

Resistência mediada por aleloquímicos de genótipos de tomateiro à mosca-branca e ao ácaro-rajado

Vanisse de Fátima Silva⁽¹⁾, Wilson Roberto Maluf⁽¹⁾, Maria das Graças Cardoso⁽²⁾, Álvaro Carlos Gonçalves Neto⁽¹⁾, Gabriel Mascarenhas Maciel⁽¹⁾, Daniela Aparecida Castro Nizio⁽³⁾ e Vânia Aparecida Silva⁽⁴⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Lavras (Ufla), Departamento de Agricultura, Caixa Postal 3.037, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: vanissesilva@yahoo.com, wrmaluf@ufla.br, alvarocgneto@gmail.com, gmmufla@hotmail.com, ⁽²⁾Ufla, Departamento de Química. E-mail: mcardoso@ufla.br ⁽³⁾Ufla, Departamento de Biologia. E-mail: danielanizio@hotmail.com ⁽⁴⁾Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Caixa Postal 12, CEP 39525-000 Nova Porteira, MG. E-mail: vaniaufv@yahoo.com.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi comparar os graus de resistência à mosca-branca (*Bemisia argentifolii*) e ao ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) de híbridos de tomateiro resultantes do cruzamento entre linhagens com alto teor de zingibereno (ZGB) e linhagens com alto teor de acilaçúcar (AA), em contraste com as linhagens parentais e testemunhas comerciais. Foram avaliadas linhagens com altos teores de AA, linhagens com alto teor de ZGB, híbridos duplos heterozigotos ZGB+AA, híbridos heterozigotos para ZGB e híbridos heterozigotos para AA. Os acessos selvagens PI-127826 e LA-716 foram utilizados como testemunhas para alto teor de ZGB e AA, respectivamente, e os genótipos Débora Max e TOM-684 foram utilizados como testemunhas para baixo teor de ambos os aleloquímicos. Os genótipos foram submetidos ao teste de resistência à mosca-branca e ao teste de repelência ao ácaro. Os genótipos duplos heterozigotos apresentaram graus de resistência à mosca-branca superiores aos das testemunhas comerciais e inferiores aos das linhagens com alto ZGB ou com alto AA. Os genótipos duplos heterozigotos apresentaram maior repelência ao ácaro, em relação às testemunhas comerciais, e repelência semelhante à das linhagens com alto ZGB ou com alto AA. Não foi observado efeito sinérgico entre ZGB e AA nos genótipos duplos heterozigotos quanto à resistência à mosca-branca e repelência ao ácaro.

Termos para indexação: *Bemisia argentifolii*, *Lycopersicon esculentum*, *Tetranychus urticae*, aleloquímicos, resistência varietal, sesquiterpeno.

Resistance mediated by allelochemicals of tomato genotypes to the silverleaf whitefly and to two-spotted spider mites

Abstract – The objective of this work was to assess the degree of resistance to the whitefly (*Bemisia argentifolii*) and to the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) of tomato hybrids resulting from crosses between high-zingiberene (ZGB) lines and high-acylsugar (AS) lines, as compared to their parental lines and to commercial vouchers. High-AS lines, high-ZGB lines, double heterozygous (ZGB+AS) hybrids, hybrids heterozygous for ZGB and hybrids heterozygous for AS were tested. The wild accessions PI 127826 and LA-716 were used as high-ZGB and high-AS vouchers, respectively, while the genotypes Debora Max and TOM-684 were used as vouchers for low ZGB and AS. The genotypes were submitted to resistance tests to the whitefly and repellency to the spider mite. Double heterozygous (ZGB+AS) hybrids were more resistant to whiteflies than the commercial vouchers, but less resistant than the high-ZGB or the high-AS lines. Double heterozygous (ZGB+AS) hybrids were more repellent to the spider mite than the commercial vouchers, and their repellency to mites was similar to that of high-ZGB or high-AS lines. There was no synergistic effect between ZGB and AS, for both resistance to the whitefly and repellency to the two-spotted spider mite, in the double heterozygous (ZGB+AS) genotypes.

Index terms: *Bemisia argentifolii*, *Lycopersicon esculentum*, *Tetranychus urticae*, allelochemicals, varietal resistance, sesquiterpene.

Introdução

Apesar de o tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ser uma das mais importantes hortaliças cultivadas no mundo (Peralta et al., 2005), é uma planta

que apresenta vários problemas fitossanitários (Suinaga et al., 2003). Entre os principais artrópodos-praga na cultura do tomateiro, destacam-se a mosca-branca e os ácaros. A mosca-branca pertence à família Aleyrodidae, e seu biótipo mais agressivo é *Bemisia*

tabaci biótipo B ou, segundo Bellows et al. (1994), *Bemisia argentifolii*. A ocorrência de *B. argentifolii* em lavouras de tomate é bastante frequente e resulta, comumente, em danos diretos à produção, e em danos indiretos pela transmissão de fitovírus causadas por geminivírus (Villas Bôas et al., 2002). Os ácaros do gênero *Tetranychus*, apesar de serem pragas de importância secundária, em condições de alta infestação podem provocar danos diretos às plantas e ocasionar o secamento das folhas, além de indução à maturação precoce (Flechtman, 1989).

