

植物防疫基礎講座

農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感受性検定マニュアル(20)

果樹害虫：カイガラムシ類

鳥取県園芸試験場 ^い伊 ^{ざわ}澤 ^{ひろ}宏 ^き毅

I 薬剤抵抗性の現況

カイガラムシ類に対する薬剤抵抗性の発達については、農業害虫として世界で初めての事例として、1908年にアメリカ合衆国でサンホーゼカイガラムシの石灰硫黄合剤に対する薬剤抵抗性の発達が報告されている（深見ら、1983）。

近年では、イスラエルで1980年代半ばまでにカンキツ園におけるアカマルカイガラムシの有機リン剤に対する薬剤抵抗性の発達が報告されており（PELEG et al., 1995）、さらにオーストラリアでは1990年代前半にカンキツ園での同害虫のクロルピリホスに対する薬剤抵抗性の発達が問題となっている（COLLINS et al., 1994）。一方、アメリカ合衆国では、1990年代前半にカンキツ園におけるアカマルカイガラムシ、キマルカイガラムシのクロルピリホス、メチダチオン抵抗性が、また、カーバメート剤ではNAC抵抗性の発達が報告されている（GRAFTON-CARDWELL et al., 1995）。

一方、日本においては1970年代までは果樹のカイガラムシ類に対する薬剤抵抗性が報告された事例はほとんどない（浜、1992）が、1982年以降鳥取県のナシ園では、クワコナカイガラムシが多発し、栽培上問題となっていた。この原因として有効な防除薬剤の効力が低下したのではないかと懸念から、筆者は1986年に県内各地から採取した虫をカボチャで飼育し、各種薬剤の効果検定を行った。この結果、供試薬剤中ダイアジノン水和剤およびDMTP水和剤は、ほとんどの地域において常用濃度でほぼ80%以上の高い殺虫率を示したが、NAC剤のそれはほぼ20～50%と他剤に比べてかなり低い値を示した（表-1）。この結果を、これと同様の方法で試験を行った1974年のデータと比較すると、1974年時点では高い殺虫効果を示したNAC剤（内田、1975）の効果がその約10年後には著しく低下していることが判明

した（伊澤、1987）。さらに、最近行った2齢幼虫のNAC剤に対する薬剤感受性検定によると、北条個体群の LC_{50} 値は380 ppmであったが、多発地区の赤崎個体群のそれは2,960 ppmと高い値を示し、赤崎個体群を北条個体群と比較すると7.8倍の抵抗性比を示した（表-2）。これらのことから多発地域の赤崎町ではNAC剤に対する虫の薬剤感受性が低下している園が存在していることが明らかとなった。

NAC剤は、以前から高い効果と経済性、また薬害の発生が少ないというメリットを合わせ持った薬剤であったことから使用される場面が多く、県内においてもクワコナカイガラムシに対して1971年～86年までの16年間幼虫ふ化時期に本剤が防除暦に採用され、なかでも1976年～85年では年間ほぼ4回程度使用されてきた。このような状況がクワコナカイガラムシのNAC剤に対する感受性を低下させ、これが近年の多発傾向の一因となっているのではないかと推察される（伊澤、1990 a, b, 1995）。

II 薬剤感受性検定法

以下、コナカイガラムシ類を中心に解説する。

供試虫の入手：

クワコナカイガラムシの場合、虫の採集は卵のう期または成虫期を狙う。一般に、本種越冬世代の卵のうは冬季～4月下旬まで、第一世代は6月下旬、第二世代は8月上～中旬に採集できる。卵は白色の卵のうとして産み付けられ、卵期間は、越冬世代を除くとほぼ10日前後なので、虫の生育状況をよく観察して採集適期を逸しないようにする。一方、成虫については6月中～下旬に成虫が卵のうを産み付けるために剪定切り口や新梢基部等に集合してくる（伊澤、1990 b）ので、この時期は効率的に成虫を採集できる。

剪定切り口や粗皮に産み付けられた卵のうを発見したら、剪定ばさみや頑丈なカッターナイフで粗皮ごと切り取り、用意したポリ袋やシャーレにいてねいに入れる。成虫は虫体が軟らかいために採集中につぶしてしまうことが多いので、この場合は細心の注意が必要である。

