

Métodos para quantificação do zingibereno em tomateiro, visando à seleção indireta de plantas resistentes aos artrópodes-praga

Joelson André de Freitas^{1*}, Wilson Roberto Maluf², Maria das Graças Cardoso² e Flávio Rodrigo Gandolfi Benities²

¹Epamig/Centro Tecnológico do Norte de Minas, Nova Porteirinha, Minas Gerais, C.P. 12, 39440-000, Janaúba-Minas Gerais, Brazil. ²Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, C.P. 37, 37200-000, Lavras-Minas Gerais, Brazil.

*Author for correspondence. e-mail: freitasja@nortecnet.com.br

RESUMO. Duas metodologias de quantificação do zingibereno foram testadas, como critério indireto de seleção de plantas de tomateiro resistentes aos artrópodes-praga. Avaliaram-se os tomateiros *Lycopersicon esculentum* 'TOM-556' (ausência ou traços de zingibereno), *L. hirsutum* var. *hirsutum* 'PI-127826' (altos teores de zingibereno), F₁ TOM-556xPI-127826, *L. hirsutum* var. *glabratum* 'PI-134417', *L. esculentum* 'TOM-600' (os dois últimos com elevados teores de 2-tridecanona) e *Zingiber officinalis* 'gingibre' (espécie rica em zingibereno). A extração do zingibereno foi feita em 4,21 cm² de área foliar do tomateiro e 0,15 g de raízes de gengibre, em 2 mL de hexano, após agitação, durante 40 segundos, do solvente contendo os tecidos vegetais. Os extratos foram analisados espectrofotometricamente e por *high performance liquid chromatography* (HPLC) a 270 nm. Os valores de absorbância e de unidade de área do pico da molécula, no tempo de retenção de 8,83 minutos, apresentaram correlação positiva de 85%, indicando boa precisão da quantificação feita em espectrofotômetro. Uma metodologia rápida, de baixo custo e não destrutiva das plantas para quantificação do zingibereno, em tomateiro, foi estabelecida.

Palavras-chave: *Lycopersicon hirsutum* var. *hirsutum*, cromatografia, determinação espectrofotométrica, aleloquímico, sesquiterpeno.

ABSTRACT. Methods for zingiberene quantification in tomato seeking indirect selection of arthropod-pest-resistant plants. Two quantification methodologies of zingiberene were tested to establish a criterion for indirect selection of tomato plants resistant to arthropod pests. The tomato plants evaluated were: *Lycopersicon esculentum* 'TOM-556' (absence or a low zingiberene content), *L. hirsutum* var. *hirsutum* 'PI-127826' (high zingiberene content),- F₁ TOM-556 x PI-127826, *L. hirsutum* var. *glabratum* 'PI-134417', *L. esculentum* 'TOM-600' (the last two with high contents of 2 - tridecanone), and *Zingiber officinalis* 'ginger' (species with high zingiberene content). The extraction of zingiberene was made in 4.21 cm² of tomato plant leaflets and 0.15g of *Z. officinalis* root, in 2mL of hexane stirred for 40 seconds and quantified in spectrophotometer and high-performance liquid chromatography (HPLC), at 270 nm. These methodologies presented a positive correlation (r=0.85) indicating a good precision of quantification by spectrophotometer. A fast, cheap and nondestructive methodology for zingiberene quantification in tomato plants was established.

Key words: *Lycopersicon hirsutum* var. *hirsutum*, chromatography, spectrophotometric determination, allelochemical, sesquiterpene.

Algumas espécies do gênero *Lycopersicon* possuem substâncias químicas capazes de conferir resistência aos artrópodes-praga. Dentre essas espécies, destacam-se *L. hirsutum* var. *glabratum*, *L. pennellii* e *L. hirsutum* var. *hirsutum*, que contêm 2-tridecanona, acilacúcares e zingibereno, respectivamente. Estudos, em tomateiros, de identificação, quantificação e

efeito da 2-tridecanona (Barbosa, 1994; Gonçalves, 1996; Labory, 1996; Gonçalves-Gervásio, 1998 e Aragão, 1998) e dos acilacúcares (Goffreda *et al.*, 1989 e Resende, 1999) foram realizados, e os resultados têm estimulado novos estudos com compostos químicos presentes ao natural em espécies silvestres de tomateiros.

