ワタアブラムシの薬剤抵抗性に関する研究 第 4 報 各クローン系統の各種薬剤に対する感受性

浜 弘司*・安藤幸夫**¹⁾・細田昭男***・鈴木 健*・高木 豊****²⁾

* 農業環境技術研究所

** 中国農業試験場

*** 広島県農業技術センター

**** 日本植物防疫協会研究所

Insecticide Resistance in Cotton Aphid, *Aphis gossypii* GLOVER (Homoptera: Aphididae) IV. Susceptibility of Four Clones Separated from Vivipara of Field Populations to Various Insecticides. Hiroshi HAMA (National Institute of Agro-Environment Sciences, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan), Sachio ANDO³⁾ (Chugoku National Agricultural Experiment Station, Fukuyama, Hiroshima 721, Japan), Akio HOSODA (Hiroshima Prefectural Agricultural Research Center, Higashihiroshima, Hiroshima 739-01, Japan), Ken SUZUKI (National Institute of Agro-Environment Sciences, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan), and Yutaka TAKAGI⁴⁾ (Institute of Japan Plant Protection Association, Ushiku, Ibaraki 300-12, Japan). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* **39**: 117-125 (1995)

The susceptibility of four clones of the cotton aphid, *Aphis gossypii*, which were separated from vivipara of field populations on the basis of aliesterase activity, to organophosphorus, carbamate and pyrethroid insecticides was determined by two insect body dip methods: the standard method (keeping insects in case used for dipping), and the transfer method (transferring dipped insects into clean case). The LC₅₀ of each insecticide determined using the transfer method was more than ten times higher than that using the standard method. Although the susceptibility of a susceptible strain (S) differed between organophosphorus insecticides, it was especially susceptible to chlorpyrifos-methyl, phosalone, and profenofos. Resistant strains with high aliesterase activity exhibited up to ten times higher resistance to most organophosphorus insecticides. The resistance ratios were especially high for thiometon, oxydeprofos, and phosalone, but, not so high for chlorpyrifos-methyl and profenofos. Organophosphate-resistant strains also exhibited resistance to carbamate insecticides. Resistance ratios were high for ethiofencarb and pirimicarb, but moderate to carbaryl and methomyl. Some combinations of organophosphorus and carbamate insecticides, such as malathion plus carbaryl exhibited synergism for resistant strains, but not for S strains. All tested clones were susceptible to pyrethroid insecticides.

Key words: cotton aphid, *Aphis gossypii*, insecticide resistance, synergism

はじめに

わが国におけるアブラムシ類の薬剤抵抗性に関しては、1960 年代に野菜、花卉、果樹を加害する広食性のモモアカアブラムシで有機リン剤 oxydeprofos (ESP) 抵抗性が確認されている (野村・市村, 1965; 野村・船城, 1977)。その後、モモアカアブラムシの有機リン剤抵抗

性の指標であるアリエステラーゼ活性の調査結果から、有機リン剤に対し高度の抵抗性をもつ個体が各地で確認された (TAKADA, 1986)。1980 年頃からモモアカアブラムシと同じく広食性のワタアブラムシに対する有機リン剤およびカーバメート剤の防除効力の減退が野菜や花卉個体群で中国、近畿地域を中心に顕在化して両種アブラムシの薬剤抵抗性は大きな問題となった (杉浦, 1984; 谷

1) 現在 鹿児島農業試験場大隅支場

2) 現在 日本植物防疫協会高知試験場

3) Present address: Osumi Branch, Kagoshima Agricultural Experiment Station

4) Present address: Kochi Station, Institute of Japan Protection Association

1994 年 7 月 18 日受領 (Received 18 July 1994)

1994 年 12 月 29 日登載決定 (Accepted 29 December 1994)

口, 1987; 浜, 1987, 1990)。

これら2種類のアブラムシの薬剤抵抗性発達は, 野外の薬剤防除試験の結果や採集個体群を用いた薬剤感受性検定の結果から確認されているが, クローン化した系統を用いた薬剤感受性検定はモモアカアブラムシの2, 3の例(中須賀, 1979; 地主・本山, 1981)を除きほとんど実施されていない。そのため, アブラムシ類の各種薬剤に対する抵抗性発達の程度や交差関係は明らかでない。

一方, 1982年頃から実用化された合成ピレスロイド剤が有機リン剤およびカーバメート剤抵抗性個体群に対する代替薬剤として野菜, 花卉, 果樹などで広範囲に使用されているが, 1989年頃からピレスロイド剤に対する高度の抵抗性がワタアブラムシやモモアカアブラムシの野菜, 花卉個体群(西東, 1990a; 森下・東, 1990; 福田・合田, 1990; 広瀬, 1991など)や果樹個体群(早田・大久保, 1992a, b)で確認された。本グループの薬剤に対する抵抗性は発達程度が著しいこと, 多くのピレスロイド剤に高度の交差抵抗性を示すこと(西東, 1990a; 森下・東, 1990; 早田・大久保, 1992a, b)から実用場面で大きな問題となっており, 有機リン剤やカーバメート剤に対する抵抗性発達程度および交差抵抗性関係に関心がもたれている。

