



**ALINE MARCHESE**

**RESISTÊNCIA À MOSCA-BRANCA E AO  
ÁCARO-RAJADO MEDIADA POR  
ACILAÇÚCARES E PELO GENE *Mi* EM  
TOMATEIRO**

**LAVRAS - MG**

**2013**

**ALINE MARCHESE**

**RESISTÊNCIA À MOSCA-BRANCA E AO ÁCARO-RAJADO  
MEDIADA POR ACILAÇÚCARES E PELO GENE *Mi* EM TOMATEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Wilson Roberto Maluf

**LAVRAS – MG**

**2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Marchese, Aline.

Resistência à mosca-branca e ao ácaro-rajado mediada por  
acilaçúcares e pelo gene *Mi* em tomateiro / Aline Marchese. –  
Lavras : UFLA, 2013.

63 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Wilson Roberto Maluf.

Bibliografia.

1. *Solanum lycopersicum*. 2. *Bemisia argentifolii*. 3. *Tetranychus  
urticae*. 4. Seleção indireta. I. Universidade Federal de Lavras. II.  
Título.

CDD – 635.64223

**ALINE MARCHESE**

**RESISTÊNCIA À MOSCA-BRANCA E AO ÁCARO-RAJADO  
MEDIADA POR ACILAÇÚCARES E PELO GENE *Mi* EM TOMATEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 12 de julho de 2013.

Dr. Sebastião Márcio de Azevedo	SAKATA
Dra. Maria das Graças Cardoso	UFLA
Dra. Juliano Tadeu Vilela de Resende	UNICENTRO
Dr. Douglas Wilian Nogueira	UFLA

Dr. Wilson Roberto Maluf  
Orientador

**LAVRAS – MG**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conduzir por caminhos de horizontes amplos, implantar em mim o sonho e permitir sua realização.

Ao meus pais, Alice e Osmar Marchese, e irmãos Andre e Allan, por fazerem dos meus ideais os seus. O seu incentivo e amor me impulsionam e me dão forças para continuar lutando pelos meus objetivos de vida.

Ao orientador, Prof. Dr. Wilson Roberto Maluf, por quem tenho grande admiração. A objetividade de seu trabalho aliada a um grande conhecimento teórico é, para mim, um norte.

Aos funcionários da Hortiagro Sementes, pela amizade e apoio na condução dos experimentos.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores e funcionários do Departamento de Agricultura, pelos ensinamentos e apoio para a conclusão do curso.

Aos membros da banca examinadora: Dr Sebastião Márcio de Azevedo, Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria das Graças Cardoso, Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende e Dr. Douglas Willian Nogueira pela disponibilidade de revisão e avaliação do trabalho.

Aos amigos-irmãos de orientação Gabi, Thiago, Marcela, Douglas, Danilo, Luiz Felipe, Regis, Mariney e, em especial, a Eva Maria, André (Godô) e Celso. Sem vocês, não seria possível.

Ao André (Godô), por ser parte de tudo e com paciência!

À Gabi e “nossa família”.

A todos os companheiros “No Limits” das horas de descontração. Sem vocês, não teria graça!

À melhor república do sul do mundo! Fran, Amanda, Thais e Marlúcia, e as ex-republicanas, Pauline e Néia, vocês também são autoras da minha história de vida, compartilhando sorrisos e lágrimas. Guardo todas vocês em meu coração.

Às instituições que apoiaram com recursos financeiros e bolsa de estudos a realização deste trabalho: FAPEMIG, CNPq/MCT, Capes/MEC, UFLA, EPAMIG, ao Laboratório de Química Orgânica/Óleos Essenciais e à empresa Hortiagro Sementes.

A cada um que, de forma direta ou indireta, colaborou para a conclusão de mais uma etapa de minha vida e que, embora não citados aqui, não deixam de merecer meu profundo agradecimento.

**Muito Obrigada !!**

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar os níveis de resistência à mosca-branca (*Bemisia argentifolii*) e ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) em tomateiros (*Solanum lycopersicum*) portadores do gene *Mi* com a resistência mediada por acilaçúcares foliares. Foram testadas quanto ao conteúdo foliar de acilaçúcares, presença do gene *Mi* e resistência à mosca-branca e ao ácaro-rajado a linhagem Santa Clara e oito linhagens dela derivadas (TOM-687, TOM-688, TOM-694, TOM-695, TOM-684, TOM-598, TOM-556, TOM-584), que diferem entre si quanto ao teor de acilaçúcares e presença do gene *Mi*. As linhagens ricas em acilaçúcares (TOM-687 e TOM-688) apresentaram maior resistência à ovoposição e sobrevivência das ninfas de mosca-branca e maior repelência ao ácaro-rajado, quando comparadas com os demais tratamentos, que possuem baixos teores foliares de acilaçúcares. As linhagens com baixos teores de acilaçúcares portadoras do gene *Mi* (TOM-684 e TOM-598) também apresentaram menor ovoposição e menor sobrevivência das ninfas de mosca-branca relativamente a cultivar Santa Clara, entretanto, o nível da resistência mediado por acilaçúcares foi superior ao nível de resistência mediado pelo gene *Mi*. Não houve diferença significativa entre as linhagens portadoras do gene *Mi* (TOM-684 e TOM-598) e as demais linhagens com baixos teores de acilaçúcares na repelência ao ácaro rajado, demonstrando que o gene *Mi* não é efetivo em conferir resistência contra este artrópodo.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, *Bemisia argentifolii*, *Tetranychus urticae*, seleção indireta.

### Abstract

The purpose of this study was to compare the levels of resistance to whitefly (*Bemisia argentifolii*) and two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) in tomato carrying the *Mi* gene for nematode resistance with the resistance imported by high foliar levels of acylsugar. The tomato cultivar Santa Clara and eight inbred lines derived from it (TOM-687, 688-TOM, TOM-694, TOM-695, -TOM 684, TOM-598, 556-TOM, TOM-584) which differ from each other in acylsugar contents or in the genetic constitution of the *Mi* locus. Acylsugar-rich lines (TOM-687 and TOM-688) showed the lowest levels of whitefly oviposition and the lowest numbers of whitefly nymphs among the genotypes tested; similarly, TOM-687 and TOM-688 were the genotypes with high levels of mite repellence. Lines carrying the *Mi* gene (TOM-684 and TOM-598) also showed some reduced levels of whitefly oviposition and nymphal numbers, but this reduction was less intense than that imported by acylsugars. The presence of the *Mi* gene had no significant effect in mite repellence.

Key words - *Solanum lycopersicum*, *Bemisia argentifolii*, *Tetranychus urticae*, indirect selection.

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE.....</b>	<b>8</b>
<b>1. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Origem e histórico.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2. Importância econômica e aspectos edafoclimáticos .....</b>	<b>9</b>
<b>1.3. Pragas como problema fitossanitário.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4. Melhoramento na cultura do tomateiro.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4.1. Resistência associada aos aleloquímicos foliares.....</b>	<b>13</b>
<b>1.4.2 Resistência associada ao gene <i>Mi</i>.....</b>	<b>16</b>
<b>2. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>18</b>
<b>SEGUNDA PARTE .....</b>	<b>24</b>
<b>3. ARTIGO 1: RESISTÊNCIA A MOSCA-BRANCA MEDIADA POR ACILAÇÚCARES E GENE <i>MI</i> EM TOMATEIRO .....</b>	<b>24</b>
<b>4. ARTIGO 2: RESISTÊNCIA AO ÁCARO-RAJADO EM FUNÇÃO DO TEOR FOLIAR DE ACILAÇÚCARES E DA PRESENÇA DO GENE <i>MI</i> EM TOMATEIRO. ....</b>	<b>44</b>

## PRIMEIRA PARTE

### 1. REVISÃO DE LITERATURA

O tomateiro é uma dicotiledônea membro da família *Solanaceae*, classificada atualmente no gênero *Solanum*. A nomenclatura científica do tomate tem uma longa e controvertida história. Linnaeus classificou o tomate como *Solanum lycopersicum*, sendo incluído no mesmo gênero da batata (*Solanum tuberosum*). Entretanto, algum tempo depois, os taxonomistas decidiram que o tomate realmente pertencia ao gênero *Lycopersicon*, tendo sua nomenclatura mudada para *Lycopersicon lycopersicum* e posteriormente *Lycopersicon esculentum*. Recentemente, o gênero *Lycopersicon* deixou de ser reconhecido, sendo o tomateiro classificado como *Solanum esculentum*. Posteriormente, botânicos e taxonomistas concordaram que a espécie deveria manter o nome original, dado por Linnaeus. Atualmente o tomate cultivado é classificado como *Solanum lycopersicum*, sendo pertencentes também ao gênero *Solanum* mais 12 espécies aparentadas (PERALTA; SPOONER, 2001; PERALTA; KNAPP; SPOONER, 2006).

#### 1.1. Origem e histórico

O tomateiro é cultivado em regiões tropicais e subtropicais durante todo o ano. O centro de diversidade primário (centro de origem) do antigo gênero *Lycopersicon* é a região andina, compreendendo o Peru, o Equador, Bolívia, Norte do Chile. Sua introdução no Brasil se deu por volta do século XIX, através dos imigrantes italianos e espanhóis, porém, o seu consumo se consolidou, com maior intensidade, depois da Primeira Guerra Mundial, por volta de 1930 (ALVARENGA, 2004).

## **1.2. Importância econômica e aspectos edafoclimáticos**

O tomate ocupa lugar de destaque econômico dentre as hortaliças cultivadas, com produção mundial em 2011 girando em torno de 159,0 milhões de toneladas em 4,7 milhões de hectares, sendo a China o maior produtor mundial, seguido dos Estados Unidos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, FAO, 2013).

No Brasil, são cultivados cerca de 71 mil hectares, produzindo em torno de 4,5 milhões de toneladas de fruto (FAO, 2013). Caracteriza-se como uma cultura de elevada importância socioeconômica, por ser uma fonte geradora de empregos tanto na zona rural como nos centros urbanos. Por exigir alto nível tecnológico e intensa utilização de mão de obra, tanto para cultivos em campo aberto como em sistemas protegidos, estima-se que a cultura gere de 4 a 5 empregos diretos por hectare por ano (MEDEIROS; VILELA; FRANÇA, 2006).

A planta suporta uma amplitude de 10° C a 34° C, sendo a média ideal de 21° C, dando-se preferência para o plantio em épocas ou em locais de pouca precipitação pluvial e baixa umidade relativa do ar (GIORDANO; ARAGÃO; BOITEUX, 2003). O solo deve ser profundo, de fácil drenagem, areno-argiloso, com teor de matéria orgânica em torno de 3% e níveis adequados de nutrientes (FONTES, 2000).

## **1.3. Pragas como problema fitossanitário**

O tomate é considerado uma cultura de alto risco devido ao elevado grau de infestação de pragas e doenças. Desta forma, a produção de tomate requer a aplicação de uma quantidade elevada de defensivos agrícolas que podem degradar o meio ambiente, além de favorecerem o surgimento de pragas novas

e/ou mais resistentes, e por fim, elevando o custo de produção (SIQUEIRA et al., 2000).

Calcula-se que as perdas mundiais causadas somente pelas pragas em tomate representem aproximadamente 35% de toda sua produção. Sem a aplicação de defensivos, as perdas seriam de aproximadamente 78% (ZALOM, 2003). Em países tropicais como o Brasil, o problema é ainda mais grave considerando-se as condições de temperatura e umidade elevadas nestas regiões que favorecem o aparecimento e desenvolvimento das pragas (MALUF et al., 2001).

Dentre os inúmeros artrópodes pragas mundiais de tomateiro, uma das maiores preocupações é a *Bemisia argentifolii* Bellow & Perring (Hemiptera) (ou *Bemisia tabaci* biótipo B), conhecida popularmente como mosca-branca. Essa praga é responsável por causar inúmeros danos de ordem direta e indireta. Entre os danos diretos, incluem-se como perda de área fotossinteticamente ativa da planta e a queda de produtividade. Além disto, causa a indisponibilização de frutos para o consumo devido às anomalias ou desordens fitotóxicas, como amadurecimento irregular, causado pela injeção de toxinas durante a alimentação do inseto (LOURENÇÃO; NAGAI, 1994), e aspecto esponjoso ou “isoporizado” dos frutos, que podem apresentar-se internamente esbranquiçados. Entre os danos indiretos mais importantes está a transmissão de geminivírus (begomovírus), uma vez que a mosca-branca é vetor das principais estirpes destes vírus.

A mosca-branca pertence à ordem Hemiptera, subordem Homoptera, família Aleyrodidae, com 126 gêneros e 1156 espécies (SALGUERO, 1993). Sua maior ocorrência está relacionada à expansão da monocultura, às condições de sistemas agrícolas modernos, aumento da utilização de agrotóxicos e sua adaptação em diversos tipos de hospedeiros (BROWN; FROHLICH; ROSELL, 1995).

