-0,011	-0,091	-3,736
6 x 2'	4,422	-0,806	5,545	-0,010	-0,211	1,557
7 x 2'	0,456	-0,454	-2,160	-0,024	-0,358	1,593
8 x 2'	7,114	-0,926	1,119	-0,002	0,167	-0,343
9 x 2'	-6,879	-0,428	-3,245	0,013	0,045	-0,391

Linhas: 1 = TOM-694, 2 = TOM-695, 3 = TOM-696, 4 = TOM-697, 5 = TOM-691, 6 = TOM-692, 7 = TOM-693, 8 = TOM-698, 9 = TOM-699, 1' = TOM-700 e 2' = TOM-684.

Caracterização de genótipos de tomateiro assistida por marcadores moleculares para resistência a begomovírus e tospovírus

(Preparado de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira-PAB)

Daniela Aparecida de Castro Nizio¹, Wilson Roberto Maluf² e Antônia dos Reis Figueira³.

⁽¹⁾Departamento de Biologia, ⁽²⁾Departamento de Agricultura, ⁽³⁾Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000. Lavras, MG. E-mail: danielanizio@yahoo.com.br, wrmaluf@ufla.br, antonia@ufla.br.

Resumo – Objetivou-se, com este trabalho, avaliar genótipos de tomateiro quanto à resistência a begomovírus e caracterizar, por meio dos marcadores moleculares SCAR Sw-421 e SSR-47, híbridos de tomateiro de mesa com potencial comercial, portadores dos alelos de resistência a begomovírus e tospovírus *Ty-1* e *Sw-5*, respectivamente. Os 24 híbridos experimentais com constituição genotípica *Ty-1/Ty-1*⁺, após inoculados via enxertia, apresentaram sintomas intermediários, quando comparados às linhagens homozigotas (*Ty-1/Ty-1*) e genótipos suscetíveis (*Ty-1*⁺/*Ty-1*⁺) __ um indicativo da dominância incompleta do alelo *Ty-1* __ e foram considerados resistentes (com resistência parcial) a begomovirus. Os híbridos experimentais TEX-246, TEX-261, TEX-253, TEX-256, TEX-262, TEX-252, TEX-251 e TEX-268 aliaram médias elevadas, tanto para produção total quanto para massa média dos frutos. tendo os híbridos TEX-246, TEX-253, TEX-256, TEX-262 e TEX-252 apresentado também valores elevados para meia vida da firmeza. Portanto, constituem híbridos competitivos comercialmente, quando comparados aos padrões comerciais. Os marcadores moleculares Sw-421 e SSR-47 foram eficientes para caracterizar genótipos portadores dos alelos *Sw-5* e *Ty-1*. Os resultados das avaliações de resistência a begomovírus, obtidos por meio da enxertia, concordam com os obtidos com o marcador molecular SSR-47.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, geminivírus, resistência, microsatélite, SCAR.

Marker-assisted fingerprinting of tomato genotypes for resistance to begomovirus and tospovirus

Abstract – Experiments were designed to assess tomato genotypes for begomovirus resistance, and to assess SCAR Sw-421 and SSR-47 fingerprinting patterns associated with alleles *Ty-1* and *Sw-5* (for begomovirus and tospovirus resistance, respectively) in fresh market tomato hybrids with commercial potential. Experimental genotypes heterozygous in the *Ty-1* locus, inoculated with begomovirus via grafting of infected scions, showed intermediate symptoms between those of homozygous *Ty-1/Ty-1* lines and those of susceptible genotypes (*Ty-1⁺/Ty-1⁺*), ___ an indicative of incomplete dominance of the *Ty-1* allele ___ and were considered to possess a degree of partial resistance to begomovirus. The experimental hybrids TEX-246, TEX-261, TEX-253, TEX-256, TEX-262, TEX-252, TEX-251 and TEX-268 combined high total yields with high mean fruit mass. Hybrids TEX-246, TEX-253, TEX-256, TEX-262, TEX-252 showed in addition longer half-life for fruit firmness, and were thus considered competitive with current commercial hybrids used as checks. The molecular markers Sw-421 and SSR-47 were effective for fingerprinting of tomato genotypes bearing the resistance alleles Sw-5 and *Ty-1*. The graft-induced infection o begomovirus showed symptoms in the genotypes tested that are cohering with the results of fingerprinting with the marker SSR-47.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, geminivirus, resistance, microsatellite, SCAR.

1 INTRODUÇÃO

As geminiviroses (causadas por vírus da família Geminiviridae) e as tospoviroses são doenças que têm causado perdas significativas na cultura do tomateiro nas principais regiões do mundo onde essa solanácea é cultivada (German et al., 1992; Pozzer et al., 1996; Faria et al., 2000; Morione & Navas-Castillo, 2000).

Os gêneros dentro de Geminiviridae são classificados de acordo com seus vetores, as plantas hospedeiras e a organização do genoma. O gênero que infecta o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tem sido classificado como *Begomovirus*, sendo transmitido pela mosca-branca do gênero *Bemisia*. Os *Begomovirus* podem apresentar genoma bipartido, com duas moléculas de DNA (DNA-A e DNA-B), ou também pode apresentar genoma monopartido. O tomate é naturalmente infectado por cerca de 60 begomoviroses em todo o mundo (Fauquet et al., 2000; Jones, 2003). No Brasil, diversos surtos de begomoviroses em tomate têm sido observados, principalmente após a introdução do biótipo B (*B. argentifolii*) do vetor *Bemisia tabaci* e, hoje, além de quatro espécies reconhecidas, outras dez espécies 'provisórias' de begomovírus têm sido identificadas infectando tomate (Ribeiro et al., 2003). Os principais sintomas após a infecção por begomovírus em tomate são: enrolamento da folha, epinastia, mosaico dourado, rugoses, cloroses nervais, cloroses internervais, mosqueado e atrofia, resultando em redução da floração, paralisação no crescimento, com conseqüente perda na produção, principalmente se a infecção das plantas ocorrer nos estádios iniciais de desenvolvimento (Ribeiro et al., 1994; Rezende et al., 1996).

Os tospovírus pertencem à família Bunyaviridae, apresentando partículas quase isométricas com um envoltório lipídico e diâmetro variando de 70 a 110

nm. São responsáveis por causar o conjunto de sintomas denominado vulgarmente no Brasil como vira-cabeça-do-tomateiro e assumem grande importância como doença da cultura, principalmente nas épocas mais quentes do ano, em diferentes regiões do mundo (German et al., 1992; Pozzer et al., 1996). Os sintomas mais comuns em tomateiro são: manchas anelares com ou sem áreas bronzeadas nos frutos e folhas, acúmulo de antocianina nas extremidades das folhas jovens, necroses estriadas nas hastes e ramos, freqüentemente no topo da planta (Francki et al., 1991; Ávila et al., 1993a,b; Nagata et al., 1995). Na natureza, são transmitidos por dez espécies de tripses de maneira circulativa propagativa (Webb et al., 1998; Nakahara & Monteiro, 1999).

O desenvolvimento de cultivares de tomate com resistência às espécies de *Begomovirus* e *Tospovirus* constitui o melhor método para o controle das doenças por eles causados. Dentre as espécies selvagens de *Lycopersicon*, algumas têm sido utilizadas como fonte de alelos de resistência para serem transferidos às cultivares comerciais. A espécie selvagem *Lycopersicon chilense* Dun., fonte do alelo *Ty-1*, abrange diversos acessos com alto nível de resistência a isolados de begomovírus da França, Israel, Flórida (EUA) e das Américas (Zakay et al., 1991). Alguns acessos tolerantes a begomovírus com genoma monopartido na Europa, a partir da introgressão do alelo *Ty-1* de *L. chilense*, foram também tolerantes a alguns isolados de Begomovirus bipartidos (Santana et al., 2001; Matos et al., 2003), os quais predominam no Brasil (Ribeiro et al., 2003; Inoue-Nagata et al., 2004; Fernandes, et al., 2008).

Resistência a tospovirus tem sido identificada em acessos do gênero *Lycopersicon*. Atualmente, as cultivares Stevens (cultivar comercial com resistência proveniente de *L. peruvianum*) e Rey de Los (com resistência proveniente de *L. esculentum*) constituem as principais fontes utilizadas no controle genético do “vira-cabeça” nos programas de melhoramento em andamento no país (Juliatti & Maluf, 1995; Lourenção et al., 1999; Ferraz et al.,

2003). A resistência da cultivar Stevens a tospovírus é controlada por um alelo, denominado *Sw-5* com interação alélica de dominância (Stevens et al., 1992), enquanto na cultivar Rey de Los Tempranos a resistência é controlada por pelo menos de 1 a 3 genes com interação alélica de dominância parcial (Juliatti & Maluf, 1995). Populações derivadas da cultivar Stevens, normalmente, apresentam altos níveis de resistência aos isolados brasileiros (Boiteux & Giordano, 1993).

