

SEMIOQUÍMICOS DAS MOSCAS-DAS-FRUTAS
(DIPTERA:TEPHRITIDAE) (REVISÃO)

Ivanildo S. de Lima¹

ABSTRACT

Semiochemical of fruit flies
(Diptera:Tephritidae) (Review)

The isolation and identification of the chemical compounds which affect insect behaviour has increased considerably in the last few years. The aim of this review is to provide information on behaviour modifying chemicals, particularly the influence of food attractants, fruit odours and pheromones on the behaviour of tephritid fruit flies, and their possible role in integrated pest management programmes. KEYWORDS: Diptera; Tephritidae; fruit fly control; behaviour; attractants; sex pheromones.

RESUMO

O isolamento e identificação de compostos químicos os quais afetam o comportamento nos insetos vem aumentando consideravelmente nos últimos anos. O objetivo desta revisão é fornecer informações sobre o comportamento das moscas-das-frutas, particularmente aqueles influenciados pelos odores de frutos, atraentes alimentares e feromônio sexual, bem como os seus usos como método alternativo no manejo integrado de pragas. PALAVRAS-CHAVE: Diptera; Tephritidae; moscas-das-frutas; controle; comportamento; atraentes; feromônio sexual.

INTRODUÇÃO

Quase todas as moscas-das-frutas pertencem à ordem dos dípteros, família Tephritidae, as quais são conhecidas como as verdadeiras moscas-das-frutas. A maioria dos tefritídeos de im-

Recebido em 05/09/91

¹ Bolsista do CNPq. Department of Biology, University of Southampton, Bassett Crescent East SO9 3TU, Southampton, U.K.

portância econômica pertencem a quatro gêneros: *Ceratitis*; *Anastrepha*; *Rhagoletis* e *Bactrocera* (*Bactrocera*) é o novo gênero aplicado a muitas espécies de tefritídeos anteriormente classificadas como pertencentes ao gênero *Dacus* (DREW, 1989). De acordo com CAREY & DOWELL (1989), as moscas-das-frutas atacam basicamente todos os tipos de frutas e vegetais encontrados em todas as partes do mundo. O gênero *Ceratitis* é o mais estudado, por causa da importância de um de seus membros, *C. capitata*. Mais de 100 espécies de *Ceratitis* já foram descritas, das quais 6 são conhecidas como pragas. De proximadamente 500 espécies do gênero *Bactrocera*, 30 a 40 são consideradas pragas em potencial. Cerca de 50 espécies do gênero *Rhagoletis* já foram descritas, e a maioria está amplamente distribuída em regiões temperadas e subtropicais. O gênero *Anastrepha* inclui 150 a 200 espécies nativas do Caribe, México e de toda a América Latina. Espécies de *Anastrepha* foram encontradas em 55 diferentes hospedeiros de várias regiões do Brasil. Dezesesseis espécies de *Anastrepha* de 33 diferentes hospedeiros foram identificadas (MALAVASI *et al.*, 1980).

Originalmente descrita no Brasil, *Anastrepha fraterculus* é uma espécie de considerável importância econômica na América do Sul, onde tem sido encontrada em pelo menos 22 hospedeiros, incluindo culturas importantes como: Citrus, goiaba, café, manga, maçã e pitanga (CHRISTENSON & FOOTE, 1960; MALAVASI, 1980; NAS CIMENTO *et al.*, 1982; BRESSAN & TELLES, 1991). O gênero *Anastrepha* é um dos menos estudados, muito pouco é conhecido sobre os mecanismos comportamentais, e pesquisas com feromônios têm sido concentradas em apenas duas espécies: *A. ludens* e *A. suspensa*.

Compostos químicos que influenciam o comportamento das moscas-das-frutas, vêm sendo estudados há muitos anos. Substâncias atrativas para adultos têm sido usadas na proteção de culturas de importância econômica desde a década de 1950. Entretanto, ainda não entendemos completamente como os insetos encontram uma fonte de odor no campo. Existem evidências de que amônia e vários sais de amônia, desempenham um importante papel durante a atração olfatória para iscas contendo proteínas (BATEMAN & MORTON, 1981).

A possibilidade de controlar moscas-das-frutas com substâncias que desempenham atividade na flora intestinal, necessita estudos adicionais (CHRISTENSON & FOOTE, 1960). As bactérias são uma importante fonte natural de alimento para adultos das moscas-das-frutas. Colônias de bactérias isoladas do trato alimentar de *B. tryoni* e *B. cacuminatus*, foram identificadas como pertencentes à família Enterobacteriaceae (DREW & LLOYD, 1987). Solução de proteína hidrolisada mostrou significativo crescimento na atração de moscas-das-frutas, quando se permitiu o desenvolvimento de microorganismos (BATEMAN & NORTON, 1981). Outros autores têm demonstrado a atratividade de microorganismos para moscas-das-frutas (ROBACKER *et al.*, 1991; MACCOLLOM *et al.*, 1992).

Os feromônios são classificados de acordo com a sua função biológica. Entretanto, eles também podem ser classificados de acordo com a estrutura química ou origem bioquímica (FRANCKE, 1988). Os mais estudados são os feromônios de alarme, sexuais, de trilha e os de agregação. Feromônios sexuais de muitos insetos são uma mistura de vários componentes. A maioria dos insetos usam compostos combinados, mas nem todos são necessários para estimular o vôo em busca da fonte de odor. Alguns compostos podem estimular a orientação à curta distância ou o acasalamento.

Com exceção da espécie *B. oleae*, os feromônios sexuais nos tefritídeos são produzidos pelos machos. A presença de componentes múltiplos tais como: terpenos, lactonas, acetatos e alcoois na mistura de feromônio sexual foi estabelecida em *B. oleae*; *B. tryoni*; *A. suspensa*; *A. ludens* e *C. capitata*. Entretanto, a composição do feromônio sexual de nenhum tefritídeo pode ser considerada completamente identificada (NATION, 1977).

