TOXICIDADE DOS ALELOQUÍMICOS 2-TRIDECANONA E 2-UNDECANONA,
PRESENTES EM *Lycopersicon* spp., SOBRE *Helicoverpa zea*
(BODDIE,1850) (LEP. NOCTUIDAE).

ARIANE PAES DE BARROS WERCKMEISTER

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. José Djair Vendramim

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz" da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Ciências - Área de
Concentração: Entomologia.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Novembro - 1994

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS "LUIZ DE QUEIROZ"/USP

Werckmeister, Ariane Paes de Barros

Toxicidade dos aleloquímicos 2-tridecanona e 2-undecanona, presentes em *Lyceopersicon* spp., sobre *Helioverpa zea* (Boddie, 1850) (Lep. Noctuidae).
Piracicaba, 1974.
107p.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia.

1. Aleloquímico - Toxicidade 2. Boca-grande-do-fruto 3. Tomate - Praga - Controle aleloquímico 4. Tomate - Resistência à praga I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

DDO 632.78
635.645

TOXICIDADE DOS ALELOQUÍMICOS 2-TRIDECANONA E 2-UNDECANONA,
PRESENTES EM *Lycopersicon* spp., SOBRE *Helicoverpa zea*
(BODDIE, 1850) (LEP. NOCTUIDAE).

Ariane Paes de Barros Werckmeister

Aprovada em: 22/12/94

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Djair Vendramim

ESALQ/USP

Prof. Dr. Celso Omoto

ESALQ/USP

Dr. André Luiz Lourenção

IAC/Campinas

Prof. Dr. José Djair Vendramim
Orientador

Aos meus pais
Marisa e Georg,
meu irmão Jonas e
minha avó Dirce (in memorian),

dedico

Agradecimentos

Ao Dr. José Djair Vendramim, Professor Associado do Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), pela valiosa orientação e apoio na realização deste trabalho.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Entomologia da ESALQ/USP, pelos ensinamentos transmitidos durante o curso.

Ào Prof. Dr. Celso Omoto do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP e ao Dr. André Luiz Lourenção, pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas, pelas sugestões apresentadas.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos.

Aos Funcionários do Departamento de Entomologia, especialmente à Neide Graciano Zério e Edson Maciel, pelos auxílios prestados.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Entomologia, em especial ao Alcides, Amarildo, Anderson, César, Cesáreo, Dirceu, Gerbson, Laerte, Laila, Luiz Francisco, Marcílio, Nelson, Reginaldo, Renata, Sílvia e Terezinha, pela amizade e companheirismo no transcorrer do curso.

Aos amigos Claudia, Eduardo (Ira), Márcia, Maria Cristina, Marilda, Marise, Mônica, Simone, Silvana e Vera por todo o apoio e pela convivência sempre amiga.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram na execução deste trabalho.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	v
SUMMARY.....	vii
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1.Aspectos biológicos de <i>Helicoverpa zea</i> (Boddie, 1850).....	3
2.2.Comportamento de oviposição e alimentação de <i>H. zea</i>	6
2.3.Danos causados por <i>H. zea</i> em tomateiro.....	9
2.4.Resistência a <i>H. zea</i> em tomateiro.....	10
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1.Manutenção da criação estoque de <i>H. zea</i>	27
3.2.Determinação da sobrevivência das lagartas de <i>H. zea</i> sobre folhas do tomateiro comercial.....	28
3.3.Determinação do efeito de duas espécies de tomateiro (<i>Lycopersicon</i> spp.) na sobrevivência de <i>H. zea</i> durante os primeiros três dias da fase larval.....	29
3.3.1.Primeira etapa.....	29
3.3.2.Segunda etapa.....	30

3.4.Desenvolvimento completo de <i>H. zea</i> mantida, durante os primeiros quatro dias da fase larval, em dieta artificial contendo 2-T e 2-U.....	31
3.4.1.Primeira etapa.....	32
3.4.2.Segunda etapa.....	34
3.5.Determinação da dose letal(DL ₅₀) do 2-T para lagartas de primeiro ínstar de <i>H. zea</i>	35
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1.Determinação da sobrevivência das lagartas de <i>H. zea</i> sobre folhas do tomateiro comercial.....	37
4.2.Determinação do efeito de duas espécies de tomateiro (<i>Lycopersicon</i> spp.) na sobrevivência de <i>H. zea</i> durante os primeiros três dias da fase larval.....	39
4.2.1.Primeira etapa.....	39
4.2.2.Segunda etapa.....	40
4.3.Desenvolvimento completo de <i>H. zea</i> mantida, durante os primeiros quatro dias da fase larval, em dieta artificial contendo 2-T e 2-U.....	48
4.3.1.Primeira etapa.....	48
4.3.2.Segunda etapa.....	73
4.3.3.Considerações gerais.....	90
4.4.Determinação da dose letal(DL ₅₀) do 2-T para lagartas de primeiro ínstar de <i>H. zea</i>	93
5.CONCLUSÕES.....	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

TOXICIDADE DOS ALELOQUÍMICOS 2-TRIDECANONA E 2-UNDECANONA,
PRESENTES EM *Lycopersicon* spp., SOBRE *Helicoverpa zea*
(BODDIE, 1850) (LEP. NOCTUIDAE).

Autor: Ariane Paes de Barros Werckmeister

Orientador: Dr. José Djair Vendramim

RESUMO

Os aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U), presentes nos tricomas foliares do tomateiro selvagem *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* (PI 134417), têm sido citados como fatores de resistência a diversas pragas do tomateiro, podendo ser incorporados nos materiais comerciais (*L. esculentum*) através de programas de melhoramento genético. Como as lagartas de *H. zea* alimentam-se, nos primeiros dias após a eclosão, quase exclusivamente de tecido foliar, estudou-se a sobrevivência de *H. zea* durante os primeiros três dias da fase larval em folhas de duas espécies de *Lycopersicon* (*L. esculentum* 'Santa Cruz Kada AG 373' e *L. hirsutum* f. *glabratum* linhagem PI 134417) e a biologia desse inseto após a manutenção das lagartas durante os primeiros quatro dias em dietas artificiais contendo diferentes concentrações de 2-T e 2-U. Verificou-se que a mortalidade durante os primeiros três dias da fase larval em PI 134417 foi cerca de 2 a 3 vezes maior que aquela

constatada em *L. esculentum*. A viabilidade de *H. zea*, durante os primeiros quatro dias da fase larval, foi reduzida nas dietas artificiais contendo 2-T nas concentrações de 0,10, 0,20 e 0,40% e 2-U a 0,035 e 0,070%, assim como nas dietas contendo o 2-T associado ao 2-U nas concentrações de 0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U e 0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U. O 2-T fornecido a *H. zea* durante os primeiros quatro dias de sua fase larval reduziu a viabilidade total da fase larval nas concentrações de 0,20 e 0,40% assim como quando associado ao 2-U nas concentrações de 0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U e 0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U. O 2-U fornecido isoladamente a *H. zea* durante os primeiros quatro dias de sua fase larval à concentração de 0,070% provocou alongamento da fase larval e redução no peso das pupas. Quando presente na concentração de 0,035%, o 2-U reduziu a viabilidade pupal. Verificou-se também que o 2-T é tóxico a lagartas recém-eclodidas de *H. zea*, quando aplicado topicamente. A DL_{50} (dose letal) foi de 6,34 μ g de 2-T por lagarta.

TOXICITY OF 2-TRIDECANONE AND 2-UNDECANONE ALLELOCHEMICALS,
PRESENT IN *Lycopersicon* spp., ON *Helicoverpa zea*
(BODDIE, 1850) (LEP. NOCTUIDAE).

Author: Ariane Paes de Barros Werckmeister

Advisor: Dr. José Djair Vendramim

SUMMARY

The 2-tridecanone (2-T) and 2-undecanone (2-U) allelochemicals, present in the trichomes on the foliage of the wild tomato *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* (PI 134417), have been reported as resistance factors to a number of pests of cultivated tomato (*L. esculentum*). They can be incorporated into commercial species through genetic breeding. Since *H. zea* larvae feed almost exclusively on foliage on the first few days after hatching, their survival was studied during the first three days of larval stage on leaves of two *Lycopersicon* species (*L. esculentum* 'Santa Cruz Kada AG 373' and *L. hirsutum* f. *glabratum*, PI 134417). The *H. zea* biology was investigated after maintaining the larvae, for the first four days, on artificial diets containing different 2-T and 2-U concentrations. The results of the trial showed that mortality during the first three days of the larval stage on PI 134417 was two to three times greater than that on *L. esculentum*. The *H. zea* viability, during the

first four days of larval stage, was reduced by artificial diets with 2-T at concentrations 0,10, 0,20 e 0,40% and 2-U at 0,035 and 0,070%, as well as by diets with 2-T associated to 2-U at concentrations 0,20% of 2-T + 0,035% of 2-U and 0,40% of 2-T + 0,070% of 2-U. 2-T given to *H. zea* during the first four days of larval stage reduced total viability of larval stage at concentrations 0,20 and 0,40%. Also, 2-T associated to 2-U at concentrations 0,20% of 2-T + 0,035% of 2-U and 0,40% of 2-T + 0,070% of 2-U, reduced total viability of larval stage. When only 2-U was given to *H. zea* during the first four days of larval stage, at concentration 0,070%, it caused lengthening of larval stage larval and reduction of pupal weight. At concentration 0,035%, 2-U reduced pupal viability. The results also showed that 2-T is toxic to *H. zea* neonates when topically applied, and the LD_{50} was 6,34 $\mu\text{g/larvae}$.

1-INTRODUÇÃO

A broca-grande-do-fruto, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850), ataca os frutos do tomateiro, perfurando-os e destruindo a polpa dos mesmos. Pelas aberturas deixadas pelo inseto é possível a penetração de microorganismos, provocando o apodrecimento dos frutos. Em decorrência dos danos diretos e indiretos, ocorre a depreciação comercial do tomate.

Aplicações múltiplas de inseticidas são na maioria dos casos utilizadas para controlar essa praga. Essa dependência de inseticidas é indesejável tanto por motivos econômicos quanto por seu efeito adverso sobre o ambiente. Os elevados custos do controle químico, assim como o efeito adverso dos inseticidas sobre predadores e parasitóides de pragas constituem um sério problema. Esses problemas podem ser minimizados através do desenvolvimento e emprego de cultivares resistentes a essa praga.

Cultivares resistentes à referida praga podem ser obtidas através do melhoramento genético, cruzando-se cultivares comerciais de boa produtividade com materiais que

apresentem fatores de resistência.

Dentre os materiais de tomateiro que podem ser utilizados como fontes de resistência, destaca-se *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* (Mull) que apresenta os aleloquímicos 2-tridecanona e 2-undecanona, substâncias químicas que se localizam nos tricomas do tecido foliar, que têm sido citadas como fatores responsáveis pela resistência do tomateiro a várias pragas (WILLIAMS et al., 1980; DIMOCK et al. 1982; DIMOCK & KENNEDY, 1983; KENNEDY, 1984; KENNEDY et al., 1987a; LIN et al., 1987; FARRAR JR. & KENNEDY, 1987b, 1988; GIUSTOLIN, 1991; VENTURA, 1992).

Considerando-se que a oviposição de *H. zea* ocorre sobre folhas e que as lagartas nos primeiros ínstares alimentam-se quase que exclusivamente do tecido foliar (FERY & CUTHBERT JR., 1975), pode-se utilizar fatores associados às folhas do tomateiro como meio de obtenção de variedades resistentes a essa praga.

Assim, com o objetivo de determinar o efeito de 2-tridecanona e 2-undecanona sobre *H. zea*, visando a incorporação destes aleloquímicos em materiais comerciais de tomateiro, estudou-se, neste trabalho, a sobrevivência dessa praga, durante os primeiros três dias da fase larval, em folhas de duas espécies de *Lycopersicon*. A biologia de *H. zea* também foi determinada após manutenção durante os primeiros quatro dias da fase larval em dietas artificiais, contendo diferentes concentrações de 2-tridecanona e 2-undecanona.

2-REVISÃO DE LITERATURA

2.1.Aspectos biológicos de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850)

O estudo do desenvolvimento e reprodução de *H. zea* tem sido realizado através da criação do inseto principalmente em dietas artificiais, embora o emprego de dietas naturais também possa ser feito.

Avaliando uma dieta artificial à base de feijão e levedura para criação massal de *H. zea*, dentre outras nove espécies de noctuídeos, SHOREY & HALE (1965) observaram que as durações das diferentes fases foram, para machos e fêmeas, respectivamente: 14,8 e 15,3 ; 12,5 e 11,3; 10,8 e 10,1; 30,7 e 30,0 dias para a fase larval, fase pupal, longevidade dos adultos e período total de desenvolvimento, respectivamente. O número médio de ovos por fêmea foi de 558, sendo que, em média, 74% destes foram viáveis. As viabilidades das fases larval e pupal foram 77 e 91%, respectivamente, sendo a viabilidade total, de ovo a adulto, de 51%.

MANGAT & APPLE (1966) verificaram que a duração do período de desenvolvimento de *H. zea*, mantida em

dieta artificial à $23,9^{\circ}\text{C}$ foi, em média, de 34,3 dias, considerando a duração desde ovos recém-colocados até a emergência de 75% das mariposas. Já à $18,3^{\circ}\text{C}$ foram necessários 67,3 dias. Os autores determinaram a temperatura base em $12,6^{\circ}\text{C}$ e a constante térmica para o desenvolvimento de até 75% de indivíduos emergidos em 690,2 graus-dias.

Comparando o desenvolvimento de *H. zea* em dieta natural (sorgo) e artificial (germe de trigo), BAILEY & CHADA (1968) obtiveram nestas dietas os valores de 4,0 e 4,0; 2,3 e 2,2; 2,0 e 2,0; 2,0 e 2,0; 2,0 e 2,0 e 3,0 e 3,1 dias, respectivamente, para o primeiro, segundo, terceiro, quarto, quinto e sexto instares. A duração da fase pupal, a longevidade dos adultos e a duração da fase de ovo foram de 10,3 e 10,2 ; 8,0 e 8,4 e 3,0 e 3,0 dias para as dietas natural e artificial, respectivamente. O número de ovos colocados por fêmea e a respectiva viabilidade foram de 627 e 88% em dieta natural e 668 e 87% em dieta artificial.

BURTON (1970) comparou quatro dietas artificiais e verificou que a duração da fase larval de *H. zea* variou de 17,5 a 19,2 dias, a duração das fases larval mais pupal variou de 31 a 33 dias, a porcentagem de pupas formadas foi de 71 a 80% e de adultos normais de 55 a 74%.

Comparando duas dietas, uma à base de trigo e uma à base de feijão para criação de *H. zea*, BURTON & PERKINS (1972) observaram que a duração da fase larval foi de 13,43 e 14,03 dias, a viabilidade larval foi de 92,0 e 86,2%, a

porcentagem de adultos emergidos foi de 81,3 e 90% e a porcentagem de adultos normais foi de 90,4 e 96,6%, respectivamente.

Criando *H. zea* em dieta à base de feijão, PATANA (1985) observou para a duração das fases de ovo, larval e pupal os valores de 3; 17,3 e 14,4 dias. O número de ovos colocados por fêmea foi 173,1 enquanto o peso de pupas foi 426,7 e 431,1 mg para machos e fêmeas, respectivamente. As viabilidades das fases de ovo, larva e pupa foram, respectivamente, 85 a 95, 65 e 95 a 98 %.

