

시설 재배 작물 주요 해충에 대한 약제저항성 모니터링

최병렬 · 이시우* · 박형만 · 유재기 · 김선곤¹ · 백채훈²

농업과학기술원 농업해충과, ¹전남농업기술원 친환경연구소, ²호남농업연구소 식물환경과

요약 : 현재 우리나라에서 비닐하우스의 주요 해충으로는 총채벌레(*Thrips palmi* and *Frankliniella occidentalis*), 점박이응애(*Tetranychus urticae*), 목화진딧물(*Aphis gossypii*), 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*) 등을 들 수 있다. 위 해충들의 방제 약제에 대한 감수성을 조사한 결과, 오이총채벌레에 대해 2000년에는 방제 약제가 좋은 효과를 보였으나, 2003년에는 감수성이 모두 떨어져, 앞으로 이 해충의 방제에 어려움이 있을 것으로 예상된다. 꽃노랑총채벌레는 neonicotinoid계통인 imidacloprid 와 thiamethoxam에 대해서는 저항성을 보이고 있으나 chlorfenapyr, spinosad, emamectinbenzoate, fipronil 등에 대해서는 높은 감수성을 유지하고 있었다. 점박이응애는 기존약제에 대해서는 높은 저항성을 보이나, 비교적 최근 약제인 abamectin, milbemectin, chlorfenapyr에 대해서는 높은 감수성을 보였다. 목화진딧물은 지역에 따라 감수성 계통에 비교하면 10배 정도의 감수성 저하를 보이고 있으나, 추천 농도와 비교하면 매우 낮아 방제 시 문제점은 없을 것으로 생각된다. 온실가루이는 기존 약제에 속하는 유기인계, carbamate계, pyrethroid계 살충제에 대해서는 저항성을 보이고 있으나, imidacloprid, spinosad, pymetrozine에 대해서는 높은 감수성을 유지하고 있었다. (2005년 11월 16일 접수, 2005년 12월 20일 수리)

색인어 : 모니터링, 목화진딧물, 온실가루이, 저항성, 점박이응애, 총채벌레.

서론

기존 농약들의 사용에 의한 저항성해충의 발생과 인축에 대한 독성, 환경오염, 잔류 등의 부작용으로 (Brown과 Pal, 1971) 사용이 점차 제한되고 있다. 최근 농업의 형태가 비닐하우스 내 재배에 의한 생산 시기의 조절과 고품질 농산물의 생산을 중시하므로 비닐하우스의 재배면적이 증가함과 함께 해충관리에 대한 욕구는 점차 증대하고 있다.

그러나 저항성 발달로 말미암아 약효에 대한 의구심이 증대되어 일부 농가에서는 해충의 약제 저항성 발달로 인해 약제가 효력이 저하되었다고 하여 해충 방제의 어려움을 호소하고 있으며, 교차저항성으로 인하여 사용할 수 있는 살충제의 종류가 적어지고 있는 실정이다. 해충의 약제저항성 문제는 농작물의 보호 수단을 감소시킨다는 점에서 점차 중요성을 더해가고 있다. 더욱이 한 약제에 대한 저항성 발달은 다른 약제에 대한 저항성을 유발하고 있어 농약에 의존하는 농산물 생산 방식에 큰 위협이 되고 있다. 또한 최근 농약 등록법이 바뀌어 재등록이 필요한 상황에서 해충의 저항성 발달에 의한 약효의 저하는 재등

록을 결정하는 가장 큰 요인 중의 하나가 되었다. 따라서 해충을 방제할 때 우선적으로 고려해야 할 것이 해충의 농약에 대한 감수성 정보인데도 불구하고 모니터링에 대한 자료 부족으로 농약사용 전에 농약의 효과를 검토하기 어려운 것이 현실이다. 더욱이 비닐하우스에서 농약사용은 고품질 농산물의 생산과 밀접하게 연결되어 있으므로 살충제의 살충 효과의 유지는 점점 더 중요성을 더해가고 있다.

