



CELSO MATTES DE OLIVEIRA

**EFEITO DO GENE *Mi* E DOS ALTOS TEORES
FOLIARES DE ACILAÇÚCARES E DE
ZINGIBERENO NA RESISTÊNCIA DO
TOMATEIRO A ARTRÓPODES-PRAGA**

LAVRAS-MG

2015

CELSO MATTES DE OLIVEIRA

**EFEITO DO GENE *Mi* E DOS ALTOS TEORES FOLIARES DE
ACILAÇÚCARES E DE ZINGIBERENO NA RESISTÊNCIA DO
TOMATEIRO A ARTRÓPODES-PRAGA**

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 a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Wilson Roberto Maluf

LAVRAS-MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Celso Mattes de.

Efeito do gene *Mi* e dos altos teores foliares de acilçucares e de zingibereno na resistência do tomateiro a artrópodes-praga. / Celso Mattes de Oliveira. – Lavras: UFLA, 2015.

65p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador: Wilson Roberto Maluf.

Bibliografia.

1. Melhoramento genético na cultura do tomateiro. 2. Resistência associada a aleloquímicos foliares. 3. Resistencia associada ao gene *Mi*.

CELSO MATTES DE OLIVEIRA

**EFEITO DO GENE *Mi* E DOS ALTOS TEORES FOLIARES DE
ACILAÇÚCARES E DE ZINGIBERENO NA RESISTÊNCIA DO
TOMATEIRO A ARTRÓPODES-PRAGA**

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 a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 23 de janeiro de 2015.

Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior	UFVJM
Dr. Vicente de Paula Campos	UFLA
Dr. Luis Antonio Augusto Gomes	UFLA
Dr. Adriano Teodoro Bruzi	UFLA

Dr. Wilson Roberto Maluf
Orientador

**LAVRAS – MG
2015**

*A meus queridos pais, José Waldomiro de Oliveira(Sempre Presente)
e Maria Izabel Cruz de Oliveira, exemplo em minha vida. À minha esposa Gisele
de Oliveira, pelo incentivo e amor intenso.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em minha vida e por tantas bênçãos concedidas, tornando real tudo aquilo que sonhei quando criança.

Aos meus irmãos, Simone, Sandro, Sinézio, Claudiana, Sérgio e Sueli, pela confiança depositada em mim.

Aos sobrinhos Gustavo e Samara, pelo carinho e aos cunhados Elizabeth e Haiata, que sempre estiveram comigo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Agronomia e, de forma especial, ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de cursar o doutorado e pela contribuição a minha formação acadêmica.

Ao professor Dr. Wilson Roberto Maluf, pela orientação, muita paciência, ensinamentos transmitidos, exemplo de competência e profissionalismo.

Ao professor Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior, pelo “pontapé” inicial, despertando em mim tamanho interesse pela pesquisa.

Aos técnicos da Hortiagro, em especial Paulo Moretto, Vicente Licursi e Sebastião (Ná), pela amizade e apoio na condução dos ensaios.

Ao professor Dr. Vicente Campos, pelos votos de confiança e indicação ao primeiro emprego.

Aos professores Dr. Luís Antônio, Dr. Vicente Campos, Dr. Valter Carvalho e Dr. Adriano Teodoro Bruzzi, por terem aceitado participar da banca avaliadora e, sem dúvidas, contribuíram muito para o aperfeiçoamento do meu trabalho.

Às instituições que apoiaram com recurso financeiro, concessão de bolsa e disponibilidade da infraestrutura, CNPq, Capes, FAPEMIG, UFLA e a empresa HortiAgro Sementes S.A.

Aos pesquisadores Luis Henrique Carregal e Juliana Campos, que me apoiaram no momento mais difícil que vivi até o momento, quando do falecimento do meu Pai.

A todos os funcionários e estagiários da Agro Carregal, em especial a Paulo, Clésio e Hewerton, que foram peças fundamentais no período de adaptação em Rio Verde. Com essa turma até a tristeza pula de alegria. Agradeço também a Tanylla e sua família, pela sincera amizade.

Aos amigos que sempre torceram por mim, Cassiano Pires, Alcinei, Carlos Pedrosa, Vinicius Lemos e Cleiton Oliveira.

Aos colegas da pós-graduação Thiago Mattos, Thiago Conrado, Aline, Alex, Eva Maria, Irã, André Lasmar, Marcela, Danilo, Douglas, Regis, Francine, Hugo e Alexandre, pelo constante apoio e consideração.

RESUMO GERAL

Objetivou-se quantificar e comparar os efeitos do gene *Mi*, do alto teor foliar de acilacúcares (AA) e de zingibereno (ZGB), isoladamente e dos altos teores de AA e ZGB, simultaneamente, na resistência de linhagens de tomateiro à mosca-branca e ao ácaro-rajado. Também se objetivou detectar possíveis efeitos sinérgicos da presença dos dois aleloquímicos relativamente à presença de um deles, isoladamente. Foram realizados dois experimentos que incluíram 21 e 27 genótipos selecionados simultaneamente para alto teor de AA e ZGB, clonados via enraizamento de brotações axilares com tamanhos homogêneos, além de 7 testemunhas produzidas via sementes. As testemunhas foram constituídas por 2 genótipos ricos em AA (TOM-687 e TOM-688), 2 genótipos ricos em ZGB (TOM-703 e TOM-704) e 3 linhagens com baixo teor de aleloquímicos (cv. Santa Clara, TOM-584 e TOM-684), sendo a linhagem TOM-684 portadora do gene *Mi*. Para o teste de resistência por antixenose à mosca-branca, o experimento foi instalado em casa de vegetação, em delineamento em blocos casualizados (DBC), compreendendo 28 tratamentos com quatro repetições e uma planta por parcela, totalizando 112 plantas. Já para o teste de repelência ao ácaro, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 34 tratamentos e 4 repetições. As linhagens com alto teor de acilacúcares e zingibereno apresentaram equivalência quanto à resistência por antixenose à mosca-branca e maior repelência ao ácaro-rajado, comparadas com as testemunhas com baixo nível destes aleloquímicos. O gene *Mi* também tem menor preferência pela mosca-branca, comparado às testemunhas que não têm aleloquímicos e o gene *Mi*, entretanto não se equivale ao efeito dos aleloquímicos em estudo. Para o ácaro, o gene *Mi* não foi efetivo em conferir repelência, embora possa ser vantajoso incorporá-lo no programa de melhoramento do tomateiro, no intuito de adquirir resistência a outras pragas e, principalmente, aos nematoides. Os aleloquímicos AA e ZGB, quando combinados em linhagens de tomateiro, apresentaram efeito sinérgicos em ambos os experimentos, em relação ao AA e ZGB atuando isoladamente.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*. Ácaro rajado. Mosca-branca. Resistência. Acilacúcares. Zingibereno

ABSTRACT

This study aimed to quantify and compare the effects of the *Mi* gene, high leaf content of acylsugar (AS) and zingiberene (ZGB) alone and high AS and ZGB levels simultaneously, in resistance of different tomato plant lines to whitefly and two-spotted spider mite. It was also aimed to detect possible synergistic effects from the presence of these two allelochemicals for the presence of one of them alone. Two experiments were carried out involving 21 and 27 genotypes selected simultaneously for high content of AA and ZGB, cloned through rooting axillary shoots with homogeneous sizes, plus 7 witnesses produced in seeds. The witnesses consisted of two genotypes rich in AS (TOM-687 and TOM-688), two genotypes rich in ZGB (TOM-703 and TOM-704) and three lines with low allelochemical content (cv. Santa Clara, TOM-584 and TOM-684), where TOM-684 was the carrier of *Mi* gene. For the endurance test for antixenosis to the whitefly, the experiment was conducted in a greenhouse in a randomized block design (RBD), comprising 28 treatments with four replications and one plant per plot, totaling 112 plants. As for the repellence tests to the spider mite, the design was completely randomized with 34 treatments and 4 replications. Strains with high content of acylsugar and zingiberene showed equivalence for resistance by antixenosis to the whitefly and greater spider mite repellence in comparison to the witnesses with low levels of these allelochemicals. The *Mi* gene also showed less preference to the whitefly when compared to the witnesses without allelochemicals and *Mi* gene, however it is not equivalent to the allelochemicals effect in the study. The *Mi* gene was not effective in conferring repellency to the mite, although it may be an advantage to incorporate it in the program in order to acquire resistance to other pests, especially to nematodes. The allelochemicals AS and ZGB, when combined in tomato plant lines showed synergistic effect in both experiments compared to the AS and ZGB acting alone.

Keywords: *Solanum lycopersicum*. Two-spotted spider mite. Whitefly. Resistance. Acylsugar. Zingiberene.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	10
1	INTRODUÇÃO GERAL	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Melhoramento genético na cultura do tomateiro	12
2.2	Resistência associada aos aleloquímicos foliares	13
2.3	Resistência associada ao gene <i>Mi</i>	15
	REFERÊNCIAS	17
	SEGUNDA PARTE	22
	ARTIGO 1 Efeitos do gene <i>Mie</i> dos altos teores foliares de acilaçúcares e de zingibereno na resistência à mosca-branca em tomateiro	22
	ARTIGO 2 Repelênca ao ácaro-rajado mediada pelo gene <i>Mie</i> pelosinergismo entre altos teores foliares de acilaçúcares e de zingibereno em tomateiro.....	44

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

O tomate *Solanum lycopersicum* L. (= sin. *Lycopersicon esculentum* Mill.) tem origem na zona andina da América do Sul, mas foi domesticado no México e introduzido na Europa em 1544. Mais tarde, disseminou-se da Europa para a Ásia meridional e oriental, África e Oriente Médio. Posteriormente, distribuiu-se para outras partes da América do Sul (NAIKA et al., 2006).

No Brasil, o cultivo de tomate é expansivo, ocupando um dos primeiros lugares em importância econômica entre as hortaliças cultivadas, ao lado da batata. Além de sua importância econômica, o tomate desempenha papel social relevante, pois a cultura abriga em sua cadeia mais de 10.000 produtores, com 60.000 famílias de trabalhadores e efetivo de mais de 200.000 pessoas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA HORTALIÇAS, 2011; PAULA JÚNIOR; VENZON, 2007).

A produção mundial do tomate, em 2011, esteve por volta de 159,0 milhões de toneladas em 4,7 milhões de hectares, sendo a China o maior país produtor mundial, seguido dos Estados Unidos. No Brasil, são cultivados cerca de 71 mil hectares, produzindo em torno de 4,5 milhões de toneladas de fruto (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION -FAO, 2013).

Apesar de o tomateiro ser uma das mais importantes plantas cultivadas, tem vários problemas fitossanitários. Por se tratar de uma cultura com um ciclo relativamente curto e de altos rendimentos, exige constante atenção por parte dos produtores devido ao grande número de pragas e doenças que ocorrem durante o seu ciclo, sendo, portanto, exigente em tratamentos fitossanitários (MOREIRA et al., 2005). Entre os artrópodes-praga que afetam a cultura do tomateiro, destacam-se a mosca-branca (*Bemisia argentifolii*) e os ácaros (*Tetranychus* spp.).

A ocorrência de *B. argentifolii* em lavouras de tomate resulta, comumente, em danos diretos à produção e em danos indiretos pela transmissão de fitovirose causadas por geminivírus. Os ácaros do gênero *Tetranychus*, apesar de serem pragas de importância secundária, em condições de alta infestação, podem provocar danos diretos às plantas e ocasionar o secamento das folhas, além de indução à maturação precoce (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Tanto a mosca-branca quanto o ácaro são pragas de difícil controle, que é feito quase que exclusivamente pelo método químico, tendo como consequências possíveis a seleção de insetos com biótipos resistentes, a intoxicação do aplicador, bem como a redução da população de inimigos naturais. Nesse sentido, uma das alternativas de controle é a obtenção de cultivares resistentes, as quais têm sido desenvolvidas a partir de cruzamentos com espécies selvagens que apresentam resistência a uma vasta gama de pragas. Esta resistência é, em grande parte, conferida pela presença nas folhas de substâncias químicas (aleloquímicos), tais como acilaçúcares e zingibereno. Estes aleloquímicos podem atuar impedindo a oviposição, a alimentação ou, ainda, exercendo efeito deletério no desenvolvimento de determinadas fases dos artrópodes-praga (RESENDE et al., 2006, 2008).

