

Jpn. J. Ent., **64**(4): 924–945. December 25, 1996

ミカン園の総合的害虫管理 (IPM) についての実験的研究¹⁾

中尾 舜^{—2)}・野原 啓吾³⁾・小野 隆章⁴⁾

²⁾ 福岡県豊前市赤熊 743

³⁾ 九州東海大学農学部応用昆虫学研究室 熊本県阿蘇郡長陽村河陽

⁴⁾ 山口県阿武郡阿武町奈古

Experimental Study on the Integrated Pest Management (IPM) in Citrus Grove¹⁾

Shun-ichi NAKAO²⁾, Keigo NOHARA³⁾ and Takaaki ONO⁴⁾

²⁾ 743 Akaguma, Buzen-shi, Fukuoka-ken, 828 Japan

³⁾ Entomological Laboratory, School of Agriculture, Kyushu Tokai University,
Choyo-mura, Kumamoto-ken, 869-14 Japan

⁴⁾ Nago, Abu-cho, Yamaguchi-ken, 759-36 Japan

Abstract An experimental study on the integrated pest management (IPM) was made in citrus groves during seven years (1970–1977), following the data of four years by a preliminary study (Nakao, Nohara and Ono, 1972, 1974). As shown in Table 1, the method was as follows: (1) the insecticide selected against scale insects was low toxic to the natural enemies and sprayed in alternate lines of trees; (2) against mites and aphids, any pesticide was not used but the water under 14 atmospheric pressure was sprayed; (3) pruning was made in order to lighten the condition of citrus grove, because the scale insects like dark habitat. The result is summarized below.

The control was effective as expected against arrowhead scale (*Unaspis yanonensis* KUWANA), the most serious pest, as shown by the data in No. 2 grove (under IPM) during seven years. It is also so in No. 2 grove against citrus red mite (*Panonychus citri* MCGREGOR), another serious pest, whose number was less than the threshold giving rise to damage to production.

The number of species in predacious insects is almost the same between No. 1 grove (customarily sprayed) and No. 2 grove (under IPM) but the number of individuals was larger in No. 2 grove where the power of natural enemies was apparently stronger.

In No. 3 grove (under IMP), no spraying was made during several years before the start of our study when both of the pest and predacious natural enemies were high in population, but the number of pests became small constantly three years after the start of IPM. The number of predacious natural enemies became smaller too but was larger than in No. 2 grove, suggesting that the effect of control becomes more constant when IPM will continue for a long time.

Between No. 3 grove and the windbreak hedge consisting of a row of trees whose Japanese name is Isunoki (*Distylium racemosum* SIEB. et ZUCC.) (which surround No. 3 grove), the fauna of the predacious natural enemies is not different but common. This shows clearly that the above Isunoki trees are important for shelter and source of the natural enemies.

Key words: IPM; citrus pests; *Unaspis yanonensis*; *Panonychus citri*.

¹⁾ 本研究は、文部省科学研究費特定研究「人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究」
「生物圏の動態の基礎的研究」による研究費によっておこなわれた。

ま え が き

第二次大戦後の有機合成殺虫剤の施用は、肥培管理の技術的進歩と相まって、園芸分野でも、園の荒廃からの回復と、飛躍的増産をもたらした。しかし、その後の有機合成殺虫剤の発展と使用量の増大は、害虫防除についての困難な諸問題を惹起した。このような防除の行きづまりを打開する方策として SMITH & REYNOLDS (1966) は総合的害虫管理システム (IPM) を提唱し、害虫防除の大きな流れとなった。カンキツでも、IPM についての研究がおこなわれ、その成果の一部は CAVALLORO & DIMARTINO (1986) にまとめられている。日本でもカンキツ及び果樹の IPM について、加藤 (1985)・大竹 (1986)・古橋 (1987) 等が論じている。しかし、日本でのこの防除法の進歩は遅々としており、研究のおくれや種々の社会的事情もあって、実用化には程遠い現状である。

筆者の一人中尾は、殺虫剤の悪影響の一つ、ハダニ類の密度増大を指摘する DEBACH (1947)・GROB (1951) 等や、Nova Scotia のリンゴ園での昆虫相に対する農薬散布の影響の研究から出発し新しい防除体系をつくらうとした PICKETT *et al.* (1946-1953) に刺激され、カンキツ害虫防除の基礎として、カンキツと一つの生態系をつくっている昆虫群集の研究の必要性を痛感し、1955 年より一連の研究をおこなった。(中尾, 1962a-c, 1964a, b, 1974) カンキツ害虫の理想的防除は、園の害虫・天敵相全体を総合的に考えておこなうべきであるという考え方に基づくものである。また他の筆者野原も、カンキツ害虫防除に生物的防除を重視し、それに化学的防除を調和的に利用すべきであるとの考え方から、1961 年以来研究をおこなってきた (野原, 1970)。

それらの成果の上にたって、1966 年以来筆者等は共同して、ミカン園害虫の総合的管理システム確立のための一連の研究をおこなってきた。ミカンの重要害虫の一つミカンハダニ *Panonychus citri* MCGREGOR については、殺ダニ剤を使わずに圧力水だけで防除できる可能性のあることを NAKAO, NOHARA & ONO (1972) で報告した。また、もう一つの重要害虫ヤノネカイガラムシ *Unaspis yanonensis* KUWANA を代表とするカイガラムシ類に対しては、隔列散布による低毒・選択的殺虫剤の使用と環境改善が有効であり、これに圧力水散布を併用することで、ミカン園の総合的害虫管理が、経済的問題をふくめてほぼ所期の目的を達成することを、NAKAO, NOHARA & ONO (1974), NAKAO & NOHARA (1975) に報告した。ところで、これらの研究はすべてナツミカン *Citrus natsudaoidai* HAYATA でおこなってきたし、比較的短期間であった。日本のカンキツで最も広く栽培され生産量の多いのはウンシュウミカン *Citrus unshu* MARC. であるので、このミカンで同じ方法を実験的にさらに長期間実施し、その防除効果の検討をおこなった。また、総合的害虫管理園の環境条件の違いがその効果に与える影響等についての研究もおこなった。それらの結果についてここに報告する。

本研究をおこなうにあたっては、終始、故安松京三九州大学名誉教授の懇篤な御指導をうけた。また、鹿児島大学永富 昭名誉教授には、論文をまとめるにあたり有益な多くの助言をうけたし、萩かんきつ試験場岡 清子氏には調査に熱心な協力を頂いた。3 氏に対し、ここに衷心より感謝の意を表する。

研 究 方 法

本研究のための実験園は、No. 1 園 (慣行防除園), No. 2 園 (IPM-1 園), No. 3 園 (IPM-2 園) の 3 園で、いずれもウンシュウミカン園である。No. 1 園 (慣行防除園) ・ No. 2 園

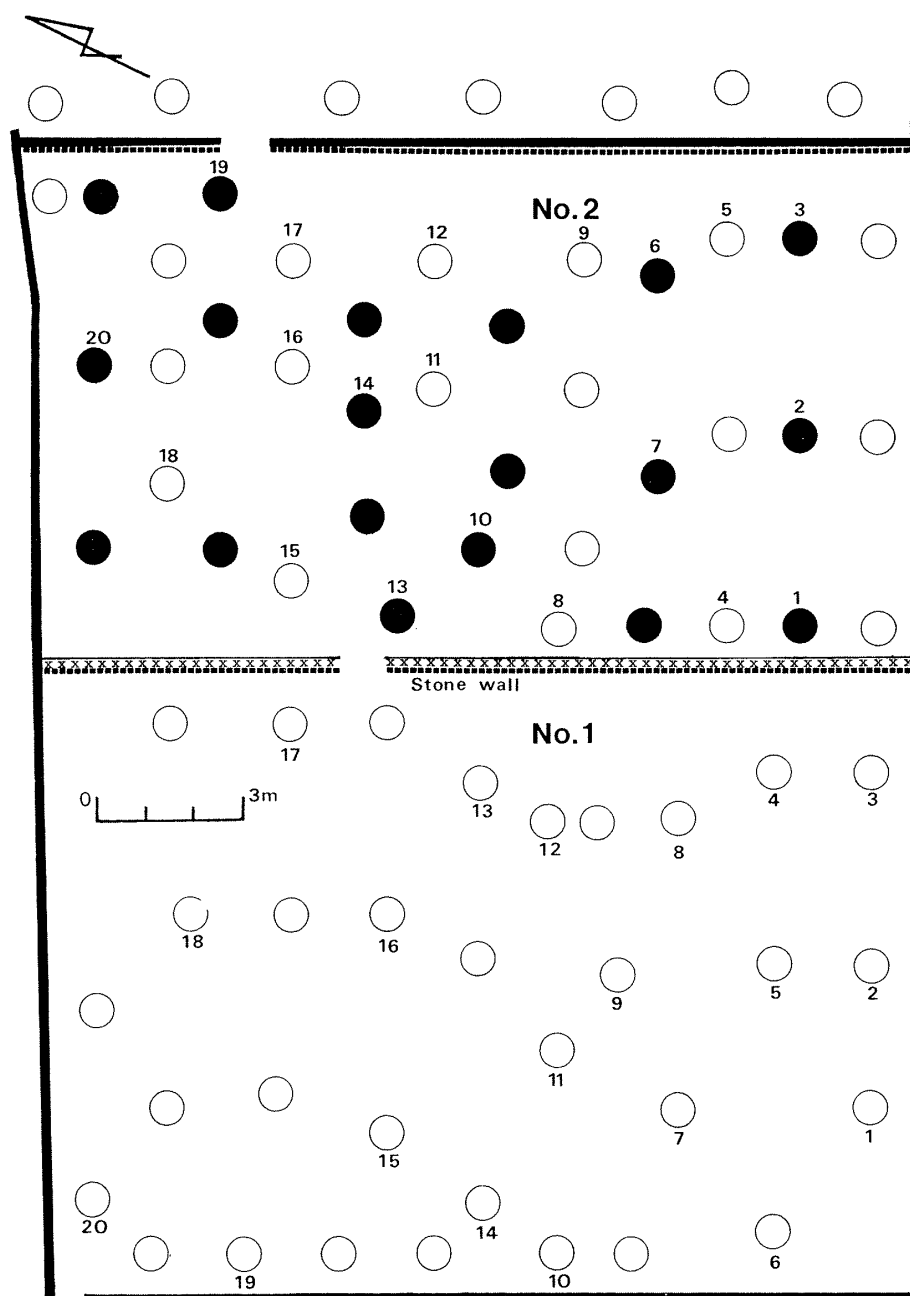


Fig. 1. Map showing the distribution of experimental trees in two Satsuma mandarin groves from April 1970 to March 1977. No. 1: Traditionally controlled grove. No. 2: IPM-1 grove. Balck line: Windbreak hedge. Crossed line: Cut-over belt of windbreak hedge at 1972.