하우스에서 주로 발생하여 농작물의 생산에 해를 주는 해충으로는 총채벌레(*Thrips palmi* and *Frankliniella occidentalis*), 점박이응애(*Tetranychus urticae*), 목화진딧물(*Aphis gossypii*), 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*) 등을 들 수 있는데(김, 1997; Park, 1999; 김 등, 2000; Lee 등, 2003; 서 등, 2004), 이러한 해충의 약제에 대한 저항성의 발달은 해충에 의한 농작물의 직접적 피해뿐만 아니라 해충 방제를 위한 농약의 사용량 증가로 인해 농약으로 인한 폐해를 가중시켜, 요즈음 문제가 사회 문제가 되고 있는 농산물의 안전성과 환경 보호에 커다란 위협을 주는 요인의 하나로 작용하고 있다(Carson, 1962). 또한 작물 보호를 위한 농약 값의 증가로 생산비를 높여 직접적인 농가 소득의 감소로 나타나기도 한다. 따라서 저항성 해충의

*연락처

관리는 환경 보호와 농민의 생산비 절감이라는 두 가지의 효과를 기대할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 하우스에서 문제가 되는 총채벌레, 점박이용애, 진딧물, 온실가루이 등의 방제 살충제에 대한 저항성 정도를 조사하여, 이들 해충 관리에 대한 기초 자료로 제공코자 실시하였다.

재료 및 방법

저항성 모니터링을 위한 대상 해충은 총채벌레, 점박이용애, 진딧물, 온실가루이이며 오이총채벌레는 5-6월에 걸쳐 오이 비닐하우스에서 채집하였다. 채집 장소는 2000년에는 구례, 광양, 순천, 제주였으며, 2003년에는 벌교, 구례의 2 농가에서 각각 채집하였다. 꽃노랑총채벌레도 5-6월에 걸쳐 수원, 과천, 장수, 강진, 전주, 정읍, 광주 등에서 콩, 장미, 가지에서 채집하였으며, 즉시 미리 처리된 바이알과 식물체에 직접 접종하여 시험을 실시하였다. 점박이용애는 딸기에서 4-5월에 채집하였으며 채집지는 딸기를 많이 재배하는 진주, 거창, 밀양, 고령, 논산, 공주, 담양, 성주 등이었다. 채집된 점박이용애는 실내에서 강낭콩 유묘에서 증식하여 시험에 이용하였다. 목화진딧물은 5-6월 경 오이에서 채집하였으며 채집지는 밀양, 진주, 구례, 창원, 보성, 창녕, 구례, 성주, 외관, 함안 등이었다. 채집된 진딧물은 오이 유묘에서 증식하여 사용하였으며, 온실가루이는 토마토에서 5-6월에 걸쳐 채집하였으며, 채집지는 부여, 평택, 부안, 옥산, 경주, 순천, 구례, 수원 등이었다. 채집된 온실가루이는 즉시 약제 농도 별로 침지 처리된 오이 유묘에 즉시 접종하였다. 대상 살충제로서는 대상해충의 방제에 등록된 약제 중 많이 쓰이고 있으며, 상대적으로 새로이 개발된 약제로 앞으로 계속 사용될 가능성이 높은 약제를 중심으로 선정하였다. 모든 실험은 25℃ 실험실 조건에서 실시하였다.

가. 총채벌레(*Thrips palmi* and *Frankliniella occidentalis*)

총채벌레의 약제 감수성은 바이알표면 잔류법과 잎침지법을 이용하였다. 바이알표면 잔류법은 각 약제의 원제를 아세톤에 농도 별로 녹여 150 µl씩 20 ml 바이알에 넣고 평편한 바닥에서 굴러 표면에 골고루 잘 붙도록 말린 후 총채벌레 성충을 채집하여 각각의 바이알에 20마리씩 넣은 다음 1시간 후에 먹이로써 기주 잎을 조금 잘라 넣고, 마개로 밀폐한 후 실온에

서 48시간 경과 뒤에 사충수를 조사하였다. 잎침지법은 시판 살충제를 농도(5-6개농도) 별로 희석한 후 토마토 잎을 침지, 음건 후 총채벌레 성충 또는 약충을 20마리 씩 접종, 48시간 후에 사충수를 조사하였다.

나. 점박이용애 (*Tetranychus urticae*)

지역별로 하우스 딸기에서 채집한 점박이용애를 실내에서 강낭콩 잎에 접종하여 사육한 뒤 충분한 마리수가 확보된 다음, 콩잎을 직경 3 cm로 잘라, 6 cm의 플라스틱 샤테에 탈지면을 깔고 물을 적신 후 그 위에 올려놓고 용애를 30마리씩 접종한 후 농도 별로 약제를 분무기로 살포, 약제의 종류와 특성에 따라 24 또는 48, 72시간 후에 사충수를 입체현미경 하에서 조사하였다.