Dessa forma, a busca por genótipos de tomateiro contendo altos níveis de aleloquímicos nos folíolos evidencia a possibilidade de obtenção de plantas resistentes a artrópodes-pragas. Objetivou-se, com este trabalho, quantificar e comparar os efeitos do gene *Mi*, do alto teor foliar de acilaçúcares (AA) isoladamente, do alto teor de zingibereno (ZGB) isoladamente e dos altos teores de AA e ZGB simultaneamente, na resistência de linhagens de tomateiro a artrópodes-pragas. Também se objetivou detectar possíveis efeitos sinérgicos da presença destes dois aleloquímicos relativamente à presença de um deles isoladamente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Melhoramento genético na cultura do tomateiro

Os programas de melhoramento genético do tomateiro de instituições oficiais de pesquisa do Brasil têm, historicamente, buscado atender às necessidades do produtor e do consumidor. As prioridades desses programas têm sido a obtenção de cultivares bem adaptadas às condições climáticas das principais regiões de cultivo, a incorporação de resistência e/ou tolerância a doenças e a pragas limitantes e a melhoria de características agronômicas e industriais (DIEZ; NUEZ, 2008; MELO, 1998).

Atualmente, o desenvolvimento de cultivares resistentes a pragas é um dos principais objetivos de programas de melhoramento da cultura do tomate, sendo muitas as estratégias utilizadas para que este objetivo seja alcançado. A primeira delas é a utilização da variabilidade intraespecífica, no entanto, esta variabilidade, geralmente, não se mostra suficiente para solucionar os problemas causados pelas pragas, o que conduziu à procura por novas fontes de variação em espécies selvagens, fazendo-se uso dos cruzamentos interespecíficos (DIEZ; NUEZ, 2008).

Os atuais programas de melhoramento do tomateiro conduzidos no Brasil, visando à obtenção de cultivares resistentes às pragas, têm adotado a estratégia de incorporação, em cultivares comerciais, de alelos de resistência presentes em materiais selvagens, que contenham aleloquímicos associados à resistência. Neste quadro, pelo menos três grupos de aleloquímicos (2-tridecanona, zingibereno e acilaçúcares) têm sido associados à resistência (GONÇALVES et al., 2006; LABORY et al., 1999; MALUF et al., 2010; NEIVA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2012; PEREIRA et al., 2008; RESENDE et al., 2006; SILVA et al., 2009).

2.2 Resistência associada aos aleloquímicos foliares

Pesquisas têm demonstrado que algumas espécies selvagens de tomateiro apresentam resistência a artrópodes-pragas. Essa resistência é atribuída à presença de substâncias (aleloquímicos) exsudadas por tricomas foliares (PEREIRA et al., 2008). Dentre os principais aleloquímicos encontrados em espécies selvagens de tomateiro, estão acilaçúcares, sesquiterpenos e metil-cetonas.

Os acilaçúcares podem ser encontrados no acesso *Solanum pennellii* 'LA716 (Goffreda et al., 1989); os sesquiterpenos (como o zingibereno) são encontrados no acesso *Solanum habrochaites*(=*Lycopersicum hirsutum*)var. *hirsutum* 'PI127826' (CARTER; SACALIS; GIANFAGNA, 1988) e o grupo das metil-cetonas (2-tridecanona), no *Solanum habrochaites* (= *Lycopersicum hirsutum*) var. *glabratum* 'PI134417'(WILLIAMS et al., 1988).

Os acilaçúcares conferem à superfície foliar um aspecto pegajoso, o que funciona como armadilha natural e também atuam impedindo a ovoposição, a alimentação ou exercendo efeito deletério no desenvolvimento de determinadas fases do artrópode-praga (GILLARDÓN et al., 2001). Maluf et al.(2010) testaram a resistência de linhagens com alto teor de AA para três pragas de importância econômica (mosca-branca, ácaro e traça-do-tomateiro) e demonstraram o papel deste aleloquímico na resistência. Resende (2003) trabalhou com plantas selecionadas para alto e baixo teor de acilaçúcares, provenientes do cruzamento *L. esculentum* ('TOM-584') x *L. pennellii* (LA-716). Essas plantas foram submetidas a testes de repelência ao ácaro (*Tetranychus evansi*) e de resistência à mosca-branca (*Bemisia* sp.) e à traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*). Os resultados comprovaram o efeito dos acilaçúcares na repelência ao ácaro; houve menor número de ninfas de mosca-branca para todos

os genótipos com elevado teor de açúcares. Alto teor de açúcares também foi associado à resistência à traça-do-tomateiro.

O zingibereno foliar vem sendo objeto de estudos e seu alto teor tem sido associada a bons níveis de resistência a artrópodes-pragas. Plantas F2 derivadas do cruzamento interespecífico de *S. lycopersicum* 'TOM-556' e *S. habrochaites* var. *hirsutum* 'PI 127826', e selecionadas por Maluf, Campos e Cardoso (2001) para alto teor de zingibereno, foram submetidas a teste de resistência a ácaros vermelhos *Tetranychus evansi*. Os autores concluíram que a resistência estava de fato associada ao maior teor de zingibereno.

Campos (1999) e Gonçalves et al. (2006) também verificaram que maior teor de zingibereno está associado a maiores níveis de resistência ao ácaro, em populações oriundas do cruzamento entre *S. lycopersicum* e *S. hirsutum* var. *hirsutum*. Outros trabalhos relatam a efetividade do zingibereno atuando na resistência à *Tuta absoluta*, *Tetranychus evansi*, *Tetranychus urticae* Koch e *Bemisia argentifolii* (AZEVEDO et al., 2003; GONÇALVES et al., 2006; MALUF et al., 2010).

Um raro trabalho avaliando efeito sinérgico entre os altos teores foliares de AA e ZGB foi realizado por Silva et al. (2009), entretanto, estes autores utilizaram genótipos heterozigoto para ambos os caracteres. Os autores observaram que o fato de os genótipos duplos heterozigotos apresentarem o mesmo comportamento que os heterozigotos para ZGB ou AA somente indica que, embora estes alelos atuem de forma semelhante quanto à resistência dos genótipos à mosca-branca, eles não apresentam neste caso efeito sinérgico. Porém, em outro trabalho, Silva et al. (2009) verificaram resultados diferentes para a resistência à traça-do-tomateiro *Tuta absoluta*, presença simultânea de ZGB e AA promoveu aumento no nível de resistência à traça, em relação à presença de somente ZGB ou de AA.

Nos 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 acilalúcares (DIAS et al., 2013; FREITAS et al., 2002; GONÇALVES NETO et al., 2010; SILVA et al., 2009)

2.3 Resistência associada ao gene *Mi*

O gene *Mi*, isolado do tomate, constitui um dos mais complexos e bem caracterizados genes de resistência a fitopatógenos. Esse gene confere resistência efetiva às três espécies mais importantes de nematoides das galhas, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria* (ROBERTS; THOMASON, 1989), o que o torna de extrema importância em programas de melhoramento do tomateiro.

A resistência a nematoides em campo pode ser extremamente duradoura (ROBERTS; THOMASON, 1989), já que diversas cultivares de tomateiros com o gene *Mi* incorporado demonstram resistência, mesmo após 40 anos de plantio. Contudo, tem sido observada a quebra dessa resistência gerada pelo gene *Mi* por diversas populações de nematoides (KALOSHIAN et al., 1996).

O principal mecanismo de resistência desencadeado em plantas portadoras do gene *Mi* é a reação de hipersensibilidade (HR), que provoca mudanças histológicas, como a morte celular próxima ao sítio de infecção do juvenil de segundo estágio de *Meloidogyne* spp. (DROPKIN, 1969). Esse fenômeno tem ocorrido, geralmente, 12 horas após a tentativa de estabelecimento do nematoide no interior da raiz. Há relatos de que o gene *Mi* também media resistência a outras pragas, como pulgão-da-batata, *Macrosiphum euphorbiae* (ROSSI et al., 1998); mosca-branca, *Bemisia tabaci* (NOMBELA; WILLIAMSON; MUNIZ, 2003) e o ácaro-rajado, *T. urticae* (GODZINA; KIELKIEWICZ; SZYMZYKIEWICZ, 2011).

Segundo Nombela, Beitia e Muñiz(2000), o gene *Mi*, ou outro intimamente ligado a ele, confere resistência à mosca-branca (*B. argentifolli*) em cultivares de tomate comercial (*S. lycopersicum*), promovendo redução de até 50% no número de fêmeas e de adultos por planta. Godzina, Kielkiewicz e Szymczykiewicz(2011) relatam 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 têm este alelo. Essa diferença, embora significativa, não é satisfatória, necessitando, segundo os autores, de maiores investigações para este fato, uma vez que este trabalho apontou, pela primeira vez, o gene *Mi* como fonte de resistência ao ácaro.

São escassos os trabalhos de comparações dos níveis de resistência conferidos por aleloquímicos e pelo gene *Mi* à mosca-branca ou a outras pragas. Um dos poucos trabalhos nesse sentido foi feito por Marchese (2013), que testou a possível resistência conferida pelo gene *Mi* à mosca-branca *Bemisi argentifolii* e ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae*. A autora comparou o nível de resistência conferido por acilaçúcares com aquele conferido pelo gene *Mi* e relatou que 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*. A autora encontrou redução para ovos e ninfas de, aproximadamente, 22% de plantas com o gene *Mi*, comparada com a testemunha 'Santa Clara'. Já com a presença de acilaçúcares, a redução atingiu cerca de 51%.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, S. M. et al. Zingiberene-mediated resistance to the South American tomato pinworm derived from *Lycopersicon hirsutum* var. *hirsutum*. **Euphytica**, Wageningen, v.134, p.347-351, 2003.

CAMPOS, G. A. **Inter-relações entre teor de zingibereno, tipos de tricomas foliares e resistência a ácaros Tetranychus evansi em tomateiro**. 1999. 65 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

CARTER, C.D.; SACALIS, J.N.; GIANFAGNA, T.J. Resistance to Colorado potato beetle in relation to zingiberene content of *Lycopersicon* species. **Report of Tomato Genetics Cooperative**, New York, v. 38, p. 11-12, 1988.

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**, Ribeirão Preto, 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.

DROPKIN, V. H. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*: reversal by temperature. **Phytopathology**, Ithaca, v. 59, n. 11, p. 1632-1637, 1969.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – HORTALIÇAS. **Sistemas de produção**. 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/ Tomate>>. Acesso em: 13 fev. 2011.

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**, Wageningen, v. 127, n. 2, p. 275-287, Feb. 2002.

GILLARDÓN, E. et al. Papel da 2-tridecanona e dos tricomas glandulares tipo VI na resistência do tomateiro a *Tuta absoluta*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.7, p.929-933, 2001.

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. **Biology Letters**, London, v. 48, p. 213-223, 2011.

GOFFREDA, J. C. et al. Aphid deterrence by glucose esters in glandular trichome exudate of wild tomato, *Lycopersicon pennellii*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 15, n. 7, p. 2135-2147, May 1989.

GONÇALVES, L. D. et al. Relationship between zingiberene, foliar trichomes and repellence of tomato plant to *Tetranychus evansi*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 267-273, 2006.

GONÇALVES NETO A.C. et al. Resistência à traça-do-tomateiro em plantas com altos teores de acilaçúcares nas folhas. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 28, p. 203-208, 2010.

KALOSHIAN, I. et al. Resistance-breaking nematodes identified in California tomatoes. **Californian Agriculture**, Davis, v. 50, p. 18-19, 1996.

LABORY, C.R. G. et al. Seleção indireta para teor de 2-tridecanona em tomateiros segregantes e sua relação com a resistência à traça-do-tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 733-740, 1999.

MALUF, W.R.; CAMPOS, G.A.; CARDOSO, M.G. Relationships between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. **Euphytica**, Wageningen, v. 121, n. 1, p. 73-80, 2001.

