

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：82107

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24780049

研究課題名(和文) 寄生蜂の餌探索における情報利用の化学生態学的解析

研究課題名(英文) Use of volatile info-chemicals by food-searching parasitoid, *Cotesia vestalis*

研究代表者

釘宮 聡一 (KUGIMIYA, Soichi)

国立研究開発法人 農業環境技術研究所・生物多様性研究領域・主任研究員

研究者番号：10455264

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：寄生蜂コナガサムライコマユバチは、アブラナ科植物の重要害虫であるコナガの幼虫に寄生する。本寄生蜂が寄主探索で利用するキューとしてコナガ食害時に誘導される植物揮発性成分が報告されているが、本研究で新たに餌探索に利用するキューとして花香に由来する複数の芳香族化合物とテルペン類を明らかにした。その上で、本寄生蜂は自らの空腹状態に応じて、探索キューを適切に使い分けて寄主と餌を探索していることを証明した。これらを通して、生物間相互作用における花の生態学的役割について新たな知見を得た。また、本成果から新たな害虫管理技術の開発に繋がると期待される。

研究成果の概要(英文)：The parasitic wasp, *Cotesia vestalis*, oviposits on larvae of the diamondback moth, *Plutella xylostella*, a pest of Brassicaceae plants. It has been known that the female parasitoids search for host larvae through volatile compounds released from host-infested plants. In this research, aromatic and terpenoid compounds from flowers were newly elucidated as cues for the parasitoids to search for floral food. And, it was demonstrated that the females can use different cues to search for food and hosts depending on their dietary status. These results have provided us new information on ecological role of flowers in biological interactions, and such information would be helpful in designing effective pest management systems using natural enemy wasps.

研究分野：化学生態学

キーワード：コナガサムライコマユバチ アブラナ科植物 花香 テルペン 芳香族化合物 揮発性成分 情報化学
物質 植物 - 昆虫間相互作用

1. 研究開始当初の背景

(1) 多くの植物は、植食性昆虫に食害されると健全な状態とは異なる組成の「匂い(揮発性成分)」を放出する。植食性昆虫の天敵である寄生蜂の雌は、このような植食者誘導性植物揮発性成分(Herbivore-induced plant volatiles: HIPVs)を手掛かりのひとつとして用い、寄主となる植食性昆虫を探索していることが知られている。寄生蜂コナガサムライコマユバチは、アブラナ科植物の重要害虫であるコナガの幼虫に寄生する。本寄生蜂の雌もまた、寄主であるコナガ幼虫に食害されているアブラナ科植物の匂いを用いて寄主を発見・産卵するが、その際に雌が手掛かりとして利用しているHIPVsの成分が明らかになっている。

(2) 一方で、寄生蜂の雌による揮発成分等の化学情報の利用は、雌自身の生理状態によって左右されることも明らかになってきた。すなわち、満腹時の雌がHIPVsを好むのに対し、空腹時の雌ではHIPVsに対する選好性が減少し、花香に対する選好性が増すことが判明した。花へ定位した空腹雌の多くは花蜜を吸う行動を示し、その後、これを餌に生存できることが確認されたことから、花への定位行動は餌探索によるものと理解できる。しかし、本寄生蜂の雌が好む花香に含まれる揮発性成分の正体については不明である。

(3) そこで、寄生蜂の雌が空腹時に好む花香成分を解明できれば、寄主探索や餌探索の過程で“どの成分”を“いかに”使い分けしているのかについて新しい知見が得られる。また、HIPVsや花香成分のような情報化学物質を介した植物-植食性昆虫-寄生蜂の間の相互作用に関してより深く理解できる。これらを通して、情報化学物質を活用して寄生蜂の行動を制御することにより被害を低減するような新たな害虫管理技術の開発に繋がると期待される。

