

薬剤抵抗性ミカンハモグリガに対する数種薬剤の防除効果

行徳 裕・磯田隆晴

熊本県農業研究センター果樹研究所

Effect of the Several Insecticides on the Citrus Leafminer, *Phyllocnistis citrella* STAINTON.

Yutaka GYOUTOKU and Takaharu ISODA

I 緒言

ミカンハモグリガ *Phyllocnistis citrella* STAINTON はカンキツ類の重要な新梢害虫である。本種は東アジアや東南アジア原産であるが、1990年代に入りアメリカ合衆国 (HEPPNER, 1993) や中南米 (HEPPNER and DOIXÓN, 1995)、ヨーロッパ南部 (GARIJO and GARCIA, 1994) 等の地域へ分布を拡大し、世界的な害虫となっている。本種は防除試験の結果から、有機リン剤のホスメットやイソキサチオンおよび各種合成ピレスロイド剤の効果が低下している地域があることが報告されている (山本, 1979; 大久保, 1993; 行徳, 1995)。さらに、ホスメットおよび合成ピレスロイド剤のうちフェンバレレートとベルメトリンに対して強度の抵抗性を獲得していることも明らかにされている (行徳ら, 1996)。しかし、フェンバレレートとベルメトリン以外の合成ピレスロイド剤における効果低下はほ場試験によって確認されたものであり、感受性の検定や殺虫効果の検定はなされていない。

本種は西南暖地の無霜地帯で越冬した個体群がその他の地域に分散し、増殖すると考えられている (山本, 1971)。このことは、同一地点であっても毎年個体群が入れ替わることを示している。したがって、本種の薬剤感受性は年次により変化する可能性があり、地域全体の薬剤感受性を検討するためには複数年のデータが必要と考えられる。本種の発生期間は長く、年間世代数も7~8世代 (氏家, 1990) あるいは9~11世代 (檜原・甲斐, 1991) と多い。また、新梢に対する被害も大きく、多数回の防除が必要であるため、薬剤の適正な散布間隔を明らかにすることは重要である。

本報では、フェンバレレートとベルメトリン以外の合成ピレスロイド剤における殺虫効果試験、薬剤感受性の年次変動、抵抗性個体群に対し有効な薬剤の適正な散布間隔について試験を実施したので報告する。

II 材料および方法

1. 供試薬剤

住友化学工業(株)から分譲されたフェンバレレート20%乳剤、同3%乳剤および市販のベルメトリン20%乳剤、シベルメトリン6%乳剤、フェンプロパトリン20%乳剤、フルバリネート20%水和剤、エトフェンプロックス20%乳剤、シフルトリン5%EW、アラニカルブ40%水和剤、イミダクロプリド20%フロアブル、アセタミプリド20%水溶剤、テフルベンズロン5%乳剤、フルフェノクスロン10%乳剤、ホスメット50%水和剤、ジメトエート30%・フェンバレレート10%乳剤を供試した。

2. 直接殺虫効果

供試虫: 鉢植えのカンキツ樹を剪定して発芽を促すとともに、鉢全体をテトロンゴースで覆いミカンハモグリガによる産卵を防止した。約5割の新梢が5cmに伸長した時期 (剪定14~16日後) にテトロンゴースを取り除いて試験ほ場内 (防除効果試験と同地) に2日間放置し、発生している本種雌成虫に産卵させた。この操作を1993年8月11日~13日に行った。その後、再びテトロンゴースで覆い、3日後幼虫が寄生した長さ5mm以上の葉を採集した。この寄生葉を実体顕微鏡下で観察し、生存虫のマインの先端をマークし、供試虫とした。なお、試験は熊本県農業研究センター果樹研究所 (熊本県下益城郡松橋町) のほ場で、9年生の鉢植え川野なつだいだいを用いて行った。

検定方法: 供試薬剤の実用濃度の薬液を用意し、これに寄生葉を約10秒間浸漬した。風乾後、湿らせた濾紙を敷いたプラスチックシャーレに入れ、25℃の恒温器に収容した。48時間後に実体顕微鏡下で幼虫の生死および食害の有無を調査した。この際、たとえ生存虫であっても、食害が認められない個体は死亡虫に含めた。1薬剤当たり30個体以上供試した。

