

平成22年6月1日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19380188
 研究課題名（和文） 植物由来のSOSシグナルを介した生態免疫システムに及ぼす農薬の影響評価
 研究課題名（英文） Inhibitory effects of synthetic insecticides on the foraging behavior of natural enemies via volatile infochemicals (SOS signals) emitted from plants infested with pest insects and mites
 研究代表者
 下田 武志 (SHIMODA TAKESHI)
 (独) 農研機構・中央農研・総合的害虫管理研究チーム・主任研究員
 研究者番号：20370512

研究成果の概要（和文）：農業生態系では害虫の被害を受けた植物由来のSOSシグナルに天敵が誘引される働きが農薬散布で阻害され、天敵による害虫密度抑制（生態免疫システム）が十分機能しない可能性がある。本研究は、農薬が天敵の害虫探索行動に及ぼす阻害効果について植物・害虫・天敵昆虫の3者系を用い検討した。その結果、各種の化学農薬を散布した植物では、農薬の忌避効果によって天敵が植物に誘引されず、天敵が植物上の害虫を攻撃できない場合があることを発見した。

研究成果の概要（英文）：We investigated the flight response of female parasitoids (*Cotesia vestalis*) to the cruciferous plants (*Brassica rapa*) infested with larvae of their host, the diamond back moth (*Plutella xylostella*), an important pest of cruciferous plants. We found that volatile SOS signals (e.g. benzyl cyanide) emitted from host-infested cruciferous plants can be exploited by the parasitoids as a foraging cue. We then investigated the effects of some insecticides (permethrin and other seven insecticides) on the foraging behavior and survival of *C. vestalis*. We found that permethrin, etofenprox, malathion, diazinon, methomyl, alanycarb had relatively strong inhibitory effects on the foraging behavior (i.e. flight response to host-infested plants, host-searching on the host-infested plants) of the parasitoids, while clothianidin and emamectin benzoate had relatively weak inhibitory effects. Interestingly, the mortality of parasitoid wasps after foraging on the clothianidin-treated plants was significantly higher than that after foraging on other insecticide-treated plants. Our results suggest that subsequent mortality increases with decreased inhibitory effect on the foraging behavior of *C. vestalis*.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
2008年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2009年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
年度			
年度			
総計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：境界農学、環境農学

キーワード：環境、昆虫、植物、農薬、生物間相互作用、SOSシグナル、生態免疫システム

1. 研究開始当初の背景

自然生態系では害虫の被害を受けた植物が特異的な揮発性物質 (SOS シグナル) を放出し、これに害虫の天敵が誘引されることで植物上での害虫密度が抑制されている。一方、農業生態系では農薬散布の影響により、このような生態免疫システムは十分機能していない可能性がある。特に、農薬に対して天敵が忌避反応を示す場合には、SOS シグナルを利用した天敵の害虫探索行動が阻害される可能性がある。天敵に対する農薬の影響評価は致死的效果が大半であり、天敵の行動に及ぼす効果は良く分かっていない。本研究では天敵の害虫探索行動に及ぼす農薬の阻害効果に注目し研究を行う。

2. 研究の目的

本研究は各種の作物・害虫・天敵の3者系をモデルとし、各種殺虫剤が天敵の害虫探索行動に及ぼす阻害効果を検証する。害虫の食害を受けた植物が放出する SOS シグナルに対する天敵の誘引反応が農薬の匂いなどによってどのような影響を受けるかに注目する。SOS シグナルに対する天敵誘引反応が農薬散布で阻害される場合には、阻害の程度や阻害期間などについて検討を行う。

3. 研究の方法

コマツナ (アブラナ科作物)・コナガ (害虫)・コナガコマユバチ (天敵) の3者系を主なモデルとし、以下の項目を検討した。

あ (1) 害虫の食害を受けた植物由来の SOS シグナルに含まれる揮発成分を GC-MS システムで化学分析した。これらの揮発成分に対する天敵の行動反応を室内条件下 (小型アクリル容器内) で生物検定し、SOS シグナルに含まれる天敵誘引成分を探索した。