O controle químico desses artrópodos-praga é o principal método de manejo empregado. A utilização de defensivos, como única ou principal forma de manejo, pode acarretar danos ao ambiente e à saúde do trabalhador rural e do consumidor. Assim, o desenvolvimento de cultivares resistentes tem grande relevância.

Os programas de melhoramento do tomateiro para a obtenção de cultivares resistentes a artrópodos-praga, conduzidos no Brasil, têm adotado a estratégia de integração, em cultivares comerciais, de alelos de resistência presentes em materiais selvagens. A espécie *Lycopersicon hirsutum* Dunal – de acordo com Peralta et al. (2005) –, tem sido estudada quanto à presença de sesquiterpenos, especialmente o zingibereno (ZGB), que confere resistência a ácaros (Maluf et al., 2001; Gonçalves et al., 2006), à traça-do-tomateiro (Ecole et al., 2000; Azevedo et al., 2003) e à mosca-branca (Freitas et al., 2002). A espécie *Lycopersicon pennellii* (Correll) D'Arcy também tem sido utilizada em trabalhos sobre a resistência, em razão da presença de acilaçúcares (AA) (acilglicose e acilsacarose) em seus tecidos (Liedl et al., 1995; Freitas et al., 2002; Resende et al., 2008; Pereira et al., 2008). Em geral, a seleção de genótipos de tomateiro com alto teor desses aleloquímicos tem levado a respostas correlacionadas

ao aumento da resistência a pragas. Esse procedimento tem apresentado maior eficiência do que técnicas de seleção direta para resistência a pragas específicas.

O teor de ZGB apresenta herança monogênica, com dominância incompleta no sentido de menor teor, porém não se exclui a possibilidade de ocorrerem genes modificadores (Freitas et al., 2002). Por meio de modelos genéticos com uso da função de verossimilhança, Gonçalves et al. (2007) confirmaram que o alelo presente em *L. pennellii*, que confere alto teor de AA, é recessivo com grau de dominância incompleto. Apesar de se conhecerem as heranças genéticas dos teores de ZGB e AA, e de já terem sido documentadas as resistências a pragas em genótipos de tomateiro com alto teor de ZGB, ou de AA apenas, ainda não há relatos de híbridos que apresentem simultaneamente alto teor de ZGB e AA.

O objetivo deste trabalho foi comparar o grau de resistência à mosca-branca (*B. argentifolii*) e ao ácaro-rajado (*T. urticae*) de híbridos de tomateiro resultantes do cruzamento entre linhagens com alto teor de zingibereno e de acilaçúcares, em contraste com a resistência apresentada pelas linhagens parentais e por testemunhas comerciais.

Material e Métodos

Genótipos contrastantes quanto aos teores de zingibereno (ZGB) e acilaçúcares (AA) foram utilizados como parentais na formação de híbridos e como testemunhas comerciais nos bioensaios, para avaliação da resistência à mosca-branca (*B. argentifolii*) e da repelência ao ácaro-rajado (*T. urticae*) (Tabela 1). Os acessos selvagens PI-127826 e LA-716 foram utilizados como testemunhas quanto ao alto teor de ZGB e AA, respectivamente, e os genótipos Débora Max e TOM-684 foram utilizados como testemunhas quanto

Tabela 1. Teores médios de zingibereno e acilaçúcares, em genótipos de tomateiro utilizados como parentais na formação de híbridos e como testemunhas comerciais em bioensaios para a avaliação da resistência.

Genótipo	Zingibereno		Acilaçúcares	
	Teor médio (absorbância)	Teor relativo (%)	Teor médio (nmol cm ⁻²)	Teor relativo (%)
Débora-Max e TOM-684	0,0816	100	7,03	100
TOM-688 e TOM-689 (homozigotos AA)	0,1097	134	17,24	245
ZGB-703 e ZGB-704 (homozigotos ZGB)	0,1882	231	12,84	183
Híbridos heterozigotos ZGB+AA	0,1514	186	16,46	234
Híbridos heterozigotos ZGB	0,1518	186	12,89	183
Híbridos heterozigotos AA	0,1111	136	18,00	256
<i>Lycopersicon pennellii</i> LA-716	0,1198	147	28,58	407
<i>Lycopersicon hirsutum</i> PI-127826	0,5883	721	12,13	173

ao baixo teor de ambos os aleloquímicos. As linhagens TOM-688 e TOM-689 são linhagens pré-comerciais com alto teor de AA, resultantes do cruzamento interespecífico *L. esculentum* x *L. pennellii* LA-716, seguido por três retrocruzamentos com *L. esculentum* (Resende et al., 2008; Pereira et al., 2008). As linhagens ZGB-703 e ZGB-704 são linhagens com alto teor de ZGB, resultantes do cruzamento interespecífico *L. esculentum* x *L. hirsutum* PI-127826, seguido por dois retrocruzamentos com *L. esculentum* (Maluf et al., 2001; Freitas et al., 2002; Azevedo et al., 2003; Gonçalves et al., 2006).

