

Bifenazate 저항성 점박이응애의 유전과 교차저항성

유정수 · 서동규 · 김은희 · 한종빈 · 안기수¹ · 김길하*충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, ¹충북농업기술원Inheritance and Cross Resistance of Bifenazate Resistance in
Twospotted Spider Mite, *Tetranychus urticae*Jeong-Soo Yu, Dong-Kyu Seo, Eun-Hee Kim, Jong-Been Han, Ki-Su Ahn¹ and Gil-Hah Kim*

Dept. of Plant. Medicine, Coll. of Agri. Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Republic of Korea.

¹Chungbuk Provincial ARES, Cheongwon, 363-880, Republic of Korea

ABSTRACT : The development of resistance to bifenazate (resistance ratio of egg=40.3 folds) was found in population of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, collected from rose greenhouses in Chilgok, Gyeongbuk Province in December 2000. This population was selected for 4 years with bifenazate treatment (over 150 times), and showed 248.8 folds increase in resistance as compared to susceptible (S) strain. Inheritance of bifenazate resistant strain (R) and cross resistance of this strain to 9 acaricides were investigated. There were differences of susceptibility in the bifenazate concentration-mortality relationships in F1 progenies obtained from reciprocal cross with the S and R strain ($R_{\text{♀}} \times S_{\text{♂}}$, $S_{\text{♀}} \times R_{\text{♂}}$). Degrees of dominance were 0.48 and 0.94 in adult females and eggs of $R_{\text{♀}} \times S_{\text{♂}}$, and -0.85 and -0.17 in adult females and eggs of $S_{\text{♀}} \times R_{\text{♂}}$, respectively. Inheritance type in the F1 progeny of $R_{\text{♀}} \times S_{\text{♂}}$ was incomplete dominant, and F1 progeny of $S_{\text{♀}} \times R_{\text{♂}}$ was incomplete recessive. These results suggest that inheritance of bifenazate resistance is controlled by a complete dominance. The R strain exhibited cross resistance to acequinocyl and fenpyroximate in adult females, and amitraz, emamectin benzoate, fenpyroximate, milbemectin, pyridaben and spiroadiclofen in eggs. However they showed negatively correlated cross-resistance to emamectin benzoate and milbemectin in adult females, and abamectin in eggs.

KEY WORDS : *Tetranychus urticae*, Inheritance, Cross resistance, Acaricide

초 록 : 2000년 12월 경북 칠곡의 장미재배지에서 채집한 점박이응애를 실험실에서 4년 동안 bifenazate로 150회 이상 도태하여 248.8배의 저항성계통을 얻었다. 이 저항성 계통의 유전과 9종 살비제에 대한 성충과 알의 교차저항성 유무를 조사하였다. 감수성계통 수컷과 저항성계통 암컷을 상호 교배($S_{\text{♂}} \times R_{\text{♀}}$)하여 얻은 F₁ 우성도는 성충과 알에 대해서 각각 0.48, 0.94로 불완전우성이었으며, $R_{\text{♂}} \times S_{\text{♀}}$ 으로 상호 교배하여 얻은 F₁ 우성도는 성충과 알에 대해서 각각 -0.85, -0.17로 불완전열성이었다. 이 저항성 점박이응애의 성충은 acequinocyl, fenpyroximate에 대해 각각 9.9, 5.0배의 교차저항성을 나타내었으며, emamectin benzoate, milbemectin에 대해서는 각각 0.14, 0.04배의 역상관교차저항성을 나타내었다. 알은 amitraz, emamectin benzoate, fenpyroximate, milbemectin, pyridaben, spiroadiclofen에 대해 각각 22.0, 11.7, 32.3, 16.3, 394.8, 19.5배의 교차저항성을 나타내었으며, abamectin에 대해서는 0.01배의 역상관교차저항성을 나타내었다.

검색어 : 점박이응애, 유전, 교차저항성, 살비제, Caraway oil, 기피효과, 화학분석

*Corresponding author. E-mail: khkim@chungbuk.ac.kr

점박이응애(*Tetranychus urticae*)는 기주범위가 넓고 약제에 대해 저항성 발달이 빠른 특성을 가지고 있기 때문에 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 농작물의 중요한 해충으로 알려져 있다(Kim and Lee, 1989; Takafuji *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2003).

