

TROFOBIOSE: UMA REVOLUÇÃO NO USO DE AGROTÓXICOS

Maria Aico Watanabe¹

1. INTRODUÇÃO

O número de produtos fitossanitários introduzidos em países em desenvolvimento vem crescendo desde as suas primeiras formulações, na década de 1940. (NAIDIN, 1986).

Entretanto, entre 20 a 30 % da produção agrícola do país é consumido pelas pragas. (ÁLVES, 1986). Não se trata de perda de eficiência dos produtos. Várias emergências de pragas e doenças não podem ser explicadas pelo aparecimento de raças resistentes ou desaparecimento de inimigos naturais. (CHABOUS-SOU, 1987). Por que continuam existindo pragas e doenças incontroláveis?

2. MOVIMENTAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS NA PLANTA

Tratando-se as plantas com o gás carbônico com carbono radioativo ($^{14}\text{CO}_2$) é possível induzir aquelas a produzir compostos orgânicos marcados. A movimentação (translocação) desses compostos no interior da planta pode ser acompanhada pelo deslocamento da radioatividade. (CRAFTS & CRISP, 1971).

As extremidades dos caules, flores, folhas e frutos novos importam o carbono incorporado nos compostos orgânicos, ao passo que as folhas maduras e senescentes o exportam. Durante o outono há translocação de carbono para as raízes; no inverno essas reservas são em parte consumidas; na primavera as reservas das raízes são translocadas para as gemas foliares e florais onde são consumidas durante o desenvolvimento dessas novas estruturas. (CRAFTS & CRISP, 1971).

¹ Pesquisador, Ph D., Entomologia, CNPDA/EMBRAPA, C. P. 69, 13820 Jaguariúna, SP

Os amino-ácidos e açúcares simples são utilizados pela planta para formação de compostos orgânicos mais complexos como proteínas e amido, respectivamente. As proteínas entram na composição dos tecidos do vegetal, ao passo que os amidos são armazenados nos órgãos de reserva. As folhas e frutos novos utilizam os amino-ácidos e açúcares simples resultantes da degradação de proteínas e amido ou aqueles compostos diretamente após a sua formação. Assim, em certas estruturas da planta, conforme a época do ano e o estágio fenológico, há acúmulo de amino-ácidos e carboidratos simples. Essa distribuição de compostos solúveis na planta resulta de atividades fisiológicas normais do vegetal. (CRAFTS & CRISP, 1971).

3. LOCALIZAÇÃO DOS FITÓFAGOS E DISTRIBUIÇÃO DE ALIMENTOS NA PLANTA

Os pulgões são insetos sugadores que obtêm os alimentos introduzindo o aparelho bucal nos vasos do floema. O pulgão da roseira, citros e morangueiro ataca preferencialmente folhas e ramos novos, que são órgãos importadores de amino-ácidos e açúcares. Os afídeos Myzus persicae (Sulzer, 1776) e Aphis fabae tendem a se localizar em folhas novas e senescentes. (CRAFTS & CRISP, 1971). Em plátano, os pulgões tendem a se instalar em caules novos e pecíolos quando as folhas estão em desenvolvimento. Mais tarde quando a folha passa a sintetizar e exportar os compostos orgânicos a outras partes do vegetal, os pulgões se localizarão no limbo. (DIXON, 1975).

O ácaro rajado Tetranychus urticae (Koch) multiplica-se mais rapidamente em morangueiros com frutos que naqueles na fase vegetativa. As folhas de morangueiro em frutificação contêm maior teor de sacarose.

A localização dos fitófagos bem como o seu deslocamento no hospedeiro, indica a distribuição dos alimentos no vegetal e a mudança dessa distribuição com os estágios fenológicos. (DIXON, 1975).

4. REQUISITOS NUTRICIONAIS DE FITÓFAGOS

DADD & MITTLER (1965) demonstraram experimentalmente que as larvas de afídeos Myzus persicae morrem na ausência de amino-ácidos e sacarose na dieta. A concentração ótima de sacarose para larvas e adultos está entre 10 - 20 %. Em teores inferiores a 2 % de amino-ácidos, a taxa de crescimento das larvas cai abruptamente. A longevidade dos adultos não é afetada pela ausência de amino-ácidos; porém a larviposição é prejudicada quando não são fornecidos esses compostos na alimentação. Os requisitos nutricionais mudam com o estágio de desenvolvimento dessa espécie.

5. SISTEMA ENZIMÁTICO DE FITÓFAGOS

De acordo com CHABOUSSOU (1987), algumas espécies de artrópodos fitófagos devido ao seu aparelho enzimático, necessitam ingerir compostos nitrogenados sob a forma de amino-ácidos e carboidratos sob a forma de açúcares simples.

