

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 20 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18607

研究課題名(和文) 我先に送粉者を呼ぶ雄花・雄花に立ち寄った送粉者を呼び止める雌花

研究課題名(英文) Female flowers to hail a pollinator who dropped in male-male called the pollinators and striving to be first

研究代表者

辻 かおる (TSUJI, KAORU)

京都大学・生態学研究センター・研究員

研究者番号：40645280

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、(1)花形質の雌雄差の解明の研究を雌雄異株植物ヒサカキを用いて行い、匂いと蜜成分について新知見を得た。また、(2)送粉者の観察と行動実験から、送粉者の反応が雌雄の花で異なることが明らかになった。具体的には、匂いの主成分のイオン強度(匂いの強さ)に有意な雌雄差はなかったが、微量成分は雄花で多く放出されていた。一方、花蜜に含まれる糖の主成分の濃度は雌花で有意に高かった。さらに、送粉者を用いた行動実験では、送粉者の花での滞在時間は雄花より雌花で長くなっていた。これらの結果から、花の雌雄差とそれに対応する送粉者の行動が新たに明らかになった。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated (1) whether there were sexual differences in floral traits of a dioecious plant, *Eurya japonica* including scent and nectar components, and (2) whether pollinators differently responded to different floral sexes. For floral scent, we did not detect significant difference in ion intensities (i.e., net amount of components) of a main component, α -pinene, but that of a minor component, β -terpinolene was higher in male flowers. For nectar component, concentration of a main component, sucrose was higher in female flowers. Pollinators spent longer time on female flowers than male flowers. From these measurements and experiments, we revealed that several floral traits of *E. japonica* had sexual differences and that pollinators behaved differently on male versus female flowers.

研究分野：生態学

キーワード：ヒサカキ 花形質 送粉者 雌雄差 双翅目

1. 研究開始当初の背景

花形質は雌雄の繁殖成功を通し進化する。これまで、雄は送粉者を誘引するほど適応度が上がるため、雌より送粉者の誘引に適した形質を進化させると考えられてきた(送粉者を介した間接的性選択)。しかし、応募者の研究により、雌雄どちらの花も送粉者の誘引に適した形質を進化させていること、また、その形質が雌雄で異なる場合があることが明らかになった。

雌雄異株木本ヒサカキの雌花は雄花より、糖度の高い花蜜を生産する。一方、雄花はより大きな花をつける。主な送粉者は双翅目(以下ハエ)で、花期には、花に定位し採餌しつつ、木の周りを飛び回っている。雌木では、結実率に花粉制限は見られないが、結種子率には花粉制限がある。これは、雌花に初めて訪れるハエの数は十分であるが、柱頭に付着する花粉数が不足していることを意味している。つまり、雌花はハエにより長く滞在、もしくは、同じ花に何度も定位してもらう必要があることを示唆している。

雌花は花蜜生産を高めることで、ハエの木周辺への定着をもたらし、繁殖成功を高めている可能性が考えられる。一方、雄花の大きい花弁は、遠くの送粉者を誘引するのに効果的である可能性がある。また、これまでに明らかにされていなかった、匂いなどの花形質が送粉者の誘因に重要な役割を果たしている可能性もある。

そこで、これまで明らかになっている、花弁サイズ、花蜜以外に、匂いの雌雄差を解明し、その形質が送粉者のどの行動を誘発するのかを明らかにし、また、蜜成分の同定を行い、各分量の雌雄差を解明する必要がある。

2. 研究の目的

応募者の研究により、送粉者を誘引する花形質が雌雄で異なることが明らかになっている。これら雌雄差は、送粉者の行動と強く結びついていると予想される。そこで、「雄花は送粉者を我先にと誘引する花形質を進化させ、雌花は雄花に立ち寄った送粉者を呼び止める形質を進化させている」という仮説を着想し、これを検証する。

3. 研究の方法

(1) 雌雄の花での匂いの比較(匂いの捕集と成分の同定)

ヒサカキの花は、直径数ミリの花が枝から直接出ており、花序は作らない。この形状にあわせ、花から出ている匂いを検討するため、葉と花のついている枝、および、花のついていない葉だけの枝から匂いを捕集した。また、バックグラウンドノイズを知るため、空気の捕集も行った。匂い捕集には、ツイスターとテナックスを用いた。捕集は和歌山古座川町にある調査地で、7本の雄木と、8本の雌木を対象に行った。

