粘着トラップによるハダニ天敵昆虫類調査法

- ハダニ低密度圃場における有用性評価と 合成植物揮発性成分が捕獲数に与える影響 -

高橋英夫・高藤晃雄・高林純示¹⁾

京都大学大学院農学研究科

Efficiency of a Sticky Trap for Censusing the Natural Enemy Fauna of Spider Mites. Hideo Takahashi, Akio Takafuji and Junji Takabayashi²⁾ (Laboratory of Ecological Information, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 45: 189-194 (2001)

Abstract: In pear orchards, we studied the efficiency of a sticky trap method for censusing the natural enemy fauna of the spider mite *Tetranychus kanzawai*. When compared to beating and direct observation methods, the sticky trap captured a larger number of insect predator species. The sticky trap was particularly useful for censusing *Stethorus japonicus* and *Orius* spp. when the density of the spider mite was low in the orchards. The sticky traps with synthetic plant volatiles slightly, but significantly increased the number of *Orius* spp. captured in the trap when compared with the traps without the chemicals.

Key words: Natural enemies, census method, sticky trap, spider mite, plant volatile

緒 言

温室、露地栽培を問わず、農業依存性の高い農生態系においてハダニ類（主に *Tetranychus* 属と *Panonychus* 属）はしばしば大発生し被害をもたらす。その理由として、このような農生態系では合成ピレスロイド系殺虫剤などの薬剤散布が捕食性天敵類を除去するためだと考えられている（古橋・森本, 1989）。一方、放棄された果樹園のように薬剤防除をいっさい行わない場合、ハダニ類が大発生することはほとんどない（例えば Westigard, 1973）。

ナシ栽培においてハダニ類は重要な害虫であり、本研究の調査地である奈良県の露地ナシ栽培地帯においても、ハダニ類の多発生による被害が問題となっている。しかし、同じナシ栽培地帯にありながら省農業害虫管理が試みられているナシ園では、薬剤散布を全く行わない初夏には殺ダニ剤を散布しなくてもハダニ類はほとんど観察されない。この時期のナシ園は下草も含めハダニの増殖が可能な環境であり、薬剤の散布が全くない状況においてハダニ類が増加しない理由の一つとして捕食性天敵類の働きが考えられる。すなわち、そのような薬剤無散布下においてはハダニの天敵類が維持されており、それらの捕食によってハダニ類の増殖が抑制されていると考えられる。

上記のナシ園での予備的な調査では、わずかに成虫ステージの天敵類が観察されたものの、幼虫ステージの天敵類は全く観察されなかった。このことから、初夏にナシ園のハダニ類の密度増加を抑えているのは、密度の低い成虫ステージの天敵類だと考えられる。

一般にハダニ捕食者の種類や個体数の調査ではハダニコロニーを現場で直接観察したり、寄生葉を抽出して持ち帰り、顕微鏡下で計数する。しかし、コロニーそのものを発見するのが困難なほどハダニの密度が低い場合には、これらの方法では天敵を認知できないことが多い。そのため、ハダニ個体群の増殖初期にある圃場でどのような捕食性天敵が存在するのか調べた例はほとんどない。ハダニ個体群の増殖初期の個体群動態に捕食性天敵類がおよぼす影響を調べるために、ハダニ低密度時における有効な天敵調査法の開発が必要である。

Congdon et al. (1993) は、人為的に作ったハダニコロニー (trap colony) をハダニ密度が低いキイチゴ園に設置し、そこに発生する天敵を調べた。その結果、直接観察法では認知できなかった天敵類を検出した。しかし、たとえ天敵調査のためとはいえ、難防除害虫であるハダニをあえて圃場に導入する方法を実際の農業現場で用いることは難しい。

¹⁾ 現在 京大大学生態学研究センター

²⁾ Present address: Center for Ecological Research, Kyoto University, Otsu, Shiga 520-2113, Japan

2001 年 1 月 25 日受領 (Received 25 January 2001)

2001 年 7 月 30 日登載決定 (Accepted 30 July 2001)