ADLER (1989) forneceu diferentes soluções nutritivas a adultos de *H. zea* e observou que a longevidade de machos atingiu em média 6,4; 7,1 e 6,5 dias para soluções de frutose, glicose e sacarose, respectivamente. A longevidade média de fêmeas, com o fornecimento destas mesmas soluções, foi de 11,1; 8,9 e 11,2 dias, respectivamente.

WISEMAN & ISENHOUR (1989) avaliaram o efeito da interação de diferentes temperaturas e concentrações de "cabelo" de milho, de um genótipo resistente ('Zapalote Chico') e outro suscetível ('Stowell's'), em dieta à base de feijão sobre o crescimento e desenvolvimento de *H. zea*. Concluíram que a melhor temperatura para detectar diferenças no desenvolvimento do inseto em materiais resistentes e suscetíveis é de 25⁰C. Nesta temperatura, a duração da fase larval no material suscetível variou de 16 a 19 dias, em média. O peso médio das pupas foi de 553 mg e a duração da

eclosão à emergência do adulto variou de 26 a 27 dias, em média, enquanto que, no material resistente, os valores para estes parâmetros foram 19 a 31 dias, 503 mg e 28 a 44 dias.

JUSTI (1994) selecionou duas dietas, uma à base de feijão, levedura de cerveja e germe de trigo e outra à base de farinha de milho, leite, farinha de soja e levedura de cerveja, como adequadas para a manutenção da população de *H. zea* em laboratório. Observou, em média, para a primeira e segunda dietas, respectivamente, 25,22 e 24,53 dias de duração da fase larval, 57,30 e 51,65 % de viabilidade da fase larval, 15,5 e 16,4 dias de duração da fase pupal, 95,95 e 88,15 % de viabilidade da fase pupal, 530,5 e 560,6 mg de peso das pupas e 9,60 e 11,2 dias de longevidade dos adultos.

2.2.Comportamento de oviposição e alimentação de *H. zea*

Wilcox & Howland¹, citados por BURKETT et al. (1983), verificaram que lagartas recém-eclodidas de *H. zea* em tomateiro começaram a se alimentar de folhas e que dentro de um ou dois dias iniciaram seu movimento em direção aos ramos e depois penetraram nos frutos.

Wilcox et al.², também citados por BURKETT et

---

¹WILCOX, J. & HOWLAND, A.F. The tomato fruitworm: how control it. US. Dep. Agric. Leaflet 367. 5p., 1954.

²WILCOX, J.; HOWLAND, A.F.; CAMPBELL, R.E. Investigations of the tomato fruitworm, its seasonal history and methods of control. US.Dep. Agric. Tech. Bull. 1147. 47p. 1956.

al. (1983), observaram que todas as lagartas de *H. zea* recém-eclodidas de ovos depositados em folhas alcançaram os frutos de tomate no quarto dia.

Segundo KOGAN (1964), a mariposa de *H. zea* põe os ovos em qualquer parte da planta de tomate. Ao eclodir, a lagarta ataca qualquer parte da planta, dirigindo-se para o fruto onde penetra através de seu cálice. Terminado o desenvolvimento, a lagarta abandona o fruto e dirige-se para o solo onde se transforma em pupa.

Observações realizadas por FERY & CUTHBERT JR. (1975), em tomateiro, indicam que as mariposas de *H. zea* depositam seus ovos em folhas e que lagartas de primeiro ínstar se alimentam quase que exclusivamente de tecidos foliares. Sendo assim, certos fatores químicos ou morfológicos presentes no tecido foliar poderiam ser utilizados no desenvolvimento de cultivares resistentes a este inseto.

Dados obtidos por COSENZA & GREEN (1981) referentes à oviposição de *H. zea* em plantas de tomate indicam que quase todos os ovos são colocados sobre folhas maduras e que não foram observados ovos nos ponteiros e botões. A superfície inferior de folhas maduras foi preferida para oviposição (64% dos ovos) mas alguns ovos foram encontrados nos ramos.

SNODDERLY & LAMBDIN (1982) estudaram os locais

---

de oviposição e alimentação de *H. zea* em tomateiro e constataram que, tanto em condições de campo como em casa-de-vegetação, as folhas da região mediana das plantas foram o local preferido. Esta região continha 37% dos ovos enquanto que o topo e a parte inferior das plantas continham 25 e 27% dos ovos, respectivamente. O restante dos ovos (11%) foi depositado sobre os frutos e em menor número sobre os ramos e pecíolos. Já o local de alimentação preferido pelas lagartas foi o fruto, sendo que 41% das lagartas se alimentaram de frutos após a primeira semana. A migração larval das folhas para os frutos foi mais pronunciada nas segunda e terceira semanas. Esse padrão de comportamento foi seguido por um aumento no número de lagartas migrando de volta às folhas nas quarta e quinta semanas.

Estudando os padrões de oviposição de algumas espécies de lepidópteros em tomateiro industrial, ZALOM et al. (1983) observaram que quando frutos de tomate estavam presentes nas plantas, a maior parte da oviposição de *H. zea* ocorreu em folhas do mesmo nó do fruto ou do nó imediatamente acima ou abaixo deste. A porcentagem dos ovos colocados na superfície ventral das folhas em relação à superfície dorsal foi de 81,8%.

BURKETT et al. (1983) observaram o comportamento de lagartas de primeiro ínstar de *H. zea* quando colocadas sobre diferentes partes da planta (flores, ponteiros e folhas). Verificaram que a maior parte das

lagartas alimentou-se do primeiro ao quarto dia daquela estrutura da planta sobre a qual fora colocada inicialmente. Lagartas colocadas sobre folhas alimentaram-se exclusivamente de folhas. Lagartas colocadas sobre flores alimentaram-se inicialmente de flores enquanto lagartas colocadas em ponteiros moveram-se para as flores.

2.3.Danos causados por *H. zea* em tomateiro

A broca-grande-do-fruto, *H. zea* ataca qualquer parte da planta do tomateiro, logo após sua eclosão, e depois dirige-se para o fruto e penetra nele através do cálice , ponto pelo qual o fruto está ligado ao ramo. A lagarta no interior do fruto come todos os tecidos podendo passar de um fruto para o outro. Ataca também frutos maduros e o orifício de entrada é tão pequeno que passa despercebido na colheita. O fruto vai então apodrecer dentro da caixa de embalagem aumentando ainda mais os prejuízos (KOGAN, 1964).

Segundo Toscano et al¹., citados por SINHA & McLAREN (1989), a broca-grande-do-fruto é uma das pragas mais destrutivas do tomateiro causando mais de 50% de perdas na produção de frutos em condições de infestações elevadas. As lagartas comumente mudam de um fruto para outro,

---

¹ TOSCANO, N.C.; OATMAN, E.R.; VAN STEENWYK. Insect and nematode control recommendations for tomatoes. Univ. California Coop. Ext. Leaflet no. 21138, 1980.

danificando até 10 ou mais tomates durante o estágio larval (Wilcox et al.¹, também citados por SINHA & McLAREN, 1989). Os orifícios produzidos pelas lagartas também permitem a entrada de fungos patogênicos. A tendência da broca de permanecer no interior do fruto durante a maior parte de seu estágio larval não só permite a sua proteção contra a ação de predadores e parasitóides como também faz com que sejam necessárias aplicações pesadas e repetidas de inseticidas para o seu controle.

Segundo ZALOM et al. (1986), a presença de uma lagarta de terceiro ínstar por planta, durante as três últimas semanas antes da colheita, já justificaria a adoção de medidas de controle para atingir os padrões de qualidade da Califórnia, onde tolera-se até 2% de prejuízos diretos (perda de peso de uma caixa) causados por insetos.

2.4. Resistência a *H. zea* em tomateiro

Em relação às diversas pragas do tomateiro, a pilosidade pode agir tanto como fator de resistência morfológica como química. Em geral, a resistência morfológica se manifesta através dos efeitos puramente mecânicos da pubescência, os quais se baseiam em características como densidade, comprimento e forma, afetando a oviposição,

---

¹ WILCOX, J.; HOWLAND, A.F.; CAMPBELL, R.E. Investigations of the tomato fruitworm, its seasonal history and methods of control. USDA Tech. Bull. 1147; 1-47. 1956.

alimentação, locomoção e abrigo. A resistência química, por outro lado, se deve aos exsudatos produzidos através dos pêlos glandulares (NORRIS & KOGAN, 1980).

No que se refere a *H. zea*, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo não só de identificar variedades resistentes a essa praga, mas também de estudar e conhecer os mecanismos envolvidos nessa resistência.

Assim, visando a obtenção de materiais resistentes a essa espécie, FERY & CUTHBERT JR. (1974) avaliaram diversas cultivares de tomateiro, determinando a porcentagem de frutos infestados, em condições de campo. Verificou-se diferença significativa quanto aos níveis de suscetibilidade: a cultivar mais resistente ('Tiny Tim') foi 83,1 e 57,6% menos danificada que a testemunha suscetível e a testemunha resistente, respectivamente.

FERY & CUTHBERT JR. (1975) verificaram que folhas de *Lycopersicon hirsutum* Humb & Bonpl. e *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* C. H. Mull, contêm um fator de elevada antibiose a lagartas de *H. zea*. Esse fator (extraído com etanol) mostrou-se letal às lagartas alimentadas com dietas contendo o extrato. Como nos primeiros ínstaras as lagartas de *H. zea* alimentam-se de tecido foliar, este fator de antibiose (provavelmente transmitido por genes recessivos) pode ser uma importante fonte de resistência para cultivares comerciais, especialmente porque essas duas espécies de tomateiro podem ser cruzadas.

KENNEDY & YAMAMOTO (1979) testaram a toxicidade de *L. hirsutum* f. *glabratum* a *M. sexta*, *H. zea*, *Keiferia lycopersicella* (Walsing) , *Aphis craccivora* Koch, *Aphis gossypii* (Glover) e *Myzus persicae* (Sulzer). Verificaram que os exsudatos dos tricomas glandulares aplicados em papel filtro provocaram uma mortalidade de 91% das lagartas de *M. sexta* após 6 horas de exposição. Para o mesmo inseto, os vapores do extrato de *L. hirsutum* f. *glabratum* não foram eficientes até 2 horas após o início do ensaio, provocando, no entanto, uma mortalidade de 92% após 8 horas de exposição. A ação de contato conjuntamente com a ação dos vapores provocou, após 2 horas, 88% de mortalidade, atingindo 100% após 8 horas de exposição. A mortalidade provocada pelo extrato de *L. hirsutum* f. *glabratum* após 2 horas, foi de 100% para lagartas de primeiro ínstar de *M. sexta* e *H. zea*. Para *K. lycopersicella*, *M. persicae*, *A. gossypii* e *A. craccivora*, as mortalidades, após 2 e 18 horas, foram, respectivamente, 43 e 96, 16 e 100, 2 e 100, e 41 e 100%.

Avaliando em condições de campo duas cultivares de tomate (Chico III e Campbell-28) e uma linhagem (Entry 38), COSENZA & GREEN (1979) observaram 46,1 e 50,2% de frutos danificados por *H. zea* em Chico III e Campbell-28, respectivamente e, apenas 8,3% em 'Entry 38'. Os autores também observaram diferenças no comportamento do inseto nas duas cultivares em relação à linhagem 'Entry 38'. Apesar de

não ter sido constatada diferença quanto ao número de lagartas atingindo os frutos, significativamente menos lagartas penetraram nos frutos de 'Entry 38' do que nos frutos de 'Chico III', indicando que o principal fator de resistência está no tegumento do fruto ou próximo dele.

COSENZA & GREEN (1981) estudaram o mecanismo de antixenose (não-preferência) em tomateiro em relação à broca-grande-do-fruto. Observaram, em condições de campo, um número significativamente maior de ovos em 'Chico III' do que em 'Campbell-28'. A distribuição de ovos em plantas retrocruzadas indicou que a não-preferência para oviposição em tomateiro tem provavelmente uma base poligênica. Os autores também verificaram que a linhagem Entry 38 possui significativamente mais pêlos glandulares do que 'Chico III' e que a progênie mostrou uma posição intermediária. Nos testes de preferência para alimentação, as lagartas selecionaram os frutos suscetíveis ('Chico III') sem realizar mordida de prova nos frutos resistentes. Em testes sem chance de escolha estas realizaram a mordida e se afastaram. Este comportamento sugere a presença de substâncias repelentes ou deterrentes no tegumento do fruto, que podem ser os exsudatos dos seus pêlos glandulares.

WILLIAMS et al. (1980) identificaram o principal composto tóxico presente nos exsudatos dos tricomas tipo VI do tomateiro selvagem, *L. hirsutum* f. *glabratum*, denominado 2-tridecanona. Os autores verificaram que esta

metil cetona também está presente em *L. esculentum*. Entretanto, esta substância é 72 vezes mais abundante em folhas de *L. hirsutum* f. *glabratum*. Ensaios com *M. sexta*, *H. zea* e *A. gossypii* demonstraram a toxicidade do 2-tridecanona a essas espécies de insetos. Para lagartas recém-eclodidas de *M. sexta*, os autores observaram uma DL_{50} de 17,5 μg de 2-T/ cm^2 de papel filtro tratado. Uma concentração de 63 μg de 2-T/ cm^2 provocou 100% de mortalidade em *A. gossypii* e em lagartas recém-eclodidas de *H. zea*.

DUFFEY & ISMAN (1981) verificaram que os tricomas glandulares tetralobulados de *L. esculentum*, contribuem significativamente para a antibiose das folhas de *L. esculentum* a *H. zea*, uma vez que, incorporados à dieta artificial do inseto, reduzem significativamente o seu desenvolvimento. Este efeito foi atribuído aos compostos fenólicos localizados nas tétrades ("cabeças" tetralobuladas) dos tricomas, dentre os quais o glicosídeo rutina é aquele que ocorre em maior concentração. Rutina sintética incorporada à dieta em concentrações de 0,25% do peso fresco da mesma ocasionou, após 8 dias, a redução de 50% no peso das lagartas.

ELLIGER et al. (1981) isolaram e quantificaram os aleloquímicos alfa-tomatina, ácido clorogênico e rutina de folhas dos tomateiros *L. esculentum* (cultivares Ace e Campbell-29) e *L. hirsutum* f. *glabratum* (PI 134417) e testaram a toxicidade desses compostos a *H. zea*. Os autores observaram

que o alcalóide alfa-tomatina estava presente nos três genótipos avaliados, mas em maior quantidade na PI 134417. O ácido clorogênico também estava presente nos três materiais vegetais, entretanto, em menor quantidade em PI 134417. A rutina não foi detectada na PI 134417, ocorrendo apenas em 'Ace' e 'Campbell 29'. Dos três aleloquímicos, a alfa-tomatina foi a mais tóxica às lagartas de *H. zea*.

Avaliando a toxicidade do 2-tridecanona e de alguns grupos de análogos estruturais deste composto a *H. zea*, DIMOCK et al. (1982) verificaram que, em dosagem de $210,5\mu\text{g}/\text{cm}^2$, o 2-tridecanona causou 90 a 100% de mortalidade de lagartas recém-eclodidas. Determinaram a concentração letal (CL_{50}) deste composto para lagartas recém-eclodidas em $17,05\ \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de papel filtro-tratado. Observaram ainda uma maior toxicidade dos compostos de cadeia mais longa, o que pode ser devido à diferença na capacidade deles penetrarem nas barreiras de lipídeos e atingirem os locais de atividade, desde que foi observada relação entre a toxicidade e a atividade lipofílica destes compostos.