2. 研究の目的

アブラナ科植物-コナガ(植食性昆虫)-コナガサムライコマユバチ(寄生蜂)三者間の相互作用モデルにおいて、以下のテーマに取り組み。

(1) 寄生蜂の探索キューの解明【物質同定】

まず、アブラナ科植物の花香成分を捕集し、化学分析でその組成を明らかにする。次に、行動試験によって空腹時の寄生蜂の雌が好む花香成分を特定する。

(2) 寄生蜂の寄主および餌の探索における情報利用の可塑性の解析【行動解析】

寄主探索のキューであるHIPVsや餌探索のキューである花香成分が同時、或いは個別に存在する条件下において、空腹状態に依じて寄生蜂がそれらの化学情報を適切に使い

分けて寄主や餌を探索できるかどうかについて、標準物質等を用いた行動試験によって検証する。

(3) 植物への食害ストレスが花香の組成に与える影響と、それへの昆虫の反応の解析【花を介した植物-昆虫間の複雑な相互作用の解析】

花香に植食性昆虫の天敵である寄生蜂が誘引されるのならば、植物側がそれを防衛のために積極的に利用することも考えられる。そこで、花香成分の化学組成も、植物体から放出されるHIPVsのように、コナガ食害が引き金となって誘導的に変化するのかどうかを化学分析で解析する。また、その場合に寄生蜂の定位行動にも影響を与える可能性について調査する。一方で、寄生蜂の訪花(やその可能性)はコナガの行動へも影響を与えるかもしれない。相互作用を通して花が寄主に与える影響についても評価する。

3. 研究の方法

(1) 吸着担体としてTenax-TA[®]を充填した吸着管を用い、ダイナミック捕集法によってコマツナ及びイヌガラシの花序や植物体、花序を切除した植物体のヘッドスペースから揮発性成分を捕集し、そのまま加熱脱着装置を搭載したガスクロマトグラフ-質量分析計(GC-MS)へ導入して分析した。

(2) 捕集した揮発性成分を行動試験に供試するため、吸着管から成分をエーテルで再溶出してサンプル溶液を調整した。これを塗布した花のダミーを選択箱内の片側に設置し、反対側には溶媒(エーテル)のみを塗布したダミーを設置した。そこへ寄生蜂を放飼して定位行動を観察した。この選択試験によって、寄生蜂が最初にどちらのダミーに定位するのかを調査し、寄生蜂の選好性を評価した。

(3) 各揮発性成分に対する寄生蜂の選好性を評価するため、入手したそれぞれの標準物質をクエン酸トリエチルの溶液として徐放性を付与した上でダミーに塗布し、行動試験に供した。

(4) チャンバー内に開花前のコマツナ株を設置し、そこへ羽化後1日齢の交尾雌を導入して産卵させて翌日に回収した。その際、花序を水差しにして添えた場合と、添えない場合とで、コナガ成虫によるそれぞれの株上への産卵数を比較した。

4. 研究成果

(1) 空腹の寄生蜂はコマツナ花香のサンプル溶液を塗布したダミーに対して有意な選好性を示すことを確認した。また、ダミー上に蜜源が存在していないにも関わらず、表面を舐める行動が多く観察されたことから、花香成分が寄生蜂の餌探索から摂食にいたる

一連の行動に強い影響を及ぼすことが示唆された。また、この試験で用いた個体は過去に花香を経験したことが無く、従って、花香に対するこれらの反応は生得的なものであるといえる。

(2) 昼間の花香と夜間の花香を捕集して同様に試験すると、空腹の寄生蜂は昼間の花香に対して有意な選好性を示したが、夜間の花香に対して有意な選好性を示さなかった。

(3) コマツナ花香成分の放出動態を明らかにするため、花序から揮発性成分を経時的に捕集して GC-MS で分析したところ、多くのテルペン類や芳香族化合物群の放出量が昼間に増加していることが判明した。

