圃場環境におけるアカメガシワクダアザミウマへの 薬剤影響評価試験 ～植物構造の隠れ家効果～

東田景太・大朝真喜子・森光太郎・今井 修

Keita Higashida, Makiko Ohasa, Kotaro Mori and Osamu Imai: Microspace refuges on strawberry plant reduce the effect of pesticides on predatory thrips, *Haplothrips brevitubus* (Karny)

Abstract

Predatory thrips, *Haplothrips brevitubus* (Karny), is an effective natural enemy for the control of pest thrips infesting strawberries in the greenhouse. To develop an IPM program using *H. brevitubus*, it is required to select pesticides which can be used with this predator based on the data from side-effect experiments conducted in the laboratory. In this study, we investigated the effects of three insecticides on *H. brevitubus* using strawberry plants in greenhouses. Although spraying these insecticides results in a high mortality of this species in laboratory experiments, we found that there were substantial individuals of this species on the plants after treatments of spinosad, spinetoram, or emamectin benzoate. Individuals of *H. brevitubus*, especially larvae who survived after spraying the pesticides, were seen in microspace refuges on strawberry flowers and young fruits. We consider that such microspace refuges on the strawberry plant might reduce the effect of the pesticide on *H. brevitubus*.

Keyword: *Haplothrips brevitubus*, side-effect experiment, microspace refuge

緒 言

アカメガシワクダアザミウマ *Haplothrips brevitubus* (Karny) (以下、アカメガシワ) は日本土着の捕食性アザミウマであり (Kakimoto et al., 2006; Okajima, 2006), 施設栽培のイチゴ、ピーマン、シシトウ、キュウリのアザミウマ類防除に効果が認められ (東浦ら, 2013; 井上ら, 2008; 勝山ら, 2014; 森ら, 2014; 櫻井ら, 2011), 野菜類に発生するアザミウマ類害虫に対する天敵製剤として2015年6月に農業登録された。本天敵はイチゴ花粉を餌として増殖でき (森田, 2008), 夜温管理の比較的低いイチゴでも定着性がよいことから、イチゴでの利用が期待される (森, 2013)。

アカメガシワを組み込んだ IPM 防除体系を構築するにはアカメガシワに殺虫効果が低い殺虫剤の選抜が必要となる。併用が期待されるスピノサドやエマメクチン安息香酸塩のようなアザミウマ類害虫に対して殺虫効果が高い剤は室内試験の結果から、アカメガシワの生存にも

影響を与えることが知られている (香川ら, 2012; 柏尾ら, 2006; 大朝・平野, 2010)。しかしながら、実圃場では作物は茎の基部の托葉や花や果実のがくなどの微小な隙間を有した構造を持っており、これらを隠れ家としてアカメガシワが利用することによって、薬剤の暴露を回避している可能性がある (新藤, 2015)。イチゴではアカメガシワは花を中心に生息し、毛茸が密集し、微小空間があり、餌となる花粉がある花の周辺近くを産卵場所として選択していることが示唆されており、毛茸や微小空間を高次捕食者から身を守る場所として利用しているとも推察されている (福田ら, 2008)。そこで、本研究では植物体上のこのような場所を「隠れ家」と呼び、この構造によってアカメガシワへの薬剤の影響が緩和されるかどうかを検証するためにハウス栽培のイチゴで薬剤影響評価試験を実施した。また、薬剤の散布後にアカメガシワを再放飼して定着性を確認することで圃場環境での薬剤の残効性についても調べた。