(IPM-1 園) は、山口県萩市羽賀にあって隣接し、Fig. 1 のように各 30 本余の 23 年生普通温州園である。No. 3 園 (IPM-2 園) は、Fig. 2 のように山口県萩市大井町七重にあって、約 70 本の 30 年生普通温州園である。各園の調査樹は番号をつけたように各 20 本で、それぞれ図のような配置であった。3 園とも低い山地にあり、周囲は雑木・スギの林と共にミカン園が散在している。防風垣は、No. 1・2 園はスギ *Cryptomeria japonica* D. DON で、No. 3 園はイスノキ *Distylium racemosum* SIEB. である。No. 1・2 園の間には研究開始時ス

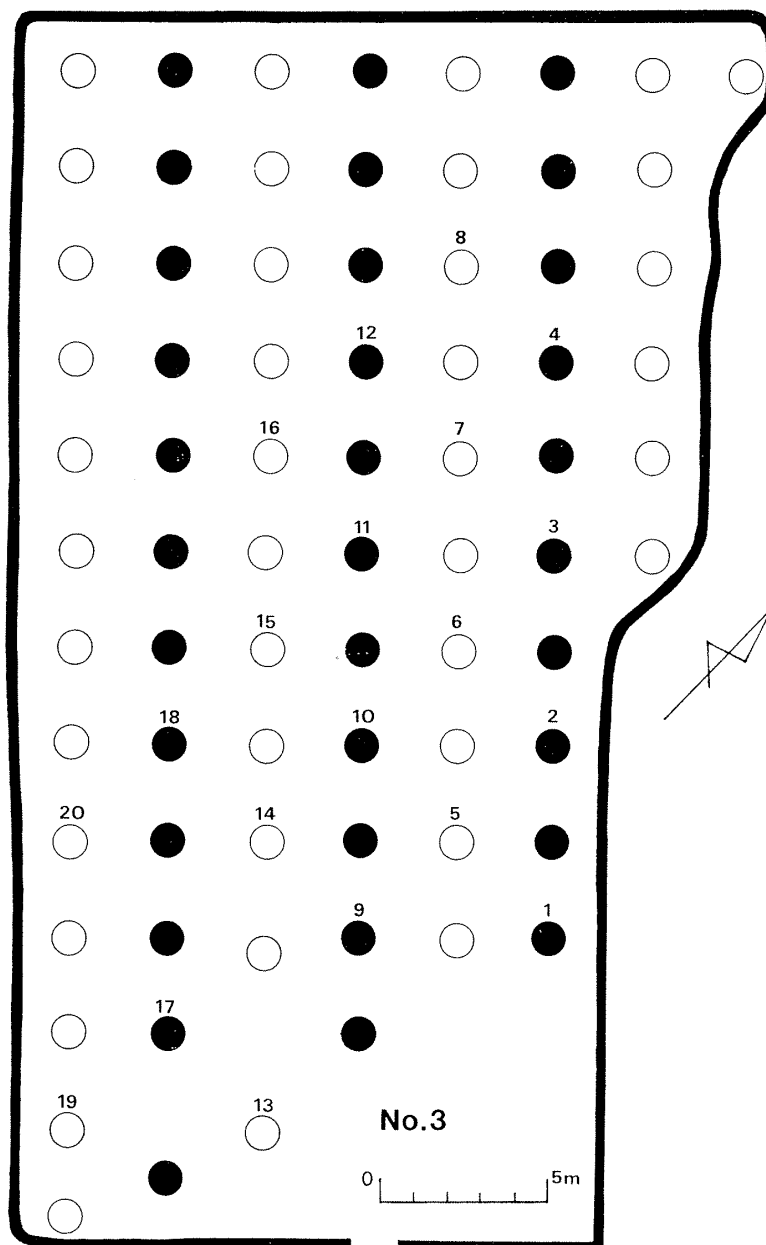


Fig. 2. Map showing the distribution of experimental trees in No. 3 (IPM-2) Satsuma mandarin grove from April 1970 to March 1973.

ギの防風垣があったが、1972年春に伐採され、両園共に明るくなった。No. 2園は研究開始まで No. 1園と同じく慣行防除をおこなっており、No. 3園は期間は不明であるが、研究開始まで相当期間無防除であった。

本研究における総合的害虫管理システムは、予備的におこなった NAKAO, NOHARA & ONO (1972, 1974), NAKAO & NOHARA (1975) の結果から Table 1 のように計画された。生息場所の環境により害虫を2グループに分け、ミカンハダニに代表される明るい環境を好む害虫に対しては、密度が上り防除が必要な時に、14気圧の圧力水を全面散布する。この散水法は、散布器のノズルをはずしコックを1/3開いた状態で散布した時の噴口の圧が14気圧であり、特別な器具を必要としない。散布回数は年によって異なるが、ほぼ年1回であった。一方ヤノネカイガラムシに代表される暗環境を好むカイガラムシ類等に対しては、冬の機械油乳剤（時には夏の機械油乳剤）、ヤノネカイガラムシの1・2化期の6・9月に DAEP 剤 (Amiphos) という低毒・選択性殺虫剤を散布した。これについて、野原 (1970) でヤノネカイガラムシに対しては殺虫効果が大きく、天敵類に対して影響の少ないことが知られている。散布にあたっては、天敵に対する影響をできるだけ少なくし、退避場所を確保するため、DeBACH & LANDI (1961), 野原 (1970) に従い隔列散布をした。その他の殺菌剤等も同じ方法によった。Fig. 1・2 の No. 2・3園の調査樹の黒丸をA樹、白丸をB樹として、交互に散布をおこなった。従って1972年のNo. 2・3園のDAEPの2回散布では、A・Bの各樹はそれぞれ1回の散布をうけたことになる。また、暗環境を好む害虫に対しては、NAKAO, NOHARA & ONO (1974) で効果が認められたように、必要に応じて整枝・剪定をおこない、環境を明るくし通風をよくした。圧力水及び殺虫・殺菌剤の散布歴は、Table 2 のようである。

調査は、No. 1園（慣行防除園）とNo. 2園（IPM-1園）で、1970年4月から1977年3月までの7年間、No. 3園（IPM-2園）では、1970年4月から1973年3月までの3年間にわたっておこなわれた。この園での調査が短かったのは、園主の都合で、この園が1973年に伐採されたためである。害虫・天敵の密度調査は、毎年10回（1・3・4・5・6・7・8・9・10・11月）、定められた各園20本の調査樹でおこなった。

Table 1. An integrated pest management (IPM) in citrus grove.

Pests	Condition of citrus grove	Method of habitat change in light condition	Physical and chemical control methods		
			Control measure	Mode of spraying	Number of spraying per year
Citrus red mite Aphids Citrus leafminer	Light		Pressed water (14 atm.)	Whole spray	2-3 times/ one tree
Arrowhead scale Cottony citrus scale Cottony cushion scale Citrus whitefly	Dark	Pruning of tree	Low toxic & selective insecticide	Strip spray	1.5 times/ one tree

Table 2. Schedule of insecticide and pressed water spraying in three citrus groves from 1970 to 1976.

