

Tetradifon에 대한 점박이응애(*Tetranychus urticae* Koch) 저항성의 유전양식과 교차저항성

Inheritance of Tetradifon Resistance in Two-spotted Spider Mite (Acari: Tetranychidae) and Its Cross Resistance

박정규 · 이상계 · 최병렬 · 유재기 · 이정운

Chung Gwoo PARK, Sang Guei LEE, Byung Ryul CHOI, Jai Ki YOO, Jeang Oon LEE

ABSTRACT A field colony of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, was selected with tetradifon for 4 mo using whole-plant residual method. This Td5 strain showed 371-fold resistance to tetradifon. The log dose-hatchability lines of F₁ eggs (RS cross; Td5♀ × S♂, and SR cross; S♀ × Td5♂) were closer to the line of the resistant colony than to that of the susceptible. These differences could be due to cytoplasmic inheritance or maternal effect. The estimate of dominance index (D) for the F₁ eggs of RS cross was 0.998 and that for F₁ eggs of SR cross was 0.262. This indicates that tetradifon resistance is completely dominant in RS cross and incompletely dominant in SR cross. Td5 strain exhibited high levels of resistance to clofentezine, benzoximate, and chlorfenson, and no cross resistance to fenazaquin, pyridaben, flufenoxuron, tebufenpyrad, and fenothiocarb.

KEY WORDS *Tetranychus urticae*, Tetradifon resistance, Inheritance, Cross resistance

초 록 Tetradifon에 저항성인 점박이응애(*Tetranychus urticae*) 계통을 얻기 위하여, 1995년 3월 경북 안동의 농가 사과원에서 채집한 월동성충을 실험실에서 Tetradifon으로 4개월 동안 누대 도태시켰다. 5회 도태시킨 계통(Td5계통: 저항성배수 371.8배)으로써 Tetradifon 저항성의 유전양식과 8종의 살란성 살비제에 대한 교차 저항성 정도를 生株殘留法(wholeplant residual method)으로 검정하였다. F₁난(RS 교배; Td5♀ × S♂, 또는 SR 교배; S♀ × Td5♂)의 log농도-미부화율 선이 S계통 보다는 Td5계통에 치우쳐 있어 점박이 응애 난의 Tetradifon에 대한 저항성은 우성으로 유전된다고 할 수 있으며, 저항성의 우성도는 RS난이 0.998이고, SR난이 0.262이어서 이 저항성의 유전에는 세포질적인 요소 또는 어미의 영향이 있는 것으로 생각된다. 즉 RS 교배의 경우에는 완전우성으로, SR 교배의 경우에는 불완전우성으로 유전되는 것 같다. Td5 계통은 clofentezine · benzoximate · chlorfenson에 대해서 교차 저항성을 나타내었고, fenazaquin · pyridaben · flufenoxuron · tebufenpyrad · fenothiocarb 등에 대해서는 비교차저항성을 나타내었다.

검색어 점박이응애, Tetradifon 저항성, 유전양식, 교차저항성

점박이응애는 우리나라 뿐 아니라 전세계적으로 과수 · 채소 · 화훼 등 수많은 농작물의 중요한 해충이다. 과거에 우리나라의 주요한 응애류는 사과응애(*Panonychus ulmi*)이었으나 1970년대부터 현재까지 점박이응애가 가장 중요한 해충으로 대두하게 되었는데(이 등 1994, 1996), 이러한 원인은 주로 살비제를 광범위하게 사용했기 때문이라고 하였다(이 등 1994).

점박이응애는 발육기간이 짧아 년간 발생 세대수가 많기 때문에 자연적으로 약제에 의해 도태되는 세대수

가 많다. 또한 이동성이 적어서 외부로부터 감수성 유전자를 가진 개체가 혼입될 가능성이 적으며, 근친교배가 쉽게 일어나서 약제에 대한 저항성이 빨리 발달할 수 있는 소질을 가지고 있다. 특히 응애류는 유전적으로도 돌연변이율이 다른 곤충에 비해 높은 것으로 알려져 있다(井上 1989).