MALUF, W. R. et al. Broad-Spectrum Arthropod resistance in Hybrids between High- and Low-Acylsugar Tomato Lines. **Crop Science**, Madison, v. 50, p. 439-450, 2010.

MARCHESE, A. **Resistência à Mosca- Branca e ao Ácaro-Rajado mediada por acilacúcares e pelo gene Mi em tomateiro**. 2013. 63 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

MELO, P.C.T. Recursos genéticos e melhoramento do tomateiro industrial no semi-árido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 38., 1998, Petrolina. **Paineis...** Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/SOB, 1998. 1 CD ROM.

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

NAIKA, S. et al. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 2006. (Agrodok, 17.)

NEIVA, I. P. et al. Role of allelochemicals and trichome density in the resistance of tomato to whitefly. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 1, p. 61-67, 2013.

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.

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**, St. Paul, v. 16, n. 7, p. 645-649, 2003.

OLIVEIRA, C. M. et al. Resistance of tomato plants to the moth *tuta absoluta* imparted by allelochemicals and trichome density. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n.1, p. 45-52, 2012.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. **101 culturas**: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 800p.

PEREIRA, G.V.N. et al. Seleção para alto teor de açúcares 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. 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, Jan./Feb. 2006.

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

RESENDE, J. T. V. **Resistência a artrópodos-pragas, mediada por açúcares em tomateiros obtidos do cruzamento interespecífico de *Lycopersicon esculentum* Mill 'TOM-584' x *L. Pennellii* 'LA-716'**. 2003. 91 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

ROBERTS, P.A.; THOMASON, I. J.A review of variability in four *Meloidogyne* spp. measured by reproduction on several hosts including *Lycopersicon*.In: RUSSEL, G. E. (Ed.). **Agricultural zoology reviews**. Andover: Intercept, 1989.v. 3, p. 225-252.

ROSSI, M. et al. The nematode resistance gene *Mi* of tomato confers resistance against the potato aphid. **Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington**, v. 95, n. 17, p.9750-9754, 1998.

SILVA, V. F.et al.Resistência mediada por aleloquímicos de genótipos de tomateiro à mosca-branca e ao ácaro-rajado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1262-1269, 2009.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

**EFEITOS DO GENE *MiE* DOS ALTOS TEORES FOLIARES DE
ACILAÇÚCARES E DE ZINGIBERENO NA RESISTÊNCIA À MOSCA-
BRANCA EM TOMATEIRO**

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

Efeitos do gene *Mi* e dos altos teores foliares de acilacúcares e de zingibereno na resistência à mosca-branca em tomateiro

Celso Mattes de Oliveira⁽¹⁾, Wilson Roberto Maluf⁽¹⁾, Thiago Matos Andrade⁽¹⁾, Aline Marchese⁽¹⁾ e Marcela Carvalho Andrade⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, caixa postal 3037, CEP 37200-000. Email: celsodoliveira@yahoo.com.br, wrmaluf@dag.ufla.br, tmaagro@yahoo.com.br, alinemarchese@hotmail.com, marcellinhaufila@gmail.com.

Resumo- Objetivou-se quantificar e comparar os efeitos do gene *Mi*, dos altos teores foliares de acilacúcares(AA) e de zingibereno(ZGB) isoladamente e simultaneamente, quanto à resistência de linhagens de tomateiro à *Bemisia argentifolii*. O experimento incluiu 21 genótipos selecionados simultaneamente para alto teor de AA e ZGB, clonados via enraizamento de brotações axilares com tamanhos homogêneos, além de 7 testemunhas produzidas via sementes. As testemunhas foram constituídas por 2 genótipos ricos em AA (TOM-687 e TOM-688), 2 genótipos ricos em ZGB (TOM-703 e TOM-704) e 3 linhagens com baixo teor de aleloquímicos (cv.Santa Clara, TOM-584 e TOM-684), sendo a linhagem TOM-684 portadora do gene *Mi*. O experimento foi instalado em casa de vegetação em delineamento em blocos casualizados (DBC), compreendendo 28 tratamentos com 4 repetições e 1 planta por parcela, totalizando 112 plantas. As linhagens ricas em AA e ZGB apresentaram maior resistência, comparada às demais testemunhas com baixo nível de aleloquímicos, mas a testemunha TOM-684 portadora do gene *Mi* foi mais resistente do que as não portadoras ('Santa Clara' e TOM-584). O nível de resistência conferido pelo ZGB é similar àquele apresentado pelo AA. Tanto o ZGB quanto o AA promoveram maiores níveis de resistência, comparados ao gene *Mi*. Os clones selecionados para ZGB e AA simultaneamente apresentaram números de ovos e ninfas inferiores aos das testemunhas suscetíveis e foram mais resistentes à mosca-branca do que o tratamento TOM-684, portador do gene *Mi*. No geral, os clones superaram, inclusive, as linhagens ricas em apenas um dos aleloquímicos, demonstrando efeito sinérgico entre AA e ZGB para resistência, quando combinados em uma mesma linhagem de tomate.

Termos para indexação: *Solanum lycopersicum*, nematoides, melhoramento genético, aleloquímicos.

Introdução

A mosca-branca, *Bemisia tabaci*, é uma praga de importância mundial, causando perdas em diversas culturas de importância econômica, tais como abóbora, abobrinha, alface, algodão, batata, berinjela, brócolis, chicória, couve, couve-flor, crisântemo, ervilha, feijão, soja, algodão, gérbera, jiló, melancia, melão, pepino, pimentão, poinsettia, repolho, rosa, uva e, inclusive, tomate (Marubayashi et al., 2010). Nos últimos anos, os problemas com esta praga estão se agravando no Brasil, devido à severidade dos ataques e às dificuldades em seu controle, principalmente para as culturas do algodão, melão, soja e tomate. Em parte, estes acontecimentos estão relacionados ao fato de que a forma mais agressiva da mosca-branca, o biótipo B, ou *Bemisia argentifolii*, seja o mais comum e abundante (Bellows et al., 1994).

A ocorrência de *B. argentifolii* em lavouras de tomate é bastante frequente e resulta, comumente, tanto em danos diretos à produção como em danos indiretos pela transmissão de fitovirose causadas por geminivírus que podem causar perdas de até 100% na produção (Villas Bôas et al., 2002).

O controle químico tem sido o principal método de manejo adotado para controle dessa praga. Contudo, a utilização de defensivos como única ou principal forma de manejo pode acarretar, além de danos ao meio ambiente e ao homem, desequilíbrios biológicos, pela morte de insetos úteis, como os polinizadores e os controladores naturais de pragas (Silva et al., 2009). Além disso, o uso indiscriminado de inseticidas pode provocar a seleção de biótipos resistentes, fazendo com que o agricultor utilize dosagens cada vez maiores sem obter resultado satisfatório (Siqueira et al., 2000). Com isso, a situação em relação aos insetos-praga da agricultura em geral pode se agravar, em anos subsequentes, pelo uso desses produtos (Silva et al., 2009).

Durante a domesticação do tomateiro, houve perda de alelos importantes presentes no *gene pool* do gênero, notadamente os relativos à resistência a

pragas e doenças, em consequência do estreitamento na base genética, o que é um dos motivos que podem explicar a suscetibilidade das atuais cultivares a inúmeros patógenos e pragas. Uma das alternativas para a obtenção de melhor relação custo/benefício no controle das pragas é o desenvolvimento de cultivares resistentes (Pereira et al., 2008; Gonçalves Neto et al., 2010; Maluf et al., 2010).

Alguns acessos selvagens de tomateiro têm apresentado bons níveis de resistência a insetos-praga em razão da presença de aleloquímicos, como zingibereno (ZGB), acilaçúcares (AA) ou 2-tridecanona (2-TD) (Aragão et al., 2000, Nombela et al., 2000; Maluf et al., 2001; Freitas et al., 2002; Azevedo et al., 2003; Gonçalves et al., 2006; Maluf et al., 2007; Baier, 2012). Entre os acessos resistentes que se destacam pela sua utilização em programas de melhoramento encontram-se *Solanum habrochaites* var. *hirsutum* 'PI-127826' e *S. pennellii* LA-716' (Freitas et al., 2002; Resende et al., 2002; Gonçalves et al., 2006; Resende et al., 2006). A resistência de *Solanum pennellii* 'LA-716' a múltiplas pragas, incluindo a mosca-branca *Bemisia* spp., é conferida, principalmente, pelas altas concentrações foliares de acilaçúcares, principalmente de 2, 3, 4,- tri-O-éster de glicose (Burke et al., 1987). A espécie *Solanum habrochaites* var. *hirsutum* PI-127826 tem o aleloquímico zingibereno, um sesquiterpeno que confere resistência ao ácaro, à traça do tomateiro e à mosca-branca (Maluf et al., 2001; Gonçalves et al., 2006; Silva et al., 2009; Bleekera et al., 2012; Neiva et al., 2013).

Linhagens melhoradas com alto teor de zingibereno (ZGB-703, ZGB-704) e com alto teor de acilaçúcares (TOM-688, TOM 687) foram obtidas e vêm sendo utilizadas em programas de melhoramento do tomateiro no Brasil, por apresentarem resistência a artrópodes-praga, como o ácaro-rajado, a mosca-branca e a traça-do-tomateiro (Silva et al., 2009; Maluf et al., 2010; Oliveira et al., 2012).

Existem evidências da existência de outros mecanismos relacionados à resistência a pragas em tomateiro. É o caso do gene *Mi*, que confere resistência aos nematoides do gênero *Meloidogyne* spp., introduzido no tomateiro cultivado a partir de seu parente *S. peruvianum* (Smith, 1944). Este gene promove reação de hipersensibilidade ao gênero *Meloidogyne* spp. (Roberts & Thomason, 1986). Nombela et al. (2000) revelaram que este gene, ou outro intimamente ligado a ele, confere também resistência à mosca-branca (*B. argentifolii*) em cultivares de tomate comercial (*S. lycopersicum*). Marchese (2013) observou que linhagens de tomateiro com baixo nível de acilacúcar portadores do gene *Mi* apresentaram níveis de não preferência por ovoposição e uma menor sobrevivência de ninfas de mosca-branca comparadas à testemunha comercial 'Santa Clara' (baixo teor de acilacúcares e não portadora do gene *Mi*). Entretanto, o nível de resistência conferido por altos teores de acilacúcares foi bem superior ao conferido pelo gene *Mi*.

A escassez de linhagens melhoradas com alto teor de AA ou com ZGB e a indisponibilidade de linhagens simultaneamente com alto AA e alto ZGB fazem com que haja poucos estudos sobre o possível efeito sinérgico dos dois aleloquímicos na resistência. Silva et al. (2009) não detectaram efeito sinérgico entre ZGB e AA quanto à resistência à mosca-branca e repelência ao ácaro, no entanto, detectaram sinergismo entre esses aleloquímicos no sentido de maior nível de resistência à traça. Os efeitos sinérgicos foram medidos em genótipos híbridos heterozigotos tanto para alto AA quanto para alto ZGB. Não se avaliaram os efeitos em linhagens homozigóticas com altos teores de AA e ZGB simultaneamente, uma vez que estas não estavam disponíveis na época do ensaio.

O objetivo com este trabalho foi quantificar e comparar os efeitos do gene *Mi*, do alto teor de AA (isoladamente), do alto teor de ZGB (isoladamente)

e dos altos teores de AA e ZGB (simultaneamente) na resistência de linhagens de tomateiro à mosca-branca *Bemisia argentifolii*.