本報ではワタアブラムシの各種の野菜加害個体群から, 本種の有機リン剤抵抗性と関連が深いアリエステラーゼ活性を指標に分離した代表的クローン系統を用い各種薬剤感受性を検定し, 本種の有機リン剤およびカーバメート剤に対する抵抗性の特徴を明らかにした。また, これらのクローン系統に対する有機リン剤とカーバメート剤間の協力作用について検討した。

本文に入るに先立ち, S, R クローン系統を提供していただいた京都府立大学農学部高田 肇博士, 実験の一部を分担していただいた酒井淳一氏, 供試薬剤を提供いただいた関係会社に厚く御礼申し上げる。

材 料 と 方 法

1. 供 試 虫

ワタアブラムシの供試系統を Table 1 に示した。北海道から広島まで数カ所の地域で採集した個体群から無翅胎生雌成虫を1頭ずつ飼育・増殖した約50クローンの中から, アリエステラーゼ活性を指標に選定した代表的クローン S, E, R, C の4系統を用いた。

飼育は前報(安藤ら, 1992)に準じ $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 16L-8D 条件下の恒温室で行った。温室で栽培したキュウリ, ジャガイモ葉の葉軸を水で浸した脱脂綿で包み, さらにアルミ箔で被いスチロール容器に入れた。各容器に雌成虫数頭を接種し, 2~3日間産子させた後成虫を除去し, 6~7日後に子虫が成虫になったとき, その中の無翅雌成虫を選び, 供試した。

2. 薬剤感受性検定

薬剤感受性検定は FAO (1979) の定めた虫体浸漬法を簡略化した方法(浜, 1987)により処理し, 処理後供試虫を使用した円筒容器にそのまま保管した区(標準区)と処理虫をキュウリ葉片を入れたスチロール容器(直径 5.5 cm×3.5 cm)に移し替えた区(移し替え区)の二通りの方法で保管した。

標準区では, 一端をテトロンゴースで覆ったガラス円筒(直径 2.5 cm×2.5 cm)に無翅雌成虫 10 頭を入れ他端もテトロンゴースで覆った後, 所定の濃度に希釈した薬液に 10 秒間浸漬した。テトロンゴースに付着した薬液を濾紙上で除去し, テトロンゴースをはずしパラフィルム膜を伸張しながら張り 20% 砂糖水を一滴落とし, その上をパラフィルム膜で覆い餌とした。飽和塩水(KCl)の入ったスチロール容器に収容し, $20 \pm 1^\circ\text{C}$ に 24 時間おき処理虫の生死を判定した。実験の一部には砂糖水の代わりにキュウリ葉を餌とした区を設けた。すなわち, テトロンゴースを取り除いたあとにキュウリ切葉を置

Table 1. Clones of *Aphis gossypii* used in study

Clone	Collection time	Collection site	Host plant	Plant for rearing	Aliesterase activity ^{a)}
S	Oct. 1985	Kitashirakawa, Kyoto	Pumpkin	Cucumber	0.85 ± 1.34
E	Jun. 1987	Higashihiroshima, Hiroshima	Eggplant	Eggplant	1.17 ± 1.30
R	Sep. 1985	Shimogamo, Kyoto	Pumpkin	Cucumber	20.4 ± 1.2
C	Jun. 1987	Higashihiroshima, Hiroshima	Cucumber	Cucumber	37.6 ± 1.3

^{a)} α -naphthyl acetate hydrolized nmol/10 min/ μg protein, mean $\pm$ SD ANDO et al. (1992).

Table 2. Susceptibility of susceptible (S) and resistant (E, R and C) clones of *Aphis gossypii* to various insecticides (insect-dip method; standard)^{a)}

