

福岡県農林業総合試験場特別報告

第9号

促成栽培イチゴにおける土着天敵ハダニアザミウマ
を活用したナミハダニ防除技術の開発

平成30年3月

福岡県農林業総合試験場

(福岡県筑紫野市大字吉木)

SPECIAL BULLETIN
OF
THE FUKUOKA AGRICULTURE AND FORESTRY
RESEARCH CENTER
NO.9

Development of biological control method using natural enemy *Scolothrips*

takahashii Priesner against *Tetranychus urticae*

Koch on strawberry in nursery period.

by

Hirotsugu YANAGITA

THE FUKUOKA AGRICULTURE AND FORESTRY
RESEARCH CENTER

Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan

March 2018

促成栽培イチゴにおける土着天敵ハダニアザミウマを
活用したナミハダニ防除技術の開発

柳田 裕紹

2017

＊九州大学 審査学位論文

目次

緒言	1
第1章 促成イチゴで発生するナミハダニの薬剤感受性の動向	
第1節 促成イチゴで発生するナミハダニの薬剤感受性検定	7
第2章 促成イチゴにおけるナミハダニに対する土着天敵相の解明	
第1節 イチゴ育苗期に発生するナミハダニの土着天敵調査	15
第3章 生物的防除資材としてのハダニアザミウマの特性評価	
第1節 実験的評価法に基づくハダニアザミウマの防除効果	31
第2節 ハダニアザミウマに影響のない殺虫・殺菌剤の選抜	44
第4章 ハダニアザミウマを保護利用したナミハダニ防除体系の確立	
第1節 ハダニアザミウマを保護利用したナミハダニ防除の 現地実証試験	56
総合考察	64
要約	70
謝辞	73
引用文献	75
Summary	83

緒言

イチゴ *Fragaria* × *ananassa* Duch. は、北米産イチゴ *Fragaria virginiana* とチリ産イチゴ *Fragaria chiloensis* の交雑により、18 世紀にオランダで育成されたバラ科の草本性植物である (Darrow, 1966). 代表的な生産国として、中国、アメリカが挙げられるが、日本での生産も盛んで、2013 年の生産量は 165,000t と、世界第 10 位に位置する (FAO, 2017). 我が国のイチゴは全国で栽培されているが、特に九州地域での栽培が多く、その生産量は全体の 30% 程度を占める (農林水産省, 2017a). 福岡県は国内第 2 位のイチゴ生産地で、2014 年産の産出額は 196 億円 (農林水産省, 2015) と、県内で生産される野菜の中で第 1 位の重要な品目である. 本県育成品種の「福岡 S6 号」(以下、商標名の「あまおう」とする) は、果実が大きく、良食味で、着色が良いという特性を有することから (三井ら, 2003), 国内市場からの評価も高く、近年では、香港、台湾、シンガポールを中心に輸出を拡大している (福岡県, 2014).

福岡県の場合、10 月に親株を圃場に定植し、翌年の 6 月頃に親株から発生したランナーを採苗した後に、9 月中旬まで育苗圃場で管理し、9 月下旬から 5 月下旬までビニルハウスを利用して栽培する促成作型が多い (Fig. 1). 栽培期間が長期に渡るため、発生する病害虫も多く、その防除も長期間実施される. イチゴで発生する害虫として、ハダニ類 (ダニ目: ハダニ科), アブラムシ類 (カメムシ目; アブラムシ科), アザミウマ類 (アザミウマ目: アザミウマ科), ヤガ類 (チョウ目; ヤガ科) 等が挙げられ、病害では、うどんこ病 *Sphaerotheca humuli* (DG.) Burr., 炭疽病 *Glomerella cingulata*, 灰色かび病 *Botrytis cinerea* Persoon, 疫病 *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* 等が挙げられる. これまでは、炭疽病による被害が多く認められていたが、化学的防除法や耕種的防除法を組み合わせた防除の徹底を推進し (福岡県, 2008), 被害は減少している. しかし、炭疽病の被害が減少する中、福岡県病害虫防除所の予察調査では、2008 年以降からナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch (Fig. 2) の発生圃場率が増加し始めた.

ナミハダニは、体長 0.45 mm 内外と微小で増殖力が高く、果樹や野菜、花き類等の多くの園芸作物を加害する重要害虫である（江原・真梶，1993）。イチゴの促成栽培では、ハウスの加温開始以降から個体数が指数関数的増殖を示し、高密度になると株全体が萎縮した状態になり著しい減収を来す（沢木・佐藤，1986）（Fig. 3）。ナミハダニは苗に寄生した状態で本圃へ持ち込まれるため（合田・中村，1986），本圃でのナミハダニの被害を抑制するためには、育苗時期の防除を徹底する必要がある。ナミハダニに対する主な防除法は薬剤散布による化学的防除法であり、高い防除効果を得るために、薬剤感受性の動向（福岡県，2008）や、卵から成虫までの各生育ステージに対して殺虫活性を有する薬剤情報（日本植物防疫協会，2016）を基に選定した薬剤で定期的に防除を実施している。しかし、生産現場では、薬剤防除を徹底しているにもかかわらず、ナミハダニの発生が抑制されない事例が多く認められている。他県でもナミハダニの発生増加が問題となっており（農林水産省，2017b），この要因として、薬剤に対する本虫の感受性低下が考えられる。

ナミハダニの薬剤感受性低下は他の害虫に比べて著しく（刑部・上杉，2009），栃木県（春山・松本，2013），奈良県（国本，2010）でも数種薬剤に対する感受性低下が報告されており、本県においても、過去に実施した薬剤感受性検定の結果（福岡県，2008）よりも更に殺虫効果が低下している可能性が高い。実際に、福岡県の花き圃場より採集したナミハダニ個体群で薬剤感受性の低下が報告されていることから（桐明・柳田，2015），防除効果を得るためには、イチゴで発生するナミハダニの薬剤感受性の動向を把握しなければならない。また、ナミハダニ防除で使用される主要薬剤のほとんどは浸透移行性がないため（日本植物防疫協会，2016），散布ムラが生じないように薬剤散布を徹底する必要があるが、生産者の高齢化に伴う作業負担の増加が問題となっていることから、薬剤感受性の動向と併せて、新しい防除技術の開発が必要である。

本論文では、ナミハダニの発生源となる育苗時期の効率的な防除法の確立を目指し、まず、第 1 章では、福岡県内のイチゴ主産地から採集したナミハダニに対する薬剤感受

性検定を実施し、本虫の感受性の動向を明らかにした。第 2 章では、育苗期の農薬代替技術として、果樹で多くの知見が得られているナミハダニの土着天敵活用技術（山城・若槻，2006；岸本ら，2007；國本ら，2009）をイチゴに応用するために、育苗時期に発生する土着天敵の優占種を解明し、土着天敵を活用した防除体系の可能性について検証した。第 3 章では、第 2 章で明らかにした、イチゴ育苗期の優占種であるハダニアザミウマ *Scolothrips takahashii* Priesner（アザミウマ目：アザミウマ科）の天敵としての能力を解明するために、小型ケージを用いた実験的評価試験（矢野，2003）と本虫を保護利用するために必要な薬剤への影響評価試験を実施した。第 4 章では、福岡県のイチゴ主産地である八女市の現地圃場にて、ハダニアザミウマを保護利用した防除技術の有効性を評価した。

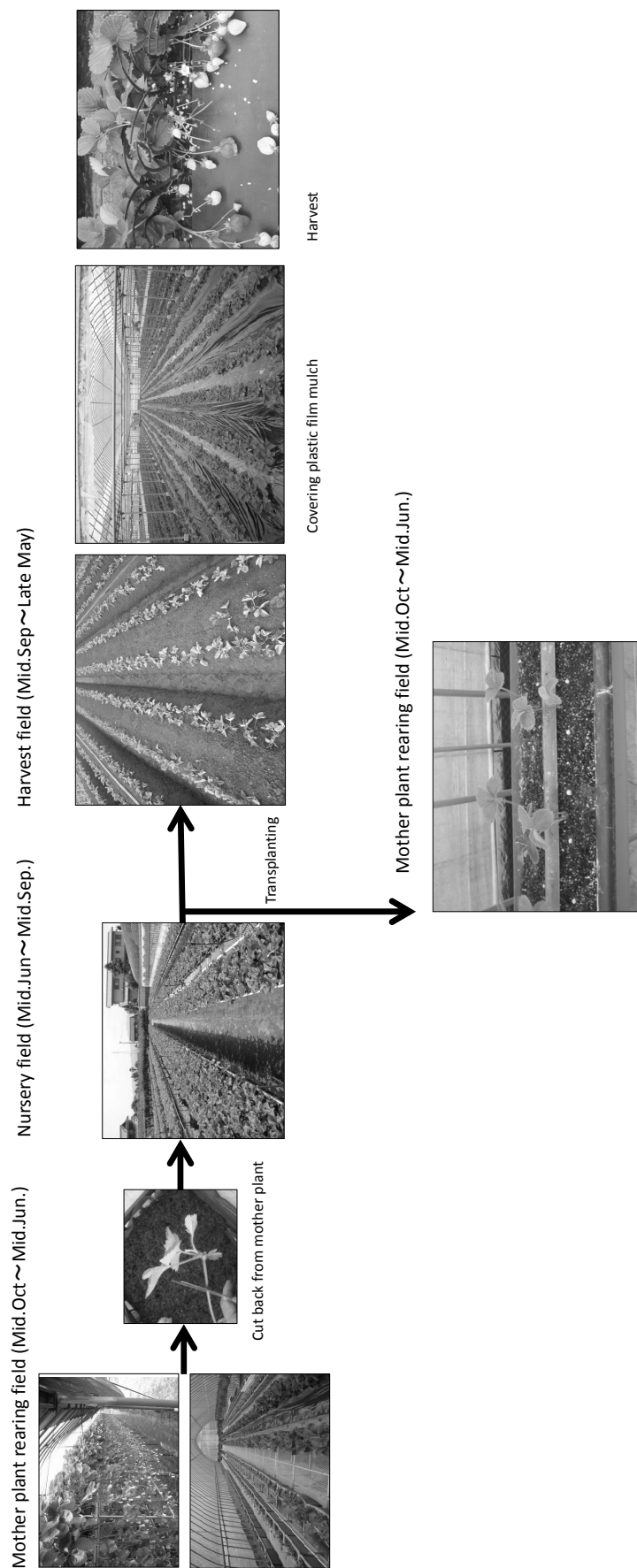


Fig. 1. The strawberry harvest system in Fukuoka.

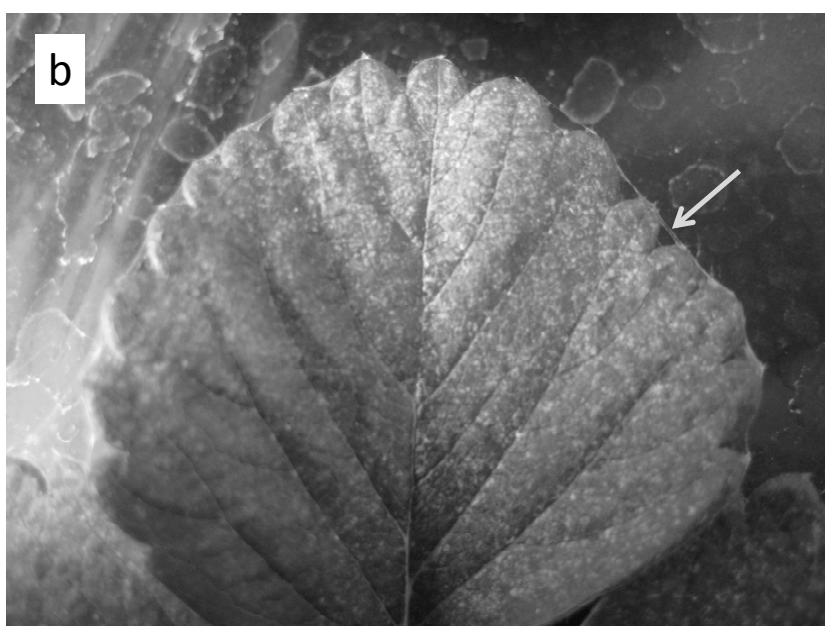
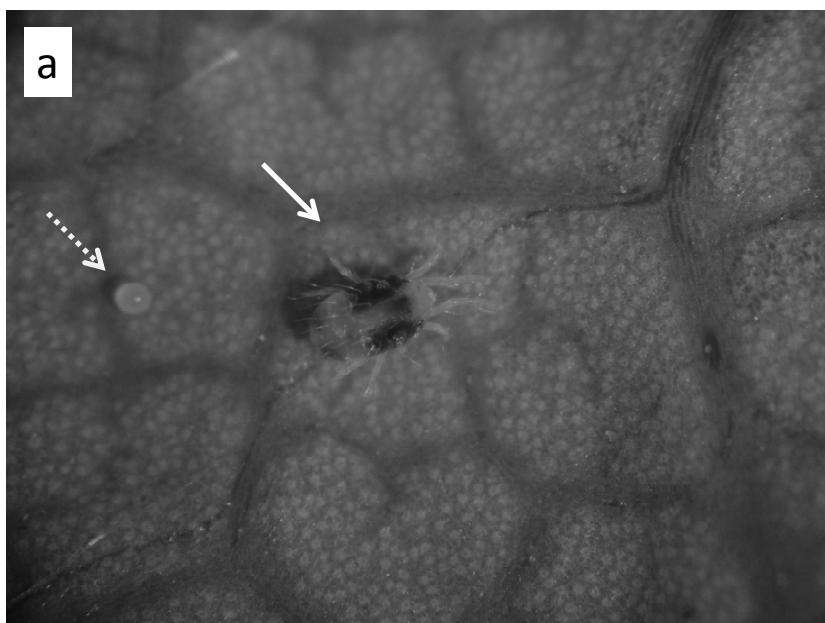


Fig. 2. *Tetranychus urticae* Koch and strawberry leaf damaged by *T. urticae*.

a: Arrow and dashed line arrow indicate adult female of *T. urticae* and egg respectively.

b: Strawberry leaf caused serious damage of *T. urticae* is often observed webbing spun by them (arrow).



Fig. 3. Healthy plant (left) and injured plant by *Tetranychus urticae* Koch (right)

Strawberries are caused serious damage by *T. urticae* Koch, such as stunting of plant growth and reduction in quality and yield.

第1章 促成イチゴで発生するナミハダニの薬剤感受性の動向

第1節 促成イチゴで発生するナミハダニの薬剤感受性検定

福岡県では、イチゴのナミハダニ防除対策として、病害虫防除所の発生予察情報に基づく適期防除を推進しており、生産現場では、この発生予察情報を基に、系統の異なる薬剤のローテーション散布を実施し、ナミハダニ防除を徹底している。しかし、近年では、薬剤防除を徹底しているにも関わらず、ナミハダニの発生量が増加傾向となっており、本虫の薬剤感受性低下が懸念されている。ナミハダニに対して高い防除効果を得るためには、本虫の発生消長の把握と併せて、薬剤感受性の動向を踏まえた効果的な薬剤の選定が重要である。そこで、ナミハダニの効率的な防除技術を確立するための基礎資料を得るために、福岡県のイチゴ主産地で発生するナミハダニ雌成虫と卵に対する主要薬剤の感受性検定を実施した。

材料および方法

供試虫および供試薬剤

検定に用いる供試虫は、福岡県イチゴ主産地の4地域、すなわち、福岡、筑豊、豊前および筑後地域の9市町から得た。2015年3月～6月に各地域で栽培されている「あまおう」の本圃からナミハダニが寄生した複葉を20～40枚採集し、採集後は、プラスチック製の飼育ゲージ（W：49.0×D：31.5×H：30.0 cm）に入れた9 cm ポリポットのインゲンマメ *Phaseolus vulgaris* Linnaeus 「品種：ドーバー」10～12株に採集したイチゴ複葉ごと移し入れ、検定までインゲン苗を定期的に交換し、25℃・自然日長条件下で個体群を維持した。

供試薬剤はTable 1に示すとおり、イチゴに対し「ハダニ類」で農薬登録を有するものの中から、これまでの感受性検定で高い効果が得られているミルベメクチン水和剤、

エマメクチン安息香酸塩乳剤およびビフェナゼート水和剤（福岡県，2008）の他，感受性に関する知見が少ないものの，ナミハダニの各種生育ステージに活性を有することから生産現場での使用頻度が高い，アセキノシル水和剤，シフルメトフェン水和剤，シエノピラフェン水和剤，ピフルブミド・フェンピロキシメート水和剤の合計7剤を選定した．これらを水道水で所定の濃度に調整し，展着剤としてポリオキシエチレンメチルポリシロキサン 93.0%製剤を5000倍となるように加用した薬液を供試した．対照として，水道水に展着剤を同様に加用したものをを用いた．

Table 1. List of the pesticides examined

IRAC ^{a)}	Pesticides	Formulation ^{b)}	Active ingredient (%)	Dilution ^{c)}
6	Milbemectin	WP	2	2,000
6	Emamectin	EC	1	2,000
20B	Acequinocyl	SC	15	1,000
20D	Bifenazate	SC	20	1,000
25A	Cyenopyrafen	SC	20	2,000
25A	Cyflumetofen	SC	30	1,000
25B 21A	Pyflubumide・ Fenproximate	SC	15 5	2,000

^a Mode of action (MoA) (for insecticides) code number indicates the classification prepared by the Insecticide Resistance Action Committee (<http://www.irac-online.org/documents/moa-classification/>).

^b WP: Wettable powder. EC: Emulsifiable concentrate. SC: Suspension concentrate.

^c Dilution registered on strawberry culture.

