

植物防疫基礎講座

農業害虫及び天敵昆虫等の薬剤感受性検定マニュアル(26)

果 樹 害 虫：リ ン ゴ ハ ダ ニ

青森県りんご試験場 ^き木 ^{むら}村 ^{よし}佳 ^こ子

I 薬剤抵抗性の概況

リンゴに寄生するハダニとして、オウトウハダニ、カンザワハダニ、クローバーハダニ、ナミハダニ、ニセクローバーハダニ、リンゴハダニが記載されている（「農林有害動物・昆虫名鑑」, 1987）。このうち、一般の園地で防除対象となっているハダニはリンゴハダニとナミハダニの2種である。

主なリンゴ産地では1980年代初めごろまで、リンゴハダニの発生がナミハダニよりも優占し、防除上重要視されていた。薬剤抵抗性の実態に関する報告でも、主にリンゴハダニに関心が注がれていた。日本では1959年に北海道で有機リン剤に対するリンゴハダニの抵抗性が報告された（宮下ら, 1960）。これを契機に、青森県、秋田県、岩手県及び長野県でも薬剤抵抗性の問題が相次ぎ、1960～1970年前半までCPCBS, CMP, テトラジホン、クロルベンジレート及びケルセンなどに対する抵抗性が確認された（「果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する研究」, 1973）。

しかし、1980年代以降はナミハダニが相対的に重要な位置を占めるようになり、抵抗性への関心はナミハダニへと移った。

ところが、1990年前後には地域によってはリンゴハダニの発生が目立つようになり、大きな問題となった。福島県北部で1989年に主要な殺ダニ剤であったヘキシチアゾクスに対する抵抗性個体群が初めて認められ（阿部, 未発表；福島県果樹試験場平成元年度業務報告, 1989）、これを契機に翌1990年には広域で確認された（阿部, 未発表；福島県果樹試験場平成2年度業務報告, 1990）。また、1991年には一部の地域でクロフェンテジン抵抗性個体群が認められた（佐々木, 未発表；福島県果樹試験場平成3年度業務報告）。秋田県でもヘキシチアゾクスに対して抵抗性が発達していた（高橋・舟山, 1990）。青森県津軽地方でも1990～91年にリンゴハダニ

が多発し、各地からリンゴハダニを採集して感受性検定を実施した。この結果、いずれの地点でもヘキシチアゾクスに対して顕著な抵抗性が発達しており、また一部の地域ではクロフェンテジンに対して抵抗性が発達していた（藤林・櫛田, 1992）。また、青森県南部地方では1992～93年の感受性検定の結果、ヘキシチアゾクスに対して著しい抵抗性を認めた（荒井, 未発表；青森県畑作園芸試験場平成5年度業務年報）。一方、岩手県では主要殺ダニ剤を二つの組に分け、年次間のローテーション散布を指導しているが、これまで主要薬剤に対する抵抗性発現の報告がないことは注目される。

1990年代初頭にフェンピロキシメート及びピリダベンが登場したことにより、ヘキシチアゾクス及びクロフェンテジンに対する抵抗性の問題は沈静化し、リンゴハダニの発生もあまり目立たなくなった。現在のところリンゴハダニの薬剤抵抗性については大きな問題になっていない。しかし、今後も薬剤によっては抵抗性が発達することがあり得るので、定期的な感受性のモニタリングが必要である。

II 供試虫の入手

リンゴハダニの入手には、越冬卵を集める方法と夏場に活動しているハダニを集める方法がある。

1 越冬卵の採集と増殖

リンゴハダニは9月中旬ごろから越冬卵を産み始める。産卵場所は主に2～5年枝内の枝の分岐部、芽の基部、樹皮のしわの部分などである。

一般園地から採集する場合、剪定によって切り落とされた枝の中から越冬卵の付着した枝を集め、持ち帰る。越冬卵は1月末にはほぼ休眠が終了しているので、持ち帰った枝を高温条件におくと、すぐに卵がふ化してくる。飼育の準備が整うまで、冷蔵庫などの冷暗所に保管する。乾燥条件には強いので、保湿のための処置は特に必要ない。

個体群別に飼育増殖するためには、ポット植えのリンゴ樹を用いると管理が容易である。リンゴが展葉し始めたら、採集枝をポット樹にひもなどで固定し、ふ化終了後に取り外す。十分に個体が増殖した後、検定に供試す