Year	No. 1 Grove			No. 2 Grove			No. 3 Grove		
1970	26, Jun.	DAEP	0.1%	26, May.	DAEP	0.1% A	26, May.	DAEP	0.1% A
	30, Jul.	Streptomycin	0.1%	2, Jul.	Streptomycin	0.1% B	2, Jul.	Streptomycin	0.1% B
	3, Sep.	Chlorobenzilate	0.1%	3, Sep.	Streptomycin	0.1% B	3, Sep.	Streptomycin	0.1% B
	6, Nov.	DAEP	0.1%	6, Nov.	DAEP	0.1% A & B	6, Nov.	DAEP	0.1% A & B
	11, Dec.	CPCBS	0.1%	11, Dec.	Pressed water	3.0% A	11, Dec.	Pressed water	3.0% A
1971	11, Jun.	Petroleum oil	3.0%	11, Dec.	Petroleum oil	3.0% A	11, Dec.	Petroleum oil	3.0% A
	11, Jun.	Z-Bordeaux	0.5%	11, Jun.	Z-Bordeaux	0.5% B	11, Jun.	Z-Bordeaux	0.5% B
	25, Jul.	DAEP	0.1%	22, Jun.	DAEP	0.1% A	22, Jun.	DAEP	0.1% A
	13, Sep.	Chlorobenzilate	0.1%	16, Sep.	Z-Bordeaux	0.5% A	16, Sep.	Z-Bordeaux	0.5% A
	1, Oct.	DAEP	0.1%	10, Dec.	DAEP	0.1% A	10, Dec.	DAEP	0.1% A
1972	10, Dec.	Kelthane	0.05%		Petroleum oil	3.0% B		Petroleum oil	3.0% B
	25, Apl.	Petroleum oil	3.0%	25, Apl.	Petroleum oil	3.0% A	25, Apl.	Petroleum oil	3.0% A
	20, Jun.	Benzonate	0.15%	16, May.	Benzonate	0.15% A	16, May.	Benzonate	0.15% A
	11, Sep.	DAEP	0.1%	20, Jun.	Benzonate	0.15% B	20, Jun.	Benzonate	0.15% B
	19, Dec.	DAEP	0.1%	11, Sep.	DAEP	0.1% A	11, Sep.	DAEP	0.1% A
1973	1, May.	Petroleum oil	3.0%	19, Dec.	DAEP	0.1% B	19, Dec.	DAEP	0.1% B
	8, Jun.	Benomyl	0.1%	1, May.	Benomyl	0.1% B	1, May.	Benomyl	0.1% B
	10, Jul.	DAEP	0.1%	6, Jun.	Benomyl	0.1% A	6, Jun.	Benomyl	0.1% A
	6, Sep.	DAEP	0.1%	10, Jul.	DAEP	0.1% B	10, Jul.	DAEP	0.1% B
		Kelthane	0.05%	6, Sep.	DAEP	0.1% A	6, Sep.	DAEP	0.1% A
1974	7, Jan.	Petroleum oil	3.0%	7, Jan.	Petroleum oil	3.0% B	7, Jan.	Petroleum oil	3.0% B
	7, May.	Thiophanatemethyl	0.1%	25, Jun.	DAEP	0.1% A	25, Jun.	DAEP	0.1% A
	25, Jun.	DAEP	0.1%		Thiophanatemethyl	0.1% B		Thiophanatemethyl	0.1% B
	11, Sep.	Thiophanatemethyl	0.1%	1, Jun.	Thiophanatemethyl	0.1% B	1, Jun.	Thiophanatemethyl	0.1% B
	23, Dec.	DAEP	0.1%	20, Jul.	Pressed water	A & B	20, Jul.	Pressed water	A & B
1975	6, Jun.	Kelthane	0.05%	11, Sep.	DAEP	0.1% A	11, Sep.	DAEP	0.1% A
	27, Jun.	Petroleum oil	3.0%	23, Dec.	Kelthane	0.05% B	23, Dec.	Kelthane	0.05% B
	17, Jul.	Thiophanatemethyl	0.1%		Petroleum oil	3.0% B		Petroleum oil	3.0% B
	7, Sep.	Benzonate	0.1%	6, Jun.	Thiophanatemethyl	0.1% B	6, Jun.	Thiophanatemethyl	0.1% B
	12, Dec.	Summer petroleum oil	0.75%	21, Jun.	Thiophanatemethyl	0.1% A	21, Jun.	Thiophanatemethyl	0.1% A
1976	10, May.	Kelthane	0.05%	27, Jun.	Summer petroleum oil	0.75% B	27, Jun.	Summer petroleum oil	0.75% B
	25, Jun.	Summer petroleum oil	0.75%	17, Jul.	Pressed water	A & B	17, Jul.	Pressed water	A & B
	20, Aug.	Summer petroleum oil	0.75%	7, Sep.	Summer petroleum oil	0.75% A	7, Sep.	Summer petroleum oil	0.75% A
	1, Sep.	Petroleum oil	3.0%	12, Dec.	Petroleum oil	3.0% B	12, Dec.	Petroleum oil	3.0% B
	22, Dec.	Thiophanatemethyl	0.1%	10, May.	Thiophanatemethyl	0.1% A	10, May.	Thiophanatemethyl	0.1% A
		Benzonate	0.1%	30, May.	Thiophanatemethyl	0.1% B	30, May.	Thiophanatemethyl	0.1% B
		Summer petroleum oil	1.5%	25, Jun.	Summer petroleum oil	1.5% A	25, Jun.	Summer petroleum oil	1.5% A
		Kelthane	0.05%	20, Aug.	Pressed water	A & B	20, Aug.	Pressed water	A & B
		Summer petroleum oil	1.5%	1, Sep.	Summer petroleum oil	1.5% B	1, Sep.	Summer petroleum oil	1.5% B
		Petroleum oil	3.0%	22, Dec.	Petroleum oil	3.0% A	22, Dec.	Petroleum oil	3.0% A

Note: No. 1, No. 2 and No. 3 groves, spraying was made in alternate lines (A, B) of trees.

害虫の密度調査は、各調査樹 1 本当り 30 葉の leaf-sampling によっておこなった。30 葉は、樹冠の東西南北各部外面より 5 葉ずつ、内部より 10 葉を任意に選んだ。調査した主要害虫は 3 種で、ミカンハダニは卵と幼・成虫、ヤノネカイガラムシは孵化幼虫、雄幼虫と蛹、雌 2 齢幼虫、雌成虫。ミカンワタカイガラムシ *Pulvinaria aurantii* COCKERELL は 1・2・3 齢幼虫、雌成虫の葉上個体数を調べた。

天敵の調査は、捕食性・寄生性共に捕虫網による beating 法によった。すなわち、径 42 cm の鋼鉄製杵捕虫網で 1 ケ所を枝の下から 10 回たたき、網に入った天敵を採集した。1 本の調査樹で、4 ケ所の beating をおこなった。No. 3 園の防風垣では、任意に 40 ケ所で同様の beating をおこなった。寄生性天敵の資料は、大部分が未同定のため本論文では除外した。尚、害虫・天敵の学名・和名は、森本・斉藤・他（編）（1989）によった。

研究期間中の気象条件は、平年に比べての傾向で述べれば、1970 年春は降水量が多く、秋は気温が高かった。1971 年春は降水量が少なく、冬は暖かかった。1972 年の春から夏にかけて降水量多く、秋は逆に少なく、冬は高温多雨であった。1973 年春から夏にかけて気温が高く、夏から冬まで降水量少なく、秋は高温であった。1974 年は春に降水量少なく、夏・秋は低温・多雨であった。1975 年は降水量少なく、夏・秋は低温・多雨であった。1976 年夏は高温・少雨、秋は逆に多雨・低温、冬は気温が高かった。1977 年春は降水量が多かった。

結 果

害虫密度の変動

調査した主要 3 害虫の中で、ミカンワタカイガラムシは全般に低密度であり、問題にする必要はないと考えられるので、資料は除外し検討しなかった。ミカンハダニ、ヤノネカイガラムシの 2 種は日本のミカン害虫の中で key pests と目されるもので、その資料を示し、IPM の防除効果を検討してゆく。なお、ミカン害虫のうち、Table 1 に示したように、前者は明環境害虫を代表し、後者は暗環境害虫を代表している。

ヤノネカイガラムシの調査期間中の個体数変動は Fig. 3 のようである。密度変化が大きいので、図としては 600 葉の全個体数を対数目盛で示してある。慣行防除をしている No. 1 園では、研究開始直後の 1970 年 6 月にはやや多かったものの、その後は極めて低密度で、防除効果がよくあらわれている。IPM の No. 2・3 園では、No. 1 園より高密度で、年 2 回発生状態がよくわかるが、1 葉当りの密度に直すとそんなに多くない。No. 3 園の 1971 年の越冬雌成虫の密度がやや高いが、600 葉当りの個体数なので密度としてはそう高くない。これについては、効果検討のところで詳しくみてみたい。

No. 2 園と No. 3 園を比べると、3 年間であるが、全体的に No. 3 園の密度が高い。これは、用いた総合的害虫管理法は全く同じであるが、樹齢の違いによる園環境の相違と、研究開始前の両園の管理の違いによるものと思われる。No. 2 園は研究開始まで No. 1 園と同じく、通常の慣行防除園であったが、No. 3 園は期間は不明ながら相当長期間無防除であったので、ヤノネカイガラムシの密度は研究開始時にみられるようにもともと No. 2

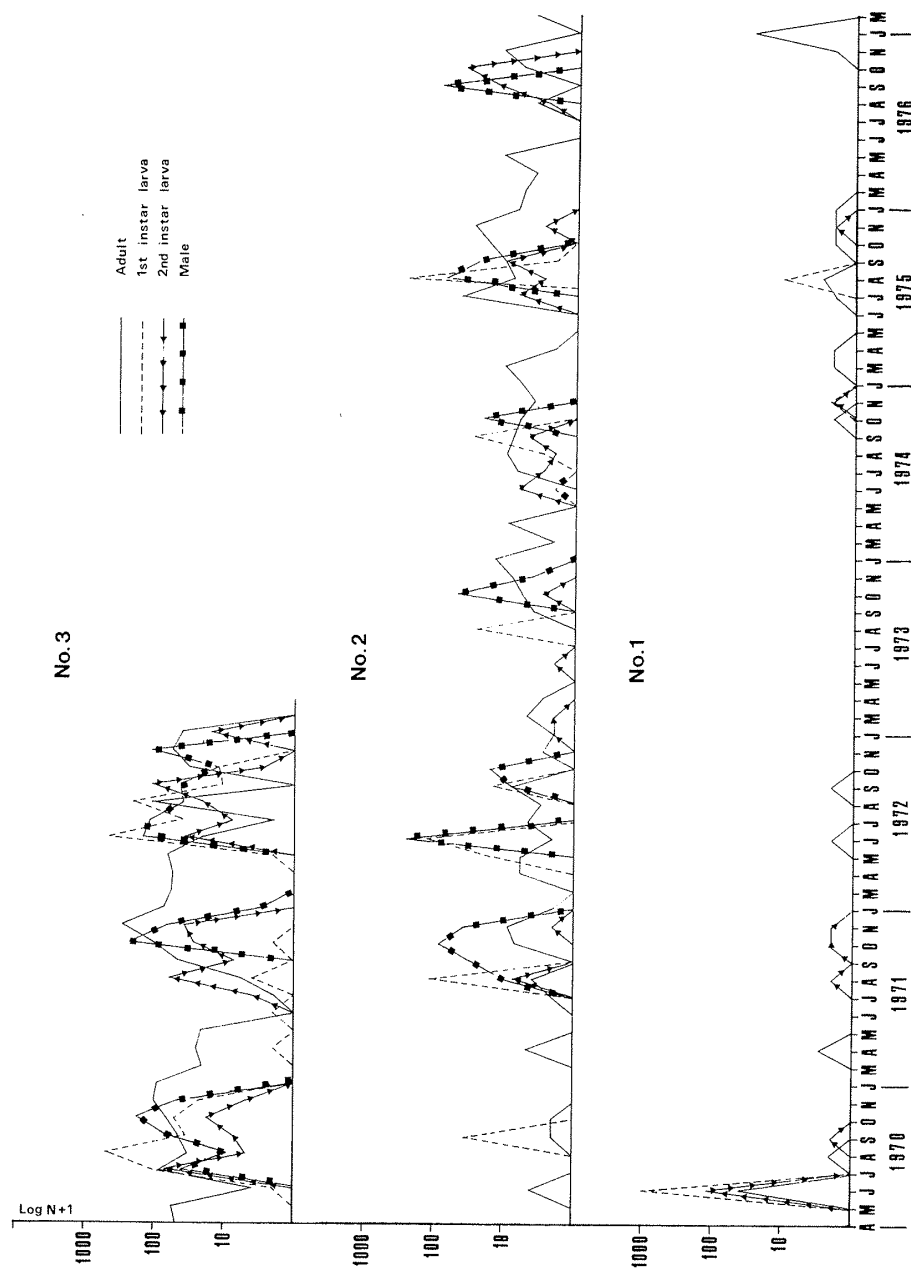


Fig. 3. Seasonal fluctuation of the number (N) of *Unaspis yanonensis* in the three Satsuma mandarin groves from April 1970 to March 1977.