As linhagens ZGB-703, ZGB-704, TOM-688 e TOM-689 foram cruzadas para obtenção de quatro genótipos duplos heterozigotos para AA e ZGB simultaneamente: F_1 (ZGB-703 x TOM-688), F_1 (ZGB-703 x TOM-689), F_1 (ZGB-704 x TOM-688) e F_1 (ZGB-704 x TOM-689). As linhagens ZGB-703, ZGB-704, TOM-688 e TOM-689 também foram cruzadas com TOM-684, para obtenção de dois híbridos heterozigotos com elevado teor somente de ZGB – F_1 (ZGB-703 x TOM-684) e F_1 (ZGB-704 x TOM-684) –, e obtenção de dois híbridos heterozigotos com elevado teor somente de AA – F_1 (TOM-688 x TOM-684) e F_1 (TOM-689 x TOM-684).

Para a avaliação da resistência dos genótipos de tomateiro à mosca-branca, sementes de todos os genótipos foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido, com substrato comercial Plantmax e casca de arroz carbonizada, na proporção 1:1; as mudas foram transplantadas, posteriormente, para vasos de 500 mL, com o mesmo substrato. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 16 tratamentos e 6 repetições, no total de 96 plantas (1 planta por parcela). Sessenta dias após a semeadura, as plantas foram mantidas, por 48 horas, em estufa telada, infestada com população de *B. argentifolii* que havia sido mantida em plantas de tomate cultivar Santa Clara, em telados, no Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras. Após essas 48 horas, as plantas foram retiradas da infestação para avaliação da ovoposição. A ovoposição foi avaliada na face abaxial tendo-se tomado a média de quatro folíolos da quarta folha a partir do ápice. Os ovos foram contados em uma área de 2 cm², localizada no centro da folha e próxima ao pecíolo, com o auxílio de um microscópio estereoscópico binocular, com aumento de até 40 vezes. As folhas avaliadas foram previamente

marcadas com uma fita adesiva, para contagem posterior do número de ninfas. Após a contagem do número de ovos, os vasos foram acondicionados em casa de vegetação livre de infestação e, após 20 dias, foi feita a avaliação do número de ninfas, com o cuidado de amostrar a mesma área avaliada para ovoposição. Para isso, a folha previamente marcada com a fita adesiva foi examinada com o auxílio de microscópio estereoscópico. A temperatura média e a umidade relativa do ar, do período de infestação das plantas até a contagem de ninfas, variaram, respectivamente, de 17 a 26,5°C e de 80 a 100%.

Os ácaros utilizados foram provenientes de plantas altamente infestadas de tomate da cultivar Santa Clara e de feijão-vagem. Depois de coletados, os ácaros foram mantidos, para multiplicação, em novas plantas de tomate da cultivar Santa Clara e feijão-vagem, em vasos de 5 L, em casa de vegetação da Estação Experimental de Hortaliças, da HortiAgro Sementes Ltda., na Fazenda Palmital, Ijaci, MG. A repelência ao ácaro *T. urticae* foi quantificada por meio do bioensaio proposto por Weston & Snyder (1990). Os genótipos foram semeados e, após aproximadamente 30 dias, as mudas foram transplantadas para vasos de 500 mL. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com 3 repetições, no total de 48 plantas. Aproximadamente 40 dias pós o transplante, foram retirados folíolos expandidos, de tamanhos semelhantes, do terço superior das plantas. Esses folíolos foram levados para uma câmara fria, conforme Weston & Snyder (1990), com temperatura de 16±1°C e umidade relativa de 64±4%. Um folíolo de cada um dos 16 genótipos foi fixado com uma tachinha metálica (9 mm de diâmetro), na região central da superfície foliar abaxial, em uma folha de papel branco, formato A4 (210 x 297 mm), sobre uma placa de isopor. Os 16 folíolos foram distribuídos aleatoriamente sobre a placa de isopor. Foram coletados dez ácaros da criação, que foram transferidos para o centro de cada tachinha, com auxílio de um pincel fino. Após 20 min, foi realizada a primeira medição das distâncias médias percorridas pelos ácaros (em mm) sobre a superfície de cada folíolo, a partir do centro da tachinha. Decorridos outros 20 min, foi feita a segunda medição de caminhada dos ácaros (tempo de avaliação 40 min), e a terceira avaliação foi feita 20 min após a segunda (tempo de avaliação 60 min). As menores distâncias percorridas pelos ácaros foram consideradas indicativas de maior grau de repelência

(Weston & Snyder, 1990). Foi considerada zero a distância percorrida pelos ácaros que permaneceram sobre a tachinha.

Com os resultados dos ensaios, procedeu-se à análise de variâncias, e as médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, por meio do aplicativo estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Foram selecionados contrastes não ortogonais entre grupos de genótipos com teores diferentes de zingibereno e acilalúcares (Tabela 2), para a caracterização de diferenças entre os graus de resistência a *B. argentifolii* e de repelência a *T. urticae* conferidos pelos dois aleloquímicos.

Resultados e Discussão

Foi possível verificar que tanto a ovoposição quanto a sobrevivência das ninfas de *B. argentifolii* foram afetadas pela presença dos aleloquímicos ZGB e AA, nos genótipos de tomateiro avaliados (Tabela 3). A presença de ao menos um dos aleloquímicos nos genótipos, em homozigose ou em heterozigose, foi determinante para a redução da ovoposição e da sobrevivência de ninfas, em relação às testemunhas Débora Max e TOM-684 (contrastos C1, C2, C3, C4 e C5, Tabela 3).