検定方法

雌成虫と卵に対する検定として、望月（1998）に準じたリーフディスク法で下記の通りに行った。雌成虫の検定では、50×50 mm に調整したインゲン葉を薬液に 10 秒間浸漬させた後、ペーパータオル上で風乾させ、その後、直径 90 mm のプラスチックシャーレ内に十分に水を含ませた 55×55 mm のスポンジを入れて、この上にインゲン葉を葉裏が上となるように静置し、雌成虫の逃亡を防ぐために水道水を含ませた幅 5 mm のキッチンペーパー（製品名：リードッキングペーパー、ライオン㈱）で葉の四辺を囲んだ（Fig. 4）。次に、累代飼育した個体群の雌成虫を、毛筆を用いてランダムに 10～15 頭採集し、リーフディスクに接種した。検定は 25℃・16 時間日長条件で行い、接種 96 時間後に実体顕微鏡（倍率：×10）で観察し、毛筆でつついても全く反応がないものを死亡虫として、死亡率を算出した。死亡率は水道水処理の値を対照として、Abbott（1925）の式により補正した。なお、検定は各処理とも 3 反復、合計 24～36 頭で実施した。

卵の検定では、直径 90 mm のプラスチックシャーレ内に十分に水を含ませた 55×55 mm のスポンジを入れて、この上に 50×50 mm に調整したインゲン葉を葉裏が上となるように静置し、これに雌成虫を毛筆で 5～8 頭接種し、雌成虫の検定と同様に、水道水を含ませた幅 5 mm のキッチンペーパーで葉の四辺を囲み、シャーレ内を水で溜めた。これを 25℃・16 時間日長条件下で 48 時間静置し、十分に産卵させ、検定直前に毛筆を用いて雌成虫をインゲン葉から除去した。インゲン葉は 10 秒間薬液に浸漬させた後に、ペーパータオル上で風乾させ、再びプラスチックシャーレ内のスポンジに載せた。検定は雌成虫に対する殺虫試験と同様の条件下で行い、処理 6 日後に実体顕微鏡下で、未孵化卵、生存幼虫および死亡幼虫を計数し、死亡率を下記に示す計算式により算出した。

$$\text{死亡率} = ((\text{未孵化卵数} + \text{死亡幼虫数}) / \text{供試卵数}) \times 100$$

検定は各処理とも 3 反復、合計 138～364 卵で実施し、殺虫効果試験の方法に準じ、死亡率は Abbott（1925）の式により補正した。

なお、両試験ともに各農薬の殺虫効果の程度については、大野ら（2010）と同様に、70%未満のものを「低い」として扱った。

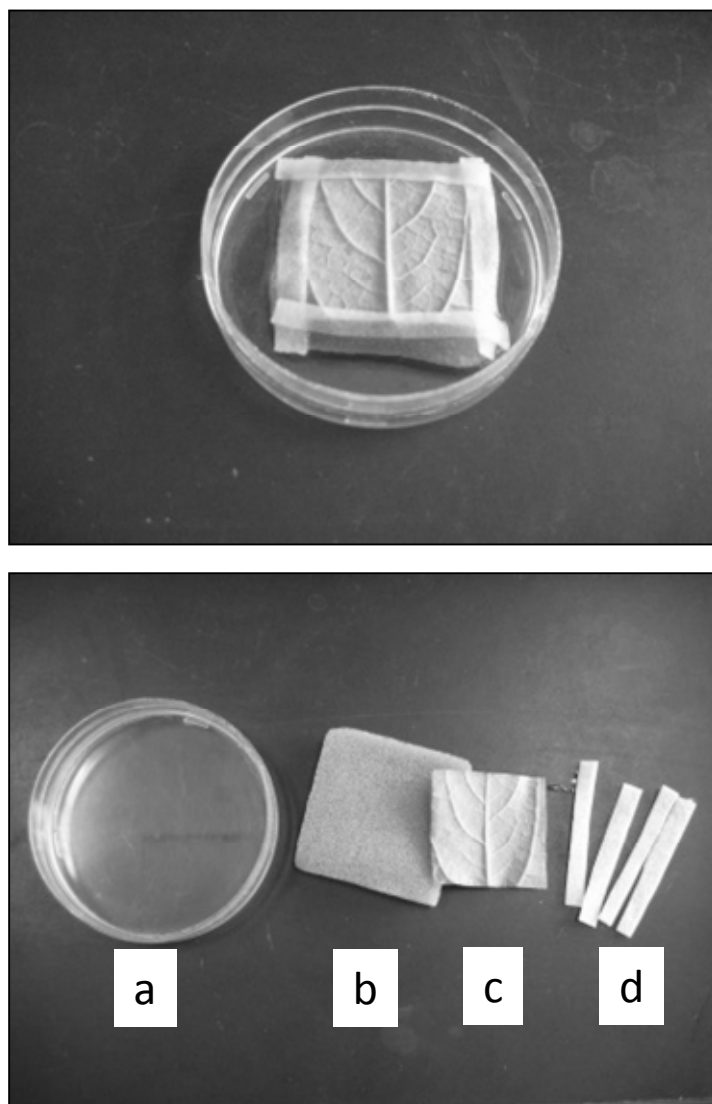


Fig.4. Leaf disc assay for monitoring insecticide susceptibility of *Tetranychus urticae* Koch.

a: plastic dish (ϕ 90mm) b: sponge (55×55mm) c: kidney bean leaf disc (50×50mm) d: paper towel (55×5mm)

結果

雌成虫に対する各種薬剤の効果

福岡県内のナミハダニ 9 個体群の雌成虫に対する各種薬剤の殺虫効果を Table 2 に示した。供試個体群全てに対して殺虫効果が得られる薬剤は認められなかった。特に、ミルベメクチンとシフルメトフェンでは、それぞれ筑豊と久留米 4 の個体群にしか殺虫効果は認められなかった。採集地域間でナミハダニの補正死亡率は大きく異なり、特に、久留米 1 の補正死亡率は 13.2～57.7%と全ての薬剤で殺虫効果の低下が認められた。なお、対照の水道水は死亡率 0～13.9%であった。

卵・孵化幼虫に対する各種薬剤の効果

卵・孵化幼虫に対する各種薬剤の効果を Table 3 に示した。雌成虫と同様に、採集地域でナミハダニ卵・孵化幼虫の補正死亡率は大きく異なった。ただし、雌成虫の検定結果とは異なり、殺虫効果が維持されている薬剤も認められた。ミルベメクチンでは、久留米 5 の個体群でのみ補正死亡率 49.4%と殺虫効果の低下が認められたものの、他の個体群に対しては高い殺虫効果が得られた。アセキノシル、シエノピラフェンおよびエマメクチンでは、全ての個体群に対して死亡率 70%以上の殺虫・殺卵効果が得られた。なお、対照の水道水は死亡率 0～1.2%であった。

Table 2. Corrected mortality of adult females of *Tetranychus urticae* Koch

IRAC	Pesticides	Location ^{a)}								
		Fukuoka	Chikuho	Buzen	Kurume1	Kurume2	Kurume3	Kurume4	Kurume5	Kurume6
6	Milbemectin	8.3	81.5	55.1	16.0	26.9	0.5	42.6	12.9	28.6
6	Emamectin	87.4	100	100	57.7	100	81.3	100	90.3	96.8
20B	Acequinocyl	72.3	88.9	100	25.0	39.4	52.8	100	22.6	32.5
20D	Bifenazate	90.6	96.3	100	47.7	100	91.7	100	71.5	18.7
25A	Cyenopyrafen	55.6	65.6	74.4	21.8	72.0	69.0	63.1	89.3	55.4
25A	Cyflumetofen	3.7	31.1	47.1	16.0	48.5	0.9	92.6	18.9	22.4
25B 21A	Pyflubumide • Fenproximate	37.0	53.3	96.3	13.2	48.1	89.8	93.5	21.9	57.1

a : Location indicate the district of harvest field in which *T. urticae* was collected.

Table 3. Corrected mortality of egg stage and newly hatched larvae of *T. urticae* Koch

IRAC	Pesticides	Location								
		Fukuoka	Chikuho	Buzen	Kurume1	Kurume2	Kurume3	Kurume4	Kurume5	Kurume6
6	Milbemectin	99.7	100	100	100	100	100	98.7	49.4	100
6	Emamectin	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20B	Acequinocyl	100	100	100	100	100	100	98.4	100	100
20D	Bifenazate	86.7	70.7	69.4	97.5	98.7	57.1	94.8	98.1	99.6
25A	Cyenopyrafen	98.7	99.5	78.2	94.8	97.4	100	100	100	99.5
25A	Cyflumetofen	86.3	54.7	64.2	25.0	36.9	80.4	65.7	81.9	88.4
25B 21A	Pyflubumide • Fenproximate	96.7	85.6	94.6	47.0	97.6	100	93.3	100	100

考察

促成栽培イチゴで使用する主要殺ダニ剤に対する雌成虫と卵・孵化幼虫に対する殺虫効果を検討した。その結果、ナミハダニ 9 個体群の雌成虫に対して効果的な薬剤は認められず、2007 年の薬剤検定（福岡県，2008）において、雌成虫に対する効果が高かったミルベメクチン水和剤，エマメクチン安息香酸塩乳剤およびビフェナゼート水和剤の殺虫効果の低下が認められた。この結果は、生産現場でナミハダニの防除効果が低下している事例を反映させるものであった。

一般的に、殺虫剤の抵抗性発達に及ぼす環境要因の一つとして、淘汰圧の強度・淘汰期間や個体群の大きさが挙げられる（桐谷・川原，1970）。また、ナミハダニの場合、感受性個体群を維持する野生寄主植物が周囲にあまり存在せず、遺伝的交流が少ないことも抵抗性を発達させる要因であると考えられている（高藤・森下，2003）。イチゴの場合、栽培期間を通して圃場周辺の除草を徹底しているため、野生寄主個体群とイチゴ寄生個体群との遺伝的交流の機会はほとんどないと考えられる。このため、イチゴで周年発生するナミハダニは、定期的な薬剤散布による高い淘汰圧を継続して受け、その結果、薬剤抵抗性が発達したと考えられる。従って、個体群間で殺虫効果に差が認められた要因は、各地域での淘汰圧の違いによるものと推測される。なお、今回の感受性検定では、2015 年に上市された新規薬剤のピフルブミド・フェンピロキシメート水和剤においても一部の個体群で感受性の低下が認められた。近年、ナミハダニの交差抵抗性の発達は非常に複雑化しており、多くの薬剤間において確認されていること（刑部・上杉，2009）から、本剤についても他剤との交差抵抗性が疑われる。

今回の薬剤検定の結果より、全ての個体群に対して殺虫率 70%以上と高い防除効果を示した薬剤は、卵・孵化幼虫に対するエマメクチン安息香酸塩乳剤，アセキノシル水和剤およびシエノピラフェン水和剤のみであった。従って、この 3 剤を基軸としてナミハダニ防除体系を組むことができると考えられる。ただし、これらを連用することで、結

果的に淘汰圧が高くなり，更なる抵抗性発達を助長させる危険性が高まることも考えられる．以上のことから，安定的な防除効果を得るだけでなく，薬剤感受性低下のリスクを回避するためにも化学的防除以外の対策を確立させる必要性が高いと考えられた．

第2章 促成イチゴにおけるナミハダニに対する土着天敵相の解明

第1節 イチゴ育苗期に発生するナミハダニの土着天敵調査

福岡県内の促成栽培イチゴで発生するナミハダニ9個体群に対する主要薬剤の殺虫効果を調査した結果、9個体群全ての雌成虫に効果を有する薬剤は無かったことから、薬剤感受性が低下した個体群が県下全域のイチゴに定着している可能性が示唆された。殺卵効果が得られる薬剤は数種あるものの、これらの剤を連用することで結果的に淘汰圧が高くなり、更なる抵抗性発達を助長させる危険性が高まることも考えられる。従って、安定的な防除効果を得るだけでなく、薬剤感受性低下のリスクを回避するためにも化学的防除以外の対策を組み合わせた防除体系の改良が必要である。育苗期の農薬代替技術として、土着天敵の活用が想定されるが、ハダニ類の土着天敵については、果樹で多くの知見が得られているものの（山城・若槻，2006；岸本ら，2007；國本ら，2009），イチゴでは、十分な知見が得られていない。そこで本研究では、育苗期に発生する土着天敵相を調査し、土着天敵を活用した防除体系の可能性について検証した。

材料および方法

現地実証圃場

半径1.5km以内で圃場間が直線距離で400m以上離れている八女市4圃場（圃場1, 2, 3および4とする）を選定し、2010年と2011年にナミハダニの土着天敵相とその発生消長を調査した（Fig. 5）。育苗規模は600～800 m²程度（育苗本数2万本程度）、圃場3のみ地床で、他の3圃場は高設ベンチにて6月から9月まで育苗した。なお、圃場4のみ2か年とも7月上旬までビニル被覆による雨除けを行った。4圃場の周辺では、主にイネ *Oryza sativa* が作付けされ、この他に圃場2では10a程度のブドウ *Vitis* spp. が栽培

されていた。また、害虫防除として Table 4 に示した殺虫剤・殺ダニ剤をそれぞれの圃場で使用した。



Fig.5. Four nursery fields in Yame region for survey on species composition of natural enemies of *Tetranychus urticae* Koch.

Field No. 1 and No. 2: Potted plants were cultivated on metal stand in open field.

Field No. 3: Potted plants were cultivated on ground in open field. Field No. 4:

Potted plants were cultivated on metal stand in covering plastic vinyl field until the beginning July.

Table 4. Insecticides and acaricides applied in each nursery field

Year	Field No.	Date of treatment	Pesticides (% AI , Formulation) ^{a)}	Concentration (ppm)
2010	No.1	29 Jul.	Lufenuron(5.0.Ec)	16.7
		4 Aug.	Fenbutatin Oxide(45.0.Wp)	225
		26 Aug.	Chlorantraniliprole(5.0.Wp)	25
	No.2	5 Aug.	Fonicamid (10.0.Wp)	50
		19 Aug.	Chlorantraniliprole(5.0.Wp)	25
		15 Jul.	Tebufenpyrad (10.0.Ec)	50
	No.3	20 Jul.	Acrinathrin (3.0.Wp)	10
		24 Jul.	Fenbutatin Oxide (45.0.Wp)	225
		1 Aug.	Chromafenozide (5.0.Sc)	25
		12 Aug.	Bifenazate (20.0.Wp)	200
		19 Aug.	Pymetrozine (50.0.Wp)	100
2011	No.1	19 Aug.	Emamectin Benzoate (1.0.Ec)	5
		6 Sep.	Pymetrozine (50.0.Wp)	100
		1 Jul.	Fenpropathrin (10.0.Ec)	100
		7 Jul.	Fenpropathrin (10.0.Ec)	100
		7 Jul.	Methomyl (45.0.Wp)	450
	No.2	2 Aug.	Tebufenpyrad (10.0.Ec)	50
		8 Aug.	Pyridalyl (10.0.Wp)	100
		10 Aug.	Hexythiazox (10.0.Wp)	50
		19 Aug.	Methomyl (45.0.Wp)	450
		20 Aug.	Milbemectin (1.0.Wp)	10
	No.3	31 Aug.	Methomyl (45.0.Wp)	450
		10 Sep.	Acetamiprid (20.0.Sp)	100
		1 Jul.	Fenpropathrin (10.0.Ec)	100
		7 Jul.	Fenpropathrin (10.0.Ec)	100
		7 Jul.	Methomyl (45.0.Wp)	450
2011	No.1	20 Jul.	Fonicamid (10.0.Wp)	50
		25 Jul.	<i>Bacillus thuringiensis</i> (10.0.Wp)	100
		12 Aug.	Bifenazate (20.0.Wp)	200
		19. Aug	Chlorantraniliprole(5.0.Wp)	25
		30 Jun.	Pymetrozine (50.0.Wp)	100
	No.2	20 Jul.	Chlorantraniliprole(5.0.Wp)	25
		25 Jul.	Fenbutatin Oxide(45.0.Wp)	225
		3 Aug.	Fonicamid (10.0.Wp)	50
		25 Aug.	Tebufenozide(20.0.Wp)	100
		29 Jun.	Pyridalyl (10.0.Wp)	100
	No.3	7 Jul.	Fonicamid (10.0.Wp)	50
		10 Jul.	Chlorfenapyr (10.0.Wp)	50
		15 Jul.	Fenbutatin Oxide(45.0.Wp)	225
		28 Jul.	Chlorantraniliprole(5.0.Wp)	25
		4 Aug.	Pymetrozine (50.0.Wp)	100
2011	No.3	8 Aug.	Bifenazate (20.0.Wp)	200
		19 Aug.	Pymetrozine (50.0.Wp)	100
		21 Aug.	Emamectin Benzoate (1.0.Ec)	5
		30 Aug.	Teflubenzuron (5.0.Ec)	25
		5 Sep.	Flufenoxuron (10.0.Ec)	25
	No.4	31 Jun.	Teflubenzuron (5.0.Ec)	25
		13 Aug.	Cyflumetofen (20.0 Wp)	200
		19 Aug.	Milbemectin (2.0 Wp)	10
		21 Aug.	Chlorfluazuron (5.0.Ec)	25
		9 Sep.	Thiodicarb (33.5.Wp)	335

^a Wp : Wettable powder. Ec : Emulsifiable concentrate. Sp : Water soluble powder. Sc : Suspension concentrate.

インゲントラップを用いたハダニ類の土着天敵相の調査

72 穴セルトレイに播種し, 9 cm ポリポットに鉢上げした初生葉展開期のインゲンマメ「品種：ドーバー」6 株に, 福岡県農林業総合試験場（以下, 福岡県農林試）で累代飼育しているナミハダニ雌成虫を株当たり 10 頭~20 頭接種したものをトラップとした。発泡スチロール容器（W: 270×D: 170×H: 100 mm）のフタに直径 8 cm 程度の穴を 6 個開け, それぞれに上記のインゲン苗を差し込み, 給水源として容器内に適宜水を溜めた。インゲントラップは採集コンテナ（W: 520×D: 365×H: 305 mm, 黄色）に入れ, 各圃場内の隅に 1 個, コンテナ開口部を圃場外に向けて静置した (Fig. 6)。

このインゲントラップを, 2010 年は 6 月 22 日から 9 月 19 日まで, 2011 年は 7 月 4 日から 9 月 7 日まで設置し, 7 日~10 日間隔で交換した。回収したインゲントラップに誘引された土着天敵を, 1~2 日後に実体顕微鏡下で計数した。なお, 土着天敵の逃亡を防ぐために, 回収から調査までの期間はプラスチック製の飼育容器（W: 490 mm×D: 315 mm×H: 300 mm）に入れて 25~30℃・自然日長条件で管理した。カブリダニ類は全てホイヤー氏液で封じてプレバラー特標本を作製し, 位相差顕微鏡下で江原（2007）を基に雌成虫のみ同定し計数した。また, 生育不良により落葉・枯死株が見られたトラップは, 「欠測」として調査対象から除いた。



Fig. 6. A kidney bean trap used in nursery fields.

イチゴにおけるハダニ類と土着天敵の発消長調査

2010 年の調査は、圃場 1 と 3 では 6 月 17 日から 9 月 15 日まで、圃場 2 は 6 月 17 日から 9 月 24 日まで、圃場 4 は 7 月 1 日から 9 月 15 日まで実施した。2011 年は圃場 4 のみ 6 月 23 日から 9 月 14 日まで、他の 3 圃場は 6 月 23 日から 9 月 7 日まで調査した。調査は 7 日～10 日間隔とし、それぞれの育苗圃場からイチゴ苗を 20～30 株間隔で 160～200 株抽出し、2010 年は中位葉 1 複葉、2011 年は中位葉 2 複葉の葉裏に生息するハダニ類の雌成虫とその土着天敵のハダニアザミウマ *Scolothrips takahashii* Priesner の成虫、カブリダニ類の成虫およびハダニタマバエ *Feltiella* sp. (ハエ目；タマバエ科) の幼虫を肉眼で調査した。なお、圃場での肉眼調査のため、カブリダニ類の種は同定しなかった。

結果

インゲントラップを用いたハダニ類の土着天敵相の調査

土着天敵相の調査結果を Table 5 に示した。2 か年ともハダニアザミウマ、ハダニタマバエ、ミヤコカブリダニ、ケナガカブリダニ *Amblyseius womersleyi* Schicha およびミチノクカブリダニ *Amblyseius tsugawai* Ehara が確認された。そのうち、2 か年全ての圃場で確認された土着天敵はハダニアザミウマのみであった (Fig. 7)。ハダニアザミウマは年次や圃場による発生量の違いはあるものの、8 月中旬以降から多く誘引された。

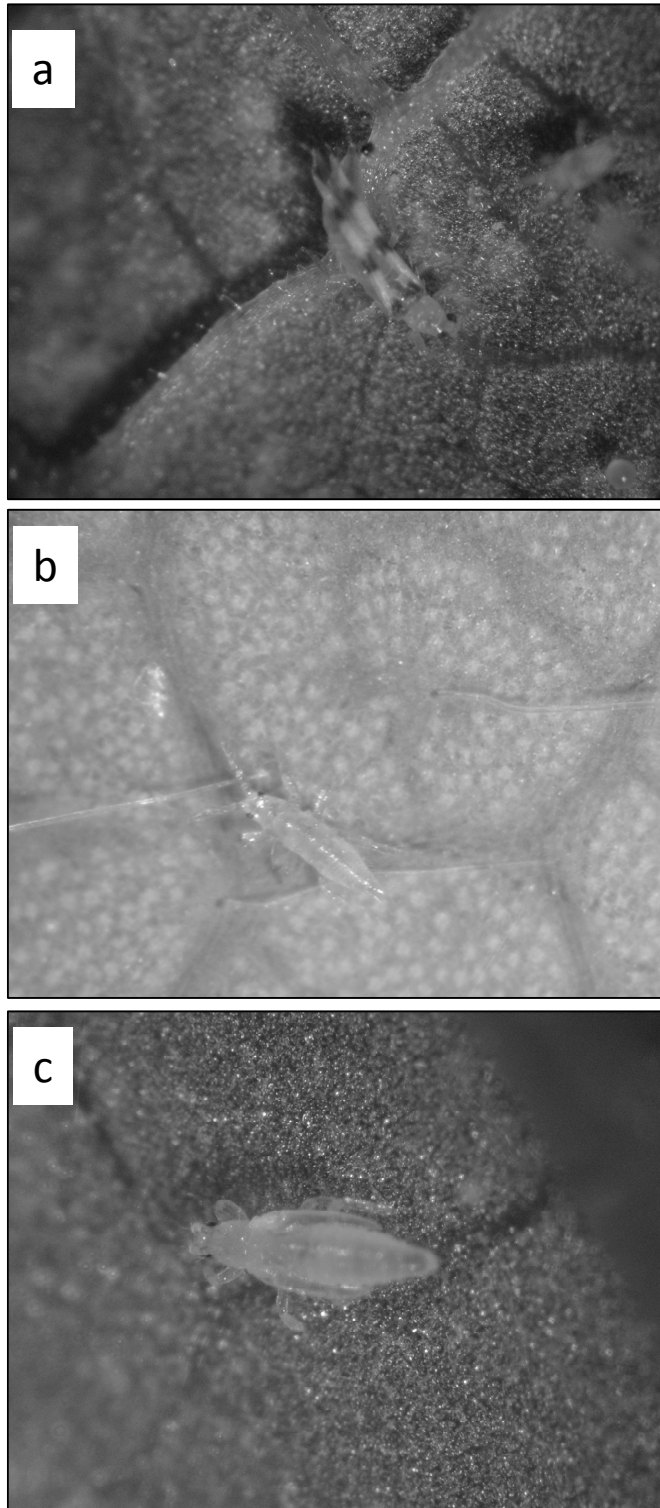


Fig.7. *Scolothrips takahasii* Priesner, natural enemy of *T. urticae* Koch.

a: adult female b: larva c: pupa.