クワコナカイガラムシによく似た種類にウラジロエノ

Methods for the Measurement of Susceptibility of Agricultural Insect Pests to Insecticides. Mealybugs and Scales. By Hiroki IZAWA

（キーワード：半翅目、コナカイガラムシ類、カイガラムシ類、薬剤感受性、検定法）

表-1 各地区から採集したクワコナカイガラムシの2齢幼虫に対する各種殺虫剤の殺虫率 (1986)

殺虫剤	希釈倍数	補 正 死 虫 率 (%)							
		国府	大栄	東伯	赤崎 1	赤崎 2	赤崎 3	中山	園試
NAC 水和剤	1,000	30.6	2.8	45.9	10.6	50.0	26.2	20.1	28.7
ダイアジノン水和剤	1,000	91.9	100	100	52.0	89.4	99.7	86.8	100
DMTP 水和剤	1,500	56.6	87.4	100	95.2	100	84.0	77.3	86.7

虫体浸漬法により検定。

表-2 クワコナカイガラムシ各系統の2齢幼虫のNAC水和剤に対する感受性 (1995)

系 統	LC ₅₀ (ppm)	LC ₉₅ (ppm)	R/S比 ^{a)}	
			LC ₅₀	LC ₉₅
赤崎 1 (R ₁)	2,960	24,563	7.8	9.4
赤崎 2 (R ₂)	2,762	13,562	7.3	5.2
赤崎 3 (R ₃)	2,985	85,218	7.9	32.5
大栄 (R ₄)	1,109	9,312	2.9	3.5
北条 (S)	380	2,624	—	—

^{a)} : 比較的感受性の高い北条個体群をSとした場合のR/S比。
虫体浸漬法により検定。

キコナカイガラムシおよびマツモトコナカイガラムシがあるが、前者は果樹には寄生しないし、分布は小笠原諸島の固有種 (河合, 1980) なので、通常は混同して採集するおそれはないと思われる。一方、後者は、虫体および卵のうともに紫色で幼虫ふ化時期も全く異なる (伊澤, 1988)。さらに、虫体の大きさなどからクワコナカイガラムシと判別できる。

一方、マツモトコナカイガラムシの雌成虫は体長3~4 mmで、クワコナカイガラムシよりやや大きく、暗紫色である。主に幹の粗皮の間、地際から地下部の木質部、あるいは根にこぶを作って寄生しており、地上部の寄生部位はアリによって作られた土塊に覆われることが多い (伊澤, 1994)。したがって、これらの土塊を目安に虫の生息場所を捜すと効率的に虫の採集が可能となる。

供試虫の累代飼育：

クワコナカイガラムシの飼育法については、伊澤・内田 (1991) を参照されたい。本法で使用するカボチャの果実は、コナカイガラムシ類がよく繁殖し、取り扱いが容易なので餌として優れている。村上 (1965) は、クワコナカイガラムシ、マツモトコナカイガラムシ、フジコナカイガラムシ、オオワタコナカイガラムシおよびルビローウムシなどのカボチャによる飼育を試みているが、これらのうちクワコナカイガラムシが最も容易に飼育できることを報告している。筆者も近年鳥取県のナシ園で

発生が多いマツモトコナカイガラムシ (伊澤, 1994) およびカキ園で増加傾向のフジコナカイガラムシのカボチャによる飼育を試みた結果、これらはいずれもクワコナカイガラムシに比べて繁殖力はやや劣ったが、両種はクワコナカイガラムシと同様の方法で飼育が可能である (伊澤, 未発表)。一方、河合・玉木 (1969) は、ツノロウムシをカボチャに接種して定着させ、殺虫剤の効果試験を行っている。

コナカイガラムシ類はカボチャのしわの部分に好んで寄生する性質があるので、しわの多い品種 (黒皮系) ほど繁殖しやすい。現在では、一年中施設栽培の黒皮系品種のカボチャが市販されており、カボチャは貯蔵性があるのでほぼ周年にわたって餌を確保できる。

クワコナカイガラムシの場合、カボチャ以外の餌としてはジャガイモの軟白化芽出しも重要であるが、カボチャと比較すると虫の繁殖力がやや劣ることが指摘されている (村上, 1965)。一方、近年ではコナカイガラムシ類の飼育にソラマメを用いて良好な結果を得ている事例もある (奈良井, 私信)。なお、コナカイガラムシ類の人工飼育については今のところ実現していない。