Bifenazate는 Uniroyal Chemical (Crompton)에 의해 1990년에 발견된 carbazate계 화합물로 2000년에 상업화된 살비제이다(Tomlin, 2003). 특히 포식성 응애에 독성이 거의 없고(Ahn *et al.*, 2004), 낮은 포유독성과 짧은 환경잔류를 가진 화합물이다(Tomlin, 2000; Dekeyser, 2005). 국내에는 꿀응애, 사과응애, 점박이응애에 대한 방제약제로 등록되어 있다(Anonymous, 2004). Lee *et al.* (2003)은 칠곡 등 8개 장미재배지에서 bifenazate를 포함한 6종 약제에 대한 점박이응애의 저항성 발달수준을 조사하였는데, 약제의 종류와 지역에 따라 차이가 있음을 보고하였다. 이에 본 실험은 2000년 12월 경북 칠곡 장미재배지에서 채집한 집단(Lee *et al.*, 2003)을 실험실에서 4년간 150회 이상 도태하면서 bifenazate에 대한 저항성 발달 정도, 저항성 유전 및 교차저항성의 유무를 조사하고, 역상관교차저항성을 보이는 약제를 탐색하여 점박이응애방제의 기초자료로 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험약제

본 실험에 사용된 살비제는 시판되고 있는 abamectin (1.8% EC), acequinocyl (15% SC), amitraz (20% EC), bifenazate (13.5% SC), emamectin benzoate (2.15% EC), fenpyroximate (5% SC), milbemectin (1% EC), pyridaben (20% WP), spiroticlofen (22% SC) 등 9종이었다.

실험곤충 및 저항성 선발

실험에 사용된 감수성계통(S)은 한국화학연구소에서 분양받아 1998년부터 충북대학교 식물위학과 곤충사육실에서 약제처리 없이 누대사육한 것을 사용하였다. Bifenazate 저항성계통 점박이응애는 칠곡의 장미재배지에서 채집(2000년 12월)한 것을 대상으로 하였다. 이를 실내에서 4년 동안 bifenazate를 LC₂₀₋₃₀값의 살비효과를 나타내는 농도로 희석하여 7일 간격으로 분무하였다. 150회 정도 처리하였을 때 성충의 저항성비가 248.8배였으며, 이를 실험에 이용하였다(Table 1). 실내 사육조건은

온도 25~27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 40~60%가 되도록 조절하였다.

살비제 처리방법

약제를 아세톤에 녹여 농도별로 희석한 후 9배의 Triton X-100 100ppm 수용액과 혼합하여 처리약액을 조제하였다. 직경 5.5 cm의 페트리디쉬 내에 물을 충분히 적신 탈지면을 깔고 그 위에 직경 2.5 cm로 자른 강낭콩 잎 절편을 올려놓고, 부드러운 붓으로 점박이응애 성충을 30마리씩 접종하였다. 후드 내에서 소형 분무기로 응애와 함께 강낭콩 잎이 충분히 젖을 정도로 처리약액을 살포한 후 음건시켰다. 약제 처리 후 실내 사육조건에 보관하면서 처리 후 24, 48시간의 살충률을 조사하였으며, 실험은 3반복으로 수행하였다.

살란효과(ovicidal effect) 검정은 성충과 동일한 방법으로 강낭콩 잎절편에 성충 40~50마리를 접종하여 5시간 이내 산란 받은 후 성충을 제거하고, 산란되어 있는 잎절편을 약액에 침지법(leaf dipping)으로 10초 동안 침지하였다가 후드 내에서 음건시켰다. 처리 후 실내사육조건에 보관하면서 7일 동안 부화율을 조사하고, Finney (1971)의 probit계산법으로 LC₅₀값을 구하였다.

교배시험

F₁은 R_♀×S_♂과 R_♂×S_♀으로 상호교배하여 얻었다. 교배방법은 제2약충기(deutonymph)에서 처녀암컷을 분리하고, 우화한 암컷과 수컷을 상호교배 방법으로 집단 교미시켜서 얻은 1세대의 알을 이용하였다.

