

Vivendo nos Jardins de formigas: diferentes funções para as epífitas associadas aos ninhos

Fabiane Mundim

Introdução

As epífitas mirmecófitas apresentam alta diversidade e abundância nos trópicos (Davidson & Epstein, 1989). Quando as epífitas (Davidson, 1988). A associação entre formigas arborícolas e plantas epífitas, também conhecidas como jardins de formiga, é um dos melhores exemplos já conhecidos de interações mutualísticas (Bronstein, 1998). Ule (1905) observou que as formigas coletavam as sementes das epífitas e as semeavam e quando estas se desenvolviam, formavam a estrutura do jardim. Wheeler (1921) argumentou que as epífitas precedem as formigas, ou seja, as formigas colonizam as epífitas apenas quando suas raízes já estão formadas. No entanto, alguns autores, como Madison (1979), Kleinfeldt

(1978) e Davidson (1988), ao observarem que as formigas dos jardins são atraídas por frutos e/ou sementes de epífitas devido ao seu valor nutricional e compostos químicos atrativos, verificaram que as formigas incorporam as sementes no jardim e que algumas destas germinam, o que apóia a hipótese de Ule.

A formação de um novo jardim pode acontecer pela fissão de um jardim adulto ou pela fundação a partir de indivíduos alados independentemente do tipo de formação e da idade do jardim estes são encontrados com maior frequência em locais com elevada intensidade

luminosa (Yu, 1994), já que estas condições são favoráveis ao rápido crescimento das epífitas (Davidson & Epstein, 1989). Quando as epífitas crescem mais, elas proporcionam uma maior estrutura para o desenvolvimento do ninho, que pode rapidamente se desenvolver e produzir alados. A associação entre essas plantas e as formigas parece ser obrigatória, já que existem espécies de epífitas que só ocorrem em jardins e vice-versa (Davidson 1988; Hölldobler & Wilson, 1990). Assim, existe uma forte evidência de que as epífitas de jardins e as formigas arborícolas co-evoluíram (Yu, 2001). Porém, pouco se sabe sobre como ocorre a colonização e a sucessão dessas epífitas na formação dos jardins de formiga.

Tanto as formigas arborícolas como as epífitas dos jardins possuem vantagens nessa associação. As formigas dispersam as sementes e provavelmente fornecem nutrientes para o desenvolvimento das epífitas (Janzen, 1979), além de promover proteção contra herbívoros (Janzen, 1979; Vieira-Neto *et al.*, 2006). Em

contrapartida, as epífitas provisionam alimento para as formigas (polpa de frutos, arilos de sementes e exsudados de nectários extraflorais) e, por meio da absorção radicular e transpiração, retiram o excesso de água dos jardins, permitindo que estes resistam à destruição pelo excesso de umidade (Yu, 1994). As raízes das

epífitas ainda garantem a estrutura e a resistência do ninho (Ribeiro *et al.*, 1999), porém, pouco se conhece sobre quais espécies de epífitas estruturam os jardins de formigas. Sabe-se apenas que espécies que estruturam os jardins estão presentes na maioria dos jardins e promovem a sua fixação (Jakovac, 2006).

Algumas espécies de epífitas dos gêneros *Anthurium*, *Codonanthes* e *Philodendron* são freqüentes e abundantes nos jardins de formigas (Jakovac, 2006). Mas, não se sabe se essas espécies estão presentes nos jardins desde o início de sua formação. Comumente essas espécies são denominadas “estruturadoras” (Hölldobler & Wilson, 1990; Ribeiro *et al.*, 1999), porém, não há uma caracterização clara dessas raízes que qualificariam como tal. Assim, o primeiro objetivo deste estudo foi verificar como ocorre a colonização das epífitas nos jardins recém fundados. Minha hipótese é de que a colonização pelas formigas se inicia com espécies de epífitas capazes de conferir algum tipo de suporte e armação para o jardim. O segundo objetivo foi caracterizar as raízes das epífitas presentes nos jardins e verificar as características que cada uma das abundantes possuem. Minha hipótese é que, diferente da literatura, as epífitas não possuem a mesma função no jardim o que poderá ser evidenciado por diferenças nas suas estruturas radiculares. Espero encontrar uma caracterização morfológica específica para cada raiz, um maior acúmulo de matéria orgânica

Material & métodos

O trabalho foi realizado na Reserva do Km 41 (59°43 O; 2°24 S), uma área do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF/INPA) cerca de 100 km ao Norte da cidade de Manaus. O trabalho foi realizado em um platô e em um baixio de uma floresta contínua de terra firme e também na estrada.