3. 薬剤感受性検定

行徳ら(1996)の方法で1994年10月13~15日および1995年8月16日~18日に薬剤感受性検定を行った。供試虫には果樹研究所に自然発生したミカンハモグリガ個体群を、供試樹には鉢植えの10年生川野なつだいだいを使用した。供試虫は1濃度当たり30個体以上とし、3反復した。結果Abbottの補正式によって補正を行い、プロビット法により各薬剤のLC₅₀およびLC₉₀を算出した。

4. 薬剤の防除効果の確認

防除効果試験：熊本県下益城郡松橋町の熊本県農業研究センター果樹研究所内のほ場で行った。なお、川野なつだいだい9年生を供試樹とし、1区1樹3反復で行った。

散布前に発芽を促すため強剪定を行ない、新芽が5mm程度伸長した時期、すなわち1994年7月22日から薬剤散布を開始した。供試薬剤および濃度はジメトエート・フェンバレレート1,000倍、ベルメトリン1,000倍、シベルメトリン1,000倍、フェンプロパトリン2,000倍、フルバリネート2,000倍、エトフェンプロックス1,000倍およびシフルトリン2,000倍であった。

薬剤散布を7月22、30日および8月9日に行い、被害度と被害葉率について8月17日に調査した。被害度は1樹から約50葉をランダムに選び、4段階(無;加害痕が無い, 軽;加害痕がわずかにみられる, 中;加害痕が葉の半分に達している, 甚;加害痕が葉の全面に及ぶ)に分け、次式により算出した。

$$\text{被害度} = \frac{\text{軽の葉数} + \text{中の葉数} \times 3 + \text{甚の葉数} \times 6}{\text{全調査葉数} \times 6} \times 100$$

残効試験：熊本県農業研究センター果樹研究所ほ場で実施した。試験方法の手順はFig.1に示した。すなわち、鉢植えの川野なつだいだいを強剪定して発芽を促すとともに、鉢全体をテトロンゴースで覆いミカンハモグリガによる産卵を防止した。強剪定14~16日後にテトロンゴースを取り除いて試験ほ場に放置し、発生している本種雌成虫に産卵させた。24時間後再びテトロンゴースで覆い、4~6日後に食入幼虫数と食入幼虫の生死を調査した。なお、テトロンゴースを取り除く3日、5日、7日、10日前に薬剤を散布した。この操作をイミダクロプリド4,000倍、フルフェノクスロン4,000倍、テフルベンズロン2,000倍については1994年9月に、アセタミプリド2,000倍、アラニカルブ1,000倍については1995年9月に行った。

散布間隔試験：熊本県農業研究センター果樹研究所ほ

場で実施した。強剪定して発芽を促した10年生川野なつだいだいの鉢植えを供試樹とした。発芽が観察された1995年7月18日から新梢の伸長が停止した8月8日まで3つの異なる散布間隔、すなわち7日間隔、14日間隔、21日間隔でイミダクロプリド4,000倍およびアセタミプリド2,000倍を散布した。8月15日に1樹から50葉を無作為に選び、被害葉率および被害度を調査した。なお、試験は1区1樹3反復で実施した。

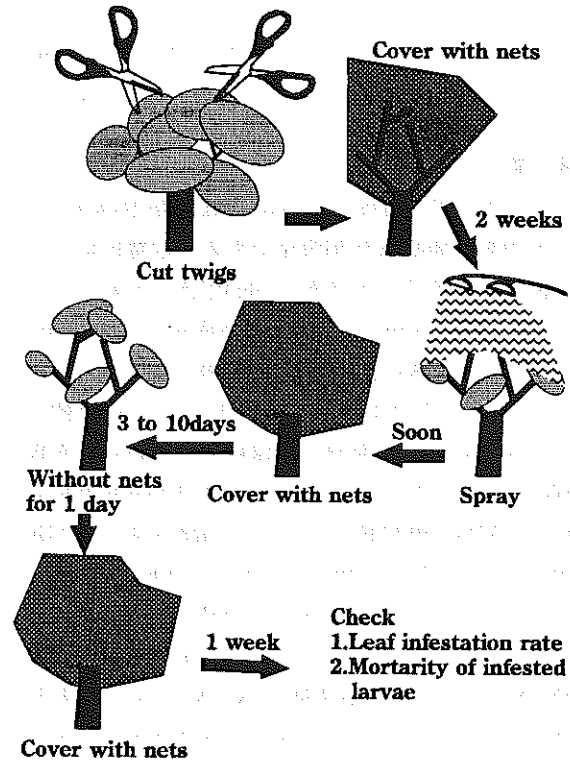


Fig. 1. The experimental method for the residual effect to *P. citrella*.