一方、小池ら(2000)が開発した Phyto trap 法では、調査対象であるカブリダニ類がクモ類やチョウ目幼虫の巣を生息場所として利用する習性を利用して、直接観察やサンプリング法などよりも効率よくカブリダニ類を採集することが可能となし、trap colony のような問題もない。しかしこの方法はカブリダニ類のみを調査対象としたものであり、多くの農生態系でふつうに観察される捕食性昆虫類の調査には適さない。そこで本研究では、ハダニが低密度であるナシ園に発生する天敵類、特に捕食性昆虫類の成虫ステージを対象として、その種類相および個体数調査に有効な調査法として粘着トラップに注目し、野外調査によってその有効性を評価した。また直接観察法、たたき落とし法による調査も同時に行い、天敵昆虫類の成虫ステージの調査法としての特性をそれぞれ評価した。

さらに本研究では、粘着トラップの天敵捕獲効率を高めるために、天敵類に対する誘引性が期待できる揮発性物質の利用を試みた。これまでの報告から、様々な植物-植食者-捕食者の3者系において、植食者に加害された植物が生産する匂い成分が捕食者に対して誘引活性を示すことが知られている(Dicke and Vet, 1999)。例えばナミハダニ黄緑型(*Tetranychus urticae* Koch)に加害されたリママメ(*Phaseolus lunatus* L.)の匂いに対しては複数種のカブリダニ類とハダニアザミウマ(*Scolothrips takahashii* Priesner)などの天敵昆虫類が誘引される(Shimoda et al., 1997; Dicke et al., 1998)。このような複数の天敵種に対し誘引活性を示す揮発性物質(もしくはそのブレンド)を誘引剤として利用できれば、複数種が同時・同所的に発生するハダニ天敵類の調査に有用であろう。そこで本研究では、カンザワハダニに加害されたナシ葉の匂いをもとに誘引剤を考案し、これを粘着トラップと併用することで、天敵昆虫類成虫の捕獲数の増加を試みた。

本研究をすすめるにあたり、奈良県果樹振興センターの井上雅央博士には終始御援助と御助言をいただいた。また、久野英二京都大学名誉教授および大阪市立環境科学研究所の高倉耕一博士には懇切な御助言をいただいた。稲葉地区ナシ部会の吉田氏、栗本氏、前川氏、森田氏にはナシ園の使用を快諾していただいた。深謝申し上げます。本研究は、生物系特定産業技術研究推進機構、文部省未来開拓研究(JSPS-RFTF96L00603)および農林水産省農林水産技術会議事務局のプロジェクト研究「環境負荷低減のための革新的農業技術の開発」より補助をいただいた。深謝申し上げます。

材料および方法

1. 調査地およびハダニと天敵類の季節消長

調査および誘引実験は奈良県生駒郡斑鳩町のナシ産地で行った。本産地は小規模な23軒のナシ栽培農家から成り、

ナシ園の総面積は約6haである。この地区からナシ園を4園(A~D)選び、調査地とした。園A(約10a)とB(約5a)は互いに隣接し、園C(約20a)はこれらから約150m南東に位置し、園D(約10a)は園Cからさらに約100m南に位置した。これらナシ園の間には、小規模なナシ園や水田、住宅地などが散在した。園BとCは奈良県が指導する防除暦に従った慣行防除を実施していた。一方、園AとDでは実験的に省農薬栽培を行っており、殺菌剤およびチャバネアオカメムシの緊急的な防除のための有機リン系殺虫剤を数回散布した以外には、栽培期間を通して殺ダニ剤は全く使用しなかった。

ハダニ類と天敵類の季節消長は園A、BおよびCにおいて調べた。各ナシ園ごとに5本の調査樹を選び、調査日ごとに各調査樹から任意に20葉を抽出し、計100葉上のハダニ雌成虫数および天敵類の数(卵を除く全てのステージ)を現場で計数した。調査は1997年5月7日から10月8日まで、原則として2週間に1回(合計13回)行った。

2. 粘着トラップ法、たたき落とし法および直接観察法による天敵昆虫類(成虫ステージ)の調査

天敵昆虫類(成虫ステージ)の調査は粘着トラップ法(sticky trap)、たたき落とし法(beating)および直接観察法(direct observation)により行った。粘着トラップ法とたたき落とし法はA、B、CおよびD園において、直接観察法はA、BおよびC園において行った。