Nos dois ambientes foram coletados todos os jardins de formiga encontrados que tivessem ao menos uma espécie de epífita de um desses gêneros: *Codonanthes*, *Anthurium* e *Philodendron*. Foi também coletada uma amostra do forófito para identificação. Para o primeiro objetivo, foram coletados jardins recém formados (por fissão e for fundação) e para o segundo objetivo foram coletados jardins de vários tamanhos. Na coleta dos jardins recém formados, foi anotado quando havia um jardim adulto próximo ou não. Quando o jardim pequeno estava distante até cinco metros de distância de um adulto, isso indicava que a formação deste jardim pode ter sido por fissão, quando o jardim adulto estava longe (mais de cinco metros) ou ausente, isso indicava que a formação do jardim pode ter sido por fundação a partir de alados. Essa observação é importante para eliminar uma possível preferência das

formigas por algumas espécies de epífitas dependendo do tipo de formação do jardim. radicular mais contribui para o início da formação do jardim. A variável dependente foram as

Em cada jardim foi retirada a parte aérea de cada epífita, e a parte restante foi pesada e tiveram seu volume estimado a partir de três medidas de diâmetro. Posteriormente, o jardim foi lavado para retirar a matéria orgânica (terra mais folhiço) e as raízes foram separadas, pesadas e classificadas segundo a morfologia (pivotante, fasciculada), o número de ramificações, o tipo de raiz (aérea, adventícia, superficial), o grau de entrelaçamento, o grau de aderência da matéria orgânica às raízes, a estrutura do ninho formada a partir das raízes e da matéria orgânica aderida (compacta, cartonada) e inserção das raízes no jardim. Isso foi feito para os jardins adultos e os recém fundados.

Com base nessas características observadas e coletadas, as epífitas citadas na literatura como estruturadoras devem possuir um alto grau de entrelaçamento de suas raízes, propiciando uma maior aderência da matéria orgânica às raízes, com isso o peso de sua matéria orgânica agregada pelas formigas ao jardim deve ser maior. Além disso, a proporção de raiz dos gêneros considerados estruturadores deve ser maior do que das outras e sua inserção deve ser mais profunda. Para as análises estatísticas, as espécies de epífitas foram agrupadas em gêneros.

Para responder à primeira questão sobre a colonização das epífitas nos jardins fundados, foi feito uma ANOVA para verificar qual sistema

proporções do peso de cada raiz e a variável independente foi o gênero de epífita. Para responder à segunda pergunta, juntamente com a caracterização das raízes foi feita uma regressão linear simples entre volume do ninho e peso das raízes separadas por gênero, isso para ver se há uma relação positiva para raízes estruturadora em relação às outras. Foi feito também uma regressão linear simples entre o peso da matéria orgânica e o peso da raiz de cada gênero, isso para ver se o aumento da quantidade de matéria orgânica que as formigas incrementam no jardim está positivamente relacionado com o peso das raízes que proporcionariam sustentação. Foi realizada também uma ANOVA em que a variável dependente foi a proporção do peso de cada raiz e a variável independente foi cada gênero, isso para verificar se a proporção de raiz é maior para as espécies consideradas estruturadoras. Além disso, para testar se a probabilidade de ocorrência de raízes saindo do forófito é em função do volume do jardim ou do peso da matéria orgânica, foi feita uma análise de regressão logística.

Resultados

Foram amostrados 40 jardins de formigas, sendo nove no baixio, 16 no interior da floresta e 12 ao longo da estrada. De todos os jardins amostrados, 17 eram recém fundados e

23 estabelecidos. Dos recém fundados, sete se localizavam perto de um jardim adulto, sugerindo que a formação pode ter sido por fissão, enquanto que nove não possuíam ninho adulto e provavelmente foram formados por fundação a partir de alados.

Em jardins recém formados, independente do tipo de formação, foi encontrado apenas *Codonanthes* e em apenas um caso apareceu *Anthurium*. Isso fez com que a proporção de raiz de *Codonanthes* fosse maior do que a proporção das outras raízes ($F_{2,48}=26,435$; $p < 0,001$; Figura 1).

