

# 외래 해충인 담배가루이의 약제감수성

김길하\* · 이영수\* · 이인환\* · 안기수\*\*

(\*충북대학교 농생물학과 · \*\*충북농업기술원)

## Susceptibility of sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*, (Homoptera: Aleyrodidae) to commercially registered insecticides in Korea

Gil-Hah Kim\* · Young-Su Lee\* · In-Hwan Lee\* · Ki-Su Ahn\*\*

\*Dept. of Agricultural Biology, Chungbuk National University

\*\*Chungbuk Provincial Agricultural Technology Administration

### 적 요

본 연구는 담배가루이(*Bemisia tabaci*, B biotype)의 방제약제를 선별하는 목적으로 시판되고 있는 43종의 살충제에 대한 발육단계별 감수성을 조사하고, 침투이행성, 잔효성 및 방제효과를 평가하였다. 모든 시험은 살충제의 추천농도(ppm)로 수행하였다. 알에 대해서는 IGR계인 pyriproxyfen과 teflubenzuron이 95%이상의 부화억제효과를 나타내었다. 3령약충에 대해서는 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid + ethofenprox이 95%이상의 살충효과를 나타내었다. 그리고 성충에 대해서는 유기인계의 diazinon, fenitrothion, methidathion, pirimiphos-methyl, neonicotinoid계의 acetamiprid, imidacloprid, 혼합제의 acetamiprid + ethofenprox, cartap hydrochloride + buprofezin, fenpropathrin + fenitrothion 기타 abamectin, endosulfan, pymetrozine, spinosad 등이 높은 살충률을 나타내었다. Abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid + ethofenprox은 성충에 대해서 잔효성뿐만아니라 침투이행성효과도 나타내었다. 방제효과시험에서 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, acetamiprid + ethofenprox 은 처리후 1일째, pyriproxyfen은 처리후 7일째부터 90%이상의 방제효과를 나타내었다. 이상의 결과에서, abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid + ethofenprox은 담배가루이의 방제에 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

Key words : *Bemisia tabaci*, systemic effect, residual effect, control efficacy.

### I. 서론

담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 매미목(homoptera) 중 국내에 9속 14종이 보고되어 있는 가루잇과(aleyrodidae)에 속하며, 목화가루이 또는 고구마가루이라고도 한다(한국곤충명집, 1994; Brown 등, 1995; 이

와 Carver, 1999). 담배가루이는 기주범위가 넓어 약 74과의 420종을 가해하며, 세계적으로 9가지의 biotype이 보고되었다(松井, 1993; Brown 등, 1995). 한편 국내에서는 1998년 충북 진천군 장미재배지에서 처음으로 발생이 확인되었으며 B biotype으로 보고되었다(이와 조, 1998; 이 등, 1999). 그러나 Perring 등(1993)은 A biotype을 담배가루이 그리고 B biotype을

*Bemisia argentifolii*로 분류하고 있다.

담배가루이는 약충과 성충이 잎을 흡즙하여 생산량을 감소시키나, 보다 중요한 피해는 바이러스병 매개와 감로분비로 인한 피해이다. 담배가루이는 바이러스의 중요한 매개충으로 여러종류의 바이러스병을 매개하는데(Brown 등, 1995), 이들은 비교적 낮은 밀도로도 바이러스병을 매개하여 피해가 크다. 가장 문제시되는 바이러스는 TYLCV(tomato yellow leaf curl virus)로 영국에서 큰 문제가 되고 있다(Matsui, 1992; Brown 등, 1995; Berlinger 등, 1996; Rubinstein 등, 1999). 국내에서는 미확인 상태이지만, 앞으로 경계가 필요하다.

담배가루이의 생물적방제로는 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa*)을 대량증식하여 이용하는 방법이 확립되어 세계 20여 국가에서 실용화되어 있다(VAN Lenteren and Woets, 1988; Matsui, 1995; 矢野, 1995; 한, 1998). 또한 가루이는 황색에 잘 유인되기 때문에 황색끈끈이트랩을 이용하여 성충밀도를 조사하고 성충을 포획하여 밀도를 억제시키는 물리적 방제법을 이용하기도 한다(林, 1994; Byrne 등, 1986).

가루이방제에 가장 일반적으로 사용하고 있는 방법은 적용범위가 넓고, 효과가 확실한 약제 방제이다. 그러나, 담배가루이는 국내에서 1998년에 처음 발생이 보고되었지만 발생세대기간이 짧아 살충제에 의한 선발의 기회가 많아지므로 살충제 저항성 발달이 다른 해충들에 비하여 빠르게 나타날 가능성을 지니고 있다. 가루이의 살충제 저항성 발달은 유기인계, 카바메이트계, 피레스로이드계뿐만 아니라 IGR계와 같은 살충제들에 대해서도 저항성이 외국에서는 이미 보고되어 있으며, 방제에 어려움을 겪고 있다(Wardlow, 1976; Elhag & Horn, 1983; Prabhaker 등, 1992; Horowitz와 Ishaaya, 1994; Horowitz 등, 1994; Ishaaya & Horowitz, 1995; Dennehy & Williams, 1997; Horowitz 등, 1997; Devine 등, 1999; Horowitz 등, 1999). 담배가루이는 국내에 최근에 침입해충으로 보고되었고, 또한 피해확산이 예상되므로 농가소득 증대를 위해서 이 해충의 방제에 관한 연구가 시급히 요구된다. 담배가루이는 시설내에서 발생기간이 짧고, 모든 발육단계(알, 약충, 성충)가 섞여 있기 때

문에 적어도 2발육단계에 대해서 살충효과가 있어야만 효율적인 방제가 가능할 것으로 생각된다.