① 昆虫網室内での飼育

角型プラスチック製容器 (縦 37 cm, 横 27 cm, 高さ 6.5 cm) を用意し、その上に適当な大きさに切った肥料袋 (クラフト紙製) の紙片を敷く。これに粗皮ごと採集した卵のうを容器のほぼ中央に置き、カボチャの果軸を下方に向けて伏せる。この際、カボチャを乱暴に扱ったりその重みで卵のうが押しつぶされるので、なるべくカボチャの果軸の回りのくぼんだ箇所に卵のうをセットする。

また、接種する卵のうは一つのカボチャに数卵塊が限度である。1卵のうには200~400個の卵が産み付けられているため、それ以上接種すると虫が異常な密度となり、あふれたふ化幼虫がカボチャを離脱してしまう。

幼虫を飼育するにあたって最も注意しなければならないことは、カボチャに直接日光を当てないことである。暗所を好む本虫は直射日光を当てると逃亡したり、餌であるカボチャの水分や養分の消耗を多くして虫の発育を

鈍らせることとなる。また、カボチャにカビが繁殖し、腐敗することがあるので、容器内を時々観察して、清潔に保つ。

② 定温器内での飼育

丸型のシール容器（直径 16 cm，高さ 13 cm）を用意し、このふたのほぼ中央をカッターナイフで適当な大きさ（縦 3 cm，横 3 cm）に切り取り、この部分に網目の細かい寒冷紗を貼りつけると飼育用の容器として利用できる。この場合、容器からのふ化幼虫の離脱がほぼ完全に防げるので、各系統の虫を飼育するのに利用価値が高い。なお、飼育の手順は①と同様である。

本種の雌雄の間に形態的な差異が見られるのは 2 齢幼虫以降である。2 齢幼虫は雄のほうが雌より細長い体型をし、雌は一生を通じて体型に基本的な変化は認められないが、雄は 2 齢幼虫以降は前蛹→蛹→成虫（有翅）という顕著な差異を生じるので、これによって両者を区別することができる。雄は短命で、羽化後交尾をして数日で死亡する。

虫を貯蔵する場合は、第二世代終了後の卵のうをピンセット等でいねいに取り出し、紙封筒に入れて冷暗所に保存する。この方法により、秋季～翌春にかけての 5～6 か月間は保存が可能である。

検定方法の種類と特徴：

コナカイガラムシはカボチャで飼育できる（松本，1949；村上，1965）ので、虫が寄生しているカボチャを適当な大きさに切断し、それを虫とともに薬液に浸漬する方法が最も簡単である。このほか、局所施用法、散布法も考えられるが、現在、あまり行われていない。ただし、最近、散布法についてはインゲンディスクを用いた良好な結果を得ている事例もある（桑沢，私信）。また、イセリアカイガラムシはパラフィルム膜を通して吸汁することが認められている（橋本ら，1973）ので、経口投与法も考えられる。一方、ツノロウムシでは、河合・玉木（1969）が Honeydew（甘露）の排せつの程度を殺虫試験の効果判定に利用する方法を考案している。これは室内試験において利用できるが、むしろポットや圃場試験での利用価値が高い（細辻，1987）。

Ⅲ カボチャ片浸漬法

供試虫：

現地より採集した成虫をカボチャに接種し、卵になったところで新鮮なカボチャの果梗部にピンセット等で移し、果梗部を下方に向けて供試虫の累代飼育の項の①および②の方法で 2 齢幼虫になるまで飼育する。一方、卵を採集した場合は、そのままカボチャに接種して上記と