다. 목화진딧물 (*Aphis gossypii*)

목화진딧물 시험은 구례 등 5개 지역의 오이에서 채집하여 실내에서 오이로 사육, 충분한 마리수가 확보된 다음, 배추 잎을 직경 6 cm로 잘라 각 농도로 희석된 약액에 침지, 음건시킨 후, 6 cm의 샤테에 넣고 목화진딧물을 샤테 당 30-50마리를 기준으로 접종, 24시간 후에 사충수를 계수하여 감수성 정도를 비교하였다. 목화진딧물 채집은 오이 주 재배단지에서 이루어졌으며, 각 지역에서 채집하여 온 진딧물은 실내에서 오이를 기주로 하여 사육하였다.

라. 온실가루이 (*Trialeurodes vaporariorum*)

온실가루이는 다발생 지역에서 채집, 직접 접종하여 시험을 실시하였다. 채집 전에 미리 준비하였던 각 농도별로 처리된 토마토 잎을 투명 플라스틱 통 안에 넣고, 채집하여 온 온실가루이 성충을 반복 당 40마리 기준으로 접종한 후 약제의 특성에 따라 24시간, 또는 48시간 뒤에 토마토 잎에서 떨어져 죽은 온실가루이 성충의 수를 세어 감수성 정도를 추정하였다.

결과 및 고찰

가. 오이총채벌레 (*Thrips palmi*)

오이에서 채집한 오이총채벌레의 살충제에 대한 감수성은 표 1, 2와 같다. 2000년도(표 1)에는 지역에 관계없이 오이총채벌레의 방제에 등록된 약제는 모두 방제 효과가 좋았으며 지역간 차이가 없는 것으로 보아 아직 저항성이 발달되지 않은 것으로 사료된다. 그러나 제주도 대정에서 채집한 오이 총채벌레가 다

Table 1. Susceptibility of palm thrips to insecticides in plastic house(2000)

Insecticides	Kurye	Kwangyang	Suncheon	Jeju
Imidacloprid	8.1 ^{a)} 6.1-12 ^{b)}	<3 ppm (77%) ^{c)}	3.4 2.4-4.9	20 15-29
Thiamethoxam	3.8 2.9-5.5	4.9 4.0-6.2	6.1 5.2-8.1	4.0 2.8-6.3
Chlorfenapyr	<3 ppm (100)	<3 ppm (100)	<3 ppm (100)	0.6 0.5-0.8
Spinosad	<3 ppm (100)	<3 ppm (96)	<3 ppm (90)	2.6 1.9-4.1
Fipronil	<3 ppm (90)	<3 ppm (87)	11.8 10-25	2.0 1.1-3.0

^{a)}LC₅₀ ppm (95% confidence limit), ^{b)}95 % fiducial limit, ^{c)}Mortality(%) at the given concentration.

Table 2. Susceptibility of palm thrips to insecticides in plastic house(2003)

Insecticides	Recommendation Conc. (ppm)	LC ₅₀ (ppm) ^{a)}		
		Beolgyo	Kurye	Kurye(B) ^{b)}
Imidacloprid	50	15 6~26 ^{c)}	64 49~92	28 18~41
Thiamethoxam	50	16 13~21	37 29~46	-
Chlorfenapyr	50	170 94~596	-	6.2
Spinosad	50	59 44~83	-	1.1
Fipronil	25	120 79~300	3.6 2.4~4.8	4.3

^{a)}Bioassay ; Leaf dipping method, ^{b)}Collected at Kurye area in 2001, ^{c)}95% fiducial limit.

른 지역에서 보다 imidacloprid에 대해 감수성 저하를 보여 (imidacloprid의 추천농도가 50 ppm인데 제주계통의 반수치사 농도가 20 ppm) 저항성 발달이 우려되므로 이 지역에 대한 저항성 발달의 모니터링이 강화되어 할 것으로 사료된다.

조사 후 3년 뒤인 2003년도에는 저항성 발달은 심각한 결과를 보여준다. 1999년도에 효과가 좋았던 시험약제 모두에 대해 저항성을 보이거나 저항성 발달 가능성이 나타났다. 특히 별교에서는 방제 효과를 기대할 수 없을 정도로 높아 시간이 지남에 따라 오이 총채벌레의 약제 방제는 한계에 부딪칠 것으로 예상된다.

