

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07631

研究課題名(和文)捕食性天敵を誘引する花香成分の探索

研究課題名(英文)A search for floral volatiles that attract predatory insects

研究代表者

釘宮 聡一 (KUGIMIYA, Soichi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業研究センター・上級研究員

研究者番号：10455264

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：近年、農地周辺の植生管理により土着天敵を涵養することで害虫管理に成功する事例が増えている。本研究では、農地周辺に咲く様々な花の香気成分を化学分析することにより、分類学的に多様な植物種の花が共通の芳香族化合物 2 成分を多く放出していることを明らかにした。2 成分混合物を野外で試験したところ、捕獲数は多くないながら、ヒメハナカメムシ類やテントウムシ類、ヒラタアブ類等の捕食性天敵を誘引する傾向があった。これらの花香成分は天敵のモニタリングに利用できると期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アブラムシ類やアザミウマ類等の微小害虫は食害する作物の範囲が広く、薬剤抵抗性を発達させるため防除が困難である。本研究では、圃場周辺に咲く花の匂いの化学分析を通して、それらの天敵昆虫を誘引できる候補成分を洗い出し、野外の圃場でその効果を検証することを試みた。広い範囲の植物種に共通する花香成分のなかから、上記害虫を捕食するヒメハナカメムシ類やテントウムシ類、アブ類などの土着天敵を誘引する傾向がある複数成分を見出した。これらを用いて天敵の行動を制御する環境保全型害虫管理技術の開発が期待できる。今後さらに、花を巡る送粉者と天敵を加えた多者間の相互作用を化学の視点で捉え直す新たな研究の展開が期待される。

研究成果の概要(英文)：Recently, an increasing number of cases have succeeded in pest management by conserving vegetation to enhance natural enemies around farmland. In this study, it has been revealed by a chemical analysis of floral scents from various species of flowers blooming in and around farmland that many of them commonly released two aromatic compounds in large amounts. A field test has shown that, there were not many catches, but the mixture of the two compounds tend to attract natural predator insects, such as Orius stink bugs, ladybird beetles, and hoverflies. It is expected that these floral scent components can be used to monitor natural enemies.

研究分野：化学生態学

キーワード：揮発性物質 土着天敵 訪花昆虫 情報化学物質 環境保全型害虫管理 生態系サービス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 植食性昆虫に食害された植物は健全時と異なる組成の揮発性成分を放出する。植食性昆虫の天敵となる昆虫の多くは、こうした植食者誘導性植物揮発性物質 (Herbivore-induced plant volatiles: HIPVs) を手掛かりに餌となる昆虫を探索していることがここ数十年間に明らかとなってきた。アブラナ科害虫であるコナガの幼虫に産卵する天敵寄生蜂コナガサムライコマユバチの雌成虫もコナガが食害した植物の HIPVs を用いて寄主を探す。我々はこれまで、HIPVs を利用して寄生蜂を農地に呼び込むことで農薬使用を減らす低環境負荷の防除技術開発の研究に携わり、HIPVs の化学成分の解明と活用に取り組んできた。

(2) そうした一方で、本寄生蜂の雌は空腹になると HIPVs による寄主探索を控え、蜜源となるアブラナの花の匂いに誘引されることを見いだした。その匂いの化学分析により明らかとなった成分を用いて誘引剤を試作し、圃場で粘着トラップに添えて設置したところ、対照トラップより多く寄生蜂が捕獲された。さらに、アブラムシ類の捕食者であるヒメカメノコテントウの成虫までも多数捕獲された。つまり、花香成分には寄生性の天敵だけでなく捕食性の天敵をも誘引する効果がある可能性が示唆された。

(3) 近年、蜜源植物等の植生管理により農地周辺の天敵を涵養し、その働きを強化する試みが国内外で盛んに行われている。オーストラリアの Gurr 博士らのグループは、さらに HIPVs を組み合わせて農地に天敵を誘引し、蜜源を与えることで防除効果が向上すると述べている (Simpson et al., 2011)。しかし、花香成分それ自体の天敵昆虫を誘引する働きに注目して害虫管理に利用する研究例はなく、本課題でそれを試みることにした。

2. 研究の目的

本研究では、捕食性天敵の行動を制御する花香成分を解明し、それを活用して環境保全型害虫管理に資する新規技術の開発を目指す。そのため、アブラムシ類やアザミウマ類等の難防除微小害虫を主な餌とするテントウムシ類やヒメハナカメムシ類を捕食性天敵昆虫の実験モデルとし、化学分析と行動試験との両輪によって有効な成分を探索する。また、これらを通して植物 - 害虫 - 天敵 - 送粉者の複雑な相互関係を捉え直し、その文脈において「花の匂い」が果たす多面的な働きを追究する。そこで、以下の項目に取り組む。

