

## 第1章 緒 言

### 1. 農業におけるハダニ類被害の現状と問題点

ハダニ類はダニ目Acarina, 前気門亜目Prostigmata, ハダニ科Tetranychidaeに属し, 世界的に農作物の害虫として問題になっている。しかし, 第2次大戦前までは各農作物の害虫となることは少なく, 戦後, 有機塩素系殺虫剤・有機燐系殺虫剤が使用されるとともに重要害虫化してきたことが報告されている(菅原, 1971; VAN de VRIE et al., 1972)。薬剤がハダニ類の産卵数や発育速度, 内的自然増加率, 行動性の変化などに影響するとの報告は多いが, 結果に変動が大きく明確ではないとされている(VAN de VRIE et al., 1972)。これらのハダニ類は当初有機燐系殺虫剤で十分に防除可能であったが, 次第に効果がなくなり, 専用の殺ダニ剤が数多く開発され今日に至った。この要因として, 天敵および寄主作物の栄養条件に及ぼす農薬の影響, 殺虫剤に対するハダニの抵抗性の発達, 栽培環境の改変などハダニをめぐる急速な環境変化に対するハダニ類個体群としての高い適応などが考えられている(森, 1977)。ダニ類の薬剤抵抗性は, 1950年ころアメリカでパラチオンに対する抵抗性ハダニが報告されて以降のことといわれている(石井, 1965)。わが国では関(1958)がミカンハダニ*Panonychus citri* (McGREGOR) のシュラーゲン抵抗性を報告したのが最初である。その後果樹を中心としてこの問題に対する全国的な取り組みが実施され, 「果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する研究」(日植防編, 1973)が刊行された。この結果として5薬剤が果樹およびチャのハダニ類の抵抗性発現薬剤として報告されており(刑部, 1974), 薬剤抵抗性の機作, 遺伝学的研究, 交差抵抗性の検討などの重要な研究が行われてきた(野村・斎藤, 1977)。

野菜類に発生するハダニの種類は, 江原・真梶(1975)により12種が記録されており, そのなかでもナミハダニ*Tetranychus urticae* KOCH, カンザワハダニ*T. kanzawai* KISHIDAの2種が主要種で

ある。これらの研究は1970年ごろから行われ, 野菜類においても薬剤抵抗性が重要視されながら, 果樹のハダニ類のような組織的研究は行われなかったため不明な点が多かったが, 近年, 被害や薬剤抵抗性の実態が明らかにされはじめた(深沢, 1974; 松崎・高井, 1977; 小林・深沢, 1981)。

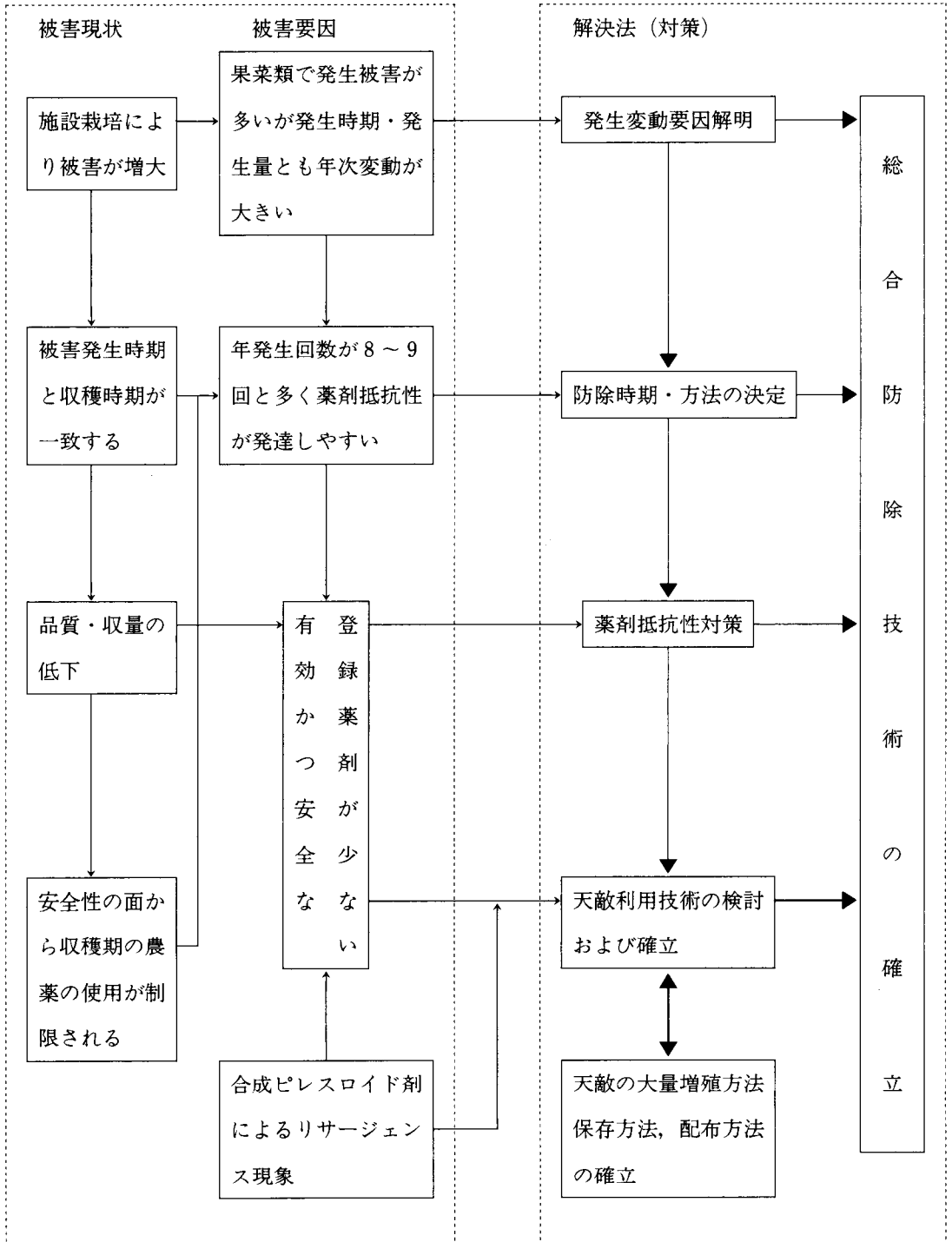
ハダニ類は一般に発育速度が早く, 年間の発生回数も多いため薬剤の淘汰を受ける機会が多い。移動・分散性が他の害虫に比べて低く, 産雌単為生殖をすることから近親交配が起りやすいなどの特性がある。薬剤散布が頻繁に行われる条件下ではこのような特性によって抵抗性遺伝子頻度が急激に高まり, その結果として抵抗性を発達させやすい(真梶, 1970)と考えられている。有機燐剤, 非有機燐剤の選択性殺ダニ剤では抵抗性の発達が報告されており(桑原, 1977; 桑原ら, 1981; 河野, 1981; 河野ら, 1985), これらによる防除は現在ではほとんど困難となった。さらに, 従来の殺ダニ剤抵抗性のハダニ類に対して交差抵抗性がなく, 効果の高い有機スズ剤が1972年以降使用されてきたが, 水酸化トリシクロヘキシルスズ

(MIZUTANI et al., 1988a; 1988b; 石黒, 1988), ヘキシチアゾクス抵抗性(山本ら, 1988; 小林・野々下, 1988)がすでに報告されており, これらによる薬剤防除もはなはだ困難な状況となっている。

一方, 合成ピレスロイド剤が開発され, 低毒性と薬害がないことから1984年以降カンキツ園やチャ園で頻繁に使用されるようになった。適用範囲の広さ, 従来の有機燐剤やカーバメート系薬剤抵抗性の害虫やアザミウマ類に対する卓効から蔬菜類などにも広く利用されてきたが, 散布後にハダニ類が異常多発する現象が観察され問題となっている。RIPPER (1956)はこのような現象をリサーチェンスとよんでいる。すなわち, 通常起らないような多発が農薬散布などの人為的な行為によって生じる現象である。ミカンハダニについては古橋(1985, 1988)などの報告があり, いずれも合成ピレスロイド剤散布区のハダニ寄生密度が

A. 問題点とその原因

B. 解決のための手段と課題



第1図 ハダニ類被害の問題点とその原因と解決のための手段および開発にあたっての課題

無散布区より増えている。この理由が検討されたが、結論として1970年代に他薬剤で報告されているような産卵数などが増加する傾向は本剤では確認されていない。合成ピレスロイド剤は、その特性である殺虫活性の高さ、昆虫類に対する残効性の長さ、殺ダニ活性の低さおよび残効性の短さなどから、主に大型の在来天敵類の活動を長期間にわたって阻害することがリサーチジェンスの主要な原因と考えられている (ROUSH and HOY, 1978; PENMAN et al., 1981; 浜村, 1986; 大谷ら, 1991)。

このような農業形態・農薬の変遷を経て、現在ハダニ類が各作物で難防除害虫となっている各種の要因とそれに対する課題を整理すれば第1図のようになるであろう。

すなわち、施設栽培条件はハダニ類の生育に好適なため発生量が多い。有効な登録薬剤が少ない現状のなかで薬剤抵抗性の発達にも注意する必要がある。発生時期が作物の収穫期と重複するために使用可能な薬剤がさらに制限されている。くわえて、近年のより安全な農作物に対する指向の増大や、リサーチジェンス現象の主要な原因が天敵類の活動の阻害によることなどから、化学的防除が極めて困難な現状にある。そのため天敵の働きが再確認され、ハダニ類の薬剤抵抗性発達の回避、より安全な農作物の生産の面からも、天敵利用によるハダニ類の生物的防除の実用化が期待されている。

## 2. わが国におけるチリカブリダニの研究史

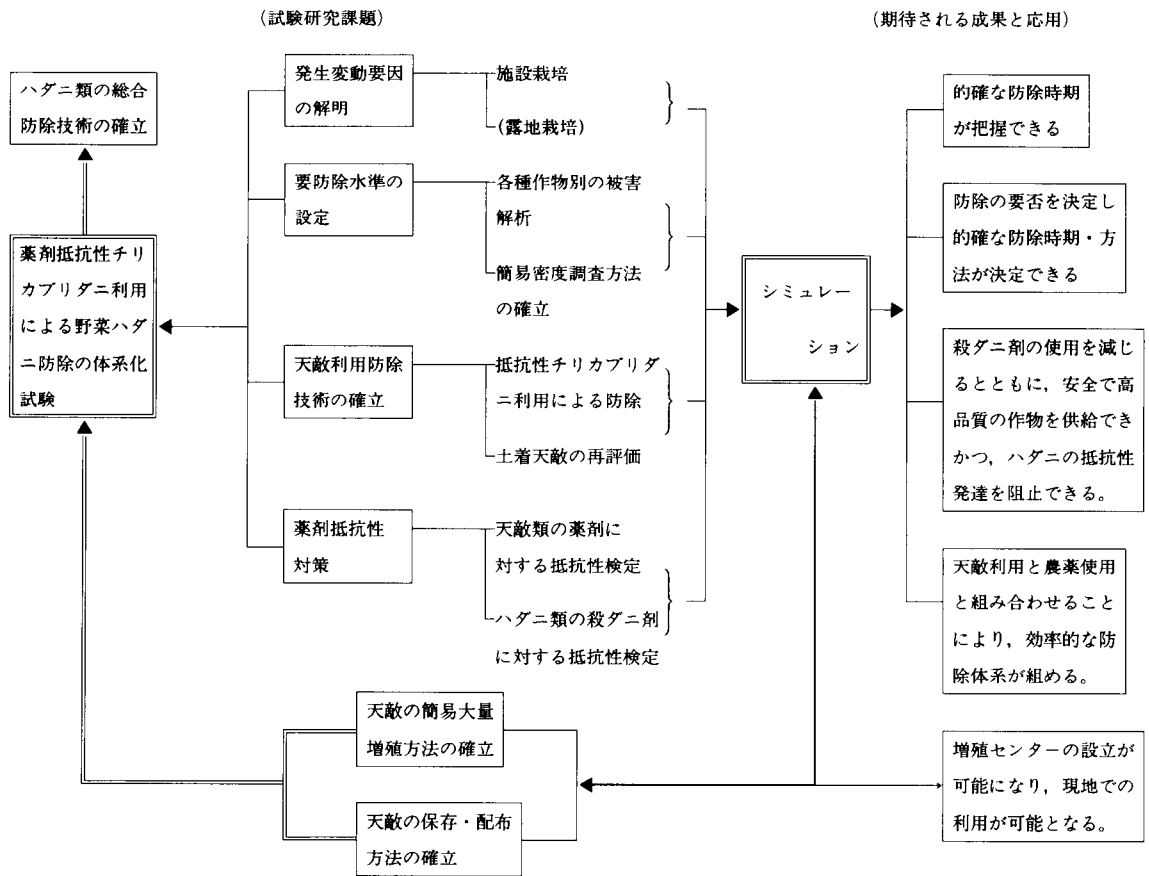
チリカブリダニは1957年にアルジェリアでバラ・マメ・ナシから発見され (ATHIAS-HENRIOT, 1957), *Phytoseiulus persimilis* と命名された。その後、レバノン (DOSSE, 1967), シシリー, 南フランス, チリ (KENNETT and CALTAGIRONE, 1968), モロッコ, チュニジア, シリア, トルコ, イタリアなど地中海性気候地帯に分布していることが確認されている (森, 1977)。チリ産の系統は西ドイツ, カナダ, アメリカを経て, 世界の多くの国で利用されている。チリカブリダニの発育についてはDOSSE (1958), LAING (1968), その捕食能

力などについてはCHANT (1961), MORI and CHANT (1966a), TAKAFUJI and CHANT (1976) などにより研究され, その増殖ポテンシャル, 優れた探索能力から, ハダニ類に対する制御能力が評価され, 特に施設園芸作物のハダニの天敵として関心がもたれてきた。わが国へは1966年にカフォルニア大学生物的防除学科 (リバーサイド) より, 北海道大学農学部森樊須教授によってチリ系統のチリカブリダニ (UCR系統) が導入された (森, 1968)。すぐにチリカブリダニ研究会が発足し, 1976年までに1大学7研究機関が参画し, 多くの実験を通じてハダニ類の有力な天敵であることが実証されてきた (森・真梶, 1977)。しかし, この系統 (UCR系統) は農業の現場で通常使用される薬剤に対して感受性が高く, 生物防除の担い手として広く利用される上での大きな障害となってきた。その後1984年に北海道大学農学部森教授により西ドイツDarmstadtから薬剤抵抗性チリカブリダニ (DAS系統) が導入され今日に至っている。

## 3. 本研究の目的

本研究においては, 農業生態系におけるハダニ類の総合防除 (薬剤と天敵を併用したシステム) の確立を目的として, 予測性の高いシステムズモデルの開発, それを基とした適正な天敵の放飼および薬剤散布のタイミングなど実用上の問題を解決し, 防除の省力化並びに薬剤使用量の軽減を目的とした。1985~1987年に北海道大学との共同研究「天敵利用によるハダニ類防除試験」を実施し, 基本的な薬剤抵抗性チリカブリダニのキュウリでの利用方法がほぼ確立された。しかし, 農業への導入に当たっては薬剤抵抗性チリカブリダニの①大量増殖方法, ②保存方法及び配布方法等の検討がさらに必要であり, 第2図に示した問題点と課題を解決するために1988~1990年に北海道大学との共同研究「天敵導入による施設野菜害虫の総合防除法確立試験: 薬剤抵抗性チリカブリダニ利用による施設野菜ハダニ類防除の体系化試験」を実施した。薬剤抵抗性チリカブリダニによるハダニ類防除と他病害虫の薬剤防除を併用したシステムが

可能となり、簡易大量増殖法を開発したことにより、施設野菜におけるハダニ類の生物的防除ならびに病害虫の総合防除の可能性が示された。ここに一連の試験研究結果をまとめ報告する。



第2図 薬剤抵抗性チリカブリダニ利用による野菜ハダニ防除の体系化試験における研究推進の方向

## 謝 辞

本研究の報告に当り、共同研究代表者として著者のチリカブリダニ研究に関し終始懇切なご指導ご助言をいただき、さらに本稿の御校閲をいただいた北海道大学農学部応用動物学教室森 樊須名誉教授に心から感謝申し上げます。また、北海道大学農学部高木貞夫教授、飯塚敏彦教授、生越 明教授には本校の校閲と適切なご教示をいただいたことに厚くお礼申し上げます。さらに、北海道農学部齋藤 裕博士には共同研究者として本研究遂行にあたり、適切なご助言とご協力および本稿のご校閲をいただいたことに深く感謝したい。

本研究課題を与えられ、遂行に当り種々のご助言ならびにご配慮をいただいた、元北海道立中央農業試験場長森 義雄氏、岩淵晴郎博士（元技術連絡室長）、元北海道立中央農業試験場病虫部長故富岡 暢氏、北海道防除所次長山田英一博士（元害虫科長）、元企画情報室長補佐八木沼純義氏（元北海道農務部試験研究係）ならびに北海道農務部の関係各位に深く感謝の意を表す。