匂いの分析にはGC-MSを用いた。バックグラウンドノイズよりも、イオン強度(匂いの強さ)が大きい物質を、植物から出ている匂いとみなし、その成分をデータベースに参照し、同定した。

最後に、同定した成分について、雌雄の花でイオン強度の比較を行った。この比較には、ツイスターで捕集した匂いのデータではなく、より定量性が高いと考えられているテナックスにより捕集した匂いのデータを用いた。

(2) 花蜜採集と花蜜成分の同定

和歌山県の調査地において、キャピラリーを用い、11本の雄木と7本の雌木から花の蜜を採集し、-20度で冷凍保存した。後日、HPLCを用いて、蜜に含まれる糖類の濃度を測定した。標品として、フルコース、グルコース、スクロース、マルトース、トレハロース、メレジトースの6種の糖類を用いた。

(3) 2種の送粉者(ハエ)を用いた行動実験

ヒサカキの花に対する送粉者の行動を知るため、ヒロズキンバエ50頭、センチクバエ40頭を用いて、水槽を用いた行動実験を行った。水槽の両端に雄花と雌花のついたヒサカキの枝を設置し、中央から飛び立ったハエの行動を観察した。観察は直接観察と、ビデオ撮影を用いた観察の双方を行った。この観察結果をもとに、ハエの訪花頻度、滞在時間が、雌雄の花で異なっているのかを比較した。

(4) 野外でのヒサカキの送粉者数の推定

ヒサカキの花を訪れる送粉者数を推定するため、粘着トラップを花の周辺に設置し、トラップされた送粉者を採集し、その数を数え

た。採集した送粉性昆虫は99%エタノールで保存し、後日同定した。この調査は匂い捕集を行ったヒサカキ個体を対象に行った（雄木7本、雌木8本）。

4. 研究成果

(1) ヒサカキの花の匂い成分

ヒサカキから出ている匂いとして、15成分が検出された（図1）（ジメチルトリスルフィド、トリサイクリン、 α -アルファピネン、カンフェン、ミルセン、ジメチルトリスルフィド、 β -ピネン、フェランドレン、 γ -テルピネン、シス-オシメン、 δ -テルピネン、 ϵ -テルピネン、アロオシメン、ピノカルボン、ベルベノン）。また、これら15成分のイオン強度は、葉だけをつけた枝より、花と葉がついた枝で有意に高かったため、主に花から出ている匂いであると考えられる。中でも、ジメチルトリスルフィド、ミルセン、フェランドレン、シス-オシメン、 δ -テルピネン、 ϵ -テルピネン、シス-オシメン、 δ -テルピネン、 ϵ -テルピネン、アロオシメン、ピノカルボン、ベルベノンの9成分は、葉だけをつけた枝からは検出されなかった。

花の匂い成分の中には、ジメチルトリスルフィド、ジメチルトリスルフィドという、硫黄成分を含み臭気を持つ物質が含まれていることが分かった。その物質は、クロバエやイエバエなど腐食性の双翅目が産卵場所を選ぶ際に定位に用いていると考えられ、またこれら双翅目が送粉を行う花の匂い成分の特徴と言われている。この物質が検出されたことは、ヒサカキの送粉者がこれらのハエを含む双翅目であるという観察結果を支持すると考えられる。

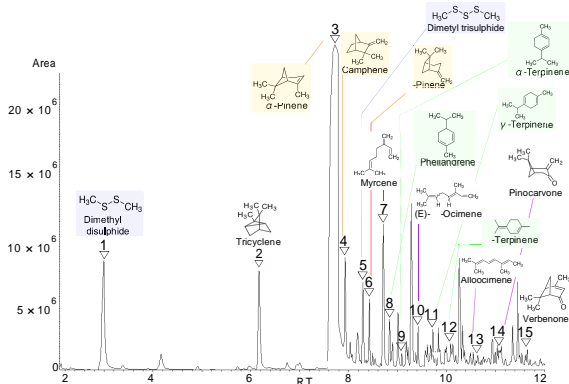


図1 ヒサカキの花の匂いのクロマトグラム

花から検出された15成分のイオン強度を雌雄のヒサカキ個体間で比較したが、スルフィド類や、主成分の β -ピネンのイオン強度（匂いの強さ）に有意な違いは見られなかった。しかし、微量成分の δ -テルピネンは雄花で有意に多く、 δ -テルピネンと ϵ -テルピネンは有意ではないが、雄花で多い傾向が見られた。