서 등(2004)도 순천계통이 chlorfenapyr에 대해 구례계통에 비해 35배의 저항성을 보이고 있음을 보고하고 있어 저항성발달의 심각성을 지적하고 있다. 따라서 이를 방제할 수 있고 저항성 해충을 죽이는 약제와 비교차저항성을 나타내는 약제를 선발해 놓는 연구가 필요하리라 생각된다.

나. 꽃노랑 총채벌레 (*Frankliniella occidentalis*)

꽃노랑총채벌레의 살충제에 대한 감수성 조사 결과는 다음과 같다. 2000년도(표 3) 조사한 결과를 오이 총채벌레와 비교하면 시험약제에 대해 모두 약간의 감수성 저하를 보이고 있다. Neonicotinoid 약제인 thiamethoxam과 imidacloprid에서 방제 효과가 떨어지는 것으로 나타났는데 실제 경기도 과천의 장미 재배 농가에서는 thiamethoxam과 imidacloprid가 약효가 없어 이 약제로 꽃노랑총채벌레를 방제하기가 어렵다고 하였다. 그러나 이와 같은 결과가 약제에 대한 감수성 저하인지 중간에 나타나는 내성차이에 의해 나타나는 것인지에 대해서는 연구가 필요하리라 생각된다. 따라서 이 해충의 저항성 발달에 대한 더 많은 자료가 필요하므로 꾸준한 저항성 모니터링이 요구된다. 2003년도 결과는 꽃노랑총채벌레가 neonicotinoid 농약인 thiamethoxam과 acetamiprid에 대해 거의 모든 지역에서 저항성을 보이고 있다(표 4). 이는 3년 전인 1999년도에 예상되었던 일로 neonicotinoid 농약

Table 3. Susceptibility of western flower thrips adult to insecticides(2000)

Insecticides	Suwon (Bean)	Kwacheon (Rose)
Imidacloprid	35 (13-180) ^{a)}	-
Thiamethoxam	11 (5.5- 23)	-
Chlorfenapyr	<5 (79) ^{b)}	<10 (54)
Spinosad	2.4 (not fit)	<3 (81)
Fipronil	<5 (96)	<3 (59)

^{a)}LC₅₀ ppm (95% fiducial limit).

^{b)}Mortality(%) at the given concentration.

의 사용에 세심한 주의를 기울였어야 했다. 다행히 위 계통의 약제를 제외하면 꽃노랑총채벌레는 오이총채벌레와는 달리 다른 약제에 대해서는 감수성을 보여 방제의 어려움을 피할 수 있으리라 예상된다. 약충도 성충과 똑 같은 결과(표 5)를 보이고 있어 두 태의 반응이 같음을 알 수 있다.

꽃노랑총채벌레에 저항성연구는 조 등(1999)이 실내 시험 방법에 따른 약제의 감수성을 조사하였으나, 이때 사용된 약제는 방제 효과가 낮은 약제로 감수성 평가가 어렵고, Imidacloprid의 경우 섭식저해 효과에 의해 살충효과를 보이므로 약제 효과가 저 평가되어 감수성을 비교하기 어려웠다. 유 등(2002)이 장미 재배지에서 채집한 꽃노랑 총채벌레의 약제에 대한 감수성 평가에서 fenthion, emamectinbenzoate, spinosad, fipronil등이 매우 좋은 방제 효과가 있음을 보고하여, 본 실험과 일치하는 결과를 보여 이 약제에 대한 저항성 발달은 아직 문제가 없어 보인다. Chung 등(2000)은 abamectin이 총채벌레에 대해 좋은 방제 효

과를 보이고 있어 저항성이 발달하지 않았음을 보이고 있어 본 약제의 계속적인 이용이 가능함을 시사하였다. 그러나 무 계획적인 약제 사용은 저항성 발달을 유발하여 세심한 주의가 필요함을 지적하고 있다.(Immaraju 등, 1992)

다. 점박이응애 (*Tetranychus urticae*)

