

LUCIANO REZENDE MOREIRA

**INTERAÇÕES ECOLÓGICAS NO COMPLEXO PLANTAS
DE TOMATE – ARTRÓPODES HERBÍVOROS
MEDIADAS POR ODORES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M838i
2003

Moreira, Luciano Rezende, 1974-

Interações ecológicas no complexo plantas de tomate-
artrópodes herbívoros mediados por odores / Luciano
Rezende Moreira. – Viçosa : UFV, 2003.
47p. : il.

Orientador: Evaldo Ferreira Vilela
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa

1. Artrópodes - Controle biológico. 2. Relação inseto-
planta. 3. Interação de plantas. 4. Competição intra-
específica. 5. Odores. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 19.ed. 595.2045

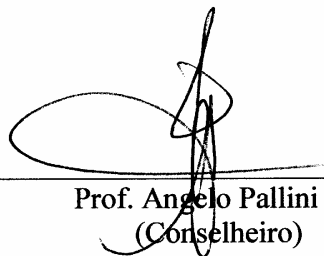
CDD 20.ed. 595.2045

LUCIANO REZENDE MOREIRA

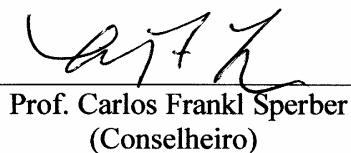
**INTERAÇÕES ECOLÓGICAS NO COMPLEXO PLANTAS
DE TOMATE – ARTRÓPODES HERBÍVOROS
MEDIADAS POR ODORES**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Entomologia, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

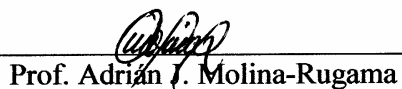
APROVADA: 31 de julho de 2003.



Prof. Angelo Pallini Filho
(Conselheiro)



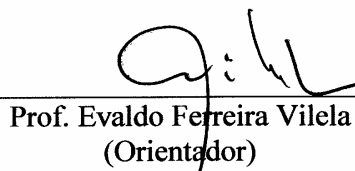
Prof. Carlos Frankl Sperber
(Conselheiro)



Prof. Adrián J. Molina-Rugama



Prof. Glaucio Vieira Miranda



Prof. Evaldo Ferreira Vilela
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Bernardo Gonçalves Moreira (*in memoriam*), representante legítimo da classe operária, tombou assassinado, lutando por um mundo mais justo.

Imensurável gratidão à minha mãe, que enfrentando as amarguras e as vicissitudes impostas às mulheres trabalhadoras brasileiras, conseguiu sobreviver, criar-me e oferecer-me condições de vida dignas para, entre tantas coisas, dedicar-me aos estudos e à pesquisa.

Ao João Amazonas, eterno símbolo de perseverança, fidelidade e convicção inquebrantáveis por dias melhores para a humanidade.

Às minhas irmãs, Rejane e Priscila, por tantos momentos importantes compartilhados juntos, fundamentais para a formação de nossos princípios humanistas.

À minha companheira Juliana, pelo apoio e carinho compartilhados juntos, imprescindíveis para todas as nossas conquistas.

Àqueles que considero igualmente importantes na minha orientação do mestrado e, portanto, meus dois orientadores, professor Evaldo Ferreira Vilela e professor Angelo Pallini Filho; mais que orientadores, foram as pessoas responsáveis pelo meu retorno à Universidade.

A todos os meus amigos e amigas, que por serem dezenas que passaram em minha vida cito apenas alguns, em nome de quem agradeço a todos: João Ferreira Gomes e Sebastião Ferreira Gomes, Manon Garcia Vieira, Gilberto Tadim da Silva, André Correa e Adilson Correa, Milton Cândido de Jesus, Sílvio Faria Figueiredo, Cristiano Arigó, Marcos Alexandre Mendes Honório, João Marcos Dursky, Hugo Leonardo Evangelista Correia, Miguel Ângelo, Fábio Ricardo, Marcos Eduardo Rocha, Frederico Nunes Borges de Lima, Jovino Ferreira da Fonseca Neto, Vanessa Stropp Borba e Fagner Ribeiro Sena.

Aos trabalhadores brasileiros, minha admiração e meu agradecimento, especialmente aos servidores públicos da UFV.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realização do curso e à aviltada FAPEMIG, pela concessão de bolsa de estudo.

BIOGRAFIA

LUCIANO REZENDE MOREIRA, filho de Bernardo Gonçalves Moreira e Lúcia Rezende da Silva Moreira, nasceu em 18 de maio de 1974 na cidade de Belo Horizonte, MG.

Formou-se em Técnico em Agropecuária pela Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal (CEDAF), em 1993 e, em 1994, matriculou-se no curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, tendo concluído o curso em agosto de 1999.

Em agosto de 2001, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Entomologia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação do professor Evaldo Ferreira Vilela, submetendo-se à defesa de tese em 31 de julho de 2003.

CONTEÚDO

	Páginas
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
PLANTAS DE TOMATE (<i>Lycopersicon lycopersicum</i>) CONSEGUEM TROCAR INFORMAÇÕES POR MEIO DE INFOQUÍMICOS E INFLUENCIAR O COMPORTAMENTO DE HERBÍVOROS?	7
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1. Produção de plantas de tomate	10
2.2. Criação de <i>T. evansi</i> e <i>M. persicae</i>	11
2.3. Testes de laboratório – Olfatômetro	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4. CONCLUSÕES	16

	Páginas
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
HERBÍVOROS EVITAM COMPETIÇÃO INTRA-ESPECÍFICA EM TOMATEIRO ATRAVÉS DE PERCEPÇÃO DE ODORES?.....	20
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1. Produção de plantas de tomate	24
2.2. Criação de manutenção de <i>T. evansi</i> e <i>M. persicae</i>	24
2.3. Experimento de liberação e recaptura – Gaiola de observação.....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4. CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
RESPOSTA OLFATIVA DE HERBÍVOROS A ODORES DE PLANTAS DE TOMATE (<i>Lycopersicon lycopersicum</i>) E CO-ESPECÍFICOS.....	33
RESUMO.....	33
ABSTRACT.....	34
1. INTRODUÇÃO.....	35
2. MATERIAL E MÉTODOS	37
2.1. Produção de plantas de tomate	37
2.2. Criação de manutenção de <i>T. evansi</i> e <i>M. persicae</i>	37
2.3. Testes de laboratório – Olfatômetro	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4. CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
2. CONCLUSÕES	46

RESUMO

MOREIRA, Luciano Rezende, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2003. **Interações ecológicas no complexo plantas de tomate - artrópodes herbívoros mediadas por odores.** Orientador: Evaldo Ferreira Vilela. Conselheiros: Angelo Pallini Filho e Carlos Frankl Sperber.

Em uma teia alimentar, as interações ecológicas são diversas e os seus membros podem usar os mesmos sinais voláteis para benefício próprio. Analisando as plantas e os herbívoros como parte da teia, podemos verificar que as relações que ocorrem são diferentes daquelas de uma simples cadeia alimentar. Plantas conseguem trocar informações por meio de compostos voláteis, denominados infoquímicos. Esta comunicação química entre as plantas é importante na estruturação da teia alimentar e interfere na interação planta-herbívoro. Herbívoros são capazes de perceber voláteis químicos emitidos por plantas, podendo desta forma, se beneficiar de informações contidas nesses compostos. Plantas são capazes de produzir ativamente infoquímicos, quando diretamente atacadas por herbívoros e os próprios herbívoros são importantes fontes de odores utilizados pelos co-específicos na localização do hospedeiro. Estudos sobre comportamento de forrageamento de herbívoros é fundamental para a compreensão das interações que ocorrem entre os organismos que compõem as teias alimentares. O objetivo deste trabalho foi estudar as interações

comportamentais entre plantas de tomate (*Lycopersicon lycopersicum*), variedade Santa Clara, em diversas situações e duas pragas de importância econômica da cultura do tomateiro, o ácaro-vermelho *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) e o pulgão *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). Utilizaram-se técnicas de olfatometria e experimentos de liberação e recaptura dos artrópodos envolvidos. Não foram encontradas diferenças significativas na tomada de decisão dos herbívoros a odores de plantas de tomate limpas, mantidas próximas ou longe de plantas atacadas por co-específicos, bem como entre plantas de tomate limpas previamente infestadas com co-específicos comparativamente com plantas de tomate limpas. A comunicação intra-específica em plantas de tomate, capaz de influenciar o comportamento de carnívoros, não alterou o comportamento dos herbívoros. Os infoquímicos liberados pelas plantas de tomate previamente infestadas e, ou, limpas podem ser indiferentes para o herbívoro na tomada de decisão ou insuficientes para serem percebidos pelos herbívoros na intensidade e duração da infestação utilizada neste trabalho. Herbívoros tiveram preferência significativa por plantas infestadas por co-específicos, não evitando competição intra-específica, quando oferecidos odores de plantas atacadas com a presença do co-específico comparativamente com plantas limpas. Quando foram oferecidos co-específicos como fontes de odores versus plantas previamente infestadas, a tomada de decisão dos herbívoros foi significativamente maior pelos co-específicos. Estes últimos resultados demonstram a fundamental importância da presença do co-específico para a localização do hospedeiro pelo herbívoro.

ABSTRACT

MOREIRA, Luciano Rezende, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2003.
Ecological interactions in the tomato plant-arthropod herbivores complex mediated by odors. Adviser: Evaldo Ferreira Vilela. Committee members: Angelo Pallini Filho and Carlos Frankl Sperber.

In a food web the ecological interactions are diverse and its members may use the same volatile signals to their own benefit. Taking plants and herbivores as part of a food web, we can verify that the interactions occurring are different from those of a simple food chain. Plants are able to exchange information through volatile compounds, i.e. infochemicals. This chemical communication among plants is important in the shaping and structuring of the food web and certainly interferes in the plant-herbivore interactions. Herbivores can perceive volatiles produced by plants, thereby benefiting from the information conveyed by the compounds. Plants actively produce infochemicals when damaged by herbivores and the herbivores are themselves odors sources used by the coespecifics during searching for their hosts. Studies on herbivore foraging behavior are fundamental for understanding the interactions among the organisms in a food web. The goals of this investigation were to study the behavioral interactions between the tomato plants (*Lycopersicon lycopersicum*), variety Santa Cruz, and the two important economic pests in the culture of

tomato, the mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) and the aphid *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). It was used olfactometer techniques and release-recapture experiments of the chosen arthropods. It was not found significant differences on the responses of the herbivores to clean plants kept close or far away from plants damaged by coespecifics, and to plants that have been previously infested but had their animals removed when compared to clean plant. The intraspecific communication among tomato plants, that can influence the carnivore behavior, did not alter the herbivore behavior. The infochemicals released by the previously infested tomato plants and/or clean plants may be different to the herbivore to influence its decision-making or insufficient to be perceived by the herbivores at the intensity and duration of the infestation used in this work. Herbivores had significant preference for coespecific-infested plants. They did not avoid intraspecific competition when offered odors from infested plants with coespecifics against clean plants. When it was offered coespecifics as odor sources against previously infested plant, the herbivores preferred coespecifics. The latter results show the importance of the coespecific presence to the host finding by the herbivores.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Dentre as pragas de maior importância econômica na cultura do tomate (*Lycopersicon lycopersicum*) encontram-se o ácaro-vermelho *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) e o pulgão *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae).

T. evansi apresenta coloração avermelhada, pode ser visto a olho nu e localiza-se, principalmente, na face inferior das folhas, onde tece considerável quantidade de teia (Flechtmann, 1983; Moraes, 2002). A sua dispersão é feita, principalmente, pelo vento, e as infestações desse ácaro ocorrem, geralmente, no período do ano em que a temperatura é mais amena e a umidade do ar mais elevada (Haji et al., 1998).