研究実施に当り、終始有益なご助言、ご援助ならびにご鞭達をいただいた元北海道立中央農業試験場病虫部長赤井 純博士、齋藤 泉博士（現北海

道立道南農業試験場長）、病虫部長土屋貞夫博士、前害虫科長梶野洋一博士（現北海道立上川農業試験場主任研究員）に深く感謝の意を表す。

また、北海道立中央農業試験場病虫部害虫科の小高登氏（現北海道立北見農試）、佐藤龍夫氏、柿崎昌志氏には多大なご協力と有益なご助言を、山下澄江氏、三浦文子氏、黒田百合子氏には各種の実験および調査に当たって種々の便宜やご協力をいただいた。さらに現地試験の実施にあたって三笠市農業共同組合宮森 孝氏、現地農家三笠市いしきち大西 肇氏に協力をいただいた。さらに、上川農業試験場長佐々木多喜雄博士、同害虫科長青田盾彦氏には取りまとめにあたりご協力と暖かい励ましをいただいた。

なお、本研究は前述のとおり北海道大学との共同研究として進められ、北海道大学農学部応用動物学教室森 樊須名誉教授、齋藤 裕博士とともに実施され、研究目的達成のために、3者間で多くの議論と試行錯誤を繰り返すなかで得られた成果であることを再度記し、ここで改めて森 樊須名誉教授と齋藤 裕博士に心から感謝申し上げます。

## 第2章 材料および実験方法

### 1. 供試材料

本研究に供試したチリカブリダニは北海道大学農学部森教授が、西ドイツDarmstadtの生物的有害動植物防除研究所の、S.A.HASSAN博士から分譲を受けて導入したチリカブリダニ薬剤抵抗性系統(森、後藤1986: Darmstadt系統; DAS系統と略称)である。DAS系統は北海道大学農学部応用動物学教室の恒温室(25±1°C, 15L-9D)でナミハダニ *Tetranychus urticae* KOCHと *T.kanzawai* KISHIDAを餌として継続隔離飼育されていたものを、1985年7月に分譲され、北海道立中央農業試験場の恒温室でナミハダニを餌として主に15°C (24L)で累代飼育したものである。この個体群から必要に応じて薬剤選抜等を実施し試験に供試した。

### 2. 飼育法

集団飼育はMcMURTRY and SCRIVEN (1964)の方法に準じて行った。プラスチック製バット(25×15×3 cm)の中に水を充分含ませたスポンジを2枚重ねて置き、その上に表面を飼育面としてイ

ンゲンの葉を設置した。葉縁は湿ったティッシュペーパーで囲った。ここにナミハダニを充分量放して餌としDAS系統チリカブリダニを飼育した。葉の乾燥と枯死を防ぐため、随時水分をバットに補給した。また、餌のナミハダニは必要に応じて追加し、飼育葉の鮮度が落ち、葉が褐変しはじめた時には適宜葉を交換し、DAS系統チリカブリダニは実体顕微鏡下で細筆を用いて移動させた。

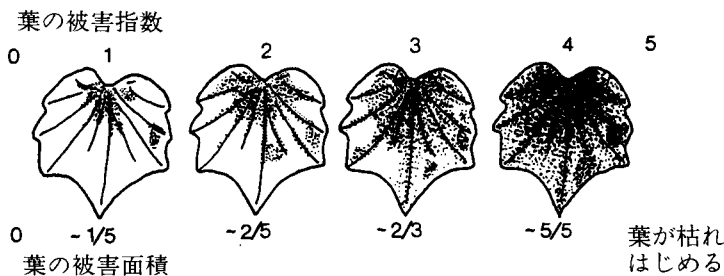
また、飼育ケージを用いた簡易大量増殖法については改めて詳細に記述する。

### 3. 防除試験調査方法

ナミハダニ、チリカブリダニの個体数調査は基本的に雌成虫数を肉眼、ハンドルーペあるいはヘッドルーペを用いて行った。

### 4. キュウリのハダニによる被害調査

HUSSEY and PARR (1963)の方法に従い被害度を6段階に分けて調査した(第3図)。実験方法の詳細については各章・項目の中で改めて記述する。



第3図 キュウリ葉の被害程度調査基準

## 第3章 薬剤抵抗性チリカブリダニの生態

### 1. 薬剤抵抗性検定

キュウリでハダニ以外の病害虫防除に一般に使用されている殺虫剤、殺菌剤に対するDAS系統チリカブリダニの感受性を検討し、実用化に際して使用可能な薬剤を明らかにした。

#### (1) 殺虫剤

キュウリでハダニ以外の害虫（北海道のハウス栽培で常に問題となるのはアブラムシ類、スリップス類）防除に使用されている殺虫剤に対する、DAS系統チリカブリダニの薬剤耐性を調査し、チリカブリダニ放飼中に使用できる薬剤を明らかにする目的で、アブラムシ・スリップス剤のMEP、DDVP、オンシツコナジラミ剤のキノキサリン系、プロフェジン、アブラムシの土壤施用剤のアセフェート粒剤、イミダクロプリド粒剤、合成ピレスロイド剤のペルメトリンについて検定を行った。

##### 1) MEP

#### 方法

キュウリのアブラムシおよびスリップス類の防除に使用されているMEP乳剤(50%)が実用濃度でチリカブリダニにどのような効果を示すか、また、薬剤の処理回数とその後のチリカブリダニの抵抗性にどのような影響を与えるかを調査した。試験は以下に述べる異なった経歴をもつ3系統のチリカブリダニについて（試験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）、3濃度(1,000, 1,500, 2,000倍)と3温度条件(20, 25, 30℃)の組み合わせで実施した。

さらに、試験Ⅳにおいて薬剤選抜によって生じた抵抗性が、その後の薬剤選抜停止によってどのように変化するかを3年にわたって検討した。なお、いずれの温度区とも湿度を特に調節しなかったが、できるだけ高い相対湿度を保つようにした。

**試験Ⅰ.** 導入後北海道大学において継代飼育され、その間一度も薬剤による選抜が行われていないDAS系統に、MEPを濃度1,000, 1,500, 2,000倍で散布し、20, 25, 30℃条件下に置いた。

**試験Ⅱ.** 試験Ⅰの各濃度散布で生き残ったチリカブリダニを25℃全照明条件下で、少なくとも2世代飼育増殖した個体群に、MEPを再度同濃度の1,000, 1,500, 2,000倍で散布し、20, 25, 30℃条件下に置いた。

**試験Ⅲ.** 試験Ⅱの各濃度散布で生き残ったチリカブリダニを試験Ⅱと同様に増殖した個体群に、MEPを再度同濃度の1,000, 1,500, 2,000で散布し、20, 25, 30℃条件下に置いた。

**試験Ⅳ.** 試験ⅢまでにMEP1,000倍で3回選抜したチリカブリダニの個体群を、薬剤散布停止期間を設けた後に、再度MEPを濃度1,000倍で散布し、25℃条件下に置いた。

上記薬剤試験はインゲン葉を用いたリーフディスク法によった。インゲン葉に20℃全照明で飼育したナミハダニを充分量接種し、25℃全照明で飼育したチリカブリダニを一定数放飼した。各温度に24時間放置した後、再びチリカブリダニの数をそろえ、産卵数を調査した。つぎに、回転式薬剤散布塔で各濃度ともに5ml（薬液付着量は3mg/cm<sup>2</sup>）を散布し、すぐに各温度条件に維持し、処理後24時間、48時間、72時間後におけるチリカブリダニ生存雌数を調査した。産卵された卵については、その後の発育も調査した。

### 結果および考察

#### A. 試験Ⅰ

各濃度ともに30℃における死虫率が最も高く、薬剤処理後の時間経過とともに死虫率が高まった。森・後藤(1986)は、同一薬剤の25℃における本系統のLC<sub>50</sub>値は187.2ppmと報告しており、これを希釈倍数に換算すると約2,700倍となる。本試験では2,000倍の死虫率は約77%で、ほぼこれに近い値であった(第1表)。

第1表 長期間無選抜状態におかれた薬剤抵抗性チリカブリダニに対するMEPの影響(試験I)

薬剤	濃度	温度	調査 個体数	死虫率 %		
				24時間後	48時間後	72時間後
MEP乳剤 50%	1000倍	30℃	40	90.0	95.0	100
		25℃	40	55.0	62.5	70.0
		20℃	40	42.5	57.5	60.0
	1500倍	30℃	40	65.0	77.5	92.5
		25℃	40	62.5	70.0	75.0
		20℃	40	52.4	54.8	57.0
	2000倍	30℃	40	35.0	52.5	80.0
		25℃	40	47.5	55.0	77.5
		20℃	40	40.0	40.0	40.0

## B. 試験II

試験Iで生き残ったチリカブリダニで再試験したところ、温度および濃度変化の影響は試験Iと同

様の傾向にあったが、死虫率そのものは試験Iに比べて明らかに低下した。また、時間の経過による死虫率増加傾向は鈍くなった(第2表)。

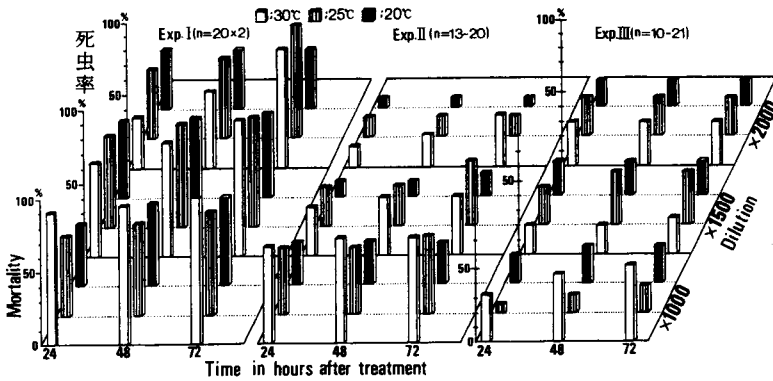
第2表 試験Iで生き残った薬剤抵抗性チリカブリダニに対するMEP再散布の影響(試験II)

薬剤	濃度	温度	調査 個体数	死虫率 %		
				24時間後	48時間後	72時間後
MEP乳剤 50%	1000倍	30℃	18	66.7	72.3	72.3
		25℃	13	46.2	46.2	53.8
		20℃	17	29.4	29.4	29.4
	1500倍	30℃	15	33.3	40.0	40.0
		25℃	18	27.8	27.8	44.4
		20℃	18	11.2	11.2	16.7
	2000倍	30℃	14	14.3	21.4	35.7
		25℃	20	15.0	15.0	15.0
		20℃	14	7.2	7.2	7.2

第3表 MEPで2回選抜して生き残った薬剤抵抗性チリカブリダニに対するMEPの影響(試験III)

薬剤	濃度	温度	調査 個体数	死虫率 %		
				24時間後	48時間後	72時間後
MEP乳剤 50%	1000倍	30℃	15	33.3	46.7	53.3
		25℃	16	6.7	12.5	18.8
		20℃	15	20.0	26.7	26.7
	1500倍	30℃	20	20.0	20.0	25.0
		25℃	19	26.4	36.8	36.8
		20℃	21	23.8	23.8	23.8
	2000倍	30℃	10	30.0	30.0	30.0
		25℃	11	27.3	27.3	27.3
		20℃	11	18.2	18.2	18.2





第4図 MEPの薬剤抵抗性チリカブリダニ死虫率の推移

C. 試験III

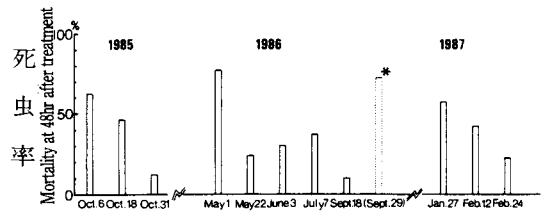
死虫率は試験IIよりさらに低下した。とくに、1,500倍, 2,000倍では時間経過にもない死虫率が増加する傾向はほとんどみられなかった。さらに、いずれの試験でも死虫率の最も高い30℃, 1,000倍液散布において、試験IIIの死虫率は試験Iの約1/2にまで低下した(III:53.3%, I:100%)。

以上、試験I~IIIの結果をまとめて示したのが第4図である。また、試験I~IIIを通じて本薬剤はチリカブリダニの卵への影響がほとんど認められず、どの温度、濃度条件下においても卵は大部分が正常に孵化発育した。

D. 試験IV

第5図, 第4表に示したように、1985年に3回選抜した系統の死虫率は12.5%まで低下したが、6カ月間の薬剤処理停止により感受性はほぼ選抜前のレベルに復元した。死虫率は1985年10月31日処理の12.5%から、1986年5月1日処理の77%と試験開始時のレベルまで戻った。しかし、MEPの再使用により抵抗性は速かにあらわれ、通算5回目散布の死虫率は再び23.4%まで低下し、8回目散布では8.4%まで下がった。ところが、約4カ月間の薬剤散布停止により感受性は再び復元し、9回目散布の死虫率は57.5%と高くなった。この一連の傾向は、薬剤選抜のたびに同様に生ずることがわかった。

一方、西ドイツから分譲を受けて以来まったく薬剤処理を受けていないDAS系統チリカブリダニ



第5図 MEP1,000倍液による薬剤抵抗性チリカブリダニの選抜。\*導入以来薬剤処理を受けていないDAS系統。

を1986年9月にMEP1,000倍で調査したところ死虫率は73.3%であった。これは、1986年および1987年に4~6カ月薬剤処理を停止した場合とほぼ同じレベルであった。

MEP散布による死虫率はUCR系統では100%であったが(真梶, 1976), DAS系統チリカブリダニのMEPに対する死虫率は60~80%であった。また薬剤処理を繰り返すことでDAS系統の感受性は低下した。しかし、このようにして獲得された抵抗性は薬剤処理を4~6カ月停止すると失われ、再びもとの感受性レベルに戻ることが明らかとなった。また、薬剤選抜後の、選抜停止によって復元した感受性のレベルが、西ドイツから分譲後まったく選抜を実施していない系統の感受性レベルとほぼ同等であることは、DAS系統にもともと備わっている抵抗性と、選抜によって発達する抵抗性の間に本質的なメカニズムの違いがあることを示唆しているように思われる。森山・森(1986)も、DAS系統の抵抗性が固定的でないことを指摘して

第4表 ME P 1,000倍液に対するチリカブリダニの抵抗性の経時変化と薬剤無処理期間の長さとの関係 (25℃全照明)

処 理 月 日	調査個体数	死 虫 率 %			
		24時間後	48時間後	72時間後	
1986年	5月1日	35	62.9	77.1	82.9
	5月22日	60	23.4	23.4	25.0
	6月3日	58	29.3	29.3	32.8
	7月7日	75	32.0	36.0	37.3
	9月18日	60	6.7	8.4	8.4
1987年	1月27日	40	37.5	57.5	62.5
	2月12日	30	33.3	43.3	44.7
	2月24日	40	15.0	22.5	25.0
	3月14日	40	17.5	22.5	22.5

いる。このことは、高い抵抗性を維持させるためには、かなり短い間隔での定期的な薬剤による選抜が不可欠であることを示している(中尾ら, 1987)。

薬剤散布停止によって抵抗性が消失する現象はハダニ類で、パラチオン(GARMAN, 1950), ジメトン(DITTRICH, 1961), ディコホル(刑部, 1973; 井上, 1980; 河野, 1987), CPCBS・DCPM(八田, 1973), 水酸化トリヘキシルスズ(HOYT et al., 1985)で報告がある。カンザワハダニのディコホル抵抗性は、4カ月の薬剤散布停止によって当初の1/5に低下する(刑部, 1973)。抵抗性系統-感受性系統間の交配実験などから、抵抗性遺伝子が不完全劣性の単一因子に支配されていることが報告されている(OVERMEER and von ZON, 1973; 桑原, 1977; INOUE, 1980)。このような場合、薬剤淘汰によってホモ接合の感受性因子はもとより、ヘテロ接合の抵抗性因子も除去されやすいため抵抗性因子頻度の高まりが遅く、抵抗性の発達は概して遅れると考えられている。また、ナミハダニ、リングハダニ、カンザワハダニの水酸化トリヘキシルスズ抵抗性遺伝子も不完全劣性であるが、薬剤抵抗性を支配する主働遺伝子は複数である(HOYT et al., 1985; 石黒, 1988)。

カブリダニ類は、一般に雌で4組8本の相同染色体を持っているが、雄は半分の4本である。従来は、ハダニ類同様に単為生殖により雄が生まれるものと考えられていたが、カブリダニ類の雌は交尾経験がないと産卵せず、受精後倍数体になったものは雌に、受精後に染色体の半分(雄由来の染

色体)が失われると雄になることが近年の研究で明らかになっている(AMANO and CHANT, 1978; SCHULTEN et al., 1978)。今回チリカブリダニで見られた感受性の復元現象がどのような遺伝的背景をもつかについては、本研究の範囲では明らかではない。しかし、今後DAS系統チリカブリダニの生物的防除に不可欠な抵抗性の安定、強化をはかるためには、薬剤抵抗性発達のメカニズム、特にこれに関して雄の果たす役割の解明が急務であると考えられる。

## 2) DDVP

### 方 法

キュウリのアブラムシおよびスリップス類の防除に使用されているDDVP乳剤(50%)が実用濃度でチリカブリダニにどのような効果を示すか、また、薬剤の処理回数とその後のチリカブリダニの抵抗性にどのような影響を与えるかを調査した。試験は以下に述べる異なった経歴をもつ3系統のチリカブリダニについて(試験I, II, III), ME Pと同様に以下の濃度と温度の組み合わせで試験をおこなった。