Na espécie *L. hirsutum* var. *hirsutum*, os estudos de identificação do zingibereno também têm sido relatados (Snyder et al., 1987; Carter et al., 1989; Eigenbrode et al., 1994 e Freitas et al., 1998). O efeito dessa substância sobre alguns artrópodes-praga do tomateiro é também por demais conhecido. Sabe-se que o zingibereno confere resistência a *Tetranychus urticae* (Jr-Good e Snyder, 1988 e Weston et al., 1989), *Tetranychus evansi* (Campos, 1999), *Leptinotarsa decemlineata* (Carter et al., 1989), *Spodoptera exigua* (Eigenbrode e Trumble, 1993 e Eigenbrode et al., 1994), *Tuta absoluta* (Azevedo et al., 1999) e *Bemisia* sp. (Freitas, 1999). A gama de artrópodes-praga que tem sido afetada pelo zingibereno tem despertado o interesse dos melhoristas para estudos mais aprofundados, quanto ao conhecimento de sua atividade sobre insetos e ácaros-praga do tomateiro. Neste contexto, também é importante estabelecer uma metodologia que permita uma quantificação rápida e inequívoca do conteúdo da molécula na planta, de forma a contribuir para eficiência de seleção daquelas com alto teor, em programas de resistência genética do tomateiro aos artrópodes-praga.

Uma das maiores dificuldades da seleção de plantas com altos teores de substâncias químicas, baseada em metodologias analíticas de quantificação, reside no grande tempo que se gasta para processar uma amostra. A quantificação de uma molécula envolve metodologias refinadas e que normalmente demandam muito tempo para analisar uma amostra. A cromatografia gasosa (CG) e a cromatografia líquida de alta performance (HPLC) são técnicas comumente utilizadas na identificação e quantificação de moléculas, embora dificultem o trabalho quando tem-se um grande número de amostras a serem analisadas, caso comum em populações segregantes (plantas F₂), num programa de melhoramento genético do tomateiro. Carter e Snyder (1985) identificaram o zingibereno em plantas F₂ de tomateiro, por meio do tempo de retenção da substância, obtido pela técnica de cromatografia gasosa (CG) e espectroscopia de massa (EM). Os autores compararam o pico do zingibereno das plantas F₂ com o pico encontrado nas plantas de *L. hirsutum* var. *hirsutum*. Carter et al. (1989) identificaram, pela técnica de HPLC, plantas com níveis variados de zingibereno, comparando a área do pico dessa molécula nas plantas F₂ com a área do pico de *L. hirsutum* var. *hirsutum*.

Enquanto a quantificação de moléculas feita por técnicas refinadas, como CG e HPLC, é demorada, a quantificação analítica de uma substância por metodologia espectrofotométrica pode ser uma

alternativa viável (Freitas et al., 1998), se for gasto um menor tempo para analisar um grande número de plantas, sem prejuízo para o resultado obtido. Nienhuis et al. (1985) detectaram uma correlação de 95%, entre uma metodologia de cromatografia gasosa e uma colorimétrica, na quantificação da substância 2-tridecanona. Por essa razão, Barbosa (1994) desenvolveu uma metodologia colorimétrica de quantificação da 2-tridecanona, que possibilitou a avaliação de um grande número de plantas em um tempo reduzido, quando comparada com as metodologias de CG e HPLC. A metodologia desenvolvida pela autora possibilitou, ainda, a seleção indireta de plantas resistentes à traça-do-tomateiro, avaliadas em um curto espaço de tempo, sem comprometer a confiabilidade dos resultados obtidos. Resende (1999) também utilizou com sucesso uma metodologia colorimétrica, para quantificar os teores de acilacúcares em tomateiro, também com a finalidade de seleção indireta de plantas para resistência aos artrópodes-praga.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia espectrofotométrica rápida, de baixo custo e não destrutiva das plantas, para identificação do zingibereno em plantas de tomateiro, de maneira a estabelecer um critério indireto de seleção de plantas resistentes aos artrópodes-praga.