Methods for the Measurement of Susceptibility of Agricultural Insect Pests to Insecticides. European red mite, *penonychus ulmi* KOCH. By Yoshiko KIMURA

（キーワード：ダニ類、リンゴハダニ、薬剤感受性、検定法）

る。

2 活動期のハダニの採集方法

夏場に採集する場合、増殖用ポット樹が十分にない限り、大量に維持増殖させることは難しい。そこで、一度に検定ができるように、できるだけ多くの枝を採集し、大きなビニール袋に入れて持ち帰る。これをバケツなどに水挿しし、数日中に検定を実施する。

III 薬剤感受性検定

1 検定法の種類と特徴

防除薬剤のほとんどが接触剤なので、虫体や卵に薬液を付着させる浸漬法または散布法が適している（菅原・若公，1966；菅原・若公，1967）。ここでは、よく使われるリーフプレート法による浸漬法（以下，スライドディッピング法）とリーフディスク法による散布法（以下，リーフディスク法）を詳しく取り上げた。

このほかにハダニ類の薬剤検定の特殊法として局所施用法も考案された（斉藤・田畑，1970）。しかし、ハダニ類が小さいため、操作に労力がかかり多数の処理が困難であることなどから、単なる薬剤感受性検定には不適当である。

野外で簡易に感受性検定ができる方法としては野外浸漬法（バケツ法）が考案された（成田・高橋，1969）。実際の防除場面で殺ダニ剤が効くかどうかの判定には有効な方法と思われるが、ほとんど普及していない。

(1) スライドディッピング法

スライドガラスに両面粘着テープを貼り付け、これにハダニ類が寄生している葉を付着させ（リーフプレート）、薬液に約 10 秒間浸漬する方法である（菅原・若公，1967）。植物はモモの葉を用いるのが一般的である。リンゴ葉を用いる場合には、モモ葉と比較して感受性が

高くなる傾向が報告されている（若公・菅原，1974）。成虫、幼虫及び若虫などでは浸漬時の脱落や調査時までの葉の乾燥が懸念されるため、これらのステージでは正確なデータが得られない可能性がある。このため、主に殺卵試験で用いられる方法である。卵齢によって感受性が異なるので、正確なデータを得るためには卵齢をそろえるようにする。ただ、後述するように、おおまかな傾向を把握するためには、多様な卵齢が混在しても、有効な結果が得られる。なお、この方法は殺卵性のない薬剤には適用できない、ふ化した個体のその後の生存を追跡調査できないなどの欠点がある。

1991 年に津軽地域の 8 地点からリンゴハダニを採集し、各個体群をポット植えリンゴ樹で飼育した。リンゴ葉上に産下された卵をそのまま供試し、当時使用していた 5 薬剤を対象として実用濃度の殺卵効果を浸漬法で検討した（表-1）。ヘキシチアゾクスと酸化フェンブタスズの効果が他の薬剤よりも著しく低かったことが示され

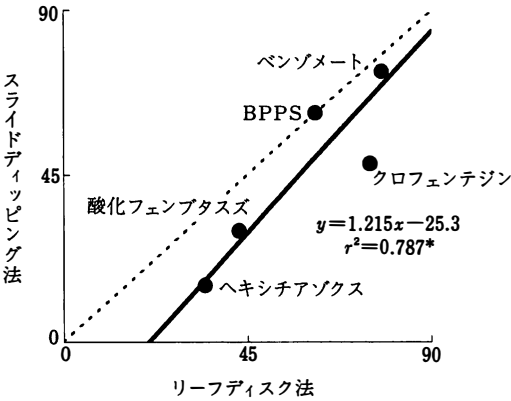


図-1 リーフディスク法及びスライドディッピング法の比較

表-1 津軽地域におけるリンゴハダニを対象としたスライドディッピング法による各種薬剤^{a)}の補正死卵率(%) (1991)

採集地点	供試卵数	ヘキシチアゾクス	クロフェンテジン	酸化フェンブタスズ	ベンゾメート	BPPS
弘前市A	138～225	1.4	59.7	20.0	91.0	72.8
弘前市B	69～ 99	5.9	49.0	22.5	80.8	88.3
浪岡町A	88～132	3.4	77.7	30.0	86.4	76.4
浪岡町B	124～166	71.8	73.0	18.5	82.0	72.7
板柳町	107～158	0	63.5	13.4	100	76.5
平賀町	114～201	30.9	7.7	13.4	96.6	80.9
岩木町	108～142	0	18.8	36.5	91.4	84.5
藤崎町	92～109	0	93.7	51.7	91.3	65.3