III 結果および考察

1. 結果

1) ほ場における薬剤の防除効果

ミカンハモグリガに対する合成ピレスロイド剤の防除効果をTable 1に示した。シフルトリンを除く供試薬剤の被害度は概ね90以上、被害葉率が概ね100%と効果が認められなかった。また、シフルトリンでは被害度が48.6と他の薬剤に比べ低かったが、被害葉率は100%と高く十分な効果ではなかった。

2) 直接殺虫効果

直接殺虫効果の試験結果をTable 2に示した。合成ピレスロイド剤の実用濃度における殺虫率は15~60%と低かった。

3) 薬剤感受性検定

各供試薬剤の感受性検定結果をTable 3に示した。フェンバレレートとベルメトリン、シベルメトリンの

LC₅₀ は 15.1ppm と 10.8ppm、4.0ppm、LC₉₅ は 2649ppm と 930ppm、59.0ppm であった。フェンバレーレートとペルメトリンの実用濃度は 100~200ppm、シベルメトリンの実用濃度は 30~60ppm であり、各薬剤の LC₅₀ は実用濃度の数倍~数十倍にあたる。ホスメットの LC₅₀ は、1,207ppm と実用濃度である 500ppm で約 2 倍であった。

一方、アラニカルブ、イミダクロプリド、アセタミプリド、テフルベンズロン、フルフェノクスロンの LC₅₀ は実用濃度の数十分~数百分の一と低く、1、2 齢幼虫に対して高い活性を示した。

4) 残効試験

試験結果から求めた食入幼虫数の無処理比および食入幼虫の死亡率を Fig. 2、Fig. 3 に示した。イミダクロプリドとアセタミプリド散布区の食入幼虫の無処理比は散布 3 日後まで 0 であり、散布 7 日まで無処理区に比べ低い値であった。さらに、食入した幼虫に対する殺虫効果は散布 10 日後まで維持され、90% 以上の幼虫が死亡した。

Table 1. Effect of synthetic pyrethroids on *P. citrella* in citrus field.

Insecticides and Formulation ^a	Dilution (fold)	Damage index	Leaf infestation rate (%)
Dimethoate ^a 30•10% E.C.	1,000	82.4	100
Fenvalerate	20% E.C. 1,000	90.2	100
Permethrin	6% E.C. 1,000	90.9	98.9
Cypermethrin	20% E.C. 2,000	93.3	100
Fenpropathrin	20% W.P. 1,000	93.7	100
Fluvalinate	20% E.C. 1,000	94.1	100
Ethofenprox	20% E.C. 1,000	48.6	100
Cyfluthrin	5% E.W. 2,000	100	100
Non - treated			

a % of active ingredient and its formulation. E.C.: Emulsifiable Concentrate; W.P.: Wettable Powder; E.W.: Emulsion Concentrate.

Table 2. Motarity of larvae of *P. citrella* to synthetic pyrethroids evaluated by leaf - dipping method.

Insecticides	Formulation ^a	Dilution (fold)	Mortality (%)
Fenvalerate	20% E.C.	1,000	48.2
Permethrin	20% E.C.	1,000	58.0
Cypermethrin	6% E.C.	1,000	38.3
Fenpropathrin	20% E.C.	2,000	26.3
Fluvalinate	20% W.P.	1,000	12.3
Ethofenprox	20% E.C.	1,000	45.5
Cyfluthrin	5% E.W.	2,000	59.7

a See footnote of Table 1.

Table 3. Susceptibilities of 1st and 2nd inster larvae of *P. citrella* to insecticides evaluated by leaf - dipping method.

