

INTERAÇÕES ARTRÓPODE-PLANTA: PRODUTOS METABÓLICOS SECUNDÁRIOS EM PLANTAS ARBÓREAS E SUA INFLUÊNCIA SOBRE INSETOS FITÓFAGOS

ALBERTO FÁBIO CARRANO-MOREIRA
Prof. Adjunto do Depto. de Ciência Florestal da UFRPE.

A relação coevolutiva planta inseto tem revelado uma notável variedade de produtos metabólicos secundários (PMS), que governam as interações interespecíficas, interferindo na organização das comunidades. O objetivo do presente trabalho foi estimar a área foliar removida por insetos fitófagos em sete espécies de plantas arbóreas, procurando relacionar os resultados obtidos à presença de PMS. O experimento constou da coleta aleatória de 100 folhas da parte baixa da copa das seguintes espécies arbóreas: *Ginkgo biloba* L. (ginkgo), *Acer Saccharum* March. (bórdo), *Malus silvestris* (macieira), *Malus sp.* (maçã azedinha), *Liriodendron tulipifera* L. (tulipeira), *Cornus florida* L. (dogwood) e *Quercus nigra* L. (carvalho d'água). A partir destas, 20 folhas foram sorteadas, secas por 48 horas e fotocopiadas. As imagens foram analisadas pelo sistema Tekmatic Vídeo Van Gogh acoplado ao computador. Foram determinadas a média total de folhas e a média de área foliar removida. Ginkgo apresentou a menor perda (0,04%), seguida por "dogwood" (0,07%), maçã azedinha (0,09%), carvalho d'água (2,10%) e tulipeira (2,39%). Conclui-se que Ginkgo, "dogwood" e maçã azedinha possuem um excelente mecanismo de defesa química contra insetos fitófagos baseado na presença de 2-Hexenol, taninos, triterpenóides, nicotina e glicosídeos cianogênicos. O carvalho (2,1%) e o tulipeiro (2,39%) apresentaram valores intermediários de consumo foliar também relacionados a defesa química. Macieira (5,4%) e Bórdo (8,66%) foram as espécies mais suscetíveis.

INTRODUÇÃO

As recentes pesquisas sobre as relações inseto-planta, tem revelado um fascinante e complexo componente desta coevolução: os aleloquímicos. Fraenkel (1959) foi o primeiro ecologista a reconhecer que a importância adaptativa destas substâncias para as plantas, residia nas suas propriedades repelentes a insetos e outros herbívoros. O relacionamento planta/consumidor resultou no desenvolvimento de uma variedade de adaptações pelas plantas, englobando um vasto

aparato químico, que visa atrair polinizadores e dispersores de frutos ou inibir e restringir os ataques por animais herbívoros (Owen e Wiegert, 1976; Rhoades, 1979). Duas linhas principais de evidência tem sido usadas para demonstrar a ação anti-herbívora destas substâncias: deterrência e antibiose.

Os insetos, por sua vez, ao longo do processo evolutivo, respondem à planta quebrando as defesas hospedeiras, e em alguns casos, usando-as em seu benefício (Edwards e Wratten, 1980). Na realidade, os herbívoros devem quebrar a resistência das plantas rapidamente, antes mesmo que estas sejam capazes de desenvolver outra "tática de defesa". Insetos que conseguem detoxificar o alimento obtido de sua planta hospedeira, passam a utilizar as substâncias tóxicas como um sinal na localização da planta sobre a qual eles se desenvolveram como especialistas (Feeny, 1976). Muitos insetos seqüestram tais substâncias, usando-as posteriormente em sua própria defesa (Blum, 1992). Fraenkel em 1959 já indicava que a localização da planta hospedeira e o comportamento de aceitação desta pelo seu predador, eram governados por substâncias secundárias (Fraenkel, 1959). Atualmente são conhecidos cerca de 30.000 compostos produzidos como PMS em plantas, isto é, produtos não essenciais às funções de crescimento e reprodução. Isto pode ser atribuído a imobilidade das plantas, que dependem do aparato químico como a única possibilidade de defesa contra inimigos naturais. Entre as classes de produtos encontrados, alcalóides, monoterpenos, diterpenóides, flavonóides e poliacetilenos são os mais comuns (Edwards e Wratten, 1980).