Material e métodos

Extração do zingibereno. O zingibereno foi extraído em 0,15 g de raiz de gengibre (padrão) e em 6 discos de folíolos jovens dos tomateiros em teste (0,7016 cm de diâmetro cada - 4,21 cm² total de área foliar) (Tabela 1). Os tecidos vegetais do gengibre e dos tomateiros foram acondicionados em tubos de ensaio, contendo 2 mL de hexano e agitados em aparelho vortéx, durante 40 segundos; após a agitação, foram descartados os tecidos vegetais, permanecendo, pois, o extrato contendo hexano e zingibereno.

Quantificação do zingibereno por espectrofotometria.

A quantificação espectrofotométrica do zingibereno foi realizada, obtendo-se inicialmente os extratos de raízes comerciais de *Zingiber officinalis* 'gengibre' (espécie rica em zingibereno) e de folíolos jovens de cinco plantas dos tomateiros *Lycopersicon esculentum* 'TOM-556', *L. hirsutum* var. *hirsutum* 'PI-127826', F₁ [TOM-556xPI-127826] e *L. hirsutum* var. *glabratum* 'PI-134417' (Tabela 1). Foram realizadas três extrações (repetições), e os extratos foram analisados em espectrofotômetro modelo Cary 50 (marca Varian) com detector ultra violeta (U.V.), obtendo-

se os valores de absorvância (Abs.) lidos a 270 nm (comprimento de onda em que se conseguiu boa leitura do zingibereno). Os valores médios de absorvância do zingibereno foram calculados para o gengibre e os diferentes tomateiros testados.

Tabela 1. Características do gengibre e dos genótipos de tomateiro *Lycopersicon* spp. utilizados na determinação de metodologia para quantificação do zingibereno. Lavras: UFLA, 1999

Genótipos:	Características:
Gengibre (<i>Zingiber officinalis</i>)	Espécie rica em zingibereno
TOM-556 (<i>L. esculentum</i>)	Linagem normal com ausência de tricomas IV e VI, 2-tridecanona, zingibereno e acilacúcares.
PI-127826 (<i>L. hirsutum</i> var. <i>hirsutum</i>)	Tomateiro silvestre com tricomas VI, contendo alto teor de zingibereno
F ₁ [TOM-556xPI-127826]	População obtida do cruzamento interespecífico <i>L. esculentum</i> X <i>L. hirsutum</i> var. <i>hirsutum</i> .
PI-134417 (<i>L. hirsutum</i> var. <i>glabratum</i>)	Tomateiro silvestre com tricomas VI, contendo alto teor de 2-tridecanona.
TOM-600 (<i>L. esculentum</i>)	Linagem selecionada para alto teor de 2-tridecanona (Barbosa, 1994), teor de zingibereno não previamente conhecido, mas presumivelmente baixo.

Quantificação do zingibereno por cromatografia líquida de alta performance (HPLC). Para se estabelecer um protocolo de quantificação do zingibereno em HPLC, procedeu-se, numa primeira etapa, a comparação entre duas concentrações de zingibereno isolado de raízes de gengibre. O zingibereno foi extraído em hexano puro, sendo isolado após filtragem do extrato e evaporação a frio do solvente. Diluíram-se as concentrações de 17,13 e 34,26 milimols (mM) do zingibereno (PM= 204,357), em 2 mL de hexano, para serem analisadas em aparelho SPD-M10A com detector U.V., também a 270nm, através da unidade de área de pico da molécula (U.A.). Foram realizadas três análises para cada concentração (repetições), utilizando-se 20 µL da solução de hexano contendo zingibereno. A fase móvel foi 100% acetonitrila em sistema isocrático, ao fluxo de 1 mL/minuto, em coluna C₁₈ de 25 cm a uma pressão média de trabalho de 59 atm.

Numa segunda etapa, seguindo-se o protocolo mencionado anteriormente, foram analisados os extratos de *Zingiber officinalis* 'gengibre', *L. esculentum* 'TOM-556', *L. hirsutum* var. *hirsutum* 'PI-127826', F₁ [TOM-556xPI-127826] e *L. hirsutum* var. *glabratum* 'PI-134417' (Tabela 1). Nesse ensaio de quantificação, foram utilizados os mesmos extratos obtidos para a quantificação espectrofotométrica. Para tal, avaliaram-se os extratos contendo zingibereno, obtidos de três extrações (repetições) feitas em raízes de gengibre e folíolos jovens dos tomateiros em teste. Além do padrão gengibre (espécie rica em zingibereno), também foi avaliado o hexano, somente para fins de comparação dos resultados.