濃度: 1,000倍, 1,500倍, 2,000倍

温度: 20℃, 25℃, 30℃の計9処理

いずれの温度区とも湿度は特に調節しなかったが、できるだけ高い相対湿度を保つようにした。

**試験I.** 北海道大学において継代飼育され、その間一度も薬剤による選抜が行われていないDAS系統。

**試験II.** 試験Iで生き残った個体(すべて散布前

に産卵されたもの)を25℃全照明条件下で少なくとも3世代飼育増殖した個体群。

**試験Ⅲ.** 試験Ⅱで生き残った個体を試験Ⅱと同様に増殖した個体群。

上記薬剤試験はインゲン葉を用いたリーフディスク法によった。インゲン葉に20℃全照明で飼育したナミハダニを充分量接種し、25℃全照明で飼育したチリカブリダニを一定数放飼した。各温度に24時間放置した後、再びチリカブリダニの数をそろえ、産卵数を調査した。次に、回転散布塔で各濃度ともに5ml(薬液付着量は3mg/cm<sup>2</sup>)を散布

し、すぐに各温度条件に維持し、処理後24時間、48時間、72時間後における生存チリカブリダニ雌数を調査した。産卵された卵については、その後の発育も調査した。

#### 結果および考察

試験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲとも、各温度・濃度とも死虫率が高かった。試験Ⅱの2,000倍・20℃で1頭が72時間後まで生存していたが96時間後には死亡した。また、DDVP散布後に生存していた個体による産卵はほとんど認められなかった。しかし、殺卵力はほとんどなく、薬剤散布前に産卵された卵の約90

第5表 DDVPの薬剤抵抗性チリカブリダニに対する影響

試験No.	濃度	温度	調査 個体数	死虫率 %		
				24時間後	48時間後	72時間後
I.	1000倍	30℃	40	97.5	100	—
		25℃	20	100	—	—
		20℃	20	95.0	100	—
	1500倍	30℃	40	95.0	100	—
		25℃	20	100	—	—
		20℃	20	80.0	95.0	100
	2000倍	30℃	40	95.0	100	—
		25℃	20	100	—	—
		20℃	20	95.0	100	—
II.	1000倍	30℃	20	100	—	—
		25℃	20	100	—	—
		20℃	20	90.0	100	—
	1500倍	30℃	20	100	—	—
		25℃	20	95.0	100	—
		20℃	20	85.0	100	—
	2000倍	30℃	20	75	100	—
		25℃	20	100	—	—
		20℃	21	66.7	95.0	95.2
III.	1000倍	30℃	20	85.0	100	—
		25℃	22	95.0	100	—
		20℃	21	85.7	90.5	100
	1000倍	30℃	25	92.0	100	—
		25℃	23	100	—	—
		20℃	20	85.0	95.0	100
	2000倍	30℃	20	100	—	—
		25℃	20	95.0	100	—
		20℃	20	100	—	—

%は正常に発育した(第5表)。

今回の試験結果から本剤のチリカブリダニ放飼中における使用には問題があると思われる。本剤はUCR系統でも悪影響があると報告されている(芦原ら, 1984)。ただし, DDVPの残効性は短いため, チリカブリダニ放飼前にアブラムシ類の発生が多い場合にはこれを使用し, 放飼後にはMEPを使うという組み合わせが可能である。

### 3) キノキサリン系

#### 方法

キュウリのオンシツコナジラミ防除に使用されているキノキサリン系水和剤(25%)が, 実用濃度で(1,000, 2,000倍)チリカブリダニにどのような影響を与えるか, また, 薬剤の処理回数とその後のチリカブリダニの抵抗性にどのような影響を与えるかを25℃条件下で調査した。最初に供試したチリ

カブリダニは, 導入後一度も薬剤処理をしていない個体群を用いた。その後は生き残ったものを飼育, 増殖し供試した。処理は11月10日, 12月13日, 1月14日, 2月12日の計4回実施した。

#### 結果および考察

1,000倍, 2,000倍溶液ともに死虫率はそれほど高くなかったが, MEPで認められたように散布を繰り返すことによる明らかな感受性の低下はなかった。また, 生き残った個体の活動はにぶくなり産卵が低下し, 実用濃度の1,000倍処理では72時間後に新幼若虫は認められず, 増殖率は低くなった(第6表)。また, 生き残った個体が供試個体数まで回復するのに, 25℃で約30日が必要であった。以上のことなどから, キノキサリン系散布はDAS系統チリカブリダニにかなりの悪影響があったと考えられ, チリカブリダニを放飼する場合の使用は避けるべきである。

第6表 キノキサリン系の薬剤抵抗性チリカブリダニに対する影響

処理月日 (濃度)	調査個体数	死虫率 %			72時間後 卵-幼若虫数
		24時間後	48時間後	72時間後	
11月10日	60	23.3	45.0	70.0	40-0
12月13日	60	21.7	36.7	60.0	25-0
1月14日 (1,000倍)	15	40.0	66.7	86.7	12-0
12月13日	60	58.3	81.7	93.3	5-4
1月14日	41	2.4	17.1	48.8	63-0
2月12日 (2,000倍)	26	23.1	34.6	46.2	87-6

### 4) ププロフェジン

#### 方法

キュウリのオンシツコナジラミ防除に使用できるププロフェジン水和剤(25%)が実用濃度(1,000, 2,000倍)でチリカブリダニにどのような影響を与えるか, また, 薬剤の処理回数とその後のチリカブリダニの抵抗性にどのような影響を与えるかを同様の方法を用い25℃条件下で調査した。最初に供試したチリカブリダニはMEPで9回選抜した個体群を用いた。その後は生き残ったものを飼育増殖し供試した。処理は2月16日, 2月27日, 3月10日の計3回実施した。

第7表 ププロフェジンの薬剤抵抗性チリカブリダニに対する影響

処理月日 (濃度)	調査個体数	死虫率 %		
		24時間後	48時間後	72時間後
2月16日 (2,000倍)	40	0	0	2.5
2月27日 (1,000倍)	42	2.4	7.1	7.1
3月10日 (1,000倍)	40	0	0	0

## 結果および考察

1,000倍, 2,000倍液ともに死虫率はわずかで, 3回目散布では0%であった。また, 産卵, 増殖等にはまったく悪影響が認められず, チリカブリダニ放飼中の使用にまったく問題はないとみられる(第7表)。本剤はUCR系統のチリカブリダニでも悪影響は認められていない(芦原ら, 1988)。

### 5) アセフェート, イミダクロプリド

アブラムシの土壤施用剤のアセフェート粒剤(5%), イミダクロプリド粒剤(1%)について検定を行った。

#### 方法

キュウリのアブラムシ類に有効と考えられる土

壤施用剤のアセフェート粒剤とイミダクロプリド粒剤を, キュウリのポット移植時に2g施用して移植17日後にワグネルポットに定植しナミハダニを接種した。移植23日後にMEP, プロロフェジン1,000倍を散布し, 24日後に各株にチリカブリダニ雌成虫5を放飼した。

各株の生存チリカブリダニ雌成虫数と幼若虫数を3ポットごとに調査した。なお, この間の平均気温は20~22℃であった。

#### 結果

アセフェート処理区ではチリカブリダニがまったく増殖できなかった。イミダクロプリド処理区のチリカブリダニの増殖は良好で, 悪影響は認められなかった(第8表)。

第8表 アセフェート粒剤, イミダクロプリド粒剤処理キュウリでのチリカブリダニの増殖

供試薬剤	放飼雌数	放飼後日数(雌成虫-幼若虫数)				
		3	5	7	14	22
アセフェート	30	0-0	0-0	0-0	-	-
イミダクロプリド	15	18-31	42-40	62-24	183-44	583-215
イミダクロプリド雌1当り増殖数				2.1-0.8	6.1-1.5	19.7-7.2

### 6) ペルメトリン

合成ピレスロイド剤に対する抵抗性検定を, ペルメトリンを用いて行った。

#### 方法

リーフディスク法を用い10,000倍液で検定した。また, McMURTRY and SCRIVEN (1964) に準じた方法で, 写真用バットのインゲン葉にナミハダニを十分に寄生させ(detached leaf method:DF法), 2,000倍液を散布し薬剤抵抗性チリカブリダニを5日おきに放飼して薬剤の残効の影響を調査した。

#### 結果

10,000倍液のチリカブリダニ死亡率は100%であった。

また, ペルメトリン2,000散布の残効による影響は40日まで認められ, 30日後の死亡率は100%, 35日で50%であった。50日以降に増殖した個体群を用いて10,000倍液の検定を繰り返したが, 死亡率は100%で抵抗性はまったく認められなかった。

### (2) 殺菌剤

キュウリの主要な病害であるべと病, 疫病, 黒星病, 炭そ病, 灰色かび病, つる枯病, 菌核病, 斑点細菌病, うどんこ病の防除に一般的に使用されているTPN, ポリカーバメート, トリアジメホン, マンゼブ・メタラキシル, トリフルミゾール, マンゼブ, ホセチル・マンゼブ, カスガマイシン・銅, プロシミドン, キャプタンについて, 実用濃度で薬剤抵抗性チリカブリダニの感受性を検討した。殺虫剤と同様にリーフディスク法により, 回転式薬剤散布塔を用い薬液が3 mg/cm<sup>2</sup>附着するよう実施した。

#### 1) TPN, ポリカーバメート

##### 方法

TPN水和剤(75%)800倍液およびポリカーバメート水和剤(75%)に対する感受性を, 前述と同様の条件と方法により調査した。供試DAS系統チリカブリダニはMEPで6回選抜した個体群を用いた。処理後24, 48, 72時間目におけるチリカブリダニの

生存雌数を調査した。産下された卵については、その後の孵化と発育も併せて調査した。

### 結果

TPN水和剤800倍液は、まったく死亡個体が認められなかった。また、産卵・増殖等にはまったく

悪影響がみられなかった。

ポリカーバメート水和剤500倍液の死虫率は5%であった。しかし、産卵・増殖等にはまったく悪影響がみられなかった(第9表)。

第9表 TPN, ポリカーバメートの薬剤抵抗性チリカブリダニに対する影響

供試薬剤	濃度	調査個体数	死虫率 %		
			24時間後	48時間後	72時間後
TPN	800倍	40	0	0	0
ポリカーバメート	500倍	40	2.5	5.0	5.0

## 2) トリアジメホン

### 方法

トリアジメホン水和剤(5%)2,000倍, 1,000倍液に対する感受性を, 同様の方法により調査した。最初の供試チリカブリダニはMEPで9回選抜した個体群を用いた。2回目は, 1回目で生き残った

ものを飼育増殖して供試した。処理は2月16日, 2月27日の2回実施した。処理後24, 48, 72時間目における雌生存数を調査した。産下された卵については, その後の孵化発育も調査した。

### 結果

2,000倍液で1頭が死亡したが, 2回目の1,000倍

第10表 トリアジメホンの薬剤抵抗性チリカブリダニに対する影響

処理月日 (濃度)	調査個体数	死虫率 %		
		24時間後	48時間後	72時間後
2月16日 (2,000倍)	40	0	2.5	2.5
2月27日 (1,000倍)	40	0	0	0

液では死亡個体はなかった。また、産卵・増殖等にはまったく悪影響が認められなかった(第10表)。

## 3) マンゼブ, ホセチル・マンゼブ, マンゼブ・メタラキシル, トリフルミゾール

### 方法

マンゼブ水和剤(75%)600倍液, ホセチル・マンゼブ水和剤(35・35%)400倍液, マンゼブ・メタラキシル水和剤(55・10%)1,000倍液, トリフルミゾール水和剤(30%)3,000倍液に対する感受性を調査した。供試したチリカブリダニは1987年にハウスのキュウリに放飼し, ハウス内で増殖した個体群である(MEPを18回散布)。処理後24, 48, 72時間目における雌生存数を調査した。産下された卵については, その後の孵化発育も調査した。

### 結果

マンゼブの死虫率は10%とやや高かったが, 産卵・増殖等にはまったく悪影響が認められなかった。

ホセチル・マンゼブの死虫率は30%とやや高かった。しかし, 生存個体の産卵・増殖等にはまったく悪影響が認められなかった。

マンゼブ・メタラキシルの死虫率は5%であった。また, 産卵・増殖等にはまったく悪影響は認められなかった。

トリフルミゾールの死虫率は0%で, 産卵・増殖等にはまったく悪影響は認められなかった(第11表)。

第11表 マンゼブ、ホセチル・マンゼブ、マンゼブ・メタラキシル、トリフルミゾールの薬剤抵抗性チリカブリダニに対する影響

供試薬剤	濃度	調査個体数	死亡率 %		
			24時間後	48時間後	72時間後
マンゼブ	600倍	40	0	5.0	10.0
ホセチル・マンゼブ	400倍	40	2.5	7.5	30.0
マンゼブ・メタラキシル	1,000倍	40	0	2.5	5.0
トリフルミゾール	3,000倍	20	0	0	0

4) カスガマイシン・銅、プロシミドン、キャプタン、ホセチル・マンゼブ+カスガマイシン・フェナリモル

方法

カスガマイシン・銅水和剤(3・35%)1,000倍液, プロシミドン水和剤(50%)1,000倍液, キャプタン水和剤(80%)600倍液, ホセチル・マンゼブ水和剤(35・35%)400倍液+カスガマイシン・銅水和剤(3・5%)1,000倍液, フェナリモル水和剤(12%)10,000倍液に対する感受性を調査した。供試したチリカブリダニはハウスのキュウリに放飼し, ハウス内で増殖した個体群である。処理後24, 48, 72時間目における雌生存数を調査した。産下された卵については, その後の孵化発育も調査した。

結果

カスガマイシン・銅の死亡率は4.3%であった。産卵・増殖等にはまったく悪影響は認められなかった。

第12表 カスガマイシン・銅、プロシミドン、キャプタン、ホセチル・マンゼブ+カスガマイシン・銅、フェナリモルの薬剤抵抗性チリカブリダニに対する影響

供試薬剤	濃度	死亡率 %	
		24時間後	48時間後
カスガマイシン・銅	1,000倍	0	4.3
プロシミドン	1,000倍	6.5	13.0
キャプタン	600倍	0	0
ホセチル・マンゼブ+カスガマイシン・銅	400倍 1,000倍	0	0
フェナリモル	10,000倍	0	0

プロシミドンの死亡率は13.0%とやや高かった。しかし, 産卵・増殖等にはまったく悪影響は認められなかった。

キャプタンの死虫率は0%で, 産卵・増殖等にはまったく悪影響は認められなかった。

ホセチル・マンゼブ+カスガマイシン・銅の死虫率は0%で, 産卵・増殖等にはまったく悪影響は認められなかった。

フェナリモルの死虫率は0%で, 産卵・増殖等にはまったく悪影響は認められなかった(第12表)。

(3) まとめ

これまでに調査し薬剤抵抗性チリカブリダニ放飼中に使用できる殺虫剤についてまとめると以下のようになる。

殺虫剤：MEP；アブラムシ，スリップス防除用  
 ブロフェジン；オンシツコナジラミ防除用  
 イミダプロクリド粒剤；アブラムシ防除用

また, 使用可能な殺菌剤と対象病害を第13表にまとめて示した。これらの殺菌剤でキュウリの主な病害の防除は可能である。

これらの結果に加えて, 高温ほど薬剤抵抗性チリカブリダニの死亡率が高かったという点に留意すべきである。EVERSON and TONKS (1981) も, チリカブリダニとハダニに対する薬剤の効果と温度の関係を検討し, 低温において薬剤の致死効果が低下することを報告している。薬剤を併用した生物的防除を実施する際に, 温度が低いほど天敵に対する薬剤の影響が軽減されることを考慮すべきであろう。また, 合成ピレスロイド剤にはまっ

たく抵抗性がなく、抵抗性が獲得される傾向はなかった。薬剤散布の残効の影響が、2,000倍液散布後40日まで確認されていることから、実用濃度で散布した場合には少なくとも50日後まで悪影響が

あると考えるべきで、薬剤抵抗性チリカブリダニ放飼期間中に合成ピレスロイド剤の使用は避けるべきである。もし、チリカブリダニを利用する場合には、使用后50日以上経過させる必要がある。

第13表 使用可能な殺菌剤と対象病害

薬剤名 病名	マンゼブ・メ タラキシル	トリアシ メホン	ホセチル・ マンゼブ	TPN	ポリカー バメート	トリフル ミゾール	マンゼブ	カスガマイ シン・銅	プロシミ ドン	キャブ タン	フェナリ モル
べと病	○		○	○	○		○	○		○	
疫病				○			○				
黒星病				○	○		○				
炭そ病				○	○		○				
灰色かび病				○					○		
つる枯病							○				
菌核病									○		
斑点細菌病					○			○			
うどんこ病		○				○		○			○

