

秋田県南部のリンゴ園におけるナミハダニの フェンピロキシメートとピリダベンに対する薬剤抵抗性

舟 山 健 ・ 高 橋 佑 治

目 次

I. 緒 言	19
II. 材料及び方法	19
1. 現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性	
2. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群の各種殺ダニ剤に対する感受性	
3. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群と現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性の経代変化	
4. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群と無淘汰個体群との交雑個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性	
III. 結 果	21
1. 現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性	
2. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群の各種殺ダニ剤に対する感受性	
3. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群と現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性の経代変化	
4. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群と無淘汰個体群との交雑個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性	
IV. 考 察	27
V. 摘 要	28
VI. 引用文献	29

I. 緒 言

ハダニ類は薬剤抵抗性が発達し易く、各グループの各薬剤に高度の抵抗性が生じており、代替薬剤が非常に限られてきている¹⁾。秋田県のリンゴ園で発生している主なハダニ類はリンゴハダニ *Panonychus ulmi* (Koch) とナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch で、現在はほとんどの園地でナミハダニが優占している。本県のリンゴ園においてフェンピロキシメートとピリダベンは、1991年からハダニ類の主力防除剤として使用されているが、県南部の平鹿郡では、1993年にはこれら新殺ダニ剤のナミハダニに対する防除効果が不十分であるとの声があがっており、ピリダベンについては当初から効果が低かったと話す園主もいる。

そこで、今後の防除対策を講ずるための基礎資料を得る目的で、本県南部のリンゴのナミハダニ現地個体群と各種殺ダニ剤に未経験の室内累代飼育個体群を用いて、フェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性検定を行い、両薬剤に対する薬剤抵抗性の発達および特徴について検討したので報告する。

本文に入るに先立ち、本種の採集および室内飼育にご協力をいただいた柴田良子さん、ならびに研修生の各位に謝意を表する。なお、本報告の一部はすでに日本昆虫学会第54回大会・第38回日本応用動物昆虫学会大会合同大会（1994年3月、東京）で発表した²⁾。

II. 材料及び方法

1. 現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性

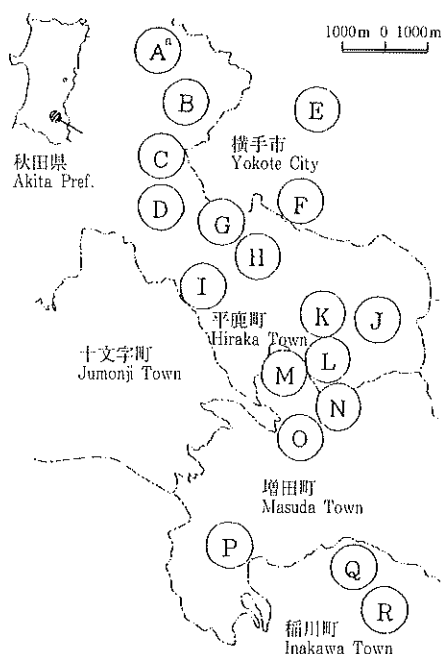
1992年は秋田県平鹿郡のリンゴ園5園地（増田町沢

口、増田町半助、増田町下タ町、平鹿町明沢、横手市楯沢) から、1993年は第1図に示した秋田県横手市、平鹿郡および雄勝郡の異なる共同防除組合に属するリング園18園地(A~R園地)から、4月中旬にナミハダニ越冬虫をそれぞれ採集し、ポット植えのインゲン(本金時菜豆)に放して恒温室(24±1℃, 16L8D)に置き、1世代経過させて得られた雌成虫を供試した。

供試薬剤は、1992年はフェンピロキシメート5%水和剤およびピリダベン20%水和剤を16,000~500倍の6段階に、1993年は4,000、2,000および1,000倍の3段階に水で希釈して供試した。

検定はインゲン葉を用いて、若公・菅原²²⁾のLeaf disc法を若干変更して行った。すなわち、蓋の中央に穴をあけたアイスクリームカップ(径10×4.5cm)に水を入れ、ろ紙(径9cm)の一部を舌状に切り込んで穴に挿入し、綿フランネル布(6×5cm)を載せて水で湿潤させ、その上に径2cmのインゲン葉片を裏側を上にして2枚離して載せた。インゲン葉片に雌成虫を5頭

ずつ接種して前述の恒温室内に1日間置いた後、健全虫と思われる個体のみを用いた。薬液の処理は若公・菅原²²⁾のコンプレッサー空気圧を利用したガラス製atomizerの薬液噴霧装置を用いて、薬液付着量が1cm²当たり約5mgになる条件で、1992年は1区3~7反復、1993年は1区5反復で行い、他に無処理区を設けた。処理後は再び恒温室内に置いて3日後に生死を判定した。死虫率には苦間虫も含めて算出し、無処理区の死虫率で補正した。1992年の検定結果からは各濃度での補正死虫率からプロビット法で濃度-死虫率回帰直線を求めてLC₅₀値を算出し、回帰直線の適合性については χ^2 検定を5%有意水準で行った。また、1993年の検定結果からは、各個体群の両薬剤の2,000および1,000倍での死虫率(%、p)を θ (rad.)= $\sin^{-1}\sqrt{p}$ で角変換して、同一希釈倍率の両薬剤に対する感受性の相関関係を調べた。相関係数の有意性についてはt検定を5%および1%有意水準で行った。



第1図 1993年の秋田県南部における野外個体群の採集地

^a アルファベット(A~R)は採集地を示す。

Fig. 1 Collection sites of field populations in southern Akita Prefecture in 1993.

^a The alphabets(A~R)shows collection sites.

2. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群の各種殺ダニ剤に対する感受性

前述の恒温室内でポット植えのインゲン(本金時菜豆)を用いて累代飼育しているフェンピロキシメートとピリダベンに未経験の本県南部産のナミハダニ(以下、室内個体群と呼ぶ)を、フェンピロキシメート5%水和剤2,000倍およびピリダベン20%水和剤1,000倍で別々に1993年4月から2~3週間毎に7回処理して作出した淘汰個体群の雌成虫を供試した。

薬剤は第2表に示した殺ダニ剤8剤をほぼ50%の死虫率が得られる濃度を中心とした5濃度段階に水で希釈して供試し、他に無処理区を設けた。薬剤感受性検定は1区5反復を試験1と同様に行い、処理2日後に調査した。各濃度での補正死虫率からプロビット法でLC₅₀値を算出し、それぞれのLC₅₀値を用いて、次式により抵抗性比(R/S)を求めた。

$$\text{抵抗性比 (R/S)} = \frac{\text{淘汰個体群のLC}_{50}\text{値}}{\text{無淘汰個体群のLC}_{50}\text{値}}$$

3. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群と現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベ

ンに対する感受性の経代変化

前述の室内個体群を用いて、1991年9月から2～3週間毎にフェンピロキシメート5%水和剤1,000倍を7回処理した個体群およびピリダベン20%水和剤1,500倍を5回処理した個体群をそれぞれ作出し、淘汰中止直後の両淘汰個体群と無淘汰個体群の雌成虫を供試した。薬剤はフェンピロキシメート5%水和剤およびピリダベン20%水和剤を16,000～500倍の6段階に水で希釈して供試し、他に無処理区を設けた。薬剤感受性検定は1区5～7反復を試験1と同様に行い、処理2日後に調査した。各濃度での補正死亡率からプロビット法で LC_{50} 値および LC_{95} 値を算出し、抵抗性比(R/S)を求めた。

その後は、両淘汰個体群を前述の恒温室内でポット植えのインゲン（本金時菜豆）を用いて累代飼育して得られた1、2および3世代後の雌成虫と2および3世代後の雄成虫をそれぞれ供試して感受性の経代変化を調査した。薬剤はフェンピロキシメート5%水和剤1,000倍およびピリダベン20%水和剤1,500倍を水で希釈して供試し、1区10～15反復で上記と同様に薬剤感受性検定を行った。

また、試験1で1993年に供試した現地4個体群（増田町沢口、増田町半助、平鹿町明沢、横手市櫛沢）を1993年4月から1994年5月まで恒温室内のインゲンで累代飼育した個体群と1994年4月上旬に同じ4園地から越冬虫を採集して恒温室内で1世代経過させた個体群の雌成虫を供試して、フェンピロキシメート5%水

和剤を4,000、2,000および1,000倍の3濃度段階に水で希釈して用い、1区10頭5反復で上記と同様に薬剤感受性検定を行った。

4. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群と無淘汰個体群との交雑個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性

前述の試験3で供試したフェンピロキシメート5%水和剤1,000倍を7回処理した個体群およびピリダベン20%水和剤1,500倍を5回処理した個体群と無淘汰個体群を用いて、両個体群を交雑して得た F_1 および B_1 世代の個体群と親個体群を供試した。薬剤はフェンピロキシメート5%水和剤1,000倍とピリダベン20%水和剤1,500倍を供試し、各区の供試虫数は第6表と第7表に示した。薬剤感受性検定方法および調査は前述の試験1に従った。さらに、ピリダベン抵抗性は単一の主働遺伝子によるという仮説に対する χ^2 検定を行った。

Ⅲ. 結 果

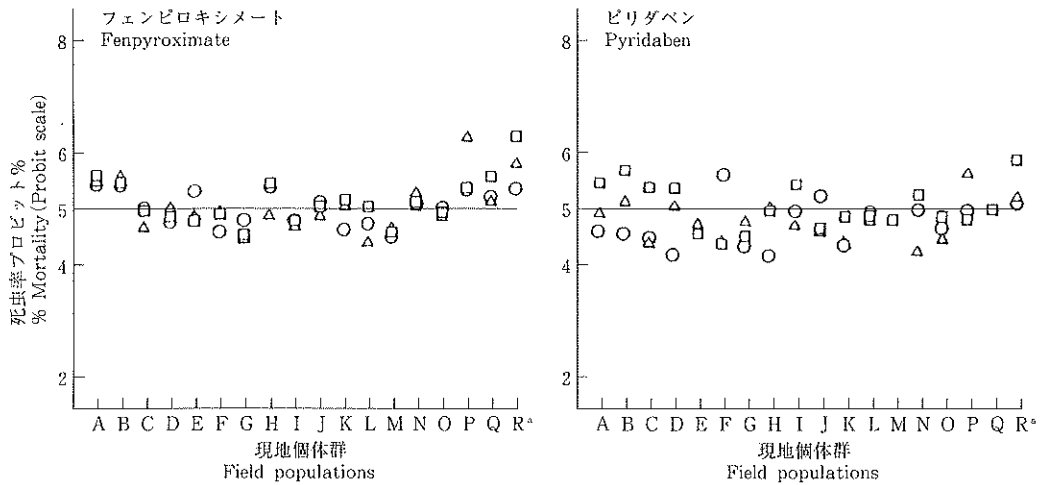
1. 現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性

現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性検定結果を1992年は第1表に、1993年は第2図に示した。1992年の現地5個体群のフェンピロ

第1表 1992年の現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性
Table.1 Susceptibility to fenpyroximate and pyridaben in five field populations in 1992.

採 集 地 Collection site	フェンピロキシメート感受性 Fenpyroximate susceptibility (ppm)			ピリダベン感受性 Pyridaben susceptibility (ppm)		
	Fenpyroximate susceptibility (ppm)			Pyridaben susceptibility (ppm)		
	供試虫数 No. of mite	LC_{50} 値 LC_{50}	LC_{95} 値 LC_{95}	供試虫数 No. of mite	LC_{50} 値 LC_{50}	LC_{95} 値 LC_{95}
増田町沢口 Sawaguchi	157	45.1	80.6	148	>533	— ^a
増田町半助 Hansuke	267	45.5	81.6	217	4334.7	—
増田町下タ町 Shitamachi	119	45.7	84.2	146	1298.0	—
平鹿町明沢 Akesawa	376	44.4	84.7	249	1402.8	—
横手市櫛沢 Narasawa	182	31.5	74.0	169	1607.8	—

^a >10,000ppm.