粘着トラップ法には透明のITシート(日東電工株式会社)を用い、シートの保持にはSEトラップ(サンケイ化学株式会社)の屋根と床板を用いた(Fig. 1)。これをナシ園あたり4個ずつナシ樹の枝または支線から吊し、粘着シートの地上高が1~1.5mとなるように設置した。シートは原則として設置後7日目に交換し、実験室で捕獲された天敵類(成虫ステージ)の種類と個体数を顕微鏡下で調べた。本調査は1997年5月28日から10月15日にかけて合計20回行った。なお、この調査は後述の誘引実験における無処理区を兼ねた。

たたき落とし法による調査では直径42cmの捕虫網を用い、これをナシ枝の下側からおおいがぶせ、素手で枝を10回たたいた。枝は園ごとに20枝を調査ごとにランダムに選んだ。網内に捕獲した天敵類(成虫ステージ)はその場で吸虫管で回収し、種類と個体数を記録した。本調査は原則としてハダニ調査と同じ日に行い、A園では1997年5月21日から10月8日まで合計12回、B、CおよびD園では6月18日から10月8日まで合計10回行った。

直接観察法による調査は、前述のハダニ調査と同時に天敵類(成虫ステージ)を調査・記録して行った。

3. 合成植物揮発成分を用いた粘着トラップによる天敵(成虫ステージ)調査

天敵類に対する誘引源として、2種類の揮発性成分ブレ

Fig. 1. A sticky trap with a transparent sticky sheet, modified version of the SE-trap (Sankei Chemical Co., Ltd.).

Table 1. Volume of synthetic volatile compounds used as attractants in 2 types of sticky traps for predators of spider mites

Odor sources	Compounds ^a (mg)				
	<i>cis</i> -3-hexen-1-ol	<i>trans</i> -2-hexenal	<i>cis</i> -3-hexenyl acetate	Methyl salicylate	Farnesene (α - and β -mixture)
Type 1	15	50	15	0	0
Type 2	15	50	15	15	15

^a *cis*-3-hexen-1-ol, Aldrich Chem. Co., Milwaukee, 98%; *trans*-2-hexenal, Wako Pure Chemistries, Ltd., Osaka, 97%; *cis*-3-hexenyl acetate and methyl salicylate, Wako Pure Chemistries, Ltd., Osaka, 98%; farnesene (α - and β -mixture), Tokyo Kasei Kogyo Co., Ltd., Tokyo (mixture of isomers).

ンドを用いた (Table 1)。タイプ 1 は青葉アルコール、青葉アルデヒドおよび青葉アセテートの混合物である。これらの物質は、機械的な傷害を受けた緑色植物が一般的に生産するものである (Matsui, 1998)。これらの混合比率は、ナシ葉に機械的傷を与えた場合に出る匂い物質中における成分比 (高橋ら, 未発表) をもとに決定した。タイプ 2 ではタイプ 1 にサリチル酸メチルと α および β ファーネセンの混合物を加えた。これらの化合物は、カンザワハダニに加害されたナシ葉から誘導的に出る匂い成分 (高橋ら, 未発表) のうち、市販品として入手可能な成分である。これら揮発性成分の担体として、ゴム製パッキン付きのスクリー管キャップ (直径 3.3 cm, 高さ 1.5 cm) を用いた。徐放性を保つため、揮発性成分はパッキンにしみ込ませた。これらのキャップを 1 個ずつ、天敵調査に用いたものと同型のトラップ (Fig. 1) の粘着シート中央に設置した。無処理区には匂い成分を施用しないスクリー管キャップのみを用いた。揮発性物質タイプ 1, 2 を処理したトラップおよび無処理トラップを各 4 個ずつ、A, C および D の各

園内にランダム配置した。粘着シートと誘引源は原則として 7 日ごとに交換した。

本実験は 1997 年 6 月 19 日から 10 月 15 日まで計 16 回行った。回収した粘着シートは実験室に持ち帰り、捕獲された天敵の種類と個体数を実体顕微鏡下で調べた。各処理が天敵の捕獲個体数におよぼす効果は、Wilcoxon の符号順位検定法によって評価した。調査回ごとに、ナシ園あたり各処理区の合計捕獲個体数 (粘着シート 4 枚分) を算出し、これを 1 反復として合計 48 反復 (調査回数 16 回 $\times$ 3 園) とみなし、タイプ 1 処理区と無処理区、およびタイプ 2 処理区と無処理区について比較した。ナシ園面積と調査期間の制約から一つのナシ園で十分な反復数を得ることができないため、今回はナシ園の違いを要因とせず統計処理を行った。

Fig. 2. Seasonal occurrences of *T. kanzawai* and its predators on pear trees determined by direct observations in 1997. Arrows show pesticide sprayings.