^{a)}：供試薬剤：ヘキシチアゾクス水和剤 2,000 倍，クロフェンテジンフロアブル 2,000 倍，酸化フェンブタスズ水和剤 1,000 倍，ベンゾメート乳剤 1,500 倍，BPPS 水和剤 750 倍。

表-2 リンゴ地域におけるリンゴハダニを対象としたリーフディスク法による各種薬剤^{a)}の補正死卵率(%) (1991) (藤林・樺田, 1992 より)

採集地点	供試卵数	ヘキシチ アゾクス	クロフェ ンテジン	酸化フェン ブタスズ	ベンゾ メート	BPPS
弘前市A	103~150	29.2(+) ^{b)}	99.0(+)	8.8(-) ^{c)}	94.2(+)	69.4(-)
弘前市B	127~175	10.3(+)	97.7(+)	19.8(-)	100	92.5(-)
浪岡町A	37~ 44	33.3(+)	100	71.1(-)	90.6(+)	84.3(-)
浪岡町B	60~ 69	50.8(+)	100	88.0(-)	89.1(-)	92.2(-)
板柳町	125~173	42.0(+)	91.8(+)	34.8(-)	96.2(-)	82.0(-)
平賀町	108~186	40.3(+)	33.1(+)	51.0(-)	96.2(-)	64.6(-)
岩木町	100~132	25.2(+)	71.4(+)	51.9(-)	83.8(+)	70.8(-)
藤崎町	82~ 85	31.6(+)	100	50.2(-)	100	52.6(-)

a: 表-1に同じ。

b: +: ふ化個体はほぼ正常に発育。

c: -: ふ化個体はすべて幼若虫または静止期で死亡。

表-3 リーフディスク法とスライドディッピング法による薬剤内地域間の相関(r)

ヘキシチア ゾクス	クロフェン テジン	酸化 フェンブタスズ	ベンゾ メート	BPPS
0.49	0.92**	0.14	-0.01	0.43

**: 1%水準で相関無しの帰無仮説棄却。

ている。ヘキシチアゾクスと酸化フェンブタスズの効果が他の薬剤よりも著しく低かった。

(2) リーフディスク法

湿らせた濾紙、綿、スポンジなどに寄主植物の切り葉を設置し、ハダニを接種後、薬液を散布する方法である。殺成虫試験では殺虫効果のほかに忌避効果、産卵数、産下卵のふ化状況なども追跡調査できる。また、殺卵試験では殺卵効果のほかに、ふ化した個体の生存を追跡調査できる。

葉片には、調査がしやすいことや薬液が浸潤しにくいなどの利点からモモ葉を用いるのが一般的である。しかし、リングを用いる場合に比べ、感受性が高くなる傾向がある(若松・菅原, 1974)。

薬液の散布は農薬散布塔やハンドスプレーなどによって行う。ナミハダニを供試した結果によれば、2~6 mg/cm²の範囲内では、散布量による死虫率に差はない(木村, 未発表)が、われわれは約6 mg/cm²で試験している。浜村(1996)はハダニ類への散布量を2 mg/cm²とし、また、日本植物防疫協会による「リンゴ農薬連絡試験実施方法」では10 mg/cm²内外としている。

散布量による効果の違いよりも、処理葉を長時間乾燥しにくい条件におくことによって、ハダニがおぼれるなどの事故が起こりやすいことが問題である。この点に注意すれば、ある程度の散布量の違いは試験結果に影響を

及ぼさないとされるが、一連の試験の中では散布量を一定にしなければならない。

表-1と同じ地点のリンゴハダニを対象として、同じ薬剤、同じ濃度でリーフディスク法によって殺卵効果を検討した結果を表-2に示した。この結果でもヘキシチアゾクスと酸化フェンブタスズの効果が他の薬剤よりも著しく低かった。

(3) スライドディッピング法及びリーフディスク法による検定方法の比較

表-1と表-2の補正死卵率をアークサイン変換し、各薬剤について平均値を求めた。リーフディスク法による値を横軸、スライドディッピング法による値を縦軸に取り、図-1にプロットした。図には両者の回帰直線(central trend line)を実線で示し、死亡率同一直線を点線で示した。