第2図 1993年の野外個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性

フェンピロキシメートの供試濃度；○：12.5ppm，△：25ppm，□：50ppm.

ピリダベン供試濃度；○：50ppm，△：100ppm，□：200ppm.

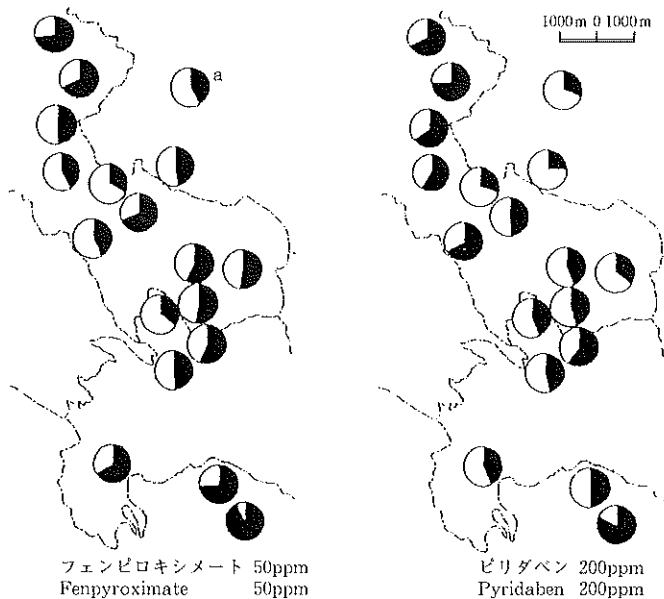
* アルファベット (A~R) は採集地を示す.

Fig. 2 Susceptibility to fenpyroximate and pyridaben in eighteen field populations in 1993.

Fenpyroximate concentration ; ○ : 12.5ppm, △ : 25ppm, □ : 50ppm

Pyridaben concentration ; ○ : 50ppm, △ : 100ppm, □ : 200ppm

* The alphabets (A~R) shows collection sites.



第3図 野外個体群のフェンピロキシメートおよびピリダベンに対する感受性と採集地の関係

左図：フェンピロキシメート50ppmに対する感受性。右図：ピリダベン200ppmに対する感受性。

* 円中の黒部分は死虫率%，白部分は生存虫率%を示す。

Fig. 3 Relationship between collection sites and susceptibility to fenpyroximate and pyridaben in field populations.

Left : Susceptibility to fenpyroximate 50ppm. Right : Susceptibility to pyridaben 200ppm.

* Black area shows mortality(%), White area shows survival rate(%).

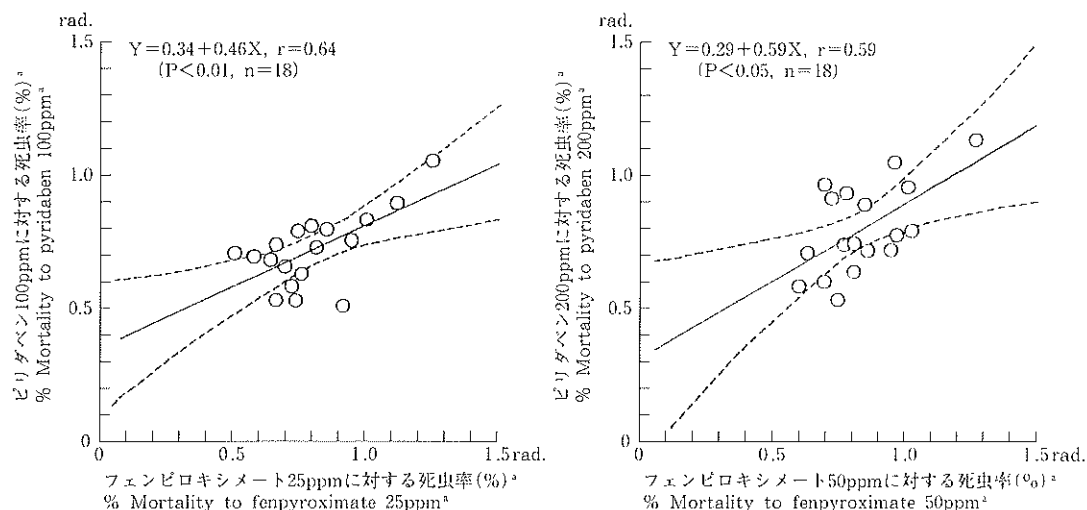
キシメートに対する感受性は、ほとんどの個体群で LC_{50} 値が45ppm, LC_{95} 値が80ppmで、ピリダベンに対しては供試濃度の最高値である533ppmでも死虫率は50%以下で感受性は著しく低かった。1993年の現地18個体群のフェンピロキシメートに対する感受性は、多くの個体群では供試濃度12.5, 25および50ppmのいずれでも死虫率は50%前後で低く、ピリダベンに対する感受性も多くの個体群では供試濃度50ppmでの死虫率は20~30%程度で、100および200ppmでも死虫率は50%前後で著しく低かった。また、現地個体群の両薬剤の常用濃度に対する感受性は採取地によって若干異なり、平鹿町や増田町個体群の感受性は低く、その周辺域の個体群の感受性は比較的高かった(第3図)。

1993年の現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性の相関関係を第4図に示した。現地個体群の両薬剤に対する感受性は、フェンピロキシメート25ppmとピリダベン100ppmの間には $r = 0.64$, フェンピロキシメート50ppmとピリダベン200ppmの間には $r = 0.59$ の有意な正の相関がそれぞれ