ISMAN & DUFFEY (1982a) adicionaram extratos de *L. esculentum* ('Royal Flush', 'Ace 55', 'VF 315' e 'VFN Bush') a dietas artificiais e observaram seus efeitos sobre o desenvolvimento de *H. zea*. Os extratos que continham os maiores conteúdos de compostos fenólicos provocaram maior inibição no desenvolvimento larval do inseto. As doses respostas para os extratos foram iguais àsquelas obtidas com

ácido clorogênico e rutina purificados. Quantidades equivalentes de compostos fenólicos das cinco diferentes cultivares avaliadas inibiram o desenvolvimento larval igualmente, quando adicionados às dietas. Os autores observaram ainda um efeito significativo das diferentes cultivares de tomate, sobre o desenvolvimento de lagartas mantidas, a partir do segundo ínstar, em folhas das diferentes cultivares.

ISMAN & DUFFEY (1982b) verificaram que os aleloquímicos ácido clorogênico, rutina e alfa-tomatina, adicionados a dietas artificiais, reduziram o crescimento de lagartas de *H. zea*. Observaram maior efeito tóxico da alfa-tomatina, quando comparada aos glicoalcalóides ácido clorogênico e rutina cujas toxicidades foram semelhantes entre si. Um quarto composto, uma antocianina não caracterizada que foi isolada das folhas do tomateiro, não afetou o inseto. O ácido clorogênico e a rutina, presentes em diferentes concentrações, de até 1%, na dieta, não tiveram efeito adverso sobre a taxa de alimentação, digestibilidade, utilização do alimento e ganho de peso para lagartas de terceiro e quarto instares de *H. zea*. As lagartas de primeiro e segundo instares, embora sensíveis à rutina, podem se recuperar em 48 horas quando colocadas em dieta padrão.

Trabalhando com o tomateiro selvagem *L. hirsutum* f. *glabratum* (linhagem PI 134417), DIMOCK & KENNEDY (1983) verificaram que a remoção dos exsudatos dos tricomas

glandulares com etanol diminuiu a resistência de PI 134417 a *H. zea* a um nível que não diferiu significativamente da cultivar Manapal. Os autores encontraram, em média, 6,3 ng de 2-tridecanona por tricoma, correspondendo a 44,6 µg de 2-tridecanona por cm² de superfície foliar de tomateiro. Já folhas de *L. esculentum* apresentaram, em média, apenas 0,1 µg de 2-tridecanona por cm² de folíolo. Larvas recém-eclodidas de *M. sexta*, *H. zea* e *L. decemlineata*, confinadas em papel-filtro tratado com 2-tridecanona, apresentaram valores de DL₅₀ de 17,05; 17,1 e 16,9 µg/cm² de superfície tratada, respectivamente. Segundo os autores, 99% do total de 2-tridecanona presente nas folhas ocorrem em associação com os tricomas glandulares. Embora a quantidade de 2-tridecanona associada às folhas de PI 134417 seja tóxica às lagartas recém-eclodidas de *H. zea*, apenas 20% das lagartas inicialmente intoxicadas morre sem recuperar-se. As 80% remanescentes, expostas a uma dose narcotizante dos vapores desta substância, recuperam-se e alimentam-se das folhas morrendo posteriormente, provavelmente como resultado da exposição a outros fatores. Os autores concluíram que os fatores de resistência a *H. zea* relacionados aos tricomas da linhagem PI 134417 são mais complexos do que aqueles que contribuem para a resistência a *M. sexta* e *L. decemlineata*.

Segundo KENNEDY (1984), a exposição de lagartas de *H. zea* a doses subletais de 2-tridecanona aparentemente induz a ação de uma enzima com função

oxidativa, a qual desintoxica a lagarta (em relação ao 2-tridecanona) permitindo que esta se recupere e volte a se alimentar. Uma vez recuperada, a lagarta está apta e tolerante a novas exposições desse composto. Além disto, observou que lagartas de terceiro ínstar, assim como lagartas recém-eclodidas, tratadas previamente com 2-tridecanona, manifestaram menor mortalidade quando submetidas a tratamento com o inseticida carbaril.

Kennedy¹, citado por KENNEDY et al. (1987b), observou que uma segunda metil-cetona associada aos tricomas tipo VI da linhagem PI 134417, denominada 2-undecanona, também age adversamente sobre *H. zea*, mas sua ação pode ser mascarada pela ação de outros fatores da lamela foliar. O 2-undecanona é menos tóxico a *H. zea* por contato e ação fumigante do que o 2-tridecanona e é menos abundante (1,1 ng/glândula) em relação ao 2-tridecanona (6,3 ng/glândula). Todavia, o 2-undecanona é tóxico a *H. zea* quando incorporado a dietas artificiais em níveis comparáveis àqueles em que ocorrem nas folhas da linhagem PI 134417.

De acordo com KENNEDY & MARGOLIES (1985), cultivares de tomate selecionadas para altos níveis de 2-tridecanona e 2-undecanona associados às folhas poderiam ser úteis na redução do número de lagartas de *H. zea*

---

¹ KENNEDY, G.G. Consequences of modifying biochemically mediate insect resistance in *Lycopersicon* species. In: GREEN, M.B. & HEDIN, P.A., ed. *Natural resistance of plants to pests*. Washington, 1985. p.130-41 (ACS Symposium Series, 296).

sobreviventes nos estágios em que danificam o fruto. Igualmente, na ausência de 2-tridecanona, cultivares com altos níveis de 2-undecanona podem provocar deformações nas pupas de *H. zea*, reduzindo o número de adultos na cultura de tomate. Esta redução pode ser de valor significativo em áreas onde ocorrem, em tomateiro, mais do que uma geração por ano de *H. zea*, podendo, no entanto, ter pequeno valor nas áreas onde a cultura de tomate é danificada por *H. zea* provenientes de outras culturas como, por exemplo, milho.

FARRAR JR. & KENNEDY (1987a) testaram a resistência do tomateiro *L. hirsutum* f. *glabratum* (PI 134417), e *L. esculentum* (cv. Walter) a *H. zea* em folhas com tricomas intactos e removidos. A remoção de tricomas de PI 134417 provocou uma redução na mortalidade das lagartas. Entretanto, comparando a linhagem PI 134417 com tricomas removidos com a cultivar Walter, os autores constataram que a mortalidade de lagartas em PI 134417 ainda foi maior que em *L. esculentum*. PI 134417 com tricomas removidos também provocou redução no peso larval, na taxa de consumo das lagartas assim como redução na eficiência de conversão do alimento ingerido de lagartas de segundo ínstar. Isto evidenciou a presença de fatores de resistência, tanto nos tricomas como na lamela foliar de PI 134417. Segundo os autores, a cultivar Walter também contém fatores de resistência relacionados aos tricomas os quais provocam aumento da mortalidade, redução de peso, bem como a redução da taxa de consumo do segundo ínstar

e da eficiência na conversão do alimento ingerido no quinto instar.

Citando dados de Kennedy¹, FARRAR JR. & KENNEDY (1987b) mencionaram que, nos tricomas da linhagem PI 134417, os aleloquímicos 2-tridecanona e 2-undecanona ocorrem nas concentrações de 0,368 e 0,066% em relação ao peso fresco das folhas, respectivamente. Estes autores avaliaram o desenvolvimento e sobrevivência de *H. zea*, mantida durante toda sua fase larval em dieta artificial contendo 2-tridecanona e 2-undecanona em concentrações variáveis. O 2-tridecanona aumentou a mortalidade larval de *H. zea* nas primeiras 48 horas tanto quando utilizado isoladamente como quando associado ao 2-undecanona. Também provocou alongamento da fase larval e redução no peso e na viabilidade pupal a 0,6% de concentração. O 2-undecanona causou deformação e mortalidade de pupas dessa praga, tanto quando empregado isoladamente, como quando em combinação com 2-tridecanona. Entretanto, o 2-undecanona não provocou nenhum efeito sobre o desenvolvimento de *M. sexta*.

Segundo KENNEDY et al. (1987a), ovos de *H. zea* incubados em folhas de *L. hirsutum* f. *glabratum* (PI 134417), assim como em ambiente contendo o aleloquímico 2-tridecanona, resultaram em lagartas com elevados níveis de tolerância aos efeitos tóxicos da planta, assim como a exposições subsequentes ao 2-tridecanona. Algumas lagartas também se

---

1

KENNEDY, G.G. (dados não publicados)

mostraram tolerantes ao inseticida carbaril. A análise do intestino de lagartas de quinto ínstar indicou que a exposição destas ao 2-tridecanona em dietas artificiais ou em folhas da PI 134417 resultou em níveis significativamente mais elevados de citocromo P-450, quando comparadas às lagartas alimentadas com dietas sem 2-tridecanona ou em folhas de *L. esculentum*, as quais não contêm este composto. Com a remoção dos tricomas glandulares das folhas da PI 134417, as lagartas perderam a capacidade de induzir elevados níveis do citocromo P-450. Estes resultados proporcionaram evidências circunstanciais de que o citocromo P-450 pode estar envolvido na indução à tolerância xenobiótica de lagartas oriundas de ovos expostos ao 2-tridecanona ou a folhas da PI 134417.

FARRAR JR. & KENNEDY (1988) criaram lagartas de *H. zea* em dietas com e sem 2-undecanona, até o quarto ínstar larval, transferindo-as posteriormente para outras dietas contendo ou não este aleloquímico. A ingestão de 2-undecanona, a 0,055%, no quinto ínstar foi necessária e , ao mesmo tempo, suficiente para causar mortalidade e deformação das pupas. A deformação é similar à 'síndrome pupal' associada com a deficiência do ácido linoléico, sugerindo a interferência do 2-undecanona no metabolismo deste ácido. Em folhas de *L. hirsutum* f. *glabratum* (linhagem PI 134417) com e sem tricomas glandulares os autores verificaram uma maior porcentagem de pupas com defeito e maior mortalidade de pupas

no material com tricomas. A mortalidade foi similar àquela observada previamente para pupas oriundas de lagartas alimentadas durante o quinto ínstar em dieta contendo 2-U, indicando que estes efeitos também ocorrem "in planta".

Selecionando linhagens de tomateiro para resistência a *H. zea* e *Trichoplusia ni* (Huebner), SINHA & McLAREN (1989) verificaram que a sobrevivência média de lagartas de *H. zea* após 96 horas em folhas de diferentes cultivares e linhagens selvagens de *Lycopersicon* variou de 0,3% (*L. hirsutum* f. *glabratum*, PI 251304) a 64,5% (*L. hirsutum*, PI 365906). As sete cultivares de *L. esculentum* tiveram uma sobrevivência larval média variando de 32 a 52%. Algumas linhagens selvagens apresentaram resistência a lagartas de *H. zea*. Folhas de plantas de *L. hirsutum* LA 11557, PI 390658, PI 390518 e PI 365908 provocaram uma mortalidade larval, após 96 horas, de 96, 93, 92 e 91%, respectivamente.

FARRAR JR. & KENNEDY (1990) testaram quatro compostos químicos (alfa-tomatina, ácido clorogênico, beta-cariofileno e alfa-humuleno), constituintes do tomateiro selvagem (*L. hirsutum* f. *glabratum*, PI 134417). Estes compostos foram adicionados a uma dieta artificial e avaliados quanto à inibição do desenvolvimento de *H. zea*. Os quatro aleloquímicos causaram pequeno aumento no tempo de desenvolvimento, e, exceto para o ácido clorogênico, pequeno decréscimo no peso das pupas. Isto sugere que essas mudanças

podem ser também pequenas para se ter significância biológica na resistência de plantas. Os resultados sugerem que o método usual de avaliação da inibição do desenvolvimento, através da pesagem dos insetos após um período fixo de alimentação, é inadequado para avaliar a significância biológica dos inibidores de desenvolvimento. Desde que diferenças no peso, após estes períodos de alimentação, nem sempre resultam em mudanças equivalentes no tempo de desenvolvimento ou no peso final do inseto, a avaliação do tempo real de desenvolvimento parece ser mais apropriada.

FARRAR JR. & KENNEDY (1991) avaliaram populações segregantes híbridas obtidas a partir do cruzamento entre a linhagem PI 134417 e a cultivar Walter, quanto a resistência desses materiais a *L. decemlineata* e *H. zea*. Com base nos resultados obtidos, concluíram que a resistência a cada espécie de inseto, baseada em fatores da lamela foliar, é controlada por fatores genéticos separados envolvendo aparentemente mecanismos distintos, embora seja possível que ao menos alguns fatores, sejam importantes para condicionar resistência às duas espécies referidas.

A interação do nível de adubação (NPK) com a resistência do tomateiro a *M. sexta*, *H. zea* e *L. decemlineata* foi estudada por BARBOUR et al. (1991). Os autores concluíram que tanto a resistência da linhagem PI 134417 devido a tricomas como devido a fatores da lamela foliar decresceu com o aumento do nível de adubação. A redução na resistência

devido aos tricomas manifestou-se como um aumento na sobrevivência de *M. sexta* e *L. decemlineata* e em melhores índices nutricionais de *H. zea* (maior eficiência de conversão do ingerido e taxa de consumo relativo), o que foi acompanhado por um concomitante decréscimo na quantidade de 2-tridecanona por tricoma glandular e na densidade do tricoma glandular do tipo VI, que contém 2-tridecanona. O 2-tridecanona é tóxico às três espécies de insetos nos níveis presentes em folhas de PI 134417 em condições normais, isto é, baixos níveis, de adubação.

FELTON & SUMMERS (1993) avaliaram o papel da enzima ascorbato oxidase, presente em plantas como algodão, tomate, soja e outras, na defesa contra *H. zea*. Os autores sugerem que a ascorbato oxidase tem a habilidade de reduzir a disponibilidade do ascorbato para funções nutritivas e antioxidantes. Além disso esta enzima pode também causar injúrias indiretas ao inseto privando-o do ascorbato e/ou danificando as proteínas presentes em sua dieta. Injúrias diretas ao inseto podem resultar da formação de produtos oxidativos e formas ativas de oxigênio. Os resultados sugerem que a oxidação do ascorbato pode ser um importante componente na defesa de plantas através de mecanismos de oxidação.

Trabalhando com *L. hirsutum* f. *glabratum* (PI 134417), *L. esculentum* (cultivar Better Boy), híbridos F_1 (PI 134417 x *L. esculentum*) e RC_1 (F_1 x PI 134417), em condições de campo, FARRAR JR. et al. (1994) confirmaram o potencial de

PI 134417 como fonte de resistência a *H. zea*. Entretanto, os autores alertaram para o fato de que, apesar de provocar uma maior taxa de mortalidade das lagartas de *H. zea* e *Heliothis virescens* (F.), a linhagem PI 134417 possui altos níveis de estimulantes de oviposição, o que faz com que este material, em campo, apresente maior número de ovos e lagartas jovens destes insetos. Portanto, para que os fatores da resistência em PI 134417 a *H. zea* sejam úteis no desenvolvimento de cultivares resistentes, eles devem ser geneticamente distintos dos fatores que resultam em maior oviposição. Os autores também observaram que as taxas de parasitismo de *Trichogramma* spp., *Telenomus sphingis* (Ashmead), *Campoletis sonorensis* (Cameron) e *Cotesia congregata* (Say) foram consistentemente reduzidos em PI 134417. Já o parasitismo de *Cotesia nigriceps* Vireck não foi afetado pelos diferentes genótipos.

