

## 팔라시스이리응애에 대한 농약의 독성

김동환\* · 김상수<sup>1</sup> · 김광식 · 현재욱

난지농업연구소 난지환경과, <sup>1</sup>순천대학교 식물의학전공

### Comparative Toxicity of some Pesticides to the Predatory Mites, *Neoseiulus fallacis* Garman (Acari: Phytoseiidae)

Dong-Hwan Kim\*, Sang-Soo Kim, Kwang-Sik Kim and Jae-Wook Hyun

Department of Plant Environment, National Institute of Subtropical Agriculture, RDA, Jeju 690-150, Republic of Korea

<sup>1</sup>Department of Plant Medicine, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Republic of Korea

**ABSTRACT :** The toxicities of 37 commercial pesticides for citrus pests were evaluated to *N. fallacis*. Eight fungicides (difenoconazole, imibenconazole, azoxystrobin, dithianon, fluazinam, procymidon, streptomycin, tribasic copper sulfate), three insecticides (dichlovos, imidacloprid, thiamethoxam) and four acaricides (milbemectin, tetradifon, dicofol, spirodiclofen) had lower effect to the hatchability of eggs *N. fallacis*. Six fungicides (propineb, difenoconazole, imibenconazole, azoxystrobin, dithianon, procymidon) and three acaricides (bifenazate, tetradifon, spirodiclofen) showed lower contact toxicity to adult *N. fallacis*. The secondary toxicity of 26 pesticides to *N. fallacis* adult were evaluated. Two fungicides (fluazinam, streptomycin) and 3 acaricides (machine oil, cyhexatin, halfenprox) showed low toxicity when the prey (eggs of spider mite) was treated with pesticides.

**KEY WORDS :** Predatory mite, *Neoseiulus fallacis*, Pesticides, Toxicity, Citrus

**초 록 :** 감귤 병해충 방제용으로 사용되고 있는 37종의 약제에 대한 팔라시스이리응애의 감수성을 조사한 결과, difenoconazole, imibenconazole, azoxystrobin, dithianon, fluazinam, procymidon, streptomycin, tribasic copper sulfate 등의 살균제 8종과 dichlovos, imidacloprid, thiamethoxam 등의 살충제 3종, 그리고 milbemectin, tetradifon, dicofol, spirodiclofen 등의 살비제 4종은 팔라시스이리응애 알의 부화율에 대한 영향이 적었으며, propineb, difenoconazole, imibenconazole, azoxystrobin, dithianon, procymidon 등의 살균제 6종과 bifenazate, tetradifon, spirodiclofen 등의 살비제 3종은 성충에 대한 독성이 낮았다. 농약이 살포된 점박이응애 알을 먹이로 공급하여 성충에 대한 이차독성을 검정한 결과, 살균제 2종(fluazinam, streptomycin)과 살비제 3종(machine oil, cyhexatin, halfenprox)이 독성이 낮은 것으로 나타났다.

**검색어 :** 팔라시스이리응애, 농약, 독성, 감귤

\*Corresponding author. E-mail: donghwan@rda.go.kr

팔라시스이리응애(=*Neoseiulus fallacis*, =*Amblyseius fallacis*, =*Typhlodromus fallacis*)는 잎응애류의 천적으로서 이리응애과(과)에 속하며, 북미가 원산지이다. 미국에서는 다양한 종류의 작물과 정원수 등에서의 응애류 종합 관리에서 유력한 생물적 방제인자로 보고되어 있으나 (Croft and McGroarty, 1977; Pratt and Croft, 1998), 우리나라에서는 현재까지 발생이 보고된 바는 없다. 그러나 국내에서도 도입을 통해 잎응애에 대한 포식특성 등의 생물학적 특성 및 기능반응에 관한 연구가 수행되기도 하였으며(Kwon *et al.*, 1998; Kim and Paik, 1999a, b), Kim *et al.* (2002, 2003)은 감귤원 굴응애에 대한 팔라시스이리응애의 포식특성 및 감귤원 굴응애 방제를 위한 팔라시스이리응애의 방사수준에 대해 보고함으로써 굴응애에 대한 생물적방제인자로서의 가능성을 제시하였다.

그러나 유용한 천적을 선발하였다 하더라도 약제를 완전히 배제한 상태에서 천적만으로 해충을 경제적 피해수준 이하로 유지시키기는 매우 어렵다. 즉 생물적 방제인자로서 이용되고 있는 포식성 및 기생성 천적들은 일반적으로 약제에 대해 매우 민감하다는 문제점이 있다. 따라서 생물적 조절인자인 천적의 역할을 보다 증대시키기 위해 해충보다는 천적에 독성이 낮은 선택성 약제를 탐색하고 이용하여 천적과 해충의 밀도를 적정수준으로 조절하기 위한 연구가 이루어져 왔다(Hoy and Ouyang, 1986; Croft, 1990; Lee, 1990; Cho *et al.*, 1995; Park *et al.*, 1996; Kim *et al.*, 2000; Seo and Kim, 2000).