O procedimento de transmissão de vírus é fundamental para o estudo de doenças viróticas (Jeffries, 1998; Franc & Bantari, 2001). A avaliação da resistência de plantas a um vírus é frequentemente baseada em inoculações mecânicas. No entanto, é relatado que a infecção sistêmica de tomateiros por begomovirose quase nunca ocorre, portanto, alternativas têm sido encontradas. Métodos adequados de inoculação devem garantir 100% de infecção em plantas suscetíveis e evitar que genótipos tolerantes sejam descartados. Embora demorada, a inoculação por enxertia tem sido utilizada com alta eficiência de infecção (Kasrawi et al., 1988). Possui também a vantagem de não depender da disponibilidade do inseto-vetor.

No processo de transferência de alelos de resistência, os marcadores moleculares do DNA podem ser uma ferramenta bastante útil. Esses marcadores, se estreitamente ligados aos alelos de resistência, podem ser usados na seleção assistida por marcadores (SAM), particularmente nas etapas iniciais e intermediárias do melhoramento. O uso da seleção indireta de plantas resistentes por meio de marcadores leva a resultados mais rápidos, além de não depender de condições ambientais para realizar a seleção. A seleção de plantas resistentes a tospovírus vem sendo realizada por meio de um marcador molecular do tipo SCAR, ligado a 1,0 cM do gene *Sw-5* (Nogueira, 2005). O marcador molecular SSR-47, associado ao alelo *Ty-1*, foi eficiente na seleção de plantas resistentes a begomovírus (Nogueira et al., 2007). Este trabalho foi realizado com os

objetivos de avaliar, via enxertia, linhagens e híbridos de tomateiro quanto à resistência a begomovírus e caracterizar, por meio de marcadores moleculares, híbridos de tomateiro de mesa com potencial comercial, resistentes a begomovírus e tospovírus, portadores, respectivamente, dos alelos de resistência *Ty-1* e *Sw-5*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção dos híbridos

Vinte e quatro híbridos experimentais foram obtidos pelo cruzamento entre linhagens avançadas de tomateiro, cujas descrições se encontram no Quadro 1.

Avaliação de genótipos de tomateiro quanto à resistência a begomovírus via inoculação por enxertia

Os experimentos foram realizados em casas de vegetação e no Laboratório de Virologia Molecular do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras, entre agosto de 2007 e março de 2008.

Foram utilizados 24 híbridos experimentais F_1 , obtidos por cruzamentos entre linhagens avançadas de tomateiro, 9 linhagens avançadas presumivelmente resistentes a begomovírus (que foram utilizadas como doadoras de pólen na obtenção dos híbridos anteriormente citados) e 4 híbridos comerciais sabidamente suscetíveis a begomovírus (que foram utilizados como testemunhas). No Quadro 2 estão relacionados os híbridos e as linhagens avaliadas.

QUADRO 1. Descrição dos genitores utilizados na obtenção dos híbridos experimentais.

Genitores femininos	Descrição
TOM-694, TOM-695, TOM-696, TOM-697	Linhagens com <i>background</i> comum, do tipo Santa Clara, de crescimento indeterminado. Resistências Sw-RT e Ty-1.
TOM-691, TOM-692, TOM-693	Linhagens com <i>background</i> comum, do tipo Rio Grande, de crescimento determinado. Resistências Sw-5 e Ty-1.
TOM-698 e TOM-699	Linhagens com <i>background</i> comum, do tipo Rio Grande, de crescimento determinado. Resistências Sw-RT e Ty-1.
Genitores masculinos	
TOM-700 e TOM-684	Linhagens com <i>background</i> comum, do tipo Santa Clara, de crescimento indeterminado. Resistências a Mi e Sw-5.
TOM-598 e TOM-658	Linhagens com <i>background</i> comum, do tipo Rio Grande, de crescimento indeterminado. Resistência a Mi.

Resistências: Mi = *Meloidogyne* spp.; Sw-5 = *Tospovirus*, fonte de resistência: cv. Stevens; Sw-RT = resistência a *Tospovirus*, fonte de resistência: ‘Rey de Los Tempranos’; Ty-1 = *Begomovirus*.

QUADRO 2. Relação dos genótipos de tomateiro avaliados.

IDENTIFICAÇÃO	TIPO
TEX-245 = F ₁ (TOM-694 x TOM-700)	Híbrido experimental
TEX-246 = F ₁ (TOM-695 x TOM-700)	Híbrido experimental
TEX-247 = F ₁ (TOM-696 x TOM-700)	Híbrido experimental
TEX-248 = F ₁ (TOM-697 x TOM-700)	Híbrido experimental
TEX-249 = F ₁ (TOM-691 x TOM-700)	Híbrido experimental
TEX-250 = F ₁ (TOM-692 x TOM-700)	Híbrido experimental
TEX-251 = F ₁ (TOM-693 x TOM-700)	Híbrido experimental
TEX-252 = F ₁ (TOM-698 x TOM-700)	Híbrido experimental
TEX-253 = F ₁ (TOM-699 x TOM-700)	Híbrido experimental
TEX-254 = F ₁ (TOM-694 x TOM-684)	Híbrido experimental
TEX-255 = F ₁ (TOM-695 x TOM-684)	Híbrido experimental
TEX-256 = F ₁ (TOM-696 x TOM-684)	Híbrido experimental
TEX-257 = F ₁ (TOM-697 x TOM-684)	Híbrido experimental
TEX-258 = F ₁ (TOM-691 x TOM-684)	Híbrido experimental
TEX-259 = F ₁ (TOM-692 x TOM-684)	Híbrido experimental
TEX-260 = F ₁ (TOM-693 x TOM-684)	Híbrido experimental
TEX-261 = F ₁ (TOM-698 x TOM-684)	Híbrido experimental
TEX-262 = F ₁ (TOM-699 x TOM-684)	Híbrido experimental
TEX-263 = F ₁ (TOM-694 x TOM-598)	Híbrido experimental
TEX-264 = F ₁ (TOM-691 x TOM-598)	Híbrido experimental
TEX-265 = F ₁ (TOM-698 x TOM-598)	Híbrido experimental
TEX-266 = F ₁ (TOM-694 x TOM-658)	Híbrido experimental
TEX-267 = F ₁ (TOM-691 x TOM-658)	Híbrido experimental
TEX-268 = F ₁ (TOM-698 x TOM-658)	Híbrido experimental
Bônus F ₁	Híbrido comercial
Bravo F ₁	Híbrido comercial
Débora Max	Híbrido comercial
Pérola F ₁	Híbrido comercial
TOM-691	Linhagem genitora
TOM-692	Linhagem genitora
TOM-693	Linhagem genitora
TOM-694	Linhagem genitora
TOM-695	Linhagem genitora
TOM-696	Linhagem genitora
TOM-697	Linhagem genitora
TOM-698	Linhagem genitora
TOM-699	Linhagem genitora

Multiplicação do inoculo, enxertia e avaliação dos tratamentos quanto à resistência a begomovírus

Para multiplicação do inoculo, plantas de tomate da cultivar Santa Clara, (suscetível a begomovírus) foram enxertadas com estacas (de partes apicais apresentando sintomas severos) de plantas contaminadas com uma estirpe de begomovírus identificada como tal no laboratório de Virologia Vegetal da Universidade Federal de Lavras.

Sementes dos 37 tratamentos foram semeadas em bandejas de isopor de 128 células, em substrato Plantimax®. Após 18 dias, as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade para 2kg e mantidas em casa de vegetação. A enxertia por garfagem foi realizada 15 dias após o transplante, utilizando-se estacas das plantas de tomateiro da cultivar Santa Clara (com sintomas nítidos e severos da infecção por begomovírus) que foram enxertadas nas plantas a serem avaliadas.

As avaliações foram realizadas por planta, aos 28, 37, 46 e 60 dias após a enxertia, levando-se em consideração os sintomas nas brotações novas, por meio de uma escala de notas de 1 a 5 em que:

1 = ausência de sintomas;

2 = maioria das folhas com sintomas brandos como leve mosaico e leve rugosidade;

3 = algumas folhas com rugose nítida; sintomas variando de clorose em até 50% da área foliar a leves deformações nas folhas;

4 = maioria das folhas com rugosidade severa, clorose acima de 50% da área foliar, folhas deformadas;

5 = folhas com rugosidade severa, enrolamento das folhas, encarquilhamento, clorose e deformações severas.