Nesta revisão são abordados alguns aspectos comportamentais das moscas-das-frutas, particularmente aqueles influenciados pelos odores de frutos, atraentes alimentares e feromônios sexuais, e sua possível utilização como método alternativo no manejo integrado de pragas.

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

As moscas-das-frutas causam danos diretos, através da oviposição no interior dos frutos e partes vegetativas e das plantas, e alimentação das larvas e indiretos, através da decomposição causada pela invasão de microorganismos e tratamentos quarentenários para os frutos de exportação (GOULD & SHARP, 1990; NASCIMENTO *et al.*, 1992).

Quando estão à procura de alimento, as moscas-das-frutas podem explorar muitos tipos de vegetais. Elas não se restringem apenas às áreas onde existem plantas hospedeiras (CHRISTENSON & FOOTE, 1960). Em muitas partes do mundo, elas destroem 100% da colheita (NISHIDA & BESS, 1957; NATION, 1977; CAREY & DOWELL, 1989). Devido aos danos causados pelas moscas-das-frutas, cerca de 53 milhões de dólares/ano são perdidos no México (P. E. HOWSE, comunicação pessoal). As principais espécies de moscas-das-frutas são: *C. capitata*; *A. ludens*; *A. fraterculus*; *A. obliqua*; *A. serpentina*; *A. striata*; *A. suspensa*; *A. distincta*; *B. curcubitae*; *B. dorsalis*; *B. correctus*; *B. coccinatus*; *B. zonatus*; *B. tryoni*; *R. pomonella*; *R. cerasi*; e *R. completa* (CAREY & DOWELL, 1988).

DISPERSÃO E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

devido ao seu elevado potencial biótico, abundância de hospedeiros e da alta mobilidade, as moscas-das-frutas tornaram-se séria praga de muitas frutíferas e outros vegetais nas áreas

temperadas, subtropicais e tropicais (ORLANDO & SAMPAIO, 1973; NISHIDA, 1980). Espécies de *Anastrepha*, dentre elas *A. fraterculus*, são em contradas em muitas regiões. Elas ocorrem desde o México até a Argentina (MADDISON & BARTLETT, 1989).

Muitas espécies são vigorosos voadores. Algumas espécies podem percorrer longas distâncias dentro de poucos dias (CHRIS TENSION & FOOTE, 1960). NISHIDA & BESS, (1957) relataram que os altos índices de captura de moscas marcadas fora do campo de liberação, indicam que os adultos jovens de *B. cucurbitae*, tinham migrado. Eles também relataram que quando os campos estavam livres de vegetação, e sob condições de vento moderada, a tendência das moscas era voar em direção ao vento. Entretanto, em estudos mais recentes realizados por (HAMADA, 1980), uma semana após a liberação, adultos marcados de *B. cucurbitae*, foram recapturadas através de armadilhas a 1 quilômetro do ponto de liberação. A dispersão aumenta quando as moscas são liberadas fora de seu habitat natural.

TAN (1985), mostrou que as moscas-das-frutas tendem a permanecer em seu habitat natural, e que um pequeno número de *Bactrocera spp.* foi capturado nas armadilhas. Porém não se pode afirmar com certeza, se elas eram realmente imigrantes, ou se foram atraídas pelas iscas das armadilhas. Usando a técnica de captura-recaptura (TAN & JAAL, 1986), relataram que de um total de 6828 moscas marcadas de *B. dorsalis* liberadas, apenas uma foi capturada em outra área, seis semanas após liberação.

CONDIÇÕES ENVOLVIDAS NA LOCALIZAÇÃO DO HOSPEDEIRO E OVIPOSIÇÃO

Quando as fêmeas das moscas-das-frutas estão à procura de local para oviposição ambos os estímulos, químicos e visuais estão envolvidos (BATEMAN, 1972; PROKOPY, 1977). Sob condições de laboratório, as fêmeas de *C. capitata* depositam menores quantidades de ovos em frutos previamente infestados do que nos não infestados. A relação entre a quantidade de ovos e o tempo de oviposição, independe de o fruto ter sido, previamente infestado ou não (PAPAJ *et al.*, 1990). Dependendo da espécie, a oviposição começa entre 8 a 12 dias após a emergência dos adultos (CHRISTENSON & FOOTE, 1960). No campo, fêmeas de *A. fraterculus* preferiram ovipositar em plantas hospedeiras, enquanto que as plantas não hospedeiras foram preferidas para os machos "chamarem" as fêmeas para o acasalamento. Os adultos começaram a alimentar e a ovipositar às 08:00h e terminaram antes das 18:00h (MALAVASI *et al.*, 1983).

De acordo com PROKOPY *et al.*, (1982), as fêmeas de *A. fraterculus* depositam uma solução aquosa durável "ODP" (do inglês, "oviposition deterring pheromone") após a retirada do ovipositor, arrastando-o na superfície do fruto após a oviposição e, que os machos não foram atraídos por esta substância. Este fato confirma que a iniciação para o acasalamento em *A. fraterculus* não está restrita apenas às plantas hospedeiras. Dependendo da espécie, as fêmeas depositam uma média de 300 ovos ou mais, e