Table 5. Seasonal changes in the number of natural enemies of spider mites captured on a kidney bean trap in 2010 and 2011

Year	Field No.	Predatory insects and Phytoseiidmites	Period of setting kidney bean trap					
			6/22~7/1	~7/8	~7/14	~7/20	~7/26	~8/6
2010	No.1	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner						
		<i>Feltiella</i> sp.				5		
		<i>Neoseiulus californicus</i>	1		2			
	No.2	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner						
		<i>Feltiella</i> sp.						
		<i>Neoseiulus californicus</i>			2		1	
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha						
		<i>Amblyseius tsugawai</i> Ehara						
	No.3	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner				—		—
		<i>Feltiella</i> sp.		4		—		—
		<i>Neoseiulus californicus</i>	2	2		—		—
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha				—		—
	No.4	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner						
		<i>Neoseiulus californicus</i>	1		1			
		<i>Amblyseius tsugawai</i> Ehara						
Year	Field No.	Predatory insects and Phytoseiidmites	Period of setting kidney bean trap					
			~8/12	~8/19	~8/24	~9/2	~9/9	~9/19
2010	No.1	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner	1		—	14	12	6
		<i>Feltiella</i> sp.			—			
		<i>Neoseiulus californicus</i>			—			3
	No.2	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner	—	4	—	2	1	
		<i>Feltiella</i> sp.	—		—			
		<i>Neoseiulus californicus</i>	—	6	—		3	3
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha		2	—		1	1
		<i>Amblyseius tsugawai</i> Ehara			—			3
	No.3	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner		1	—		4	11
		<i>Feltiella</i> sp.		4	—			
		<i>Neoseiulus californicus</i>		2	—			
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha			—		2	
	No.4	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner	—	2	—		2	17
		<i>Neoseiulus californicus</i>	—		—			
		<i>Amblyseius tsugawai</i> Ehara	—		—			1

Stages in parentheses indicate examined development stages.

—: Not examined.

Table 5. Continued

Year	Field No.	Predatory insects and Phytoseiidmites	Period of setting kidney bean trap				
			7/4~7/12	~7/20	~7/26	~8/3	~8/10
2011	No.1	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner	2		-		-
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha			-		-
		<i>Neoseiulus californicus</i>			-		-
	No.2	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner			-		
		<i>Neoseiulus californicus</i>			-		
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha			-		
		<i>Amblyseius tsugawai</i> Ehara			-		1
	No.3	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner			-		2
		<i>Feltiella</i> sp.	13		-		6
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha			-		
	No.4	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner			-		6
		<i>Neoseiulus californicus</i>	2		-		
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha			-		
Year	Field No.	Predatory insects and Phytoseiidmites	Period of setting kidney bean trap				
			~8/17	~8/23	~9/1	~9/7	
2011	No.1	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner		8	2	6	
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha		3			
		<i>Neoseiulus californicus</i>	2				
	No.2	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner	1	6	2		
		<i>Neoseiulus californicus</i>	2	3			
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha		3			
		<i>Amblyseius tsugawai</i> Ehara					
	No.3	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner	1	7			
		<i>Feltiella</i> sp.		3			
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha		7			
	No.4	<i>Scolothrips takahashii</i> Priesner	11	2			
		<i>Neoseiulus californicus</i>					
		<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha		11			

イチゴにおけるハダニ類と土着天敵の発生活長調査

2010 年と 2011 年の調査結果を Fig. 8 と Fig. 9 にそれぞれ示した。2 か年ともに全ての圃場においてナミハダニ黄緑型が優占的に発生した。

1) 2010 年

圃場 1 では、ハダニ類は 6 月下旬から 7 月中旬まで低密度で推移したが、7 月下旬から急激に増加し、8 月 4 日に 1.48 頭/複葉とピークに達した。殺ダニ剤散布後は個体数が減少し、9 月中旬まで低密度で推移した。ハダニアザミウマはハダニ類の密度が低い 7 月上旬から定着が認められたが、ハダニ類のピーク時にも 0.02 頭/複葉にとどまった。ただし、ハダニ類が減少した 8 月下旬以降も低密度ではあるが定着が認められた。カブリダニ類は 9 月上旬に 0.01 頭/複葉とわずかに確認されただけであった。ハダニタマバエは調査期間を通して確認されなかった。

圃場 2 では、6 月中旬にハダニ類が 0.2 頭/複葉認められたが、その後は密度が低下し、7 月中旬まで低密度で推移した。この時期に殺ダニ剤の散布や土着天敵は認められず、ハダニ類の密度低下に関する要因は判然としなかった。しかし、7 月下旬からハダニ類の密度が増加し、8 月 4 日に 0.46 頭/複葉とピークに達した。殺ダニ剤は散布されなかったが、密度は 8 月下旬以降に減少し、9 月下旬まで低く推移した。ハダニアザミウマはハダニ類の発生と同じ 8 月上旬から確認され、8 月下旬まで認められた。その後は、ハダニ類が減少した 9 月中旬にもわずかではあるが認められた。カブリダニ類はハダニアザミウマより少し遅れて 8 月 12 日に 0.06 頭/複葉確認され、8 月下旬まで発生が続いたが、ハダニ類が低密度となった 9 月以降は認められなかった。また、圃場 1 と同様にハダニタマバエは確認されなかった。

圃場 3 では、ハダニ類は 7 月まで低密度であったが、8 月 4 日に 1.54 頭/複葉と急激に増加した。ハダニ類の密度は 8 月中旬の殺ダニ剤散布後に減少し、8 月下旬以降は低く推移した。ハダニアザミウマはハダニ類の発生時期と同じ 8 月 4 日に認められ、8 月

12日に0.04頭/複葉に達した。ハダニ類が減少した8月下旬にも低密度ながら発生が認められた。なお、カブリダニ類とハダニタマバエは確認されなかった。

圃場4では、ハダニ類の密度は7月下旬から急激に増加し8月4日に2.67頭/複葉とピークに達した。しかし、8月中旬と下旬の殺ダニ剤散布後は密度が低下した。その後は9月9日に一時的に密度がやや増加したが、9月中旬には低下した。ハダニアザミウマは、ハダニ類の密度がピークに達した8月上旬には認められず、8月下旬から発生が認められた。その後は、ハダニ類が一時的に増加した9月中旬に確認された。また、圃場3と同様にカブリダニ類とハダニタマバエは認められなかった。

なお、圃場1～3については、定植後もハダニ類の個体数調査を行ったが、殺ダニ剤が散布される10月中旬まで0.02頭/複葉未満と低密度で推移した。

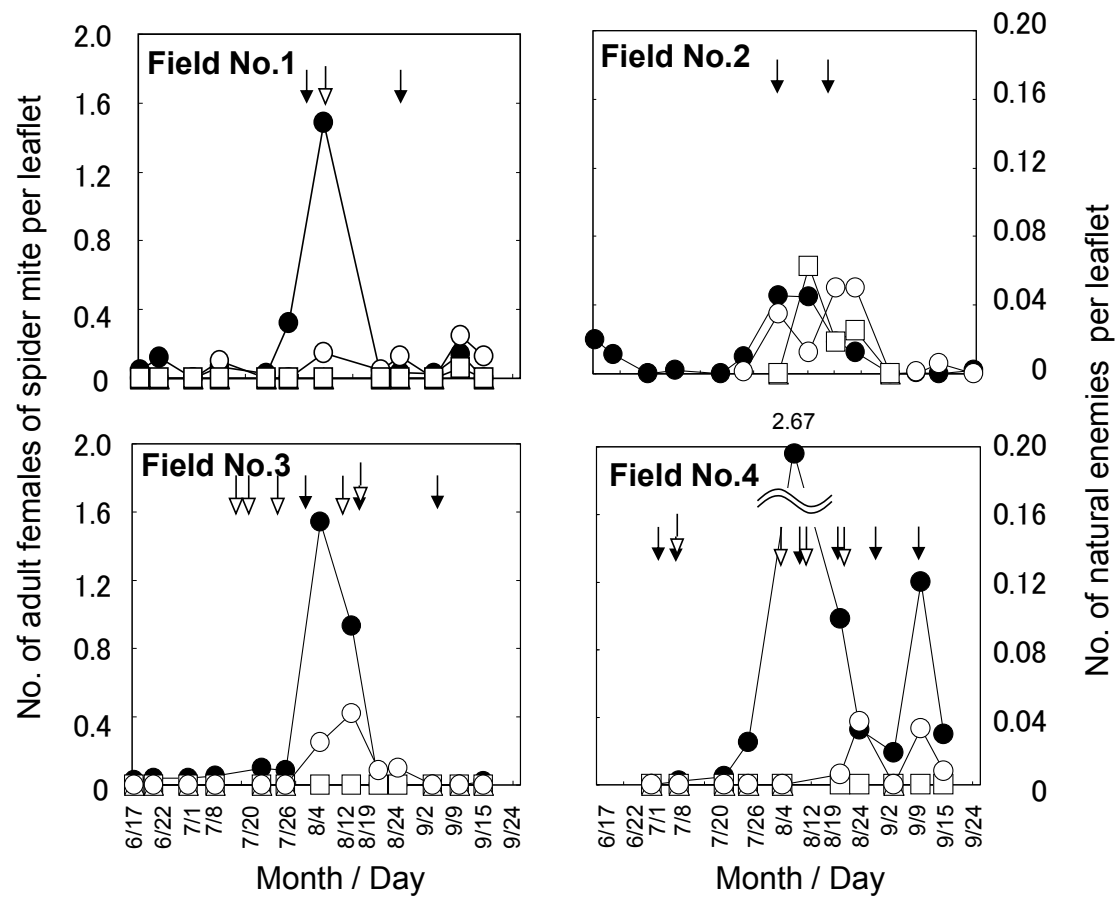


Fig.8. Seasonal occurrence of spider mites and their natural enemies on strawberry seedlings in 2010. Black and white arrows indicate the date of insecticides and acaricides application, respectively. Symbols: ●, number of adult females of spider mites; ○, number of adults of *Scolothrips takahasii* Priesner; □, number of adult phytoseiid mites. Because *Feltiella* sp. was not observed in survey period, symbols of this predator were omitted.

2) 2011 年

圃場 1 では、ハダニ類は 8 月上旬まで発生せず、8 月 10 日に 0.08 頭/複葉認められた。しかし、ハダニ類は非常に低密度で推移し、8 月 12 日の殺ダニ剤散布後は発生しなかった。ハダニアザミウマはハダニ類が発生した同時期に、わずかではあるが発生が確認された。なお、カブリダニ類とハダニタマバエは全く確認されなかった。

圃場 2 では、ハダニ類は 8 月上旬から増加し、8 月 10 日に 0.53 頭/複葉と低密度であるがピークに達した。殺ダニ剤は散布されなかったものの、8 月中旬以降は密度が減少し、9 月中旬まで低密度で推移した。ハダニアザミウマはハダニ類が発生した 8 月 10 日に確認され、8 月 17 日に 0.02 頭/複葉に達した。なお、圃場 1 と同様にカブリダニ類とハダニタマバエは確認されなかった。

圃場 3 では、ハダニ類は 7 月下旬から発生した。しかし、ハダニ類の密度は急激に増加せず、8 月上旬と 8 月下旬にそれぞれ 0.1 頭/複葉程度とわずかに認められ、9 月中旬まで低密度で推移した。ハダニアザミウマはハダニ類が低密度であった 8 月 17 日に 0.02 頭/複葉認められた。また、圃場 1 と 2 同様にカブリダニ類とハダニタマバエの発生は認められなかった。

圃場 4 では、ハダニ類は 7 月上旬に発生が認められ、その後急激に密度が増加し、8 月 10 日に 3.33 頭/複葉とピークに達した。8 月中旬と下旬の殺ダニ剤散布後は 9 月中旬まで低密度で推移した。ハダニアザミウマは、ハダニ類の密度増加期の 7 月には確認されず、ハダニ類の密度がピークに達した 8 月 10 日に 0.05 頭/複葉認められたただけであった。カブリダニ類は 7 月上旬に 0.01 頭/複葉、7 月下旬に 0.02 頭/複葉認められたただけであった。また、他の 3 圃場と同様にハダニタマバエは確認されなかった。

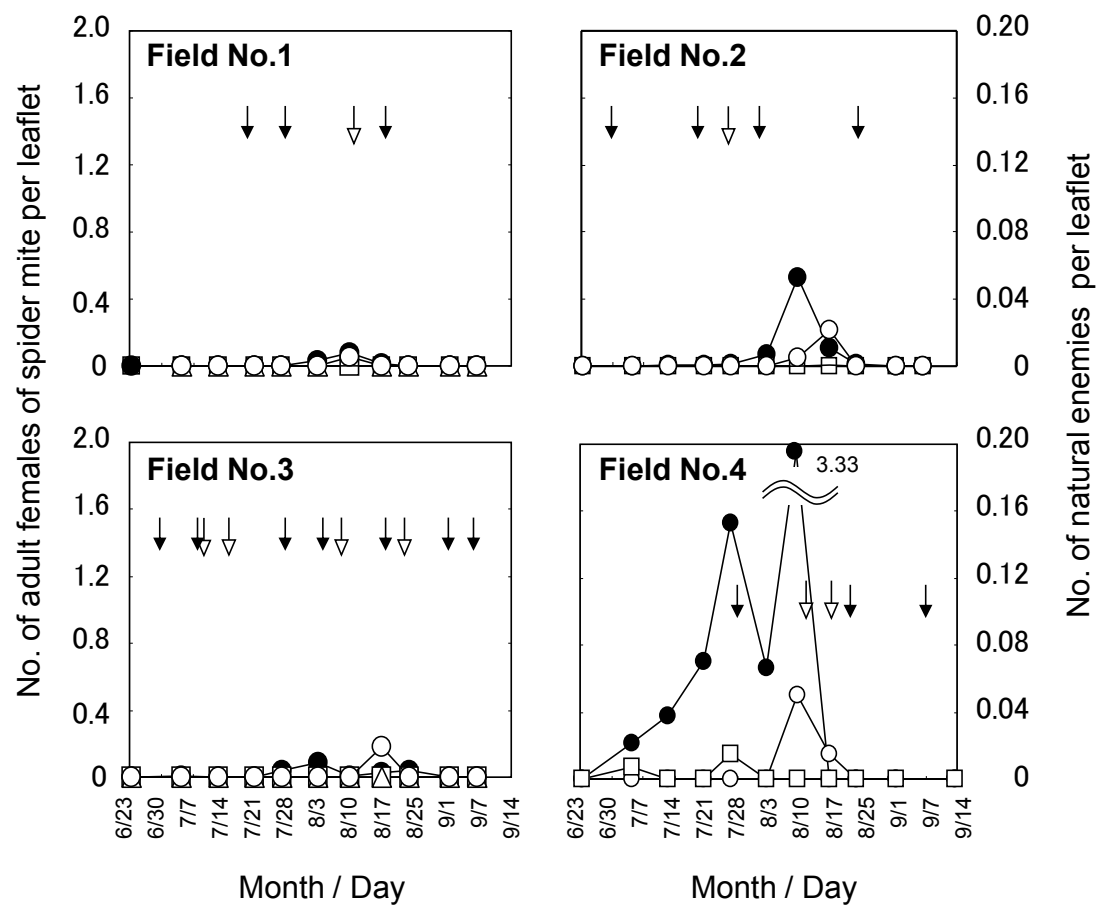


Fig.9. Seasonal occurrence of spider mites and their natural enemies on strawberry seedlings in 2011. Black and white arrows indicate the date of insecticides and acaricides application, respectively. Symbols: ●, number of adult females of spider mites; ○, number of adults of *Scolothrips takahasii* Priesner ; □, number of adult phytoseiid mites. Because *Feltiella* sp. was not observed in survey period, symbols of this predator were omitted.

考察

2 か年の試験において、全ての圃場のインゲントラップで確認された土着天敵はハダニアザミウマと数種カブリダニであった。しかし、イチゴ苗上では、全ての圃場で認められたのはハダニアザミウマだけで、ハダニ類が高密度時でもカブリダニ類は一部の圃場でしか確認されなかった。福岡県八女市で実施した本試験の他に、長崎県でも全域でイチゴ育苗期にハダニアザミウマが優占的に発生することが確認されている（吉田ら，2012）。果樹（大西ら，2006；若林，2000）やチャ（富所・磯部，2010）ではカブリダニ類をハダニ類防除で活用できる知見が得られているが、イチゴ育苗期ではカブリダニ類よりもハダニアザミウマを主に利用できる可能性が高いと考えられる。

ハダニアザミウマはイチゴ苗上のハダニ類密度が低い時期から発生する事例が多かった。一般的に、害虫の密度が低い時から天敵が定着すると高い密度抑制効果が得られると考えられ（矢野，2003）、イチゴでは、ハダニ類に対するカブリダニ類の初期密度比が高いほど防除効果が高いことが実証されている（高田・柏尾，2004；森，1993）。これと同様に、ハダニ類の密度が低い時点でハダニアザミウマが定着することは防除上大きな利点であると考えられる。また、ハダニアザミウマは飛翔性昆虫で移動能力が高く、農薬散布後の作物への移入・定着がカブリダニ類より早いこと（森ら，2008；Kishimoto，2002）も利点であると考えられる。

圃場 2 では、2010 年にカブリダニ類とハダニアザミウマが、2011 年にハダニアザミウマがハダニ類の発生と同時にイチゴ苗上で認められ、殺ダニ剤を散布することなくハダニ類の密度が減少した。吉田ら（2012）は、カンザワハダニをイチゴ苗に接種し、発生する土着天敵種とその密度抑制効果を調査した結果、ハダニアザミウマとハダニタマバエが優占的に発生し、これらによってカンザワハダニの密度抑制効果が得られたことを報告している。今回の事例のようにハダニアザミウマが優占的に発生し、ハダニ類の密度が減少した事例は、チャ（中川，1988）やナシ（伊澤ら，2000）でも報告されてお

り、イチゴにおいてもハダニ類の密度抑制効果にハダニアザミウマが関与した可能性が考えられる。

一方、ハダニ類の発生が1頭/複葉以上と比較的高密度で推移しても、ハダニアザミウマによるハダニ類の密度抑制効果が認められない事例も見られた。この要因として、薬剤散布の影響が考えられる。2010年の圃場1では、7月26日からハダニ類が増加したが、ハダニアザミウマの密度は増加しなかった。7月29日に散布したルフェヌロン乳剤はハダニアザミウマと同じアザミウマ科(Thripidae)に属するミカンキイロアザミウマの孵化率を著しく低下させることが報告されている(鶴田ら, 2000)。また、ハダニアザミウマの2齢幼虫に対する毒性が高いことも報告されている(Mori and Gotoh, 2001)。このことから、ルフェヌロン乳剤の散布がハダニアザミウマの卵～幼虫までの発育ステージに強い影響を与えた可能性が考えられる。2010年の圃場3では、ハダニアザミウマが発生したものの、ハダニ類の密度抑制効果は得られなかった。7月20日に散布したアクリナトリン水和剤は合成ピレスロイド系殺虫剤で、一般的に合成ピレスロイド系殺虫剤は天敵類の活動を長期間抑制することが報告されている(古橋・森本, 1989)。また、同系統のフェンプロパトリンはハダニアザミウマの捕食量を著しく減少させることが報告されていること(Li et al., 2006)から、アクリナトリン水和剤がハダニアザミウマの行動に影響を及ぼした可能性が考えられる。2010年の圃場4では、多くの天敵昆虫類に対して影響が強いとされる合成ピレスロイド系やカーバメート系殺虫剤(行徳・柏尾, 1990; 大野, 2000; 山下, 2000)が定期的に散布されているため、ハダニアザミウマの行動を長期間阻害した可能性が考えられる。