Insecticide	Clone	LC ₅₀ , mg a.i./l (95%CL)		LC ₉₀	Resistance ratio at LC ₅₀	
Organophosphate						
Phosphate						
Dichlorvos (DDVP)	S	20.7	(17.8–24.0)	41.2		
EC 50.0%	E	18.1	(14.4–22.6)	65.4		0.87
	R	34.1	(31.1–37.4)	48.2		1.6
	C	55.1	(46.0–66.1)	176		2.7
Phosphorothionate						
Fenitrothion (MEP)	S	5.70	(5.04–6.45)	10.3		
EC 50.0%	E	13.1	(11.6–14.7)	19.9		2.3
	R	28.2	(22.9–34.8)	136		4.9
	C	73.9	(61.4–88.8)	209		13
Diazinon	S	3.33	(2.82–3.94)	5.91		
EC 40.0%	E	30.7	(27.5–34.2)	41.5		9.2
	R	57.2	(46.9–69.7)	189		17
	C	106	(88.2–128)	343		32
Phosphorodithioate						
Malathion	S	7.67	(6.39–9.20)	14.4		
EC 50.0%	E	29.1	(23.7–35.7)	88.7		3.8
	R	97.5	(85.0–112)	171		13
	C	164	(146–183)	259		21
Phenthoate (PAP)	S	3.08	(2.71–3.51)	5.56		
EC 50.0%	E	14.1	(12.5–15.8)	25.0		4.6
	R	46.2	(43.1–49.5)	69.8		15
	C	155	(131–183)	293		50
Thiometon (Ekatim®)	S	3.71	(2.68–5.15)	19.5		
EC 25.0%	E	98.8	(82.5–118)	219		27
	R	159	(128–199)	349		43
	C	1960	(976–3930)	84,600		530
Phosphorothioate						
Oxydeprofos (ESP)	S	2.27	(1.76–2.92)	9.34		
EC 45.0%	E	288	(209–397)	1,920		130
	R	196	(157–245)	539		86
	C	317	(259–387)	922		140
Carbamate						
Ethiofencarb	S	1.37	(0.840–2.24)	34.5		
EC 50.0%	E	127	(103–155)	319		93
	R	200	(171–233)	382		150
	C	218	(191–249)	422		160
Pirimicarb	S	0.771	(0.675–0.882)	1.20		
WP 48.0%	E	305	(244–382)	902		400
	R	257	(211–312)	678		330
	C	525	(469–588)	917		680
Carbaryl (NAC)	S	8.32	(7.22–9.59)	16.0		
WP 50.0%	C	170	(123–233)	1,100		20
Fenobucarb (BPMC)	S	31.9	(26.3–38.7)	94.8		
EC 50.0%	C	184	(144–236)	589		5.8
Pyrethroid						
Pyrethrins	S	1.16	(1.01–1.34)	2.45		
EC 3.0%	E	5.56	(4.66–6.63)	12.9		4.8
	R	2.96	(2.67–3.28)	4.11		2.6
	C	3.05	(2.67–3.49)	5.69		2.6
Fenvalerate	S	1.66	(1.11–2.48)	20.0		
EC 20.0%	E	3.90	(3.34–4.55)	8.47		2.3
	R	1.21	(0.776–1.90)	4.86		0.73
	C	1.31	(0.958–1.79)	9.61		0.79

^{a)} Treated insects kept in dipped case for 24 h.

Table 3. Susceptibility of susceptible (S) and resistant (C) clones of *Aphis gossypii* to various insecticides (insect-dip method; transferred to clean leaflets)^a

Insecticide	Clone	LC ₅₀ , mg a.i./l (95%CL)		LC ₉₀	Resistance ratio at LC ₅₀
Organophosphate					
Phosphate					
Dichlorvos (DDVP)	S	>1,000	(20%)		
EC 50.0%	C	>2,000	(45%)		
Phosphorothionate					
Fenitrothion (MEP)	S	59.0	(53.4–65.3)	108	
EC 50.0%	C	547	(476–628)	1,670	9.3
Diazinon	S	43.6	(38.5–49.4)	68.5	
EC 40.0%	C	958	(741–1,240)	4,360	22
Pirimiphos-methyl	S	21.1	(17.4–25.7)	65.3	
(Actellic®) EC 45.0%	C	262	(230–298)	466	12
Chlorpyrifos-methyl	S	2.47	(2.03–2.99)	6.28	
(Reldan®) EC 25.0%	C	28.1	(22.9–34.6)	119	11
Dioxabenzofos	S	86.1	(72.3–103)	218	
(Salithion®) EC 25.0%	C	182	(157–212)	367	2.1
Phosphorodithioate					
Malathion EC 50.0%	S	73.1	(64.4–83.0)	131	
	C	939	(758–1,170)	5,000	13
Phenthoate (PAP)	S	13.5	(11.0–16.7)	34.7	
EC 50.0%	C	947	(766–1,170)	3,060	70
Methidathion (DMTP)	S	65.3	(51.8–82.4)	171	
EC 40.0%	C	349	(303–403)	708	5.3
Phosalone (Rubitox®)	S	3.20	(2.66–3.85)	8.92	
EC 35.0%	C	653	(544–785)	1,610	200
Formothion (Anthio®)	S	200	(135–297)	1,000	
EC 22.0%	C	393	(312–494)	1,180	2.0
Thiometon (Ekatin®)	S	23.9	(21.5–26.5)	35.3	
EC 22.0%	C	>250			>10
Prothiofos	S	76.1	(60.6–95.6)	215	
(Tokuthion®) EC 45.0%	C	634	(475–846)	3,860	8.3
Phosphorothioate					
Oxydeprofos (ESP)	S	114	(88.3–146)	344	
EC 45.0%	C	2,200	(1,150–4,170)		19
Profenofos (Encedan®)	S	3.09	(2.44–3.89)	10.2	
EC 40.0%	C	125	(105–149)	276	40
Phosphonothioate					
EPN EC 45.0%	S	192	(148–250)	864	
	C	>1,800	(35%)		>9.4
Phosphoramidothioate					
Accephate	S	195	(123–310)	2,700	
WP 50.0%	C	>2,000	(10%)		>10
Carbamate					
Ethiofencarb	S	92.8	(79.6–108)	162	
EC 50.0%	C	532	(364–779)	6,380	5.7
Methomyl	S	26.2	(19.3–35.6)	166	
WP 45.0%	C	106	(84.0–135)	398	4.0
Pyrethroid					
Fenvalerate	S	7.30	(5.20–10.3)	45.8	
EC 20.0%	C	13.0	(10.0–16.8)	45.3	1.8
Permethrin	S	9.11	(7.43–11.2)	24.9	
EC 20.0%	C	11.6	(9.58–14.0)	39.8	1.3