Os genótipos simultaneamente duplos heterozigotos para ZGB e AA [F_1 (ZGB-703 x TOM-688), F_1 (ZGB-703 x TOM-689), F_1 (ZGB-704 x TOM-688) e

F_1 (ZGB-704 x TOM-689)] não apresentaram diferença significativa em relação aos híbridos heterozigotos somente para ZGB [F_1 (ZGB-703 x TOM-684), F_1 (ZGB-704 x TOM-684)] ou AA [F_1 (TOM-688 x TOM-684), F_1 (TOM-689 x TOM-684)], seja quanto ao número médio de ovos, seja quanto à sobrevivência das ninfas de *B. argentifolii* (contrastos C6 e C7, Tabela 3). O fato de os genótipos duplos heterozigotos apresentarem o mesmo comportamento que os heterozigotos para ZGB ou AA indica que estes aleloquímicos atuam de forma semelhante quanto à resistência dos genótipos à mosca-branca, e que eles não apresentam efeito sinérgico. Esses resultados são contrastantes aos observados por Silva (2009), na traça-do-tomateiro *Tuta absoluta*, que constatou que a presença simultânea de ZGB e AA promoveu aumento no nível de resistência à traça, em relação à presença de somente ZGB ou de AA.

Com relação à ovoposição, ambos os aleloquímicos, quando em homozigose, apresentaram o mecanismo de resistência do tipo não preferência, e, entre as linhagens ricas em AA (TOM-688 e TOM-689) ou ricas em ZGB (ZGB-703 e ZGB-704), a linhagem ZGB-704 se destacou, apesar de não terem sido observadas diferenças significativas entre os tratamentos com os aleloquímicos em homozigose (contraste C8, Tabela 3). O ZGB mostrou-se significativamente mais eficiente do que o AA em reduzir o número de ninfas, apesar da pequena magnitude das diferenças observadas, o que

Tabela 2. Descrição dos contrastes de interesse, usados para comparações entre genótipos ou grupos de genótipos de tomateiro com diferentes teores de zingibereno e acilalúcares.

Contrastes	Contrastes estimados ⁽¹⁾	Descrição
C1	$[(T1+T2)/2 - (T3+T4)/2]$	Testemunhas comerciais (baixo AA e baixo ZGB) x linhagens homozigotas com alto AA
C2	$[(T1+T2)/2 - (T5+T6)/2]$	Testemunhas comerciais (baixo AA e baixo ZGB) x linhagens homozigotas com alto ZGB
C3	$[(T1+T2)/2 - (T13+T14)/2]$	Testemunhas comerciais (baixo AA e baixo ZGB) x híbridos heterozigotos para AA
C4	$[(T1+T2)/2 - (T11+T12)/2]$	Testemunhas comerciais (baixo AA e baixo ZGB) x híbridos heterozigotos para ZGB
C5	$[(T1+T2)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4]$	Testemunhas comerciais (baixo AA e baixo ZGB) x híbridos heterozigotos para AA e ZGB
C6	$[(T13+T14)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4]$	Híbridos heterozigotos para AA x híbridos heterozigotos para AA e ZGB
C7	$[(T11+T12)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4]$	Híbridos heterozigotos para ZGB x híbridos heterozigotos para AA e ZGB
C8	$[(T3+T4)/2 - (T5+T6)/2]$	Linhagens com alto AA (baixo ZGB) x linhagens com alto ZGB (baixo AA)
C9	$[(T3+T4)/2 - (T13+T14)/2]$	Linhagens com alto AA (baixo ZGB) x híbridos heterozigotos para AA
C10	$[(T3+T4)/2 - (T11+T12)/2]$	Linhagens com alto AA (baixo ZGB) x híbridos heterozigotos para ZGB
C11	$[(T3+T4)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4]$	Linhagens com alto AA (baixo ZGB) x híbridos heterozigotos para ZGB + AA
C12	$[(T5+T6)/2 - (T13+T14)/2]$	Linhagens com alto ZGB (baixo AA) x híbridos heterozigotos para AA
C13	$[(T5+T6)/2 - (T11+T12)/2]$	Linhagens com alto ZGB (baixo AA) x híbridos heterozigotos para ZGB
C14	$[(T5+T6)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4]$	Linhagens com alto ZGB (baixo AA) x híbridos heterozigotos para ZGB + AA
C15	$[(T3+T4+T5+T6)/4 - (T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14)/8]$	Linhagens com alto AA (baixo ZGB) e com alto ZGB (baixo AA) x híbridos heterozigotos para AA, para ZGB, e para ZGB + AA
C16	$[(T3+T4+T5+T6)/4 - (T15+T16)/2]$	Linhagens com alto AA (baixo ZGB) e com alto ZGB (baixo AA) x acessos selvagens PI 127826 e LA-716
C17	$[(T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14)/8 - (T15+T16)/2]$	Híbridos heterozigotos para AA, para ZGB, e para ZGB + AA x acessos selvagens PI 127826 e LA-716