No Brasil, desde a década de 1990, quando um biótipo novo (B) foi descoberto no Estado de São Paulo, a mosca-branca se tornou um dos maiores problemas fitossanitários do tomateiro (LOURENÇÃO; NAGAI, 1994). No cultivo do tomate, o manejo de *B. argentifolii* torna-se difícil em função do grande número de plantas hospedeiras e da capacidade de adaptação desta praga a diferentes condições climáticas.

Embora muitos métodos de controle possam ser efetuados, a melhor maneira de combater as pragas é a utilização de cultivares com algum grau de resistência, associadas ao manejo adequado da cultura (GIORDANO et al., 2005; LIMA; BATISTA; COSTA, 2005).

Os ácaros do gênero *Tetranychus*, apesar de serem pragas de importância secundária no Brasil, podem, em condições de altas infestações, provocar danos economicamente significativos para a cultura. Estes artrópodos são pertencentes à ordem Acari, da classe Arachinida e são caracterizados pelo pequeno tamanho, ausência de asas e de antenas, presença de quelíceras, possuindo quatro pares de pernas na fase adulta, com cabeça, tórax e abdome fundidos e não segmentados (FLECHTMAN; BAKER, 1970). Apesar de abranger um grande número de espécies, apenas três delas são de importância para a cultura do tomateiro no gênero *Tetranychus*: o ácaro rajado (*T. urticae* Koch.) e os ácaros-vermelhos (*T. ludeni* Zacher e *T. evansi* Baker Pritchard), sendo o primeiro o principal no Brasil e considerado praga importante para a cultura (FLECHTMANN, 1989).

O ácaro-rajado ataca preferencialmente as folhas da parte mediana da planta, causando amarelecimento e secamento das folhas atacadas, seguido de desfolha da planta. Além da diminuição da área fotossinteticamente ativa, devido à queda das folhas, os frutos ficam expostos ao sol, não adquirindo a cor vermelha característica, o que deprecia o produto (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Perdas substanciais na produção da cultura acontecem quando o índice de

infestação nos folíolos excede 15% (FLECHTMANN, 1989).

O controle deste ácaro é considerado extremamente difícil, uma vez que apresenta grande capacidade de aumento populacional, chegando a 20 – 25 gerações por ano (MARUYAMA et al., 2002). Assim como para outras pragas, a principal forma de manejo é o uso de defensivos químicos, os quais nem sempre apresentam eficiência e, ainda, podem acarretar problemas relacionados à contaminação ambiental, à resistência do ácaro ao ingrediente ativo e à eliminação de inimigos naturais. Entretanto, a busca por cultivares resistentes tem sido foco de programas de melhoramento da cultura, a fim de diminuir os danos ambientais e da saúde do trabalhador devido ao emprego de produtos químicos.

#### **1.4. Melhoramento na cultura do tomateiro**

Os programas de melhoramento do tomateiro têm buscado atender as necessidades do produtor e do consumidor, sendo inúmeras as características de interesse, tais como firmeza dos frutos, uniformidade dos frutos, precocidade, adequado número de frutos e peso de frutos, resistência a doenças, variedades com múltiplos usos, aumento no conteúdo de vitaminas, aumento no conteúdo de carotenoides/licopeno, entre outras (DIEZ; NUEZ, 2008).

Atualmente, o desenvolvimento de cultivares resistente a pragas é um dos focos de programas de melhoramento da cultura, sendo muitas as estratégias utilizadas para que este objetivo seja alcançado. A primeira delas é a utilização da variabilidade intraespecífica. Entretanto, esta variabilidade geralmente não se mostra suficiente para solucionar os problemas causados pelas pragas, o que conduz o melhorista à procura por novas fontes de variação em espécies selvagens, fazendo-se uso dos cruzamentos interespecíficos (DIEZ; NUEZ, 2008).

Uma das estratégias tem sido a busca por altos níveis foliares de aleloquímicos em espécies selvagens que, após o processo de cruzamentos, seleção e retrocruzamentos, tem se mostrado altamente efetivos em conferir resistência às principais pragas em tomateiro (AZEVEDO et al., 2003; RESENDE et al., 2006; GONÇALVES et al., 2007).

#### **1.4.1. Resistência associada aos aleloquímicos foliares**

Embora genótipos tenham sido testados diretamente quanto à resistência a pragas (MOMOTAZ; SCOTT; SCHUSTER, 2010; PALLIPARAMBIL et al., 2010), em programas de melhoramento genético do tomate conduzidos no Brasil tem predominado a seleção indireta de genótipos com altos teores foliares de aleloquímicos associados à resistência como metil-cetonas (2-tridecanona), sesquiterpenos (zingibereno) e acialçúcares (FREITAS et al., 2002; RESENDE et al., 2009, SILVA et al., 2009, GONÇALVES NETO et al., 2010, DIAS et al., 2013)

Dentre os aleloquímicos, os acilaçúcares podem ser destacados por conferirem resistência a uma vasta gama de pragas chave na cultura do tomateiro. A presença deste éster de glicose ou sacarose e grupos acilas foi inicialmente descrita em tricomas glandulares do tipo IV (BURKE; GOLDSBY; MUDD, 1987), em espécies selvagens de *Solanum pennellii*.

Este atua impedindo a ovoposição, a alimentação ou, ainda, exercendo efeito deletério no desenvolvimento de determinadas fases dos insetos pragas (RESENDE et al., 2006; 2008).

Resende et al. (2002) e Gonçalves et al. (2007) indicaram que altos teores de acilaçúcares se devem à ação de um alelo recessivo, com dominância incompleta no sentido de baixos teores. Resende et al. (2006) trabalhou com plantas selecionadas para alto e baixo teor de acilaçúcares na população F<sub>2</sub> do

cruzamento *L. esculentum* ('TOM-584') x *L. pennelli* (LA-716) e na população F<sub>2</sub> do primeiro retrocruzamento para *L. esculentum*. Essas plantas foram submetidas a ensaios de repelência ao ácaro (*Tetranychus evansi*) e de resistência à mosca-branca (*Bemisia* sp.) e à traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*), juntamente com os genitores. Os resultados obtidos demonstraram o efeito dos acilaçúcares na repelência ao ácaro. Com relação à mosca-branca, verificou-se menor número de ninfas para todos os genótipos com elevado teor de acilaçúcares. Alto teor de acilaçúcares também foi associado à resistência dos materiais à traça-do-tomateiro, em ensaios realizados tanto em casa de vegetação quanto no campo.

Além deste, outros autores já documentaram a resistência mediada por acilaçúcares a traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) (MACIEL et al., 2011; RESENDE et al., 2006), ácaros rajado (*Tetranychus urticae*) (SILVA et al., 2009) e vermelho (*Tetranychus evansi*) (PEREIRA et al., 2008; RESENDE et al., 2008) e mosca-branca (*B. argentifolii*) (SILVA et al., 2009; PAMPLONA, 2001). Recentemente, Silva (2012) concluiu que aleloquímico confere altos níveis de resistência a *Lyriomiza trifolii* e *Myzus persicae* na cultura do tomateiro. O autor associa a presença de acilaçúcares na diminuição de ninfas e pupas por área e uma menor porcentagem de folíolos atacadas por *L. trifolii*, bem como uma diminuição no período reprodutivo, longevidade e produção de ninfas de *M. persicae*.

Embora a resistência a pragas em tomateiro mediada por acilaçúcares derivados de *L. pennellii* seja bem documentada (RODRIGUEZ; TINGEY; MUTSCHLER, 1993; LIEDL et al., 1995; RESENDE et al., 2006; SAEIDI; MALLIK; KULKARNI, 2007; SILVA, 2012), ainda não estão disponíveis no mercado tomates comerciais com níveis satisfatórios de resistência. A obtenção de plantas com alto teor de acilaçúcares nos folíolos e bons níveis de resistência às principais pragas do tomateiro é de grande interesse

no manejo da cultura, na qual o controle de pragas tem sido realizado, basicamente, por meio de controle químico associado a outras práticas.

Os níveis de resistência mediados por acilaçúcares também puderam ser observados durante as comparações entre genótipos selecionados para altos teores de acilaçúcares durante o avanço de gerações em um programa de melhoramento e o parental doador do gene. Resende et al. (2009) observaram que a ovoposição e desenvolvimento de ninfas de mosca-branca eram menores em plantas que continham altos teores foliares do aleloquímico, quando comparados com genótipos com baixos teores e maiores, quando comparadas ao acesso LA-716 de *Lycopersicon penelli*. Em algumas famílias com alto acilaçúcares, o número de ovos nos genótipos foi considerado elevado, porém o número de ninfas apresentou-se reduzido, indicando que, mesmo havendo a oviposição sobre os folíolos, provavelmente os acilaçúcares exerceram efeito adverso ao desenvolvimento do inseto.

Maluf et al. (2010) observaram que híbridos de tomateiro com teores intermediários de acilaçúcar também são capazes de conferir um espectro de resistência à traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*), mosca-branca (*Bemisia argentifolii*) e uma resistência moderada ao ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*). Sendo assim, o mesmo autor ressaltou que não seria necessário utilizar somente linhagens com alto teor de acilaçúcar para obtenção de híbridos com alto teor deste aleloquímico com resistência às pragas citadas, pois híbridos com teores intermediários apresentaram níveis satisfatórios de resistência. O *background* desta linhagem pode influenciar na resistência final a estas pragas. Gonçalves Neto et al. (2010), ao testar híbridos de diferentes pedigrees com altos teores de acilaçúcares, sendo estes similares, verificaram pequenas discrepâncias entre os híbridos para resistência à traça do tomateiro. Porém, esses híbridos sempre apresentaram resistência superior àqueles com teores medianos ou baixos deste aleloquímico.

#### 1.4.2. Resistência associada ao gene *Mi*

As semelhanças entre a forma de alimentação das pragas sugadoras, como pulgões, mosca-branca e nematoide de galhas (BYRNE; BELLOWS, 1991; WALKER; PERRING, 1994., KALOSHIAN; LANGE; WILLIAMSON, 1995) sugerem uma determinação da resposta de defesa altamente eficaz relacionada ao conteúdo celular da planta, repelindo o estilete destes insetos (FERNANDES, 1990). Baseadas nesta afirmação, pesquisas vem sendo realizadas para a investigação do fato de que o precursor de resistência a um patógeno/praga pode contribuir para a resistência a outros, a fim de caracterizar genes que conferem resistência múltipla em tomateiro.

O gene *Mi*, introduzido no tomateiro cultivado a partir de seu parente *S. peruvianum* (SMITH, 1944) é um exemplo. Este gene é caracterizado pela reação de hipersensibilidade ao gênero *Meloidogyne* spp em tomateiro (ROBERTS; THOMASON, 1986). A investigação de que este gene pode contribuir também para a tolerância de outras espécies de artrópodos praga não é recente. Rossi et al. (1998) demonstraram a efetividade do gene *Mi*, ou outro intimamente ligado a ele, em promover níveis de tolerância do tomateiro ao pulgão *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae), diminuindo tanto o número de afídeos por folha quanto a sobrevivência dos mesmos na planta. Kaloshian, Lange e Williamson (1995) verificaram que este gene, embora tenha reação de dominância completa para resistência a nematoides, apresente comportamento variável entre genótipos em homozigose ( $Mi^+/Mi^+$ ) e heterozigose ( $Mi^+/Mi$ ), sugerindo uma possível dominância incompleta para o gene *Mi* no caráter que atribui a resistência ao pulgão ou ainda dominância incompleta do gene ligado a ele.

Nombela, Beitia e Muñiz (2000) revela que este gene, ou outro a ele ligado, confere também resistência à mosca-branca (*B. argentifolli*) em cultivares de tomate comercial (*S. lycopersicum*), reduzindo em até 50% o número de fêmeas e adultos por planta em genótipos que possuem o gene *Mi* quando comparado aos que não possuem. No mesmo trabalho, os autores também analisam genótipos com alto teor de acilaçúcar e afirmam que a resistência à mosca-branca também pode ser mediada por este aleloquímico. No entanto, não fazem comparações entre os níveis de resistência conferidos pelo gene *Mi* e os conferidos pelos altos teores de acilaçúcares foliares.

Godzina, Kielkiewicz e Szymczykiewicz (2011) apontam uma menor densidade populacional de *T. urticae* em plantas de tomateiro com a presença do alelo dominante em homozigose para o loco genico *Mi* em comparação com aquelas que não possuem este alelo. Essa diferença, embora significativa, não é satisfatória, necessitando, segundo os autores, de maiores investigações para este fato, uma vez que este trabalho aponta pela primeira vez o gene *Mi* como fonte de resistência ao ácaro.

Na literatura ainda não há relatos de comparações dos níveis de resistência conferidos por acilaçúcares e gene *Mi* para mosca-branca e outras pragas chaves da cultura do tomateiro, assim como ainda não foi determinado se a resistência mediada por *Mi* é também efetiva contra outros afídeos, como *Myzus persicae* ou contra outros insetos e ácaros, contra os quais os acilaçúcares são sabidamente efetivos. Também não foi determinado se os acilaçúcares são, por sua vez, efetivos contra o afídeo *Macrosiphum euphorbiae*.

