

NAYARA CECÍLIA RODRIGUES COSTA

**ACESSOS DE TOMATEIRO RESISTENTES À *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E SEUS COMPOSTOS QUÍMICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa Campus Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Magister Scientiae.

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca UFV - Campus de Rio Paranaíba**

T

C837a

Costa, Nayara Cecília Rodrigues, 1991-

Acessos de tomateiro resistentes à *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) e seus compostos químicos / Nayara Cecília Rodrigues Costa – Rio Paranaíba, MG, 2017. VII, 29 p.: il. (algumas color.) ; 29cm.

Orientador: Flávio Lemes Fernandes.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Inclui bibliografia.

1. Defesa de plantas. 2. Antibiose. 3. Teores nutricionais. I. Universidade Federal de Viçosa. Campus UFV Rio Paranaíba. Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal II. Título.

CDD 22. ed. 635.642

NAYARA CECÍLIA RODRIGUES COSTA

**ACESSOS DE TOMATEIRO RESISTENTES À *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E SEUS COMPOSTOS QUÍMICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa Campus Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 25 de janeiro de 2017.

Ézio Marques da Silva

Danilo de Araújo Soares

Maria Elisa de Sena Fernandes
(Coorientadora)

Flávio Lemes Fernandes
(Orientador)

A Deus e a Sagrada Família.

Ao meu marido, Carlos Eduardo.

Aos meus pais, Divino Luiz e Eni Maria.

As minhas irmãs, Nádia Camila e Carla Cristina.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por consagrar a minha vida e permitir que eu ande nos seus caminhos. Agradeço por todas as graças alcançadas, pelo que tenho e sou.

Ao meu marido, Carlos Eduardo; meus pais, Divino Luiz e Eni Maria; minhas irmãs, Nádia Camila e Carla Cristina; meu cunhado, William Antônio; minhas avós, Maria Madalena e Conceição Maria; pelo apoio, carinho e bênçãos que derramam sobre mim todos os dias. Com vocês compartilho esta conquista.

À Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba (UFV - CRP), e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado e pela contribuição à minha formação acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores da UFV - CRP, em especial ao Ézio, Frederico, Geraldo e Maria Elisa, e Gabriel (UFU) pelos valiosos ensinamentos e contribuições. Ao meu orientador Flávio, pelas orientações e transmissão de conhecimentos que contribuíram para concretização deste trabalho.

Aos técnicos e funcionários da UFV - CRP, em especial ao Jader, Roberta, Vander e Vinicius, pela ajuda no desenvolvimento dos experimentos.

Aos colegas do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV - CRP, Adélio, Arícia, Davi, Juno, Layane, Rafael, Renata, Ricardo, Salmo e Vanessa, pela ajuda e companheirismo.

Ao Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa (BGH - UFV) pelo fornecimento das sementes de tomate para a realização do trabalho.

Ao Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), pela concessão do espaço para a condução do experimento. Aos professores do UNIPAM, em especial ao Walter pela amizade, ensinamentos e contribuições. Ao Laboratório de Genética e Biotecnologia (GENEB) pela concessão das lagartas de *Helicoverpa armigera*. Aos estagiários do GENEb, em especial a Arielle pela amizade e auxílio na condução do experimento.

Ao Laboratório de BioControle Farroupilha, em especial ao Ronie pela parceria na condução de experimentos e concessão das lagartas de *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera frugiperda* para realização de outros trabalhos.

A todos meus amigos, em especial a Daniela, Isabela, Jéssica, Maria Elisa, Natália Assunção, Natália Silva, Samarina e Thaisa pelo auxílio nas disciplinas, experimentos, trabalhos, e principalmente, pela amizade e os momentos de descontração. A todos que contribuíram de alguma maneira para conclusão deste trabalho.

Toda minha gratidão à vocês!

ÍNDICE

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	3
2.1. Obtenção de plantas.....	3
2.2. Bioensaio para antibiose.....	4
2.3. Estudos das causas químicas da resistência	5
2.3.1. Teores nutricionais e proteína.....	5
2.3.2. Metabólitos secundários	7
2.4. Toxicidade de 2-undecanona à <i>H. armigera</i>	10
3. RESULTADOS.....	11
3.1. Bioensaio de antibiose.....	11
3.2. Estudos das causas químicas da resistência	14
3.2.1. Teores nutricionais e proteína.....	14
3.2.2. Metabólitos secundários	15
3.3. Toxicidade de 2-undecanona à <i>H. armigera</i>	16
4. DISCUSSÃO	16
5. CONCLUSÃO	19
6. REFERÊNCIAS.....	20

RESUMO

COSTA, Nayara Cecília Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa - Campus de Rio Paranaíba, janeiro de 2017. **Acessos de tomateiro resistentes à *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) e seus compostos químicos.** Orientador: Flávio Lemes Fernandes. Coorientadores: Maria Elisa de Sena Fernandes e Gabriel Mascarenhas Maciel.

Lagartas broqueadoras de frutos do tomate causam prejuízos econômicos, sendo *Helicoverpa armigera* a mais recente relatada. Objetivou-se selecionar acessos de tomateiro resistentes à *H. armigera*, identificar e quantificar seus compostos químicos. O experimento em delineamento inteiramente casualizado foi constituído por 9 tratamentos (8 acessos BGH - UFV e 'Santa Clara'), com quatro repetições. Aos 70 dias após o transplântio, os frutos foram colhidos e submetidos a três avaliações: antibiose, teores nutricionais e metabólitos secundários. Foram avaliados para a antibiose: razão sexual, número e porcentagem de deformações, duração em dias por estágio, ganho de peso diário e total, sobrevivência-mortalidade. A análise nutricional foi feita para cálcio, enxofre, potássio e nitrogênio (N), e com os resultados de N procedeu-se a conversão em proteína. Os metabólitos secundários foram identificados e quantificados através de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG/MS). Na antibiose, houve uma variação nos níveis de resistência dos BGH 985, 2029, 2030, 2100 e 2121 à *H. armigera* que apresentaram efeitos adversos sob a biologia do inseto. Observou-se que os acessos resistentes à praga apresentaram desbalanço dos nutrientes analisados. A presença de 2-undecanona foi identificada em sete acessos e 'Santa Clara', em que o BGH 2100 apresentou a maior concentração. Houve toxicidade de 2-undecanona às lagartas, sendo que a dose de 12,3 μL 10 mL^{-1} causou a mortalidade de 50% da população. Portanto, as características de resistência dos acessos testados mostram que os mesmos podem ser utilizados em programas de melhoramento.

ABSTRACT

COSTA, Nayara Cecília Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa - Campus de Rio Paranaíba, January, 2017. **Accesses of tomatoes resistant to *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) and their chemicals compounds.** Advisor: Flávio Lemes Fernandes. Co-advisors: Maria Elisa de Sena Fernandes and Gabriel Mascarenhas Maciel.

Tomato fruit borer caterpillars cause economic damage, with *Helicoverpa armigera* being the most recent discovery. The objective was to select tomato accessions resistant to *H. armigera*, to identify and quantify their chemicals compounds. The experiment in a completely randomized design consisted of 9 treatments (8 accessions BGH - UFV and 'Santa Clara'), with four replications. At 70 days after transplanting, the fruits were harvested and submitted to three evaluations: antibiosis, nutritional contents and secondary metabolites. The antibiosis was evaluated: sexual ratio, number and percentage of deformations, duration by stage, weight gain daily and total, survival and mortality. The nutritional analysis was done for calcium, sulfur, potassium and nitrogen (N), and with the N results the protein was converted. The secondary metabolites were identified and quantified by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC/MS). In antibiosis, there was a variation in resistance levels of BGH 985, 2029, 2030, 2100 and 2121 to *H. armigera* that had adverse effects under insect biology. It was observed that the pest resistant accesses showed an imbalance of the analyzed nutrients. The presence of 2-undecanone was identified in seven accessions and 'Santa Clara', in which BGH 2100 presented the highest concentration. There was 2-undecanone toxicity to the caterpillars, and the dose of 12,3 $\mu\text{L } 10 \text{ mL}^{-1}$ caused the mortality of 50% of the population. Therefore, the resistance characteristics of the accesses tested show that they can be used in breeding programs.