(2) 飛翔中の天敵が SOS シグナルを利用し害虫を探索する行動に対して、殺虫剤の匂いが阻害効果をもたらすかどうかを検証した。具体的には、害虫の食害を受けた植物に対して合成ピレスロイド系殺虫剤であるペルメトリン乳剤 (2000 倍希釈) を散布し、これに対する天敵の行動反応を (1) で示した室内生物検定で解析した。

(3) 植物上における天敵の害虫探索行動に及ぼす殺虫剤の阻害効果の有無を検討した。具体的には、ペルメトリン乳剤を散布した害虫食害植物に天敵を導入し、植物上での害虫探索時間や害虫に対する攻撃性 (コナガへの寄生率)、探索後の天敵の生存に及ぼす影響などを調査した。

(4) 飛翔中や植物滞在中の害虫探索行動に

及ぼす各種殺虫剤の阻害効果について、(2) および (3) の手法・材料を用いて比較検討した。合成ピレスロイド系殺虫剤 (エトフェインプロックス乳剤: 1000 倍希釈)、カーバメート系殺虫剤 (アラニカルブ水和剤: 1000 倍希釈、メソミル水和剤: 1000 倍希釈)、有機リン系殺虫剤 (マラソン乳剤: 1000 倍希釈、ダイアジノン水和剤: 2000 倍希釈)、マクロライド系殺虫剤 (エマメクチン安息香酸剤: 2000 倍希釈) およびネオニコチノイド系殺虫剤 (クロチアニジン水溶剤: 2000 倍希釈) を使用した。

4. 研究成果

(1) 飛翔中の害虫探索行動を引き起こす SOS シグナル中の天敵誘引物質

最初に、飛翔中の天敵がどのようにコナガ食害株を発見するのかを調査した。コナガ食害を受けたコマツナ株と未被害株とを設置した小型アクリル容器内にコナガコマユバチを導入し飛翔中の行動を観察したところ、有意に多くの天敵がコナガ食害株に定位し、食害株から放出される SOS シグナルに誘引されることが明らかとなった (図1 上段)。コナガ食害コマツナ株から放出される SOS シグナルとしてニトリル化合物や硫黄化合物、テルペン類など計 11 成分が検出された。これらの合成成分を単独処理したコマツナ株と未処理株とを比較した結果、有意に多くの天敵がベンジルシアニド処理株を選択し、少なくとも本成分が SOS シグナルに含まれる天敵誘引成分であることが明らかとなった (図1 下段)。

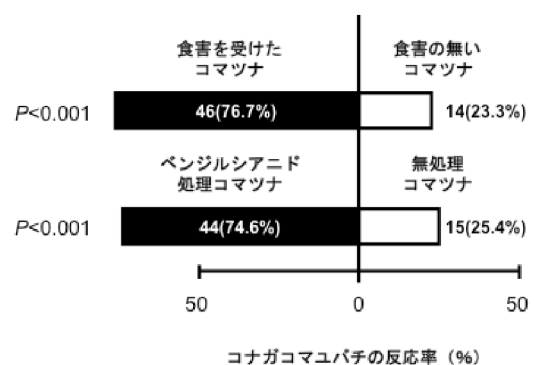


図1 各種匂い源を選択した天敵の個体数

(2) 飛翔中の害虫探索行動に及ぼす農薬散布の影響評価

ペルメトリン乳剤を散布したコマツナ株 (コナガの食害あり) と無散布のコナガ食害株とを比較したところ、有意に多くのコナガコマユバチが後者を選択した (図2 上

段)。図1で示したとおり、食害株からのSOSシグナルは飛翔中の天敵を誘引するが、殺虫剤の匂いには忌避反応を示すため、殺虫剤散布の食害株に対する反応が良くなかったものと推察された。次に、殺虫剤が散布された食害株と無処理株（食害・散布とも無し）とを比較した結果、有意に多くのコナガコマユバチが前者を選択した（図2下段）。このことから、殺虫剤の匂いに対する忌避反応は食害株のSOSシグナルに対する誘引反応よりも相対的に弱く、飛翔中の天敵は殺虫剤が散布された作物に誘引されてしまう場合があることが明らかになった。