우리나라에서 지금까지 점박이응애의 살비제 저항성에 대해서 많은 연구가 이루어져 왔다. 점박이응애 야외 개체군이 저항성을 발달시킨 예로는 Dicofol(박 등

1986, 이 등 1986, 송 등 1995, 조 등 1995), Kelthane (이 1969), Propargite와 Benzomate (박 등 1986) 등이 있고, 그 외에 Azocyclotin · Cyhexatin · Fenbutatin-oxide · Bifenthrin · Clofentezine · Hexythiazox · Tetradifon · Amitraz · Fenpyroxi-mate · Pyridaben 등에 대해서도 저항성을 나타내고 있다 (이 등 1986, 송 등 1995, 조 등 1995). 특히 Tetradifon에 대해서도 지역에 따라 1,753배까지의 높은 저항성을 나타내고 있다 (이 등 1993, 박 등 1995, 송 등 1995). 이와 같이 살비제에 대한 응애류의 저항성이 광범위하게 나타나고 있는데, 이들의 약제 저항성 발달을 막거나 이미 발현되어 있는 저항성 개체군을 관리해 나가기 위해서는 저항성의 본질을 해명하고, 집단유전학적, 생리·생태학적인 정보가 필요하다.

Tetradifon은 유기염소계 살비제로서 응애류의 난과 유·약충에 살충력을 가지고 있으며, 간접적으로 암컷의 불임을 유발하여 미수정란(non-viable egg)이 생기게 한다. 이 약제는 응애류의 포식성 천적인 긴털이리응애와 *Phytoseiulus persimilis*에 선택성을 가지고 있다 (조 등 1995, 박 등 1996)

본 실험은 야외 사과원에서 채집된 점박이응애 집단을 Tetradifon으로 누대 도태시켜, 이 약제에 대한 점박이응애 저항성의 유전양식과 타 약제에 대한 교차저항성을 검토한 결과이다.

재료 및 방법

실험곤충과 사육조건

감수성(S)계통은 1986년부터 농약을 사용하지 않고 키운 강낭콩(*Phaseolus vulgaris* var. *humilis* Alefeld) 모종(본엽 2매가 완전히 전개되었을 때)을 숙주식물로 하여 실험실 내에서 누대 사육하였다. Tetradifon 저항성 계통을 얻기 위하여, 1995년 3월 경북 안동의 사과원에서 채집한 월동성충을 실험실에서 2세대 동안 증식시키면서 여름형으로 만든 다음, Tetradifon 희석 용액으로 생물검정을 실시하였다. 생물검정 결과에 따라 채집 계통에 대한 도태농도를 결정하였으며 점박이응애 난의 도태방법은 다음과 같았다. 점박이응애 성충이 많이 서식하고 있는 모집단의 강낭콩 잎을 잘라 신선한 강낭콩 모종의 본엽 위에 올려 놓고 24시간 동안 산란하도록 하였다. 24시간 후 강낭콩 모종의 본엽으로 이동하여 산란하고 있는 성충을 진공펌프를 이용하여 모두 제거하고, 미리 희석해 놓은 일정농도의 Tetradifon 약액을 canyon 분무기로 강낭콩 본엽이 충분히 적셔지도록 분

무하였다. 약 10일 후 살아남은 알에서 부화한 약충이 성충으로 되면, 위와 같은 방법으로 약액의 농도를 증가시켜 가면서 도태를 계속하였다. 이러한 도태과정은 '95년 5월 11일에 10 ppm으로 시작하여 8월 18일까지 5회째에 400 ppm으로 도태하였고, 도태 후 살아남은 난에서 발육한 성충이 낳은 난을 bioassay 하였다.

이 논문과 관련된 모든 실험은 22~27°C, 40~70% 상대습도, 16시간 조명: 8시간 무조명의 조건 하에서 행하였다.

Tetradifon 저항성의 유전양식 검정

발육 단계가 일정한 점박이응애를 얻기 위하여 직경 5 cm로 자른 강낭콩 본엽을 물에 적신 스폰지 위에 이면이 위로 오도록 놓고 모집단으로부터 점박이응애 암컷성충을 50마리씩 접종시켜 24시간 동안 산란시키고, 성충을 다른 신선한 엽편으로 옮겨 산란시키는 과정을 반복하였다. 이렇게 하여 발육단계가 비슷한 점박이응애 개체군을 얻을 수 있었다.