得られた。

2. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群の各種殺ダニ剤に対する感受性

各種殺ダニ剤に対するフェンピロキシメート淘汰個体群(F), ピリダベン淘汰個体群(P)および無淘汰個体群(S)の LC_{50} 値を第2表に示した。フェンピロキシメートは、無淘汰個体群に対しては2.4ppm, フェンピロキシメート淘汰個体群に対しては11.6ppmで抵抗性比(F/S)は4.8, ピリダベン淘汰個体群に対しては6.1ppmで抵抗性比(P/S)は2.5であった。しかし、ピリダベンは、無淘汰個体群に対しては54.5ppmであったが、フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群に対しては供試濃度の最高値である533ppmでも死虫率は50%以下で感受性は著しく低く、抵抗性比(F/SおよびP/S)は9.8以上であった。その他の供試薬剤に対する両淘汰個体群と無淘汰個体群の抵抗性比は0.7~1.3の範囲であった。



第4図 野外個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性の関係
左図: フェンピロキシメート25ppmとピリダベン100ppmに対する感受性の関係
右図: フェンピロキシメート50ppmとピリダベン200ppmに対する感受性の関係
a 数値は死虫率%を逆正弦変換した値。

Fig. 4 Correlation between fenpyroximate and pyridaben susceptibility in field populations.
Left: Susceptibility to fenpyroximate 25ppm and pyridaben 100ppm.
Right: Susceptibility to fenpyroximate 50ppm and pyridaben 200ppm.
a Data transformed by arcsin $\sqrt{\%}$.

第2表 フェンピロキシメート25ppm淘汰個体群, ピリダベン200ppm淘汰個体群および無淘汰個体群の各種殺ダニ剤に対する感受性

Table.2 Susceptibility to eight miticides in fenpyroximate 25ppm selected (F), pyridaben 200ppm selected (P) and unselected (S) populations.

殺ダニ剤 Mitside	LC ₅₀ 値および95%信頼区間 (ppm) LC ₅₀ with 95% confidence limits (ppm)			抵抗性比 Resistance rate ^a	
	フェンピロキシメート淘汰個体群 F population	ピリダベン淘汰個体群 P population	無淘汰個体群 S population	F/S	P/S
フェンピロキシメート Fenpyroximate	11.6 (3.9- 36.5)	6.1 (3.6- 11.4)	2.4 (1.1- 5.5)	4.8	2.5
ピリダベン Pyridaben	>533	>533	54.5 (29.0-100.1)	>9.8	>9.8
BPPS Propagite	30.6 (16.0- 61.9)	32.9 (21.7- 51.1)	28.5 (13.5- 65.6)	1.1	1.2
ポリナクチン複合体・BPMC ^b Polinactins BPMC	21.4 (11.8- 39.0)	16.5 (9.7- 19.5)	18.1 (10.8- 29.9)	1.2	0.9
テブフェンピラド Tebufenpyrad	5.5 (2.5- 15.5)	4.8 (1.7- 13.3)	4.3 (1.2- 22.9)	1.3	1.1
水酸化トリシクロヘキシルスズ Cyhexatin	81.0 (65.9- 99.0)	58.7 (29.2-118.0)	73.7 (55.1- 92.5)	1.1	0.8
酸化フェンブタスズ Fenbutatin	98.6 (46.9-191.9)	107.8 (55.6-220.0)	112.2 (72.0-216.9)	0.9	1.0
ケルセン Dicofol	24.2 (13.7- 42.9)	29.9 (15.7- 56.3)	33.7 (15.1- 75.1)	0.7	0.9

^a LC₅₀値の抵抗性比は無淘汰個体群と比較した値。^b Resistance rate at LC₅₀ compared to unselected population.^c ポリナクチン複合体12%とBPMC30%を合わせた値。^d Polinactins 12% and BPMC 30%.

3. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群と現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性の経代変化

フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性検定結果を第3表に、淘汰中止以後の3世代までのフェンピロキシメート50ppmとピリダベン133ppmに対する感受性検定結果を第4表、第5表に示した。淘汰中止直後のフェンピロキシメート淘汰個体群は、フェンピロキシメートに対してはLC₅₀値が36.9ppm, LC₉₅値108.8ppmで抵抗性比はそれぞれ10.9, 6.0で、ピリダベンに対してはLC₅₀値が533ppm以上で、抵抗性比

は18.2以上であった。淘汰中止直後のピリダベン淘汰個体群は、フェンピロキシメートに対してはLC₅₀値が24.4ppm, LC₉₅値62.0ppmで抵抗性比はそれぞれ7.1, 3.5で、ピリダベンに対してはフェンピロキシメート淘汰個体群と同様にLC₅₀値が533ppm以上であった。

淘汰中止後のフェンピロキシメートに対する両淘汰個体群の感受性は世代が経過したほど高く、3世代後の個体群の雌成虫の死虫率は80%程度になった。ピリダベンに対する両淘汰個体群の感受性には世代の経過に伴う大きな変化は認められず、3世代後の個体群でも雌成虫の死虫率は10%程度であった。

現地4個体群の1993年個体群, 1993年から1994年ま

第3表 フェンピロキシメート50ppm淘汰個体群 (RF), ピリダベン133ppm淘汰個体群 (PR) および無淘汰個体群 (S) のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性

Table.3 Susceptibility to fenpyroximate and pyridaben in fenpyroximate 50ppm selected (FR), pyridaben 133ppm selected (PR) and unselected (S) populations.

個体群 Population	フェンピロキシメート感受性 Fenpyroximate susceptibility				ピリダベン感受性 Pyridaben susceptibility			
	供試虫 No. of mite	LC ₅₀ 値 LC ₅₀	LC ₉₅ 値 LC ₉₅	抵抗性比 FR/S ^a	供試虫 No. of mite	LC ₅₀ 値 LC ₅₀	LC ₉₅ 値 LC ₉₅	抵抗性比 PR/S ^a
RF	339	36.9	108.8	10.9	374	>533	— ^b	>18.2
RP	232	24.4	62.0	6.0	262	>533	— ^b	>18.2
S	347	3.4	18.1	—	291	29.3	73.8	—

^a LC₅₀値の抵抗性比は無淘汰個体群と比較した値。^b Resistance rate at LC₅₀ compared to unselected population.^c >10,000ppm.

