

Dicofol 저항성 점박이응애의 저항성 유전과 교차저항성

Inheritance of Resistance in Dicofol-selected Strain of the Two-spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae), and its Cross Resistance

김길하 · 송 철 · 박노중 · 조광연

Gil Hah Kim, Cheol Song, No Joong Park and Kwang Yun Cho

ABSTRACT Dicofol susceptible two-spotted spider mite(S) which was selected by 150 times of dicofol treatment showed 27.5-fold increase in resistance as compared to S strain. Inheritance of resistance and cross-resistance in selected strain(R_d) were investigated. There were differences of susceptibility in the dicofol concentration-mortality relationships between F_1 progenies ($R_{\text{♀}} \times S_{\text{♂}}$, $R_{\text{♂}} \times S_{\text{♀}}$) obtained from reciprocal cross with the S strain and R_d strain. Degree of dominance of the F_1 progenies ($R_{\text{♀}} \times S_{\text{♂}}$, $R_{\text{♂}} \times S_{\text{♀}}$) were -0.29 and -0.72 in adult females and -0.42 and -0.93 in adult males, respectively. These results suggest that inheritance of dicofol resistance is controlled by an incomplete recessive. R_d strain exhibited a high level of cross resistance to amitraz, and also showed cross resistance to pyrethroid acaricides, acrinathrin and bifenthrin. R_d strain showed non-cross resistance to abamectin, chlorfensof, clofentezine, cyhexatin, fenbutatin oxide, fenpyroximate, hexythiazox, monocrotophos, propargite and tetradifon, but negatively correlated cross-resistance to azocyclotin and fenbutatin oxide belonging to tin acaricides.

KEY WORDS *Tetranychus urticae*, cross resistance, inheritance of resistance, reciprocal cross, incomplete recessive

초 록 실내에서 사육한 점박이응애(*Tetranychus urticae* Koch)의 감수성계통(S)을 유기염소계 살비제인 dicofol을 공시하여 인위적으로 도태선발하여 저항성 발달과 저항성 유전을 조사하고, 교차저항성 유무를 검토하였다. Dicofol을 150회 처리하여 얻은 선발계통(R_d)은 감수성계통에 비하여 LC_{50} 값이 27.5배 증가하였다. 감수성계통과 저항성계통의 상호교배에서 얻어진 $F_1(R_{\text{♀}} \times S_{\text{♂}}$, $R_{\text{♂}} \times S_{\text{♀}}$)은 농도와 사망률 관계에서 감수성 차이가 있었다. 또 $F_1(R_{\text{♀}} \times S_{\text{♂}}$, $R_{\text{♂}} \times S_{\text{♀}}$)의 우성도는 암컷성충에서 각각 -0.29 , -0.72 , 수컷성충에서 각각 -0.42 , -0.93 로 나타났다 따라서 dicofol 저항성 유전자는 불완전열성에 의해 지배되는 것으로 판단되었다.

R_d 계통은 아미트라즈계인 amitraz에 대해서 높은 교차저항성을 나타내었고, 또한 pyrethroid계 살비제인 acrinathrin, bifenthrin에 대해서도 교차저항성을 나타내었다 Abamectin, chlofensof, clofentezine, cyhexatin, fenbutatin oxide, fenpyroximate, hexythiazox, monocrotophos, propargite, tetradifon에 대해서는 비교차저항성을 나타내었다. 한편 유기주석제인 azocyclotin과 fenbutatin oxide에 대해서는 역상관교차저항성을 나타내었다.

검색어 점박이응애, 교차저항성, 저항성유전, 상호교배, 불완전열성

응애의 약제저항성에 대한 최초의 보고는 Compton과 Keams(1937)에 의한 seloside[(KNH_4S) Se]이지만, 실제적으로 살비제 저항성은 제 2차 세계대전 이후에 많은 유기합성 살충제가 개발되어, 해충방제

에 도입되면서 본격적으로 논의되었다. 미국에서는 1946~1948년에 HETP(hexaethyl tetra phosphate)와 parathion이 장미의 응애 방제에 사용되면서 1948년에 이들 약제에 대한 점박이응애(*T. urticae*)

한국화학연구소 스크리닝연구부(Screening Division, Korea Research Institute of Chemical Technology, Yuseong P.O.Box 107, Daejeon 305-606, Republic of Korea)

저항성 발달이 보고되었고(Smith & Fulton 1951), 일본에서는 1958년 schradan에 대한 꿀응애의 저항성 개체 출현이 보고 되었으며(Seki & Matsuo 1959), 한편 우리나라에서는 1969년 이가 parathion과 kelthane에 대해서 지역별로 점박이응애와 사과응애의 저항성을 처음으로 보고하였다.