M. persicae tem forma alada e coloração geral verde clara, com a cabeça, as antenas e o tórax pretos. Os pulgões desenvolvem-se sem a presença do macho (partenogênese) e geram, aproximadamente, 27 indivíduos cada um, os quais vivem de 15 a 30 dias (Espinoza, 1991). Os pulgões sugam a seiva da planta ininterruptamente e, para isto, possuem aparelho digestivo diferente dos demais sugadores (Eichler, 1976; Gallo et al., 2002; Isikber & Copland, 2002). Como as plantas são ricas em açúcares e, relativamente pobres em proteínas, as quais são importantes para sua alimentação, os pulgões são obrigados a retirar mais açúcares do que necessitam. Para não forçar o sistema digestivo com substâncias secundárias, os açúcares são eliminados diretamente, sem digestão, servindo a

outros insetos, ou mesmo possibilitando a formação da “fumagina” sobre as substâncias que eliminam. A sucção contínua provoca engruvinhamento dos brotos ou das folhas, prejudicando o normal desenvolvimento das plantas. A “fumagina” que se desenvolve sobre as folhas também prejudica a fotossíntese. (Miname & Haag, 1989).

Por meio da percepção de odores presentes no ambiente, indivíduos de uma teia alimentar conseguem manter a comunicação entre si. Estas informações, que são transmitidas por meio de compostos voláteis, são chamadas de infoquímicos (Nordlund & Lewis, 1976; Dicke & Sabelis, 1988).

Essa percepção química não é feita somente pelos animais, mas também pelas plantas (Shulaev et al., 1997). Os voláteis produzidos pelas plantas podem ser percebidos não apenas pelos inimigos naturais, como um sinal de socorro, mas também por outros vegetais e herbívoros, podendo afetar seu comportamento de acordo com a espécie e as condições (Bruin et al., 1995).

Os infoquímicos são, em muitos casos, responsáveis pelas interações inter e intra-específicas em uma teia alimentar. Por meio deles, os organismos podem “prever” situações de risco, como predação e competição, ou oportunidades, como abundância de alimento, abrigo e parceiros para reprodução. Dentre os insetos e ácaros, cujos sistemas de percepção química são desenvolvidos, os infoquímicos constituem-se em importante ferramenta para o processo de tomada de decisão, com conseqüência para a sobrevivência individual e a evolução das espécies.

A resistência de plantas ao ataque de herbívoros pode ser conseguida, em parte, quando a planta atacada passa a emitir algum composto volátil capaz de ser identificado pelo inimigo natural como um “aviso” da presença de alimento, que no caso é sua presa. No controle biológico são necessárias, cada vez mais, informações sobre o intrincado mecanismo de comunicação entre as plantas e seu conseqüente aproveitamento como estratégia de controle fitossanitário, quer seja pelo estímulo à proteção ou não, haja vista que se impõe, sobretudo para a sustentabilidade da agricultura, a necessidade de reduzir drasticamente o uso de agrotóxicos (van Lenteren & Wolts, 1990).

Entender o complexo processo de comunicação em uma teia alimentar, é uma contribuição imprescindível para desenvolver uma agricultura mais sustentável com métodos culturais alternativos aos convencionais. Pallini et al. (2001), afirmam que “plantas, pragas e inimigos naturais são parte de uma teia alimentar, onde todos os membros dessa teia podem usar os mesmos sinais químicos voláteis produzidos pelas suas interações para benefício próprio”. Esta interpretação confronta-se com o conceito rígido e linear da cadeia alimentar que considera normalmente apenas interações tritróficas simples entre uma espécie de inimigo natural, uma espécie de herbívoro e uma planta.

A herbivoria sofrida por uma planta é capaz de desencadear o processo de emissão de voláteis capazes de sinalizar informação a plantas saudáveis, que por sua vez passam a emitir odores atraindo mais predadores dos herbívoros do que antes de serem expostas aos odores das plantas infestadas (Bruin et al., 1995). Todavia, odores provenientes de plantas atacadas podem ser captados e utilizados por outros organismos de diferentes níveis tróficos.

Desta forma, os infoquímicos e suas implicações nas relações tritróficas de uma teia alimentar podem acarretar diversas situações, quer sejam benéficas ou maléficas ao desenvolvimento de uma determinada planta. Na cultura do tomate, que recebe grande aporte de agrotóxicos, entender a dinâmica desses odores e seus desdobramentos ecológicos é a base para a expansão do conhecimento científico, visando a indução de resistência nas plantas ao ataque de artrópodos herbívoros.

O entendimento sobre as interações mediadas por odores remete aos estudos sobre interações comportamentais entre os componentes numa teia alimentar. Assim, este trabalho teve o objetivo de estudar as interações comportamentais entre os herbívoros *T. evansi* e *M. persicae* em plantas de tomate.

Este trabalho foi dividido em três capítulos. No primeiro, foram estudadas as respostas comportamentais dos herbívoros (ácaros e pulgões) a odores de plantas de tomate limpas que receberam apenas os odores de plantas atacadas por ácaros-vermelhos comparativamente com plantas limpas que não receberam estes

odores. Foi considerada planta limpa aquela que não possuía nenhum herbívoro e, ou, injúria causada por herbívoro. Este estudo objetivou testar a comunicação intra-específica entre plantas de tomate e sua interferência na tomada de decisão dos herbívoros.

No segundo capítulo, foram estudadas as respostas comportamentais de ácaros e pulgões a odores de plantas infestadas com co-específicos comparativamente com plantas limpas. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência do complexo planta injuriada/co-específico na resposta olfativa dos herbívoros.

Com o objetivo de entender o comportamento dos herbívoros em não evitarem a competição intra-específica, o terceiro capítulo trata da questão oferecendo aos herbívoros, plantas previamente infestadas sem a presença dos co-específicos comparativamente com plantas limpas e plantas previamente infestadas sem a presença do co-específico comparativamente com co-específicos. Visou-se, assim, buscar determinar qual seria a fonte de odor responsável pela resposta dos herbívoros testados.

As informações químicas utilizadas na busca do hospedeiro, pelos herbívoros, podem se originar dos próprios herbívoros; da planta em que se alimentam; dos organismos associados com a presença de herbívoros, ou das interações entre estas fontes. Neste estudo, foi demonstrado que os herbívoros testados utilizaram os odores provenientes de seus co-específicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bruin, J.; Sabelis, M. W.; Dicke, M. Do plants tap SOS signals from their infested neighbours? **Tree**, v.10, p.167-170, 1995.
- Dicke, M.; Sabelis, M. W. Infochemical terminology: should it be based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds? **Funct. Ecol.**, v.2, p.131-139, 1988.
- Eichler, M. R.; Reis, E. M. **Seletividade fisiológica de inseticidas aos predadores de afídeos *Cycloneda sanguinea* (L., 1763) e *Eriopis connexa* (Germ., 1824) (Coleoptera: Coccinelidae)**. 3. ed., Passo Fundo: EMBRAPA/CNPQ, 1976. 20p.
- Espinoza, W. **Manual de produção de tomate industrial no Vale do São Francisco**. Brasília: EMBRAPA. 1991.
- Flechtmann, C. H. W. **Ácaros de importância agrícola**. 5. ed. São Paulo. 1983.
- Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R.P.L.; Batista, G. C.; Berti Filho, E.; Parra, J. R. P.; Zucchi, R. A.; Alves, S. B.; Vendramim, J. D. **Manual de entomologia agrícola**. 2. ed., São Paulo: FEALQ, 2002. 920p.
- Haji, F. N. P., Alencar, J. A. de; Prezotti, L. **Principais pragas do tomateiro e alternativas de controle**. Petrolina, PE: Embrapa-CPTSA, 1998.
- Isikber, A. A.; Copland, M. J. W. Effects of various aphid foods on *Cycloneda sanguinea*. **Entomol. Exp. Appl.**, v. 102, n. 1, p. 93-97, 2002.

- Minami, K.; Haag, H. P. **O tomateiro**. Campinas, SP: Fundação Cargill. 1989.
- Moraes, G. J. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. In: Parra, J. R. P. et al. (Ed.) **Controle biológico no Brasil**: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. 635p.
- Nordlund, D. A.; Lewis, W. J. Terminology of chemical releasing stimuli in intraespecific and intespecific interactions. **J. Chem. Ecol.**, v. 2, p. 211-20, 1976.
- Pallini, A.; Venzon, M.; Janssen, A. Infoquímicos de ácaros mediando interações em teias alimentares. In: Vilela, E. F.; Della Lúcia, T. M. C. (Ed.) **Ferômonios de insetos**: biologia, química e aplicação. Holos, 2001. 206p.
- Shulaev, V.; Silverman, P.; Raskin, I. Airbone signaling by methyl salicylate in plant pathogen resistance. **Nature**, v. 383, p. 718-720, 1997.
- van Lenteren, J.C.; Woets, J. Biological and integrated pest control in greenhouses. **Ann. Rev. Entomol.**, v.33, p.239-69, 1990.

PLANTAS DE TOMATE (*Lycopersicon lycopersicum*) CONSEGUEM TROCAR INFORMAÇÕES POR MEIO DE INFOQUÍMICOS E INFLUENCIAR O COMPORTAMENTO DE HERBÍVOROS?

RESUMO: Plantas conseguem trocar informações por meio de compostos voláteis denominados infoquímicos. Esta comunicação química entre as plantas é importante na estruturação das teias alimentares e pode interferir na interação planta-herbívoro-inimigo natural. Avaliou-se a ocorrência de comunicação intra-específica de plantas de tomate (*Lycopersicon lycopersicum*), mediada por infoquímicos, determinando a resposta olfativa do ácaro-vermelho (*Tetranychus evansi*) e do pulgão (*Myzus persicae*) aos odores dessas plantas. Foram oferecidas, como fonte de voláteis para os ácaros e pulgões, em um olfatômetro de tubo em “Y”, plantas de tomate limpas que estiveram mantidas próximas de plantas atacadas comparativamente com plantas limpas que foram mantidas longe de plantas atacadas. As plantas atacadas eram infestadas e mantidas apenas com ácaros-vermelhos. Não ocorreram diferenças significativas na tomada de decisão dos herbívoros. Algumas espécies de plantas infestadas por herbívoros são capazes de induzir a ativação da defesa de plantas vizinhas da mesma espécie não-infestadas, afetando o comportamento de carnívoros na localização do complexo planta-herbívoro. Entretanto, neste estudo, não foi verificado alteração na tomada de decisão de herbívoros na localização de plantas de tomate infestadas por ácaros-vermelhos e plantas limpas mantidas próximas a plantas infestadas. Implicações ecológicas dos resultados obtidos são discutidas.

UNITERMOS: Infoquímicos, tomate, teias alimentares, *Tetranychus evansi*, *Myzus persicae*

DO TOMATO PLANTS EXCHANGE INFORMATION THROUGH INFOCHEMICALS AND CAN INFLUENCE THE BEHAVIOR OF HERBIVORES?

ABSTRACT: Plants change information through volatiles, denominated infochemicals. This chemical communication among plants is important in the structuring of the food webs and it can interfere in the natural plant-herbivore-enemy interactions. The occurrence of intraespecific communication of tomato plants (*Lycopersicon lycopersicum*) mediated by infochemicals was evaluated, determining the olfactory response of the mite *Tetranychus evansi* and the aphid *Myzus persicae* to the odours from these plants. They were offered, as source of volatiles for *T. evansi* and *M. persicae*, in a Y-tube olfatometer, clean tomato plants that were maintained close of attacked plants comparatively with clean plants that were maintained far away of plants attacked. The attacked plants were infested and only kept with *T. evansi*. There were no significant differences on the herbivore responses. Some species of plants infested by herbivores are able to induce the defense system of neighboring plants of the same species, thereby affecting the searching behavior of carnivores. However, in this study, changes was not found in the decision of herbivores for locating of tomato plants infested by *T. evansi* and clean plants kept close to infested plants. Ecological implications of these results are discussed.

Key words: Infochemicals, tomato, food webs, *Tetranychus evansi*, *Myzus persicae*

1. INTRODUÇÃO

Os infoquímicos são, em muitos casos, responsáveis pelas interações inter e intra-específicas em uma teia alimentar. Através deles, os indivíduos que compõem esta teia podem responder a situações de risco, como predação e competição, ou oportunidades, como abundância de alimento, abrigo e parceiros para a reprodução (Vet & Dicke, 1992). Dentre esses indivíduos, encontram-se os insetos e os ácaros, cujos sistemas de percepção química são bastante desenvolvidos, tornando-se uma importante ferramenta com relação à sobrevivência individual e à evolução da espécie.