팔라시스이리응애에 대한 농약의 독성 평가에 관한 연구도 많이 이루어진 바 있다. Cary and Wilbur (1975)는 야외에서 팔라시스이리응애에 대한 몇 가지 살균제의 독성 평가를 통하여 benomyl과 sulfur는 팔라시스이리응애에 대한 독성이 강한 것으로 보고하였다. Theiling and Croft (1988)는 1921년부터 1985년까지 발간된 전 세계의 문헌을 토대로 절지동물 천적류에 대한 농약의 독성에 관한 데이터베이스를 작성하였는데, 이 데이터베이스에는 876개 문헌으로부터 얻은 12,000개의 자료가 기록되어 있으며, 팔라시스이리응애에 관한 자료는 266개가 기록되어 있다. 독성 등급은 치사율에 따라 5등급으로 구분하였는데, 각 등급별 치사율 범위는 1등급은 0%, 2등급은 10%이하, 3등급은 10~30%, 4등급은 30~90% 그리고 5등급은 90%이상이다. 또한 Croft and McGroarty (1977)는 사과원에서의 팔라시스이리응애 방사시험을 통하여 독성이 강한 농약이 사용되지 않는다면 사과응애(*Panonychus ulmi*)를 효과적으로 억제할 수 있다고 언급한 바 있다.

따라서 감귤원 굴응애에 대한 포식능력과 밀도억제능력이 우수한 것으로 보고된 팔라시스이리응애에 대한 감귤원에서 사용되고 있는 주요 농약의 독성을 검정하여 저독성농약을 선발함으로써 팔라시스이리응애와 상호보완적으로 사용하여 방제효율을 높이고자 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 팔라시스이리응애 사육

시험에 이용한 팔라시스이리응애(*Neoseiulus fallacis* Garman)는 2000년 8월에 미국의 천적회사인 EC-Giger company로부터 수입하여 사육실 조건(25±1°C, 65±5% RH, 16L:8D)에서 누대사육 되어온 계통이다. 먹이로는 강낭콩(*Phaseolus vulgaris* var. *humilis* Alefeld)에서 증식된 점박이용애를 공급하였으며, 점박이용애 기주식물인 강낭콩은 직경 10 cm, 높이 9 cm의 비닐포트에 원예용 상토를 담아서 2~3립씩 파종하여 40×30×10 cm의 사각 플라스틱 박스에 넣어 온실에서 재배하였다. 점박이용애는 본 엽이 완전히 전개된 후에 접종하여 증식시켰고, 팔라시스이리응애는 점박이용애의 밀도가 어느 정도 증가한 후에 팔라시스이리응애가 증식된 강낭콩 잎을 점박이용애가 증식된 강낭콩에 올려놓아 증식시켰다.

### 접촉독성

감귤 농약으로 등록되어 있으면서 현재 감귤원에서 주로 이용되고 있는 농약 37종(Table 1)을 대상으로 알과 성충에 핸드스프레이로 직접 약액을 살포하여 암컷성충과 알에 대한 접촉독성을 평가하였다. 성충에 대한 독성검정은 반복별로 이리응애 암컷성충을 15마리씩 접종하고 먹이로 점박이용애를 공급한 후 약제를 살포하였으며, 성장상에 보관하면서 1, 2, 3일 후 현미경하에서 생충수 및 산란수를 조사하였다. 알에 대한 독성검정은 점박이용애가 존재하는 4×4 cm 크기의 강낭콩 잎에 이리응애를 잎 당 10마리씩 1일간 접종하여 산란시킨 후 반복별로 15개의 알을 남기고 이리응애 성충과 점박이용애를 모두 제거한 후 약제를 살포하였다. 약제 처리 후 항온·항습기(25±1°C, 65±5% RH, L16:D8)에 보관하면서 무처리알이 모두 부화할 때까지의 부화율을 조사하였다. 모든 시험은 3반복으로 하였으며 약제별로 추천농도로 희석하여 사용하였다.

**Table 1.** A list of pesticides used for toxicity tests against *N. fallacis*

Common name	Trade name	A.I. (%) & Formulation	Recommended conc. (ppm)
<b>Fungicides</b>			
Mancozeb	Daisen	75 WP <sup>1)</sup>	1,500
Propineb	Antracol	70 WP	1,169
Difenoconazole	Pureugen	10 WP	50
Imibenconazole	Hwaksiran	15 WP	75
Azoxystrobin	Amista	10 WP	100
Diethofencarb+Carbendazim	Kkaekkeutan	25 WP	250+250
Dithianon	Delran	75 WP	750
Fluazinam	Fuloncide	50 WP	250
Procymidon	Smirex	50 WP	500
Streptomycin	Agreptomycin	20 WP	200
Tribasic copper sulfate	Sebinna	15 SC <sup>2)</sup>	150
<b>Insecticides</b>			
Dichlofos	Didibeupi	50 EC <sup>3)</sup>	500
Monocrotophos	Monopo	24 SL <sup>4)</sup>	240
Chlorpyrifos	Deosban	25 WP	312.5
Methidathion	Supracide	40 EC	400
Deltamethrin	Desis	1 EC	10
Esfenvalerate	Jeogsita	1.5 EC	15
Lambda cyhalothrin	Juleong	1 EC	10
Furathiocarb	Deltanet	10 EC	100
Carbaryl	Sebin	50 WP	500
Imidacloprid	Conido	10 WP	50
Thiamethoxam	Atara	10 WG <sup>5)</sup>	33.3
<b>Acaricides</b>			
Machine oil	Gigyeyu	95 EC	9,500
Tebufenpyrad	Piranica	10 EC	50
Amitraz	Mitac	20 EC	200
Propargite	Omite	30 WP	400
Cyhexatin	Prictran	25 WP	166.7
Etoxazole	Zoom	10 SC	25
Milbemectin	Milbenock	1 EC	10
Fenothiocarb	Woosusu	35 EC	350
Bifenazate	Acramite	23.5 SC	117.5
Tetradifon	Tedion	8 EC	100
Fenazaquin	Boramae	10 EC	50
Halfenprox	Maha	5 CS <sup>6)</sup>	50
Pyridaben	Sanmaru	20 WP	100
Dicofol	Kelthane	35 WP	350
Spirodiclofen	Enbido	22 SC	55

