

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：32612

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K20575

研究課題名(和文) マルハナバチが植物に与える開花促進物質の探索および作用機構の解明

研究課題名(英文) Exploration of flowering-promoting substances in bumblebees and elucidation of their mechanisms

研究代表者

森 信之介 (Mori, Shinnosuke)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・助教(有期)

研究者番号：10912404

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：セイヨウオオマルハナバチは未開花植物の葉に口器を使って穴を開ける。この行動によって、開花が早まることが知られている。本研究では、ハチが葉に開花促進物質を与えているという仮説の検証と開花促進機構の解明を目的とした。国内在来種のクロマルハナバチの行動を観察したところ、傷害行動はみられなかった。しかしシロイヌナズナにクロマルハナバチ抽出物を投与すると、開花促進活性が認められ、開花促進因子をもつことが示唆された。各体節の抽出物で活性を調べると、活性は胸部のみに認められた。胸部にはセイヨウミツバチと同様の胸部唾液腺が含まれることが明らかになり、活性物質は唾液腺に由来するのではないかと推定された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究における試験はハチの体内に植物の開花を促進する化学物質が存在することを示唆した。今後、この開花制御物質を特定できれば、植物生理学的な面からの開花制御メカニズムの研究などにもつながるであろう。また、開花制御の仕組みを理解することで、鑑賞用花卉の安定供給や果実収量の向上など農業上にも多大な貢献が期待できる。

研究成果の概要(英文)：The buff-tailed bumblebee (*Bombus terrestris*) punctures the leaves of unbloomed plants using their mouthparts, which accelerates flowering. In this study, we tested the hypothesis that bees provide flower-promoting substances to leaves. In a flight-cage, the fiery-tailed bumblebee (*Bombus ignitus*), a species native to Japan, showed no puncturing behavior. However, the extract of *B. ignitus* had a flower-promoting activity when infiltrated to the leaves of *Arabidopsis thaliana*. This suggests that chemical factors are responsible for the flowering-promoting phenomenon. When extracts of each body segment (head, thorax, abdomen) were infiltrated to the leaves, the activity was found only in the thorax. Anatomical observations revealed that there was a thoracic salivary gland in the thorax, as exemplified in the western honey bee (*Apis mellifera*), suggesting that the active substance may be derived from the salivary glands.

研究分野：化学生態学

キーワード：マルハナバチ シロイヌナズナ 開花促進 唾液腺

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

セイヨウオオマルハナバチ (*Bombus terrestris*) は、花を訪問して花粉と花蜜を収集する。これらは働き蜂ならびに幼虫にとっての重要な栄養源である。周囲に花が不足した際に、セイヨウマルハナバチが口器を用いて葉に穴を開けるという行動が近年になって観測され、穴開け行動によって開花が促進されることが報告された¹。トマトとクロガラシにおいて、マルハナバチが穴を開けた個体では有意に早い開花が認められている。この先行研究において、葉に人為的に穴を開けた個体では、無処理群と開花日数がほとんど変化していないことから、マルハナバチが穴開け行動の際に、開花促進物質を含む分泌物を植物に与えているのではないかと考えた。社会性昆虫であるマルハナバチは、コロニーを維持するためにも食料源を確保する必要があり、そのために植物の開花を制御しているのではないかと推察される。

2. 研究の目的

本研究では、マルハナバチがもつ開花促進物質の単離・構造決定および開花促進メカニズムの解明を目指し、(1)国内在来種であるクロマルハナバチ (*B. ignitus*) がセイヨウオオマルハナバチと同様の傷害行動によって開花を促進するのかを行動実験によって調べるとともに、(2)開花促進活性評価系の確立、(3)開花促進現象が化学物質に起因するという仮説の検証、(4)開花促進物質の由来の調査をおこなった。