이에 본 연구는 담배가루이에 대한 국내 살충제로 등록되어 있는 43종 약제의 발육단계별(알, 약충, 성충) 약제 감수성을 조사하여 적어도 2발육단계에 대해서 살충력이 높은 살충제를 선발하고, 침투이행성과 잔효성 및 방제효과시험을 수행하여 본 종의 방제약제 선발에 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험곤충

담배가루이는 1999년 6월에 충북 진천군 이월면 장미재배지(최초 발생 보고지역)에서 채집하여 실내 토마토 유묘(풍생)로 3~5세대 누대사육하면서 실험에 이용하였다. 실내 사육조건은 온도 25~28°C, 광주기 16L:8D, 상대습도 50~60%로 하였다.

### 2. 살충제

이 실험에 사용된 살충제는 시판제로서 13종의 유기인제, 5종의 카바메이트제, 8종의 피레스로이드제, 4종의 IGR계, 2종의 네오니코티노이드제, 7종의 혼합제, 기타 4종으로 모두 43종이며, 이들의 일반명, 제형, 유효성분량 및 추천농도(ppm)는 표 1과 같다.

### 3. 약제처리 방법

#### 가. 발육단계별 약효 시험

살란시험(ovicide test)은 토마토 유묘(과종후 5주)에 1일 동안 받은 알(20~50개/반복당)을 소정약액에 30초간 침지한 후 부화율을 조사하였다. 약충에 대해서는 1일 동안 토마토 유묘(과종후 5주)에 받은 알을 12일째(3령 약충, 20~60마리 약충/반복당)에 소정약액에 30초간 침지한 후 우화율을 조사하였다. 그리고 성충은 토마토 유묘(과종후 5주)를 소정약액에 30초간 침지한 후 원통형 아크릴 사육상(직경 15×10cm)에 넣고 20~30마리를 접종하고 3일후에 사충률을 조

Table 1. Insecticides used in the study of toxicity

Common name	AI <sup>a)</sup> (%) & formulation	Field rate (ppm)	Common name	AI <sup>a)</sup> (%) & formulation	Field rate (ppm)
Organophosphates			Mixtures		
Acephate	50 WP	500	Acetamiprid +ethofenprox	2,5+8 WP	25+80
Azinphos-methyl	25 WP	500	Cartap hydrochloride +buprofezin	50+10 WP	500+100
Chlorpyrifos-methyl	25 EC	312,5	Ethofenprox+diazinon	8+25 WP	80+250
Demeton S-methyl	25 EC	250	Fenpropathrin +fenitrothion	2,2+20 EC	22+200
Diazinon	34 EC	340	Furathiocarb +diflubenzuron	9+7 WP	90+70
Fenitrothion	50 EC	500	Tebufenozide +buprofezin	5+12 WP	50+120
Fenthion	50 EC	500	Triazamate+alpha cypermethrin	5+1 EC	50+10
Flupyazofos	10 EC	100	Others		
Methidathion	40 EC	400	Abamectin	1,8 EC	2,34
Phenthoate	47,5 EC	475	Endosulfan	35 EC	577,5
Phosphamidon	50 EC	500	Pymetrozine	25 EC	55,8
Pirimiphos-methyl	25 EC	250	Spinosad	10 SC	50
Pyraclufos	35 WP	350			
Carbamates					
Benfurcarb	30 EC	300			
BPMC	50 EC	500			
Furathiocarb	10 EC	100			
Methomyl	24,1 WP	241			
Pirimicarb	25 WP	162,5			
Pyrethroids					
Bifenthrin	2 WP	20			
Cyfluthrin	5 EC	50			
Deltamethrin	1 EC	10			
Ethofenprox	20 EC	10			
Esfenvalerate	1,5 WP	15			
Fenpropathrin	5 EC	50			
Lambda-cyhalothrin	1 EC	10			
Zeta-cypermethrin	3 EC	30			
Insect Growth Regulators					
Diflubenzuron	25 WP	100			
Pyriproxyfen	10 EC	100			
Teflubenzuron	5 SC	50			
Tebufenozide	8 WP	80			
Neonicotinoids					
Acetamiprid	8 WP	40			
Imidacloprid	10 WP	50			

<sup>a)</sup> Active ingredient.

사하였다. 모든 실험은 3반복으로 하였다.