1. INTRODUÇÃO

Lagartas broqueadoras são pragas importantes do tomateiro, dentre elas, a mais recente relatada *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae) (CZEPAK et al. 2013). Possui ampla distribuição geográfica, com registros no Paraguai (SENAVE 2013), Argentina (MURÚA et al. 2014), Bolívia, Uruguai (KRITICOS et al. 2015), Porto Rico (NAPPO 2014) e Estados Unidos (NAPPO 2015). No Brasil, os primeiros registros da praga foram na safra 2012/2013 nas culturas de soja, tomate, algodão e milho nos estados do Maranhão, Piauí, Bahia, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Paraná (CZEPAK et al. 2013; SPECHT et al. 2013).

O ciclo de vida de *H. armigera* possui duração de 42 a 58 dias. Os ovos apresentam coloração branco-amarelada com aspecto brilhante e duração média de 3 dias. As lagartas eclodem e permanecem nessa fase de 14 a 21 dias chegando até o 6º instar. Nessa fase podem variar a coloração de branco-amarelada a marrom-avermelhada (FITT 1989; NASREEN, MUSTAFA 2000; ALI, CHOUDHURY 2009). A fase de lagarta compreende o período de ataque as plantas hospedeiras. No tomateiro, as lagartas raspam o parênquima das folhas e deslocam-se para os frutos verdes, perfurando a casca até alcançar a polpa. As lagartas podem consumir até 80% do fruto até o terceiro instar, migrando para outros frutos do cacho e plantas (CZEPAK et al. 2013; CZEPAK 2014). Depois transformam-se em pupas com coloração marrom e duração de 10 a 18 dias. Após esse período os adultos emergem e podem viver de 9 a 12 dias. As fêmeas apresentam as asas dianteiras amareladas, enquanto que as dos machos são cinza-esverdeadas com uma banda mais escura no terço distal e uma pequena mancha escurecida no centro da asa, e as asas posteriores de ambos são mais claras, com uma borda marrom na sua extremidade apical (FITT 1989; NASREEN, MUSTAFA 2000; ALI, CHOUDHURY 2009).

No mundo, os custos anuais para o controle de *H. armigera* são de aproximadamente US\$ 5 bilhões de dólares (LAMMERS, MACLEOD 2007) e perdas de

produção podem chegar até 60% (TAY et al. 2013; PRATISSOLI et al. 2015). No Brasil, a praga causou prejuízo de cerca de R\$ 2 bilhões de reais na safra 2012/2013 na agricultura (CALDAS 2013; CZEPAK et al. 2013). Para reduzir esses prejuízos algumas medidas de controle podem ser adotadas, entre elas, o controle químico, biológico, cultural e o uso de cultivares resistentes (LEITE 2004; LEBEDENCO et al. 2007; AQUINO et al. 2011; PATRA et al. 2015).

No processo de obtenção de cultivares resistentes às pragas é de fundamental importância a conservação das características silvestres das plantas, e também, o estudo dos mecanismos e causas de resistência das mesmas. Os mecanismos que podem estar envolvidos na resistência de plantas à artrópodes, pode-se citar a antixenose, antibiose e tolerância (LARA 1944; PANDA, KHUSH 1995). Na antixenose, o inseto apresenta não-preferência de alimentação, oviposição ou abrigo nos acessos resistentes. Na antibiose as plantas hospedeiras possuem substâncias com ação deletéria à biologia do inseto; alterando seu desenvolvimento, aumento da mortalidade na fase imatura, redução no peso corporal, prolongamento do ciclo de vida, inviabilidade de ovos, alteração da razão sexual e redução da taxa de fecundidade. Já a tolerância, as plantas dependem de sua capacidade de superarem o dano ocasionado pela alimentação do inseto (LARA 1944; PAINTER 1951; PANDA, KHUSH 1995; SMITH 2010; WAR et al. 2012; GULLAN, CRANSTON 2014; GIL 2015).

A resistência de plantas à pragas pode estar associada as causas de defesa química (substâncias que atuam no comportamento do inseto, substâncias que atuam no metabolismo do inseto e desbalanço de nutrientes), morfológica (tricomas, espessura e dureza da parede celular, superfícies cerosas, textura, dimensão e disposição dos órgãos vegetais) ou física (cor, forma e tamanho do substrato vegetal) (LARA 1944; PAINTER 1951; PANDA, KHUSH 1995; WAR et al. 2012; GIL 2015). Essas defesas expressadas pelas plantas são governadas por fatores genéticos que podem provocar diferentes

respostas, pois são responsáveis por estimular ou não a alimentação dos insetos por meio de substâncias (PAINTER 1951; PANDA, KHUSH 1995; MELO, SILVA FILHO 2002; HOWE, JANDER 2008; PANIZZI, PARRA et al. 2009).

Essas substâncias podem atuar como fagoestimulantes ou fagodeterrentes. Os fagoestimulantes apresentam compostos que estimulam a alimentação e os fagodeterrentes estimulam a inibição da alimentação dos artrópodes. Compreende compostos orgânicos, os metabólitos secundários, como 2-undecanona, 2-tridecanona, 3-tridecanona (cetonas) (ANTONIOUS 2001; BEN-ISRAEL et al. 2009; ANTONIOUS, SNYDER 2015; ANTONIOUS 2016) e β -cariofileno (sesquiterpeno) (JANSEN et al. 2009; COPOLOVICI et al. 2012), e compostos inorgânicos, os nutrientes, como nitrogênio (N), potássio (K), enxofre (S) e cálcio (Ca) (THROOP, LERDAU 2004; MAFFEI et al. 2007; AOYAMA, LABINAS 2012; MOREIRA et al. 2012).

Assim, objetivou-se selecionar acessos de tomateiro resistentes à *H. armigera*, identificar e quantificar seus compostos químicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados cinco experimentos, um em casa de vegetação (2,0 x 6,0 x 3,5 m) e três no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba (UFV - CRP), MG, e um no Laboratório de Genética e Biotecnologia (GENEB), no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas, MG.

2.1. Obtenção de plantas

As sementes de tomate foram adquiridas do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH - UFV) e armazenados em freezer na temperatura de 4°C no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV - CRP. Os

acessos do BGH - UFV foram selecionados com base em evidências de resistência dos mesmos a outras pragas do tomateiro (FERNANDES et al. 2009; OLIVEIRA et al. 2009; FERNANDES et al. 2011; FERNANDES et al. 2012).

As sementes de todos os acessos e da cultivar Santa Clara foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células (BP 128/60) (68 x 34 cm) contendo o substrato Carolina Soil II. Após 35 dias da semeadura, transplantou-se as mudas para vasos de 5 L contendo o mesmo substrato utilizado para a obtenção das mudas. Foram realizadas adubações complementares de 80 g por vaso de 4-14-8 no substrato antes do transplântio, 20 g por vaso de 20-5-20 e 10 g por vaso de nitrato de cálcio após o estabelecimento das mudas durante três semanas, e 20 g por vaso de 4-14-8 e 10 g por vaso de nitrato de cálcio após o florescimento das plantas a cada 15 dias. Os vasos foram espaçados de 1,00 x 0,40 m, deixando apenas uma haste por planta, tutorando-se com bambu (SILVA, VALE 2007).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 9 tratamentos constituídos de 8 acessos de tomate do BGH - UFV e 'Santa Clara' (padrão de suscetibilidade à pragas e doenças), com quatro repetições. Aos 70 dias após o transplântio (DAT) coletou-se de 25 a 36 frutos de cor verde alaranjados (FILGUEIRA 2008) para o bioensaio para antibiose (15 a 20 frutos), análise dos teores nutricionais (4 a 6 frutos) e identificação e quantificação de metabólitos secundários (6 a 10 frutos).

2.2. Bioensaio para antibiose

Os frutos foram colhidos e transportados para o GENE, para a realização do bioensaio com as lagartas de *H. armigera*, provenientes deste laboratório. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 9 tratamentos, constituídos de 8 acessos de tomate do BGH - UFV e 'Santa Clara', com 20 repetições contendo uma lagarta neonata cada.

Os frutos foram triturados em um triturador elétrico por 3 minutos. Os frutos triturados foram peneirados afim de retirar o excesso de água. Posteriormente, a massa de fruto obtida foi pesada e transferida para um pote plástico retangular com tampa (500 mL). A essa massa foi acrescida, na mesma proporção (1:1) de dieta artificial para *H. armigera* (PARRA 2001; VILELA et al. 2014), a mistura obtida foi totalmente homogeneizada com o auxílio de um misturador elétrico. Os potes foram armazenados em um refrigerador por uma hora, apresentando a consistência sólida. A polpa de tomate misturada a dieta artificial foi cortada em cubos e individualizada em potes plásticos com tampa (100 mL). Em seguida, foi transferida uma lagarta neonata de *H. armigera* para cada pote plástico.