Entretanto, essa percepção química não é feita somente pelos animais, mas também pelos vegetais (Shulaev et al., 1997). As plantas possuem sistemas de defesa complexos, diretos e indiretos, capazes de responder a estímulos, promovendo o espessamento da parede celular, a produção de exsudados e proteínas (inibidores de proteinase, polifenol oxidase, peroxidase e lipoxigenase) e produção de voláteis para a atração de inimigos naturais (Dicke & Sabelis, 1988; Price, 1997; Sabelis et al., 1999).

Os voláteis produzidos pelas plantas podem ser percebidos não apenas pelos inimigos naturais, como um sinal de socorro, mas também por outros vegetais e herbívoros, afetando seu comportamento e variando de acordo com a espécie e as condições ambientais (Turlings et al., 1990; Dicke, 1999). Chamberlain et al. (2001) também constataram a comunicação interespecífica entre plantas de feijão atacadas por afídeos através de exsudados liberados na rizosfera.

Segundo Bruin et al. (1995), plantas de tomate sadias que receberam odores provenientes de plantas atacadas por herbívoros se tornaram mais atrativas aos predadores destes herbívoros. Esta informação é fundamental para compreender as interações que passam a ocorrer entre planta-herbívoro-inimigo natural e que determinam a estrutura das teias alimentares (Polis & Winemiller, 1996).

Ao contrário do que vem sendo feito em alguns programas de controle biológico que visam apenas introduzir inimigos naturais através de criação

massal ou importação, sem estudos sobre os comportamentos e interações desses organismos (Vilela & Pallini, 2002), é fundamental compreender que plantas, herbívoros e inimigos naturais são partes de uma teia alimentar complexa e que os sinais químicos emitidos por um membro desta teia podem provocar comportamentos ainda mais intrincados nos receptores.

Frente a estas informações, é fundamental o estudo de comportamento dos membros de uma teia alimentar formada, visando entender as respostas comportamentais do receptor de um sinal químico, bem como a emissão deste volátil. Para um programa de controle biológico de pragas responsável, é imprescindível a realização de estudos prévios que visem evitar insucessos ou até mesmo algum desastre ambiental.

Neste trabalho foram investigadas as respostas olfativas do ácaro-vermelho *Tetranychus evansi* e do pulgão *Myzus persicae* aos odores das plantas de tomate limpas versus plantas de tomate limpas que receberam odores de plantas infestadas por *T. evansi*. Testaram-se, assim, a capacidade de comunicação intra-específica entre plantas de tomate e a possível influência no comportamento de herbívoros aos odores emitidos por estas plantas, como já constatado em carnívoros por outros estudos, como, por exemplo, o de Bruin et al. (1995).

O trabalho objetivou responder à seguinte pergunta: plantas de tomate são capazes de trocar informações por meio de infoquímicos diminuindo a atração dos herbívoros ácaros-vermelhos e pulgões?

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Produção de plantas de tomate

Sementes da variedade Santa Clara I-5300 foram semeadas sobre substrato em bandejas de isopor (8 x 16 células), em casas de vegetação, da Universidade Federal de Viçosa. O transplante das mudas para copos plásticos de 300 mL foi

feito aos 23 dias após a semeadura e mantido até o 35º dia. Após o transplante, utilizou-se como substrato uma mistura de esterco bovino curtido e solo (1:1) e fertilizante 4-14-8.

As mudas foram irrigadas diariamente e as que sofreram ataque de herbívoros ou fitopatógenos foram descartadas, sendo eliminadas da casa de vegetação. As plantas restantes foram divididas em dois grupos de produção diferentes. O primeiro, a partir do 28º ao 35º, foi mantido ao lado de plantas da mesma idade infestadas com 300 ácaros-vermelhos e colocadas dentro de garrafas plásticas transparente de dois litros. Nestas garrafas foram feitas aberturas retangulares (20 x 40 cm), que foram cobertas com organza, para evitar a saída dos ácaros e permitir apenas a ventilação e a troca de odores.

Para cada conjunto com quatro plantas havia duas plantas atacadas mantidas dentro das garrafas. Este tratamento foi mantido dentro da casa de vegetação onde se encontrava a criação massal do ácaro-vermelho. O segundo tratamento foi mantido em outra casa de vegetação, onde não havia plantas de tomate atacadas pelo ácaro-vermelho.

As plantas de tomate limpas que receberam odores provenientes de plantas infestadas eram previamente protegidas em recipientes cobertos por organza, impedindo a infestação dos herbívoros e permitindo as trocas de odores. Para cada grupo de quatro plantas limpas foram colocadas juntas duas plantas infestadas por 300 ácaros cada.

2.2. Criação de *T. evansi* e *M. persicae*

Ninfas e adultos de *T. evansi* foram criados sobre plantas de tomate da variedade Santa Clara I-5300 e mantidos em casa de vegetação. Ácaros predadores e outros herbívoros foram separados e eliminados com auxílio de lupa e pincel, para evitar a contaminação com *T. evansi*. As plantas de tomate usadas para a criação dos ácaros foram renovadas a cada três semanas.

Os pulgões foram criados em plantas de tomate da variedade Santa Clara de diversos estágios fenológicos em casas de vegetação, sendo necessária a troca

de algumas plantas, principalmente as mais velhas, devido ao forte ataque de viroses transmitidas pelos pulgões. Os pulgões mais desenvolvidos eram selecionados com o auxílio de uma pinça a fim de serem utilizados na infestação de novas plantas ou de outras partes das plantas, visando aumentar a colônia. Somente adultos ápteros, com aproximadamente dois milímetros de comprimento foram usados no experimento.

2.3. Testes de laboratório – Olfatômetro

Em um olfatômetro de tubo em “Y” (Sabelis & van de Baan, 1983; Janssen et al., 1997; Pallini et al., 1997; Reddy et al., 2002), foram oferecidas duas fontes de voláteis para se estudar a tomada de decisão de fêmeas adultas de *T. evansi* e adultos ápteros de *M. persicae*. Em cada braço do olfatômetro foi conectado, através de mangueiras de plástico transparente, um container de acrílico (50 x 36 x 43 cm), onde foram colocadas as fontes de odores.

Uma bomba de vácuo foi conectada na base do olfatômetro para formar uma corrente de ar contendo os voláteis das fontes dentro do olfatômetro. A velocidade da corrente de ar ($v = 0,10 \text{ m.s}^{-1}$ em cada braço para os testes com os ácaros e $v = 0,45 \text{ m.s}^{-1}$ para os pulgões) foi calibrada na bomba de vácuo e em registros adaptados à mangueira do olfatômetro e medida por fluxômetros digitais. As velocidades usadas foram testadas previamente visando obter a melhor resposta dos artrópodes na tomada de decisão.

Foram oferecidas, como fonte de voláteis para os ácaros e para os pulgões plantas limpas mantidas perto de plantas atacadas por *T. evansi* versus plantas limpas. Os ácaros e os pulgões foram previamente deixados em jejum por 24 horas e testados individualmente. Cada animal-teste era colocado na extremidade basal do olfatômetro, os quais passavam a caminhar sobre o arame, contra a corrente de ar formada, em direção às fontes de voláteis, estando sujeitos a uma tomada de decisão na junção do tubo por uma das fontes.

Foram testados 60 fêmeas adultas de ácaros-vermelhos e 60 pulgões adultos por experimento, sendo que cada experimento continha três repetições onde eram testados individualmente 20 animais.

Após a liberação dos animais-teste na extremidade basal do olfatômetro, foi tolerado um prazo de até cinco minutos para os artrópodes fazerem a tomada de decisão das fontes de odores. Após este prazo sem uma escolha, os artrópodes eram eliminados.

A cada cinco animais testados, as fontes de odores (compostas por três plantas em cada container) eram trocadas de posição nos braços do olfatômetro, em função de possíveis interferências do meio ambiente e, a cada repetição, as fontes de odores eram substituídas, evitando-se pseudo-repetição. Os resultados foram submetidos ao teste binomial, a 5% de probabilidade (Sabelis & van de Baan, 1983).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa na tomada de decisão do ácaro-vermelho e do pulgão para plantas limpas mantidas perto de plantas atacadas (Tabelas 3 e 4).

Este resultado difere de outros que comprovam a comunicação intra-específica de plantas influenciando o comportamento de herbívoros, como o trabalho de Dicke & Dijkman (2001). No presente trabalho, entretanto, avaliou-se a comunicação entre plantas de tomate exclusivamente através de voláteis, diferentemente da comunicação através de exsudados liberados na rizosfera por plantas de feijão mediando interações de ácaros predadores e ácaros fitófagos, testados por Dicke & Dijkman (2001).

Plantas são capazes de sinalizar vários tipos de informação pela parte aérea (Visser, 1986) e mesmo subterraneamente através das raízes (Rovira, 1969). Estas informações são capazes de afetar vários organismos, desde simbiontes fixadores de nitrogênio (Zaat et al., 1989), polinizadores

(Schoonhoven et al., 1998) e até mesmo plantas parasitas (Estabrook & Yoder, 1998).

Voláteis emitidos pelas plantas podem afetar o desenvolvimento de artrópodes herbívoros e carnívoros (Turlings et al., 1995; Boland et al., 1995; Dicke, 1999; Sabelis et al., 1999; Dicke & Van Loon, 2000), podendo causar resposta fisiológica em plantas vizinhas não danificadas (Dicke & Bruin, 2001).

Hori & Komatsu (1999) mostraram que afídeos usam os odores emitidos por plantas infestadas por seus co-específicos para colonizá-las. Segundo Pallini et al. (1997) e Janssen et al. (1998), aparentemente, ácaros fitófagos usam informações voláteis para escapar da predação, evitar competição por recurso e, também, para explorar o ambiente ao seu redor, como localização da planta-hospedeira e parceiros para o acasalamento.

Todavia, os experimentos realizados neste trabalho excluem a participação de co-específicos e heteroespecíficos na emissão de voláteis, já que as fontes de voláteis utilizadas eram exclusivamente de plantas de tomate, variando apenas se estas plantas eram mantidas próximas ou distantes de outras plantas atacadas por ácaros-vermelhos. Testou, assim, apenas a resposta olfativa de herbívoros, excluindo testes com predadores.

Para avaliar se os experimentos não foram afetados por outros fatores diferentes dos voláteis, foram liberados 60 ácaros-vermelhos e 60 pulgões, em três repetições, sem nenhuma fonte de odor. Não houve diferença significativa na direção seguida pelos herbívoros nos dois “braços” do olfatômetro (Tabelas 1 e 2), demonstrando que o comportamento dos herbívoros não foi afetado por outras variáveis.

Embora a maioria dos ácaros, assim como de pulgões, ter sido atraídas por odores de plantas mantidas próximas à plantas atacadas por ácaros-vermelhos, não foi observada diferença significativa na tomada de decisão desses herbívoros. Conforme mostram as Tabelas 3 e 4, os voláteis produzidos pelas plantas de tomate não foram percebidos como diferentes tanto pelo *T. evansi* como para o *M. persicae* na tomada de decisão, ou seja, estes resultados diferem dos encontrados por outros autores, como por exemplo, os de Dicke & Dijkman

Tabela 1 – Número de fêmeas de *Tetranychus evansi* que se dirigiram para cada braço do olfatômetro de tubo em “Y” sem nenhuma fonte de odor

Repetição	Direção		Teste Binomial (P = 0,05)
	Esquerda	Direita	
1	09	11	0,4119 n.s.
2	09	11	0,4119 n.s.
3	13	07	0,1316 n.s.
Total	31	29	0,4487 n.s.

Para cada repetição foram testados 20 ácaros, num total de 60 ácaros. Os dados foram analisados pelo teste de distribuição binomial (P = 0,05).

Tabela 2 – Número de pulgões adultos que se dirigiram para cada braço do olfatômetro de tubo em “Y” sem nenhuma fonte de odor

Repetição	Direção		Teste Binomial (P = 0,05)
	Esquerda	Direita	
1	08	12	0,2517 n.s.
2	10	10	0,5881 n.s.
3	08	12	0,2517 n.s.
Total	28	32	0,3494 n.s.

Para cada repetição foram testados 20 pulgões, num total de 60 pulgões. Os dados foram analisados pelo teste de distribuição binomial (P = 0,05).