Os resultados dessas quantificações em HPLC foram expressos em unidade de área do pico do zingibereno (média de três repetições), bem como na forma gráfica, mostrando-se, porém, somente os gráficos referentes a uma das três repetições.

Correlação entre metodologias espectrofotométrica e HPLC. Para o estudo da correlação entre as duas metodologias, foi montado um ensaio em delineamento inteiramente casualizado, com 4 genótipos de tomateiro, cultivados em vasos plástico sob estufa plástica, até a ocasião das avaliações, realizadas aos 55 dias de idade das plantas. Avaliaram-se quanto ao teor de zingibereno, 18, 16, 7 e 17 plantas de *L. esculentum* 'TOM-556', *L. hirsutum* var. *hirsutum* 'PI-127826', F₁ [TOM-556xPI-127826] e *L. esculentum* 'TOM-600', respectivamente (Tabela 1). Utilizaram-se os valores obtidos em espectrofotômetro (valores de absorvância do zingibereno - Abs.) e em HPLC (valores de unidade de área de pico da molécula - U.A.), para estimação da correlação, de acordo com Cruz e Regazzi (1994). Os dados não sofreram nenhum tipo de transformação e também foram submetidos a uma análise de variância seguida do teste de Tukey, para melhor discussão dos resultados.

Resultados e discussão

Método espectrofotométrico. Esta metodologia de quantificação do zingibereno discriminou bem os genótipos vegetais testados quanto ao teor desta molécula, conforme os valores médios de absorvância que lhes foram registrados (*Zingiber officinalis* 'gengibre' - 0,885; *L. esculentum* 'TOM-556' - 0,110; *L. hirsutum* var. *hirsutum* 'PI-127826' - 0,989; F₁ [TOM-556xPI-127826] - 0,719 e *L. hirsutum* var. *glabratum* 'PI-134417' - 0,264, respectivamente).

Esses resultados sugerem que a espécie *L. esculentum* 'TOM-556', com reduzida quantidade de zingibereno (0,110 Abs.), apresenta um menor grau de resistência aos insetos e ácaros-praga, quando comparada com a espécie *L. hirsutum* var. *hirsutum* 'PI-127826', com elevado teor da substância (0,989 Abs.). Comparando-se o valor médio de absorvância deste último tomateiro com o do *Zingiber officinalis* (0,885 Abs.), confirma-se a abundância do zingibereno em PI-127826, conforme mencionado na literatura por Weston *et al.* (1989), dentre outros. O híbrido interespecífico F₁ [TOM-556xPI-127826] (com 0,719 Abs.) indica que os alelos que controlam a produção do zingibereno são herdeáveis. Também parecem estar presentes, na espécie *L. hirsutum* var.

glabratum 'PI-134417' (0,264 Abs.), alelos que condicionam a produção de zingibereno.

Método em HPLC. A avaliação de duas concentrações de zingibereno isolado de raízes de gengibre (17,13 mM e 34,26 mM), feita em HPLC, revelou, respectivamente, 1.622.666 U.A. e 3.282.411 U.A. (pico 11, Figuras 1 e 2), comprovando a eficiência da cromatografia líquida de alta performance (HPLC), na quantificação do zingibereno, cujo tempo de retenção do pico foi de 8,83 minutos.

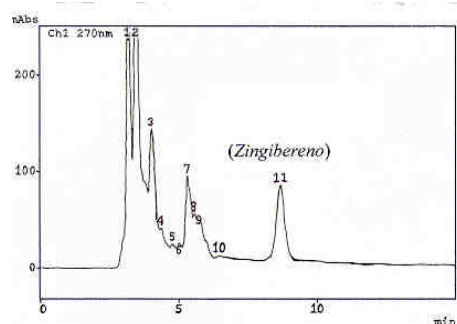


Figura 1. Cromatograma do zingibereno (17,13 mM)

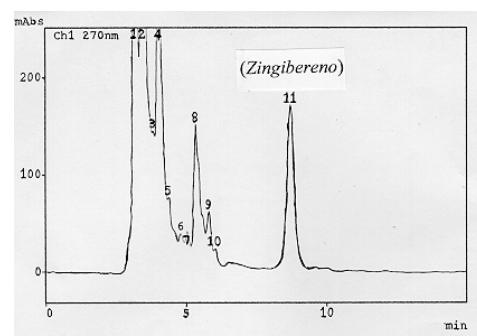


Figura 2. Cromatograma do zingibereno (34,26 mM)

Os resultados das avaliações do hexano e dos extratos de *Zingiber officinalis* 'gengibre', *L. esculentum* 'TOM-556', *L. hirsutum* var. *hirsutum* 'PI-127826', F₁ [TOM-556xPI-127826] e *L. hirsutum* var. *glabratum* 'PI-134417' constam das Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8, respectivamente.

