

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25年 6月 3日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22380038

研究課題名（和文）植物由来SOSシグナルの害虫忌避メカニズムに関する研究

研究課題名（英文）Effects of volatile infochemicals (SOS signals) emitted from plants infested with the diamondback moth (*Plutella xylostella*) on the American serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*)

研究代表者

下田 武志 (SHIMODA TAKESHI)

独立行政法人農業・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：20370512

研究成果の概要（和文）：害虫の食害を受けた植物由来の揮発性物質（SOS シグナル）が害虫の天敵を特異的に誘引することは良く知られているが、SOS シグナルが別の害虫の行動に及ぼす影響については不明な点が多い。本研究では、コナガの食害を受けたアブラナ科植物からのSOS シグナルが別の害虫であるハモグリバエを忌避させる現象に注目し、そのメカニズムや意義を検討した。その結果、SOS シグナルを忌避する可能性の一つとして、害虫の食害で誘導されるアブラナ科植物の直接防衛応答がハモグリバエの生存率を低下させることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：Although many studies have focused on attraction of natural enemies to volatile SOS signals emitted from plants infested with pest herbivores, relatively little is known about the influence of SOS signals on other pest species. Thus, we investigated foraging and oviposition behavior of the American serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*) in the cruciferous plants (e.g. *Brassica rapa*) infested with larvae of their host, the diamond back moth (*Plutella xylostella*), an important pest of cruciferous plants. We found that leafminer females avoided volatile SOS signals emitted from *P. xylostella*-infested cruciferous plants and thus they refrained from eating and ovipositing in the infested plants. We also found that direct defense systems of cruciferous plants induced by herbivory can drastically decrease the survival ratio of leafminer larvae feeding inside the leaves of the plants, which may partly explain why leafminer females avoid SOS signals from cruciferous plants infested with other herbivores.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2011年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2012年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
年度			
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学、応用昆虫学

キーワード：昆虫、植物、行動、情報化学物質、植物防御応答

1. 研究開始当初の背景
害虫の被害を受けた植物では、害虫に対する直接的な防御応答（例：防御物質の生産）が

誘導されるほか、害虫の天敵が誘引されることによる間接的な防御応答が誘導される。間接防御には、害虫食害で誘導され植物から放

出される揮発性物質 (SOS シグナル) の天敵誘引作用が良く知られているが、SOS シグナルが他の害虫に及ぼす影響はよく分かっていない。本研究では、害虫であるコナガの食害を受けたアブラナ科植物からの SOS シグナルが他の害虫であるハモグリバエ類を忌避させる現象に注目し、SOS シグナルの新たな機能について基礎的知見を集積する。

2. 研究の目的

本研究は、アブラナ科植物の害虫であるコナガとハモグリバエ類をモデルとし、コナガ食害植物由来の SOS シグナルに対するハモグリバエ雌成虫の忌避反応のメカニズムについて検討を行う。また、ハモグリバエが忌避反応を示す理由について、害虫食害で誘導される直接防御応答がハモグリバエに及ぼす影響の視点から機能的意義を明らかにする。

3. 研究の方法

研究代表者らのこれまでの研究により、害虫コナガの食害を受けたアブラナ科植物 (キャベツやコマツナなど) から誘導放出される SOS シグナルに対して、コナガの天敵寄生蜂が誘引される一方で、別の害虫であるハモグリバエ類 (ナモグリバエ) が忌避反応を示すことが明らかになっている。本研究では、同様の試験をモデル害虫であるマメハモグリバエに対して行い、シロイヌナズナを用いて植物の直接防御の視点において以下の項目を検討した。

(1) SOS シグナルの害虫忌避効果

GC-MS システムによる化学分析や室内行動試験により、コナガの食害を受けたアブラナ科植物由来の SOS シグナルに含まれる 4 種類の天敵誘引成分の組成を明らかにし、これらを含む天敵誘引剤 (溶媒で 1% 希釈) を開発した。天敵誘引剤を設置したコマツナ株に対するマメハモグリバエ雌成虫の採餌活動や産卵行動を観察し、SOS シグナルに対する忌避反応の有無を評価した。