As lagartas foram retiradas dos potes e pesadas a cada três dias em balança de precisão (Shimadzu: AUW220D, precisão 0,0001g) até a fase pupal. As pupas obtidas foram separadas por sexo e anotado o número de adultos emergidos por tratamento. A partir dos dados coletados foi possível estimar a razão sexual, número e porcentagem de deformações, duração em dias por estádios de desenvolvimento, ganho de peso diário e total, sobrevivência e mortalidade dos indivíduos.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância não-paramétrica de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$), utilizando o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2008), por não atenderem à homogeneidade de variâncias (Teste de Bartlett) e normalidade dos erros (Teste de Shapiro-Wilk).

2.3. Estudos das causas químicas da resistência

2.3.1. Teores nutricionais e proteína

Os frutos foram colhidos e transportados para o Laboratório de Manejo Integrado de Pragas para análise de seus teores nutricionais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 9 tratamentos, constituídos de 8 acessos de tomate do BGH

- UFV e 'Santa Clara', com quatro repetições. Os frutos foram lavados em água deionizada e secos em estufa com ventilação forçada de ar a 70°C por 72 h (DeLeo Equipamentos Laboratoriais, A9AF). Posteriormente, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley equipado com peneira de 1,27 mm.

Foram determinados os teores de cálcio (Ca), enxofre (S), potássio (K) e nitrogênio (N). O Ca, K e S foi analisado após a mineralização pela digestão nítrico-perclórica e N pela digestão sulfúrica. Assim, o Ca por espectrofotometria de absorção atômica, S por espectrofotometria de absorção molecular na região do UV-Visível, K por fotometria de emissão de chama e N foi determinado pelo método de Kjeldahl, segundo a metodologia de Malavolta et al. (1997).

Após a obtenção dos dados de N, este foi convertido para a determinação de proteína (CARVALHO et al. 2002; INSTITUTO ADOLFO LUTZ 2008). A expressão abaixo foi utilizada para determinar a proteína:

$$\text{Proteína (\%)} = \frac{V \times Fc \times 0,0014 \times F \times 100}{P}, \text{ em que:}$$

V = volume da solução de ácido clorídrico (HCl 0,1N) gasto na titulação

Fc = fator de correção da solução de ácido clorídrico (HCl 0,1N)

0,0014= miliequivalente de N

F = fator de conversão do nitrogênio em proteína para tomate = 5,37 (TOKORO et al. 1987)

P = peso da amostra em gramas

Os dados obtidos foram submetidos previamente aos testes de Bartlett e de Shapiro-Wilk para verificar se os mesmos obedeciam as pressuposições de homogeneidade de variância e normalidade dos erros. Em seguida, foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$), utilizando o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2008).

2.3.2. Metabólitos secundários

Os frutos foram colhidos entre 8 e 9 horas da manhã, e levados ao Laboratório de Manejo Integrado de Pragas para pesagem de 80 g de frutos de tomate por repetição. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 9 tratamentos, constituídos de 8 acessos de tomate do BGH - UFV e 'Santa Clara', com quatro repetições. Em seguida, foram cortados em quatro partes e colocados em potes plásticos e fechados, para a coleta de compostos voláteis.

Foi confeccionado um sistema para a coleta de compostos voláteis dos frutos de tomate adaptado de Backer et al. (2015) e Caparros Megido et al. (2014). O funcionamento do sistema foi proporcionado pelo fluxo constante de ar da bomba a vácuo a pressão de 100 mmHg (Figura 1A). O ar succionado era isento de impurezas pois ficavam retidas na sílica presente na primeira pipeta de Pasteur encaixada ao pote plástico (localizada na região do fundo do pote plástico) proporcionando a limpeza do ar no sistema. Os compostos dispersos no ar succionado através do funcionamento da bomba a vácuo ficavam retidos na sílica presente na segunda pipeta de Pasteur encaixada ao pote plástico (localizada na região da tampa do pote plástico) (Figura 1B). O sistema possibilitou a coleta dos compostos de todos os tratamentos ao mesmo tempo através da conexão da bomba a vácuo a um tubo de PVC e este aos nove potes plásticos (Figura 1C).

Ao final de 12 horas de funcionamento do sistema de coleta dos compostos a bomba a vácuo foi desligada, e a segunda pipeta de Pasteur (localizada na região da tampa do pote plástico) era retirada. Em seguida, cada pipeta foi lavada com 1 mL de acetona P.A. (Dinâmica® Química Contemporânea Ltda) para promover o arraste dos compostos retidos na sílica, e este volume transferido para um vial de cromatografia com volume de 2 mL, sucessivamente. As amostras foram armazenadas em freezer, a temperatura de 4 °C, até a análise cromatográfica.

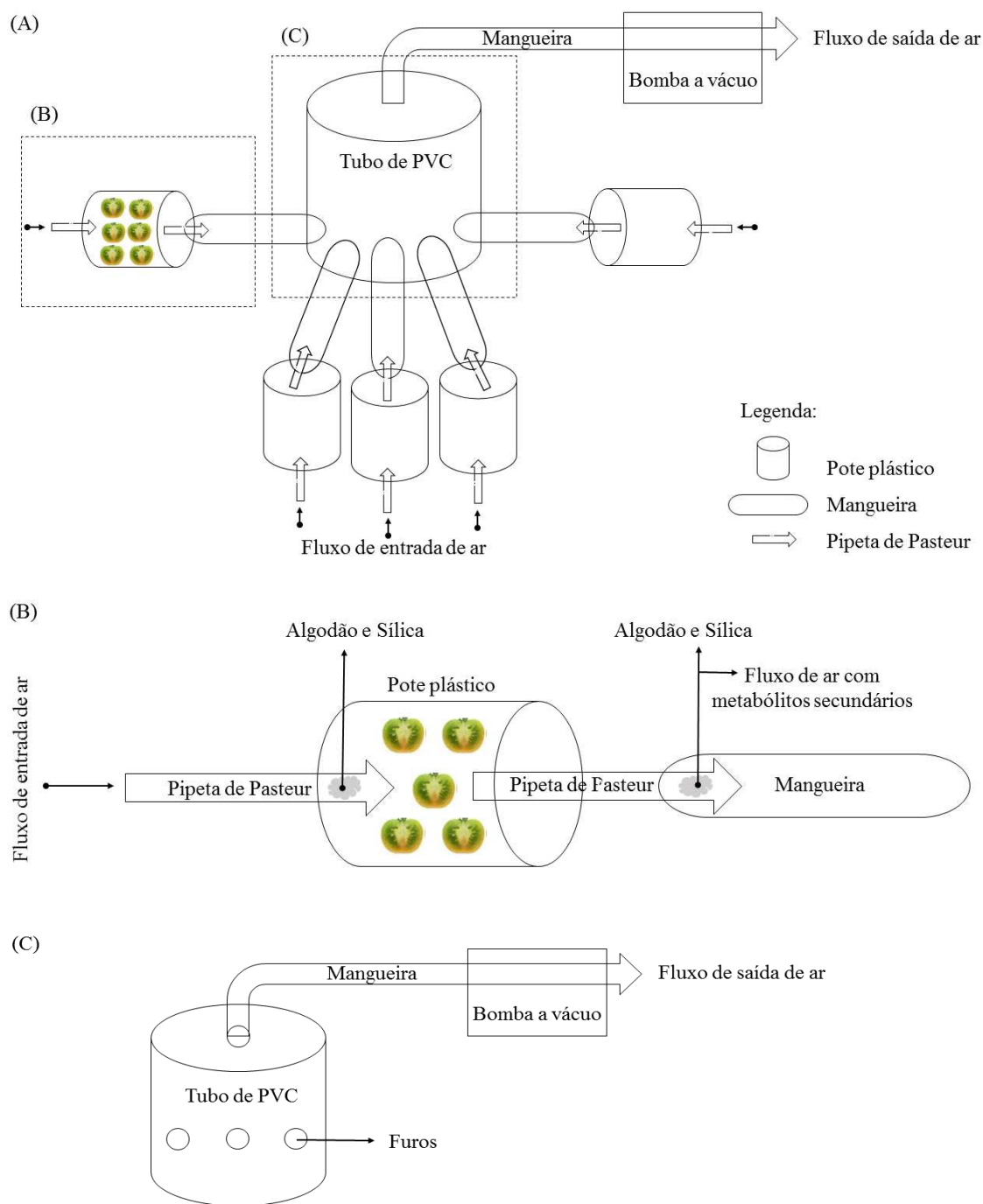


Figura 1. Sistema confeccionado para a coleta de compostos voláteis dos frutos de *Solanum lycopersicum* dos acessos do BGH - UFV e ‘Santa Clara’. (A) Vista frontal do sistema de coleta de compostos voláteis; (B) detalhes da confecção e funcionamento do sistema entre os potes plásticos e pipetas de Pasteur; (C) detalhes da confecção e funcionamento do sistema entre o tubo de PVC e a bomba a vácuo.