2011年の圃場4のイチゴ苗上では、7月のハダニ類は高密度であったが、ハダニアザミウマの発生は認められなかった。この時期に殺虫剤は散布されていないため、インゲントラップの結果から推測すると、圃場4周辺で7月に発生したハダニアザミウマの個体数が少なかった可能性が考えられる。また、他の圃場のインゲントラップに誘引され

たハダニアザミウマの個体数も7月は少ないため、ハダニアザミウマは8月から徐々に増加する発生活長を持つと考えられる。

本試験結果より、ハダニ類防除にハダニアザミウマを利用できる可能性が示唆された。ただし、ハダニアザミウマを活用した育苗期の防除体系を確立するためには、天敵としての本虫の捕食能力を解明するための実験的評価試験（矢野，2003）と本虫に対する薬剤への影響評価試験（Hassan, 1992 ; Waage, 1996）を実施し、本虫に影響のない薬剤を選抜する必要があると考えられた。

第3章 生物的防除資材としてのハダニアザミウマの特性評価

第1節 実験的評価法に基づくハダニアザミウマの防除効果

福岡県のイチゴ育苗期において、発生する土着天敵種を調査した結果、種々土着天敵が発生し、イチゴではハダニアザミウマが優占的に発生することが明らかとなった。ハダニアザミウマはイチゴの他に、チャ（中川，1988），ナシ（伊澤ら，2000），カキ（國本ら，2009），ダイズ（森ら，2008）等でも発生が報告されており、カブリダニ類よりも捕食能力が高いこと（Gotoh et. al, 2004a; Gotoh et. al, 2004b）から、イチゴ育苗期においても本虫を防除として利用できる可能性が考えられる。そこで、ハダニアザミウマのナミハダニに対する密度抑制効果を検証するために、ここでは実験的評価法（矢野，2003）に基づき、防除資材としてのハダニアザミウマの特性を評価した。

材料および方法

試験 1. ケージを用いたナミハダニに対する密度抑制効果試験

供試虫

供試したハダニアザミウマは、2010 年の 8～9 月に福岡県八女市圃場で栽培管理されたイチゴの苗から採集した個体群である。この個体群を、ナミハダニまたはカンザワハダニを寄生させたダイズ *Glycine max* 「フクユタカ」を用いて 20～30℃・16 時間日長条件の室内で累代飼育した。なお、ナミハダニは 2000 年に久留米市のイチゴ圃場より採集した個体群、カンザワハダニは 2010 年に筑紫野市のダイズ圃場より採集した個体群で、インゲンマメ「ドーバー」で累代飼育したものである。

試験方法

ナミハダニに対するハダニアザミウマの密度抑制効果を検証するために、試験区の構成を(1)ハダニアザミウマ 30:1 放飼区（ナミハダニとハダニアザミウマの放飼比率が 30:1）、(2) ハダニアザミウマ 10:1 放飼区（ナミハダニとハダニアザミウマの放飼比率が 10:1）、(3) チリカブリダニ *Phytoseiulus Persimilis* Athias-Henriot（スパイデックス®, アリスタライフサイエンス㈱）放飼区（ナミハダニとチリカブリダニの放飼比率が 30:1）および無放飼区の 4 水準・3 反復とし、福岡農林試ガラス温室（6.0m×8.0m）にて 2012 年 8 月 3 日から 9 月 9 日まで実施した。

まず、福岡農林試で栽培管理した 9 cm ポリポットのイチゴ苗を 2012 年 7 月 26 日に園芸用プランター（20×65×20 cm）に 3 または 4 本植え付け、7 月 28 日および 8 月 1 日にアブラムシ類の防除として供試天敵に影響のないピメトロジン水和剤（Mori and Gotoh, 2001；浜村・篠田, 2004）を散布し、福岡県の栽培基準（田中ら, 2011）に従い管理した。次に、農業用ビニルを敷いた高設架台（幅：70 cm，高さ：74 cm）上に 1 試験区につき 7 株となるように、園芸用プランター 2 個を静置し、他の害虫や天敵の移入を防ぐために、農業用ビニル 2 面（面積の小さい側面）と 0.4 mm 目合いの防虫ネット 3 面（上部と残りの側面）を展張した小型ケージ（96×65×70 cm）を被せて、高設架台に水を溜めた（Fig.10）。なお、区間は 1m とし、乱塊法で配置した。最後に、8 月 1 と 2 日にナミハダニ雌成虫を合計 30 頭、区当たり 210 頭となるように接種し、8 月 3 日にハダニアザミウマ雌成虫またはチリカブリダニ雌成虫を放飼比率に準じて放虫して試験を開始した。調査は 8 月 8 日（天敵放飼 5 日後）から 9 月 9 日（天敵放飼 37 日後）まで、4 または 5 日間隔で、株当たり 3 複葉の葉裏に生息するチリカブリダニ成若虫、ナミハダニ成若虫およびハダニアザミウマの幼虫、蛹および成虫を調査した。

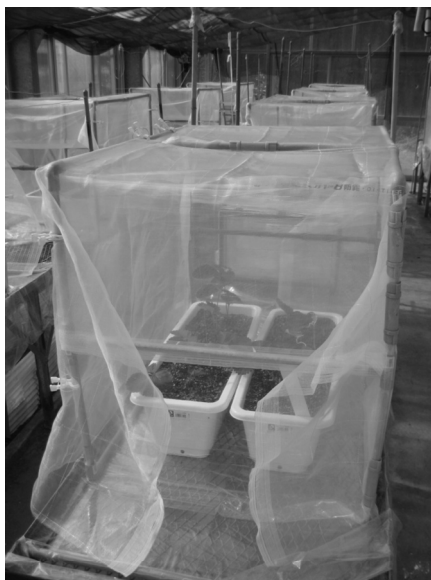
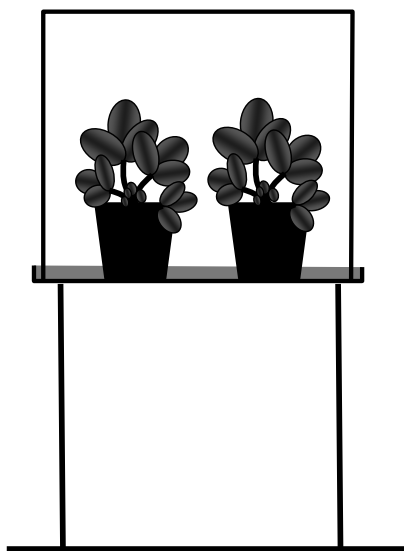


Fig.10. Greenhouse experiment releasing *S. takahashii* against *T. urticae*

Seven strawberry plants (planted in two planters) in each plot were placed on a metal stand (width, 70 cm; height, 74 cm) covered with plastic vinyl which has tap water to prevent the invasion of other insects including natural enemies, and were put into the cage (width, 65 cm; depth, 96 cm; height, 70 cm), which was covered with insect-proof screens (0.4×0.4 mm mesh) on three large faces and plastic vinyl on two small faces to prevent invasion from outside by other natural enemies. The plots were spaced 1 m apart from each other.

統計処理

各区のナミハダニ個体数について、ナミハダニ個体数を応答変数、調査区を説明変数、調査日、区の設置位置を変量効果として、反復測定分散分析にて有意差検定を行った。処理区と調査日で交互作用が認められた場合に、単純主効果検定を調査日毎に実施し、ボンフェローニ法で補正した有意水準を用いて検定した（補正後の p 値： $0.05/8=0.00625$ ）。有意差が認められた場合に、Tukey's HSD 検定により区間毎の有意差検定を実施した（補正後の p 値： $0.05/8=0.00625$ ）。なお、統計処理には JMP 8 (SAS Institute, 2008)を用いた。

試験 2. 露地圃場におけるハダニアザミウマによるナミハダニの密度抑制効果試験

試験圃場

2015 年に福岡県農林業総合試験場（福岡県筑紫野市）の露地圃場（面積：100 m²）にて、9 cm ポリポットのイチゴ苗を用いて 8 月 18 日から 9 月 26 日まで試験を実施した。なお、圃場周辺では、ナシとカキが栽培されていたが、これらの作物にナミハダニやカンザワハダニの発生は認められなかった。

試験方法

ハダニアザミウマに影響のない薬剤を散布した保護利用区（以下、保護区）と影響が大きい薬剤を散布して本虫を排除した除去区（以下、除去区）を設けた（Table 6）。それぞれの区を 4 箇所（72 株/箇所）設け、乱塊法により 2m 間隔で配置した（Fig. 11）。配置したイチゴ苗に、試験 1 で供試したナミハダニ個体群を 8 月 10 日と 15 日に放虫処理し、本虫の成若虫数を 0.5 頭/複葉に調整した。

調査は 4 日～7 日間隔とし、それぞれの調査箇所から任意のイチゴ苗 20 株の中位葉 1 複葉の葉裏をルーペ（倍率：×3）で観察し、ナミハダニ成若虫とハダニアザミウマの成虫および蛹をそれぞれ計数した。なお、イチゴの育苗期にはチャノキイロアザミウマ *Sc*

irtothrips dorsalis Hood が発生し、本虫の幼虫が葉上で認められることがある。本試験にてチャノキイロアザミウマの加害による葉の褐色や新芽の伸長阻害を示した調査株はなかったが、本虫とハダニアザミウマの混同を避けるために、本試験では幼虫を計数しなかった。

統計処理

保護区と除去区のナミハダニとハダニアザミウマの発生量について、ナミハダニまたはハダニアザミウマ個体数を対数変換 ($\log_{10}(x+0.5)$) して得られた値を応答変数、調査区を説明変数、調査日を変量効果として、反復測定分散分析にて有意差検定を行った。なお、統計処理には JMP 9 (SAS institute, 2010) を用いた。

Table 6. Insecticides and acaricides applied in experimental field

Date of treatment	Treatment (conservation of predatory thrips)		Control (exclusion of predatory thrips)	
	MoA ^{a)}	Pesticides (% AI , Formulation ^{b)})	IRAC No.	Pesticides (% AI , Formulation)
Aug. 17	9B	Pymetrozine (50.0, Wp)	4A	Acetamiprid (20.0, Sp)
Aug. 25			15	Lufenuron (5.0, Ec)
Sep. 3			4A	Acetamiprid (20.0, Sp)
Sep. 12			5	Spinosad (25.0, Wp)
Sep. 18			15	Lufenuron (5.0, Ec)

a Mode of action (MoA) code number indicates the classification prepared by the Insecticide Resistance Action Committee (IRAC)

b Wp: Wettable powder. Ec: Emulsifiable concentrate. Sp: Water Soluble concentrate.

Sc : Suspension concentrate.

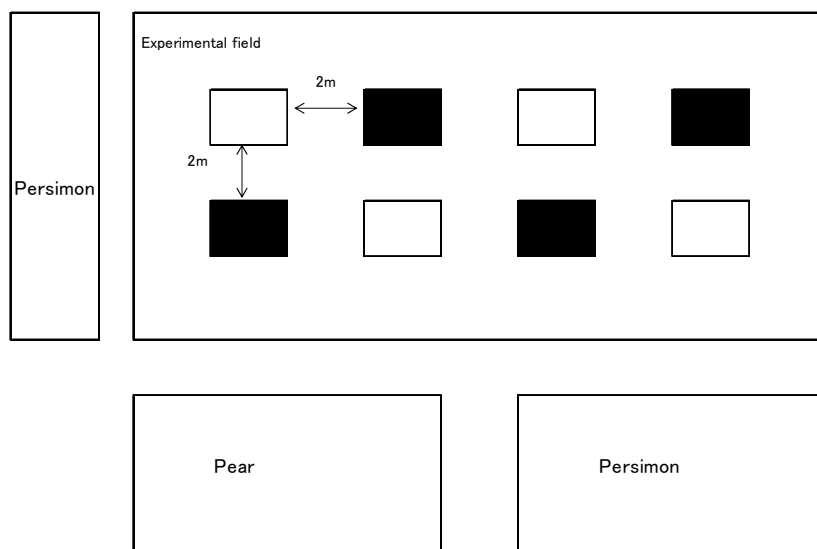


Fig. 11. Design of the experimental field for survey of the spider mite control effect of *S. takahashii*.

Black and white square indicate treatment (conservation of predatory thrips) and control (exclusion of predatory thrips) respectively.

結果

試験 1. ケージを用いたナミハダニに対する密度抑制効果試験

ハダニアザミウマ 30:1 および 10:1 放飼区におけるナミハダニ個体数は、速やかに減少し、放飼 24 日後以降ではナミハダニの発生は認められなかった (Fig. 12). また両区において、ハダニアザミウマの幼虫と蛹が放飼 10 日後に観察され、イチゴ上での定着が認められた (Fig. 13). 一方で、無放飼区ではナミハダニが増加し、放飼 14 日後以降でハダニアザミウマ 30:1 および 10:1 放飼区の両区と有意差が認められた (Tukey' s HSD 検定, $p < 0.0001$; Fig. 12 ; Table 7).

チリカブリダニ放飼区のナミハダニ個体数の推移は、ハダニアザミウマ放飼の 2 区と同様に、放飼 14 日後から無放飼区と比べて有意に低下した (Tukey' s HSD 検定, $p < 0.0$

001; Fig. 12 ; Table 7). 本試験では、ハダニアザミウマ放飼区とチリカブリダニ放飼区との間で、ナミハダニ個体数の推移に有意差は認められなかった (Fig. 12).

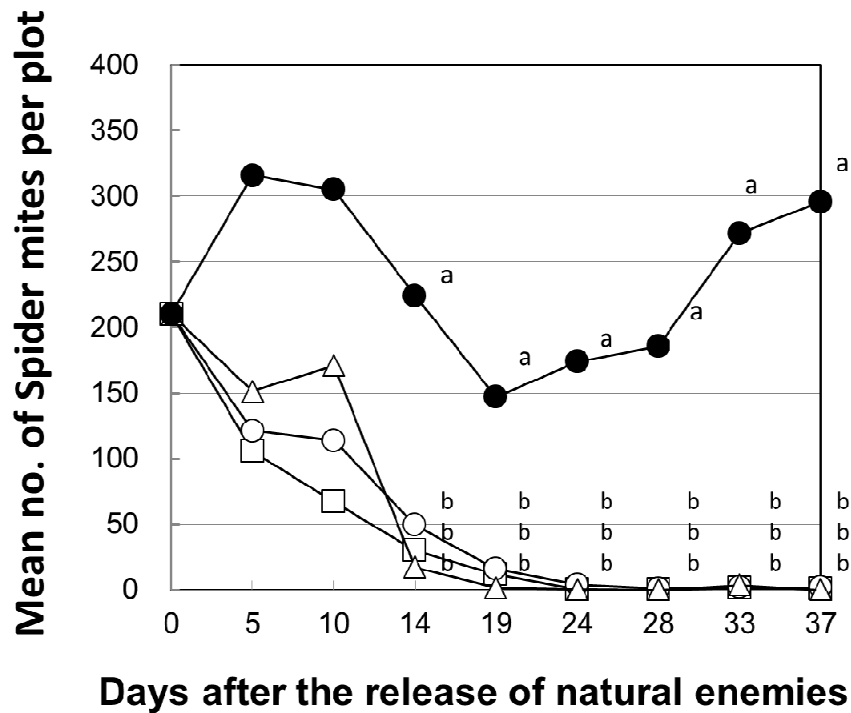


Fig.12 Suppression of *Tetranychus urticae* populations by the release of *Scolothrips takahashii* and *Phytoseiulus persimilis*.

Symbols: ○, the release of *S. takahashii* (30:1); □, the release of *S. takahashii* (10:1); △, the release of *P. persimilis* (30:1); ●, control treatment. Within the same census date, means with different letters were significantly different, as evaluated by Tukey's honestly significant difference (HSD) test weighted by the Bonferroni correction ($p < 0.05/n = 0.00625$, $n = 8$: the number of census date after the release), following the simple main effect test by census date ($p < 0.05/8 = 0.00625$).

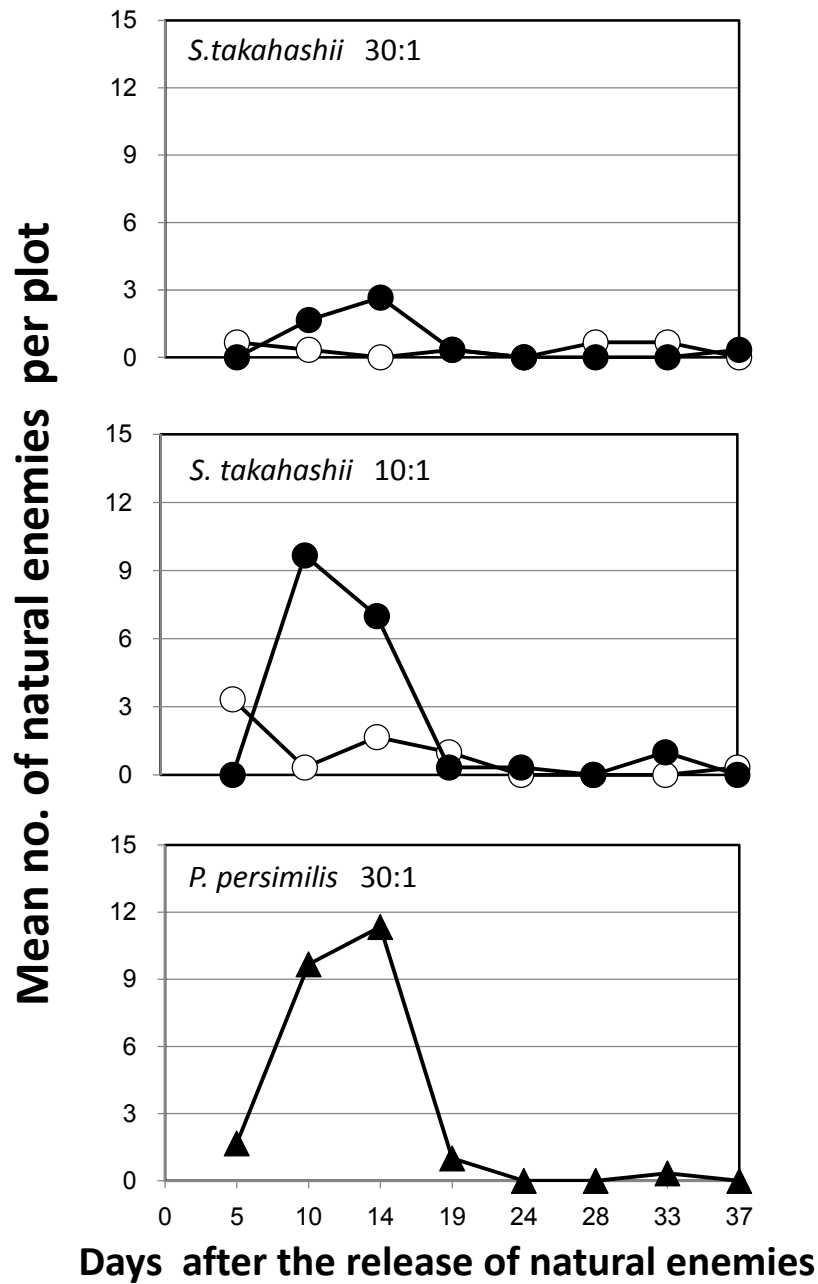


Fig. 13 Changes in the numbers of mature and immature stages of the natural enemies in the three treatments.

Symbols: ●, larvae and pupae of *Scolothrips takahashii*; ○, adults of *S. takahashii*; ▲, adults and nymphs of *Phytoseiulus persimilis*. Error bars were omitted.

Table 7. Analyzed results of repeated measures ANOVA on treatment for the number of spider mites on the back of three strawberry leaflets

Factor	df	SS	<i>F</i> - value	<i>p</i> - value
Treatment	3	667467.7	37.0	< 0.0001
Census date	8	391924.7	8.1	< 0.0001
Plot	2	1879.7	0.6	0.5484
Treatment $\times$ Census date	24	144464.4	3.9	< 0.0001
Residuals	70	108569.0		

Interactions; treatment $\times$ block ($F=2.168$, $df=6$, $p=0.063$) and block $\times$ sample date ($F=4.150$, $df=16$, $p=0.6095$) were no significant by full modeled repeated measure ANOVA without three way interactions. Therefore, these results were analyzed using repeated measure ANOVA removed these interactions. The levels of significance is $p=0.05$.