(1) 農地に咲く花の香気成分プロファイルの解明【化学分析】

農地周辺に見られる様々な花について香気成分を化学分析し、花香成分プロファイルの情報を蓄積する。多くの花で共通する物質を天敵誘引成分の候補としてリストアップする。

(2) 天敵誘引成分の選抜【スクリーニング】

その中で有望な候補成分について、それらの標準品を室内で行動試験に供して天敵の誘引性を評価する。一方で、それらの成分が花蜜を利用する鱗翅目害虫の成虫を誘引して産卵を促す等のリスクがあることから、それについても検討する。

(3) 捕食性天敵に対する誘引剤の試作および試験【野外試験】

これらを踏まえて天敵誘引剤のプロトタイプを試作し、最終的に野外で天敵昆虫を誘引する効果等を評価する。

3. 研究の方法

(1) 農地やその周辺に咲く様々な花の匂いをパッシブ・サンプリング法により捕集した。即ち、野外で採集した花をすぐに実験室に持ち帰り、純水の入ったガラスバイアルに差して、その口との隙間をパラフィルムで覆った。これを密閉容器内に吸着剤 (MonoTrap® RGPS) とともに封入し、ヘッドスペースに放出された揮発性成分を捕集した (3 時間)。この吸着剤をそのまま加熱脱着装置へ導入し、これと連結したガスクロマトグラフ - 質量分析計 (GC-MS) で脱離した揮発性成分の分析を行った。尚、野外において花に袋をかけて成分を吸着捕集することも検討したが、捕集中に強風で花が折れたり、日中の袋内で結露したりすることが多く、正常な匂いの捕集が妨げられることから、採取した花から室内条件下で捕集することとした。

(2) 捕食性天敵のモデルとしてヒメカメノコテントウ及びツヤヒメハナカメムシを実験材料に用い、ガラス温室内 (25 ± 5) で操作実験を行った。花序を 5 mL 容のバイアルに水差しにして添えたコマツナのポット株と花序を添えない対照株をアクリル製チャンバー内 (45 × 60 × 50 cm) に設置し、そこへ各天敵の成虫を導入して双方に対する選好性を調べた。

(3) 小型ケージ (15 × 25 × 26 cm) 内であらかじめコナガの雌雄 1 組に産卵させたコマツナ株 (50-120 卵 / 株) を用意し、その雌雄を除いてから、ツヤヒメハナカメムシ雌成虫 1 頭を導入した。その 2 週間後にコナガの生存数をカウントし、ツヤヒメハナカメムシによる捕食の効果を調べた。

(4) 揮発性成分に対する天敵昆虫の選好性を評価するにあたって、成分に徐放性を付与するため各標準物質をクエン酸トリエチル (triethyl citrate: TEC) の溶液 [1000 mgL^{-1}] として調製し、この溶液 $100 \mu\text{L}$ をミニシャーレ (30 mm) 内に敷いたカバーガラス ($24 \times 24 \text{ mm}$) 上に載せた厚手のろ紙片 ($20 \times 20 \text{ mm}$, 約 1 mm 厚) に塗布した。これをガラス温室内 (25 ± 5) の行動試験により評価した。即ち、ろ紙片が載ったミニシャーレを添えたコマツナ株 (成分処理株) と無処理株をアクリル製チャンパー内 ($45 \times 60 \times 50 \text{ cm}$) の両端に設置し、そこへ天敵を導入して双方の株に対する選好性を調べた。

(5) 花香由来の天敵誘引成分は、例えば花蜜を利用する鱗翅目害虫をも誘引して、その幼虫による被害をもたらす恐れがあり (Karban 1997; Adler & Bronstein, 2004)、そのリスクを調べておく必要がある。小型ケージ ($15 \times 25 \times 26 \text{ cm}$) 内にコマツナ株を設置し、上と同様に、溶液を塗布したろ紙片が載ったミニシャーレを株元に添えた。そこへ羽化後 1 日齢のコナガ既交尾雌 1 頭を導入して産卵させて 24 時間後に回収した。一方、別の小型ケージにはろ紙片を添えない無処理株を設置し、既交尾雌に産卵させた。それぞれの株上に産まれたコナガ卵を計数・比較した。