uma única cópula assegura a produção de ovos férteis por todo o ciclo de vida (CHRISTENSON & FOOTE, 1960) SZENTESI *et al.* (1979), relataram que as propriedades químicas do substrato pode influenciar a aceitação de *A. suspensa* para oviposição, e que a forma do substrato parece ter substancial importância. Esferas pretas e amarelas foram muito mais atrativas para *C. capitata* do que cubos, cilindros ou retângulos com equivalente superfície de área, e que a atração aumentava à medida que se aumentava o tamanho das esferas amarelas de 1,5 a 18cm de diâmetro (NAKAGAWA *et al.*, 1978). Em laboratório, *C. capitata* e *A. fraterculus* são mais atraídas pelas cores amarela, verde e laranja (CYTRYNOWICZ *et al.*, 1982; BAKRI, 1990). Por outro lado como relatado por LANDOLT & REED (1990), uma combinação de cor, forma e propriedades químicas foi requerida por *Toxotrypana curvicauda*, para se obter a média de contato similar àquelas obtidas com frutos imaturos. Entretanto, usando-se tais combinações de estímulos artificiais não se obteve oviposição. Uma combinação de diferentes atribuições do hospedeiro são integradas hierarquicamente. As moscas-das-frutas escolhem o hospedeiro pela forma, depois pela cor, e finalmente pelos extratos dos frutos. O tamanho do hospedeiro foi a mais importante característica envolvida para se obter ovos de *C. capitata* (FREEMAN & CAREY, 1990).

COMPORTAMENTO PARA O ACASALAMENTO

Quando a intensidade de luminosidade natural diminui até um certo valor crítico, os machos de *B. cucurbitae* agregam-se numa planta, começam a vibrar as asas na superfície das folhas e emitem o feromônio sexual. Os machos atraem as fêmeas receptivas (sexualmente maduras) e saltam sobre as que se aproximam, tentando copular (KUBA *et al.*, 1984).

CHRISTENSON & FOOTE (1960), observaram que, assim que o crepúsculo se aproxima, fêmeas e machos de *B. dorsalis* mantidas em cativeiro, ficam excitados, produzem um alto som em forma de zumbido, seguido de cópula, a qual pode durar de 2 a 12 horas. Sob condições de laboratório, *B. dorsalis* acasala frequentemente.

Os machos de *A. suspensa* e *A. fraterculus*, têm um complexo comportamento para o acasalamento envolvendo a expansão da porção lateral do abdomen e a bolsa anal, além de produzirem rápidos movimentos das asa (NATION 1977; MORGANTE *et al.*, 1983). O comportamento para o acasalamento exibido por *B. cucurbitae* sexualmente maduras, foi similar àquele apresentado por *B. dorsalis*. Antes das fêmeas tornarem-se receptivas, os machos geralmente agarram-as tentando insistentemente montá-las, porém sem sucesso. Apesar das persistentes tentativas dos machos para acasalar, não se observou cópula até poucos minutos antes do por do sol (KOBAYASHI *et al.*, 1978). Recentes observações realizadas em laboratório, mostraram que os machos de *A. fraterculus* tornaram-se sexualmente maduros 10 dias após a emergência exibindo comportamento semelhante àqueles apresentados por machos de *A. suspensa*. As fêmeas não se deixaram copular antes de completarem 11 dias (DE LIMA, Dados não publicados).

Muitos tefritídeos possuem rico repertório através de sinais sexuais. Os machos de *A. suspensa* produzem dois sons direcionados para as fêmeas, o som de chamamento e o de precópula. O primeiro atrai as fêmeas virgens, o qual associado ao movimento das asas pode ajudar a dispersar o feromônio. Quando os machos montam as fêmeas, geralmente batem as asas e produzem o som da precópula relativamente intenso e constante, por um período que pode durar de uns poucos segundos a 25 minutos. Ambos os sons tornam-se mais intenso de acordo com o tamanho dos machos (WEBB *et al.*, 1984).

Estudando o comportamento de *A. fraterculus* em campo no Brasil (MALAVASI *et al.*, 1983), relataram que ao amanhecer (06:00h), ambos os sexos ficam em repouso na superfície inferior das folhas das árvores. A atividade sexual começou às 07:00h e cessou antes das 11:00h e os machos que "chamavam" as fêmeas para o acasalamento estavam sempre agregados em distintos grupos ou "leks".

MECANISMOS DE CONTROLE

Desde que os adultos de moscas-das-frutas, os quais os fruticultores tentam controlar, são muitas vezes emergidos de frutos remanescentes da colheita anterior, o controle cultural pode ser empregado.

Substâncias atrativas, naturais ou sintéticas, têm desempenhado um importante papel no controle das moscas-das-frutas. Armadilhas contendo tais atraentes, são utilizadas com duas finalidades: detecção e monitoramento da população no campo, e capturar e remover a maior quantidade de indivíduos possível.

A eficiência do uso da pulverização de armadilhas envenenadas e iscas contendo proteínas para controlar e estimar a população nativa de moscas-das-frutas, assim como armadilhas contendo substâncias sintéticas tais como trimedlure e metil eugenol têm sido demonstrada por vários autores (STEINER, 1952; GOW; 1954; NISHIDA *et al.*, 1957; NISHIDA, 1958; HOLDBROOK & FUJIMOTO, 1969; FARIAS & NAKAGAWA, 1970; HARRIS *et al.*, 1971; HOWELL *et al.*, 1975; TAN & LAM, 1982).

Metil eugenol foi usado para estimar o tamanho da população nativa de *B. curcubitae*, *B. dorsalis* e *C. capitata* nas ilhas Marianas a fim de se determinar a quantidade de machos estéreis a serem liberados num programa de erradicação (STEINER, 1969).

ITO *et al.* (1976), demonstraram que blocos de fibra impregnados com 1:1 da mistura técnica de metil eugenol e isca-chamariz (do inglês "cue-lure"), atraíram machos de *B. dorsalis* e *B. curcubitae* tanto quanto aqueles contendo uma ou ambas as iscas, e, que não se observou sinais de diminuição na atratividade num período de 3 meses.