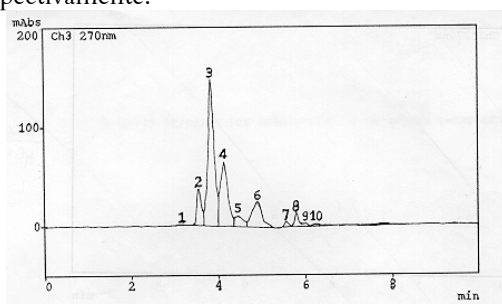


Figura 3. Cromatograma do Hexano (branco)

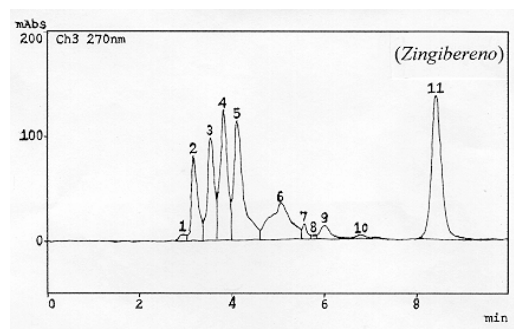


Figura 4. Cromatograma do Gengibre (padrão)

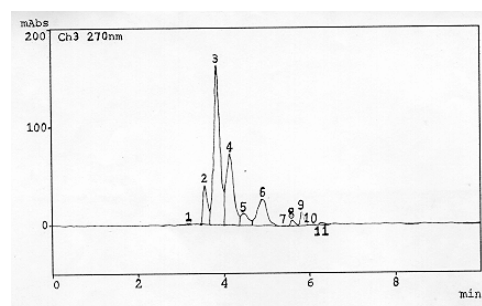


Figura 5. Cromatograma do TOM-556 (*L. esculentum*)

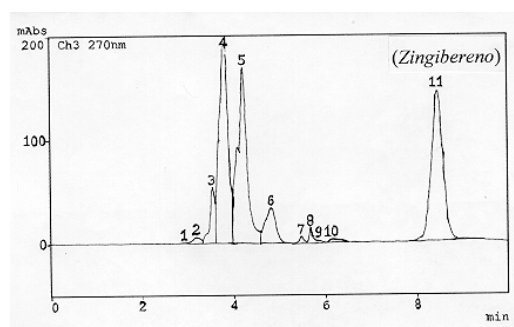


Figura 6. Cromatograma do PI-127826 (*L. hirsutum* var. *hirsutum*)

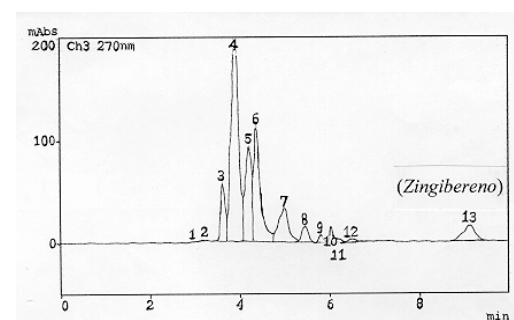


Figura 7. Cromatograma do F₁ [TOM-556xPI-127826]