Material e métodos

Duas linhagens de tomateiro com altos teores foliares de acilaçúcares (TOM-687, TOM-688) e duas com altos teores foliares de zingibereno (ZGB-703, ZGB-704) foram obtidas anteriormente a partir de cruzamentos com os acessos selvagens *Solanum pennellii* 'LA-716' e *S. habrochaites* var. *hirsutum* 'PI-127826', respectivamente. 'TOM-687' e 'TOM-688' foram obtidas a partir do cruzamento interespecífico *S. lycopersicum* x *S. pennellii* 'LA-716', seguido por três retrocruzamentos com *S. lycopersicum*, e selecionadas com base no seu alto teor de acilaçúcares (Pereira et al., 2008; Gonçalves Neto et al., 2010), seguindo metodologia proposta por Rezende et al. (2002). 'ZGB-703' e 'ZGB-704' foram obtidas a partir do cruzamento interespecífico *S. lycopersicum* x *S. habrochaites* var. *hirsutum* 'PI-127826', seguido por dois retrocruzamentos para *S. lycopersicum*, também selecionadas com base no seu alto teor de sesquiterpeno zingibereno (Maluf et al., 2001 ; Freitas et al., 2002; Azevedo et al., 2003; Gonçalves et al., 2006).

Linhagens com altos teores tanto de acilaçúcares como de zingibereno simultaneamente foram igualmente obtidas: ZGB-703/ZGB-704 foram cruzadas com TOM-688/TOM-689 (esta última também com alto teor de acilaçúcares) e suas populações segregantes de F2 até F7 foram selecionadas, durante o período de 2007-2013, para altos teores simultaneamente dos dois aleloquímicos. Duas linhagens F7 destes cruzamentos foram consideradas fixadas para altos teores tanto de acilaçúcares quanto de zingibereno, e foram designadas como BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325 e BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367.

Além dos genótipos citados, utilizaram-se, ainda, as linhagens TOM-584 e Santa Clara, com baixo teor de acilaçúcares e zingibereno, com suscetibilidade

a nematoides (não portadoras do alelo *Mi*) e previamente caracterizadas como suscetíveis à mosca-branca por Resende et al. (2006) e TOM-684, linhagem portadora (em homozigose) do gene *Mi* que confere resistência a nematoide do gênero *Meloidogyne* spp. em baixo teor de acilólucos e zingibereno (Marchese, 2013).

As linhagens BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325 e BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367 foram semeadas em bandejas de poliestireno e conduzidas dentro de estufa plástica, no município de Ijaci, MG (21°14'16" de latitude sul e 45°08'00" de longitude, altitude de 918 m), juntamente com as linhagens testemunhas TOM 584, TOM-684, TOM-687, TOM-688, ZGB-703 e ZGB-704. Quarenta plantas de cada uma das linhagens BPX-413E, bem como 20 plantas de cada uma das linhagens testemunhas, foram individualmente avaliadas, seguindo-se as metodologias colorimétricas descritas por Freitas (1999), para zingibereno e por Resende et al. (2002), para acilólucos, com duas medidas repetidas por planta, com o objetivo de confirmar a presença de altos teores dos dois aleloquímicos simultaneamente. Cinco plantas provenientes do genótipo BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325 e dezesseis do genótipo BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367 (T8 a T28, Tabela 1) foram confirmadas com altos teores e escolhidas para teste, totalizando 21 plantas. As médias dos teores de AA e ZGB foram comparadas pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$), utilizando-se o pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1990). Estas plantas foram clonadas por estaquia, de modo a obter 21 clones (denominado T8 a T28) (Tabela 1) que foram utilizados nos testes de avaliação de resistência à mosca-branca.

O experimento foi constituído dos genótipos selecionados na etapa anterior (T8 a T28, Tabela 1), clonados via enraizamento de brotações axilares com tamanhos homogêneos e das mesmas testemunhas ('Santa Clara', TOM-584, TOM-684, TOM-687, TOM-688, ZGB-703 e ZGB-704) produzidas via sementes, totalizando 28 genótipos testados quanto à resistência ao inseto.

Para a infestação com *B. argentifolii*, foi previamente estabelecida uma criação do inseto, no Setor de Olericultura da UFLA, em estufa telada, de 12 m² (4,00 m x 3,00 m), modelo capela, com cobertura de plástico transparente de 100 micras de espessura e laterais de telas antiafídicas. Adultos do inseto foram coletados em cultura de tomate cv. Santa Clara 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 cultivadas em vasos de 3,5 L de capacidade.

Aos 20 dias após o transplântio dos clones (anteriormente obtidos via enraizamento de brotações axilares) e das testemunhas, os genótipos foram transportados para a estufa telada previamente infestada com a população estabelecida de *B. argentifolii*.

O experimento foi instalado em casa de vegetação em delineamento em blocos casualizado (DBC), sendo 28 tratamentos com 4 repetições, sendo utilizada uma planta por parcela, num total de 112 plantas.

Decorridos seis dias após infestação, os genótipos foram avaliados quanto à ovoposição, por meio da contagem do número de ovos, sendo amostrados, de cada planta testada, quatro folíolos do terço superior da folha, com o auxílio de um microscópio estereoscópico binocular com aumento de 20 a 80 vezes, anotando-se o número de ovos em 2 cm² de área foliar. Vinte e três dias após a data de infestação, os mesmos folíolos amostrados, previamente marcados com uma fita adesiva branca, foram avaliados quanto ao desenvolvimento de ninfas (número de ninfas no último instar), também com auxílio do microscópio estereoscópico binocular.

Os dados obtidos foram processados com o auxílio do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1990) sendo as médias de tratamentos comparadas pelo teste de Duncan. Contrastes não ortogonais foram utilizados para comparações de interesse entre grupos de tratamentos.

Resultados e Discussão

Observou-se diferença significativa entre os genótipos, a 5%, pelo teste F, quanto aos teores de zingibereno (ZGB) e acilaçúcar (AA) (Tabela 1).

Os genótipos TOM-584 e TOM-684, utilizados como testemunhas com baixo teor de ZGB e de AA, apresentaram concentrações similares e baixas desses aleloquímicos e não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 1, contraste C1). Qualquer eventual nível de resistência à mosca-branca existente em TOM-684 relativamente a TOM-584 deve, portanto, ser atribuído ao gene *Mi* e não a um maior teor de ZGB ou AA.

Não houve diferença detectável pelo teste de média nas concentrações de ZGB entre os genótipos homozigotos com altos teores de AA (TOM-687 e TOM-688) e as testemunhas TOM-584 e TOM-684 (baixo teor tanto de ZGB quanto de AA). Já em relação às concentrações de AA, esses genótipos TOM-687 e TOM-688 (alto teor de AA) apresentaram níveis de AA significativamente superiores aos das testemunhas TOM-584 e TOM-684 (Tabela 1, contraste C2).

Os genótipos homozigotos com alto teor de ZGB (ZGB-703 e ZGB-704) apresentaram níveis de ZGB significativamente maiores quando comparados com as testemunhas TOM-584 e TOM-684, mas, com relação às concentrações de AA, estas testemunhas demonstraram ser superiores. O valor positivo no contraste C3 (0,0645) na concentração de AA indica o quanto é maior o teor deste aleloquímico, em média, nas testemunhas, comparado aos genótipos ZGB-703 e ZGB-704 (Tabela 1, contrastes C3).

Tanto o teste de média quanto o contraste C4 evidenciam que o teor de ZGB é superior nos tratamentos ZGB-703 e ZGB-704, comparado com os dos tratamentos TOM-687 e TOM-688. Em contrapartida, nas concentrações de AA, os tratamentos TOM-687 e TOM-688 são significativamente superiores (Tabela 1, contraste C4).

Os resultados apresentados confirmam que os tratamentos utilizados como testemunha de alto teor de ZGB (ZGB-703 e ZGB-704) apresentaram, portanto, alto nível de ZGB e baixo nível de AA, enquanto os tratamentos utilizados como testemunha de alto teor de AA (TOM-687 e TOM-688) contêm alto nível de AA e baixo nível de ZGB.

Nos clones T8 a T28, selecionados simultaneamente para altos teores de ZGB e de AA, os níveis desses aleloquímicos foram significativamente maiores em comparação com as testemunhas de baixo teor, TOM-584 e TOM-684 (Tabela 1, contraste C5).

Em geral, os níveis de ZGB foram tão altos nestes clones quanto nos tratamentos ZGB-703 e ZGB-704, com exceção dos seguintes tratamentos, T8, T17, T22 e T23, que registraram níveis de ZGB intermediários, mas, ainda assim, significativamente superiores aos das testemunhas TOM-584 e TOM-684. Todos os clones foram ainda superiores a ZGB 703 e ZGB 704 quanto ao nível de AA presente (Tabela 1, contraste C7). Em relação à concentração de AA, os clones não diferiram das testemunhas TOM-687 e TOM-688, e foram superiores no quesito ZGB (Tabela 1, contraste C6).

Reação de linhagens e clones de tomateiros à infestação com mosca-branca

A presença dos aleloquímicos zingibereno (ZGB) e acilaçúcares (AA) nos genótipos de tomateiro testados afetou tanto a ovoposição quanto a sobrevivência das ninfas de *Bemisia argentifolii* (Tabela 2). Os genótipos homozigotos para alto teor de acilaçúcar, TOM-687 e TOM-688, apresentaram menor preferência (antixenose) tanto na ovoposição quanto para o número de ninfas, quando comparadas com as testemunhas suscetíveis ‘Santa Clara’ e TOM-584 (Tabela 2, contraste C5). O fato também acontece com os genótipos homozigotos para alto teor de ZGB, visto que os tratamentos ZGB-703 e ZGB-704 apresentaram números inferiores tanto de ovos quanto de ninfas

(Tabela2, contraste C6'). Torna-se, assim, evidente a não preferência da praga pelas linhagens ricas nestes aleloquímicos, ZGB ou AA, que conferem maior resistência no sentido de reduzir tanto a ovoposição da mosca-branca como a sobrevivência das ninfas (Tabela 2, contrastes C5' e C6').

As testemunhas suscetíveis, 'Santa Clara' e TOM-584, comportaram-se de forma semelhante na reação de resistência por antixenose ao inseto, não diferindo entre si e com as maiores ovoposições e número de ninfas dentre os genótipos testados (Tabela2, contraste C1'). Também não houve diferença entre os tratamentos ricos em ZGB (ZGB-703 e ZGB-704) e ricos em AA (TOM-687, TOM-688), indicando que tanto o ZGB quanto AA conferem ao tomateiro graus semelhantes de resistência por antixenose à mosca-branca. Resultados similares foram encontrados por Neiva et al. (2013), que mostraram serem os aleloquímicos ZGB, AA e 2-tridecanona, nos níveis encontrados nas linhagens testadas, igualmente eficientes no sentido de reduzir ovoposição em *B. argentifolii*. Zingibereno, acilaçúcar e 2-tridecanonata também foram relatados por Oliveira et al. (2012) como igualmente eficientes no sentido de reduzir ovoposição na traça do tomateiro. Há, na literatura, muitos trabalhos que comprovam a resistência conferida pelo ZGB ou AA isoladamente (Maluf et al., 2007; Gonçalves Neto et al., 2010; Maciel et al., 2010; Oliveira et al., 2012; Neiva et al., 2013).

O tratamento TOM-684, portador do gene *Mi* e que confere resistência a nematoides, apresentou menor preferência pela mosca relativamente às testemunhas suscetíveis 'Santa Clara' e TOM-584, ou seja, ainda que estes três tratamentos apresentassem baixos teores de AA e ZGB, aquele portador do gene *Mi* (TOM-684) apresenta-se menos suscetível ao ataque da mosca-branca (Tabela 2, Contraste C3). Uma comparação entre as médias dos tratamentos homozigotos para ZGB ou AA (TOM-687, TOM-688, ZGB-703 e ZGB-704) e o tratamento TOM-684 mostra, no entanto, que o nível da resistência por

antixenose mediado por acilaçúcares ou por zingibereno é superior ao nível de resistência mediado pelo gene *Mi*. Esses resultados corroboram os encontrados por Marchese (2013), que testou a resistência à mosca-branca mediada por acilaçúcares e pelo gene *Mi* em tomateiro. Marchese (2013) observou redução de 18,78% e 21,39% da quantidade de ninfas por folíolos nas linhagens portadoras do gene *Mi* (TOM-684 e TOM-598), em comparação à testemunha comercial 'Santa Clara', o que conferiu a estas linhagens algum nível de resistência. No entanto, o nível de resistência à mosca-branca conferido por altos teores foliares de acilaçúcares foi maior do que aquele conferido pela presença do gene *Mi*. Nombela et al. (2003) também relataram a resistência mediada pela presença do gene *Mi* em plantas de tomate, tendo estes autores encontrado uma redução que atingiu 50% da quantidade média de ninfas por folíolo quando comparada a plantas que não continham o alelo de resistência. No presente trabalho, a redução no número de ninfas do tratamento TOM-684, portador do gene *Mi*, foi de, aproximadamente, 20% em relação a 'Santa Clara' e TOM-584, que não contém o gene *Mi*, semelhante ao encontrado por Marchese (2013).