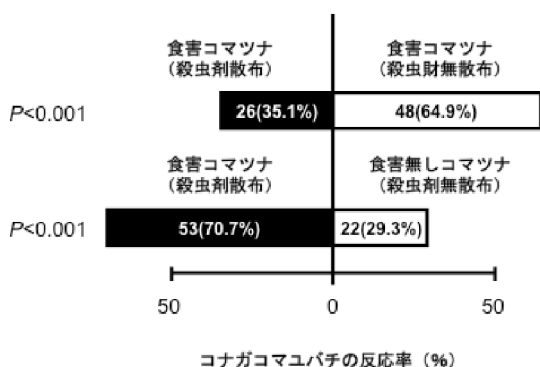


図2 殺虫剤散布が飛翔中の天敵の害虫探索行動に及ぼす影響

(3) 作物株上での害虫探索行動に及ぼす農薬散布の影響評価

次に、植物上における天敵の害虫探索行動に及ぼす農薬散布の影響を評価した。上記のペルメトリン乳剤を処理したコナガ食害株や未被害株におけるコナガコマユバチの滞在時間は、殺虫剤を散布しない食害株や未被害株における滞在時間よりも短く、株上での害虫探索行動が殺虫剤により阻害されることが明らかとなった（図3）。

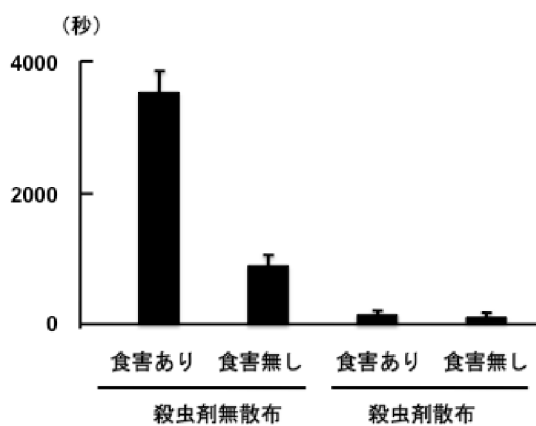


図3 殺虫剤散布が株上での天敵の滞在時間に及ぼす影響

株上での探索行動がコナガコマユバチの生存に及ぼす影響を調査したところ、ペルメトリン乳剤散布株では37.3%（食害株）および13.3%（未被害株）の個体が探索終了後に48時間で死亡した。一方、殺虫剤無散布株では食害の有無に関係なく全ての個体は探索終了後も生存した。以上の結果から、殺虫剤が散布されたコナガ食害株（または未被害株）を探索することにより、一部の天敵の生存に悪影響が生じる可能性があることが明らかとなった。なお、ペルメトリン乳剤をコナガコマユバチに直接散布した場合には、48時間後には全ての天敵が死亡した。

(4) 飛翔中や植物滞在中の害虫探索行動に及ぼす各種殺虫剤の阻害効果

各種殺虫剤を散布した食害株と殺虫剤無散布の食害株とを設置した小型アクリル容器内にコナガコマユバチを導入し、飛翔中の天敵の定位行動に及ぼす影響を調査した。その結果、エトフェンプロックス乳剤、メソミル水和剤、アラニカルブ水和剤、マラソン乳剤、ダイアジノン水和剤の試験区において、コナガコマユバチは殺虫剤散布株よりも無散布株を選択した。これは、上記殺虫剤の匂いに対して天敵が忌避反応を起こしたためであると考えられた。一方、エマメクチン安息香酸剤およびクロチアニジン水溶剤の試験区においては、コナガコマユバチは殺虫剤散布株と無散布株とを区別せずに定位し、殺虫剤の匂いに対する忌避効果は検出されなかった。