#### 나. 침투이행성 시험

엽면 침투이행성 시험은 토마토 유묘(과종후 5주)의 한쪽잎에 약액을 30초간 침지하고 24시간 후 처리잎을 제거하고 무처리잎만 있는 유묘를 원통형 아크릴 사육상(직경 15×10cm)에 넣고 성충 20~30마리를 접종하고 3일후에 사충률을 조사하였다. 뿌리침투이행성 시험은 약액을 토양에 처리하고 24시간 후 토마토 유묘를 원통형 아크릴 사육상(직경 15×10cm)에 넣고 성충 20~30마리를 접종하여 3일 후에 사충률을 조사하여 침투이행성 여부를 검정하였다. 모든 실험은 3반복으로 하였다.

#### 다. 잔효성 시험

포트에서 과종후 5~6주된 토마토 유묘잎을 소정의 약액에 30초간 침적하여 온실에 방치하였다. 또, 수분 공급시 약액을 처리한 잎이 물에 닿지 않도록 관주하였으며, 약액처리 1, 3, 7, 9일 후에 유묘를 원통형 아크릴 사육상(직경 15×10cm)에 넣고 성충 20~30마리를 접종하였다. 접종 3일후에 사충률을 조사하였다. IGR계 약제는 토마토 유묘(과종후 5주)에 1일동안 받은 알을 소정약액에 30초간 침지한 후 부화율을 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 하였다.

#### 라. 방제효과 시험

준비된 사육상내에 과종후 9~10주된 토마토에 성충을 방사하여 2주간 재배 후 성충밀도를 조사하고 약제를 분무처리하였다. 농약품목등록 기준(농약등록시험 담당자교육교재, 1999)에 따라 처리후 7일째에 소정약액을 다시 처리한 다음(두번째처리부터) 1, 3, 7, 14일 후에 성충수를 조사하여 방제가를 구하였다. 방제가는 처리전 밀도를 기초로 처리후 밀도를 보정하고 이를 다시 무처리에 대한 보정살충률로 환산, 표시하였다(Abbott, 1925).

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 발육단계별 약제 감수성

현재 시판되고 있는 살충제를 추천농도(ppm)로 담배가루이의 발육단계별로 살충력을 비교한 결과는 표 2와 같다. 담배가루이의 알에 대해서 90%이상의 산란효과(ovicidal effect)를 나타낸 약제는 IGR계의 pyriproxyfen과 teflubenzuron이었다. 약충에 대해서는 항생제계인 abamectin, neonicotinoid계의 acetamiprid, imidacloprid, IGR계 의 pyriproxyfen, 혼합제의 acetamiprid+ethofenprox가 95%이상의 살충효과를 나타내었다. 그리고 성충에 대해서는 유기인계의 diazinon, fenitrothion, methidathion, phosphamidon, pirimiphos-methyl, neonicotinoid계의 acetamiprid, imidacloprid, 혼합제의 acetamiprid+ethofenprox, cartap hydrochloride+buprofezin, fenpropathrin+fenitrothion, 기타 abamectin, endosulfan, pymetrozine, spinosad 등이 높은 살충율을 나타내었다. 43종의 약제중 특히 담배가루이의 알, 약충, 성충 중 2발육단계에 대해서 살충효과를 높게 나타낸 약제는 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid+ethofenprox의 5종이었다.

담배가루이의 총태에 따른 살충제 감수성 차이는 몇몇 연구자가 보고하였다(Devine 등, 1999; Horowitz 등, 1997; Liu와 Stansly, 1997). Liu와 Stansly(1997)은 담배가루이의 일종인 *Bemisia argentifolii*에서 총태별 또는 약충의 영기별로 IGR계인 pyriproxyfen에 대한 감수성은 1, 2, 3령 처리에서 각각 95%이상의 살충율을 나타내어 영기간에 차이가 없었으나, 4령 처리에서는 30%로 급격히 떨어졌으며, 번데기처리에서는 효과가 없었음을 보고하였고, Horowitz 등(1997)도 담배가루이에 대한 abamectin이 1령충에 대한 3령충의 LC<sub>50</sub>값 비교에서 122배의 감수성저하를 보였으나, 성충은 9.3배로 3령충보다 더 감수성임을 보고하였다. 이와같이 총태에 따른 약제 감수성 차이는 두터워진 cuticle층에 기인하여 약제 투과성의 저하 그리고 곤충 자체의 생리·생화학적인 변화에 따른 약제에 대한 감수성 저하 등을 들 수 있으나 보다 세심한 연구가

Table 2. Comparative toxicities of 43 insecticides on different stages of *Bemisia tabaci* under laboratory conditions