O efeito nocivo de insetos dendrófagos nem sempre é visível. O dano causado pela remoção das folhas, por exemplo, só é evidente quando a população de insetos está em fase epidêmica. Segundo Reichle et al. (1973) as estimativas de consumo foliar primário têm sido obtidas durante surtos epidêmicos sazonais. Assim, os danos durante a fase endêmica, tem sido grandemente subestimados (Schowalter et al., 1986). Por outro lado, o desfolhamento pode causar tanto efeitos positivos, que levam ao crescimento das árvores, quanto efeitos negativos, causando degeneração ou morte. Kulman (1971) concluiu que sintomas de declínio em árvores tais como, mortalidade de galhos, redução do incremento em diâmetro e produção de folhas pequenas ou em pouca quantidade, têm sido altamente correlacionadas ao ataque de insetos. Sabe-se, entretanto, que um consumo de 5 a 30% da produção anual de folhagem não é suficiente

para afetar o crescimento da maioria das árvores. Schowalter et al. (1986) afirmam que no estado endêmico, a taxa de consumo foliar dos insetos é baixa (tipicamente 3 a 8%) e não causa perdas apreciáveis. O desfolhamento pode, ao contrário, acelerar o crescimento da planta (Mattson e Addy, 1975). Welter (1989) concluiu que de 29 artigos publicados sobre o efeito do desfolhamento, 62% mostraram um aumento na taxa de fotossíntese por unidade de área. Dados por Owen e Wiegert (1976) sugerem que a liberação de açúcar por afídeos, a extração de água por cercopídeos e o efeito dos consumidores sobre a abscisão foliar (com a conseqüente reciclagem de nutrientes), promovem o crescimento e a longevidade das plantas. Os efeitos do desfolhamento vão depender da severidade do dano, da época do ano em que eles ocorrerem, da idade das folhas danificadas, da localização das folhas na copa e do seu estágio de desenvolvimento (Kulman, 1971). Para Welter (1989) somente "um entendimento da filosofia básica de resposta à herbivoria, pode fornecer a chave para uma compreensão e prognose do impacto do desfolhamento".

O consumo de folhas é o parâmetro mais acessível e representativo do ataque de insetos em florestas. Ele reflete também, um efeito direto na fisiologia e na produção da planta. Por esta razão, o uso da área foliar removida tem tido larga aplicação em muitas áreas de pesquisa.

O processo de estimativa de área foliar removida é particularmente útil na avaliação do nível mínimo de consumo primário por insetos (Bray, 1961), na determinação do nível de dano econômico (Nolting e Edwards, 1985) e em programas de controle (Hargrove e Crossley Jr., 1988).

O objetivo do presente trabalho foi estimar a área foliar consumida por insetos, baseada em amostras aleatórias de folhas extraídas de sete espécies de plantas arbóreas, procurando relacionar estes dados com a presença de PMS relatados na literatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no campus da University of Georgia, Athens. Sete espécies comuns de plantas arbóreas foram amostradas: ***Ginkgo biloba*** L. (ginkgo) família Ginkgoaceae; ***Quercus nigra*** L. (carvalho-d'água) família Fagaceae; ***Malus sp.*** (maçã azedinha) e ***Malus silvestris***. Mill. (macieira) família Rosaceae; ***Cornus florida*** L.,