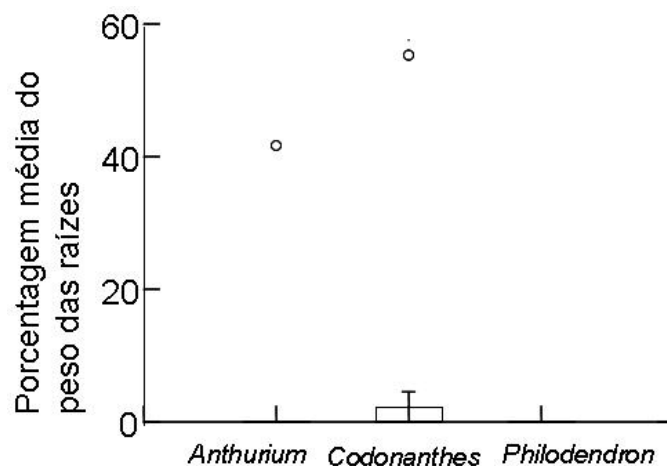


Figura 1. Porcentagem média do peso das raízes de cada gênero em relação ao peso total das raízes encontradas nos jardins recém fundados.

Nos gêneros das epífitas predominantes nos jardins de formigas, verificou-se que nem todas as plantas possuíam a função de estruturar o jardim (Tabela 1). Apenas o gênero *Philodendron* apresentou relação entre o peso de matéria orgânica acumulada e o peso de suas raízes, mostrando que estas raízes são capazes de proporcionar estrutura para o crescimento do jardim (Tabela 2). Já a relação entre o volume do ninho e o peso da raiz foi significativa para as três categorias de raízes, porém a maior inclinação da reta para *Philodendron* mostrou que este gênero parece contribuir mais para o aumento do volume do ninho mais do que os outros gêneros (Figura 2).

A proporção de raiz em relação ao total de raízes encontradas, que foi maior em *Codonanthes* ($F_{2,108}=16,780$; $p < 0,001$; Figura 3).

Foram amostrados 37 jardins e forófitos, destes 17 eram de gêneros diferentes. Cinco forófitos emitiam raízes dos galhos suporte para dentro dos jardins. Destes cinco, três forófitos eram do gênero *Guapira* (Nyctaginaceae) e dois do gênero *Unonopsis* (Annonaceae). Porém, a presença dessas raízes emitidas pelo forófito não possui relação com o peso da matéria orgânica ($X^2=0,206$; g.l.=1; $p=0,650$), nem com o volume do jardim ($X^2=2,283$; g.l.=1; $p=0,131$).

Tabela 1. Classificação das raízes dos principais gêneros de epífitas encontrados nos jardins de formiga.




Gênero	Característica	Fotografia
<i>Philodendron</i>	Raiz pivotante, com grande quantidade de raízes primárias finas e longas, formando uma estrutura favorável à deposição de matéria orgânica (terra mais folhíço) pelas formigas. Porém, toda essa estrutura de raízes entrelaçadas não parece deixar a matéria orgânica firmemente aderida, podendo se desfazer facilmente.	
<i>Codonanthes</i>	Raiz pivotante com uma raiz principal grossa e comprida, da qual saem várias raízes secundárias comprida e finas e destas uma grande quantidade de raízes terciárias pequenas, finas e densas, parecendo uma cabeleira. Esta raiz está sempre presente em ninhos recém fundados e no interior de ninhos adultos, formando uma estrutura compacta de matéria orgânica (terra mais folhíço) fortemente aderida às raízes.	
<i>Anthurium</i>	Raiz aérea, com grande quantidade de raízes primárias grossas, situadas superficialmente no jardim, sendo muito frágeis para dar sustentação. Possuem vários pontos de inserção de suas raízes na superfície do jardim.	

Tabela 2. Relação entre o peso da matéria orgânica acumulada nas raízes dos jardins de formiga e o peso das raízes de cada epífita.