## 2. REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 393 p.
- AZEVEDO, S. M. D. et al. Zingiberene-mediated resistance to the South American tomato pinworm derived from *Lycopersicon hirsutum* var. *hirsutum*. **Euphytica**: netherlands journal of plant breeding, Wageningen, v. 134, n. 3, p. 347-351, Sept. 2003.
- BROWN, J. K.; FROHLICH, D. R.; ROSELL, R. C. The sweet-potato or silverleaf whiteflies - Biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex. **Annual Review of Entomology**, v. 40, p. 511-534, 1995.
- BURKE, B. A.; GOLDSBY, G.; MUDD, J. B. Polar epicuticular lipids of *Lycopersicon pennelli*. **Phytochemistry**, chemistry, biochemistry, molecular biology, New York, v. 26, n. 9, p. 2567-2571, 1987.
- BYRNE, D.; BELLOWS, T. S. Whitefly biology. **Annual Review of Entomology**, v. 36, p. 431-457, 1991.
- DIAS, D. M. et al. Selection of processing tomato genotypes with high acyl sugar content that are resistant to the tomato pinworm. **Genetic and Molecular Research**, v. 12, p. 381-389, 2013.
- DIEZ, M. J.; NUEZ, F. Tomato. In: PROHENS, J.; NUEZ, F. (Ed.). **Vegetables II**: Fabaceae, Liliaceae, Umbelliferae, and Solanaceae. New York: Springer, 2008. p. 249-326.
- FERNANDES, G. W. Hypersensitivity: a neglected plant resistance mechanism against insect herbivores. **Environmental Entomology**, College Park, v. 19, n. 5, p. 1173-1182, Oct. 1990
- FLECHTMANN, C. H. W. **Ácaros de importância agrícola**. 6. ed. São Paulo: Nobel, 1989. 189 p.
- FLECHTMANN, C. H. W.; BAKER, E. W. A preliminary report on the Tetranychidae (Acarina) of Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 63, n. 1, p. 156-163, 1970.
- FONTES, R. R. Solo e nutrição da planta. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L.

B. (Ed.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 22-35.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Faostat**: preliminary 2011.

Disponível em:

<<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>.

Acesso em: 28 jan. 2013.

FREITAS, J. A. et al. Inheritance of foliar zingiberene contents and their relationship to trichome densities and whitefly resistance in tomatoes.

**Euphytica**: netherlands journal of plant breeding, Wageningen, v. 127, n. 2, p. 275-287, 2002.

GIORDANO, L. B.; ARAGÃO, F. A. S.; BOITEUX, L. S. Melhoramento genético do tomateiro. **Informe Agropecuário**: tomate para mesa, Belo Horizonte, v. 24, n. 219, p. 43-57, 2003.

GIORDANO, L. D. B. et al. Efeito da infecção precoce por *Begomovirus* com genoma bipartido em características de frutos de tomate industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 815-818, 2005.

GODZINA, M. KIELKIEWICZ, M.; SZYMCZYKIEWICZ, K. Varying abundance and dispersal of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch, 1836, Acari: Prostigmata: Tetranychidae) on Mi-tomato plants differing in allelic combination. **Biological Lett**, v. 48, p. 213-223, 2011.

GONÇALVES, L. D. et al. Inheritance of tomato leaflet acylsugar contents in genotypes derived from an interspecific cross. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 5, p. 699-705, maio 2007.

GONÇALVES NETO, A. C. et al. Resistência à traça-do-tomateiro em plantas com altos teores de acilacúcares nas folhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 203-208, Apr./June 2010.

KALOSHIAN, I.; LANGE, W. H.; WILLIAMSON, V. M. An aphid-resistance locus is tightly linked to the nematode-resistance gene, Mi, in tomato. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 92, p. 622-625, 1995.

LIEDL, B. E. et al. Acylsugars of wild tomato *Lycopersicon pennelli* alters settling and reduces oviposition of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 88, p. 742-748,

1995.

LIMA, A. N. D.; BATISTA, J. L.; COSTA, N. P. Efeito de variedades de tomateiro no controle da mosca-branca (*Bemisia tabaci* L.). **Caatinga**, Mossoró, v. 18, p. 92-97, 2005.

LOURENÇÃO, A. L.; NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 1, p. 53-59, 1994.

MACIEL, G. M. et al. Híbridos pré-comerciais resistentes a *Tuta absoluta* obtidos de linhagem de tomateiro rica em acilaçúcares. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 151-156, 2011.

MALUF, W. R. et al. Broad-spectrum arthropod resistance in hybrids between high- and low-acylsugar tomato lines. **Crop Science**, Madison, v. 50, n. 2, p. 439-450, Mar./Apr. 2010.

MALUF, W. R. et al. Relationships between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. **Euphytica: netherlands journal of plant breeding**, Wageningen, v. 121, n. 1, p. 73-80, 2001.

MARUYAMA, W. I. et al. Resistência de genótipos de tomateiro ao ácaro rajado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 480-484, set. 2002.

MEDEIROS, M. A.; VILELA, N. J.; FRANÇA, N. H. Eficiência técnica e econômica do controle biológico da traça-do-tomateiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 180-184, 2006.

MOMOTAZ, A.; SCOTT, J. W.; SCHUSTER, D. J. Identification of quantitative trait loci conferring resistance to *bemisia tabaci* in an F-2 Population of *Solanum lycopersicum* x *Solanum habrochaites* Accession LA1777. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 135, n. 2, p. 134-142, Mar. 2010.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2008. 308 p.

NOMBELA, G.; BEITIA, F.; MUÑIZ, M. Variation in tomato host response to *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in relation to acyl sugar content and

presence of the nematode and potato aphid resistance gene Mi. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 90, n. 2, p. 161–167, Apr. 2000.

PALLIPPARAMBIL, G. R. et al. Mi-mediated aphid resistance in tomato: tissue localization and impact on the feeding behavior of two potato aphid clones with differing levels of virulence. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 135, n. 3, p. 295-307, June 2010.

PAMPLONA, A. M. S. R. **Avaliação de genótipos de tomate *Lycopersicon* ssp. com diferentes concentrações de acilacúcares, quanto a resistência a *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemitera: Aleyrodidae)**. 2001. 98 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PERALTA, I. F.; KNAPP, S.; SPOONER, D. M. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. **Report on Tomato Genetics Cooperative**, v. 56, p. 6-12, 2006. Disponível em: <<http://tgc.ifas.ufl.edu/vol56/vol56.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

PERALTA, I. F.; SPOONER, D. M. Granule-bound starch synthase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. subsection *Lycopersicon*). **American Journal of Botany**, v. 88, p. 1888-1892, 2001.

PEREIRA, G. V. N. et al. Seleção para alto teor de acilacúcares em genótipos de tomateiro e sua relação com a resistência ao ácaro vermelho (*Tetranychus evansi*) e à traça (*Tuta absoluta*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 996-1004, 2008.

RESENDE, J. T. V. de et al. Inheritance of acylsugar contents in tomatoes derived from an interspecific cross with the wild tomato *Lycopersicon pennellii* and their effect on spider mite repellence. **Genetics and Molecular Research**, v. 1, n. 2, p. 106-116, June 2002.

RESENDE, J. T. V. et al. Resistance of tomato genotypes to the silverleaf whitefly mediated by acylsugars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 345-348, jul./set. 2009.

RESENDE, J. T. V. et al. Resistance of tomato genotypes with high level of acylsugars to *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 1, p. 31-35, 2008.

RESENDE, J. T. V. et al. Acylsugars in tomato leaflets confer resistance to the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* Meyr. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 1, p. 20-25, 2006.

ROBERTS, P. A.; THOMASON, I. J. Variability in reproduction of isolates of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on resistant tomato genotypes. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 70, p. 547-551, 1986.

RODRIGUEZ, A. E.; TINGEY, W. M.; MUTSCHLER, M. A. Acylsugars of lycopersicon-pennellii deter settling and feeding of the green peach aphid (Homoptera, Aphididae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 86, n. 1, p. 34-39, Feb. 1993.

ROSSI, M. et al. The nematode resistance gene *Mi* of tomato confers resistance against the potato aphid. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 95, p. 9750-9754, 1998.

SAEIDI, Z.; MALLIK, B.; KULKARNI, R. S. Inheritance of glandular trichomes and two-spotted spider mite resistance in cross *Lycopersicon esculentum* "Nandi" and *L. pennellii* "LA2963". **Euphytica: netherlands journal of plant breeding**, Wageningen, v. 154, n. 1-2, p. 231-238, Mar. 2007.

SALGUERO, V. Perspectivas para el manejo del complejo mosca blanca-virosis. In: HILJE, L.; ARBOLEDA, O. (Ed.). **Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en America Central e El Caribe**. Catie: [s. n.], 1993. p. 20-26. (Informe Técnico, 205).

SILVA, A. A. **Resistencia de genótipos de tomateiro com teores foliares contrastantes de aleloquímicos a *Lyriomiza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)**. 2012. 84 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SILVA, V. D. et al. Resistance mediated by allelochemicals of tomato genotypes to the silverleaf whitefly and to two-spotted spider mites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 10, p. 1262-1269, out. 2009.

SIQUEIRA, H. A. A. et al. Insecticide resistance in *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Agricultural and Forest Entomology**, v. 2, p. 147-153, 2000.

SMITH, P. G. Embryo culture of a tomato species hybrid. **Proceedings of the**

**American Society of Horticultural Science**, v. 44, p. 413–416, 1944.

WALKER, G. P.; PERRING, T. M. Feeding and oviposition behaviour of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) interpreted from AC electronic feeding monitor waveforms. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 87, p. 363–374, 1994.

ZALOM, F. G. Pests, endangered pesticides and processing tomatoes. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 613, p. 223-233, 2003.

## **SEGUNDA PARTE**

### **3. ARTIGO 1: RESISTÊNCIA À MOSCA-BRANCA MEDIADA POR ACILAÇÚCARES E PELO GENE *Mi* EM TOMATEIRO**

Artigo redigido conforme as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB (versão preliminar).

**Resistência à mosca-branca mediada por acilaçúcares e pelo gene *Mi* em tomateiro.**

**Aline Marchese<sup>(1)</sup>, Wilson Roberto Maluf<sup>(1)</sup>, Eva Maria Rodrigues Costa<sup>(1)</sup>, Celso Mattes de Oliveira<sup>(1)</sup>; Vicente Paulo Campos<sup>(1)</sup>; Paulo Moretto<sup>(1)</sup> e Vicente Licursi<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Universidade Federal de Lavras – UFLA – Caixa Postal 3037, CEP: 37200-000, Lavras – MG – Brasil. e-mail: alinemarchese@hotmail.com, wrmaluf@ufla.br, evamrc\_9@hotmail.com, celsodoliveira@yahoo.com.br, vpcampos@dfp.ufla.br, moretto@hortiagrosegmentes.com.br, vicente@hortiagrosegmentes.com.br

Resumo - O objetivo deste trabalho é comparar os níveis de resistência à mosca-branca em tomateiros (*S. lycopersicum*) portadores do gene *Mi* com a resistência mediada por acilaçúcares foliares. Foram testadas quanto ao conteúdo foliar de acilaçúcares, à presença do gene *Mi* e à resistência à mosca-branca a linhagem Santa Clara e oito linhagens dela derivadas (TOM-687, TOM-688, TOM-694, TOM-695, TOM-684, TOM-598, TOM-556, TOM-584). As linhagens ricas em acilaçúcares (TOM-687 e TOM-688) apresentaram menor ovoposição e menor sobrevivência das ninfas de mosca-branca, quando comparadas com os demais tratamentos, que possuem baixos teores foliares de acilaçúcares. As linhagens com baixos teores de acilaçúcares portadoras do gene *Mi* (TOM-684 e TOM-598) também apresentaram nível de tolerância intermediário de ovoposição e de sobrevivência das ninfas de mosca-branca. No entanto, o nível da resistência à mosca-branca mediada por acilaçúcares foi superior ao nível de resistência mediado pelo gene *Mi*.

Termos para indexação – *Solanum lycopersicum*, *Bemisia argentifolii*, seleção indireta.

### Whitefly resistance mediated by acylsugar and *Mi* gene in tomato

Abstract - The purpose of this study was to compare the levels of resistance to whitefly (*Bemisia argentifolii*) in tomato carrying the *Mi* gene for nematode resistance with the resistance imported by high foliar levels of acylsugar. The tomato cultivar Santa Clara and eight inbred lines derived from it (TOM-687, 688-TOM, TOM-694, TOM-695, -TOM 684, TOM-598, 556-TOM, TOM-584) which differ from each other in acylsugar contents or in the genetic constitution of the *Mi* locus. Acylsugar-rich lines (TOM-687 and TOM-688) showed the lowest levels of whitefly oviposition and the lowest numbers of whitefly nymphs among the genotypes tested. Lines carrying the *Mi* gene (TOM-684 and TOM-598) also showed some reduced levels of whitefly oviposition and nymphal numbers, but this reduction was less intense than that imported by acylsugars.