Os picos de 1 a 10, mostrados na Figura 3, provavelmente devem-se às impurezas presentes no hexano utilizado, não se descartando também a hipótese de outras substâncias terem sido extraídas por esse solvente. Contudo, essa hipótese parece ser pouco provável quando se compara o cromatograma

do hexano (Figura 3) com o do extrato de TOM-556 (Figura 5). Nessa comparação, verificam-se praticamente os mesmos picos em ambos os cromatogramas, indicando a alta eficiência do hexano como extrator apenas do zingibereno. O padrão raiz de gengibre obteve absorvância de 0,885 e uma maior unidade de área do pico (2.357.034 U.A. - pico 11, Figura 4). O genótipo PI-127826 obteve absorvância de 0,989 e 2.187.912 U.A. de pico (pico 11, Figura 6). Por outro lado, o genótipo TOM-556 obteve a menor absorvância (0,110), indicativo de traços bastante reduzidos de zingibereno, cujo pico foi imperceptível ao tempo de retenção de 8,83 minutos (Figura 5). O híbrido F_1 [TOM-556xPI-127826] obteve absorvância de 0,719 e 310.396 U.A. de pico (pico 13, Figura 7). O genótipo PI-134417 obteve absorvância de 0,264 e o pico (12) do zingibereno com 37.843 U.A. (Figura 8). Esses resultados indicam uma aparente associação entre os valores de absorvância do zingibereno e da unidade de área do pico dessa molécula, quantificada em genótipos de tomateiro com diferentes teores. Por mais uma vez, a molécula do zingibereno quantificada em HPLC (pico 11, Figuras 4 e 6, e pico 13, Figura 7) apresentou um tempo médio de retenção de 8,83 minutos; o pico dessa molécula não foi constatado no cromatograma do hexano (Figura 3), tampouco nos tomateiros *L. esculentum* 'TOM-556' (Figura 5) e *L. hirsutum* var. *glabratum* 'PI-134417' (Figura 8).

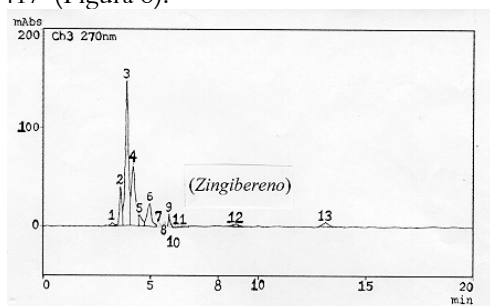


Figura 8. Cromatograma do PI-134417 (*L. hirsutum* var. *glabratum*)

Correlação entre metodologias. O estudo da associação entre as metodologias para quantificação do zingibereno (espectrofotométrica e HPLC) foi realizado com os valores de absorvância e unidade de área de pico da molécula, obtidos da análise dos extratos de *L. esculentum* 'TOM-556', *L. hirsutum* var. *hirsutum* 'PI-127826', F_1 [TOM-556xPI-127826] e *L. esculentum* 'TOM-600' (Tabela 1). Os valores médios das absorvâncias e das unidades de área de pico com seus respectivos desvios padrões, bem como os valores das porcentagens de zingibereno em cada genótipo relativas ao valor do genótipo com alto teor

de zingibereno (PI-127826) diferiram entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (Tabela 2). Esses resultados revelam, que diferentes teores de zingibereno podem ser medidos em genótipos de tomateiros, quer seja por meio da espectrofotometria ou pelo método em HPLC. Verificou-se também, neste ensaio, que o tempo médio de retenção do zingibereno foi de 8,83 minutos, com pico perceptível apenas nos cromatogramas da introdução PI-127826 e do híbrido F_1 [TOM-556xPI-127826] (dados não mostrados).

Tabela 2. Valores médios de absorvância (Abs.), unidade de área de pico (U.A.) e respectivo desvio padrão de 4 genótipos de tomateiro. Lavras, 1999

Genótipos:	espectrofotômetro		HPLC	
	Abs. a 270 nm	% relativa	U.A. a 270 nm	% relativa
TOM-600	0,142 $\pm$ 0,096 c*	18	92.007 $\pm$ 173.711 c*	23
TOM-556	0,099 $\pm$ 0,095 c	12	36.520 $\pm$ 73.850 c	9
PI-127826	0,790 $\pm$ 0,402 a	100	401.870 $\pm$ 259.292 a	100
F_1 [TOM-556xPI-127826]	0,337 $\pm$ 0,131 b	43	152.325 $\pm$ 90.321	b38