저항성 유전실험

실내 감수성계통, bifenazate 저항성계통 및 상호교배에서 얻어진 F₁에 대한 bifenazate 저항성 유전실험은 살비제 처리방법과 동일한 방법으로 처리, 분석하였다. 살비제 저항성의 차세대 유전의 우·열성 정도를 나타내는 우성도(degree of dominance, D)는 Stone (1968)의 방법을 이용하였다.

$$D = (2\text{Log}X_2 - \text{Log}X_1 - \text{Log}X_3) / (\text{Log}X_1 - \text{Log}X_3)$$

X₁=저항성 LC₅₀값

X₂=교잡종(F₁)의 LC₅₀값

X₃=감수성 LC₅₀값

Table 1. Bifenazate susceptibility of resistant (R), original Chilgok (OC) and susceptible (S) of strains *T. urticae*

Strain	Stage tested	LC ₅₀ (ppm) (95% CL ^{a)})	RR ^{b)}
R	Egg	823.1 (670.7~976.4)	164.6
	Adult	248.8 (204.8~295.6)	248.8
OC ^{c)}	Egg	201.5 (149.2~296.1)	40.3
	Adult	6.0 (5.0~7.1)	6.0
S	Egg	5.0 (0.4~49.1)	1.0
	Adult	1.0 (0.1~10.6)	1.0

^{a)} 95% Confidence limits

^{b)} Resistance ratio=LC₅₀ (ppm) of R and OC strains divided by LC₅₀ (ppm) of S strain

^{c)} Original Chilgok strain.

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

- D=1 완전우성
- 1>D>0 불완전우성
- D=0 중간성
- 0>D>-1 불완전열성
- D=-1 완전열성

교차저항성 실험

교차저항성 검정은 살비제 처리방법과 동일한 방법으로 실시하였다. Bifenazate 저항성계통의 abamectin 등 8종에 대한 LC₅₀ (ppm)을 구하여 살비제 종류별 교차저항성 정도를 비교, 검토하였다.

결과 및 고찰

Bifenazate 저항성의 유전양식

감수성계통에 대한 bifenazate의 LC₅₀ (ppm)값은 알에 대해 5.0 ppm, 성충에 대해서 1.0 ppm이었지만, 저항성계통은 경북 칠곡에서 2001년 1월 채집할 당시 알에 대해 201.5 ppm, 성충에 대해 6.0 ppm으로 저항성비는 각각 29.2, 50.0배이었고, 이것을 실내에서 4년 동안 bifenazate로 선발한 후에 알과 성충에서의 LC₅₀ (ppm)값은 각각 823.1, 248.8로, 저항성비는 164.6, 248.8배에 발달하였다 (Table 1). 이러한 계통을 사용하여 bifenazate 저항성의 유전양식을 검토한 결과는 Table 2 및 Fig. 1, 2와 같다.

점박이용애의 bifenazate 선발계통(R)과 감수성계통(S) 및 F1 (S_♀×R_♂, R_♀×S_♂) 알과 성충의 bifenazate에 대한 LC₅₀ (ppm), 저항성비, 우성도를 Table 2에 나타내었다. S_♀×R_♂의 교배에서 얻어진 F1 알과 성충의 저항성비는 각각 8.3배, 1.5배 이었고, 우성도는 각각 -0.17, -0.85로

Table 2. Inheritance of bifenazate resistance in *T. urticae*

Strain & Cross	Stage tested	LC ₅₀ (ppm)	Slope ±SE	RR ^{a)}	DD ^{b)}
Susceptible strain	Egg	5.0	1.3±7.73	1	-
	Adult	1.0	1.1±9.12	1	-
Resistant strain	Egg	823.1	2.0±0.32	164.6	-
	Adult	248.8	1.7±0.15	248.8	-
F1 (S _♀ ×R _♂)	Egg	41.5	1.2±9.04	8.3	-0.17
	Adult	1.5	1.1±0.14	1.5	-0.85
F1 (R _♀ ×S _♂)	Egg	697.4	1.0±0.11	139.5	0.94
	Adult	59.1	2.2±0.25	59.1	0.48

^{a)} Resistance ratio=LC₅₀ (ppm) of R strain and F1 divided by LC₅₀ (ppm) of S strain

^{b)} Degree of dominance.

