



A distribuição de recursos açucarados influencia o mutualismo entre plantas e formigas?

Daniela Hipolito Maggio, Danilo Pereira Mori, Irina Birsakis Barros & Rafael dos Santos Henrique

Resumo: Interações inseto-planta podem ser antagonísticas ou mutualísticas. Uma interação mutualística ocorre entre plantas e formigas, na qual plantas fornecem recursos em troca de proteção. O recurso alimentar para as formigas pode estar distribuído de maneira agregada ou distribuída nas plantas, e a região protegida pelas formigas pode variar de acordo com essa distribuição. Neste trabalho, avaliamos a influência dessa distribuição de recursos na presença de formigas e na região da planta protegida pelas formigas. Realizamos um experimento disponibilizando iscas açucaradas de forma agregada e distribuída em diferentes ramos de uma planta e simulamos a presença de herbívoros, colando cupins a diferentes distâncias das iscas. A distribuição de recursos não influenciou a visitação por formigas nos ramos experimentais ou a frequência de remoção dos herbívoros. Esse resultado indica que formigas podem oferecer proteção à planta mesmo em regiões distantes do recurso.

Palavras-chave: forrageamento, herbívoros, interação inseto-planta, interação tritrófica, nectário extrafloral.

INTRODUÇÃO

Em uma comunidade, indivíduos de diferentes espécies interagem e essas interações podem ser antagonistas, competitivas ou mutualísticas (Begon et al., 2006). O mutualismo é uma interação positiva na qual indivíduos de duas espécies interagem, resultando no aumento da aptidão de ambos os indivíduos (Begon et al., 2006). O sistema formiga-planta representa um dos melhores exemplos de mutualismo (e.g., Cogni & Freitas, 2002; Dornhaus & Powell, 2010). Nesse sistema, as formigas podem trazer benefício para a planta, pois, ao forragearem sobre a planta, as formigas diminuem o impacto da herbivoria (Rudgers et al., 2003; McKey et al., 2005). Em contrapartida, as plantas podem fornecer abrigo e/ou recursos alimentares (Schoonhoven et al., 2005).

Os nectários extraflorais (NEFs) são órgãos vegetais que surgiram independentemente em diversas famílias e que oferecem recursos açucarados que atraem formigas, garantindo a diminuição na herbivoria e, conseqüentemente, aumentando a aptidão da planta (Hölldobler & Wilson, 1990a; Beattie & Hughes, 2002). Em algumas espécies, os NEFs estão sempre ativos e distribuídos ao longo da planta. Já em outras espécies, apenas alguns NEFs ficam ativos em regiões agregadas (Schoonhoven et al., 2005). Há um sistema tritrófico que pode ser funcionalmente similar ao de NEFs, que é o sistema formiga, insetos sugadores de floema

e planta (Offenberg, 2000; Quental et al., 2005). Nesse sistema, os insetos sugadores (afídeos e membracídeos) ficam agregados na região apical das plantas, se alimentando de seiva elaborada e secretando exsudatos açucarados, que são um recurso alimentar para as formigas (Schmitz, 2009).

As formigas são forrageadoras ativas e, quando encontram um recurso, recrutam uma grande quantidade de indivíduos (Hölldobler & Wilson, 1990b; Dornhaus & Powell, 2010). Dessa maneira, se uma planta tiver recursos distribuídos, a chance da formiga encontrar o recurso e recrutar mais formigas para a região aumenta, aumentando a proteção nas proximidades do recurso. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi responder à seguinte pergunta: a maneira como os recursos alimentares estão distribuídos sobre a planta influencia a chance de visitação e a proteção conferida pelas formigas? Dado que (i) a distribuição das fontes de recursos podem variar espacialmente na planta, (ii) quanto mais distribuída a fonte de recurso maior a probabilidade de uma formiga encontrar este recurso e (iii) formigas protegem a planta ao forragear próximo à fonte de recurso, formulamos duas hipóteses: (1) a ocorrência de formigas é maior em plantas com fonte de recursos distribuídos e (2) a região de proteção pelas formigas é maior em plantas com fontes de recurso distribuído.