⁽¹⁾T1, Débora Max; T2, TOM-684; T3, TOM-688; T4, TOM-689; T5, ZGB-703; T6, ZGB-704; T7, F_1 (ZGB-703 x TOM-688); T8, F_1 (ZGB-703 x TOM-689); T9, F_1 (ZGB-704 x TOM-688); T10, F_1 (ZGB-704 x TOM-689); T11, F_1 (ZGB-703 x TOM-684); T12, F_1 (ZGB-704 x TOM-684); T13, F_1 (TOM-688 x TOM-684); T14, F_1 (TOM-689 x TOM-684); T15, PI-127826; T16, LA-716.

indica que o ZGB pode conferir maior grau de antibiose do que o AA. De maneira geral, as linhagens com alto teor de ZGB ou de AA apresentaram maior resistência à mosca-branca do que os genótipos heterozigotos somente para AA [F_1 (TOM-688 x TOM-684), F_1 (TOM-689 x TOM-684)] ou heterozigotos somente para ZGB [F_1 (ZGB-703 x TOM-684), F_1 (ZGB-704 x TOM-684)] e simultaneamente duplos heterozigotos para ZGB e AA [F_1 (ZGB-703 x TOM-688), F_1 (ZGB-703 x TOM-689), F_1 (ZGB-704 x TOM-688), F_1 (ZGB-704 x TOM-689)] (contrastes C12, C13 e C14, Tabela 3). Para o aleloquímico AA, essa superioridade dos homozigotos foi mais aparente no número de ninfas (contrastes C9, C10 e C11, Tabela 3), enquanto para o ZGB, a maior resistência dos genótipos homozigotos ficou evidente tanto na ovoposição quanto no número de ninfas, o que indica que a presença de ZGB em homozigose

nos genótipos de tomateiro pode ser mais eficiente do que o AA em homozigose, em conferir resistência à mosca-branca. A efetividade do ZGB em conferir resistência à *B. argentifolii* foi comprovada inicialmente por Freitas et al. (2002), que verificaram que os genótipos selecionados para alto teor de ZGB apresentaram maiores níveis de resistência à mosca-branca do que o tomateiro comercial com baixo teor de ZGB.

Embora, no presente trabalho, os genótipos duplos heterozigotos simultaneamente para ZGB e AA [F_1 (ZGB-703 x TOM-688), F_1 (ZGB-703 x TOM-689), F_1 (ZGB-704 x TOM-688), F_1 (ZGB-704 x TOM-689)] não tenham se mostrado mais resistentes à mosca-branca do que os genótipos heterozigotos somente para ZGB [F_1 (ZGB-703 x TOM-684), F_1 (ZGB-704 x TOM-684)] ou somente para AA [F_1 (TOM-688 x TOM-684), F_1 (TOM-689 x TOM-684)], a obtenção destes

Tabela 3. Número médio de ovos e ninfas por 2 cm² de área foliar de genótipos de tomateiro, medido, respectivamente, aos 2 e 20 dias após a infestação da mosca-branca *Bemisia argentifolii*, e estimativas de contrastes de interesse⁽¹⁾.

Genótipos	Média de ovos	Média de ninfas
T1, Débora Max	104,83D	85,00D
T2, TOM-684	96,16D	70,66D
T3, TOM-688	51,33C	46,33C
T4, TOM-689	41,66C	33,50B
T5, ZGB-703	41,83C	33,16B
T6, ZGB-704	31,33B	25,33B
T7, F_1 (ZGB-703 x TOM-688)	56,83C	51,50C
T8, F_1 (ZGB-703 x TOM-689)	56,00C	53,83C
T9, F_1 (ZGB-704 x TOM-688)	53,33C	49,16C
T10, F_1 (ZGB-704 x TOM-689)	49,83C	46,33C
T11, F_1 (ZGB-703 x TOM-684)	52,33C	47,33C
T12, F_1 (ZGB-704 x TOM-684)	61,50C	57,16C
T13, F_1 (TOM-688 x TOM-684)	62,16C	54,66C
T14, F_1 (TOM-689 x TOM-684)	57,83C	53,83C
T15, PI-127826 = <i>Lycopersicon hirsutum</i>	0,16A	0,00A
T16, LA-716 = <i>Lycopersicon pennellii</i>	0,33A	0,33A
Contrastes de interesse		
C1 = (T1+T2)/2 - (T3+T4)/2	54,00**	37,91**
C2 = (T1+T2)/2 - (T5+T6)/2	63,91**	48,58**
C3 = (T1+T2)/2 - (T13+T14)/2	40,50**	23,58**
C4 = (T1+T2)/2 - (T11+T12)/2	43,58**	25,58**
C5 = (T1+T2)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4	46,50**	27,62**
C6 = (T13+T14)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4	6,00 ^{ns}	4,04 ^{ns}
C7 = (T11+T12)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4	2,91 ^{ns}	2,04 ^{ns}
C8 = (T3+T4)/2 - (T5+T6)/2	9,91 ^{ns}	10,66*
C9 = (T3+T4)/2 - (T13+T14)/2	-13,50*	-14,33**
C10 = (T3+T4)/2 - (T11+T12)/2	-10,41 ^{ns}	-12,33*
C11 = (T3+T4)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4	-7,50 ^{ns}	-10,29*
C12 = (T5+T6)/2 - (T13+T14)/2	-23,41**	-25,00**
C13 = (T5+T6)/2 - (T11+T12)/2	-20,33**	-23,00**
C14 = (T5+T6)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4	-17,41**	-20,95**
C15 = (T3+T4+T5+T6)/4 - (T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14)/8	-14,68**	-17,14**
C16 = (T3+T4+T5+T6)/4 - (T15+T16)/2	41,29**	34,41**
C17 = (T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14)/8 - (T15+T16)/2	55,97**	51,56**
CV (%)	29,28%	28,71%