이와 같이 증식된 저항성 및 감수성 계통의 집단으로부터 제2약충기의 처녀 암컷을 분리하고 여기에 서로 다른 계통의 수컷을 접종하였다. 즉 Td5♀×S♂(RS교배)와 S♀×Td5♂(SR교배)의 두 가지 방법으로 교배시켰으며, 교미율을 높이기 위하여 처녀암컷 한마리 당 수컷 2~3마리를 접종하였다. 즉 직경 2 cm 정도의 tanglefoot(富士藥品工業株式會社) 구획 안에 암컷을 10마리, 수컷은 20~30마리 접종하였다. 접종 2~3일 후 암컷이 산란을 시작하는데 이 때의 난은 모두 제거하고 다시 24시간 동안 산란시킨 후 성충을 모두 제거하였다. 강낭콩 잎에 산란된 F₁ 세대 난의 Tetradifon에 대한 저항성 정도를 검정하였다.

생물검정 방법은 Dennehy 등(1983)이 기술한 whole-plant residual법(生株殘留法)과 유사한 방법으로 하였다. 즉 소형 비닐포트에 파종한 강낭콩의 본엽 2매가 완전히 전개되었을 때 한쪽의 본엽을 잘라내고, 남은 한쪽 잎의 표면에 직경 2 cm정도로 tanglefoot로 원을 만든 다음, 그 안에 모집단으로부터 건설한 암컷 성충 10마리씩을 부드러운 붓으로 접종하였다. 접종 후 24시간 동안 산란시키고 성충을 제거한 후 강낭콩 본엽을 소정의 농도로 희석한 약액에 5초간 침지하였다. 침지하는 동안 약액을 부드럽게 회전시켜 주었다. 무처리에서는 수도물을 사용하였다. 침지후 강낭콩 잎의 약액을 음건시키고 산란수를 조사하였다. 무처리의 난이 모두 부화하였을 때(산란 후 6~7일) 각 처리별로 부화한 유충의 수를 현미경 하에서

조사하였다. 약액에 침지된 점박이응애의 난의 배자 발육 상태는 다음과 같이 5가지로 나눌 수 있었다. ① 정상적으로 부화하여 유충이 생존해 있는 경우, ② 부화 직후 또는 부화 후 유충이 죽는 경우, ③ 난각 속에서 유충으로 발육하였으나 난각을 깨고 탈출하지 못하는 경우, ④ 배자 발육이 되지 않는 경우, ⑤ 난이 건조하여 쭈그러진 경우 등이었다. 전자의 두가지 경우를 부화수로 하였고 공시난수에서 부화수를 뺀 수를 미부화수로 하였다.

이와 같은 실험은 교배 방법별로 3~4회 반복해서 실시하였다. log농도-미부화율 선은 POLO(Russell 등 1977) 프로그램을 사용해서 probit 분석으로 추정하였다. 두 가지의 상호교배로 생긴 F₁ 난의 저항성 우성도(D)는 $(2X_b - X_a - X_c)/(X_a - X_c)$ 식을 사용하여 계산하였다. 여기서 X_a는 저항성계통 LC₅₀의 상용대수 값이며, X_b는 F₁난의 LC₅₀의 상용대수 값이고, X_c는 감수성계통의 LC₅₀의 상용대수 값이다 (Georghiou 1969).

교차저항성 정도 검정

Td5 계통의 난에 대하여 시중에 시판 중인 8종의 살란성 살비제(Clofentezine 50% WP · Benzoximate 20% EC · Chlorfenson 50% WP · Fenazaquin 10% EC · Pyridaben 20% WP · Flufenoxuron 5% DC · Tebufenpyrad 10% EC · Fenothiocarb 35% EC)에 대한 교차저항성 정도를 검정하였다. 약제의 처리 방법과 부화율 조사는 상기한 유전양식 검정 시의 생물검정 방법과 동일하며, 각 살비제 별로 2~3회 반복해서 실험하였다.