Além das amostras dos tratamentos, quatro compostos químicos presentes em plantas de tomate foram utilizados como padrões para as análises e comparações das amostras. Os padrões foram: β -cariofileno (JANSEN et al. 2009; COPOLOVICI et al. 2012), 2-undecanona (ANTONIOUS 2001; ANTONIOUS, SNYDER 2015), 2-tridecanona (ANTONIOUS 2001; BEN-ISRAEL et al. 2009) e 3-tridecanona (ANTONIOUS 2016) (Sigma-Aldrich).

Os compostos foram analisados utilizando a cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa CG/MS (Shimadzu, CGMS-QP 2010 Plus) usando uma coluna capilar de sílica fundida (30 m x 0,25 mm) com uma fase ligada Rtx-5MS (espessura de filme de 0,25 μ m) utilizando a fase estacionária Crossbond® (5% de difenil - 90% dimetil polissiloxano).

As condições cromatográficas foram: a temperatura programada da coluna começou a 80 °C permanecendo por 3 min, em seguida, aumentou a 10 °C min⁻¹ a 140 °C e depois a 15 °C min⁻¹ a 280 °C; temperatura do injetor 270 °C; temperatura do detector 230 °C; gás de arraste: hélio (He) com fluxo de 1,0 mL min⁻¹. A corrida foi de 18,33 min; volume de injeção da amostra diluída em acetona foi de 1,0 μ L; razão de divisão da amostra 1:5 e pressão da coluna 77,7 kPa.

As soluções padrões e amostras foram injetadas com o auxílio de um auto injetor (AOC - 20i) que utilizou a acetona para lavagem entre as amostras. O espectrômetro de massa foi programado para detectar massas na faixa de 40 - 400 m/z com 70 eV energia de ionização.

Os compostos foram identificados por comparações dos espectros de massa e similaridade das moléculas disponíveis na biblioteca NIST05S.LIB entre as soluções padrões e as amostras (VAN DEN DOOL, KRATZ 1963; ADAMS 2007). Posteriormente, as amostras foram quantificadas por meio da curva de calibração (curva analítica) das soluções padrões de 2-undecanona com solvente acetona. Para tanto, foi

feita a leitura das soluções padrões nas concentrações de 0,01 $\mu\text{L mL}^{-1}$; 0,008 $\mu\text{L mL}^{-1}$; 0,006 $\mu\text{L mL}^{-1}$; 0,005 $\mu\text{L mL}^{-1}$; 0,003 $\mu\text{L mL}^{-1}$; 0,002 $\mu\text{L mL}^{-1}$; 0,001 $\mu\text{L mL}^{-1}$ e 0,0003 $\mu\text{L mL}^{-1}$ com o auxílio de micropipeta (Digipet). O valor de área obtido para cada concentração foi transferido para uma planilha eletrônica (Excel 2013), onde foi gerado o gráfico com a curva de calibração, equação da curva e coeficiente de correlação (R^2). Com isso, foi possível calcular a concentração do composto detectado em cada amostra.

Os dados obtidos foram submetidos previamente aos testes de Bartlett e de Shapiro-Wilk para verificar se os mesmos obedeciam as pressuposições de homogeneidade de variância e normalidade dos erros. Em seguida, foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$), utilizando o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2008).

2.4. Toxicidade de 2-undecanona à *H. armigera*

Para a realização desse bioensaio foi utilizada a técnica de tratamento superficial de dieta artificial para a alimentação de lagartas de 1º instar de *H. armigera* (PARRA 2001; VILELA et al. 2014). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, sendo a testemunha constituída de 10 mL de acetona, e seis doses de 2-undecanona (Sigma-Aldrich): 830 μL ; 600 μL ; 400 μL ; 200 μL ; 30 μL e 1 μL , com quatro repetições de 20 lagartas cada, totalizando 80 lagartas por tratamento. Nos tratamentos de 2-undecanona, juntamente com a dose aplicada, foi adicionado o volume de 10 mL de acetona a fim de promover a solubilização do composto na dieta artificial.

Após o preparo de 100 g de dieta artificial para cada tratamento, as mesmas foram transferidas para potes plásticos retangulares com tampa (250 mL) e com auxílio de micropipeta foram depositadas as respectivas doses dos tratamentos nas dietas artificiais. Os potes plásticos contendo as dietas artificiais tratadas foram armazenados no refrigerador por uma hora, apresentando a consistência sólida. Em seguida, foi pesada 1

g e individualizada em potes plásticos com tampa (100 mL) e colocada uma lagarta de 1º instar de *H. armigera* por pote plástico.

As avaliações de mortalidade das lagartas de *H. armigera* foram realizadas aos 30 minutos, 1, 12, 24, 48 e 72 horas. Os resultados obtidos foram corrigidos pela mortalidade ocorrida na testemunha (ABBOTT 1925) e submetidos à análise de Probit (FINNEY 1971). Assim, determinou-se as concentrações letais de 50% (CL₅₀), 80% (CL₈₀) e 99% (CL₉₉) da população de lagartas de *H. armigera*.

3. RESULTADOS

3.1. Bioensaio de antibiose

Os níveis de resistência entre os acessos de *S. lycopersicum* do BGH - UFV para *H. armigera* sofreram variação em função do parâmetro biológico avaliado. Os acessos selecionados apresentaram efeitos adversos a biologia dessa praga.

Lagartas de *H. armigera* alimentadas com dieta artificial enriquecida com polpa de frutos de tomates da cultivar Santa Clara apresentaram a menor razão sexual comparada aos acessos do BGH - UFV. A razão sexual das pupas do BGH 985 foi 62,5 vezes maior do que 'Santa Clara'. Observou-se que 'Santa Clara' não apresentou pupas com deformação. Já os BGHs 2030 e 2121 tiveram a maior deformação de indivíduos, cada um com 7 pupas deformadas (78%) (Tabela 1).

Os acessos de *S. lycopersicum* do BGH - UFV e 'Santa Clara' afetaram significativamente a duração do estágio de lagartas ($\chi^2=16,22$; $p=0,039$). Não houve diferença no ganho de peso diário ($\chi^2=12,67$; $p=0,124$) e total ($\chi^2=14,88$; $p=0,062$) das lagartas, e na duração do estágio de pupas ($\chi^2=10,37$; $p=0,065$) (Tabela 1).

As pupas dos BGHs 985, 2030 e 2100 não apresentaram duração do estágio pois os indivíduos não atingiram a fase adulta, ou seja, ocorreu a mortalidade de todas as pupas desses tratamentos. Os BGHs 985, 2030 e 2100 mostrou-se resistente pois afetaram a

emergência de adultos. Já o BGH 2029 obteve a menor duração no estágio de pupa e o BGH 2121 a maior. O BGH 2121 mostrou-se resistente pois prolongou o desenvolvimento das pupas (Tabela 1). A maior taxa de emergência de adultos foi em ‘Santa Clara’ com 11 mariposas.

Lagartas de *H. armigera* alimentadas com dieta artificial enriquecida com polpa de frutos de tomate do BGH 985 obtiveram o menor ganho de peso diário (0,0362 g) e total (0,3747 g). Esse acesso mostrou-se resistente para esta variável, com ganho de peso diário e total menor relacionado ao BGH 674 (0,0672 g) e ‘Santa Clara’ (0,4128 g), respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Razão sexual (RS), deformação e média da duração por estágio e peso de *Helicoverpa armigera* alimentadas com dieta artificial enriquecida a polpa de frutos de *Solanum lycopersicum* dos acessos do BGH - UFV e ‘Santa Clara’.