Tabela 3 – Número de fêmeas de *Tetranychus evansi* que se dirigiram às fontes de odores de plantas de tomate mantidas pertos de plantas atacadas por co-específicos (PP) e plantas mantidas em outro ambiente (PL), em olfatômetro de tubo em “Y”

Repetição	Fontes de Odores		Teste Binomial (P = 0,05)
	PL	PP	
1	07	13	0,1316 n.s.
2	09	11	0,4119 n.s.
3	08	12	0,2517 n.s.
Total	24	36	0,0775 n.s.

Para cada repetição foram testados 20 ácaros, totalizando 60 ácaros utilizados no experimento. Os dados foram submetidos ao teste de distribuição binomial (P = 0,05).

Tabela 4 – Número de pulgões *Myzus persicae* que se dirigiram às fontes de odores de plantas de tomate mantidas pertos de plantas atacadas pelos ácaros-vermelhos (PP) e plantas mantidas em outro ambiente (PL), em olfatômetro de tubo em “Y”

Repetição	Fontes de Odores		Teste Binomial (P 0,05)
	PL	PP	
1	09	11	0,4119 n.s.
2	08	12	0,2517 n.s.
3	08	12	0,2517 n.s.
Total	25	35	0,1225 n.s.

Para cada repetição foram testados 20 pulgões, totalizando 60 pulgões utilizados no experimento. Os dados foram submetidos ao teste de distribuição binomial (P 0,05).

(2001), que observaram que plantas atacadas podem induzir a ativação de defesa das plantas vizinhas da mesma espécie não-atacadas, afetando o comportamento de herbívoros e carnívoros.

A maior atração de predadores por plantas de tomate sadias que receberam odores de plantas atacadas por suas presas, como comprovado por outros estudos, não foi verificada no caso de *T. evansi* e *M. persicae*, não influenciando, desta forma, no comportamento desses artrópodos.

4. CONCLUSÕES

Plantas de tomate sadias, que receberam odores provenientes de plantas atacadas por *T. evansi*, não são capazes de alterar o comportamento de herbívoros em uma tomada de decisão entre estas plantas e plantas limpas mantidas longe de plantas atacadas, por intermédio de infoquímicos.

Tanto *T. evansi* como *M. persicae* não foram capazes de diferenciar odores emitidos por plantas de tomate quando estas são expostas a odores de outras plantas atacadas por *T. evansi*. Contudo, os resultados obtidos neste trabalho não permitem a confirmação da inexistência de comunicação intra-

específica entre plantas de tomate, pelo contrário, estimula a realização de outros estudos envolvendo diferentes animais, inclusive de diferentes níveis tróficos.

Estudos visando a identificação das principais fontes de odores capazes de atrair os herbívoros na cultura do tomate, merecem ser realizados com mais afinco, objetivando maiores informações e subsídios ao intrincado estudo do controle biológico no Brasil, contribuindo assim, para uma agricultura mais sustentável e mais competitiva no concorrido mercado internacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boland, W.; Koch, T.; Krumm, T.; Piel, J.; Jux, A. Induced biosynthesis of insect semiochemicals in plants. In: Chadwick, D. J.; Goode, J. (Ed.) **Insect-plant interactions and induced plant defense**. Novartis Foundation Symposium 223. Wiley, Chichester, p.110-126, 1995.
- Bruin, J.; Sabellis, M. W.; Dicke, M. Do plant tap SOS signals from their infested neighbours? **Tree**, v. 10, p. 167-170, 1995.
- Chamberlain, K.; Guerrieri, E.; Pennachio, F. Can aphid-induced plant signals be transmitted aerially and through the rhizosphere? **Biochemical, Systematics and Ecology**, n. 29, p. 1063-1073, 2001.
- Dicke, M.; Sabellis, M. W. Infochemical terminology: based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds. **Funct. Ecol.**, v. 2, p. 131-39, 1988.
- Dicke, M. Evolution of induced indirect defense of plants. In: Tollrian, R., Harvell, C. D. (Ed.) **The ecology and evolution of inducible defenses**. Princeton, NJ: Princeton University Press, p. 62-88, 1999.
- Dicke, M. Are herbivore-induced plant volatiles reliable indicators of herbivore identity to foraging carnivorous arthropods? **Entomol. Exp. Appl.**, v. 91, p. 131-142, 1999.
- Dicke, M.; van Loon, J. J. A. Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatiles in an evolutionary context. **Entomol. Exp. Appl.**, v. 97, p. 237-249, 2000.

- Dicke, M.; Dijkman, H. Within-plant circulation of systemic elicitor of induced defense and release from roots of elicitor that affects neighbouring plants. **Biochemical, Systematics and Ecology**, n. 29, p. 1075-1087, 2001.
- Dicke, M.; Bruin, J. Chemical information transfer between plants: back to the future. **Biochem. Syst. Ecol.**, v. 29, p. 981-994, 2001.
- Estabrook, E. M.; Yoder, J. I. Plant-Plant communications: rhizosphere signaling between parasitic angiosperm and their hosts. **Plant Physiol.**, v. 116, p. 1-7, 1998.
- Hori, M.; Komatsu, H. Repellence of rosemary oil and its components against the onion aphid, *Neotoxoptera formosana* (Takahashi) (Homoptera, Aphididae). **Appl. Entomol. Zool.**, v. 32, p. 302-310, 1999.
- Janssen, A.; Bruin, J.; Jacobs, G.; Schraag, R.; Sabelis, M.W. Predators use odours to avoid prey patches with conspecifics. **J. Anim. Ecol.**, v. 66, p. 223-232, 1997.
- Janssen, A.; Pallini, A.; Venzon, M.; Sabelis, M. W. Behaviour and indirect interactions in food webs of plant-inhabiting arthropods. **Exp. Appl. Acarol.**, v. 22, p. 497-521, 1998.
- Pallini, A.; Janssen, A.; Sabelis, M.W. Odour-mediated responses of phytophagous mites to conspecific and heterospecific competitors. **Oecologia**, v. 110, p. 179-185, 1997.
- Pollis, G. A.; Winemiller, K. O. **Food webs**: integration of patterns and dynamics. London: Chapman & Hall, 1996. 472 p.
- Price, P.W. **Insect ecology**. 3. ed., Wiley, 1997. 874 p.
- Reddy, G. V. P.; Holoppainen, J. K.; Guerrero, A. Olfactory responses of *Plutella xylostella* natural enemies to host pheromone, larval frass, and green leaf cabbage volatiles. **J. Chem. Ecol.**, v. 28, p. 131-143, 2002.
- Rovira, A. D. Plant root exudates. **Bot. Rev.**, v. 35, p. 35-57, 1969.
- Sabelis, M. W.; van de Baan, H. E. Location of distant spider mite colonies by phytoseiid predators: demonstration of specific kairomones emitted by *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi*. Entomol. **Exp. Appl.**, v. 33, p. 303-314, 1983.

- Sabelis, M. W., Van Baalen, M.; Bakker, F. M.; Bruin, J.; Drukker, B.; Egas, M.; Janssen, A.; Lesna, I. K.; Pels, B. P.; Van Rijn; Scutareanu, P. The evolution of direct and indirect plant defense against herbivorous arthropods. In: Olff, H.; Brown, V.K.; Drent, R.H. (Ed.) **Herbivores: Between plants and predators**. Oxford: Blackwell Science, p. 109-166, 1999.
- Schoonhoven, L. M.; Jermy, T.; Van Loon, J. J. A. **Insect-plant biology from physiology to evolution**. London: Chapman & Hall, 1998.
- Shulaev, V.; Silverman, P.; Raskin, I. Airborne signaling by methyl salicylate in plant pathogen resistance. **Nature**, v. 383, p. 718-720, 1997.
- Turlings, T.C.J.; Tumlinson, J. H.; Lewis, W. J. Exploitation of herbivore-induced plant odors by host-seeking parasitic wasps. **Science**, v. 250, p. 1251-1253, 1990.
- Turlings, T. C. J.; Loughrin, J. H.; McCall, P. J.; Rose, U.S.R.; Lewis, W. J.; Tumlinson, J. H. How caterpillar-damaged plants protect themselves by attracting parasitic wasps. **Proc. Natl. Acad. Sci., USA** 92, 4169-4174, 1995.
- Vet, L. E. M.; Dicke, M. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 37, p. 141-172, 1992.
- Vilela, E. F.; Pallini, A. Uso dos semioquímicos no controle biológico de pragas. In: Parra, J. R. P. et al. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. 635 p.
- Visser, J. H. Host odor perception in phytophagous insects. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 31, p. 121-144, 1986.
- Zaat, S. A. J.; Schripsema, J.; Wijffelman, C. A.; Brussel, A. A. N. Van; Lugtenberg, B. J. J. Analysis of the major inducers of the *rhizobium* nod A promoter from *Vicia sativa* root exudate and their activity with different nod D genes. **Plant Mol. Biol.**, v. 13, p. 175-188, 1989.

HERBÍVOROS EVITAM COMPETIÇÃO INTRA-ESPECÍFICA EM TOMATEIRO ATRAVÉS DE PERCEPÇÃO DE ODORES?

RESUMO: Herbívoros são capazes de perceber voláteis químicos emitidos por plantas podendo, desta forma, se beneficiar de informações destes compostos. Estas informações, captadas e utilizadas pelos seus inimigos naturais, também podem ser percebidas por outras plantas próximas. Em uma teia alimentar formada, as interações ecológicas são diversas e todos os membros desta teia podem usar os mesmos sinais voláteis para benefício próprio. Várias respostas podem ser especuladas: herbívoros podem evitar áreas ocupadas por outros herbívoros quando inimigos naturais estão presentes ou então podem preferir colonizar plantas que já estejam enfraquecidas pelo ataque de outros herbívoros. O objetivo deste trabalho foi investigar o comportamento de forrageamento de herbívoros que estão associados ao tomate (*Lycopersicon lycopersicum*) na tomada de decisão entre plantas infestadas por co-específicos comparativamente a plantas limpas em uma condição semelhante à de campo. Pulgões (*Myzus persicae*) e ácaros-vermelhos (*Tetranychus evansi*) foram liberados no centro de uma arena composta por três plantas de tomate infestadas pelos respectivos co-específicos e três plantas limpas, dispostas alternadamente formando um hexágono de um metro de diâmetro e cada planta foi observada em intervalos de uma hora, sendo os artrópodos liberados encontrados nas plantas contados e eliminados. Foi feita também a avaliação após 24 horas da liberação dos animais testes. Ácaros-vermelhos e pulgões não evitaram competição intra-específica e preferiram colonizar as plantas atacadas por seus co-específicos. Implicações ecológicas destes resultados obtidos são discutidas.

UNITERMOS: *Lycopersicon lycopersicum*, competição intra-específica, voláteis, teia alimentar.

DO HERBIVORES AVOID INTRASPECIFIC COMPETITION IN TOMATO THROUGH PERCEPTION OF ODORS?

ABSTRACT: Herbivores are able to perceive volatiles emitted from plants, thereby profiting from the information conveyed. This information besides being used by their natural enemies may be also used by neighboring plants. In a food web the ecological interactions are diverse and all members of this web can use the same volatile for their own benefit. An array of responses can be hypothesized: herbivores may avoid occupied areas by other herbivores when natural enemies are present or alternatively they may prefer colonize plants that were already weakened by another herbivore attack. The aim of this study was to investigate the foraging behavior of herbivores associated to tomato plants (*Lycopersicon lycopersicum*) when offering the choice between coespecific infested plants and clean plants in a field condition. Aphids (*Myzus persicae*) and the mites *Tetranychus evansi* were released at the centre of an arena formed by three coespecific-infested plants and three clean plants alternately displayed in a hexagon. Mite and aphids did not avoid intraespecific competition and preferred colonize plants attacked by their coespecifics. Ecological implications of these results are discussed.

Key words: *Lycopersicon lycopersicum*, intra-specific competition, volatile, food web.

1. INTRODUÇÃO

Voláteis denominados infoquímicos são capazes de mediar interações entre os componentes de uma teia alimentar, sinalizando aos seus membros informações que podem ser relacionadas no comportamento inter e intra-específico. Os infoquímicos não são necessariamente benéficos em uma interação entre dois indivíduos, mas podem ser, dependendo das respostas que provocam aos receptores (Dicke & Sabelis, 1988).