Index Terms - *Solanum lycopersicum*, *Bemisia argentifolii*, indirect selection.

### Introdução

O tomate (*Solanum lycopersicum*, sin. *Lycopersicon esculentum*) ocupa lugar de destaque econômico dentre as hortaliças cultivadas, com produção mundial em 2011 girando em torno de 159,0 milhões de toneladas em 4,7 milhões de hectares (FAO, 2013). A ocorrência de pragas está entre os fatores que mais se destacam dentre as limitações produtivas da cultura, sendo a mosca-branca umas das que mais preocupa os tomaticultores.

*Bemisia argentifolii* Bellow & Perring (Hemiptera) (ou *Bemisia tabaci* biótipo B), conhecida popularmente como mosca-branca, é uma praga de ocorrência mundial. Atua causando danos diretos na cultura, como perda de área

fotossinteticamente ativa e conseqüente perda de produtividade, podendo também causar danos aos frutos, tornando-os indisponíveis para o consumo (LOURENÇÃO e NAGAI, 1994). Porém, a maior preocupação se dá com os danos indiretos, pois estes artrópodes herbívoros são vetores de vírus, como os geminivírus, causando distúrbios fisiológicos irreversíveis (TAVARES, 2002).

A busca por cultivares resistentes a esta praga é um dos objetivos dos programas de melhoramento da cultura. A resistência mediada por aleloquímicos, em especial acilaúcares, já é confirmada por muitos autores (PEREIRA et al., 2008; RESENDE et al., 2008; SILVA et al., 2008; RESENDE et al., 2006; NOMBELA et al., 2000). A presença destes ésteres de glicose ou sacarose com grupos acilas foi inicialmente descrita em tricomas glandulares do tipo IV (BURKE et al., 1987; FOBES et al., 1985), em espécies selvagens como *Solanum pennellii*.

As semelhanças entre a forma de alimentação das pragas sugadoras, como pulgões, mosca-branca e nematoide de galhas (BYRNE e BELLOWS, 1991; WALKER e PERRING, 1994; KALOSHIAN et al., 1995) sugerem que exista uma determinação da resposta de defesa altamente eficaz relacionada ao conteúdo celular da planta, repelindo o estilete destes insetos (FERNANDES, 1990).

O gene *Mi*, que confere resistência aos nematoides do gênero *Meloidogyne* spp., introduzido no tomateiro cultivado a partir de seu parente *S. peruvianum* (SMITH, 1944), é um exemplo. Este gene é caracterizado pela reação de hipersensibilidade ao gênero *Meloidogyne* spp em tomateiro (ROBERTS e THOMASON, 1986). A investigação de que este gene pode contribuir também para a tolerância de outras pragas não é recente. Kaloshian et al (1995) e Rossi et al (1998) demonstraram a efetividade do gene *Mi* em promover níveis de tolerância do tomateiro ao pulgão *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae). Similarmente, Nombela et al (2000)

revelaram que este gene, ou outro intimamente ligado a ele, confere resistência à mosca-branca (*B. argentifolli*) em cultivares de tomate comercial (*S. lycopersicum*). Entretanto, não há relatos de comparações dos níveis de resistência conferidos por acilaçúcares e pelo gene *Mi* em relação à mosca-branca em tomateiro.

O objetivo deste trabalho é comparar os níveis de resistência à mosca-branca em tomateiros (*S. lycopersicum*) portadores do gene *Mi* com a resistência mediada por acilaçúcares foliares, e a possível interferência dos genes *Pto* e *Ty-1*, que conferem resistência à pinta bacteriana causada por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* e a begomovírus, respectivamente.

## Material e Métodos

### Genótipos testados

Foram testadas a linhagem Santa Clara e oito linhagens (TOM-687, TOM-688, TOM-694, TOM-695, TOM-684, TOM-598, TOM-556, TOM-584) dela derivadas através de pelo menos três retrocruzamentos sucessivos (Tabela 1), obtidas através do programa de melhoramento da Hortiagro Sementes S.A., que apresentam *background* genotípico comum (Santa Clara).

Santa Clara é uma cultivar comercial que apresenta de hábito de crescimento indeterminado, suscetível a nematoides (não portadora do gene *Mi*), com baixos teores foliares de acilaçúcares e com suscetibilidade conhecida à mosca branca (*Bemisia argentifolli*) (SILVA et al., 2008).

TOM-687 e TOM-688 são linhagens pré-comerciais com altos teores de acilaçúcares, não portadoras do alelo *Mi* (i.e., suscetíveis a nematoides), resultantes do cruzamento interespecífico *S. lycopersicum* x *S. pennellii* 'LA-716', seguido por três retrocruzamentos com *S. lycopersicum*, de *background* genotípico Santa Clara. São linhagens selecionadas para alto teor de acilaçúcares

na geração segregante F<sub>2</sub> de cada retrocruzamento, segundo a metodologia proposta por Resende et al (2002) e testadas como resistentes a ácaros (*Tetranychus urticae*), traça (*Tuta absoluta*) e mosca-branca (*B. argentifolli*) (RESENDE et al., 2006; RESENDE et al., 2008; PEREIRA et al., 2008; MACIEL, 2011).

TOM-694 e TOM-695 são linhagens pré-comerciais com baixos teores de acilalúcares, suscetíveis a nematoides (não portadoras do alelo *Mi*), com resistência conhecida a geminivírus (portadores do alelo *Ty-1*) (NIZIO et al., 2008).

TOM-684 e TOM-598 são portadores (em homozigose) do gene *Mi* que confere resistência a nematoide do gênero *Meloidogyne* spp.

TOM-556 e TOM-584 possuem baixos teores de acilalúcares e suscetibilidade a nematoide (não portadores do alelo *Mi*) e previamente caracterizadas como suscetíveis à mosca-branca por Resende et al (2006).

As nove linhagens utilizadas também diferem entre si nos locos *Ty-1* e *Pto*, que controlam resistência, respectivamente, a geminivírus (begomovírus) e à pinta bacteriana causada por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. Embora não haja informações prévias sobre um possível efeito de *Ty-1* e/ou *Pto* no nível de resistência à mosca-branca, estes genes poderiam interferir nas comparações referentes a essa resistência. Desta forma, o presente trabalho avaliará essa possível interferência através de um contraste entre tratamentos.

#### Avaliação dos teores de acilalúcares nos genótipos de tomateiro

As análises para teores de acilalúcares foram realizadas no Laboratório de Química Orgânica – Óleos Essenciais, do Departamento de Química, da Universidade Federal de Lavras.

Plantas dos 9 genótipos descritos foram conduzidas em vasos (uma planta por vaso) e avaliadas, 70 dias após o semeio, para teores de acilalúcares,

de acordo com a metodologia proposta por Resende et al. (2002). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 10 repetições, totalizando 90 plantas. As leituras foram expressas em nanomols de acilaçúcares.cm<sup>-2</sup>.

Caracterização das linhagens quanto à resistência ao nematoide, pinta bacteriana e geminivírus

Os genótipos descritos foram semeados em bandejas de poliestireno de 128 células em substrato Tropstrato HA ® e, 30 dias após a semeadura, foram testados quanto à resistência a nematoide. Para isto, foi realizada a inoculação com ovos de nematoide *Meloidogyne incognita* extraídos de plantas de tomateiros suscetíveis (cultivar Santa Clara) infestadas, conforme a técnica desenvolvida por Hussey e Baker (1973) e descrita por Silva et al. (2004). A suspensão contendo aproximadamente 6000 ovos foi aplicada em cada célula preenchida com substrato, com auxílio de uma seringa de uso veterinário. Quarenta dias após a inoculação, foi realizada a avaliação de forma qualitativa, sendo considerados resistentes os genótipos que não apresentaram galhas em suas raízes, e suscetíveis os que apresentaram. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 20 repetições, totalizando 180 plantas.

Para o teste de resistência à pinta-bacteriana, os 9 genótipos foram semeados em bandejas de poliestireno de 128 células em substrato Plantimax®, sendo as plantas pulverizadas com o inseticida fention (produto comercial Lebaycid®) conforme a recomendação do produto comercial vinte dias após a semeadura. A avaliação foi realizada 7 dias após a pulverização, de acordo com a metodologia descrita por Laterrot (1985), sendo consideradas resistentes as plantas que apresentaram pontos necróticos nas folhas, ocorridos pelo contato do

produto e susceptíveis os que não apresentaram tais sintomas. O delineamento foi inteiramente casualizado, com 20 repetições, totalizando 180 plantas.

Resultados previamente obtidos para os mesmos genótipos por Nizio et al (2008) e/ou informações pessoais de W.R. Maluf (Tabela 1) foram utilizados para a caracterização dos materiais quanto a resistência a geminivírus, sendo considerados resistentes os materiais que apresentaram os alelos dominantes no loco gênico *Ty-1*.

#### Teste de resistência à mosca-branca *Bemisia argentifolii*

Sementes de todos os genótipos foram semeadas na Estação Experimental da HortiAgro Sementes Ltda, em bandejas de isopor de 128 células utilizando substrato comercial Plantmax®. O transplante foi realizado 30 dias após a semeadura em vasos de polietileno com capacidade de 3 L. As plantas foram submetidas a infestação 20 dias após o transplante.

Para a infestação com *Bemisia argentifolii*, foi previamente estabelecida uma criação de mosca-branca, no Setor de Olericultura da UFLA, em estufa telada, modelo capela, com cobertura de plástico transparente de 100 micras de espessura e laterais de telas antiafídicas. Adultos de *B. argentifolii* foram coletados em cultura de tomate cv. Santa Clara, no referido setor, e, em seguida, transferidos para estufa telada. Como substrato para ovoposição e posterior alimento para os insetos, foram utilizadas plantas de tomateiro cultivar Santa Clara (suscetível à mosca-branca), as quais foram colocadas na estufa telada para servir como fonte de infestação.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com 9 tratamentos e 4 repetições, totalizando 36 plantas (1 planta por parcela).

Decorridos dez dias após infestação, foi feita a avaliação de ovoposição, por meio da contagem do número de ovos, tendo sido amostrados de cada planta testada quatro folíolos do terço superior da planta, sendo dois folíolos da

3º folha e dois da quarta folha. Essa contagem foi realizada na face abaxial de cada folha com o auxílio de lupa entomológica de aumento de 10 vezes, estimando-se o número de ovos em 1 cm<sup>2</sup> de área foliar. Vinte dias após a data de infestação, os folíolos amostrados, previamente identificados, foram avaliados novamente em sua face abaxial quanto ao desenvolvimento de ninfas (número de ninfas no último instar por cm<sup>2</sup> de área foliar), também com auxílio de lupa entomológica.

#### Análises estatísticas

As análises de variâncias foram realizadas para os dados dos testes de resistência à mosca-branca e as médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, por meio do aplicativo estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000). Para estes ensaios, contrastes selecionados entre grupos de genótipos com teores diferentes de acilaçúcares foram estimados, a fim de caracterizar diferenças nos níveis de repelência à praga como uma função dos teores dos aleloquímicos ou da constituição genotípica no loco *Mi*, *Ty-1* e *Pto*. Para esta análise, utilizou-se o pacote computacional SAS (1995).

### **Resultados e Discussão**

A confirmação da caracterização dos genótipos quanto aos teores de acilaçúcares e sua constituição genotípica dos locos *Mi*, *Ty-1* e *Pto* encontra-se descrita na Tabela 1.

Para o teor de acilaçúcares, não houve diferenças significativas entre a testemunha comercial Santa Clara e as linhagens experimentais TOM-694, TOM-695, TOM-556, TOM-584, TOM-684 e TOM-598, que foram significativamente inferiores os genótipos com alto teor de acilaçúcares (TOM-687 e TOM-688) (Tabela 1). Esses resultados comprovam outros referentes aos

teores de acilaçúcares nestas linhagens já anteriormente descritos por autores (PEREIRA et al., 2008; RESENDE et al., 2008).

Não houve diferenças significativas nas reações à mosca-branca entre Santa Clara e os demais genótipos com baixo teor de acilaçúcares não-portadores do gene *Mi* (Tabela 4, Contraste C1). As linhagens ricas em acilaçúcares (TOM-687 e TOM-688) apresentaram maior resistência à ovoposição e menor número de ninfas de mosca-branca, mediante o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, quando comparadas com os demais tratamentos (Tabela 2 e Tabela 4, Contraste C3). Estes resultados confirmam a efetividade da presença de altas concentrações foliares de acilaçúcares na resistência à mosca-branca, já descrita por outros autores (RESENDE et al., 2008; SILVA et al., 2008).

