

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 24 年 4 月 25 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580065

研究課題名（和文）原始的な花粉媒介システムにおける花および果実の香り成分とその生態学的機能

研究課題名（英文） Flower odor in primitive pollination system and its ecological function.

研究代表者

塚田 森生（TSUKADA MORIO）

三重大学・大学院生物資源学研究科・准教授

研究者番号：20273352

研究成果の概要（和文）：

アテモヤとチェリモヤの花の香り成分を GC/MS で分析し、また半導体センサで花香量の経時変化を測定した。チェリモヤの♀花と♂花いずれでも香りの主要な成分は各種カルボン酸エステルであったが、構成比は雌雄で異なっていた。また、アテモヤでもほぼ同様であった。これらは通常は果実の香りに多く、チェリモヤ等の花は化学的に果実に擬態して果実食性の昆虫を誘引していると考えられた。花香の量には一つの花につき通常 2 回、ピークが存在した。このように花香の量を経時的に変化させることで昆虫を効率よく利用できると考えられた。

研究成果の概要（英文）：

Flower odors of cherimoya and atemoya were investigated. These fruit trees are known to be pollinated by fruit-eating nitidulid beetles. GC and GC/MS revealed that most of the floral odor were esters. As esters are main components of fruits odor, it was suggested that *Annona* spp. flowers mimic fruits chemically to attract frugivorous nitidulid beetles as pollinators. A semiconductor gas sensor was used to clarify temporal change of odor intensity. In cherimoya, two peaks were found in the evening of female stage and male stage. In atemoya, peaks were found in the morning and evening, suggesting 12h cycle of floral activity.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：昆虫生態学

科研費の分科・細目：農学・応用昆虫学

キーワード：昆虫利用・機能開発・花粉媒介・甲虫・果樹

1. 研究開始当初の背景

自家不和合性や雌雄異株性などのために放任受粉による結実が難しい農作物では、人工

受粉や花粉媒介昆虫の導入などが行われる。そして、花粉媒介昆虫として実用化されているのはミツバチなどのハナバチ類である。し

かし、植物は種ごとに独自の進化的背景を持ち、本来の花粉媒介昆虫もまた植物ごとに多様である。

被子植物が適応放散を遂げたより前にはハナバチ類はごく僅かしか存在せず、原始的な植物では、現在でもハナバチの訪花が見られない。このような植物としては、モクレン目バンレイシ科 *Annona* 属の果樹チェリモヤ・アテモヤなどがある。

これをふまえ、ハナバチの働かない有用植物について、進化の歴史をよく理解し、植物と昆虫の生物学的特性を解明することでその生産性の向上に資することが申請者の大きな研究目標である。

これまで申請者は、チェリモヤやアテモヤの訪花者を野外で調査し、有効な花粉媒介者の多くはケンキスイ類と考えられること、それらは基本的には果実食性であることなどを明らかにしてきた。これらのことから、チェリモヤなどの花は果実に似た香りを出して果実食性の昆虫をだまして誘引し、花粉媒介に利用しているものと考えた。

2. 研究の目的

これまでの研究により、訪花昆虫の群集構成および行動制御に関して、花の香りが極めて重要な働きをなしていることが分かってきた。しかし、これまでの研究は生態学的な側面からのものにとどまり、化学分析をするには至っていない。そこで、チェリモヤおよびアテモヤの花香成分および果実の香気成分を、ガスクロマトグラフィー (GC-MS) を用いて解明し、花香が果実の香りに類似していることを定性的に確認することが本研究の第一の目的である。

第二の目的は、雌性先熟のこれらの花の花香成分の経時的な変化を定量的に解析することである。

これらにより得られたデータに、これまで蓄積した訪花者および果実食者に関する知見を統合して、群集構成、訪花行動の化学的裏付けをとることが本研究全体としての課題である。

3. 研究の方法

助成期間中に何度か、国際農林水産業研究センター(石垣市)の圃場、京都大学農学部のガラス室、三重大学生物資源学部の温室、三重県農業研究部紀南果樹研究室の温室で、チェリモヤおよびアテモヤの花香を採取した。花を切り取って花香を採取すると甲虫に対して忌避作用のある香りが出ることがわかっているため、花は樹に付けたままとし、刺激しないように注意しながらビニール袋をかぶせ、空気が流れるように2か所開口部を設け、一か所に吸着材 Tenax (テナックス)