Insecticides	Formulation ^a	LC ₅₀ (ppm)	LC ₉₅ (ppm)
Fenvalerate	3% E.C.	15.1	2,649
Permethrin	20% E.C.	10.8	930
Cypermethrin	6% E.C.	4.0	59.0
Phosmet	50% E.C.	1,207	8,410
Alanycarb	40% W.P.	1.19	17.6
Imidacloprid	20% E.C.	0.22	1.63
Acetamiprid	20% E.C.	0.25	1.00
Teflubenzulon	5% E.W.	0.0 05>	0.05>
Flufenoxuron	10% E.C.	0.009	0.03

a % of active ingredient and its formulation. E.C.: Emulsifiable Concentrate; W.P.: Wettable Powder; S.C.: Soluble Concentrate; S.P.: Water Soluble Powder.

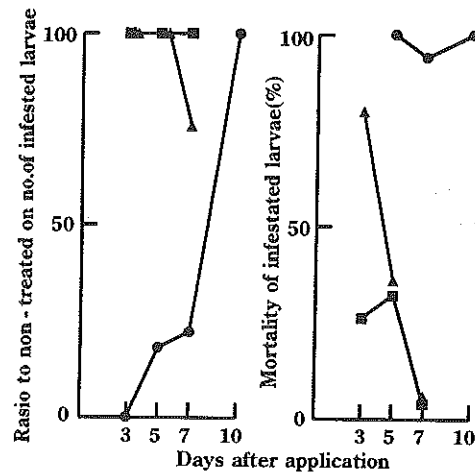


Fig. 2. Residual effect of several insecticides on *P. citrella*. Imidacloprid S.C. 4,000(circle); Teflubenzuron E.C. 2,000(square); Fulfenoxuron E.C. 4,000 (triangle).

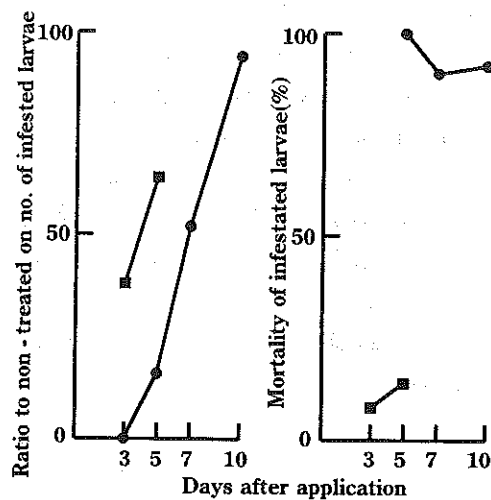


Fig. 3. Residual effect of several insecticides on *P. citrella*. Acetamiprid S.P. 2,000(circle); aranycarb W.P. 1,000(square).

テフルベンズロンとフルフェノクスロン散布区の食入幼虫の無処理比は無散布区と差が認められなかった。しかし、散布5日後まで食入した幼虫の30~70%が死亡した。アラニカルブ散布区における食入幼虫の無処理比は散布5日後まで50前後であり、食入防止効果が認められた。しかし、食入幼虫の死亡はほとんど認められなかった。

5) 散布間隔試験

散布間隔別の防除効果をTable 4に示した。イミダクロプリドとアセタミプリドの防除効果は7日間隔散布、14日間隔散布、21日間隔散布の順に高かった。

Table 4. Relation between effect of insecticides on *P. citrella* and applicated interval evaluated in citrus field.

Insecticides and formulation*	Dilution (fold)	Applicated interval (days)	Damage index	Leaf infestation rate(%)
Imidacloprid 20%S.C.	4,000	7	0	0
		14	0.6	3.3
		21	16.4	28.7
Acetamiprid 20%S.P.	2,000	7	0	0
		14	0.8	4.7
		21	11.8	44.7
Non - treated			87.0	96.0

a See footnote of Table 3.