JUVIK et al. (1994), trabalhando com outra espécie de tomateiro selvagem, *L. pennellii*, avaliaram o efeito da acilglicose, que é um componente dos exsudatos dos tricomas tipo IV presente nas folhas desta espécie, sobre o comportamento e desenvolvimento de *H. zea* e *Spodoptera exigua* (Huebner). Verificaram um efeito antagônico sobre o desenvolvimento e crescimento de lagartas de ambas as espécies. A exposição a este composto, em dieta artificial e pulverizado em folhas de tomateiro comercial resultou em menor taxa de crescimento, maior duração do ciclo de vida e

reduziu a sobrevivência das duas espécies. Além disto, a acilglicose parece agir como um repelente larval e/ou deterrente alimentar tanto para lagartas recém-eclodidas como de terceiro ínstar. Entretanto, os autores verificaram que este composto estimulou a oviposição de *H. zea*.

3-MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram desenvolvidos no Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos do Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, com a espécie *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), em duas espécies de tomateiro, *Lycopersicon esculentum* (cultivar Santa Cruz Kada AG-373) e *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* (linhagem PI 134417) e em dieta artificial com diferentes concentrações de 2-tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U), aleloquímicos presentes em elevadas concentrações na PI 134417.

3.1. Manutenção da criação estoque de *H. zea*.

As lagartas foram inicialmente obtidas em espigas de milho, em condições de campo, em Piracicaba, e transferidas para laboratório onde foram criadas em "cabelos" e grão de milho, até a pupação. As pupas foram sexadas e transferidas para outros tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm) para emergência dos adultos. Estes, por sua vez, foram colocados

em gaiolas de 28 cm de diâmetro e 40 cm de altura (8 a 16 casais/ recipiente) contendo solução de mel a 10%, por dois dias. Depois foram transferidos para tubos de PVC (cerca de 30 cm de altura e 10 cm de diâmetro) cobertos com tule (preso por elástico) para a realização da postura. Os ovos obtidos foram mantidos em placas de Petri até a eclosão das lagartas, as quais foram transferidas para tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm) contendo a dieta, preparada de acordo com BURTON (1970), onde foi mantida a criação.

3.2.Determinação da sobrevivência das lagartas de *H. zea* sobre folhas de tomateiro comercial

Neste teste foram utilizadas 150 lagartas de *H. zea*, divididas em 30 placas de Petri (5 lagartas/ placa) contendo uma folha de tomateiro cultivar Santa Cruz Kada AG-373, cujo pecíolo foi envolvido por algodão hidrófilo umedecido. As folhas foram trocadas a cada dois dias e a mortalidade das lagartas foi observada diariamente. O laboratório foi mantido à temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. A sobrevivência média foi determinada calculando-se a média ponderada dos dias de sobrevivência.

Este teste foi realizado com o objetivo de estimar o tempo que as lagartas podem sobreviver alimentando-se de tecido foliar, o que, provavelmente, corresponde ao

período que antecede o ataque aos frutos. Assim, os resultados obtidos podem fornecer subsídios para determinar o momento de transferência das lagartas das folhas ou das dietas com aleloquímicos para um hospedeiro alternativo ou para uma dieta padrão (sem aleloquímicos).

3.3. Determinação do efeito de duas espécies de tomateiro na sobrevivência de *H. zea*, durante os primeiros três dias da fase larval

3.3.1. Primeira etapa

Para se determinar o efeito dos aleloquímicos existentes nas folhas do tomateiro selvagem *L. hirsutum* f. *glabratum* sobre *H. zea*, foi avaliada a mortalidade dessa praga durante os três primeiros dias. Para tanto, esse inseto foi mantido no referido material (linhagem PI 134417) e na cultivar comercial Santa Cruz Kada AG 373 (*L. esculentum*) em condições de laboratório (temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas).

Neste ensaio, utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com dois tratamentos e onze repetições. Cada parcela constou de cinco lagartas colocadas em um tubo de vidro (8,5 x 2,5 cm) com uma folha de tomateiro (PI 134417 ou Kada AG 373), tampado com algodão hidrófugo.

As lagartas foram observadas durante três dias, anotando-se diariamente o número de indivíduos mortos.

As comparações entre as médias dos tratamentos foram feitas através do teste de t, ao nível de 5% de probabilidade.

3.3.2. Segunda etapa

Nesta etapa, em mesmas condições ambientais, lagartas recém-eclodidas foram mantidas em folhas de tomateiro, colocadas em vidros contendo água, para que as folhas se mantivessem túrgidas, e cobertas por copos plásticos com pequenos furos na parte superior.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 20 repetições . Cada parcela constou de 5 lagartas, colocadas em uma folha, num total de 100 lagartas por tratamento.

A mortalidade foi avaliada nos segundo e terceiro dias; as análises foram semelhantes às da primeira etapa.

3.4.Desenvolvimento completo de *H. zea* mantida, durante os primeiros quatro dias da fase larval, em dieta artificial contendo 2-T e 2-U.

Os aleloquímicos 2-T e 2-U foram adicionados (isoladamente e conjuntamente) à dieta de Burton. Para o preparo da dieta foram seguidas as técnicas descritas por PARRA (1979), porém, antes de se adicionar os anti-contaminantes, as vitaminas e os aleloquímicos, a dieta foi colocada no liquidificador e agitada até atingir a temperatura de 55⁰C, para evitar degradação e volatilização destes compostos. Após este procedimento as dietas foram rapidamente vertidas em tubos de vidro (8,5 x 2,5cm). A seleção das concentrações dos aleloquímicos utilizadas nas duas etapas foi baseada nos valores em que os mesmos normalmente ocorrem na linhagem PI 134417 (0,368% de 2-T e 0,066% de 2-U, em peso fresco, segundo Kennedy¹, citado por FARRAR JR. & KENNEDY, 1987a). O cálculo das quantidades incorporadas às dietas foi feito considerando-se o peso destas no momento da preparação.

---

¹

Kennedy, G.G. (dados não publicados).

3.4.1. Primeira etapa

Nesta primeira etapa, os tratamentos correspondentes às diferentes concentrações de aleloquímicos foram:

.Dieta 1- 0,20% de 2-T (2,0g diluído em 5 ml de acetona).

.Dieta 2- 0,40% de 2-T (4,0g diluído em 5 ml de acetona).

.Dieta 3- 0,035% de 2-U (0,35g diluído em 5 ml de acetona).

.Dieta 4- 0,070% de 2-U (0,70g diluído em 5 ml de acetona).

.Dieta 5- Testemunha (5 ml de acetona).

Foi usada a acetona como diluente dos aleloquímicos em função do seu baixo poder de evaporação (55°C).

As lagartas de *H. zea* foram criadas nestas dietas durante os primeiros quatro dias de seu desenvolvimento. Após este período foi avaliada a mortalidade, sendo as lagartas sobreviventes transferidas para dieta artificial padrão (sem aleloquímicos) com o objetivo de simular como seria o desenvolvimento do inseto no fruto de tomateiro (dieta padrão) após sua alimentação por quatro dias nas folhas dessa planta (dieta com 2-T e 2-U). A transferência foi feita no interior de uma câmara asséptica

modelo PLANALSUCAR (MENDES, 1980) para evitar contaminações.

O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado constando de 5 tratamentos (dietas) e 50 repetições. Cada parcela foi representada por 1 lagarta mantida em um tubo. O laboratório foi mantido à $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

Foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos:

-Fase larval

.duração da fase

.viabilidade da fase

-Fase pupal

.duração da fase

.viabilidade da fase

.peso das pupas com 24 horas de idade

.porcentagem de deformação

-Fase adulta

.porcentagem de deformação

As comparações entre as médias dos tratamentos foram feitas através do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, com exceção do parâmetro porcentagem de deformação de adultos que não foi analisado estatisticamente. Para a análise da mortalidade das lagartas aos quatro dias de idade foi utilizada transformação raiz quadrada de x.

3.4.2.Segunda etapa

Os tratamentos nesta segunda etapa corresponderam às seguintes concentrações de aleloquímicos:

.Dieta 1- 0,10% de 2-T (1,0g diluído em 5 ml de acetona).

.Dieta 2- 0,018% de 2-U (0,18g diluído em 5 ml de acetona).

.Dieta 3- 0,10% de 2-T mais 0,018% de 2-U (1,0g e 0,18g respectivamente, diluídos em 5 ml de acetona).

.Dieta 4- 0,20% de 2-T mais 0,035% de 2-U (2,0g e 0,35g respectivamente, diluídos em 5 ml de acetona).

.Dieta 5- 0,40% de 2-T mais 0,070% de 2-U (4,0g e 0,70g respectivamente, diluídos em 5 ml de acetona).

.Dieta 6- Testemunha (5 ml de acetona)

Foram adotados os mesmos procedimentos utilizados no item 3.4.1. Nesta segunda etapa, a temperatura mantida no laboratório foi de $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$. As condições de umidade e fotofase foram as mesmas da primeira etapa.

O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado constando de 6 tratamentos (dietas) e 80 repetições. Cada parcela constou de uma lagarta mantida

em um tubo).

Os parâmetros biológicos avaliados foram os mesmos relacionados no item 3.4.1., além da longevidade de adultos não acasalados.

As comparações entre médias de tratamentos foram feitas através do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Para a análise dos dados de porcentagem de adultos com defeito foi utilizada transformação $\log(x+2)$.

3.5.Determinação da dose letal (DL_{50}) do 2-T para lagartas de primeiro ínstar de *H. zea*.

Foi realizada através do método proposto por LIN et al. (1987). Foram feitas aplicações tópicas do 2-T dissolvido em isoctano em lagartas recém-eclodidas utilizando-se uma seringa de Hamilton de 10 μ l, aplicando-se 0,4 μ l por lagarta.

Foram utilizadas doses de 14, 16, 18, 20, 22 e 24 mg de 2-T/ ml de isoctano, ou seja, 5,6; 6,4; 7,2; 8,0; 8,8; 9,6 μ g de 2-T /lagarta, além de uma testemunha (somente isoctano). Cada tratamento constou de 4 repetições com 15 lagartas cada uma.

Os insetos foram mantidos em placas de plástico de 6 cm de diâmetro, contendo "cabelo de milho" como alimento e vedadas com fita crepe. As placas foram mantidas em laboratório a $25 \pm 2^{\circ}$ C. Vinte e quatro horas após

a aplicação foi feita a avaliação da mortalidade.

Para determinação da toxicidade do 2-T foi feita análise de "Probit", determinando-se a DL_{50} e o intervalo de confiança a um nível de 95% de probabilidade.

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1.Determinação da sobrevivência das lagartas de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) sobre folhas de tomateiro comercial

A sobrevivência média das lagartas de *H. zea* sobre folhas de *Lycopersicon esculentum* foi de 3,63 dias, ainda que a possível variação intraespecífica tenha sido bastante elevada, já que 14% das lagartas morreram no primeiro dia, enquanto que 2% da população sobreviveu até o 15^o dia (Tabela 1).

Com base nesta estimativa pode-se concluir que o momento ideal de transferência das lagartas das folhas ou das dietas com aleloquímicos para um hospedeiro alternativo ou para uma dieta padrão (sem aleloquímicos) está entre o terceiro e quarto dia após a inoculação. Este resultado está de acordo com o que foi observado por Wilcox et al.¹, citados por BURKETT et al.(1983), que verificaram que todas as lagartas de *H. zea* provenientes de ovos depositados

---

1

WILCOX, J. ; HOWLAND, A.F.; CAMPBELL, R.E. Investigations of the tomato fruitworm, its seasonal history and methods of control. US. Dep. Tech. Bull. 1147. 47p. 1956.

Tabela 1 - Sobrevivência de lagartas¹ de *H. zea* em folhas de tomateiro cultivar Santa CruzKada AG 373. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

DIAS DE SOBREVIVÊNCIA	LAGARTAS	
	NÚMERO	%
1	129	86,0
2	99	66,0
3	51	34,0
4	31	20,7
5	29	19,3
6	18	12,0
7	17	11,3
8	12	8,0
9	12	8,0
10	9	6,0
11	9	6,0
12	9	6,0
13	6	4,0
14	5	3,3
15	3	2,0

¹ Número inicial : 150

em folhas alcançaram os frutos de tomate no quarto dia. Já SNODDERLY & LAMBDIN (1982) determinaram que a migração larval das folhas para os frutos foi mais pronunciada nas segunda e terceira semanas após a eclosão das lagartas.

4.2.Determinação do efeito de duas espécies de tomateiro na sobrevivência de *H. zea*, durante os primeiros três dias da fase larval.

4.2.1. Primeira etapa

Já na primeira avaliação feita um dia após a infestação das lagartas de *H. zea*, observou-se diferença na mortalidade dos insetos mantidos em *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* (20,0%) e *L. esculentum* (1,8%). Na segunda avaliação, correspondendo ao segundo dia após a infestação, houve um aumento na mortalidade larval nos dois substratos alimentares (29,0% em *L. hirsutum* f. *glabratum* e 12,7% em *L. esculentum*), atingindo em valores acumulados 49,0 e 14,5%, respectivamente. A mortalidade foi ainda maior na terceira avaliação (três dias após a infestação), na qual os valores registrados foram 47,3% em *L. hirsutum* f. *glabratum* e 34,5% em *L. esculentum*. Considerando-se os três dias de avaliação, os valores acumulados atingiram 98,41% e 42,88% em *L. hirsutum* f. *glabratum* e *L. esculentum* respectivamente, os quais diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2 e Figura

1). KENNEDY & YAMAMOTO (1979) verificaram uma mortalidade de 100 % provocada pelo extrato de *L. hirsutum* f. *glabratum*, após 2 horas sobre lagartas de *H. zea*.

4.2.2. Segunda etapa

Observando-se os resultados obtidos para a mortalidade de lagartas de *H. zea* aos 2 e 3 dias de idade (Tabela 3 e Figura 1), constata-se um efeito significativo das espécies de tomateiro sobre o desenvolvimento do inseto logo após dois dias da inoculação das lagartas. Nesta ocasião a mortalidade registrada na cultivar comercial Santa Cruz Kada (*L. esculentum*) foi de 24,0% enquanto no material selvagem (*L. hirsutum* f. *glabratum*) a mortalidade foi significativamente maior (84,0%). Aos três dias de idade, a mortalidade na PI 134417 (*L. hirsutum* f. *glabratum*) chegou a 96,0%, enquanto na cultivar Santa Cruz Kada o valor registrado foi 32,0%.

Estes resultados confirmam aqueles observados na primeira etapa (ítem 4.2.1) onde a mortalidade de lagartas aos três dias de idade, mantidas em folíolos isolados de tomateiro, atingiu 98,41% em *L. hirsutum* f. *glabratum* e 42,88% em *L. esculentum*.

A mudança no método de manutenção das lagartas em folhas de tomateiro permitiu que as folhas se mantivessem mais túrgidas e que o espaço e alimento

Tabela 2 - Mortalidade de lagartas de *H. zea* (durante os três primeiros dias de idade) alimentadas em duas espécies de tomateiro (*L. hirsutum* f. *glabratum*, linhagem PI 134417 e *L. esculentum*, Santa Cruz Kada AG 373). Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fosfatase: 14 horas.

GENÓTIPO DE TOMATEIRO	MORTALIDADE ACUMULADA (%)*		
	DIAS APÓS A INFESTAÇÃO		
	1	2	3
SANTA CRUZ KADA	1.80	14.50	42.88 a
PI 134417	20.00	49.00	98.41 b

* As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Mortalidade de lagartas de *H. zea* aos 2 e 3 dias de idade alimentadas em duas espécies de tomateiro (*L. hirsutum* f. *glabratum*, linhagem PI 134417 e *L. esculentum*, Santa Cruz Kada AG 373). Temperatura: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fosfatase: 14 horas.