試験 2. 露地圃場におけるハダニアザミウマによるナミハダニの密度抑制効果試験

試験期間中におけるナミハダニとハダニアザミウマの発生推移をそれぞれ Fig. 14 に示した. 保護区では, 試験期間を通してナミハダニは低密度で推移した. 一方で, 除去区では, ナミハダニの密度が徐々に増加し, 9 月 26 日に 3 頭/複葉に達し, 両区のナミハダニの密度で有意差が認められた (反復測定分散分析, $F_{1,62}=35.36$, $p < 0.001$). ハダニアザミウマ成虫と蛹は, 両区で発生が認められたが, 保護区の個体数が有意に多かった (成虫: 反復測定分散分析, $F_{1,62}=20.77$, $p < 0.001$, 蛹: 反復測定分散分析 $F_{1,62}=23.01$, $p < 0.001$).

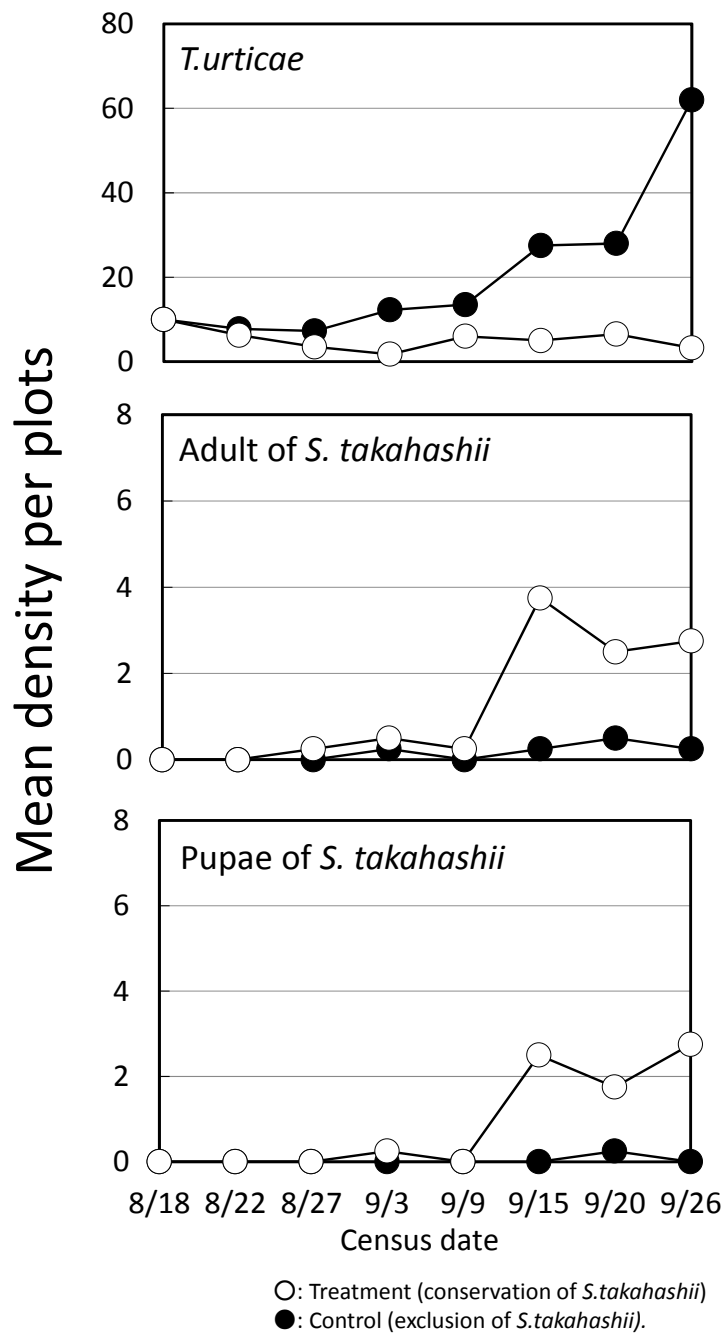


Fig.14. Changes in the numbers of Spider mite, *Scolothrips takahashii* in each treatment.

Filled circles: treatment; open circles: control. There were significant differences in the numbers of *T.urticae*, *S. takahashii* between treatment and control by repeated measures ANOVA.

考察

ケージを用いたナミハダニに対する密度抑制効果試験において、ハダニアザミウマ放飼区におけるナミハダニ個体数の推移は、チリカブリダニ放飼区と同様の推移を示したことから、チリカブリダニと同様にハダニアザミウマもナミハダニに対する密度抑制効果を有することが明らかとなった。更に、露地条件で実施した試験場内試験においても、ナミハダニが 0.5 頭/複葉と、要防除水準密度以下（JPP-NET, 2017）の低密度条件であったにもかかわらず、本虫のイチゴへの移入が認められた。天敵定着時の害虫密度が低いほど、高い密度抑制効果が得られること（矢野, 2003）を考慮すると、ナミハダニ低密度時からハダニアザミウマがイチゴに移入したことは、防除上利点であると考えられる。また、両試験では、イチゴ上でハダニアザミウマ成虫の他に、次世代の幼虫や蛹も認められた。ハダニアザミウマの生存率は植物種によって異なり、コマツナ *Brassica rapa* var. *perviridis* よりもインゲンマメでの生存率が低いことが報告されている（Shimoda et al., 2016）。また、ハダニアザミウマと同属の *Scolothrips longicornis* も、インゲンマメ葉上での本虫の生存率や産卵数、捕食量がワタ *Gossypium indicum* に比べて低いことが報告されている（Sengonca and Gerlach, 1984）。イチゴにおけるハダニアザミウマの生存率や産卵数等を他作物と比較した知見はないが、本試験では、イチゴ上でハダニアザミウマ成虫の他に、次世代の蛹も認められ、ナミハダニに対する密度抑制効果が得られていることから、本虫はイチゴへの定着が良く、イチゴ育苗期のナミハダニ防除として有効であると考えられた。

生物的防除法を基幹とした IPM では、天敵を保護利用するために、影響のない選択的薬剤を使用することが重要である（Waage, 1996）。イチゴの育苗期には、ハダニ類の他に、アブラムシ類、ヤガ類等の害虫や、うどんこ病、炭疽病等の病害が発生するため、多くの殺虫・殺菌剤が定期的に散布されている。従って、イチゴ育苗期におけるハダニアザミウ

マを活用したIPM体系を構築する場合，本虫に対する殺虫・殺菌剤の影響を明らかにする必要があると考えられた．

第2節 ハダニアザミウマに影響のない殺虫・殺菌剤の選抜

実験的評価法（矢野，2003）に基づき，イチゴ育苗期に優占的に発生するハダニアザミウマの生物的防除資材として特性を評価し，イチゴで利用されている捕食性天敵のチリカブリダニと同様に，ナミハダニに対する密度抑制効果が得られていることから，ナミハダニ防除として有効な土着天敵であると考えられた．生物的防除法を基幹としたIPMでは，天敵を保護利用するために，影響のない選択的薬剤を使用することが重要である（Waage, 1996）．イチゴの育苗期には，主要病害虫に対する多くの殺虫・殺菌剤が定期的に散布されているため，イチゴ育苗期におけるハダニアザミウマを活用したIPM体系を構築する場合，本虫に対する殺虫・殺菌剤の影響を明らかにし，影響のない薬剤を選抜しなければならない．

そこで，本試験では，ハダニアザミウマ2齢幼虫を供試し，イチゴ栽培での使用頻度が高い26種類の殺虫・殺菌剤の影響について調査した．併せて，影響が認められた薬剤については影響日数を調査し，ハダニアザミウマを活用したイチゴ育苗期のIPM体系の可能性について考察した．

材料および方法

供試虫

供試したハダニアザミウマは，2010年の8～9月に福岡県八女市の育苗圃場で栽培されたイチゴ「あまおう」の苗から採集した個体群である．この個体群を，ナミハダニ（2010年に福岡県八女市のイチゴ本圃で採集した個体群）またはカンザワハダニ（2011年に福岡県筑紫野市のガラス温室内のダイズ「フクユタカ」から採集した個体群）を寄生させたダイズを用いて室内（20–30 °C，自然日長条件）で累代飼育し，2齢幼虫を得た．なお，これらのハダニ類はインゲンマメ「ドーバー」を用いて室内（20–30 °C，16 L：8 D）

で維持し，ダイズに適宜接種した．薬剤試験でも上述と同様のナミハダニ個体群を用いた．

供試薬剤

試験薬剤は，イチゴ育苗期の病虫害防除で使用されている 26 種類の殺虫・殺菌剤とした（Table 8）．各薬剤は水道水で常用濃度に希釈し，対照区には水道水を使用した．これらに展着剤のポリオキシエチレンメチルポリシロキサン 93.0%を 5,000 倍となるように加用した．

Table 8. List of the pesticides examined

Pesticides	Formulation ^a	Active ingredient %	Dilution ^b	MoA ^c or FRAC code
Insecticides				
Thiacloprid	WP	30.0	2,000	4A
Acetamiprid	SP	20.0	2,000	4A
Nitenpyram	SP	10.0	2,000	4A
Spinosad	WP	25.0	5,000	5A
Pymetrozine	WP	50.0	5,000	9B
Pyrifluquinazon	WP	20.0	3,000	9B
Indoxacarb	WP	5.0	2,000	22A
Chlorantraniliprole	SC	5.0	2,000	28
Flubendiamide	WP	20.0	2,000	28
Flonicamid	WP	10.0	2,000	29
Pyridalyl	SC	10.0	1,000	UN
Insect Growth Regulators				
Lufenuron	EC	5.0	1,000	15
Tebufenozide	SC	20.0	2,000	18
Acaricides				
Milbemectin	WP	2.0	2,000	6
Hexythiazox	WP	10.0	2,000	10A
Cyflumetofen	SC	20.0	1,000	25A
Cyenopyrafen	SC	30.0	2,000	25A
Fungicides				
Penthiopyrad	SC	20.0	2,000	7
Diethofencarb·Thiophanate methyl	WP	12.5, 52.5	1,000	10,1
Azoxystrobin	SC	20.0	2,000	11
Polyoxin	WP	50.0	5,000	19
Oxine·copper	SC	35.0	500	M01
Propineb	WP	70.0	500	M03
Iminoctadine albesilate	WP	30.0	1,000	M07
Dithianon	SC	40.0	1,000	M09
Cyflufenamid·Triflumizole	WP	3.4, 15.0	2,000	U06, 3

^a WP: Wettable powder. EC: Emulsifiable concentrate. SP: Water soluble powder. SC: Suspension concentrate.

^b Dilution registered on strawberry culture.

^c Mode of action (MoA) (for insecticides) and Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) (for fungicides) code number indicates the classification prepared by the Insecticide Resistance Action Committee and FRAC (<http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2017-final.pdf?sfvrsn=2>) respectively.

試験 1 薬剤に対するハダニアザミウマ 2 齢幼虫の感受性

検定は、岡崎ら（2007）の方法に準じ、薬液に浸漬させたイチゴ葉を 3 枚の亚克力板で挟む Munger cell 法を用いた。すなわち、亚克力板（50×70×1 mm）上に同様の大きさのペーパータオルを敷き、10 秒間薬液に浸漬し、2～3 時間静置して風乾させたイチゴの小葉（葉身長 8～10 cm×葉幅長 8～10 cm）を載せ、この上に穴径 30 mm の亚克力板（50×70×6 mm）を置いた。その穴の中に、ハダニアザミウマの餌としてナミハダニ雌成虫 20～25 頭を小筆で接種した後に、吸虫管を用いてハダニアザミウマ 2 齢幼虫を 10～15 頭放飼し、その上から穴径 32 mm にテترونゴースを張った亚克力板（40×50×2 mm）を被せ、両端をダブルクリップで固定した。これを、浦・嶽本（2008）に準じ、プラスチック容器（直径 13 cm，高さ 6 cm）に水道水を満たして、直径 10 mm の穴が開いた蓋を被せて葉柄を水挿しした（Fig. 15）。検定は、25° C，16 L：8 D で行い、放飼 48 時間後に亚克力板を開けて、実体顕微鏡下（倍率：×10）でハダニアザミウマ 2 齢幼虫の生死を確認し、死亡率を算出した。なお、苦悶虫（2～3 回毛筆で触れても、全く動かなかった個体）も死亡虫として扱った。検定は 2015 年 7 月に実施し、1 薬剤につき 3 反復、合計 30～35 頭とした。

得られた死亡率は IOBC/WPRS の毒性区分（TC: IOBC toxicity category; Hassan, 1992）に準じ、影響無（死亡率 30%未満：TC=1）、影響小（死亡率 30%以上 80%未満：TC=2）、影響中（死亡率 80%以上 99%未満：TC=3）、影響大（死亡率 99%以上：TC=4）の 4 つに分類して評価した。

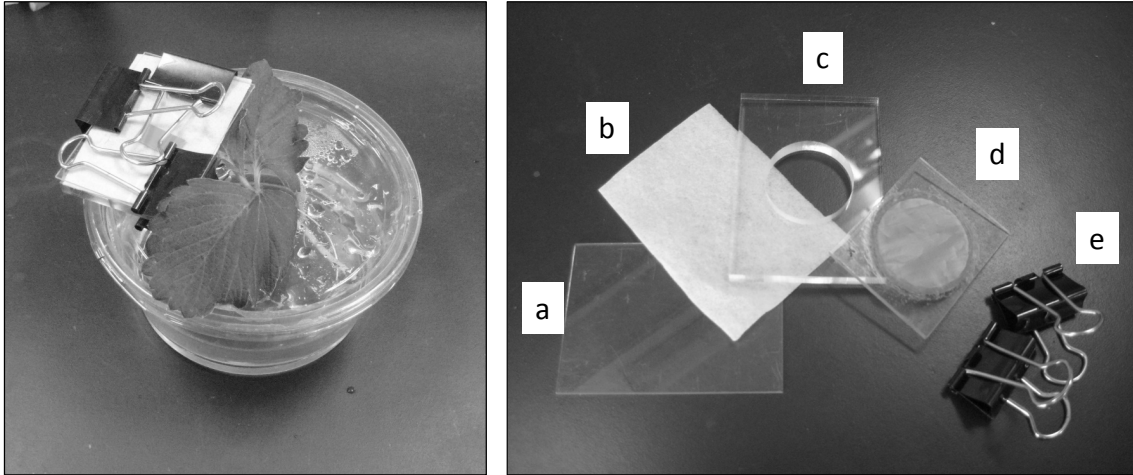


Fig.15. Evaluation of the lethal effects of pesticides on *S. takahashii* by a leaf-dip bioassay with Munger cells.

a: acrylic plate (length, 70 mm; width, 60 mm; height, 2 mm) , b: paper towel, c: acrylic plate (length, 70 mm; width, 60 mm; height; 7 mm) in which a hole (diameter, 30 mm) had been made, d: acrylic plate (length, 50 mm; width, 40 mm; height, 2 mm) in which a hole (diameter, 32 mm) had been made and covered with tetron gauze net (mesh, 200 per inch), e: clips.

試験 2 ハダニアザミウマ 2 齢幼虫に対する薬剤の影響期間

影響が認められた薬剤（死亡率>30%）を対象に，ハダニアザミウマ 2 齢幼虫に対する薬剤の影響期間を調査した．9 cm ポリポットで管理したイチゴ苗の地上部を薬液に 10 秒間浸漬させ，薬剤検定までガラス温室（25～30℃）で管理した．薬剤浸漬処理直後（0 日後とする），5 日後および 10 日後に，それぞれの苗から 1 複葉を採集し，試験 3 に準じて検定した．検定は 1 薬剤につき 3 反復，合計 34～41 頭で実施した．

統計処理

ハダニアザミウマ 2 齢幼虫に対して影響が認められた剤について，ロジスティック回帰分析を行い，薬剤間でのハダニアザミウマ死亡率の推移の違いを解析した．併せて，ハダニアザミウマの死亡率の変化がロジスティック曲線に従うと仮定して，死亡率 30% 未満（TC=1）となる薬剤の影響日数を逆推定した．これらの解析には，JMP 8 を使用した．

結果

試験 1 薬剤に対するハダニアザミウマ 2 齢幼虫の感受性

イチゴで使用される 26 種類の薬剤について検定した結果，ハダニアザミウマ 2 齢幼虫に対して影響が認められた薬剤は，チアクロプリド水和剤，アセタミプリド水溶剤，ニテンピラム水溶剤，ピリダリル水和剤，スピノサド水和剤およびルフェヌロン乳剤の計 6 剤（TC=4）であった（Table 10）．一方，インドキサカルブ水和剤，ミルベメクチン水和剤，アゾキシストロビン水和剤および有機銅水和剤は，死亡虫が認められたものの，影響は無かった（TC=1）．なお，シエノピラフェン水和剤処理区では，殺虫剤の影響と考えられるナミハダニの苦悶虫が認められたが，餌不足で死亡したハダニアザミウマは観察されなかった．

Table 10. Mortality of second-stadium larvae of *Scolothrips takahashii* treated with the 26 pesticides

Pesticides	No. thrips tested	Mortality %	TC ^a
Insecticides			
Thiacloprid	32	100	4
Acetamiprid	34	100	4
Nitenpyram	35	100	4
Spinosad	31	100	4
Pymetrozine	31	0	1
Pyrifluquinazon	33	0	1
Indoxacarb	32	6.3	1
Chlorantraniliprole	30	0	1
Flubendiamide	30	0	1
Flonicamid	35	0	1
Pyridalyl	35	100	4
Insect Growth Regulators			
Lufenuron	35	100	4
Tebufenozide	31	0	1
Acaricides			
Milbemectin	33	3.0	1
Hexythiazox	35	0	1
Cyflumetofen	30	0	1
Cyenopyrafen	30	0	1
Fungicides			
Penthiopyrad	30	0	1
Diethofencarb·Thiophanate methyl	32	0	1
Azoxystrobin	35	2.9	1
Polyoxin	32	0	1
Oxine·copper	32	6.3	1
Propineb	34	0	1
Iminoctadine albesilate	33	0	1
Dithianon	30	0	1
Cyflufenamid·Triflumizole	33	0	1
Control	33	0	—

^a International Organization for Biological Control (IOBC) toxicity category: 1, harmless; 2, slightly harmful; 3, moderately harmful; 4, harmful (Hassan, 1992).

試験 2 ハダニアザミウマ 2 齢幼虫に対する薬剤の影響期間

ハダニアザミウマ 2 齢幼虫に対して影響が認められた 6 剤の死亡率の推移を Table 11 に示した。ハダニアザミウマ 2 齢幼虫の死亡率の推移は、薬剤によって異なった (Table 12)。アセタミプリド水溶剤、ニテンピラム水溶剤およびスピノサド水和剤の 3 剤については、薬剤処理 5 日後の影響は認められなかった (TC=1)。一方、処理 5 日後の死亡率が 40%以上のチアクロプリド水和剤、ピリダリル水和剤およびルフェヌロン乳剤の死亡率の推移も薬剤間で異なり (Table 12, 13)、ピリダリル水和剤とルフェヌロン乳剤は処理 10 日後まで影響が認められた (TC=2 または 3)。なお、チアクロプリド水和剤に対するハダニアザミウマ 2 齢幼虫の死亡率が 30%未満 (TC=1) となる推定値は 7.6 日 (95% 信頼区間: 6.65–9.06 日) であった。ピリダリル水和剤とルフェヌロン乳剤は 10 日後の死亡率が 40%以上であったため、逆推定できなかった。

Table 11. Temporal changes in mortality of second-stadium larvae of *S. takahashii* treated with pesticides

Day after treatment	Pesticides												Control	
	Thiacloprid			Acetamiprid		Nitenpyram		Pyridalyl		Spinosad		Lufenuron		
	No. thrips tested	Mortality (%)	No. thrips tested	No. thrips tested	Mortality (%)	No. thrips tested	Mortality (%)	No. thrips tested	Mortality (%)	No. thrips tested	Mortality (%)	No. thrips tested	Mortality (%)	No. thrips tested
0	34	100.0	34	100.0	35	100.0	36	100.0	37	100.0	41	100.0	40	0.0
5	36	69.4	35	0.0	36	8.3	34	44.1	35	8.6	41	85.4	41	0.0
10	34	8.8	35	0.0	31	0.0	34	41.2	32	0.0	40	82.5	38	0.0

Table 12. Results of multiple logistic regression analysis on pesticides and day after treatment

Factors	df	<i>G</i> -value	<i>p</i> -value
Pesticide	5	18.01	0.0029
Day after treatment	1	372.49	<0.0001
Pesticide × Day after treatment	5	80.11	<0.0001

Table 13. Re-analyzed results of multiple logistic regression analysis on pesticides (thiacloprid, pyridalyl, and lufenuron) and day after treatment

Factors	df	<i>G</i> -value	<i>p</i> -value
Pesticide	2	18.95	<0.0001
Day after treatment	1	78.62	<0.0001
Pesticide × Day after treatment	2	13.43	0.0012

To remove the interaction and classify the effect of pesticides, these data were re-analyzed eliminating the data of the three pesticides, i.e., spinosad, nitenpyram, and acetamiprid, which scarcely affected the survival of *S. takahashii* 5 days after treatment.