Os clones BPX-413E, selecionados para altos teores de ZGB e de AA simultaneamente apresentaram número de ovos e de ninfas inferior ao das testemunhas suscetíveis 'Santa Clara' e TOM-584 (Tabela 2, contraste C7'). Eles foram ainda mais resistentes à mosca-branca do que o tratamento TOM-684, portador do gene *Mi*, indicando que a resistência conferida pela presença de gene *Mi* é de menor magnitude do que a conferida pela presença de altos níveis de aleloquímicos, seja isoladamente ou simultaneamente.

As comparações dos clones T8 a T28 com os tratamentos TOM-687 e TOM-688, homozigotos para AA, mostram superioridade na resistência por parte dos clones (Tabela 2). Isto também é verdade quando se comparam estes clones aos tratamentos ricos apenas em zingibereno, ZGB-703 e ZGB-704. Dentre os 21 clones selecionados, 11 (T11, T13, T15, T21, T22, T23, T24, T25,

T26, T27, T27) tiveram ovoposição significativamente inferior ao TOM-687 (linha resistente padrão), enquanto os outros dela não diferiram. Com relação ao número de ninfas, observa-se também que todos os genótipos de T8 a T28 apresentaram números menores ou, pelo menos, iguais aos das testemunhas resistentes TOM-687, TOM-688, ZGB 703, ZGB 704. Diferenças detectadas também por meio dos contrastes (Tabela2, contraste C8' e C9') confirmam o maior nível médio de resistência dos clones relativamente a estas testemunhas (TOM-687, TOM-688, ZGB 703, ZGB 704), tanto na ovoposição como no número de ninfas.

Os dados aqui obtidos diferem das conclusões de Silva et al. (2009), que relataram ausência de efeito sinérgico entre zingibereno e acilaçúcares nos genótipos duplos heterozigotos, no tocante aos níveis de resistência à mosca-branca. No presente ensaio, a redução no número de ovos e ninfas dos clones, relativamente à média das linhagens TOM-687/TOM-688, foi de 27,97% e de 28,80%; relativamente à média de ZGB-703/ZGB-704), as reduções foram de 14,51% e 20,69%, respectivamente, o que caracteriza um efeito sinérgico da presença de ambos os aleloquímicos na mesma linhagem. Silva et al. (2009) não detectaram efeitos sinérgicos de presença simultânea de ZGB e AA nos folíolos relativamente à presença somente de ZGB ou de AA. No entanto, os efeitos medidos no presente trabalho representam níveis de AA e ZGB para genótipos com locos em homozigose para a presença dos dois aleloquímicos, enquanto os de Silva et al. (2009) representam AA e ZGB para locos em heterozigose.

Maluf et al. (2010) demonstraram a existência do efeito sinérgico de AA e ZGB na resistência à traça-do-tomateiro. Maior resistência à traça do tomateiro foi encontrada em genótipos duplos heterozigotos para AA e ZGB simultaneamente comparados aos genótipos heterozigotos para AA e genótipos heterozigotos para ZGB.

Os resultados obtidos indicam que existe uma vantagem em selecionar genótipos com alto ZGB e alto AA simultaneamente, visto que sua resistência a *B. argentifolii* é de maior grau, relativamente à apresentada pelas linhagens homozigotas para apenas um desses aleloquímicos.

A presença de apenas um ou ambos os aleloquímicos foi suficiente para conferir redução na ovoposição e sobrevivência de ninfas em contraste com as testemunhas suscetíveis, indicando a eficiência dos mesmos (Tabela 2, Contrastes C5', C6', C7', C8' e C9'). Contudo, genótipos ricos em ambos os aleloquímicos simultaneamente induzem um maior grau de resistência e, além disso, conforme sugerem Silva et al. (2009), possivelmente atuam como barreira mais efetiva contra biótipos de artrópodes-praga que vierem a quebrar a resistência mediada por apenas um dos aleloquímicos isoladamente.

Conclusões

- 1- O zingibereno (ZGB) e o acilaçúcar (AA) são igualmente eficientes na promoção de resistência à mosca-branca.
- 2- A resistência conferida pelos aleloquímicos, ZGB e AA é de maior nível do que aquela conferida pelo gene *Mi* à mosca-branca.
- 3- Zingibereno (ZGB) e acilaçúcar (AA), quando combinados em linhagens de tomateiro, mostraram um efeito sinérgico no sentido de aumentar a resistência à mosca-branca, relativamente à obtida com o uso de genótipos com alto teor de zingibereno (ZGB) e acilaçúcar (AA) isoladamente.

Agradecimentos

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

Referências

ARAGÃO, C.A.; DANTAS, B.F.; BENITES, F.R.G. Tricomas foliares em tomateiro com teores contrastantes do aleloquímico 2-tridecanona. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.813-816, out./dez. 2000.

AZEVEDO, S.M.; FARIA, M.V.; MALUF, W.R.; OLIVEIRA, A.C.B.; FREITAS, J.A. Zingiberene-mediated resistance to the South American tomato pinworm derived from *Lycopersicon hirsutum* var. *hirsutum*. **Euphytica**, v. 134, p. 347–351, 2003.

BAIER, J.E. **Seleção indireta de genótipos de tomateiro industrial resistentes ao ácaro-rajado**. 2012. 41p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UNICENTRO, Guarapuava.

BELLOWS, T.S.; PERRING, T.M.; GILL, R.J.; HEADRICK, D.H. Description of a species of Bemisia (Homoptera: Aleyrodidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.87, p.195-206, 1994.

BLEEKERA, P.M.; MIRABELLAA, R.; DIERGAARDEB, P.J.; VANDOORNB, A.; TISSIERC, A.; KANTD, M.R.; PRINSB, M.; VOSB, M.; HARINGA, M.A.; SCHUURINK, R.C.; Improved herbivore resistance in

cultivated tomato with the sesquiterpene biosynthetic pathway from a wild relative. **PNAS**, vol. 109, n. 49, 20124–20129, 2012.

BURKE, A.B.; GOLDSBY, G.; MUDD, J.B. Polar Epicuticular Lipids of *Lycopersicon pennellii*. **Phytochemistry**, v.26, n.9, p. 2567-2571, 1987.

FREITAS, J.A. **Resistência genética de tomateiro *Lycopersicon* spp. à mosca-branca *Bemisia* spp. mediada por zingibereno contido em tricomas glandulares**. 1999. 93 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FREITAS, J.A.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.G.; GOMES, L.A.A.; BEARZOTTI, E. Inheritance of foliar zingiberene contents and their relationship to trichome densities and whitefly resistance in tomatoes. **Euphytica**, v. 127, n. 2, p. 275-287, Feb. 2002.

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.

GONÇALVES, L.D.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.G.; RESENDE, J.T.V.; CASTRO, E.M.; SANTOS, N.M.; NASCIMENTO, I.R.; FARIA, M.V. 2006. Relação entre zingibereno, tricomas foliares e repelência de tomateiros a *Tetranychus evansi*. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.2, p.267-273, fev. 2006.

MACIEL, G. M; MALUF, W. R; SILVA, V. F; GONÇALVES NETO, A. C; GOMES, L. A. A. Híbridos pré-comerciais resistentes a Tuta absoluta obtidos de linhagem de tomateiro rica em açúcares. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 151-156, 2011.

MALUF, W.R.; CAMPOS, G.A.; CARDOSO, M.G. Relationships between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. **Euphytica**, v.121, n.1, p.73-80, 2001.

MALUF, W.R.; INOUE, I.F.; FERREIRA, R.P.D.; GOMES, L.A.A.; CASTRO, E.M.; CARDOSO, M.G. Higher glandular trichome density in tomato leaflets and repellence to spider mites. **Pesq.agropec. bras.**, v.42, n.9, p.1227-1235, 2007.

MALUF, W.R.; MACIEL, G.M.; GOMES, L.A.A.; CARDOSO, M.G.; GONÇALVES, L.D.; SILVA, E.C.; KNAPP, M. Broad-Spectrum Arthropod Resistance in Hybrids between High- and Low-Acylsugar Tomato Lines. **Crop Science**, v.50, p.439–450, 2010.

MALUF, W.R.; SILVA, V.F.; GOMES, L.A.A.; GONÇALVES NETO, A.C.; MACIEL, G.M.; NÍSIO, D.A.C. Resistance to the South American tomato pinworm *Tuta absoluta* in high acylsugar and/or high zingiberene tomato genotypes. **Euphytica**, v.176, p.113 - 123, 2010.

MARCHESE, A. **Resistência à Mosca- Branca e ao Ácaro-Rajado Mediada por Acilacúcares e pelo Gene Mi em Tomateiro**. 2013. 63 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARUBAYASHI, J.M; YUKI, V.A.; WUTKE, E.B. Transmissão do *Cowpea mild mottle virus* pela mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B para plantas de feijão e soja. **Summa phytopathol**, v.36, n.2, 2010.

NEIVA, I.P, ANDRADE JÚNIOR, V.C, MALUF, W.R.; OLIVEIRA, C.M.; MACIEL, G. M.. Role of allelochemicals and trichome density in the resistance of tomato to whitefly. **Ciência e agrotecnologia**, v. 37, n. 1, p. 61-67, 2013.

NOMBELA, G., V.M. WILLIAMSON & M. MUNIZ. 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, n.7, 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.

OLIVEIRA, C.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; MALUF, W.R.; NEIVA, I.P.; MACIEL, G.M. Resistance of tomato trains to the moth *tuta absoluta* imparted by allelochemicals and trichome density. **Ciência e agrotecnologia**, v. 36, n.1, p. 45-52, 2012.

PEREIRA, G.V.N; MALUF, W.R.; GONÇALVES, L.D.; NASCIMENTO, I.R.; GOMES, L.A.A; LICURSI, V. 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**, v. 32, p. 996-1004, 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 Agricola**, v.63, n.1, p.20-25, 2006.

RESENDE, J.T.V.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.G.; NELSON, D.L.; FARIA, M.V.. 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, 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.69, p. 896-898, 1986.

SAS Institute. SAS/STAT user's guide. Cary, N.C.: SAS Institute, 1990.

SILVA, A.A. **Resistencia a genótipos de tomateiro com teores foliares contrastantes de aleloquímicos à *liriomyza trifolii* (burgess) (diptera: agromyzidae) e a *myzus persicae* (sulzer) (hemiptera: aphididae)**. 2012. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, A.A; MALUF, W.R; MORAES, J.C; ALVARENGA, R; RODRIGUES COSTA, E.M. Resistência a *Myzus persicae* em genótipos de tomateiro com altos teores foliares de aleloquímicos. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.2, p.173-179, 2013.

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**, v. 32, n. 5, p. 1408-1412, 2008.

SILVA, V.F.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.G.; NETO, A.C.G.; 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.

SIQUEIRA, H.A.A.; GUEDES, R.N.C.; PICANÇO, M.C. Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Applied Entomology**, v.124, n. 5/6, p. 1-7, 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.

VILLAS BÔAS, G.L.; FRANÇA, F.H.; MACEDO, N. Potencial biótico da mosca-branca *Bemisia argentifolii* a diferentes plantas hospedeiras. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.71-79, 2002.