Para efeito de classificação dos genótipos quanto aos níveis de resistência, adotou-se o seguinte critério de notas:

- . nota 1: altamente resistente;
- . nota acima de 1 até 2 inclusive: resistente;
- . nota acima de 2 até 3, inclusive: parcialmente resistente;
- . nota acima de 3 até 4, inclusive: suscetível;
- . nota acima de 4: altamente suscetível.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 37 tratamentos e 4 repetições, sendo cada planta uma repetição. A temperatura da casa de vegetação variou de 25°C a 35°C e a umidade relativa do ar variou de 60% a 100%. As diferenças entre tratamentos foram verificadas pelo teste de Duncan. Foram estimados contrastes entre os genótipos resistentes homozigotos, heterozigotos e homozigotos suscetíveis e, por meio desses, foi estimado o grau médio de dominância do loco *Ty-1*.

Caracterização de genótipos de tomateiro quanto à presença do alelo *Ty-1* que confere resistência a begomovírus

Nesta etapa foram avaliados todos os tratamentos listados no Quadro 2 além das testemunhas: TEX-143 (*Ty-1/Ty-1⁺*), LA-3473 (*Ty-1/Ty-1*) e LA-3475 (*Ty-1⁺ /Ty-1⁺*), os quais são heterozigoto, homozigoto resistente e homozigoto suscetível, para o loco *Ty-1*, respectivamente.

O DNA dos genótipos foi extraído em microtubos de 1,5 ml, a partir de 120 miligramas de tecido foliar, conforme sugerido por Ferreira & Gratapaglia (1998) com adaptações. O DNA foi extraído de um bulk, composto por tecido foliar de 8 plantas de cada tratamento.

A extração do DNA foi realizada da mesma forma como descrito anteriormente. Para a reação de PCR, foi obtido um mix por amostra (tratamento) contendo: 2,5 µL de tampão PCR 10X; 0,75 µL MgCl₂ 50 mM; 0,50µL de dNTP 10 mM; 1,25 µL de cada *primer* (*foward* e *reverse*) do marcador SSR-47, 10 mM; 0,25 µL Taq polimerase 1 unidade; 1,0 µL de DNA

20-50 ng; 17,5 µL de H₂O ultrapura autoclavada. A amplificação foi inicialmente conduzida por 5min/94°C, seguido por 35 ciclos de 30 s/94°C; 45 s/45°C e 2 min/72°C. A reação final de alongação foi de 5 min/72°C. Para a realização da eletroforese foram utilizados 11,5 µL do produto da PCR de cada amostra e pipetados em 4,0 µL de corante azul de bromofenol 1X. A fixação dos fragmentos foi feita em gel de poliacrilamida 15% e tampão TBE 1X. A coloração foi feita com brometo de etídio e as bandas no gel foram visualizadas em luz ultravioleta a 260nm e fotografadas.

O marcador SSR-47 (Sol genomics network, 2008) leva à replicação de fragmentos de DNA com 191pb quando o genótipo é homozigoto resistente, 180 pb quando é homozigoto suscetível e há amplificação dos dois segmentos quando o genótipo é heterozigoto para o loco *Ty-1* (Nogueira & Maluf, 2007, informação pessoal). O padrão de bandas obtido foi comparado com as testemunhas.

Caracterização de genótipos de tomateiro quanto à presença do alelo *Sw-5* que confere resistência a tospovírus

Vinte e quatro híbridos experimentais mais quatro híbridos comerciais foram avaliados nesta etapa (Quadro 1). Um genótipo sabidamente suscetível a tospovírus, denominado A-9, foi utilizado como testemunha.

A extração do DNA foi realizada da mesma forma como descrito anteriormente. Para a reação de PCR, foi obtido um mix por amostra contendo: 2,5 µL de tampão PCR 10X; 0,75 µL MgCl₂ 50 mM; 0,50µL de dNTP 10 mM; 1,25 µL de cada *primer* (*forward* e *reverse*) do marcador Sw-421, 10 mM; 0,25 µL Taq polimerase 1 unidade; 1,0 µL de DNA 20-50 ng; 17,5 µL de H₂O ultrapura autoclavada. A amplificação foi inicialmente conduzida por 30 s/94°C, seguido por 35 ciclos de 20 s/94°C; 20 s/55°C e 2 min/72°C. A reação final de alongação foi de 6 min/72°C. Para realização da eletroforese, foram utilizados

2,5 µL do produto da PCR de cada amostra (tratamento) e pipetados em 4,0 µL de corante azul de bromofenol 1X. A fixação dos fragmentos foi feita em gel de agarose 0,7% (preparado com corante Biotium) e TBE 0,5X a 100V. As bandas no gel foram visualizadas em luz ultravioleta, a 260nm e fotografadas. O marcador Sw-421 está situado a 1,0 cM do gene *Sw-5*, que confere resistência a tospovírus e caracteriza-se por amplificar fragmentos de DNA de 940 pares de base (pb), quando o genótipo é homocigoto resistente, 900 pb quando é suscetível. Genótipos heterocigotos apresentam as bandas correspondentes aos dois fragmentos, pelo fato de o marcador Sw-421 ser codominante (Stevens et al., 1996; Menezes et al., 2004; Nogueira, 2005).

Avaliação agronômica

O experimento constituiu-se de 24 híbridos experimentais e 4 híbridos comerciais (Quadro 1). A semeadura foi realizada em bandejas de isopor de 128 células em substrato Plantimax® e, após 23 dias, as mudas foram transplantadas para o campo. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com 28 tratamentos e 3 repetições. Cada parcela constituiu-se de uma fileira com 12 plantas. O espaçamento utilizado foi de 1,00 m entre linhas, 0,50 m entre plantas, equivalente a 20.000 plantas/ha. As adubações de plantio e de cobertura e os tratamentos culturais e fitossanitários seguiram recomendações específicas para a cultura do tomateiro. As plantas foram conduzidas em haste única com tutoramento vertical. Foram realizadas 13 colheitas, no período de 19 de junho a 23 de agosto de 2007 e as seguintes características foram avaliadas: produção total de frutos (expressa em t.ha⁻¹), produção precoce de frutos (referente às quatro primeiras colheitas, expressa em t.ha⁻¹), massa média dos frutos (g.fruto⁻¹), firmeza inicial do fruto no estágio *breaker* de maturação (expressa em 10⁴ N.m⁻²) e meia-vida da firmeza (expressa em dias).

A firmeza dos frutos foi medida segundo a técnica de aplanção não-destrutiva desenvolvida por Calbo & Calbo (1989) e Calbo & Nery (1995), e as meias-vidas da firmeza calculadas segundo Cá (2005) e Faria (2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação de genótipos de tomateiro quanto à resistência a begomovírus via inoculação por enxertia

Ocorreram diferenças significativas entre as notas para resistência a begomovírus entre os tratamentos, nas quatro avaliações realizadas (Tabela 1).

As médias das notas aos 28 dias após a enxertia (DAE) variaram de 1,00, para as linhagens TOM-694, TOM-698 e TOM-696 a 3,80, para os tratamentos Débora Max e Bônus F₁ (Tabela 2). Alguns híbridos experimentais, aos 28 DAE apresentaram notas semelhantes à dos híbridos comerciais suscetíveis a begomovírus. Dos 24 híbridos experimentais, três apresentaram notas acima de 3,00. Nesta fase (28 DAE), as plantas apresentavam um pequeno ramo próximo ao local do enxerto e os híbridos experimentais exibiram sintomas semelhantes às testemunhas suscetíveis em alguns casos.

Aos 37, 46 e 60 dias, os híbridos comerciais suscetíveis obtiveram notas médias acima de 3,50, as quais diferiram significativamente dos demais tratamentos (Tabela 2). Aos 37 DAE, todos os 24 híbridos experimentais apresentaram notas iguais ou menores a 3,00. Aos 46 e 60 DAE, as notas médias apresentadas pelos híbridos experimentais situaram-se entre 2,0 e 3,0 e, portanto, foram caracterizados como parcialmente resistentes. Os híbridos comerciais foram classificados como altamente suscetíveis, por exibirem notas médias acima de 4,0 aos 46 e 60 DAE. No decorrer das avaliações, foi possível observar que as notas exibidas pela maioria dos híbridos experimentais tenderam a diminuir. Este fato ocorreu devido ao surgimento de brotações novas mais distantes do ponto de enxertia, com sintomas mais atenuados. Esta ocorrência se explica pelo fato de o alelo *Ty-1* interferir na proteína viral responsável pela circulação do vírus na planta (movimento célula a célula) (Giordano et al., 1994;

Michelson et al., 1994; Zamir et al., 1994), dificultando a disseminação sistêmica das partículas virais do enxerto para as brotações mais novas da planta.