As larvas de Rhynchosciara americana alimentam-se na natureza de plantas em decomposição encontradas em pomares de banana do litoral. No laboratório são criadas com folhas de batata doce moída. (LARA et al., 1965, citados por TERRA et al., 1979). Em seu tubo digestivo, TERRA et al. (1979) encontraram um sistema enzimático bastante complexo, capaz de digerir amido, celulose, lipídios e proteínas.

Em coleópteros que se alimentam de cereais, como Sitophilus oryzae (L., 1763), S. granarius (L.), Tenebrio molitor (L., 1758) e Tribolium castaneum (Hebst, 1797), é alta a relação de enzimas digestivas amilase/proteinase. Já nos insetos que se alimentam de produtos animais, ou alimentos com alto teor de proteínas, como Dermestes maculatus (De Geer), Attagenus unicolor (Brahm) (A. megatoma (F.)), Anthrenus flavipes (Le Conte) e Tineola bisselliella (Hummel), é baixo o valor da relação amilase/proteinase. Anagasta kuehniella (Zeller, 1879) e Plodia interpunctella (Hübner), alimentam-se de cereais, mas tem há-

bitos alimentares mais variados. Apresentam a relação amilase/proteinase intermediária entre os dois grupos de coleópteros. (BAKER, 1986).

No afídeo Acyrtosiphon pisum (Harris), SRIVASTAVA & AUCLAIR (1962), citados por AUCLAIR (1963) foi constatada forte atividade de amilase. Mas acredita-se que a enzima seja produzida por bactérias que vivem em seu trato digestivo.

Durante a evolução, os artrópodos desenvolveram diferentes sistemas enzimáticos, capacitando-se alguns a se alimentarem de proteínas, amidos e lipídios. Os que não apresentam proteinases e amilases necessitam consumir compostos nitrogenados sob a forma de amino-ácidos e carboidratos sob a forma de açúcares simples.

6. LOCALIZAÇÃO DA FOLHA E TEOR DE PROTEÍNAS E TANINO

YOKOYAMA & MACKEY (1987 b) criaram o coleóptero Lasioderma serricorne (F.) e o lepidóptero Heliothis virescens (Fabr., 1781) em folhas de regiões superiores, medianas e inferiores do algodoeiro. Conforme a localização as folhas apresentam diferentes teores de proteínas e tanino. O teor de proteínas decresce com a idade da folha e a idade da planta. As folhas mais jovens e superiores foram capazes de suportar maior número de insetos que folhas mais velhas. Foi encontrado maior teor de tanino em folhas de partes superiores, decrescendo à medida que elas amadureciam. O tanino apresenta efeito tóxico aos insetos, reduzindo a disponibilidade de proteínas e diminuindo a eficiência da conversão alimentar. H. virescens compensa o efeito prejudicial do tanino aumentando o consumo.

7. SELEÇÃO DO LOCAL PARA OVIPOSIÇÃO

A seleção do local para oviposição é o primeiro passo da seleção de hospedeiro pelo artrópodo. (DERRIDJ et al., 1986).

A larva da mosca-das-frutas de Queensland, Dacus tryoni (Frogg.) desenvolve-se em frutos de 117 espécies de plantas. A fêmea aproxima-se da superfície da fruta, esfrega nela seus órgãos sensoriais. Encontrando superfície suficientemente atrativa, pica o fruto com o ovipositor, examina o conteúdo da polpa antes de fazer a postura. (EISEMANN & RICE, 1985).

Na mosca da maçã Rhagoletis pomonella (Walsh) foram encontrados receptores para glicose, frutose, cloreto de sódio, ácido málico e ácido quínico no ovipositor. Na espécie do mesmo gênero R. cerasi (L.) a planta hospedeira é reconhecida pelo odor. (LEVINSON & HAISCH, 1983, citados por EISEMANN & RICE, 1985).

Em D. tryoni acredita-se que os mesmos açúcares e compostos citados para R. pomonella, orientem o comportamento da fêmea durante a postura. (EISEMANN & RICE, 1985).

Experimentos conduzidos por FIALA et al., 1985, citados por DERRIDJ et al., 1986, indicaram correlação positiva entre a escolha do local de postura da broca europeia do milho Ostrinia nubilalis (Hübner) e o teor de carboidratos na folha da planta hospedeira.

A hidrazida maleica é um regulador de crescimento que induz acúmulo de carboidratos nas plantas. Esse estado é atingido com aumento da taxa de fotossíntese ou redução da translocação de carboidratos para fora das folhas.