<sup>1)</sup> WP ; wettable powder<sup>2)</sup> SC ; suspension concentrate<sup>3)</sup> EC ; emulsifiable concentrate<sup>4)</sup> SL ; liquid, soluble concentrate<sup>5)</sup> WG ; water dispersible granule<sup>6)</sup> CS ; capsule suspension

## 2차독성

점박이응애의 알이 다량 산란된 강낭콩 잎을 4×4 cm의 크기로 자른 후 핸드스프레이로 약제를 살포하여 음건시킨 다음 15°C에서 1일간 보관시킨 후 꺼내어 이리응애 암컷성충을 각각 15마리씩 접종시킨 후 25°C의 생육상에 보관하여 3일 후의 생충수 및 산란수를 조사하였다. 시험은 3반복으로 수행하였으며 구당 점박이응애 알의 수는 150개 이상으로 하였다.

## 통계분석

시험 결과는 분산분석(ANOVA)과 Tukey's studentized range test (SAS Institute, 2004)에 의해  $P < 0.05$  범위에서 유의성을 검정하였다.

## 결 과

### 접촉독성

감귤 병해충 방제용으로 등록된 농약 중에서 주로 이용되고 있는 약제 37종을 선정하여 팔라시스이리응애 암컷성충에 대한 농약의 접촉 독성을 평가하기 위해 약제 처리 후의 생충률, 살아남은 개체가 산란한 알의 수, 그리고 산란된 알의 부화율을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 살균제 중에서 propineb, azoxystrobin, procymidon 등 3종의 처리에서는 생충율이 90% 이상으로 독성이 거의 없는 것으로 나타났고, difenoconazole, imibenconazole, dithianon 등 3종은 생충률이 90%에 미치지 못하였으나 무처리와 유의차를 보이지 않음으로써 독성이 강하지 않은 것으로 나타났다. 그 외의 5약제(mancozeb, diethofencarb+carbendazim, fluazinam, streptomycin, tribasic copper sulfate)는 성충에 대한 살충율이 32.1%~19.3%로 성충의 생존에 영향을 주는 것으로 나타났다. 살균제 처리 후 생존한 개체들의 산란능력을 조사한 결과 mancozeb, difenoconazole, azoxystrobin, diethofencarb+carbendazim, fluazinam, tribasic copper sulfate 처리에서 무처리에 비해 산란수가 적었다. 특히 diethofencarb+carbendazim 처리에서는 성충이 70.9%의 생존율을 보였으나 3일간 산란수가 1.7개로 극히 적었다.

살충제 중에서는 imidacloprid와 thiamethoxam을 제외한 9종의 약제가 100%의 사충율을 보여 대부분의 살충제가 팔라시스이리응애 암컷성충에 대한 독성이 큰 것으로

나타났다. Imidacloprid와 thiamethoxam 처리의 생충률은 각각 78.6과 82.1%로 영향이 크지는 않았으나 살아남은 개체가 거의 산란하지 못함으로써 imidacloprid와 thiamethoxam 또한 결과적으로 독성이 강한 것으로 나타났다.

살비제 중에서는 etoxazole, bifenazate, spiroadiclofen 등 3종의 처리는 생충률이 90% 이상으로 영향이 거의 없었으며, tetradifon과 dicofol 처리에서는 생충률이 88~89%로 무처리와 유의차를 보이지 않음으로써 역시 영향이 적은 것으로 나타났다. 반면, Tebufenpyrad, amitraz, milbemectin, fenothiocarb, fenazaquin, halfenprox, pyridaben 처리에서는 생존율이 30%에도 미치지 못함으로써 특히 강한 독성을 보였다. 팔라시스이리응애 성충에 대한 독성이 낮았던 etoxazole, bifenazate, spiroadiclofen, tetradifon, dicofol 처리 후 살아남은 개체의 산란수는 각각 44.3, 40.7, 19.3, 26.0, 3.7개로 bifenazate만이 무처리(47.3개)와 유의차를 보이지 않았고, dicofol을 처리할 경우에는 산란능력이 매우 낮아지는 것으로 나타났다.

Table 3은 팔라시스이리응애 알에 대한 접촉독성을 평가하기 위해 약제를 살포한 후 부화율을 조사한 결과이다. 살균제에 있어서는 imibenconazole 등 8종은 90% 이상의 부화율을 보여 알에 대한 독성이 낮았으며, propineb와 diethofencarb+carbendazim은 무처리와 통계적인 유의차를 보이기는 했으나 부화율이 86.7%로 크게 영향을 주지는 않았다. 그러나 mancozeb는 부화율이 28.9%로 알에 대한 독성이 강한 것으로 나타났다. 살충제 중에서는 dichlovos와 imidacloprid, thiamethoxam 등 3종만이 90% 이상의 부화율로 독성이 낮았으며, 그 외의 약제는 부화율이 60% 이하로 팔라시스이리응애 알의 부화율에 미치는 영향이 컸다. Carbaryl 처리에서는 부화율이 0%로써 알에 대한 독성이 특히 강한 것으로 나타났다. 살비제 중에서 90% 이상의 부화율을 보인 약제로는 milbemectin, tetradifon, dicofol, spiroadiclofen 등 4종이며 cyhexatin, etoxazole, bifenazate 등은 무처리와 통계적인 유의차를 보였으나 부화율이 80% 이상으로 크게 영향을 주지는 않는 것으로 나타났다. 그 외에 친환경농자재로 이용되고 있는 machine oil을 비롯한 8종은 부화율이 70% 이하로 팔라시스이리응애 알에 대해 강한 독성을 보였다.