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%

O genótipo TOM-600 apresentou baixos valores relativos de absorvância (18%) e de unidade de área de pico (23%), porém pouco superiores aos de TOM-556 (Tabela 2). Este apresentou baixo valor de absorvância e de unidade de área de pico, respectivamente, 12% e 9%, em relação ao tomateiro silvestre PI-127826 (padrão 100%), que obteve maior absorvância e unidade de área de pico do zingibereno. O híbrido interespecífico F_1 [TOM-556xPI-127826] apresentou valores de absorvância e de unidade de área de pico intermediários aos dos parentais. As porcentagens de zingibereno desse híbrido em relação à PI-127826 (padrão 100%) foram de 43% e 38%, respectivamente, para leituras de absorvância e unidade de área de pico da molécula. As correlações genética, fenotípica e ambiental, entre valores de absorvância e de unidades de área de pico, foram, respectivamente, $r_g = 0,85$ ($\hat{v}ar_g = 0,329$, $P < 0,14$), $r_f = 0,84$ e $r_a = 0,40$. A alta e positiva correlação genética entre as metodologias HPLC e espectrofotométrica (85%) sugere, pois, que a última, seja adotada na quantificação do zingibereno em plantas de tomateiro, devido a sua maior rapidez e ao menor custo, comparativamente à metodologia em HPLC.

O tempo de 8 minutos e 50 segundos (8,83 minutos) gasto na análise de uma amostra para quantificar teor de zingibereno em HPLC, é um fator limitante da quantidade de plantas a serem avaliadas. Para selecionar plantas individuais de tomateiro resistentes à artrópodes-praga, via de regra, tem-se que avaliar um grande número de

plantas F₂ (pelo menos 300, quando a herança do caráter é simples). Um outro detalhe a ser considerado é que as análises têm que ser feitas em um curto espaço de tempo, pois a idade da planta exerce grande influência no teor da substância, o que poderia provocar distorções nos resultados. Deste modo, a grande vantagem da metodologia espectrofotométrica de quantificação do zingibereno, em tomateiro, consiste na possibilidade de avaliar um grande número de plantas em curto espaço de tempo.

Para esse fim, uma metodologia espectrofotométrica rápida, de baixo custo e altamente correlacionada com método em HPLC (85%) foi estabelecida, para quantificação do zingibereno em folhas de tomateiro. O critério indireto de seleção para resistência de tomateiro aos artrópodes-praga poderá ser empregado, mediante seleção de plantas com alto teor de zingibereno, quantificado por espectrofotometria a 270 nm.

Agradecimentos

Aos Departamentos de Agricultura, Biologia e Química da Universidade Federal de Lavras e à Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão (Ufla/Faepe), ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão das bolsas de pesquisa, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e à empresa HortiAgro Sementes Ltda.