結果および考察

1. 直接観察によるナシ園でのハダニと天敵類の季節消長

調査ナシ園に発生したハダニ類のほとんどはカンザワハダニ (*T. kanzawai* Kishida) だった。ハダニの季節消長を調べた A, B および C 園においては、カンザワハダニは春から初夏にかけてはほとんど発生せず、晩夏になって 1 回の発生のピークを示した (Fig. 2)。慣行防除園である B および C 園でのピーク密度が特に高く、50 匹/葉近くに達した。省農業栽培を実施していた A 園ではハダニ密度は低く推移し、殺ダニ剤を使用することはなかった。

ナシ葉上で観察された天敵類 (卵を除く全てのステージ) は、A, B および C 園ともにほとんどが捕食性昆虫類であり、カブリダニ類はそれらに比べきわめて少なかった (Fig. 2)。天敵類の季節消長のパターンは 3 園で類似していた。すなわち 8 月中旬以前にはほとんど発生が観察されず、その後ハダニの増加に伴って増加し、ハダニに遅れて発生のピークを示した後、9 月中旬にはほとんど観察されなくなった。

2. 天敵調査法としての粘着トラップ法の有用性

粘着トラップ法、たたき落とし法および直接観察法の 3 つの方法で観察された天敵昆虫類 (成虫ステージ) は、キアシクロヒメテントウ (*Stethorus japonicus* H. Kamiya), ハネカクシ類 (*Oligota* spp.), ハダニアザミウマ (*S. takahashii*), ハナカメムシ類 (*Orius* spp.) およびクサカゲロウ

類 (*Chrysopa* sp.) であった。*Oligota* 属ではヒメハダニカブリケシハネカクシ (*O. kashmirica benefica* Naomi) とハダニカブリケシハネカクシ (*O. yasumatsui* Kistner) の 2 種が観察されたが、これら 2 種の直接観察による区別は困難であったため、ここではケシハネカクシ類 (*Oligota* spp.) とした。ハナカメムシ類では少なくともナミヒメハナカメムシ (*Orius sauteri* Poppius) とツヤヒメハナカメムシ (*Orius nagaii* Yasunaga) が同時に捕獲された。クサカゲロウ類は *Chrysopa* 属のみを調査対象とした。

調査期間全体を通じた結果から、調査法によっては極端に調査効率の悪い天敵種があった (Table 2)。すなわち、直接観察法ではハナカメムシ類は全く観察されず、一方ピーティング法ではハダニアザミウマはほとんど観察されなかった。粘着トラップ法にはこうした問題はなく、ナシ園内に分布する天敵昆虫類 (成虫ステージ) の種構成の調査法として適していると考えられた。

ハダニ低密度期 (5 月 21 日から 7 月 31 日) (Fig. 1) に注目すると、直接観察法やたたき落とし法による調査に比べ、粘着トラップ法はハダニ密度が極端に低いときの天敵類の検出に有効な方法と考えられた (Table 3)。すなわち粘着トラップ法を用いることによって、今回調査したナシ園では春から初夏にかけてキアシクロヒメテントウ、ハナカメムシ類およびクサカゲロウ類が発生していることが明らかになった。直接観察法やたたき落とし法を用いて同様の結果を得るには、調査回数や反復数を増やす必要があると考えられ、粘着トラップ法は省力的な天敵昆虫類 (成虫ス

Table 2. The total number of insect predators (adult stage) detected by 3 census methods throughout the entire experimental period in 1997. Numerals in parentheses after each method are number of times each census was conducted.