Isca-chamariz contendo 50% de produtos da degradação foi satisfatória, e mesmo com 100% de produtos da degradação ainda

foi considerada satisfatória na captura de *D. curcubitae* (KEISER *et al.*, 1973). Por outro lado (TAN *et al.*, 1986), relataram que machos de *D. dorsalis* os quais tem uma longevidade entre 18 e 21 dias, foram atraídos pelo metil eugenol uma semana após a emergência dos adultos, e que uso de armadilhas contendo atraentes e/ou feromônios, sem levar em consideração a idade dos insetos adultos como um fator importante, provavelmente forneceria uma sub-estimação no tamanho da população. Estudos similares deveriam ser conduzidos com outras espécies de moscas-das-frutas a fim de se determinar suas idades de resposta a um atraente específico e/ou feromônio, os quais se pretende utilizar nos estudos de flutuação populacional.

Capilure foi o mais efetivo do que trimedlure quando testados separadamente (NAKAGAWA *et al.*, 1981), para capturar machos de *C. capitata*, e a mistura prolongou o período ativo dos atraentes de 1 a 3 meses. Apesar do trimedlure ser um atraente relativamente barato na captura de *C. capitata*, tem as desvantagens de atrair apenas os machos e de não ser suficientemente potente como técnica de eliminação de machos. (HOWSE & FODA, 1985). Os químicos sintéticos mais comumente utilizados como atraentes são: trimedlure (tert-butil 4 (ou 5)-cloro-2 metilciclohexano-carboxilato); capilure (mistura de trimedlure e "extensor" com detalhes químicos desconhecidos); isca-chamariz (4-(*p*-acetoxifenil) butan-2-ona); dorsalure (mistura de metil eugenol e isca-chamariz em proporções desconhecidas) e metil eugenol (4-alil-1,2-dimetoxibenzeno).

Feromônio sexual no controle das moscas-das-frutas

Muitos fatores estão envolvidos na captura das armadilhas de feromônio. Velocidade e direção do vento, cobertura vegetal, taxa de liberação do feromônio (uma função da temperatura, velocidade do vento e formulação do material), e detecção do limiar de dano econômico, todos estes fatores estão envolvidos nos índices de captura (HENDRICKS *et al.*, 1980). Desde que a armadilha de feromônio depende de uma versão sintética do atraente sexual emitido por um dos sexos (HARTSTACK & WITZ, 1981), ela compete com os machos ou fêmeas que estão no mesmo ambiente à procura de parceiros para acasalar. Em geral as armadilhas de feromônio são mais efetivas quando a densidade populacional é baixa, ou seja: quando a competição com os insetos selvagens, os quais estão liberando feromônio, também é baixa. Armadilhas contendo iscas de feromônio seriam excelentes para a detecção de pragas introduzidas e para avaliar o progresso nos programas de erradicação (NATION, 1977).

ROELOFS (1989), observou que muitas espécies de Lepidoptera usam componentes monoinsaturados os quais são facilmente identificados e sintetizados, mas os problemas surgem na identificação da exata mistura. O componente predominante pode ser facilmente identificado, enquanto que alguns componentes secundários são difíceis de serem detectados. Além disso nem todas as substâncias excretadas são biologicamente ativas. A separação através de cromatografia gasosa combinada com eletroante-

nografia na detecção dos compostos que são percebidos pelo organismo receptor.

O primeiro componente do feromônio de um tefritídeo foi identificado por JACOBSON *et al.*, (1973). Eles isolaram o composto, metil (E) 6-noneato e (E) 6-nonen-1-ol de machos sexualmente ativos de *C. capitata*.

Feromônios extraídos do abdômem de machos sexualmente maduros de *C. capitata*, ou aprisionados através da técnica de aeração, a qual consiste em aprisionar os compostos voláteis emitidos pelos insetos na exata proporção em que são liberados no ambiente, são extremamente complexos, e mais de vinte componentes já foram identificados (HOWSE & FODA, 1985). Estes autores sugerem que o principal componente é multifuncional, controlando a atração entre machos, a atração de fêmeas virgens pelos machos, o comportamento de territorialidade pelos machos nas folhas das plantas, e reconhecimento sexual no procedimento de defesa do território.

MAZOMENOS (1984); mostrou que as fêmeas de *B. oleae* começam a produzir feromônio detectável três dias após a emergência do adulto. A produção de feromônio foi um tanto estável durante os próximos 2 dias e então aumentou. Fêmeas acasaladas produziram menos feromônio sexual durante os 10 primeiros dias após acasalamento, após este período a produção aumentou para níveis iguais àqueles produzidos pelas fêmeas virgens. Futuros testes foram conduzidos por (ROBACKER *et al.*, 1990), no qual o feromônio sexual produzido pelo macho não atraiu fêmeas virgens de *A. ludens* com idade entre 0-7 dias (sexualmente imaturas), mas atraiu fêmeas virgens com idade entre 8-37 dias (sexualmente maduras). Fêmeas virgens de *A. suspensa* foram atraídas pelos machos sexualmente maduros 9 dias após a emergência dos adultos e machos isolados produziram, proporcionalmente, mais feromônio do que quando agrupados (NATION, 1977; 1990). Depois de testar os efeitos individuais e combinados do extrato abdominal de *A. ludens* (ROBACHER & HART, 1985), sugeriram que Z-3-nonenol, Z,Z-3,6-nonadienol, SS(-)epianastrefin e possivelmente SS(-)anastrefin são componentes do feromônio sexual. Utilizando a técnica de aeração CHUMAN, *et al.* (1988), isolaram o composto (E,E)-4,8-dimetil-3,8-decadien-10-olide, o qual foi identificado como mais um dos componentes do feromônio sexual de *A. suspensa*. Comparando os voláteis emitidos pelos machos de *A. suspensa* e *A. ludens*, ROCCA *et al.*, (1992) constataram que ambas as espécies utilizam basicamente os mesmos compostos em diferentes proporções. A principal diferença está na produção de (Z)- β ocimene por *A. suspensa* enquanto que *A. ludens* produz limonene. Também foram identificados alquil 1,6-dioxapiro [4,5] decanos e alquil 1,7-dioxapiro [5,5]-undecanos de machos de várias espécies de *Bactrocera* spp. (FRANCKE, 1988), KROHN *et al.* (1991), identificaram, 1,7-dioxapiro [5,5] undecano, componente este presente no extrato da glândula retal de *B. cacuminatus*. BAKER *et al.*, (1985), encontraram que a mistura de substâncias voláteis produzidas pelos machos de *C. capitata* era constituída de 9 componentes e, que um deles, a amina cíclica 3,4-dihidro-2h-pirrole (Δ pirroline) é altamente atrativo para fêmeas virgens.