Insecticide	% Mortality		
	Egg <sup>a)</sup>	Nymph <sup>b)</sup>	Adult <sup>c)</sup>
Organophosphates			
Acephate	2.5±0.5 klm <sup>d)</sup>	6.2±1.9 lmn	89.2±2.4 ab
Azinphos-methyl	8.5±4.9 h-m	19.0±2.3 j-n	56.6±10.3 def
Chlorpyrifos-methyl	22.0±5.7 fgh	72.4±16.1 cd	24.5±12.4 hij
Demeton S-methyl	13.8±8.9 g-l	12.8±5.9 j-n	89.0±5.6 ab
Diazinon	3.5±2.9 i-m	59.6±14.0 de	100±0 a
Fenitrothion	5.0±1.1 h-m	40.5±6.7 f-i	95.5±6.4 ab
Fenthion	3.5±0.7 i-m	78.3±10.8 bcd	100±0 a
Flupyazofos	2.9±1.4 j-m	2.0±1.8 n	19.1±13.5 ij
Methidation	2.5±1.2 klm	6.3±3.2 lmn	100±0 a
Phenthoate	13.5±5.2 g-l	30.9±3.8 g-j	80.9±8.3 abc
Phosphamidon	6.3±1.8 h-m	42.7±3.5 e-h	96.5±5.0 ab
Pirimiphos-methyl	3.1±0.6 i-m	51.2±12.6 ef	100±0 a
Pyraclufos	3.5±2.1 i-m	2.7±2.3 n	74.8±7.4 bcd
Carbamates			
Benfurcarb	17.3±0.5 f-i	6.2±1.9 lmn	89.2±2.4 ab
BPMC	8.3±2.1 h-m	8.8±2.0 k-n	23.2±18.7 hij
Furathiocarb	1.3±0.6 m	7.0±6.1 k-n	13.1±2.8 ij
Methomyl	10.2±1.7 h-m	86.6±11.2 abc	30.0±14.1 g-j
Pirimicarb	8.2±3.3 h-m	4.1±3.6 lmn	50.0±12.3 efg
Pyrethroids			
Bifenthrin	15.1±6.1 g-j	22.2±2.0 i-m	95.5±6.4 ab
Cyfluthrin	4.0±1.4 i-m	18.0±6.3 j-n	86.8±11.6 ab
Deltamethrin	7.5±2.4 h-m	14.9±0.9 j-n	10.8±1.1 j
Esfenvalerate	13.5±2.5 g-l	85.2±4.7 abc	26.5±11.3 hij
Ethofenprox	33.1±8.9 ef	97.9±3.8 a	35.2±15.0 f-i
Fenpropathrin	14.2±3.6 g-k	92.0±2.0 ab	75.0±11.2 bcd
Lambda cyhalothrin	10.5±2.1 h-m	48.4±2.9 efg	91.1±3.1 ab
Zeta-cypermethrin	29.0±8.4 efg	93.4±5.8 ab	43.4±4.7 e-h
Insect Growth Regulators			
Diflubenzuron	70.1±8.7 b	60.1±1.9 de	43.3±14.1 e-h
Pyriproxyfen	100±0 a	100±0 a	33.2±26.7 g-j
Teflubenzuron	95.3±2.6 a	52.3±13.3 ef	27.4±4.8 g-j
Tebufenozide	5.2±2.3 h-m	25.9±14.3 h-k	25.7±15.1 h-j
Neonicotinoids			
Acetamiprid	57.1±7.5 bcd	100±0 a	100±0 a
Imidacloprid	51.3±9.7 cd	100±0 a	100±0 a
Mixtures			
Acetamiprid+ethofenprox	59.1±16.4 bc	100±0 a	100±0 a
Cartap hydrochloride + buprofezin	40.7±19.3 de	61.5±8.9 de	97.6±3.4 ab
Ethofenprox + diazinon	7.8±4.6 h-m	14.8±5.9 j-n	90.9±12. ab
Fenpropathrin + fenitrothion	3.0±1.4 i-m	22.8±7.1 i-l	95.5±6.4 ab
Furathiocarb+diflubenzuron	28.7±10.5 efg	52.5±4.3 ef	19.6±14.8 ij
Tebufenozide+buprofezin	17.7±4.6 f-i	80.1±6.3 bcd	63.5±10.3 cde
Triazamate + alpha cypermethrin	1.7±0.9 lm	7.1±1.8 k-n	85.7±20.2 abc
Others			
Abamectin	5.5±2.1 h-m	100±0 a	100±0 a
Endosulfan	2.5±0.3 klm	6.7±0.8 lmn	100±0 a
Pymetrozine	2.3±0.3 klm	3.2±2.9 mn	100±0 a
Spinosad	30.6±9.5 efg	16.7±6.2 j-n	100±0 a

<sup>a)</sup> Egg-hatch suppression(sample size, 20 ~50 eggs/replicate, 3 replicates/treatment).

<sup>b)</sup> Emergence suppression(sample size, 30 ~650 nymphs/replicate, 3 replicates/treatment).

<sup>c)</sup> Mortality at 3rd day after treatment of the insecticide (sample size, 20 ~250 adults/replicate, 3 replicates/treatment).

<sup>d)</sup> Means followed by the same letters are not significantly different(P=0.05; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991]).