(2) 植物の誘導防御応答がマメハモグリバエに及ぼす影響

シロイヌナズナの野生株および *coil-1* 変異体などを用い、マメハモグリバエの次世代成虫数や葉組織内での幼虫の食害量を調査し、ジャスモン酸が関与する植物の誘導防御応答が幼虫の生存や摂食行動に及ぼす影響を評価した。

(3) ジャスモン酸処理植物に対する忌避反応

4. 研究成果

(1) SOS シグナルの害虫忌避効果

SOS シグナルを含む天敵誘引剤を設置したコマツナ株、ならびに溶媒のみを設置した株におけるマメハモグリバエの産卵数を比較

したところ、天敵誘引剤設置区において産卵数が有意に少なくなった (図 1)。一方、雌成虫による食害数には両区間で有意な差はなく、SOS シグナルに対する忌避反応は産卵行動でのみ検出された。この天敵誘引剤はコナガの行動には影響はしないが、コナガの天敵寄生蜂 (ハモグリバエ類を攻撃しない) を誘引することが分かっている。以上のことから、コナガの食害を受けた植物からの SOS シグナルが、別の害虫であるハモグリバエ類の産卵行動を抑制することが明らかになった。

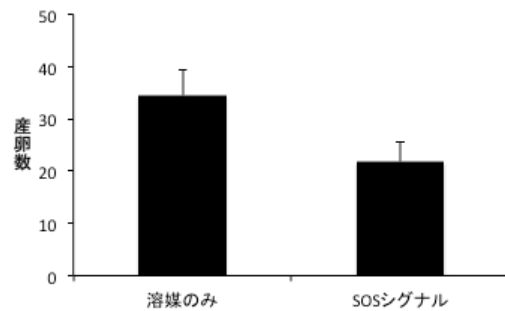


図 1 植物由来の SOS シグナルがマメハモグリバエの産卵行動に及ぼす影響 ($P < 0.01$)

(2) 植物の誘導防御応答がマメハモグリバエに及ぼす影響

ジャスモン酸が関与する誘導防御応答が機能しない *coil-1* 変異体においては、マメハモグリバエ幼虫は葉組織内で摂食行動を盛んに行ったが、誘導防御応答が働く野生株では摂食行動は 1/3 以下に減少した。



図 2 野生株 (左) および *coil-1* 変異体 (右) におけるマメハモグリバエ幼虫の被害

次に、幼虫の生存に及ぼす誘導防御応答の影響を次世代の成虫羽化数で評価したところ、*coil-1* 変異体においては幼虫が十分に発育し、蛹から成虫にまで成長したが、野生株ではジャスモン酸が関与する誘導防御応答が働いたため、幼虫は蛹にまで成長することができず葉組織内ですべて死亡した (図 3)。シロイヌナズナの各種変異株や遺伝子組み換え株を用いた追加試験の結果、コナガ等の害虫の食害を受けたアブラナ科植物におい

て引き起こされる直接防御応答物質(グルコシノレート、イソチオシアネート)がマメハモグリバエ幼虫の生存率を大きく低下させることが明らかとなった。

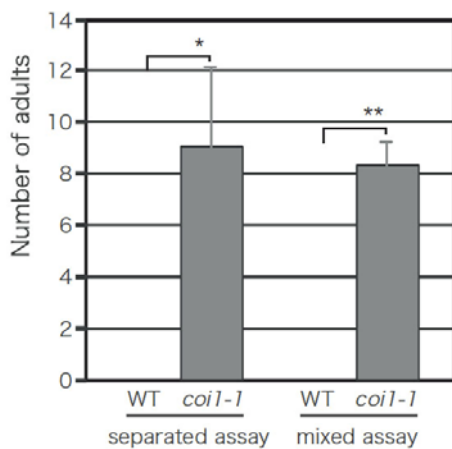


図3 植物の直接防御応答がマメハモグリバエの成虫羽化に及ぼす影響。2系統を個別または同時に与えた場合の次世代成虫羽化数で示す(*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$)