この二つの直線の高さの比較から明らかなように、スライドディッピング法はリーフディスク法よりも死亡率が低く評価される。また、二つの直線の勾配の比較から明らかなように、スライドディッピング法では薬剤間の違いが鋭敏に現れる。このように、両者にはそれぞれの特長が見られるが、両者の間には高い相関が認められることから、いずれの方法によっても薬剤の優劣の判定は可能である。

次に、個々の薬剤について、二つの方法によって得られた各地点の結果の一致性を相関分析によって検定した(表-3)。その結果、クロフェンテジンでは1%水準で相関があったが、ヘキシチアゾクス、酸化フェンブタスズ、ベンゾメート及びBPPSでは相関は有意ではなかった。このように、地域間の感受性の比較では両者による結果が一致しない薬剤が多かった。したがって、地域間の感受性の比較を目的とした場合、どちらの検定法の

表-4 リンゴハダニに対する各種薬剤^{a)}のベースライン
(木村・櫛田, 1994)

発育 段階	採集 地点	ピリダベン		フェンピロキシメート	
		勾配	LC ₅₀	勾配	LC ₅₀
成虫	浪岡町	—	<0.26 ppm	2.83	0.18 ppm
	弘前市	0.78	0.03	1.50	0.03
卵	平賀町	4.88	25.67	2.49	21.14
	滝井	4.42	16.07	4.34	32.27
	浪岡町	3.84	11.12	3.10	32.65
	弘前市	3.44	6.88	2.49	40.45

^{a)} 供試薬剤：ピリダベン水和剤、フェンピロキシメートフロアブル。



図-2

信頼性が高いかが問題となる。筆者は以下の理由から、リーフディスク法の信頼性が高いと考えている。

① リーフディスク法では卵齢が一定のものを対象としているのに対し、スライドディッピング法では多様な卵齢を対象としている。

② リーフディスク法によって地域間の感受性検定をした場合、卵を対象とした結果と成虫を対象とした結果の相関が高い (木村, 投稿中)。

目的や状況により二つの方法を使い分けることが必要であるが、表-3に示したように薬剤によって二つの方法による違いが生じる。したがって、個々の薬剤について検定方法による違いをあらかじめ検討しておくことも必要である。

2 薬剤濃度の設定

(1) 実用濃度での検定

実用濃度の防除効果を広い範囲を対象として推定したい場合には、使用頻度の高い薬剤を選び、実用濃度だけで室内試験を実施するとよい。薬剤によってはハダニ類に交差抵抗性が発達したかどうかを検討できる場合もある (藤林・櫛田, 1992; 木村, 投稿中)。

(2) 濃度反応による検定

新規の殺ダニ剤については実用化した後、遅くとも1~2年のうちに、ハダニ類について、LC₅₀ 値や濃度に対する反応直線の勾配などのベースラインを求めておくべきである。抵抗性が顕在化していなくても、薬剤を散布している限り感受性は低くなっていく。将来、抵抗性の発達程度を知るためにもベースラインは必要である。また、多くの地点のハダニについて各種薬剤のLC₅₀ 値の相関関係を明らかにすることにより、交差抵抗性発達の可能性を探ることもできる。

新規の薬剤で感受性が未知の場合には、LC₅₀ 値の算出に必要な濃度範囲を決めるために、予備実験を実施することが望ましい。その後、2倍ずつ4~6段階の薬液

を調整し、希釈した薬液を供試虫に散布する。得られたデータから、プロビット法によりLC₅₀ 値などを算出する。

リンゴハダニのピリダベン及びフェンピロキシメートに対する実用化当初の感受性を表-4に示した。これら2剤は主要殺ダニ剤として高い頻度で使用されてきた。このデータと比較することによって、抵抗性の発達程度を判定できる。

3 試験手順

(1) リーフディスクの作成とハダニの接種

モモ葉を用いて、以下の方法でリーフディスクを作成する (図-2)。中央部を切り抜いた直径7.5 cmのアイスクリームカップの蓋に、5 cm×5 cmのフランネルを敷き、リーフパンチャーで切り取った直径2 cmの葉片を葉裏を上にして置く。脱脂綿を薄く敷いた容器にリーフディスクを収容し、水を薄く張ってモモ葉の乾燥を防ぐ。