응애가 약제에 대해 저항성이 발달하기 쉬운 특성은 발육기간이 짧아, 연간 발생 세대수가 많으므로 살비제에 의한 도태의 기회가 많기 때문이다. 또 이동성이 적고, 근친교배가 일어나기 쉬우며, 외부로부터 감수성 유전자를 가진 개체의 침입이 적으므로 살비제 저항성 발달이 다른 해충들에 비하여 빠르게 나타날 가능성을 지니고 있다(Asada 1978) 이미 응애류는 단순저항성에서 복합저항성 시대로 접어들었다고 생각되며, 교차저항성도 상당히 복잡해지고 있다. 이 때문에 농업해충으로서 응애의 중요성은 점점 증대되기 시작하였으며, 또 살비제의 시장규모가 세계적으로 커지면서 새로운 살비제 개발의 필요성이 크게 강조되었다. 그러나 최근 안전성 평가가 강화되어 농약으로서 구비조건이 더욱 까다로워지면서 새로운 농약 개발에 소요되는 기간은 길어지고, 연구개발비도 증가하고 있다. 또 살비제에 대한 저항성 발달 등으로 인해 상품수명이 짧아져, 새로운 살비제 개발의 위험 부담은 커지고 있는 실정이다. 이런 이유로 현재 사용하고 있는 살비제들은 물론 앞으로 개발될 새로운 살비제들도 응애의 약제저항성이 매우 중요한 문제라 생각된다 따라서 응애류의 약제저항성 본질을 해명하고 적절한 대책을 수립하기 위해서는 저항성에 관련한 기초 연구가 새로운 살비제 개발의 기초 자료로서 중요하다고 생각한다.

이에 본 연구는 점박이응애의 dicofol 저항성 발달과 교차저항성 및 저항성 유전에 관한 기초 실험을 하여 얻은 결과를 보고한다.

재료 및 방법

공시충

1986년부터 본 실험실에서 8년간 약제의 접촉없이 누대사육한 실내계통을 감수성계통으로 하였으며, 감수성계통을 4년이상 dicofol로 처리하여 누대선발한 것을 저항성계통으로 하였다. 실내 사육조건은

온도 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 광주기 16L:8D, 상대습도는 50~60%가 되도록 조절하였다.

공시살비제

본 실험에 사용된 살비제는 dicofol의 14종 이었으며, 이들 살비제의 일반명과 순도는 표 1과 같다.

Table 1. Acaricides used in the study of development of resistance, cross resistance, inheritance of *Tetranychus urticae*

Acaricides	Purity(%)
Abamectin	90.1
Acrinatrin	94.4
Amtraz	91.7
Azocyclotin	97.0
Bifenthrin	93.3
Chlorfenson	92.0
Clofentezine	63.4
Cyhexatin	91.0
Dicofol	96.0
Fenpyroximate	99.0
Fenbutatin oxide	98.0
Hexythiazox	95.0
Monocrotophos	92.8
Propargite	85.3
Tetradifon	99.0

살비제 처리방법

약제를 아세톤에 녹여 농도별로 희석을 한 후, 9배의 Triton X-100 100ppm 수용액과 혼합하여 처리약액을 조제하였다. 직경 5.5cm의 페트리디쉬 내에 물을 충분히 적신 탈지면을 깔고 그 위에 직경 2.5cm로 자른 강남콩 잎 디스크를 올려 놓고, 부드러운 붓으로 점박이응애 성충을 30마리씩 접종하였다 후드 내에서 소형 분무기로 응애와 함께 강남콩 잎이 충분히 젖을 정도로 처리약액을 살포한 후 음건시켰다. 약제 처리후 온도 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 50~60% 조건에 보관하면서 처리 후 24, 48시간의 살충률을 조사하였다. 실험은 3 반복이상으로 실시하였다.