Gêneros	Peso da matéria orgânica		
	R ²	F _(1,35)	P
<i>Codonanthes</i>	0,055	2,023	0,164
<i>Philodendron</i>	0,455	29,278	<0,001
<i>Anthurium</i>	0,074	2,817	0,102

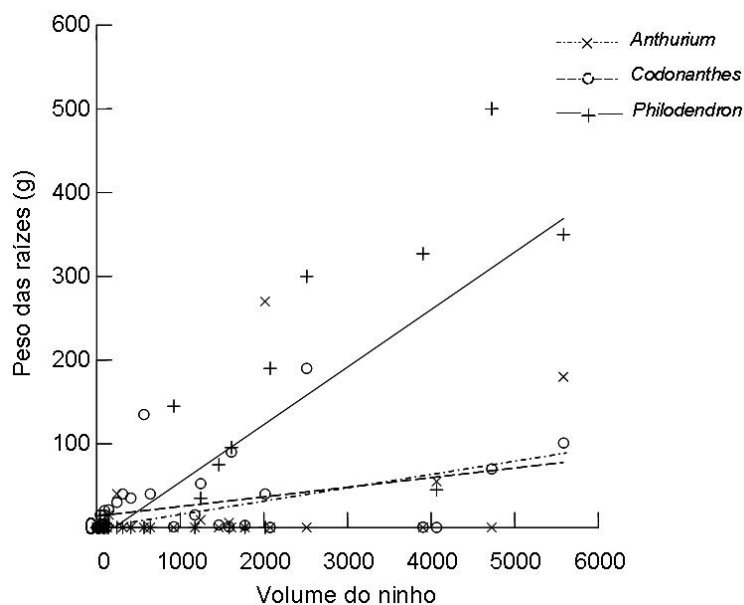


Figura 2. Relação entre o volume total do ninho e o peso das raízes de cada gênero de epífita.

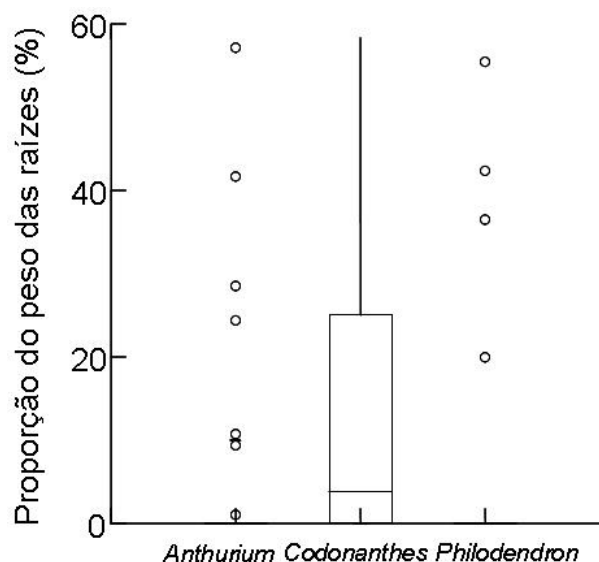


Figura 3. Média da proporção do peso da raiz em relação ao peso total das raízes, dos jardins novos e já estabelecidos.

Discussão

A espécie mais frequentemente encontrada nos jardins recém fundados foi do gênero *Codonanthes* e devido à sua caracterização é possível aceitar que a colonização já se inicie com epífitas capazes de conferir algum tipo de suporte e estrutura para o jardim. Nos jardins sempre ocorre o padrão aninhado em que as espécies ocasionais e raras nunca ocorrem se uma das mais frequentes não tiver colonizado o ninho previamente (Jakovac, 2006). Este padrão de ocupação pode ser explicado por três hipóteses: a hipótese da facilitação (Callaway, 1995; Hernandez-Rosas, 2001), a hipótese da

preferência das formigas por algumas sementes de epífitas (Davidson, 1988) e a hipótese da probabilidade de chegada de propágulos dependente da abundância relativa natural das espécies no ambiente (Hubell, 2001). Espécies com características que proporcionam a fundação dos jardins, crescem junto com o jardim, e mais tarde, quando este jardim já está estabelecido, outras epífitas que proporcionam maior estrutura para que o jardim aumente de volume são incorporadas, possibilitando a colonização por outras formigas. Assim a hipótese da preferência das formigas por algumas sementes de epífitas parece ser a

melhor hipótese para explicar o padrão aninhado dessas epífitas nos jardins de formiga.