As linhagens que com baixos teores de acilaçúcares portadoras do gene *Mi* (TOM-684 e TOM-598) também apresentaram nível de tolerância a ovoposição e uma menor sobrevivência das ninfas de mosca-branca do que a cultivar Santa Clara (Tabela 2 e Tabela 4, contraste C2). Neste sentido, houve uma redução de 18,78% e 21,39% da quantidade de ninfas por folíolos nas linhagens portadora do gene *Mi* TOM-684 e TOM-598, respectivamente, em comparação à testemunha comercial Santa Clara – uma nível de resistência mais modesto do que o relatado por Nombela et al (2003), para quem a presença do gene *Mi* em plantas de tomate reduziu em cerca de 50% a quantidade média de ninfas por folíolo quando comparados a plantas que não continham o alelo de resistência.

Esses resultados, à semelhança dos expostos por Nombela et al (2000), demonstram que o gene *Mi*, ou outro intimamente ligado ao mesmo, pode estar envolvido na resistência parcial a mosca-branca em *Solanum lycopersicum*.

Os genes que conferem resistência à pinta bacteriana (*Pto*) e geminivírus (*Ty-1*) em tomateiro não tiveram efeito na tolerância à mosca-

branca, um resultado que pode ser percebido no contraste C9, cujo resultado não foi significativo (Tabela 3).

Os valores semelhantes das estimativas dos contrastes C2, C4 e C6, permitem inferir que a presença do gene *Mi* confere uma menor ovoposição e menor sobrevivência de ninfas de mosca-branca em genótipos de tomateiro, independente da constituição genética para os locos que conferem resistência a pinta-bacteriana (*Pto*) e geminivírus (*Ty-1*). Similarmente, o contraste C3 (no qual os genótipos com *Ty-1* e *Pto* não estão inclusos) apresenta estimativa bastante similar ao contraste C5, indicando também que *Ty-1* e *Pto* têm pouca ou nenhuma influência nos níveis de resistência à mosca-branca.

Resultados análogos relativos aos níveis de resistência à mosca-branca mediados por acilaçúcares foram descritos por Resende et al. (2002) e Silva et al. (2009), onde altos níveis de resistência foram manifestados por genótipos com altos teores de acilaçúcares foliares, com menor índice de ovoposição e maior mortalidade dos adultos de mosca-branca, quando comparados com os genótipos de baixos teores.

Nombela et al (2000) também descreve a efetividade da concentração de acilaçúcares foliares para resistência à mosca-branca. Em seu trabalho, os autores afirmam que tanto o aleloquímico quanto a presença do gene *Mi* conferem resistência à mosca-branca. Entretanto, os níveis de resistência mediados por estas duas características não são comparadas em seu estudo.

No presente trabalho, esta comparação é realizada e demonstrada pela estimativa do contraste C7 (Tabela 3), pelo qual é possível perceber claramente um maior nível de resistência dos genótipos que possuem altos teores foliares de acilaçúcares quando comparados aos genótipos que possuem o gene *Mi*: tanto a ovoposição quanto o número médio de ninfas é significativamente menor nos genótipos ricos em acilaçúcares do que nos genótipos que possuem o gene *Mi*. O nível da resistência à mosca-branca mediada por acilaçúcares foi claramente

superior ao nível de resistência mediado pelo gene *Mi*: as reduções foram de 51,54% e de 50,95% na ovoposição e de 51,23% e 50,61% no número de ninfas, para as linhagens TOM-687 e TOM-688, respectivamente, quando comparadas à testemunha suscetível Santa Clara.

Resistência a outras pragas do tomateiro mediadas tanto pelo gene *Mi* como pelo alto teor de açúcares tem sido relatadas. Koloshian et al (1995) relatam a resistência ao afídeo *Macrosiphum euphorbiae* mediada pelo gene *Mi* ou por gene a ele ligado. Por outro lado, as linhagens ricas em açúcares TOM-687 e TOM-688 tem sido relatadas como resistentes ao afídeo *Myzus persicae* (SILVA, 2012), além de mosca-branca (SILVA et al., 2009) e também a ácaros *Tetranychus urticae* (RESENDE et al., 2006) e a insetos não sugadores, como a traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) (MACIEL et al., 2011; PEREIRA et al., 2008) e a larva-minadora (*Liriomyza trifolii*) (SILVA, 2012).

Estes relatos sugerem que a resistência mediada por *Mi* se limita a insetos sugadores (em virtude de uma determinação da resposta de defesa conteúdo celular da planta, repelindo o estilete destes insetos, FERNANDES, 1990), enquanto a mediada por açúcares é efetiva contra um maior número de pragas, que incluem ácaros e insetos não-sugadores. Contudo ainda não foi determinado se a resistência mediada por *Mi* é também efetiva contra outros afídeos, como *Myzus persicae* ou contra outros insetos e ácaros, contra os quais os açúcares são sabidamente efetivos. Também não foi determinado se os açúcares são, por sua vez, efetivos contra o afídeo *Macrosiphum euphorbiae*.

Uma possibilidade também a ser testada é de que a presença simultânea do alto teor de açúcares e do gene *Mi* no mesmo genótipo possa conferir a este um nível mais elevado de resistência à mosca-branca *Bemisia argentifolli* quanto aos pulgões *Macrosiphum euphorbiae* e/ou *Myzus persicae*, bem como outras pragas. O teste destas hipóteses, no entanto, precisará aguardar a

disponibilidade de linhagens que associem a resistência a nematoides e alto teor de acilaçúcares.

### **Conclusões**

1. O nível de resistência à mosca-branca conferido por altos teores foliares de acilaçúcares é maior do que aquele conferido pela presença do gene *Mi* em tomateiro.
2. O gene *Mi*, ou outro intimamente ligado ao mesmo, confere resistência parcial à mosca-branca em tomateiro.
3. Os locos gênicos que conferem resistência a pinta bacteriana e geminivírus em tomateiro não influenciam o grau de tolerância a mosca-branca.

### **Agradecimentos**

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), CNPq/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (MCT), Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (Capes/MEC), Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Laboratório de Química Orgânica – Óleos Essenciais (DQI/UFLA) e à Empresa Hortiagro Sementes S.A.

### **Referências**

- BURKE, B. A.; GOLDSBY, G.; MUDD, J. B. Polar epicuticular lipids of *Lycopersicon pennellii*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 26, p. 2567-2571, 1987.
- BYRNE, D.; BELLOWS, T.S. Whitefly biology. **Annual Review of**

**Entomology**, v. 36, p. 431–457, 1991.

FOBES, J. F.; MUDD, J. B.; MARSDN, M. P. F. Epicuticular lipid accumulation on the leaves of *Lycopersicon pennelli* (Corr.) D'Arcy e *Lycopersicon esculentum* Mill. **Plant Physiology**, Denville, v. 77, n. 1, p. 567-570, Aug. 1985

LATERROT, H. Susceptibility of the *Pto* plants to Lebaycid insecticide: A tool for the breeders? *Tomato Genetics Coop. Rep.* v. 42, p. 6, 1985.

LOURENÇÃO, A. L.; NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. *Bragantia* [S.I.], v. 53, p. 53-59, 1994.

FAO. Faostat: Preliminary 2011 data now available. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em 28 de janeiro de 2013.

FERNANDES, G. W. Hypersensitivity: a neglected plant resistance mechanism against insect herbivores. **Environmental Entomology**, v. 19, p. 1173–1182, 1990

FERREIRA, D. F. **Sistemas de análise estatística para dados balanceados**. Lavras: UFLA/ DEX/SISVAR, 2000. 145 p.

KALOSHIAN, I.; LANGE, W.H.; WILLIAMSON, V.M. An aphid-resistance locus is tightly linked to the nematode-resistance gene, Mi, in tomato. **Proceedings of the National Academy of Sciences, USA** v. 92, p. 622–625, 1995.

MACIEL GM; MALUF WR; SILVA VF; GONÇALVES NETO AC; GOMES LAA. Híbridos pré-comerciais resistentes a *Tuta absoluta* obtidos de linhagem de tomateiro rica em açúcares. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 151-156, 2011.

NIZIO, D. A. C.; MALUF, W. R.; FIGUEIRA, A. R.; NOGUEIRA, D. W.; SILVA, V. F.; GONÇALVES NETO, A. C. Caracterização de genótipos de tomateiro resistentes a begomovírus por marcador molecular co-dominante ligado ao gene *Ty-1*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n.12, p.1699-1705, dez. 2008.

NOMBELA, G., WILLIAMSON, V.M.; MUNIZ, M. The root-knot nematode resistance gene Mi-1.2 of tomato is responsible for resistance against the whitefly *Bemisia tabaci*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 16, p. 645–649, 2003.

NOMBELA, G.; BEITIA, F.; MUÑIZ, M. Variation in tomato host response to *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in relation to acyl sugar content and presence of the nematode and potato aphid resistance gene Mi. **Bulletin of Entomological Research**, v. 90, p. 161–167, 2000.

PEREIRA, G. V. N.; MALUF, W. R.; GONÇALVES, L. D.; NASCIMENTO, I.R.; 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.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M. G.; FARIA, M. V.; GONÇALVES, L. D.; NASCIMENTO, I. R. Resistance of tomato genotypes with high levels of acylsugars to *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard. **Scientia Agrícola**, v. 65, p. 31-35, 2008

RESENDE, J. T. V.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; PFANN, A. Z.; NASCIMENTO, I. R. Acylsugars in tomato leaflets confer resistance to the south american tomato pinworm, *Tuta absoluta* Meyr. **Scientia Agrícola**, v.63, n.1, p.20-25, Jan./Feb. 2006.

RESENDE, J. T. V.; CARDOSO, M. G.; MALUF, W. R.; SANTOS, C. D.; GONÇALVES, L. D.; RESENDE, L. V.; NAVES, F. O. Método colorimétrico para quantificação de acilaçúcar em genótipos de tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, p. 1204-1208, 2002

ROBERTS, P. A.; THOMASON, I. J. Variability in reproduction of isolates of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on resistant tomato genotypes. **Plant Disease**, v. 70, p. 547–551, 1986.

ROSSI, M.; GOGGIN, F.L.; MILLIGAN, S.B.; KALOSHIAN, I.; ULLMAN, D.E.; WILLIAMSON, V.M. The nematode resistance gene Mi of tomato confers resistance against the potato aphid. **Proceedings of the National Academy of Sciences, USA**  
v. 95, p. 9750–9754, 1998

SAS INSTITUTE. SAS/QC Software: reference, version 6. Cary, 1995. 1290p

SILVA, A. A. Resistencia de genótipos de tomateiro com teores foliares contrastantes de aleloquímicos a *Lyriomiza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Dissertação de mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas**. UFLA, 2012. 84 p.

SILVA, V. F.; CARDOSO, M. G.; MORAES, J. C.; PIMENTEL, F. A.; GONÇALVES, L. D.; NERI, D. K. P. Caracterização e avaliação de acilaçúcar sintético no comportamento da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1886) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1408-1412, 2008.

SILVA, V. F.; MALUF, W. R.; CARDOSO, M. G.; GONÇALVES NETO, A. C.; MACIEL, G. M.; NÍZIO, D. A. C.; SILVA, V. A. Resistência mediada por aleloquímicos de genótipos de tomateiro à mosca-branca e ao ácaro-rajado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1262-1269, 2009.

SILVA, L.H.C.P.; CAMPOS, J.R.; DUTRA, M.R.; CAMPOS, V.P. Aumento da resistência de cultivares de tomate a *Meloidogyne incognita* com aplicação de acibenzolar-S-metil. **Nematologia Brasileira**, v.28, p.199-206, 2004.

SMITH, P. G. Embryo culture of a tomato species hybrid. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**, v. 44, p. 413–416, 1944

SOUTHEY, J.F. **Laboratory methods for work with plant and soil nematodes**. 5.ed. London: Ministry of Agriculture Fisheries and Food, 1970. 148p

TAVARES, C. A. M. Perspectivas econômicas da tomaticultura frente aos problemas causados pelo geminivirus. **Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 157-158, jul./dez. 2002.

WALKER, G. P.; PERRING, T. M. Feeding and oviposition behaviour of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) interpreted from AC electronic feeding monitor waveforms. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 87, p. 363–374, 1994.

**TABELA 1.** Teores médios de acilacúcares (AA) expressos em  $\text{nmol.cm}^{-2}$  de área foliar, nos folíolos de linhagens de tomate, descrição de resistência (R) ou suscetibilidade (S) das patologias estudadas. UFLA, Lavras-MG, 2013.

Tratamento	Genótipo	Nematoide <sup>(a)</sup>	Pinta bacteriana <sup>(b)</sup>	<i>Ty-1</i> <sup>(c)</sup>	Acilacúcares ( $\text{nmol.cm}^{-2}$ )
T1	Santa Clara	S	S	S	9,819 b
T2	TOM-694	S	R	R	11,170 b
T3	TOM-695	S	R	R	10,826 b
T4	TOM-556	S	S	S	10,968 b
T5	TOM-584	S	S	S	11,088 b
T6	TOM-684	R	R	S	10,765 b
T7	TOM-598	R	R	S	10,867 b
T8	TOM-687	S	S	S	16,897 a
T9	TOM-688	S	S	S	16,419 a

\*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade

(a): reações confirmadas no presente ensaio, em testes de resistência;

(b): reações confirmadas no presente ensaio, através do teste de sensibilidade ao fention de (CARLAND e STASKAWICZ, 1993);

(c): reações determinadas por Nizio et al (2008) e/ou informações pessoais de W. R. Maluf.