### 2차독성

접촉독성 시험결과, 팔라시스이리응애에 대해 독성이 낮은 살충제와 살비제의 종류가 많지 않았다. 따라서 팔라시스이리응애와 저독성농약을 혼합 이용할 경우, 약제

**Table 2.** Survival and oviposition of adult females of *N. fallacis* on bean leaf disc after chemicals spray and consequent egg hatching

Chemicals	% Survival (Mean±SE) after 72 hr	No. of eggs per leaf disk (Mean±SE)	% Hatchability (Mean±SE)
<b>Fungicides</b>			
Mancozeb	80.7±1.93 bcd <sup>1)</sup>	27.3±1.85 d	91.2±1.64 b
Propineb	91.1±0.67 ab	39.3±2.40 ab	99.2±0.77 a
Difenoconazole	88.8±2.10 abc	31.3±2.73 bcd	100.0±0.00 a
Imibenconazole	88.4±5.83 abc	41.3±4.17 ab	97.1±1.45 a
Azoxystrobin	91.2±5.26 ab	33.0±3.46 bcd	100.0±0.00 a
Diethofencarb+Carbendazim	70.9±4.82 de	1.7±0.33 e	23.9±2.01 c
Dithianon	89.6±2.01 ab	44.7±3.76 a	99.3±0.66 a
Fluazinam	72.1±2.96 de	28.0±0.58 cd	97.7±1.17 a
Procymidon	95.4±2.30 a	43.3±4.70 a	98.6±0.68 a
Streptomycin	78.2±3.20 cde	37.7±4.26 abc	100.0±0.00 a
Tribasic copper sulfate	67.9±4.80 e	28.7±0.66 cd	97.7±1.15 a
Control	97.6±2.37 a	44.7±3.85 a	99.2±0.77 a
<b>Insecticides</b>			
Dichlofos	0 c	0 c	0 c
Monocrotophos	0 c	0 c	0 c
Chlorpyrifos	0 c	0 c	0 c
Methidathion	0 c	0 c	0 c
Deltamethrin	0 c	0 c	0 c
Esfenvalerate	0 c	0 c	0 c
Lambda+cyhalothrin	0 c	0 c	0 c
Furathiocarb	0 c	0 c	0 c
Carbaryl	0 c	0 c	0 c
Imidacloprid	78.6±6.30 b	2.7±0.33 bc	100.0±0.00 a
Thiamethoxam	82.1±6.40 b	4.0±0.00 b	93.3±6.67 b
Control	94.4±2.83 a	51.7±3.05 a	98.7±0.68 ab
<b>Acaricides</b>			
Machine oil	70.2±7.44 b	21.8±1.45 de	89.5±3.33 bcd
Tebufenpyrad	0 d	0 f	0 f
Amitraz	0 d	0 f	0 f
Propargite	70.1±3.35 b	23.3±0.66 cd	85.8±3.62 cd
Cyhexatin	71.4±4.15 b	17.3±2.03 e	90.5±1.36 bcd
Etoxazole	97.4±2.57 a	44.3±4.37 ab	10.2±2.27 e
Milbemectin	27.3±9.83 c	0 f	0 f
Fenothiocarb	3.3±3.33 d	0 f	0 f
Bifenazate	90.4±1.00 a	40.7±1.85 b	95.7±2.35 ab
Tetradifon	89.3±2.37 a	26.0±2.31 c	84.2±3.47 d
Fenazaquin	0 d	0 f	0 f
Halfenprox	0 d	0 f	0 f
Pyridaben	25.5±4.36 c	2.7±0.66 f	100.0±0.00 a
Dicofol	88.1±3.18 a	3.7±0.66 f	93.3±6.67 abc
Spirodiclofen	97.6±2.37 a	19.3±0.66 de	100.0±0.00 a
Control	97.8±2.23 a	47.3±1.20 a	100.0±0.00 a

<sup>1)</sup> Means followed by the same letter within a column are not significantly different by ANOVA, Tukey (P=0.05).

**Table 3.** Hatchability of eggs of *N. fallacis* on bean leaf disc after chemical spray

Chemicals	% Hatchability (Mean±SE) after 72hr
<b>Fungicides</b>	
Mancozeb	28.9±2.20 c <sup>1)</sup>
Propineb	86.7±3.84 b
Difenoconazole	91.1±2.20 b
Imibenconazole	100.0±0.00 a
Azoxystrobin	100.0±0.00 a
Diethofencarb+Carbendazim	86.7±3.84 b
Dithianon	100.0±0.00 a
Fluazinam	97.8±2.23 a
Procymidon	100.0±0.00 a
Streptomycin	100.0±0.00 a
Tribasic copper sulfate	100.0±0.00 a
Control	100.0±0.00 a
<b>Insecticides</b>	
Dichlofos	100.0±0.00 a
Monocrotophos	51.1±4.43 b
Chlorpyrifos	53.3±3.84 b
Methidathion	20.0±7.68 d
Deltamethrin	53.3±3.84 b
Esfenvalerate	42.2±5.88 bc
Lambda cyhalothrin	33.3±7.71 c
Furathiocarb	8.9±2.20 de
Carbaryl	0 c
Imidacloprid	100.0±0.00 a
Thiamethoxam	97.8±2.23 a
Control	100.0±0.00 a
<b>Acaricides</b>	
Machine oil	62.2±2.23 e
Tebufenpyrad	2.2±2.23 h
Amitraz	0 h
Propargite	57.8±4.47 e
Cyhexatin	80.0±3.87 d
Etoxazole	84.5±2.23 cd
Milbemectin	91.1±2.20 bc
Fenothiocarb	0 h
Bifenazate	84.5±2.23 cd
Tetradifon	100.0±0.00 a
Fenazaquin	11.1±2.20 g
Halfenprox	60.0±3.87 e
Pyridaben	33.3±3.84 f
Dicofol	100.0±0.00 a
Spirodiclofen	93.3±3.84 ab
Control	100.0±0.00 a

<sup>1)</sup> Means followed by the same letter within a column are not significantly different by ANOVA, Tukey (P=0.05).