2. 考察

1) 薬剤感受性

行徳ら(1996)は徳島県鳴門市に発生する個体群の合成ピレスロイド剤の防除効果と薬剤感受性を調査し、その被害を完全に防止すること、フェンバレレートとペルメトリンの LC_{50} が0.01ppmと0.03ppmであることを明らかにしている。松橋個体群と鳴門個体群の LC_{50} の比(松橋個体群の LC_{50} /鳴門個体群の LC_{50})はフェンバレレートで1,510、ペルメトリンで336であった。したがって、松橋個体群の両剤にたいする感受性は著しく低く、抵抗性を獲得していることは明らかである。また、宮田・村井(私信)は鳴門個体群を用い、本試験と同じ薬剤の直接殺虫効果を本試験と同じ方法で調査し、実用濃度の1/100以下の濃度で67~100%の個体が死亡することを明らかにしている。同一濃度の試験はないが、松橋町個体群に対する合成ピレスロイド剤の殺虫効果は鳴門個体群に比べ著しく低下していることは明らかである。

これらの結果は、合成ピレスロイド剤間の交差抵抗性が既に知られているコナガ *Plutella xylostella* LINNE (HAMA, 1987) やモモアカアブラムシ *Myzus persi-*

cae SULZER (森下・東, 1990) と同様に、ミカンハモグリカにおいても合成ピレスロイド剤間の交差抵抗性が存在することを示している。

山本(1979)は、各地個体群幼虫に対するホスメット(500ppm)の効果を検討し、その殺虫率が最も高かった個体群で92.9%、最も低かった個体群で15.1%と個体群間で明らかに大差があったことを報告している。本試験と試験方法が異なるため直接殺虫率を比較できないが、本剤の500ppmにおける松橋個体群の殺虫率は34.4%で、山本(1979)が報告した最も感受性が低かった個体群のそれに近い数値であった。さらに、松橋個体群の LC_{50} 値は本剤の実用濃度(500ppm)の2倍以上であることから、松橋個体群はホスメットに対して抵抗性を発達させていることは明らかである。

行徳ら(1996)はアラニカルブ、イミダクロプリド、アセタミプリド、テフルベンズロンに対する鳴門両個体群の感受性を調査している。本試験で得られた各薬剤の値は行徳ら(1996)の値と大差なかった。また、本試験で得られた LC_{50} は実用濃度の1/20以下であり、感受性の低下はないと考えられた。これらの結果は、アラニカルブ、イミダクロプリド、アセタミプリド、テフルベンズロン、フルフェノクスロンが合成ピレスロイド剤とホスメットと交差していないこと、これらの薬剤が抵抗性個体群に対して有効であることを示している。

行徳ら(1996)は松橋個体群の感受性を1994年に調査している。この時求められた LC_{50} は、フェンバレレート30.1ppm、ペルメトリン5.27ppm、ホスメット3,212ppm、アラニカルブ1.14ppm、イミダクロプリド0.24ppm、テフルベンズロン0.01ppmであった。これらの値は、1995年に実施した本試験結果と大差なく、毎年越冬場所から分散してくる個体群の薬剤感受性が安定していることを示唆している。ただし、2年間の調査結果であり追跡調査の必要がある。

2) 供試薬剤の散布間隔

ミカンハモグリカの卵期間は30°Cで3.6±0.8日、25°Cで3.7±0.5日である(吉田・竹井, 1964)。本種の被害は幼虫の食害によって起こる。したがって、各薬剤の適正な散布間隔は、薬剤の残効期間に卵期間を加えた日数と考えられる。イミダクロプリドとアセタミプリドの食入防止効果と食入幼虫に対する殺虫効果は10日以上維持されることから、両薬剤の適正な散布間隔は14日以上と推測された。さらに、散布間隔試験においても本結果を指示する結果が得られた。アラニカルブとテフルベンズロン、フルフェノクスロンの食入防止効果と食入幼虫に対する殺虫効果は5日間維持されたことから、3薬剤の適正な散布間隔は8日程度と推測された。しかし、3薬

剤の食入防止効果および食入幼虫に対する殺虫効果は不完全であり、散布間隔はこれより短かく5日程度と考えられた。

IV 摘要

熊本県松橋町に発生するミカンハモグリガ個体群に対して数種薬剤の効果を野外試験および室内試験によって検討し、有効薬剤については適正な使用間隔を検討し、以下のような結果が得られた。