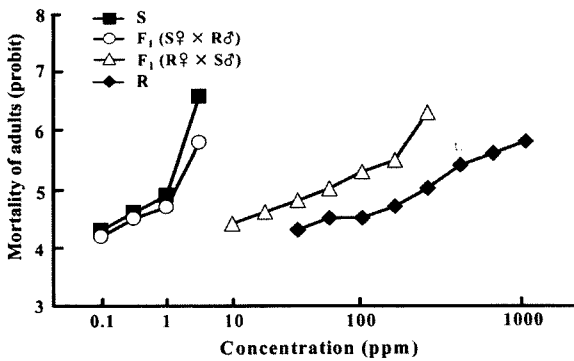


Fig. 1. Concentration mortality lines to bifentazate in F₁ adults from the crosses between the resistant and susceptible strains of *T. urticae*.

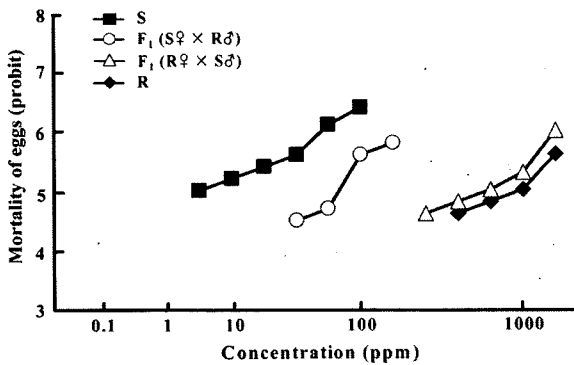


Fig. 2. Concentration mortality lines to bifentazate in F₁ eggs from the crosses between the resistant and susceptible strains of *T. urticae*.

불완전열성이었다. 그러나 R♀ x S♂의 교배에서 얻어진 F1 알과 성충의 저항성비는 각각 139.5배와 59.1배이었고, 우성도는 각각 0.94와 0.48로 불완전우성이었다. S계통과 R계통 및 상호교배에 의한 F1세대의 알과 성충의 bifentazate에 대한 log농도-사망률 관계에서(Fig. 1, 2), S♀ x R♂의 알과 성충의 회귀직선이 감수성쪽으로 기울어져 있어 열성이었고, R♀ x S♂의 알, 성충의 회귀직선은 저항성쪽으로 치우쳐 있어 우성임을 알 수 있었다. Bifentazate 저항성계통 점박이응애의 유전양식은 교배 방식에 따라 약제 감수성에 큰 차이를 보이고, 지배유전 인자는 수컷보다는 암컷성충에 의존적으로 유전되며 완전우성임을 알 수 있었다. Lee et al. (2004)의 결과에서도 etoxazole 저항성계통 점박이응애의 유전양식은 S♀ x R♂는 열성이었고, R♀ x S♂는 우성으로 암컷성충에 의존적으로 유전됨을 보고하여 본 실험의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

약제저항성 유전양식은 저항성 발달속도를 규정하는

요인의 하나이며, 이것을 규명하는 것은 중요한 일이다. 지금까지 많은 살비제의 유전양식이 검토되었으며, benzomate, amitraz (Inoue, 1984), binapacryl (Cranham, 1982), tetradifon (Cranham, 1982; Park et al., 1996), dicofol (Kim et al., 1995), hexythiazox (Yamamoto et al., 1995), tebufenpyrad, fenpyroximate, pyridaben (Goka, 1998), etoxazole (Kobayashi et al., 2001; Lee et al., 2004) 등이 보고되었다.