Odores de frutos e combinação de vários estímulos químicos como atraentes para moscas-das-frutas

Substâncias químicas derivadas de plantas, podem também serem incorporadas dentro de um programa de controle de tefritídeos. A seleção do hospedeiro pelos insetos fitófagos, consiste de uma seqüência de respostas comportamentais a um estímulo percebido associado com a planta hospedeira e não hospedeira. Os insetos são providos de receptores sensoriais que capacitam-os a perceber esses estímulos (VISSER, 1986). Armadilhas com iscas combinadas de odores de frutos e feromônio podem capturar mais moscas devido ao efeito complementar dos odores (ROBACKER *et al.*, 1990).

Vários atraentes para moscas-das-frutas são derivados de plantas. Metil eugenol foi isolado do óleo de citronela (STEINER, 1952). Substâncias químicas da semente oleaginosa de anagética foram constatadas como altamente atrativas para *C. capitata*. STEINER *et al.* (1957); PROKOPY *et al.* (1973), mostraram que o aroma de maçãs atraiam *R. pomonella*, e KEISER *et al.*, (1975) selecionaram extratos de 232 plantas com atratividade para *C. capitata*, *B. dorsalis* e *B. curcubitae*.

Investigando a atração de *C. capitata* para frutos cítricos de diferentes estágios de maturação (BAKRI, 1990), constatou que os frutos em adiantado estágio de maturação foram mais atraentes para a mosca do Mediterrâneo do que os frutos verdes ou maduros. O mesmo autor relatou também que os frutos cítricos foram mais atraentes do que o feromônio sexual dos machos, em bioensaio com ar parado e em semi-condições de campo. A combinação de ambos, atraiu muito mais moscas do que quando testados separadamente.

LANDOLT & REED (1990), demonstraram que num túnel de vento, fêmeas acasaladas de *Toxotrypana curvicauda* foram atraídas pelos frutos imaturos de mamão e pelos odores do fruto de mamão canalizado para dentro do túnel, indicando que o odor da planta hospedeira é usado para orientar os insetos quando estão à longa distância da planta hospedeira e do fruto. Como demonstrado por (ROBACKER *et al.*, 1990), o odor do fruto fermentado de (*Sargentia greggi*) foi 3,6 vezes mais atrativo para *A. ludens* do que levedura hidrolisada, quando testado à curta distância em laboratório. Entretanto as moscas recém-emergidas não responderam. Os odores de frutos de *Sargentia greggii* combinados com feromônio, atraiam menos adultos de *A. ludens* do que quando testados isolados. Em alguns casos os odores de frutos inibiram a resposta aos feromônios, uma vez que estes foram muito mais atraentes, quando testados separadamente (ROBACKER & GARCIA, 1990).

Substâncias voláteis obtidas das folhas ou das cascas de frutos, combinadas com o feromônio de machos da mosca de *C. capitata*, provocaram as maiores respostas tanto para machos como para fêmeas. Isto poderia ter sido devido ao efeito sinérgico de ambos (BAKRI, 1990).

Linalol e acetato de geranil foram muito mais efetivos na captura de machos marcados de *C. capitata* do que armadilhas sem iscas (BAKER *et al.*, 1990), e as combinações das iscas foram menos atrativas do que se poderia presumir. ALUJA & PROKOPY (1992), demonstraram que a mistura dos voláteis de frutos de maçã influenciaram na habilidade de *R. pomonella* encontrar a planta hospedeira. Contudo, muitas outras combinações não foram ainda testadas.

SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

O papel dos feromônios sexuais das moscas-das-frutas ainda não está completamente desvendado, mas tem sido demonstrado que eles podem funcionar como atraentes à curta distância. Armadilhas envenenadas e iscas contendo proteínas, bem como iscas sintéticas, tais como trimedlure e metil eugenol foram, e continuam sendo a ferramenta básica no monitoramento e controle das moscas-das-frutas. Mais estudos deveriam ser conduzidos, envolvendo particularmente aqueles comportamentos influenciados por compostos químicos. Para aperfeiçoar o entendimento de como as moscas-das-frutas encontram a fonte de odor em condições de campo, quantitativa e qualitativa avaliação sobre o comportamento deveriam ser conduzidos, usando-se combinações de ambos os efeitos, visuais e químicos, tais como odores de frutos, substâncias voláteis das folhas, atraentes alimentares e feromônios. Voláteis emitidos por bactérias podem atrair as moscas-das-frutas, porque elas são uma importante fonte natural de mentação para os adultos.

Finalmente, desta revisão podemos constatar que vários exemplos bem sucedidos, na modificação do comportamento através de substâncias químicas, são um encorajamento para conduzir mais pesquisas, no sentido de contribuir para a diminuição da infestação de moscas-das-frutas no campo.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meu sincero agradecimento ao meu supervisor, Dr. Philip E. Howse pelo seu encorajamento e fornecimento de várias referências bibliográficas. Este estudo está sendo financiado pelo CNPq/RHAE, processo nº 260087/90.4.