(dogwood) família Comaceae; *Liriodendron tulipifera* L. , (tulipeira) família Magnoliaceae; *Acer saccharum*, (bôrdo) família Aceraceae. Cem folhas de cada uma das espécies foram aleatoriamente coletadas no anel inferior da copa, por sete pessoas em locais diferentes. As folhas foram levadas ao laboratório, colocadas em saco de pano, do qual 20 folhas de cada espécie foram aleatoriamente escolhidas. Este material foi então prensado em papel absorvente por 48 horas. Em seguida, o material seco foi fotocopiado em máquina xerox convencional com alto contraste. Antes de ser submetido ao processo de medição, os contornos das imagens das folhas danificadas foram completadas com caneta preta. A medição da área foliar total e da área removida foi efetuada através do sistema Tekmatic Video Van Gogh equipado com "scanner" e acoplado ao computador, seguindo a metodologia de Hargrove e Crossley Jr. (1988). Os dados foram fornecidos em termos de área foliar total e de área foliar removida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta as médias e os respectivos erros padrões para os parâmetros área foliar total, área foliar removida e percentagem da área foliar removida, para cada uma das espécies arbóreas. Pela análise da área foliar removida observa-se que *A. saccharum* com 8.66% e *M. silvestris* com 5.40%, apresentaram a maior perda. *G. biloba* teve a menor área foliar removida com 0,04%, seguida por *C. florida* com 0,07% e por *Malus sp.* com 0,09%. *Q. nigra* e *L. tulipifera* aparecem no grupo intermediário com perdas de 2,10% e 2,39%, respectivamente. Os resultados sugerem que o primeiro grupo apresenta uma maior resistência à ação dos herbívoros desfolhadores, enquanto que o terceiro grupo apresenta uma menor resistência quando comparado ao primeiro.

TABELA 1 - Área foliar total e área foliar consumida por insetos fitófagos sobre sete espécies de plantas arbóreas.

ÁREA FOLIAR			
ESPÉCIES	TOTAL	REMOVIDA	% REMOVIDA
<i>G. biloba</i>	37.38± 2.35	0.01± 0.004	0.04± 0.021
<i>C. florida</i>	35.46± 4.23	0.34± 0.010	0.07± 0.070
<i>Malus sp.</i>	41.05± 4.22	0.04± 0.020	0.09± 0.020
<i>Q. nigra</i>	15.10± 0.97	0.42± 0.280	2.10± 1.200
<i>L. tulipifera</i>	147.90± 11.10	3.86± 1.540	2.39± 1.050
<i>M. silvestris</i>	16.77± 0.56	0.60± 0.260	5.40± 0.750
<i>A. saccharum</i>	82.93± 5.35	8.25± 2.880	8.66± 2.780

As razões para os valores obtidos foram pesquisadas na literatura pertinente sobre o assunto. De acordo com Preston Jr. (1989) *G. biloba* é conhecida pela marcante ausência de insetos associados. Estudos conduzidos por Major (1967) revelaram que suas folhas são ácidas e quando danificadas, em presença de oxigênio, formam 2-hexenol, um conhecido repelente de insetos.

O autor afirma também que ginkgo contém PMS tóxicos para muitos insetos.

A presença e importância dos PMS como mecanismo de defesa contra insetos herbívoros são discutidos por Fenny (1976); Price (1984), Barbosa e Letourneau (1988). Estes aleloquímicos desempenham um papel fundamental no relacionamento planta/consumidor, estando diretamente envolvidos nos processos coevolutivos. A revisão de literatura conduzida por Fraenkel (1959) sobre PMS encontrados nas seis famílias de plantas economicamente

mais importantes, demonstra claramente o papel de tais substâncias na repelência ou atração de insetos. Como o processo interativo que governa a relação inseto/planta é principalmente químico, muita atenção tem sido dada ao papel desempenhado pelos PMS contra insetos não-especialistas. Estes compostos (alomônios) repelem, retêm ou causam prejuízos aos insetos fitófagos em potencial (Whitman, 1988).

Os resultados para "dogwood" são confirmados por Barbosa e Krischik (1987) que relacionam a ocorrência de taninos, triterpenóides, saponinas, saprogeninas flavonóides e alcalóides nas folhas do genero *Cornus*, conferindo efeitos alelopáticos.

Os resultados para *Malus sp.* são explicados pelas pesquisas de Erdtman (1968); Howe e Westley (1988). O primeiro autor indica que nicotina tem sido isolada com freqüência em Rosaceae. Whittaker e Fenny (1971); Howe e Westley (1988) sugerem que glicosídeos cianogênicos são comumente encontrados nesta família. Estes compostos formados por um anel fenólico e uma molécula de carboidrato, contém HCN, um simples, mas letal componente. Uma dose de HCN igual a 2mg/Kg de peso corporal pode matar uma vaca (Howe e Westley 1988). O composto secundário Amigdalín, por exemplo, dá origem a benzaldeído e ácido Cianídrico, após uma reação de hidrólise.