Aplicando-se hidrazida maleica em milho durante a emissão do pendão, observou-se aumento do teor de carboidratos e modificação da distribuição dos mesmos na lâmina foliar. Fazendo-se a infestação pela O. nubilalis, em plantas-controle foram obtidas 14 massas de ovos, com total de 245 ovos; em plantas tratadas esses números foram 18 e 308, respectivamente. Nestas últimas o número de ovos foi significativamente maior. Normalmente as massas de ovos são colocadas no terço basal da folha. Em plantas tratadas, a maioria das massas de ovos estavam localizadas na porção mediana das folhas. Essa mudança de localiza-

ção das posturas resultou da modificação da distribuição de carboidratos nas folhas de plantas experimentais. Como a broca localiza os carboidratos que estão no interior da planta? Supõe-se que os carboidratos solúveis estejam presentes na superfície das folhas em concentrações muito baixas e esses compostos seriam detectados pela fêmea. Essa concentração acha-se aumentada em plantas tratadas com hidrazida maleica. (DERRIDJ et al., 1986).

A oviposição é condicionada à existência de alimentos para as larvas que vão eclodir. A fêmea no primeiro passo, seleciona a planta hospedeira e depois localiza no vegetal a estrutura ou parte que contenha o alimento adequado à sua prole em maior abundância.

Todavia, trabalhos realizados por FARRAR Jr. & BRADLEY Jr. (1985), mostram que a localização da postura do lepidóptero Heliothis zea (Boddie) em algodoeiro nem sempre coincide com o local de alimentação das larvas. Para essa espécie, a seleção do local para oviposição eventualmente inadequado sob o ponto de vista nutricional, não expõe a descendência à morte, pois as larvas após a eclosão migram para as estruturas da planta mais adequadas à sua alimentação.

8. ENTRADA E CIRCULAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NA PLANTA

Descobriu-se que certas modificações fisiológicas no vegetal podem ser induzidas por produtos fitossanitários. (CHA-BOUSSOU, 1987).

Os produtos sistêmicos atravessam a cutícula, a epiderme e atingem os tecidos condutores. A absorção pelas folhas é facilitada pela presença de lipídios que favorecem a penetração de compostos lipossolúveis. A entrada de defensivos é ainda afetada pela espessura da cutícula, número e distribuição de estômatos. (CRAFTS & CRISP, 1971).

Quanto ao tecido condutor em que circulam, os produtos sistêmicos são classificados em: Apoplásticos, quando circulam no xilema; simplásticos, no floema; e há ainda os que circulam em ambos os tecidos condutores. A transformação de produtos sistêmicos apoplásticos em simplásticos é uma propriedade a ser intensamente pesquisada no futuro. (CRAFTS & CRISP, 1971).

Quanto ao modo de ação, os produtos estáveis não são metabolizados pelas plantas; os endolíticos apresentam o princípio tóxico original quando a praga os ingere; nos endometatóxicos, o composto original não-tóxico é transformado pela planta em produto tóxico para que exerça a ação biocida quando o artrópodo se alimenta do vegetal. (CRAFTS & CRISP, 1971).

São características desejáveis nos produtos sistêmicos: a) mobilidade; b) não-fitotoxicidade; c) estabilidade no organismo vegetal; d) funcionabilidade no controle de pragas e doenças. (CRAFTS & CRISP, 1971).

9. MODIFICAÇÕES NA COMPOSIÇÃO DA PLANTA INDUZIDAS POR DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E ADUBOS QUÍMICOS E INFESTAÇÃO DE PRAGAS

De acordo com a teoria da trofobiose, as plantas com o teor de amino-ácidos e açúcares aumentado pela aplicação de defensivos agrícolas tornam-se mais susceptíveis ao ataque de pragas e doenças. (CHABOUSSOU, 1987).

BALL (1981) tratou nozeiras com os inseticidas Dialifós, Phosmet e mistura Phosmet + Carbophenothion, e fungicidas Benomyl e Fentin hidroxide. A maior população de ácaros Eotetranychus hicoriae (Mc Gregor) desenvolveu-se em árvores tratadas com Phosmet, seguida de plantas testemunhas.

Em algodoeiro tratado com Parathion metílico observou-se aumento do teor de proteínas e diminuição do de tanino. Essas plantas sustentaram número significativamente maior de coleópteros L. serricorne que plantas-controle. (YOKOYAMA et al., 1987 a).

Aplicando-se o fungicida Ziram em pessegueiro houve inibição de proteossíntese e aumento do teor de açúcares. A planta nesse estado tornou-se mais sensível ao ataque de ácaros, lepidópteros, pulgões e doenças.