Tratamento	RS	Deformação		Duração/estádio (dias) ⁽¹⁾		Peso de lagartas (g) ⁽¹⁾	
		Nº de indivíduos	%	Lagarta	Pupa	Diário	Total
SC	0,08	0	0	18,46	13,91	0,0619	0,4128
BGH674	1,40	3	25	15,50	15,43	0,0672	0,3747
BGH985	5,00	3	50	20,25	0,00	0,0362	0,2516
BGH2029	1,33	1	14	21,86	9,00	0,0560	0,3460
BGH2030	1,25	7	78	20,67	0,00	0,0481	0,3158
BGH2064	1,00	1	11	19,09	19,00	0,0508	0,3289
BGH2068	3,00	4	33	18,50	13,00	0,0595	0,3752
BGH2100	0,50	6	60	19,80	0,00	0,0505	0,3182
BGH2121	0,80	7	78	19,20	21,00	0,0516	0,3409

SC = Santa Clara; Número de insetos iniciais = 20; Temperatura = 25±1°C; Umidade relativa = 70±10%; Fotofase = 12h. ⁽¹⁾Médias não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Kruskal-Wallis.

Os acessos de *S. lycopersicum* do BGH - UFV e ‘Santa Clara’ não apresentaram diferença significativa para a sobrevivência-mortalidade das lagartas ($\chi^2=13,05$; $p=0,110$) e pupas ($\chi^2=4,76$; $p=0,783$). Constatou-se que os BGH 985 e 2029 causaram a maior

mortalidade em lagartas de *H. armigera*, com média proporcional de 32 e 37%, respectivamente (cada acesso com 13 lagartas mortas) (Figura 2). Já o BGH 2030 proporcionou a maior mortalidade em pupas, com média de 27% (9 pupas mortas) (Figura 3).

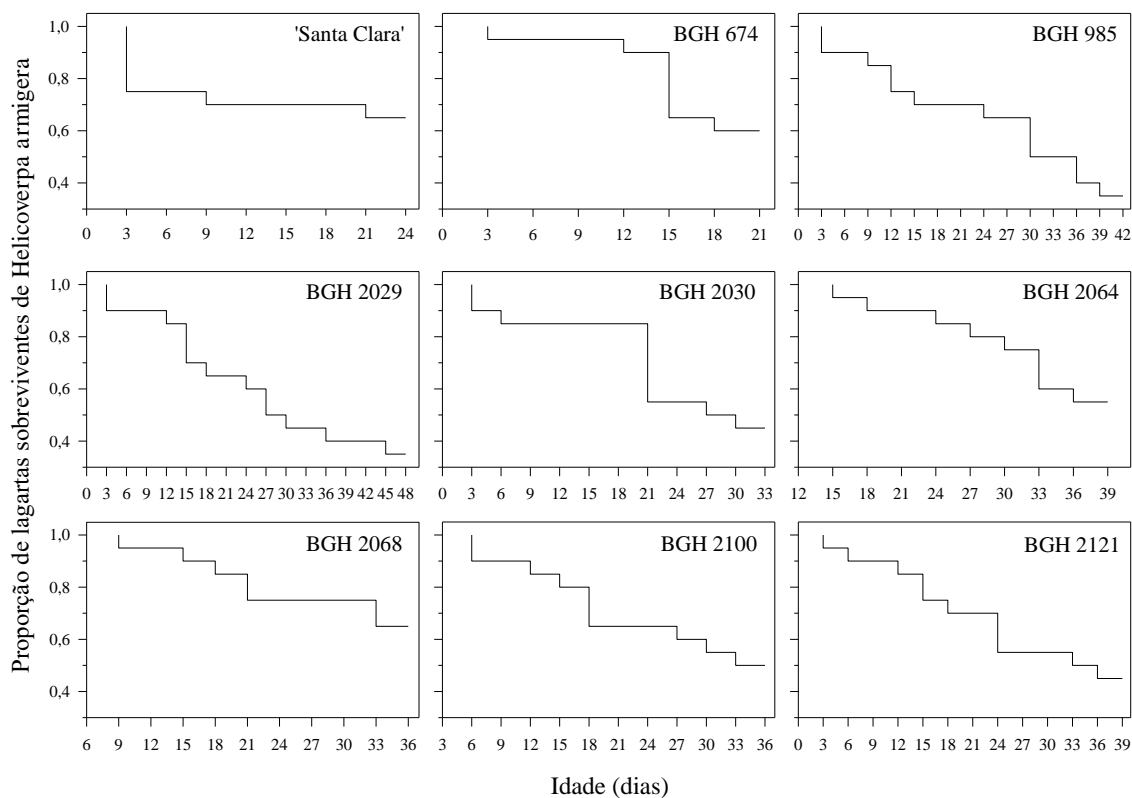


Figura 2. Proporção de lagartas sobreviventes em função da idade em dias de *Helicoverpa armigera* alimentadas com dieta artificial enriquecida a polpa de frutos de *Solanum lycopersicum* dos acessos do BGH - UFV e 'Santa Clara'.

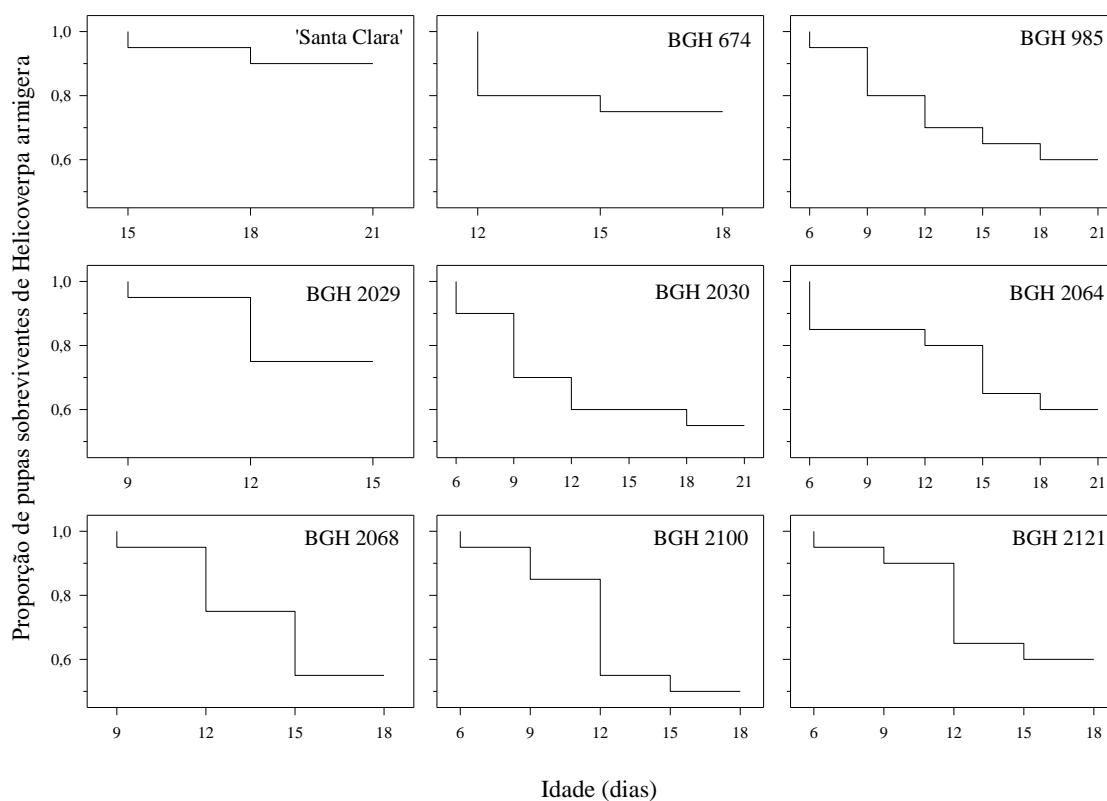


Figura 3. Proporção de pupas sobreviventes em função da idade em dias de *Helicoverpa armigera* alimentadas com dieta artificial enriquecida a polpa de frutos de *Solanum lycopersicum* dos acessos do BGH - UFV e 'Santa Clara'.

3.2. Estudos das causas químicas da resistência

3.2.1. Teores nutricionais e proteína

Os teores nutricionais dos acessos do BGH - UFV e 'Santa Clara' quantificados a partir dos frutos de tomate apresentaram diferenças significativas, sendo K ($F=25,98$; $p<0,001$) o nutriente mais abundante, seguido pelo Ca ($F=6,66$; $p<0,001$), N ($F=58,16$; $p<0,001$) (proteína: $F=58,79$; $p<0,001$) e S ($F=4,34$; $p<0,001$) (Tabela 2).