Os híbridos experimentais responderam à infecção por begomovírus de forma semelhante aos genótipos heterozigotos para o loco *Ty-I* em ensaios realizados no continente Europeu, Oriente Médio e no Brasil (Rom et al., 1993; Lapidot et al. 1997; Boiteux, et al., 2007), onde foi observada a presença de plantas sintomáticas e com multiplicação sistêmica do vírus. No entanto, em todos os ensaios a expressão dos sintomas nos híbridos heterozigotos foi mais suave do que aquela apresentada pelos híbridos suscetíveis. No presente trabalho, as linhagens se destacaram por apresentarem notas mais baixas (algumas próximas de 1,00) em todas as avaliações, caracterizando, portanto, genótipos resistentes a begomovírus. Boiteux et al. (2007) verificaram que genótipos heterozigotos (*Ty-I/Ty-I⁺*) e homozigotos suscetíveis (*Ty-I⁺/Ty-I⁺*) apresentaram 35% e 95%, respectivamente, de plantas exibindo sintomas de infecção por begomovírus após serem submetidos a condições de inóculo natural sob elevada densidade populacional de moscas-brancas virulíferas. No entanto, não foram avaliados genótipos homozigotos resistentes (*Ty-I/Ty-I*).

As estimativas dos contrastes ‘Genótipos homozigotos resistentes vs. genótipos suscetíveis’, ‘Genótipos heterozigotos vs. genótipos suscetíveis’ e ‘Genótipos homozigotos resistentes vs. genótipos heterozigotos’ foram significativas para as quatro avaliações (Tabela 3). As estimativas dos efeitos gênicos aditivos foram significativas para todas as avaliações e os efeitos de dominância apresentaram significância aos 37, 46 e 60 dias após a enxertia (Tabela 3).

No contraste entre genótipos homozigotos suscetíveis vs. genótipos homozigotos resistentes, os suscetíveis tiveram, em média, 2,12; 2,63; 2,89 e 3,04 pontos a mais na escala de sintomas do que os genótipos homozigotos resistentes, aos 28, 37, 46 e 60 dias após a enxertia, respectivamente. Por outro

lado, os genótipos suscetíveis exibiram, em média, 0,86; 1,54; 2,12 e 2,48 pontos da escala de sintomas a mais que os genótipos heterozigotos, aos 28, 37, 46 e 60 dias após a enxertia, respectivamente, como mostrado no contraste entre genótipos suscetíveis vs. genótipos heterozigotos. Este resultado demonstra que os genótipos heterozigotos exibem sintomas sensivelmente mais brandos comparativamente aos suscetíveis, porém, mais acentuados comparativamente aos homozigotos resistentes. O loco *Ty-1* confere reação de tolerância (resistência parcial) contra distintas espécies de *Begomovirus* (Santana et al., 2001; Matos et al., 2003; Boiteux et al., 2007). Assim, mesmo algumas plantas homozigotas para o loco *Ty-1*, exibem sintomas da infecção sistêmica pelo vírus.

A significância do contraste entre genótipos heterozigotos vs. genótipos homozigotos resistentes (Tabela 3) confirma o fato de que os genótipos homozigotos para o loco *Ty-1* são mais resistentes a begomovírus que os genótipos heterozigotos, os quais, por sua vez, são mais resistentes que os suscetíveis.

As estimativas do grau de dominância (A/D) do loco *Ty-1*, aos 28 e aos 37 dias após a enxertia (0,19 e -0,17, respectivamente), caracterizaram a predominância dos efeitos aditivos na expressão da resistência a begomovírus. Aos 46 e aos 60 dias após a enxertia, os valores de A/D situaram-se entre 0 e -1 (-0,47 e -0,63; respectivamente), evidenciando dominância incompleta do alelo *Ty-1*, da mesma forma como verificado por Michelson et al. (1994) e Zamir et al. (1994). A dominância parcial caracterizada pelo *Ty-1* possibilita a obtenção de híbridos de tomateiro com níveis de resistência a *Begomovirus*. Entretanto, o desenvolvimento de híbridos homozigotos para o loco *Ty-1*, com maiores níveis de resistência, enfrenta limitação, devido aos alelos *Ty-1* (que confere tolerância ou resistência parcial a begomovirus) e *Mi* (alelo que confere resistência ao nematóide das galhas, *Meloidogyne* spp.) estarem ligados em fase de repulsão

(Zamir et al., 1994, Pan et al., 2000), o que dificulta a obtenção de linhagens resistentes, simultaneamente, a begomovírus e nematóides.

Caracterização molecular de genótipos de tomateiro quanto à presença dos alelos *Sw-5* e *Ty-1* que conferem resistência a tospovírus e begomovírus, respectivamente

Os padrões de bandas correspondentes aos locos *Sw-5* e *Ty-1*, exibidos pelos tratamentos, estão apresentados nas Figuras 1 e 2. Os padrões de bandas do marcador SSR-47 apresentados pelos tratamentos foram comparados com os apresentados pelas testemunhas LA-3473 (*Ty-1/Ty-1*, homozigoto resistente), LA-3475 (*Ty-1⁺/Ty1⁺*, homozigoto suscetível) e TEX-143 (*Ty-1⁺/Ty-1*, heterozigoto), os quais apresentaram, respectivamente, uma banda superior (de 191pb), uma banda inferior (de 180pb) e as duas bandas (pelo fato de o marcador ser codominante). O padrão de bandas apresentado pelas testemunhas e também de alguns dos híbridos avaliados pode ser visto na Figura 1. Os 24 híbridos experimentais foram caracterizados, por meio do marcador molecular SSR-47, como heterozigotos para o loco *Ty-1*, pelo fato de terem apresentado duas bandas, correspondentes a fragmentos de DNA amplificados de 191pb e 180 pb, respectivamente. Estes híbridos, portanto, são portadores do alelo *Ty-1* que confere resistência parcial a begomovírus. Os híbridos comerciais apresentaram padrão de bandas semelhantes ao da testemunha suscetível LA-3475 e são suscetíveis a begomovírus. As linhagens avançadas utilizadas como genitoras na obtenção dos híbridos experimentais apresentaram padrão de banda semelhante ao da testemunha resistente LA-3473 e são, portanto, resistentes a begomovírus e homozigotas para o loco *Ty-1*.

Nogueira et al. (2007) verificaram a eficiência do marcador SSR-47 em selecionar genótipos portadores do alelo *Ty-1*.

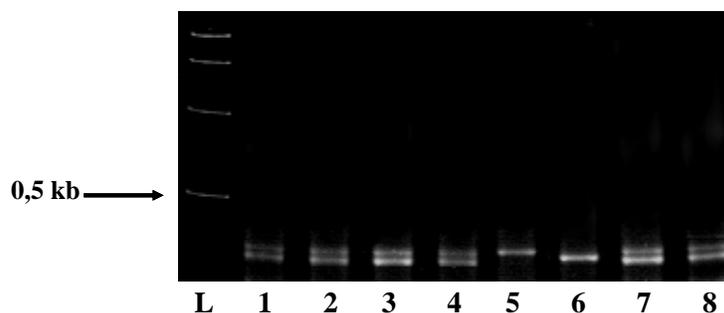


FIGURA 1. Padrão eletroforético de fragmentos de DNA amplificados para o marcador SSR-47 em genótipos de tomateiro; L- Ladder ; 1- TEX-245; 2-TEX-249; 3-TEX-253; 4-TEX-143; 5-LA 3473; 6- LA 3475; 7-TEX-260; 8-TEX-265.

As descrições dos tratamentos referentes à constituição genotípica dos locos *Sw-5* e *Ty-1* estão apresentadas na Tabela 5.

O padrão de bandas apresentado por alguns dos híbridos avaliados encontra-se na Figura 2. Os fragmentos de DNA amplificados com a utilização do marcador do tipo SCAR *Sw-421* apresentaram bandas correspondentes a 940 e 900 pb, que correspondem ao esperado para esse marcador (Stevens et al., 1996; Menezes et al., 2004; Nogueira, 2005). Duas bandas foram observadas em 14 dos 24 híbridos experimentais (TEX-245, TEX-246, TEX-247, TEX-248, TEX-252, TEX-253, TEX-254, TEX-255, TEX-256, TEX-257, TEX-261, TEX-262, TEX-264, e TEX-267) e para os híbridos comerciais Bônus F₁ e Pérola F₁, o que os caracteriza como heterozigotos (H) para o loco *Sw-5*, confirmando o mecanismo de herança do marcador do tipo codominante (Stevens et al, 1996). Os tratamentos TEX-249, TEX-250, TEX-251, TEX-258, TEX-259, TEX-260 e Bravo F₁ apresentaram padrões de bandas carcerísticos de genótipos homozigotos resistentes (R) a tospovírus, portadores do alelo *Sw-5*. Cultivares portadoras do alelo *Sw-5*, normalmente, apresentam altos níveis de resistência

aos isolados de tospovírus brasileiros (Boiteux & Giordano, 1993). Cinco tratamentos exibiram padrões de bandas semelhantes ao da testemunha A-9 (suscetível a tospovírus), os quais foram os híbridos experimentais TEX-263, TEX-265, TEX-266, TEX-268 e o híbrido comercial Débora Max. Embora não apresentem o alelo *Sw-5*, os híbridos experimentais TEX-263, TEX-265, TEX-266, TEX-268 são portadores do(s) alelo(s) de resistência a tospovírus proveniente da cultivar de *L. esculentum* Rey de Los Tempranos. Maluf et al. (1991), descrevendo os avanços obtidos no melhoramento de tomateiro para resistência a tospovírus, fizeram uso de ‘Rey de Los Tempranos’ como um dos parentais e confirmaram-no como fonte de resistência o que, posteriormente, também foi constatado por Juliatti (1994) e Cambraia (1997).