교차저항성

감수성계통에 대한 bifentazate 저항성계통 알과 성충의 저항성비가 164.6, 248.8배인 이 계통에 대한 8종 살비제의 교차저항성 유무를 검토한 결과는 Table 3과 같다. 교차저항성 관계는 저항성비에서 어느 정도 값으로 할 것인가에 대한 명확한 기준은 없지만, 여기서는 5 이상의 값을 나타낸 약제를 bifentazate와 교차저항성으로 하였다. 한편 역상관교차저항성은 0.5 이하의 값으로 하였으며, 비교차저항성은 0.6~4.9사이의 값으로 하였다(Takahashi, 1979). Bifentazate 저항성계통의 성충에 대한 acequinocyl과 fenpyroximate의 저항성비는 각각 9.9배와 5.0배이고, 알에 대한 amitraz, emamectin benzoate, fenpyroximate, milbemectin, spiroadiclofen의 저항성비는 각각 22.0, 11.7, 32.3, 16.3, 19.5배의 교차저항성을 나타내었으며, pyridaben은 알에 대해서 394.8배로 가장 높은 교차저항성을 나타내었다. 본 실험에 사용된 bifentazate 저항성계통은 그 유래가 야외 개체군이기 때문에 채집 이전의 포장 상태에서 이미 교차저항성을 나타낸 약제에 대해서 저항성이 발현되었을 수도 있는 것을 배제할 수는 없지만, bifentazate 저항성계통에 대해서는 이들 약제의 살포를 지양해야 할 것이다. Abamectin은 성충, acequinocyl은 알에 대해서 비교차저항성을 나타내었고, amitraz는 성충에 대해서 심한 기피현상을 나타내었다. 살비제 저항성 점박이응애의 교차저항성에 관한 연구로, Kim and Lee (1989)는 carbophenothion 저항성계통이 ethion에, ethion 저항성계통이 carbophenothion에, 그리고 cyhexatin 저항성계통이 ethion과 carbophenothion에, Kim et al. (1995)은 dicofol 저항성계통이 amitraz, acrinathrin, bifenthrin에, Park et al. (1996)은 tetradifon 저항성계통이 clofentezine, benzoximate, chlorfenson에 그리고 Lee et al. (2004)은 etoxazole 저항성계통이 acequinocyl, emamectin benzoate, amitraz, pyridaben에 대해서 높은 교차저항성을 보고하였다.

Table 3. Cross resistance of bifenazate resistant (R) and susceptible (S) strains of *T. urticae* to acaricides

Acaricide	Stage tested	LC ₅₀ (ppm) (95% CL ^{a)})		RR ^{b)}
		R strain	S strain	
Abamectin	Egg	0.09 (0.06~0.13)	10.7 (9.3~12.1)	0.01
	Adult	0.17 (0.15~0.18)	0.07 (0.06~0.08)	2.4
Acequinocyl	Egg	1.8 (1.3~2.5)	1.9 (1.6~2.3)	1.0
	Adult	27.8 (24.6~31.1)	2.8 (2.5~3.1)	9.9
Amitraz	Egg	17.4 (11.9~26.8)	0.79 (0.7~0.9)	22.0
	Adult	- ^{c)}	-	-
Emamectin benzoate	Egg	71.1 (47.9~118.5)	6.1 (4.9~7.6)	11.7
	Adult	0.0055 (0.005~0.007)	0.04 (0.02~0.06)	0.14
Fenpyroximate	Egg	19.4 (12.4~30.7)	0.6 (0.4~0.9)	32.3
	Adult	32.6 (23.5~45.2)	6.5 (4.8~8.2)	5.0
Milbemectin	Egg	0.16 (0.12~0.22)	0.01 (0.008~0.014)	16.3
	Adult	0.005 (0.004~0.007)	0.14 (0.12~0.18)	0.04
Pyridaben	Egg	13.6 (8.8~21.1)	0.18 (0.12~0.26)	394.8
	Adult	- ^{c)}	-	-
Spirodiclofen	Egg	1.76 (1.2~2.7)	0.09 (0.07~0.13)	19.5
	Adult	* ^{d)}	*	*

^{a)} 95% Confidence limits

^{b)} Resistance ratio=LC₅₀ (ppm) of R strain divided by LC₅₀ (ppm) of S strain

^{c)} Repellent effect

^{d)} No effect.

역상관교차저항성을 나타내는 약제들은 abamectin이 알에 대해서 0.01배를 나타내었고, emamectin benzoate, milbemectin이 성충에 대해서 각각 0.14, 0.04배를 나타내었다. 그러므로 bifenazate저항성을 보인 농가에서는 이들 약제를 교호로 살포한다면 효율적으로 점박이용애를 방제할 수 있을 것이다. Kim *et al.* (1994)은 dicofol 저항성 점박이용애에 대한 azocyclotin과 fenbutatin oxide, Lee *et al.* (2004)은 etoxazole 저항성 점박이용애에 대한 bifenazate와 emamectin benzoate 그리고 Linda *et al.* (1991)은 dicofol저항성 점박이용애에 대한 chlorpyrifos의 역상관교차저항성을 보고하였다. Park *et al.* (1996)은 tetradifon 저항성 점박이용애 알에 대해서 fenazaquin, pyridaben, flufenoxuron, tebufenpyrad, fenothiocarb은 비교차저항성이며, 이들 약제들은 저항성 점박이용애의 방제를 위한 대체약제로서의 가능성을 시사하였다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 점박이용애에 대한 bifenazate의 저항성 발달은 빨랐으며, bifenazate 저항성 지배유전인자는 수컷보다는 암컷성충에 의존적으로 유전되는 불완전우성이었다. Bifenazate 저항성을 가진 점박이용애를 효율적으로 방제하고 저항성의 본질을 밝히기