결과 및 고찰

Tetradifon 저항성의 유전양식 검정

경북 안동의 사과원에서 채집한 점박이응애를 Tetradifon으로 5세대 도태시킨 계통(Td5계통)의 저항성 정

도는 Table 1 및 Fig. 1과 같다. S계통은 30 ppm의 낮은 농도에서도 부화율이 4.5%에 불과하였으나, Td5계통의 난은 1,000 ppm의 높은 농도에서도 부화율이 89.1%로 높았다. 또한 저항성 배수와 기율기도 도태전의 19.6배와 0.687에서 도태후에는 371.8배와 3.388로 증가하여, 저항성이 크게 발달하였고 유전적으로도 상당히 안정되었음을 알 수 있었다.

S계통과 Td5계통 및 상호교배에 의한 F₁세대 난의 Tetradifon에 대한 log농도-미부화율 선은 Fig. 1과 같다. F₁세대 난에 대한 회귀직선이 Td5계통 쪽으로 치우쳐 있어 점박이응애 난의 Tetradifon저항성이 우성이라는 것을 알 수 있다. 또한 교배방식에 따른 F₁세대 난의 Tetradifon에 대한 두 개의 미부화율 선이 큰 차이를 보이고 있어서 이 약제에 대한 점박이응애 난의 저항성은 세포질적 요인 또는 어미의 영향(maternal effect)이 작용하고 있을 것으로 생각된다.

Fig. 1의 각 계통에 대한 회귀선의 기울기, LC₅₀ 및 저항성의 우성도는 Table 1과 같다. 감수성계통 난의

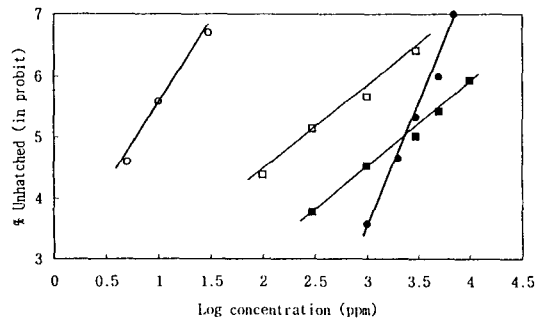


Fig. 1. Tetradifon log concentration-hatchability lines for *T. urticae* eggs of parental strains and reciprocal F₁. Open circles (Susceptible), solid circles (Resistant, Td5), open squares (S♀ × Td5♂), solid squares (Td5♀ × S♂) represent actual data points.

Table 1. Inheritance of tetradifon resistance in *T. urticae* eggs using wholeplant residual method

Strain & Cross	Total no. of eggs tested	Slope ± SE	LC ₅₀ (ppm)	95% CL	RR ^a	DD ^b
Susceptible	800	2.740 ± 0.264	6.6	4.9- 8.2	1	-
Field pop. ^c	760	0.687 ± 0.066	129.7	79.9- 196.2	19	-
F ₁ (Td5♀ × S♂)	735	1.371 ± 0.040	2442.5	1946.7- 3067.0	370	0.998
F ₁ (S♀ × Td5♂)	587	1.322 ± 0.043	276.7	176.8- 395.8	41	0.262
Resistant(Td5)	929	3.388 ± 0.210	2454.0	2145.8- 2763.8	371	-

^aResistance ratio was calculated from dividing LC₅₀ values of resistant or F₁ crosses by LC₅₀ value of S strain.

^bDegree of dominance (Georghiou 1969)

^cOriginal population of resistant strain which was collected at apple orchard located at Andong, Gyeongbuk.

LC₅₀은 6.6 ppm(95% CL: 4.9~8.2)이었고, 회귀선의 기울기는 2.74이었으며, Td5계통 난의 LC₅₀은 2454.0 ppm(95% CL: 2145.8~2763.8)이었고, 회귀선의 기울기는 3.39이었다.

