

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 8 日現在

機関番号：64303

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009–2012

課題番号：21570028

研究課題名（和文） オオバギ（トウダイグサ科）と花序で繁殖するヒメハナカメムシの送粉共生の起源

研究課題名（英文） Origin of pollination mutualism of *Macaranga* (Euphorbiaceae) and flower bug (Anthocoridae, Hemiptera)

研究代表者

酒井 章子 (SAKAI SHOKO)

総合地球環境学研究所・研究部・准教授

研究者番号：30361306

研究成果の概要（和文）：トウダイグサ科オオバギ属の一部の種では、花序の上で繁殖するヒメハナカメムシやクダアザミウマによる特殊な送粉様式が見られる。本申請研究では、オオバギ属およびその近縁種を対象に研究を行い、これらの送粉様式が風媒やジェネラリストによる送粉様式から進化したことを明らかにし、特殊な送粉様式が栄養器官を防衛するアリとの共存を促したという仮説を提出した。

研究成果の概要（英文）：Some *Macaranga* species (Euphorbiaceae) are pollinated by specialized hemipterans and thrips reproducing on inflorescence (nursery pollination). By investigating pollination of other related species, we found that the nursery pollination systems are likely to have evolved from pollination by wind or generalist pollinators attracted by extra floral nectar. Acquisition of thrips pollination may be related with evolution of myrmecophyte in the plant group, since ant-repellents secreted by thrips reduces disturbance on pollination by guarding ants often found in other myrmecophytic groups.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2012年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
総計	5,100,000	1,530,000	6,630,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生態・環境

キーワード：トウダイグサ科・オオバギ属・送粉・植物繁殖生態・カメムシ・アザミウマ

1. 研究開始当初の背景

植物の中には、送粉の報酬として繁殖場所を提供するものがあり、そのような送粉系では植物、送粉者ともに種特異性が高い。送粉者は産卵のために花序を訪れ、幼虫は子房や花粉など植物の繁殖器官を食べて育つ。

もっともよく研究されているのは、イチジクなど子房寄生者によって送粉される系である。この系では、送粉者、植物とも互いに特殊化し種特異性が高い。これは、植物が将来種子となる子房という高い報酬を支払うので、コストをかけても非送粉者を排除するためだと考えられる。植物と送粉者との間で

ほぼ完全な共種分化がおきており、他の送粉者へのシフトはほとんどおこっていない。一方、子房以外の器官が繁殖場所となっている場合、その種特異性は子房寄生性の送粉者の場合よりも低い。このような系では、送粉者の種特異性に種間差があり、また送粉者のシフトもある程度おこっているだろう。しかし、子房以外の器官が繁殖場所となっている系では断片的な情報しかなく、種特異性や送粉者のシフトを決める要因、送粉者のシフトのプロセスについてもほとんど研究はない。

2. 研究の目的

熱帯域を中心に分布する雌雄異株植物のトウダイグサ科 *Macaranga* 属は、異なる分類群の昆虫が花序で繁殖する送粉者として知られる数少ない植物グループの一つである。260 種を含み、分子系統樹から 5 つの属内分類群 (C1, C2, C3, B1, B2) が認識されている。

マレーシア地域を中心に分布し、多数のアリ植物を含む C1 では、花序で繁殖する複数種のクダアザミウマ *Dolichothrips* が送粉を担っている。一方、C3 に属するオオバギ *Macaranga tanarius* では、ヒメハナカメムシ *Orius atratus* が雌雄双方の花序で繁殖し送粉に寄与していることが、申請者らによって沖縄と奄美から報告された。この 2 つの送粉様式は、いくつかの共通点から同じ起源を持つと考えられ、また、これらの種の外群にあたる B1、B2 の少なくとも一部の種は、形態から風媒の可能性が高いため、もともと風媒であったものからアザミウマ媒へ、さらにその捕食者を送粉者とする送粉様式へ送粉者のシフトがおきたのかもしれない。