^a) Treated insects transferred to clean case and kept for 24 h.

き、その上をパラフィルム膜で覆った。

移し替え区では、標準区と同様に供試虫を薬液に浸漬した後、処理虫を円筒容器から湿らせた濾紙上にキュウ

リ葉片を置いたスチロール容器に移し、20±1°C に24時間おき、処理虫の生死を判定した。

供試した薬剤は Table 2, 3 に示した有機リン剤 17 種

Table 4. Interaction of organophosphorus and carbamate insecticides against S and C clones of *Aphis gossypii* (insect-dip method; standard)^a

Insecticide (1:1)	S			C			
	LC ₅₀ mg a.i./l (95% CL)	LC ₉₀	CC ^b	LC ₅₀ mg a.i./l (95% CL)	LC ₉₀	Resistance ratio at LC ₅₀	CC
Oxydeprofos (ESP)	2.27			317		140	
Thiometon (Ekatin ®)	3.71			1,960		530	
Fenitrothion (MEP)	5.70			73.9		13	
Malathion	7.67			164		21	
Ethiofencarb	1.37			218		160	
Pirimicarb	0.771			525		680	
Carbaryl (NAC)	8.32			170		20	
Fenobucarb (BPMC)	31.9			184		5.8	
Oxydeprofos	2.99	9.01	57	222	941	74	120
+ ethiofencarb	(2.38–3.77)			(162–304)			
Thiometon	2.28	5.77	88	199	469	87	>150
+ ethiofencarb	(1.86–2.78)			(159–249)			
Oxydeprofos	1.10	2.50	110	753	4,250	690	53
+ pirimicarb	(0.864–1.40)			(565–1,000)			
Thiometon	—			359	671	—	>140
+ pirimicarb				(300–430)			
Fenitrothion	—			131	360	—	84
+ ethiofencarb				(101–170)			
Fenitrothion	—			143	1,100	—	91
+ pirimicarb				(100–205)			
Fenitrothion	—			52.7	154	—	200
+ carbaryl				(41.5–66.9)			
Fenitrothion	—			55.6	148	—	190
+ fenobucarb				(45.2–68.4)			
Malathion	2.28	12.5	100	138	760	61	140
+ ethiofencarb	(1.68–3.10)			(96.4–197)			
Malathion	0.966	2.09	150	178	929	180	140
+ pirimicarb	(0.823–1.13)			(123–260)			
Malathion	8.40	26.0	95	50.6	137	6.0	330
+ carbaryl	(6.48–10.9)			(41.3–61.9)			
Malathion	9.19	14.3	140	107	243	12	160
+ fenobucarb	(7.97–10.6)			(91.2–126)			

^a) Treated insects kept in dipped case for 24 h.^b) Co-toxicity coefficient of mixture calculated by SUN and JOHNSON (1960) method.

類、カーバメート剤 5 種類、ピレスロイド剤 3 種類の製剤を用いた。各薬剤の検定では LC₅₀ 前後に 4～5 段階の希釈濃度を設定し、各濃度当り 40～50 頭の成虫を供試した。検定結果の処理は常法のプロビット法により各薬剤の LC₅₀ および LC₉₀ を算出した。

3. 薬剤間の協力作用

二つの薬剤を等量混合し、前項の虫体浸漬法によって処理し、標準区に準じて 20±1℃ に 24 時間保管し生死を判定した。結果の処理は混合した各単剤の LC₅₀ 値と混合剤の LC₅₀ 値から SUN and JOHNSON (1960) によって協力作用係数を算出した。