園に比べ高かった。さらに樹齢は、No. 2 園が No. 1 園と同じく 23 年生で比較的明るい環境であったのに対し、No. 3 園は 30 年生で樹高も相当高く、こみ合って暗い環境であった。この No. 3 園の環境はヤノネカイガラムシの好む生息環境である。

ミカンハダニの調査期間中の個体数変動は Fig. 4 のようである。全体的にみて、No. 1 園より No. 2・3 園の個体数が多い。特に 1970 年秋より 1971 年春にかけては、差が大きい。また、発生の大きかった 1971 年秋から 1972 年春にかけては、No. 2・3 園に特に大きな発生がみられた。反対に、1973 年夏に乾燥のためか No. 1 園にやや大きな発生がみられたが、No. 2 園では大きな発生がなかったことが注目される。1973 年以後、園主の都合で No. 3 園は伐採されたので調査も中止した。その後は No. 1 園と No. 2 園では、若干 No. 2 園の密度が高い時期もみられたが、ほとんど差は無いようである。これは、1974-1976 年の密度上昇の夏に圧力水を散布したのが、効果を上げているとみられる。

捕食性天敵相とその密度の変動

No. 1 園と No. 2 園の捕食性天敵相は Table 3 のようで、種名と調査期間を通じての総個体数で示してある。種数は慣行防除の No. 1 園の 49 種に対し、IPM の No. 2 園は 53 種とほぼ同じであるが、総個体数では No. 1 園の 442 に対し、No. 2 園は 617 と IPM 園の方が多い。

個体数の多いのは、ヤノネカイガラムシの捕食性天敵、キアシクロヒメテントウ *Stethorus japonicus* H. KAMIYA・ハレヤヒメテントウ *Pseudoscymnus hareja* (WEISE)・コクロヒメテントウ *Scymnus posticalis* SICARD・キイロマルケシハネカクシ *Leucocraspedum pallidum* CAMERON と、ミカンハダニの捕食性天敵、チャバネヒメカゲロウ *Eumicromus numerosus* (NAVAS)・キアシクロヒメテントウ・コクロヒメテントウ・キイロマルケシハネカクシである。いずれも No. 1 園より No. 2 園の方が個体数が多かった。特に重要捕食性天敵のキアシクロヒメテントウが、No. 1 園に比べ No. 2 園の個体数が 3 倍位多かったのが注目される。ただ、チャバネヒメカゲロウは No. 2 園より No. 1 園の個体数が多かった。

同じ IPM 園である No. 2・3 園及び No. 3 園防風垣の天敵相は、Table 4 に示した。種数はやはりほとんど差はないが、個体数では No. 2 園に比べ No. 3 園の方が非常に多かった。特にヤノネカイガラムシの天敵であるキアシクロヒメテントウ・ハレヤヒメテントウ・コクロヒメテントウ・クロテントウ *Telsimia nigra* (WEISE)・ヒメアカホシテントウ *Chilocorus kuwanae* SILVESTRI が No. 3 園に多かった。これは、Fig. 3 のように No. 3 園でヤノネカイガラムシの密度が高かったことが原因であろう。両害虫共通の天敵を除いて、ミカンハダニだけの天敵は、チャバネヒメカゲロウ・ハダニカブリハネカクシ *Oligota yasumatsui* KISTNER・ヒメハダニカブリケシハネカクシ *Oligota kashimerica benefica* NAOMI 共に、ミカンハダニの密度が No. 3 園よりやや低いにもかかわらず No. 2 園の方がやや多かった。共通の天敵キアシクロヒメテントウ・コクロヒメテントウも No. 2 園では多い天敵であった。

次に Table 4 で、No. 3 園とその周囲の防風垣との天敵相を比較すると、種数は No. 3 園

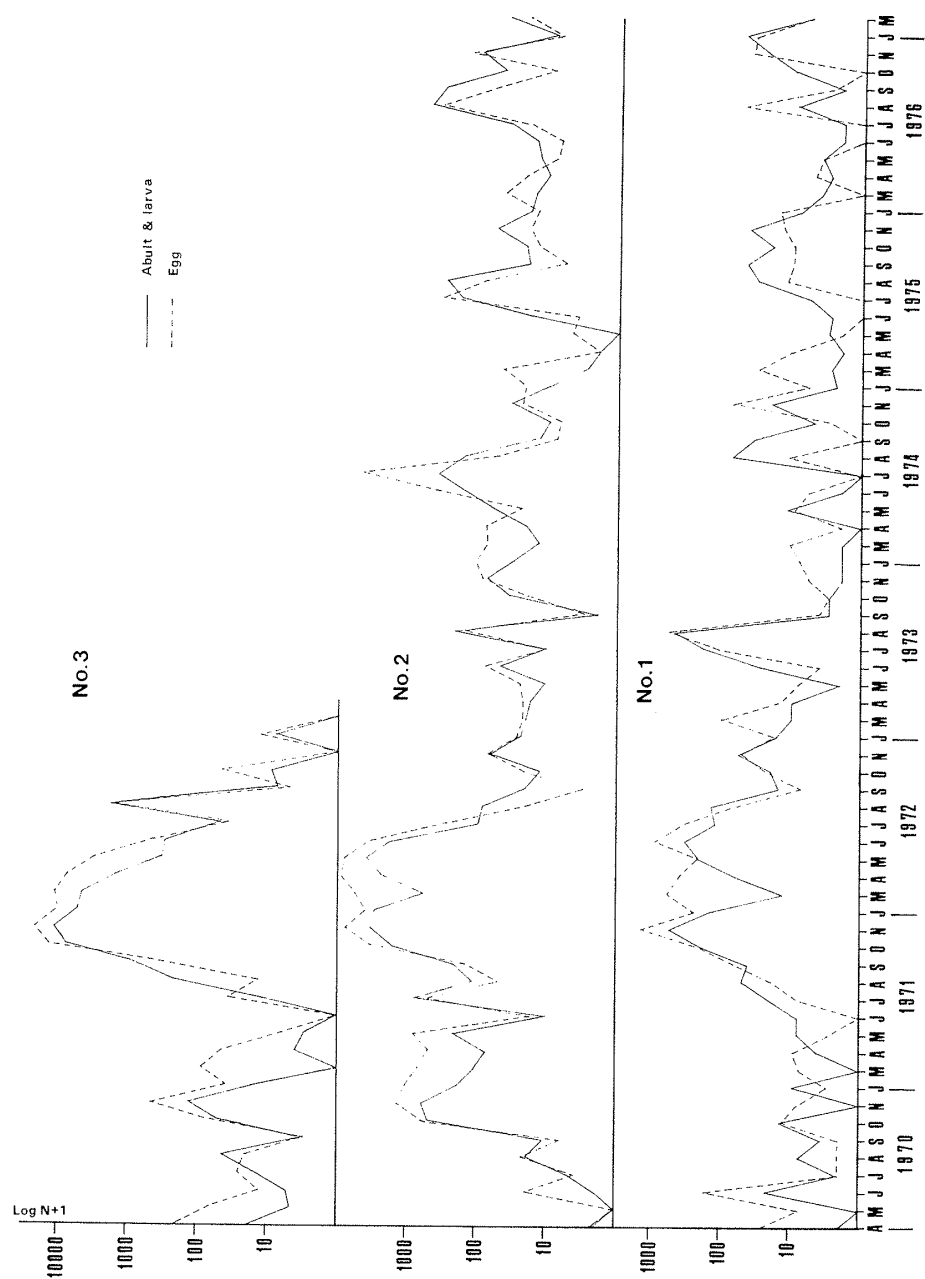


Fig. 4. Seasonal fluctuation of the number (N) of *Panonychus citri* in the three Satsuma mandarin groves from April 1970 to March 1977.

Table 3. Total number of predators collected in traditionally controlled and IPM citrus groves.
Data based on 70 samples taken during 1970–1977.

Predators (Family and species name)		No. 1 (Traditionally controlled grove)	No. 2 (IPM-1 grove)
Chorisonneuridae	ヒメクロゴキブリ科		
<i>Chorisonneura nigra</i>	ヒメクロゴキブリ	39	74
Blattellidae	チャバネゴキブリ科		
<i>Blattella nipponica</i>	モリチャバネゴキブリ	34	47
Anthocoridae	ハナカメムシ科		
<i>Amphiareus obscuriceps</i>	ヤサハナカメムシ	9	22
<i>A. morimotoi</i>	モリモトヤサハナカメムシ	3	2
<i>Cardiastethus pygmaeus pygmaeus</i>	ケシハナカメムシ	3	0
Reduviidae	サシガメ科		
<i>Empicoris rubromaculatus</i>	マダラカモドキサシガメ	0	2
<i>Sphedanolestes impressicollis</i>	シマサシガメ	2	5
<i>Velinus nodipes</i>	ヤニサシガメ	2	2
<i>Cydnocoris russatus</i>	アカサシガメ	1	1
Berytidae	イトカメムシ科		
<i>Yemma exilis</i>	イトカメムシ	3	2
Osmyliidae	ヒロバカゲロウ科		
<i>Spilosmylus tuberculatus</i>	ヤマトヒロバカゲロウ	1	0
Hemerobiidae	ヒメカゲロウ科		
<i>Micromus multipunctatus</i>	ホソバヒメカゲロウ	10	20
<i>Eumicromus numerosus</i>	チャバネヒメカゲロウ	106	75
<i>Spilomicromus maculatipes</i>	アシマダラヒメカゲロウ	0	1
<i>Notiobiella subolivacea</i>	ミドリヒメカゲロウ	2	4
Chrysopidae	クサカゲロウ科		
<i>Chrysopa septempunctata</i>	ヨツボシクサカゲロウ	4	0
<i>Mallada cagnatella</i>	ヒメヨツボシクサカゲロウ	36	40
<i>Semachrysa matsumurae</i>	マツムラクサカゲロウ	1	4
<i>Nacaura matsumurae</i>	アミメカゲロウ	5	4
<i>Italo-chrysa japonica</i>	セアカクサカゲロウ	1	0
Carabidae	オサムシ科		
<i>Synuchus yasumatsui</i>	ヤスマツツヤヒラタゴミムシ	0	1
<i>Lebia retrofasciata</i>	ジュウジアトキリゴミムシ	0	2
<i>Lebidia octoguttata</i>	ヤホシゴミムシ	1	0
<i>Parena nigrolineata nipponensis</i>	クロヘリアトキリゴミムシ	1	0
<i>P. latecincta</i>	アオヘリアトキリゴミムシ	0	1
Cantharidae	ジョウカイボン科		
<i>Athemus suturellus suturellus</i>	ジョウカイボン	0	2
<i>A. vitellinus</i>	セボシジョウカイ	30	19
<i>A. aegrota</i>	クロホソジョウカイ	2	4
<i>Prothemus cinsianus</i>	マルムネジョウカイ	0	1
Melyridae	ジョウカイモドキ科		
<i>Laius histrio</i>	ヒロオビジョウカイモドキ	0	9
Anthicidae	アリモドキ科		
<i>Formicomus braminus candens</i>	ホソクビアリモドキ	1	10
<i>Pseudoleptaleus trigibber</i>	ミツヒダアリモドキ	8	8
<i>P. valgipes</i>	ヨツボシホソアリモドキ	2	1