살란효과(ovicide) 검정은 성충과 동일한 방법으로 강남콩 잎디스크에 성충 40~50마리를 접종하여 30분~3시간 내에 산란 받고 성충을 제거한 후, 산란되어 있는 잎 절편을 약액에 침지법(leaf dipping)으로

10초 동안 침지하였다가 후드 내에서 음건시켰다. 처리후 온도 23±1°C, 상대습도 50~60% 조건에 보관하면서 처리후 7일까지의 부화율을 조사하고, Finney (1982)의 probit계산법으로 LC₅₀값을 구하였다.

저항성 선발

Dicofol을 선발약제로 공시하였다. 실내 감수성계통의 점박이용에에 분무법(spray method)으로 LC_{20~30}값의 살비효과를 나타내는 수준으로 선발 개체군에 대하여 10일 간격으로 150회 이상(130~150세대 경과, 4년 2개월, 1989년 12월~1994년 1월) 처리하여 약제도태에 의한 누대선발을 행하였다. 선발약량은 일정기간마다 암컷성충에서 산출한 LC_{20~30}값으로 하였고, 선발규모는 매회 선발시 10,000마리 이상으로 하였다.

교배시험

F₁은 다음과 같이 상호교배(reciprocal cross)로 얻었다.

교배 1. R_♀ X S_♂

교배 2. R_♂ X S_♀

교배방법은 제2약충기(deutonymph)에서 처녀암컷을 분리하고, 우화한 암컷과 수컷을 교배 1,2의 방법으로 집단교미시켜서 얻은 1세대의 알과 성충을 이용하였다.

저항성 유전시험

실내 감수성계통, dicofol저항성계통 및 상호교배에서 얻어진 F₁에 대한 dicofol 저항성 유전시험은 살비제 처리방법과 같은 방법으로 처리, 분석하였다.

우성도

살비제 저항성의 차세대 유전의 우·열성 정도를 나타내는 우성도(degree of dominance, D)는 Stone (1968)의 방법을 이용하였다.

$$D = (2X_2 - X_1 - X_3) / (X_1 - X_3)$$

X₁ = 저항성 LC₅₀값

X₂ = 교잡종(F₁)의 LC₅₀값

X₃ = 감수성 LC₅₀값

계산된 값에 따라 우·열성을 아래와 같이 구분하였다(Georghiou 1969).

D=1 완전우성

1>D>0 불완전우성

D=0 중간형

0>D>-1 불완전열성

D=-1 완전열성

교차저항성 검증

교차저항성 검증은 살비제 처리 방법과 동일한 방법으로 실시하였다. Dicofol 저항성 계통의 cyhexatin 외 14종에 대한 LC₅₀(ppm)을 구하여 살비제 종류별 교차저항성 정도를 비교, 검토하였다.

결과 및 고찰

저항성 선발

Dicofol 선발계통 암컷성충의 감수성은 그림 1에 나타낸 바와 같이, 비선발계통의 LC₅₀값은 34.0 ppm이었지만, 5회 선발에서 229 ppm, 10회 선발에서 313 ppm, 25회 선발에서 461 ppm으로 증가했다. Dicofol 35회 선발 이후는 LC₅₀값은 500~900 ppm 범위가 되었다. 선발 45회까지 LC₅₀값이 빠른속도로 증가하다가 그 이후의 변동폭이 둔화했다. 이것은 45회 선발이후 집단은 저항성유전자에 관해서 상당히 균질화 된 것으로 생각된다. 최종 dicofol 150회 선발계통(R_d)의 암컷성충 감수성수준은 비선발계통(S)과 비교하면 그림 1과 같이 큰차이가 있었고, 저항성비는 27.5배를 나타내었다.