선택의 폭을 넓히고자 먹이에 약제를 살포한 후 공급하여 2차 독성을 검정하였다.

Table 4는 접촉독성에서 팔라시스이리응에 암컷성충에 대한 살비율이 15% 이상인 농약 26종을 대상으로 점박이 응애의 알에 약제를 살포한 후 팔라시스이리응애를 접종하여 생충률을 조사한 결과이다. 살균제에 있어서는 diethofencarb+carbendazim, fluazinam, streptomycin 등 3종은 생충률이 80% 이상으로 무처리와 유의차를 보이지

않았으며, mancozeb와 tribasic copper sulfate는 70% 이하의 생충률을 보였다. 처리 후 생존한 개체의 산란능력을 조사한 결과, 무처리에 비해 모든 처리에서 산란능력이 떨어졌는데, diethofencarb+carbendazim 처리에서는 12.3마리가 3일간 단지 6개의 알을 산란함으로써 산란능력에 크게 영향을 주는 것으로 나타났다. 살충제에 있어서는 dichlovos 처리가 생충율이 75.6%로 처리 약제 중 가장 높았으나, 11종의 살충제 모두 무처리의 생충율(91.1%)

Table 4. Effect of chemical-sprayed prey (eggs of *T. urticae*) on adult female of *N. fallacis*

Chemicals	% Survival (Mean±SE) after 72 hr	No. of eggs per leaf disk (Mean±SE)
<b>Fungicides</b>		
Mancozeb	51.1±4.43 c <sup>1)</sup>	40.0±4.04 b
Diethofencarb+Carbendazim	82.2±5.88 ab	6.0±1.53 c
Fluazinam	82.2±8.00 ab	57.3±4.70 b
Streptomycin	84.5±2.23 ab	58.3±3.18 b
Tribasic copper sulfate	66.7±3.87 bc	54.3±6.77 b
Control	95.6±4.43 a	81.3±1.45 a
<b>Insecticides</b>		
Dichlovos	75.6±4.43 b	43.0±3.79 b
Monocrotophos	0 d	0 d
Chlorpyrifos	2.2±2.23 d	0 d
Methidathion	0 d	0 d
Deltamethrin	0 d	0 d
Esfenvalerate	0 d	0 d
Lambda cyhalothrin	0 d	0 d
Furathiocarb	0 d	0 d
Carbaryl	0 d	0 d
Imidacloprid	6.7±3.84 d	1.3±0.33 c
Thiamethoxam	24.4±4.43 c	0.0±0.00 d
Control	91.1±2.20 a	58.3±1.76 a
<b>Acaricides</b>		
Machine oil	88.9±2.20 ab	61.7±4.70 b
Tebufenpyrad	26.7±3.84 cde	9.7±1.76 de
Amitraz	0 f	0 e
Propargite	46.7±3.84 c	46.0±2.65 c
Cyhexatin	91.1±2.20 ab	74.7±4.26 a
Milbemectin	15.6±5.88 ef	1.7±0.33 e
Fenothiocarb	44.4±4.43 cd	43.0±2.31 c
Fenazaquin	71.1±5.88 b	21.7±2.33 d
Halfenprox	82.2±2.23 ab	59.0±2.08 b
Pyridaben	24.4±5.88 de	12.3±1.20 de
Control	95.5±2.23 a	78.7±1.76 a

<sup>1)</sup> Means followed by the same letter within a column are not significantly different by ANOVA, Tukey (P=0.05).

\* *N. fallacis* was inoculated 24hr after treatment.

보다 낮았다. 살비제 중에서는 cyhexatin 처리가 91.1%의 생충율을 보여 처리 약제 중 생존율이 가장 높았으며, machine oil과 halfenprox는 생충율이 각각 88.9, 82.2%로 생존율이 90%에 미치지 못하는 못하였으나 무처리(95.5%)와 유의차를 보이지는 않았다. 그러나 tebufenpyrad, amitraz, milbemectin, pyridaben 등은 생충률이 30% 이하로서 2차독성이 특히 강한 것으로 나타났다. 생존율에 있어서 무처리와 유의차를 보이지 않았던 machine oil, cyhexatin, halfenprox 처리에서 생존한 개체들의 산란수를 조사한 결과, cyhexatin 처리(74.4개)는 무처리(78.7개)와 차이를 보이지 않았고, machine oil과 halfenprox 처리는 각각 61.7, 59.0개로 무처리와 유의차를 보였다.