MATERIAL & MÉTODOS

LOCAL DE ESTUDO

Realizamos o estudo na praia Barra do Una, localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una, município de Peruíbe, litoral sul do estado de São Paulo. O experimento foi feito em uma área de restinga, perto da região do costão, onde indivíduos de *Dalbergia ecastophyllum* (Fabaceae) são abundantes.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Nosso experimento foi feito em blocos de dois ramos pareados. Como indivíduos de *D. ecastophyllum* são frequentemente infestados por membracídeos, certificamos que os ramos escolhidos não estavam infestados para controlar a disponibilidade de recurso oferecido às formigas nos ramos experimentais. Ao longo da borda de uma mancha com muitos indivíduos de *D. ecastophyllum*, escolhemos arbitrariamente dois ramos semelhantes, que constituíram um bloco. A partir do primeiro bloco, replicamos o experimento sistematicamente a cada 2 m de distância e fizemos isso para um total de 29 blocos.

No primeiro ramo do bloco, numeramos sete folhas a partir da primeira folha apical totalmente expandida e colocamos um único quadrado de papel filtro (0,5 cm de lado) molhado em solução de açúcar nas folhas dois a sete (Figura 1a). Com isso, simulamos um padrão distribuído de recursos, sendo este nosso primeiro grupo experimental. No segundo ramo, contamos as sete folhas da mesma maneira e colocamos seis quadrados de papel filtro molhados em solução de açúcar na sétima folha, simulando uma fonte de recurso agregada, sendo este nosso segundo grupo experimental (Figura 1b). Repetimos a aplicação da solução de açúcar após uma hora. Depois de uma hora da segunda aplicação, simulamos a presença de um herbívoro colando em ambos os ramos dois cupins, um na primeira folha (apical) e outro na sétima (ver Figura 1) para podermos analisar posteriormente se a proteção pela formiga ocorreria somente próxima ao recurso. Após duas horas, verificamos se haviam formigas nos ramos e se os cupins haviam sido removidos.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Esperávamos que a frequência de ocorrência de formigas seria maior em ramos com recurso distribuído. Nossa hipótese nula era que a frequência de ocorrência de formigas seria igual nos ramos de recursos distribuídos e nos ramos com recurso agregado. A estatística de interesse foi a diferença

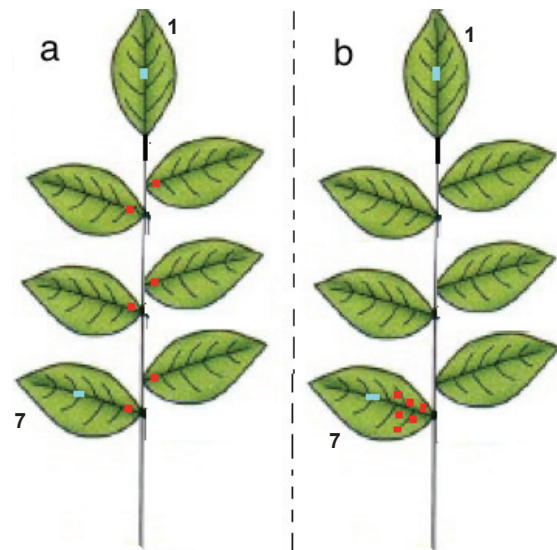


Figura 1. Representação dos grupos experimentais: (a) fonte de recurso distribuído, (b) fonte de recurso agregada. Os números indicam como as folhas foram enumeradas. Os retângulos azuis representam cupins e os retângulos vermelhos representam o papel filtro embebido com solução de açúcar (imagem modificada de Judd et al., 2009).

da média da frequência de ocorrência de ramos com formigas em cada um dos tratamentos. Testamos essa hipótese permutando aleatoriamente os tratamentos dos ramos de um mesmo bloco 1.000 vezes e recalculando a estatística de interesse para cada permutação. Caso a proporção de permutações com estatísticas de interesse maiores ou iguais à estatística observada fosse menor que 0,05, a hipótese nula seria rejeitada.