Observou-se que os BGHs 985, 2030, 2064, 2068, 2100 e 2121 atingiram os maiores teores de Ca e os BGH 2030 e 2068 de S. 'Santa Clara' e os BGHs 674, 985, 2064, 2068 e 2100 obtiveram os menores teores de K. Os BGHs 674, 985 e 2064 apresentaram os menores teores de N que foram inferiores a 'Santa Clara'. Já o BGH

2030 teve o maior teor de K e N entre os tratamentos. Os resultados observados para N refletem o mesmo para proteína (Tabela 2).

Tabela 2. Média dos teores nutricionais e proteína dos frutos de *Solanum lycopersicum* dos acessos do BGH - UFV e ‘Santa Clara’.

Tratamento	Teores nutricionais dos frutos ⁽¹⁾				Proteína (%)
	g kg ⁻¹ de fruto				
	Cálcio	Enxofre	Potássio	Nitrogênio	
SC	26,52 b	0,15 b	81,28 c	28,34 d	0,31 d
BGH674	24,89 b	0,26 b	80,63 c	23,65 e	0,26 e
BGH985	35,82 a	0,45 b	77,63 c	26,41 e	0,29 e
BGH2029	30,67 b	0,53 b	98,35 b	38,80 b	0,42 b
BGH2030	42,87 a	0,87 a	117,0 a	45,52 a	0,49 a
BGH2064	42,13 a	0,37 b	71,62 c	23,85 e	0,26 e
BGH2068	39,10 a	0,73 a	76,88 c	36,18 b	0,39 b
BGH2100	42,83 a	0,31 b	83,78 c	27,50 d	0,30 d
BGH2121	44,55 a	0,34 b	94,03 b	31,69 c	0,34 c

SC = Santa Clara. ⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

3.2.2. Metabólitos secundários

Dentre os compostos avaliados, apenas o 2-undecanona foi identificado nos frutos de *S. lycopersicum* dos tratamentos, somente no BGH 2068 não foi verificado o composto (Tabela 3). A concentração de 2-undecanona dos acessos do BGH - UFV e ‘Santa Clara’ quantificados a partir dos frutos de tomate apresentaram diferenças significativas ($F=20,27$; $p<0,001$).

O BGH 2100 obteve a maior concentração do composto de $0,0070 \mu\text{L}$ 2-undecanona mL^{-1} acetona. Já ‘Santa Clara’ e os BGHs 2064 e 2121 tiveram as menores concentrações de $0,0010$; $0,0023$ e $0,0017 \mu\text{L}$ 2-undecanona mL^{-1} acetona, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Concentração do metabólito secundário 2-undecanona encontrada nos frutos de *Solanum lycopersicum* dos acessos do BGH - UFV e ‘Santa Clara’.

Tratamento	Concentração de 2-undecanona ($\mu\text{L mL}^{-1}$) ⁽¹⁾
‘Santa Clara’	0,0010 d
BGH 674	0,0056 b
BGH 985	0,0035 c
BGH 2029	0,0035 c
BGH 2030	0,0051 b
BGH 2064	0,0023 d
BGH 2068	-
BGH 2100	0,0070 a
BGH 2121	0,0017 d

O hífen (-) representa a ausência do metabólito secundário na amostra. ⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

3.3. Toxicidade de 2-undecanona à *H. armigera*

Observou-se que houve toxicidade de 2-undecanona às lagartas de *H. armigera*. A dose de 12,3 μL 2-undecanona 10 mL^{-1} acetona causou a mortalidade de 50% da população de lagartas (CL_{50}), já para a mortalidade de 80% (CL_{80}) é necessária uma dose de 42,2 μL 2-undecanona 10 mL^{-1} acetona, e para a mortalidade de 99% (CL_{99}) é preciso uma dose de 378,0 μL 2-undecanona 10 mL^{-1} acetona.

4. DISCUSSÃO

O estudo mostra que houve variabilidade de respostas na interação entre os acessos do BGH - UFV com *H. armigera* e à composição química (teores nutricionais e metabólitos secundários). Estas diferentes respostas podem ser devido aos fatores genéticos dos acessos, que foram coletados em diversas partes do mundo (FERNANDES et al. 2011). Estes autores observaram variação de compostos químicos e respostas de resistência diferenciadas entre os 103 acessos de *S. lycopersicum* do BGH - UFV. Estudos genéticos com esses acessos do BGH - UFV mostram grande variabilidade à pragas e

doenças (MARTINS et al. 2011). Esta variabilidade é uma vantagem para melhoristas que trabalham com incorporações de genes à cultivares comerciais de tomateiro, uma vez que possuem opções para o sucesso do melhoramento (PANDA, KHUSH 1995; RAJAN et al. 2012).

É possível sugerir que os acessos que tenham a pior qualidade nutricional foram os que apresentaram menores teores de K e N, e maiores teores de Ca e S. Esses acessos não suprem a quantidade alimentar exigida pelos insetos, resultando em indivíduos com duração por estágio em dias prolongado, alta mortalidade na fase larval, menor ganho de peso diário e total, e maiores deformações e mortalidade. Dessa forma, a qualidade do alimento ingerido pelo inseto está diretamente associada ao êxito do desenvolvimento do mesmo (LAZAREVIC, PERIC-MATARUGA 2003; DARYAEI et al. 2007; HWANG et al. 2008; HEMATI et al. 2012; KOUHI et al. 2014).

Hemati et al. (2012) verificaram que lagartas de *H. armigera* alimentadas com tomate tiveram a menor eficiência de conversão do alimento digerido quando comparado as lagartas alimentadas com grão-de-bico, feijão comum, feijão branco, feijão-caupi e batata. Kouhi et al. (2014) mostraram que o desempenho nutricional de *H. armigera* em oito cultivares comerciais de tomate foi significativamente diferente em relação a eficiência de conversão do alimento digerido para cada estágio de lagarta. O crescimento e desenvolvimento foi possível em apenas uma das cultivares avaliadas. Os autores atribuíram esse resultado aos diferentes compostos e nutrientes necessários para suprir a demanda da praga.

O maior número de lagartas, pupas e adultos de *H. armigera* deformados foi observado quando se alimentaram dos acessos BGHs 2030 e 2121, isso demonstra que os acessos de tomateiro possuem compostos químicos que afetam a ecdise do inseto. Efeitos adversos ocasionados na ecdise podem levar a morte da forma jovem pelo retardo no crescimento, pela inibição da síntese de quitina e por deformações fisiológicas letais

(LARA 1944; PAINTER 1951; PANDA, KHUSH 1995; GULLAN, CRANSTON 2014), ou mesmo, por compostos fagodeterrentes associados ao seu desenvolvimento (KOUHI et al. 2014; TOHGE et al. 2014).

Os compostos que atuam regulando o crescimento de insetos são apreciados, porque na maioria das vezes são seletivos à outros insetos que se alimentam das plantas. A presença dos aleloquímicos do grupo cetona, como a 2-undecanona e 2-tridecanona, está associada à resistência a vários artrópodos-pragas, por alongar o período de desenvolvimento larval e pupal, e reduzir a viabilidade dos insetos, como *H. armigera* (SIMMONS, GURR 2005), *H. zea* (STEVENS et al. 2000), *Spodoptera exigua* (LIN et al. 1987), *S. frugiperda* (AYIL-GUTIERREZ et al. 2015), *Plutella xylostella* (KUMAR et al. 2016) e *T. absoluta* (LEITE et al. 1999; GILARDÓN et al. 2001; THOMAZINI et al. 2001; OLIVEIRA et al. 2012). E outros aleloquímicos, como o β -cariofileno, do grupo sesquiterpeno, afetando o desenvolvimento de *Tetranychus urticae* (AFIFI et al. 2015) e *H. zea* (RÖSE, TUMLINSON 2004).

Dentre esses compostos, a 2-undecanona foi encontrada nos frutos de *S. lycopersicum* dos acessos resistentes, em que o BGH 2100 obteve a maior concentração desse composto de $0,0070 \mu\text{L mL}^{-1}$. O composto apresentou toxicidade às lagartas de *H. armigera*, causou a mortalidade de 50% da população na dose de $12,3 \mu\text{L } 10 \text{ mL}^{-1}$.