材料および方法

試験には滋賀県草津市の石原産業株式会社中央研究所内のビニール温室（底面が3 m×7 m、高さが2.8 m）4棟を使用した。なお、側面には1 mm 目合いの防虫ネットを展張した。2016年2月3日に各ハウス内の1.4 m×4.8 mの畝にイチゴ（品種：章姫）10株を条間と株間ともに50 cmとして千鳥植えて定植した。2016年4月15日に各棟にアカメガシワ成虫を株あたり30頭、合計300頭を小容器に入れて株元に放置することで放飼した。放飼したアカメガシワは、2002年9月に鹿児島県東市来町（現、日置市）でクワから採集され、鹿児島県蚕業試験場にて累代飼育されていた系統で、2005年7月に当研究所に分譲され、冷凍スジコナダラメイガ卵を餌として、25℃に設定した恒温室内にて累代飼育してきた飼育個体群である。放飼したアカメガシワの定着を確認したのち、各棟1処理区とし、次の薬剤を2016年5月6日に散布した。散布した薬剤と希釈倍率はスピノサド顆粒水和剤5000倍、スピネトラム水和剤2500倍、エマメクチン安息香酸塩剤2000倍の3種類であり、これらに加えて対照区として水を散布した区を設けた。散布量は畝あたり2 L（300 L/10 a相当）とし、噴霧器（ダリヤ蓄圧式噴霧器マイスター2 L）を用いて丁寧に散布した。各薬剤の散布時には展着剤は加用しなかった。薬剤の散布後、温室内に温度湿度自動記録計（Espec社製 Thermo Recorder RS-13）を、センサー位置を植物体の高さとなるように設置した。センサーには直射日光が当たらないように通気性を確保した覆いを被せた。温度湿度データを30分間隔で取得する設定とした。処理前、3日後、7日後、14日後にイチゴ株上のアカメガシワ数を調査した。調査部位はつぼみ、花、果実（幼果と成熟果）の3種とし、調査対象の植物の部位全てに定着しているアカメガシワ個体数を発育ステージ（1 齢幼虫、2 齢幼虫、成虫）別に調査した。また、薬剤散布から17日後にあたる2016年5月23日にスピノサド区、スピネトラム区、エマメクチン安息香酸塩区に、アカメガシワ成虫を株あたり50頭、棟あたり500頭を、小容器に入れて株元に放置することで追加放飼した。一方、対照区には一般的に天敵昆虫への影響が大きいとされている合成ピレスロイド系の殺虫剤であるアクリナトリン水和剤1000倍希釈液を散布して、隠れ家による保護効果がいかなる薬剤に対しても有効であるかを検証した。薬剤の散布方法は他の薬剤と同様とした。追加放飼から3日後、7日後、14日後にアカメガシワ数を調査した。調査方法は再放飼前のものと同様とした。圃場内にはヒラズハナアザミウマ（以下、ヒラズ）が観察された。ヒラズは2016年5月6日の

薬剤散布前の調査ではほとんど見られなかったが、試験後半にかけてはハウス外から飛び込んだ成虫が多く観察された。統計解析は薬剤散布前後のアカメガシワ個体数のデータを用いて以下のように行った。各区でアカメガシワ成幼虫の両方が存在していた株における株あたり個体数の変化率（散布前後の個体数の差を散布前の個体数で割った数値）を成虫と幼虫（1 齢が少なかったため2 齢と合算）で分けて算出し、Shapiro-Wilk 検定によりデータの正規性が確認されたため（スピノサド； $W=0.91456$, $p=0.3873$, スピネトラム； $W=0.86154$, $p=0.07957$, エマメクチン安息香酸塩； $W=0.86876$, $p=0.1193$, 対照； $W=0.95067$, $p=0.6764$ ）、対応のあるt検定で区ごとに成幼虫間で比較した。4 処理区間での比較は薬剤散布前後の成幼虫合計個体数の変化率について、等分散性がBartlett 検定によって仮定されなかったため（ $K^2=31.611$, $df=3$, $p<=0.001$ ）、Kruskal-Wallis 検定および事後検定のSteel-Dwass 法を用いて行った。

結 果

試験期間中の温室内の気温は9.9～45.6℃、平均22.6℃、相対湿度は7～99%、平均67.2%であった。試験期間を通じてつぼみ、花、果実の数は試験区間でほぼ均一であった。薬剤処理（5/6）の時点でアカメガシワはいずれの区でも定着していた（第1図）。薬剤処理後は対照区（水）ではアカメガシワ個体数が増加傾向を示した。薬剤処理を施した区ではアカメガシワ個体数が減少したが、残存個体が観察された（第1図）。

アカメガシワの追加放飼を行った区ではいずれの区でも追加放飼から3日後（5/26）の調査時にアカメガシワの定着が見られ、再放飼から2週間後（6/6）の時点ではいずれの追加放飼区でもアカメガシワの次世代個体（1, 2 齢幼虫）が見られた（第1図）。アクリナトリン水和剤を散布した区では全てのアカメガシワが消失した（第1図（d））。

散布前後によらず、すべての試験区でアカメガシワは果実上で観察される頻度が最も多かった（第2図）。対照区では薬剤散布前（5/6）と比べ、その3日後（5/9）にはアカメガシワは花で観察される頻度が増加した（花で観察される割合：散布前11.6%、散布3日後28.7%）。一方、薬剤散布した区では花で観察された個体の割合が散布前後でほぼ同等もしくは減少した（スピノサド区：散布前29.3%、散布後24.0%；スピネトラム区：13.2%、15.2%；エマメクチン安息香酸塩区：23.8%、17.9%、第2図）。

各区のアカメガシワ成幼虫の両方が存在していた株に

第1図 区ごとの发育ステージ別アカメガシワ個体数の推移。

スピノサド区 (a), スピネトラム区 (b), エマメクチン安息香酸塩区 (c), 対照区→アクリナトリン区 (d)。それぞれの区で観察された全てのアカメガシワ個体数を发育ステージごとに合計し、積み上げ棒グラフで推移を示した。縦軸の最大値は最もアカメガシワの個体数が多かったスピノサド区を基準とした。