## 2. 薬剤抵抗性チリカブリダニの増殖

チリカブリダニの増殖については、これまで多くの研究が行われている (DOSSE, 1958; BRAVENBOER and DOSSE, 1962; MORI and CHANT, 1966a・1966b; LAING, 1968; KENNETT and CALTAGIRONE, 1968; 上遠野ら, 1975; TAKAFUJI and CHANT, 1976; HAMAMURA et al., 1976; 芦原ら, 1976) が、これらはほとんどがUCR系統のデータである。そこで、実際の利用において必要と考えられる発育と温度との関係について、DAS系統がUCR系統とどのように異なるかを調査した。

### 方法

チリカブリダニはハウス内で増殖し、MEPで9回選抜した固体群を用いた。ナミハダニを十分に与え15℃で飼育したチリカブリダニの雌(成虫化直後)と雄1対を、McMURTRY and SCRIVEN (1964)に準じた方法で写真用のバットのインゲン切葉(20mm×20mm)にナミハダニを十分に寄生させて放飼した(detached leaf method; DF法)。試験温度は16℃, 21℃, 26℃, 30℃の4区とした。なお、写真用バットはアクリル板で作成し、通気

用の窓を設けた飼育ケージ内に保持した。相対湿度は80~90%であった。24時間毎に産卵数を調査し、雌雄は新しい切葉に細筆で移動させた。各生育ステージの調査も24時間毎におこなった。なお、SAITō and SUZUKI (1987)はスポンジの上に切葉を置く方法では、外気温より葉面温度が低下することを報告している。そこで、26℃の試験区の葉面温度を平均気温測定器で測定したところ、約25℃であった。他の試験区の葉面温度は測定しなかったが、室温より約1℃程度は低いものと推定される。

### 結果および考察

第14表に各温度条件における卵、幼虫、第1若虫、第2若虫の発育期間を雌雄別に、全発育期間を雌雄別と雌雄の平均で示した。30℃については、24時間間隔の調査ではステージの経過期間区分が困難なため、発育全期間のみを示した。発育全期間は30℃で3.6日で、温度低下とともに遅くなり16℃で15.7日となった。各温度区とも雄の発育全期間は雌よりやや短かった。また、各ステージの発育期間も26℃と21℃の幼虫期間を除いて、雄が雌よりやや短かった。雌の割合は16℃で67.4% [(♀/♀+♂)×100]と最も低かった。しかし、他の



温度区の性比は約75%でほとんど差は認められなかった。

第14表 薬剤抵抗性チリカブリダニ (DAS系統) の発育期間

温度 ℃	性	調査 個体数	卵期間 M±S.D.	幼虫期間 M±S.D.	第1若虫期間 M±S.D.	第2若虫期間 M±S.D.	発育全期間 M±S.D.
30℃	♂	31	—	—	—	—	3.60±0.30 <sup>a)</sup>
	♀	101	—	—	—	—	3.63±0.34 <sup>a)</sup>
25℃ <sup>b)</sup>	♂	30	2.45±0.55	0.78±0.25	0.73±0.29	0.77±0.29	4.73±0.77
	♀	87	2.54±0.46	0.77±0.32	0.90±0.33	1.03±0.27	5.24±0.64
21℃	♂	49	3.38±0.78	1.14±0.56	0.95±0.52	0.89±0.42	6.36±0.91
	♀	153	3.67±0.79	0.85±0.36	1.12±0.51	1.21±0.48	6.85±0.89
16℃	♂	31	8.04±1.15	1.84±0.82	2.39±0.95	2.35±1.17	14.88±1.33
	♀	64	8.45±1.34	2.20±0.82	2.56±1.26	2.91±1.02	16.09±1.24

a) 24時間間隔の調査では2つの発育期間をこの間に含むため、各ステージを分けられなかった。

b) 飼育葉面温度。

これまでに報告されているUCR系統の発育期間とDAS系統の比較を第15表に示した。今回の試験はDF法を用いていることから、飼育葉面温度は30, 26, 21, 16℃温度区で各々29, 25, 20, 15℃程度であると推定される (SAITŌ and SUZUKI, 1987)。HAMAMURA et al. (1976) は寒天ゲル上に切り葉を置いて試験しているが、チリカブリダニの逃亡を防ぐため、寒天ゲルに水を充分にしみこませていることから飼育葉面温度は設定温度より低く、温度は各々29, 24, 19, 14℃程度と推定される。また、上遠野ら (1975) は卵期間はDF法で、他のステージはガラス製小管ビン内 (HAMAMURA et al., 1976) で飼育していることから、卵期間の葉面温度は設定温度より約1℃低いと推定される。

これらの点を考慮すると、DAS系統の発育期間は25℃でUCR系統よりやや長かったが、大きな差はなく、両系統の発育速度に大きな差はないと考えられる。

HAMAMURA et al. (1976) は、35℃では成虫まで発育した個体はなく、32.5℃でも高温障害を認めている。一方、DOSSE (1958), BRAVENBOER and DOSSE (1962) は35℃でもチリカブリダニが発育したと報告している。これらの違いについては、湿度などの環境条件の違いによるものが明らかではない。

なお、DAS系統の高温における増殖については第6章で詳しく報告する。

第15表 DAS系統, UCR系統チリカブリダニの発育期間の比較

温度 ℃	性	発育全期間 M±S.D.	発育全期間 (HAMAMURA et al., 1976)	発育全期間 M±S.D. (上遠野ら, 1975)	発育全期間 (DOSSE, 1958)
30℃	♂	3.60±0.30(n=31)	3.58(n=3)	} 3.73±0.15(n=19)	3.8(n=25)
	♀	3.63±0.34(n=101)	3.51(n=26)		
25℃	♂	4.73±0.77(n=30; 25℃, 葉面)	5.25(n=5)	} 4.97±0.20(n=37; 24℃)	4.6(n=50)
	♀	5.24±0.64(n=87)	4.85(n=23)		
20℃	♂	6.36±0.91(n=49; 21℃)	7.00(n=3)	} 7.94±0.13(n=30)	—
	♀	6.85±0.89(n=153)	6.85(n=24)		
15℃	♂	14.88±1.33(n=31; 16℃)	19.00(n=9)	} 10.65±0.09(n=38; 18℃)	17.2(n=32)
	♀	16.09±1.24(n=64)	18.72(n=9)		

## 第4章 薬剤抵抗性チリカブリダニによるキュウリのハダニ防除

### 1. 薬剤散布条件下におけるチリカブリダニの効果

#### (1) 薬剤散布時期の検討

##### 1) ガラス室における試験

キュウリ栽培で一般に用いられている殺菌剤、殺虫剤と、ハダニ防除のためのDAS系統チリカブリダニ利用を併用してその効果を確認する。

#### 方法

ガラス室内で、直径30cmの素焼鉢にキュウリを6月2日に移植し、ナミハダニを接種した。6月28日に全株全葉のナミハダニ雌成虫数と全葉の被害指数を調査し、被害指数の高い順に以下のように試験区を設定した。

(N) : DAS系統放飼MEP無散布区; 被害指数2.6

(10) : DAS系統放飼10日後MEP散布区; 被害指数2.2

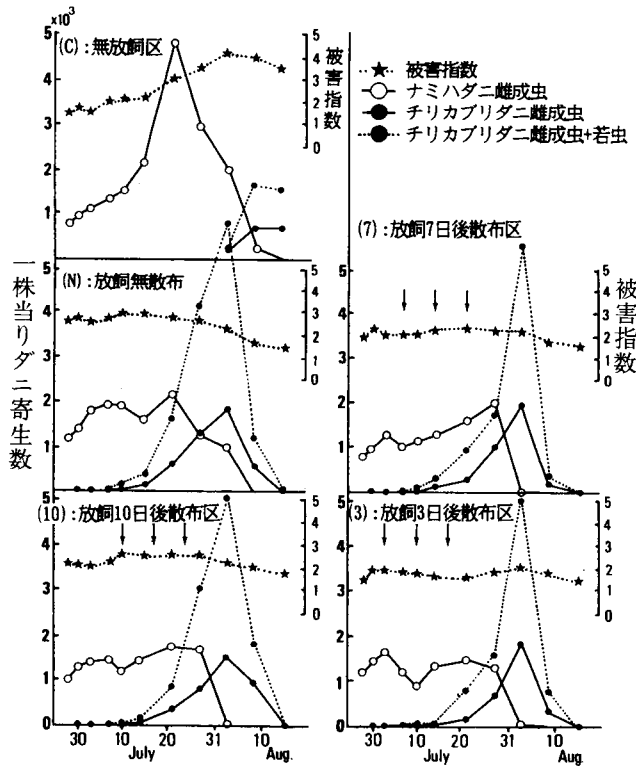
(7) : DAS系統放飼7日後MEP散布区; 被害指数1.9

(3) : DAS系統放飼3日後MEP散布区; 被害指数1.6

(C) : DAS系統無放飼区(7)区と同日散布区; 被害指数1.5

なお、MEP散布区は各々7日間隔で3回処理した。チリカブリダニはナミハダニ雌成虫数の1/4を6月28日に各株に放飼した。

全葉を対象とし、ナミハダニは雌成虫、チリカブリダニは雌成虫および若虫を調査した。また、葉の被害指数も併せて調査した。



第6図 ガラス室キュウリにおける薬剤抵抗性チリカブリダニ放飼試験, ☆; 被害指数, ○; ナミハダニ雌成虫, ●; チリカブリダニ雌成虫, ●; チリカブリダニ雌成虫+若虫。

## 結 果

ナミハダニの寄生数等が異なるため、チリカブリダニ放飼時の被害指数は1.5~2.6の範囲で変動していた(第6図)。

(C)区はナミハダニが急増し、7月21日に4,800頭に達した。キュウリの被害指数も急激に増加し4を越えた。しかし、加害によってキュウリは質・量ともにナミハダニの餌として不適となり、ナミハダニが株から分散したために個体数は減少した。また、試験後半には他の試験区のチリカブリダニが移動・侵入してきたため、ナミハダニは完全に防除され、被害指数も3.5まで減少した。

(N)区は他のMEP散布区と比較して、チリカブリダニの増加が早く、ナミハダニは7月21日以後、急激な減少を示した。チリカブリダニ放飼前の被害指数は2.6と最も高かったが、ナミハダニが防除されたことにより1.52まで減少した。

(10)区は(N)区とほぼ同様に経過し、チリカブリダニの増加も早かった。

(7)区、(3)区ではチリカブリダニの初期の増加は遅れる傾向があった。

これは、チリカブリダニ放飼後何日目でMEPを散布したかの違いによるもので、7~10日後散布であれば、DAS系統チリカブリダニにほとんど悪影響がないと考えられた。MEP1,000倍液を3回散布したが、DAS系統チリカブリダニは死滅することなく、各区とも最終的にナミハダニを絶滅させた。

## 2) ハウス試験

抵抗性検定、ポットでのDAS系統放飼試験結果を基礎とし、キュウリ栽培で一般に用いられている殺菌剤、殺虫剤とハダニ防除のためのDAS系統チリカブリダニ利用を併用する中で、ハウス栽培における実用的なMEP散布時期を検討した。

### 方 法

5.4×20mのビニールハウスにキュウリを畦間1.5m、株間0.8mで1986年5月12日に定植し、第16表に示した条件下で試験を実施した。

第16表 ダニ類放飼および薬剤散布状況

ナミハダニ接種日および 接種数	6月6日：雌成虫30/株 6月12日：雌成虫50/株
チリカブリダニ放飼日 及び放飼数	7月7日：雌成虫50/株
放飼比率	ナミ：チリ=10：1
殺菌剤散布	
①TPN×1,000	5月28日、7月1日 31日、8月11日
②ポリカーバメート×500	6月8日、18日、7月11日

室内のインゲンで飼育したナミハダニを、細筆を用いて実体顕微鏡下でインゲン切葉に移し、一定数そろえ、切葉ごとキュウリの試験株すべてに接種した。

チリカブリダニは、MEP1,000倍で計6回選抜したものを用いた。放飼は細筆を用いてビニールハウス内で直接行った。放飼比率はこれまでに多くの試験で効果が認められているナミ雌：チリ雌=10：1とした。放飼時におけるキュウリの葉の被害指数は1.3~1.5であった。

なお、放飼したのと同じ飼育条件のチリカブリダニを用いて、ハウス内で使用するMEP1,000倍、TPN800倍およびポリカーバメート500倍による死虫率の調査を放飼直後に実施した。また、ナミハダニについてもMEP1,000倍による死虫率の調査を実施した。

MEP1,000倍液の散布適期を把握するため、1区4株とし、以下のように試験区を設定した。

- (N)：DAS系統放飼無散布区  
 (0)：DAS系統放飼日散布区(7日間隔3回散布  
 +8月11日散布)  
 (3)：DAS系統放飼3日後散布区( " )  
 (7)：DAS系統放飼7日後散布区( " )  
 (10)：DAS系統放飼10日後散布区( " )  
 (C)：DAS系統無放飼7日後散布区( " )
- ダニの個体数調査は各区ともほぼ7日間隔で行い、4株のうち1株の全葉を対象とし、ナミハダニ、チリカブリダニ雌成虫を調査した。また、ハダニによる葉の被害度をHUSSEY and PARR (1963)の方法により6段階に分け、各区とも4株の葉の1/2について調査し平均した。ハウス内の温度は、毛髪式自記温湿度計を用い、直射日光をさけ

た状態で測定し、1日の1時間ごとの気温をもとに、1日の平均気温を求めた。

結 果

① 薬剤による死虫率調査結果

第17表 放飼チリカブリダニのMEP, TPN, ポリカーバメートによる死虫率

供試薬剤	濃 度	調査個体数	死 虫 率 %		
			24時間後	48時間後	72時間後
MEP	1,000倍	75	32.0	36.0	37.4
TPN	800倍	40	0	0	0
ポリカーバメート	500倍	40	0	5.0	5.0

チリカブリダニのMEPによる死虫率は37.4%であった。TPN, ポリカーバメートでの死虫率は各々0%, 0.5%であった。また、MEPによるナミハダニの死虫率は30%であった。後述するシミュレーションモデルにおいては、MEPはこれらの値を用い、殺菌剤については両剤とも死虫率0%とした。

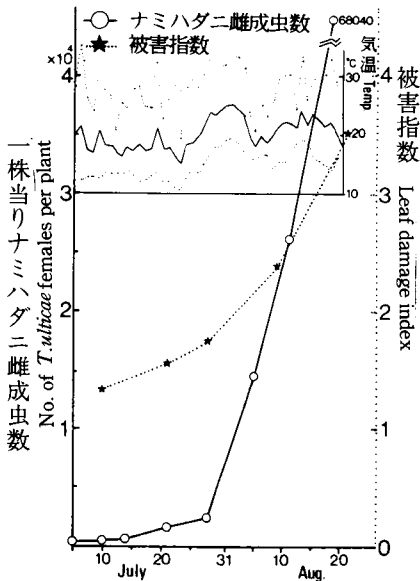
②ハウスキュウリでの抵抗性チリカブリダニ放飼試験

第7図にチリカブリダニ無放飼区(C)でのナミハダニ個体数の推移と、それに伴うキュウリの葉の被害指数、ハウス内の気温の変化を示した。ナミハダニは放飼後1カ月で510頭まで増加したが、7月中旬までは低温のため増加はにぶかった。しかし、7月下旬から気温の上昇にともない個体数は急増し、8月18日には68,040頭に達した。葉の被害指数は、ハダニの増加パターンにほぼ並行して増加し、8月20日には4株平均で3.5に達した。

第8図にチリカブリダニ放飼無散布区(N), 放飼日散布区(0), 放飼3日後散布区(3), 7日後散布区(7), 10日後散布区(10)におけるハダニとカブリダニの個体数変動と葉の被害指数を示した。同時に示した(C)区のナミハダニの変動と比較すると、どの区もカブリダニによって効果的にハダニが防除されたことは明らかである。

(N)区でチリカブリダニの個体数は急増し、8月初旬にはハダニの増殖を抑えはじめ、8月20日頃までにほぼハダニを防除した。また葉の被害指数も2.0以下で推移した。

一方、チリカブリダニの放飼日に散布した(0)区では、(N)区に比べてハダニのピークは約1.5倍に達した。これは、チリカブリダニの増加が放飼日の薬剤散布による死亡でおさえられ、初期のハダニ増加にカブリダニがうまく反応できなかったためと考えられる。ハダニの増加により、被害指数も8月20日には2.4に達した。また、(3)区のハダニのピークは(0)区に比べ低かったが、被害



第7図 ハウスキュウリにおけるナミハダニと被害指数の変動

指数は2.3に達した。

しかし、カブリダニ放飼7日、10日後に1回目の散布をした(7)区および(10)区では、ハダニのピークは(3)区と比べ大きな減少を示さなかったが、葉の被害指数は低く推移し、むしろ(N)区に近かった。