3. 研究の方法

(1) クロマルハナバチを用いた行動実験

クロマルハナバチが自由に花から採餌できないようにフライトケージ内で飼育し、人工花蜜のみを与えて、花粉に対する飢餓状態を作った。その後、未開花の被験植物として、セイヨウオオマルハナバチの傷害行動対象として報告されているトマト¹ならびにモデル植物であるシロイヌナズナをケージ内で提示した。クロマルハナバチが葉に穴開け行動をとるか、複数コロニーを用いて観察した。

(2) 開花促進活性評価系の確立

(3) 開花促進現象が化学物質に起因するという仮説の検証

被験植物には、栽培と活性試験の容易さから、シロイヌナズナを使用した。成長度を揃えたシロイヌナズナの葉に、セイヨウオオマルハナバチから得られた抽出物をシリンジインフィルトレーション法によって吸収させ、その後の開花に要する日数を調べた。クロマルハナバチでも同様の試験をおこなった。

(4) 開花促進物質の由来の調査

クロマルハナバチを頭部・胸部・腹部と体節ごとに分離し、それぞれの抽出物を得た。(2)で確立した試験法により、体節ごとの活性の違いを調べた。また、各体節の解剖観察により活性物質の由来を調査した。

4．研究成果

(1) クロマルハナバチを用いた行動実験

先行研究ではセイヨウオオマルハナバチ以外の複数種のマルハナバチについて、同様の傷害行動を観察しており、マルハナバチに広く共通する行動特性であると予想していたが、いずれのコロニーにおいても、外勤蜂が葉に降り立つことはあっても傷害行動はなかった。クロマルハナバチには行動特性として共通していない、あるいは巣内における食料貯蔵量や育児状況に応じた行動なのかもしれない。

(2) 開花促進活性評価系の確立

(3) 開花促進現象が化学物質に起因するという仮説の検証

シリンジインフィルトレーション法によってセイヨウオオマルハナバチの抽出物を投与したシロイヌナズナでは、溶媒のみを投与した対象区に比べ、有意な開花促進活性が認められた。その活性は用量依存的に高くなったが、投与量が一定を超えると逆に開花が遅くなる傾向を示した。このことは、開花促進現象がマルハナバチ由来の化学物質に起因していること、またシロイヌナズナにシリンジインフィルトレーション法で投与する方法が評価系として機能することを示す。

クロマルハナバチの抽出物を用いた活性試験でも、セイヨウオオマルハナバチと同様の結果が得られ、セイヨウオオマルハナバチとクロマルハナバチが共通の開花促進物質を有していると考えられた。また、この結果は、活性物質がトマトやクロガラシ以外の植物でも有効であることを示している。

(4) 開花促進物質の由来の調査

クロマルハナバチの体節ごとの活性を調べた結果、胸部のみが活性を示し、頭部と腹部には活性が認められなかった。このことから、活性物質は胸部に由来すると結論した。クロマルハナバチの胸部を解剖し、内部形態を観察した結果、飛翔筋、食道、胸部唾液腺を含むことが明らかになった。セイヨウミツバチ (*Apis mellifera*) では頭部唾液腺と胸部唾液腺が存在することが知られているが²、それらの機能や、唾液腺がふたつ存在する意義は、あまり分かっていない。

以上の結果は、ハチの唾液腺の機能、マルハナバチがもつ開花促進物質、ならびにその開花促進メカニズムの解明につながる重要な知見である。

引用文献

1. Paschalidou et al. (2020) Bumble bees damage plant leaves and accelerate flower production when pollen is scarce. *Science* 368, 881–884.
2. Schönitzer K & Seifert P (1990) Anatomy and ultrastructure of the salivary gland in the thorax of the honeybee worker, *Apis mellifera* (Insecta, Hymenoptera). *Zoomorphology* 109, 211–222.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森信之介、水元ひとみ、遠藤碧、光畑雅宏、犀川陽子
2. 発表標題 マルハナバチ由来の開花促進物質の探索
3. 学会等名 第67回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------