(2) 花蜜成分の雌雄差

ヒサカキの花蜜からは、スクロース、フルコース、グルコースの3成分が検出され、マルトース、トレハロース、メレジットースは検出されなかった。ヒサカキの花蜜で検出された3成分は、他の植物種の花蜜からも多く報告があり、ヒサカキの蜜の糖成分も一般的な傾向と一致すると考えられる。

ヒサカキの花蜜に含まれる3つの糖成分のうち、主成分はスクロースで、糖類の総濃度、スクロースの濃度は雄花より、雌花で高かった（図2）。

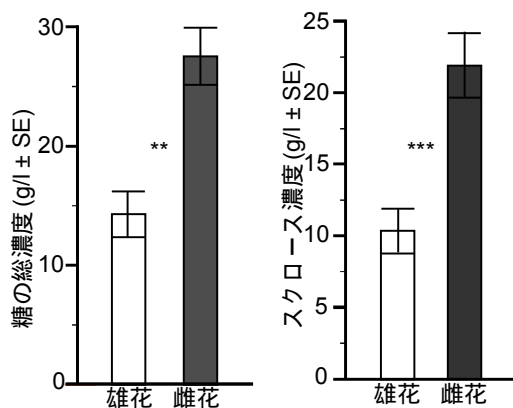


図2 ヒサカキ花蜜に含まれる、糖類の総濃度とスクロースの濃度

(3) 送粉者（ハエ）を用いた行動実験

2種のハエともに、雌雄の花で訪問花頻度に違いは見られなかったが、滞在時間は雄花より雌花で長かった。雌花は雄花より糖度の高い花蜜を持っているため、雌花での滞在時間が長くなったと考えられる。

(4) 野外での送粉者数の推定

送粉者として、多種の昆虫が観察され、その内のほとんどは双翅目昆虫で、双翅目の中でも半数近くはクロバエ科やイエバエ科、ヤド

リバ工科、オドリバ工科など複数の科を含む短角亜目（ハエ）であった（図3）。また、少数ながらも、ハナバチやベッコウバチを含む膜翅目も観察された。



Smorhina obsoleta Chloropoidea

図3．ヒサカキの花を訪れた単角亜目

(5) 送粉者数と匂いの関係

雌花より雄花でイオン強度が高かったテルピネン類は、複数の送粉者の数と有意に相関していた。このことから、微量成分ではあるが、これらテルピネン類は送粉者の誘引に寄与していると考えられる。

多数派であった、双翅目短角亜目（ハエ）の数は、スルフィド類や、主成分の α -ピネンのイオン強度と有意な相関がみられなかった。一方、少数派である膜翅目の個体数は、イオン強度と有意な正の相関が見られた。また、興味深いことに、送粉者の数と匂い関係は、ヒサカキの雄花と雌花で有意に異なることが示され、これは送粉者が匂いを用いて雄花と雌花を識別していることを示唆している。

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 2 件)

発表者：辻 かつお

発表表題：ヒサカキの花の匂いと訪花者
学会名：日本生態学会第64回全国大会
発表年月日：2017年3月16日
発表場所：早稲田大学（東京）

発表者：Tsuji K.

発表表題：Floral scent and flower visitors on a dioecious fly-pollinated shrub, *Eurya japonica*.
学会名：Ecological Society of America, 101th Annual Meeting.
発表年月日：2016年8月8日

発表場所：Ft Lauderdale.(アメリカ合衆国)

6．研究組織

(1)研究代表者

辻 かつお (TSUJI Kaoru)

京都大学・生態学研究センター・研究員
研究者番号：40645280

(4)研究協力者

小澤 理香 (OZAWA Rika)

京都大学・生態学研究センター・研究員

高林 純示 (TAKABAYASHI Junji)

京都大学・生態学研究センター・教授