同様の方法で飼育する。

検定手順：

- ① あらかじめ予備試験により 50%前後の死虫率が得られる薬液の濃度を把握しておく。この濃度を中心に 5 段階の薬液を調製する。
- ② ガラス製腰高シャーレ（直径 9.2 cm，高さ 4.8 cm）を必要数用意し、汙紙を底面に敷いておく。
- ③ 2 齢幼虫の寄生したカボチャを適当な大きさに切断する。この際、カボチャの溝部に多数の幼虫が寄生しているので、その部位を残すようにする。
- ④ 切断したカボチャ片を各濃度に希釈した薬液に 10 秒間浸漬し、余滴を十分取り除いた後、腰高シャーレ内におき、しばらく風乾した後ふたを閉じる。有機リン殺虫剤、カーバメート殺虫剤および合成ピレスロイド殺虫剤は処理 48 時間後に、IGR 剤は処理 7 日後に処理虫の生死を判定する。1 区 3 反復以上行う。
- ⑤ コナカイガラムシ類の生死の判定をする場合、薬剤の効果により虫体がカボチャからはがれ落ちて死亡する場合やカボチャに寄生したままの状態死亡する場合があり、各殺虫剤の性質によって虫の死亡状態が異なる。外見上生死の判定が困難な場合は、小筆等で新聞紙などの上に虫体を払い落とし、一頭ずつ小筆やピンセットの先で突いて生死の判断を行う。なお、筆者は、苦悶虫は死虫として扱っている。

- ⑥ 検定結果は昆虫実験法（深谷ら，1959）のプロビットの計算に従って LC_{50} 値を求める。

この方法により行った試験結果を表-2 に示す。

本稿の執筆にあたり、文献の収集にご協力いただいた農林水産省果樹試験場カンキツ部虫害研究室の新井朋徳氏ならびに試験のご指導をいただいた鳥取県園芸試験場場長の内田正人博士に厚くお礼申し上げる。

表-3 マツモトコナカイガラムシの 2 齢幼虫に対する各種殺虫剤の殺虫効果（1987）

薬剤名	希釈倍数	補正死虫率(%)	
		東郷	園試
NAC 水和剤	1,000	35.5	39.0
ダイアジノン水和剤	1,000	84.3	85.8
DMTP 水和剤	1,500	93.4	86.8
クロルピリホス水和剤	1,500	71.0	85.5
DDVP 乳剤	1,000	100	87.9
CYAP 水和剤	1,500	14.7	43.2
MEP 乳剤	1,500	25.8	84.7

虫体浸漬法により検定。

引用文献

- 1) COLLINS, P. J. et al. (1994) J. Australian Entomol. Soci. 33(4): 325~326.
- 2) 深谷昌次ら編(1959): 昆虫実験法, 日本植物防疫協会, 東京, pp. 700~707.
- 3) 深見順一ら編(1983): 薬剤抵抗性, ソフトサイエンス社, 東京, p. 10.
- 4) GRAFTON-CARDWELL, E. E. and S. L. C. VEHRs (1995): J. Econ. Entomol. 88(3): 496~504.
- 5) 橋本 皓ら(1973): 応動昆 17(1): 42~44.
- 6) 浜 弘司(1992): 害虫はなぜ農業に強くなるか, 農文協, 東京, p. 32.
- 7) 細辻豊二編(1987): 最新農業生物検定法, 全国農村教育協会, 東京, p. 251.
- 8) 伊澤宏毅(1987): 応動昆虫支会報 29: 53.
- 9) ———(1988): 同上 31: 49.
- 10) ———(1990 a): 今月の農業 34(10): 34~38.
- 11) ———(1990 b): 植物防疫 44(6): 260~263.
- 12) ———・内田正人(1991): 昆虫の飼育法(湯嶋健ら編), 日本植物防疫協会, 東京, PP. 82~84.
- 13) ———(1994): 今月の農業 38(1): 47~50.
- 14) ———(1995): 平成7年度果樹病害虫防除研究会シンポジウム講要, 日本植物防疫協会, 東京, PP. 15~22.
- 15) 河合省三・玉木佳男(1969): 応動昆 13(3): 150~158.
- 16) ———(1980) 日本原色カイガラムシ図鑑 全国農村教育協会, 東京, PP. 101~102.
- 17) 松本鹿蔵(1949): 新昆虫 2: 292~294.
- 18) 村上陽三(1965): 園試報 A 4: 145~151.
- 19) PELEG, B. A. and I. BAR-ZAKAY (1995): Israel J. Entomol. 29: 261~264.
- 20) 内田正人(1975): 昭和49年度果樹病害虫試験打ち合わせ会議資料: 農林省果樹試験場.