이상에서 점박이용에에 dicofol을 연속적으로 처리하면 dicofol저항성이 상당히 높은 수준으로 증

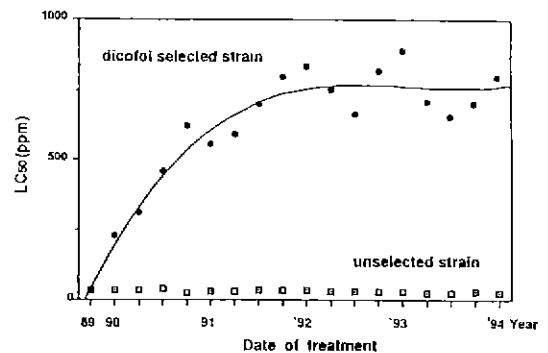


Fig. 1. Changes in dicofol susceptibility of females in dicofol selected and unselected strains of *Tetranychus urticae*.

Table 2. Dicofol susceptibility and dominance of dicofol resistance in various progenies and crosses of *Tetranychus urticae*

Strain or cross ^a	Slope	LC ₅₀ (ppm)(95% FL ^b)	RR ^c	D ^d
Female				
S(S _f)	4.48	30.0(27.5-32.7)	1.0	—
F ₁ (R _f X S _f) _f	3.54	313.2(283.7-346.1)	10.4	-0.29
F ₁ (R _f X S _f) _f	3.46	142.2(128.1-159.4)	4.7	-0.72
R _f (R _f)	6.90	826.0(769.7-886.3)	27.5	—
Male				
S(S _m)	3.93	3.9(3.5-4.4)	1.0	—
F ₁ (R _m X S _m) _m	2.51	22.0(13.1-30.6)	4.4	-0.42
F ₁ (R _m X S _m) _m	2.67	8.0(7.0-9.1)	2.1	-0.93
R _m (R _m)	4.58	129.3(118.6-141.1)	33.2	—

^aMean of four replications; sample size, 150~200 females or males per replication. ^b95% fiducial limits. ^cResistance ratio=LC₅₀ value of R_f strain/LC₅₀ value of S strain. ^dDegree of dominance was calculated by the formula of Stone(1968).

대함을 알 수 있었다.

살비제 저항성 유전

점박이응애의 dicofol 선발계통(R_d), 감수성계통(S) 및 F₁(R_f X S_f), R_f X S_f)의 dicofol에 대한 LC₅₀(ppm), 저항성비, 우성도를 표 2에 나타내었다.

농도와 사망률 관계에서 교잡 F₁은 감수성 쪽으로 치우쳐 있다. 저항성비는 S, F₁(R_f X S_f), F₁(R_f X S_f), R_f계통의 순서로 암컷성충에서 각각 1.0, 4.7, 10.4, 27.5, 수컷성충에서 각각 1.0, 2.1, 4.4, 33.2로 교잡 F₁간의 감수성 차이가 있었다. F₁의 우성도는 암컷성충에서 각각 -0.72, -0.29, 수컷성충에서 각각 -0.93, -0.42이었다. 따라서 dicofol 저항성 지배유전인자는 수컷보다 암컷성충에 의존적으로 유전되며 불완전열성으로 추정된다. 점박이응애의 살비제 저항성 유전양식에 관해서 Martinson 등(1991)은 dicofol 저항성이 야외조건에서는 불완전우성인 반면에 실내 생물검정에서는 열성유전이라 하였다. 또한 Zil'bermintz 등(1968)과 Overmeer와 Van Zon(1973)은 dicofol 저항성 유전은 불완전열성으로 저항성 지배유전자가 상염색체에 존재하며 단일유전자에 의해 지배된다고 추정하였는데 이것은 본 실험에서 얻은 결과와 일치하였다.

살비제 저항성의 우성도는 살비제의 종류에 따라 차이를 나타내고 있는데 일반적으로 유기인계 살

비제는 완전우성 또는 불완전우성(Dittrich 1972, Kuwahara 1977)이며, 이외에 benzomate, amitraz 저항성(Inoue 1984), binapacryl 저항성(Cranham 1982), tetradifon 저항성(Cranham 1982) 등은 우성도가 높다고 보고되었다. 한편 저항성 유전인자가 완전열성 또는 불완전열성을 나타내는 것으로는 monocrotophos 저항성(Dittrich 1972), BPPS 저항성(Hoy & Conley 1989) 등을 들 수 있다.