De fato, a 2-undecanona tem sido mais comum nos tomates, como *Lycopersicum hirsutum* f. *hirsutum*, *L. hirsutum* f. *glabratum* e *S. habrochaites* (FARRAR JUNIOR, KENNEDY 1988; ANTONIOUS et al. 2014; ANTONIOUS, SNYDER 2015). No *L. hirsutum* f. *glabratum* (PI 134417) foi verificada uma concentração de $0,55 \mu\text{L}$ de 2-undecanona. As lagartas de *H. zea* alimentadas em dieta artificial com as folhas desse tomate apresentaram mortalidade em lagartas de 1º ao 5º instar e deformações na fase pupal devido a toxicidade do composto (FARRAR JUNIOR, KENNEDY 1988).

Apesar das maiores concentrações de 2-undecanona serem observadas nas espécies de tomate silvestres, a presença dos mesmos no BGH - UFV é altamente viável. Portanto, as características de resistência dos acessos testados mostram que os mesmos podem ser utilizados em programas de melhoramento.

5. CONCLUSÃO

Os acessos resistentes ao ataque de *Helicoverpa armigera* foram os BGHs 985, 2029, 2030, 2100 e 2121. Os frutos desses acessos possuem desbalanço dos teores nutricionais. O composto químico 2-undecanona está presente nos BGHs 674, 985, 2029, 2030, 2064, 2100, 2121 e 'Santa Clara'. A maior concentração do composto foi quantificada no BGH 2100.

6. REFERÊNCIAS

- Abbott W.S. (1925): A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.
- Adams R.P. (2007): Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. London, Allured Publishing Corporation.
- Afifi A-A.M., Ali F.S., Shalaby E.A., El-Saiedy E-L.M.A., Ahmed M.M. (2015): Enhancement of resistance in tomato plants using different compounds against the two-spotted spider mites *Tetranychus urticae* Koch. *Research Journal of Environmental Sciences*, 9: 119-136.
- Ali A., Choudhury R.A. (2009): Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 4: 99-106.
- Antonious G.F. (2001): Production and quantification of methyl ketones in wild tomato accessions. *Journal of Environmental Science and Health*, 36: 835-848.
- Antonious G.F. (2016): Exploring wild tomato leaf extracts in pesticide formulations. *Journal of Environmental and Analytical Toxicology*, 6: 347.
- Antonious G.F., Snyder J.C. (2015): Repellency and oviposition deterrence of wild tomato leaf extracts to spider mites, *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Environmental Science and Health - Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 50: 667-673.
- Antonius, G.F., Kamminga K., Snyder J.C. (2014): Wild tomato leaf extracts for spider mite and cowpea aphid control. *Journal of Environmental Science and Health - Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 49: 527-531.
- Aoyama E.M., Labinas A.M. (2012): Características estruturais das plantas contra a herbivoria por insetos. *Enciclopédia Biosfera* 8: 365-386.

- Aquino R.F.B.A., Costa R.I.F., Aquino L.A., Sá L.P. (2011): Dinâmica populacional de pragas em tomateiro industrial no norte de Minas Gerais. *Evolução e Conservação da Biodiversidade*, 2: 47-51.
- Ayil-Gutiérrez B.A., Villegas-Mendoza J.M., Santes-Hernández Z., Paz-González A.D., Mireles-Martínez M., Rosas-García N.M., Rivera G. (2015): Ruta graveolens extracts and metabolites against Spodoptera frugiperda. *Natural Product Communications*, 10: 1955-1958.
- Backer L., Caparros Megido R., Fauconnier M.L., Brostaux Y., Francis F., Verheggen F. (2015): Tuta absoluta-induced plant volatiles: attractiveness towards the generalist predator Macrolophus pygmaeus. *Arthropod-Plant Interactions*, 9: 465-476.
- Ben-Israel I., Yu G., Austin M.B., Bhuiyan N., Auldridge M., Nguyen T., Schauvinhold I., Noel J.P., Pichersky E., Fridman E. (2009): Multiple biochemical and morphological factors underlie the production of methylketones in tomato trichomes. *Plant Physiology*, 151: 1952-1964.
- Caldas J. (2013): O desafio de controlar uma praga. *XXI - Ciência para a vida*, 4: 44-45.
- Caparros Megido R., Backer L., Ettiäib R., Brostaux Y., Fauconnier M.L., Delaplace P., Lognay G., Belkadhi M.S., Haubruge E., Francis F., Verheggen F.J. (2014): Role of larval host plant experience and solanaceous plant volatile emissions in Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae) host finding behavior. *Arthropod Plant Interact*, 8: 293-304.
- Carvalho H.H., Jong E.V., Belló R.M., Souza R.B., Terra M.F. (2002): Alimentos: métodos físicos e químicos de análise. Ed. da Universidade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Copolovici L., Kännaste A., Pazouki L., Niinemets Ü. (2012): Emissions of green leaf volatiles and terpenoids from Solanum lycopersicum are quantitatively related to

- the severity of cold and heat shock treatments. *Journal of Plant Physiology*, 169: 664-672.
- Czepak C., Albernaz K.C., Vivian L.M., Guimarães H.O., Carvalhais T. (2013): First reported occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43: 110-113.
- Czepak, C. (2014): *Helicoverpa armigera* o desafio da tomaticultura. *Revista Campo & Negócios HF*, 36.
- Daryaei G.M., Darvishi S., Etebari K., Salehi M. (2007): Host preference and nutrition efficiency of the gypsy moth, *Lymantria dispar* L. (Lymantriidae: Lepidoptera), on different poplar clones. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32: 469-476.
- Farrar Junior R.R., Kennedy G.G. (1988): 2-Undecanone, a pupal mortality factor in *Heliothis zea*: sensitive larval stage and in planta activity in *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 47: 205-210.
- Fernandes M.E.S., Fernandes F.L., Silva D.J.H., Picanço M.C., Jhamc G.N., Carneiro P.C., Queiroz R.B. (2012): Trichomes and hydrocarbons associated with the tomato plant antixenosis to the leafminer. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84: 201-209.
- Fernandes M.E.S., Silva D.J.H., Fernandes F.L., Picanço M.C., Gontijo P.C., Galdino T.V.S. (2009): Novos acessos de tomateiro resistentes à mosca-branca biótipo B. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44: 1545-1548.
- Fernandes M.E.S., Silva D.J.H., Picanço M.C., Fernandes F.L., Newandran J.G., Carneiro, P.C.S. (2011): Resistance of tomato subsamples to biotype B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Agronomy Journal*, 103: 1849-1861.

- Filgueira F.A.R. (2008): Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª Ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Finney D.J. (1971): Probit Analysis. 3ª Ed. Cambridge University Press London, Cambridge.
- Fitt, G. P. (1989): The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. *Annual Review of Entomology*, 34: 17-52.
- Gil M.A. (2015): Resistencia a insectos en tomate (*Solanum* spp.). *Cultivos Tropicales*, 36: 100-110.
- Gilardón E., Pocovi M., Hernández C., Olsen A. (2001): Papel dos tricomas glandulares da folha do tomateiro na oviposição de *Tuta absoluta*. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 36: 585-588.
- Gullan P.J., Cranston P.S. (2014): *The insects: an outline of entomology*. 5ª Ed. Wiley-Blackwell.
- Hemati S.A., Naseri B., Ganbalani G.N., Dastjerdi H.R., Golizadeh A. (2012): Effect of different host plants on nutritional indices of the pod borer, *Helicoverpa armigera*. *Journal of Insect Science*, 12: 55.
- Howe G.A., Jander G. (2008): Plant immunity to insect herbivores. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 41-66.
- Hwang S.Y., Liu C.H., Shen T.C. (2008): Effects of plant nutrient availability and host plant species on the performance of two *Pieris* butterflies (Lepidoptera: Pieridae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 36: 505-513.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. (2008): *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. 4ª Ed. (1ª Edição digital).