考察

イチゴ栽培で使用する 26 種類の殺虫・殺菌剤に対するハダニアザミウマ 2 齢幼虫の感受性を調査した結果、チアクロプリド水和剤、アセタミプリド水溶剤、ニテンピラム水溶剤、ピリダリル水和剤、スピノサド水和剤およびルフェヌロン乳剤の計 6 剤で大きな影響 (TC=4) が認められた。このうち、アセタミプリド水溶剤、スピノサド水和剤およびルフェヌロン乳剤については、茨城県で採集したハダニアザミウマ個体群に対する影響試験 (Mori and Gotoh, 2001) においても、本試験と同様の傾向を示している。

薬剤影響期間の調査結果より、ピリダリル水和剤とルフェヌロン乳剤では 10 日以上の影響が認められた。本試験では両剤の影響日数を推定できなかったが、長期間影響を及ぼす可能性も考えられるため、ハダニアザミウマを保護利用するためには、これらの薬剤やこれらと同系統の薬剤の使用を控えた方が良いと考えられる。一方、ネオニコチノイド系薬剤 (MoA: 4A) のうち、チアクロプリド水和剤では、処理 10 日後には影響が認められず、アセタミプリド水溶剤とニテンピラム水溶剤では、処理 5 日後には影響は無かった。また、スピノサド水和剤でも処理 5 日後には影響は認められなかった。ハダニアザミウマは 8 月から徐々に発生することから、影響期間が短かった 4 剤については、ハダニアザミウマの発消長を考慮し、7 月までの育苗初期であれば使用できる可能性があると考えられる。

他の 20 剤については、ハダニアザミウマ 2 齢幼虫に対する影響は無かった。フロニカミド水和剤とピリフルキナゾン水和剤は、数種アザミウマ類に対する活性を持つ (Morita et al., 2007; 諏訪・坂田, 2011) ものの、本試験ではハダニアザミウマに対する殺虫活性は認められなかった。フロニカミド水和剤は、有効成分のフロニカミドが植物体に取り込まれ、これを吸汁したアブラムシ類やアザミウマ類などの植食性害虫に

対して殺虫効果が発現する (Morita et al., 2007). 捕食性のハダニアザミウマがイチゴを吸汁し、水分を接種するかは不明であるが、植食性ではないことから、本剤の影響は小さかったと考えられる。また、ピリフルキナゾン水和剤は、チャノキイロアザミウマ *Scirtothrips dorsalis* Hood など、限られたアザミウマ類にのみ殺虫活性を持つことから (諏訪・坂田, 2011), 別種であるハダニアザミウマは本剤の影響を受けなかった可能性が考えられる。なお、ピメトロジン水和剤については, Mori and Gotoh (2001) の報告においても影響は認められていない。

イチゴ栽培で問題となる、うどんこ病や炭疽病は、発病すると大幅な減収を来す病害である (大友, 1980 ; 岡山, 1989 ; 稲田ら, 2005)。これらの主要病害に対する効果的な農薬代替技術は確立されていないため、育苗期間には今回供試した殺菌剤が定期的に散布されている。本試験では、ハダニアザミウマ 2 齢幼虫に対する殺菌剤の影響は認められなかったことから、イチゴ育苗期における病害防除体系にハダニアザミウマを保護利用した防除技術を組み込むことは可能であると考えられる。

本試験により、イチゴ栽培でハダニアザミウマを保護利用できる 20 種類の選択的薬剤を明らかにし、影響が強い薬剤についてはその影響期間を解析することで、天敵保護を念頭に置いた使用条件を示すことができた。ハダニアザミウマに対する薬剤の影響に関する知見は Li et al. (2006) や Mori and Gotoh (2001) の報告に限られていたため、イチゴで使用される殺虫・殺菌剤を対象とした本試験結果は、一部イチゴ産地で組み込まれているハダニアザミウマを保護利用した防除技術の普及 (柳田, 2016) の一助となり、今後のハダニアザミウマを保護利用したイチゴの IPM 防除技術の確立に寄与するものと考えられる。今後は、ハダニアザミウマを保護利用したイチゴ育苗期の IPM を確立するために、防除技術の有効性を生産圃場で評価する必要があると考えられた。

第4章 ハダニアザミウマを保護利用したナミハダニ防除体系の確立

第1節 ハダニアザミウマを保護利用したナミハダニ防除の現地実証試験

これまでの研究にて、イチゴ育苗期に優占的に発生するハダニアザミウマの生物的防除資材として特性を評価し、イチゴで利用されている捕食性天敵のチリカブリダニと同様に、ナミハダニに対する密度抑制効果が得られていることから、本虫がナミハダニ防除として有効な土着天敵であることが明らかとなった。また、イチゴ育苗期におけるハダニアザミウマを保護利用したIPM体系を構築するために、本虫に対する殺虫・殺菌剤の影響を明らかにし、影響のない20種類の薬剤を選抜することができた。

自然発生する土着天敵を保護利用する防除手段として、これまでに、露地栽培ナス生産圃場の実証試験において、選択的薬剤を用いたヒメハナカメムシ類の保護利用により、アザミウマ類を含む主要害虫を効果的に抑制できることが報告されている（永井，1991；大野ら，1995）。イチゴにおいても、育苗期のIPM体系を確立する上で、ハダニアザミウマを保護利用した防除法の有効性を生産圃場で評価することは重要である。

そこで本章では、福岡県のイチゴ主産地である八女市の現地圃場にて、選択的薬剤を用いてハダニアザミウマを保護利用した防除技術の有効性を評価した。

材料および方法

現地実証圃場

八女市3圃場（圃場1, 2および3とする）を選定し、2012年から2014年まで3か年試験を行った。育苗規模は800 m²程度（育苗本数2万本程度）、栽培品種は「あまおう」、圃場3のみ地床で、他の2圃場は高設ベンチにて6月から9月まで育苗した。なお、選定した圃場は直線距離で400m以上離れており、3圃場の周辺では、主にイネとダイズが作付されていた。

試験方法

育苗期間中には、天敵に影響の大きいカーバメート系殺虫剤（行徳・柏尾, 1990；大野, 2000；山下, 2000）、合成ピレスロイド系殺虫剤（古橋・森本, 1989）の使用を控えた。また、イチゴの育苗期には、ナミハダニの他、モモアカアブラムシ *Myzus persicae* (Sulzer)、ワタアブラムシおよびハスモンヨトウ *Spodoptera litura* Fabricius が発生し、薬剤防除の対象となる。これらの主要害虫の防除には、ハダニアザミウマに影響のない薬剤を選定した。実際に使用した薬剤とその対象害虫を Table 14 に示した。

調査期間はランナーの切り離し後から定植前までの育苗期間、すなわち、2012 年は 6 月 15 日から 9 月 14 日まで、2013 年は 6 月 14 日から 9 月 17 日まで、2014 年は 6 月 10 日から 9 月 16 日までとし、6～12 日間隔で調査した。調査対象種は、ナミハダニ成若虫の他に、ハダニアザミウマ成虫と蛹、カブリダニ類とした。それぞれの育苗圃場からイチゴ苗を 20 株間隔で 100～200 株抽出し、中位葉 1 複葉の葉裏をルーペ（倍率：×3）で観察した。なお、ハダニアザミウマの成虫と蛹は分けて計数した。なお、本試験にてチャノキイロアザミウマ成幼虫の加害による葉の褐色や新芽の伸長阻害を示した調査株は無かったが、本虫とハダニアザミウマの混同を避けるために、本試験では幼虫を計数しなかった。

Table 14. Insecticides and acaricides applied in each farmer's field

Year	Field No.	Date of treatment	MoA ^{a)}	Pesticides (% AI , Formulation ^{b)})	Target pests
2012	No. 1	Jun. 16	4A	Thiacloprid (30.0, Wp)	Aphids
		Jun. 26	28	Chlorantraniliprole (5.0, Wp)	Lepidoptera
		Aug. 1	20D	Bifenazate (20.0, Wp)	Spider mite
		Aug. 8	18	Chromafenozide (5.0, Sc)	Lepidoptera
		Aug. 16	29	Flonicamid (10.0, Wp)	Aphids
		Sep. 1	18	Methoxyfenozide (20.0, Wp)	Lepidoptera
		Sep. 12	25A	Cyflumetofen (20.0, Sc)	Spider mite
	No. 2	Aug. 23	29	Flonicamid (10.0, Wp)	Aphids
		Sep. 2	9B	Pymetrozine (50.0, Wp)	Aphids
		Sep. 12	25A	Cyflumetofen (20.0, Sc)	Spider mite
	No. 3	Jul. 2	9B	Pyrifluquinazon (20.0, Wp)	Aphids
		Jul. 25	18	Methoxyfenozide (20.0, Wp)	Lepidoptera
		Aug. 3	20D	Bifenazate (20.0, Wp)	Spider mite
		Aug. 16	9B	Pymetrozine (50.0, Wp)	Aphids
		Aug. 22	–	Propylene glycol monolaurate (70.0, Ec)	Spider mite
		Sep. 5	28	Chlorantraniliprole (5.0, Wp)	Lepidoptera
		Sep. 13	25A	Cyflumetofen (20.0, Sc)	Spider mite
2013	No. 1	Jun. 18	4A	Nitenpyram I (10.0, Wp)	Aphids
		Jul. 7	18	Chromafenozide (5.0, Sc)	Lepidoptera
		Jul. 18	29	Flonicamid (10.0, Wp)	Aphids
		Aug. 13	25A	Cyfenopirafen (30.0, Sc)	Spider mite
		Sep. 15	25A	Cyflumetofen (20.0, Sc)	Spider mite
	No. 2	Jun. 18	4A	Nitenpyram (10.0, Wp)	Aphids
		Jul. 7	18	Methoxyfenozide (20.0, Wp)	Lepidoptera
		Aug. 16	9B	Pyrifluquinazon (20.0, Wp)	Aphids
		Sep. 13	25A	Cyfenopirafen (30.0, Sc)	Spider mite
	No. 3	Jun. 16	9B	Pyrifluquinazon (20.0, Wp)	Aphids
		Jul. 25	29	Flonicamid (10.0, Wp)	Aphids
		Aug. 12	28	Chlorantraniliprole (5.0, Wp)	Lepidoptera
		Sep. 13	25A	Cyflumetofen (20.0, Sc)	Spider mite
2014	No. 1	Jul. 2	18	Chromafenozide (5.0, Sc)	Lepidoptera
		Jul. 15	29	Flonicamid (10.0, Wp)	Aphids
		Aug. 14	20D	Bifenazate (20.0, Wp)	Spider mite
		Sep. 16	25A	Cyflumetofen (20.0, Sc)	Spider mite
	No. 2	Jul. 24	29	Flonicamid (10.0, Wp)	Aphids
		Jul. 31	18	Chromafenozide (5.0, Sc)	Lepidoptera
		Sep. 4	9B	Pyrifluquinazon (20.0, Wp)	Aphids
		Sep. 10	25A	Cyflumetofen (20.0, Sc)	Spider mite
	No. 3	Jun. 27	18	Methoxyfenozide (20.0, Wp)	Lepidoptera
		Jul. 9	9B	Pymetrozine (50.0, Wp)	Aphids
		Jul. 16	20D	Bifenazate (20.0, Wp)	Spider mite
		Jul. 24	–	Propylene glycol monolaurate (70.0, Ec)	Spider mite
		Aug. 17	28	Chlorantraniliprole (5.0, Wp)	Lepidoptera
		Sep. 12	25A	Cyflumetofen (20.0, Sc)	Spider mite

^a Mode of action (MoA) (for insecticides)

^b WP: Wettable powder. EC: Emulsifiable concentrate. SP: Water soluble powder. SC: Suspension concentrate.

結果

ナミハダニとその土着天敵の発生推移を Fig. 16 に示した。なお、3 か年の調査において、イチゴ苗上でカブリダニ類の発生は認められなかった（データ略）。

1) 2012 年

圃場 1 では、ナミハダニが 8 月 21 日に 0.013 頭/複葉とわずかに認められただけであったが、この時にハダニアザミウマ成虫が 0.013 頭/複葉認められた。8 月 28 日以降は、ナミハダニは低密度で推移した。

圃場 2 では、8 月以降にナミハダニの発生が認められ、8 月 28 日に 0.4 頭/複葉とピークに達した。ハダニアザミウマはナミハダニの発生に同調して徐々に増加し、9 月 7 日には成虫が 0.08 頭/複葉、蛹が 0.06 頭/複葉認められた。ハダニアザミウマ成虫と蛹はナミハダニの密度が減少した 9 月 14 日にも認められた。

圃場 3 では、ナミハダニは 6 月上旬から 7 月まで 0.1 頭/複葉未満で推移していたが、8 月 1 日に低密度ではあるが 0.3 頭/複葉に達した。殺ダニ剤散布後はナミハダニが減少したが、8 月 28 日に 0.15 頭/複葉とわずかではあるが認められた。殺ダニ剤 2 回目散布後は、ナミハダニの発生は認められなかった。ハダニアザミウマ成虫はナミハダニが発生した 8 月 1 日と 28 日に 0.02 頭/複葉認められ、9 月 7 日に蛹が 0.01 頭/複葉認められた。

2) 2013 年

圃場 1 では、8 月までナミハダニの発生が認められなかったが、8 月 7 日と 12 日にそれぞれ 0.05 頭/複葉と 0.1 頭/複葉認められた。この時にハダニアザミウマ成虫も 0.05 頭/複葉と 0.01 頭/複葉認められた。8 月下旬以降はナミハダニとハダニアザミウマの発生は認められなかった。

圃場 2 では、8 月 19 日にナミハダニが 0.16 頭/複葉認められ、9 月 4 日には低密度ではあるが、0.24 頭/複葉に達した。ハダニアザミウマ成虫は 8 月 12 日から 9 月 10 日ま

で確認され、9月4日に0.05頭/複葉に達した。また、本虫の蛹は9月4日以降に0.02頭/複葉認められた。

圃場3では、調査期間を通してナミハダニが0.09頭複葉/未満と低密度で推移した。しかし、ハダニアザミウマは7月25日の調査以降にイチゴ葉上で定着が認められ、9月4日調査時には、成虫と蛹がそれぞれ0.03頭/複葉と0.02頭/複葉認められた。

3) 2014年

圃場1では、ナミハダニは調査期間を通して低密度で推移した。ハダニアザミウマは8月12日に成虫が0.1頭/複葉認められた。

圃場2では、6月19日以降ナミハダニが認められたが、個体数が急激に増加することなく、育苗期間は0.5頭/複葉未満と低密度で推移した。ハダニアザミウマ成虫は9月4日に0.05頭/複葉認められ、幼虫も9月10日に0.05頭/複葉確認された。

圃場3では、ナミハダニは6月30日に0.2頭/複葉認められて徐々に増加し、7月23日に1.0頭/複葉とピークに達した。ハダニアザミウマはナミハダニの発生に同調して、成虫が7月9日に0.01頭/複葉、蛹が7月31日に0.01頭/複葉認められたが、個体数は増加しなかった。2回の薬剤散布以降はナミハダニの密度が減少し、9月4日以降の発生は認められなかった。ハダニアザミウマ成虫は、ナミハダニが低密度で推移した8月以降も発生が認められた。

今回の3か年の調査では、全ての圃場でハダニアザミウマの発生が認められた。また、圃場2と3では、ナミハダニの個体数が一時的に増加したものの、9月の最終調査では、ナミハダニは認められず、育苗期間を通した殺ダニ剤の散布は3回以内にとどまった。

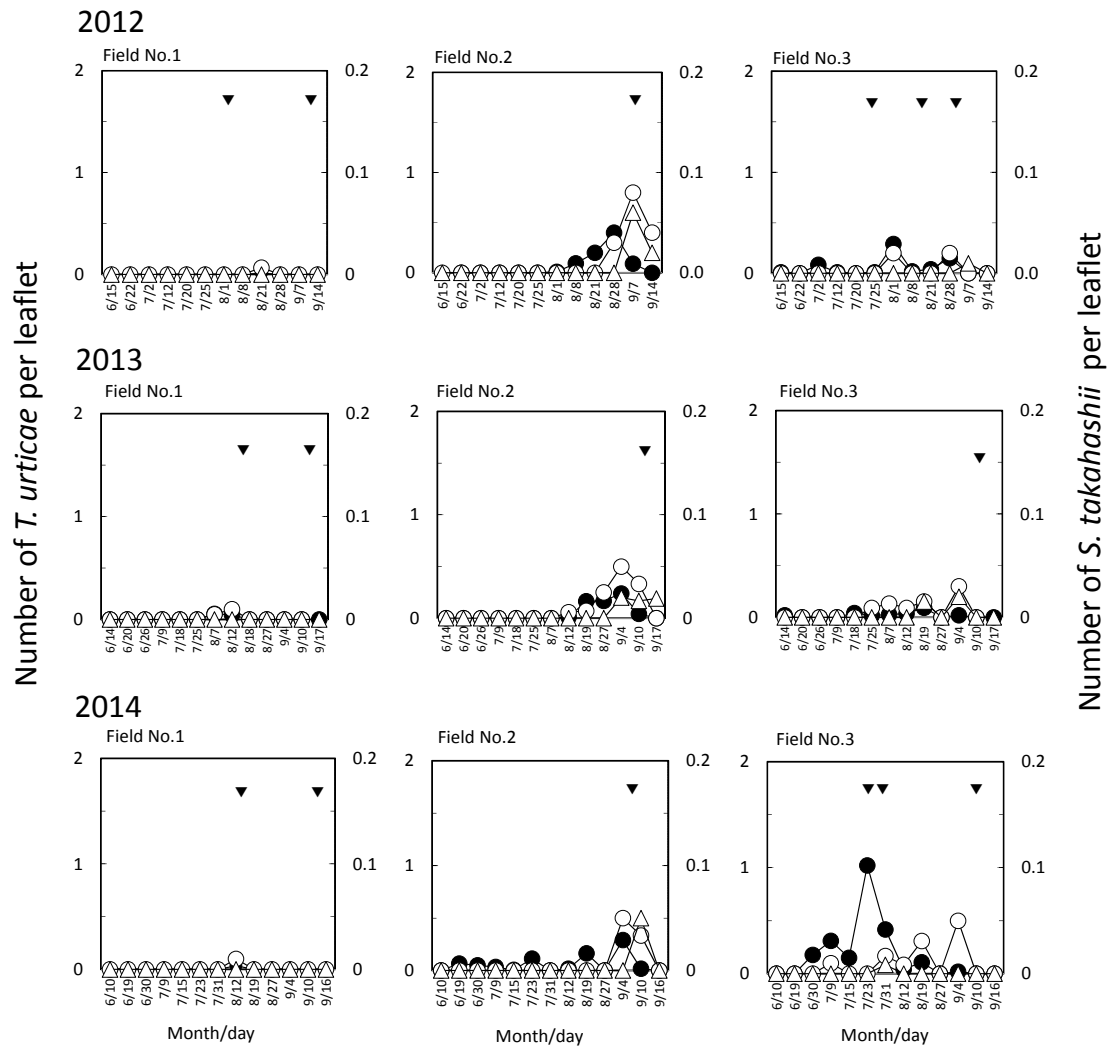


Fig.16. Seasonal occurrence of spider mites, aphids and their natural enemies on strawberry plug plants in farmer's field.

Filled inverted triangle indicates the date of acaricide application. Symbols: ●, number of *Tetranychus urticae*; ○, number of adults of *Scolothrips takahashii* Priesner ; △, number of pupae of *S. takahashii*.