O aumento do potencial biótico nos fitófagos é alcançado por: a) elevação da fecundidade; b) aumento da longevidade; c) chegada mais precoce à idade reprodutiva; d) alteração da proporção sexual a favor das fêmeas. (CHABOUSSOU, 1987).

Em macieiras tratadas com o acaricida Chlorphenamidine, há triplicação do teor de amino-ácidos. Observou-se aumento do potencial biótico dos ácaros que se estabeleceram nessas árvores. Alterações semelhantes foram ocasionadas quando macieiras foram tratadas com o acaricida Anilix. Em laranjeiras houve proliferação de ácaros Brevipalpus sp. (CHABOUSSOU, 1987).

O inseticida Carbaryl e os fosforados, e o fungicida Captan ocasionam inibição de proteossíntese em plantas tratadas. Os ácaros Tetranychus sp. estabelecidos em tais plantas passam a apresentar potencial biótico aumentado. (CHABOUSSOU, 1987).

Outro inseticida que ocasiona aumento do potencial biótico, agora de afídeos M. persicae, que se alimentam de plantas tratadas é o Mevinphos. (CHABOUSSOU, 1987).

A aplicação de acaricida Dinocap e fungicida Binapacryl ocasiona de início, diminuição do número de ácaros, porém depois segue-se a sua multiplicação. (CHABOUSSOU, 1987).

O acaricida Dicofol acarreta elevação do teor de proteínas em macieira. No início do verão as plantas experimentais continham o triplo do teor de proteínas quando comparadas com as testemunhas. Porém em meados de verão há queda desse composto nitrogenado. A aplicação desse produto conduz a resultados esperados nos objetivos do tratamento fitossanitário clássico, pois inibe o ataque de ácaros Tetranychus sp. (CHABOUSSOU, 1987).

O inseticida Phosalone aplicado em início de verão ocasiona aumento de proteossíntese, mantendo o teor de amino-ácidos abaixo do das testemunhas. Com esse inseticida, obtêm-se resultados inversos dos dos exemplos anteriores; as plantas nesse estado, de acordo com a teoria da trofobiose, se tornariam mais resistentes às pragas e doenças. (CHABOUSSOU, 1987).

Em feijoeiro tratado com o herbicida 2,4-D, observa-se elevação do teor de amino-ácidos; os afídeos Macrosiphum pisum nele estabelecidos passam a apresentar aumento de fecundidade. (MAXWELL & HARWOOD, 1960, citados por CHABOUSSOU, 1987).

ADAM & DREW (1969) citados por CHABOUSSOU (1987) mostraram trabalhos com os pulgões Rhopalosiphum padi (L., 1758) e Macrosiphum avenae sobre aveia e cevada. Os insetos apresentaram aumento do potencial biótico quando as plantas foram tratadas com 2,4-D.

Os adubos nitrogenados elevam o teor de nitrogênio solúvel, tornando as plantas mais susceptíveis ao ataque de fitófagos. É o que acontece com os pulgões Brevicoryne brassicae (L., 1758) e M. persicae. (CHABOUSSOU, 1987). Em macieira fertilizada com esses agroquímicos cresce a população do ácaro vermelho Panonychus ulmi (Koch, 1836); em algodoeiro, da do lepidóptero H. zea. Em cana-de-açúcar há aumento da fecundidade da cigarrinha Saccharosyne saccharivora. (CHABOUSSOU, 1987).

O tratamento do feijão-de-Lima com NPK conduz ao aumento do potencial biótico do ácaro Bryobia praetiosa (Koch). Em teor elevado de N, o número de ácaros estabelecidos foi 11 vezes maior que em plantas tratadas com baixo teor desse elemento. Em teor médio, esse número foi 6 vezes maior. (MORRIS, 1961).

O aumento do teor de N nas folhas de macieira ocasionou aumento do potencial biótico do ácaro rajado T. urticae. A multiplicação dos ácaros foi ainda maior quando estabelecidos em folhas jovens. (STORMS, 1969). Resultados semelhantes foram obtidos em trabalho mais recente realizado por WERMELINGER et al. (1985). Ácaros alimentados com folhas de macieira e feijoei-

ro com deficiência de nitrogênio, tiveram o período pré-imaginal e o período de pré-oviposição aumentados, e peso, fecundidade e taxa de oviposição diminuídos. Duplicando-se o teor de nitrogênio nas folhas, a fecundidade e a taxa de oviposição aumentaram 10 vezes.