GENÓTIPO DE TOMATEIRO	MORTALIDADE ACUMULADA (%) [*]	
	AOS 2 DIAS ²	AOS 3 DIAS ³
SANTA CRUZ KADA	24.00 a	32.00 a
PI 134417	84.00 b	96.00 b

^{*} As médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

² C.V.(%) = 28.56
F = 75.70 **

³ C.V.(%) = 18.04
F = 153.60**

Figura 1- Mortalidade de lagartas de *H. zea* aos 3 dias de idade alimentadas em duas espécies de tomateiro (*L. hirsutum* f. *glabratum*, linhagem PI 134417 e *L. esculentum*, Santa Cruz Kada AG 373). Primeira e segunda etapas. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fosfatase: 14 horas.

disponíveis às lagartas fossem maiores. Ainda assim, a mortalidade em *L. esculentum* manteve-se elevada, apesar de significativamente menor do que em *L. hirsutum* f. *glabratum*. É possível que, além dos problemas relacionados à manipulação das lagartas, esta alta mortalidade também se deva a fatores morfológicos e químicos presentes nas folhas de *L. esculentum*. Dentre os fatores químicos têm sido citados alguns compostos fenólicos, tais como rutina e ácido clorogênico e um glicoalcalóide, alfa-tomatina, que estão presentes em concentrações variáveis nos diversos genótipos de tomateiro e que atuam como inibidores de crescimento de lagartas de *H. zea* (ELLIGER et al., 1981; ISMAN & DUFFEY, 1982 a, b).

A alta mortalidade de *H. zea*, mantida durante três dias em folhas de *L. hirsutum* f. *glabratum* (98,41% na primeira etapa e 96,00% na segunda etapa), confirma os trabalhos de diversos autores que citam esta espécie vegetal como resistente à broca-grande-do-tomateiro (FERY & CUTHBERT JR., 1975; WILLIAMS et al., 1980; FARRAR JR. & KENNEDY, 1987a), assim como a outras espécies de pragas. JUVIK et al. (1982) obtiveram 72 e 88% de mortalidade larval para *Phthorimaea operculella* (Zeller) em *L. hirsutum* f. *glabratum* (LA 407) aos 3 e 14 dias, respectivamente. Também para *Spodoptera littoralis* (Hbn.), *Plusia chalcites* (Esp.) e *Heliothis armigera* (Hbn.), esses autores constataram alta mortalidade em LA 407. DIMOCK & KENNEDY (1983) observaram que

83,3% das lagartas de *H. zea* morreram durante os quatro dias de confinamento em folhas intactas de PI 134417. Esta mortalidade foi significativamente maior do que a mortalidade de 33,9% nos folíolos com tricomas glandulares removidos e de 17,7% observados nas folhas de 'Manapal'. LIN & TRUMBLE (1986) constataram uma mortalidade de 95,0 e 97,5% já no primeiro ínstar de *K. lycopersicella* em folhas de *L. hirsutum* e *L. hirsutum* f. *glabratum*, respectivamente. SINHA & McLAREN (1989) observaram que a sobrevivência média de lagartas de *H. zea*, após 96 horas em folhas de diferentes cultivares e linhagens, variou de 0,3% (*L. hirsutum* f. *glabratum*, PI 251304) a 64,5% (*L. hirsutum*, PI 365906). VENTURA (1992) também observou elevada mortalidade larval de *P. opercullela* (70%) após três dias de manutenção em *L. hirsutum* f. *glabratum* (PI 134417), quando comparada àquela observada em *L. esculentum* (20%).

Considerando-se que o tempo médio de permanência destas lagartas nas folhas, antes de atingirem os frutos, é de três a quatro dias, nota-se a importância do fator de resistência presente nas folhas do material selvagem testado, responsável pela alta mortalidade inicial de *H. zea*.

De acordo com a literatura, existem no tomateiro selvagem (*L. hirsutum* f. *glabratum*), fatores de resistência à *H. zea* ligados tanto aos tricomas glandulares (tipo VI) presentes nas folhas, como ligados à lamela foliar, que corresponde à folha inteira excluindo-se os tricomas

(DIMOCK & KENNEDY, 1983; FARRAR JR. & KENNEDY, 1987a; FARRAR JR. & KENNEDY, 1991).

Na maioria das vezes, os fatores ligados à lamela provocam efeitos negativos nos insetos no decorrer de seu desenvolvimento, não apresentando efeitos agudos (KENNEDY & SORENSON, 1985; FERY & KENNEDY, 1987; KENNEDY & FARRAR JR., 1987; SORENSON et al., 1989).

Já os fatores ligados aos tricomas parecem ter um efeito deletério sobre as diversas espécies de insetos no início de seu desenvolvimento (DIMOCK & KENNEDY, 1983; KENNEDY, 1984; KENNEDY & SORENSON, 1985; KENNEDY et al., 1987b; SORENSON et al., 1989). Esse tipo de resistência assume uma importância maior ainda no caso de *H. zea*, tornando-se importante investigar exatamente quais os fatores ligados aos tricomas que provocam esta elevada mortalidade inicial. Estes fatores poderiam ser incorporados em materiais melhorados de tomateiro.

Segundo WILLIAMS et al. (1980) e DIMOCK et al. (1982), o 2-T, um dos aleloquímicos presentes na PI 134417, não pode ser o único fator responsável pela elevada mortalidade inicial das lagartas de *H. zea*, uma vez que a maioria das lagartas recém-eclodidas não são expostas a doses letais de 2-T. Na maioria das vezes, elas recebem uma dose subletal de 2-T que causa uma paralisação inicial da qual a maioria se recupera em poucas horas. Lagartas recuperadas iniciam a alimentação nas folhas mas morrem após alguns dias

como resultado de novas exposições ao 2-T ou a outros fatores (DIMOCK & KENNEDY, 1983; KENNEDY, 1984).

Já o 2-U, na concentração em que ocorre na PI 134417 não possui toxicidade aguda a lagartas recém-eclodidas (FARRAR JR. & KENNEDY, 1987b). Mas FARRAR JR. & KENNEDY (1988) verificaram que em dietas artificiais, o 2-U aumentou sinergicamente a toxicidade do 2-T a lagartas de *H. zea*. Entretanto, estes autores mantiveram as lagartas em dietas com aleloquímicos durante todo o seu desenvolvimento larval. Como as lagartas de *H. zea* permanecem nas folhas apenas cerca de quatro dias torna-se importante avaliar o efeito da ingestão destes dois aleloquímicos neste período sobre todo o ciclo de desenvolvimento do inseto.

Assim, com base nos resultados obtidos pode-se sugerir que, ao menos em parte, a maior mortalidade de lagartas de *H. zea* na linhagem PI 134417 foi devido à presença dos aleloquímicos 2-T e 2-U, neste material.

4.3.Desenvolvimento completo de *H.zea* mantida, durante os primeiros quatro dias da fase larval, em dieta artificial contendo 2-T e 2-U.

4.3.1.Primeira etapa

A mortalidade de *H. zea* durante os primeiros quatro dias da fase larval diferiu significativamente em função das dietas utilizadas como substrato alimentar.

No tratamento com dieta padrão (sem aleloquímicos), a mortalidade larval, nos primeiros quatro dias, foi de apenas 2,50%, valor este significativamente inferior àqueles obtidos tanto nas dietas em que foi adicionado o aleloquímico 2-T como naqueles em que foi adicionado 2-U. Os insetos mantidos em dieta com 0,20% de 2-T apresentaram uma mortalidade de 62,50%, enquanto que aqueles mantidos em dieta com uma concentração maior do aleloquímico (0,40% de 2-T) apresentaram 75,00% de mortalidade, valor este que não diferiu significativamente daquele obtido para 0,20% de 2-T. Já nas dietas com 2-U as mortalidades foram 27,50% e 35,00% nas concentrações de 0,035 e 0,070%, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Apesar de a mortalidade das lagartas em dietas com 2-U também ser significativamente superior à mortalidade obtida em dieta padrão, ela foi inferior àquela apresentada pelas lagartas em dieta com 0,40% de 2-T, não diferindo, entretanto,

significativamente da dieta com 0,20% de 2-T. Ou seja, ambos os aleloquímicos provocaram um efeito negativo na sobrevivência inicial do inseto, entretanto, o efeito do 2-T foi mais marcante a uma concentração de 0,40% (Tabela 4 e Figura 2).

Esses dados confirmam os efeitos tóxicos de 2-T, citados por WILLIAMS et al. (1980) e DIMOCK et al. (1982) sobre os primeiros dias de desenvolvimento de *H. zea* através de ação de contato e vapor. KENNEDY (1984) expôs lagartas recém-eclodidas de *H. zea* por 6 horas a diferentes concentrações de 2-T (17,0 a 42,4 nmoles/cm²) transferindo-as posteriormente para a dieta de Burton. Após 20 horas, a mortalidade das lagartas variou de 31,5% a 77,0%, sendo maior para as lagartas que haviam sido expostas às maiores concentrações de 2-T. Já para as lagartas que haviam sido expostas previamente a doses subletais de 2-T, as taxas de mortalidade foram significativamente mais baixas após uma segunda exposição ao aleloquímico. Isto evidencia a necessidade, na ausência de outro fator de resistência ao inseto nas folhas do tomateiro, de uma concentração de 2-T suficiente para afetar o inseto após uma única exposição ao aleloquímico.

Após a ingestão deste aleloquímico a uma concentração de no mínimo 0,20%, notou-se um efeito marcante sobre a sobrevivência inicial de *H. zea*. Entretanto, quando expostas separadamente ao 2-T e 2-U, a mortalidade das

Tabela 4 - Mortalidade de lagartas de quatro dias de idade de *H. zea* alimentadas em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2- tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	MORTALIDADE (%) [*]
0,20 % de 2-T	62,50 ab
0,40 % de 2-T	75,00 a
0,035 % de 2-U	27,50 b
0,070 % de 2-U	35,00 ab
Testemunha	2,50 c
C.V.(%) = 39,09%	
F = 12,78**	

^{*} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 2- Mortalidade de lagartas de quatro dias de idade de *H. zea* alimentadas com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

lagartas não foi total quando se considera apenas o período de quatro dias, correspondente ao tempo em que as lagartas de *H. zea* permanecem alimentando-se de folhas antes de penetrarem nos frutos. Isto evidencia a importância de se avaliar o efeito desta exposição no desenvolvimento posterior do inseto.

FARRAR JR. & KENNEDY (1987b) também observaram alta mortalidade de lagartas recém-eclodidas de *H. zea*, após 48 horas em dietas contendo 2-T tanto a 0,3 como a 0,6%. O 2-U, entretanto, tanto a 0,055% como a 0,11%, não afetou a mortalidade das lagartas após 48 horas. Talvez este tempo de exposição menor (48 horas) não tenha sido suficiente para afetar a sobrevivência do inseto, uma vez que os dados do presente ensaio referem-se à avaliação da mortalidade após quatro dias.

Também têm sido relatados efeitos tóxicos de 2-T a outras espécies de insetos, nos primeiros dias de seu desenvolvimento, tais como *M. sexta* (WILLIAMS et al., 1980; DIMOCK & KENNEDY, 1983), *A. gossypii* (WILLIAMS et al., 1980); *K. lycopersicella* e *Spodoptera exigua* (Huebner) (LIN et al., 1987); *P. operculella* (VENTURA, 1992). Além disso, GIUSTOLIN (1991) observou que em todas as dietas em que foi adicionado 2-T (em concentrações variáveis entre 0,15 e 0,30%), quer isoladamente, quer misturado ao 2-U, ocorreu 100% de mortalidade das lagartas de *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick), logo após os primeiros dias de contato das mesmas

com as dietas.

Quanto ao 2-U FARRAR JR. & KENNEDY (1987b) não observaram efeito deste composto, incorporado em dieta artificial, também em concentrações acima daquela em que ocorre nas folhas de PI 134417, na sobrevivência (após 48 horas) e no desenvolvimento de *M. sexta*. Já LIN et al. (1987) observaram que o 2-U mostrou-se tão tóxico quanto o 2-T a lagartas recém-eclodidas de *K. lycopersicella* e *S. exigua* quando aplicado topicamente sobre os insetos, apresentando valores de DL_{50} próximos aos do 2-T. VENTURA (1992) constatou uma menor toxicidade do 2-U a lagartas de primeiro ínstar de *P. operculella* (CL_{50} de 38,76 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ a 27⁰C) do que do 2-T (CL_{50} de 8,63 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), demonstrando que estes compostos são mais tóxicos a este inseto do que a *H. zea*.

A duração da fase larval também diferiu significativamente em função das diferentes concentrações de aleloquímicos contidos nas dietas fornecidas durante os primeiros quatro dias às lagartas de *H. zea* (Tabela 5 e Figura 3).

Observa-se um alongamento da fase larval dos indivíduos previamente mantidos na dieta contendo a maior concentração de 2-U, ou seja, 0,070% (29,80 dias) em relação à dieta padrão cuja duração da fase larval foi de 26,20 dias. A duração média da fase larval no tratamento com menor concentração de 2-U (0,035%) foi de 28,67 dias, valor este que não diferiu significativamente daquele observado para

Tabela 5 - Duração (dias) da fase larval de *H. zea* alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2 - undecanona (2-U). Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	MÉDIA*	INTERVALO DE VARIAÇÃO
0,20 % de 2-T	25.33 c	25 - 26
0,40 % de 2-T	24.67 c	23 - 26
0,035 % de 2-U	28.67 ab	24 - 33
0,070 % de 2-U	29.80 a	23 - 38
Testemunha	26.20 bc	23 - 34
C.V.(%) = 10,30%		
F = 9,48**		

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 3- Duração da fase larval de *H. zea* alimentadas, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais, com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

dieta com 0,070% de 2-U, mas também não diferiu da duração média da testemunha. Em um substrato alimentar em que a fase larval de um inseto torna-se mais prolongada, tende a ocorrer uma redução no número de gerações desse inseto, em um determinado período, bem como um aumento do período em que o inseto fica sujeito aos inimigos naturais e aos fatores do ambiente, o que normalmente irá se refletir em uma redução dos prejuízos causados.

Já o 2-T não afetou a duração da fase larval em nenhuma das concentrações testadas. Os valores apresentados pelos indivíduos previamente mantidos em dieta com 2-T (25,33 dias para 0,20% de 2-T e 24,67 dias para 0,40% de 2-T) não foram significativamente diferentes daquele apresentado pela testemunha, sendo, entretanto significativamente inferiores àqueles valores observados nos tratamentos com 2-U. Apesar de as lagartas mantidas durante os primeiros dias em dieta com 2-T terem apresentado uma mortalidade superior àquela verificada nos outros tratamentos, as poucas lagartas sobreviventes apresentaram uma duração da fase larval menor, ou seja, as lagartas alimentadas com doses subletais de 2-T apresentaram um desenvolvimento larval normal em relação à testemunha.

KENNEDY (1984) relatou que a exposição a doses subletais de 2-T aparentemente induz a ação de uma enzima oxidativa a qual desintoxica a lagarta de *H. zea* (em relação ao 2-T) permitindo que esta se recupere e volte a se

alimentar. Uma vez recuperada, a lagarta está apta e tolerante a novas exposições desse composto. De acordo com DIMOCK & KENNEDY (1983) e KENNEDY (1984) apenas cerca de 20% das lagartas recém-eclodidas intoxicadas inicialmente morrem sem se recuperar. Este valor está bem abaixo dos 62,50% e 75,00% de mortalidade inicial observados no presente ensaio para dietas com 0,20 e 0,40% de 2-T, respectivamente. Esta maior mortalidade pode ser devida à ingestão do aleloquímico, além do maior tempo de contato com o mesmo.