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo. * e **Significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

genótipos duplos heterozigotos poderia acarretar maior resistência a outros artrópodos-praga do tomateiro, e aumentar o espectro de ação do efeito isolado desses aleloquímicos. Genótipos ricos simultaneamente em ZGB e AA também poderiam atuar como barreira mais efetiva contra biótipos de artrópodos-praga que viessem a quebrar a resistência mediada por apenas um dos aleloquímicos isoladamente. Os possíveis efeitos de altos teores de ZGB ou AA ou de ambos sobre os inimigos naturais de pragas do tomateiro não podem ser previstos a priori; contudo, em uma situação relatada de resistência à traça *Tuta absoluta*, em tomateiro rico em outro grupo de aleloquímicos (metil-cetonas), a mesma substância que confere resistência à traça (2-tridecanona) atuou de forma negativa sobre o parasitismo de seus ovos por *Trichogramma pretiosum* (Gonçalves-Gervásio et al., 2000)

Os genótipos testados apresentaram diferenças significativas (Tabela 4) quanto à repelência ao ácaro. Os genótipos com alto teor de AA somente, com alto teor de ZGB somente, aqueles simultaneamente com alto teor em ZGB e AA, as linhagens com alto teor em ZGB e aquelas com alto teor em AA apresentaram distâncias de caminhada dos ácaros sobre os folíolos significativamente menores, em todos os tempos de avaliação, quando comparados com as testemunhas comerciais com baixo teor de ZGB e AA (contrastes C1, C2, C3, C4, C5, Tabela 4). Esse resultado evidencia a eficiência de ambos os aleloquímicos em causar repelência ao ácaro *T. urticae*. No entanto, mesmo com o alto grau de repelência encontrado, nenhum dos genótipos avaliados foi tão repelente ao ácaro *T. urticae* quanto os acessos selvagens PI-127826 e LA-716 (contrastes C16, C17, Tabela 4),

Tabela 4. Distâncias médias percorridas pelos ácaros *Tetranychus urticae* na superfície dos folíolos de genótipos de tomateiro em diferentes tempos de avaliação, e estimativas de contrastes de interesse⁽¹⁾.

Tratamentos	Distância (mm)		
	20 min	40 min	60 min
T1, Débora Max	19,28D	18,88E	22,60F
T2, TOM-684	21,85E	21,44F	18,66E
T3, TOM-688	9,03B	8,94B	11,43C
T4, TOM-689	11,33C	13,06D	13,94D
T5, ZGB-703	12,26C	12,09D	13,18D
T6, ZGB-704	11,46C	9,51B	11,17C
T7, F ₁ (ZGB-703 x TOM-688)	10,55C	10,85C	11,70C
T8, F ₁ (ZGB-703 x TOM-689)	11,76C	8,03B	9,34B
T9, F ₁ (ZGB-704 x TOM-688)	9,56B	9,21B	9,34B
T10, F ₁ (ZGB-704 x TOM-689)	11,04C	10,42C	9,60B
T11, F ₁ (ZGB-703 x TOM-684)	9,14B	9,13B	9,13B
T12, F ₁ (ZGB-704 x TOM-684)	9,28B	8,85B	8,75B
T13, F ₁ (TOM-688 x TOM-684)	10,69C	10,73C	12,05C
T14, F ₁ (TOM-689 x TOM-684)	11,79C	11,90D	11,37C
T15, PI-127826 = <i>Lycopersicon hirsutum</i>	2,22A	2,21A	2,24A
T16, LA-716 = <i>Lycopersicon pennellii</i>	1,05A	1,17A	1,46A
Contrastes de interesse			
C1 = (T1+T2)/2 - (T3+T4)/2	10,38**	9,16**	7,94**
C2 = (T1+T2)/2 - (T5+T6)/2	8,70**	9,36**	8,45**
C3 = (T1+T2)/2 - (T13+T14)/2	9,32**	8,84**	8,92**
C4 = (T1+T2)/2 - (T11+T12)/2	11,35**	11,17**	11,69**
C5 = (T1+T2)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4	9,83**	10,55**	10,63**
C6 = (T13+T14)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4	0,51 ^{ns}	1,71**	1,71**
C7 = (T11+T12)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4	-1,51*	-0,61 ^{ns}	-1,05*
C8 = (T3+T4)/2 - (T5+T6)/2	-1,68*	0,20 ^{ns}	0,51 ^{ns}
C9 = (T3+T4)/2 - (T13+T14)/2	-1,06 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,97 ^{ns}
C10 = (T3+T4)/2 - (T11+T12)/2	0,97 ^{ns}	2,01**	3,74**
C11 = (T3+T4)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4	-0,54 ^{ns}	1,39**	2,69**
C12 = (T5+T6)/2 - (T13+T14)/2	0,62 ^{ns}	-0,51 ^{ns}	0,46 ^{ns}
C13 = (T5+T6)/2 - (T11+T12)/2	2,65**	1,81**	3,23**
C14 = (T5+T6)/2 - (T7+T8+T9+T10)/4	1,13 ^{ns}	1,19**	2,18**
C15 = (T3+T4+T5+T6)/4 - (T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14)/8	0,54 ^{ns}	1,02**	2,27**
C16 = (T3+T4+T5+T6)/4 - (T15+T16)/2	9,38**	9,21**	10,58**
C17 = (T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14)/8 - (T15+T16)/2	8,84**	8,18**	8,31**
CV (%)	20,49	13,20	15,06