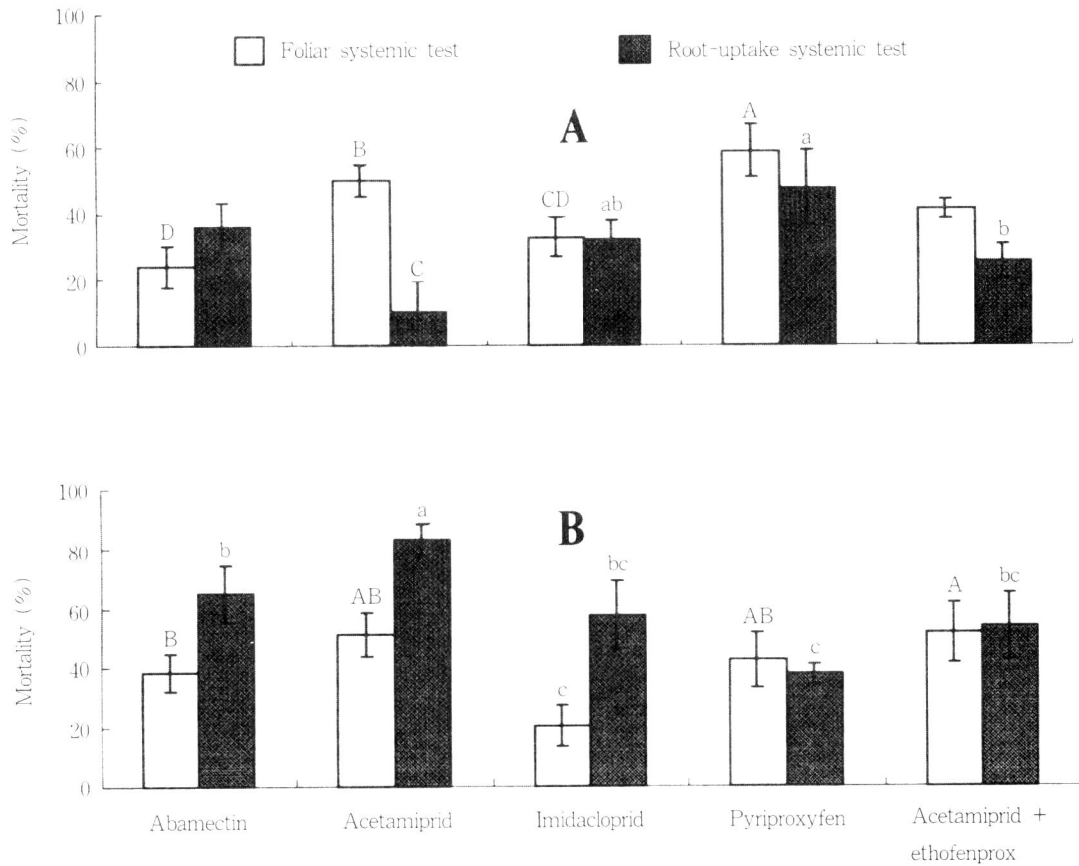


Fig. 1. Systemic effects of 5 insecticides to nymph(A) and adult(B) of *B. tabaci* ( $P=0.05$ ; Duncan, multiple range test [SAS Institute, 1991]). Sample size, 30~100 nymphs or adults/replicate, 3 replicates/ treatment. Vertical error bars represent standard deviations of the mean.

이루어져야 할 것이다. 본 실험의 결과에서는 알과 약충보다는 성충이 약제에 대해서 더 감수성이 높은 것으로 나타났다(표 2).

## 2. 침투이행성 효과

담배가루이에 우수한 살충효과를 나타낸 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid + ethofenprox의 약충과 성충에 대한 침투이행성효과 결과는 그림 1과 같다. 이들 화합물의 담배가루이에 대한 엽면 침투이행성은 imidacloprid에서 20.6%,

acetamiprid+ethofenprox에서 51.8%의 살충률을 나타내었으며, 뿌리침투이행성은 pyriproxyfen에서 38.0%, acetamiprid에서 83.1%로 살충률은 약제간에 차이는 있으나 어느 정도 침투이행효과가 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 약충에서도 비슷한 결과를 나타내었다.

침투이행성 약제들은 식물체에 이행된 후 약효력을 발휘하기 때문에 자연환경에서 안정되고 직접약제로 처리되지 않은 부위에서도 살충효과가 있으며 처리된 작물에 식해하는 해충에만 선택적으로 작용하는 등의 장점을 가지고 있다. 따라서 농업해충방제용 살충제에