Em relação ao 2-U, FARRAR JR. & KENNEDY (1987b), contrariamente, não observaram efeito deste composto nas concentrações de 0,055 e 0,11% sobre a duração da fase larval, mesmo tendo mantido as lagartas durante toda a fase larval em dietas com o aleloquímico. Observaram, entretanto, um alongamento da fase larval na dieta com 0,6% de 2-T o que não ocorreu no presente ensaio em que as lagartas foram mantidas em dietas com concentrações inferiores (0,20% e 0,40%) e durante apenas quatro dias.

A viabilidade de toda a fase larval de *H. zea* também foi afetada significativamente pelas diferentes concentrações de 2-T e 2-U (Tabela 6 e Figura 4). A viabilidade foi reduzida significativamente pelas dietas contendo 2-T nas concentrações de 0,20 e 0,40% (25,0 e 15,0%, respectivamente), enquanto na dieta padrão a viabilidade foi de 63,5%. Já as lagartas alimentadas inicialmente nas dietas contendo 2-U tiveram sua viabilidade reduzida apenas na

Tabela 6 - Viabilidade da fase larval de *H. zea* alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2 - undecanona (2-U). Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	VIABILIDADE (%) [*]
0,20 % de 2-T	25,0 ab
0,40 % de 2-T	15,0 a
0,035 % de 2-U	55,0 bc
0,070 % de 2-U	28,5 ab
Testemunha	63,5 c
C.V.(%) = 34,46 %	
F = 7,18**	

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

^{*} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 4- Viabilidade da fase larval de *H. zea* alimentadas, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

concentração mais elevada do aleloquímico, ou seja, 0,070% (28,5% de viabilidade), em relação àquelas mantidas durante toda sua fase larval em dieta sem aleloquímicos. A viabilidade das lagartas que se alimentaram inicialmente de dieta contendo 0,035% de 2-U (55,00%) não diferiu significativamente daquela observada na testemunha nem daquela observada no tratamento com 0,070% de 2-U, apresentando um valor intermediário.

Por outro lado, comparando-se os efeitos dos dois aleloquímicos sobre a viabilidade de toda a fase larval, nota-se que a redução na viabilidade provocada por 0,070% de 2-U foi semelhante àquela provocada pelas dietas com 2-T, não havendo diferenças significativas entre as viabilidades apresentadas nestes tratamentos. Comparando-se os dados de viabilidade larval com aqueles de mortalidade até o quarto dia de idade das lagartas, observa-se que foi mantida a mesma tendência, apesar de o tratamento com 0,035% de 2-U, cuja mortalidade até o quarto dia foi significativamente maior que da testemunha, apresentar uma viabilidade de toda a fase larval que não diferiu da testemunha. A exposição a uma menor concentração de 2-U não foi suficiente para provocar a morte das lagartas sobreviventes quando não estavam mais em contato com o composto. GIUSTOLIN (1991) também observou para *S. absoluta* uma redução na viabilidade larval do inseto mantido em dieta com 0,06% de 2-U. Já o 2-U em menor concentração até favoreceu o inseto, provocando um aumento na

viabilidade larval, em relação à dieta sem aleloquímico.

Quanto à duração da fase pupal de *H. zea*, esta não foi afetada significativamente em função das dietas testadas. A alimentação das lagartas durante os quatro primeiros dias em dietas tanto com 2-T como com 2-U não provocou efeito sobre a duração da fase pupal daqueles indivíduos que sobreviveram aos efeitos dos mesmos aleloquímicos sobre a fase larval. Os valores médios de duração da fase pupal de *H. zea* provenientes de lagartas alimentadas nas diferentes dietas variaram de 16,00 a 17,40 dias (Tabela 7).

Já em relação ao peso das pupas, observa-se que houve uma redução significativa no peso daquelas provenientes de lagartas alimentadas na dieta contendo 0,070% de 2-U (Tabela 8 e Figura 5). O peso médio das pupas provenientes deste tratamento foi de 292,41 mg, valor significativamente menor do que o peso das pupas provenientes da testemunha (dieta padrão) que foi de 361,99 mg. Já pupas provenientes de lagartas alimentadas inicialmente em dieta com menor concentração de 2-U (0,035%) apresentaram um peso intermediário (340,22 mg) em relação àquelas dos tratamentos com 0,070% de 2-U e sem aleloquímicos, não diferindo significativamente de nenhum desses dois tratamentos. Nas dietas com 2-T, os pesos das pupas foram de 353,23mg (a 0,20%) e 384,44mg (a 0,40%), não se registrando diferenças entre os mesmos em relação ao obtido na testemunha. De acordo

Tabela 7 - Duração (dias) da fase pupal de *H. zea* provenientes de lagartas alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2 - undecanona (2-U).

Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	MÉDIA *	INTERVALO DE VARIAÇÃO
0,20 % de 2-T	16,00 a	16 - 16
0,40 % de 2-T	16,33 a	16 - 17
0,035 % de 2-U	17,20 a	15 - 20
0,070 % de 2-U	17,40 a	16 - 18
Testemunha	16,60 a	13 - 20
C.V.(%) = 8,65%		
F = 2,5939 ^{ns}		

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 8 - Peso (mg) das pupas de *H.zea* provenientes de lagartas alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2 - undecanona (2-U). Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	MÉDIA *	INTERVALO DE VARIAÇÃO
0,20 % de 2-T	353,23 a	309,5 - 413,8
0,40 % de 2-T	384,44 a	357,2 - 434,2
0,035 % de 2-U	340,22 ab	149,8 - 360,4
0,070 % de 2-U	292,41 b	116,3 - 433,7
Testemunha	361,99 a	254,6 - 430,5
C.V.(%) = 16,879 %		
F = 5,1431**		

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 5 - Peso das pupas de *H. zea* provenientes de lagartas alimentadas, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2 - undecanona (2-U). Primeira etapa: Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

com dados de FARRAR JR. & KENNEDY (1987b), o 2-T a 0,3% também não afetou o peso pupal de *H. zea*, o que, no entanto, foi observado a uma concentração mais elevada (0,6%). Esta concentração foi maior do que a concentração mais alta testada neste experimento. Além disso as lagartas foram mantidas em dieta contendo 2-T por todo o seu período larval. Isto indica que o 2-T pode afetar o peso pupal apenas em concentrações superiores àquelas em que ocorre em *L. hirsutum* f. *glabratum* que, segundo os mesmos autores é de 0,368%. Além disso, estes autores não observaram redução do peso das pupas nas dietas com 2-U, mesmo à concentração de 0,11%, contrariando os dados aqui obtidos com o 2-U a 0,070% que afetou este parâmetro biológico.

Embora as porcentagens de pupas com defeito nas dietas contendo 0,035 e 0,070% de 2-U tenham sido elevadas (33,32 e 46,64%, respectivamente), elas não diferiram significativamente do valor registrado na testemunha (15,00%). Já nas duas dietas preparadas com 2-T estes valores também não diferiram do observado na testemunha, porém foram estatisticamente inferiores aos valores obtidos nas dietas com 2-U (Tabela 9). FARRAR JR. & KENNEDY (1987b) também verificaram que as dietas com 2-T não provocaram aumento no número de pupas com defeito mesmo em concentrações mais elevadas (0,6%) e mesmo considerando-se que os insetos haviam sido mantidos durante todo o seu período larval nesta dieta com 2-T. Quanto ao efeito de

Tabela 9 - Porcentagem de pupas de *H. zea* com defeito provenientes de lagartas alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2 - undecanona (2-U). Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	PUPAS COM DEFEITO (%)*
0.20 % de 2-T	0.00 b
0,40 % de 2-T	0,00 b
0,035 % de 2-U	33,32 a
0,070 % de 2-U	46,64 a
Testemunha	15.00 a b
C.V.(%) = 48,18 %	
F = 10,25	

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

dietas com 2-U os autores observaram que este aleloquímico provocou um aumento significativo no número de pupas deformadas quando incorporado em uma concentração de 0,11% (75% de pupas deformadas) não registrando efeito na dieta a 0,055%, mesmo que as lagartas tenham sido mantidas por toda a fase larval em dieta com 2-U. FARRAR JR. & KENNEDY (1988) constataram um aumento no número de pupas com defeito (28,9%) apenas quando as lagartas haviam sido mantidas em dieta com 0,055% de 2-U até o quinto ínstar larval. Isto confirma os resultados obtidos que demonstram ser insuficiente o fornecimento a *H. zea* de 2-U a 0,070% apenas durante os quatro primeiros dias da fase larval para provocar aumento significativo no número de pupas deformadas. Considerando que o tomateiro selvagem apresenta cerca de 0,066% de 2-U (FARRAR JR. & KENNEDY, 1987b) em suas folhas, pode-se dizer que esta concentração de 2-U, isoladamente, é insuficiente para provocar deformação pupal. GIUSTOLIN (1991) também não observou aumento na porcentagem de deformação das pupas provenientes de lagartas que se alimentaram em dietas contendo 2-U, tanto a 0,03 como a 0,06%.

A viabilidade da fase pupal foi afetada significativamente pelos diferentes tratamentos (Tabela 10 e Figura 6). No tratamento contendo 0,035% de 2-U a viabilidade pupal observada foi de 31,25%, significativamente inferior à viabilidade apresentada pela testemunha (75,00%). Já no tratamento com maior concentração de 2-U (0,070%) a

Tabela 10 - Viabilidade da fase pupal de *H. zea* provenientes de lagartas alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2 - undecanona (2-U).

Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	VIABILIDADE (%) [*]
0,20 % de 2-T	66,70 ab
0,40 % de 2-T	75,00 a
0,035 % de 2-U	31,25 b
0,070 % de 2-U	50,00 ab
Testemunha	75,00 a
C.V.(%) = 32,04 %	
F = 3,8965**	

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

^{*} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 6- Viabilidade da fase pupal de *H. zea* provenientes de lagartas alimentadas, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

viabilidade (50,00%) foi intermediária em relação àquela obtida no tratamento com 0,035% de 2-U e na testemunha, não diferindo estatisticamente de nenhuma das duas. A viabilidade das pupas provenientes de lagartas alimentadas inicialmente com 2-T a 0,20% e 0,40% (66,70% e 70,00%) não diferiu significativamente da viabilidade apresentada pelas pupas provenientes de lagartas que foram mantidas inicialmente em dieta padrão. Comparando-se os tratamentos com 2-T com aqueles com 2-U, observa-se que apenas a viabilidade obtida no tratamento com 0,40% de 2-T foi significativamente superior à viabilidade do tratamento com 0,035% de 2-U. Comparando-se os dados de viabilidade pupal com os relativos à porcentagem de pupas com defeito, constata-se, como era esperado, que nos tratamentos com 2-U em que se verificou maior porcentagem de pupas com defeito, foram observadas as menores viabilidades pupais.

Observa-se, ainda, por outro lado, que justamente nos tratamentos em que se verificou redução na viabilidade larval (tratamentos com 2-T e com 0,070% de 2-U), não se constatou efeito na viabilidade pupal. Isto pode ser devido a uma seleção natural durante a fase de alimentação das lagartas, fazendo com que as poucas pupas formadas nestes tratamentos estivessem mais aptas à formação de adultos. Estes indivíduos selecionados podem ter sido aqueles com maior capacidade de tolerância e posterior desintoxicação das doses dos aleloquímicos. No tratamento com concentração

inferior de 2-U (0,035%) a viabilidade larval não diferiu da viabilidade da testemunha, mas também não diferiu daquela obtida em 0,070% de 2-U, assumindo um valor intermediário. Assim, esta concentração menor, que não foi suficiente para reduzir a viabilidade na fase larval, acabou por manifestar seus efeitos em um estágio posterior do desenvolvimento do inseto, reduzindo a viabilidade pupal. Um efeito negativo de dietas contendo 2-U sobre a viabilidade pupal de *H. zea* também foi observado por FARRAR JR. & KENNEDY (1987b). Já FARRAR JR. & KENNEDY (1988), que mantiveram lagartas de *H. zea* em dieta com 0,055% de 2-U durante os primeiros quatro instares, transferindo-as, no quinto instar, para uma dieta padrão, não observaram efeito sobre a viabilidade pupal. Somente quando as lagartas foram mantidas em dieta com 2-U até o quinto instar larval é que foi observado um aumento significativo na mortalidade pupal. Para a traça *S. absoluta*, GIUSTOLIN (1991) não observou efeito do 2-U sobre a viabilidade pupal.

Quanto à porcentagem de adultos com defeito (Tabela 11), observa-se que a presença de insetos com alterações morfológicas só foi constatada na dieta com 0,070% de 2-U, na qual foram observados 11,11% de adultos com defeito.

Tabela 11 - Porcentagem de adultos de *H. zea* com defeito provenientes de lagartas alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2- tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Primeira etapa. Temperatura: $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	ADULTOS COM DEFEITO (%)*
0,20 % de 2-T	0,00
0,40 % de 2-T	0,00
0,035 % de 2-U	0,00
0,070 % de 2-U	11,11
Testemunha	0,00

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

* Dados não analisados estatisticamente.

4.3.2. Segunda etapa

Também na segunda etapa, a mortalidade das lagartas após manutenção por quatro dias em dieta artificial com diferentes concentrações de 2-T e 2-U foi afetada significativamente pelos diferentes tratamentos (Tabela 12 e Figura 7).

Verificou-se um aumento significativo na mortalidade das lagartas mantidas em dietas contendo uma mistura dos aleloquímicos 2-T e 2-U nas concentrações de 0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U (82,50%) e de 0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U (95,00%) em relação à mortalidade das lagartas mantidas em dieta padrão (2,50%). A dieta contendo apenas 0,10% de 2-T também provocou uma mortalidade significativamente maior (16,25%) do que na testemunha. Entretanto, este valor foi significativamente menor do que a mortalidade nos tratamentos contendo 2-U e 2-T misturados nas maiores concentrações (0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U e 0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U). Quanto às mortalidades apresentadas pelas lagartas mantidas nas dietas com 0,018% de 2-U (3,75%) e com 0,10% de 2-T + 0,018% de 2-U (7,50%), estas não diferiram significativamente daquela obtida em dieta padrão, sendo que a mortalidade do tratamento com 0,10% de 2-T + 0,018% de 2-U também não diferiu daquela observada para 0,10% de 2-T.