Supondo que a proteção da formiga ocorre somente nas proximidades do recurso, esperávamos que a diferença na frequência de remoções de cupins entre folhas apicais e basais seria maior em ramos com recurso agregado. Nossa hipótese nula foi que a diferença na frequência de remoção de cupim entre folhas apicais e basais seria igual em ramos com recursos distribuídos e agregados. Sendo i um índice de blocos, a_i a diferença entre a ocorrência de cupim entre folha apical e basal do ramo agregado de um indivíduo e d_i a diferença entre a ocorrência de cupim entre folha apical e basal no ramo com recurso distribuído, temos que $x_i = d_i - a_i$. Dessa maneira, nossa variável de interesse foi calculada como a média dos valores de x_i . Testamos a hipótese nula permutando aleatoriamente a presença ou ausência dos cupim em folhas apicais ou basais dentro de um bloco 1.000 vezes e recalculando a estatística de interesse para cada permutação. Caso a proporção de permutações com estatísticas de interesse maiores ou iguais a estatística observada fosse menor que 0,05, a hipótese nula seria rejeitada.

RESULTADOS

Dos 11 blocos em que encontramos formigas, 44,8% foram em ramos com fonte de recurso agregado e 41,4% em ramos com fonte de recurso distribuído. Não houve diferença entre as frequências de ramos com formigas e, portanto, não tivemos evidência para refutar nossa primeira hipótese nula ($p = 0,498$).

Nos ramos com o recurso agregado, os cupins foram removidos em cinco folhas apicais e em seis folhas basais. Já em ramos com o recurso distribuído, os cupins foram removidos em seis folhas apicais e em seis basais (Tabela 1). Não houve diferença na remoção de cupins entre folhas basais e apicais nos dois grupos experimentais ($x_i = 0,034$ e $p = 0,175$). Portanto, não tivemos evidências para refutar nossa segunda hipótese nula.

Tabela 1. Frequência de cupins removidos em folhas apicais e basais nos grupos experimentais.

Posição das folhas	Tratamento	
	Agregado	Distribuído
Apical	17,2%	20,7%
Basal	20,7%	20,7%

DISCUSSÃO

Nossa primeira hipótese de que há uma maior chance de encontrarmos formigas em plantas com recurso distribuído não foi corroborada, pois observamos uma frequência de ocorrência de formigas semelhante entre os dois tipos de distribuição de recurso. Nossa segunda hipótese de que a região de proteção oferecida pelas formigas seria maior em plantas com recurso distribuído também não foi corroborada. Sendo assim, a maneira como o recurso está distribuído não aumenta a chance de encontrarmos formigas e a região de proteção que as formigas oferecem para a planta é a mesma.

As formigas, ao encontrarem alimento, recrutam mais formigas para o local (Hölldobler & Wilson, 1990b; Dornhaus & Powell, 2010). As formigas recrutadas passam a forragear ativamente, buscando novos recursos nas cercanias (Hölldobler & Wilson, 1990b). Assim, a probabilidade de encontro entre formigas e herbívoros aumenta com uma maior quantidade de formigas forrageando. O recrutamento de grande quantidade de formigas aumenta o forrageio e permite a proteção em toda a planta. Portanto, plantas que possuem nectários extraflorais ativos em determinadas regiões possuem a mesma proteção por formigas que plantas que possuem nectários extraflorais de forma distribuída.