考察

露地栽培では、土着天敵の保護利用による保全的生物的防除が注目されており(大野, 2009), 選択的薬剤を利用した防除体系の有効性は、ナス (Takemoto and Ohno, 1996) やオクラ *Abelmoschus esculentus* (L.) (柿元ら, 2015) の現地実証試験にて証明されている。本試験では、選択的薬剤を用いてハダニアザミウマを保護利用した防除法によるナミハダニの密度抑制効果を生産圃場で評価した。その結果、3 か年の現地圃場試験では、ナミハダニの発生はいずれの圃場でも要防除水準密度の 1 頭/小葉(JPP-NET, 2017) 以下で推移したが、全ての圃場でハダニアザミウマが認められ、カブリダニ類は認められなかった。

この理由として 2 つのことが考えられる。まず、ハダニアザミウマの移動能力がカブリダニ類よりも優れていることが挙げられる。森ら (2008) は、ダイズ圃場において、影響のある薬剤散布後に、ハダニアザミウマがカブリダニ類よりも早くダイズ上に飛来したことを報告している。もう 1 つの理由として、イチゴで使用する薬剤の影響をカブリダニ類よりも受けにくいことが挙げられる。イチゴのうどんこ病や炭疽病は、発病すると大幅な減収を来す病害である (大友, 1980 ; 岡山, 1989 ; 稲田ら, 2005) ため、生産現場では今回供試した殺菌剤が定期的に散布されている。このうち、ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤やプロビネブ水和剤については、数種カブリダニに対する悪影響が報告されている (日本生物的防除協議会, 2017)。殺菌剤が定期的に散布されるイチゴ育苗期には、カブリダニ類は影響を受けてしまい、結果的に定着が阻害された可能性が考えられる。

2012~2014 年における圃場 2 と 2013 年における圃場 3 では、殺ダニ剤が散布されていない時期にハダニアザミウマが認められ、ナミハダニが増加することなく低密度で推移した。このことから、ナミハダニの密度抑制に、ハダニアザミウマが起因した可能性が高いと推察される。また、天敵定着時の害虫密度が低いほど、高い密度抑制効果が得

られること（矢野，2003）を考慮すると，ナミハダニ低密度時からハダニアザミウマがイチゴに定着したことは，防除上利点であると考えられる．

本試験によって，難防除害虫であるナミハダニに対して，ハダニアザミウマを保護利用し，選択的薬剤を組み合わせた技術の防除効果が立証された．ただし，使用できる選択的薬剤は限られており，これらを連用することでナミハダニの薬剤抵抗性が更に発達する恐れがある．従って，ナミハダニの感受性低下を回避するためにも，天敵の防除効果を高める必要がる．その手段として，天敵が必要とする花粉や花蜜，代替餌を供給できる天敵温存植物を導入する保護強化法（Landis et al., 2000 ; 矢野, 2003 ; 大野, 2009）の導入が挙げられる．実際に，露地栽培のオクラにて，天敵温存植物を利用することでワタアブラムシの土着天敵が増加し，防除効果が更に安定した事例が報告されている（柿元ら，2015）．従って，今後は，土着天敵を圃場内で温存できる植物種の選定とその利用法についても検討する必要がある．

総合考察

ナミハダニは、体長 0.45 mm 内外と微小で増殖力が高く、促成栽培イチゴにおいて最も問題となっている重要害虫である。本虫に対する主な防除法は薬剤散布による化学的防除法であり、高い防除効果を得るために、薬剤感受性の動向に基づき定期的に防除を実施している。本研究において、促成栽培イチゴで使用される主要殺ダニ剤に対する雌成虫と卵・孵化幼虫に対する殺虫効果を検討した結果、主産地から採集したナミハダニ 9 個体群の雌成虫に対して効果的な薬剤は認められず、2007 年の薬剤検定（福岡県，2008）において、雌成虫に対する効果が高かったミルベメクチン水和剤、エマメクチン安息香酸塩乳剤およびビフェナゼート水和剤の殺虫効果の低下が認められた。この結果は、生産現場でナミハダニの防除効果が低下している事例を反映させるものであった。イチゴで周年発生するナミハダニは、定期的な薬剤散布による高い淘汰圧を継続して受け、その結果、薬剤抵抗性が発達したと考えられる。更に、2015 年に上市された新規薬剤のピフルブミド・フェンピロキシメート水和剤においても一部の個体群で感受性の低下が認められたことから、薬剤感受性低下のリスクを回避するためにも化学的防除以外の対策を組み合わせた防除体系の改良が必要であると考えられた。

育苗期の農薬代替技術として、土着天敵の活用（山城・若樹 2006；岸本ら 2007；國本ら 2009）を想定し、土着天敵相を調査した結果、ハダニアザミウマが優占的に発生することが明らかとなった。ハダニアザミウマは、捕食量や内的自然増加率（Gotoh et al., 2004a, b）、移動分散能力（Kishimoto, 2002；森ら，2008）の他、ハダニ類の探索能力（Takahashi et al., 2001；Shimoda et al., 2002）に優れている土着天敵である。ケージを用いたナミハダニに対する密度抑制効果試験において、ハダニアザミウマはチリカブリダニと同様にナミハダニに対する防除資材として有効であることを示した。露地条件で実施した試験場内試験では、ナミハダニが 0.5 頭/複葉と、要防除水準密度以下（JPP-NET, 2017）の低密度条件であったにもかかわらず、本虫のイチゴへの移入が認められた。天

敵定着時の害虫密度が低いほど、高い密度抑制効果が得られること（矢野，2003）を考慮すると、ナミハダニ低密度時からハダニアザミウマがイチゴに移入したことは、防除上利点であると考えられる。また、イチゴ上でハダニアザミウマ成虫の他に、次世代の蛹も認められ、ナミハダニに対する密度抑制効果も得られていることから、本虫はイチゴへの定着が良く、イチゴ育苗期のナミハダニ防除として有効であると考えられた。

これまでに、ナシ *Pyrus pyrifolia* var. *culta* (Kishimoto 2002) やカキ *Diospyros kaki* (國本ら，2009)，ダイズ *Glycine max* (L.) (森ら，2008) 等において、ハダニアザミウマの発生が確認されていたが、ハダニ類防除として本虫を積極的に活用した知見は少なく、現在のところ、ほとんどの園芸品目ではカブリダニ類の利用が中心である。しかし、現地圃場にて3か年実施した、ハダニアザミウマを保護利用した防除体系試験では、ナミハダニの発生はいずれの圃場でも要防除水準密度の1頭/小葉（JPP-NET，2017）以下で推移したが、全ての圃場でハダニアザミウマが認められ、カブリダニ類は認められなかった。

経営作物を栽培する上で、主要害虫を低密度に維持管理することが重要であり、イチゴにおいても、栽培期間を通してナミハダニを低密度に抑制しなければならない。ナミハダニが低密度条件下から発生する土着天敵が防除資材として重要な役割を担うが、一般的に、ハダニ類が低密度の時期から発生する天敵として、餌要求度が小さいカブリダニ類が挙げられ、餌要求度が高いケシハネカクシ類 *Oligota* spp. やダニヒメテントウ類 *Stethorus* sp. 等の天敵昆虫と比べると定着性に優れると考えられている（江原・真梶，1975）。ハダニアザミウマはカブリダニ類と比べると餌要求度は高いものの、上述の天敵昆虫と比べると餌要求度は低いことが報告されており（後藤，2007）、生産圃場にてハダニ類の密度が低い時期からカブリダニ類と混発して本虫が発生した事例（森ら，2008）や、本虫だけが発生した事例（伊澤ら，2000）が認められており、イチゴにおいてもナミハダニ防除として本虫が重要な役割を担うと考えられる。イチゴ上でカブリダニ類が認められなかった要因として、圃場周辺の植生の他に、病害防除で定期的に使用されて

いる殺菌剤の影響を受けた可能性も考えられる。殺菌剤の有効成分であるプロビネブやチオファネートメチルは、チリカブリダニ *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot やスワルスキーカブリダニ *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot 等の数種カブリダニに対して影響を及ぼすことが報告されている（日本生物防除協議会，2017）。そのため、イチゴ育苗期に発生するカブリダニ類も同様の影響を受け、その結果、本種よりも移動能力に優れる飛翔性天敵のハダニアザミウマ（柿元ら，2002；Kishimoto, 2002；森ら，2008）が圃場周辺からイチゴへ移入し、優占して定着した可能性が考えられる。

露地栽培では、土着天敵の保護利用による保全的生物的防除が注目されており（大野，2009），選択的薬剤を利用した防除体系の有効性は、ナス（Takemoto and Ohno, 1996）やオクラ *Abelmoschus esculentus* (L.)（柿元ら，2015）の現地実証試験にて証明されている。本試験では、ハダニアザミウマがイチゴ育苗期の栽培においてハダニ類の密度抑制に有効な土着天敵であることを明らかにし、選択的薬剤を用いて本虫を保護利用した防除法によるナミハダニの密度抑制効果を生産圃場で評価し、ナミハダニに対する本防除体系の有効性を立証することができた。本報告は、ハダニアザミウマを保護利用した防除技術（Fig. 17, Table 15）を提示した最初の研究である。育苗期にハダニアザミウマを活用することで、ナミハダニを低密度に維持管理することができ、本圃への持ち込みが減少すると考えられ、本圃での農薬代替技術については、柏尾ら（2008）のカブリダニを利用した防除体系が福岡県にて普及していることから、本技術との併用で安定した防除効果が得られると期待できる。また、ハダニアザミウマは茨城県のダイズ（森ら，2008）でも発生が容易に認められていることから、九州以外のイチゴ主産地でも本虫を保護利用した防除技術が適用する可能性が考えられる。

ただし、使用できる選択的薬剤は限られており、これらを連用することでナミハダニの薬剤抵抗性が更に発達する恐れがある。従って、ナミハダニの感受性低下を回避するためにも、天敵の防除効果を高める必要がる。その手段として、天敵が必要とする花粉や花蜜、代替餌を供給できる天敵温存植物を導入する保護強化法（Landis et al., 2000；

矢野，2003；大野，2009）の導入が挙げられる．実際に，露地栽培のオクラにて，天敵温存植物を利用することでワタアブラムシの土着天敵が増加し，防除効果が更に安定した事例が報告されている（柿元ら，2015）．ハダニアザミウマはハダニを専門的に捕食する天敵であるが，ハダニが枯渴した飢餓状態下でもショ糖を利用することで成虫の生存期間が大幅に改善されることが報告されており（Kishimoto and Adachi, 2010），蜜源植物を圃場内に導入することでハダニの密度抑制効果が高まると考えられている（岸本，2011）．また，イチゴの育苗期には，ハダニアザミウマの他に数種カブリダニ類の発生も認められることから，蜜源となる植物を圃場内外に確保することで，ハダニアザミウマを含めた土着天敵を圃場で維持でき，ナミハダニに対する防除効果が更に安定する可能性が考えられる．従って，今後は，土着天敵を圃場内で温存できる植物種の選定とその利用法についても検討する必要がある．

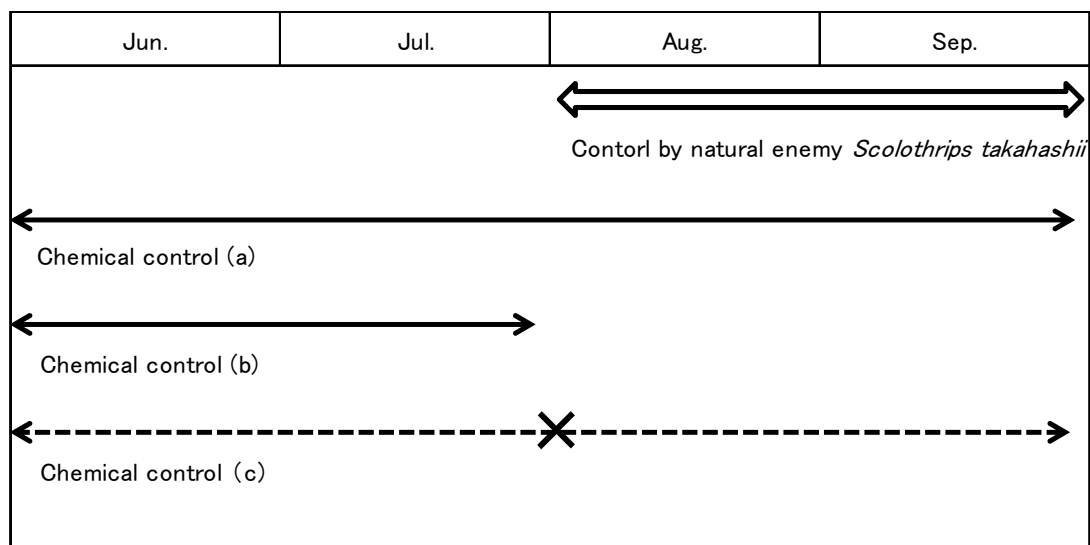


Fig.17. The spider mite control utilizing natural enemy *Scolothrips takahashii* in strawberry nursery period.

This IPM strategy is established by selective pesticides for utilizing *S. takahashii*. This control system is (a) selective insecticides are used for pests, (b) harmful insecticides which remained effective within 10 days after the treatments against *S. takahashii* could be used until July when density of *S. takahashii* is low, (c) harmful insecticides which remained effective up to 10 days after the treatments against *S. takahashii* or affect some natural enemy in long term are not used.

Table 15. List of insecticides for IPM strategy

	IRAC	Pesticide	Target pests
Chemical control (a)	9B	Pymetrozine	Aphids
	9B	Pyriproxyfen	Aphids
	29	Flonicamid	Aphids
	18	Chromafenozide	Lepidoptera
	18	Methoxyfenozide	Lepidoptera
	22A	Indoxacarb	Lepidoptera
	28	Flubendiamide	Lepidoptera
	28	Chlorantraniliprole	Lepidoptera
	6	Milbemectin	Spider mites
	10A	Hexythiazox	Spider mites
	20D	Bifenazate	Spider mites
	25A	Cyenopyrafen	Spider mites
	25A	Cyflumetofen	Spider mite
Chemical control (b)	4A	Nitenpyram	Aphids
	4A	Thiacloprid	Aphids
	4A	Acetamiprid	Aphids
	5A	Spinosad	Lepidoptera
Chemical control (c)	UN	Pyridalyl	Lepidoptera
	15	Lufenuron	Lepidoptera
	1A	<i>Carbamate group</i>	Several pests
	1B	<i>Organophosphorus compound group</i>	Several pests
	3A	<i>Synthetic pyresroid group</i>	Several pests

See Fig. 17.

要約

ナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch は、体長 0.45mm 内外と微小で増殖力が高く、果樹や野菜、花き類等の多くの園芸作物を加害し、イチゴにおいては近年発生量が増加している重要害虫の一つである。イチゴの促成栽培では、ハウスの加温開始以降からナミハダニ個体数が指数関数的増殖を示し、高密度になると株全体が萎縮した状態になり著しい減収を来す。ナミハダニは苗に寄生した状態で本圃へ持ち込まれるため、本圃での本虫の被害を抑制するためには、育苗時期の防除を徹底する必要がある。しかし、生産現場では、薬剤防除を徹底しているにもかかわらず、ナミハダニの発生が抑制されない事例が多く認められている。また、生産者の高齢化に伴う作業負担の増加も問題となっていることから、生産現場からは、新しい防除技術の開発が求められている。そこで、福岡県におけるナミハダニの薬剤感受性の動向を把握し、化学的防除法の防除効果を明らかにした上で、イチゴでの土着天敵を活用した新しい防除技術の有効性を検討した。

1. 促成栽培イチゴで使用される主要殺ダニ剤に対する雌成虫と卵・孵化幼虫に対する殺虫効果を検討した結果、ナミハダニ 9 個体群の雌成虫に対して効果的な薬剤は認められず、ナミハダニの薬剤感受性の低下が認められた。この結果は、ナミハダニの防除効果が低下している事例を反映させるものであり、化学的防除に依存した防除体系の限界を示す結果となった。

2. ナミハダニの薬剤感受性低下を踏まえ、育苗期の化学的防除法の代替技術として、土着天敵の活用に着目し、福岡県八女市の現地 4 圃場にて、インゲントラップに誘引された土着天敵種とイチゴで認められた土着天敵種を調査し、これらを活用した防除体系の可能性について検証した。その結果、全ての圃場のインゲントラップで確認された土

着天敵はハダニアザミウマ *Scolothrips takahashii* Priesner と数種カブリダニであった。しかし、全ての圃場において、イチゴで認められた天敵はハダニアザミウマだけで、ハダニ類が高密度時でもカブリダニ類は一部の圃場でしか確認されなかった。この結果より、イチゴ育苗期ではカブリダニ類よりもハダニアザミウマを主に利用できる可能性が高いと考えられた。

3. 優占的に発生するハダニアザミウマの防除資材としての特性を評価するために、実験的評価法に基づき、ナミハダニに対するハダニアザミウマの密度抑制効果を評価した。ケージを用いたナミハダニに対する密度抑制効果試験では、天敵無放飼区と比較してナミハダニの個体数を低密度に抑制でき、チリカブリダニと同様にハダニアザミウマもナミハダニに対する密度抑制効果を有することが明らかとなった。更に、露地条件で実施した試験場内試験においても、イチゴ圃場へのハダニアザミウマの移入が認められ、ナミハダニの密度抑制効果が得られた。

4. イチゴ栽培で使用頻度が高い 26 薬剤に対するハダニアザミウマの感受性試験を実施した結果、スピノサド、ルフェヌロン、アセタミプリド、ニテンピラム、チアクロプリド、ピリダリルで影響が認められた。このうち、ルフェヌロンとピリダリルでは、10 日以上の影響が認められた。残りの 20 種類の薬剤では、ハダニアザミウマに対する影響はなかったことから、選択的薬剤として利用できることが明らかとなり、本虫を防除資材として利用するために必要な情報を得ることができた。

5. 八女市の現地 3 圃場にて、ハダニアザミウマを保護利用したナミハダニ防除体系の有効性を 3 カ年の試験にて評価した。本試験では、ナミハダニの発生はいずれの圃場でも要防除水準密度の 1 頭/小葉以下で推移したが、全ての圃場でハダニアザミウマが認められ、カブリダニ類は認められなかった。また、殺ダニ剤が散布されていない時期に

ハダニアザミウマが認められ、ナミハダニが増加することなく、低密度で推移した事例も認められ、本試験によって、ハダニアザミウマを保護利用した防除体系がナミハダニの密度抑制に有効であることが立証された。

以上の結果を総合し、福岡県における土着天敵ハダニアザミウマを保護利用したナミハダニ防除体系を提案した。これにより、ナミハダニによる被害の抑制が期待される上、殺虫剤散布回数の削減効果も期待される。殺虫剤散布回数の削減は、近年懸念されているナミハダニの薬剤感受性低下を回避できるものと考えられる。

謝辞

本論文の取りまとめに際して、懇切丁寧なご指導，ならびにご校閲を賜りました九州大学農学研究院 上野高敏准教授に対して厚く深謝の意を表します。また，九州大学農学研究院 教授 広渡俊哉博士，准教授 津田みどり博士には，本論文の審査を賜りました。福岡県飯塚農林事務所飯塚普及指導センター長 嶽本弘之氏には，本論文を取りまとめる際に，貴重なご助言と励ましの言葉を賜りました。九州大学農学研究院 高木正見博士には，貴重なご助言と激励を賜りました。あわせて心より深謝の意を表します。

本論文の取りまとめにあたり，農研機構中央農業研究センター 長坂幸吉博士には有益なご助言と激励をいただきました。同センターの下田武志博士には，研究を取りまとめる際のご校閲とハダニアザミウマの生態に関する貴重なご助言を賜りました。同センターの光永貴之博士には，統計手法について懇切丁寧なご指導いただきました。また，依頼研究員として同センターで研修させていただいた際には，本多健一郎博士（現 農研機構野菜茶業研究所 所長），後藤千枝博士，日本典秀博士，屋良佳緒利博士（現 農研機構野菜茶業研究所）をはじめ，多くの皆様にご指導をいただきました。同センターで依頼研究員として研修を共に受講した静岡県農林技術研究所茶業研究センター 内山徹博士には普段より励ましの言葉をいただきました。あわせて厚く感謝申し上げます。

農研機構果樹研究所リンゴ拠点 岸本英成博士には，カブリダニの同定法について懇切丁寧にご指導をいただくとともに，ハダニアザミウマに関する有益な情報を賜りました。あわせて厚く感謝申し上げます。

福岡県筑後農林事務所八女普及指導センターの皆様には調査のご協力をいただきました。JA ふくおか八女いちご部会の皆様をはじめ，樋口 健氏，樋口賢治氏，中尾敏和氏，鹿田勝師氏には試験圃場の提供と調査へのご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

本研究を実施するにあたり，福岡県農林業総合試験場病害虫部長 角重和浩氏には普

段より多くのご助言と励ましの言葉を賜りました。元福岡県農業総合試験場 山中正博 場長（現（一社）九州病虫害防除推進協議会 会長）、元福岡県農林業総合試験場豊前分 場長 堤 隆文博士（現（一社）九州病虫害防除推進協議会）には多くの励ましの言葉を 賜りました。福岡県農林業総合試験場病虫害部の皆様をはじめ、森田茂樹氏（現 福岡 県農林業総合試験場野菜部）、國丸謙二氏（現 福岡県筑後農林事務所八女普及指導セン ター）、桐明紗織氏（現 福岡県筑後農林事務所）には、普段より多くのご協力を賜りま した。あわせて厚く御礼申し上げます。また、本研究において、現地試験の調査補助、 供試虫の維持や試験場の圃場管理等、多大なご協力をいただきました中村隆説主任技能 員、藤川正喜主任技能員、松本房子さん、坂本恭子さん、村上敏江さん、木下澄子さん、 金田 希さん、桎木万須美さんに深く感謝の意を表します。

元福岡県田川地域農業改良普及センター長の松尾保幸氏には、日頃の試験研究の実施 にあたり、温かいお言葉をいただきました。福岡県農林水産部経営技術支援課の國武孝 浩 専門技術指導員（現 福岡県農業大学校教授）と松本幸子 専門技術指導員には、本 技術の普及推進に多くのご協力をいただきました。ここに記して厚く感謝申し上げます。

最後に、本研究を実施するに当たり、日頃から多くの面で支援してくれた妻の柳田慶 子に深謝の意を表する。

引用文献

- Abbott, W. S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide.
J. Econ. Entomol. 18:265-267.
- 合田健二・中村利宣 (1986) イチゴのハダニ類の密度推定法. 植物防疫 40:550-553.
- Darrow, G. M. (1966) The Strawberry History—Breeding and Physiology—. *HOLT, RINEHART and WINSTON, New York.* pp. 447.
- 江原昭三・真梶徳純 (1975) 天敵. 農業ダニ学 (江原昭三・真梶徳純著). 全国農村教育協会 (東京). pp. 187-200.
- 江原昭三・真梶徳純 (1993) 日本原色植物ダニ図鑑. 全国農村教育協会 (東京). pp. 298.
- 江原昭三 (2007) カブリダニ科の見分け方. 植物防疫特別増刊号 (10) (江原昭三・後藤哲雄・上遠野 富士夫・岡部貴美子著). 日本植物防疫協会 (東京). pp. 78-120.
- FAO (2017) Food and agriculture data. <http://www.fao.org/statistics/databases/en/>. (2017 年 5 月 8 日アクセス確認).
- 福岡県 (2008) 福岡県野菜病虫害・雑草防除の手引き. 福岡県, 福岡. pp. 200.
- 福岡県 (2014) 福岡県食料・農業・農村の動向—平成 25 年度農業白書—. 福岡県 (福岡). pp. 57.
- 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.
- 後藤哲雄 (2007) ハダニ天敵 3 種の捕食量と機能の反応. 植物防疫 61: 218-223.
- Gotoh, T., M. Nozawa and K. Yamaguchi (2004a) Prey consumption and functional response
of three acarophagous species to eggs of the two-spotted spider mite in the
laboratory. *Appl. Entomol. Zool.* 39: 97-105.