Plantas têm desenvolvido diversos mecanismos de defesa contra os agentes bióticos agressivos como insetos herbívoros (Karban & Baldwin, 1997). Mecanismos de defesa de plantas contra herbívoros podem expressar de modo constitutivo ou induzido por um ataque prévio (Agrawal & Karban, 2001). Muitos trabalhos têm demonstrado a importância do sistema de defesa das plantas contra os herbívoros (Levin, 1973; Price et al., 1980; Karban & Baldwin, 1997).

Por outro lado, os voláteis emitidos pelas plantas atacadas podem desempenhar ação de atração para herbívoros especialistas e estes se beneficiarem destas plantas atacadas mais rapidamente. Assim, plantas danificadas podem, algumas vezes, ser mais atrativas e representar melhor qualidade de alimento ao herbívoro (Baur et al., 1991). Os voláteis emitidos por estas plantas atacadas podem, desta forma, agir como um caíromônio, ou seja, um aleloquímico pertinente à biologia de um organismo (organismo 1) que, quando em contato com um indivíduo de outra espécie (organismo 2), evoca nesse receptor uma resposta adaptativamente favorável ao organismo 2, mas não ao 1 (Dicke & Sabelis 1992).

Herbívoros utilizam informações químicas provenientes de plantas na procura de seu hospedeiro (Nordlund et al., 1988). Estas informações químicas utilizadas pelos herbívoros na procura do hospedeiro podem ser oriundas de outros herbívoros, da planta em que eles se alimentam, dos organismos associados com a presença de herbívoros, ou das interações entre estas fontes (Vet & Dicke, 1992). Herbívoros sozinhos, plantas sozinhas e plantas

mecanicamente danificadas são menos, ou nada atrativas para os inimigos naturais dos herbívoros, do que plantas infestadas por herbívoros (Drukker et al., 1995; Agrawal, 1998; De Moraes et al., 1998; Agrawal et al., 1999; Venzon et al., 1999; Arimura et al., 2000). Através dessas informações, os herbívoros podem prever situações de risco, como predação e competição, ou oportunidades, como abundância de alimento, abrigo e parceiros para reprodução (Vet & Dicke, 1992).

Os herbívoros também podem obter vantagem da comunicação das plantas com os inimigos naturais. Pallini et al. (1997) verificaram que o ácaro rajado é atraído por plantas de pepino infestadas por co-específicos, mas rejeitam plantas infestadas por hetero-específicos (tripes *Frankliniella occidentalis*). Segundo esses autores, o ácaro rajado utiliza voláteis produzidos pela interação planta/herbívoro para evitar tanto a competição por alimento em plantas já atacadas por um competidor como também predação, pois essa espécie de tripes é uma predadora intraguildd.

Plantas, herbívoros e organismos do terceiro nível trófico estão interconectados por relações complexas e sutis, que ainda estão por serem totalmente compreendidas (Whitman, 1991). O entendimento mais apurado das complexas interações ecológicas que constituem uma teia alimentar, passa por estudos capazes de fornecer dados sobre os comportamentos de todos os seus componentes.

Herbívoros podem evitar áreas ocupadas por outros herbívoros ou então podem preferir colonizar plantas que já estejam enfraquecidas pelo ataque de outros herbívoros. Nesse sentido, o presente trabalho estudou o comportamento de artrópodes herbívoros (*Tetranychus evansi* e *Myzus persicae*) em relação a plantas de tomate atacadas pelos respectivos co-específicos e plantas não-atacadas.

Este trabalho teve como objetivo verificar se esses herbívoros, são capazes de evitar competição intra-específica usando sinais voláteis emitidos pelo complexo planta/herbívoro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Produção de plantas de tomate

Foram utilizadas plantas de tomate da variedade Santa Clara I-5300. Vinte e três dias após o semeio, as mudas foram transplantadas e mantidas até o 45º dia em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa, quando eram realizados os testes. As plantas foram divididas em dois tratamentos: infestadas por co-específicos e não-infestadas. As plantas selecionadas para serem infestadas receberam 100 herbívoros (*M. persicae* ou *T. evansi*) cada, no 38º dia após o semeio, ficando uma semana infestadas até o início dos testes, enquanto as outras plantas limpas ficaram separadas.

As plantas foram irrigadas diariamente e aquelas que eram atacadas por algum herbívoro, ou fitopatógeno, ou sofreram qualquer tipo de injúria, foram descartadas. Os pulgões e os ácaros utilizados no experimento foram alimentados com plantas de tomate da mesma variedade mantidas em outra casa de vegetação.

2.2. Criação de manutenção de *T. evansi* e *M. persicae*

Ninfas e adultos de *T. evansi* foram criados em plantas de tomate da mesma variedade e mantidos em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa. As plantas de tomate da variedade Santa Clara I-5300, usadas para a criação dos ácaros, eram constantemente trocadas após três semanas.

Os pulgões foram mantidos em plantas de tomate da mesma variedade e em diversos estágios fenológicos em casas de vegetação. Somente os adultos ápteros, com aproximadamente dois milímetros, eram aproveitados para o experimento.

2.3. Experimento de liberação e recaptura – Gaiola de observação

Foi utilizada metodologia descrita por Pallini (1998), onde seis plantas eram posicionadas em um círculo (tratamentos) dentro da gaiola de observação

(Figura 1). Metade das plantas constituiu um tratamento e a outra metade um segundo, sendo os tratamentos (plantas) posicionados alternadamente dentro do círculo.

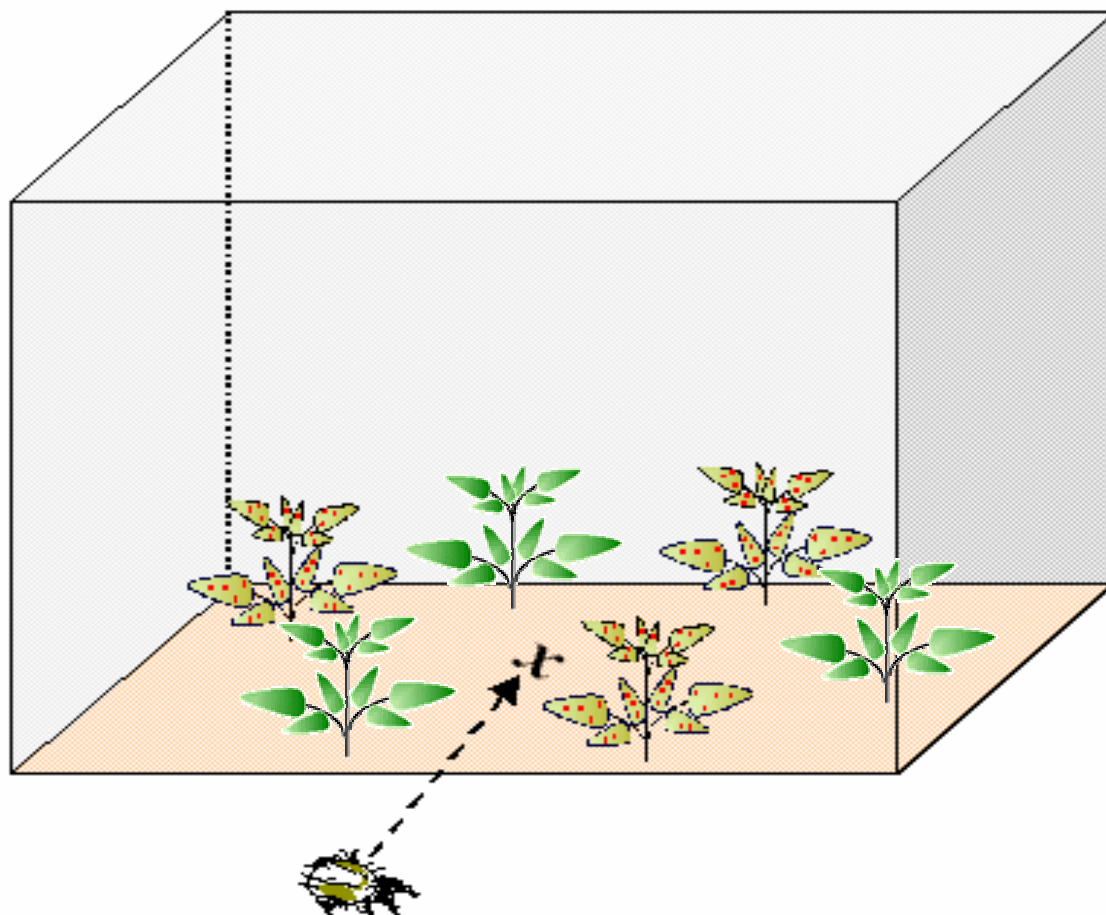


Figura 1 – Representação esquemática da gaiola de observação. Com animais testes (representado pelo ácaro na figura) por repetição foram liberados no centro da gaiola.

Os herbívoros testados (*M. persicae* e *T. evansi*) foram liberados no centro da gaiola e cada planta era checada em intervalos de uma hora, totalizando seis horas. Os animais encontrados nas plantas foram contados e eliminados. Após 24 horas, foi feita nova contagem em todas as plantas.

Contornando o caule de cada planta a, aproximadamente, 8 cm do solo, foi aplicada cola “Stick” para garantir a separação dos herbívoros previamente infestados nas plantas com os soltos na arena. Dessa forma, todos os herbívoros

previamente liberados nas plantas, ficavam “presos” na parte superior da planta, impossibilitados, por uma barreira física, de se misturarem com os co-específicos liberados no centro da arena.

Cada experimento constituiu-se de três repetições e as posições das plantas foram alternadas em cada repetição, ou seja, a posição ocupada por plantas de um tratamento em um experimento foi ocupada por plantas do outro tratamento no experimento seguinte.

Os resultados foram avaliados por ANOVA multifatorial com as percentagens dos indivíduos recapturados nas plantas por tratamento, sendo transformadas em arcoseno. Os tratamentos (plantas) e suas posições dentro do círculo foram utilizados como fatores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados revelaram que pulgões e ácaros-vermelhos são significativamente mais atraídos por plantas de tomate atacadas por seus co-específicos. Na análise conjunta das três repetições, houve diferença significativa entre as duas fontes de odores, sendo que *Tetranychus evansi* e *Myzus persicae* preferiram significativamente plantas atacadas por seus co-específicos.

Insetos vivem em um mundo de odores e esses odores podem sinalizar a presença de um indivíduo e seu estado a outros “amigos ou inimigos” (Price, 1981). Mesmo não sendo, a princípio, “vantajoso” para o ácaro-vermelho e para o pulgão uma competição intra-específica por estar forrageando com outros herbívoros, a presença destes pode significar outras vantagens, fazendo assim, de seus supostamente “inimigos”, neste caso, providenciais “amigos”.

Loughrin et al. (1995) estudaram a emissão de voláteis de diferentes variedades de folhas de algodão e constataram que há relativamente pouca emissão de terpenóides. No entanto, quando as folhas sofreram injúrias pela lagarta de *Spodoptera exigua*, a quantidade de terpenos emitidas pela variedade selvagem foi significativamente superior às variedades comerciais.

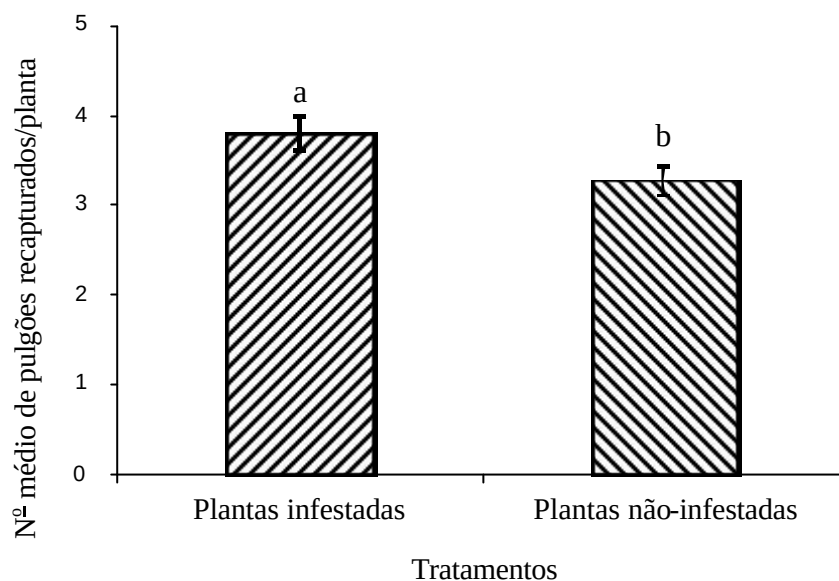


Gráfico 1 – Número de pulgões que foram recapturados sobre plantas de tomate atacadas e não-atacadas no interior da gaiola de experimentação. Cada coluna representa valores médios de três repetições.