또 Td5♀×S♂ 교배에서는 LC50과 저항성비가 각각 2442.5 ppm과 370배로서 Td5계통의 2454.0 ppm과 371배와 차이가 없다. 그러나 S♀×Td5♂ 교배에서는 LC50과 저항성비가 276.7 ppm과 41배로서, Td5♀×S♂ 교배에서 보다 9배나 낮아짐을 알 수 있다. 저항성의 우성도에서도 Td5♀×S♂ 교배에서는 1.0이었으나 S♀×Td5♂에서는 0.26으로 큰 차이가 남을 알 수 있다. 즉 F₁세대 난의 Tetradifon에 대한 저항성 정도는 모 세대의 암컷이 어느 계통에서 유래되었는가에 따라 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 이러한 결과로 볼 때 점박이응애의 Tetradifon저항성은 암컷이 저항성계통에서 유래하면 완전우성으로 유전됨을 알 수 있었다. Overmeer (1967), Overmeer와 Harrison(1969)도 Tetradifon에 대한 점박이응애의 저항성이 우성으로 유전되고 어미의 영향(maternal effect)이 있다고 하여 본 실험 결과와 일치하였는데, 사과응애의 경우에는 저항성이 우성인 기는 하지만 어미의 영향은 없다고 하여 (Cranham 1982) 종에 따라 상반된 결과를 보여주고 있다.

난의 부화와 관계되는 형질은 암컷으로부터 유전되는 것으로 생각되는데, 그 이유는 위에서 언급한 저항성 정도의 차이뿐만 아니라 각 계통의 산란수나 부화율에서도 뚜렷한 차이를 나타내고 있었다 (박 미발표 자료). 즉 S계통의 암컷은 Td5계통의 암컷보다 산란수

는 많으나 부화율은 떨어지며, S♀×Td5♂ 교배에 의해 산란된 난의 부화율이 Td5♀×S♂ 교배에 의한 난의 부화율보다 낮았다.

일반적으로 점박이응애의 살비제에 대한 저항성은 단일 주동유전자에 의해서 완전우성 또는 불완전우성으로 유전되지만 (Croft와 Baan 1982), Hexythiazox (井上 1989에서 인용) · Propargite (Hoy와 Conley 1988, Keena 1990) · Dicofol (Rizzieri 등 1988, 김 등 1994) · Cyhexatin (Hoy 등 1988) 등에서는 열성유전을 하는 것으로 알려져 있다. 약제 저항성의 발달에는 유전적인 요인 외에 환경적요인, 생물적요인 등 많은 요인의 영향을 받는다. 그러나 저항성의 유전양식이 우성일 경우에는 열성일 경우에 비하여 약제도태에 의한 저항성발달 속도가 빠르고 저항성 정도도 높게 나타나는 것이 일반적이다. 이와 같이 유전양식이 우성인 약제는 저항성 발달을 지연시킬 수 있는 약제의 사용전략이 필요하다고 생각된다.

교차저항성

Td5계통과 S계통 난의 살란성 살비제에 대한 감수성 정도를 조사하여 LC50 값(ppm)을 산출하고 각 살비제에 대한 두 계통의 LC₅₀값으로써 저항성비를 구하였다 (Table 2). Td5계통은 Clofentezin과 Benzoximate 및 Chlorfenson에 대해서 교차저항성을 나타내었으며, 특히 Clofentezin에 대한 저항성 정도가 높았다. 그러나 본 실험에서 사용된 Td5계통은 그 근원이 야외 개체군이기 때문에 채집 이전의 포장 상태에서 이미 이

Table 2. Cross resistance of tetradifon-resistant *T. urticae* eggs dipped in ovicidal