일반적으로 저항성 유전자의 우성이 열성보다 저항성 발달 속도가 빠르고, 저항성 집단이 커지기 쉬우나, 약제저항성 발달 및 그 후 변화에 관여하고 있는 유전적요인으로는 저항성 유전인자의 초기빈도수, 우성도, 발현도, 상호작용, 타 약제에 의한 도태압, 저항성개체의 적응도 등 여러 가지 요인의 지배를 받는다(Georghiou & Talyor 1976). 본 실험에서 상호교배(reciprocal cross)만으로 유전양식을 분석하였으나 좀더 명확히 규명하기 위해서는 역교배, 연속교배 및 적응도를 통한 종합적인 검토가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

교차저항성

저항성계통과 감수성계통의 알파 성충의 각 살비제에 대한 감수성을 LC₅₀(ppm)값으로 나타내었으며, 이들 LC₅₀(ppm)을 이용하여 감수성계통에 대한 저항성계통의 감수성비를 구하였다(표 3).

Dicofol의 감수성계통에 대한 LC₅₀값은 알파 성

Table 3. Cross resistance of dicofol-selected(R_d) and susceptible(S) strains of *Tetranychus urticae* to acaricides

Acaricides	Stage tested ^a	LC ₅₀ (ppm) (95% FL ^b)		RR ^c
		R _d strain	S strain	
Abamectin	E ^d	30.3(26.7-33.6)	29.8(26.2-33.4)	1.0
	A ^e	0.051(0.046-0.057)	0.047(0.043-0.052)	1.1
Acrinathrin	E	525.3(259.9-846.5)	100.1(69.1-152.9)	5.3
	A	Repellency		-
Amitraz	E	37.7(35.4-40.0)	1.6(0.88-2.3)	23.6
	A	Repellency		-
Azocyclotin	E	50.9(43.1-59.7)	345.8(251.2-611.9)	0.1
	A	18.7(16.8-20.7)	48.9(43.7-54.9)	0.4
Bifenthrin	E	9.2(7.4-11.4)	1.81(1.47-2.18)	5.1
	A	Repellency		-
Chlorfenson	E	14.1(11.2-17.5)	14.9(13.6-16.6)	1.0
	A	>1000	>1000	-
Clofentezine	E	0.014(0.010-0.017)	0.016(0.015-0.018)	0.9
	A	>1000	>1000	-
Cyhexatin	E	62.9(57.7-68.6)	88.9(83.3-95.2)	0.7
	A	9.6(7.7-11.9)	9.8(8.9-10.9)	1.0
Dicofol	E	1043.0(730-1505)	34.0(27.3-42.6)	30.7
	A	826.0(769.7-886.3)	30.0(27.5-32.7)	27.5
Fenpyroximate	E	0.16(0.14-0.17)	0.16(0.14-0.17)	1.0
	A	3.0(2.4-3.7)	1.7(1.4-1.9)	1.8
Fenbutatin oxide	E	151.4(133.2-171.8)	147.9(128.8-169.0)	1.0
	A	17.7(13.1-22.1)	39.9(30.5-49.1)	0.4
Hexythiazox	E	0.031(0.027-0.076)	0.033(0.028-0.038)	0.9
	A	>1000	>1000	-
Monocrotophos	E	>1000	>1000	-
	A	127.7(119.4-136.6)	68.5(62.8-74.7)	1.9
Propargite	E	94.5(83.2-106.2)	170.1(116.0-184.6)	0.6
	A	127.5(114.8-141.7)	127.9(114.1-143.5)	1.0
Tetradifon	E	0.6(0.50-0.78)	0.5(0.05-0.78)	1.2
	A	>1000	>1000	-

^aMean of three replications; sample size, 150~200 eggs or adult females per replication ^b95% fiducial limits.

^cResistance ratio=LC₅₀ value of R_d strain/LC₅₀ value of S strain. ^dEggs. ^eAdult females.

충에서 각각 34.0, 30.0 ppm이지만 150회 이상 선발에서는 각각 1043.0, 826.0 ppm으로 저하하였다.