(6) 野外のコマツナ圃場やキャベツ圃場にて、黄色粘着トラップ (黄色ホリバー: $10 \times 26 \text{ cm}$) を設置し、処理区には $100 \mu\text{L}$ の成分 A と 約 20 mg の成分 B をいずれも原液のまま塗布したろ紙片 ($20 \times 20 \text{ mm}$, 約 1 mm 厚) 2 枚を粘着トラップの両面上部に貼り付けた。無処理区の粘着トラップはそのままとし、双方に誘引・捕獲される昆虫を調べた。

4. 研究成果

(1) 農地や周辺に咲く約 180 種の花の匂いを吸着捕集し、それらの化学分析によって 1400 近くにおよぶ揮発性成分が検出された。特に芳香族化合物に注目すると、成分 A は 150 種以上の花から検出され、最も広く分布する成分のひとつであった。GC-MS 分析において、Electron Impact (EI) によるイオン化法では成分によってイオン化のしやすさが異なるため、トータルイオンクロマトグラム (TIC) のエリア面積でもって異なる成分の放出量を一概に比較することはできないものの、成分 A の放出量は多くの植物種の花において相当に多いことが推察された。また、炭素数がひとつ多い類縁化合物である成分 B の分布も比較的広く 80 種近い花から検出され、同様に放出量も多いと推察された。尚、昆虫食害や病気感染などのストレスにตอบสนองして誘導的に生産される揮発性の芳香族化合物の代表格であるサリチル酸メチル (MeSA) も、120 種以上の植物から無視できない量で検出された。このことから、切り花を材料に用いた本分析の検出成分には、同様のストレス応答で放出された成分が、質的・量的にある程度の割合で含まれている可能性があることに留意しておく必要がある。本研究では、最も広い種から検出されて放出量の多い成分 A と、その類縁化合物である成分 B に特に注目して、その効果を評価することにした。

(2) ヒメカメノコテントウは日中に獲物を探して両株上から離れていることが多かったが、日没頃になるとコマツナ花序を添えた株に対して選好性を示し、多くがその株上に留まる傾向があった。また、ツヤヒメハナカメムシも花序を添えた株に対して有意な選好性を示し、より多くの個体はその株上に滞在した。前述した通り、寄生蜂コナガサムライコマユバチは、空腹時にコマツナ花序に定位することを既に明らかにしている。寄主であるコナガ幼虫は狭食性であり、アブラナ科植物を主に食害するので、身近にあるその花を寄生蜂が餌源として利用できることは理に適っているといえる。一方、テントウムシ類やハナカメムシ類等の捕食性天敵にとって、獲物となる植食性昆虫は複数種ある上に、それらは特定の科の植物に限らず広く食害することが多い。捕食性天敵はそうした様々な植物上で獲物を探索し捕食を行いながら、補助餌源となる花に対しても選好性を示すものと推察される。上の結果は捕食性天敵のそうした性質について、一例として実験的に再現したものと見える。

(3) ツヤヒメハナカメムシは、主にイネ科作物で発見されることが多いことから、アブラナ科作物上の害虫を捕食できるのか疑問であったが、実験条件下において実際にコマツナ株上でコナガの卵や 1-2 齢幼虫を捕食する場面を観察できた。ツヤヒメハナカメムシ雌成虫 1 頭は 2 週間に約 50 個体 (卵と幼虫の合計) のコナガを捕食した。

(4) ヒメカメノコテントウは成分 A と B の混合溶液 [各 1000 mgL^{-1} に調製] を処理した株上に好んで滞在する傾向があったが、その選好性は花序に対して示したほど強いものではなかった。また、ツヤヒメハナカメムシは、放飼後数時間はこの混合溶液処理株に多く定位する傾向があったが、これもまた花序に対するほどの強い選好性ではなく、最終的にほぼ同数が処理株と無処理株に定着した。これらの結果は、概して捕食性天敵の定着には花蜜や花粉等の餌を提供する花そのものの存在が重要であり、花香成分だけでは捕食性天敵を誘引できても、その後、その場に長く定着させることは技術的に難しい可能性を示唆していると考えられる。