Tabela 12 - Mortalidade de lagartas de quatro dias de idade de *H. zea* alimentadas em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2- tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Segunda etapa. Temperatura: $28 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	MORTALIDADE (%) [*]
0,10% de 2-T	16,25 b
0,018% de 2-U	3,75 a
0,10% de 2-T + 0,018% de 2-U	7,50 ab
0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U	82,50 c
0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U	95,00 d
Testemunha	2,50 a
C.V.(%) = 12,537 %	
F = 213,99**	

^{*} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 7- Mortalidade de lagartas de quatro dias de idade de *H. zea* alimentadas em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Segunda etapa. Temperatura: $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

Comparando-se os resultados obtidos nas duas etapas observa-se que a viabilidade das lagartas seria afetada antes delas atingirem o fruto, tanto pelo 2-T isoladamente quanto pelo 2-T associado ao 2-U a uma concentração de 0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U ou mais. Apesar do 2-T a 0,10% provocar um aumento na mortalidade das lagartas com quatro dias de idade em relação à dieta sem aleloquímico, a mortalidade ocasionada nesta concentração (16,25%) é bem menor do que nas concentrações superiores, ou seja, de 0,20% e 0,40%, que provocaram 62,50 e 75,00% de mortalidade, respectivamente (Tabela 4). Já o 2-U isoladamente só afetaria o inseto, antes de o mesmo atingir o fruto, quando presente na concentração de 0,035% ou mais (27,50% e 35,50%). Os valores de mortalidade observados para as dietas contendo os dois aleloquímicos, conjuntamente, em suas concentrações mais elevadas (0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U e 0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U) foram superiores àqueles valores observados para cada um dos aleloquímicos na mesma concentração. FARRAR JR. & KENNEDY (1987b) também observaram que a mortalidade de lagartas em dieta com 2-T e 2-U (0,3% de 2-T + 0,055% de 2-U) foi maior do que aquela apresentada por lagartas mantidas em dieta contendo os dois aleloquímicos isoladamente, nas mesmas concentrações. Entretanto, o efeito observado por estes autores foi menos marcante (apenas 27% de mortalidade em dieta com os dois aleloquímicos). Isto pode ser devido ao fato de a avaliação ter sido feita após um

menor período de tempo (48 horas). Para *M. sexta*, os mesmos autores observaram que o 2-U não afetou o inseto, nem mesmo na concentração mais elevada (0,11% de 2-U), em relação à qualquer dos parâmetros avaliados, sugerindo que apenas o 2-T está envolvido na resistência a esse inseto.

Para *S. absoluta*, GIUSTOLIN (1991) constatou que somente o 2-T incorporado à dieta já foi suficiente para provocar a mortalidade total das lagartas logo nos primeiros dias, independente da presença de 2-U.

Já em estudos com *K. lycopersicella* e *S. exigua*, LIN et al. (1987) avaliaram a toxicidade aguda de 2-T e 2-U através de aplicações tópicas destes compostos em lagartas recém-eclodidas. Verificaram que a aplicação de misturas dos dois compostos provocou uma potenciação dos efeitos destes dois aleloquímicos, em relação aos efeitos de cada um deles. A DL_{50} , para ambas as espécies, da mistura de 2-T + 2-U, foi menor do que aquela observada para cada aleloquímico isoladamente.

Através da Tabela 13, constata-se que nas menores concentrações de 2-T (0,10%) e 2-U (0,018%), incorporados às dietas isoladamente ou misturados, não houve efeito na duração da fase larval, já que os valores registrados (variáveis entre 18,05 e 18,71 dias) não diferiram daquele verificado na testemunha (17,40 dias). O efeito dos tratamentos contendo 0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U e 0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U, por outro lado, não pôde ser

Tabela 13 - Duração (dias) da fase larval de *H. zea* alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2- tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Segunda etapa. Temperatura: $28 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	MÉDIA*	INTERVALO DE VARIAÇÃO
0,10% de 2-T	18,31 a	15 - 23
0,018% de 2-U	18,71 a	14 - 33
0,10% de 2-T + 0,018% de 2-U	18,05 a	14 - 25
0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U	-----	-----
0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U	-----	-----
Testemunha	17,40 a	14 - 33
C.V.(%) = 8,36 %		
F = 1,039 ^{ns}		

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

determinado, quanto a este parâmetro, uma vez que no primeiro tratamento não sobreviveu nenhuma lagarta e no segundo sobreviveram apenas duas lagartas. FARRAR JR. & KENNEDY (1987b) observaram um alongamento da fase larval na dieta contendo os dois aleloquímicos, a uma concentração de 0,3% de 2-T + 0,055% de 2-U, em relação à dieta padrão e à dieta contendo apenas 2-U.

A viabilidade de toda a fase larval diferiu significativamente em função das dietas testadas (Tabela 14 e Figura 8). Nos tratamentos em que foram fornecidas, durante os quatro primeiros dias da fase larval, dietas contendo os dois aleloquímicos misturados nas maiores concentrações (0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U e 0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U) observa-se que a viabilidade larval foi drasticamente reduzida (0,0% e 2,5%, respectivamente), como consequência da elevada mortalidade observada já aos quatro dias após a inoculação das lagartas nas dietas. Já nos tratamentos contendo os dois aleloquímicos nas menores concentrações (0,10% de 2-T e 0,018% de 2-U) adicionados às dietas, tanto isoladamente como misturados, não houve diferença quanto à viabilidade larval tanto entre os tratamentos como em relação à testemunha (dieta padrão).

Comparando-se estes resultados com aqueles obtidos na primeira etapa (Tabela 6), observa-se que o 2-T, nas mesmas concentrações, só que presente isoladamente, também afetou a viabilidade larval, assim como o 2-U a

Tabela 14 - Viabilidade da fase larval de *H. zea* alimentadas¹, durante os primeiros quatro.

dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2-undecano-na (2-U). Segunda etapa. Temperatura: $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	VIABILIDADE (%) [*]
0,10% de 2-T	57,5 a
0,018% de 2-U	60,0 a
0,10% de 2-T + 0,018% de 2-U	70,0 a
0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U	0,0 b
0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U	2,5 b
Testemunha	67,80 a
C.V.(%) = 35,684 %	
F = 36,28	

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

^{*} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 8- Viabilidade da fase larval de *H. zea* alimentadas, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2-tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Segunda etapa. Temperatura: $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

0,070%. Entretanto, nas dietas contendo os dois aleloquímicos misturados, o efeito dos compostos na sobrevivência larval foi mais pronunciado, evidenciando a ação sinérgica dos mesmos.

A duração da fase pupal não foi afetada pelos diferentes tratamentos testados (Tabela 15). As concentrações mais baixas de ambos os aleloquímicos presentes nas dietas separadamente ou conjuntamente não provocaram efeito sobre a duração da fase pupal, que variou de 13,13 a 14,30 dias. De acordo com os dados obtidos na primeira etapa (Tabela 7), verifica-se que mesmo as dietas contendo cada um dos aleloquímicos em concentrações mais elevadas (0,20 e 0,40% de 2-T e 0,035 e 0,070% de 2-U) não afetaram este parâmetro biológico.

Nota-se uma diferença quanto à duração do período de desenvolvimento do inseto entre as duas etapas de realização do experimento. Na segunda etapa, os valores de duração tanto da fase larval como pupal, em todos os tratamentos, foram inferiores àqueles obtidos na primeira etapa, inclusive nas testemunhas. Isto provavelmente ocorreu devido a maior temperatura mantida no laboratório na segunda etapa (28°C), em relação à primeira etapa (25°C), o que provocou uma aceleração no desenvolvimento do inseto.

O peso das pupas também não foi afetado pelos aleloquímicos presentes nas dietas testadas nesta segunda etapa (Tabela 16). Os valores médios observados variaram de

Tabela 15 - Duração (dias) da fase pupal de *H. zea* provenientes de lagartas alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2- tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U).

Segunda etapa. Temperatura: $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	MÉDIA *	INTERVALO DE VARIAÇÃO
0,10% de 2-T	14,30 a	12 - 16
0,018% de 2-U	13,13 a	6 - 16
0,10% de 2-T + 0,018% de 2-U	13,97 a	7 - 17
0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U	-----	-----
0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U	-----	-----
Testemunha	14,29 a	7 - 19
C.V.(%) = 7,133 %		
F = 2,16 ^{ns}		

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 16 - Peso (mg) das pupas de *H. zea* provenientes de lagartas alimentadas¹, durante os primeiros quatros dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2- tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Segunda etapa. Temperatura: $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	MÉDIA*	INTERVALO DE VARIAÇÃO
0,10% de 2-T	477,10 a	365,1 - 584,2
0,018% de 2-U	493,60 a	387,7 - 618,2
0,10% de 2-T + 0,018% de 2-U	485,63 a	362,3 - 693,2
0,2%0 de 2-T + 0,035% de 2-U	-----	-----
0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U	-----	-----
Testemunha	476,04 a	381,6 - 546,9
C.V.(%) = 4,778 %		
F = 1,01 ^{ns}		

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

476,04 a 493,60 mg entre os diferentes tratamentos. Considerando-se os dados obtidos nas duas etapas do experimento, constata-se que apenas a dieta com 2-U na maior concentração (0,070%) (Tabela 8) causou redução no peso das pupas (primeira etapa). Já o 2-T não afetou o peso pupal em nenhuma das concentrações testadas.

Comparando-se os pesos das pupas na testemunha, das duas etapas, verifica-se que, o valor médio foi mais elevado, na segunda etapa. É possível que isto se deva à diferença na população de insetos utilizados já que na segunda etapa, as lagartas eram provenientes de uma população mantida em dieta artificial por apenas uma geração, enquanto que na primeira etapa os insetos já estavam sendo criados em laboratório por 3 ou 4 gerações. A criação de um inseto por gerações sucessivas em dieta artificial pode afetar o seu vigor e consequentemente reduzir o peso das pupas. Segundo PARRA (1986), para avaliar a qualidade de um inseto em gerações sucessivas podem ser avaliadas características biológicas como capacidade de postura, eclosão, peso e deformação de pupas e porcentagem de adultos deformados.

FARRAR JR. & KENNEDY (1987b) observaram uma redução no peso das pupas provenientes de lagartas de *H. zea* que haviam sido mantidas durante todo o período larval em dieta com 0,3% de 2-T + 0,055% de 2-U, enquanto estes compostos, testados isoladamente, nas mesmas concentrações, não afetaram o peso pupal.

Tabela 17 - Porcentagem de pupas de *H. zea* com defeito provenientes de lagartas alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2- tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Segunda etapa. Temperatura: $28 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	PUPAS COM DEFEITO (%)*
0,10% de 2-T	11,25 a
0,018% de 2-U	7,00 a
0,10% de 2-T + 0,018% de 2-U	10,00 a
0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U	-----
0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U	-----
Testemunha	6,25 a
C.V.(%) = 87,064 %	
F = 0,72 ^{ns}	

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A porcentagem de pupas de *H. zea* com defeito não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 17), variando de 6,25% a 11,25%. Avaliando a porcentagem de pupas com defeito provenientes de lagartas de *H. zea* mantidas durante todo o estágio larval em dietas com 2-T e 2-U, FARRAR JR. & KENNEDY (1987b) observaram que o tratamento com 0,3% de 2-U + 0,055% de 2-T aumentou a porcentagem de pupas deformadas em relação à dieta sem aleloquímicos.

Também em relação à viabilidade da fase pupal não foi registrada diferença estatística entre as médias dos diferentes tratamentos, que variaram de 70,48 a 85,10% (Tabela 18). De acordo com os dados da primeira etapa, referentes a este parâmetro, nota-se que mesmo o fornecimento de dietas com maiores concentrações de 2-T e 2-U nos primeiros quatro dias da fase larval, não afetou a viabilidade da fase pupal de *H. zea*. Entretanto, após manutenção por todo estágio larval de *H. zea* em dieta com 2-T + 2-U (0,3% e 0,055%, respectivamente) FARRAR JR. & KENNEDY (1987b) observaram um aumento significativo na mortalidade de pupas tanto em relação à dieta padrão como em relação às dietas contendo os dois aleloquímicos isoladamente.

Em relação à porcentagem de adultos com defeito também não foi constatada diferença significativa entre os tratamentos, sendo os valores obtidos variáveis entre 3,73 e 12,58 % (Tabela 19). O mesmo já havia sido

Tabela 18 - Viabilidade da fase pupal de *H. zea* provenientes de lagartas alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2- tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Segunda etapa. Temperatura: $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	VIABILIDADE (%) [*]
0,10% de 2-T	70,48 a
0,018% de 2-U	78,69 a
0,10% de 2-T + 0,018% de 2-U	77,85 a
0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U	-----
0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U	-----
Testemunha	85,10 a
C. V. (%) (%) = 21,149 %	
F = 1,051 ^{ns}	

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

^{*} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19 - Porcentagem de adultos de *H. zea* com defeito provenientes de lagartas alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2- tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Segunda etapa. Temperatura: $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	ADULTOS COM DEFEITO (%)*
0,10% de 2-T	12,58 a
0,018% de 2-U	3,73 a
0,10% de 2-T + 0,018% de 2-U	4,61 a
0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U	-----
0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U	-----
Testemunha	9,80 a
C.V.(%) = 50,996 %	
F = 1,29 ^{ns}	

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

observado na primeira etapa em relação às dietas com concentrações mais elevadas dos aleloquímicos.

A longevidade de adultos oriundos de lagartas alimentadas em dietas artificiais com diferentes concentrações de 2-T e 2-U não diferiu significativamente, variando entre 5,63 e 7,56 dias (Tabela 20).

4.3.3.Considerações gerais

Com base nos resultados obtidos nas duas etapas, verifica-se que o aleloquímico 2-T afeta a viabilidade larval nos primeiros quatro dias de desenvolvimento do inseto, quando incorporado à dieta artificial isoladamente, mesmo a uma concentração de 0,10%, sendo o seu efeito mais pronunciado em concentrações maiores (0,20% ou mais). Também reduz a viabilidade nos quatro primeiros dias quando associado ao 2-U, a uma concentração de 0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U e 0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U.

O aleloquímico 2-U, quando incorporado à dieta artificial isoladamente, também afeta a viabilidade das lagartas nos primeiros quatro dias a uma concentração mínima de 0,035%, sendo, entretanto, os efeitos do 2-T (concentração de 0,20% ou mais) mais marcantes.

O 2-T reduz a viabilidade total da fase larval nas concentrações de 0,20 e 0,40%. O 2-U reduz a viabilidade total da fase larval a uma concentração de 0,070%. O 2-T

Tabela 20 - Longevidade (dias) de adultos de *H. zea* provenientes de lagartas alimentadas¹, durante os primeiros quatro dias, em dietas artificiais com diferentes concentrações dos aleloquímicos 2- tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U). Segunda etapa. Temperatura: $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase: 14 horas.

CONCENTRAÇÃO DE ALELOQUÍMICO	MÉDIA [*]	INTERVALO DE VARIAÇÃO
0,10% de 2-T	6,81 a	1 - 12
0,018% de 2-U	6,15 a	1 - 14
0,10% de 2-T + 0,018% de 2-U	7,56 a	2 - 15
0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U	-----	-----
0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U	-----	-----
Testemunha	5,63	1 - 14
C.V.(%) = 26,166 %		
F = 1,71 ^{ns}		

¹ Transferida para a dieta padrão (sem aleloquímicos) no quarto dia.

^{*} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

associado ao 2-U reduz a viabilidade da fase larval a uma concentração de 0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U e 0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U.

Além disso, o 2-U provoca alongamento da fase larval e redução no peso das pupas a 0,070% e redução na viabilidade pupal a 0,035%.

De modo geral, pode-se dizer que o 2-T, nas concentrações próximas àquela em que ocorre em *L. hirsutum* f. *glabratum*, afeta o inseto logo nos primeiros dias de seu desenvolvimento, provocando elevada mortalidade. Aqueles poucos indivíduos sobreviventes, entretanto, não serão mais afetados, desenvolvendo-se normalmente até atingir a fase adulta. Já o 2-U provoca menor mortalidade inicial das lagartas, afetando as sobreviventes nos períodos subsequentes, provocando alongamento da fase larval, redução no peso das pupas e viabilidade pupal.

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que, quando incorporados em dietas artificiais, o 2-T e o 2-U afetam o desenvolvimento de *H. zea*, apenas quando estão presentes em concentrações de no mínimo 50% daquelas em que ocorrem normalmente na linhagem PI 134417 de *L. hirsutum* f. *glabratum*.

4.4.Determinação da dose letal (DL_{50}) do 2-tridecanona para lagrtas de primeiro instar de *H.zea*.