Acaricide	Strain	Slope±SE	LC ₅₀ (ppm)	95% CL	RR
Clofentezin	Sus.	1.7±0.2	9.8	6.5- 13.6	1
	Td5	0.9±0.1	835.8	575.7- 199.4	85
Benzoximate	Sus.	1.0±0.1	57.9	28.0- 104.1	1
	Td5	0.9±0.1	1,405.6	362.9- 303.4	24
Chlorfenson	Sus.	0.8±0.1	441.7	153.3- 673.7	1
	Td5	-	>10,000		>22
Fenazaquin	Sus.	1.5±0.2	1.3	1.0- 1.8	1
	Td5	1.3±0.1	3.0	1.3- 8.0	2
Pyridaben	Sus.	1.9±0.2	1.2	0.9- 1.5	1
	Td5	2.2±0.2	2.5	1.5- 3.5	2
Flufenoxuron	Sus.	-	>1,000		1
	Td5	3.7±0.4	1,892.0	1,106.6-2,768.5	<1
Tebufenpyrad	Sus.	4.6±0.2	1.2	0.8- 1.6	1
	Td5	2.3±0.2	1.4	1.2- 1.6	1
Fenothiocarb	Sus.	4.5±0.5	13.9	9.5- 21.2	1
	Td5	3.3±0.4	13.7	10.3 17.5	1

들 약제에 대한 저항성이 발현되었을 개연성을 배제할 수 없는데, 이것은 Clofentezine · Benzoximate · Chlorfenson이 국내에 각각 1985 · 1977 · 1972년에 등록되어 1969년 등록된 Tetradifon과 함께 사용되어 왔기 때문일 수도 있다. Clofenson의 경우 Td5계통은 10,000 ppm에서도 부화율이 70%나 되었다. Tetradifon 5000 ppm 이상의 농도에서는 강낭콩에 약해가 심하게 나타나서 LC₅₀ 값을 구할 수 없었다.

한편 Fenazaquin · Pyridaben · Flufenoxuron · Tebufenpyrad · Fenothiocarb 등의 약제는 Td5계통과 S계통 간에 저항성 정도의 차이가 크지 않고 저항성비가 1.0~2.3으로서 비교차저항성을 나타내었다. 따라서 이들 약제는 Tetradifon에 대해 저항성을 나타내는 점박이응애 난의 방제에 효과적일 것으로 생각된다. 또한 Dicofol 저항성계통은 Tetradifon에 교차저항성을 나타내지 않으므로 (김 등 1994), 이 두 약제를 교호로 사용함으로써 저항성의 발달을 어느 정도 지연시킬 수 있다고 생각된다.

이상의 결과로 볼 때 우리나라에서는 유기염소계 살비제인 Tetradifon에 저항성을 발달시킨 점박이응애는 Clofentezin · Benzoximate · Chlorfenson 등에 대해서도 저항성을 나타내므로 이들 약제의 사용은 자제되어야 할 것으로 생각된다. 이와 같이 계통이 다른 살비제에 대해 교차저항성을 나타내는 경우로는 Dicofol 저항성 점박이응애의 Amitraz와 Acrinathrin에 대한 교차저항성(김 등 1994)과 Clofentezine 저항성인 점박이응애 난의 Hexythiazox에 대한 교차저항성(Gough 1987)을 들 수 있다.

야외 개체군의 저항성 발달을 막기 위하여 대개의 연구자들이나 지도업무 종사자들은 농민에게 계통이 다른 농약을 교호로 살포할 것을 권장하고 있으나, 본 시험의 결과에서와 같이 계통 다른 약제라 할지라도 서로 교차저항성을 나타낼 수 있으므로, 이와 같은 지도 방식은 지양되어야 할 것으로 생각된다. 즉 점박이응애의 약제별 저항성 발달 정도와 약제간 및 약제 계통간의 교차저항성의 발달 여부 등에 대한 정확한 정보를 토대로 야외 점박이응애의 개체군 관리기술을 개발해야 할 것이다.

인용문헌

김길하, 송 철, 박노중, 조광연. 1994. Dicofol 저항성 점박이응애의 저항성유전과 교차저항성. *한응곤지* 33(4): 230-236.