위해서는 다양한 살비제제의 교차저항성 검정과 높은 저항성비를 보이게 된 원인을 밝히는 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

사 사

이 논문은 2005년 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

Literature Cited

- Ahn, K.S., S.Y. Lee, K.Y. Lee, Y.S. Lee and G.H. Kim. 2004. Selective toxicity of pesticides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and control effects of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* by predatory mite and mixture on rose. Korean J. Appl. Entomol. 43: 71~79.
- Anonymous, 2004. Guide book use pesticide. Korea Crop Protection Association. Seoul. 991 pp.
- 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.
- Dekeyser, M. 2005. Review acaricide mode of action. *Pest Manag. Sci.* 61: 103~110.
- Finney, D.J. 1971. Probit analysis. 3rd ed. 333 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Georghiou, G.P. 1969. Genetics of resistance to insecticides in houseflies and mosquitoes. *Exp. Parasitol.* 26: 224~225.
- Goka, K. 1998. Mode of inheritance of resistance to three new acaricides in the Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 22: 699~708.
- 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.
- Kim, S.S. and S.C. Lee. 1989. Development of acaricide resistance and cross-resistance in *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 28: 146~153.
- Kim, G.H., C. Song, B.Y. Chung, N.J. Park and K.Y. Cho. 1995. Stability of dicofol resistance of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 34: 61~64.
- Kim, G.H., C. Song, N.J. Park and K.Y. Cho. 1994. Cross resistance and inheritance of resistance dicofol selected strain of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Korean J. Appl. Entomol.* 33: 230~236.
- Kobayashi, M., S. Kobayashi and T. Nishimori. 2001. Occurrence of etoxazole resistance individuals of the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch from a limited region. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 45: 83~88.
- Lee, S.Y., K.S. Ahn, C.S. Kim, S.C. Shin and G.H. Kim. 2004. Inheritance and stability of etoxazol resistance in two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, and its cross resistance. *Korea. J. Appl. Entomol.* 43: 43~48.
- Lee, Y.S., M.H. Song, K.S. Ahn, K.Y. Lee, J.W. Kim and G.H. Kim. 2003. Monitoring of acaricide resistance in two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) populations from rose greenhouses in Korea. *J. Asia-Pacific Entomol.* 6: 91~96.
- Linda, A.F.K., H.G. Scott and T.J. Dennehy. 1991. Dicofol resistance in *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae): cross-resistance and pharmacokinetics. *J. Econ. Entomol.* 84: 41~48.
- Park, C.G., S.G. Lee, B.R. Choi, J.K. Yoo and J.O. Lee. 1996. Inheritance of tetradifon resistance in twospotted spider mite (Acarina: Tetranychidae). *Korean. J. Appl. Entomol.* 35: 260~265.
- 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.
- Takafuji, A., A. Ozawa, H. Nemoto and T. Gotoh. 2000. Spider mites of Japan: their biology and control. *Exp. Appl. Acarol.* 24: 319~335.
- Takahashi, Y. 1979. Pesticide design: strategy and tactics (by Yamamoto, I and J. Fukami). Soft Science, INC. 663~692.
- Tomlin, C. 2003. The pesticide manual. British crop protection council Twelfth Edition. 85~87.
- Yamamoto, A., H. Yoneda, R. Hatano and M. Asada. 1995. Genetic analysis of hexythiazox resistance in the citrus red mite, *Panonychus citri* McGregor. *J. Pestic. Sci.* 20: 513~519.

(Received for publication 16 May 2005;
accepted 13 June 2005)