(5) コナガ雌成虫は、高濃度の成分 A と B の混合溶液を処理した株に対して、少なく産卵する

傾向が見られた。この混合溶液の存在によって、コナガの産卵数が増加する危険は少ないと考えられる。また、徐放性の溶媒として triethyl citrate (TEC) 以外にも、グリセロールやポリエチレングリコール (PEG) 等の使用も検討したところ、これらの溶液でもコナガの産卵数は減少する傾向があった。TEC はこれまでに用いてきて知見が多いが、使用量の多い溶媒としてはやや高価であり、資材のコストを下げるためには徐放性の面ではさほど遜色のない PEG を徐放性の溶媒として利用することも奨められる。

(6) 野外圃場での誘引試験の下準備として、圃場内や周辺で咲いている花に訪れる天敵の簡易な見取り調査を試みた。カボチャやオクラ、サルスベリ等の花の内部にヒメハナカメムシ類が獲物となるアザミウマとともに定着しているケースや、ツバキの花の内部でクサカゲロウ類の成虫が存在するケース等が観察されたが、総じて訪花中の天敵昆虫を偶然に発見できた機会は少なかった。土着の天敵昆虫が実際にどのような花を副次的に餌源として利用しているのかについては、改めて詳細に調査する必要がある。

(7) 野外圃場での誘引試験の結果、とりわけ冬から春先の低温時には、少数ながら寄生蜂やヒメハナカメムシ類(主にナミヒメハナカメムシ及びコヒメハナカメムシ)とともに、多数のハエ・アブ類が捕獲され、その中には幼虫が天敵として働くヒラタアブ類(主にホソヒラタアブ)が僅かに含まれていた。また、その後にはテントウ類も捕獲される傾向があった。圃場周辺環境や諸条件に大きく左右されるものの、花香由来成分には一定の天敵誘引効果があると考えられる。特異的な化学構造の化合物によって標的害虫種のみを誘殺あるいは交信攪乱するフェロモン剤などと違って、天敵利用による害虫管理の観点からは、必ずしも特異的な成分や組成比で特定の天敵種だけを誘引する必要はなく、不特定多種の天敵を誘引できることにはメリットもあると考えられる。尚、ヒラタアブ類については、さらに室内試験で花香成分による誘引・定着・産卵促進等の効果を詳細に調べる必要がある。

(8) また今回、野外では様々な昆虫が捕獲され、粘着板上では形態の判別が困難な場合が多かったため、DNA バーコーディングによる種同定を試みた。しかしながら、粘着板から剥離したサンプルを用いたシーケンスの成否は昆虫種によって大きく異なり、全体的に成功率も低かった。今後、サンプルの回収・保存・抽出法等を改良することで、花香成分を添えた粘着板で効率的に天敵を捕獲して DNA バーコーディングで種同定するといった天敵種のモニタリング手法を開発できると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 釘宮 聡一, 下田 武志	4. 巻 53
2. 論文標題 害虫の天敵を誘引する植物揮発性成分の探索と利用に向けて	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 昆虫と自然	6. 最初と最後の頁 40 - 42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ozawa Rika, Ohara Yoshitsugu, Shiojiri Kaori, Uchida Toru, Kakibuchi Kazumasa, Kugimiya Soichi, Uefune Masayoshi, Takabayashi Junji	4. 巻 142
2. 論文標題 Uninfested plants and honey enhance the attractiveness of a volatile blend to a parasitoid <i>Cotesia vestalis</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Entomology	6. 最初と最後の頁 978 - 984
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1111/jen.12537	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Soichi KUGIMIYA, Takeshi SHIMODA
2. 発表標題 Effects of floral scent on response of a parasitoid wasp to different color models
3. 学会等名 34th Annual Meeting of International Society of Chemical Ecology (ISCE 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Soichi KUGIMIYA, Takeshi SHIMODA
2. 発表標題 Brassica Flower Affects Behavior of Herbivore, Parasitoid and Predator
3. 学会等名 The joint meeting of the 33rd annual meeting of the ISCE and the 9th meeting of the APACE (2017 ISCE/APACE) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 釘宮 聡一、下田 武志
2. 発表標題 ヒメカメノコテントウのコマツナ花序に対する選好性
3. 学会等名 第62回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 釘宮 聡一
2. 発表標題 コナガの産卵抑制と捕食性天敵ツヤヒメハナカメムシの花に対する選好性
3. 学会等名 第61回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 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（優先権主張）	権利者 農研機構
産業財産権の種類、番号 特許、第6467177号	取得年 2018年	国内・外国の別 国内

〔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
研究分担者	下田 武志 (SHIMODA Takeshi) (20370512)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業研究センター・上級研究員 (82111)	
連携研究者	安部 洋 (ABE Hiroshi) (90360479)	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・専任研究員 (82401)	