ハダニを葉片上に移すときには細筆を用い、筆を湿らせながら、ハダニの足下をすくい上げるように拾い上げ、静かに移す。

(2) 殺虫試験

1) 殺成虫試験

① 1葉片当たり10個体の雌成虫を接種する。1濃度当たりの個体数は多ければ多いほどよいが、少なくとも30個体以上は必要である。

② 所定量の薬液を散布する。

③ 風乾後、23°Cの条件下に静置し、2日後に生虫数、苦悶虫数 (正常に歩行できない個体)、死虫数及び葉片外への逃亡虫数を計数する。

④ ABBOTTの補正式によって、死虫率 (苦悶虫を含む) を補正する。なお、逃亡虫は計算から除外する。忌避効果の高い薬剤では逃亡虫が多いことがあるので、データには参考として逃亡虫率を添えることが必要であ

る。

2) 殺卵試験

① 1葉片当たり10個体の雌成虫を接種する。23℃の条件下に静置し、24時間後に雌成虫を除去する。産下された卵を計数し、処理区によって卵数が極端に違わないように、各処理区への葉片の割り振りをし、卵数を調整する。1濃度3反復以上とし、その卵数は1濃度当たり卵100個前後になるようにする。

② 所定量の薬液を散布する。

③ 風乾後、23℃の条件下に静置し、10日後に未ふ化卵及びふ化個体の生虫数及び死虫数を計数する。静止期の個体で生死の判別が難しいときは対照区（水処理区あるいは展着剤のみの区）の個体がほぼ成虫に達した段階で比較するとよい。対照区の個体が成虫に達したにもかかわらず、処理区で静止期である場合は死虫とみなす。

④ ABBOTTの補正式により、死卵率を補正する。薬剤によってはふ化後の個体が多く死ぬ場合があるので、死卵とふ化後死の個体を合計した死亡率も算出することが望ましい。

引用文献

- 1) 青森県畑作園芸試験場 (1993): 平成5年度業務報告: 58.
- 2) 藤林佳子・櫛田俊明 (1992): 北日本病虫研報 43: 152~154.
- 3) 福島県果樹試験場 (1989): 平成元年度業務報告: 258~260.
- 4) ——— (1990): 平成2年度業務報告: 253~255.
- 5) ——— (1991): 平成3年度業務報告: 252~256.
- 6) 浜村徹三 (1996): 江原昭三・真梶徳純編, 植物ダニ学, 全農教, 東京, pp. 323~330.
- 7) 木村佳子 (1998): 東北農業研究 (投稿中).
- 8) ———・櫛田俊明 (1994): 北日本病虫研報 45: 195~197.
- 9) 宮下揆一 (1960): 農及園 35: 865~866.
- 10) 成田 弘・高橋佑治 (1969): 果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する試験成績, 日本植物防疫協会, 東京, pp. 102~112.
- 11) 日本応用動物昆虫学会編 (1987): 農林有害動物・昆虫名鑑, 日本植物防疫協会, 東京
- 12) 日本植物協会 (1973): 果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する研究, 日本植物防疫協会, 東京
- 13) 齊藤哲夫・田畑勝洋 (1970): 植物防疫 24: 485~486.
- 14) 菅原寛夫・若公正義 (1966): 北日本病虫研報 17: 90.
- 15) ——— (1967): 園試報 C 5: 105~116.
- 16) 高橋佑治・舟山 健 (1990): 秋田県果樹試報 34: 202~203.
- 17) 若公正義・菅原寛夫 (1974): 果樹試報 C 1: 129~139.

発行

日本植物防疫協会

「昆虫の飼育法」

湯嶋 健・釜野静也・玉木佳男 共編

収録種(項目)数 126 種

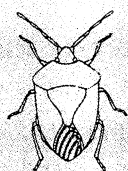
B5判 本文 400 ページ

定価 12,232 円(本体 11,650 円+税)

送料サービス

昆虫の飼育法

湯嶋 健
釜野静也 編
玉木佳男



社団法人 日本植物防疫協会

昆虫の飼育法について、実際に飼育に従事されている方に、独特のコツを含めて詳述していただいた。総論では、共通性のある、餌の種類／人工飼料の調整／飼育虫の病気対策／虫質管理／飼育環境／飼育施設／飼育計画と作業計画などを、各論では、126 種(項目)の虫につき、材料の採集／餌／飼育法／作業計画／注意事項と問題点／参考文献などを詳述。付録に、ビタミン混合とその作り方、無機塩混合物とその作り方、昆虫用市販人工飼料リストを付す。

〈お申し込みは前金(現金書留・郵便振替)で本会まで〉