**TABELA 2.** Número médio de ovos e ninfas, por  $\text{cm}^2$  de área foliar da face abaxial, medidos aos 10 e 20 dias, respectivamente, após a infestação de *Bemisia argentifolli* no terço superior da planta de tomate. UFLA, Lavras, MG, 2013.

<b>Genótipos</b>		<b>Nº médio de ovos.cm<sup>2</sup> de folíolo<sup>-1</sup></b>	<b>Nº médio de ninfas.cm<sup>2</sup> de folíolo<sup>-1</sup></b>
T1	Santa Clara	42,43 b	31,00 b
T2	TOM-694	42,56 b	29,31 b
T3	TOM-695	41,31 b	30,93 b
T4	TOM-556	41,12 b	28,81 b
T5	TOM-584	41,18 b	30,50 b
T6	TOM-684	34,06 b	25,18 b
T7	TOM-598	32,81 b	24,37 b
T8	TOM-687	20,56 a	15,12 a
T9	TOM-688	20,81 a	15,31 a

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade

**TABELA 3.** Contrastes de interesse usados para comparações de resistência à mosca-branca entre genótipos e/ou grupos de genótipos com diferentes teores de acilacúcares (AA), resistência a nematoide, pinta bacteriana (*Pto*) e Geminivírus (*Ty-1*). UFLA, Lavras, MG, 2013.

<b>Contrastes</b>	<b>Contrastes Estimados</b>	<b>Descrição</b>
C1	$[T1 - (T2+T3+T4+T5)/4]$	Santa Clara vs Outros genótipos de baixo AA suscetíveis a nematoides (com resistência ou não a <i>Pto/Ty-1</i> )
C2	$[T1 - (T6+T7)/2]$	Santa Clara vs genótipos com baixo AA com gene <i>Mi</i> (e resist <i>Pto/Ty-1</i> )
C3	$[T1 - (T8+T9)/2]$	Santa Clara vs genótipos com alto AA e suscetíveis a nematoides (em ausência de <i>Pto/Ty-1</i> )
C4	$[(T1+T2+T3+T4+T5)/5 - (T6+T7)/2]$	Genótipos com baixo AA suscetíveis a nematoides (todos) vs baixo AA + gene <i>Mi</i>
C5	$[(T1+T2+T3+T4+T5)/5 - (T8+T9)/2]$	Genótipos com baixo AA suscetíveis a nematoide (todos) vs genótipos com alto AA suscetíveis a nematoide
C6	$[(T2+T3)/2 - (T6+T7)/2]$	Genótipos com baixo AA suscetíveis a nematoide (com <i>Pto/Ty-1</i> ) vs genótipos com baixo AA + gene <i>Mi</i> (com <i>Pto</i> , sem <i>Ty-1</i> )
C7	$[(T6+T7)/2 - (T8+T9)/2]$	Genótipos com Baixo AA+gene <i>Mi</i> (em presença de <i>Pto</i> ) vs genótipos com alto AA+sem gene <i>Mi</i>
C8	$[T1 - (T4+T5)/2]$	Entre Santa Clara e outros genótipos de baixo AA suscetíveis a (nematoide+ <i>Pto</i> + <i>Ty-1</i> )
C9	$[(T1+T4+T5)/3 - (T2+T3)/2]$	Genótipo baixo AA suscetíveis a nematoide (sem <i>Pto/Ty-1</i> ) vs genótipo com baixo AA suscetível a nematoide (com <i>Pto/Ty-1</i> )

**TABELA 4.** Estimativas dos contrastes de interesse usados para comparações de resistência à mosca-branca entre genótipos e/ou grupos de genótipos com diferentes teores de acilaçúcares (AA), resistência a nematoide, pinta bacteriana (*Pto*) e Geminivírus (*Ty-1*). UFLA, Lavras, MG, 2013.

<b>Id.</b>	<b>Contrastes de interesse</b>	<b>Nº médio de ovos. cm<sup>2</sup> de folíolo<sup>-1</sup></b>	<b>Nº médio de ninfas. cm<sup>2</sup> de folíolo<sup>-1</sup></b>
C1	$[T1 - (T2+T3+T4+T5)/4]$	0,89 ns	1,11 ns
C2	$[T1 - (T6+T7)/2]$	9,00 **	6,22 **
C3	$[T1 - (T8+T9)/2]$	21,75 **	15,78 **
C4	$[(T1+T2+T3+T4+T5)/5 - (T6+T7)/2]$	8,28 **	5,33 **
C5	$[(T1+T2+T3+T4+T5)/5 - (T8+T9)/2]$	21,03 **	14,89 **
C6	$[(T2+T3)/2 - (T6+T7)/2]$	8,50 **	5,34 **
C7	$[(T6+T7)/2 - (T8+T9)/2]$	12,75 **	9,56 **
C8	$[T1 - (T4+T5)/2]$	1,28 ns	1,34 ns
C9	$[(T1+T4+T5)/3 - (T2+T3)/2]$	-0,35 ns	-0,02 ns

\*\*, \* e ns Significativo, a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Id.- Identificação dos contrastes

**4. ARTIGO 2: RESISTÊNCIA AO ÁCARO-RAJADO EM FUNÇÃO DO TEOR FOLIAR DE ACILAÇÚCARES E DA PRESENÇA DO GENE *Mi* EM TOMATEIRO.**

Artigo redigido conforme as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB (versão preliminar).

**Resistência ao ácaro rajado em função do teor foliar de acilçúcares e da presença do gene *Mi* em tomateiro.**

**Aline Marchese<sup>(1)</sup>, Wilson Roberto Maluf<sup>(1)</sup>, Eva Maria Rodrigues Costa<sup>(1)</sup>, Celso Mattes de Oliveira<sup>(1)</sup>, André Lasmar<sup>(1)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Universidade Federal de Lavras – UFLA – Caixa Postal 3037, CEP: 37200-000, Lavras – MG – Brasil. e-mal: alinemarchese@hotmail.com; wrmaluf@ufla.br; evamrc\_9@hotmail.com; celsodoliveira@yahoo.com.br; andre\_lasmar@yahoo.com.br.

Resumo - O objetivo deste trabalho foi comparar os níveis de resistência ao ácaro rajado em tomateiros (*S. lycopersicum*) portadores do gene *Mi*, com a resistência mediada por acilçúcares foliares. A linhagem Santa Clara e oito linhagens dela derivadas (TOM-687, TOM-688, TOM-694, TOM-695, TOM-684, TOM-598, TOM-556, TOM-584) foram testadas quanto ao conteúdo foliar de acilçúcares, presença do gene *Mi* e resistência ao ácaro-rajado. As linhagens ricas em acilçúcares (TOM-687 e TOM-688) apresentaram maior repelência ao ácaro quando comparadas com os demais tratamentos, com baixos teores foliares deste aleloquímico. Não houve diferença significativa entre as linhagens portadoras do gene *Mi* (TOM-684 e TOM-598) e as demais linhagens com baixos teores de acilçúcares, demonstrando que o gene *Mi* não é efetivo em conferir resistência contra o ácaro-rajado. Termos para indexação – *Solanum lycopersicum*, *Tetranychus urticae*, seleção indireta.

**Two-spotted spider mite resistance as function of the acylsugar foliar content and *Mi* gene presence in tomato.**

Abstract - The purpose of this study was to compare the levels of resistance to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) in tomato carrying the *Mi* gene for nematode resistance with the resistance imported by high foliar levels of acylsugar. The tomato cultivar Santa Clara and eight inbred lines derived from it (TOM-687, 688-TOM, TOM-694, TOM-695, -TOM 684, TOM-598, 556-TOM, TOM-584) which differ from each other in acylsugar contents or in the genetic constitution of the *Mi* locus. Acylsugar-rich lines (TOM-687 and TOM-688) were the genotypes with high levels of mite repellence among the genotypes tested. The presence of the *Mi* gene had no significant effect in mite repellence.

Index Terms - *Solanum lycopersicum*, *Tetranychus urticae*, indirect selection.

### Introdução

O tomate (*Solanum lycopersicum*, syn. *Lycopersicon esculentum*) é cultivado em todas as regiões do mundo, ocupando lugar de destaque econômico dentre as hortaliças cultivadas. No Brasil, são cultivados cerca de 71 mil hectares, produzindo em torno de 4,5 milhões de toneladas de fruto (FAO, 2013). É considerada uma cultura de alto risco, devido às desordens fitossanitárias, e em especial ao elevado grau de infestação de pragas. Calcula-se que as perdas mundiais causadas somente pelas pragas em tomate representem aproximadamente 35% de toda sua produção, e sem a aplicação de defensivos seriam de aproximadamente 78% (ZALOM, 2003).

Dentre os inúmeros artrópodes pragas do tomateiro, estão os ácaros do gênero *Tetranychus* que, apesar de serem pragas de importância secundária no Brasil, podem, em condições de altas infestações, provocar danos diretos, ocasionando seca das folhas seguida de desfolha, diminuição no tamanho e

números de frutos, além da indução à maturação precoce (FLECHTMANN e BAKER, 1970).

O principal método de controle desta praga é o controle químico. Entretanto, a busca por cultivares resistentes tem sido foco dos programas de melhoramento a fim de diminuir os danos ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores rurais causadas pelo uso de defensivos.

Nos programas de melhoramento de tomateiro conduzidos no Brasil, visando a resistência a pragas, tem predominado a seleção indireta, através da seleção de genótipos altos teores foliares de aleloquímicos associados à resistência. Dentre eles, os acilaçúcares têm destaque (RESENDE et al., 2008, SILVA et al., 2009, GONÇALVES NETO et al., 2010). Estes fitoquímicos podem atuar impedindo a ovoposição, a alimentação ou, ainda, exercendo efeito deletério no desenvolvimento de determinadas fases de artrópodos-praga (RESENDE et al. 2002; RESENDE et al., 2006; RESENDE et al., 2008; PEREIRA et al., 2008, MACIEL et al., 2011).

Embora a resistência mediada por acilaçúcares aos ácaros rajado (*Tetranychus urticae*) (SILVA et al., 2009) e vermelho (*Tetranychus evansi*) (PEREIRA et al., 2008; RESENDE et al., 2008), à traça do tomateiro (*Tuta absoluta*) (MACIE et al., 2011; RESENDE et al., 2006) e à mosca-branca (*B. argentifolii*) (SILVA et al., 2008; PAMPLONA, 2001) seja bem documentada, a incorporação de outras fontes de resistência em um mesmo genótipo poderia aumentar o espectro de pragas e torná-la mais difícil de ser quebrada.

O gene *Mi*, introduzido no tomateiro cultivado a partir da espécie afim *S. peruvianum* (SMITH, 1944) e caracterizado pela reação de hipersensibilidade ao gênero *Meloidogyne* spp em tomateiro (ROBERTS; THOMASON, 1986), tem sido objeto de investigações sobre sua contribuição para a tolerância a outras espécies de artrópodos praga. Kaloshian et al., 1995, e Rossi et al., 1998, demonstraram a efetividade do gene *Mi* em promover níveis de tolerância do

tomateiro ao pulgão *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae). Similarmente, Nombela et al (2000) revelaram que este gene, ou outro intimamente ligado a ele, confere resistência à mosca-branca (*B. argentifolii*) em cultivares de tomate comercial (*S. lycopersicum*).

Godzina et al (2011) apontam uma menor densidade populacional de *T. urticae* em plantas de tomateiro com a presença do alelo dominante em homozigose para o loco genico *Mi* em comparação com aquelas que não possuem este alelo. Entretanto, esta diferença, embora significativa, ainda não é satisfatória, necessitando, segundo os autores, maiores investigações para este fato, uma vez que este trabalho é o primeiro relato do gene *Mi* como fonte de resistência ao ácaro. Não há outros relatos em literatura de comparações dos níveis de resistência conferidos por acilaçúcares e pelo gene *Mi* a *Tetranychus urticae* em tomateiro. O objetivo deste trabalho é comparar os níveis de resistência ao ácaro rajado em tomateiros (*S. lycopersicum*) portadores do gene *Mi* com a resistência mediada por acilaçúcares foliares. Uma vez que alguns dos genótipos a serem estudados são também portadores do gene *Pto* (que confere resistência a pinta bacteriana causada por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*), ou do gene *Ty-1* (que confere resistência a begomovírus), a possível interferência destes genes nos níveis de resistência também será avaliada.