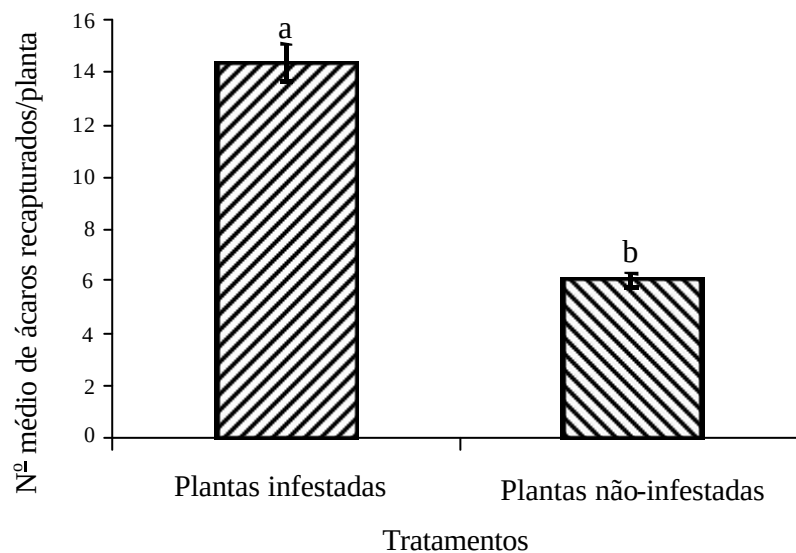


Gráfico 2 – Número de ácaros-vermelhos que foram recapturados sobre plantas de tomate atacadas e não-atacadas no interior da gaiola de experimentação. Cada coluna representa valores médios de três repetições.

Tabela 1 – Número de ácaros recapturados em plantas infestadas pelos co-específicos ou em plantas limpas

Repetição	Ácaros Recapturados nas Plantas	
	Infestadas	Limpas
1	23	6
2	9	6
3	11	6
Total	43	18

Cada repetição foram liberados 100 ácaros.

Tabela 2 – Número de pulgões recapturados em plantas infestadas pelos co-específicos ou em plantas limpas

Repetição	Pulgões Recapturados nas Plantas	
	Infestadas	Limpas
1	58	30
2	27	38
3	39	32
Total	114	100

Cada repetição foram liberados 100 pulgões.

Muitas plantas quando atacadas aumentam a produção de compostos secundários e também passam a apresentar estruturas físicas em maior densidade, principalmente sobre o tecido atacado (Matsuki & MacLean, 1994). Deste modo estas plantas se tornam menos atrativas aos herbívoros como alimento ou como local para posturas (Karban & Baldwin, 1997).

No entanto, a preferência significativa de ácaros-vermelhos e pulgões por plantas atacadas por co-específicos verificados neste trabalho contraria estes estudos citados. Uma possível justificativa pode ser a presença dos herbívoros nas plantas, servindo como fonte de odores a seus co-específicos ajudando-os na localização de plantas que sejam vulneráveis à infestação.

Adicionalmente, os ácaros-vermelhos utilizados no experimento foram constituídos por ambos os sexos sendo possível que estes herbívoros tenham

respondido aos odores emitidos pelos co-específicos para acasalamento. Desta forma, o odor do herbívoro pode ter prevalecido no complexo planta-herbívoro servindo de sinalização para o *T. evansi* na escolha por plantas de tomate. Os pulgões, entretanto, por se reproduzirem por partenogênese telítica, ou seja, sem o concurso do macho, não se beneficiariam dos odores emitidos pelos co-específicos para fins de acasalamento como no caso dos ácaros-vermelhos, mas poderiam estar respondendo ao feromônio de agregação que indicaria o local de alimentação.

Aparentemente, ácaros fitófagos usam informações voláteis para escapar da predação, evitar competição por recurso e também para explorar o ambiente ao seu redor, como localização da planta-hospedeiro e parceiros para o acasalamento (Pallini et al., 1997; Janssen et al., 1998).

Os ácaros da família *Tetranychidae* são capazes de produzir teias realizando suas posturas entre os fios de teia na página inferior das folhas oferecendo além de refúgio uma facilitação na locomoção e dificuldade para o forrageamento para alguns de seus predadores. As fêmeas de *T. evansi* poderiam ser mais atraídas por plantas atacadas por co-específicos justamente para se beneficiarem das teias produzidas.

Uma outra explicação para a preferência significativa de ácaros-vermelhos e pulgões por plantas atacadas por seus co-específicos é que os odores emitidos pelos herbívoros na planta possam servir de informação na localização das plantas de tomate, como uma sinalização de fontes potenciais de alimento. Além disto, os odores emitidos pelo complexo tomateiro-herbívoro podem ser mais atrativos aos co-específicos por sinalizar que estas plantas se encontram com o seu sistema de defesa debilitado.

A continuação destes estudos se faz necessário para que se possa avaliar a dinâmica populacional destes herbívoros no campo e suas possíveis inter-relações com seus co-específicos e outros herbívoros, bem como testes envolvendo as respostas olfativas dos herbívoros com diferentes densidades populacionais.

4. CONCLUSÕES

Os herbívoros *T. evansi* e *M. persicae* não evitaram competição intra-específica distinguindo os voláteis emitidos pelo complexo planta-herbívoro versus plantas limpas, fazendo uma tomada de decisão para os odores provenientes de plantas infestadas com seus co-específicos.

Embora a fonte emissora do volátil (herbívoro, planta ou complexo planta-herbívoro), responsável pela atração dos herbívoros, não tenha sido identificada no presente trabalho, sendo necessário, portanto, futuros trabalhos específicos sobre o assunto, pode-se afirmar que herbívoros são capazes de se beneficiarem de odores emitidos por plantas atacadas por co-específicos na localização do hospedeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrawal, A. A. Leaf damage and associated cues induced aggressive ant recruitment in a neotropical ant-plant. **Ecology**, v. 79, p. 2100-2112, 1998.
- Agrawal, A. A.; Kobayashi, C.; Thaler, J. S. The influence of prey availability and induced host plant resistance on omnivory by western flower thrips. **Ecology**, v. 80, p. 518-523, 1999.
- Agrawal, A. A.; Karban, R. Why induced defenses may be favored over constitutive strategies in plants, p. 45-61. In: Tollrian, R.; Harvell, C. D. (Ed.) **The ecology and evolution of inducible defenses**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2001.
- Arimura, G.; Ozawa, R.; Shimoda, T.; Nishioka, T.; Boland, W.; Takabayashi, J. 2000. Herbivory induced volatiles elicit defense genes in lima bean leaves. London, **Nature**, v. 406, p. 512-515.
- Baur, R.; Binder, S.; Benzz, G. Nonglandular leaf trichomes as short-term inducible defense of the gray alder, *alnus incana* (L) against the chrysomelid beetle, *Agelastica alni* L. **Oecol.**, v. 87, p. 219-226, 1991.

- De Moraes, C. M.; Lewis, W. J.; Pare, P. W.; Alborn, H. T.; Tumlinson, J. H. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. London, **Nature**, v. 393, p. 570-573, 1998.
- Dicke, M.; Sabelis, M. W. How plants obtain predatory mites as bodyguard. **Neth. J. Zool.**, v. 38, p. 148-65, 1988a.
- Dicke, M.; Sabelis, M. W. Costs and benefits of chemical information conveyance: proximate and ultimate factors. p. 122-155. In: Roitberg, B. D.; Isman, M. B. (Ed.) **Insect chemical ecology: an evolutionary approach**. New York: Chapman & Hall, 1992.
- Drukker, B.; Scutoreanu, P.; Sabelis, M. W. Do anthocorid predators respond to synomones from Psylla-infested pear trees under field conditions? **Entomol. Exp. Appl.**, v. 77, p. 193-203, 1995.
- Janssen, A.; Pallini, A.; Venzon, M.; Sabelis, M. W. Behaviour and indirect interactions in food webs of plant-inhabiting arthropods. **Exp. Appl. Acarol.**, 22: 497-521, 1998.
- Karban, R.; Baldwin, I. T. Evidence for chewing insect-specific molecular events distinct from a general wound response in leaves. **Plant Physiology**, v. 115, p. 1299-1305, 1997.
- Levin, D. A. The role of trichomes in plant defense. **Qecol. Rev. Biol.**, v. 48, p. 3-15, 1973.
- Loughrin, J. H.; Manukian, A.; Heath, R. R.; Tumlinson, J. H. Volatiles emitted by different cotton varieties damaged by feeding beet armyworm larvae. **J. Chem. Ecol.**, v. 21, p. 1217-1227, 1995.
- Matsuki, M.; MacLean, S. F. Effects of different leaf traits on growth rates of insect herbivores on willows. **Oecol.**, v. 100, p. 141-152, 1994.
- Nordlund, D. A.; Lewis, W. J.; Altieri, M. A. Influences of plant-produced allelochemicals on the host/prey selection behavior of entomophagous insects, p. 65-90. In: Barbosa, P.; Letourneau, D. K. (Ed.) **Novel aspects of insect-plant interactions**. New York: Wiley, 1988. 324 p.
- Pallini, A.; Janssen, A.; Sabelis, M. W. Odour-mediated responses of phytophagous mites to conspecific and heterospecific competitors. **Oecologia**, v. 110, p. 179-185, 1997.

- Pallini, A. **Odour-mediated indirect interactions in an arthropod food web.** University of Amsterdam. 1998. 91 p. (Ph. D. thesis).
- Price, P. W. Semiochemicals in evolutionary time. In: Norlund, D. A.; Jones, R. L.; Lewis, W. J. (Ed.). **Semiochemicals** – Their role in pest control. New York: Wiley, 1981. p. 251-79.
- Price, P.W.; Bouton, C.E.; Gross, P.; McPherson, B.A.; Thompson, J.N.; Weis, A.E. Interaction between three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v. 11, p. 4-65, 1980.
- Vet, L. E. M.; Dicke, M. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 37, p. 141-172, 1992.
- Venzon, M.; Janssen, A.; Sabelis, M. W. Attraction of a generalist predator towards herbivore-infested plants. **Entomologia Experimental et Applicata**, v. 93, p. 305-314, 1999.
- Whitman, D. Greenleaf volatiles: tritrophic chemical ecology, p. 124-138. In: International Society of Chemical Ecology. In: PROCEEDINGS OF THE VIII ANNUAL MEETING. Dijon. 1991. 315 p.

RESPOSTA OLFATIVA DE HERBÍVOROS A ODORES DE PLANTAS DE TOMATE (*Lycopersicon lycopersicum*) E CO-ESPECÍFICOS

RESUMO: Plantas são capazes de produzir ativamente infoquímicos quando atacadas por herbívoros. Esses infoquímicos não são propriamente benéficos, mas podem ser por meio das respostas que provocam. Os infoquímicos podem tornar as plantas menos preferidas aos insetos em um subsequente ataque como também torná-las mais conspícuas aos ataques dos herbívoros. O objetivo deste estudo foi investigar o comportamento de forrageamento de dois importantes herbívoros da cultura do tomateiro, *Myzus persicae* (pulgão) e *Tetranychus evansi* (ácaro-vermelho). Utilizando-se um olfatômetro de tubo em “Y”, foram oferecidos aos herbívoros, fontes de odores distintas, ou seja, plantas previamente infestadas por seus co-específicos versus co-específicos e também plantas previamente infestadas por co-específicos versus plantas isentas de herbívoros. Os resultados mostraram que *Tetranychus evansi* e *Myzus persicae* preferiram significativamente odores provenientes de co-específicos a odores emitidos por plantas previamente atacadas e não houve diferença significativa na tomada de decisão dos herbívoros entre odores emitidos por plantas de tomate previamente infestadas por co-específicos versus odores emitidos por plantas de tomate isentas de herbívoros.