おける株あたり個体数の変化率を成幼虫間で比較したところ、対照区では成虫、幼虫ともに変化率は正で幼虫の変化率が大きかった (第3図)。一方、薬剤散布区では成虫、幼虫ともに変化率は負となり、スピネトラム区で成虫に比べて幼虫で有意に減少率が低い傾向が見られ、スピノサド区、エマメクチン安息香酸塩区でも有意ではないものの同様の傾向が見られた (スピノサド; $t = -2.1704$, $df = 7$, $p = 0.06658$, スピネトラム; $t = -2.6446$, $df = 9$, $p = 0.02671$, エマメクチン安息香酸塩; $t = -1.5892$, $df = 8$, $p = 0.1507$, 対照; $t = -1.4184$, $df = 9$, $p = 0.1898$, 第3図)。薬剤散布前後の成幼虫合計個体数の変化率を4処理区の間で比較した場合、変化率が正であった対照区と負であったその他の3区の間でのみ有意差が見られた (Kruskal-Wallis 検定; $\chi^2 = 8.5557$, $df = 3$, $p = 0.03582$, Steel-Dwass 法; 第3図)。薬剤の散布を行った3区のうちではスピノサド区が他の2区よりも負の変化率が低かったが、その差は有意ではなかった (第3図)。

考 察

本研究で使用した薬剤はいずれも室内試験で直接散布すると、アカメガシワの死亡率が99%以上に達するものであったが (伊藤・香川, 未発表; 香川ら, 2012; 大

朝・平野, 2010), 圃場で散布してみると, 散布3日後に生存個体が観察された。これは主に果実のがく部分がアカメガシワの隠れ家としての機能を有し, アカメガシワが農薬の暴露を免れたためと考えられる。

散布前後のアカメガシワの個体分布の解析から, イチゴの株上のアカメガシワの隠れ家としては果実が最も有効と考えられた。薬剤散布後にイチゴの花にも生存個体が存在していたことから, 花もアカメガシワの隠れ家としては重要と考えられるが, 薬剤散布した区では花へのアカメガシワの分布が制限されていたことから, 隠れ家としての効果は果実に比べて劣ると思われる。未成熟果のがくは福田ら (2008) の報告でもイチゴ株上でのアカメガシワの産卵場所の一つとしてあげられていることから, 卵から孵化したアカメガシワ幼虫が入り込みやすい場所であるということが推察される。

また, 本実験では薬剤散布によって大部分 (スピノサド区: 69.7%, スピネトラム区: 90.9%, エマメクチン安息香酸塩区: 82.2%) の成虫が死亡もしくは系外へ分散したことから, 活動性が高い成虫は農薬の暴露を受けやすく, 一方, 活動性の低い幼虫は隠れ家にとどまることが多いために農薬の暴露を免れやすい可能性も考えられた。幼虫の残存率が高いということは薬剤との併用タ

第2図 薬剤の散布前後におけるアカメガシワの分布箇所のうちわけ。
スピノサド区 (a), スピネトラム区 (b), エマメクチン安息香酸塩区 (c), 対照区 (d)。円グラフの外側に記された数字は各部位で確認されたアカメガシワ個体数を示す。

イミングとして、アカメガシワを定着させ、幼虫ステージが出現した頃が適していると言える。今後、ステージごとの薬剤に対する行動パターンを詳細に明らかにしていく必要がある。

試験区ごとで見た場合、スピノサド区およびスピネトラム区では薬剤散布後のアカメガシワ幼虫の減少率が低かったことから、この2剤は圃場でのアカメガシワ幼虫

への影響が少ないと考えられる。加えて、実験後半にアカメガシワを再放飼した区ではいずれの区でもアカメガシワが定着したことから、スピノサド顆粒水和剤とスピネトラム水和剤だけではなくエマメクチン安息香酸塩乳剤も追加放飼時（薬剤散布から17日後）には残効が切れていたことが推察された。

アクリナトリン水和剤を散布した区では散布3日後全てのアカメガシワが消失していたことから隠れ家による保護効果は全ての薬剤に対して有効なものではなく、剤の性質によって効果変動するものであることが考えられた。アクリナトリンと同じ合成ピレスロイド系の剤であるピフェントリンではワタアブラムシに対して非接触状態でも致死効果が確認されており、その効果は薬剤から揮発した蒸気によるものであると考えられている (Adams et al., 1990)。本試験においてアクリナトリンに対して隠れ家の保護効果が有効でなかった理由として、これと同様の現象が起こっていた可能性がある。