O marcador *Sw-421* permite selecionar, com boa margem de segurança, plantas com o alelo *Sw-5*, uma vez que a distância entre o marcador e o loco *Sw-5* é de apenas 1,0 cM (Stevens et al., 1996; Menezes et al., 2004; Nogueira, 2005).

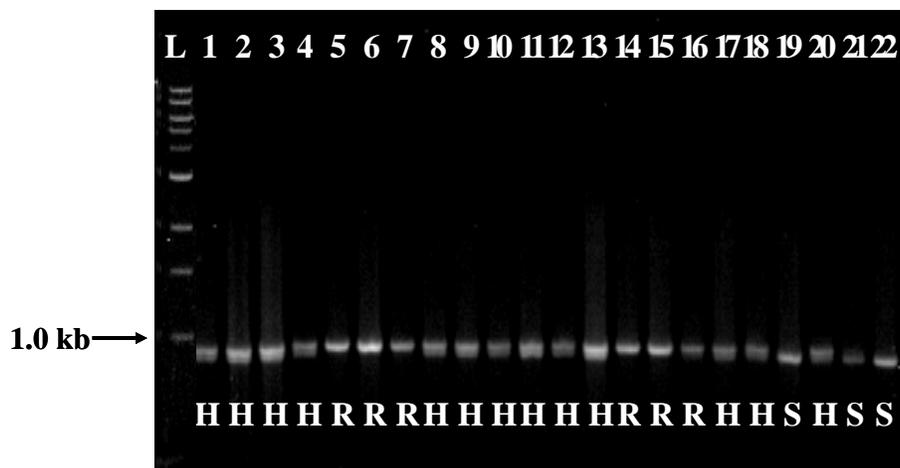


FIGURA 2. Padrão eletroforético de fragmentos de DNA amplificados para o marcador Sw-421, em genótipos de tomateiro; L- Marcador Ladder 100 kb; 1- TEX-245; 2-TEX-246; 3-TEX-247; 4-TEX-248; 5-TEX-249; 6-TEX-250; 7- TEX-251; 8-TEX-252; 9-TEX-253; 10-TEX-254; 11-TEX-255; 12-TEX-256; 13- TEX-257; 14-TEX-258; 15-TEX-259; 16-TEX-260; 17-TEX-261; 18-TEX-262; 19- TEX-263; 20-TEX-264; 21- Débora Max; 22-A9. R: resistente; H: heterozigoto resistente; S: suscetível.

Avaliação agronômica

Além da resistência às principais pragas e doenças, é necessário que as cultivares de tomateiro a serem lançadas no mercado tenham características agronômicas desejáveis e que sejam melhores ou semelhantes às principais cultivares atualmente disponíveis.

Os rendimentos médios por hectare dos híbridos experimentais oscilaram de 108,89 t.ha⁻¹, para o híbrido TEX-246 a 54,22 t.ha⁻¹, para TEX-267. Das testemunhas comerciais, o híbrido Bravo F₁ foi o que apresentou maior produção total (100,75 t.ha⁻¹), porém, não diferiu estatisticamente dos demais híbridos

comerciais Débora Max, Pérola F₁ e Bônus F₁, que exibiram os respectivos valores: 92,39; 90,78 e 87,57 t.ha⁻¹. Os híbridos experimentais TEX-246, TEX-261, TEX-253, TEX-256, TEX-254, TEX-263, TEX-257, TEX-255, TEX-262, TEX-265, TEX-252, TEX-258, TEX-268, TEX-260, TEX-247, TEX-248, TEX-251 e TEX-245 apresentaram valores satisfatórios de produção total e semelhantes ao das testemunhas comerciais (Tabela 4). Para produção precoce, os valores variaram de 19,67 t.ha⁻¹, para o híbrido TEX-263 a 3,11 t.ha⁻¹, para o híbrido comercial Bravo F₁, o qual foi o mais tardio. Os híbridos TEX-263, TEX-256, TEX-264, Bônus F₁, TEX-257, TEX-255, Pérola F₁, TEX-254 e TEX-265 com valores para produção precoce de 19,67; 19,00; 18,30; 17,23; 16,89; 14,66; 14,61; 14,36 e 14,33 t.ha⁻¹, foram os mais precoces. Já os híbridos TEX-260, TEX-259, TEX-268, TEX-249, TEX-251, TEX-250 e TEX-267, com valores de 8,61; 7,72; 7,50; 6,84; 6,44; 6,25 e 5,55, respectivamente, para produção precoce, foram os mais tardios, juntamente com o híbrido comercial Bravo F₁ (3,11 t.ha⁻¹) (Tabela 4).

Para massa média de fruto, o híbrido comercial Bravo F₁ foi o que apresentou maior valor (156,85g), que, no entanto, não diferiu estatisticamente dos demais híbridos comerciais-testemunhas nem dos híbridos experimentais TEX-253, TEX-246, TEX-252, TEX-261, TEX-268, TEX-262, TEX-251 e TEX-256, que apresentaram valores de 150,74; 148,63; 147,36; 147,23; 144,35; 141,88; 140,64 e 140,40 g.fruto⁻¹, respectivamente para massa média dos frutos. Estes genótipos apresentaram valores de massa média por fruto acima de 140g, enquanto dois genótipos apenas apresentaram valores inferiores a 120g (TEX-264 e TEX-267) (Tabela 4).

Embora os genótipos aqui utilizados não possuam genes mutantes específicos para firmeza, é possível a presença de genes menores que conferem frutos mais firmes (Martin, 1987). Foi possível verificar que tanto os híbridos experimentais quanto os híbridos comerciais exibiram valores de firmeza inicial

dos frutos bastante semelhantes, não havendo diferenças significativas entre eles. Apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas ($P>0,05$) entre os genótipos para meia vida da firmeza, os híbridos Bônus F₁, TEX-249, TEX-247, TEX-246, TEX-253 e TEX-267 obtiveram os maiores valores para essa característica (36,75; 33,59; 33,08; 32,51; 32,09 e 30,41 dias, respectivamente).

Os híbridos experimentais TEX-246, TEX-261, TEX-253, TEX-256, TEX-262, TEX-252, TEX-251 e TEX-268 aliaram médias elevadas tanto para produção total quanto para massa média dos frutos. Os híbridos TEX-246, TEX-253, TEX-256, TEX-262 e TEX-252 apresentaram também valores elevados para meia vida da firmeza e podem competir economicamente com os híbridos comerciais.

Considerações gerais

Os híbridos heterozigotos para o loco *Ty-1*, TEX-252, TEX-256, TEX-261, TEX-263, TEX-264 e TEX-265 se destacaram quanto à resistência a begomovírus por exibirem notas 2,0, aos 46 e aos 60 dias após a enxertia (Tabela 2). Das linhagens homozigóticas *Ty-1/Ty-1*, as que exibiram notas iguais ou inferiores a 1,80 para os sintomas da infecção por begomovírus, aos 46 e 60 DAE, foram TOM-694, TOM-695, TOM-696, TOM-697, TOM-698 e TOM-699, as quais são resistentes a begomovírus. Aos 46 e 60 DAE, as estimativas do grau de dominância (A/D) situaram-se entre 0 e -1 (-0,47 e -0,63, respectivamente), evidenciando dominância incompleta do alelo *Ty-1*.

Os híbridos experimentais TEX-246, TEX-261, TEX-253, TEX-256, TEX-262, TEX-252, TEX-251 e TEX-268 aliaram médias elevadas, tanto para produção total quanto para massa média dos frutos, tendo os híbridos TEX-246, TEX-253, TEX-256, TEX-262 e TEX-252 apresentado também valores elevados para meia vida da firmeza. Portanto, constituem híbridos competitivos

comercialmente, quando comparados aos padrões comerciais. Esses híbridos possuem constituição genotípica $Sw-5^+/Sw-5$ e $Ty-1^+/Ty-1$, para os locos $Sw-5$ e $Ty-1$, respectivamente e apresentam, assim, a vantagem de serem resistentes a tospovírus e parcialmente resistentes a begomovírus.