新しく登録された農薬 (10.3.1~3.30)

掲載は、種類名、有効成分および含有量、商品名(登録年月日)、登録番号(製造業者又は輸入業者)、対象作物: 対象病害虫: 使用時期および回数など。ただし、除草剤については、適用雑草: 使用方法を記載。(…日…回は収穫何日前, 何回以内散布又は摘採何日前, 何回以内散布の略)。(登録番号 19925~19929 までの5件, 有効登録件数は 5416 件)

なお、アンダーラインのついた種類名は新規化合物で、〔 〕内は試験段階時の薬剤名である。

「殺菌剤」

銅水和剤

塩基性塩化銅 84.1% (銅として 50.0%)

ベニドー DF (10.3.9)

19925 (丸紅)

ボテガード DF (10.3.9)

19926 (トモノアグリカ)

キャベツ: 黒腐病; きゅうり: 斑点細菌病; たまねぎ: 軟腐病; てんさい: 褐斑病; トマト・ばれいしょ: 疫病; レタス: 軟腐病; かんきつ: かいよう病; 散布

「除草剤」

グリホサートイソプロピルアミン塩・MDBA イソプロピルアミン塩液剤〔MRS-295〕

グリホサートイソプロピルアミン塩 20.0%, MDBA イソプロピルアミン塩 10.0%

ダブルキラー (10.3.9)

19927 (マルゼン化工)

公園・庭園・堤とう・駐車場・道路・運動場・宅地・のり面・鉄道等: 一年生雑草・多年生雑草: 雑草生育期: 3回以内: 雑草茎葉散布

グリホサートイソプロピルアミン塩液剤

グリホサートイソプロピルアミン塩 20.0%

ラウンドアップライトロード (10.3.9)

19928 (日本モンサント)

キャベツ・はくさい・きゅうり・かんしょ: 一年生雑草: 雑草生育期(草丈 30 cm 以下) 耕起 10 日以前: 1回; かんきつ・りんご・ぶどう・なし・かき・くり・もも・うめ・おうとう: 一年生雑草及びヨモギ・タンポポ・チガヤ・ギシギシ: 雑草生育期(草丈 30

cm 以下) 但し収穫 7 日前まで: 3 回以内; 水田畦畔: 一年生雑草及びヨモギ・タンポポ・チガヤ・ギシギシ: 雑草生育期(草丈 30 cm 以下) 但し収穫 14 日前まで: 2 回以内; 水田耕起前: 一年生雑草及びヨモギ・タンポポ・チガヤ・ギシギシ: 雑草生育期(草丈 30 cm 以下) 耕起 10 日以前: 1 回; 茶: 一年生雑草及びヨモギ・タンポポ・チガヤ・ギシギシ: 雑草生育期(草丈 30 cm 以下) 但し摘採 7 日前まで: 1 回; 花木・桑: 一年生雑草及びヨモギ・タンポポ・チガヤ・ギシギシ: 雑草生育期(草丈 30 cm 以下) 桑は春期萌芽前~夏切後萌芽前: 4 回以内; 麦類: 一年生雑草及びシバムギ: 雑草生育期(耕起 10 日以前): 1 回; だいち: 一年生雑草: 雑草生育期(摘採 10 日以前): 1 回; やまのいも: 一年生雑草: 植付後萌芽前: 1 回; 牧野・草地(更新・造成): 一年生及び多年生雑草: 耕起造成前雑草生育期(更新・造成の 10 日以前): 1 回; 牧野・草地(更新・造成): 一年生及び多年生雑草: 耕起整地後(雑草発生揃期)は種 10 日前~は種当日: 1 回; 公園・庭園・堤とう・駐車場・道路・運動場・宅地・のり面等: 一年生雑草: 雑草生育期(草丈 30 cm 以下): 3 回以内; 雑草茎葉散布

グリホサートイソプロピルアミン塩液剤

グリホサートイソプロピルアミン塩 41.0%

クサクリン液剤 (10.3.9)

19929 (宇都宮化成工業)

かんきつ・りんご・なし: 一年生雑草・多年生雑草: 雑草生育期(草丈 30 cm 以下) 但し収穫 7 日前まで: 3 回以内: 雑草茎葉散布, 道路・鉄道・宅地・公園・運動場・駐車場・堤とう・のり面等: 一年生雑草・多年生雑草: 雑草生育期: 3 回以内: 雑草茎葉散布