- 박정규, 유재기, 이문홍, 이상계, 최병렬, 이관석. 1995. 응애류 약제저항성 검정기술 개발. 1995년도 농업과 학기술원 시험연구사업보고서: 465-472.
- 박정규, 유재기, 이정운. 1996. 점박이응애(*Tetranychus urticae* Koch)와 긴털이리응애(*Amblyseius womersleyi* Schicha)에 대한 몇가지 농약의 선택독성. *한응곤지* 35(3): 232-237.
- 박형만, 최승윤, 유재기, 나승룡, 이경휘. 1986. 과수 응애류 약제저항성 및 방제에 관한 연구. *농시논문집* 28(2): 65-71.
- 송 철, 김길하, 안수정, 박노중, 조광연. 1995. 사과원에서 채집된 점박이응애(*Tetranychus urticae*)의 지역별 살비제 감수성. *한응곤지* 34(4): 328-333.
- 이문홍, 김석환, 류문일. 1993. 응애류 약제저항성 검정 기술 개발. 1993년도 농업기술연구소 사업보고서: 857-860.
- 이순원, 서상재, 김동아, 최경희, 이동혁, 유언하. 1996. 사과원의 병해충 방제 실태 및 방제의견 조사연구. *농업논문집* 38(1): 545-552.
- 이순원, 이문홍, 최귀문, 현재선, 임명순. 1994. 농약살포가 사과나무의 주요 해충 및 천적의 발생에 미치는 영향. *농업논문집* 36(2): 383-394.
- 이승찬, 김운영, 김상수. 1986. 점박이응애의 약제저항성 수준결정방법 비교와 Benzomate, Cyhexatin 및 Dicofol 저항성 조사연구. *한식보호지* 25(3): 133-138.
- 이승찬. 1969. 응애류의 약제저항성에 관한 연구. I. 한국에서의 Parathion과 Kelthane에 대한 응애의 저항성. *농시연보* 12(3): 91-96.
- 조점래, 김영준, 안용준, 유재기, 이정운. 1995. 점박이응애 야외 개체군의 살비제 저항성 모니터링. *한응곤지* 34(1): 40-45.
- Croft, B. A., H. E. van de Baan. 1988. Ecological and genetic factors influencing evolution of pesticides resistance in Tetranychid and Phytoseiid mites. *Exp. Appl. Acarol.* 4: 277-300.
- 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.
- Dennehy, T. J., J. Granett & T. F. Leigh. 1983. Relevance of slide dip and residual bioassay comparisons to detection of resistance in spider mites. *J. Econ. Entomol.* 76: 1225-1230.
- Georghiou, G. P. 1969. Genetics of resistance to insecticides in housefly and mosquitoes. *Exp. Parasitol.* 26: 224-255.
- Gough, N. 1987. Chemical control of twospotted mite on field roes in Southern Queensland, pp. 82-86. *In*

- Proceedings, Symposium on mite control in horticultural crops. Orange Agricultural College, Orange, N.S.W., Australia.
- Hoy, M. A., J. Conley. 1988. Cyhexatin and Fenbutatin-oxide resistance in pacific spider mite (Acari: Tetranychidae): Stability and mode of inheritance. J. Econ. Entomol. **81**(1): 57-64.
- Hoy, M. A., J. Conley. 1989. Propargite resistance in pacific spider mite (Acari: Tetranychidae): Stability and mode of inheritance. J. Econ. Entomol. **82**(1): 11-16.
- Keena, M. A., J. Granett. 1990. Genetic analysis of propargite resistance in pacific spider mites and twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae). J. Econ. Entomol. **83**(3): 655-661.
- Overmeer, W. P. J. 1967. Genetics of resistance to Tedion in *Tetranychus urticae* C. L. Koch. Arch. Neer. Zool. **17**: 295-349.
- Overmeer, W. P. J., R. A. Harrison. 1969. Genetical studies of resistance to tetradifon in New Zealand population of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). N. Z. J. Sci. **12**: 904-919.
- Rizzieri, D. A., T. J. Dennehy, and T. J. Glover. Genetic analysis of dicofol resistance in two populations of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) from New York apple orchards. J. Econ. Entomol. **81**(5): 1271-1276.
- Russell, R. M., J. L. Robertson & N. E. Savin. 1977. POLO: a new computer program for probit analysis. Bull. Entomol. Soc. Am. **23**: 209-215.
- 井上晃一. 1989. ハダニ類の薬剤抵抗性の機構-遺傳的特性を中心に. 植物防疫 **43**(7): 367-371.

(1996년 7월 24일 접수)