次に、株上での害虫探索行動に及ぼす殺虫剤の影響を評価したところ、エトフェンプロックス乳剤、メソミル水和剤、アラニカルブ水和剤、マラソン乳剤、ダイアジノン水和剤の試験区における株上滞在時間は、殺虫剤無散布区における株上滞在時間よりも顕著に短かった。これは、株上での害虫探索行動に対して上記殺虫剤が強い阻害効果をもたらしたためであると考えられた。エマメクチン安息香酸剤およびクロチアニジン水溶剤の試験区においても滞在時間は殺虫剤無散布区における株上滞在時間よりも短かったが、残りの殺虫剤試験区での滞在時間よりは長くなる傾向があり、株上での害虫探索行動に及ぼす影響は相対的に小さいものと考えられた。

株上での滞在試験終了48時間後の生死状況を調査したところ、殺虫剤無散布区では死亡は観察されず、エトフェンプロックス乳剤やメソミル水和剤においては死亡率5%以下、アラニカルブ水和剤やマラソン乳剤、ダイアジノン水和剤の試験区では死亡率10

〜30%、エマメクチン安息香酸剤およびクロチアニジン水溶剤の試験区では死亡率30〜45%程度となった。以上の結果から、飛翔中・株上滞在中の害虫探索行動に及ぼす阻害効果の程度は殺虫剤の種類により異なることが明らかとなった。阻害効果が高い殺虫剤（エトフェンプロックス乳剤、メソミル水和剤等）では株上での害虫探索後の天敵に及ぼす致死作用は低く、阻害効果が低い殺虫剤（エマメクチン安息香酸剤、クロチアニジン水和剤）では逆に致死作用は高くなった。天敵が長時間農薬に触れた場合には農薬の種類に関わらず全ての個体が死亡したことから、天敵の探索行動をあまり阻害しない農薬は、天敵の死亡率をかえって高める危険性があることが明らかとなった。これは従来 of 知見とは異なる新たな発見であり、農薬が天敵に及ぼす影響を評価する上で貴重な成果である。

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9件）

- ① Kei Kawazu, Takeshi Shimoda, Youichi Kobori, Soichi Kugimiya, 他2名(2010), Inhibitory effects of permethrin on flight responses, host-searching, and foraging behaviour of *Cotesia vestalis*, a larval parasitoid of *Plutella xylostella*, 査読有, Journal of Applied Entomology 134: 313-322.
- ② Takeshi Shimoda (2010), A key volatile infochemical that elicits a strong olfactory response of the predatory mite *Neoseiulus californicus*, an important natural enemy of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*, 査読有, Experimental and Applied Acarology 50: 9-22.
- ③ Soichi Kugimiya, Takeshi Shimoda, 他3人(2010), Host-searching responses to herbivory-associated chemical information and patch use depend on mating status of female solitary parasitoid wasps, 査読有, Ecological Entomology 35: 279-286

〔学会発表〕（計15件）

- ① 下田武志、植物の匂いを利用した害虫防除技術の開発、日本農芸化学会（2010）、2010年3月30日、東京大学
- ② 下田武志、コナガの土着寄生蜂コナガサムライコマユバチに及ぼす薬剤の影響：散

布後の経過日数と寄主探索行動に及ぼす阻害効果との関係、第54回日本応用動物昆虫学会大会、2010年3月28日、千葉大学

- ③ 河津圭、下田武志、鈴木芳人、コナガサムライコマユバチの寄主探索行動に対する薬剤の阻害効果II、第53回日本応用動物昆虫学会大会、2009年3月28日-30日、北海道大学

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

○取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

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・総合的害虫管理研究チーム・主任研究員

研究者番号：20370512

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

釘宮 聡一 (SOICHI KUGIMIYA)

独立行政法人農業環境技術研究所・生物多様性研究領域・任期付研究員

研究者番号：10455264