(4) 各成分の標準物質を行動試験に供したところ、空腹の寄生蜂はテルペン類や芳香族化合物群に対して濃度依存的に反応した。一方、満腹の寄生蜂ではこれらに対する反応性が桁違いに低下した。以上のことから、これらの複数成分が餌探索キューになっていると考えられた。特に、昼間に放出量が際立って増加する芳香族化合物の2成分は花のみから放出されていて、それ以外の植物体からは検出されないことから、花に特徴的な餌探索キューであることが示唆された。そこで、既に明らかになっている HIPVs 成分と今回新たに明らかにした花香成分とをそれぞれダミーに塗布して同時に呈示したところ、空腹時の寄生蜂は花香成分を好んで定位するのに対し、満腹時には HIPVs 成分を好んで定位する結果が得られた。このことから、寄生蜂は自らの食餌条件に応じて適切に化学情報を使い分けて寄主や餌を探索できることが実験的に示された。

(5) アブラナ科の雑草であるイヌガラシから採取した花序を水差しにし、その花香成分を捕集して分析するとともに、花序を切り取った残りのロゼッタ葉についても、同様に揮発性成分を捕集・分析した。その結果、コマツナ花序と違って、イヌガラシ花序からは芳香族化合物が検出されず、ロゼッタ葉が放出する多様なテルペン化合物のうちの数成分のみを花が放出していた。しかしながら、バイオマス当たりに換算すると、それらの共通成分は、葉よりも花から多く放出されており、花の黄色による効果とともに、寄生蜂の花への誘引性を高めていると考えられる。

(6) イヌガラシから明らかになった花香成分についても、標準物質を用いて寄生蜂の選好性を評価したところ、空腹の雌はいずれの成分についても濃度依存的に選好性を示す傾向があった。一方、満腹の寄生蜂ではそうした選好性が明確には認められなかった。コマツナ花序の結果と合わせて考えると、本寄生蜂は様々な揮発性成分を情報として柔軟

に利用でき、それらが高濃度で存在する場合に餌源と結び付けて探索していることが示唆される。これらのことは害虫の天敵である寄生蜂の行動を制御する農業技術を開発する上で有用なヒントとなる。

(7) イヌガラシにおいて、コナガ食害株由来の花序と未被害株由来の花序とで化学分析によって検出される揮発性成分を比較したところ、両者の組成に顕著な違いは見出されなかった。しかし、花序を切除せずに株全体の揮発性成分を分析すると、未被害株よりも食害株で複数成分の放出量が多かった。

(8) イヌガラシを用いた行動試験では、開花した未被害株とこれにコナガで食害させた株(花あり食害株)とを同時に呈示した場合、満腹の寄生蜂は食害株へ好んで定位した。この花あり食害株と、その花序を切除した食害株(花なし食害株)とを同時に呈示した場合には、寄生蜂は顕著な選好性を示さなかった。この傾向は空腹の寄生蜂でも同様であった。従って、イヌガラシでは、コナガ食害で誘導される揮発性成分が寄生蜂を誘引する際に、花香はあまり寄与していないことが示唆された。

(9) 以上を踏まえ、農業の現場で害虫であるコナガを低密度に抑え続ける上では、圃場に本寄生蜂を誘引し定着させるため、コマツナ由来の花香成分と給餌による天敵維持システムの構築が有効であると考えられ、今後、その実証試験が求められる。

(8) コマツナの花の存在がコナガ成虫の産卵に及ぼす影響を調べた結果、花序を添えた株に対する産卵数は、花序を添えなかった対照株への産卵数の約6割にとどまることが明らかになった。花序には幼虫の天敵となる寄生蜂だけでなく、幼虫や卵を捕食する天敵も訪れることから、コナガの雌成虫が子孫の被食を回避するために花の近傍での産卵を抑制していることを示唆しており、このような結果は、世界的にも新規な知見であるといえる。

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)

〔雑誌論文〕(計2件)

Shimoda T, Mitsunaga T, Uefune M, Abe J, Kugimiya S, Nagasaka K, Sano K, Urano S, Suzuki Y, Yano E, Takabayashi J (2014) A food-supply device for maintaining *Cotesia vestalis*, a larval parasitoid of the diamondback moth *Plutella xylostera*, in greenhouse. *BioControl* 59: 681–688. (査読有り)
DOI: 10.1007/s10526-014-9611-x