- Gotoh, T., K. Yamaguchi, M. Fukazawa and K. Mori (2004b) Effect of temperature on life history traits of the predatory thrips, *Scolothrips takahashii* Priesner (Thysanoptera: Thripidae) *Appl. Entomol. Zool.* 39: 511-519.
- 行徳 裕・柏尾具俊 (1990) ケシハネカクシ類成虫に対する農薬の影響. 九病虫研会報 36:155-159.
- 浜村徹三・篠田徹郎 (2004) 3 種カブリダニに悪影響のない薬剤の選択. 関西病虫研報 46: 63-65.
- 春山直人・松本華苗 (2013) 栃木県の園芸作物に発生したナミハダニに対する各種薬剤の殺虫効果. 関東病虫研報. 60:99-101.
- Hassan, S. A. (1992) Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: Description of test methods. *Bull. IOBC/WPRS* 15:18-39.
- 稲田 稔・山口純一郎・古田明子 (2005) イチゴ炭疽病菌 (*Glomerella cingulata*) 潜在感染親株の育苗期における再発病と苗への伝染. 九病虫研会報 51:11-14.
- 伊澤宏毅・藤井和則・的場達矢 (2000) 複合交信攪乱剤を用いたナシ害虫防除における殺虫剤削減の試み. 応動昆 44:165-171.
- JPP-NET (2017) 都道府県が設定している要防除水準(野菜). http://www.jppn.ne.jp/jpp/bouteq/bojosuijun_data/yasai.pdf (2017 年 4 月 1 日アクセス確認).
- 柿元一樹・松尾幸助・井上栄明・小原直久 (2002) 桑園におけるカンザワハダニおよび捕食性天敵類の個体群密度の季節的変動. 九病虫研会報 48: 81-86.
- 柿元一樹・井上栄明・伊藤由香・田代啓一朗・大野和朗 (2015) オクラのワタアブラムシに対する土着天敵の保護・強化法による 生物的防除の有効性 (現地ほ場での評価; 予報). 九病虫研会報 61: 49-56.
- 柏尾具俊・嶽本弘之・宮田将秀 (2008) プロジェクト研究「生物機能を活用した環境負荷低減技術の開発」成果 施設イチゴにおけるカブリダニ類を利用したハダニ類の

- IPM マニュアル. (独) 農業・食品産業技術総合研究機構. 中央農業総合センター (茨城県) pp. 18.
- Kishimoto, H. (2002) Species composition and seasonal occurrence of spider mites (Acari:Tetranychidae) and their predators in Japanese pear orchards with different agrochemical spraying programs. *Appl. Entomol. Zool.* 37: 603-615.
- 岸本英成・手柴真弓・近藤知弥・宮崎俊英・杉浦直幸・戸田世嗣・山崎礼一・若月洋・
本山宏・堀江宏彰 (2007) 九州のカンキツ園におけるミヤコカブリダニの発生状況.
日本ダニ学会誌 16 : 129-137.
- Kishimoto, H. and I. Adachi (2010) Effects of sucrose on survival and oviposition of the predacious insects *Stethorus japonicus* (Coleoptera: Coccinellidae), *Oligota kashmirica benefica* (Coleoptera: Staphylinidae), and *Scolothrips takahashii* (Thysanoptera: Thripidae) *Appl. Entomol. Zool.* 45: 621-626.
- 岸本英成 (2011) ハダニ捕食性昆虫の生存・産卵に対するショ糖の効果. 植物防疫 65: 418-421.
- 桐明紗織・柳田裕紹 (2015) 福岡県内のキクおよびバラに寄生するナミハダニ黄緑型 *Tetranychus urticae* Koch (green form) に対する数種薬剤の殺虫効果(短報). 福岡県農林業総合試験場研究報告1 : 4-6.
- 桐谷圭治・川原幸夫 (1970) 殺虫剤抵抗性の発達に及ぼす環境要因の影響. 植物防疫24 : 474-478.
- 國本佳範・仲摩朋葉・天野洋・高藤晃雄 (2009) カキ圃場でのハダニ類に対する土着天敵相, 特に下草管理が土着天敵類の発生に及ぼす影響. 日本ダニ学会誌 18 : 7-16.
- 國本佳範 (2010) 奈良県におけるナミハダニ黄緑型の殺ダニ剤感受性の推移. 奈良農総セ研報 41 : 23-28.

- Landis, D. A., S. D. Wratten and G. M. Gurr (2000) Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Ann. Rev. Entomol.* 45: 175-201.
- Li, D. X., J. Tian and Z. R. Shen (2006) Effects of pesticides on the functional response of predatory thrips, *Scolothrips takahashii* to *Tetranychus viennensis*. *J. Appl. Entomol.* 130 : 314-322.
- 三井寿一・藤田幸一・末吉孝行・伏原 肇 (2003) イチゴ新品種‘福岡 S6 号’, ‘福岡 S7 号’の育成. 福岡農総試研報 22:61-68.
- 望月雅俊 (1998) 農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感受性検定マニュアル (18) 茶害虫 : カンザワハダニ. 植物防疫 52 : 96-98.
- 森 樊須 (1993) 天敵農薬—チリカブリダニその生態と応用. 日本植物防疫協会 (東京). pp. 130.
- Mori, K. and T. Gotoh (2001) Effects of pesticides on the spider mite predators, *Scolothrips takahasii* (Thysanoptera: Thripidae) and *Stethorus japonicus* (Coleoptera:Coccinellidae) . *Internat. J. Acarol.* 27: 299-302.
- 森 克彦・高木一夫・柑本俊樹・後藤哲雄・小林政信 (2008) ダイズにおけるハダニおよび天敵類の発生消長と殺虫剤散布の影響. 応動昆 52:215-223.
- Morita, M., T. Ueda, T. Yoneda, T. Koyanagi and T. Haga (2007) Flonicamid, a novel insecticide with a rapid inhibitory effect on aphid feeding. *Pest Manag. Sci.* 63: 969-973.
- 永井一哉 (1991) 露地栽培ナスでのミナミキイロアザミウマの総合防除の体系. 応動昆 35:283-289.
- 中川智之 (1988) ハダニアザミウマの生態と捕食量. 植物防疫 42 : 572-576.
- 日本生物的防除協議会 (2017) <http://www.biocontrol.jp/Tenteki.html> (2017 年 6 月 2 日アクセス確認)

- 日本植物防疫協会（2016）農薬ハンドブック 2016 年版. 日本植物防疫協会（東京），pp. 1089.
- 農林水産省（2015）平成 26 年農業産出額および生産農業所得・都道府県別. 農林水産省.
http://www.maff.go.jp/j/tokei/sokuhou/sansyutu_zenkoku_14/（2017 年 5 月 9 日アクセス確認）.
- 農林水産省（2017a）野菜生産出荷統計. <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001164543>（2017 年 5 月 9 日アクセス確認）.
- 農林水産省（2017b）平成 29 年病虫害発生予察情報発表状況一覧.
http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/boujyo/attach/pdf/120104_yoho-24.pdf（2017 年 4 月 27 日アクセス確認）.
- 岡崎真一郎・奥田 充・櫻井民人（2007）大分県で採集したミカンキイロアザミウマ個体のエマメクチン安息香酸塩乳剤およびクロルフェナピル水和剤に対する感受性低下. 九病虫研会報 53:66-70.
- 岡山健夫（1989）奈良県におけるイチゴ炭そ病の発生実態と薬剤防除について. 奈良農試研報 20:79-86.
- 大野和朗・嶽本弘之・河野一法・林 恵子（1995）露地栽培のナスにおけるミナミキイロアザミウマの総合防除体系の有効性－現地農家圃場での実証. 福岡農総試研報 14:104-109.
- 大野和朗（2009）土着天敵を利用した総合的害虫管理. 生物間相互作用と害虫管理（安田弘法・城所隆・田中幸一編）. 京都大学学術出版会（京都）：pp. 163-184.
- 大野 徹（2000）農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感受性検定マニュアル（36）天敵生物：ヒメハナカメムシ類. 植物防疫 54:290-294.
- 大野 豪・宮城聡子・喜久村智子・貴島圭介（2010）沖縄に分布する *Tetranychus* 属ハダニ 9 種に対する各種農薬の殺虫効果. 九病虫研会報 56：58-65.

- 大西論平・金崎秀司・青野光男・崎本孝江・大政義久（2006）ミカンハダニに対する天敵利用技術の研究（第 2 報）ウンシュウミカン園におけるミヤコカブリダニのミカンハダニに対する防除効果．愛媛果樹試研報 20：19-32.
- 大友義視（1980）施設栽培イチゴのうどんこ病に関する研究（第 1 報）．東北農業研究 27：189-190.
- 刑部正博・上杉龍士（2009）ハダニの薬剤抵抗性．日本農薬学会誌 34（3）：207-214.
- SAS Institute（2008）JMP version 8. SAS Institute Inc, Cary.
- SAS Institute（2010）JMP version 9. SAS Institute Inc, Cary.
- 沢木忠雄・佐藤充通（1986）イチゴのハダニ類の発生消長と要防除密度．植物防疫 40：558-562.
- Sengonca, C. and S. Gerlach（1984）Einfluss der Blattoberfläche auf die Wirksamkeit des Räuberischen Thrips, *Scolothrips longicornis* [Thysan.: Thripidae]. *Entomophaga* 29: 55-61.
- Shimoda, T., R. Ozawa, G. Arimura, J. Takabayashi and T. Nishioka（2002）Olfactory responses of two specialist insect predators of spider mites toward plant volatiles from lima bean leaves induced by jasmonic acid and/or methyl salicylate. *Appl. Entomol. Zool.* 37: 535-541.
- Shimoda, T., K. Matsuo, K. Yara and N. Hinomoto（2016）A simple plant trap for collecting acariphagous insect predators and their parasitoids. *Appl. Entomol. Zool.* 51:233-240.
- 諏訪明之・坂田和之（2011）昆虫行動制御剤ピリフルキナゾン（コルト®顆粒水和剤）の特徴と使い方．植物防疫 65：192-197.
- 高田裕司・柏尾具俊（2004）カンザワハダニを餌とした場合のミヤコカブリダニの生物特性とイチゴでの放飼効果．九病虫研会報 50:49-54.

- 高藤晃雄・森下正彦（2003）ナミハダニとカンザワハダニの比較生態学．日本ダニ学会誌 12：1-10.
- Takahashi, H., A. Takafuji, J. Takabayashi, S. Yano and T. Shimoda (2001) Seasonal occurrence of specialist and generalist insect predators of spider mites and their response to volatiles from spider-mite-infested plants in Japanese pear orchards. *Exp. Appl. Acarol.* 25. 393-402.
- Takemoto, H. and K. Ohno (1996) Integrated Pest Management of *Thrips palmi* in eggplant fields, with conservation of *Orius* spp. *In Proceedings of International Workshop on the Pest Management Strategies in Asian Monsoon Agroecosystems (Kumamoto)*: pp. 235-244.
- 田中良幸・姫野修一・田中浩平・林田達也（2011）イチゴ「あまおう」の高設栽培における定植時の株間が生育、収量および品質に及ぼす影響．福岡農総試研報 30:60-65.
- 富所康広・磯部宏治（2010）天敵温存植物で増殖したケナガカブリダニによるチャのカンザワハダニの密度抑制効果．応動昆 54：1-12.
- 鶴田伸二・清田洋次・古賀成司・柏尾具俊（2000）ミカンキイロアザミウマに対する IGR 系薬剤の殺虫特性の検討．九病虫研会報 46:107-111.
- 浦 広幸・嶽本弘之（2008）福岡県におけるタバココナジラミバイオタイプ Q の発生状況と施設栽培トマトおよびナスに発生するタバココナジラミ個体群の薬剤感受性．福岡農総試研報 27：23-28.
- Waage, J. (1996) "Yes, but does it work in the field? " The challenge of technology transfer in biological control. *Entomophaga* 41: 315-332.
- 若林秀忠（2000）長野県の果樹栽培におけるハダニ天敵カブリダニ類利用の方向．今月の農業 44（5）：113-119.
- 山城 都・若槻睦子（2006）ナシ樹上および下草におけるカブリダニ類の発生状況と薬剤感受性．関東東山病虫害研究会報 53：129-135.

山下賢一（2000）農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感受性検定マニュアル（35）天敵生物：アブラバチ類．植物防疫 54:120-123.

柳田裕紹（2016）イチゴ育苗期に発生するナミハダニの土着天敵とその利用の可能性．植物防疫 70: 40-44.

矢野栄二（2003）天敵：生態と利用技術．養賢堂（東京）．pp. 296.

吉田満明・高田裕司・内川敬介・難波信行・寺本 健・宮崎朋浩（2012）イチゴ品種「さちのか」の育苗期における重要病虫害防除体系．長崎農林技セ研報 3：81-109.

Summary

Development of biological control method using natural enemy *Scolothrips takahashii*

Priesner against *Tetranychus urticae* Koch on strawberry in nursery period.

Hirotsugu Yanagita

Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne) is a major crop in Japan. One of the most serious pests hindering strawberry production is the two-spotted spider mite *Tetranychs urticae* Koch. *T. urticae* causes serious damage to strawberries, such as stunting of plant growth and reduction in quality and yield. In Fukuoka, chemical method can't control *T. urticae* effectively. First, I monitored the effects of several acaricides on *T. urticae*. Then, to establish IPM program with natural enemy in strawberry, I studied about dominant species composition of natural enemies during nursery period of strawberry and evaluated about control effect of the predominant natural enemy as a control of agent of *T. urticae*. Finally, I investigated about the spider mite control effect of the conservation of natural enemy by using selective pesticide (treatment) in the agricultural fields.

1. I investigated the effects of seven acaricides on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (green form) collected from nine strawberry greenhouses in Fukuoka Prefecture, with the leaf disc dipping method. All the tested females were barely susceptible to many acaricides. These results showed acaricide resistant populations have become established in all fields. The present results suggest that *T. urticae* Koch on strawberry are resistant to these

acaricides and it would be difficult to control this mite with only agrochemicals in Fukuoka Prefecture.

2. To validate the possibility of IPM utilizing natural enemies against *T. urticae* Koch which have the resistant to these acaricides during a nursery period of strawberry, I investigated the species composition of their natural enemies both on kidney bean traps infested with *T. urticae* Koch and on strawberry seedlings in four nursery fields. While *Scolothrips takahashii* and phytoseiid mites were predominantly captured on the traps, the predator was the only natural enemy observed on strawberry seedlings in all fields. Even when the densities of spider mites on strawberry seedlings were relatively low, the predatory thrips were observed frequently. These results suggest that *S. takahashii* could be useful to control spider mites in IPM for a seedling-rearing period of strawberry.
3. To determine whether the predatory thrips *S. takahashii* can be used as a control agent of the two-spotted spider mite *T. urticae* Koch at strawberry nurseries in summer, I examined the effects of releasing *S. takahashii* on populations of *T. urticae*. In *S. takahashii* release treatments, *T. urticae* numbers decreased to almost zero within 24 days and were significantly lower than those in the control treatment at 14 days; the decrease pattern of *T. urticae* populations in these experimental treatments was similar to that seen with *P. persimilis* release. Then we also examined the spider mite control effect of the conservation of *S. takahashii* by using selective pesticide (treatment) in comparison with the non-selective pesticides control method which excludes the predator (control) in an experimental field. The number of spider mites in the *S. takahashii*

conservation treatment was significantly lower than that in control by the conservation of *S. takahashii*. These results suggest that *S. takahashii* can be an effective control agent against *T. urticae* in integrated pest management programs to protect strawberry plug plants in summer.

4. Although *S. takahashii* Priesner is an important predator of spider mites in strawberry, little is known about their susceptibility to pesticides. I examined the influence of 26 pesticides commonly used in strawberry production on the survival of *S. takahashii* larvae by using a leaf-dip bioassay method in a laboratory. Acetamiprid, nitenpyram, thiacloprid, pyridalyl, spinosad and lufenuron were harmful to the predators, because their mortality rates 48 h after the applications were 100%. In contrast, other 20 pesticides were harmless because of the low mortality rates (0-6.3 %). I also examined the residual effectiveness of the six harmful pesticides and found that pyridalyl and lufenuron remained extremely effective up to 10 day after the treatments.
5. To evaluate integrated pest management (IPM) utilizing natural enemies *S. takahashii* against *T. urticae* Koch on strawberry during the seedling-rearing period, we investigated the seasonal occurrence of spider mites and their natural enemies on strawberry plug plants in the three agricultural fields to which selective insecticides had been sprayed during 2012-2014. In the agricultural field studies, *S. takahashii* was the only natural enemy observed on strawberry plug plants while the spider mite numbers was low density in all fields in each year. These results suggest that *S. takahashii* was an effective control agent

against the spider mite, and could contribute to the development of IPM for strawberry during the nursery period.

This is the first report about utilizing natural enemy *S. takahashii* in strawberry in Japan. These research results will contribute to control *T. urticae* effectively and reducing acaricides applying time, avoidance lowering acaricides sensitively.

福岡県農林業総合試験場特別報告
第9号

促成栽培イチゴにおける土着天敵ハダニアザミウマを
活用したナミハダニ防除技術の開発

発 行 平成30年3月

福岡県農林業総合試験場
〒818-8549 福岡県筑紫野市大字吉木587
TEL 092-922-2971

著 者 柳田 裕紹

印刷所 よしみ工産株式会社
〒804-0094 北九州市戸畑区天神1丁目13番5号
TEL 093-882-1661