Tabela1 Teores médios de zingibereno (ZGB) e de acilacúcares (AA) nos folíolos de linhagens e clones de tomate, expressos em unidades de absorvância, coeficiente de variação e coeficiente de determinação genotípica. UFLA: Lavras, MG, 2013

TRATAMENTO	ZGB	AA
T1=Santa Clara	Não determinado	Não determinado
T2=TOM 584	0,071 E	0,204 D
T3=TOM 684	0,070 E	0,199 D
T4=TOM 687	0,080 DE	0,307 BC
T5=TOM 688	0,080 DE	0,299 C
T6=ZGB 703	0,183 AB	0,137 E
T7=ZGB 704	0,186 AB	0,137 E
T8=BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-107	0,123 CD	0,299 C
T9=BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-116	0,189 AB	0,271 C
T10=BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-125	0,173 ABC	0,276 C
T11=BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-128	0,174ABC	0,280 C
T12=BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-129	0,145 BC	0,282 C
T13=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-102	0,154 BC	0,273 C
T14=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-107	0,125 BC	0,281 C
T15=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-111	0,211 A	0,398 A
T16=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-112	0,153 BC	0,328 BC
T17=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-113	0,129 CD	0,277 C
T18=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-114	0,139 BC	0,290 C
T19=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-115	0,135 BC	0,300 C
T20=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-126	0,135 BC	0,288 C
T21=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-127	0,175 ABC	0,281 C
T22=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-128	0,128CD	0,328BC
T23=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-129	0,127 CD	0,365 AB
T24=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-132	0,150 BC	0,309 BC
T25=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-133	0,173 ABC	0,332 BC
T26=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-134	0,153 BC	0,324 BC
T27=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-135	0,149 BC	0,310 BC
T28=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-137	0,148 BC	0,331 BC
Contrastes de interesse		
C1=(T2-T3)	0,00NS	0,00NS
C2=(T2+T3)/2-(T4+T5)/2	-0,002NS	-0,10*
C3=(T2+T3)/2 - (T6+T7)/2	-0,11*	0,06*
C4=(T4+T5)/2-(T6+T7)/2	-0,10*	0,16*
C5=(T2+T3)/2-(T8.....T28)/21	-0,08*	-0,10G*
C6=(T4+T5)/2-(T8.....T28)/21	-0,07*	-0,00NS
C7=(T6+T7)/2 - (T8.....T28)/21	0,03NS	-0,16*

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade

Tabela 2 Número médio de ovos e ninfas/2 cm² de área foliar, medido aos 6 e aos 23 dias, respectivamente, após a infestação de *B. argentifolii* no terço superior da planta

Tratamentos	Número de ovos /2cm ² de folíolo	Número de ninfas /2cm ² de folíolo
T1=Santa Clara	42,43H	31,00 I
T2=TOM 584	41,18 H	30,50 I
T3=TOM 684	34,06 G	25,18H
T4=TOM 687	20,56 EF	15,12G
T5=TOM 688	20,81 F	15,31G
T6=ZGB 703	18,18 BCDEF	14,18FG
T7=ZGB 704	16,68 BCDEF	13,56EFG
T8=BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-107	17,56 BCDEF	13,50 EFG
T9=BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-116	16,37 BCDEF	10,43ABCDEF
T10=BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-125	15,25 ABCDE	10,31 ABCDEF
T11=BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-128	14,93 ABCD	10,00 ABCDE
T12=BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-129	15,75 BCDEF	11,50 ABCDEFG
T13=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-102	15,06 ABCD	10,75 ABCDEF
T14=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-107	19,18 DEF	12,56 DEFG
T15=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-111	10,17 A	7,56 A
T16=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-112	15,18 ABCDE	8,93 ABCD
T17=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-113	18,31 CDEF	12,93 DEFG
T18=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-114	15,37 ABCDE	12,62 DEFG
T19=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-115	16,37 BCDEF	12,3CDEFG
T20=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-126	15,87 BCDEF	11,75 BCDEFG
T21=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-127	13,50 ABC	11,50 ABCDEFG
T22=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-128	13,56 ABC	11,91 BCDEFG
T23=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-129	13,37 ABC	10,37 ABCDEF
T24=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-132	12,75 AB	10,00 ABCDE
T25=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-133	12,81 ABC	8,18AB
T26=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-134	15,00 ABCD	8,43ABC
T27=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-135	13,68 ABC	11,00 ABCDEF
T28=BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-137	12,93 ABC	10,81 ABCDEF
Contrastes de interesse		
C1'=T1-T2	1,25 ns	0,50ns
C2'=(T1+T2)/2 - T3	7,75 *	5,56*
C3'=T4-T5	-0,25 ns	-0,18ns
C4'=T6-T7	1,50 ns	0,62ns
C5'=(T1+T2)/2 - (T4+T5)/2	21,12 *	15,53*
C6'=(T1+T2)/2 - (T6+T7)/2	24,37 *	16,87*
C7'=(T1+T2)/2 - (T8+T9+T10+...+T28)/21	26,90 *	19,91*
C8'=(T4+T5)/2 - (T8+T9+T10+...+T28)/21	5,78 *	4,38*
C9'=(T6+T7)/2 - (T8+T9+T10+...+T28)/21	2,53 *	3,042*
CV%	17,65	18,10

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Duncam (P<0,05%)

ARTIGO 2

**REPELÊNCIA AO ÁCARO-RAJADO MEDIADA PELO GENE *MiE* PELO
SINERGISMO ENTRE ALTOS TEORES FOLIARES DE
ACILAÇÚCARES E DE ZINGIBERENO EM TOMATEIRO**

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

Repelência ao ácaro-rajado mediada pelo gene *Mie* pelo sinergismo entre altos teores foliares de acilaçucares e de zingibereno em tomateiro

Celso Mattes de Oliveira⁽¹⁾, Wilson Roberto Maluf⁽¹⁾, Thiago Matos Andrade⁽¹⁾, Aline Marchese⁽¹⁾ e André Lasmar⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, caixa postal 3037, Cep 37200-000. Email: celsodoliveira@yahoo.com.br, wrmaluf@dag.ufla.br, tmaagro@yahoo.com.br, alinemarchese@hotmail.com, marcellinhaufila@gmail.com.

Resumo- O tomate (*Solanum Lycopersicum*) é um produto destinado à alimentação humana, seja na forma industrializada ou “in natura”. A expansão da área de cultivo dessa cultura favoreceu, entretanto, o surgimento de pragas e de doenças de difícil controle, que afetam significativamente a sua produção. Assim, o objetivo, neste trabalho, foi quantificar e comparar os efeitos do gene *Mi*, do alto teor de AA (isoladamente), do alto teor de ZGB (isoladamente) e dos altos teores de AA e ZGB (simultaneamente) na repelência de linhagens de tomateiro ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae*, e detectar possíveis efeitos sinérgicos da presença dos dois aleloquímicos relativamente à presença de só um deles, isoladamente. 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. O bioensaio foi realizado no interior de câmara fria, à temperatura de 16±1°C e umidade relativa de 64±4%. A resistência conferida pelos genótipos ricos em AA ou ZGB, na repelência ao ácaro-rajado do gênero *Tetranychus urticae*, em todos os tempos avaliados, superou todas as testemunhas, inclusive o TOM 684. O gene *Mi* não alterou na resistência. Houve efeito sinérgico entre AA e ZGB.

Palavras-chave: *Tetranychus urticae*, *Solanum Lycopersicum*, melhoramento genético

INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é cultivado em todas as regiões do mundo, ocupando lugar de destaque econômico dentre as hortaliças cultivadas. No Brasil, são cultivados, aproximadamente, 71 mil hectares que reproduzem em torno de 4,5 milhões de toneladas de fruto (FAO, 2013). Além de sua importância econômica, a cadeia produtiva do tomate desempenha papel social relevante, pois engloba mais de 10 mil produtores e envolve cerca de 60 mil famílias de trabalhadores, cujo efetivo é superior a 200 mil pessoas (Embrapa Hortaliças, 2009; Paula Júnior & Venzon, 2007). Apesar de tamanha importância, a cultura do tomate é considerada de alto risco, devido aos diversos problemas sanitários, em especial ao elevado grau de infestação de pragas (Suinaga et al., 2003; Zalom, 2003).

Dentre os artrópodes-pragas do tomateiro, a presença dos ácaros do gênero *Tetranychus* tem sido bastante frequente, provocando, em condições de alta infestação, danos diretos, ocasionando seca das folhas seguida de desfolha, diminuição no tamanho e número de frutos, além da indução à maturação precoce. Estes artrópodes são pertencentes à ordem Acari, da classe Arachnida e são caracterizados por 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 (Flechtmann & Baker, 1970). Embora ocorra em grande número de espécies, somente três 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), dos quais o primeiro é o principal no Brasil e considerado praga importante para a cultura (Flechtmann, 1989).

O ácaro-rajado *Tetranychus urticae* tem o corpo com coloração amarelo-esverdeada e dois pares de manchas escuras no dorso. Os machos medem, aproximadamente, 0,25 mm de comprimento, diferindo das fêmeas, que

são bem maiores, 0,46 mm. A espécie é normalmente encontrada na face inferior das folhas, onde tece teias (Fadini et al., 2006)

Os ácaros em geral, incluindo os do gênero *Tetranychus*, têm enorme capacidade de aumento populacional, chegando a 20-25 gerações por ano, o que requer controle eficiente, mantendo a população abaixo do nível de dano econômico. Atualmente, o controle químico é o mais utilizado, porém, o mais problemático, porque os ácaros têm elevada aptidão para desenvolver resistência contra vários grupos de acaricidas. Esta resistência, provavelmente, ocorre em função da utilização de dosagens não recomendadas e da elevada frequência de pulverização (Lara, 1991), gerando também problemas ambientais e à saúde. Neste quadro, o desenvolvimento de cultivares resistentes tem grande relevância, pois tem efeito permanente sobre a população da praga, não afeta diretamente seus inimigos naturais e dispensa o agricultor de qualquer conhecimento sobre a praga para efetuar o controle (Lara, 1991).

Nos programas brasileiros de melhoramento de tomateiro que visam à resistência a pragas, os métodos de seleção indireta têm predominado, por meio da seleção de genótipos com altos teores foliares de aleloquímicos associados à resistência. Dentre estes aleloquímicos, destacam-se os acilacúcares e o zingibereno, que podem atuar impedindo o desenvolvimento de artrópodes-praga em alguma fase do seu ciclo e conferindo resistência da planta ao ácaro *Tetranychus urticae*, à traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* e à mosca-branca *Bemisia argentifolii* (Resende et al. 2002; Resende et al., 2006; Resende et al., 2008; Pereira et al., 2008; Maciel et al., 2011; Neiva et al., 2013; Bleekera et al., 2012; Silva et al., 2009; Gonçalves et al., 2006; Maluf et al., 2001; Oliveira et al., 2012). Assim, tem se intensificado a busca por linhagens melhoradas com alto teor de zingibereno e com alto teor de acilacúcar, por apresentarem resistência a artrópodes-praga (Silva et al., 2009; Maluf et al., 2010; Oliveira et al., 2012). No entanto, são escassas as linhagens melhoradas com alto teor de

acilaçúcares ou com alto teor de zingibereno, além de indisponíveis linhas com alto teor de acilaçúcares e zingibereno simultaneamente. Essa indisponibilidade faz com que poucos estudos sejam realizados, no intuito de avaliar o possível efeito sinérgico da presença simultânea de ambos os aleloquímicos na resistência a insetos pragas. Um raro trabalho nesse sentido, e que merece ser citado, foi desenvolvido por Silva et al. (2009), sendo relatada por eles a inexistência de efeito sinérgico entre zingibereno e acilaçúcares em dupla heterozigose na repelência ao ácaro-rajado. Esses genótipos eram híbridos em que uma das linhagens parentais tinha alto teor de acilaçúcar, enquanto a outra linhagem parental tinha alto teor de zingibereno. Não estavam disponíveis linhagens simultaneamente com altos teores tanto de acilaçúcares quanto de zingibereno.

Para Marchese (2013), a incorporação de dois ou mais aleloquímicos ou outras fontes de resistência em um mesmo genótipo poderia aumentar o espectro de pragas ao qual o genótipo é resistente, tornando ainda esta resistência mais difícil de ser quebrada. Neste contexto, 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), tem sido alvo de discussão. Sua resistência é conferida a partir da promoção de reação de hipersensibilidade ao gênero *Meloidogyne* spp. (Roberts & Thomason, 1986). Kaloshian et al. (2000) e Rossi et al. (1998) demonstraram que este gene apresenta efeito no sentido de promover níveis de tolerância do tomateiro ao pulgão *Macrosiphum euphorbiae*. Marchese (2013) não observou tolerância do tomateiro ao ácaro-rajado, conferida pela presença do gene *Mi*.