Uefune M, Kugimiya S, Shimoda T, Takabayashi J (2013) Starvation and herbivore-induced plant volatiles affect the color preferences of parasitic wasps. *BioControl* 58: 187–193. (査読有り)
DOI: 10.1007/s10526-012-9483-x

[学会発表](計 10 件)

釘宮 聡一、下田 武志、安部 洋、コナガサムライコマユバチを誘引する花香成分がコナガの産卵に及ぼす影響、第 60 回日本応用動物昆虫学会大会、2016 年 3 月 28 日、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス

釘宮 聡一、下田 武志、安部 洋、花香成分を用いたコナガサムライコマユバチ誘引の試み、第 59 回日本応用動物昆虫学会大会、2015 年 3 月 27 日、山形大学小白川キャンパス

釘宮 聡一、下田 武志、花香由来のコナガサムライコマユバチ誘引成分を用いた野外試験、第 24 回天敵利用研究会、2014 年 12 月 1 日、福岡市都久志会館

釘宮 聡一、下田 武志、安部 洋、餌か寄主か - コナガサムライコマユバチは植物の匂いを使い分ける、第 58 回日本応用動物昆虫学会大会、2014 年 3 月 27 日、高知大学朝倉キャンパス

上船 雅義、浦野 知、下田 武志、釘宮 聡一、高林 純示、コナガ防除における天敵給餌装置の問題点と解決法、第 58 回日本応用動物昆虫学会大会、2014 年 3 月 27 日、高知大学朝倉キャンパス

Kugimiya S, Shimoda T, Abe H, Parasitoid wasp, *Cotesia vestalis*, can use different volatile cues to search for food and hosts, Gordon Research Conference 2014 on Plant Volatiles, 2014 年 1 月 30 日、Ventura (米国)

釘宮 聡一、下田 武志、コナガサムライコマユバチを誘引する花香成分について、第 23 回天敵利用研究会、2013 年 12 月 11 日、日光市鬼怒川温泉ホテル

釘宮 聡一、下田 武志、コナガサムライコマユバチ雌の餌探索キューについて、第 57 回日本応用動物昆虫学会大会、2013 年 3 月 28 日、日本大学湘南キャンパス

釘宮 聡一、下田 武志、コナガサムライコマユバチの餌探索における匂いと色への反応、第 22 回天敵利用研究会、2012 年 12 月 13 日、倉敷市立美術館講堂

Kugimiya S, Uefune M, Shimoda T, Flexible food-searching in the parasitic wasp, *Cotesia vestalis*, 24th International Congress of Entomology, 2012 年 8 月 20–22 日、大邱 (韓国)

[産業財産権]

出願状況 (計 1 件)

名称: 花の香り由来の天敵昆虫誘引成分およびその利用

発明者: 釘宮 聡一、下田 武志、高林 純示、安部 洋

権利者: 国立研究開発法人 農業環境技術研究所、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構、国立研究開発法人 理化学研究所

種類: 特許

番号: 特願 2013-205455

出願年月日: 2013 年 9 月 30 日

国内外の別: 国内

[その他]

釘宮 聡一、農環研ニュース、研究トピックス: 寄主の存在を匂いでかぎ分ける天敵寄生蜂、ホームページ等

http://www.niaes.affrc.go.jp/researcher/kugimiya_s.html【国立研究法人 農業環境技術研究所 研究者情報(釘宮 聡一)】

6. 研究組織

(1) 研究代表者

釘宮 聡一 (KUGIMIYA, Soichi)

国立研究開発法人 農業環境技術研究所・生物多様性研究領域・主任研究員

研究者番号: 1 0 4 5 5 2 6 4

(2) 研究協力者

下田 武志 (SHIMODA, Takeshi)

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業総合研究センター・病害虫研究領域・主任研究員

研究者番号: 2 0 3 7 0 5 1 2

安部 洋 (ABE, Hiroshi)

国立研究開発法人 理化学研究所・バイオリソースセンター・実験植物開発室・専任研究員

研究者番号: 9 0 3 6 0 4 7 9