Table 3. (continued)

Predators (Family and species name)		No. 1 (Traditionally controlled grove)	No. 2 (IPM-1 grove)
Coccinellidae	テントウムシ科		
* <i>Stethorus japonicus</i>	キアシクロヒメテントウ	42	129
* <i>Pseudoscymnus hareya</i>	ハレヤヒメテントウ	2	10
<i>P. sylvaticus</i>	クビアカヒメテントウ	1	1
<i>P. pilicrepus</i>	オオヒメテントウ	0	1
<i>Scymnus dorcatomoides</i>	ツマアカヒメテントウ	0	1
<i>S. rectus</i>	オオタツマアカヒメテントウ	0	1
<i>S. kawamurai</i>	カワムラヒメテントウ	3	2
* <i>S. posticalis</i>	コクロヒメテントウ	16	14
<i>Hyperaspis japonica</i>	フタホシテントウ	3	2
<i>Amida tricolor</i>	アミダテントウ	23	11
* <i>Telsimia nigra</i>	クロテントウ	6	5
<i>Phymatosternus lewisii</i>	ヨツボシテントウ	3	2
* <i>Chilocorus kuwanae</i>	ヒメアカホシテントウ	1	9
<i>Rodolia limbata</i>	ベニヘリテントウ	4	1
<i>R. rufocincta</i>	アカヘリテントウ	2	0
<i>R. cardinalis</i>	ベダリアテントウ	1	3
<i>Coccinella septempunctata</i>	ナナホシテントウ	1	0
<i>Propylea japonica</i>	ヒメカメノコテントウ	1	3
<i>Harmonia axyrides</i>	ナミテントウ	5	5
<i>Illeis koebelei koebelei</i>	キイロテントウ	1	4
Staphylinidae	ハネカクシ科		
<i>Anotylus</i> sp.		3	0
* <i>Leucocraspedum pallidum</i>	キイロマルケンハネカクシ	5	15
* <i>Oligota yasumatsui</i>	ハダニカブリケンハネカクシ	0	8
* <i>O. kashmirica benefica</i>	ヒメハダニカブリケンハネカクシ	0	5
<i>Atheta transfuga</i>	キバネチビハネカクシ	5	6
<i>Aleochara</i> sp.		0	9
Vespidae	スズメバチ科		
<i>Polistes jadwigae jadwigae</i>	セグロアシナガバチ	1	0
<i>P. snelleni</i>	コアシナガバチ	0	5
<i>P. mandarinus</i>	キボシアシナガバチ	2	1
<i>Parappolybia varia</i>	トウヨウホソアシナガバチ	0	1
Asilidae	ムシヒキアブ科		
<i>Neoitamus angusticornis</i>	マガリケムシヒキ	1	0
Number of species		49	53
Number of individuals		442	617

* Effective predator of *Unaspis yanonensis*.* Effective predator of *Panonychus citri*.

の 37 種に比べ、防風垣は 21 種とかなり少ない。また個体数でも、No. 3 園 425 に対し 112 と防風垣の方が 1/4 近く少ない。これは、防風垣がイスノキが 1 列に並んだという環境の違いと、害虫相・害虫密度の違いによるものと思われる。また、調査個所が No. 3 園 80 ケ

Table 4. Total number of predators collected in two IPM citrus groves and windbreak hedge.
Data based on 30 samples taken during 1970–1973.

Predators (Family and species name)		No. 2 (IMP-1 grove)	No. 3 (IPM-2 grove)	Windbreak hedge of No. 3 grove
Chorisonneuridae	ヒメクロゴキブリ科			
<i>Chorisonneura nigra</i>	ヒメクロゴキブリ	27	34	5
Blattellidae	チャバネゴキブリ科			
<i>Blattella nipponica</i>	モリチャバネゴキブリ	24	33	4
Anthocoridae	ハナカメムシ科			
<i>Amphiareus obscuriceps</i>	ヤサハナカメムシ	4	0	0
<i>A. morimotoi</i>	モリモトヤサハナカメムシ	2	0	0
<i>Cardiastethus pygmaeus pygmaeus</i>	ケシハナカメムシ	0	1	1
Reduviidae	サシガメ科			
<i>Empicoris rubromaculatus</i>	マダラカモドキサシガメ	0	1	0
<i>Sphedanolestes impressicollis</i>	シマサシガメ	2	1	1
<i>Velinus nodipes</i>	ヤニサシガメ	1	0	0
Berytidae	イトカメムシ科			
<i>Yemma exilis</i>	イトカメムシ	0	13	2
Hemerobiidae	ヒメカゲロウ科			
<i>Micromus multipunctatus</i>	ホソバヒメカゲロウ	11	6	0
* <i>Eumicromus numerosus</i>	チャバネヒメカゲロウ	40	24	7
<i>Spilomicromus maculatipes</i>	アシマダラヒメカゲロウ	1	0	1
<i>Notiobiella subolivacea</i>	ミドリヒメカゲロウ	3	3	0
Chrysopidae	クサカゲロウ科			
<i>Chrysopa septempunctata</i>	ヨツボシクサカゲロウ	0	4	3
<i>Mallada cagnatella</i>	ヒメヨツボシクサカゲロウ	16	36	2
<i>Nacaura matsumurae</i>	アミメクサカゲロウ	0	1	0
Carabidae	オサムシ科			
<i>Euplynes batesi</i>	ベーツヒラタゴミムシ	0	1	0
Cantharidae	ジョウカイボン科			
<i>Podabrus malthinoides</i>	クロヒメクビボンジョウカイ	0	1	0
<i>Athemus suturellus suturellus</i>	ジョウカイボン	1	0	0
<i>A. vitellinus</i>	セボンジョウカイ	7	0	1
<i>A. aegrota</i>	クロボンジョウカイ	1	0	0
Melyridae	ジョウカイモドキ科			
<i>Laius histrio</i>	ヒロオビジョウカイモドキ	9	3	0
Anthicidae	アリモドキ科			
<i>Formicomus braminus candens</i>	ホソクビアリモドキ	0	8	0
<i>Pseudoeptaleus trigibber</i>	ミツヒダアリモドキ	7	19	4
<i>P. valgipes</i>	ヨツボシアリモドキ	0	6	1
Cybocephalidae	タマキスイ科			
* <i>Cybocephalus nipponicus</i>	キムネタマキスイ	0	3	6
Coccinellidae	テントウムシ科			
* <i>Stethorus japonicus</i>	キアシクロヒメテントウ	30	58	3
* <i>Pseudoscymnus hareja</i>	ハレヤヒメテントウ	4	38	27
<i>P. sylvaticus</i>	クビアカヒメテントウ	1	1	0
<i>P. nakanei</i>	ナカネヒメテントウ	0	1	0

Table 4. (continued)

Predators (Family and species name)		No. 2 (IMP-1 grove)	No. 3 (IPM-2 grove)	Windbreak hedge of No. 3 grove
Coccinellidae				
	テントウムシ科			
<i>Nephus phosphorus</i>	アトホシヒメテントウ	0	16	3
<i>Scymnus rectus</i>	オオタツマアカヒメテントウ	1	0	0
<i>S. kawamurai</i>	カワムラヒメテントウ	2	2	0
* <i>S. posticalis</i>	コクロヒメテントウ	10	52	27
<i>S. yamato</i>	ヤマトヒメテントウ	0	1	0
<i>Hyperaspis japonica</i>	フタホシテントウ	1	1	2
<i>Amida tricolor</i>	アミダテントウ	4	0	0
* <i>Telsimia nigra</i>	クロテントウ	1	14	9
<i>Phymatosternus lewisii</i>	ヨツボシテントウ	2	0	0
* <i>Chilocorus kuwanae</i>	ヒメアカホシテントウ	1	19	2
<i>Rodolia limbata</i>	ベニヘリテントウ	1	0	0
<i>R. cardinalis</i>	ベダリアテントウ	3	3	0
<i>Propylea japonica</i>	ヒメカメノコテントウ	1	4	0
<i>Calvia mui</i>	ムーアシロホシテントウ	0	1	0
<i>Harmonia axyridis</i>	ナミテントウ	4	7	0
Staphylinidae				
	ハネカクシ科			
<i>Leucocraspedum pallidum</i>	キイロマルケシハネカクシ	6	0	0
* <i>Oligata yasumatsui</i>	ハダニカブリケシハネカクシ	3	1	0
* <i>O. kashmirica benefica</i>	ヒメハダニカブリケシハネカクシ	2	0	0
<i>Atheta transfuga</i>	キバネチビハネカクシ	0	2	0
Vespidae				
	スズメバチ科			
<i>Polistes snelleni</i>	コアシナガバチ	5	0	0
<i>P. mandarinus</i>	キボシアシナガバチ	0	6	0
<i>Parapolybia varia</i>	トウヨウホソアシナガバチ	1	0	0
Number of species		36	37	20
Number of individuals		239	425	111

* Effective predator of *Unaspis yanonensis*.* Effective predator of *Panonychus citri*.