## 고 찰

감귤원에서 귤응애의 밀도조절을 목적으로 팔라시스이리응애를 이용할 경우 상호 보완적으로 이용할 수 있는 농약을 선정하기 위해 현재 감귤원에서 주로 이용되고 있는 농약을 대상으로 팔라시스이리응애에 대한 독성을 검정하였다. 11종의 살균제를 대상으로 한 접촉독성 시험에서 imibenconazole, azoxystrobin, dithianon, procymidon은 성충의 생충율(Table 2)과 알의 부화율(Table 3)에 영향이 적은 것으로 나타났으며, propineb, difenconazole은 성충에 대한 생충율에 있어서는 무처리와 차이를 보이지 않았으나 알의 부화율에 있어서는 무처리와 차이를 보였다. 그러나 부화율이 각각 86.7, 91.1% (Table 3)로 크게 영향을 주지는 않는 것으로 생각된다. Tribasic copper sulfate 처리에서는 알의 부화율은 100%로 높았으나 성충의 생충율은 67.9%로 나타남으로써 Tribasic copper sulfate는 팔라시스이리응애에 대해 고독성 농약으로 분류해야 될 것이라 생각된다. Lee *et al.* (1999)은 mancozeb의 경우 이리응애류의 알과 성충 모두에 독성이 강하므로 과원에서 이리응애를 이용할 경우 사용을 자제해야 한다고 하였는데, 본 시험에서는 성충에 대한 사충율과 알에 대한 부화율이 각각 19.3, 28.9%로 약간의 차이를 보였다(Table 2, 3). 그러나 mancozeb가 성충에 대한 영향은 크지 않았으나 알에 대한 영향이 크기 때문에 팔라시스이리응애와 상호보완적으로 이용하기에는 부적합한 것으로 생각된다. 살균제 처리 후 생존한 개체는 대부분의 처리에서 산란수가 많았고 부화에도 큰 영향이 없었는데, diethofencarb+carbendazim 처리에서는 약제 살포 후 살아남은 9.3마리가 3일간 1.7개의 알을 산란했으며 산란된

알의 부화율도 23.9% (Table 2)로써 독성이 특히 강하게 나타나 팔라시스이리응애 이용시에 특히 주의해야 될 것으로 생각된다. 본 시험에서 성충의 생충율이 91.2%이고 (Table 2), 알의 부화율이 100% (Table 3)로써 팔라시스이리응애에 대해 매우 안전한 것으로 나타난 azoxystrobin은 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis*)를 대상으로 한 시험에서도 알, 유충, 성충 모두에 독성이 낮은 것으로 보고(Ahn *et al.*, 2004)됨으로써 이리응애를 이용한 생물적방제시에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 절지동물 천적류에 대한 농약의 독성에 관한 데이터 베이스를 작성한 Theiling and Croft (1988)가 dithianon을 팔라시스이리응애에 대해 독성이 거의 없는 것으로 분류한 바와 마찬가지로 본 시험에서도 dithianon의 독성이 낮은 것으로 나타나 역시 dithianon도 유용하게 이용될 수 있을 것이라 생각된다. 이상의 살균제에 대한 접촉독성을 검정한 결과 팔라시스이리응애에 대해 안전하지 않을 것으로 판단된 5약제(mancozeb, diethofencarb+carbendazim, fluazinam, streptomycin, tribasic copper sulfate)를 대상으로 점박이응애 알에 각각의 약제를 살포한 후 먹이로 공급하였을 때의 독성을 검정한 결과(Table 4), fluazinam과 streptomycin 처리에서 성충의 생충율이 각각 82.2, 84.5%였고 생존 개체가 정상적으로 산란하는 것으로 나타나 성충의 생존에 대한 영향이 적은 것으로 생각된다. 그러나 diethofencarb+carbendazim은 성충에 대해서는 영향이 적었으나 생존개체의 산란수가 극히 적어 영향을 크게 주는 것으로 나타났다. 이상의 살균제의 2차독성 시험결과 독성이 낮은 것으로 나타난 streptomycin은 팔라시스이리응애에 대한 접촉독성이 높기는 했으나 접촉독성 시험에서 독성이 낮았던 6약제(imibenconazole, azoxystrobin, dithianon, procymidon, propineb, difenconazole) 중에는 감귤궤양병 방제용 약제가 포함되어 있지 않으므로 감귤원에서 팔라시스이리응애를 이용할 때 감귤궤양병 방제를 필요로 할 경우에는 streptomycin을 살포하면 도움이 될 것으로 생각된다.

11종의 살충제를 대상으로 한 접촉독성 시험에서는 모든 약제가 독성이 강한 것으로 나타났다. 과원에서 천적을 이용할 경우 천적만으로 해충의 밀도를 적절하게 조절하기가 어렵기 때문에 저독성 농약과 함께 상호보완적으로 이용되어야 하는데(Huffaker, 1971; Lee, 1990; Kim, 1994), 현재 감귤원에서 주로 이용되고 있는 살충제의 대부분이 팔라시스이리응애에 대한 독성이 높다는 것은 감귤원 귤응애 밀도조절을 목적으로 팔라시스이리응애를 이용할 경우 큰 장애요인이 될 수 있다. 따라서 금후 보다



많은 살충제를 대상으로 독성을 검정하여 상호보완적으로 이용될 수 있는 농약이 선발되어야 할 것이다. Imidacloprid는 긴털이리응애(Park *et al.*, 1996)와 칠레이리응애(Ahn *et al.*, 2004)에 대하여 독성이 낮은 것으로 보고되어 있으나 본 시험에서는 독성이 강한 것으로 나타났는데, 이러한 차이는 이리응애의 종류에 의해서도 발생할 수 있겠으나 시험 방법의 차이에서 발생한 것이라 생각된다. 칠레이리응애나 긴털이리응애에 대한 시험에서는 성충이나 알 그 자체에 대한 독성만을 평가하였으나 본 시험에서는 살아남은 개체의 산란능력이나 산란된 알의 부화능력 등까지 조사되었다. 본 시험 결과에서도 imidacloprid는 알의 부화율이나 성충의 생충률에 미치는 영향은 적었으나 imidacloprid에 접촉될 경우에는 살아남더라도 산란능력이 현저하게 감소함으로써 독성이 강한 것으로 나타났다. 그러나 imidacloprid와 thiamethoxam은 성충에 대한 접촉독성 시험에서는 독성이 강한 것으로 나타났으나 알에 약제를 살포할 경우에는 부화율이 각각 100%, 97.8%(Table 3)로써 알에 대한 영향은 없었으므로 다른 약제가 선발될 때까지는 이용해야 될 것으로 생각된다. 또한 dichlovos는 2차독성 시험에서 팔라시스이리응애 성충에 대한 살충율이 24.4%로 무처리(8.9%)와 유의차를 보이기는 했으나(Table 4), 부화율에 미치는 영향이 전혀 없으며(Table 3), 시험에 이용된 11종의 살충제 중 팔라시스이리응애에 대해 저독성인 약제가 없는 점을 고려한다면 dichlovos도 이용해야 할 것으로 생각된다. 위의 imidacloprid, thiamethoxam, dichlovos 3종의 약제는 살충제의 살포가 불가피하게 살포해야 할 경우에는 이용해야겠으나 3종 모두 성충에 대한 독성이 강하므로 이리응애 성충의 밀도가 낮을 때에 살포하는 것이 좋을 것이라 생각된다.