Os híbridos experimentais e comerciais puderam ser distribuídos nas seguintes categorias:

- a) resistentes a tospovírus ($Sw-5$) e a begomovírus ($Ty-1$), portadores das bandas dos marcadores $Sw-421$ e $SSR-47$ associadas à presença dos alelos $Sw-5$ e $Ty-1$, respectivamente: TEX-245, TEX-246, TEX-247, TEX-248, TEX-249, TEX-250, TEX-251, TEX-252, TEX-253, TEX-254, TEX-255, TEX-256, TEX-257, TEX-258, TEX-259, TEX-260, TEX-261, TEX-262, TEX-264, e TEX-267;
- b) resistentes a tospovírus (Sw -‘Rey de Los Tempranos’) e a begomovírus, portadores da banda do marcador $SSR-47$, associada ao alelo $Ty-1$, mas não portadoras da banda do marcador $Sw-421$, associada ao alelo $Sw-5$: TEX-263, TEX-265, TEX-266 e TEX-268;
- c) resistentes a tospovírus e suscetíveis a begomovírus, portadores da banda do marcador $Sw-421$, associada à presença do alelo $Sw-5$, e portadoras da banda do marcador $SSR-47$, associada à ausência do alelo $Ty-1$: Bravo F_1 , Bônus F_1 e Pérola F_1 ;
- d) suscetível a tospovírus e suscetível a begomovírus, portador das bandas dos marcadores $Sw-421$ e $SSR-47$, associadas à ausência dos alelos $Sw-5$ e $Ty-1$, respectivamente: Débora Max.

4 CONCLUSÃO

1. Por meio do método de inoculação por enxertia foi possível verificar que os híbridos experimentais TEX-245, TEX-246, TEX-247, TEX-248, TEX-249, TEX-250, TEX-251, TEX-252, TEX-253, TEX-254, TEX-255, TEX-256, TEX-257, TEX-258, TEX-259, TEX-260, TEX-261, TEX-262, TEX-263, TEX-264, TEX-265, TEX-266, TEX-267 e TEX-268, e as linhagens avançadas TOM-691, TOM-692, TOM-693, TOM-694, TOM-695, TOM-696, TOM-697, TOM-698 e TOM-699 são resistentes (com resistência parcial) a begomovírus.
2. Os genótipos heterozigotos para o loco *Ty-I* são mais resistentes a begomovírus que os genótipos homozigotos suscetíveis *Ty-I*⁺/*Ty-I*⁺, porém, são menos resistentes que os genótipos homozigotos *Ty-I*/*Ty-I*, indicando dominância incompleta do alelo *Ty-I*.
3. Os híbridos experimentais TEX-246, TEX-261, TEX-253, TEX-256, TEX-262, TEX-252, TEX-251 e TEX-268 aliaram médias elevadas tanto para produção total quanto para massa média dos frutos e os híbridos TEX-246, TEX-253, TEX-256, TEX-262 e TEX-252 apresentaram também valores elevados para meia vida da firmeza, constituindo, portanto, híbridos competitivos, quando comparados aos padrões comerciais.
4. Os resultados das avaliações de resistência a begomovírus, obtidos por meio do teste de enxertia, demonstraram perfeita concordância com os resultados obtidos com o marcador molecular SSR-47.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade Federal de Lavras e à empresa HortiAgro Sementes Ltda.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, A.C. de; DE HAAN, P.; KORMELINK, R.; RESENDE, R. de O.; GOLDBACH, R.W.; PETERS, D. Classification of tospovirus based on phylogeny of nucleocapsid gene sequences. **The Journal of General Virology**, Reading, v.74, p.153-159, 1993a.

ÁVILA, A.C. de; DE HAAN, P.; SMEETS, M.L.L.; RESENDE, R. de O.; KITAJIMA, E.W.; GOLDBACH, R.W.; PETERS, D. Distinct levels of relationships between tospovirus isolates. **Archives of Virology**, Vienna, v.128, n. 3-4, p.211-227, 1993b.

BOITEUX, L.S.; GIORDANO, L. de B. Genetic basis of resistance against two Tospovirus species in tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Euphytica**, Dordrecht, v.71, n. 1-2, p.151-154, jan. 1993.

BOITEUX, L.S.; OLIVEIRA, V.R.; SILVA, C.H.; MAKISHIMA, N.; INOUE-NAGATA, A.K.; FONSECA, M.E.N.; GIORDANO, L.B. Reaction of tomato hybrids carrying the *Ty-1* locus to Brazilian bipartite Begomovirus species. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, p.20-23, jan./mar. 2007.

CÁ, J. A. **Obtenção de híbridos de tomate tipo longa vida com maior intensidade de coloração**. 2005. 77p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CALBO, A. G.; CALBO, M. E. Medição e importância do potencial de parede. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 1, n. 1, p. 41-45, 1989.

CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 13, n. 1, p. 14-18, maio 1995.

CAMBRAIA, K. L. **Avaliação de duas diferentes fontes de resistência ao vírus do vira-cabeça em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) frente a isolados de tospovírus do Estado de Minas Gerais**. 1997. 71p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FARIA, J.C.; BEZERRA, I.C.; ZERBINI, F.M.; RIBEIRO, S.G.; LIMA, M.F. Situação atual das geminiviroses no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.25, n.2, p.125-137, jun. 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, norA, ogc e hp em diferentes *backgrounds* genotípicos de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n.5, p. 793-800, maio 2006.

FAUQUET, C.M.; MAXWELL, D.P.; GRONENBORN, B.; STANLEY, J. Revised proposal for naming geminiviruses. **Archives of Virology**, v.145, n.8, p.1743–1761, aug. 2000.

FERNANDES, F. R.; ALBUQUERQUE., L. C. de; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; ÁVILA, A. C. de; INOUE-NAGATA, A. K. Diversity and prevalence of Brazilian bipartite begomovirus species associated to tomatoes. **Virus Genes**, v. 36, n. 1, p. 251-258, feb.2008.

FERRAZ, E., RESENDE, L.V.; LIMA, G.S.A.; SILVA, M.C.L.; FRANÇA, J.G.E.; SILVA, D.J. Redenção: nova cultivar de tomate para a indústria resistente a geminivírus e tospovírus. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 578-580, jul./set. 2003.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análises genéticas**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1998, 220p.

FRANC, G.D.; BANTTARI, E.E. Mechanically transmissible viruses of potatoes. In: LOEBENSTEIN, G.; BERGER, P.H.; BRUNT, A.A.; LAWSON, R.H. **Virus and virus-like diseases of potatoes and production of seed-potatoes**. Dordrecht: Klumer Academic, 2001. p. 159-175.

FRANCKI, R.I.B.; FAUQUET, C. M.; KNUDSON, D.I.; BROWN, F. Classification and nomenclature of viruses: Fifth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. **Archives of Virology**, Vienna, v.2, p.1-450, 1991. Supplement 2.

GERMAN, T.L.; ULLMAN, D.E.; MOYER, J.W. Tospoviruses: diagnosis, molecular biology, phylogeny, and vector relationships. **Annual Review of Phytopathology**, v.30, p.315-348, Sept.1992.

GIORDANO, L. de B.; BOITEUX, L.S. & HORINO, Y. Avaliação em condições de campo de genótipos de tomate para resistência a tospovírus. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.2, p.176-178, 1994.

INOUE-NAGATA, A.K.; NAVAS-CASTILLO, J.; MELO, P.C.T.; ÁVILA, A.C. Busca por Tomato yellow leaf curl virus e Tomato yellow leaf curl Sardinia virus em tomateiros. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 799-800, out./dez. 2004.

JEFRIES, C. S. Technical guidelines for the safe movement of germplasm. In: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; INTERNATIONAL PLANT GENETICS RESOURCES INSTITUTE. **Potato**. Rome: FAO/ IPGRI, 1998. 177 p.

JONES, D. R. Plant viruses transmitted by whiteflies. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, n.3, p. 195–219, march, 2003.

JULIATTI, F. C. **Reação hospedeira, infectividade e controle genético da resistência a tospovírus em tomateiro *Lycopersicon esculentum* Mill.** 1994. 127p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

JULIATTI, F.C.; MALUF, W.R. Controle genético da resistência do tomateiro a um isolado de tospovírus (TSWV): Análise em plantas individuais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.39-47, 1995.

KASRAWI, M.A.; SUWWAN, M.A.; MANSOUR, A. Sources of resistance to tomato yellow leaf curl virus in *Lycopersicon* species. **Euphytica**, v.37, n. 1, p. 61–64, jan.1998.

LAPIDOT, M.; FRIEDMAN, M.; LACHMAN, O.; YEHEZKEL, A.; NAHON, S.; COHEN, S.; PILOWSKY, M. Comparison of resistance level to tomato yellow leaf curl virus among commercial cultivars and breeding lines. **Plant Disease**, Israel, v.81, n. 12, p.1425–1428, dec. 1997.