1) 熊本県で発生するミカンハモグリガは合成ピレスロイド剤とホスメットに対し強度の抵抗性を獲得していた。このような個体群には、イミダクロプリド、アセタミプリド、テフルベンズロン、フルフェノクスロン、アラニカルブが有効であった。

2) 薬剤感受性の年次間変動は小さいと考えられる。

3) 被害許容水準以下に抑えるための散布間隔は、イミダクロプリドとアセタミプリドが14日、テフルベンズロン、フルフェノクスロン、アラニカルブが5日である。

謝辞

試験を実施するにあたり有益な助言および協力をいただいた農林水産省果樹試験場カンキツ部口之津芦原 亘博士、大塚化学(株)村井啓三郎氏、宮田哲至氏にお礼申し上げる。また、本原稿を校閲していただいた熊本県農業研究センター特別研究員河瀬憲次博士にお礼申し上げる。

V 引用文献

GARIJO, C., and E.J.GARCIA (1994) *Phylloconistis citrella* (Stainton 1856) (Insecta: Lepidoptera: Gracillaridae: Phylloconistidae) en los cultivos de cítricos de Andalucía (sur España): biología, ecología y control de la plaga. *Bol. Sanidad Vegetal Plagas* 20:815-826.

行徳 裕 (1995) 中晩生カンキツ類で問題となる害虫。植物防疫 49:67-69.

行徳 裕・村井啓三郎・宮田哲至・磯田隆晴 (1996) ミカンハモグリガの薬剤抵抗性とその検定方法。応動昆 40:238-241.

HAMA, H. (1987) Development of pyrethroid resistance in the diamondback moth *Plutella xylostella* Linne (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Appl. Ent. Zool.* 22:166-175.

HEPPER, J.B. (1993) Citrus leafminer (Lepidoptera: Gracillaridae) on fruit in Florida. *Fla. Ent.*, 78: 183-186.

HEPPER, J. B. and W. N. DIXON (1995) Potential

spread of *Phylloconistis citrella* (Lepidoptera: Gracillaridae: Phylloconistidae) in the United States. *Amer. Ent.*, 41:110-113.

森下正彦・東勝千代 (1990) 合成ピレスロイド剤に対するモモアカアブラムシの感受性低下。応動昆 34:163-165.

檜原 稔・甲斐一平 (1991) 大分県における性誘引物質によるミカンハモグリガの誘引消長。九病虫研究会報 37:160-162.

大久保宣雄 (1993) 長崎県における合成ピレスロイド剤抵抗性ミカンハモグリガの発生と防除対策。九病虫研究会報 39:131-133.

氏家 武 (1990) ミカンハモグリガの性誘引物質利用に関する研究。果樹試報 18:19-43.

山本栄一 (1979) ミカンハモグリガの生態と防除に関する研究第7報 各種薬剤の防除効果。九病虫研究会報 25:141-143.

吉田正義・竹井洋児 (1964) 遠州におけるミカンハモグリガの発生経過と生態的知見。静岡大農学研報 14:167-175.

Summary

The citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, was important pest of citrus. The effect and susceptibility of this pest, collected from Matsubase in Kumamoto prefecture, to several insecticides was determined by field test and laboratory bioassay. This population was resistance to phosmet ($LC_{50}=1,207\text{ppm}$), fenvalerate ($LC_{50}=15.1\text{ppm}$), permethrin ($LC_{50}=10.8\text{ppm}$), cypermethrin ($LC_{50}=4.0\text{ppm}$) and other synthetic pyrethroids. On imidacloprid, acetamiprid, teflubenzuron, flufenoxuron and alanycarb, their susceptibilities were very high by laboratory bioassay and their effects were high in field tests with insecticides to control *P. citrella*. Imidacloprid and acetamiprid were tend high mortality for 10 days after application. Teflubenzuron, flufenoxuron, allanycarb were kept residual effect for 3 to 5 days but these mortalities were 20-70%. Added the period to keep residual effect and the egg period of them made application intervals. The egg period of *P. citrella* was 4 days. So that imidacloprid and acetamiprid were sprayed at 14-day intervals and teflubenzuron, flufenoxuron, alanycarb were sprayed at 5-day intervals.