所に対し 40 ケ所と、半分であることを考慮に入れても少ないのはそこに原因があるであろう。しかし、No. 3 園に密度の高い重要天敵、チャバネヒメカゲロウ・ヒメヨツボシクサカゲロウ *Mallada cognatella* (OKAMOTO)・キアシクロヒメテントウ・ハレヤヒメテントウ・コクロヒメテントウ・クロテントウ・ヒメアカホシテントウが、防風垣でも密度が高いことは注目される。また、天敵相をみても、ほとんどの種が共通であった。防風垣の IPM 体系における意義は、本来の防風の目的の他に、天敵類の退避場所・天敵温存場所としての働きが大きいと考えられ、この Table 5 はこれを実証しているものと思われる。

考 察

ヤノネカイガラムシへの防除効果

Fig. 3 で No. 1 園と No. 2 園の個体数変動を比較してみると, No. 2 園で初年度少ないのは, それまでの殺虫剤の防除効果が残っていたためと思われ, 差は小さい. 2 年度以降は, 防除効果は No. 1 園に比べて劣り, No. 2 園の方が密度が高く経過する. No. 3 園は, それまでの無防除の影響のためか, No. 2 園より更に密度が高い. しかし, 3 年目は前の 2 年より低密度になっている.

Table 5 でヤノネカイガラムシの 300 葉当り雌成虫個体数の年次変化をみってみる. これを 1 葉当りに換算すると, No. 1 園で平均値最高 0.013 頭, No. 2 園で 0.034 頭, No. 3 園で 0.228 頭となる. ヤノネカイガラムシの要防除密度については, いろいろの考え方があり, 被害許容水準の設定の仕方によって大きく変わってくる. 宮原・山田 (1969) は 1 世代 2 回防除の場合, 越冬雌成虫 0.15/葉で完全な防除が期待できるとしている. 勿論, 本

Table 5. Year fluctuation in the number of *Panonychus citri* and *Unaspis yanonensis* per 300 leaves in three citrus groves from April 1970 to March 1976.

Year		No. 1 Grove			No. 2 Grove			No. 3 Grove		
		<i>Unaspis</i> <i>Panonychus citri</i> <i>yanonensis</i>			<i>Unaspis</i> <i>Panonychus citri</i> <i>yanonensis</i>			<i>Unaspis</i> <i>Panonychus citri</i> <i>yanonensis</i>		
		Egg	L + A	Adult	Egg	L + A	Adult	Egg	L + A	Adult
1970	Max.	148	21	39	1338	497	3	405	130	100
	Min.	1	0	0	0	0	0	2	0	3
	Ave.	20.6	5.5	4.0	369.1	141.7	0.5	94.0	27.2	52.8
1971	Max.	1530	553	2	7603	3248	8	21437	11312	293
	Min.	553	0	0	16	9	0	0	0	0
	Ave.	106.3	106.0	0.3	2272.7	969.0	0.5	5675.5	2672.3	68.5
1972	Max.	889	336	1	8856	3885	7	7551	1688	149
	Min.	6	14	0	16	12	0	0	0	0
	Ave.	210.6	100.3	0.2	1940.5	884.7	3.1	1292.1	379.7	41.7
1973	Max.	581	517	0	149	211	14	—	—	—
	Min.	2	1	0	2	1	0	—	—	—
	Ave.	74.0	76.0	—	58.6	45.7	3.0	—	—	—
1974	Max.	71	74	1	1457	376	10	—	—	—
	Min.	0	0	0	6	2	0	—	—	—
	Ave.	14.7	13.4	0.2	207.7	84.0	4.4	—	—	—
1975	Max.	13	48	2	340	301	28	—	—	—
	Min.	0	1	0	1	0	0	—	—	—
	Ave.	6.8	17.0	0.7	52.8	64.1	10.1	—	—	—
1976	Max.	43	50	29	335	519	11	—	—	—
	Min.	0	1	0	5	7	0	—	—	—
	Ave.	14.0	10.4	3.0	62.3	114.5	3.6	—	—	—

Note: L + A = Larva & Adult.

研究とは防除法が異なり、越冬雌成虫密度だけでもないが、便宜上これで防除効果をみてみると、No. 1 園はこれよりはるかに低密度であり、No. 2 園も最高密度でこれより低く、7 年間でみると、この防除法は一応成功したとみることができる。

問題は No. 3 である。この研究開始前に無防除で経過してきていることと、枝が繁って園内が暗いという園の環境は、ヤノネカイガラムシの生息環境として適していることもあり、この害虫の密度はもともと高かった。そのため、この防除法を実施しても、一年目は 0.176/葉、2 年目で 0.228/葉という雌成虫密度（年平均）で、No. 2 園のような効果は上っていない。しかし、隔列散布で 1 本当りの殺虫剤散布回数が少ないにもかかわらず、宮原・山田 (1969) の基準をわずかに越す程度の密度であった。また、3 年目は整枝・剪定の実施もあり、防除効果が加算されたためか、0.139/葉に低下している。更に長期にわたってこの防除法を実施すれば、殺虫剤と天敵の効果により No. 2 園の密度に近づくことが期待できる。残念ながらこの園での研究は 3 年で中断せざるを得なかったが、このような条件の園でのこの防除法の適用にとって明るい材料であろう。勿論、これは年間平均密度での資料で、No. 3 園の最高密度では、2 年目の 0.977/葉とはるかに基準を越えている。ちなみに、No. 1 園は最高密度でも 0.13/葉、No. 2 園で 0.093/葉と低かった。

ミカンハダニへの防除効果

Fig. 4 で調査期間中のミカンハダニの個体数変動をみると、No. 1 園に比べ No. 2・3 園では全体的に密度が高い。特に最初の 2 年間で高い。これは圧力水が 1970 年 11 月に 1 回だけしか散布されなかったことが原因であろう。また、ミカンハダニにも若干効果がある機械油乳剤が年 1 回、それも隔列散布であったため、効果の発揮がおくれたためであろう。しかし、3 年目からは徐々に効果が出てきて密度が低くなっている。No. 3 園は 1 回だけだが、No. 2 園はその後、圧力水の毎年散布、機械油乳剤の年 2・3 回散布もあって低密度となった。更に、これは後で詳しく述べるが、この防除法のねらいの一つである天敵数の増加も力をかしているものと思われる。

ミカンハダニの要防除密度についても、いろいろの人の研究があるが、その考え方や被害許容水準の設定の仕方によっても変わってくる。田中・井上・山本 (1969) は雌成虫 0.6/葉としている。また同じく田中 (1969) は同研究の総括の中で、防除効果の上の限界として雌成虫 1/葉の密度を実用的目安として示している。これで No. 1 園での防除効果を Table 5 により一葉当りに換算して検討してみると、当然のことながら、平均密度でみて限界よりはるかに低密度である。1971 年の最高でも 1.84/葉であり、この数値が幼・成虫合計値であることから、当然のことながら防除は極めて効果的であったことがわかる。IPM の No. 2 園でも、平均値では 1971 年が最も密度が高く 3.23/葉であるが、幼・成虫合算であることからみて、限界以下であったと思われる。ただ、1972 年の最高密度のように 12.95/葉のような数値もみられるが、この時期はミカンハダニの増殖期で、年齢組成は正確にはわからないが、幼虫の比率が極めて高いことが想像されるので、恐らく雌成虫は限界以下の密度だったと考えられる。中尾 (1964a) の高密度期の幼虫と成虫の比率はほぼ 10:1 であり、雌成虫ということと更に比率は低くなる。

No. 3 園も平均では最高 8.91/葉であり、限界以下だったと考えられる。ただ、1971 年に最高値が 37.71/葉であり、この時は限界値を越えていたであろう。しかし、次の年は最高・平均値共に限界値以下であった。なお、No. 2 園で 1973・1974 年に各 1 回、殺ダニ剤のケルセンが散布されている。これは、ヤノネカイガラムシのための DAEP との混合散布であったため、やむを得ずこのようになった。勿論、隔列散布である。

このように、この防除法でミカンハダニに対しておおむね効果を上げたことは、圧力水、機械油乳剤、天敵の働きの総合効果によるものと思われる。降雨による発生への抑圧効果については田中 (1957) も言及しているが、古くから多くの報告があり明らかなである。これに基づき、田中・井上 (1970) は、人工降雨装置を使い実験的に確かめている。雨単独より風をともなった降雨がダニの発生をより強く抑えるという結果がでている。本研究の圧力水を使う発想もこれからでている。雨の効果については、古橋・西野 (1979) の研究では否定的結論がでている。しかし、一方スプリンクラーによる散水でハダニ類の密度が低下することが、HUDSON & BEIRNE (1970), HUDSON (1971), KINN, JOOS & DOUTT (1972) 等の報告で明らかになっている。特にミカンハダニのように主として葉表面で生活する種で効果が大きかった。勿論、古橋・西野 (1979) の言うように葉裏に移動して被害を避ける行動もあるかもしれないが、NAKAO, NOHARA & ONO (1972) で実証されたように一定の効果はあるものと思われる。圧力水の作用は、葉上から流し落とすという直接的作用の他に、PUTMAN (1970) の言うように高湿度の影響という間接的作用もあるものと思われる。また、圧力水はミカンハダニだけでなく、BEIRNE (1970) がまとめているように、アブラムシ類など他の明環境を好む害虫にも一定の効果があるものと思われる。

捕食性天敵の役割

ヤノネカイガラムシに対しては低毒性殺虫剤の隔列散布という、天敵に影響の少ない調和的防除。ミカンハダニに対しては圧力水散布という、全く殺ダニ剤を使わない防除をおこなった。その結果、両重要害虫をほぼ要防除密度以下におさえることができた。これは、その防除の足りないところを、捕食性天敵の抑止力により補ったものと思われる。Table 3 をみても、慣行防除の No. 1 園に比べて、IPM の No. 2 園の方が種数はほとんど変わらないが、個体数では 442 個体に対し 617 個体と 1.4 倍多かった。NAKAO, NOHARA & ONO (1972) で、無防除のナツミカン園の捕食性天敵個体数が、慣行防除園の 3.6 倍だったのに比べると少ないが、この No. 2 園が研究を始めるまでは慣行防除をしており、この研究中也殺菌・殺虫剤は隔列ながら散布しているので、これ位の違いは当然であろう。

更に、IPM の 2 園を比較すると、樹齢も多く、無防除状態が長く続き、研究中也 2 重要害虫の密度のやや高かった No. 3 園が、慣行防除を研究開始までおこなっていた No. 2 園に比べて 1.8 倍多いことも当然であろう。これは、この方法を続ければ、No. 2 園でも捕食性天敵の密度が次第に上ってくる可能性を示しており、更に効果的であろう。