全体として、殺菌剤7回、MEP 4回散布した各区とも、チリカブリダニは死滅することなくハダニを十分に防除することができた。

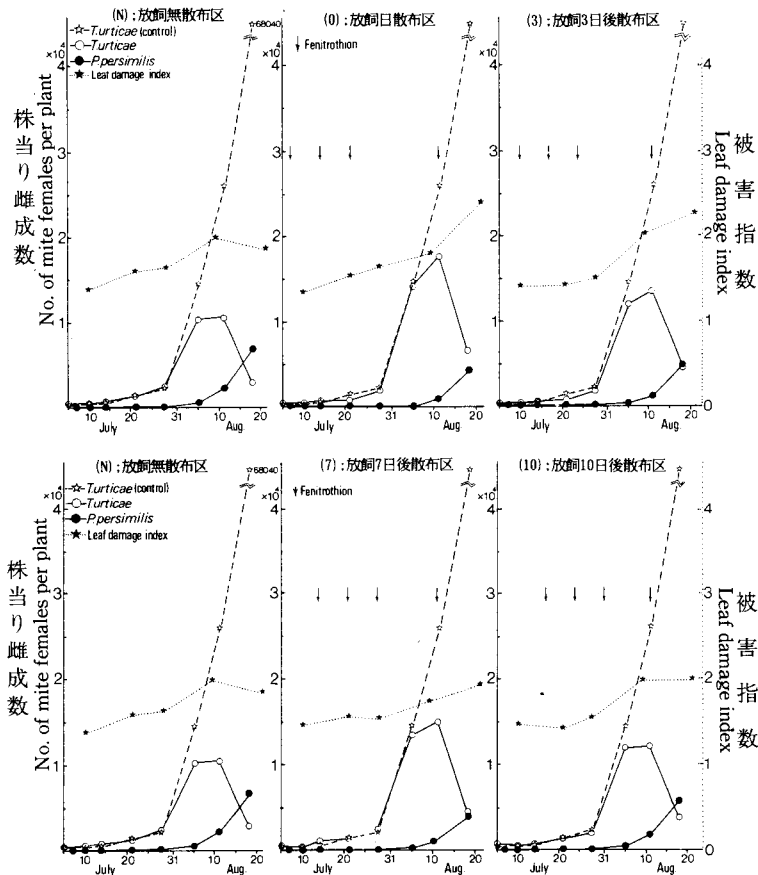
HUSSEY and PARR(1963)によると、温室キュウリの経済的被害許容水準は葉の被害指数1.9とされている。本試験では(0)区、(3)区以外は被害指数2.0を越えなかった。以上のことなどから、MEP散布時期については、DAS系統放飼後7日を過ぎれば、その間の増殖により個体数が増加し、

MEPに殺卵力がないことから放飼無散布区に近い防除効果が期待でき、悪影響はほとんどないと考えられた。

これまでに、薬剤散布条件下でチリカブリダニを併用した報告はない。チリカブリダニ利用条件下でMEPを使用する場合には、薬剤抵抗性チリカブリダニ放飼個体への薬剤の影響を最小限にするため、放飼後1週間散布をひかえることを基本にするべきであろう。なお、以後に記述する薬剤併用試験においては、基本的にMEPの散布はチリカブリダニ放飼後1週間以上ひかえることとした。

(2) 放飼時期および放飼比率の検討

キュウリ栽培で一般に用いられている殺菌剤、殺虫剤と、ハダニ防除のための天敵利用を併用し、キュウリの被害指数別にチリカブリダニを放飼し、



第8図 ハウスキュウリにおけるチリカブリダニ放飼試験，—☆—；ナミハダニ（C）区，—○—；ナミハダニ，—●—；チリカブリダニ，…★…；被害指数。

実用的な放飼時期・放飼数を明らかにすることを目的に試験を行った。

**方 法**

5.4×20mのビニールハウス内にキュウリを畦間1.5m株間0.8mで1987年5月20日に定植し、第18表に示した条件下で試験を実施した。

第18表 ダニ類放飼および薬剤散布状況

ナミハダニ接種日及び数	6月3日：雌成虫50/株
殺菌剤散布	
①TPN×800	6月2日，7月1日
②ポリカーバメート×500	6月13日
③トリアジメホン×3,000，2,000	6月22日，7月11日，22日
殺虫剤散布	8月1日
①アプロフェジン×2,000	6月22日，8月1日
②MEP×1,000	6月13日，その他は試験区によりことなるが，7日間隔で3回散布

室内のインゲンで飼育したナミハダニ雌成虫を、細筆を用いて実体顕微鏡下でインゲン切葉に50頭ずつ移し、切葉ごとキュウリの試験株すべてに接種した。

チリカブリダニは、1985年～1986年にかけてMEP 1,000倍で14回選抜し、放飼前の40日間にさらに3回選抜した個体群を用いた。細筆を用いビニールハウス内で直接株の葉上に放飼した。

なお、MEP1,000倍による放飼前（6月20日）の死虫率は26.5%であった。また、ナミハダニのMEP 1,000倍による死虫率は16.3%であった。後述するシミュレーションモデルにおいてMEPの死虫率はこれらの値を用いた。

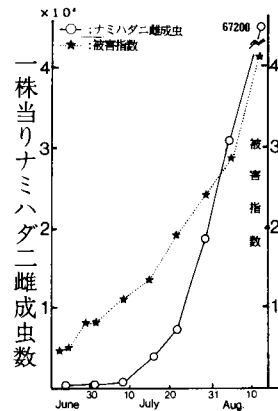
適正な放飼時期・放飼比率を把握するため、1区4株とし以下のように試験区を設定した。

- (0.5)：被害指数0.5に達した時期にDAS系統を放飼  
放飼比率10：1，20：1の2区
- (0.8)：被害指数0.8に達した時期にDAS系統を放飼  
放飼比率10：1，20：1の2区
- (1.0)：被害指数1.0に達した時期にDAS系統を放飼  
放飼比率10：1，20：1の2区
- (1.2)：被害指数1.2に達した時期にDAS系統を放飼  
放飼比率10：1，20：1の2区
- (C)：チリカブリダニ無放飼区

ダニの個体数調査は各区ともほぼ7日間隔で行い、可能な限り4株全葉を対象としナミハダニ、チリカブリダニともに雌成虫を数えた。また、ハダニによる葉の被害指数を、HUSSEY and PARR (1963)の方法に従って6段階に分け、各区とも全株・全葉を調査した。ハウス内の温度は、毛髪式自記温湿度計を用い、直射日光をさけた状態で測定した。また、平均気温測定器を用いてキュウリの葉の裏側の葉面温度を毎日測定した。

**結 果**

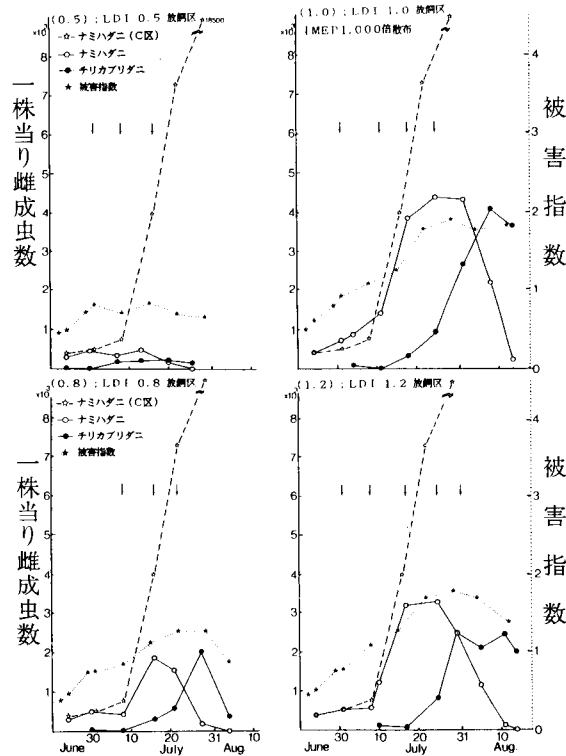
①ハウスキュウリでのナミハダニと被害指数の変動



第9図 ハウスキュウリでのナミハダニと被害指数の変動，○—○；ナミハダニ雌成虫，…★…；被害指数。

第9図に、チリカブリダニ無放飼区（C）におけるナミハダニ個体数の推移とそれに伴うキュウリの葉の被害指数を示した。ナミハダニは接種後1ヶ月で400頭まで増加し、7月中旬から急増して8月12日には67,200頭に達した。7月20日に葉の被害指数は経済的被害許容水準の1.9を越え、ハダニの増加パターンとほぼ平行して増加し、8月12日に4.1に達した。なお、被害指数が2.0を越える頃からキュウリ果実にもナミハダニの寄生が認められ、収穫物の商品価値は全く失われた。さらに、ナミハダニは8月5日過ぎから葉の先に集中し団子状となり、糸を吐いて葉先からぶら下がる状態となった。

②各LDI(0.5, 0.8, 1.0, 1.2)におけるナミハダニ雌：チリカブリダニ雌=10：1のつ比率での



第10図 ハウスキュウリにおける抵抗性チリカブリダニ放飼試験，--☆--；ナミハダニ（C区），  
 -○-；ナミハダニ，-●-；チリカブリダニ，…★…；被害指数，↓MEP散布。

**放飼試験結果**

第10図にLDI(0.5, 0.8, 1.0, 1.2)で放飼比率10：1としたときのハダニとカブリダニの個体数変動および葉の被害指数を示した。同時に示した(C)区のナミハダニの変動と比較して、どの区もカブリダニによって効果的にナミハダニが防除されたことは明らかであった。

(0.5)区では、6月下旬よりハダニの増加は抑制され、葉の被害指数も全期を通して1.0以下に抑えられた。

(0.8)区も同様に6月下旬頃からハダニの増加を抑制し、被害指数は最大時の平均で1.28、最大の株で1.51であった。

(1.0)区は7月中旬からハダニの増加は抑制されたが、被害指数は最大時の平均で経済的被害許容水準の1.9に達し、最大の株は2.29であった。ナミハダニの寄生もこの1株だけ特に多かったが、最

終的にチリカブリダニにより防除された。

(1.2)区は7月中旬からハダニの増加をおさえはじめ、被害指数は最大時の平均で1.77であった。

第11図に各区のキュウリの収量を示した。毎日100g前後に達したものを収穫し重量を測定した。チリカブリダニ無放飼区(C)区に比べ、いずれの区も収穫量は増加していて、被害指数の低い時期にチリカブリダニを放飼した区で収量比は高い傾向であった。

これらのハダニ防除時期、葉の被害指数の推移収量から、被害指数(0.5), (0.8)の時期に10：1の比率でチリカブリダニを放飼すれば、十分な防除効果と収量が期待されると考えられた。

**③各LDI(0.5, 0.8, 1.0, 1.2)におけるナミハダニ雌：チリカブリダニ雌=20：1の比率の放飼試験結果**

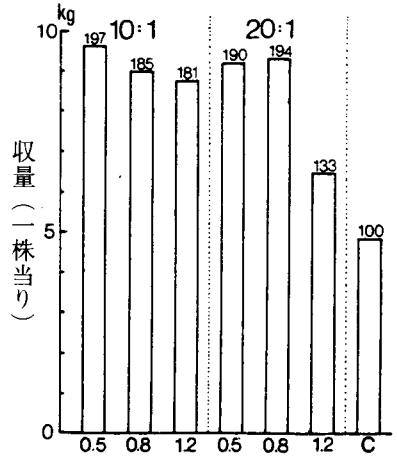
第12図にLDI(0.5, 0.8, 1.0, 1.2)で放飼比率

20:1としたときのハダニとカブリダニの個体数変動および、葉の被害指数を示した。同時に示した(C)区のナミハダニの変動と比較すると、いずれの区も最終的にはナミハダニを防除した。

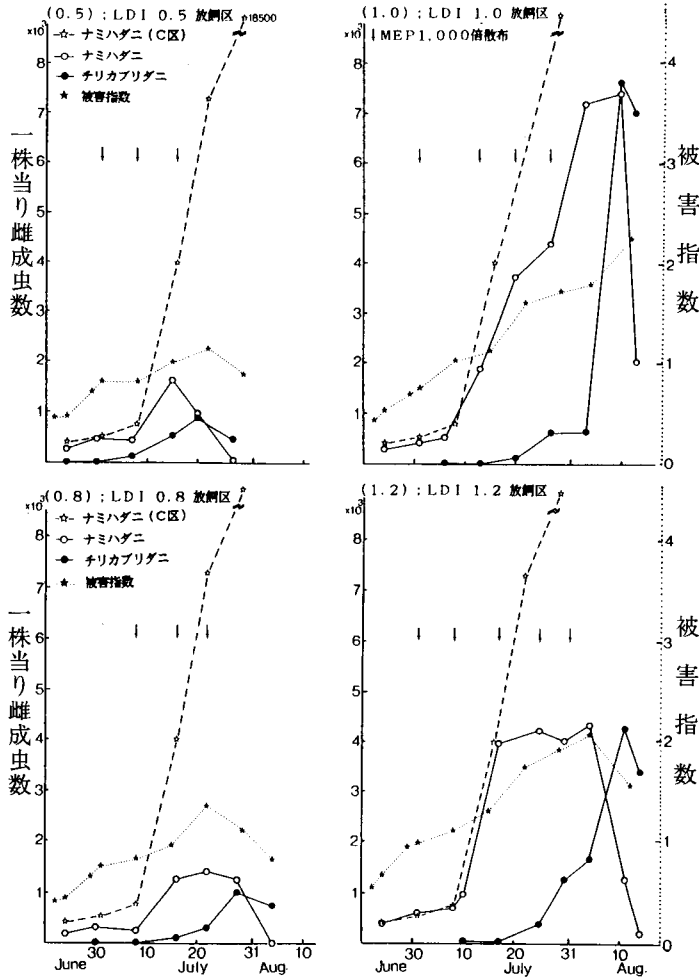
(0.5)区, (0.8)区とも7月上旬よりナミハダニの増殖を抑制し、葉の被害指数も各々最大で1.13, 1.34であった。

(1.0)区, (1.2)区は7月中旬からハダニの増殖は抑制されたが、葉の被害指数はともに経済的被害許容水準1.9を越え、最大時の平均で各々2.26, 2.07に達した。

収量は、放飼区はいずれも無放飼区(C)より増加し、被害指数の低い時期にチリカブリダニを放



第11図 放飼時の被害指数別の収量



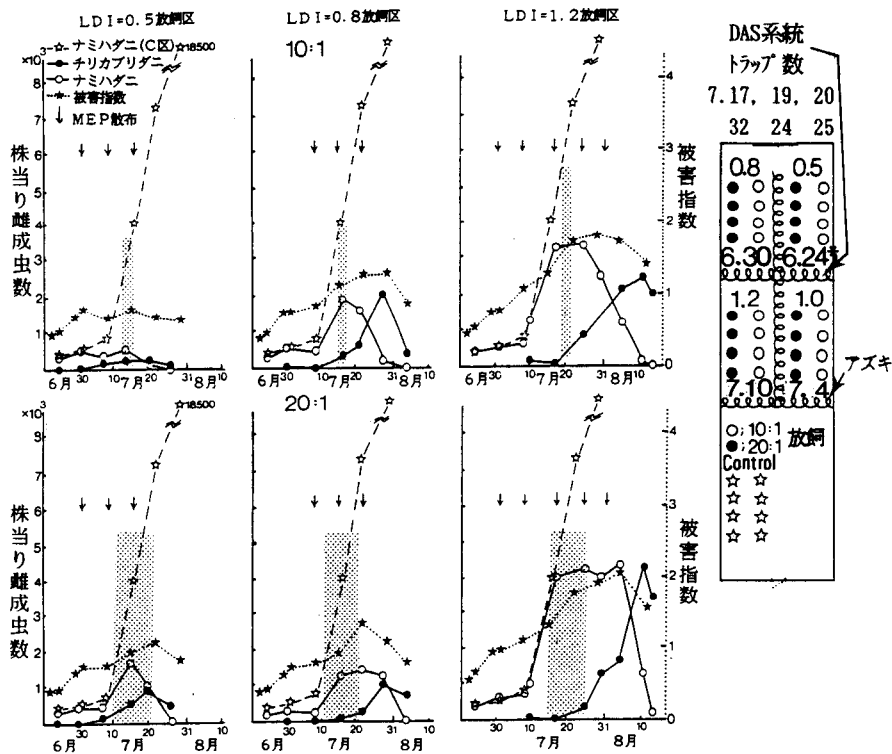
第12図 ハウスキュウリにおける抵抗性チリカブリダニ放飼試験, --☆--; ナミハダニ (C区), --○--; ナミハダニ, --●--; チリカブリダニ, ...★...; 被害指数, ↓MEP散布.