結 果

1. 虫体浸漬法 (標準区) による検定

虫体浸漬法 (標準区) によって実施した検定結果を Table 2 に示した。S クローンに対する LC₅₀ 値は dichlorvos (DDVP), fenobucarb (BPMC) を除いて 10 ppm 以下であった。

C クローンに対する大部分の有機リン剤の LC₅₀ 値は 100 ppm 程度であったが、thiometon (Ekatin®), oxydeprofos (ESP) の LC₅₀ 値は著しく高かった。

E, R, C クローンの有機リン剤に対する抵抗性比はアリエステラーゼ活性の強さに比例し高まる傾向がみられた。C クローンの有機リン剤に対する抵抗性比は数倍から数 10 倍であったが、対 thiometon (Ekatin®), oxy-

deprofos (ESP) の抵抗性比は 100 倍以上と高かった。

対カーバメート剤の C クロンの抵抗性比は, ethiofencarb, pirimicarb で 100 倍以上と著しく高かったが, carbaryl (NAC) や fenobucarb (BPMC) に対してはそれぞれ 20, 5.8 倍であった。

また, 供試した抵抗性クロンのピレスロイド剤に対する感受性は高かった。

なお, fenitrothion (MEP) を用い砂糖水の替わりにキュウリ切葉を与えた区の検定結果は, 砂糖水を与えた区の結果と違いが認められなかった (結果は省略)。

2. 虫体浸漬法 (移し替え区) による検定

虫体浸漬法 (移し替え区) によって実施した検定結果を Table 3 に示した。S クロンに対する多くの薬剤の LC_{50} 値は 10~100 ppm であったが, chlorpyrifos-methyl (Reldan®), phosalone (Rubitox®), profenofos (Encedan®) の LC_{50} 値は数 ppm と低く, 逆に dichlorvos (DDVP), formothion (Anthio®), EPN, acephate の LC_{50} 値は 100 ppm 以上と高かった。

C クロンに対する大部分の有機リン剤の LC_{50} 値は数 100 ppm であったが, oxydeprofos (ESP), EPN, acephate の LC_{50} 値は著しく高く, chlorpyrifos-methyl (Reldan®), profenofos (Encedan®) の値は低かった。

移し替え区では, 標準区の結果に比べて LC_{50} 値は 10 倍以上高く, dichlorvos (DDVP), acephate などでは供試クロンによって 50% 以上の死亡率が得られず LC_{50} 値が算出できなかった。

C クロンの抵抗性比は phosalone (Rubitox®) の値が高かったが, 他の有機リン剤の抵抗性比は数倍から数 10 倍であった。

C クロンの対カーバメート剤 methomyl の抵抗性比は 4 倍, 対ピレスロイド剤感受性は高かった。

3. 薬剤間の協力作用

有機リン剤とカーバメート剤間の協力作用を S と C クロンを用いて虫体浸漬法 (標準区) で検討した結果を Table 4 に示した。S クロンに対して高い協力作用を示す組み合わせは認められなかったが, C クロンに対しては fenitrothion (MEP) と carbaryl (NAC) あるいは fenobucarb (BPMC) の組合せ, malathion と carbaryl (NAC) あるいは fenobucarb (BPMC) の組合せで高い協力作用がみられた。

考 察

供試虫を薬液に浸漬した容器から新しい容器に移した試験 (移し替え区) の各種薬剤に対する感受性は, 供試虫

を処理した円筒容器にそのまま保持した試験 (標準区) 結果に比べて有機リン剤, カーバメート剤あるいはピレスロイド剤いずれの薬剤についても約 10 倍低かった。移し替え区と標準区では, 餌の違いが考えられるが, 餌に砂糖水とキュウリ葉を給餌した場合では薬剤感受性結果に違いはみられず, 二つの方法による検定結果の違いは餌による影響ではないと考えられた。

両法の違いは処理時の容器に収容したか, 処理虫を新たな容器に移し替えたかの違いである。すなわち, 処理時の円筒容器を用いた場合には容器内壁に薬剤が残留しているため供試虫が薬剤と接触する頻度が高まったり, 気化した薬剤が処理虫に付着したりするため, 薬剤の効力が高まったものと考えられる。

両処理法で薬剤感受性検定は実施できるが, 移し替え法による検定では, dichlorvos (DDVP) の場合のように感受性が低く LC_{50} 値が得られない場合もあるため処理虫を処理した円筒容器にそのまま保管する標準区が適当であり, 給餌は切葉でも砂糖水のどちらでもよいといえる。

有機リン剤に対する S クロンの感受性については, 標準区における LC_{50} 値は数 ppm, 移し替え区では数 10 ppm であったが, dichlorvos (DDVP), formothion (Anthio®), EPN, acephate の LC_{50} 値はとくに高かった。これらの薬剤は蒸気圧が高かったり浸透移行性が高いもので, こうした性質の薬剤では虫体浸漬法の検定結果は圃場における防除効力と比べて過小評価されることが考えられる。一方, chlorpyrifos-methyl (Reldan®), phosalone (Rubitox®), profenofos (Encedan®) の S クロンに対する殺虫効力はとくに高かった。