교차저항성 관계는 저항성비에서 어느정도 값으로 할 것인가에 대한 명확한 기준은 없지만, 여기에서는 5 이상의 값을 나타낸 것을 dicofol과 교차저항성 관계가 있는 약제로 하였다. 한편 역상관교차저항성은 0.5이하의 값으로 하였으며, 비교차저항성은 0.6~4.9사이의 값으로 하였다(Takahashi

1979). Dicofol 선발계통의 알은 아미트라즈계 살비제인 amitraz에 대하여 23.6배의 높은 교차저항성을 나타내었고, pyrethroid계 살비제인 acrinathrin, bifenthrin에 대하여는 5.1~5.3배의 교차저항성을 나타내었다. 그러나 성충은 이들 세 약제 모두에 대해서 심한 기피현상을 나타내어 교차저항성 관계를 조사할 수 없었다.

인산 ester에 속하는 dicofol 저항성계통 점박이 응애는 여러 계통의 살비제와 교차저항성을 나타

내는 것으로 많은 연구자들에 의해서 보고되었는데, Linda 등 (1991)은 21약제중 amitraz, bromopropylate, chlorobenzilate에 대해 강한 교차저항성을 나타냄을 보고한 바 있고, Kono(1985)는 44약제중 dicofol과 유사한 구조를 가진 디아릴카빈올계(di-allylcarbinol) 약제(BCPE, BPPS, bromopropylate, chloropropylate, proclono, PPPS)와 유기인계 약제(acephate, dialifos, ESP)에 대해 비교적 큰 교차저항성 관계를 볼 수 있었다고 보고하였다. 한편 우리나라에서는 점박이응애의 dicofol과 교차저항성 관계에 있는 살비제로서 carbophenothion, ethion, bifenthrin이 보고되어 있지만(김과 이 1989), 이들 약제외에 본 실험 결과(표 2) dicofol과 화학구조상 유연관계가 없는 2종(amitraz, acrinathrin)의 살비제에 대해서도 교차저항성 관계가 있는 것으로 밝혀졌다. 특히 amitraz는 선발 경험이 전혀 없음에도 불구하고 높은 교차저항성을 나타내었다. Dicofol저항성계통과 교차저항성을 나타내지 않는 약제로는 abamectin(항생제), chlorfenson(디페닐계), clofentezine(테트라진계), cyhexatin(유기주석계), fenpyroximate(페녹시피라졸계), hexythiazox(카복사미드계), monocrotophos(유기인계), propargite(아유산에스텔계), tetradifon(유기염소계)이며, 저항성비는 0.7~1.9이었다.

Dicofol과 역상관교차저항성을 나타내는 약제들로는 유기주석계인 azocyclotin이 알과 성충에 대해서 각각 0.1, 0.4배로 가장 높았고, fenbutatin oxide는 성충에 대해서 0.4배를 나타내었다. Linda 등 (1991)은 dicofol 저항성 점박이응애에 대한 chlorpyrifos의 역상관교차저항성을 보고하였다. 또 Kono(1985)는 dicofol 저항성계통에 대해서 효과 있는 살비제는 prothiophos, binapacryl, polynactins혼합제 및 BPMC이며, 이들 약제들은 dicofol 저항성 점박이응애의 방제를 위한 대체 약제로서의 가능성을 시사하였다. 본 실험의 결과에서 dicofol 선발계통에 대해 역상관교차저항성을 나타내는 azocyclotin, fenbutatin oxide는 dicofol 저항성 점박이응애에 대해서 유효한 살비제라 생각되었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 유기염소계 살비제 dicofol을 이용한 점박이응애의 선발은 dicofol에 대한 저항성 증대 뿐만 아니라 타 살비제에 대한 교차저항성이 발현되는 경우도 있으므로, 살비제

저항성 점박이응애의 출현에 효율적으로 대처하기 위해서는 타 살비제와의 교차관계를 밝힌 후 종합적인 방제대책이 검토되어야 할 것이다. 또 점박이응애의 dicofol 저항성의 본질을 해명하기 위해서는 집단유전학, 유전생화학 및 생리, 생태학적 특성 등 여러시각에서 향후 연구 검토되어야 할 것으로 생각된다.