Orchard	Census methods														
	Direct observation (12)					Beating (10) ^a					Sticky trap (20)				
	<i>Stethorus japonicus</i>	<i>Oligota</i> spp.	<i>Scolothrips takahashii</i>	<i>Orius</i> spp.	<i>Chrysopa</i> sp.	<i>Stethorus japonicus</i>	<i>Oligota</i> spp.	<i>Scolothrips takahashii</i>	<i>Orius</i> spp.	<i>Chrysopa</i> sp.	<i>Stethorus japonicus</i>	<i>Oligota</i> spp.	<i>Scolothrips takahashii</i>	<i>Orius</i> spp.	<i>Chrysopa</i> sp.
A	55	7	7	0	1	79	2	0	0	13	32	58	3	13	7
B	12	16	67	0	1	35	8	0	0	8	11	182	14	7	6
C	2	24	239	0	0	2	22	1	0	8	3	350	63	5	0
D						72	5	3	1	1	35	12	7	8	3

^a Only in orchard A, the census was conducted 12 times during the experimental period.Table 3. The total number of insect predators (adult stage) detected by 3 census methods from 21 May to 31 July 1997, when the density of *T. kanzawai* was very low. Numerals in parentheses after each method are number of times each census was conducted.

Orchard	Census methods									No. of adult females of <i>T. kanzawai</i> per leaf
	Direct observation (6)			Beating (4) ^a			Sticky trap (8)			
	<i>Stethorus japonicus</i>	<i>Orius</i> spp.	<i>Chrysopa</i> sp.	<i>Stethorus japonicus</i>	<i>Orius</i> spp.	<i>Chrysopa</i> sp.	<i>Stethorus japonicus</i>	<i>Orius</i> spp.	<i>Chrysopa</i> sp.	
A	1	0	0	0	0	4	2	7	1	0.28
B	0	0	1	0	0	0	2	6	3	0.02
C	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0.90
D				1	1	0	1	7	1	

^a Only in orchard A, the census was conducted 6 times during the experimental period.Table 4. Number of adult predators caught in traps with each type of odor source, $n=48$ replicates^a

Predators	Odor source				
	Control	Type 1		Type 2	
	No. of adults ($\bar{x} \pm \text{SE}$)/4 traps	No. of adults ($\bar{x} \pm \text{SE}$)/4 traps	p (vs. Control)	No. of adults ($\bar{x} \pm \text{SE}$)/4 traps	p (vs. Control)
<i>Stethorus japonicus</i>	1.38±0.49	1.50±0.51	0.490	1.33±0.42	0.654
<i>Oligota</i> spp.	8.75±4.33	9.75±4.01	0.754	5.02±1.93	0.589
<i>Scolothrips takahashii</i>	1.52±0.87	0.96±0.56	0.046	2.40±1.50	0.207
<i>Orius</i> spp.	0.33±0.11	0.69±0.19	0.142	1.02±0.27	0.008
<i>Chrysopa</i> sp.	0.10±0.05	0.04±0.03	0.317	0.25±0.08	0.097

^a Four control traps, four sample traps containing Type 1 attractant (Table 1), and four sample traps containing Type 2 attractant (Table 1) were set in each of the three (A, C and D) orchards. The trap sheets were exchanged and the number of adults of each predator species caught on four trap sheets of the same treatment were counted every week. The experiments were conducted from 19 June to 15 October 1997. However, the experiments were not carried out from 1 to 9 October because of pesticide applications. Thus, the total experimental period was 16 weeks. Wilcoxon signed ranks test was used to compare the number of predators caught in the control trap vs. those in Type 1 or Type 2 traps. Forty eight replicates of control and sample traps were made for each treatment.

ページ) 調査法であると考えられる。

3. 誘引剤を用いた天敵捕獲効率の向上

タイプ 1 処理区では全ての天敵類の捕獲数は無処理区と比べて有意に増加せず、ハダニアザミウマについてはむしろ減少した (Table 4)。またタイプ 2 処理区では無処理区と比べ、ハナカメムシ類の捕獲数は有意に増加したが (Table 4)、他の天敵類では有意な増加は見られなかった。