LOURENÇÃO, A.L., YUKI, V.A.; ALVES, S.B. Epizootia de *Aschersonia* cf. *goldiana* em *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) biótipo B no Estado de São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, p.343-345, 1999.

MALUF, W.R.; BRAGHINI, M.T.; CORTE, R.D. Progress in breeding tomatoes for resistance to tomato spotted wilt. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.14, n.2, p.509-525, 1991.

MARTIN, F. W. Genes for long shelf-life in tomato. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v. 71, n.3, p. 313-321, jul. 1987.

MATOS, E.S., SIQUEIRA, W.J., LOURENÇÃO, A.L., MELO A.M.T.; 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, n. 2, p.159–165, mar./abr 2003.

MENEZES, C.B.; FIGUEIRA, A.R.; MALUF, W.R.; ZERBINI JÚNIOR, F.M.; NASCIMENTO, I.R.; NOGUEIRA, D.W.; STEVENS, M.R. Seleção assistida por marcadores em tomate para resistência a tospovirus (TSWV). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, S001-324, ago., 2004. Suplemento.

MICHELSON, I.; ZAMIR, D.; CZOSNEK, H. Accumulation and translocation of tomato yellow leaf curl virus in a *Lycopersicon esculentum* breeding line containing the *L. chilense* tolerance gene *Ty-1*. **Phytopathology**, v. 84, n. 9, p. 928–933, may, 1994.

MORIONES, E.; NAVAS-CASTILLO, J. Tomato yellow leaf curl virus, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. **Virus Research**, v.71, n. 1-2, p.123-134, nov. 2000.

NAGATA, T.; ÁVILA, A.C. de; MELO, P.C.T. de; BARBOSA, C. de J.; JULIATTI, F.C.; KITAJIMA, E.W. Occurrence of different tospoviruses in six States of Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.90-95, mar., 1995.

NAKAHARA, S.; MONTEIRO, R. C. *Frankliniella zucchini* (Thysanoptera: Thripidae), a new species and vector of tospovirus in Brazil. **Proceedings Entomology Society**, Wash., v.101, p. 290-294, 1999.

NOGUEIRA, D. W. **Seleção assistida pelo marcador molecular tipo SCAR ‘Sw-421’ para seleção de genótipos de tomateiro resistentes ao vira-cabeça**. 2005. 20p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NOGUEIRA, D. W.; MALUF, W. R.; PAIVA, L. V.; FIGUEIRA, A. R.; NASCIMENTO, I.R.; GONÇALVES, L.D.; MACIEL, G.M.; NIZIO, D.A.C.; SILVA, V.F.; GONÇALVES NETO, A.C.G. Marcador molecular associado ao alelo *Ty-1* em tomateiro e sua eficiência de seleção. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007, São Lourenço. Anais... São Lourenço: UFLA, 2007. p. 452.

PAN Q; LIU YS; BUDAI-HADRIAN O; SELA M; CARMEL-GOREN L; ZAMIR D; FLUHR R. Comparative genetics of nucleotide binding site-leucine rich repeat resistance gene homologues in the genomes of two dicotyledons: tomato and arabidopsis. **Genetics**, v. 155, p. 309-322, may, 2000.

POZZER, L.; RESENDE, R.O.; LIMA, M.I.; KITAJIMA, E.W.; GIORDANO, L.B.; ÁVILA, A.C. Tospovirus: uma visão atualizada. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.4, p.95-148, 1996.

REZENDE, E.A.; FILGUEIRA, F.A.R.; ZERBINI, F.M.; MACIEL-ZAMBOLIM, E.; FERNANDES, J.J.; GILBERTSON, R.L. Tomato infected with geminivirus in greenhouse conditions at Uberlândia-MG, Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.21, p.424, 1996 (Resumo).

RIBEIRO, S.G.; MELO, L.V. ; BOITEUX, L.S. ; KITAJIM, E.W.; FARIA, J.C. Tomato infection by a geminivirus in the Federal District, Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v.19, p.330, 1994 (Resumo).

RIBEIRO, S.G.; AMBROZEVÍCIUS, L.P.; ÁVILA, A.C.; BEZERRA, I.C.; CALEGARIO, R.F.; FERNANDES, J.J.; LIMA, M.F.; MELLO, R.N.; ROCHA, H.; ZERBINI, F.M. Distribution and genetic diversity of tomato infecting begomoviruses in Brazil. **Archives of Virology**, v.148, n. 2, p.281–295, jan. 2003.

ROM M; ANTIGNUS Y; GIDONI D; PILOWSKY M; COHEN S. Accumulation of tomato yellow leaf curl virus DNA in tolerant and susceptible tomato lines. **Plant Disease**, v. 77, n. 3, p.253–257, mar., 1993.

SANTANA, F.M.; RIBEIRO, S.G.; MOITA, A.W.; MOREIRA JUNIOR, D.J.; GIORDANO, L.B. Sources of resistance in *Lycopersicon* spp. to a bipartite whitefly-transmitted geminivirus from Brazil. **Euphytica**, v.122, n.1, p. 45-51, oct., 2001.

SOL GENOMICS NETWORK. **Markers for tomato chromosomes**. Disponível em <<http://www.sgn.cornell.edu/>>. Acesso em 05 de maio de 2008.

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, n.1, p.9-17, nov. 1992.

STEVENS, M.R.; HEINY, D.K.; RHOADS, D.D.; GRIFFITHS, P.D.; SCOTT, J.W. A linkage map of the tomato spotted wilt virus resistance gene Sw-5 using near isogenic lines and an interspecific cross. **Acta Horticulturae**, Taiwan, v.431, p.385-392, sept., 1996.

WEBB, S.; TSAI, J.; MITCHELL, F. Bionomics of *Frankliniella bispinosa* and its transmission of tomato spotted wilt virus. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TOSPOVIRUS AND THRIPS IN FLORAL AND VEGETABLE CROPS, 14th, 1998, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen, 1998. p. 67.

ZAKAY, Y.; NAVOT, N.; ZEIDAN, M.; KEDAR, N.; RABINOWITCH, H.; CZOSNEK, H.; ZAMIR, D. Screening in *Lycopersicon* accessions for resistance to Tomato yellow leaf curl virus: Presence of viral DNA and symptom development. **Plant Disease**, Beltsville, v. 75, n. 3, p. 279–281, mar., 1991.

ZAMIR, D.; EKSTEIN-MICHELSON, I.; ZAKAY, Y.; NAVOT, N.; ZEIDAN, M.; SARFATTI, M.; ESHED, Y.; HAREL, E.; PLEBAN, T.; VAN-OSS, H.; KEDAR, N.; RABINOWITCH, H.D.; CZOSNEK, H. Mapping and introgression of tomato yellow leaf curl virus tolerance gene, *Ty-1*. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.88, n.2, p.141-146. may, 1994.

TABELAS

TABELA 1. Resumo das análises de variâncias para resistência a geminivírus, aos 28, 37, 46 e 60 dias após a enxertia em genótipos de tomateiro. Lavras, MG: UFLA, 2008.

FV	GL	QM			
		28 dias	37 dias	46 dias	60 dias
Genótipos	36	2,7134 **	3,1136 **	3,4665 **	3,9807 **
Erro	118	0,4220	0,2160	0,2041	0,2096
Média		2,35	2,41	2,34	2,43
CV%		27,59	19,26	19,29	18,82

ns, **, * : não significativo e significativo, a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste de F, respectivamente

TABELA 2. Médias das notas para resistência a geminivírus aos 28, 37, 46 e 60 dias após a enxertia em genótipos de tomateiro. Lavras, MG: UFLA, 2008.