LITERATURA CITADA

- ALUJA, M. & PROKOPY, R.J. 1992. Host search behaviour by *Rhagoletis pomonella* flies: inter-tree movement patterns in response to wind-borne fruit volatiles under field conditions. *Physiol. Ent.* 17: 1-8.
- ARMSTRONG, J.W.; MITCHEL, W.C.; FARIAS, G.J. 1983. Resistance of shawil avocados harvest maturity to infestation by three fruit fly species (Diptera:Tephritidae) in Hawaii. *J. econ. Ent.* 76: 119-121.
- BAKER, R.; HERBERT, R.H.; GRANT, G.G. 1985. Isolation and identification of the sex pheromone of the mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied.). *J. Chem. Commun.* 12: 824-825.
- BAKER, P.S.; HOWSE, P.E.; ONDARZA, R.N.; REYES, J. 1990. Field trails of synthetic sex pheromone components of the mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in southern Mexico. *J. econ. Ent.* 83: 2235-2245.
- BAKRI, A. 1990. Chemical ecology of the mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied.): Interaction of pheromone with host-plant volatiles. Ph.D. Thesis, University of Southampton. 265 p.
- BATEMAN, M.A. 1972. Ecology of fruit flies. *A. Rev. Ent.* 17: 493-518.
- BATEMAN, M.A. & MORTON, T.C. 1981. The importance of ammonia in proteinaceous attractants for fruit flies (Family: Tephritidae). *Aust. J. Agric. Res.* 32: 883-903.
- BRESSAN, S. & TELES, M.C. 1991. Lista de hospedeiros e índices de infestação de algumas espécies do gênero *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera: Tephritidae) na região de Ribeirão Preto-SP. *An. Soc. ent. Brasil* 20(1): 17-26.
- CAREY, J.R. & DOWELL, R.V. 1989. Exotic fruit fly pests and California Agriculture. *California Agric.* 43(3): 38-40.
- CHRISTENSON, L.D. & FOOTE, R.H., 1960. Biology of fruit flies. *A. Rev. Ent.* 5: 171-192.
- CHUMAN, T.; SIVINSKI, J.; HEATH, R.R.; CALKINS, C.O.; TURLINSON, J.H. 1988. Suspensolide, a new macrolide component of male Caribbean fruit fly (*Anastrepha suspensa*; Loew) volatiles. *Tetrahedron Lett.* 29(50): 6561-6564.
- CYTRYNOWICZ, M.; MORGANTE, J.S.; SOUZA, H.M.L. 1982. Visual responses of South American fruit flies, *Anastrepha fraterculus* and Mediterranean fruit flies *Ceratitis capitata* to coloured rectangles and spheres, *Environ. Ent.* 11: 1202-1210.

- DREW, R.A.I. 1989. The tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) of the Australian and Oceanian regions. *Mem. Qd Mus.* 26: 1-521. Brisbane.
- DREW, R.A.I. & LLOYD, A.C. 1987. Relationship of fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their bacteria to host plants. *Ann. Ent. Soc. Am.* 80: 629-636.
- FARIAS, G.J.; NAKAGAVA, S. 1970. Host Vs. nonhost plants as sites for baited traps for mediterranean fruit flies. *J. econ. Ent.* 63(2): 662-663.
- FRANCKE, W. 1988. Identification and synthesis of new pheromones. *Agric. Ecos. Environ.* 21: 21-30.
- FREEMAN, R. & CAREY, J.R. 1990. Interaction of host stimuli the ovipositional response of the mediterranean fruit fly. (Diptera: Tephritidae). *Environ Ent.* 19(4): 1075-1080.
- GOULD, W.P. & SHARP, J.L. 1990. Cold-storage quarantine treatment for carambolas infested with the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. econ. Ent.* 83(2): 458-460.
- GOW, P.L. 1954. Proteinaceous bait for the oriental fruit fly. *J. econ. Ent.* 47: 153-160.
- HAMADA, R. 1980. Studies on the dispersal behaviour of melon flies, *Dacus curcubitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae), and the influence of gamma-irradiation on dispersal. *Appl. Ent. Zool.* 15(4): 363-371.
- HAMAMOTO, F.H. & BESS, H. A. 1970. Recent studies on the abundance of the oriental and mediterranean fruit flies and status of their parasites. *Coll. Trop. Agric. Univ. Hawaii.* 20(3): 551:563.
- HARRIS, E.J.; CHAMBERS, D.L.; STEINER, L.F.; KAMAKAHI, D.C.; KOMURA, M. 1971. Mortality of tephritids attracted to guava foliage treated with either malathion or nadel, plus protein-hydrolysate bait. *J. econ. Ent.* 64(5): 1212-1216.
- HARTSTAK, A.W. & WITZ, J.A. 1981. Estimating field populations of tobacco budworm moths from pheromone trap catches. *Environ. Ent.* 10: 908-914.
- HENDRICKS, D.E.; PEREZ, C.T.; GUERRA, R.J. 1980. Effect of nocturnal wind on performance on two sex pheromone traps for noctuid moths. *Environ Ent.* 9: 483-485.
- HOLBROOK, F.R. & FUJIMOTO, M.S. 1969. Mediterranean fruit flies and melon flies trapped at various heights with synthetic lures. *J. econ. Ent.* 62(4): 962-963.
- HOWELL, J.F.; CHEIKH, M.; HARRIS, E.J. 1975. Comparison of the efficiency of three traps for the mediterranean fruit fly baited with minimum amounts of trimedlure. *J. econ. Ent.* 68(2): 277-279.