Os resultados obtidos para o carvalho-d'água já eram esperados, pois taninos estão presentes em todos os membros da família Fagaceae em elevadas concentrações (Futuyma e Gould, 1979; Price, 1984). A efetividade destes compostos na defesa das plantas está plenamente documentada na literatura (Price, 1984; Barbosa e Letourneau, 1988). Os taninos são compostos fenólicos de ocorrência geral entre as plantas, agindo indiretamente sobre os animais. Segundo Whittaker e Feny (1971) eles aderem às proteínas formando compostos indigeríveis, conferindo propriedades inibidoras de crescimento para larvas de lepidópteros, mantidas sobre folhas maduras de carvalho. Zucker (1983) também sugere que os taninos hidrolizáveis quando ingeridos pelos insetos vão inibir enzimas digestivas ao nível do ceco gástrico.

Os resultados obtidos para o tulipeiro também não foram surpreendentes, já que o gênero *Liriodendron* contém, além de glicosídeos cianogênicos, taninos, saponinas e alcalóides. Quanto aos alcalóides, eles conferem defesa qualitativa às plantas aparentes,

como as árvores, tornando-as menos preferidas pelos seus predadores (Barbosa e Krischik, 1987).

Apesar deste trabalho abranger apenas uma pequena amostra dos casos conhecidos de interações aleloquímicas entre plantas e insetos, ele ilustra uma fração da notável variedade de PMS e o papel crucial de tais compostos em alguns casos de interações interespecíficas que, finalmente, vão interferir na organização das comunidades. O meio ambiente natural é um labirinto de estímulos químicos imperceptíveis para o homem, mas de vital importância para a sobrevivência de plantas e animais (Whittaker e Fenny, 1971).

CONCLUSÕES

- a) Os dados sugerem que existe uma barreira química ou de outra natureza impedindo uma maior taxa de herbivoria sobre as espécies estudadas.
- b) Ginkgo é praticamente imune ao ataque de insetos.
- c) Maçã azedinha e "dogwood" são altamente resistentes.
- d) As demais espécies também apresentaram evidência de resistência

ABSTRACT

The objective of this work was to estimate the leaf area removed by phytophagous insects using a Video digitizer technique. Based on the information gotten, it was checked in the literature a possible justification on the existence of allelochemicals in each tree species. The experiment was conducted at the University of Georgia, Athens. A random collection was conducted on seven tree species: *Ginkgo biloba* L. (ginkgo), *Acer saccharum* March. (sugar maple), *Malus silvestris* (Apple), *Malus sp.* (crab apple), *Liriodendron Tulipifera* L. (tulip poplar), *Cornus florida* L. (flowering dogwood) and *Quercus nigra* L. (water oak). For each tree species 100 leaves were collected. From this collection 20 leaves were sorted at random. After drying for 2 days, a xerox copy of the leaves was taken. The images were analysed on a Tekmatic System Video Van Gogh digitizer apparatus connected to a microcomputer. It were computed the means and standard errors for leaf area and leaf area removed. Ginkgo had the lowest damage (0,04%) followed by dogwood (0.07%), crab apple (0.09%), water oak (2.10%) and tulip poplar (2.39%). It was concluded that ginkgo and crab apple may have a very efficient defense mechanism based on compounds like 2-hexenol, tanins, triterpenóides, nicotin and cyanogenic glicosides. Water oak (2.1%) and tulip poplar (2.3%) showed intermidiate values that could be related to chemical defense mechanisms.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BLUM, M. S. Ingested allelochemicals in insect wonderland: a menu of remarkable functions. *Amer Entomol*, Lanham, v. 38, n. 4, p. 222-234, 1992.
- 2 BARBOSA, P. ; KRISCHIK, V. A. Influence of alkaloids on feeding preference of eastern deciduous forest trees by gypsy moth *Limantria dispar*. *Amer. Nat*, Chicago, v. 130, n. 1, p. 53-59, 1987.
- 3 ____; LETOURNEAU, D. K. *Novel aspects of insect-plant interactions*. New York : John Wiley, 1988. 362 p.
- 4 BRAY, J. R. Measurement of leaf utilization as an index of minimum level of primary consumption. *Oikos*, Copenhagen, v. 12, n. 1, p. 70-74, 1961.
- 5 EDWARDS, J. P. ; WHATTEN, S. D. *Ecology of insect-plant interaction*. Lanham : Edward Arnold, 1980. 60 p.
- 6 ERDTMAN, H. Chemical principles in chemosystematics. In: MABRY, T. J. ; ALSTON, R. E. ; RONECKLES, V. C. (Ed) *Recent advanced in phytochemistry*. New York : Appleton-Century-Crofts, 1968. p. 13-58.
- 7 FENNY, P. P. Plant apparency and chemical defense. In: WALLACE, J. W. ; MANSEL, R. L. (Ed). *Biochemical interaction between plants and insects*, New York : Plenum, 1976. p. 1-40.
- 8 FRAENKEL, G. S. The raison d'être of secondary plant substances. *Science*, Washington, v. 129, p. 1466-1470, 1959.
- 9 FUTUYMA, D. J. ; GOULD, F. Association of plants and insects in a deciduous forest. *Ecological Monographs*, Tempe, v. 49, n. 1, p. 33-50, 1979.
- 10 HARGROVE, W. H. ; CROSSLEY JÚNIOR, D. A. Video digitizer for the rapid measurement of leaf area lost to herbivorous insects. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, Lanham, v. 81, n. 40, p. 593-598, 1988.
- 11 HOWE, F. H. ; WESTLEY, L. C. *Ecological relationships of plants and animals*. New York : Oxford University Press, 1988. 273 p.
- 12 KULMAN, H. M. Effects of insect defoliation on growth and mortality of trees. *Ann. Rev. Entomol.*, Palo Alto, v. 18, p. 289-324, 1971.
- 13 MAJOR, R. T. The ginkgo, the most ancient living tree. *Science*, Washington, v. 157, p. 1270-1273, 1967.
- 14 MATTSO, W. J. ; ADDY, N. D. Phytophagous insects as regulators of forest primary production. *Science*, Washington, v. 190, n. 4214, p. 515-521, 1975.