10. CONCLUSÕES

Os exemplos aqui citados indicam que os fitófagos se estabelecem ou ovipositam preferencialmente em plantas e suas estruturas que contenham abundância de alimentos para si ou para a sua prole, respectivamente. Alimentos esses, que seu sistema enzimático é capaz de digerir, não apenas os aminoácidos e açúcares simples.

A modificação do conteúdo nutricional das plantas pode ser ocasionada pelos mecanismos fisiológicos normais do vegetal ou induzidos pelo tratamento fitossanitário e adubação nitrogenada.

O objetivo clássico do tratamento fitossanitário é proteger as plantas contra o ataque de pragas e doenças. O da adubação é fornecer elementos nutricionais à cultura. Entretanto, vários desses produtos ocasionam desequilíbrios metabólicos nas plantas, tornando-as mais susceptíveis aos fitófagos. Estes, ao se estabelecerem nessas plantas, passam a ter seu potencial biótico aumentado. Esse quadro conduz à transformação de fitófagos não prejudiciais na natureza em pragas das culturas.

II. REFERÊNCIAS

- ÁLVES, A. Usos e abusos. Ciência Hoje 4 (22) : 49 - 52, 1986.
- AUCLAIR, J. L. Aphid feeding and nutrition. Ann. Rev. Entomol. 8 (1963) : 439 - 490.
- BAKER, J. E. Amylase/proteinase ratios in larval midguts of ten stored-product insects. Entomol. Exp. Appl. 40 : 41 - 46, 1986.
- CHABOUSSOU, F. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos (A teoria da trofobiose). Porto Alegre, L & PM, 1987. 253 p.
- CRAFTS, A. S. & C. E. CRISP Phloem transport in plants. San Francisco, W. E. Freeman & Co., 1971. 481 p.
- DADD, R. H. & T. E. MITTLER Studies on the artificial feeding of the aphid Myzus persicae (Sulzer). III. Some major nutritional requirements. J. Insect Physiol. 11 : 717 - 743, 1965.
- DERRIDJ, S.; V. FIALA; E. JOLIVET Increase of European corn borer (Ostrinia nubilalis) oviposition induced by a treatment of maize plants with maleic hydrazide: Role of leaf carbohydrate content. Entomol. Exp. Appl. 41 : 305 - 310, 1986.
- DIXON, A. F. G. Aphid and translocation. In: PIRSON, A. & M.H. ZIMMERMANN (ed.) Encyclopedia of plant physiology New Series. New York, Springer-Verlag, 1975. p. 154 - 170.
- EISEMANN, C. H. & M. J. RICE Oviposition behaviour of Dacus tryoni: The effects of some sugars and salts. Entomol. Exp. Appl. 39 : 61 - 71, 1985.
- FARRAR, R. R., Jr. & J. R. BRADLEY, Jr. Effects of within-plant distribution of Heliothis zea (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs and larvae on larva development and survival on cotton. J. Econ. Entomol. 78 (6) : 1233 - 1237, 1985.

- MORRIS, O. N. The development of the clover mite, Brylobia prae-tiosa (Acarina : Tetranychidae) in relation to the nitrogen, phosphorus and potassium nutrition of its host plant. Ann. Entomol. Soc. Amer. 54 : 551 - 557, 1961.
- NAIDIN, L. C. Um mercado sob reserva. Ciência Hoje 4 (22) : 53 - 56, 1986.
- STORMS, J. J. H. Observations on the relationships between mineral nutrition of apple rootstocks in gravel culture and reproduction rate of Tetranychus urticae (Acarina: Tetranychidae). Entomol. Exp. Appl. 12 : 297 - 311, 1969.
- TERRA, W. R.; C. FERREIRA; A. G. BIANCHI Distribution of digestive enzymes among the endo and ectoperitrophic spaces and midgut cells of Rhynchosciara and its physiological significance. J. Insect Physiol. 25 : 487 - 494, 1979.
- WERMELINGER, B.; J. J. OERTLI; V. DELUCCHI Effect of host plant fertilization on the biology of the two-spotted spider mite Tetranychus urticae. Entomol. Exp. Appl. 38 : 23 - 28, 1985.
- YOKOYAMA, V. Y.; B. E. MACKEY; T. F. LEIGH Relation of cotton protein and tannin to methyl parathion treatment and cigarette beetle (Coleoptera : Anobiidae) growth on foliage. J. Econ. Entomol. 80 : 834 - 839, 1987 a.
- YOKOYAMA, V. Y. & B. E. MACKEY Protein and tannin in upper, middle, and lower cotton plant strata and cigarette beetle (Coleoptera : Anobiidae) growth on the foliage. J. Econ. Entomol. 80 : 843 - 847, 1987 b.