本研究では、*Macaranga* 属植物と花序で繁殖する送粉者の共進化過程を調べ、共生系の進化・維持に関する要因について検討した。

3. 研究の方法

(1) オオバギ属、近縁なアカメガシワ属の送粉様式を袋掛け実験による風媒の検討、訪花昆虫の観察と採集、体表花粉の定量によって明らかにする。

(2) オオバギ属の花序形態の変異と系統的な関係の検討を行う。

(3) アリ植物のオオバギ属 (C1) に見られるクダアザミウマによる送粉様式について、防衛アリと送粉者の関係を明らかにする。

4. 研究成果

(1) オオバギ属、近縁なアカメガシワ属の

送粉様式

①日本とボルネオ島に分布するアカメガシワ属 2 種で、風媒と虫媒をあわせもつ送粉様式であることを明らかにした (図 1)。

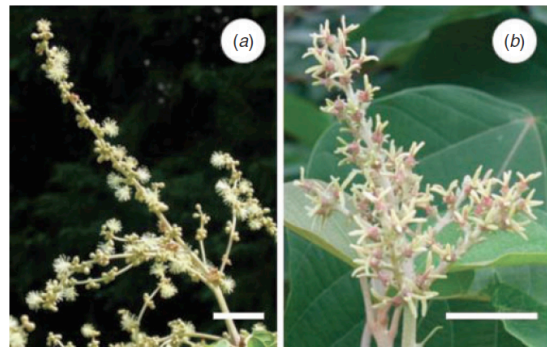
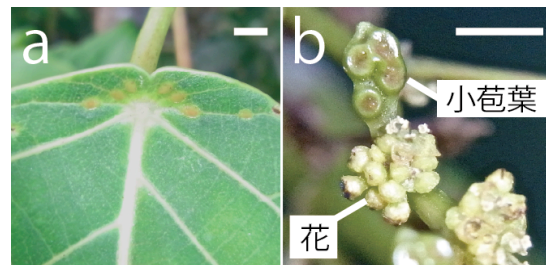


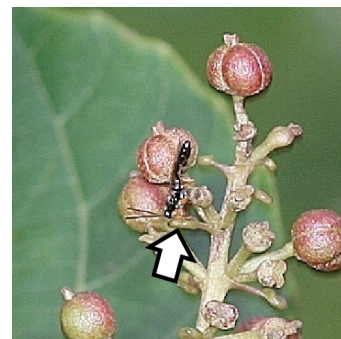
図 1 アカメガシワ属の花序 (a. 雄、b. 雌)

②オオバギ属のほとんどの種は葉に円盤状の花外蜜腺をもつが (図 2 a)、約 2 割の種では葉だけでなく花序の小苞葉にも葉とよく似た蜜腺が見られる (図 2 b)。葉の蜜腺は防衛アリを誘引するのに役立つが、花序の蜜腺は花と近接しているため、送粉者への報酬となっているかもしれない。これを検討するために、台湾に分布し、花序に円盤状蜜腺をもつ *Macaranga sinensis* の送粉様式について調査を行った。その結果、この蜜腺に誘引されるジェネラリスト昆虫によって送粉されることを明らかにした (図 3)。



スケールバー = 5mm

図 2 オオバギ属に見られる花外蜜腺



矢印は小苞葉の蜜腺を示す。

図 3 *M. sinensis* のメス花を訪れるハチの仲間

(2) オオバギ属は約 300 種を含み、分子系統解析から、大きく 5 つのグループ (B1, B2, C1, C2, C3; 図 4) に分けられることが分かっている。

オオバギ属の乾燥標本を観察したところ、花序形態は、1) 花をうるこ状の小苞葉が覆う「被覆型」、2) 花の基部に円盤状蜜腺をもつ小苞葉の存在する「蜜腺型」、3) 目立つ小苞葉を持たない「露出型」の 3 つに大別された。C2, C3 グループでは、これら 3 タイプの花序形態が全て現れていることから (図 4)、オオバギ属内で送粉様式のシフトが繰り返り起こった可能性が高い。

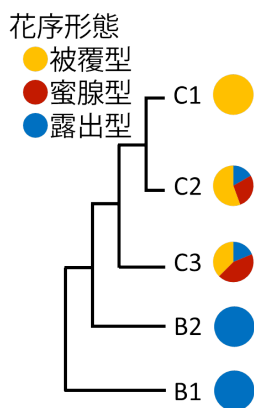


図 3 オオバギ属に見られる花序の形態と系統的關係

(3) アリ植物は被子植物の 100 を超える属で繰り返し独立に進化している。これらの植物では、アリは葉などの栄養器官の防衛に役立ち、アリ防衛への依存度が極めて高い。一方で、アリが送粉者までも追い払ってしまうことがあるため、アリ植物の進化には送粉を保証するための仕組みが不可欠である。