有機リン剤に対する C クロンの抵抗性比は多くの薬剤で標準区, 移し替え区いずれの保管法でも数倍~数 10 倍であったが, thiometon (Ekaton®), oxydeprofos (ESP), phosalone (Rubitox®) に対する抵抗性比はとくに高かった。

有機リン剤抵抗性モモアカアブラムシでは, ジメチル系有機リン剤に対する抵抗性発達はジェチル系有機リン剤に対するより高い傾向がある (DEVONSHIRE et al., 1983) が, ワタアブラムシではリン酸部分のアルキル基の違いと抵抗性比との関係は明確でなかった。

野外のワタアブラムシ抵抗性個体群に対する防除試験の結果では, phosphorothionate の fenitrothion, diazinon, pirimiphos-methyl (Actellic®), dioxabenzofos (Salithion®) の防除効力が高い傾向を認めている (西東ら, 1987; 谷口, 1985)。これらの薬剤は本報でも抵抗性クロンに

対して高い殺虫力を示したが、感受性クローンと比較するとこれらのいずれの薬剤に対する抵抗性比も10倍以上であって、これらの薬剤に対する抵抗性比が他の薬剤と比較して特に低いわけではない。Cクローンに対し効力が高かった chlorpyrifos-methyl (Reldan®), profenofos (Encedan®) であってもそれぞれの抵抗性比は11, 40倍と高かった。すなわち、有機リン剤抵抗性のワタアブラムシではほとんど全ての有機リン剤に交差抵抗性を示しているといえる。こうした特徴は、有機リン剤に対する交差抵抗性が化学構造が類似する一部の薬剤に限られているツマグロヨコバイ(岩田・浜, 1977), ニカメイガ(田中ら, 1982)などの有機リン剤抵抗性の交差関係とは対照的である。

ワタアブラムシでは、モモアカアブラムシの場合と同様に有機リン剤抵抗性の発達程度とアリエステラーゼ活性とは正の相関関係が認められる(SUN et al., 1987; TAKADA and MURAKAMI, 1988 など)が、エステラーゼの機能に違いが確認されている。すなわち、モモアカアブラムシの酵素には加水分解活性と捕捉結合活性とがある(DEVONSHIRE and MOORES, 1982)が、ワタアブラムシの酵素の有機リン剤に対する解毒活性は捕捉結合活性のみによる(SUZUKI et al., 1993)。さらにジメチル系とジエチル系有機リン化合物に対する親和性に違いがない(SUZUKI et al., 1993)。こうしたエステラーゼの機能の特徴が多く有機リン剤に対し交差抵抗性を示す主な原因と考えられる。

有機リン剤抵抗性クローンのカーバメート剤に対する感受性については、供試したいずれの薬剤に対しても抵抗性を生じていたが、感受性のSクローンに高い効力を示した ethiofencarb, pirimicarb に対する抵抗性比は著しく高かった。

本種のカーバメート剤抵抗性には、アリエステラーゼ活性は関与せず、pirimicarb に対する抵抗性は、その標的酵素であるアセチルコリンエステラーゼの pirimicarb に対する感受性の低下で説明されている(DEVONSHIRE, 1989; SUZUKI and HAMA, 1994)。また、methomyl, carbaryl (NAC)などのカーバメート剤に対する抵抗性には薬物酸化酵素など解毒酵素の関与が示唆されている(西東ら, 1992)。

本種の抵抗性クローンの有機リン剤やカーバメート剤に対する抵抗性は2~3年間無淘汰で継代飼育しても大きな変動はなかった。モモアカアブラムシでは薬剤淘汰せずに飼育した場合、有機リン剤抵抗性の指標であるアリエステラーゼ活性が2, 3世代で大きく変動するクロー

ン(SAWICKI et al., 1980)や飼育条件によって変動する現象(本山, 1990)が知られているが、モモアカアブラムシやワタアブラムシでクローン化したものでは抵抗性レベルや抵抗性に関与するアリエステラーゼ活性は無淘汰条件下でも2~3年間維持されており(TAKADA, 1986; TAKADA and MURAKAMI, 1988; 西東, 1990b; 浜, 未発表)。両種のアブラムシの有機リン剤やカーバメート剤に対する抵抗性は安定性が高い場合が多い。