第4表 フェンピロキシメート50ppm淘汰個体群のフェンピロキシメート50ppmとピリダベン133ppmに対する感受性の経代変化

Table.4 Changes of susceptibility to fenpyroximate 50ppm and pyridaben 133ppm in fenpyroximate 50ppm selected population.

経過世代 Generation	フェンピロキシメート感受性 Fenpyroximate susceptibility				ピリダベン感受性 Pyridaben susceptibility			
	♀		♂		♀		♂	
	供試数 No. of mite	死虫率% Mortality (%)	供試数 No. of mite	死虫率% Mortality (%)	供試数 No. of mite	死虫率% Mortality (%)	供試数 No. of mite	死虫率% Mortality (%)
1 世代 First	60	43.3	95	76.8	75	28.0	— ^a	—
2 世代 Second	174	62.6	50	94.0	75	14.7	57	21.1
3 世代 Third	115	75.7	60	91.9	87	14.9	55	29.1

^a 未調査 ^a Not investigated.

第5表 ピリダベン133ppm淘汰個体群のフェンピロキシメート50ppmとピリダベン133ppmに対する感受性の経代変化

Table.5 Changes of susceptibility to fenpyroximate 50ppm and pyridaben 133ppm in pyridaben 133ppm selected population.

経過世代 Generation	フェンピロキシメート感受性 Fenpyroximate susceptibility				ピリダベン感受性 Pyridaben susceptibility			
	♀		♂		♀		♂	
	供試数 No. of mite	死虫率% Mortality %	供試数 No. of mite	死虫率% Mortality %	供試数 No. of mite	死虫率% Mortality %	供試数 No. of mite	死虫率% Mortality %
1 世代 First	129	65.9	— ^a	—	60	3.3	— ^a	—
2 世代 Second	60	70.0	50	90.0	61	11.5	40	10.0
3 世代 Third	109	89.0	62	96.8	90	12.2	59	10.2

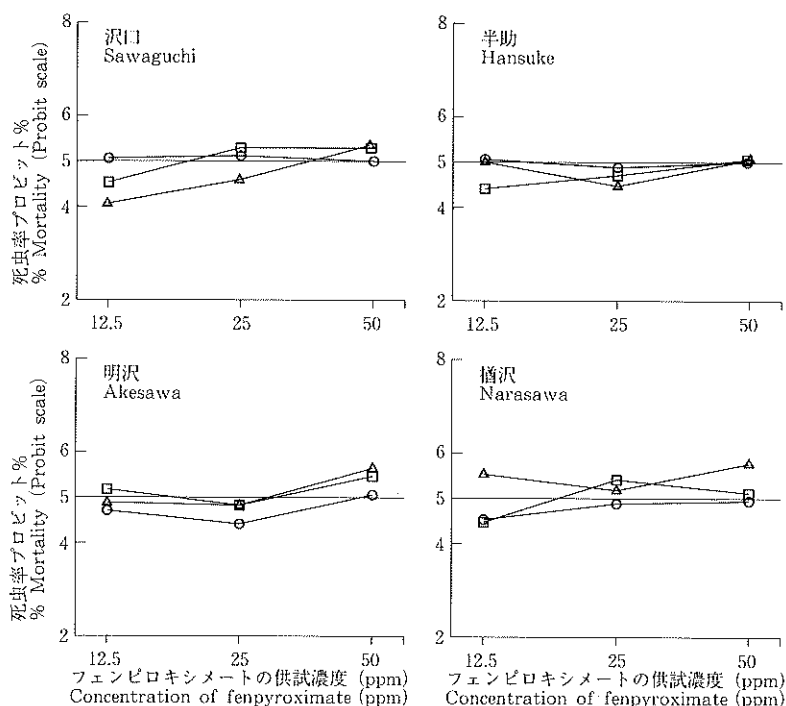
^a 未調査 ^a Not investigated.

で累代飼育した個体群および1994年個体群のフェンピロキシメートに対する感受性検定結果を第5図に示した。現地4個体群ともに累代飼育によるフェンピロキシメート感受性に大きな変化は認められず、フェンピロキシメート50ppmでの雌成虫の死虫率は50%程度であった。

4. フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群と無淘汰個体群との交雑個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性

フェンピロキシメート淘汰個体群 (FR), ピリダベン淘汰個体群 (PR), 無淘汰個体群 (S) および交雑個体群 (F₁ および B₁) のフェンピロキシメート50ppmに対する感受性を第6表に、ピリダベン133ppmに対する感受性を第7表に示した。正逆交雑したF₁世代雌成虫の両薬剤に対する死虫率はFR♀×S♂個

体群とS♀×FR♂個体群, PR♀×S♂個体群とS♀×PR♂個体群の間で有意な差は認められなかった。しかし, F₁世代雄成虫については, ピリダベンに対する正逆交雑の感受性結果に著しい差意が認められた。また, ピリダベン抵抗性遺伝子が単一の主働遺伝子によるものと仮定した場合の期待値を正逆交雑によるF₁世代雌成虫の死虫率から算出して観測値と比較した結果, (FR♀×S♂)♀×FR♂個体群は期待値11.5に対して観測値は13.8, (S♀×FR♂)♀×S♂個体群は期待値55.0に対して観測値は45.0, (PR♀×S♂)♀×PR♂個体群は期待値7.3に対して観測値は7.8, (S♀×PR♂)♀×S♂個体群は期待値53.2に対して観測値48.0で, χ^2 検定の結果, 期待値と観測値の間には5%水準で統計的な有意差は認められなかった。



第5図 1993年～1994年の野外個体群のフェンピロキシメートに対する感受性の変化
○：1993年採集個体群，△：1992～1993年累代飼育個体群，□：1994年採集個体群

Fig. 5 Changes of susceptibility to fenpyroximate of four field populations from 1993 to 1994.
○：Collection in 1993, △：Rearing for successive generation from 1992 to 1993,
□：Collection in 1994.