- 15 NOLTING, S. P.; EDWARDS, C. R. Defoliation assessment using video imagery and a microcomputer. *Bull. Entomol. Soc. Amer.*, Lanham, v. 31, p. 38-42, 1985.
- 16 OWEN, D. F.; WIEGERT, R. G. Do consumers maximize plant fitness?. *Oikos*, Copenhagen, v. 27, p. 488-492, 1976.
- 17 PRESTON JR, R. J. *North american trees* : exclusive of Mexico and tropical florida. Springfield : Iowa State University Press, 1989. 407 p.
- 18 PRICE, P. *Insect ecology*. New York : John Wiley, 1984. 607 p.
- 19 REICHLER, D. E.; GOLDESTINE, R. A.; VAN HOOK JR., R. I. et al. Analysis of insect consumption in a forest canopy. *Ecology*, Tempe, v. 53, p. 1082-1083, 1973.
- 20 RHOADES, D. E. Ecological and evolutionary processes. In : ROSENTHAL, G. A.; JANSSEN, D. H. (Ed). *Herbivores* : their interaction with secondary plant metabolites. New York : Academic Press, 1979. p. 4-57.
- 21 SCHOWALTER, T. D.; HARGROVE, W. W.; CROSSLEY JR., D. A. Herbivory in forested ecosystems. *Ann. Rev. Entomol.*, Palo Alto, v. 31, p. 177-196, 1986.
- 22 WELTER, S. C. Insect-plant interaction. In: BERNAYS, E. A. (Ed). *Interactions*. Boca Raton : CRC Press. 1989. p. 135-150.
- 23 WHITTAKER, R. H.; FENNY, P. P. Allelochemical : chemical interactions between species. *Science*, Washington, v. 171, n. 3973, p. 757-780, 1971.
- 24 WHITMAN, D. W. Allelochemical interactions among plants, herbivores, and their predators. In: BARBOSA, P.; LETOURNAEU, D. K. (Ed). *Novel aspects of insect-plant interactions*. New York : John Wiley, 1988. p. 11-64.
- 25 ZUCKER, W. V. Tannins : does structure determine function? an ecological perspective. *Amer Natur.*, Chicago, v. 121, n. 3, p. 335-365, mar. 1983.

Recebido para publicação em 29 de setembro de 1994.