Dado que os insetos sugadores de floema ficam

agregados na região apical e que, mesmo quando o recurso está agregado, as formigas garantem uma proteção ao longo da planta, a interação entre insetos sugadores de floema, formiga e planta fornece uma proteção para toda a planta. Dessa maneira, a interação entre insetos sugadores de floema, formigas e planta deve ser um mutualismo indireto eficiente (Moya-Raygoza & Larsen, 2001; MeeKey et al., 2005). Concluímos então que a maneira como o recurso está distribuído não causa uma diferença na proteção para a planta e que a associação entre os insetos sugadores de floema pode ser análoga à existência de nectários e ambos garantem proteção para a planta.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor Rodrigo Cogni e ao Diogo Melo pela oportunidade de trabalharmos juntos. Agradecemos a Laura Leal pelo clareamento nas idéias e ao professor Glauco Machado pela ajuda em localizar e separar os cupins para o experimento.

REFERÊNCIAS

- Beattie, A.J. & L. Hughes. 2002. Ant-plant interactions, pp. 211-235. Em: Plant-animal interactions: an evolutionary approach (C.M. Herrera & O. Pellmyr, eds.). Blackwell Publishing, Oxford.
- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell Publishing, Malden.
- Cogni, R. & A.V.L. Freitas. 2002. The ant assemblages visiting extrafloral nectaries of *Hibiscus pernambucensis* (Malvaceae) in a mangrove forest in Southeast Brazil (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 40:373-383.
- Dornhaus, A. & S. Powell. 2010. Foraging and defense strategies, pp. 210-230. Em: Ant ecology (L. Lach, C.L. Parr & K.L. Abbott, eds.). Oxford University Press, Oxford.
- Hölldobler, B. & E.O. Wilson. 1990a. Symbioses between ants and plants, pp. 530-556. Em: The ants (B. Hölldobler & E.O. Wilson, eds.). Harvard University Press, Cambridge.
- Hölldobler, B. & E.O. Wilson. 1990b. Foraging strategies, territory, and population regulation, pp. 384-418. Em: The ants (B. Hölldobler & E.O. Wilson, eds.). Harvard University Press, Cambridge.
- Judd, W.S.; C.S. Campbell; E.A. Kellogg; P.F. Stevens & M.J. Donoghue. 2009. Sistemática

- vegetal. Um enfoque filogenético. Editora Artmed, Porto Alegre.
- Quental, T.B.; J.R. Trigo & P.S. Oliveira. 2005. Host-plant flowering status and the concentration of sugar in phloem sap: effects on an ant-treehopper interaction. *European Journal of Entomology*, 102:201-208.
- McKey, D.; L. Gaume; C. Brouat; B. Di Giusto; L. Pascal; G. Debout; A. Dalecky & M. Heil. 2005. The trophic structure of tropical ant-plant-herbivore interactions: community consequences and coevolutionary dynamics. Em: *Biotic interactions in the tropics: their role in the maintenance of species diversity*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Moya-Raygoza, G. & K.J. Larsen. 2001. Temporal resource switching by ants between honeydew produced by the five spotted gama grass leafhopper (*Dalbulus quinquenotatus*) and nectar produced by plants with extrafloral nectaries. *The American Midland Naturalist*, 146:311-320.
- Offenberg, J. 2000. Correlated evolution of the association between aphids and ants and the association between aphids and plants with extrafloral nectaries. *Oikos*, 91:146-152.
- Rudgers, J.A.; J.G. Hodgen & J.W. White. 2003. Behavioral mechanisms underlie an ant-plant mutualism. *Oecologia*, 135:51-59.
- Schmitz, O.J. 2009. Indirect effects in communities and ecosystems: the role of trophic and nontrophic interactions, pp. 289-295. Em: *The Princeton guide to ecology* (S.A. Levin, ed.). Princeton University Press, New Jersey.
- Schoonhoven, L.M.; J.J.A. van Loon & M. Dicke. 2005. *Insect-plant biology*. Oxford University Press, Oxford.

Orientação: Rodrigo Cogni