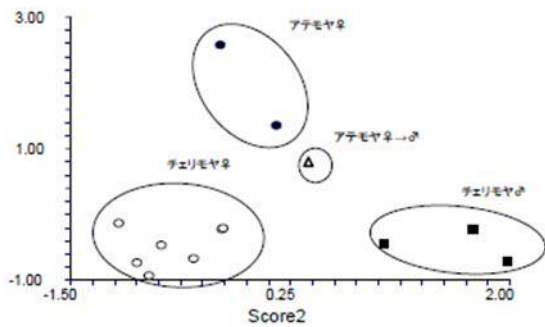
を入れたたガラス製の吸着管を差し込み、エアポンプで空気を引いて強制的に花香を含んだ空気が吸着管内を流れるようにした。これ以外の花香採集法も試したが、うまくいかなかったのでここには記さない。

花香の経時的な変化を、半導体センサーを用いて計測して明らかにした。チェリモヤおよびアテモヤの花を、開花前から観察し、オスステージ終了まで1時間に一度、相対的な香りの強さを測定した。

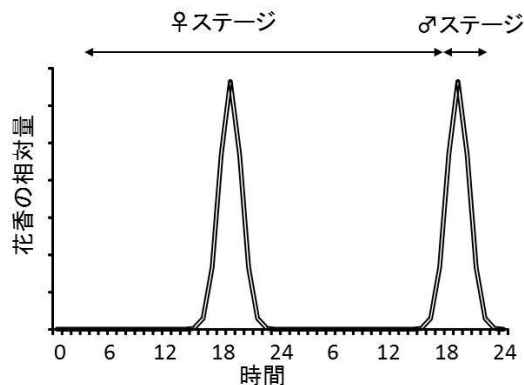
4. 研究成果

チェリモヤ、アテモヤとも、また、メスステージ、オスステージとも、花香の主要な成分はエステルであった。特に、エチルブタノエート、エチルヘキサノエート、プロピルアセテートが多くみられた。ただし、これらを含め、各要素の相対的な割合はチェリモヤとアテモヤ、雌雄のステージで異なっていたほか、特定の成分がみられないような種、ステージも見られた。例えば、エチルヘキサノエートはチェリモヤでは雌雄ともに最も多い成分であったが、アテモヤでは一番多い成分はエチルブタノエートであり(アテモヤに関してはメスステージの花のみデータが得られた)、2番目に多いのはチェリモヤのメスではエチルブタノエート、オスではエチルオクタノエート、アテモヤのメスではプロピルアセテートとなった。この結果、香り成分を主成分分析にかけると下図のようにそれぞれを分離することができ、香りの質が異なっていると結論付けられた。

また、本研究の計画当初予定していた、果実の香りに関しては、うまく香りが採取できなかったが、文献から得たチェリモヤ、アテモヤを含む各種果実の香気、および各種の花の香気を今回得られた花の香気とまとめて主成分分析にかけたところ、ほぼエステルのみから構成されるチェリモヤ等の花の香気は、他の花の香りが構成するグループではなく、果実の香りのグループに入った。これは、一般的な果実の香りの主な構成成分もやはりエステルであるのに対し、花の香りは多くの場合、アルコールやアルデヒド、炭化水素、テルペン等からなるためである。しかも、チェリモヤやアテモヤの果実の香りと花の香りは類似しており、これらの植物では花は化学的に特に自らの果実に擬態して果実食性の昆虫を欺いて誘引し、花粉媒介に使っているらしいことが強く示唆された。これは、以前の研究により同じ場所ではチェリモヤ等の訪花昆虫群集は・チェリモヤ等の果実に飛来する昆虫群集とよく類似していたという結果ともよく一致していた。