- HOWSE, P.E. & FODA, M.E. 1985. Pheromone communication in the mediterranean fruit fly (*Ceratitidis capitata*, Weid.). *J. Chem. Commun.* 12: 824.
- ITO, Y.; TERUYA, T.; SAKIYAMA, M. 1976. Attractiveness of bire-blocks containing mixture of methyleugenol and cue-lure on *D. dorsalis* and *Dacus curcubitaes*. *Bull. Okinawa Agric. Exp. Stn.* 2: 39-43.
- JACOBSON, M.; OHINATA, K.; CHAMBERS, D.L.; JONES, W. A.; FUJIMOTO, M.S. 1973. Insect sex attractants, 13 isolation, identification and synthesis of sex pheromones of the male mediterranean fruit fly. *J. Med. Chem.* 16:248-251.
- KEISER, I.; NAKAGAWA, S.; KOBAYASHI, R.; CHAMBERS, D.L.; URAGO, T.; DOOLITTLE, R.E. 1973. Attractives of cue-lure and degradation product 4-(p-hydroxyphenyl)-2 butane to male melon flies in the field Hawaii. *J. econ. Ent.* 66: 112-114.
- KEISER, I.; HARRIS, E.J.; MYIASHITA, D.H.; JACOBSON, M.; PERDUE, Jr. R.E. 1975. Attraction of ethyl ether extracts of 232 botanicals to oriental fruit flies, melon flies and mediterranean fruit flies. *Lloydia*, 38: 141-152.
- KOBAYASHI, R.M.; OHINATA, K.; CHAMBERS, D.L.; FUJIMOTO, M. S. 1978. Sex pheromones of the oriental fruit fly and the melon fly: Mating behaviour, bioassay method, and attraction of females by live males and by suspected pheromone gland of males. *Environ Ent.* 7(1): 107-112.
- KROHN, S.; FLETCHER, M.T.; KITCHING, W.; DREW, R.A.I.; MOORE, C.J.; FRANCKE, W. 1991. Chemistry of fruit flies: nature of glandular secretion and volatile emission of *Bactrocera (Bactrocera) cacuminatus* (Hering). *J. Chem. Ecol.* 17(2): 485-495.
- KUBA, H.; KOYAMA, J.; PROKOPY, R.J. 1984. Mating behaviour of wild melon flies, *Dacus curcubitaes* Coquillet (Diptera: Tephritidae) in a field cage: distribution and behaviour of flies. *Appl. Ent. Zool.* 19(3): 367-373.
- LANDOLT, P.J. & REED, H.C. 1990. Behaviour of the papaya fruit fly (Diptera: Tephritidae) host finding and oviposition. *Environ. Ent.* 19(5): 1305-1310.
- MACCOLLUM, G.B.; LAUZON, C.R.; WEIRES Jr., R.W.; RUTKOWSY, A.A. 1992. Attraction of adult apple maggot (Diptera: Tephritidae) to microbial isolates. *J. econ. Ent.* 85(1): 83-87.
- MADDISON, P.A. & BARTLETT, B.J. 1989. A contribution towards the zoogeography of the Tephritidae, P. 27 In: A.S. ROBINSON & G. HOOPER (ed.). World crop pests: Fruit flies, their biology, natural enemies and control. Vol. 3A. Amsterdam. Elsevier.
- MALAVASI, A. & MORGANTE, J.S. 1980. Biologia de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) II. Indices de infestação em di-

- ferentes hospedeiros e localidades. *Revta. bras. Biol.* 40: 17-24.
- MALAVASI, A.; MORGANTE, J.S.; PROKOPY, R.J. 1983. Distribution and activities of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) flies on host non-host trees. *Ann. ent. Soc. Am.* 76: 286-292.
- MAZOMENOS, B.E. 1984. Effect of age and mating on pheromone production in the female olive fruit fly, *Dacus oleae* (Gmel.). *J. Insect Physiol.* 30: 765-769.
- MORGANTE, J.S.; MALAVASI, A.; PROKOPY, R.J. 1983. Mating behaviour of wild *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) on a caged host tree. *Fla. Entomol.* 66(2): 234-241.
- NAKAGAWA, S.; PROKOPY, R.J.; WONG, T.T.Y.; ZIEGLER, J.R.; MITCHEL, S.M.; URAGO, T.; HARRIS, E.J. 1978. Visual orientation of *Ceratitidis capitata* flies to fruit models. *Ent. Exp. Appl.* 24: 193-198.
- NAKAGAWA, S.; HARRIS, E.J.; KEISER, I. 1981. Performance of capilure in capturing mediterranean fruit flies in Steiner plastic or cardboard sticky traps. *J. econ. Ent.* 74: 244-245.
- NASCIMENTO, A.S.; ZUCCHI, R.A.; MORGANTE, J.S.; MALAVASI, A. 1982. Dinâmica populacional das moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* (Diptera:Tephritidae) no Recôncavo Baiano. II- flutuação populacional. *Pesqui. Agrop. bras.* 17(7): 969-980.
- NASCIMENTO, A.S.; MALAVASI, A.; MORGANTE, J.S.; DUARTE, A. L. 1992. Hot-water immersion treatment for mangoes infested with *Anastrepha fraterculus*, *A. obliqua* and *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Brasil. *J. econ. Ent.* 85(2): 456-460.
- NATION, J.L. 1977. Pheromone research in tephritidae fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2:481-485.
- NATION, J.L. 1990. Biology of pheromone release by male Caribbean fruit flies, *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). *J. Chem. Ecol.* 16(2): 553-572.
- NISHIDA, T. 1958. The influence of yeast hydrolysate on the behaviour of the melon fly. *J. econ. Ent.* 51: 140-143.
- NISHIDA, T. 1980. Foodsystem of tephritid fruit flies in Hawaii. *Proc. Hawaiian ent. Soc.* 2: 245-254.
- NISHIDA, T. & BESS, H.A. 1957. Studies on the ecology and control of the melon fly *Dacus (Srumeta) curcubitae* Coquillet (Diptera: Tephritidae) *Hawaii Agric. Exp. Stn. Tech. Bull.* 34-44.
- NISHIDA, T.; BESS, H.A.; OTA, A. 1957. Comparative effectiveness of malathion and malathion-yeast hydrolysate baits sprays for control of the melon fly. *J. econ. Ent.* 50(5):680-684.