Tratamentos	Médias			
	28 dias	37 dias	46 dias	60 dias
TEX-245	2,50 defg	2,50 def	2,50 ef	2,25 cdefg
TEX-246	2,50 defg	2,50 def	2,50 cde	2,50 bcdef
TEX-247	2,75 efgh	2,75 ef	2,50 ef	2,25 cdefg
TEX-248	3,25 fgh	3,00 f	2,00 cde	2,25 cdefg
TEX-249	2,67 efg	2,33 def	2,33 def	2,33 defg
TEX-250	2,75 efgh	2,75 ef	2,25 def	2,25 cdefg
TEX-251	3,25 fgh	2,75 ef	2,25 def	2,75 fg
TEX-252	3,50 gh	3,00 f	2,00 cde	2,00 bcdef
TEX-253	2,75 efgh	2,75 ef	2,50 ef	2,25 cdefg
TEX-254	2,50 defg	2,25 def	2,25 def	2,00 bcdef
TEX-255	2,25 bcdef	2,75 ef	2,25 def	2,25 cdefg
TEX-256	2,50 defg	2,25 def	2,00 cde	2,00 bcdef
TEX-257	2,50 defg	2,50 def	2,25 def	2,25 cdefg
TEX-258	2,75 efgh	2,25 def	2,25 def	2,25 cdefg
TEX-259	2,25 bcdef	2,50 def	2,50 ef	2,50 efg
TEX-260	2,75 efgh	3,00 f	2,50 ef	2,50 efg
TEX-261	2,67 efg	2,33 def	2,00 cde	2,00 bcdef
TEX-262	2,75 efgh	2,75 ef	3,00 f	3,00 g
TEX-263	1,50 abcd	2,00 cde	2,00 cde	2,00 bcdef
TEX-264	2,75 efgh	2,25 def	2,00 cde	2,00 bcdef
TEX-265	1,75 abcde	2,00 cde	2,00 cde	2,00 bcdef
TEX-266	2,75 efgh	2,75 ef	2,25 def	2,25 cdefg
TEX-267	2,33 cdef	2,00 cde	2,33 def	2,33 defg
TEX-268	2,25 bcdef	2,25 def	2,25 def	2,25 cdefg
Bônus F ₁	3,80 h	4,40 g	4,40 g	5,00 h
Bravo F ₁	3,20 fgh	3,80 g	4,40 g	4,60 h
Débora Max	3,80 h	4,20 g	4,40 g	4,80 h
Pérola F ₁	3,00 efgh	3,80 g	4,40 g	4,60 h
TOM-691	1,75 abcde	1,75 bed	1,75 bcde	2,25 cdefg
TOM-692	1,75 abcde	2,00 cde	2,00 cde	2,00 bcdef
TOM-693	1,50 abcd	2,00 cde	2,00 cde	2,00 bcdef
TOM-694	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,50 abc
TOM-695	1,40 abc	1,40 abc	1,60 abcd	1,60 abcd
TOM-696	1,00 a	1,00 a	1,20 ab	1,20 a
TOM-697	1,20 ab	1,20 ab	1,40 abc	1,60 abcd
TOM-698	1,00 a	1,20 ab	1,20 ab	1,40 ab
TOM-699	1,40 abc	1,40 abc	1,40 abc	1,80 abcd
Média geral	2,35	2,41	2,34	2,43
C.V (%)	27,59	19,26	19,29	18,82

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

TABELA 3. Estimativas de contrastes dos genótipos homozigotos resistentes, heterozigotos e suscetíveis a begomovírus e dos componentes aditivos e de dominância aos 28, 37, 46 e 60 dias após a enxertia. Lavras, MG: UFLA, 2008.

Contrastes	Estimativas			
	28 dias	37 dias	46 dias	60 dias
Genótipos homozigotos suscetíveis x genótipos homozigotos resistentes	2,1278 **	2,6333 **	2,8911 **	3,0444 **
Genótipos suscetíveis x genótipos heterozigotos	0,8597 **	1,5431 **	2,1222 **	2,4826 **
Genótipos heterozigotos x genótipos resistentes	1,2681 **	1,0903 **	0,7722 **	0,5618 **
A	1,0639 **	1,3167 **	1,4472 **	1,5222 **
D	0,2042 ^{ns}	-0,2264 **	-0,6750 **	-0,9604 **
D/A	0,1919	-0,1719	-0,4664	-0,6309

ns, **, * : não significativo e significativo, a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste t, respectivamente. Em que: A = efeito aditivo no loco *Ty-1*; D = efeito de dominância no loco *Ty-1* e D/A = grau de dominância estimado no loco *Ty-1*.

TABELA 4. Valores médios da produção total, produção precoce, massa média de fruto, firmeza inicial e meia-vida da firmeza de híbridos de tomateiro. Lavras, MG: UFLA, 2008.

Tratamentos	Produção total (t.ha ⁻¹)	Produção precoce (t.ha ⁻¹)	Massa média do fruto (g.fruto ⁻¹)	Firmeza inicial (10 ⁴ N.m ⁻²)	Meia vida da firmeza (dias)
TEX-245	68,56 bc	11,22 abcdef	129,17 abcd	5,53 a	23,23 a
TEX-246	108,89 a	13,83 abcdef	148,63 ab	5,69 a	32,51 a
TEX-247	73,06 abc	12,05 abcdef	135,77 abcd	4,91 a	33,08 a
TEX-248	72,11 abc	12,22 abcdef	131,90 abcd	5,40 a	28,28 a
TEX-249	66,30 bc	6,84 def	133,44 abcd	5,76 a	33,59 a
TEX-250	54,96 c	6,25 def	122,66 bcd	6,03 a	24,24 a
TEX-251	70,33 abc	6,44 def	140,64 abc	6,42 a	23,48 a
TEX-252	74,63 abc	11,72 abcdef	147,36 abc	5,50 a	28,19 a
TEX-253	87,00 abc	10,50 abcdef	150,74 ab	5,39 a	32,09 a
TEX-254	80,05 abc	14,36 abcde	136,49 abcd	5,21 a	28,51 a
TEX-255	76,00 abc	14,66 abcde	133,44 abcd	5,43 a	27,61 a
TEX-256	85,50 abc	19,00 ab	140,40 abc	5,49 a	28,88 a
TEX-257	76,17 abc	16,89 abcd	123,58 cd	5,50 a	28,26 a
TEX-258	73,91 abc	11,88 abcdef	130,60 abcd	5,37 a	24,49 a
TEX-259	66,39 bc	7,72 cdef	131,37 abcd	5,41 a	25,73 a
TEX-260	73,83 abc	8,61 bcdef	133,95 abcd	5,51 a	25,05 a
TEX-261	91,44 abc	12,95 abcdef	147,23 abc	5,64 a	25,88 a
TEX-262	75,83 abc	12,72 abcdef	141,88 abc	5,28 a	29,69 a
TEX-263	78,66 abc	19,67 a	124,36 d	5,47 a	25,67 a
TEX-264	60,63 c	18,30 abc	106,01 bcd	5,90 a	24,04 a
TEX-265	75,56 abc	14,33 abcde	127,62 abcd	5,47 a	27,96 a
TEX-266	66,50 bc	10,78 abcdef	126,29 abcd	5,71 a	27,46 a
TEX-267	54,22 c	5,55 ef	117,68 bcd	5,81 a	30,41 a
TEX-268	73,83 abc	7,50 cdef	144,35 abc	5,96 a	26,31 a
Bônus F ₁	87,57 abc	17,23 abcd	142,48 abc	5,00 a	36,75 a
Bravo F ₁	100,75 ab	3,11 f	156,85 a	5,59 a	23,03 a
Débora Max	92,39 abc	12,50 abcdef	145,24 abc	5,52 a	22,96 a
Pérola F ₁	90,78 abc	14,61 abcde	150,76 ab	5,17 a	29,59 a
C.V (%)	15,77	28,91	7,06	7,88	20,23

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 5. Descrição dos tartamentos em relação à constituição genotípica dos locos *Sw-5* e *Ty-1*, com base no padrão eletroforético.

Tratamentos	Constituição genotípica do loco <i>Sw-5</i>	Constituição genotípica do loco <i>Ty-1</i>
TEX-245	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-246	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-247	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-248	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-249	<i>Sw-5</i> / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-250	<i>Sw-5</i> / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-251	<i>Sw-5</i> / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-252	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-253	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-254	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-255	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-256	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-257	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-258	<i>Sw-5</i> / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-259	<i>Sw-5</i> / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-260	<i>Sw-5</i> / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-261	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-262	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-263	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-264	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-265	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-266	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-267	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
TEX-268	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i>
Bônus F ₁	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i> ⁺
Bravo F ₁	<i>Sw-5</i> / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i> ⁺
Pérola F ₁	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i>	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i> ⁺
Débora Max	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺	<i>Ty-1</i> ⁺ / <i>Ty-1</i> ⁺
TOM-691	<i>Sw-5</i> / <i>Sw-5</i> *	<i>Ty-1</i> / <i>Ty-1</i>
TOM-692	<i>Sw-5</i> / <i>Sw-5</i> *	<i>Ty-1</i> / <i>Ty-1</i>
TOM-693	<i>Sw-5</i> / <i>Sw-5</i> *	<i>Ty-1</i> / <i>Ty-1</i>
TOM-694	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺ *	<i>Ty-1</i> / <i>Ty-1</i>
TOM-695	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺ *	<i>Ty-1</i> / <i>Ty-1</i>
TOM-696	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺ *	<i>Ty-1</i> / <i>Ty-1</i>
TOM-697	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺ *	<i>Ty-1</i> / <i>Ty-1</i>
TOM-698	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺ *	<i>Ty-1</i> / <i>Ty-1</i>
TOM-699	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺ *	<i>Ty-1</i> / <i>Ty-1</i>
Testemunha A9	<i>Sw-5</i> ⁺ / <i>Sw-5</i> ⁺	----

*: descrição para o loco *Sw-5*, com base nos híbridos dos quais participam.