第6表 フェンピロキシメート淘汰個体群(FR)，ピリダベン淘汰個体群(PR)，無淘汰個体群(S)および交雑個体群F₁，B₁のフェンピロキシメート50ppmに対する感受性

Table.6 Susceptibility to fenpyroximate 50ppm in fenpyroximate selected (FR), pyridaben selected (PR) and unselected (S) populations, and their offspring.

個体群 Population	世代 Generation	供試数 No. of mite		死虫率% % Mortality	
		♀	♂	♀	♂
FR×FR	F ₁	174	51	62.9	94.0
FR×S	F ₁	215	96	83.8	95.8
S×FR	F ₁	96	75	90.6	100
(FR×S)×FR	B ₁	58	46	62.5	89.5
(FR×S)×S	B ₁	93	36	91.4	88.2
PR×PR	F ₁	66	51	80.0	94.1
PR×S	F ₁	98	66	82.7	78.8
S×PR	F ₁	82	58	70.7	100
(PR×S)×PR	B ₁	95	54	71.4	96.3
(S×PR)×S	B ₁	96	54	94.7	100
S×S	F ₁	61	47	100	100

第7表 フェンピロキシメート淘汰個体群(FR)，ピリダベン淘汰個体群(PR)，無淘汰個体群(S)および交雑個体群F₁，B₁のピリダベン133ppmに対する感受性

Table.7 Susceptibility to pyridaben 133ppm in fenpyroximate selected (FR), pyridaben selected (PR) and unselected (S) populations, and their offspring.

個体群 Population	世代 Generation	供試数 No. of mite		死虫率% % Mortality	
		♀	♂	♀	♂
FR×FR	F ₁	71	57	14.7	21.8
FR×S	F ₁	66	57	3.0	21.1
S×FR	F ₁	110	69	8.2	95.7
(FR×S)×FR	B ₁	58	28	13.8	14.3
(S×FR)×S	B ₁	61	34	45.0	35.3
PR×PR	F ₁	80	40	10.3	10.0
PR×S	F ₁	135	68	8.9	17.9
S×PR	F ₁	97	63	4.3	95.2
(PR×S)×PR	B ₁	94	69	7.8	43.5
(S×PR)×S	B ₁	100	48	48.0	58.3
S×S	F ₁	50	30	97.4	100

IV. 考 察

本県南部の平鹿郡の共同防除組合36組合において、フェンピロキシメートの使用率は1991年は75%、1992年は97%であったが、ピリダベンの使用率は1991年は14%、1992年は19%であり、ピリダベンの使用園は少なかった。

1992年と1993年に採集した現地個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性は低く、1993年は両薬剤に対する常用濃度での死虫率が50%程度であったことから、多くの現地個体群の両薬剤に対する濃度-死虫率線には常用濃度を含む比較的広い濃度域で死虫率50%付近にプラトーがあると考えられる。このことは両薬剤に対する感受性個体群と抵抗性個体群とが共存していることを示唆している²⁰⁾。また、現地個体群の両薬剤に対する感受性は、リンゴ園地が比較的集中している平鹿町および増田町から採集した個体群の感受性は低く、これらの地域から離れた周辺域から採集した個体群の感受性はそれよりも高かった。このことは、果樹の集団産地といわれる所ほどハダニ類の薬剤抵抗性が問題となっていることなどから¹⁰⁾、本結果での抵抗性分布の偏りには集団の大きさが関係している可能性があると考えられる。

他県においても1993年には現地個体群の両薬剤に対する感受性の低下が報告されている^{5,19)}。本県南部において、1991年以前の現地個体群の両薬剤に対する感受性は未調査ではあるが、フェンピロキシメートに対しては本試験の現地個体群の感受性の比較や現地における本種の発生消長調査^{1,2,3)}からも感受性の低下が考えられた。しかし、ピリダベンに対しては、1993年の試験では供試した18現地個体群中の14個体群はピリダベン未使用園から採集したが、その多くはピリダベンに対する感受性が低かった。

本試験からは現地個体群の両薬剤の常用濃度に対する感受性に有意な正の相関が得られた。佐々木・佐藤²⁰⁾は、福島県で本種のフェンピロキシメート50ppmとピリダベン133ppmに対する感受性の関係に有意な相関を認めており、本結果はそれと一致した。また、本試験では無淘汰個体群に比較して、フェンピロキシメート淘汰個体群のピリダベンに対する感受性は

著しく低く、ピリダベン淘汰個体群のフェンピロキシメートに対する感受性も低かった。

これらの結果から、本種のフェンピロキシメートとピリダベンの交差抵抗性関係が推察され、このことがピリダベン未使用園個体群のピリダベン感受性が低かった原因の一つに考えられた。本県では本種について、デイコホルとプロクロノール、フェニソプロモレートおよびクロルベンジレート¹⁸⁾の交差抵抗性関係が指摘されている¹⁰⁾。また、現在使用されているリンゴの殺ダニ剤では、本種のヘキシチアゾクスとクロフェンテジンの間で交差抵抗性が生じた事例が報告されている¹⁰⁾。

本試験では淘汰個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性低下の程度が大きく異った。薬剤淘汰によってもたらされる交差抵抗性関係は一方性の場合があり、その逆は必ずしも成り立たないという¹⁵⁾。ミカンハダニではフェンピロキシメート、ピリダベン、テブフェンピラドの3薬剤間の交差抵抗性の可能性は高いと考えられている⁸⁾。本試験ではフェンピロキシメートとピリダベン以外の薬剤間で明かな交差抵抗性関係は認められなかった。しかし、本種をテブフェンピラド25ppmで7回淘汰した個体群のフェンピロキシメートに対するLC₅₀値は無淘汰個体群の8倍で、ピリダベンに対してはLC₅₀値が533ppm以下で感受性が著しく低かった⁷⁾ことから、本種でもこれら3薬剤間の交差抵抗性の可能性が考えられる。これらの点については、今後さらに詳しい調査を行い、再検討する必要がある。