No. 2 園と No. 3 園の捕食性天敵種数と個体数の、3 年間の変化をみたのが Fig. 5 である。種数と個体数の変化は、同じ園ではほぼ同じであるが、両園ではやや異なっている。これは、ヤノネカイガラムシとミカンハダニの両園での密度変化の違いを反映している。

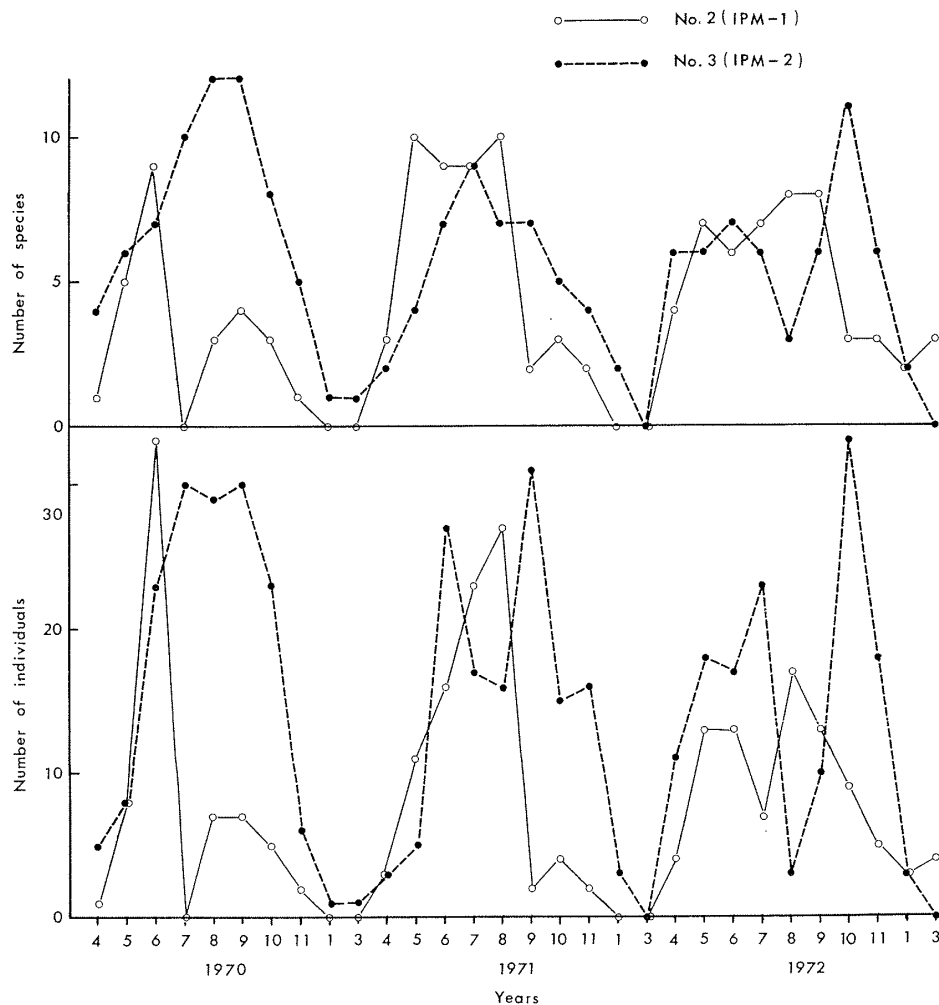


Fig. 5. Seasonal fluctuation of the population in predators of No. 2 and No. 3 groves during 1970-1973.

次に No. 1 園と No. 2 園の種数・個体数の、7 年間の年次変化をみたのが Fig. 6 である。研究開始まで慣行防除園であった両園は、研究開始の 1970 年は種数・個体数共にほぼ同じであったが、その後はいずれも IPM の No. 2 園の方が多く、特に 1974 年以後は差が大きくなっている。これは、さきにも言及したように、この防除法を続ければ、天敵相が豊富になり、害虫への効果のところで述べたように害虫密度も低く安定してくる。これは、捕食性天敵がこの防除の中で温存され、一定の効果を発揮していることを示している。

害虫と捕食性天敵の個体数変動の関連を、No. 3 園でヤノネカイガラムシ雌成虫とその捕食性天敵の調査回毎の個体数で図示したのが Fig. 7 である。ここでの捕食性天敵は Table 4 に示したように、キムネタマキスイ *Cybocephalus nipponicus* ENDRODY-YOUNGA・キアシクロヒメテントウ・ハレヤヒメテントウ・コクロヒメテントウ・クロテントウ・ヒメアカホシテントウである。

この図をみて直ぐ目につくのは、ヤノネカイガラムシ成虫密度が最高になる前に、捕食

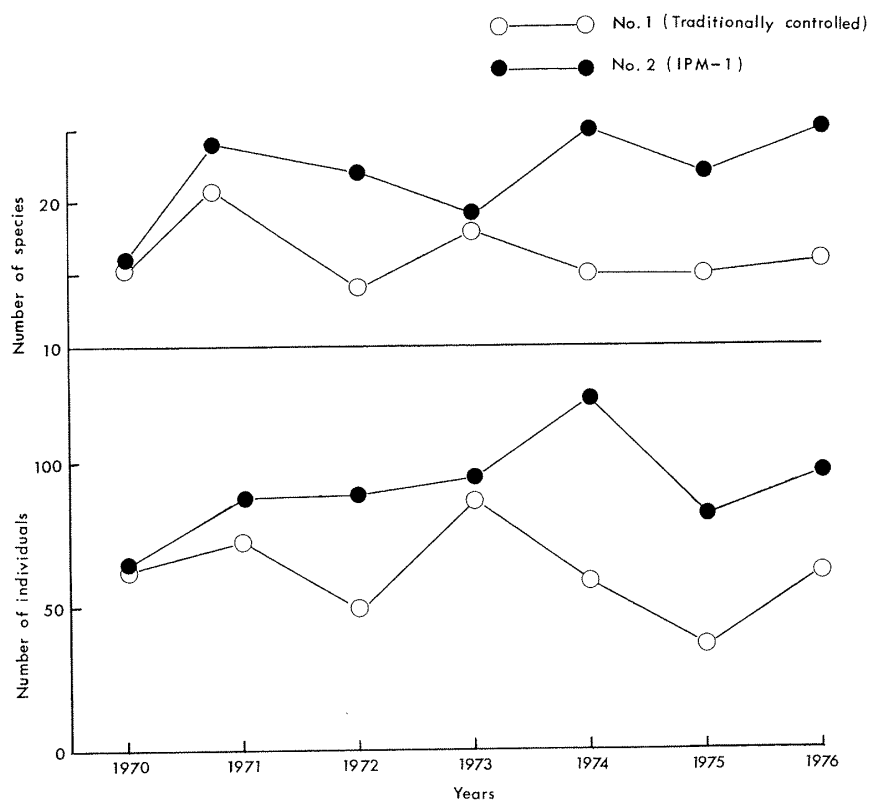


Fig. 6. Change of predator species and individuals in No. 1 and No. 2 groves during the 7 years.

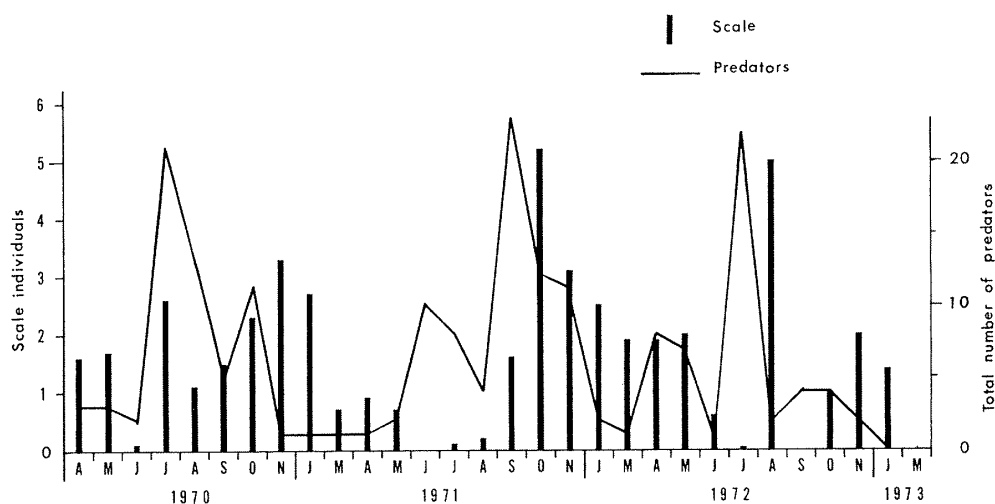


Fig. 7. Monthly fluctuation of numbers in *Unaspis yanonensis* adlut per ten leaves and their predators from 1970 to 1973 at No. 3 grove.