팔라시스이리응애에 대한 살비제의 접촉독성 검정 결과(Table 2, 3), etoxazole, bifenazate, tetradifon, dicofol, spirodiclofen 등 5종은 성충에 대한 살충율에 있어서 무처리와 유의차를 보이지 않았으나 생존개체들의 산란능력에서는 많은 차이를 보였다. Etoxazole은 산란수는 많았으나 산란된 알의 부화율이 10.2%로 대부분이 부화하지 못하였고, dicofol은 약제 살포 후 생존한 10개체가 3일간 3.7개를 산란하여 무처리의 47.3개에 비해 산란수가 월등히 적었다. 따라서 etoxazole과 dicofol은 팔라시스이리응애 성충 자체에 대한 살충력은 낮으나 이후 산란된 알에 대한 영향이 크게 나타남으로써 성충에 대한 접촉독성이 강한 약제로 분류되어야 할 것으로 생각된다. 본 시험에서 etoxazole이 성충에는 영향이 적으나 알에 대한 영향이 크게 나타났으며, 칠레이리응애를 대상으로 한 Ahn *et*

*al.* (2004)의 시험에서도 etoxazole은 약충과 성충에 대해서는 높은 생충율을 보였으나 약제가 살포된 알의 부화율은 2.9%로 알에 대한 영향이 컸다고 하여 이리응애에 대한 etoxazole의 독성에 대해 같은 경향을 보였는데, 그 원인은 etoxazole은 성충보다는 유충과 약충 그리고 알의 부화억제 등에 효과적인 곤충생장조정 특성(Sumitomo Chemical, 1995)에 기인하는 것이라 생각되지만 금후 이에 대한 보다 정밀한 시험이 요구된다. 반면, 긴털이리응애와 긴꼬리이리응애(Seo and Kim, 2000), 칠레이리응애(Yoo and Kim, 2000; Ahn *et al.*, 2004), 그리고 팔라시스이리응애(Dekeyser, 1996)에 대한 독성이 낮은 것으로 보고된바 있는 bifenazate는 본 시험에서도 팔라시스이리응애의 생존에 영향을 주지 않는 것으로 나타남으로써 감귤원에서 팔라시스이리응애를 이용 할 경우 유용하게 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 본 시험에서 propargite는 성충에 대한 살충율이 29.9%(Table 2)로 팔라시스이리응애의 생존에 영향을 줄 것으로 생각되어지나 Theiling and Croft (1988)가 propargite를 팔라시스이리응애에 대해 독성이 거의 없는 것으로 분류하였으며, 본 시험 결과 팔라시스이리응애와 함께 이용될 수 있는 살비제가 다양하게 선발되지 않은 점 등을 고려한다면 금 후 보다 면밀한 시험을 통하여 팔라시스이리응애에 대한 propargite의 독성을 재 평가해야 할 것이다. Tetradifon과 spirodiclofen은 약제 살포후에 살아남은 개체들의 산란능력이 떨어지기는 하지만 성충에 대한 살충율이 낮고 알의 부화율에 미치는 영향이 적기 때문에 이용 가능할 것으로 생각된다. 또한 Dicofol도 성충에 대한 영향은 컸으나 알의 부화율에 대한 영향은 낮았기 때문에 이리응애 성충의 밀도가 낮을 경우에는 이용이 가능한 약제라고 생각된다. Machine oil과 cyhexatin은 성충에 대한 살충율이 각각 29.8, 28.6%(Table 2)로 성충에 대한 독성이 낮지는 않았으나 약제가 살포된 먹이를 공급하여 2차독성을 검정한 결과(Table 4), 독성이 낮은 것으로 나타남으로써 팔라시스이리응애를 방사 이용할 경우에는 살포가 가능할 것이라 생각된다.

팔라시스이리응애 성충과 알에 대한 접촉독성 그리고 약제가 살포된 먹이의 공급에 의한 2차독성을 평가한 이상의 시험결과를 종합해보면, propineb, difenoconazole, imibenconazole, azoxystrobin, dithianon, procymidon, streptomycin 등 7종의 살균제와 dichlovos, imidacloprid, thiamethoxam 등 3종의 살충제, 그리고 machine oil, cyhexatin, bifenazate, tetradifon, dicofol, spirodiclofen 등 6종의 살비제를 팔라시스이리응애와 함께 이용 가능한

약제로 선정할 수 있다. Croft and McGroarty (1977)가 사과원에서 팔라시스이리움에 방사시험을 통하여 독성이 강한 농약이 사용되지 않는다면 사과응애(*Panonychus ulmi*)를 효과적으로 억제할 수 있다고 언급한 바 있듯이 감귤원에서 생물적방제인자로서 팔라시스이리움을 이용할 경우에도 이상의 결과에서 제시된 약제들을 상호보완적으로 활용하면 감귤원내 생태계 균형유지 및 농약사용량 절감에 의한 안전농산물 생산에 도움이 될 것으로 생각된다.