飼した区ほど収量は高かった(第11図)。

第13図にハウス内の試験区設定とハダニーチリカブリダニの発生推移を(0.5, 0.8, 1.2)区の10:1および20:1放飼区について示した。各放飼区間は3.5m, 区内の10:1, 20:1の区はそれぞれ1.5mの間隔であった。各放飼区の間にはアズキを植えナミハダニを少数接種し, チリカブリダニが系外(実験株)へ分散した際のトラップとし, そこでのチリカブリダニの増減を移動・分散の指標とした。(0.5)区のチリカブリダニの放飼は6月24日に行われ, その後7月上旬から中旬にかけてナミハダニ寄生数の1/2ないしは同数のチリカブリダニ(株当たり15~341)が生息していた。7月15日には, 4株のうち1株のナミハダニ雌成虫数が58頭, チリカブリダニ雌成虫数が82頭となった。この株ではナミハダニを喰い尽くす直前で, 既に他の株へのチリカブリダニの移動, 分散が始まっていた。このことは, 7月17~20日に第13図に示したアズ

キで, 30頭前後のチリカブリダニがトラップされている(雌成虫はすべて調査時に殺した)ことから, 早くハダニの防除を完了した区からチリカブリダニの移動があったことは明らかである。特に, 1.5mしか間隔のはなれていない, 各被害指数段階放飼区内では, 10:1の区で増殖したチリカブリダニが第13図中の陰をつけて示した時期に20:1の区に移動したものと推定された。さらに, 放飼時期が遅かった(1.0), (1.2)放飼区には(0.5), (0.8)放飼区からのチリカブリダニの移動があったと考えられる。このことは, (0.8)~(1.2)区における防除結果を割り引いて考える必要があることを示している。なお, 詳細な考察はシステムズモデルのつ項で述べたい。以上のことから, 最も少ないチリカブリダニ放飼数で可能な防除を考えると, LDI(0.5)でチリカブリダニを20:1の比率で放飼すれば, 十分な防除効果と収量が期待されると考えられる。



第13図 ハウスキュウリにおけるチリカブリダニの分散, --☆--; ナミハダニ (C区), -○-; ナミハダニ, -●-; チリカブリダニ, ...★...; 被害指数, ↓MEP散布, DAS系統放飼日。

(3)まとめ

アブラムシ防除のための薬剤散布が、DAS系統チリカブリダニにどのような影響を与えるかを、MEP 3回散布条件下で試験したところ、チリカブリダニはMEPにより死滅することなくナミハダニを完全に防除できた。放飼7~10日後の散布は無散布とほぼ同様の防除効果であった。

さらに、5.4×20mのビニールハウス内で、殺菌剤7回、MEP 4回散布条件下で、抵抗性チリカブリダニをキュウリの葉の被害指数1.3の時期に10:1の比率になるよう放飼したところ、ナミハダニを十分に抑制することができた。

ところで、チリカブリダニの放飼のタイミングを実用上どのように決定するかという問題がある。MORI and IMABAYASHI (1975) は、キュウリの葉の被害指数を基準としたチリカブリダニの放飼試験を実施し、この方法でもハダニの防除が可能であることを明らかにした。

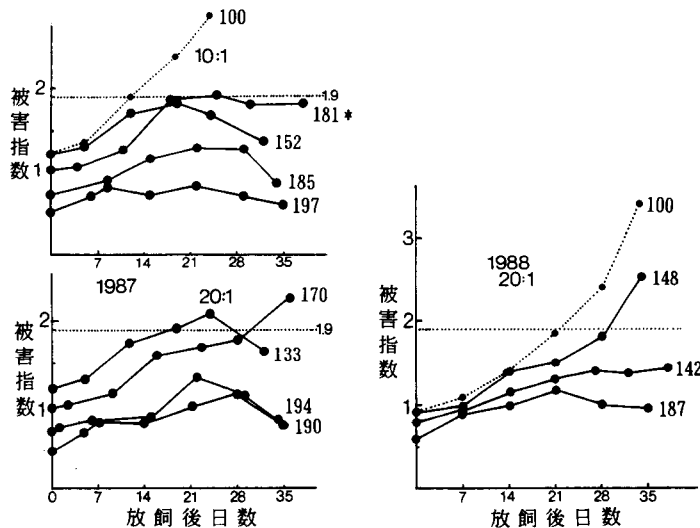
本試験における被害程度別のナミハダニ寄生数、チリカブリダニ放飼数および防除に要した日数を第19表に、被害指数の推移を第14図にまとめた。

HUSSEY and SCOPES (1985) は温室キュウリでは葉の被害指数が0.4に達した時点で、チリカブリダニを株当たり2頭放飼すれば被害指数が1.9を越えることなく、30日以内に防除できると述べてい

る。今回の試験で被害指数0.5の時点における株当たりナミハダニ雌成虫数は約300頭前後であった。0.4では100~250頭で、20:1の比率で放飼しても株当たり5~12.5頭が必要で、防除日数も40日でHUSSEY and SCOPES (1985) より多くなる。もとより、温度条件、キュウリの株のサイズなどが異なるため直接比較することはできないが、薬剤散布条件下でも被害指数(0.5)、(0.8)は10:1の比率、被害指数(0.5)は20:1の比率になるよう放飼すれば、十分な防除効果と収量が期待されることが確認された(第14図)。

従来の研究で明らかにされたチリカブリダニの適正な放飼比率は、イチゴで10:1~25:1(深沢, 1977)、ナスで20:1~50:1(松崎, 1977)、カーネーションで50:1とされている(藤本ら, 1977)。これらと比較して今回の放飼比率はやや高かった。ちなみに一般に農家で利用されているつ6×50mハウスにおけるキュウリの定植数は約300株であり、最も少ないチリカブリダニ放飼数による防除を考えれば、被害指数(0.5)で20:1の比率になるように放飼することになり、この場合の1ハウス当たりチリカブリダニ放飼数は約4,500頭になる。10a当たりで約15,000頭が必要な計算となる。

上記の計算はハダニが圃場に均一に発生した場合を想定したものであるが、実際のハダニの発生



第14図 DAS系統放飼時期・放飼比率とキュウリの被害指数・収量の関係, \*対無処理区(100)収量比。

は必ずしもそのようにならないことが多い。野菜類における圃場でのハダニ類の発生は主として周辺雑草や(矢野ら, 1986), ハダニの寄生した作物残渣からの歩行による侵入(小林, 1982; 井上, 1990)であるとの報告が多い。したがって, 実際の圃場でハダニ類が均一に発生することはまれで, キュウリ圃場でもハダニ類の発生は集中して起こる(農家圃場の発生状況は第6章で述べる)。このような被害の集中している部分を発見して早期にチリカブリダニを放飼することができれば, 実際の放飼数はかなり少なくできると考えられる。

第19表 被害程度別のナミハダニ寄生数, チリカブリダニ放飼数および防除日数

放飼比率	被害指数(ナミハダニ:チリカブリダニ;株当り), 防除日数				
	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2
10:1	295:30 33日	—	503:51 35日	878:88 42日<	1200:120 40日
20:1	266:13 40日	500:25 40日	668:34 42日	970:48 42日<	1050:50 42日

## 2. キュウリの生育とハダニの被害指数および薬剤抵抗性チリカブリダニによる防除の精密データの収集

キュウリ栽培で一般に使用される殺菌剤, 殺虫剤とハダニ防除のための天敵利用を併用し, 放飼比率20:1でキュウリの被害指数別にチリカブリダニを放飼して, 放飼時期を明確にし, より精密なデータを得ることが必要である。また, これまでより精度の高いシミュレーションモデルを作成するための基礎資料を得ることを目的としてキュウリの生育調査を行なった。

### 方 法

5.4×20mのビニールハウス内にキュウリを畦間1.5m, 株間0.8mで1988年5月17日に定植し, 第20表に示した条件下で試験を実施した。

接種時のMEPによるナミハダニの死虫率は4%, チリカブリダニは20%であった。1区4株とし, 以下のように試験区を設定した。

第20表 ナミハダニ接種および薬剤散布状況

ナミハダニ接種日; 個体数		5月25日; 雌成虫10・50/株
殺菌剤散布		
①TPN×800		5月23日
②ポリカーバメート×500		5月8日, 6月15日
③トリアジメホン×2000		5月23日, 6月7日, 15日 8月4日
④トリフルミゾール×3000		6月27日
⑤ピンクロゾリン×1500		8月4日
殺虫剤散布		
①アプロフェジン×2000		5月8日, 23日, 6月7日, 27日, 5月23日, 6月15日, 27日, その他は試験区により ことなるが, チリカブリダニ 放飼後7日間隔で少なくとも 3回散布
②MEP×1000		

(0.5):被害指数0.5に達した時期にDAS系統を放飼  
放飼比率20:1

(0.8):被害指数0.8に達した時期にDAS系統を放飼  
放飼比率20:1

(1.0):被害指数1.0に達した時期にDAS系統を放飼  
放飼比率20:1

(C):ナミハダニ接種(雌50頭), DAS系統無放飼  
(C'):ナミハダニ接種(雌10頭), DAS系統無放飼  
(N):ナミハダニ無接種, DAS系統無放飼

ダニの個体数調査は各区ともほぼ7日間隔で実施し, 可能な限り4株全葉を対象とし, ナミハダニ, チリカブリダニともに雌成虫数を数えた。また, ハダニによる葉の被害指数をHUSSEY and PARR (1963)の方法により, 各区とも全株, 全葉を調査した。

### 結 果

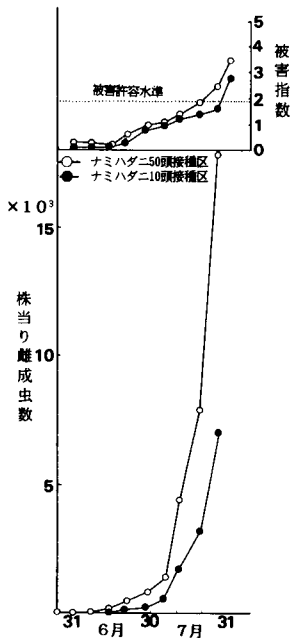
第15図にチリカブリダニを放飼しなかった試験区におけるナミハダニの個体数と, それに伴うキュウリの葉の被害指数の推移を示した。雌成虫50頭接種区(C)では放飼後1月で約700頭まで増加し, 約50日(7月10日)で葉の被害指数は経済的被害許容水準の1.9を越え, 寄生数は約8,000頭に達した。さらに, 7月26日には1株当りの寄生数は18,000頭に達した。一方, 雌成虫10頭接種区(C')では,

ハダニの増加速度は遅く、葉の被害指数が1.9を越えたのは接種64日後であった。8月になると両区ともナミハダニはキュウリの葉の先端に集中して団子状になり、糸を出して葉先から垂れ下がる状態となった。葉の被害指数は10頭区が常に低く推移したが、被害指数1.9を越えてからは急激に増加した。

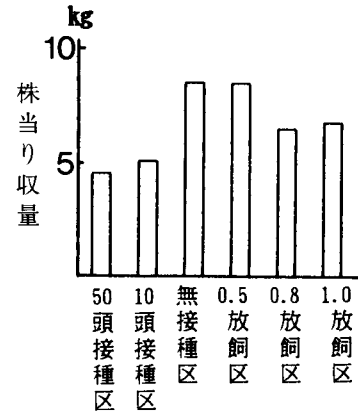
第17図にLDI(0.5), (0.8), (1.0)でチリカブリダニの放飼比率を20:1としたときのハダニとカブリダニの個体数変動および葉の被害指数を示した。また、キュウリの収量調査結果を第16図に示した。同時に示した(C)区のナミハダニの増加

と比較すると、3区ともチリカブリダニによって効果的にナミハダニが防除されたことは明らかである。

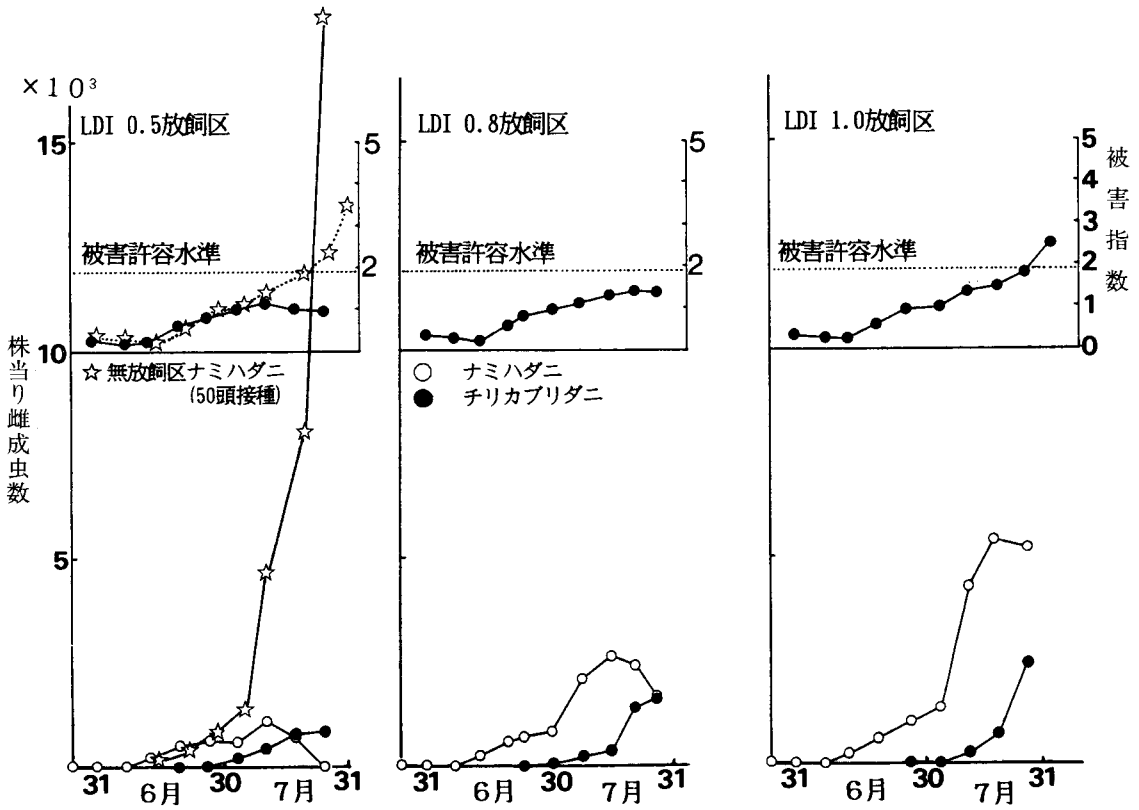
(0.5)区の被害指数は全期間を通して1.9以下に抑えられた。(1.0)区は7月下旬に被害指数が1.9を越えた。(0.8)区の被害指数は1.9を越えなかったが、収量は低かった。50頭接種区の収量を100とすると、ナミハダニをまったく接種しなかった試験区は188, (0.5)区は187, (0.8)区は142, (1.0)区は148であった。前年の試験結果も含めて考察すると、20:1の放飼比率ではLDI(0.5)でのみ十分な防除効果と収量が期待されることが再確認された。



第15図 ハウスキュウリでのナミハダと被害指数の変動, -○-; ナミハダニ50頭接種区, -●-; ナミハダニ10頭接種区.



第16図 放飼被害程度別の収量



第17図 ハウスキュウリでのチリカブリダニ放飼試験,

—○—; ナミハダニ, —●—; チリカブリダニ, …☆…; 無放飼区ナミハダニ(50頭接種区).

## 第5章 薬剤抵抗性チリカブリダニの簡易大量増殖法、 配布方法および保存方法に関する試験

### 1. 簡易大量増殖法

#### (1) 試験目的およびこれまでの増殖法の問題点

数種の殺虫剤、殺菌剤に抵抗性を示すチリカブリダニ (*Phytoseiulus persimilis*; DAS系統) が殺虫・殺菌剤散布条件下のビニールハウスのキュウリのハダニ防除に有効であることが確認された(本研究, 中尾ら, 1987)。しかし, DAS系統を含めた捕食性ダニ類を害虫防除に利用するにあたって残された一つの大きな問題は, いかにかつ経済的にこれらを大量増殖するかである。これまでに報告されている飼育方法はOVERMEER (1985) によれば以下のように分けられている

- 1) rearing on artificial substrates(arenas)
- 2) rearing on detached leaf cultures, and
- 3) rearing in cages

大量増殖方法としては

(A); rearing on plants,

(B); rearing on arenas

がこれまでに用いられており, (A)では*P. persimilis* (KOPPERT, 1980), *T. occidentalis* (HOY et al., 1982), (B)ではMcMURTRY and SCRIVEN (1975)が*P. persimilis*の増殖を実施している。

日本では, UCR系統チリカブリダニが導入された後, 多くの作物で天敵としての有効性が検討され(森・真梶, 1977), 1979年には農林水産省の天敵利用促進事業の一貫としてチリカブリダニ増殖施設を兵庫, 和歌山, 高知の3県が設置し, 施設野菜の栽培農家を対象に増殖配布事業を実施した(矢野, 1984; 矢野・東, 1982)。しかし, この系統のチリカブリダニが薬剤に弱いことや, 増殖・配布が難しいことなどのため, いまだに実用化するにはいたっていない。

本種はハダニ類の専門的天敵で, 他の餌では繁殖しない (DOSSE, 1958; CHANT, 1961; MORI and CHANT, 1966a)。このため, 増殖させる場合には, まず餌ハダニ増殖用の餌植物栽培が不可欠で, これに多くの労力を要する。つぎに, この栽

培植物を使用してチリカブリダニの餌ハダニを大量に増殖する必要がある。これら一連のチリカブリダニの増殖において最も困難な問題は, チリカブリダニが餌ハダニの増殖を阻害しないようにすること, つまり餌(すなわちハダニ)の飼育と天敵の飼育を完全に分離することにある。また, 特別の専門知識や技術を必要とせず素人でもこれらのハダニやチリカブリダニが扱えるように出来るかにある。

これまでは1)と2)の方法を組み合わせて増殖している(刑部ら, 1988)が, チリカブリダニの逃亡とハダニ増殖場所への侵入の危険は避けられない。また天敵を必要な時期まで保存する方法が明確でない。さらに増殖させた天敵を配布・放飼する方法が考慮されていない。仮に容器を考案したとしても, 増殖場所から容器に活動性の高いチリカブリダニを導入するためには, 増殖作業以上の労力が要求されるなどの問題点が残されている。また, チリカブリダニのすべてのステージを集めることは不可能で, かなりの無駄を覚悟しなければならなかった。