- ORLANDO, A. & SAMPAIO, A.S. 1973. Moscas-das-frutas. *O biológico*. 39: 143-150.
- PAPAJ, D.R.; ROITBERG, B.D.; OOP, S.B.; ALUJA, M.; PROKOPY, R.J.; WONG, T.T.Y. 1990. Effect of marking pheromone on clutch size in the mediterranean fruit fly. *Physiol. Ent.* 15: 463-468.
- PROKOPY, R.J. 1977. Attraction of *Rhagoletis* flies to red spheres of different sizes. *Can. Ent.* 109: 593-596.
- PROKOPY, R.J. & BUSCH, G.L. 1973. Oviposition responses to different sizes of artificial fruit by flies of *Rhagoletis pomonella* species group. *Ann. ent. Soc. Am.* 66: 927-929.
- PROKOPY, R.J.; MALAVASI, A.; MORGANTE, J.S. 1982. Oviposition deterring pheromone in *Anastrepha fraterculus*. *J. Chem. Ecol.* 8: 763-771.
- ROBACKER, D.C. & HART, W.G. 1985. (Z)-3-nonenol, (Z,Z)-3,6-nonadienol and (S,S)-epianastrephin: male-produced pheromones of the Mexican fruit fly. *Ent. Exp. Appl.* 39: 103-108.
- ROBACKER, D.C. & GARCIA, J.A. 1990. Responses of laboratory-strain Mexican fruit flies, *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae), to combinations of fermenting fruit odor and male-produced pheromone in laboratory bioassays. *J. Chem. Ecol.* 16: 2017-2038.
- ROBACKER, D.C.; GARCIA, J.A.; HART, W.G. 1990. Attraction of a laboratory strain of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) to the odor of fermented chapote fruit and to pheromone in laboratory experiments. *Environ. Ent.* 19(2) 403-408.
- ROBACKER, D.C.; GARCIA, J.A.; MARTINEZ, A. J.; KAUFMAN, M. G. 1991. Strain of *Staphylococcus* attractive to laboratory strain *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) *Ann. Ent. Soc. Am.* 84 (5): 555-559.
- ROCCA, J.R.; NATION, J.L.; STREKOWSKI, L.; BATTISTE, M.A. 1992. Compositions of volatiles emitted by male Caribbean and Mexican fruit flies. *J. Chem. Ecol.* 18(2): 223-244.
- ROELOFS, W. 1979. Electroantennograms. *Chemtech.* 9(4): 222-227.
- SERIT, M.; JAAL, Z.; TAN, K.H. 1986. Parasitism of *Dacus dorsalis* (Hendel) in village ecosystem in Tanjung Bungah, Penang, Malaysia. In *INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF FRUIT FLIES*, 2, Crete, ed. 441-448.
- STEINER, L. F. 1952. Fruit fly control in Hawaii with poison-bait sprays containing protein hydrolysates. *J. econ. Ent.* 45: 838-843.
- STEINER, L.F. 1969. A method of estimating size of native population of oriental, melon, and mediterranean fruit flies, to establish the overflooding ratios required for sterile-male releases. *J. econ. Ent.* 62: 4-7.

- STEINER, L.F.; MIYASHITA, D.H.; CHRISTENSON, L.D. 1957. *Angelica* oils as mediterranean fruit fly lures. *J. econ. Ent.* 50:505.
- STEINER, L.F.; HARRIS, E.J.; MITCHEL, W.C.; FUJIMOTO, M. S.; CHRISTENSON, L.D. 1965. Melon fly eradication by overflooding with sterile flies. *J. econ. Ent.* 58: 519-522.
- SZENTESI, A.; GREANY, P.D.; CHAMBERS, D.L. 1979. Oviposition behaviour of laboratory-reared and wild caribbean fruit flies (*Anastrepha suspensa* Diptera: Tephritidae): I selected chemical influences. *Ent. Exp. Appl.* 26(3): 227-238,
- TAN, K.H. 1985. Estimation of native populations of male *Dacus* spp. by Jolly's stochastic method using a new designed attractant trap in a village ecosystem. *J. Plant Prot. Tropics.* 2(2): 87-95.
- TAN, K.H. & LAM, L.S. 1982. Species diversity and abundance of *Dacus* (Diptera: Tephritidae) in five ecosystems of Penang, west Malaysia. *Bull. ent. Res.* 72: 709-716.
- TAN, K.H. & JAAL, Z. 1986. Comparison of the male adult population densities of the oriental and artocarpus fruit flies, *Dacus* spp. (Diptera: Tephritidae) in two nearby villages in Penang, Malaysia. *Res. Popul. Ecol.* 28: 85-89.
- TAN, K.H.; KIRTON, L.G.; SERIT, M. 1986. Age response of *Dacus dorsalis* (Hendel) to methyl eugenol in a) wind tunnel and b) traps set in a village, and its implication in population estimation. In. *INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF FRUIT FLIES*, 2, Crete, ed. 425-432.
- VISSER, J.H. 1986. Host odor perception in phytophagous insects. *A. Rev. Ent.* 31: 121-144.
- WEBB, J.C.; SIVINSKI, J.; LITZKOW, C. 1984. Acoustical behavior and sexual success in the caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* (Loew) (Diptera: Tephritidae). *Environ. Ent.* 13: 650-656.