有機リン剤とカーバメート剤間の協力作用は、Cクローンに対して fenitrothion (MEP)・carbaryl (NAC), fenitrothion・fenobucarb (BPMC), malathion・carbaryl, malathion・fenobucarb の各組合せで高い協力作用が確認された。薬剤間の協力作用については、有機リン剤抵抗性のモモアカアブラムシに対する dioxabenzofos (Sali-thion®)などの有機リン剤と carbaryl (NAC)の組合せ(柳沼ら, 1982), fenitrothion (MEP)あるいは pirimicarb と carbaryl (NAC)の組合せ(長塚, 1990; 新川・森, 1992)で高い協力作用が確認されている。

摘 要

ワタアブラムシの有機リン剤抵抗性の指標であるアリエステラーゼ活性を目安に、クローン化した4系統を用い、各種薬剤に対する感受性を虫体浸漬法により検定し、本種の有機リン剤とカーバメート剤に対する抵抗性の特徴を明らかにした。

1) 供試虫を薬液に浸漬し、浸漬に使用した容器から新しい容器に移した区(移し替え区)のLC₅₀値は、浸漬に使用した容器にそのまま保持した区(標準区)のLC₅₀値より数倍から10倍以上大きかった。しかし、各薬剤間の感受性は2試験法で平行した。

2) 感受性Sクローンの有機リン剤に対する感受性は薬剤間で異なったが、chlorpyrifos-methyl (Reldan®), phosalone (Rubitox®), profenofos (Encedan®)に対してとくに高かった。

3) 抵抗性クローンの有機リン剤に対する抵抗性比は数倍から数十倍であったが、とくに thiometon (Ekatin®), oxydeprofos (ESP), phosalone (Encedan®)に対する抵抗性比は高かった。

4) Chlorpyrifos-methyl (Reldan®), profenofos (Encedan®)の殺虫活性は抵抗性クローンに対し高かったが、これらの有機リン剤に対しても数倍から数10倍の抵抗性を示した。

5) 有機リン剤抵抗性クローンのカーバメート剤感受性は、薬剤によって大きく異なり、ethiofencarb, pirimi-

carb に対し高度の抵抗性を示したが, carbaryl (NAC) や methomyl に対する抵抗性は低かった。なお, ビレスロイド剤に対する感受性は高かった。