本種のフェンピロキシメート抵抗性の安定性について、フェンピロキシメートおよびピリダベン淘汰個体群では淘汰中止後の3世代の間にフェンピロキシメートに対する感受性の回復が認められたが、現地個体群では室内で20世代以上は経過させたものの、感受性の回復は認められなかった。また、両淘汰個体群のピリダベン感受性は淘汰中止後の3世代の間で回復は認められなかった。薬剤抵抗性の発達に関与している遺伝的要因としては、抵抗性遺伝子の初期頻度、抵抗性遺伝子の数、抵抗性遺伝子の優性度、抵抗性遺伝子の相互関係、他の薬剤による淘汰歴および抵抗性個体の適応度などがあげられる⁹⁾。浜¹⁰⁾によると、コナガでは有機リン剤抵抗性の発達程度の異なる6個体群を薬剤

に接触させずに累代飼育した場合、抵抗性発達の著しい個体群では30世代後の検定でもかなり高い抵抗性を保持していたという。本結果は、両淘汰個体群と野外個体群のフェンピロキシメート抵抗性の初期レベルが大きく異なっていたことやピリダベンに対しては両淘汰個体群は既に高度の抵抗性発達が認められたことから、恐らく集団内のフェンピロキシメートおよびピリダベン抵抗性遺伝子の初期頻度の差が原因していると考えられる。

本種のフェンピロキシメートおよびピリダベン抵抗性の遺伝的特徴について、フェンピロキシメート淘汰個体群 (FR), ピリダベン淘汰個体群 (PR), 無淘汰個体群 (S) および交雑個体群 (F₁ および B₁ 世代) のフェンピロキシメート50ppmに対する感受性とピリダベン133ppmに対する感受性の検定結果からは、正逆交雑したF₁雌成虫の両薬剤に対する死虫率はFR♀×S♂とS♀×FR♂, PR♀×S♂とS♀×PR♂の間で有意な差は認められなかったが、F₁世代雄成虫についてはピリダベンに対する正逆交雑個体の感受性検定結果に著しい差が認められた。また、ピリダベン感受性について、ナミハダニの半数体・倍数体の性決定様式^{11,12)}より、抵抗性系統と感受性系統との正逆交雑結果から抵抗性遺伝子が単一の主働遺伝子によるものと仮定した場合の期待値と観測値を比較した結果、統計的に有意差は認められなかった。このことから、本種のピリダベン抵抗性には、優性の単一主働遺伝子の関与が考えられる。本試験で、フェンピロキシメート抵抗性についてはF₁およびB₁世代への遺伝は認められたが、供試したフェンピロキシメート抵抗性親個体群の抵抗性の程度が低く、抵抗性親個体群の雄成虫の感受性が雌成虫より高かったことから、集団内ではフェンピロキシメート抵抗性遺伝子がヘテロ型で高率に存在し、抵抗性発達がきわめて不均質であると考えられる。今後は均質集団を作出して再検討する必要がある。

ミカンハダニの amitraz 抵抗性について、ハダニの卵の抵抗性形質は不完全優性の単一主働遺伝子に支配されているが、抵抗性遺伝子のヘテロ型の雌成虫や卵の amitraz 感受性はホモ型のものより高いことが報告されている¹³⁾。また、これまで薬剤による選抜を

受けたことのない集団がほとんど感受性であるという事実から抵抗性の遺伝子は一般的に生存上いくぶん不利な点をもつものと考えられており¹⁴⁾、ミカンハダニの薬剤抵抗性では、dicohol 抵抗性個体は感受性個体より適応度が劣り、生存上不利であることが報告されている¹⁵⁾。今後は、フェンピロキシメートおよびピリダベン抵抗性遺伝子のホモ型個体とヘテロ型個体の感受性の比較や環境への適応度などについても検討したいと考えている。

V. 摘 要

1992年から1994年に、ナミハダニの野外個体群のフェンピロキシメートとピリダベンに対する感受性と、フェンピロキシメートとピリダベン抵抗性個体群の各種殺ダニ剤に対する感受性を調査した。

1. 秋田県南部のリンゴ園で、野外個体群のフェンピロキシメートとピリダベン抵抗性が確認された。野外個体群のフェンピロキシメートとピリダベン感受性には相関係数が $r = 0.64$ と $r = 0.59$ の正の相関が認められた。
2. フェンピロキシメート25ppmで7回淘汰したフェンピロキシメート抵抗性個体群 (抵抗性比は4.8) はピリダベンに対して抵抗性比が9.8以上 (LC₅₀値は533ppm以上) の高い抵抗性を示した。ピリダベン200ppmで7回淘汰したピリダベン抵抗性個体群はフェンピロキシメートに対して抵抗性比が2.5 (LC₅₀値は11.6ppm) であった。フェンピロキシメートとピリダベン抵抗性個体群は、その他の殺ダニ剤である BPPS, ボリナクチン複合体・BPMC, テブフェンピラド, 水酸化トリシクロヘキシルスズ, 酸化フェンブタスズおよびケルセンに対しては抵抗性比がそれぞれ0.7から1.3で交差抵抗性は示さなかった。

以上のことから、ナミハダニのフェンピロキシメートとピリダベン抵抗性は交差する可能性が示唆された。

3. フェンピロキシメート50ppm 7回淘汰個体群 (抵抗性比は10.9) およびピリダベン133ppm 5回

淘汰個体群（フェビロキシメートに対する抵抗性比は7.1）のフェビロキシメート感受性は淘汰中止後の3世代の間に回復が認められたが、現地個体群では回復は認められなかった。また、両淘汰個体群のピリダベン感受性（ピリダベンに対する抵抗性は18.2以上）は淘汰中止後の3世代の間で大きな変化は認められなかった。