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo. * e **Significativo pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

os quais, adicionalmente, podem possuir outros fatores arrestantes ao caminhar do ácaro, não presentes nas linhagens de tomateiro melhoradas. No menor tempo de avaliação (20 min), os genótipos simultaneamente duplos heterozigotos, quanto à ZGB e AA [F_1 (ZGB-703 x TOM-688), F_1 (ZGB-703 x TOM-689), F_1 (ZGB-704 x TOM-688), F_1 (ZGB-704 x TOM-689)] mostraram-se semelhantes aos genótipos heterozigotos somente quanto à AA [F_1 (TOM-688 x TOM-684), F_1 (TOM-689 x TOM-684)], às linhagens com alto teor de AA (TOM-688 e TOM-689) e às linhagens com alto teor de ZGB (ZGB-703 e ZGB-704); porém, nos tempos de avaliações seguintes (40 e 60 min), os genótipos duplos heterozigotos apresentaram menor distância de caminhada do ácaro *T. urticae* (contrastes C6, C11 e C14, Tabela 4). Os genótipos heterozigotos somente para ZGB [F_1 (ZGB-703 x TOM-684), F_1 (ZGB-704 x TOM-684)] foram mais repelentes aos ácaros em comparação aos simultaneamente duplos heterozigotos para ZGB e AA (contraste C7, Tabela 4).

De maneira geral, na comparação entre linhagens com alto teor de AA (TOM-688 e TOM-689) com os híbridos heterozigotos somente para AA [F_1 (TOM-688 x TOM-684), F_1 (TOM-689 x TOM-684)] ou com as linhagens com alto teor de ZGB (ZGB-703 e ZGB-704), não se observaram diferenças significativas quanto à repelência ao ácaro *T. urticae* (contrastes C8 e C9, Tabela 4). Este resultado é indicação de que a ligeira superioridade quanto à repelência ao ácaro *T. urticae*, nos genótipos duplos heterozigotos, não pode ser atribuída à sinergia entre ZGB e AA, contrariamente ao que foi demonstrado nos testes de resistência à traça-do-tomateiro *T. absoluta*, realizados com os mesmos genótipos (Silva, 2009). Tais discrepâncias talvez reflitam apenas diferenças no background genotípico das linhagens empregadas na obtenção destes híbridos duplamente heterozigotos. Principalmente a partir do segundo tempo de avaliação (40 min), os híbridos heterozigotos somente para ZGB [F_1 (ZGB-703 x TOM-684), F_1 (ZGB-704 x TOM-684)] apresentaram menor distância de caminhada do ácaro *T. urticae* do que as linhagens com alto teor de ZGB (ZGB-703 e ZGB-704), ou de linhagens com alto teor de AA (TOM-688 e TOM-689) (contrastes C10 e C13, Tabela 4).

Os híbridos heterozigotos somente para AA [F_1 (TOM-688 x TOM-684), F_1 (TOM-689 x TOM-684)] não apresentaram diferenças significativas quanto à repelência ao ácaro *T. urticae* em relação às

linhagens homozigotas com alto teor de ZGB (ZGB-703 e ZGB-704), nos três tempos avaliados (contraste C12, Tabela 4). Com o aumento do tempo de exposição, o grupo formado por todos os híbridos foi mais repelente ao ácaro *T. urticae* do que o grupo formado pelas linhagens com alto teor em ZGB e as linhagens com alto teor em AA (contraste C15, Tabela 4). O fato de os híbridos apresentarem maior repelência ao ácaro *T. urticae* do que as linhagens homozigotas para ZGB e AA é indicação de que, com apenas uma linhagem com alto teor de ZGB, torna-se possível a obtenção de combinações híbridas com resistência ao ácaro *T. urticae*, e que não há necessidade, portanto, da utilização de dois parentais com alto teor de ZGB, o que tornaria restrito o número de combinações híbridas. Silva (2009) verificou que os dois aleloquímicos, quando combinados em híbridos heterozigotos, mostraram efeito sinérgico no aumento da resistência à traça-do-tomateiro. Este efeito sinérgico de AA e ZGB não foi observado no presente ensaio, no que se refere à repelência ao ácaro *T. urticae*.