本研究では、アリ植物オオバギ属で、防衛アリの除去実験により、アリが送粉者の数に影響を与えていないとの結果を得た。また、アリと送粉者の観察から、送粉者のクダアザミウマがアリと遭遇すると、威嚇行動 (腹部をそらせ先端を攻撃対象に向ける) を取り、腹部先端から液滴を分泌するのを観察した。



図 3 腹部を持ち上げて威嚇行動をとり (左)、肛門から液滴を分泌する (右) クダアザミウマ

液滴の化学分析を行ったところ、主要な成分としてデカン酸を検出した。クダアザミウマの肛門分泌物にアリ忌避効果があるか確かめるために、アリにクダアザミウマの液滴抽出物・デカン酸・他種オオバギ属共生アリの抽出物を与えた。この結果、液滴抽出物とデカン酸でアリの逃避行動がよく見られた (図 4)。

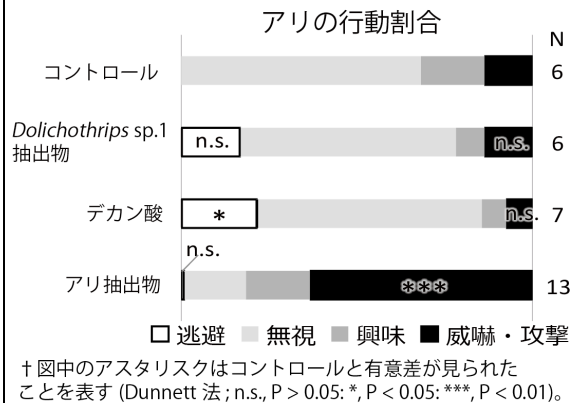


図 4 テフロン棒にクダアザミウマ (Dolichothrips) 抽出物、デカン酸、アリ抽出物を塗布したテフロン棒をアリに与え、反応を調べた実験の結果

Dolichothrips 属クダアザミウマに送粉される種はオオバギ属の中で単系統であり、アリ植物はこの系統の中で 2~4 回独立に進化したと考えられている (Davies et al. 2001)。オオバギ属では、アリからの妨害を受けにくい送粉様式であるクダアザミウマ媒を獲得したことが、強いアリ防衛をもつアリ植物への進化の道を開いたのかもしれない。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Eri Yamasaki, Shoko Sakai. 2013. Wind and insect pollination (ambophily) of *Mallotus* spp. (Euphorbiaceae) in tropical and temperate forests. *Australian Journal of Botany* 60: 60-66. (査読有)
DOI: 10.1071/BT12202
- ② Eri Yamasaki, Atsushi Kawakita, Shoko Sakai. 2013. Modified leaves with disk-shaped nectaries of *Macaranga sinensis* (Euphorbiaceae) provide reward for pollinators. *American Journal of*

Botany 100: 628-632. (査読有)

DOI: 10.3732/ajb.1200600

- ③ Eri Yamasaki, Yoko Inui, Shoko Sakai.
2013. Production of food bodies on the
reproductive organs of myrmecophytic
Macaranga species (Euphorbiaceae):
effects on interactions with herbivores
and pollinators. Plant Species Biology.
(査読有)
DOI: 10.1111/1442-1984.12015

[学会発表] (計 8 件)

- ① 山崎絵理・乾陽子・酒井章子. アリを撃退
する送粉者：アリ植物 オオバギ属の送粉
戦略. 第 60 回日本生態学会静岡大会, 2013
年 3 月
- ② Eri Yamasaki, Yoko Inui, Shoko Sakai.
Ant-repelling pollinators: unique
pollination strategy of the ant-plant
Macaranga (Euphorbiaceae). South
African Association for Botanists
(SAAB) 39th Annual Conference. ドラケ
ンスバーグ, 南アフリカ. 2013 年 1 月
- ③ Eri Yamasaki, Yoko Inui, Shoko Sakai.
Interaction between plants, protective
ants and pollinator thrips on the
reproductive organs of myrmecophytic
Macaranga (Euphorbiaceae). The 2012
Annual Meeting of the ATBC Asia-Pacific
Chapter. シーサンパンナ, 中国. 2012 年
3 月

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

酒井 章子 (SAKAI SHOKO)

総合地球環境学研究所・研究部・准教授

研究者番号：30361306