半導体センサーによる花香の定量的変化の調査の結果を GC のエリア値の経時変化と照らし合わせるとほぼ一致し、センサーはチェリモヤ等の花香の定量化に十分使えることが確かめられた。そのうえで、チェリモヤでは下の概念図の通り、メスステージとオスステージのそれぞれ夕方から夜にかけての時間帯に花香の量のピークがあり、それ以外の時間にはほとんどあるいはまったく花香の放出がみられないことが明らかとなった。メスステージの花が機能している時間は長い、オスステージの花が機能している時間は短い。いっぽう、花香の放出される時間の長さは2回ともほぼ変わらなかった。2回目のピークはメスステージからオスステージに変わる前に始まり、オスステージになってしばらくしてから終息した。つまり、オスステージになってしばらくは花香は強い状態である。



花粉媒介者の一つであるクリイロデオキシの日周活動を予備的に調べたところ、薄明薄暮によく活動し、またやや夜行性であることが示唆されており、また日中は不活発で狭い場所に潜り込む習性があるようである。チェリモヤの花はこのようなケシキスイの日周活動に合わせて、虫が活動的な時に花香を効率よく放出して誘引していることが強く示唆された。

一方、アテモヤでは朝と夕方に花香放出の

ピークが存在するため、花の寿命の中で3回以上花香のピークが存在することがあった。その最後のピークは花がオスに変わるタイミングと合致する。ただし、アテモヤの花が♀から♂に代わるために要する時間はチェリモヤと違って安定しておらず、12時間程度であることもあり、必ずしもピークが3回以上あるわけではない。また、アテモヤはチェリモヤと近縁種バンレイシの雑種であり、自然選択によってこのような形質が生じているとは考えにくいことから、その意味を考察することはできない。ただし、アテモヤ果樹園では人工授粉がなくても結実することはあり、花粉媒介者はこのような花香放出パターンに対して有効に機能することがあると思われる。じっさい、ケシキスイは朝と夕の一日二回活動的になることから、アテモヤの花香放出のタイミングは訪花者の活動とよく合致しているといえる。アテモヤの雑種親の一つであるバンレイシの花香の放出やオスステージへの変化が朝生じるのであれば、チェリモヤとの雑種であるアテモヤが両者の形質を併せ持つ形で朝と夕に花香の放出をすることが理解しやすい。これについては今後の調査等で確かめる必要がある。

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)

[学会発表] (計 6 件)

- ① 今井良輔・塚田森生 (2012年3月29日) クリイロデオキシの日周活動. 第56回日本応用動物昆虫学会大会 近畿大学農学部
- ② 長澤恵介・秋野順治・塚田森生 (2012年3月29日) *Annona* 属の甲虫媒花の香気の経時変化と成分. 第56回日本応用動物昆虫学会大会 近畿大学農学部
- ③ 長澤恵介・今井良輔・塚田森生・秋野順治 (2012年3月3日) 果樹チェリモヤおよびアテモヤの花香の放出と花粉媒介者の概日リズム. 第157回日本昆虫学会・第94回日本応用動物昆虫学会合同東海支部会講演会 名城大学
- ④ 加藤啓佑・塚田森生 (2011年3月5日) アテモヤの訪花昆虫と果実食昆虫の群集の比較. 第154回日本昆虫学会・第91回日本応用動物昆虫学会合同東海支部会講演会 静岡大学
- ⑤ 長澤恵介・秋野順治・塚田森生 (2010年9月19日) 甲虫を誘引する *Annona* 属の花の香気成分とその時間的变化. 日本昆虫学会第70回大会 山形大学農学部
- ⑥ 長澤恵介・塚田森生 (2010年2月27日) 甲虫を誘引する *Annona* 属の花の香気成

分とその時間的变化. 第 153 回日本昆虫
学会・第 90 回日本応用動物昆虫学会合同
東海支部会講演会 三重大学生物資源学
部

6. 研究組織

(1) 研究代表者

塚田 森生 (TSUKADA MORIO)
三重大学・大学院生物資源学研究科・准教
授
研究者番号：20273352

(2) 研究分担者

秋野 順治 (AKINO TOSHIHARU)
京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・准教
授
研究者番号：40414875

(3) 連携研究者

樋口 浩和 (HIGUCHI HIROKAZU)
京都大学・農学研究科・准教授
研究者番号：50303871