Conclusões

1. Os genótipos duplos heterozigotos apresentam graus de resistência à mosca-branca *Bemisia argentifolii* superiores aos das testemunhas comerciais.
2. Os genótipos duplos heterozigotos apresentam graus de resistência à mosca-branca inferiores aos das linhagens com alto teor de zingibereno e aos daquelas com alto teor de acilacúcares e, portanto, não evidenciam efeito sinérgico entre esses aleloquímicos.
3. Os genótipos duplos heterozigotos apresentam maior repelência ao ácaro *Tetranychus urticae*, em comparação às testemunhas comerciais.
4. Não há efeito sinérgico entre zingibereno e acilacúcares nos genótipos duplos heterozigotos também no que tange à repelência ao ácaro *T. urticae*.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, ao Ministério da Ciência e Tecnologia, à Universidade Federal de Lavras, à HortiAgro Sementes Ltda., à Fundação para o Desenvolvimento Científico e Cultural e à Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão.

Referências

- AZEVEDO, S.M. de; FARIA, M.V.; MALUF, W.R.; OLIVEIRA, A.C.B.; FREITAS, J.A. de. Zingiberene-mediated resistance to the South American tomato pinworm derived from *Lycopersicon hirsutum* var. *hirsutum*. **Euphytica**, v.134, p.347-351, 2003.
- BELLOWS, T.S.; PERRING, T.M.; GILL, R.J.; HEADRICK, D.H. Description of a species of Bemisia (Homoptera: Aleyrodidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.87, p.195-206, 1994.
- ECOLE, C.C.; PICANÇO, M.; MOREIRA, M.D.; MAGALHÃES, S.T.V. Componentes químicos associados à resistência de *Lycopersicon hirsutum* f. *typicum* a *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, p.327-337, 2000.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p.255-258.
- FLECHTMANN, C.H.W. **Ácaros de importância agrícola**. São Paulo: Nobel, 1989. 189p.
- FREITAS, J.A.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.D.; GOMES, L.A.A.; BEARZOTTI, E. Inheritance of foliar zingiberene contents and their relationship to trichome densities and whitefly resistance in tomatoes. **Euphytica**, v.127, p.275-287, 2002.
- GONÇALVES, L.D.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M. das G.; GOMES, L.A.A.; NASCIMENTO, I.R. do. Herança de acilaçúcares em genótipos de tomateiro provenientes de cruzamento interespecífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.699-705, 2007.
- GONÇALVES, L.D.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M. das G.; RESENDE, J.T.V. de; CASTRO, E.M. de; SANTOS, N.M.; NASCIMENTO, I.R. do; FARIA, M.V. Relação entre zingibereno, tricomas foliares e repelência de tomateiros a *Tetranychus evansi*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.267-273, 2006.
- GONÇALVES-GERVÁSIO, R.C.R.; CIOCIOLA, A.I.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; MALUF, W.R. Parasitismo de ovos de *Tuta absoluta* por *Trichogramma pretiosum* em diferentes genótipos de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1269-1274, 2000.
- LIEDL, B.E.; LAWSON, D.M.; WHITE, K.K.; SHAPIHO, J.A.; COHEN, D.E.; CARSON, W.G.; TRUMBLE, J.T.; MUTSCHLER, M.A. Acylsugars of wild tomato *Lycopersicon pennellii* alters settling and reduces oviposition of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, v.88, p.742-748, 1995.
- MALUF, W.R.; CAMPOS, G.A.; CARDOSO, M. das G. Relationships between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. **Euphytica**, v.121, p.73-80, 2001.
- PERALTA, I.E.; KNAPP, S.; SPOONER, D.M. New species of wild tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: Solanaceae) from northern Peru. **Systematic Botany**, v.30, p.424-434, 2005.
- PEREIRA, G.V.N.; MALUF, W.R.; GONÇALVES, L.D.; NASCIMENTO, I.R. do; GOMES, L.A.A.; LICURSI, V. Seleção para alto teor de acilaçúcares em genótipos de tomateiro e sua relação com a resistência ao ácaro-vermelho (*Tetranychus evansi*) e à traça (*Tuta absoluta*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.996-1004, 2008.
- RESENDE, J.T.V. de; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.D.; FARIA, M.V.; GONÇALVES, L.D.; NASCIMENTO, I.R. do. Resistance of tomato genotypes with high level of acylsugars to *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard. **Scientia Agricola**, v.65, p.31-35, 2008.
- SILVA, V.F. **Resistência a artrópodos-praga em genótipos de tomateiro ricos em zingibereno e/ou acilaçúcares**. 2009. 62p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SUINAGA, F.A.; CASALI, V.W.D.; SILVA, D.J.H. da; PICANÇO, M.C. Dissimilaridade genética de fontes de resistência de *Lycopersicon* spp. a *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, p.371-376, 2003.
- VILLAS BÔAS, G.L.; FRANÇA, F.H.; MACEDO, N. Potencial biótico da mosca-branca *Bemisia argentifolii* a diferentes plantas hospedeiras. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.71-79, 2002.
- WESTON, P.A.; SNYDER, J.C. Thumbtack bioassay: a quick method of measuring plant resistance to two-spotted spider mites (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, v.83, p.500-504, 1990.

Recebido em 20 de fevereiro de 2009 e aprovado em 16 de setembro de 2009