### Literature Cited

- Ahn, K.S., S.Y. Lee, K.Y. Lee, Y.S. Lee and K.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 pesticide mixture on rose. Korean J. Appl. Entomol. 43: 71-79.
- Cary, C.C. and R.E. Wilbur. 1975. Field evaluation of early season fungicides substitutions on Tetranychid mites and the predators *Neoseiulus fallacis* and *Agistemus flescneri* in two Missouri apple orchards. J. Econ. Entomol. 68: 719-724.
- Cho, J.R., K.J. Hong, B.R. Choi, S.G. Lee, J.K. Yoo and J.O. Lee. 1995. The inhibition effect of the two-spotted spider mite population density by using the introduced predacious mite (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) and effect of several pesticides to the predacious mite. RDA. J. Agric. Sci. 37: 340-347.
- Croft, B.A. 1990. Developing a philosophy and program of pesticide resistance management. In pesticide resistance in arthropods. Edited by R. T. Roush and B. E. Tabashnik. pp. 277-296. Chapman and Hall, New York.
- Croft, B.A. and D.L. McGroarty. 1977. The role of *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae) in Michigan apple orchards. Michigan State Univ. Agri. Exp. Stn. Res. Rep. 333. 22pp.
- Dekeyser, M.A., P.T. McDonald, G.W. Angle Jr. and R.C. Moore (1996). D-2341 - A novel agent to control spider mites. pp.487-492. In Proceedings, 1996 British Crop Protection Conference -Pests and Diseases. British Crop Protection Council, Brighton, England.
- Hoy, M.A. and Y.L. Ouyang. 1986. Selectivity of the acaricides clofentezine and hexythiazox to the predator *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). J. Econ. Entomol. 79:1377-1380.
- Huffaker, C.B. 1971. The ecology of pesticide interference with insect populations. pp.92-107. In J. E. Swit [ed], Agricultural chemicals-harmony or discord for food, people and the environment, University of California, Berkeley, Div. Agric. Sci.
- Kim, D.H., K.S. Kim, J.W. Hyun and H.C. Lim. 2003. Release level of *Amblyseius fallacis* Garman (Acarina: Phytoseiidae) for biological control of *Panonychus citri* McGregor (Acari: Tetranychidae) on citrus. Korean J. Appl. Entomol. 42: 233-240.
- Kim, D.H., K.S. Kim, J.W. Hyun and S.K. Jeong. 2002. Comparison of predation rates of three phytoseiid mite species on citrus red mite (*Panonychus citri* McGregor) on citrus tree. Korean J. Appl. Entomol. 41: 55-60.
- Kim, D.I., C.H. Paik, J.D. Park and S.S. Kim. 2000. Relative toxicity of NeemAzal-T/S to the predacious mite, *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae) and the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Korean J. Appl. Entomol. 39: 53-58.
- Kim, D.I. 1994. Ecological characteristics of *Tetranychus kanzawai* and *Amblyseius longgispinosus* in integrated pest management of tea. 74pp. Ph. D. thesis, Chonnam Nat'l Univ.
- Kim, S.S. and C.H. Paik. 1999a. Biological characteristics of *Amblyseius fallacis* as a predator of *Tetranychus kanzawai* (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). Korean J. Tea Soc. 5: 99-109.
- Kim, S.S. and C.H. Paik. 1999b. Functional response of predatory mite, *Amblyseius fallacis* to *Tetranychus kanzawai* (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). Korean J. Tea Soc. 5: 111-118.
- Kwon, G.M., Y.I. Lee, S.W. Lee and K.H. Choi. 1998. Development and prey consumption of Phytoseiid mites, *Amblyseius womersleyi*, *A. fallacis*, and *Typhlodromus occidentalis* under controlled environments. Korean J. Appl. Entomol. 37: 53-58.
- Lee, S.W. 1990. Studies on the pest status and integrated mite management in apple orchards. Ph. D. thesis, Seoul Nat'l Univ. 87pp.
- Lee, S.W., D.H. Lee, D.A. Kim, K.H. Choi and H.Y. Kim. 1999. Guide book for IPM in apple orchards. Apple. Exp. Stn. RDA. 214pp.
- Park, C.G., J.K. Yoo and J.O. Lee. 1996. Toxicity of some pesticides to two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) and its predator *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). Korean J. Appl. Entomol. 35: 232-237.
- Pratt, P.D. and B.A. Croft. 1998. *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) on ornamental Skimmia in Oregon, with assessment of predation by native phytoseiid mites. Pan-Pacific Entomol. 74: 163-168.
- SAS Institute. 2004. SAS user's. SAS Institute, Cary, N, C.
- Seo, S.G. and S.S. Kim. 2000. Comparative toxicity of some pesticides to the predatory mites, *Amblyseius womersleyi*, *A. eharai* (Acarina: Phytoseiidae) and the two-spotted mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). Korean J. Pestic. Sci. 4: 40-47.
- Sumitomo Chemical. 1995. S-1283 (etoxazole), A new selective acaricide. Technical information. 26pp.
- Theiling, K.M. and B.A. Croft. 1988. Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: a database summary. Agriculture, Ecosystems and Environment 21: 191-218.
- Yoo, S.S. and S.S. Kim. 2000. Comparative toxicity of some pesticides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) and the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). Kor. J. Entomol. 30: 235-241.

(Received for publication 12 June 2006;  
accepted 31 July 2006)