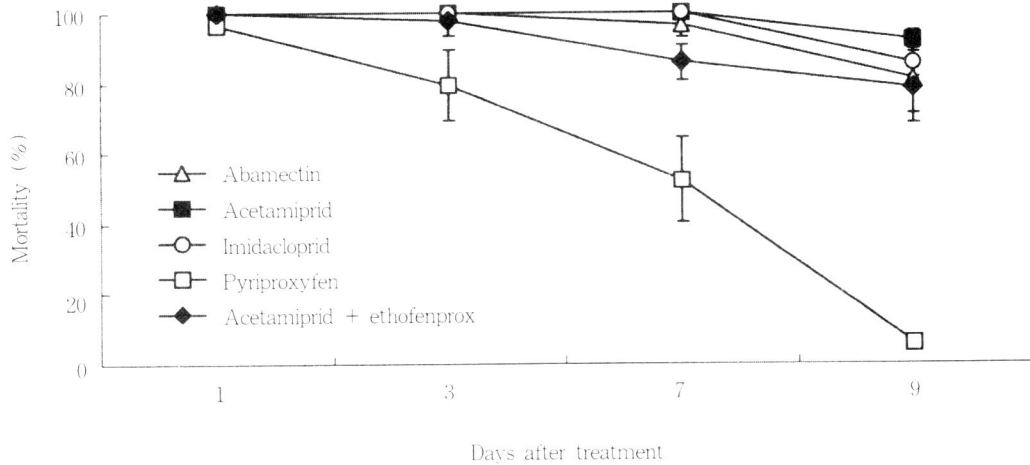


Fig. 2. Residual effects of 5 insecticides against *B. tabaci*. Adults were tested for all insecticides except for pyriproxyfen. For pyriproxyfen, eggs were tested. Sample size, 50~70 adults or eggs/replicate, 3 replicates/treatment. Vertical error bars represent standard deviations of the mean.

있어서 침투이행성 보유는 상당한 장점이라 할 수 있는데, 시판되고 있는 약제중 침투이행성을 보이고 있는 약제는 유기인계인 demeton-S-methyl, dimethoate. 그리고 카바메이트계인 carbofuran, pirimicarb 등이 잘 알려져 있으나(이 등, 1995), 본 실험에 사용된 5종의 살충제는 구조상 약제가 처리된 후 침투되어 수관이나 체관계를 따라 각 부위로 이동할 수 있는 이행능력이 약한 것으로 생각되나, 정확한 원인은 알 수 없다.

Prabhaker 등(1999)은 neem, azatin의 종자처리, 토양처리 및 엽면처리하여 담배가루이의 일종인 *Bemisia argentifolii*에 산란억제 및 살충효과에 미치는 영향을 조사하였는데, neem은 종자처리에서 산란억제 효과는 없었으나, 토양처리에서는 효과가 있었고, 잎면처리에서는 뒷면으로의 이행효과를 보고하였다. 그리고 azatin은 종자처리와 토양처리에서 산란억제효과를 나타내어 침투이행성 효과가 있음을 보고하였는데(Larew 등, 1985), 이러한 차이는 neem은 종자처리보다 토양처리에서 지속적으로 잔류해 있기 때문에 뿌리에서 잎으로의 이동이 가능하여 효과를 나타낸 것으로 추정하였다. 또한 Rubinstein 등(1999)도 담배가루이(B biotype)에 대한 imidacloprid의 토양

처리에서 침투이행효과가 있음을 보고하였으며, 본 실험의 imidacloprid 결과를 뒷받침하고 있다. 가루이는 주로 잎뒷면에 서식하기 때문에 약제처리에 의한 접촉 가능성이 낮다. 따라서 효율적인 방제를 위해서는 침투이행성효과가 있는 약제선택이 중요하다.

### 3. 잔효성 및 방제효과

그림 2는 담배가루이의 성충 또는 알에 대한 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid+ethofenprox의 잔효성을 온실에서 과종후 5주된 토마토 유묘에 관행농도(ppm)를 처리하고 9일까지 조사한 결과이다. 담배가루이에 대해서 acetamiprid, imidacloprid 처리 7일째까지에서 100%였으며, 9일째에도 각각 92.2%, 85.5%의 살충률을 나타내었다. 또한 abamectin, acetamiprid+ethofenprox도 9일째까지 각각 81.1%, 78.5%의 살충활성을 나타내었다. IGR계인 pyriproxyfen은 성충에 대해서는 효과가 낮기 때문에 알을 이용해서 검토하였는데, 7일째까지 잔효성은 인정되나 효과는 낮았다. 이상의 결과에서 5종 살충제 모두 잔효성이 있는 것으로 나타났다.

Horowitz 등(1997)은 담배가루이에 대한 abamectin

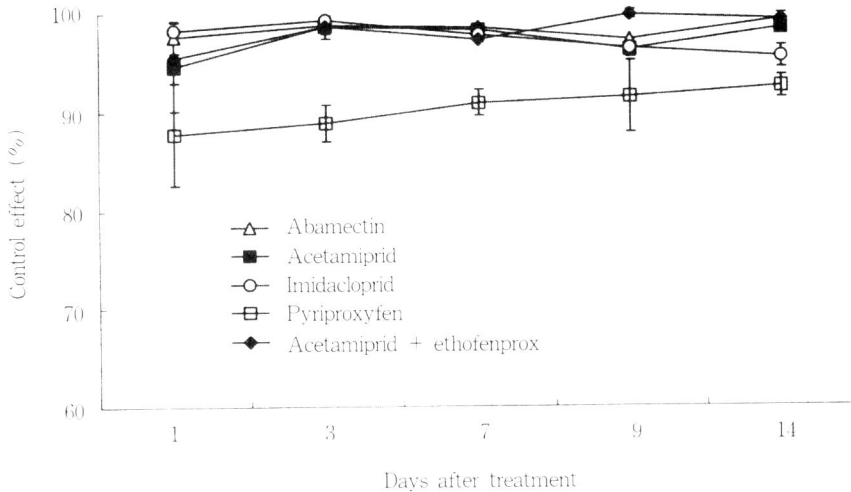


Fig. 3. Control effects of 5 insecticides to *B. tabaci* under the greenhouse condition. Sample size, 70~120 adults/replicate, 3 replicates/ treatment. Vertical error bars represent standard deviations of the mean.