これらの問題点を考慮して今回は, どのようにすれば増殖した天敵を, いかにかつ簡単な方法で現場の農家に配布できるかという問題の解決からスタートした。

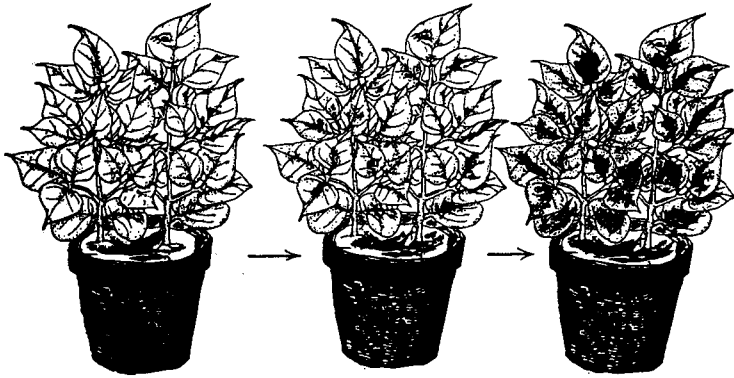
#### (2) 材料および増殖方法の手順

餌植物と餌ハダニは, チリカブリダニの増殖に最適とされている(芦原ら, 1986)ポット植えのインゲン(大正金時)とナミハダニを用いた(第18図)。

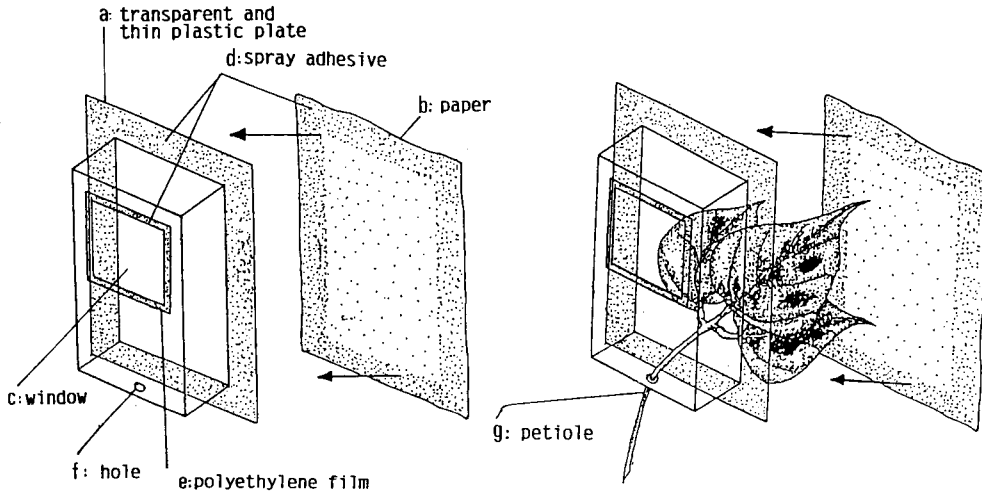
10cm×18cm, 厚さ0.1mmの透明プラスチック(塩化ビニール)を簡単な成形によって箱状とし, 害虫であるナミハダニ*Tetranychus urticae* KOCHが充分増殖したインゲンの鉢植えから(第18図)小葉を葉柄ごと切り, これを容器に封入し, 葉柄部分を容器の穴から外に出して, 葉柄と容器の間隙間を接着剤(酢酸ビニルエマルジョン)で閉じる。箱の底面は通気性のある薄い紙でとじる。容器には

開閉部(窓)をもうけ、はりはがしのできるスプレ

ーのりを用いポリエチレン膜で閉じる(第19図)。



第18図 餌植物の栽培とハダニの増殖：インゲンをポット栽培し、ナミハダニを増殖する。



第19図 カブリダニ増殖ケージおよび葉の封入法、a；透明プラスチック、b；紙、c；窓(開口部)、d；スプレー糊、e；ポリエチレン膜、f；穴、g；葉柄。

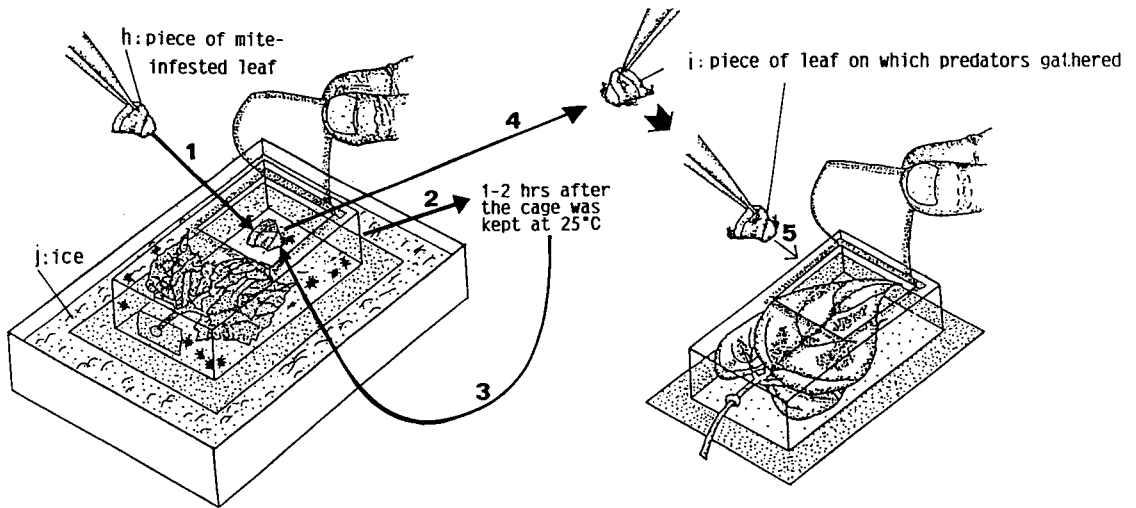
この窓から低温条件下で活動を低下させた天敵のチリカブリダニを導入あるいは餌ハダニの追加をする。葉を封入したケージは、葉柄部を水にさして維持する。

ハダニの寄生した葉をセットしたケージに、チリカブリダニを以下の方法で導入する。従来のMcMURTRY and SCRIVEN(1965)の方法で飼育中のカブリダニ、あるいは既に述べた方法で増殖の終了したケージ内のカブリダニに対して、1～2日餌の供給を止め、そこへ餌ハダニの寄生したインゲン小葉片を必要数入れ、ケージを1時間程度室温に置く。餌不足の状態にあるカブリダニは、中に

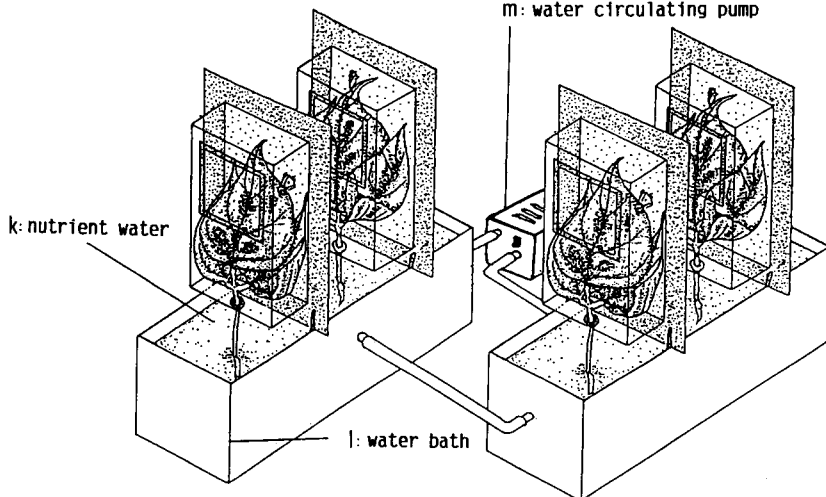
入れたインゲン小葉片に移動してくるので、これを窓を開けて増殖ケージに導入する(第20図)。ただし増殖したケージ内のチリカブリダニを使う場合には、ケージの窓の開閉の際にケージ温度を10℃以下としてカブリダニの活動を低下させた状態で操作する必要がある(第20図)。

既に述べたように、カブリダニを導入したケージは葉柄部を、栄養液循環装置つきの水耕栽培用の水槽に挿して葉を生きたままの状態に維持し(約2週間)、チリカブリダニを増殖させる(第21図)。

恒温室内(22℃)で水耕液を循環させると、透明な水槽内に藻類が発生しやすく、封入したイン



第20図 増殖ケージへのカブリダニの導入方法, h; ナミハダニ寄生小葉片, i; カブリダニ寄生小葉片, j;



第21図 カブリダニの初期増殖法: ケージを水耕用の薬剤を入れた循環水槽にさす, k; 水耕用栄養液入り  
の水, l; 水槽, m; 水循環冷却ポンプ。

第21表 封入したインゲン小葉の維持期間

ケージ 作成数	ケージ 作成数	葉が枯れた ケージ数(8, 11)	小葉の 維持期間
7月20日	1	1	22日
7月21日	5	0	21日<
7月24日	1	1	18日
7月25日	3	0	17日<
7月26日	2	0	16日<
7月27日	3	1	15, 15日<
7月28日	1	1	14日
7月30日	3	0	12日<

ゲン小葉の持ちがよくなかった。そこで、水槽に光が入らないように遮光し、水耕液を15℃に冷却して循環するように改良した。この結果、藻類の発生が抑えられインゲン小葉は少なくとも2週間維持できるようになった(第21表)。

チリカブリダニの増殖で重要なことは、餌が十分に存在することで、そのためには最初にケージに封入したインゲン小葉を、ナミハダニの生育に良好な状態に保つことが必要である。この容器を増殖の1ユニットとし、保存、配布、放飼まで一貫して利用する。最初に入れた小葉は少なくとも



2週間以上ハダニの餌として良好な状態が保たれ、チリカブリダニの増殖と餌の多少に応じて容器の窓からハダニ寄生葉を随時追加する。十分に増殖した容器は葉柄を切断し、粘着テープ等で封じて容器のまま保存、あるいは配布に使用することができる。

## 2. 配布方法および保存方法に関する試験

### (1) 保存方法の検討

薬剤抵抗性チリカブリダニの有効な利用方法・増殖法の確立とともに、天敵としてのチリカブリダニの効率的な保存方法の検討が実用化の段階では不可欠である。この試験では、チリカブリダニの長期保存方法について検討した。

#### 1) 低温に対する反応

##### ① 5℃, 10℃における生存期間

###### 方法

基礎的データを得るため、写真用バットを用い(DF法)餌ナミハダニを十分に与えた状態で5℃, 10℃における薬剤抵抗性チリカブリダニの生存日数を調査した。なおインゲン葉の状態をみて(葉が腐らないうちに交換する), 随時ナミハダニ寄生葉を交換した。

###### 結果

第22表 5℃におけるチリカブリダニの生存日数

供試個体数	生存数		
	24日後	45日後	53日後
A: ♀10	♀10, E4	♀6	♀4
B: ♀5E40	♀5E40	♀2E9若虫2	E5

第23表 10℃におけるチリカブリダニの生存日数

供試個体数	生存数			
	32日後	63日後	78日後	84日後
A: ♀25♂2	♀25♂2	♀8♂1	♀17♂1	
	E59	E1	♀35E1	
B: ♀25♂2	♀25♂2	♀4♂2	♀24♂1	(A+B)
	E47	E1		

5℃では、約30日まで大部分の雌成虫が生き残った。その後死亡個体は増加し、50日を過ぎると1/2以下になった。卵はほとんど生育せず、53日目には4卵が生存していたのみであった。

10℃では、成虫は約80日間生存可能なことが明らかとなった。しかし、産下された卵はほとんど孵化しなかった。今後は、低温から高温条件に戻した時の産卵・増殖について調査する必要がある。

### ② 5℃, 10℃で保存し温度条件を上昇させた場合の生存期間

#### 方法

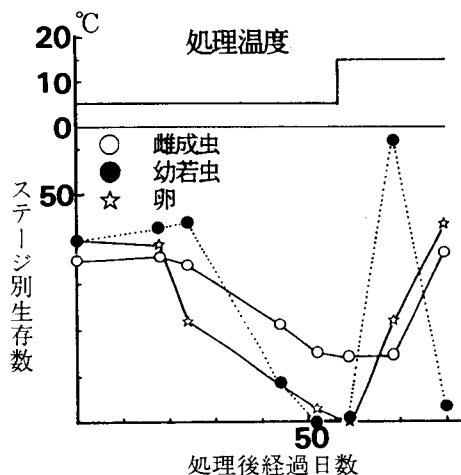
写真用バットを用い(DF法), 25℃で餌ナミハダニを十分に与えたチリカブリダニ雌成虫35頭, 卵および幼若虫40を, ナミハダニ寄生葉に接種し, 5℃条件下にいれ, 58日後に15℃条件下に移し各ステージの生存期間を調査した。

10℃では雌成虫50頭を同様に準備し, 個体数の推移をみて90日後に15℃, 123日から126日まで20℃, 126日から153日まで再び10℃, 153日から12℃に条件を変化させた。インゲン葉の状態をみながら(葉が腐らないうちに交換する)随時生存数を調査した。

#### 結果

##### ① 5℃試験結果

薬剤抵抗性チリカブリダニ雌成虫は、約60日まで生存可能であった。しかし、卵、幼若虫は約50日



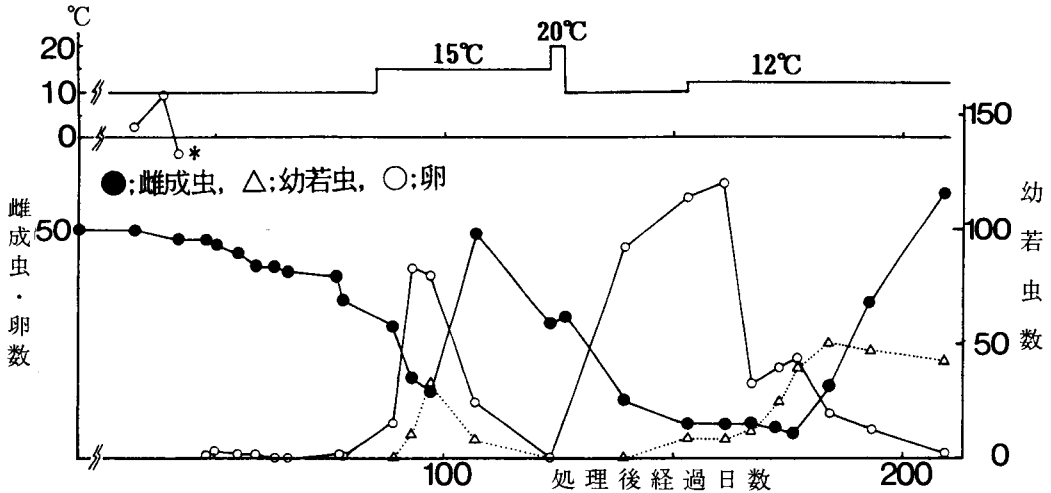
第22図 薬剤抵抗性チリカブリダニ低温(5℃)維持期間および温度上昇(15℃)条件下での飼育経過

までにほとんどが死亡した。この間インゲン葉を1回交換した。飼育温度を15℃に上昇させると再び増殖し、約15日で試験開始時の個体数まで回復した。

②10℃試験結果

薬剤抵抗性チリカブリダニ雌成虫は約90日まで生存可能であった。この間インゲン葉は2回交換した。産卵数は最大160個に達したが、10℃では孵化せず乾燥してしまうため、1回目の葉の交換

時にすべて除去した。15℃に温度を上昇すると再び産卵数が増加し、発育するため雌成虫数は試験開始時のレベルまで回復した。しかし、新成虫による産卵は少なく、成虫数、幼若虫数、産卵数は再び減少した。そこで20℃に3日間おいて再び10℃条件にしたところ、産卵数は増加したが、雌成虫数は再び減少した。153日以降は12℃で飼育し、220日まで増殖スピードを抑えながらの飼育が可能であった。



第23図 薬剤抵抗性チリカブリダニ変温 (10℃, 15℃, 20℃, 10℃, 12℃) 条件下での飼育経過, \*10℃飼育で卵は孵化しないので, 48日目の葉の交換時に取り除いた。●—●—:雌成虫, …△…:幼若虫, —○—:卵。

2) 簡易大量増殖法で得られた飼育ケージによる保存方法に関する試験

簡易大量増殖法で得られた飼育ケージでの低温保存によるチリカブリダニの生存状況を明かにする。

① 9℃における生存期間

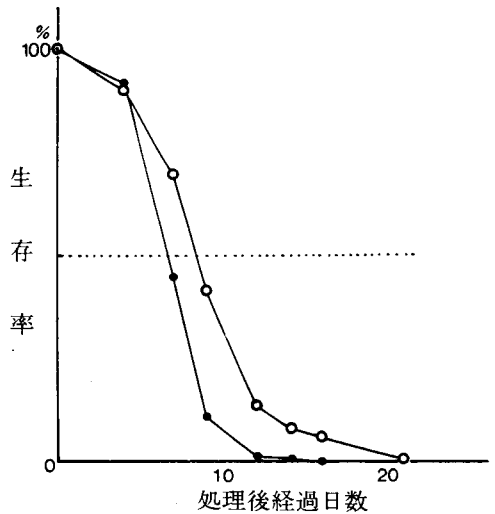
方法

試験①

前述の方法により北海道大学で大量増殖したチリカブリダニ飼育ケージを中央農業試験場に郵送し、一方はそのまま (10ケージ), もう一方はまとめてビニール袋に入れて (16ケージ) 密封し生存雌数の経時変化を調査した。