Sabe-se que a estrutura comumente elipsoidal e a complexidade dos jardins de formigas são determinadas pelas epífitas que o compõe (Hölldobler & Wilson, 1990; Ribeiro *et al.*, 1999). Para as espécies do gênero *Codonanthes* foi verificado que as raízes pivotantes com uma grande densidade de raízes secundárias promoviam uma menor estrutura para o crescimento do jardim, sugerindo que estas plantas sejam classificadas como não estruturadoras. Porém a grande contribuição em peso das raízes e presença de matéria orgânica aderida a elas sugere que elas possam ter um papel estruturador. Jardins com esta consistência compacta, dificilmente seriam destruídos por movimentações bruscas o que favoreceria a colonização por outras epífitas possibilitando a expansão do jardim e a permanência deste no ambiente.

Segundo os parâmetros analisados, *Philodendron* é o único gênero que possui atributos capazes de formar uma estrutura para o jardim de formiga. Porém, quando ocorria apenas *Philodendron*, observou-se que o jardim apresentava uma estrutura do tipo cartonado, comum em cupinzeiros arborícolas (ver Abe *et al.*, 2000). Nesse tipo estrutural, parece que a matéria orgânica não se fixa firmemente nas raízes, formando grandes espaços no seu interior, o que deixa os jardins com consistência instável podendo ser facilmente destruídos por qualquer movimentação brusca. Assim, mesmo apresentando características estruturadoras, não seria uma boa estratégia para o jardins, ter como epífita estruturadora apenas *Philodendron*. A interação entre *Philodendron* e *Codonanthes* foi observada em alguns jardins, e esta parecia ser a melhor estrutura. Nesse sentido, é possível dizer que jardins com mais de uma epífita com características estruturadoras terá sua aptidão aumentada, podendo o jardim crescer mais rapidamente.

Yu (1994) demonstrou experimentalmente que, quando apenas as folhas da epífita *Peperomia* eram retiradas, os jardins se desfaziam rapidamente devido ao excesso de umidade, por falta de transpiração suficiente da parte aérea das outras plantas que compõe o jardim. A inserção das raízes de

Anthurium e *Peperomia* é superficial, com vários pontos de apoio sobre o jardim, sugerindo que elas possuem a função principal de transpiração.

A complexidade da associação epífitas-formigas arborícolas é devido à variedade de famílias de epífitas distantes filogeneticamente e de espécies de formigas envolvidas, somados com a freqüente associação entre duas espécies de formigas que utilizam o mesmo espaço (Vantaux *et al.*, 2007). Adicionalmente a esta complexidade de interações, foi observado que os gêneros *Guapira* e *Unonopsis* possuem espécies que hospedam os jardins. Pois esses forófitos parecem emitir raízes depois da formação do jardim e essas raízes devem ter a função de absorver nutrientes do jardim. Assim, esta interação entre jardim e hospedeira deve ser estudada mais profundamente, pois se esta associação for mutualística, como se supõe, seria mais uma interação nesta complexa rede.

Conclui-se, então, que jardins são fundados por espécies com características que proporcionam maior fixação do jardim. Isto propicia uma estrutura mais estável que, futuramente, favorecerá o estabelecimento de outras epífitas e de outras formigas, proporcionando o crescimento do jardim. Cada espécie de epífita pode ter uma função diferente no jardim de acordo com o tipo de raiz que possui e o aparecimento de mais do que uma epífita estruturadora no jardim pode ser vantajoso para as epífitas e para os jardins.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Glauco e Zé Luis pela oportunidade de estar aqui com esta turma "sebosa". Aos professores pelas dicas e ensinamentos, pelas críticas que soavam como destruidoras, mas, na verdade eram para uma construção interna de caráter profissional. Dos professores agradeço principalmente ao Rogelio, que durante a orientação do grupo da Rolandra, me ensinou, na prática, muito sobre estruturar uma apresentação concisa e a Paulo De Marco por levantar meu astral na fase mais crítica (destruição dos relatórios individuais), e pelos conselhos que vou levar por toda minha vida. Aos monitores Juliana e André (Pescador Parrudo), mas principalmente ao Parrudo pelas piadinhas e desenhinhos nos meus relatórios