과 abamectin+mineral oil 혼합 처리(1mg, AI/liter)에서 빛조건이 잔효성에 미치는 영향을 조사하였는데, 암조건에서는 abamectin은 처리직후 86%이었으나 28일째에 39%로 감소하였으며, abamectin+mineral oil 혼합 처리는 처리직후 100%, 28일에는 88%의 살충률을 나타내었다. 매일 3시간 빛노출 조건에서 abamectin은 2일 후에 20%를 나타내었으나, abamectin+mineral oil 혼합 처리는 20일까지 88%의 잔효성을 보였다. 따라서 빛이 살충활성감도에 주요한 요인임을 지적하였다. 또한 Rubinstein 등(1999)도 담배가루이(B biotype)에 대한 imidacloprid를 여름철과 겨울철처리의 약효지속시간비교에서 겨울에는 3주간 효과가 지속되었으나, 여름에는 2주로 효과가 짧았다. 그 원인에 대해서는 설명하지 않았으나, 빛이 주요한 원인인 것으로 생각된다. 본 실험은 온실의 광조건(가을, 10월)에서 수행하였으며, 광조건에 따른 살충력의 차이는 검토하지 않았으나, 추후 연구가 필요하다.

잔효성이 우수한 살충제는 처리후 상당기간 동안 계속 처리하지 않아도 지속적인 해충방제효과를 보이기 때문에 사용측면에서 경제적이라 할 수 있다.

그러나 반대로 잔효성이 길어 잔류독성을 야기시킨다면 환경에 미치는 부작용이 크기 때문에 사회문제로까지 대두될 수 있다. 앞으로 환경친화형 농약개발의 필요성을 고려해 볼 때, 5종의 공시약제는 잔류독성에는 문제가 없는 약제로 판정되었기 때문에 pyriproxyfen을 제외한 4종 살충제는 9일째까지 높은 잔효성은 가루이의 방제에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

5종의 살충제가 온실조건하에서 담배가루이에 대한 방제효과가 어느정도인가를 조사한 결과는 그림 3과 같다. 담배가루이에서 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, acetamiprid+ethofenprox는 처리후 1일째부터 90%이상의 높은 방제효과를 나타내었으며, 14일째에도 100%의 방제가를 나타내었다. IGR계인 pyriproxyfen은 작용특성 때문에 처리후 1일째에는 43%의 낮은 방제가를 나타내었으나, 3일째부터는 서서히 증가하기 시작하여 9일째부터는 90%이상의 방제가를 나타내었다.

Horowitz 등(1997)은 담배가루이에 대한 목화포장 조건에서 abamectin(18g, AI/ha) 단독 처리보다 abamectin(18g, AI/ha)+mineral oil(1%) 혼합 처리에서



약충수가 크게 감소하였으며, mineral oil은 abamectin의 효과를 증진시켜 잔효성의 결과를 얻었고(Abro 등 1989), abamectin 응애에 대해서도 효과가 있으므로 포장에서는 담배가루이와 응애가 섞여 있기 때문에 동시방제에 효과적인 약제라고 하였다.

#### IV. 결론

이상의 결과를 종합해보면, 온실조건하에서는 담배가루이의 효과적인 방제를 위해서는 알, 약충, 성충 중 적어도 2가지 충태에 대해서 효과가 있어야 경제적인 방제가 가능할 것이다. 이러한 조건을 갖추고 있는 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid+ethofenprox는 가루이 방제에 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

1. 농약등록시험담당자교육교재(1999), 농업과학기술원 · 농약공업협회, p. 89~108.
2. 이명렬, 조왕수(1998), 한국미기록 *Bemisia* 속 (매미목: 가루이과)의 분류, -*Bemisia tabaci* A, B(침입해충) biotype *B. afer* group의 형태와 16S rDNA표식인자-, 한국곤충학회, 한국응용곤충학회 추계학술발표대회 초록집, p. 37.
3. 이명렬, M. Carver(1999), 한국산가루이과(Stemorrhyncha: Aleyrodidae)의 분류, 한국곤충학회, 한국응용곤충학회 추계학술발표대회 초록집, p. 37.
4. 이명렬, P. D. Barro, 조왕수(1999), Characterization of two biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Homoptera: Aleyrodidae) in Korea based on mitochondrial 16S ribosomal RNA sequence, 한국곤충학회, 한국응용곤충학회 추계학술발표대회 초록집, p. 106.
5. 이승찬, 양환승, 이두행(1995), 삼정 신농약, 향문사, p. 243~382.
6. 한국곤충명집, 1994, 건국대학교 출판부, p. 109~110.