UNITERMOS: Infoquímicos, *Tetranychus evansi*, *Myzus persicae*, *Lycopersicon lycopersicum*.

OLFACTORY RESPONSE OF HERBIVORES TO ODOURS OF PLANTS OF TOMATO (*Lycopersicon lycopersicum*) AND CO-SPECIFICS

ABSTRACT: Plants are able to produce infochemicals actively when they are attacked by herbivorous. These infochemicals are not so suitably benefic or kind. But they can be through the roused answers. The infochemicals can make the plants less preferred of the insects in a posterior attack. It can also make the plants more endured to the herbivorous attacks. The purpose of this work was to search about the forage behavior of the two important herbivorous of the tomato cultivars: *Myzus persicae* (greenfly) and *Tetranychus evansi* (spider mite). It was taken as a work Y-tube olfactometer, so the herbivorous were given distinct smell sources, that is, previously ravaged plants by its co-specifics versus co-specifics and also previously ravaged plants by co-specifics versus immune plants of herbivorous. The results have shown that *Tetranychus evansi* and *Myzus persicae* meaningful preferred smells from the co-specifics instead of the ones sent by plants previously attacked. But it did not occur meaningful difference in relation to the herbivorous taken decision among the sent smells by tomato plants previously ravaged by co-specifics versus smells released by tomato plants immune of herbivorous.

Key words: infochemicals, *Tetranychus evansi*, *Myzus persicae*, *Lycopersicon lycopersicum*.

1. INTRODUÇÃO

Plantas possuem complexos sistemas de defesa contra herbívoros visando reduzir danos ocasionados por seus ataques. O sistema de defesa das plantas contra estes herbívoros pode se expressar de modo constitutivo e, ou, induzido (Cortesero et al., 2000).

A defesa induzida de plantas tem o potencial de diminuir a performance e, ou, preferência dos herbívoros sobre as plantas (Agrawal et al., 1999). Através de trabalhos de laboratório, envolvendo mais de cem espécies de plantas anuais e perenes, foi demonstrada a ação do sistema de defesa induzida de plantas (Karban & Baldwin, 1997).

Segundo Agrawal (2002) o sistema de defesa induzido das plantas pode provocar uma diminuição na qualidade da fonte alimentar para os herbívoros e uma subsequente queda no número de insetos herbívoros pertencentes a uma população local, além da atração de seus inimigos naturais.

Segundo Eiras & Gerk (2001), estudos detalhados sobre a composição química dos voláteis liberados pelo complexo planta-herbívoro demonstraram que os voláteis diferem em quantidade e em número. Plantas de milho, quando não danificadas pelo herbívoro, liberam poucos terpenóides voláteis. No entanto, quando estas são danificadas pelo herbívoro, há um grande aumento na liberação dos terpenóides em toda a plântula, nas folhas danificadas ou não.

Os herbívoros na busca por seu hospedeiro utilizam pistas químicas que podem ser originadas das plantas, dos organismos associados com a presença de herbívoros, dos próprios herbívoros ou das interações entre estas fontes (Vet & Dicke 1992).

A liberação de compostos voláteis é um fenômeno comum entre plantas danificadas por herbívoros. Os infoquímicos, além de atrair parasitóides e predadores dos herbívoros, também podem atuar como repelente aos herbívoros (Dicke et al., 1990 a,b; Turlings & Tumlinson, 1991) assim como induzir plantas vizinhas a liberar infoquímicos (Dicke et al., 1990c). Estes infoquímicos são denominados de sinomônios, ou seja, aleloquímicos, pertinentes à biologia de um

organismo (organismo 1) e que, quando em contato com um indivíduo de outra espécie (organismo 2), evoca no receptor uma resposta comportamental ou fisiológica adaptativamente favorável a ambos os organismos (Dicke & Sabelis, 1992).

Todavia, os odores presentes em uma planta atacada podem ter várias funções para um herbívoro. Pode sinalizar uma situação de alta competição por alimento, dificultando sua sobrevivência; uma situação de risco, pois os mesmos odores podem atrair predadores e parasitóides ou ainda um indício de que a planta esteja com seu sistema de defesa comprometido, facilitando assim a sua sobrevivência (Turlings et al., 1990; Vet & Dicke, 1992; Tumlinson et al., 1993; Takabayashi et al., 1994; Pallini et al., 1999). Todos os componentes de uma teia alimentar podem interagir dentro de um ecossistema (Price, 1981; Price, 1997). Os odores liberados podem ser percebidos por todos os membros de uma teia alimentar e cada um pode utilizar estes sinais para seu benefício próprio.

Em qualquer nível trófico de uma teia alimentar, as relações aleloquímicas podem ser organizadas de acordo com o seu benefício (Whitman, 1988). Herbívoros na procura de alimento, podem utilizar odores provenientes da sua planta hospedeira ou então podem preferir plantas que já estejam enfraquecidas pelo ataque de herbívoros, co ou hetero específicos. Na tomada de decisão dos herbívoros para a escolha da fonte de alimento, a presença do co-específico pode ser uma fonte de odor importante e uma pista fundamental na localização do alimento pelos herbívoros, por exemplo.

Neste estudo foram investigadas as respostas olfativas do ácaro-vermelho *Tetranychus evansi* e do pulgão *Myzus persicae* a odores de plantas de tomate previamente infestadas ou não por co-específicos e plantas de tomate previamente infestadas por co-específicos *versus* co-específicos. Foram oferecidos aos herbívoros, fontes de odores diferentes e avaliado qual destes foram mais atrativos aos pulgões e aos ácaros-vermelhos testados.

Desta forma, este trabalho objetivou testar a hipótese de que a resposta olfativa de herbívoros na procura da fonte de alimento (planta) seja sinalizada por co-específicos como uma fonte de odor para a localização do hospedeiro pelo herbívoro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Produção de plantas de tomate

Foram utilizadas plantas de tomate da variedade Santa Clara I-5300. Vinte e três dias após o semeio, as mudas foram transplantadas e mantidas até o 45º dia em casa de vegetação, quando eram realizados os testes.

As plantas foram irrigadas diariamente e aquelas que eram atacadas por algum herbívoro ou fitopatógeno ou sofreram qualquer tipo de injúria foram descartadas para o experimento. Os pulgões e os ácaros utilizados no experimento foram alimentados por plantas da mesma variedade mantidas em outra casa de vegetação.

2.2. Criação de manutenção de *T. evansi* e *M. persicae*

Ninfas e adultos de *T. evansi* foram criados em plantas de tomate da mesma variedade e mantidos em casa de vegetação, da Universidade Federal de Viçosa. As plantas de tomate da variedade Santa Clara I-5300 usadas para a criação dos ácaros e pulgões eram trocadas após três semanas.

Os pulgões foram mantidos em plantas de tomates da variedade Santa Clara de diversos estágios fenológicos em casas de vegetação. Somente os adultos ápteros, com aproximadamente dois milímetros eram aproveitados para o experimento.

2.3. Testes de laboratório – Olfatômetro

Em um olfatômetro de tubo em “Y” (Reddy et al., 2002), foram oferecidas duas fontes de voláteis para se estudar a tomada de decisão de fêmeas adultas de *T. evansi* e adultos ápteros de *M. persicae*. Em cada braço do olfatômetro foi conectado, através de mangueiras de plástico transparente, um container (50 x 36 x 43 cm), onde foram colocadas as fontes de odores. Uma bomba de vácuo foi

conectada na base do olfatômetro para formar uma corrente de ar contendo os voláteis das fontes dentro do olfatômetro. A velocidade da corrente de ar ($v = 0,10 \text{ m.s}^{-1}$ em cada braço para os testes com os ácaros e $v = 0,45 \text{ m.s}^{-1}$ para os pulgões) foi calibrada em registros adaptados à mangueira do olfatômetro e medida por fluxômetros digitais.

As fontes de voláteis oferecidas para ácaros e pulgões foram confeccionadas em discos de folhas de tomate com dois cm de diâmetros, visando facilitar e otimizar a retirada de todos os herbívoros das folhas de tomate e principalmente seus subprodutos (como fezes e secreções) e consistia-se em folhas limpas mantidas infestadas durante 48 horas com co-específicos versus co-específicos e discos de folhas de tomate limpas mantidas infestadas durante 48 horas com co-específicos versus discos de folhas de plantas limpas sem terem sofrido infestações de co-específicos.

Em cada placa de Petri de 20 cm de diâmetro foram colocados oito discos e em cada container foram colocadas duas placas de Petri totalizando dezesseis discos. Os co-específicos testados como fonte de odores eram colocados sobre arenas de PVC do mesmo diâmetro da folhas. Tanto nas arenas de folhas infestadas como nas de PVC eram colocados 10 herbívoros em cada uma, sendo oito discos em cada placa de Petri e duas placas de Petri por container. Os discos foram colocados para flutuar sobre água nas placas de Petri. No centro de cada disco foi feito um pequeno orifício para passagem de um alfinete colado no fundo da placa de Petri por uma cola de silicone.

Os discos permaneceram no seu lugar, sem tocar na parede da placa, deslocando-se para cima ou para baixo conforme o nível da água. Os ácaros e os pulgões foram previamente deixados em jejum por um período de vinte e quatro horas e testados individualmente. Os herbívoros foram colocados na extremidade basal do olfatômetro, os quais passavam a caminhar sobre o arame, contra a corrente de ar formada, em direção às fontes de voláteis e tomando uma decisão na junção do tubo por uma das fontes.

Foram testados 60 fêmeas adultas de ácaros-vermelhos e 60 pulgões adultos por experimento, sendo que cada experimento continha três repetições. A

cada cinco animais testados, as fontes de odores eram trocadas de posição para se averiguar alguma interferência do ambiente. A cada repetição, as fontes de odores eram substituídas para se evitar pseudo-repetição. As diferenças entre as escolhas foram submetidas ao teste binomial, a 5% de probabilidade (Sabelis & van de Baan, 1983).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi constatada diferença significativa na preferência dos herbívoros pelos odores emitidos por discos de folhas de tomate previamente infestadas e limpas comparativamente com discos de folhas de tomate limpas e isentas de ataques preliminares (Tabelas 1 e 2).

O ácaro-vermelho *T. evansi* e o pulgão *M. persicae* mostraram preferência significativa por odores provenientes de co-específicos em uma repetição, onde 75% ($P = 0,05$) dos ácaros testados e 80% ($P = 0,05$) dos pulgões responderam a essa fonte de odor (Tabelas 3 e 4). Na análise conjunta das três repetições, houve diferença significativa entre as duas fontes de odores para *T. evansi* e *M. persicae*. Ácaros-vermelhos e pulgões foram atraídos, significativamente, por odores provenientes de co-específicos (68% de 60 ácaros testados; $P = 0,05$ e 70% de 60 pulgões testados; $P = 0,05$).

A maior atração dos herbívoros pelos odores dos co-específicos em relação aos odores de folhas de tomate limpas previamente infestadas por co-específicos; e a indiferença destes herbívoros entre odores de folhas de tomate limpas previamente infestadas e odores de folhas de tomate limpas, isentas de ataques, são comportamentos que podem ser resultados de várias interações possíveis em uma teia alimentar.

Para alguns herbívoros, plantas infestadas podem tornar-se mais fácil de serem localizadas devido à ativação de seu sistema de defesa e a conseqüente emissão de voláteis. Também podem preferir esta planta a uma planta não-infestada por seu estado de defesa estar momentaneamente enfraquecido em

Tabela 1 – Número de fêmeas de *T. evansi* que se dirigiram às fontes de odores de discos de folhas de tomate limpas e previamente infestadas por co-específicos (PI) *versus* discos de folhas de tomate limpas e que não sofreram ataques (PL), em olfatômetro de tubo em “Y”

Repetição	Fontes de Odores		Teste Binomial (P = 0,05)
	PI	PL	
1	11	09	0,7483
2	09	11	0,4119
3	13	07	0,9423
Total	33	27	0,8169

Para cada repetição foram testados 20 ácaros, totalizando 60 ácaros utilizados no experimento. Os dados foram submetidos ao teste de distribuição binomial (P = 0,05).