## **Material e Métodos**

### Genótipos testados

Foram testados nove genótipos, a linhagem Santa Clara e oito linhagens pré-comerciais dela derivadas (*background* genotípico comum), provenientes do programa de melhoramento da empresa Hortiagro Sementes S. A. (Tabela 1)

Santa Clara é uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado, suscetível a nematoides (não portadora do gene *Mi*), com baixos teores foliares

de acilaçúcares e com suscetibilidade conhecida à mosca branca (*Bemisia argentifolli*) (SILVA et al., 2009). TOM-687 e TOM-688 apresentam altos teores de acilaçúcares; foram obtidas a partir do cruzamento interespecífico *S. lycopersicon* x *S. pennellii* 'LA-716', seguido por três retrocruzamentos com *L. esculentum*, tendo sido selecionadas para alto teor de acilaçúcares (AA) na geração segregante F<sub>2</sub> de cada retrocruzamento, segundo a metodologia proposta por Resende et al. (2002) e testadas como resistentes ao ácaro *Tetranychus urticae*, à traça *Tuta absoluta* e à mosca-branca *Bemisia argentifolli* (RESENDE et al., 2006; RESENDE et al., 2008; PEREIRA et al., 2008; MACIEL, 2011).

TOM-694 e TOM-695 são linhagens de *background* Santa Clara com baixos teores de acilaçúcares, e possuem resistência conhecida a geminivírus (portadores do alelo *Ty-1*) (NIZIO et al., 2008). TOM-684 e TOM-598 são linhagens de *background* Santa Clara também com baixos teores de acilaçúcares, e portadoras do gene *Mi* que confere resistência a nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. TOM-556 e TOM-584, também de *background* Santa Clara, são linhagens com baixos teores de acilaçúcares e suscetíveis a nematoide (não portadoras do gene *Mi*), previamente caracterizadas como suscetíveis à mosca-branca por Resende et al (2006).

#### Avaliação dos teores de acilaçúcares nos genótipos de tomateiro

As análises para teores de acilaçúcares foram realizadas no Laboratório de Química Orgânica – Óleos Essenciais, do Departamento de Química, da Universidade Federal de Lavras.

Plantas dos 9 genótipos descritos foram conduzidas em vasos (uma planta por vaso) e avaliadas, 70 dias após o semeio, para teores de acilaçúcares, de acordo com a metodologia proposta por Resende et al. (2002). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 10 repetições,

totalizando 90 plantas. As leituras foram expressas em nanomols de acilaçúcares.cm<sup>-2</sup>.

Caracterização das linhagens quanto à resistência ao nematoide, pinta bacteriana e geminivírus

Para o teste de resistência ao nematoide, os 9 genótipos descritos foram semeados em bandejas de poliestireno de 128 células em substrato Plantimax® e, 30 dias após a semeadura, foram inoculadas com ovos de nematoide *Meloidogyne incognita* extraídos de plantas de tomateiros suscetíveis (cultivar Santa Clara) infestadas, conforme a técnica desenvolvida por Hussey e Baker (1973) e descrita por Silva et al. (2004). Com uma seringa de uso veterinário, foram aplicados em cada célula preenchida com substrato, um total de 6000 ovos por plântula. A avaliação foi realizada 40 dias após a inoculação, sendo considerados resistentes os genótipos que não apresentaram galhas em suas raízes, e suscetíveis os que apresentaram. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 20 repetições, totalizando 180 plantas.

Da mesma forma, os genótipos foram semeados em bandejas de poliestireno de 128 células em substrato Tropstrato HA®, para o teste de resistência à pinta bacteriana, que leva em conta a reação ao inseticida fenthion, uma vez que os alelos que conferem resistência à pinta bacteriana estão intimamente ligados aos alelos que conferem suscetibilidade ao inseticida fenthion (LATERROT, 1985). Vinte dias após a semeadura, as plantas foram pulverizadas com o inseticida fenthion (produto comercial Lebaycid®) conforme a recomendação do produto comercial, sendo avaliadas 7 dias após a pulverização, de acordo com a metodologia descrita por Laterrot (1985). Foram considerados resistentes os genótipos que apresentaram pontos necróticos nas folhas (= sensibilidade ao fenthion), ocorridos pelo contato do inseticida. Já os genótipos que não apresentaram estes sintomas foram considerados susceptíveis.

Para a caracterização dos genótipos quanto a resistência a geminivírus (presença dos alelos no loco gênico *Ty-1*), foram utilizados os resultados previamente obtidos por Nizio et al (2008) e/ou informações pessoais de W.R. Maluf (Tabela 1).

Teste de resistência ao ácaro (*Tetranychus urticae*)

Sementes de todos os genótipos foram semeadas na Estação Experimental da HortiAgro Sementes S.A., em bandejas de isopor de 128 células utilizando substrato comercial Topstrato HA®. O transplante foi realizado 30 dias após a semeadura em vasos de polietileno com capacidade de 3 L.

A repelência ao ácaro *Tetranychus urticae* foi quantificada por meio do bioensaio proposto por Weston e Snyder (1990). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 4 repetições. Foram retirados 4 folíolos expandidos de tamanhos semelhantes no terço superior das plantas em estágio fenológico de pré-florescimento. Os ácaros foram coletados em plantas de tomate e de feijão-vagem, obtidos através da criação de manutenção do Laboratório de Acarologia da Unidade Regional da EPAMIG Sul de Minas, localizada em Lavras-MG. O bioensaio foi realizado no interior de câmara fria, à temperatura de  $16^{\circ}\text{C}\pm 1$  e umidade relativa de  $64\%\pm 4\%$ . Os folíolos de cada um dos 9 genótipos foram fixados com uma tachinha metálica (9 mm de diâmetro) na região central da superfície adaxial foliar, em folha de papel sulfite, sobre uma placa de isopor, sobre a qual foram distribuídos aleatoriamente. Foram coletados 5 ácaros fêmeas, retirados da criação e transferidos para o centro de cada tachinha, com auxílio de um pincel fino. As distâncias médias percorridas pelos ácaros (em mm) sobre a superfície de cada folíolo foram medidas a partir do centro de tachinha, após 20, 40 e 60 minutos. Menores distâncias percorridas pelos ácaros foram consideradas indicativas de maiores níveis de repelência. Foi

considerada zero a distância percorrida pelos ácaros que permaneceram sobre a tachinha.

#### Análises estatísticas

As análises de variâncias foram realizadas para os teores foliares de acilaçúcares e dados do teste de resistência ao ácaro. As médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, por meio do aplicativo estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000). Contrastes selecionados entre grupos de genótipos com teores diferentes de acilaçúcares (Tabela 3) foram estimados, a fim de caracterizar diferenças nos níveis de repelência à praga como uma função dos teores dos aleloquímicos. Para esta análise, utilizou-se o pacote computacional SAS (1995).

### **Resultado e Discussão**

A confirmação da caracterização dos genótipos quanto aos teores de acilaçúcares, e sua constituição genotípica dos locos *Mi*, *Ty-1* e *Pto*, encontra-se descrita na Tabela 1.

Para o teor de acilaçúcares, não houve diferenças significativas entre a testemunha comercial Santa Clara e as linhagens experimentais TOM-694, TOM-695, TOM-556, TOM-584, TOM-684 e TOM-598, que foram significativamente inferiores os genótipos com alto teor de acilaçúcares (TOM-687 e TOM-688) (Tabela 1). Esses resultados confirmam os teores de contrastantes de acilaçúcares já anteriormente descritos por autores para estas linhagens (PEREIRA et al., 2008; RESENDE et al., 2008).

Os genótipos testados apresentaram diferenças significativas (Tabela 2) quanto à repelência do ácaro nos tempos avaliados (20, 40 e 60 minutos). Os genótipos TOM-687 e TOM-688, que possuem altos teores de acilaçúcares

(Tabela 1), apresentaram distâncias de caminamento dos ácaros sobre os folíolos significativamente menores em todos os tempos de avaliação, quando comparados com as testemunhas com baixos teores do aleloquímico, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 2). Estes resultados confirmam eficiência do aleloquímico na repelência ao ácaro do gênero *Tetranychus*, já descrita por outros autores (RESENDE et al., 2008; SILVA et al., 2009).

Os genes que conferem resistência à pinta bacteriana (*Pto*) e geminivírus (*Ty-1*) em tomateiro não tiveram efeito na repelência ao ácaro *Tetranychus urticae*, o que pode ser percebido pelo resultado não significativo do contraste C9 (Tabelas 3 e 4).

Não houve diferenças significativas nas reações de repelência ao ácaro entre a cultivar Santa Clara e os demais genótipos com baixo teor de açúcares, independentemente de serem portadores ou não do gene *Mi* (Tabela 4, Contrastes C1 e C2). Godzina et al. (2010) obtiveram resultados semelhantes, relatando que a presença do gene *Mi*, em homozigose ou heterozigose, não afetou significativamente o período de desenvolvimento da fase de ovo até a ovoposição, bem como a fecundidade das fêmeas em *T. urticae*. Contrariamente, em estudo posterior, Godzina et al (2011) demonstraram que a densidade populacional e distribuição do ácaro *T. urticae* nos genótipos variam de acordo com a presença do gene *Mi*: que o ácaro teria desenvolvimento mais lento em plantas de tomateiro que possuem dois alelos dominantes para este gene, enquanto em genótipos heterozigotos este desenvolvimento seria intermediário, e nos genótipos que possuem apenas alelos recessivos (portanto suscetíveis a nematoides) o desenvolvimento seria mais acelerado. Assim, os autores indicaram que, em condições de campo, o gene *Mi* conferiria ao tomateiro um nível de resistência ao ácaro com dominância incompleta, diferentemente da dominância completa que o gene apresenta para resistência ao pulgão *M. euphorbiae* (KALOSHIAN et al., 1995).

Entretanto, os autores citam que a diferenciação entre cultivares com presença ou não dos alelos *Mi*, em condições de campo, só podem ser percebidas após a quarta semana de infestação, concluindo que a constituição alélica do genótipo para o gene *Mi* não influencia na resposta de resistência imediata ao ataque do ácaro.

A partir dos resultados no presente trabalho, a hipótese de que o gene *Mi* produz efeito em tomateiro para repelência ao ácaro-rajado é rejeitada, ao contrário do que indicam as conclusões de Godzina et al. (2011). Contudo, outros autores associam a presença deste gene à resistência a outras pragas em *S. lycopersicum*. Koloshian et al (1995) relatam a resistência ao afídeo *Macrosiphum euphorbiae* mediada pelo gene *Mi* ou por gene a ele ligado. Nombela et al (2003) relatam que a presença do gene *Mi* em plantas de tomate reduziu em cerca de 50% a quantidade média de ninfas por folíolo quando comparados a plantas que não continham o alelo de resistência.

Estes relatos associam a resistência mediada por *Mi* a insetos sugadores, o que ocorreria provavelmente em virtude de uma determinação da resposta de defesa conteúdo celular da planta, repelindo o estilete destes insetos (FERNANDES, 1990). Kaloshian et al (2000) citam que o gene *Mi* influencia a estrutura do conteúdo floemático da planta, o que repele insetos sugadores. O fato de os ácaros *T. urticae* se alimentarem basicamente do mesófilo foliar poderia ser um dos motivos pelo qual são menos sensíveis ao tipo de resposta ativada na planta pelo gene *Mi*.

Já resistência mediada por acilaçúcares é altamente efetiva contra um maior número de pragas. Além da efetividade contra ácaros *T. urticae* (SILVA et al., 2009), confirmada no presente trabalho (Tabelas 2 e 4), a sua efetividade na resistência à mosca-branca *B. argentifolii* (SILVA et al., 2009) e à traça do tomateiro *Tuta absoluta* (RESENDE et al., 2006, MACIEL et al., 2011) já é bem documentada. Recentemente Silva (2013) associou altos teores foliares deste

aleloquímico com a reação de resistência ao também sugador pulgão *Myzus persicae* e à mosca minadora *Liriomyza trifolii*.

Entretanto, uma possibilidade ainda a ser testada é de que a presença simultânea de alto teor de acilaçúcares e do gene *Mi* no mesmo genótipo possa conferir a este um nível mais elevado ou duradouro de resistência tanto ao ácaro-rajado, como a insetos como a mosca-branca *Bemisia argentifolii* e os pulgões *Macrosiphum euphorbiae* e/ou *Myzus persicae*. O teste destas hipóteses, no entanto, precisará aguardar a disponibilidade de linhagens que associem a resistência a nematoides e alto teor de acilaçúcares.

### Conclusões

1. O alto teor de acilaçúcares foliares em tomateiro foi eficiente em conferir resistência ao ácaro *Tetranychus urticae*.
2. O gene *Mi* não foi efetivo em conferir resistência contra o ácaro-rajado.
3. Os locos gênicos que conferem resistência à pinta bacteriana e geminivírus em tomateiro não influenciam a reação de repelência ao ácaro-rajado.

### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), CNPq/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (MCT), Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (Capes/MEC), Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Laboratório de Química Orgânica – Óleos Essenciais (DQI/UFLA), à Empresa Hortiagro Sementes S.A, ao pesquisador Paulo Rebelles Reis e à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

### Referências

CARLAND, F. M. STASKAWICZ, B. J. Genetic characterization of the *Pto* locus of tomato: semi-dominance and cosegregation of resistance to *Pseudomonas syringae* pathovar tomato and sensitivity to the insecticide Fenthion. **Molecular and General Genetics**, v. 239, p. 17-27, 1993.

FAO. Faostat: Preliminary 2011 data now available. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em 28 de janeiro de 2013.

FERNANDES, G. W. Hypersensitivity: a neglected plant resistance mechanism against insect herbivores. **Environmental Entomology**, v. 19, p. 1173–1182, 1990

FERREIRA, D. F. **Sistemas de análise estatística para dados balanceados**. Lavras: UFLA/ DEX/SISVAR, 2000. 145 p.

FLECHTMANN, C. H. W.; BAKER, E. W. A preliminary report on the Tetranychidae (Acarina) of Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 63, p. 156-163, 1970.

GODZINA, M.; KIELKIEWICZ, M.; SZYMCZYKIEWICZ, K. Varying abundance and dispersal of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch, 1836, Acari: Prostigmata: Tetranychidae) on Mi-tomato plants differing in allelic combination. **Biological Lett**, v. 48, p. 213-223, 2011.

GODZINA, M.; KIELKIEWICZ, M.; SZYMCZYKIEWICZ, K. Tomato carrying Mi-1.2 gene as a host-plant to the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch): results of laboratory evaluation. **Vegetable Crops Research Bulletin**, v. 72, p. 15–24, 2010

GONÇALVES NETO, A. C.; SILVA, V. F.; MALUF, W. R.; MACIEL, G. M.; NIZIO, D. A. C.; GOMES, L. A. A.; AZEVEDO, S. M. Resistência à traça-do-tomateiro em plantas com altos teores de açúcares nas folhas. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 203-208, 2010

KALOSHIAN, I.; KINSEY, M. G.; WILLIAMSON, V. M.; ULLMAN, D. E. Mi-mediated resistance against the potato aphid *Macrosiphum euphorbiae*

(Hemiptera: Aphididae) limits sieve element ingestion. **Environ. Entomol.** v. 29, p. 690–695, 2000.

KALOSHIAN, I.; LANGE, W.H.; WILLIAMSON, V.M. An aphid-resistance locus is tightly linked to the nematode-resistance gene, Mi, in tomato. **Proceedings of the National Academy of Sciences, USA** v. 92, p. 622–625, 1995.

MACIEL GM; MALUF WR; SILVA VF; GONÇALVES NETO AC; GOMES LAA. Híbridos pré-comerciais resistentes a *Tuta absoluta* obtidos de linhagem de tomateiro rica em acilaçúcares. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 151-156, 2011.

NIZIO, D. A. C.; MALUF, W. R.; FIGUEIRA, A. R.; NOGUEIRA, D. W.; SILVA, V. F.; GONÇALVES NETO, A. C. Caracterização de genótipos de tomateiro resistentes a begomovírus por marcador molecular co-dominante ligado ao gene *Ty-1*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n.12, p.1699-1705, dez. 2008.

NOMBELA, G., WILLIAMSON, V.M.; MUNIZ, M. The root-knot nematode resistance gene Mi-1.2 of tomato is responsible for resistance against the whitefly *Bemisia tabaci*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 16, p. 645–649, 2003.

NOMBELA, G.; BEITIA, F.; MUÑIZ, M. Variation in tomato host response to *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in relation to acyl sugar content and presence of the nematode and potato aphid resistance gene Mi. **Bulletin of Entomological Research**, v. 90, p. 161–167, 2000.

PEREIRA, G. V. N; MALUF, W. R.; GONÇALVES, L. D.; NASCIMENTO, I.R.; 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.

PAMPLONA, A. M. S. R. Avaliação de genótipos de tomate *Lycopersicon* ssp. com diferentes concentrações de acilaçúcares, quanto a resistência a *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae). Lavras: UFLA (Dissertação - Mestrado), 2001. 98p.

RESENDE, J. T. V.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M. G.; FARIA, M. V.; GONÇALVES, L. D.; NASCIMENTO, I. R. Resistance of tomato genotypes with high levels of acylsugars to *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard. **Scientia Agrícola**, v. 65, p. 31-35, 2008

RESENDE, J. T. V.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; PFANN, A. Z.; NASCIMENTO, I. R. Acylsugars in tomato leaflets confer resistance to the south american tomato pinworm, *Tuta absoluta* Meyr. **Scientia Agrícola**, v.63, n.1, p.20-25, Jan./Feb. 2006.

RESENDE, J. T. V.; CARDOSO, M. G.; MALUF, W. R.; SANTOS, C. D.; GONÇALVES, L. D.; RESENDE, L. V.; NAVES, F. O. Método colorimétrico para quantificação de acilaçúcar em genótipos de tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, p. 1204-1208, 2002

ROBERTS, P. A.; THOMASON, I. J. Variability in reproduction of isolates of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on resistant tomato genotypes. **Plant Disease**, v. 70, p. 547-551, 1986.

ROSSI, M.; GOGGIN, F.L.; MILLIGAN, S.B.; KALOSHIAN, I.; ULLMAN, D.E.; WILLIAMSON, V.M. The nematode resistance gene Mi of tomato confers resistance against the potato aphid. **Proceedings of the National Academy of Sciences, USA**  
v. 95, p. 9750-9754, 1998

SAS INSTITUTE. SAS/QC Software: reference, version 6. Cary, 1995. 1290p

SILVA, A. A. Resistencia de genótipos de tomateiro com teores foliares contrastantes de aleloquímicos a *Lyriomiza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Dissertação de mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas**. UFLA, 2012. 84 p.

SILVA, V. F.; MALUF, W. R.; CARDOSO, M. G.; GONÇALVES NETO, A. C.; MACIEL, G. M.; NÍZIO, D. A. C.; SILVA, V. A. Resistência mediada por aleloquímicos de genótipos de tomateiro a mosca-branca e ao ácaro-rajado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 9, p. 1262-1269, 2009.

SILVA, V. F.; CARDOSO, M. G.; MORAES, J. C.; PIMENTEL, F. A.; GONÇALVES, L. D.; NERI, D. K. P. Caracterização e avaliação de acilaçúcar sintético no comportamento da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1886) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1408-1412, 2008.

SMITH, P. G. Embryo culture of a tomato species hybrid. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**, v. 44, p. 413–416, 1944

SOUTHEY, J.F. **Laboratory methods for work with plant and soil nematodes**. 5.ed. London: Ministry of Agriculture Fisheries and Food, 1970. 148p

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.

ZALOM, F. G. Pests, endangered pesticides and processing tomatoes. **Acta horticulturae**, v. 613, p. 223-233, 2003.

**TABELA 1.** Teores médios de acilacúcares (AA) expressos em nmol.cm<sup>-2</sup> de área foliar, nos folíolos de linhagens de tomate, descrição de resistência (R) ou suscetibilidade (S) das patologias estudadas. UFLA, Lavras-MG, 2013.

<b>Tratamento</b>	<b>Genótipo</b>	<b>Nematoide<sup>(a)</sup></b>	<b>Pinta bacteriana<sup>(b)</sup></b>	<b>Ty-1<sup>(c)</sup></b>	<b>Acilacúcares (nmol.cm<sup>-2</sup>)</b>
T1	Santa Clara	S	S	S	9,819 b
T2	TOM-694	S	R	R	11,170 b
T3	TOM-695	S	R	R	10,826 b
T4	TOM-556	S	S	S	10,968 b
T5	TOM-584	S	S	S	11,088 b
T6	TOM-684	R	R	S	10,765 b
T7	TOM-598	R	R	S	10,867 b
T8	TOM-687	S	S	S	16,897 a
T9	TOM-688	S	S	S	16,419 a

\*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade

(a): reações confirmadas no presente ensaio, em testes de resistência;

(b): reações confirmadas no presente ensaio, através do teste de sensibilidade ao fention de (CARLAND e STASKAWICZ, 1993);

(c): reações determinadas por Nizio et al (2008) e/ou informações pessoais de W. R. Maluf.

**TABELA 2.** Distâncias médias percorridas pelos ácaros (*T. urticae*) na face adaxial, medidos em mm após 20, 40 e 60 minutos. UFLA, Lavras, MG, 2013.

<b>Trat</b>	<b>Genótipos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>40 minutos</b>	<b>60 minutos</b>
T1	Santa Clara	12,45 b	14,05 b	16,75 b
T2	TOM-694	10,20 b	11,55 b	14,15 b
T3	TOM-695	10,00 b	12,60 b	15,30 b
T4	TOM-556	11,70 b	14,00 b	15,75 b
T5	TOM-584	13,75 b	14,25 b	16,05 b
T6	TOM-684	14,55 b	16,95 b	17,55 b
T7	TOM-598	10,90 b	14,45 b	18,35 b
T8	TOM-687	6,20 a	7,60 a	8,95 a
T9	TOM-688	6,15 a	6,80 a	7,95 a

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade.

**TABELA 3.** Contrastes de interesse usados para comparações de resistência ao ácaro-rajado entre genótipos e/ou grupos de genótipos com diferentes teores de acilacúcares (AA), resistência a nematoide, pinta bacteriana (*Pto*) e Geminivírus (*Ty-1*). UFLA, Lavras, MG, 2013.

Contra- tes	Contrastes Estimados	Descrição
C1	$[T1 - (T2+T3+T4+T5)/4]$	Santa Clara vs Outros genótipos de baixo AA suscetíveis a nematoides (com resistência ou não a <i>Pto/Ty-1</i> )
C2	$[T1 - (T6+T7)/2]$	Santa Clara vs genótipos com baixo AA com gene <i>Mi</i> (e resist <i>Pto/Ty-1</i> )
C3	$[T1 - (T8+T9)/2]$	Santa Clara vs genótipos com alto AA e suscetíveis a nematoides (em ausência de <i>Pto/Ty-1</i> )
C4	$[(T1+T2+T3+T4+T5)/5 - (T6+T7)/2]$	Genótipos com baixo AA suscetíveis a nematoides (todos) vs baixo AA + gene <i>Mi</i>
C5	$[(T1+T2+T3+T4+T5)/5 - (T8+T9)/2]$	Genótipos com baixo AA suscetíveis a nematoide (todos) vs genótipos com alto AA suscetíveis a nematoide
C6	$[(T2+T3)/2 - (T6+T7)/2]$	Genótipos com baixo AA suscetíveis a nematoide (com <i>Pto/Ty-1</i> ) vs genótipos com baixo AA + gene <i>Mi</i> (com <i>Pto</i> , sem <i>Ty-1</i> )
C7	$[(T6+T7)/2 - (T8+T9)/2]$	Genótipos com Baixo AA+gene <i>Mi</i> (em presença de <i>Pto</i> ) vs genótipos com alto AA+sem gene <i>Mi</i>
C8	$[T1 - (T4+T5)/2]$	Entre Santa Clara e outros genótipos de baixo AA suscetíveis a (nematoide+ <i>Pto</i> + <i>Ty-1</i> )
C9	$[(T1+T4+T5)/3 - (T2+T3)/2]$	Genótipo baixo AA suscetíveis a nematoide (sem <i>Pto/Ty-1</i> ) vs genótipo com baixo AA suscetível a nematoide (com <i>Pto/Ty-1</i> )

**TABELA 4.** Estimativas dos contrastes de interesse usados para comparações de resistência ao ácaro-rajado entre genótipos e/ou grupos de genótipos com diferentes teores de acilaçúcares (AA), resistência a nematoide, pinta bacteriana (*Pto*) e Geminivírus (*Ty-1*). UFLA, Lavras, MG, 2013.

<b>Id.</b>	<b>Contrastes de interesse</b>	<b>20 minutos</b>	<b>40 minutos</b>	<b>60 minutos</b>
C1	$[T1 - (T2+T3+T4+T5)/4]$	1,04 ns	0,95 ns	1,44 ns
C2	$[T1 - (T6+T7)/2]$	-0,28 ns	-1,65 ns	-1,20 ns
C3	$[T1 - (T8+T9)/2]$	6,28**	6,85 **	8,30 **
C4	$[(T1+T2+T3+T4+T5)/5 - (T6+T7)/2]$	-1,11 ns	-2,41 ns	-2,35 ns
C5	$[(T1+T2+T3+T4+T5)/5 - (T8+T9)/2]$	5,45**	6,09 **	7,15 **
C6	$[(T2+T3)/2 - (T6+T7)/2]$	-2,63 ns	-3,63 ns	-3,23 ns
C7	$[(T6+T7)/2 - (T8+T9)/2]$	6,55**	8,50 **	9,50 **
C8	$[T1 - (T4+T5)/2]$	-0,28 ns	-0,08 ns	0,85 ns
C9	$[(T1+T4+T5)/3 - (T2+T3)/2]$	2,53 ns	2,02 ns	1,46 ns

\*\* , \* e ns Significativo, a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Id.- Identificação dos contrastes