性天敵の密度が最高になることが多いことである。これは、ヤノネカイガラムシの成虫発生の前に、Fig. 3 のように孵化幼虫・2 齢幼虫等の密度が高くなる時期が当然あり、それをこれらの捕食性天敵が捕食していることを示している。それに、1970・1971 年秋から冬はヤノネカイガラムシの越冬成虫の時期であり、捕食性天敵は活動を停止しかくれて越

冬状態に入るので、調査にかかり難くなり密度が低下するのは当然であろう。

ヤノネカイガラムシ 1 化期の変動をみてみると、1970 年は捕食性天敵の密度は高く、ヤノネカイガラムシの密度も上らない。1971 年でも、ヤノネカイガラムシ密度はほとんど上らない。両年共捕食性天敵がよくその効果を上げているようにみえる。ただ、1972 年は捕食性天敵密度が 7 月に相当高いのに、8 月のヤノネカイガラムシ密度は高い。しかし、その年の 2 化期のヤノネカイガラムシ密度が低いのは、1 化期に高かった捕食性天敵の密度が維持されて、2 化期の発生を抑えたものと考えられる。

これら総合して考えると、捕食性天敵の効果は時にあまりないように見えることもあるが、全体的には成虫になる前の各発育段階で相当高い効果を上げているようだ。これは、これらの天敵の食性からも想像できる。これと、殺虫剤の隔列散布の効果が協同することにより、全体としてこの害虫の防除を、前述のようにほぼ成功させたとみることができる。

研究に使用した 3 園共、周囲に防風垣をめぐらせている。防風垣には、カイガラムシ類やハダニ類が生息しており、園の農薬散布にあたつての天敵の退避場所になったり、園の天敵の供給源になっているものと考えられる。これを確かめるため、No. 3 園とその周囲のイスノキの防風垣の捕食性天敵の個体数変動を比較したのが Fig. 8 である。No. 3 園とその防風垣の捕食性天敵相は、Table 4 のようにほぼ共通している。サンプルサイズは防風垣の方が半分と小さいので、密度は全体に低いが、ほぼ同じ変化を示している。ただ 1971 年に顕著なように、4 月に防風垣で高くなり、その後急激に減少するが、No. 3 園の

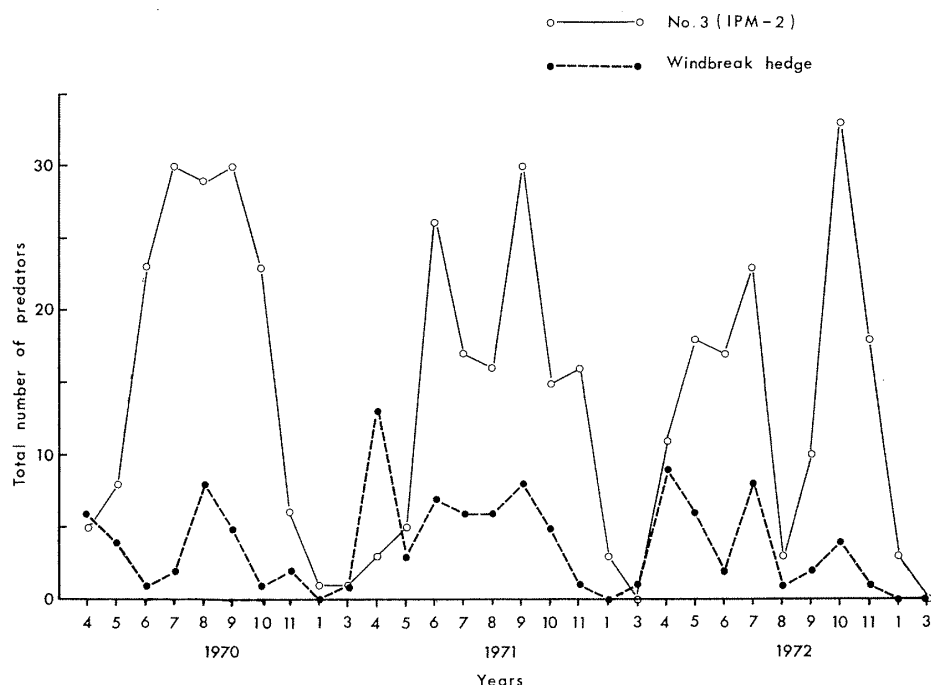


Fig. 8. Seasonal fluctuation of the total number of predators in No. 3 grove and on the windbreak hedge during 1970-1973.

方は4月はむしろ低いが、その後急激に高くなる。このことは、園の捕食性天敵の密度上昇は、まず春の防風垣からおこり、内部がややおくれで密度が上ることを示している。いずれにしても、防風垣で園内と共通の天敵が温存されていることを図は示しており、IPMにおける防風垣の役割の大きいことがわかる。

ま と め

筆者等は、4年間の予備研究の結果 (NAKAO, NOHARA & ONO, 1972, 1974) を基にウンシュウミカンで、1970～1977の7年間にわたって、ミカン園総合的害虫管理 (IPM) 技術開発についての実験的研究をおこなった。方法は Table 1 のように、天敵に影響の少ない対カイガラムシ類殺虫剤を隔列散布する。ミカンハダニやアブラムシ類に対しては殺ダニ剤等を使わずに、14気圧の圧力水を散布するというように、いずれも天敵類の抑止力を最大限に利用する方法を骨子とする。更に、園の整枝・剪定を充分におこない、環境改善による暗環境害虫の密度低下をはかるというものである。その結果は次のように要約される。

最重要害虫ヤノネカイガラムシへの効果は、IPMのNo. 2園での7年間の結果では、一応期待通りの防除効果が上った。

もう一つの最重要害虫ミカンハダニについても、No. 2園では要防除限界以下の密度で、一応期待通りの防除効果が上った。

捕食性天敵相は、慣行防除のNo. 1園もIPMのNo. 2園もほとんど変わらないが、個体数はNo. 2園の方が多く、天敵の防除効果も大きいものと思われる。

研究開始前無防除状態が相当期間あったIPMのNo. 3園では、研究開始時、害虫・捕食性天敵共に密度が高かったが、3年目で害虫密度も低くなり安定した。捕食性天敵密度も研究開始後減少したが、No. 2園よりは高かった。これはこのIPM法を長く続けることにより、天敵も多くなりより効果が安定することを示している。

No. 3園で園内とイスノキの防風垣の捕食性天敵相を比較すると、ほぼ共通であり、防風垣が天敵の退避場所・供給源として重要であることを示している。

引 用 文 献

- BEIRNE, P. B., 1970. Effect of precipitation on crop insects. *Canad. Entomol.*, **102**: 136-137.
- CAVALLORO, R. & E. DIMARTINO (eds.), 1986. Integrated Pest Control in Citrus Groves. 600 pp. A. A. Balkema, Rotterdam.
- DEBACH, P., 1947. Predators, DDT and citrus red mite populations. *J. Econ. Entomol.*, **40**: 598-599.
- and J. LANDI, 1961. The introduced purple scale parasite, *Aphytis lepidosaphes* COMP., and a method of integrating chemical with biological control. *Hilgardia*, **31**: 459-497.
- 古橋嘉一, 1987. 果樹害虫 IPM の現状. 個体群生態学会会報, **43**: 11-19.
- ・西野 操, 1979. ミカンハダニの増殖に及ぼす降雨の影響. 静岡県柑橘試験場研究報告. **15**: 29-36.
- GROB, H., 1951. Beobachtungen über den Populationsverlauf des Spinnenmilben in der Westschweiz. *Mitt. Schweiz. Ent. Gesel.*, **24**: 263-278.

- HUDSON, W. B., 1971. Mite control with overtree sprinklers. *Proc. Ann. Meet., Washington St. Hort. Assoc.*, **66**: 130, 132-133.
- & P. B. BEIRNE, 1970. Effect of sprinkler irrigation on McDonald and European red mite in apple orchards. *J. Ent. Soc. British Columbia*, **67**: 8-13.
- 加藤 勉, 1985. 害虫管理へのアプローチ——カンキツ害虫を中心として——. 植物防疫, **39**: 2-7.
- KINN, D. N., J. L. JOOS & R. L. DOUTT, 1972. Influence of overhead sprinkler systems on spider mite population in North Coast vineyards of California. *Environ. Entomol.*, **1**: 759-796.
- 宮原 実・山田健一, 1969. ヤノネカイガラムシの越冬母虫密度と防除量との関係. カンキツ病害虫の共同防除の合理化に関する研究: 101-103. 245 pp., 日本植物防疫協会, 東京.
- 森本 桂・斉藤秀生・他(編), 1989. 日本産昆虫総目録, I・II・III. 1767 pp., 九州大学農学部昆虫学教室, 福岡.
- 中尾舜一, 1962a. 柑橘主要害虫の園内分布(柑橘園昆虫群集の生態学的研究第3報). 昆虫, **30**: 30-40.
- 1962b. 福岡市近郊—柑橘園の昆虫相(柑橘園昆虫群集の生態学的研究第4報). 同上, **30**: 50-70.
- 1962c. 柑橘主要害虫の樹冠内分布(柑橘園昆虫群集の生態学的研究第2報). 同上, **30**: 179-197.
- 1964a. 柑橘園主要害虫群集構造の季節的变化(柑橘園昆虫群集の生態学的研究第1報). 同上, **32**: 33-51.
- 1964b. 柑橘園昆虫群集の種間関係(柑橘園昆虫群集の生態学的研究第5報). 同上, **32**: 490-503.
- 1974. ミカンハダニ及び二種のカイガラムシに対する DDT 連続散布の影響. 久留米大学論叢, **23**: 7-12.
- NAKAO, S., & K. NOHARA, 1975. Preliminary studies on the integrated control of the major pest of summer orange. *JIBP Synthesis*, **7**: 107-123.
- & T. ONO, 1972. Fundamental study on the integrated control of citrus red mite in the summer orange grove. *Mushi, Fukuoka*, **46**: 1-27.
- & ——— 1974. Experimental study on the integrated control of three important pests in the summer orange groves. *Ibid.* **47**: 81-110.
- 野原啓吾, 1970. 柑橘害虫の生物的, 化学的防除に関する研究. 山口県農業試験場特別報告, **23**, 1-92.
- 大竹昭郎, 1986. 総合的有害生物管理(IPM)を考える——特に果樹園のIPMについて——. 植物防疫, **40**: 189-194.
- PICKETT, A. D. & N. A. PATTERSON, 1953. The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. IV. A review. *Canad. Entomol.*, **85**: 472-478.
- , H. T. STULTZ & F. T. LORD, 1946. The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. I. An appraisal of problem and a method of approach. *Sci. Agr.*, **26**: 590-600.
- PUTMAN, W. L., 1970. Effect of water and high humidity on the European red mite, *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). *Canad. Entomol.*, **102**: 955-961.
- SMITH, R. F. & H. T. REYNOLDS, 1966. Principles definition and scope of integrated pest control. *Proc. FAO Symp. on Integrated pest control.*, **1**, 11-17.
- 田中 学, 1957. ハダニの発生と環境. 植物防疫, **11**: 477-480.
- 1969. 総括. カンキツ病害虫の共同防除の合理化に関する研究: 101-103. 245 pp., 日本植物防疫協会, 東京.
- ・井上晃一, 1970. カンキツ園における天敵利用に関する基礎的研究. II ミカンハダニの発生予察法について. 園芸試験場報告 D, **6**: 1-40.
- ・———・山本栄一, 1969. ミカンハダニの薬剤散布時期の検討. カンキツ病害虫の共同防除の合理化に関する研究: 97-98. 245 pp., 日本植物防疫協会, 東京.

(Received February 1, 1996; Accepted April 18, 1996)