試験②

北海道大学で大量増殖したチリカブリダニ飼育ケ



第24図 チリカブリダニ生存日数(9℃, 餌追加なし, —○—:ビニール袋に入れたケージ:供試成虫数1455, ●—:飼育ケージのまま:供試成虫数1070)。

ージを中央農試に郵送し、まとめてビニール袋に入れ(12ケージ)、餌のハダニを2回追加し生存雌数を調査した。

**結果**

**試験①**

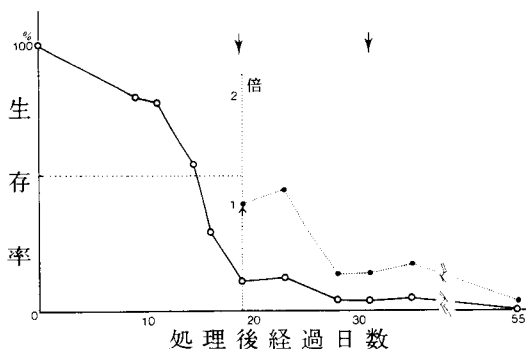
第24図に示したように、ビニール袋に入れなかったケージでは約1週間で供試個体の生存率が50%まで低下し、約2週間でほぼ全個体が死滅した。一方、ビニール袋に入れたケージは8~9日に生存率が50%まで低下し、その後21日まで生存個体が認められた。この差は、ケージ内の乾燥程度の差によるものと考えられる。また、この試験では、まったく餌のハダニを追加していないため、DF法で得られた生存期間(10℃で約90日まで雌成虫の50%が生存)より短かった。

**試験②**

第25図に示したように、雌成虫は14日まで供試個体の約50%が生存した。これは、9℃に入れたときケージ内に十分な餌ハダニが残っていたためと考えられる。餌を2回追加したところ、約60日まで雌成虫は生存した。しかし、餌を追加してもケージ内ではほとんど増殖せず、第25図の黒丸で示したように餌追加時の雌成虫数(1として示した)より多くならなかった。

**②保存後餌を追加し保存温度をあげて再増殖させる試験**

9℃で保存しケージに餌を追加してもチリカブリダニの生存期間は必ずしも充分に長くなかなか



第25図 チリカブリダニ生存日数(9℃, ↓:餌追加, 12ケージビニール袋入り:供試成虫数1520, -○-:生存率, ●●:増殖率)。

った。そこで、保存後餌を追加し、保存温度を上げて再増殖させる試験を実施した。

**方法**

**試験①**

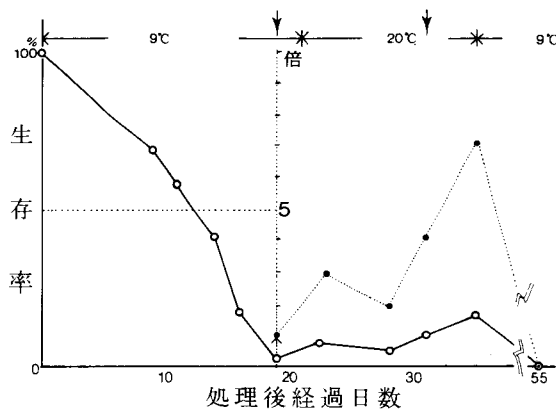
北海道大学で大量増殖したチリカブリダニ飼育ケージを中央農試に郵送し、まとめてビニール袋に入れ(7ケージ)9℃で餌のハダニを2回追加し、一時20℃に移し再び9℃に戻して生存雌数を調査した。

**試験②**

北海道大学で大量増殖したチリカブリダニ飼育ケージを中央農試に郵送し、まとめてビニール袋に入れ(7ケージ)、9℃で餌のハダニを2回追加し、一時25℃に移し再び9℃に戻して生存雌数を調査した。

**試験①**

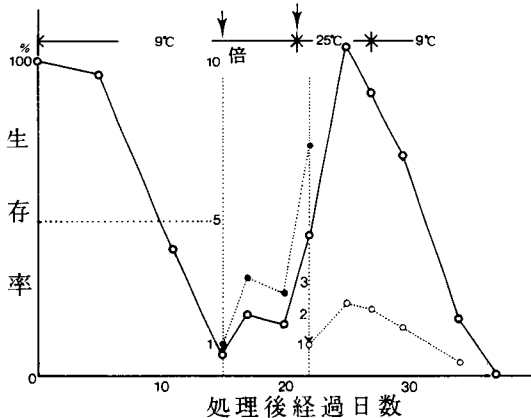
雌成虫は約2週間で供試個体数の50%、19日で2.3%まで減少した。そこで、餌ハダニを追加しケージを20℃に移したところ(19日目)第26図に示したように35日目には、餌追加前の7倍の個体数となった。しかし、保存前の個体数の17%までしか回復しなかった。



第26図 チリカブリダニ生存日数(9℃, ↓:餌追加, 20℃に変温, 7ケージビニール袋入り:供試成虫数:980, -○-:生存率, ●●:増殖率)。

**試験②**

雌成虫は15日で供試個体数の6.3%まで減少した。そこで、餌ハダニを追加したところ、5日間で2.6倍の増殖を示した。しかし保存前の個体数の45%までの回復であった。ケージを25℃に5日入れたとこ



第27図 チリカブリダニ生存日数(9°C, ↓;餌追加, 25°Cに変温, 7ケージ;供試成虫数495  
-○-;生存率, ●;増殖率, ○;増殖率)。

ろ、第27図に示したように急激に増殖し、25日目には保存前の個体数を越えた。再び9°Cに戻したところ、41日目に0となった。

### 3) まとめ

チリカブリダニを大量増殖するためには餌のハダニの生産が必要である。需要に応じた計画的生産は、餌ハダニが充分確保されれば可能である。しかし、ハダニによる被害は年によって、また、地域によって異なる。したがって、需要に応じた大量生産を実施するなかで、突発的な被害に対応できる体制も必要になってくる。このためには、ある程度増殖したチリカブリダニの貯蔵が不可欠である。

餌を充分に与えた場合、浜村ら(1978)は7.5~10°Cで高湿度条件(90%以上)にすれば、チリカブリダニ(UCR系統)の雌成虫は70日以上貯蔵可能と、SCHLISSKE(1980)は7°C, 相対湿度95%でチリカブリダニの若虫は4週間貯蔵できると報告している。DAS系統の飼育容器(写真用バット)による保存において、10°Cでほぼ同様の試験結果が得られた。しかし、この間に産下された卵はほとんど孵化しなかった。浜村ら(1978)は25°Cで24時間以内に産下された卵は、10°Cでも相対湿度が約80%以上であれば、孵化すると報告している。一方、上遠野ら(1975)によれば、卵の発育零点は12.01°C

である。本試験でも10°Cで卵は孵化しなかった。また、その後に温度を15°Cに上昇させると産下された卵は生育し雌になったが、産卵はほとんど認められなかった。しかし、飼育温度を3日間20°Cとすることで産卵が始まり、その後12°C飼育で約200日まで個体数の維持が可能であった(第23図)。以上のことから、10°Cの長期保存はチリカブリダニの増殖に悪影響があり、長期保存をする場合には、温度を12°C前後とし、一定間隔をおいて20°C前後の温度条件下に移す必要があると考えられる。

一方飼育ケージによる保存は、ケージをビニールに入れた場合には湿度が保たれ、保存期間は約7日程度長くなった。また、保存中に餌を追加することで、保存期間は約60日になった。しかし、個体数は次第に減少し保存前の個体数を維持することはできなかった。また、餌を追加して温度を25°Cに上昇することで、保存前の個体数まで再増殖させることが可能であった。浜村ら(1978)も低温保存中に30日程度の周期で常温に1~2日移すことで長期間の生存を維持できると考察している。

ケージでの保存期間は餌を追加し、保存温度を上昇させても30~40日が限度であった。この原因は、ケージに入れたハダニ寄生葉がすぐに乾燥し餌ハダニが長期間生存できないこと、ケージ当りのチリカブリダニの個体数が多かったためと考えられる。今回の研究では確認できなかったが、保存前に餌が充分残っていたケージで生存期間が長かったことから、カブリダニがあまり増殖しないうちにケージを低温保存するのも一つの方法と考えられる。さらに、今回考案した飼育装置全体を大量増殖当初から比較的低温条件で維持する方法(予備増殖)も考えられる。22°C条件におけるインゲン小葉の維持期間は2~3週間であった(第21表)。今後、より低温条件に置いた時の維持期間がどの程度になるかを確認しなければならないが、予備試験でインゲン小葉は13°Cで30日、12°Cで40日程度まで黄化しなかった。DAS系統チリカブリダニは25°Cで約5日、30°Cで約3.5日で卵から成虫になる。低温条件で多くのケージを準備しておけば、需要に応じて飼育温度を上昇させることで、より効率的にチリカブリダニの大量増殖が可能になる

と考えられる。

## (2)配布容器および配布方法

今回開発した飼育ケージは、そのまま梱包して郵送あるいは送付することが可能である。送付に際しては、容器の紙の部分が破れないよう注意すること、ケージ内のインゲン葉の枯れ具合に応じてケージをビニール袋内にバックして湿度を保つ操作をすること、ならびに開閉部などからのチリカブリダニの逃亡に注意する必要がある。これらに注意すれば、飼育から配布までを本容器で一貫して行なうことが可能である。

## 3. 開発した簡易大量増殖法の利点

天敵カブリダニおよびその餌ハダニは過湿状態・低湿乾燥状態ともに生育に重大な支障があり、特に乾燥は植物葉をただちに萎凋させ、餌動物を死亡させ、ひいては天敵を殺してしまう。しかし、今回開発した方法は一面が紙であることから、飼育容器内の湿度を葉の蒸散作用との関係で適度に保て、必要に応じて飼育環境室内の湿度を調整することで容器を開閉せずに、適度の水分を供給することが可能である。

写真用パットとプラスチック製のかごを用いた従来の増殖方法における寄生葉維持期間は約2週間と報告されている(刑部ら, 1988)。今回の方法は、葉柄を水耕栽培の栄養液循環槽にさし、液を15℃に冷却することによって、インゲンの小葉を少なくとも2週間以上良好な状態に維持できた。このため、それを餌とするハダニを生きた状態に長く維持することができ、生きたハダニしか食べないカブリダニの初期増殖を極めて効率的に行うことができるようになった。

次に、天敵カブリダニは0.5～1mm前後の微小なものであり、逃亡および餌ハダニ飼育室内への混入を防止することが不可欠である。カブリダニに限らず微小天敵の飼育において最もむずかしい問題は、この餌(すなわち害虫)の飼育と天敵の飼育をいかに完全に分離し、また素人でも扱えるように出来るかにある。今回開発した方法では、完全に隔離された状態でカブリダニを一貫して飼育

することができるので、カブリダニの逃亡を最少限にすることができ、一度増殖したカブリダニをあらためて別の容器に移すという面倒で労力を要する手順(森・真梶, 1974)が完全に省略できることになった。このため、容器内にいるチリカブリダニのすべてのステージが無駄なく利用できる。

また、葉が枯死した後に粘着テープ等で封じて、容器を低温(10℃以下)下で開閉し餌動物のついた葉を随時追加することによって、さらに密封容器内での天敵の大量増殖をはかることができる。

容器が規格化され、ある程度の強度を保つために、この容器に天敵を封じたままでそれを低温下において保存したり、封筒に入れて郵送するなどの手続きをきわめて容易に行うことができる。

チリカブリダニはハダニの高密度区に集中する顕著な習性を持ち、ハダニとカブリダニの比率が約1:1になると急激に分散する(浜村ら, 1980)。また、チリカブリダニはハダニ類のいないところには定着しない(Takafuji, 1977)ことから、ヨーロッパでは、あらかじめ餌ハダニを接種してからカブリダニを放飼するPest in first法を用いている(BURGES, 1974; GOULD et al., 1969; HUSSEY et al., 1965; MARKKULA and TITTANEN, 1976)。日本ではスイカで試験が実施され、チリカブリダニ放飼数が少なくてすむため、コスト面で有利であるとしている(矢野・東, 1982)。しかし、日本では、生物的防除についての研究サイドから農家に対する啓蒙や教育がまだまだ不十分なこともあり、天敵の放飼に際して天敵とともにハダニを作物に放すことに大きな抵抗を感じている農家が多いという問題がある。しかし、この方法では餌の供給を放飼前1～2日間停止して、容器を比較的高温条件下(25℃前後)に置くことで、ハダニの大部分が容器内で食い尽くされるため、ハダニが天敵とともに放される危険はかなり避けられる。放飼方法も容器の紙の面をカッター等で切るだけでよく、放飼に際しての専門的技術を要さない。

この新しい飼育方法は、今回用いたチリカブリダニだけでなく、他の天敵カブリダニ類の増殖にも充分応用可能と考えられる。さらに、植物寄生性の小型害虫(オンシツコナジラミ・アブラムシ、

アザミウマ等)の飼育そのものにも利用でき、これらの天敵の増殖・保存・配布への応用の可能性を含んでいる(NAKAO et al., 1989)。

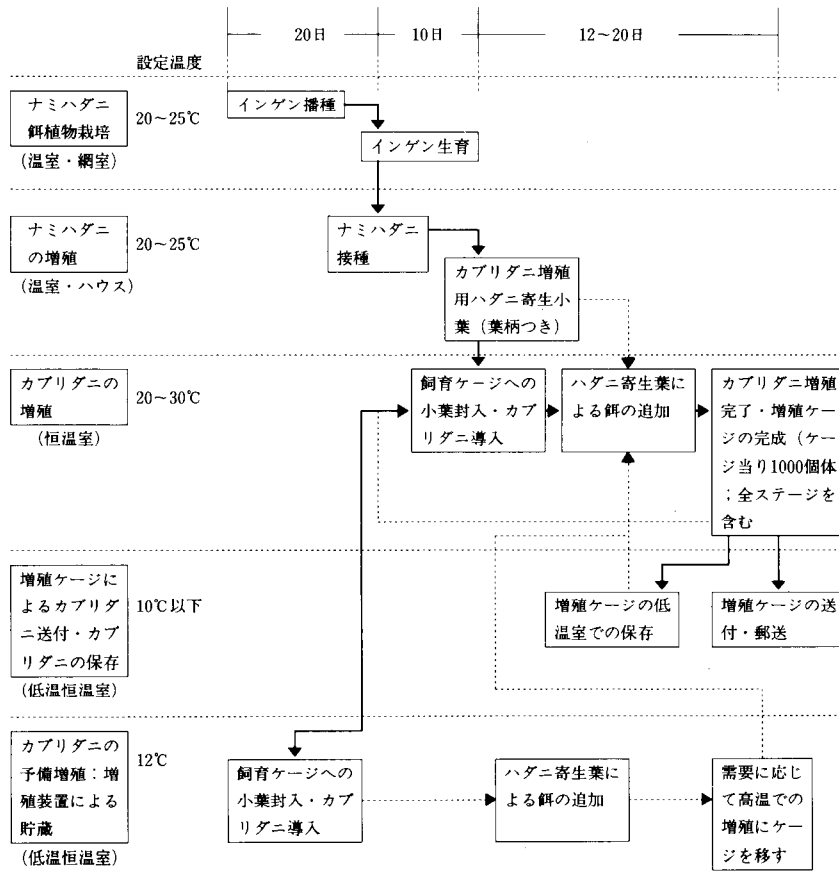
4. 簡易大量増殖法による生産費

今回開発した増殖法を用い第28図のようなスケジュールでハダニ、カブリダニの飼育未経験者に管理させて、インゲン栽培から増殖ケージの発送までの生産費を検討した。カブリダニの増殖は22℃の恒温室で実施した。

飼育未経験のため封入したインゲン小葉のハダニ数が充分でなかったり、追加したインゲン葉のハダニ数が少ないなどのことから、1ケージ当りの成虫の生産数は開始当初は低く、100頭ほどで

あった。しかし、作業に慣れることで生産数は150頭程度まで高まり、カブリダニ導入から増殖完了までの日数も15日以上かかっていたものが10日後まで短縮された。

1時間当りのケージ生産数は0.73で、成虫1個体当りの生産費(設備, 減価償却費は除く)は5.5円となった。しかし、このケージではカブリダニの全ステージ(成虫, 卵, 幼虫, 若虫)が実際には利用可能で、これらを含めた個体数は成虫数を150個体とすれば、少なく見積っても600個体には達し、生産費は1.37円程度と計算された。また、十分に餌を与えた条件下では1ケージ当り500成虫程度の生産が可能である。今回の増殖温度は22℃であったが、増殖温度を上昇させることで増殖スピードはより速くでき、生産費の低減がさらに可能である。



第28図 簡易大量増殖法のフローチャート