- Jansen R.M.C., Miebach M., Kleist E., van Henten E.J., Wildt J. (2009): Release of lipoxygenase products and monoterpenes by tomato plants as an indicator of *Botrytis cinerea*-induced stress. *Plant Biology*, 11: 859-868.
- Kouhi D., Naseri B., Golizadeh A. (2014): Nutritional performance of the tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera*, on different tomato cultivars. *Journal of Insect Science*, 14: 1-12.
- Kriticos, D. J., Ota N., Hutchison W.D., Beddow J., Walsh T., Tay W.T., Borchert D.M., Paula-Moreas S.V., Czepak C., Zalucki M.P. (2015): The potential distribution of invading *Helicoverpa armigera* in North America: is it just a matter of time? *PLoS One* 10: e0133224.
- Kumar V., Reddy S.G.E., Chauhan U., Kumar N., Singh B. (2016): Chemical composition and larvicidal activity of *Zanthoxylum armatum* against diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Natural Product Research*, 30: 689-692.
- Lammers J.W., MacLeod A. (2007): Report of a pest risk analysis: *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808). UK Department of Environment, Forestry and Rural Affairs, Plant Protection Service (NL) and Central Science Laboratory (UK).
- Lara F.M. (1994): Princípios de resistência de plantas a insetos. 2ª Ed. Ícone, São Paulo.
- Lazarevic J., Peric-Mataruga V. (2003): Nutritive stress effects on growth and digestive physiology of *Lymantria dispar* larvae. *Jugoslovenska Medicinska Biohemija - Yugoslav Medical Biochemistry*, 22: 53-59.
- Lebedenco A., Auad A.M., Kronka, S.N. (2007): Métodos de controle de lepidópteros na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Acta Scientiarum Agronomy*, 29: 339-344.
- Leite G.L.D. (2004): Resistência de tomate a pragas. *UNIMONTES Científica*, 6: 129-140.

- Leite G.L.D., Picanço M., Azevedo A.A., Gonring A.H.R. (1999): Effect of trichomes, allelochemicals and minerals on the resistance of *Lycopersicon hirsutum* to tomato leaf miner. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34: 2059-2064.
- Lin S.Y.H., Trumble J.T., Kumamoto J. (1987): Activity of volatile compounds in glandular trichomes of *Lycopersicon* species against two insect herbivores. *Journal of Chemical Ecology*, 13: 837-850.
- Maffei M.E., Mithöfer A., Boland W. (2007): Insects feeding on plants: rapid signals and responses preceding the induction of phytochemical release. *Phytochemistry*, 68: 2946-2959.
- Malavolta E., Vitti G.C., Oliveira S.A. (1997): Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª Ed. Piracicaba, POTAFOS.
- Martins A.M., Carneiro P.C.S., Silva D.J.H., Cruz C.D., Carneiro J.E.S. (2011): Integration of data in studies of genetic diversity of tomato. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46: 1496-1502.
- Melo M.O., Silva-Filho, M.C. (2002): Plant-insect interaction: an evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 14: 71-81.
- Moreira M.F., Mansur J.F., Mansur-Figueira J. (2012): Resistência e inseticidas: estratégias, desafios e perspectivas no controle de insetos. *Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular*, 15: 1-23.
- Murúa, M.G., Scalora F.S., Navarro F.R., Cazado L.E., Casmuz A., Villagran M. E., Lobos E., Gastaminza G. (2014): First record of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. *Florida Entomologist*, 97: 854-856.
- NAPPO. North American Plant Protection Organization's Phytosanitary Alert System. (2014): Detection of old world bollworm (*Helicoverpa armigera*) in Puerto Rico.

- Disponível em <http://www.pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID¼600>. Acesso em 15 nov. 2016.
- NAPPO. North American Plant Protection Organization's Phytosanitary Alert System. (2015): *Helicoverpa armigera* (old world bollworm) - Detection in Florida. Disponível em <http://www.pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID¼629>. Acesso em 15 nov. 2016.
- Nasreen A., Mustafa G. (2000): Biology of *Helicoverpa armigera* (Hbn) reared in laboratory on natural diet. *Pakistan Journal of Biological Science*, 3: 1668-1669.
- Oliveira C.M., Andrade Junior V.C., Maluf W.R., Neiva I.P., Maciel G.M. (2012): Resistance of tomato strains to the moth *Tuta absoluta*, imparted by allelochemicals and trichome density. *Ciência e Agrotecnologia*, 36: 45-52.
- Oliveira F.A., Silva D.J.H., Leite G.L.D., Jham G.N., Picanço M.C. (2009): Resistance of 57 greenhouse-grown accessions of *Lycopersicon esculentum* and three cultivars to *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Scientia Horticulturae*, 119: 182-187.
- Painter R.H. (1951): *Insect resistance in crop plants*. University Press of Kansas, Lawrence & London.
- Panda N., Khush G.S. (1995): *Host plant resistance to insects*. CAB International, Wallingford.
- Panizzi A.R., Parra J.R.P. (2009): Introdução à bioecologia e nutrição de insetos como base para o manejo integrado de pragas. In: PANIZZI A.R., PARRA J.R.P. (ed.): *Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica: 21-35.
- Parra J.R.P. (2001): *Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico*. Piracicaba, FEALQ.

- Patra S., Das B.C., Dhote V.W., Samanta A. (2015): Efficacies and economics of some novel insecticides for management of major lepidopteran pests of tomato. *Research on Crops*, 16: 579-589.
- Pratissoli D., Lima V.L.S., Pirovani V.D., Lima W.L. (2015): Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato in the Espírito Santo state. *Horticultura Brasileira*, 33: 101-105.
- R Development Core Team. (2008): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em 10 dez. 2016.
- Ranjan A., Ichihashi Y., Sinha N.R. (2012): The tomato genome: implications for plant breeding, genomics and evolution. *Genome Biology*, 13: 167.
- Röse U.S.R., Tumlinson J.H. (2004): Volatiles released from cotton plants in response to *Helicoverpa zea* feeding damage on cotton flower buds. *Planta*, 218: 824-832.
- SENAVE. Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas. (2013): Alerta tras ingreso de peligrosa plaga agrícola. Color ABC. Disponível em: <http://www.abc.com.py/edicion-imprensa/economia/senaveen-alerta-tras-ingreso-de-peligrosa-plaga-agricola-629240.html>. Acesso em 15 nov. 2016.
- Silva D.J.H., Vale F.H.A. (2007): Tomate - Tecnologia de produção. 1ª Ed. Suprema, Visconde do Rio Branco.
- Simmons A.T., Gurr G.M. (2005): Trichomes of *Lycopersicon* species and their hybrids: effects on pests and natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology*, 7: 265-276.
- Smith C.M. (2010): Biochemical plant defenses against herbivores: from poisons to spices. In: DUBINSKY, Z.; SECKBACH, J. (ed.): All flesh is grass, plant-animal interrelationships series: cellular origins, life in extreme habitats and astrobiology. Berlin: Springer.

- Specht A., Sosa-Gómez D.R., Paula-Moraes S.V., Yano S.A.C. (2013): Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48: 689-692.
- Stevens J.L., Snyder M.J., Koener J.F., Feyereisen R. (2000): Inducible P450s of the CYP9 family from larval *Manduca sexta* midgut. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 30: 559-568.
- Tay W.T., Soria M.F., Walsh T., Thomazoni D., Silvie P., Behere G.T., Anderson C., Downes S. (2013): A brave new world for an old world pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *PLoS ONE*, 8: e80134.
- Thomazini A.P.B.W., Vendramim J.D., Brunherotto R., Lopes M.T.R. (2001): Efeito de genótipos de tomateiro sobre a biologia e oviposição de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 30: 283-288.
- Throop H.L., Lerdau M. (2004): Effects of nitrogen deposition on insect herbivory: implications for community and ecosystem processes. *Ecosystems*, 7: 109-133.
- Tohge T., Alseekh S., Fernie A.R. (2014): On the regulation and function of secondary metabolism during fruit development and ripening. *Journal of Experimental Botany*, 65: 4599-4611.
- Tokoro N., Sawada M., Suganuma Y., Mochizuki M., Masuzawa K., Aoyama Y., Ashida K. (1987): Nitrogen composition of vegetables common to Japan. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1: 18-25.
- Van den Dool H., Kratz D.J. (1963): A generalization of the retention index system including liner temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography* 11: 463-467.
- Vilela M., Mendes S.M., Valicente F.H., Carvalho S.S.S., Santos A.E., Santos C.A., Barbosa T.A.N., Carvalho E.A.R., Costa V.H.D. (2014): Metodologia para

Criação e Manutenção de *Helicoverpa armigera* em Laboratório. Sete Lagoas, Circular técnica 203.

War A.R., Paulraj M.G., Ahmad T., Buhroo A.A., Hussain B., Ignacimuthu, S., Sharma H.C. (2012): Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signaling & Behavior*, 7: 1306-1320.