7. 한만위(1998), 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa*)의 특성과 이용기술, 천적의 이해와 활용, 농촌진흥청 병해충종합관리사업단, p. 59~78.
8. Abbott, W. S.(1925), A method of computing the effectiveness of an insecticide, J. Econ. Entomol, 18: 265~267.
9. Abro, G. H., R. A. Dybas, A. ST. J. Green, and D. J. Wrigh(1989), Translaminer and residual activity of avermectin B1 against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), J. Econ. Entomol, 82: 385~388.
10. Berlinger, J. M., S. Lebiush-Mordechi, R. Dahan, and R. A. J. Taylor(1996), A rapid method for screening insecticides in the laboratory, Pestic. Sci, 46: 345~353.
11. Brown, J. K., D. R. Fröhlich, and R. C. Rosell(1995), The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of or a species complex? Annu. Rev. Entomol, 40: 511~534.
12. Byrne, D. N., P. K. van Bretzel, and C. J. Hoffman(1986), Impact of trap design and place-ment when monitoring for the bandedwinged whitfly and sweetpotato whitefly(H), Environ. Entomol, 15: 300~304.
13. Dennehy, T. J., and L. Williams(1997), Management of resistance in Arizona cotton, Pestic. Sci, 51: 398~406.
14. Devine, G. J., I. Ishaaya, A. R. Horowitz, and I. Denholm(1999), The response of pyriproxyfen-resistant and susceptible *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to pyriproxyfen and fenoxycarb alone and in combination with piperonyl butoxide, Pestic. Sci, 55: 405~411.
15. Elhag, E. A, and D. J. Horn(1983), Resistance of greenhous whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in selected Ohio greenhouses, J. Econ. Entomol, 76: 945~948.
16. Horowitz, A. R, and I. Ishaaya(1994), Managing resistance to insect growth regulators in the

- sweetpotato whitefly(Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 87: 866~871.
17. Horowitz, A. R., G. Fore, and I. Ishaaya(1994). Managing resistance in *Bemisia tabaci* in Israel with Emphasis on cotton. Pestic. Sci. 1994. 42: 113~122.
  18. Horowitz, A. R., Z. Mendelson, and I. Ishaaya. (1997). Effect of abamectin mixed with mineral oil on the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 90: 349~353.
  19. Horowitz, A. R., Z. Mendelson, M. Cahill, and I. Ishaaya(1999). Managing resistance to the insect growth regulator, pyriproxyfen, in *Bemisia tabaci*. Pestic. Sci. 55: 272~276.
  20. Ishaaya, I. and A. R. Horowitz(1995). Pyriproxyfen, a novel insect growth regulator for controlling whiteflies: mechanism and resistance (Homoptera: Aleyrodidae). Pestic. Sci. 43: 227~232.
  21. Larew, H. G., J. J. Knodel-Montz, R. F. Webb, and J. D. Warthen(1985). *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) control on chrysanthemum by neem seed extract applied to soil. J. Econ. Entomol. 78: 80~84.
  22. Liu, T-X, and P. A. Stansly(1997) Effects of pyriproxyfen on three species of *Encarsia*(Hymenoptera: Aphelinidae), endoparasitoids of *Bemisia argentifolii*(Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 43: 227~232.
  23. Matsui, M.(1992). Irregular ripening of tomato fruit caused by the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*(Gennadius) in Japan. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 36: 47~49.
  24. Matsui, M.(1995). Efficiency of *Encarsia formosa* in suppressing population density of *Bemisia tabaci* on tomatoes in plastic greenhouse. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 39: 25~31.
  25. Perring, T. M., A. D. Cooper, R. J. Rodriguez, C. A. Farrar, and T. S. Bellow, Jr.(1993). Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. Science. 259: 74~77.
  26. Prabhaker, N., N. C. Toscano, and T. J. Henneberry(1999). Comparison of neem, urea, and amitraz as oviposition suppressants and larvicides against *Bemisia argentifolii*(Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 92: 40~46.
  27. Prabhaker, N., N. C. Toscano, T. M. Perring, G. Nuessly, K. Kido, and R. R. Youngman(1992). Resistance monitoring of the sweetpotato whitefly(Homoptera: Aleyrodidae) in the Imperial Valley of California. J. Econ. Entomol. 85: 1063~1068.
  28. Rubinstein, G., S. Morin, and H. Czosnek(1999). Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus to imidacloprid treated tomato plants by the whitefly *Bemisia tabaci*(Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 92: 658~662.
  30. SAS institute(1991). SAS/STAT user's guide: statistics, version 6.04. SAS Institute, Cary, N. C., U.S.A. p. 125~154.
  31. VAN Lenteren, J. C. and J. Woets(1988). Biological and integrated pest control in greenhouses. Ann. Rev. Entomol. 33: 239~269.
  32. Wardlow, L. R., A. B. Ludlam, and L. F. Bradley(1976). Pesticide resistance in glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (West.)). Pestic. Sci. 7: 320~324.
  33. 林英明(1994). コナジラミ-おもしろ生態とかしこい防ぎ方, 農文協, p. 121.
  34. 松井正春(1993). タバココナジラミの最近おける発生と防除. 植物防疫. 47(3): 118~119.
  35. 失野英二, 和田哲夫, 池田二三高, 根本久 (譯) (1995). 天敵利用の基礎知識, 農文協, p. 116.