アカメガシワで見られた隠れ家の効果は、害虫のヒラズに関しても同様に機能する可能性があるが、ヒラズの発生前にあらかじめアカメガシワを放飼して、隠れ家内を本種で占有させておけばヒラズの侵入を防げる可能性がある。

今後はアカメガシワを利用した IPM プログラムにスピノサド顆粒水和剤やスピネトラム水和剤のような隠れ家の効果によりアカメガシワへの影響が緩和される薬剤を組み入れて効果の検証を行っていくべきであると考えられる。

本研究では植物体上の隠れ家の保護効果によってアカメガシワへの影響が緩和される薬剤が存在することが明らかとなった。これは室内での薬剤影響試験の結果は圃場環境で散布された薬剤が実際に天敵に与える影響よりも過大に評価されている場合があることを示している。また、この現象はアカメガシワに限らず、他種の天敵でも当てはまると考えられる。これまでに行われてきた天敵への薬剤影響評価試験の大部分は室内レベルでのものであったが、今後は IPM プログラムに組み込むことができる薬剤の幅を広げるために、圃場環境での薬剤影響についても評価を行っていくべきであろう。

摘 要

アカメガシワクダアザミウマは施設栽培のイチゴやナスに発生するアザミウマ類に防除効果が認められている天敵昆虫である。本研究では圃場環境におけるアカメガシワクダアザミウマへの薬剤影響評価試験を行い、以下のような結果や考察が得られた。①スピノサド顆粒水和

第3図 区ごとでの株あたりアカメガシワ成虫数，幼虫数，およびその合計数の平均変化率。

白いバーはアカメガシワ成虫の両方が確認された株の全つぼみ，全花，全果実で観察されたアカメガシワ成虫および幼虫数から算出された区ごとの平均株あたり個体数の変化率を示す。灰色のバーは各株の全つぼみ，全花，全果実で観察された個体数の合計値を株あたり個体数とし，区ごとの平均株あたり個体数の変化率を示す。エラーバーは標準偏差を，灰色のバー上の異なるアルファベットは Steel-Dwass 法による区ごとの成虫合計個体数の変化率間での有意差を示す ($p < 0.05$)。

剤，スピネトラム水和剤，エマメクチン安息香酸塩乳剤の3剤を散布しても室内試験と比べて影響が小さかった。残効は17日程度と考えられた。イチゴ株上に存在する果実のがく等の植物構造（隠れ家と呼ぶ）に本種が隠れることによって，薬剤の影響の緩和に役立っていると考えられた。②隠れ家による保護効果はアクリナトリン水和剤に対しては有効ではなかった。③隠れ家の保護効果が有効な剤では特に活動性の低い2齢以下の幼虫の生存率が高かった。④イチゴ株上の隠れ家としては果実のがくが最も重要な役割を果たすことが推察された。

引用文献

- Adams, A. J., F. R. Hall, R. K. Lindquist, I. A. Rolph and I. H. H. Adams (1990) J. Econ. Entomol. 83: 955-960.
- 福田 健・井上栄明・柿元一樹・柏尾具俊 (2008) 九病虫研報 54: 69-73.
- 東浦祥光・平野耕治・大朝真喜子 (2013) 応動昆中国支部会報 54: 1-6.
- 井上栄明・福田 健・柿元一樹・柏尾具俊・平野耕治・日本典秀・野田隆志 (2008) 植物防疫 62: 601-606.

香川理威・伊藤勇弥・大朝真喜子・森光太郎 (2012) 第22回天敵利用研究会 26. (講要)

Kakimoto, K., H. Inoue, N. Hinomoto, T. Noda, K. Hirano, T. Kashio, K. Kushigemati and S. Okajima (2006) Biol. Cont. 37: 314-319.

柏尾具俊・森田茂樹・平野耕治 (2006) 九病虫研報 52. (講要)

勝山直樹・櫻井民人・堀之内勇人・伊藤勇弥・森光太郎・津田新哉 (2014) 関西病虫研報 56: 145-148.

森光太郎 (2013) 現代農業 6月号: 164-165.

森光太郎・大朝真喜子・吉田潔充 (2014) 関西病虫研報 56: 121-124.

森田茂樹・柏尾具俊・井上栄明・柿元一樹 (2008) 九病虫研報 54: 78-84.

大朝真喜子・平野耕治 (2010) 第20回天敵利用研究会 30. (講要)

Okajima, S. (2006) The Suborder Tubulifera (Thysanoptera). In: The Insect Japan Vol. 2. (Entomological Society of Japan ed.). Touka Shobo Co. Ltd., Fukuoka, pp. 267-268.

櫻井民人・勝山直樹・中尾史郎・塘 忠顕・日本典秀・井上栄明・津田新哉 (2011) 北日本病虫研報 62: 140-143.

新藤潤一 (2015) 第59回日本応用動物昆虫学会 203. (講要)