O valor obtido para a DL_{50} do 2-tridecanona para lagartas de primeiro instar de *H. zea* foi de 6,34 µg/lagarta, apresentando um intervalo de confiança variando de 5,81 a 6,92 ao nível de 95% de probabilidade.

Comparando-se com os valores de DL_{50} estabelecidos por LIN et al. (1987) para *K. lycopersicella* (51 ng/lagarta) e *S. exigua* (3440 ng/lagarta), verifica-se uma menor toxicidade deste composto a lagartas de *H. zea*. VENTURA (1992) obteve um valor de 775,53 ng de 2-T/lagarta para DL_{50} de lagartas de primeiro instar de *P. operculella*, valor este também inferior a DL_{50} obtida para *H. zea*. Esta diferença na DL_{50} para as diferentes espécies provavelmente se deva a diferenças no tamanho do inseto, ou a diferenças nos sistemas de desintoxicação ou ainda a variações na permeabilidade da cutícula de cada inseto (LIN et al., 1987).

Diversos autores também observaram a toxicidade de 2-T por ação de contato e vapor a lagartas de *H. zea* assim como a outras espécies de insetos, determinando a sua concentração letal. WILLIAMS et al. (1980) observaram 100% de mortalidade de lagartas recém-eclodidas de *H. zea* confinadas durante seis horas em papel filtro tratado com 63 µg de 2-T/cm². DIMOCK et al. (1982), testando a toxicidade do 2-T verificaram que, em dosagem de 210,5 µg/ cm², o 2-T causou

90 a 100% de mortalidade de lagartas recém-eclodidas, observando uma concentração letal (CL_{50}) de 17,05 μg de 2-T/ cm^2 e 64,19 μg de 2-U/ cm^2 , confirmando a menor toxicidade por contato do 2-U em relação ao 2-T. VENTURA (1992) observou para *P. operculella* uma CL_{50} de 8,63 e 5,19 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, para 27 e 32°C, respectivamente. Observa-se que os valores de CL_{50} de *H. zea* também são superiores aos de *P. operculella*, indicando novamente uma menor toxicidade deste composto a *H. zea*. Já para *L. decemlineata* KENNEDY & SORENSON (1985) obtiveram CL_{50} de 26,94 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, valor este maior do que o determinado para *H. zea*, no presente estudo.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos com a broca-grande-do-fruto, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) em genótipos de tomateiro e em dietas com diferentes concentrações de 2-tridecanona (2-T) e 2-undecanona (2-U), nas condições em que foram realizados os ensaios, podem ser estabelecidas as seguintes conclusões:

-O período médio de sobrevivência das lagartas de *H. zea* sobre folhas de *Lycopersicon esculentum* (cultivar Santa Cruz Kada AG 373) é de 3,63 dias.

-Nos insetos criados em *L. hirsutum* f. *glabratum* (PI 134417) a mortalidade durante os primeiros três dias da fase larval é cerca de 2 a 3 vezes maior que aquela constatada em *L. esculentum* (Santa Cruz Kada AG 373).

-O 2-T reduz a viabilidade de *H. zea* durante os primeiros quatro dias da fase larval, quando incorporado à dieta artificial nas concentrações de 0,10, 0,20 e 0,40%, assim como quando associado ao 2-U nas concentrações de 0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U e 0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U.

-O 2-T fornecido a *H. zea* durante os primeiros quatro dias de sua fase larval reduz a viabilidade total da

fase larval nas concentrações de 0,20 e 0,40%, assim como associado ao 2-U nas concentrações de 0,20% de 2-T + 0,035% de 2-U e 0,40% de 2-T + 0,070% de 2-U.

-O 2-U reduz a viabilidade das lagartas nos primeiros quatro dias quando incorporado à dieta artificial nas concentrações de 0,035 e 0,070%. Entretanto reduz a viabilidade de toda a fase larval apenas a uma concentração de 0,070%.

-O 2-U fornecido a *H. zea* durante os primeiros quatro dias de sua fase larval a uma concentração de 0,070% provoca alongamento da fase larval e redução no peso das pupas. Quando presente em concentração de 0,035%, o 2-U reduz a viabilidade pupal.

-O 2-T é tóxico a lagartas recém-eclodidas de *H. zea*, quando aplicado topicamente, sendo necessárias 6,34µg por lagarta para provocar a mortalidade de 50% da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, P.H. Sugar feeding of the adult corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in the laboratory. *Journal of Economic Entomology*, College Park, 82: 1344-9, 1989.
- BAILEY, D. & CHADA, H.L. Effects of natural (sorghum) and artificial (wheat germ) diets on development of the corn earworm, fall armyworm and southwestern corn borer. *Journal of Economic Entomology*, College Park, 61(1): 257-60, 1968.
- BARBOUR, J.D.; FARRAR JUNIOR, R.R.; KENNEDY, G.G. Interaction of fertilizer regime with host plant resistance in tomato. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, 60:289-300, 1991.
- BURKETT, G.R.; SCHNEIDER, J.C.; DAVIS, F.M. Behavior of the tomato fruitworm, *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), on tomato. *Environmental Entomology*, Québec, 12(3): 905-10, 1983.

BURTON, R.L. A low-cost artificial diet for the corn earworm. *Journal of Economic Entomology*, College Park, 63: 1969-70, 1970.

BURTON, R.L. & PERKINS, W.D. WSB, a new laboratory diet for the corn earworm and the fall armyworm. *Journal of Economic Entomology*, College Park, 65: 385-6, 1972.

COSENZA, G.W. & GREEN, H.B. Behavior of the tomato fruitworm, *Heliothis zea* (Boddie), on susceptible and resistant lines of processing tomatoes. *Horticultural Science*, Alexandria, 14(2): 171-3, 1979.

COSENZA, G.W. & GREEN, H.B. Basis for resistance to the tomato fruitworm, *Heliothis zea* (Boddie), in processing tomatoes, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 33 (3): 424-7, 1981.

DIMOCK, M.B. & KENNEDY, G.G. The role of glandular trichomes in the resistance of *L. hirsutum* f. *glabratum* to *H. zea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, 33: 263-8, 1983.

DIMOCK, M. B.; KENNEDY, G.G.; WILLIAMS, W.G.. Toxicity studies of analogs of 2-tridecanone, a naturally occurring toxicant from a wild tomato. *Journal of Chemical Ecology*, New York, 8(5): 837-42, 1982.

DUFFEY, S.S. & ISMAN, M.B. Inhibition of insect larval growth by phenolics in glandular trichomes of tomato leaves. *Experientia*, Basel, 37: 574-6, 1981.

ELLIGER, C.A.; WONG, Y.; CHAN, B.G.; WAISS JUNIOR, A.C. Growth inhibitors in tomato (*Lycopersicon*) to tomato fruitworm (*Heliothis zea*). *Journal of Chemical Ecology*, New York, 7(4): 753-8, 1981.

FARRAR JUNIOR, R.R. & KENNEDY, G.G. Growth, food consumption and mortality of *H. zea* larvae on foliage of the wild tomato *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* and the cultivated tomato, *L. esculentum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, 44: 213-9, 1987a.

FARRAR JUNIOR, R.R. & KENNEDY, G.G. 2-undecanone, a constituent of glandular trichomes of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*: effects on *Heliothis zea* and *Manduca sexta* growth and survival. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, 43: 17-23, 1987b.

FARRAR JUNIOR, R.R. & KENNEDY, G.G. 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*, Amsterdam, 47: 205-10, 1988.

FARRAR JUNIOR, R.R. & KENNEDY, G.G. Growth inhibitors in host plant resistance to insects: examples from a wild tomato with *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomological Science*, Tifton, 25(1): 46-56, 1990. Apud *Review of Agricultural Entomology*, Wallingford, 79(3): 329, Mar. 1991 (Resumo).

FARRAR JUNIOR, R.R. & KENNEDY, G.G. Relationship of leaf lamellar-based resistance to *Leptinotarsa decemlineata* and *Heliothis zea* in a wild tomato, *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*, PI 134417. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, 58: 61-7, 1991.

FARRAR JUNIOR, R.R.; BARBOUR, J.D.; KENNEDY, G.G. Field evaluation of insect resistance in a wild tomato and its effects on insect parasitoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, 71: 211-26, 1994.

FELTON, G.W. & SUMMERS, C.B. Potential role of ascorbate oxidase as a plant defense protein against insect herbivory. *Journal of Chemical Ecology*, New York, 19 (7): 1553-68, 1993.

FERY, R.L. & CUTHBERT JUNIOR, F.P.. Resistance of tomato cultivars to the fruitworm, *Heliothis zea* (Boddie). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount Vernon, 9 (5): 469, 1974.

FERY, R.L. & CUTHBERT JUNIOR, F.P. Antibiosis in *Lycopersicon* to the tomato fruitworm (*Heliothis zea*). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount Vernon, 100 (3): 276-8, 1975.

FERY, R.L. & KENNEDY, G.G. Genetic analysis of 2-tridecanone concentration, leaf trichome characteristics, and tobacco hornworm resistance in tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount Vernon, 112 (5): 886-91, 1987.

GIUSTOLIN, T.A. Efeito dos aleloquímicos 2-tridecanona e 2-undecanona, presentes em *Lycopersicon* spp., sobre a biologia da traça-do-tomateiro, *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick, 1917) (Lep., Gelechiidae). Piracicaba, 1991. 155p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

ISMAN, M.B. & DUFFEY, S.S. Phenolic compounds in foliage of commercial tomato cultivars as growth inhibitors to the fruitworm, *Heliothis zea*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, 107(1): 167-70, 1982a.

ISMAN, M.B. & DUFFEY, S.S. Toxicity of tomato phenolic compound to the fruitworm, *Heliothis zea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, 31: 370-6, 1982b.

JUSTI JUNIOR, J. Desenvolvimento de uma dieta artificial e técnicas de criação de *Helicoverpa zea* em laboratório. Piracicaba, 1994. 76p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

JUVIK, J.A.; BERLINGER, M.J.; BEN-DAVID, T.; RUDICH, J. Resistance among acessions of the genera *Lycopersicon* and *Solanum* to four of the main insects pests of tomato in Israel. *Phytoparasitica*, Rehavot, 10(3): 145-56, 1982.

JUVIK, J.A.; SHAPIRO, J.A.; YOUNG, T.E.; MUTSCHLER, M.A.

Acylglucoses from a wild tomatoes alter behavior and reduce growth and survival of *Helicoverpa zea* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, College Park, **87** (2): 482-92, 1994.

KENNEDY, G.G. 2-tridecanone, tomatoes and *Heliothis zea*.

Potential incompatibility of plant antibiosis with insecticidal control. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, **35**: 305-11, 1984.

KENNEDY, G.G. & FARRAR JR., R.R. Response of insecticide-

resistant and susceptible Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* to 2-tridecanone and resistant tomato foliage: the absence of cross resistance. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, **45**: 187-92, 1987.

KENNEDY, G.G. & MARGOLIES, D.C.. Mobile arthropod pests:

management in diversified agroecosystems. *Bulletin of the Entomological Society of America*, Lanham, **31**: 21-7, 1985.

KENNEDY, G.G. & SORENSON, C.F. Role of glandular trichomes in the resistance of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, College Park, **78** (3): 547-51, 1985.

KENNEDY, G.G. & YAMAMOTO, R.T. A toxic factor causing resistance in a wild tomato to the tabaco hornworm and some other insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, **26**: 121-6, 1979.

KENNEDY, G.G.; FARRAR JUNIOR, R.R.; RISKALLAH, M.R.. Induced tolerance of neonate *Heliothis zea* to host plant allelochemicals and carbaryl following incubation of eggs on foliage of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*. *Oecologia*, Berlin, **73**: 615-20, 1987a.

KENNEDY, G.G.; NIENHUIS, J.; HELENTJARIS, T. Mechanisms of arthropod resistance in tomatoes. In: NEVINS, D.J. & JONES, R.A., ed. *Tomato biotechnology*, New York, Alan R. Liss, p. 145-54, 1987b.

KOGAN, M. Pragas do tomateiro. *Boletim do campo*, Rio de Janeiro, **183**: 45-64, 1964.

- LIN, S.Y.H. & TRUMBLE, J.T. Resistance in wild tomatoes to larvae of a specialist herbivore, *Keiferia lycopersicella*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, 41: 53-60, 1986.
- LIN, S.Y.H.; TRUMBLE, J.T.; KUMAMOTO, J. Activity of volatile compounds in glandular trichomes of *Lycopersicon* species against two insect herbivores. **Journal of Chemical Ecology**. New York, 13(4): 837-50, 1987.
- MANGAT, B.S. & APPLE, J.W. Corn earworm development in relation to temperature. **Journal of Economic Entomology**, College Park, 59(4): 1005-6, 1966.
- MENDES, A.C. Métodos de criação de parasitos da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 6, Campinas, 1980. Anais. Campinas, Fundação Cargill, 1980. p. 103-32.
- NORRIS, D.M. & KOGAN, M. Biochemical and morphological bases of resistance. In: MAXWELL, F.G. & JENNINGS, P.R. **Breeding plants resistance to insects**. New York, John Wiley, 1980. p.23-61.
- PARRA, J.R.P. **Biologia dos Insetos**. Piracicaba, ESALQ, 1979. 383p.

PARRA, J.R.P. Criação de insetos para estudos com patógenos. In: ALVES, S.B. **Controle microbiano de insetos**. Ed. Manole, 1986. p.348-383.

PATANA, R. *Heliothis zea*/ *Heliothis virescens*. In: SINGH, P. & MOORE, R.F., ed. **Handbook of insect rearing**, New York, Elsevier Science, 1985. v.2, p. 329-34.

SHOREY, H.H. & HALE, R.L. Mass rearing of the larvae of nine noctuid species on a simple artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, College Park, 58(3): 522-4, 1965.

SINHA, N.K. & McLAREN, D.G. Screening for resistance to tomato fruitworm and cabbage looper among tomato accessions. **Crop Science**, Madison, 29: 861-8, 1989.

SNODDERLY, L.J. & LAMBDIN, P.L. Oviposition and feeding sites of *Heliothis zea* on tomato. **Environmental Entomology**, Québec, 11(2): 513-5, 1982.

SORENSEN, C.E.; FERY, R.L.; KENNEDY, G.G. Relationship between colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and tobacco hornworm (Lepidoptera: Sphingidae) resistance in *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*. **Journal of Economic Entomology**, College Park, 82 (6): 1743-8, 1989.

- VENTURA, M.U. Efeito de genótipos de *Lycopersicon* spp. sobre *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) e toxicidade dos aleloquímicos 2-tridecanona e 2-undecanona. Piracicaba, 1992, 82p. (Mestrado- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP).
- WILLIAMS, W.G.; KENNEDY, G.G.; YAMAMOTO, R.T.; THACKER, J.D.; BORDNER, J. 2-tridecanone: a naturally occurring insecticide from the wild tomato *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*. *Science*, Washington, 207: 888-9, 1980.
- WISEMAN, B.R. & ISENHOUR, D.J. Effects of temperature on development of corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on meridic diets of resistant and susceptible corn silks. *Environmental Entomology*, Québec, 18(4): 683-6, 1989.
- ZALOM, F.G.; WILSON, L.T.; HOFFMANN, M.P. Impact of feeding by tomato fruitworm *Heliothis zea* (Boddie), and beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Huebner), on processing tomato fruit quality. *Journal of Economic Entomology*, College Park, 79(3): 822-6, 1986.
- ZALOM, F.G.; WILSON, L.T.; SMITH, R. Oviposition patterns by several lepidopterous pests on processing tomatoes in California. *Environmental Entomology*, Québec, 12(4): 1133-7, 1983.