以上の結果から、タイプ 2 揮発性物質を用いることに

よって、ハナカメムシ類成虫をより多く捕獲できることが示唆された。しかし、ここで示されたハナカメムシ類の捕獲数の有意な増加が、タイプ2揮発性物質による天敵誘引活性以外の要因に影響を受けた可能性がある。Janssen (1999) は捕獲された天敵個体が放出する性フェロモンなどがその後の捕獲数に影響をおよぼす可能性があるとして指摘している。今後、誘引性物質以外の要因が天敵捕獲個体数におよぼす影響についても詳細に検討する必要があると考えられる。一方タイプ1揮発性物質によってハダニアザミウマの捕獲数が減少したが、機械的な傷を受けたナシ葉の匂いをハダニアザミウマが忌避する傾向があるのかもしれない。

植食者が誘導する揮発性物質を模倣した合成品を用いた野外誘引実験において、天敵捕獲数を増加させた研究例は本報告が初めてである。しかし今回の実験で誘引された天敵はハナカメムシ類だけであり、しかも捕獲数の増加はわずかだった。今後、誘引活性のより高い揮発成分の探索や誘引剤施用方法の技術的検討を進めるならば、天敵類の発生予察技術や圃場への侵入促進・定着性向上などの行動制御技術の開発に結びつくと期待される。

摘 要

ハダニに対する天敵昆虫類（成虫ステージ）の調査法として粘着トラップの有用性を評価するために、ナシ園において直接観察およびたたき落とし法と比較した。粘着トラップ法は他の2つの方法と比べて極端に捕獲効率の悪い天敵種がなかったことから、ナシ圃場におけるハダニ天敵相の調査に有効であると考えられた。また粘着トラップは、ハダニがきわめて少ないナシ園においても直接観察やたたき落とし法と比べて多くの天敵類（キアシクロヒメテントウ、ハナカメムシ類）を捕獲でき、ハダニ密度が低い圃場における天敵昆虫類の調査に有効であると考えられた。また、粘着トラップにハダニ加害ナシ葉が生産する匂いを併用すると、ハナカメムシ類の捕獲数がわずかながら有意に増加した。

引用文献

- Congdon, B. D., C. H. Shanks Jr. and A. L. Antonelli (1993) Population interaction between *Stethorus punctum picipes* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in red raspberries at low predator and prey densities. *Environ. Entomol.* 22: 1302–1307.
- Dicke, M., J. Takabayashi, M. A. Posthumus, C. Schutte and O. E. Krips (1998) Plant-phytoseiid interactions mediated by herbivore-induced plant volatiles: variation in production of cues and in response of predatory mites. *Exp. Appl. Acarol.* 22: 311–333.
- Dicke, M. and L. E. M. Vet (1999) Plant-carnivore interactions: evolutionary and ecological consequences for plant, herbivore and carnivore. In *Herbivores: Between Plants and Predators* (H. Olff, V. K. Brown and R. H. Drent eds.), Blackwell Science, London, pp. 483–520.
- 古橋嘉一・森本輝一 (1989) ハダニ類の合成ピレスロイド剤によるリサーチェンスと防止対策. *植物防疫* 43: 375–379. [Furukashi, K. and T. Morimoto (1989) Resurgence of citrus red mite, *Panonychus citri* McGregor by synthetic pyrethroids and its prevention. *Plant Protect.* 43: 375–379.]
- Janssen, A. (1999) Plants with spider-mite prey attract more predatory mites than clean plants under greenhouse conditions. *Entomol. Exp. Appl.* 90: 191–198.
- 小池 朗・根本 久・天野 洋 (2000) カブリダニ捕獲トラップ (Phyto trap) の開発およびその利用によるナシ樹上のカブリダニ種構成と発生消長の調査. *応動昆* 44: 35–40. [Koike, A., H. Nemoto and H. Amano (2000) New trap for survey of species structure and seasonal dynamics of phytoseiid mite on Japanese pear trees (Acari: Phytoseiidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 44: 35–40.]
- Matsui, K. (1998) Properties and structures of fatty acid hydroperoxide lyase. *Belg. Journ. Bot.* 131: 50–62.
- Shimoda, T., J. Takabayashi, W. Ashihara and A. Takafuji (1997) Response of predatory insect *Scolothrips takahashii* toward herbivore-induced plant volatiles under laboratory and field conditions. *J. Chem. Ecol.* 23: 2033–2048.
- Westigard, P. H. (1973) Pest status of insect and mites on pear in southern Oregon. *J. Econ. Entomol.* 66: 227–232.