4. ピリダベン淘汰個体群と無淘汰個体群との交雑を行い、交雑F₁および戻し交雑の雌雄の成虫のピリダベンに対する感受性を単一濃度で検定した結果、ナミハダニのピリダベン抵抗性は優性の単一主働遺伝子の関与が考えられた。

VI. 引用文献

1. 秋田県（1992）平成3年度植物防疫年報:78-81.
2. 秋田県（1993）平成4年度植物防疫年報:64-67.
3. 秋田県（1994）平成5年度植物防疫年報:66-67.
4. Crow, J.F. (1957) Genetics of insect resistance to chemicals. *Ann. Rev. Ent.* 2:227-246.
5. 藤林佳子・櫛田俊明（1994）青森県におけるリンゴハダニおよびナミハダニの新殺ダニ剤に対する感受性. 北日本病虫研報. 45:195-197.
6. 舟山 健・高橋佑治（1994）秋田県南部産ナミハダニのフェビロキシメートとピリダベンに対する感受性の実態. 昆虫第54回大会・第38回応動昆大会合同大会講演要旨:248.
7. 舟山 健・高橋佑治（1994）秋田県南部におけるナミハダニのテブフェンピラドに対する感受性. 北日本病虫研報. 45:214.
8. 古橋嘉一・土屋雅利・増井信一（1994）静岡県におけるミカンハダニの薬剤抵抗性. 昆虫第54回大会・第38回応動昆大会合同大会講演要旨:248.
9. Georgioui, G.P. and Taylor, C.E. (1977) Genetic and biological influences in the evolution insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 70:319-323.
10. Gough, N. (1987) Proceeding of the Symposium on Mite Control in Horticultural Crops. p.82-86. Department of Agriculture, New South Wales.
11. Helle, W. and Bolland, H.R. (1967) Karyotypes and sex determination in spider mites (Tetranychidae). *Genetica* 38:43-53.
12. Helle, W., Gutierrez, J. and Bolland, H.R. (1970) A study on sex-determination and karyotypic evolution in Tetranychidae. *Genetica* 41:21-32.
13. 井上晃一（1986）ミカンハダニの薬剤抵抗性の遺伝的特性に関する研究. 果樹試報. E6:117-180.
14. 井上晃一（1989）ハダニ類の薬剤抵抗性の機構. 植物防疫. 43:367-371.
15. 桑原雅彦（1984）ハダニ類の薬剤抵抗性. 植物防疫. 38:321-327.
16. 浜 弘司（1988）コナガの有機リン剤抵抗性の安定性. 応動昆. 32:205-209.
17. 浜 弘司（1989）害虫の薬剤抵抗性発達は回避できるか. 個体群動態と害虫防除（中筋房夫編）. p. 186-223. 冬樹社. 東京.
18. 成田 弘・高橋佑治（1973）秋田県におけるリンゴ寄生ハダニ類の薬剤抵抗性. 果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する研究. p.50-52. 日本植物防疫協会. 東京.
19. 佐々木正剛・佐藤力郎（1994）福島県におけるナミハダニの薬剤感受性の実態. 第1報 数種殺ダニ剤に対するナミハダニの感受性低下. 北日本病虫研報. 45:198-201.
20. 佐々木正剛・佐藤力郎（1994）福島県におけるナミハダニの薬剤感受性の実態. 第2報 数種殺ダニ剤に対するナミハダニ地域個体群の感受性. 北日本病虫研報. 45:202-204.
21. 正野俊夫（1983）殺虫剤抵抗性の遺伝. 薬剤抵抗性（深見順一ほか編）. p.121-141. ソフトサイエンス社. 東京.
22. 若公正義・菅原寛夫（1974）殺ダニ剤の効力検定法に関する研究. 第1報 Leaf disc 法における供試葉について. 果樹試報 C1:129-139.

Resistance to Fenpyroximate and Pyridaben in Two-Spotted Spider Mite,
Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) in Southern Akita Prefecture.

Ken Funayama and Yuji Takahashi

Summary

In two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch, susceptibilities to fenpyroximate and pyridaben in the field populations and susceptibilities to acaricides in resistant strains to fenpyroximate and pyridaben were investigated from 1992 to 1994.

1. Fenpyroximate and pyridaben resistance in the field populations were confirmed at apple orchards in southern Akita Prefecture. Positive correlation of susceptibilities between fenpyroximate and pyridaben in the field populations were confirmed with correlation coefficients of $r=0.64$ and $r=0.59$.
2. Fenpyroximate resistance population (the resistance rate was 4.8) which had been selected seven times by fenpyroximate 25ppm exhibited high level of cross resistance to pyridaben with the resistance rate of over 9.8 (the LC_{50} value was over 533ppm). Pyridaben resistance population (the resistance rate was over 9.8) which had been selected seven times by pyridaben 200ppm exhibited low level of cross resistance to fenpyroximate with the resistance rate of 2.5 (the LC_{50} value was 11.6ppm). Fenpyroximate and pyridaben resistance populations showed no cross resistance to other acaricides; propargite, polinactins BPMC, Tebufenpyrad, cyhexatin, fenbutatin and dicofol with the resistance rate from 0.7 to 1.3, respectively.

It is thus, suggested that resistance between fenpyroximate and pyridaben in two-spotted spider mite may be crossing over.

3. Recovery of fenpyroximate susceptibility in selected populations which had been selected seven times by fenpyroximate 25ppm (the resistance rate was 10.9) and selected five times by pyridaben 133ppm (the resistance rate was 7.1 to fenpyroximate) were confirmed for the third generations, but recovery of fenpyroximate susceptibility in field populations which were reared for one year were not confirmed. Recovery of pyridaben susceptibility in selected populations (resistance rate was over 18.2) were not confirmed for the third generations.
4. To analyze the genetic basis of pyridaben resistance, pyridaben selected strain and unselected strain were crossed. The susceptibilities of F_1 and B_1 were tested with a single concentration of pyridaben 133ppm. It was suggested that the pyridaben resistance was mainly due to a single dominant gene.