O objetivo, com este trabalho, foi quantificar e comparar os efeitos do gene *Mi*, do alto teor de AA (isoladamente), do alto teor de ZGB (isoladamente) e dos altos teores de AA e ZGB (simultaneamente) na resistência de linhagens de tomateiro ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae*, e detectar possíveis efeitos

sinérgicos da presença dos dois aleloquímicos relativamente à presença de só um deles, isoladamente.

MATERIAL E MÉTODOS

Duas linhagens de tomateiro com altos teores foliares de acilaçúcares (TOM-687, TOM-688) e duas com altos teores foliares de zingibereno (ZGB-703, ZGB-704) foram obtidas anteriormente, a partir de cruzamentos com os acessos selvagens *Solanum pennellii* 'LA-716' e *S. habrochaites* var. *hirsutum* 'PI-127826', respectivamente. 'TOM-687' e 'TOM-688' foram obtidas a partir do cruzamento interespecífico *S. lycopersicum* x *S. pennellii* 'LA-716', seguido por três retrocruzamentos com *S. lycopersicum*, e selecionadas com base no seu alto teor de acilaçúcares (Pereira et al., 2008; Gonçalves Neto et al., 2010), seguindo metodologia proposta por Rezende et al. (2002).

'ZGB-703' e 'ZGB-704' foram obtidas a partir do cruzamento interespecífico *S. lycopersicum* x *S. habrochaites* var. *hirsutum* 'PI-127826', seguido por dois retrocruzamentos para *S. lycopersicum*, e selecionadas com base no seu alto teor do sesquiterpeno zingibereno (Maluf et al., 2001; Freitas et al., 2002; Azevedo et al., 2003; Gonçalves et al., 2006). 'TOM-687', 'TOM-688', 'ZGB-703' e 'ZGB-704' foram testadas por outros autores quanto à resistência a pragas e são consideradas resistentes a um amplo espectro de artrópodos, entre os quais a traça-do-tomateiro *Tuta absoluta*, o ácaro *Tetranychus urticae*, a mosca-branca *Bemisia argentifolii*, a mosca-minadora *Liriomyza trifolii* e o pulgão *Myzus persicae* (Silva et al., 2009; Oliveira et al., 2012; Silva et al., 2013; Neiva et al., 2013).

Linhagens com altos teores tanto de acilaçúcares como de zingibereno simultaneamente foram igualmente obtidas: ZGB-703/ZGB-704 foram cruzadas com TOM-688/TOM-689 (esta última também com alto teor de acilaçúcares) e

suas populações segregantes das gerações F2 até F7 foram selecionadas para altos teores simultaneamente dos dois aleloquímicos. Duas populações F7 destes cruzamentos foram consideradas fixadas para altos teores tanto de acilaçúcares quanto de zingibereno e foram designadas como BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325 e BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367. Plantas individuais destas populações F7 foram selecionadas para boas características agronômicas (principalmente tamanho e qualidade de frutos), clonadas via estaquia e os clones (designados com T8 a T34, Tabela1) foram utilizados em testes de repelência ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae*. Utilizaram-se, ainda, três linhagens suscetíveis a *T. urticae* e com baixos teores tanto de acilaçúcares quanto de zingibereno (Resende et al., 2006; Marchese, 2013), duas delas ('Santa Clara' e TOM-584) suscetíveis a nematoides (não portadoras do alelo *Mi*) e uma resistente (portadora do alelo *Mi* em homozigose) (Marchese, 2013).

As populações BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325 e BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367 foram semeadas em bandejas de poliestireno e conduzidas, dentro de estufa plástica, no município de Ijaci, MG(21°14'16" de latitude sul e 45°08'00" de longitude, altitude de 918 m), juntamente com as linhagens TOM 584, TOM-684, TOM-687, TOM-688, ZGB-703 e ZGB-704. Quarenta plantas de cada uma das populações BPX-413E, bem como 20 plantas de cada uma das linhagens testemunhas, foram individualmente avaliadas, seguindo-se as metodologias colorimétricas descritas por Freitas (1999), para zingibereno e por Resende et al. (2002), para acilaçúcares, com duas medidas repetidas por planta, com o objetivo de confirmar, nas populações BPX-413E, plantas com os mais altos teores dos dois aleloquímicos simultaneamente. Oito plantas provenientes de BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325 e dezessete de BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367 (T8 a T34, Tabela1) foram escolhidas para teste, totalizando 25 plantas. As plantas T8 a T34 (Tabela1) foram clonadas por estaquia para testes de avaliação dos níveis de repelência ao ácaro-rajado.

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 por meio da criação e 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 $16\pm 1^{\circ}\text{C}$ 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 abaxial foliar, em folha de papel sulfite, sobre uma placa de isopor, sobre a qual foram distribuídos aleatoriamente. Foram coletados cinco 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.

Os dados obtidos foram processados com o auxílio do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1990), sendo as médias de tratamentos comparadas pelo teste de Duncan. Contrastes não ortogonais foram utilizados para comparações de interesse entre grupos de tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os genótipos testados apresentaram diferenças significativas, a 5% de probabilidade, pelo teste F, quanto à repelência ao ácaro-rajado nos tempos avaliados (20, 40 e 60 minutos) (Tabela 2). Os genótipos homozigotos com alto teor de AA (TOM-687 e TOM-688) e os genótipos homozigotos com alto teor de ZGB (ZGB-703 e ZGB-704) 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 de ZGB e AA ('Santa Clara' e TOM 584), indicando a eficiência de ambos os aleloquímicos agindo isoladamente na repelência ao ácaro (Tabela 2, e Tabela 3 contrastes C6 e C7). As testemunhas suscetíveis a nematoides e com baixo teor de aleloquímicos ('Santa Clara' e TOM-584) não diferiram quanto ao caminamento dos ácaros nos primeiros 20 minutos; posteriormente, aos 40 e 60 minutos, o genótipo Santa Clara apresentou distâncias percorridas ligeiramente superiores ao TOM-584, (Tabela 2, e Tabela 3 contraste C1).

A presença do gene *Mi* na linhagem TOM-684 não resultou em obstáculo no sentido de diminuir ou anular o caminamento do ácaro, visto que seus efeitos foram semelhante aos apresentados pela linhagem suscetível TOM-584, nos tempos avaliados, quanto ao nível de repelência. O fato de os genótipos TOM-584 e TOM-684 apresentarem o mesmo comportamento indica que o gene *Mi* não é eficiente em conferir repelência ao ácaro-rajado. E, semelhante ao TOM-584, o TOM-684 também não diferiu do 'Santa Clara', até 20 minutos de avaliação (Tabela 2, e Tabela 3 contrastes C2 e C3).

A repelência conferida pelos genótipos ricos em AA ou ZGB, ao ácaro-rajado do gênero *Tetranychus urticae* em todos os tempos avaliados, superou todas as testemunhas, inclusive o TOM 684 (Tabela 2). Em estudo semelhante, Marchese (2013) não observou diferenças entre as testemunhas suscetíveis,

independentemente de serem ou não portadoras do gene *Mi*. Já Godzina et al. (2011) relataram comportamento lento em relação ao desenvolvimento do ácaro em plantas de tomate na presença do gene *Mi*. Os autores observaram que, em condições de campo, a resistência conferida pelo gene *Mi* era do tipo dominância incompleta, sendo o heterozigoto com nível de resistência intermediária.

A introdução do gene *Mi* em linhagens de tomateiro pode ser vista como uma grande vantagem no sentido de proporcionar à planta um novo mecanismo de resistência, sendo este contra o ataque de nematoides do gênero *Meloidogyne* e, associado a altos teores de AA ou ZGB, poderia aumentar o espectro de resistência a outras pragas.

Genótipos homozigotos ricos em AA (TOM-687 e TOM-688) não apresentaram diferenças significantes entre si e numericamente foram muito próximas em todos os tempos avaliados (Tabela 2, e Tabela 3 contraste C4). Os genótipos ricos em ZGB (ZGB 703 e ZGB 704) também não apresentaram diferenças durante as avaliações (Tabela 2, e Tabela 3 contraste C5). Entre os genótipos ricos em AA e os genótipos ricos em ZGB também não houve diferenças (tabela 2), indicando um efeito similar dos aleloquímicos no sentido de impedir ou diminuir o caminhamento do ácaro no folíolo, resultados encontrados também por outros autores (Oliveira et al., 2012; Neiva et al., 2013)

Houve menor caminhamento dos ácaros nos clones BPX413E, selecionados para altos teores de acilacúcares e de zingibereno em relação às testemunhas com baixo teor dos aleloquímicos ('Santa Clara' e TOM 584), em todos os tempos avaliados (Tabela 2, C8). Esta conclusão já era de se esperar também, em comparação entre os clones e a linhagem TOM-684 (portadora do gene *Mi*), visto que esta linhagem (TOM-684) tem o mesmo nível de resistência que a linhagem TOM-584, como discutido anteriormente. Assim, o gene *Mi* presente no tratamento TOM 684 não é eficiente em garantir a repelência do

ácaro, mas é uma ferramenta a mais para ser trabalhada em programas de melhoramento que visam obter resistência a pragas.

No geral, todos os clones BPX-413E selecionados apresentaram, nos tempos de avaliação (20, 40 e 60 minutos), distâncias percorridas pelo ácaro iguais ou menores que os tratamentos ricos em AA isoladamente ou ZGB, principalmente no que se refere às distâncias médias percorridas pelos ácaros após 40 minutos (Tabela 2, C8, C9 e C10). Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al, (2009) e Maluf et al. (2001), verificando que a resistência ao ácaro *T. urticae*, mediada pelo aleloquímico, foi maior nos tempos de 40 e 60 minutos. O maior nível de repelência apresentado pelos clones indica a existência do efeito sinérgico dos aleloquímicos em relação à resistência ao ácaro-rajado e demonstra a vantagem de investir na seleção simultânea para ambos os aleloquímicos. Em trabalhos similares desenvolvidos por Silva (2009) e Maluf et. al (2001), não foi detectado efeito sinérgico para ácaro, talvez por eles terem testado genótipo duplo heterozigoto tanto para AA quanto para ZGB, ao contrário do que foi demonstrado por Silva et al. (2009) em testes de resistência à traça-do-tomateiro *Tuta absoluta*.

Vários trabalhos têm demonstrado a eficiência de aleloquímicos na resistência e/ou repelência ao ácaro-rajado, como os de Resende et al. (2002), Gonçalves et al. (2006), Silva et al. (2009), Maluf et al. (2010). Entretanto, nenhum deles verificou o efeito de tratamentos homozigotos ricos simultaneamente em dois aleloquímicos. O único trabalho feito nesse sentido foi o de Silva et al. (2009), no entanto, os efeitos sinérgicos foram avaliados em híbridos heterozigotos tanto para AA quanto para ZGB. Não se avaliaram os efeitos em linhagens não segregantes, para AA e para ZGB simultaneamente.

Conclusões

- 1- O gene *Mi* não foi efetivo em conferir repelência ao ácaro-rajado, embora possa ser vantajoso incorporá-lo no programa de melhoramento do tomate, no intuito de adquirir resistência a outras pragas.
- 2- Zingibereno (ZGB) e acilacúcar (AA), quando combinados em linhagens de tomateiro, mostraram um efeito sinérgico, aumentando a repelência ao ácaro, relativamente à obtida com o uso de zingibereno (ZGB) e acilacúcar (AA) isoladamente.
- 3- O zingibereno (ZGB) ou o acilacúcar (AA) são eficientes e equivalentes na promoção de repelência ao ácaro do gênero *Tetranychus urticae*.