Referências bibliográficas

- Aragão, C.A. *Tricomas foliares associados à resistência ao ácaro rajado em linhagens de tomateiro com alto teor de 2-tridecanona nos folíolos*. Lavras, 1998. (Master's Thesis in Plant Breeding) - Universidade Federal de Lavras.
- Azevedo, S.M.; Maluf, W.R.; Faria, M.V.; Oliveira, A.C.B.; Ribeiro, C.A.; Gonçalves-Gervásio, R.C.; Santa-Cecília, L.V.C. Resistência à traça (*Tuta absoluta*) em genótipos de tomateiro com diferentes teores de sesquiterpenos nos folíolos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 39, 1999, Tubarão. *Resumo...* Tubarão: Sociedade Brasileira de Olericultura, 1999. p. 38.
- Barbosa, L.V. *Controle genético e mecanismos de resistência em Lycopersicon spp. à traça do tomateiro [Scrobipalpuloides absoluta (Meyrick, 1917) (Lep. Gelechiidae)]*. Lavras, 1994. (Master's Thesis in Plant Breeding) - Universidade Federal de Lavras.
- Campos, G.A. *Inter-relações entre teor de zingibereno, tipos de tricomas foliares e resistência a ácaros Tetranychus evansi em tomateiro*. Lavras, 1999. (Master's Thesis in Crop Science) - Universidade Federal de Lavras.
- Carter, C.D.; Gianfagna, T.J.; Sacalis, J.N. Sesquiterpenes in glandular trichomes of a wild tomato species and toxicity to the Colorado Potato beetle. *J. Agricult. Cult. Food Chem.*, 37(5):1425-1428, 1989.
- Carter, C.D.; Sacalis, J.N.; Gianfagna, T.J. Zingiberene and Resistance to Colorado Potato Beetle in *Lycopersicon hirsutum* f. *hirsutum*. *J. Agricult. Cult. Food Chem.*, 37(1):206-210, 1989.
- Carter, C.D.; Snyder, J.C. Mite responses in relation to trichomes of *Lycopersicon esculentum* x *L. hirsutum* F₂ hybrids. *Euphytica*, 34(1):177-185, 1985.
- Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 390p.
- Eigenbrode, S.D.; Trumble, J.T. Antibiosis to beet armyworm (*Spodoptera exigua*) in *Lycopersicon* accessions. *Horticult. Sci.*, 28(9):932-934, 1993.
- Eigenbrode, S.D.; Trumble, J.T.; Millar, J.G.; White, K.K. Topical toxicity of tomato sesquiterpenes to the beet armyworm and the role of these compounds in resistance derived from an accession of *Lycopersicon hirsutum* f. *typicum*. *J. Agricult. Cult. Food Chem.*, 42(3):807-810, 1994.
- Freitas, J.A. *Resistência genética de tomateiro Lycopersicon sp. à mosca branca Bemisia spp. mediada por zingibereno contido em tricomas glandulares*. Lavras, 1999. (Doctoral Thesis in Plant Breeding) - Universidade Federal de Lavras.
- Freitas, J.A.; Cardoso, M.G.; Maluf, W.R.; Santos, C.D.; Nelson, D.L.; Costa, J.T.; Souza, E.C.; Spada, L. Identificação do sesquiterpeno zingibereno, aleloquímico responsável pela resistência à *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) na cultura do tomateiro. *Ciência e Agrotecnol.*, 22(4):483-489, 1998.
- Goffreda, J.C.; Mutshler, M.A.; Avé, D.A.; Tingey, W.M.; Steffens, J.C. Aphid deterrence by glucose esters in glandular trichome exudate of wild tomato, *Lycopersicon pennellii*. *J. Chem. Ecol.*, 15:2135-2147, 1989.
- Gonçalves, M.I.F. *Variação no teor de 2-tridecanona em folíolos de tomateiro e sua relação com a resistência a duas espécies de ácaros do gênero Tetranychus*. Lavras, 1996. (Master's Thesis in Plant Breeding) - Universidade Federal de Lavras.
- Gonçalves-Gervásio, R.C.R. *Aspectos biológicos e parasitismo de ovos de Tuta absoluta (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) por Trichogramma pretiosum Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em genótipos de tomateiro contrastantes quanto ao teor de 2-tridecanona nos folíolos*. Lavras, 1998. (Master's Thesis in Entomology) - Universidade Federal de Lavras.
- Jr-Good, D.E.; Snyder, J.C. Seasonal variation of leaves and mite resistance of *Lycopersicon interspecific* hybrids. *HortScience*, 23(5):891-894, 1988.
- Labory, C.R. *Repetibilidade, herdabilidade no sentido restrito e mecanismo de resistência do teor do aleloquímico 2-Tridecanona em Lycopersicon spp. À traça do tomateiro Scrobipalpuloides absoluta (Meyrick, 1917) Lepidoptera - Gelechiidae*. Lavras, 1996. (Master's Thesis in Plant Breeding) - Universidade Federal de Lavras.
- Nienhuis, J.; Klocke, J.; Locy, R.; Butz, A.; Balandrin, M. Colorimetric assay for 2-tridecanone mediated insect

- resistance in *Lycopersicon* species. *HortScience*, 20(3):590, 1985.
- Resende, J.T.V. *Teores de acilglicóides mediadores da resistência a pragas e sua herança em folíolos de tomateiro, obtidos a partir do cruzamento interespecífico *Lycopersicon esculentum* x *L. pennellii**. Lavras, 1999. (Master's Thesis in Crop Science) - Universidade Federal de Lavras.
- Snyder, J.C.; Johnson, D.A.; Good, D.E.; Weston, P.A. Type VI trichome exudates from genotypes of *L. hirsutum* f. *glabratum*. *Rep. Tomato Genet. Cooperat.*, 37:67-68, 1987.
- Weston, P.A.; Johnson, D. A.; Burton, H.T.; Snyder, J.C. Trichome secretion composition, trichome densities, and spider mite resistance of ten accessions of *Lycopersicon hirsutum*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 114(3):492-498, 1989.

Received on March 22, 2000.

Accepted on May 29, 2000.