Tabela 2 – Número de pulgões *M. persicae* que se dirigiram às fontes de odores de discos de folhas de tomate limpas e previamente infestadas por co-específicos (PI) *versus* discos de folhas de tomate limpas e que não sofreram ataques (PL), em olfatômetro de tubo em “Y”

Repetição	Fontes de Odores		Teste Binomial (P = 0,05)
	PI	PL	
1	10	10	0,5880
2	12	08	0,8684
3	09	11	0,4119
Total	31	29	0,6506

Para cada repetição foram testados 20 pulgões, totalizando 60 pulgões utilizados no experimento. Os dados foram submetidos ao teste de distribuição binomial (P = 0,05).

Tabela 3 – Número de fêmeas de *T. evansi* que se dirigiram às fontes de odores de discos de folhas de tomate limpas e previamente infestadas por co-específicos (PI) versus co-específicos (CE), em olfatômetro de tubo em “Y”

Repetição	Fontes de Odores		Teste Binomial (P 0,05)
	PI	CE	
1	06	14	0,0576
2	05	15	0,0207*
3	08	12	0,2517
Total	19	41	0,0031*

Para cada repetição foram testados 20 ácaros, totalizando 60 ácaros utilizados no experimento. Os dados foram submetidos ao teste de distribuição binomial (P 0,05).

Tabela 4 – Número de pulgões *M. persicae* que se dirigiram às fontes de odores de discos de folhas de tomate limpas e previamente infestadas por co-específicos (PI) versus co-específicos (CE), em olfatômetro de tubo em “Y”

Repetição	Fontes de Odores		Teste Binomial (P 0,05)
	PI	CE	
1	07	13	0,1316
2	04	16	0,0059*
3	07	13	0,1316
Total	18	42	0,0013*

Para cada repetição foram testados 20 pulgões, totalizando 60 pulgões utilizados no experimento. Os dados foram submetidos ao teste de distribuição binomial (P 0,05).

decorrência do ataque dos co-específicos e, desta forma, o ataque do herbívoro ser mais bem sucedido. Por outro lado, os herbívoros podem evitar uma planta infestada porque o ataque do co-específico pode ter precipitado a indução do sistema de defesa da planta e, ou, eles podem evitar a competição pela planta com o co-específico.

Para se testar somente os odores emitidos pelas plantas e as respostas provocadas aos herbívoros é que foi suprimida a presença de co-específicos no experimento entre discos de folhas previamente atacadas e discos de folhas limpas isentas de ataques. Neste experimento não houve diferença significativa na escolha dos herbívoros.

Embora fosse esperada maior atração dos herbívoros por plantas previamente atacadas por co-específicos, devido à facilidade de localização destas plantas em função do desencadeamento da emissão de voláteis e, também, pelo mecanismo de defesa da planta atacada estar mais debilitada comparativamente a uma planta não-atacada, isto não ocorreu, ou seja, plantas de tomate limpas e plantas de tomate previamente infestadas não foram capazes de alterar o comportamento dos herbívoros na tomada de decisão. Por outro lado, herbívoros podem evitar uma planta previamente infestada, porque o ataque dos co-específicos pode ter induzido o sistema de defesa da planta.

Quando foi testada a resposta olfativa dos herbívoros entre plantas limpas previamente infestadas por co-específicos *versus* os co-específicos, houve diferença em uma repetição e na análise conjunta das três repetições tanto para o ácaro-vermelho como para o pulgão. Este resultado implica que estes herbívoros são fortemente influenciados por odores emitidos por seus co-específicos. Mesmo os co-específicos utilizados como fontes de odores terem sido depositados em discos de PVC, ou seja, sem odores provenientes de plantas de tomate, é provável que os herbívoros sejam atraídos pelos co-específicos na procura pelo hospedeiro (planta). A atração dos herbívoros pelos co-específicos pode ser relacionada também com acasalamento e defesa.

Ácaros da família Tetranychidae são capazes de produzirem teias utilizadas para facilitar a locomoção, promover refúgio e dificultar o

forrageamento de alguns de seus predadores. Os odores emitidos pelos co-específicos podem significar a presença destas teias, minimizando gastos energéticos dos herbívoros na confecção de teias.

4. CONCLUSÕES

Neste estudo foi demonstrado que os herbívoros *Tetranychus evansi* e *Myzus persicae* são atraídos por seus co-específicos; portanto, esses herbívoros não evitaram competição intra-específica.

No entanto, os experimentos realizados não permitem a afirmação de que as informações químicas captadas pelos herbívoros sejam utilizadas para a localização do hospedeiro (plantas), pois os herbívoros testados podem ser atraídos pelos odores provenientes de seus co-específicos visando reprodução, defesa ou até mesmo locomoção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrawal, A.A.; Janssen, A.; Bruin, J.; Posthumus, M. A.; Sabelis, M.W. An ecological cost of plant defence: attractiveness of bitter cucumber plants to natural enemies of herbivores. **Ecol. Lett.**, v. 5, p. 377-385, 2002.
- Agrawal, A. A., Kobayashi, C.; Thaler, J. S. Influence of prey availability and induced host-plant resistance on omnivory by western flower thrips. **Ecol.**, v. 80, p. 518-523, 1999.
- Cortesero, A. M.; Stapel, O. J.; Lewis, W. J. Understanding and manipulating plant attributes to enhance. **Biol. Control**, v. 17, p. 35-49, 2000.
- Dicke, M.; Sabelis, M. W.; van Beek, T. A.; Posthumus, M. A.; Ben Dom, N.; van Bokhoven, H.; de Groot, A. E. Isolation and identification of volatile kairomone that affects acarine predator-prey interactions: involvement of host plant in its production. **J. Chem. Ecol.**, v. 16, p. 381-96, 1990a.

- Dicke, M.; van der Maas, J. K.; Takabayashi, J.; Vet, L. E. Learning affects response to volatile allelochemicals by predatory mites. **Proc. Exper. & Appl. Entomol.**, v. 1, p. 31-36, 1990b.
- Dicke, M.; Sabelis, M. W.; Takabayashi, J.; Bruin, J. Posthumus, M. A. Plant strategies of manipulating predator-prey interactions through allelochemicals: prospects for application in pest control. **J. Chem. Ecol.**, v. 16, p. 3091-118, 1990c.
- Dicke, M.; Sabelis, M. W. Costs and benefits of chemical information conveyance: proximate and ultimate factors. p. 122-155. In: Roitberg, B. D.; Isman, M. B. (Ed.) **Insect chemical ecology: an evolutionary approach**. New York: Chapman & Hall, 1992.
- Janssen, A.; Bruin, J.; Jacobs, G.; Schraag, R. Sabelis, M.W. Predators use odours to avoid prey patches with conspecifics. **J. Anim. Ecol.**, v. 66, p. 223-232, 1997.
- Karban, R; Baldwin, I. T. **Induced responses to herbivory**. Chicago, IL: Univ. of Chicago Press, 5 0.118, p. 5 0.889, 1997.
- Pallini A.; Janssen, A.; Sabelis, M. W. Odour-mediated responses of phytophagous mites to conspecific and heterospecific competitors. **Oecologia**, v. 110, p. 179-185, 1997.
- Pallini, A.; Janssen, A.; Sabelis, M. W. Spider mites avoid plants with predators. **Experimental and Applied Acarology**, v. 23, p. 803-815, 1999.
- Price, P.W. Semiochemicals in evolutionary time. In: Norlund, D. A.; Jones, R. L.; Lewis, W. J. (Ed.) **Semiochemicals – Their role in pest control**. New York: Wiley, p. 251-79, 1981.
- Price, P.W. **Insect ecology**. 3. ed., Wiley, 1997. 874 p.
- Reddy, G. V. P.; Holoppainen, J. K.; Guerrero, A. Olfactory responses of *Plutella xylostella* natural enemies to host pheromone, larval frass, and green leaf cabbage volatiles. **J. Chem. Ecol.**, v. 28, p. 131-143, 2002.
- Sabelis, M.W.; van de Baan, H. E. Location of distant spider mite colonies by phytoseiid predators: demonstration of specific kairomones emitted by *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi*. Entomol. **Exp. Appl.**, v. 33, p. 303-314, 1983.

- Takabayashi, J.; Dicke, M.; Takahashi, S.; Posthumus, M. A.; van Beek, T. A. Leaf age affects composition of herbivore-induced synomones and attraction of predatory mites. **J. Chem. Ecol.**, v. 20, p. 373–386, 1994.
- Tumlinson, J.H.; Lewis, W. J.; Vet, L. E. M. How parasitic wasps find their hosts. **Sci. Am.**, v. 268, p. 100-106, 1993.
- Turlings, T.C.J.; Tumlinson, J. H.; Lewis, W. J. Exploitation of herbivore-induced plant odors by host-seeking parasitic wasps. **Science**, v. 250, p. 1251-1253, 1990.
- Turlings, T. C. J.; Tumlinson, J. H. Do parasitoids use herbivore-induced plant chemical defenses to locate hosts? **Fla. Entomol.**, v. 74, p. 42-50, 1991.
- Vet, L. E. M.; Dicke, M. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 37, p. 141-172, 1992.
- Whitman, D. Allelochemical interactions among plants, herbivores, and their predators, p. 11-64. In: Barbosa, P.; Letorneau, D. K. (Ed.) **Novel aspects of insects-plant interactions**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

2. CONCLUSÕES GERAIS

Os herbívoros *Tetranychus evansi* e *Myzus persicae*, ao contrário de carnívoros, são incapazes de distinguir odores de plantas de tomate limpas que receberam odores de plantas atacadas versus plantas limpas, por intermédio de infoquímicos. Apenas a presença das plantas nos dois tratamentos, não foi suficiente para influenciar no comportamento dos herbívoros na tomada de decisão.

Oferecendo odores de plantas infestadas com co-específicos versus plantas limpas aos herbívoros, tanto o ácaro-vermelho como o pulgão, não evitaram competição intra-específica e preferiram significativamente os odores provenientes do complexo planta-herbívoro. A fonte emissora do volátil (herbívoro, planta ou complexo planta-herbívoro) responsável pela atração dos herbívoros não foi identificada.

Não obstante, quando foram oferecidas aos herbívoros odores provenientes de plantas previamente atacadas versus plantas limpas, novamente não houve diferença significativa na tomada de decisão. Entretanto, com a presença de co-específicos, os herbívoros preferiram significativamente odores provenientes de co-específicos a odores de plantas previamente infestadas isentas de co-específicos.

Para o entendimento da evolução dessas interações, é essencial considerar o efeito dessas em um contexto de teia alimentar onde os seus membros podem interagir direta ou indiretamente, podendo causar interações positivas ou negativas entre cada membro da teia.

As informações químicas utilizadas na busca do hospedeiro pelos herbívoros podem se originar dos próprios herbívoros, da planta em que eles se alimentam, dos organismos associados com a presença de herbívoros, ou das interações entre estas fontes. Neste estudo foi demonstrado que os herbívoros testados utilizaram os odores provenientes de seus co-específicos.

Todavia, os experimentos realizados não permitem a afirmação de que as informações químicas captadas pelos herbívoros sejam utilizadas para a localização do hospedeiro (plantas).

Os herbívoros testados podem utilizar os odores provenientes do co-específicos para localizar as plantas de tomate, mas podem também ser atraídos para o acasalamento. Ácaros da família Tetranychidae são capazes de produzirem teias utilizadas para facilitar a locomoção, promover refúgio e dificultar o forrageamento de alguns de seus predadores. Os odores emitidos pelos co-específicos podem informar a presença destas teias, minimizando gastos energéticos dos herbívoros na confecção de teias.

Embora fosse esperada maior atração dos herbívoros por plantas previamente atacadas por co-específicos devido à facilidade de localização destas plantas motivado pelo desencadeamento da emissão de voláteis e também pelo mecanismo de defesa da planta atacada estar mais debilitada comparativamente a uma planta não-atacada, isto não ocorreu, ou seja, plantas de tomate limpas e plantas de tomate previamente infestadas não foram capazes de alterar o comportamento dos herbívoros na tomada de decisão. Por outro lado, herbívoros podem evitar uma planta previamente infestada porque o ataque dos co-específicos podem ter induzido o sistema de defesa da planta.