Agradecimentos

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

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, S.M.; FARIA, M.V.; MALUF, W.R.; OLIVEIRA, A.C.B.; FREITAS, J.A. Zingiberene-mediated resistance to the South American tomato pinworm derived from *Lycopersicon hirsutum* var. *hirsutum*. **Euphytica**, v. 134, p. 347–351, 2003.

BLEEKERA, P.M.; MIRABELLAA, R.; DIERGAARDEB, P.J.; VANDOORNB, A.; TISSIERC, A.; KANTD, M.R.; PRINSB, M.; VOSB, M.; HARINGA, M.A.; SCHUURINK, R.C.; Improved herbivore resistance in cultivated tomato with the sesquiterpene biosynthetic pathway from a wild relative. **PNAS**, vol. 109, n. 49, 20124–20129, 2012.

EMBRAPA HORTALIÇAS-CNPq, Sistemas de Produção. 2009. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate>. Acesso em: 13 fev. 2011.

FADINI, M. A. M.; VENZON, M.; OLIVEIRA, H. G. de; PALLINI, A. Manejo integrado das principais pragas do morangueiro. **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico** - Belo Horizonte: FAEMG, 2006. P. 81-95.

FAO. Faostat: Preliminary 2011 data now available. Disponível em,

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.

FREITAS, J.A. **Resistência genética de tomateiro *Lycopersicon spp.* à mosca-branca *Bemisia spp.* mediada por zingibereno contido em tricomas glandulares**. 1999. 93 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FREITAS, J.A.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.G.; GOMES, L.A.A.; BEARZOTTI, E. Inheritance of foliar zingiberene contents and their relationship to trichome densities and whitefly resistance in tomatoes. **Euphytica**, v. 127, n. 2, p. 275-287, Feb. 2002.

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 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 acilaçúcares nas folhas. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 203-208, 2010.

GONÇALVES, L.D.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.G.; RESENDE, J.T.V.; CASTRO, E.M.; SANTOS, N.M.; NASCIMENTO, I.R.; FARIA, M.V. 2006. Relação entre zingibereno, tricomas foliares e repelência de tomateiros a *Tetranychus evansi*. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.2, p.267-273, fev. 2006.

<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> Acesso em 28 de janeiro de 2013.

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.

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas aos insetos**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336 p.

MACIEL, G. M; MALUF, W. R; SILVA, V. F; GONÇALVES NETO, A. C; GOMES, L. A. A. Híbridos pré-comerciais resistentes a *Tuta absoluta* obtidos de linhagem de tomateiro rica em acilaçúcares. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 151-156, 2011.

MALUF, W.R.; CAMPOS, G.A.; CARDOSO, M.G. Relationships between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. **Euphytica**, v.121, n.1, p.73-80, 2001.

MALUF, W.R.; MACIEL, G.M.; GOMES, L.A.A.; CARDOSO, M.G.; GONÇALVES, L.D.; SILVA, E.C.; KNAPP, M. Broad-Spectrum Arthropod Resistance in Hybrids between High- and Low-Acylsugar Tomato Lines. **Crop Science**, v.50, p.439–450, 2010.

MALUF, W.R.; SILVA, V.F.; GOMES, L.A.A.; GONÇALVES NETO, A.C.; MACIEL, G.M.; NÍSIO, D.A.C. Resistance to the South American tomato pinworm *Tuta absoluta* in high acylsugar and/or high zingiberene tomato genotypes. **Euphytica**, v.176, p.113 - 123, 2010.

MARCHESE, A. **Resistência à Mosca- Branca e ao Ácaro-Rajado Mediada por Acilaçúcares e pelo Gene Mi em Tomateiro**. 2013. 63 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NEIVA, I.P, ANDRADE JÚNIOR, V.C, MALUF, W.R.; OLIVEIRA, C.M.; MACIEL, G. M.. Role of allelochemicals and trichome density in the resistance of tomato to whitefly. **Ciência e agrotecnologia**, v. 37, n. 1, p. 61-67, 2013.

OLIVEIRA, C.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; MALUF, W.R.; NEIVA, I.P.; MACIEL, G.M. Resistance of tomato plants to the moth *Tuta absoluta* imparted by allelochemicals and trichome density. **Ciência e agrotecnologia**, v. 36, n.1, p. 45-52, 2012.

PAULA JÚNIOR TJ; VENZON M. 2007. 101 culturas: Manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG. 800p.

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.; NELSON, D.L.; FARIA, M.V.. 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, 2002.

RESENDE, J.T.V.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.G.; NELSON, D.L.; FARIA, M.V.. 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, 2002.

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 Agricola**, v.63, n.1, p.20-25, 2006.

RESENDE, J. T. V.; MALUF, W. R.; CARDOSO, M. V.; GONSALVES, L. D.; NASCIMENTO, I .R.. Resistence of tomato genotypes with high level of acylsugars to *Tetranychus evansi* Baker & pritchard. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 31-35, 2008.

ROBERTS, P.A.; THOMASON, I.J. Variability in reproduction of isolates of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on resistant tomato genotypes. **Plant Disease**, v.69, p. 896-898, 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. **Proceeding of the National Academy of Sciences**, USA, v. 95, p.9750-9754,1998.

SAS Institute. SAS/STAT User's Guide. Cary, N.C.: SAS Institute, 1990.

SILVA, A.A; MALUF, W.R; MORAES, J.C; ALVARENGA, R; RODRIGUES COSTA, E.M. Resistência a *Myzus persicae* em genótipos de tomateiro com altos teores foliares de aleloquímicos. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.2, p.173-179, 2013.

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. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, V.44, N.9, P.1262-1269, SET. 2009.

SILVA, V.F.; MALUF, W.R.; CARDOSO, M.G.; NETO, A.C.G.; 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.

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

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

Tabela 1 Descrição dos contrastes de interesse utilizados para comparações entre genótipos e/ou grupos de genótipos com diferentes teores de zingibereno (ZGB) e acilaçúcares (AA). UFLA: Lavras, MG, 2014

Id.	Contrastes estimados	Descrição
C1	T1-T2	Entre testemunhas suscetíveis a nematoides com baixo AA e baixo ZGB
C2	T1- T3	Testemunha suscetível a nematoides (baixo AA e baixo ZGB) ν testemunha resistente a nematoides (baixo AA e baixo ZGB), portadora do gene <i>Mi</i>
C3	T2-T3	Testemunha suscetível a nematoides (baixo AA e baixo ZGB) ν testemunha resistente a nematoides (baixo AA e baixo ZGB), portadora do gene <i>Mi</i>
C4	T4-T5	Entre linhagens com alto teor de acilaçúcares (ambas suscetíveis a nematoides)
C5	T6-T7	Entre linhagens com alto teor de zingibereno (ambas suscetíveis a nematoides)
C6	$(T1+T2)/2 - (T4+T5)/2$	Efeito do alto teor de acilaçúcares (isoladamente)
C7	$(T1+T2)/2 - (T6+T7)/2$	Efeito do alto teor de zingibereno (isoladamente)
C8	$(T1+T2)/2 - (T8+T9+....+T34)/27$	Testemunhas suscetíveis a nematoides (baixo AA e baixo ZGB) ν genótipos BPX-413 = efeito do alto teor de AA e alto teor de ZGB, simultaneamente, comparativamente às testemunhas baixo AA+ baixo ZGB
C9	$(T4+T5)/2 - (T8+T9+....+T34)/27$	Testemunhas alto AA e baixo ZGB ν linhagens BPX-413 = efeito de do alto teor de AA e alto teor de ZGB , simultaneamente, comparativamente às testemunhas com alto AA
C10	$(T6+T7)/2 - (T8+T9+....+T34)/27$	Testemunhas baixo AA e alto ZGB ν linhagens BPX-413 = efeito de do alto teor de AA+ alto teor de ZGB, simultaneamente, comparativamente às testemunhas com alto ZGB

Tabela 2 Distâncias médias percorridas pelos ácaros na superfície dos folíolos, UFPA, Lavras, MG, 2014

Id.	Tratamentos	Distância percorrida pelo ácaro na superfície do folíolo (mm)		
		20 min	40 min	60 min
T1	Santa Clara	21,00G	29,60 J	35,600K
T2	TOM 584	20,00G	25,20 I	29,250J
T3	TOM 684	18,200G	24,75I	27,750J
T4	TOM 687	9,75F	14,20H	18,900I
T5	TOM 688	8,40DEF	14,15H	18,950I
T6	ZGB703	9,05EF	13,25FGH	18,550I
T7	ZGB 704	8,25DEF	12,90EFGH	18,400HI
T8	BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-107	8,60DEF	11,75DEFGH	15,00DEFGHI
T9	BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-116	6,70BCDEF	12,70EFGH	15,400EFGHI
T10	BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-125	4,65ABCD	8,55ABCDEF	13,00BCDEFG
T11	BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-128	6,60BCDEF	11,65CDEFGH	14,60DEFGHI
T12	BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-129	7,85CDEF	14,35H	13,30BCDEFGH
T13	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-102	4,80ABCD	10,75BCDEFGH	10,80ABCDE

Tabela 2, continuação

Id.	Tratamentos	Distância percorrida pelo ácaro na superfície do folíolo (mm)		
		20 min	40 min	60 min
T14	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-107	8,00DEF	13,75GH	12,95BCDEFG
T15	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-111	1,90 A	4,40 A	6,90A
T16	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-112	5,25BCDEF	6,90ABCDE	8,40AB
T17	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-113	7,15CDEF	13,50GH	13,25BCDEFGH
T18	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-114	6,85CDEF	10,95CDEFGH	11,85BCDEF
T19	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-115	6,05BCDEF	10,60BCDEFGH	13,35BCDEFGH
T20	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-126	8,15DEF	10,60BCDEFGH	11,20BCDEF
T22	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-128	2,75AB	5,75 AB	8,00AB
T23	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-129	8,50DEF	12,00DEFGH	16,25FGHI
T24	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-132	8,35DEF	13,40FGH	14,45CDEFGHI
T25	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-133	7,45CDEF	10,35BCDEFGH	14,35CDEFGHI
T26	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-134	7,20CDEF	12,55EFGH	12,95BCDEFG

Tabela 2, conclusão

Id.	Tratamentos	Distância percorrida pelo ácaro na superfície do folíolo (mm)		
		20 min	40 min	60 min
T27	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-135	7,60CDEF	12,25EFGH	12,50BCDEFG
T28	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-137	6,85CDEF	11,65CDEFGH	12,85BCDEFG
T29	BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-104	8,00DEF	14,95H	16,60FGHI
T30	BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-110	7,50CDEF	12,50EFGH	15,00DEFGHI
T31	BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-123	5,00BCDEF	7,90ABCDE	9,850ABCD
T32	BPX-413E-02-161-207-31-6-20-325-124	3,70ABC	8,15ABCDEF	9,15ABC
T33	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-101	7,75CDEF	12,70EFGH	17,65GHI
T34	BPX-413E-02-161-207-31-6-6-367-104	6,30BCDEF	6,55ABC	8,25AB

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Duncam (P<0,05%)

Tabela 3 Contrastes de interesse usados para comparações entre genótipos e/ou grupos de genótipos com diferentes teores de zingibereno (ZGB) e acilaçúcares (AA). UFLA: Lavras, MG, 2014

Id.	Contrastes de interesse	Estimativas		
		20 min	40 min	60 min
C1	T1-T2	1,00ns	4,40*	6,35*
C2	T1-T3	2,80 ns	4,85 *	7,85*
C3	T2-T3	1,80 ns	0,45 ns	1,50 ns
C4	T4-T5	1,35 ns	0,05ns	-0,05ns
C5	T6-T7	0,80ns	0,35ns	0,15ns
C6	$(T1+T2)/2-(T4+T5)/2$	11,42*	13,22*	13,50*
C7	$(T1+T2)/2-(T6+T7)/2$	11,85*	14,32*	13,95*
C8	$(T1+T2)/2-(T8+T9+T10+..+T34)/27$	13,98*	16,58*	19,81*
C8	$(T4+T5)/2-(T8+T9+T10+..+T34)/27$	2,55*	3,36*	6,31*
C10	$(T6+T7)/2-(T8+T9+T10+..+T34)/27$	2,13*	2,26*	5,86*