6) 有機リン剤抵抗性クローンに対して, 有機リン剤とカーバメート剤のある組み合わせで混合した場合に協力作用が確認された。

引用文献

- 安藤幸夫・浜 弘司・細田昭男・鈴木 健 (1992) ワタアブラムシの薬剤抵抗性に関する研究 第2報 ナスとキュウリに発生する個体群の生物的特性. 応動昆 36: 61-63.
- DEVONSHIRE, A.L. (1989) Resistance of aphids to insecticides. In: *Aphids Their Biology, Natural Enemies and Control*. Vol. C. (A.K. MINKS and P. HARREWYN eds.), Amsterdam: Elsevier, pp. 123-139.
- DEVONSHIRE, A.L. and G.D. MOORES (1982) A carboxylesterase with broad substrate specificity causes organophosphorus, cabamate and pyrethroid resistance in peach-potato aphids (*Myzus persicae*). *Pesticide Biochem. Physiol.* 18: 235-246.
- DEVONSHIRE, A.L., G.D. MOORES and C. CHIA-LIANG (1983) The biochemistry of insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae*. In: *Pesticide Chemistry: Human Welfare and the Environment Vol 3 Mode of Action, Metabolism and Toxicology*. (S. MATSUNAKA, D.H. HUTSON and S.D. MURPHY eds.), Oxford: Pergamon Press, pp. 191-196.
- FAO (1979) Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Method for adult aphids-FAO method No. 17. *FAO Plant Protec. Bull.* 27: 29-32.
- 福田 充・合田健二 (1990) 栃木県におけるナスのモモアカアブラムシの合成ビレスロイド剤抵抗性. 関東東山病虫研報 37: 197-198.
- 広瀬拓也 (1991) 高知県におけるモモアカアブラムシの薬剤感受性. 四国植防 26: 85-93.
- 浜 弘司 (1987) アブラムシの薬剤抵抗性. 植物防疫 41: 159-164.
- 浜 弘司 (1990) 野菜害虫の薬剤抵抗性. 植物防疫 44: 394-397.
- 岩田俊一・浜 弘司 (1977) 有機リン系殺虫剤抵抗性ツマグロヨコバイ 2 系統の各種薬剤に対する抵抗性 (感受性) の比較. 防虫科学 42: 181-188.
- 地主 勉・本山直樹 (1981) モモアカアブラムシ, *Myzus persicae* SULZER, の各種殺虫剤に対する交差抵抗性とそのメカニズムに関する 2, 3 の考察. 日本農薬学会第 6 回大会 p. 133 [講要].
- 森下正彦・東勝千代 (1990) 合成ビ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.
- 本山直樹 (1990) モモアカアブラムシの殺虫剤抵抗性クローンにおけるカルボキシエステラーゼ活性変動の遺伝的機構. 応動昆第 34 回大会 p. 252 [講要].
- 長塚 久 (1990) 薬剤抵抗性モモアカアブラムシに対する薬剤混用の効果. 関東東山病虫研報 37: 199-201.
- 中須賀孝正 (1979) モモアカアブラムシの色彩型別クローン単位殺虫剤感受性検定. 九州病虫研会報 25: 122-125.
- 新川一也・森 雄三 (1992) 抵抗性モモアカアブラムシに対する混合剤の共力効果. 応動昆第 36 回大会 p. 266 [講要].
- 野村健一・市村 皓 (1965) アブラムシ類の増発と薬剤抵抗性. 農薬 12: 36-39.
- 野村健一・船城衛介 (1977) モモアカアブラムシの有機リン剤抵抗性. 千葉大学園芸学部学術報告 25: 83-87.
- 西東 力・久保田栄・山内寅好・高塚克己 (1987) バレイシヨにおけるワタアブラムシの薬剤感受性と防除. 関東東山病虫研報 34: 155-156.
- 西東 力 (1990 a) ワタアブラムシ *Aphis gossypii* GLOVER の薬剤抵抗性 III. 合成ビレスロイド剤抵抗性個体群の発生. 応動昆 34: 174-176.
- 西東 力 (1990 b) ワタアブラムシ *Aphis gossypii* GLOVER の薬剤抵抗性 IV. Malathion 剤の散布が有機リン剤感受性に及ぼす影響. 応動昆 34: 309-314.
- 西東 力・浜 弘司・鈴木 健 (1992) ワタアブラムシの各種殺虫剤に対する感受性と協力剤の効果. 応動昆第 36 回大会 p. 310 [講要].
- SAWICKI, R.M., A.L. DEVONSHIRE, R.W. PAYNE and S.M. PETZING (1980) Stability of insecticide resistance in the peach-potato aphid. *Myzus persicae* (SULZER). *Pestic. Sci.* 11: 33-42.
- 早田栄一郎・大久保宣雄 (1992 a) 果樹アブラムシ類の薬剤抵抗性 第1報 合成ビレスロイド剤抵抗性ワタアブラムシに対する有効薬剤. 九州農業研究 54: 107.
- 早田栄一郎・大久保宣雄 (1992 b) 果樹アブラムシ類の薬剤抵抗性 第2報 ワタアブラムシ野外個体群およびクローンの薬剤感受性. 九州病虫研会報 38: 155-159.
- 杉浦哲也 (1984) 昭和 59 年野菜病害虫防除現地検討会. 日本植物防疫協会, pp. 17-23.
- SUN, Y., G. FENG, J. YUAN, P. ZHEU and K. GONG (1987) Biochemical mechanism of resistance of cotton aphids to organophosphorus insecticide. *Acta. Entomol. Sinica* 30: 13-20.
- SUN, Y. and E.R. JOHNSON (1960) Analysis of joint action of insecticides against house flies. *J. Econ. Entomol.* 53: 887-892.
- SUZUKI, K. and H. HAMA (1994) Acetylcholinesterase of the cotton aphid, *Aphis gossypii* GLOVER (Homoptera: Aphididae). I. Three clone-types possessing acetylcholinesterases of low and high sensitivity to pirimicarb and the mixture. *Appl. Entomol. Zool.* 29: 300-303.
- SUZUKI, K., H. HAMA and Y. KONNO (1993) Carboxylesterase of the

- cotton aphid, *Aphis gossypii* GLOVER (Homoptera: Aphididae) responsible for fenitrothion resistance as a sequestering protein. *Appl. Entomol. Zool.* **28**: 439-450.
- TAKADA, H. (1986) Genotypic composition and insecticide resistance of Japanese populations of *Myzus persicae* (SULZER) (Homo. Aphididae). *Z. Angew. Entomol.* **102**: 19-38.
- TAKADA, H. and Y. MURAKAMI (1988) Esterase variation and insecticide resistance in Japanese *Aphis gossypii*. *Entomol. Exp. Appl.* **48**: 37-41.
- 谷口達雄 (1985) 各種殺虫剤のワタアブラムシとモモアカアブラムシに対する効力比較. 関西病虫害研報 **27**: 56.
- 谷口達雄 (1987) 野菜アブラムシ類防除の現状と問題点. 植物防疫 **41**: 165-169.
- 田中福三郎・矢吹 正・坪井昭正 (1982) 岡山県におけるニカメイガ幼虫の異常多発生について(第2報)多発生地における薬剤感受性. 近畿中国農研 **64**: 60-65.
- 柳沼 薫・佐藤力郎・菅野和彦・熊倉正昭 (1982) 有機燐剤抵抗性モモアカアブラムシの防除試験. 北日本病虫害研報 **33**: 126-128.
-