que sempre me faziam rir. Ao Tiago Izzo e Glauco Machado pela paciência em me ajudar na elaboração do projeto final. Ao grupo 5 da Dimona, que permaneceu na Mil: Murilo, Pedro e Wanessa, passamos por um Karma juntos que só nos libertou no Km 41, mas foi um aprendizado e tanto! Ao grupo das lenticelas... Danilo, Ana Paula e Letícia, apesar dos contratempos vencemos! E por fim ao grupo do 41, Bia, Débora e Toyoyo, só tenho a dizer que foi muito bom trabalhar com esse grupo! Gostaria de agradecer a todas as almas sebosas que compunham este grupo maravilhoso que não vou esquecer, pois guardo todos no coração. Gostaria de agradecer em especial a Bia, por escutar as merdas que eu digo quando estou chateada... E claro, Ana Paula e Wanessa, pessoas MUITO especiais pra mim, durante o curso.

Galera foi bom aprender com vocês!!!!

Referências bibliográficas

- Bignell, D.E. & P. Eggleton. 2000. Termites in ecosystems, pp. 364-381. In: Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology, (T. Abel; D.E. Bignell & M. Higashi, eds.) Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Bronstein, J.L. 1994. Conditional outcomes in mutualistic interactions. *Trends in Ecology and Evolution*, 9: 214-217.
- Callaway, R.M. 1995. Positive interactions among plants. *The Botanical Review*, 61: 306-337.
- Davidson, D.W. 1988. Ecological studies of neotropical ant gardens. *Ecology*, 69: 1138-1152.
- Davidson, D.W. & W.W. Epstein. 1989. Epiphytic associations with ants, pp. 200-233. In: Vascular plants as epiphytes, (U. Luttge, ed.). Springer-Verlag New York, New York.
- Hernandez-Rosas, J. 2001. Ocupación de los portadores por epifitas vasculares em um bosque húmedo tropical del alto Orinoco, Edo. Amazonas, Venezuela. *Acta Científica Venezolana*, 52: 292-303.
- Hölldobler, B. & E.O. Wilson. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Londres.
- Hubbell, S.P. 2001. *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press, Oxford.
- Jakovac, A.C.C. 2006. Jardins suspensos da Amazônia: composição florística e sucessão de espécies em jardins de formiga. In: Livro do curso de campo "Ecologia da Floresta Amazônica" (G. Machado & J.L. Camargo, eds). PDBFF/INPA, Manaus.
- Janzen D.H. 1979. Epiphytic myrmecophytes in Sarawak: mutualism through the feeding of plants by ants. *Biotropica*, 6: 237-259.
- Kleinfeldt, S.E. 1978. Ant-gardens: the interaction of *Codonanthe crassifolia* (Gesneriaceae) and *Crematogaster longispina* (Formicidae). *Ecology*, 59: 449-456.
- Madison, M. 1979. Parabiosis in Brazilian ants. *Psyche*, 19: 36-41.
- Ribeiro, J.E.; M.J.G. Hopkins; A. Vincentini; C. Sothers; M.A.S. Costa; J.M. Brito; M.A.D. Souza; L.H.P. Martins; L.G. Lohmann; P.A.C.L. Assunção; E. Pereira; C.F. Silva; M.R. Mesquita & L.C. Procopio 1999. Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. INPA, Manaus.
- Ule, E. 1905. Wechselbeziehungen zwischen Ameisen und Pflanzen. *Flora*, 94: 491-497.
- Vantaux, A.; A. Dejean; A. Dor & J. Orivel. 2007. Parasitism versus mutualism in the ant-garden parabiosis between *Camponotus femoratus* and *Crematogaster levior*. *Insectes Sociaux*, 54: 95-99.
- Vieira-Neto, E.H.M.; A. Maciel; D. Kasper & R. Souza. 2006. Jardins suspensos da Amazônia Central: história natural e um teste de hipóteses sobre interações entre formigas e epifitas. In: Livro do curso de campo "Ecologia da Floresta Amazônica" (G. Machado & J.L. Camargo, eds). PDBFF/INPA, Manaus.
- Wheeler, W.M. 1921. A new case of parabiosis and the "ant-gardens" of British Guiana. *Ecology*, 2: 89-103.
- Yu, D.W. 1994. The structural role of epiphytes in ant gardens. *Biotropica*, 26: 222-226.
- Yu, D.W. 2001. Parasites of mutualisms. *Biological Journal of the Linnean Society*, 72: 529-546.