인용 문헌

- Asada, M 1978. Genetics and biochemical mechanisms of acaricide resistance in phytophagous mites. *J. Pestic. Sci.* **3**: 61-68.
- Compton, C. C. & C. W. Kearns. 1937. Improved control of red spider on greenhouse crops. *J. Econ. Entomol.* **30**: 512-522.
- Cranham, J E 1982 Resistance to binapacryl and tetradifon, and the genetic background, in fruit tree red spider mite, *Panonychus ulmi*, from English apple orchards. *Ann. Appl. Biol.* **100**: 25-38.
- Dittrich, V. 1972. Phenotypic expression of gene OP^r for resistance in two-spotted spider mites tested with various organophosphates. *J. Econ. Entomol.* **65**: 1248-1255.
- Finney, D J. 1982 "QUOT 10" for probit analysis (modified by Y. H. Song).
- Georghiou, G. P. 1969. Genetics of resistance to insecticides in houseflies and mosquitoes. *Exp. Parasitol.* **26**: 224-225.
- Georghiou, G. P & C. E. Taylor. 1976. Genetic and biological influence in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* **70**: 319-323.
- Hoy, M. A. & J. Conley. 1989 Propargite resistance in pacific spider mite (Acarina : Tetranychidae) : Stability and mode of inheritance. *J. Econ. Entomol.* **82**: 11-16
- Inoue, K. 1984. Resistance to amitraz in the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) in relation to population genetics *Jpn. J. appl. Ent. Zool.* **28**: 260-268.
- 이승찬. 1969. 응애류의 약제저항성에 관한 연구. 1. 한국에서의 parathion 과 kelthane에 대한 응애류의 저항성. *농시연보.* **12**: 91-96.
- 김상수, 이승찬. 1989. 점박이응애의 살비제저항성 발달과 교차저항성에 관한 연구. *한울근지.* **28**: 146-153.
- Kono, S. 1985. Susceptibility of dicofol resistant two-

- spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch against various pesticides and their control effects. *Jpn. J. appl. Ent. Zool.* **29**: 150-157.
- Kuwahara, M. 1977 The development and inheritance of resistance in the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida, selected with chlordimeform, dicofol and phenthoate. *Jpn. J. appl. Ent. Zool.* **21**: 163-168.
- Linda, A. F. K., J. G. Scott & T. J. Dennehy. 1991. Dicofof resistance in *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae): cross-resistance and pharmacokinetics *J. Econ. Entomol.* **84**: 41-48.
- Martinson, T. E., T. J. Dennehy, J. P. Nyrop & W. H. Reissing. 1991. Field measurements of selection for two spotted spider mite(Acarina: Tetranychidae) resistance to dicofof in apple orchards. *J. Econ. Entomol.* **84**: 7-16
- Matsumoto, K. & N. Shinkaji. 1974. Difference of susceptibility against various acaricides between dicofof resistant strain and susceptible strain of the citrius red mite, *Panonychus citri* (McGregor). *Jpn. J. appl. Ent. Zool.* **18**: 147-149.
- Overmeer, W. P. J. & A. Q. Van Zon. 1973. Genetic of dicofof resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). *Z. Angew. Entomol.* **73**: 225-230.
- Seki, M. & Y. Matsuo. 1959. Test record of acaricide resistance in orchard mites, p29, Japan Plant Prot. Assoc., Tokyo.
- Smith, F. F. & R. A. Fulton. 1951. Two-spotted spider mite resistant to aerosols. *J. Econ. Entomol.* **44**: 229-233.
- Stone, B. F. 1968. A formula for determining degree of dominance in case of monofactorial resistance to chemicals *Bull. Wld. Hlth. Organ.* **38**: 325-326
- Takahashi, Y. 1979. Pesticide design: strategy and tactics (ed. by Yamamoto, I. & J. Fukami). *Soft Science, INC.* 663-692
- Zil'bermintz, J. V., Y. N. Fadeyev & L. M. Zhuravleva. 1968 On the inheritance of kelthane resistance in the two-spotted spider mite. *Selskohozyaistwennaya Biologiya.* **3**. 125-132.

(1994년 5월 14일 접수)