(3) ジャスモン酸処理植物に対する忌避反応

シロイヌナズナ野生株では、害虫の食害により植物葉内のジャスモン酸量が約2倍に増加し、これによりグルコシノレートやイソチオシアネートの生産が誘導されることが分かった。そこで、ジャスモン酸 ($100 \mu\text{M}$) を散布したコマツナおよび無処理植物に対するマメハモグリバエの反応を調査した結果、無処理区では成虫や幼虫の摂食が観察されたのに対し、散布区では摂食行動はほとんど観察されなかった(図4)。これらのことより、ジャスモン酸を処理した植物では直接防御応答が誘導され、これに対してマメハモグリバエが忌避反応を示すことが分かった。



図4 ジャスモン酸処理によるマメハモグリバエ被害の軽減

以上の実験や化学分析などの結果により、

SOS シグナルに対してマメハモグリバエが忌避反応を示す理由の一つとして、コナガの食害で誘導された植物の直接防御応答がマメハモグリバエ幼虫に対して致命的効果を持つため、SOS シグナルが放出されている植物葉(=直接防御が誘導された状態)をハモグリバエ雌成虫が忌避するものと思われる。また、直接防御に関与するジャスモン酸を人為的に処理することで、マメハモグリバエの被害を軽減できる可能性があることも明らかとなり、害虫防除への応用の可能性が示唆されたことは今後続く大きな成果である。

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)

[雑誌論文] (計6件)

- ① Masayoshi Uefune, Soichi Kugimiya, Takeshi Shimoda, Junji Takabayashi, (2013), Starvation and herbivore-induced plant volatiles affect the color preferences of parasitic wasps, 査読有, *Biocontrol* 58: 187-193.
DOI: 10.1007/s10526-012-9483-x
- ② Hiroshi Abe, Yasuhiro Tomitaka, Takeshi Shimoda, Shigemi Seo, Tamito Sakurai, Soichi Kugimiya, Shinya Tsuda, Masatomo Kobayashi (2012), Antagonistic plant defense system regulated by phytohormones assists interactions among vector insect, thrips and a tospovirus, 査読有, *Plant and Cell Physiology* 53: 204-212.
DOI: 10.1093/pcp/pcr173
- ③ 安部洋, 小林正智, 大西 純, 下田武志, 津田新哉(2010), 植物ホルモンであるジャスモン酸によるミカンキイロアザミウマの忌避効果, 査読有, *植物防疫* 65: 17-22.
- ④ Soichi Kugimiya, Takeshi Shimoda, Jun Tabata, Junji Takabayashi, (2010), Present or past herbivory: a screening of volatiles released from *Brassica rapa* under caterpillar attacks as attractants for the solitary parasitoid, *Cotesia vestalis*, 査読有, *Journal of Chemical Ecology* 36: 620-628.
DOI: 10.1007/s10886-010-9802-6

[学会発表] (計18件)

- ① 釘宮聡一, 下田武志, コナカ・サムライ コマユハ・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27日-29日, 日本大学
- ② 安部洋, 下田武志, 立石剣, 富高保弘, 瀬尾茂美, 釘宮聡一, 櫻井民人, 津田新

哉，小林正智，ハモグリバエ・アザミウマ抵抗性解明を目指した実験植物シロイヌナズナの利用，第 57 回日本応用動物昆虫学会大会，2013 年 3 月 27 日-29 日，日本大学

③ 安部洋，富高保弘，立石剣，下田武志，瀬尾茂美，釘宮聡一，櫻井民人，津田新哉，小林正智，アザミウマ、ハモグリバ抵抗性解析への実験植物シロイヌナズナの利用，第 56 回日本応用動物昆虫学会大会，2012 年 3 月 27 日-29 日，近畿大学

④ 安部洋，富高保弘，立石剣，下田武志，瀬尾茂美，釘宮聡一，櫻井民人，津田新哉，小林正智，モデル植物シロイヌナズナのハモグリバエ抵抗性解析における有用性，第 55 回日本応用動物昆虫学会大会，2011 年 3 月 27 日-30 日，九州大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

下田 武志 (SHIMODA TAKESHI)

独立行政法人農業・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：20370512

(2) 研究分担者

釘宮 聡一 (KUGIMIYA SOUICHI)

独立行政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

安部 洋 (ABE HIROSHI)

独立行政法人理化学研究所・バイオリソースセンター・専任研究員

研究者番号：90360479

(3) 連携研究者

高林 純示 (TAKABAYASHI JUNJI)

京都大学・生態学研究センター・教授

研究者番号：10197197