점박이응애의 살충제에 대한 감수성을 조사한 결과는 다음 표 6, 7과 같다. 결과에서 보듯이 딸기에서는 지역간의 변이가 매우 큰 것을 알 수 있다. 이는 딸기 재배에서 약제의 선택은 개인적 약제 선택의 취향에 많이 의존하는 것으로 추정된다. 약효에서는 항상제 계통의 약제인 abamectin과 milbemectin이 매우 효과가 좋았다. 이 약제 등도 지역간에 약간의 감수성 차이가 있으므로 약제의 사용에 따른 저항성 발달의 차이로 볼 수 있다. 따라서 이 약제들은 저항성 발달 과정을 늦여겨 볼 필요가 있으므로 저항성 모니터링이 매년 필요하리라 생각된다. 그러나 2000년과 3년 후인 2003년과 비교해 보면 milbemectin은 아직 전 지역에서 저항성 발달을 감지할 수 있는 변화는 없었다. 이와 함께 새로이 추가된 chlorfenapyr도 감수성이 매우 높아 좋은 효과를 보이거나 pyridaben과 같은 METI (Mitochondrial Electron Transportation Inhibition)계 농약은 빠른 저항성 발달을 보이고 있고 또한 교차저항성 발달이 예상되어 사용 시 주의가 필요하다고 본다(Choi 등, 2005).

시험 약제의 약효는 저항성 측면에서 볼 때 응애 방제에 사용할 수 있는 약제는 최근 개발된 약제로 제한되며, 이 들 약제 중에서도 저항성 발달이 빠른 약

Table 4. Susceptibility of western flower thrips adult to insecticides(2003)

Insecticides	Recommendation Conc. (ppm)	LC ₅₀ (ppm) ^{a)}						Lab strain
		Jang su /Rose	Kang jin /Rose	Jeon ju /Rose	Jeonju /Egg plant	Jeong eup /Egg Plant	Kwang ju /egg plant	
Thiamethoxam	50	63 24-152 ^{b)}	82 66-101	205 156-270	98 78-123	102 76.3-137.8	52 41.2-65.3	15 12-18
Acetamiprid	40	170 130-413	110 87-131	980 774-1200	850 636-1065	140 102-183	58 45-76	26 19-34
Chlorfenapyr	50	0.71 0.4-1	0.93 0.6-1.3	0.52 0.2-0.8	0.58 0.3-0.8	0.83 0.4-1.2	1.1 0.6-1.5	0.18 0.1-0.3
Spinosad	50	0.03 0.02-0.04	0.14 0.1-0.2	0.10 0.07-0.14	0.03 0.02-0.05	0.06 0.04-0.09	0.05 0.03-0.07	0.03 0.01-0.04
Fipronil	25	3.2 1.3-5.3	2.0 0.7-3.5	4.4 2.6-6.4	0.83 0.1-1.9	1.6 0.6-2.6	-	-
Emamectin Benzoate	11	0.19 0.04-0.8	1.1 0.5-3.2	0.86 0.6-1.2	0.40 0.3-0.5	3.6 2.1-9.3	3.6 2.1-9.4	-

^{a)}Bio assay ; Leaf dipping method, ^{b)}95% fiducial limit.

Table 5. Susceptibility of western flower thrips nymph to insecticides(2003)

Insecticides	Recommendation Conc. (ppm)	LC ₅₀ (ppm) ^a						
		Jangsu /Rose	Kangjin /Rose	Jeonju /Rose	Jeonju /Egg plant	Jeongeup /Egg Plant	Kwangju /Egg plant	Lab strain
Thiamethoxam	50	270 195-370 ^{b)}	87 32-656	540 258-10738	250 88-425	110 58-173	88 68-113	35 16-51
Acetamiprid	40	80 9.8-695	680 352-3008	150 105-272	150 87-388	750 418-3120	310 204-583	99 68-139
Chlorfenapyr	50	0.30 0.1-0.5	0.39 0.1-0.7	0.48 0.3-0.6	0.75 0.4-1.1	0.42 0.2-0.6	0.13 0.05-0.2	0.07 0.01-0.12
Spinosad	50	0.64 0.4-0.9	0.66 0.2-1.2	1.08 0.3-1.9	0.28 0.1-0.5	0.27 0.1-0.5	0.31 0.2-0.4	0.22 0.1-0.3
Emamectin Benzoate'	10.8	1.1 0.1-2.5	2.5 1.1-4	7.6 3.7-12	7.5 4.4-11	2.1 1.1-3.2	8.2 5.1-13	1.4 0.7-2

^{a)}Bio assay ; Leaf dipping method, ^{b)}95% fiducial limit.

Table 6. Susceptibility of two spotted spider mite in straw berry to insecticides(2000)

Insecticides (ppm)	LC ₅₀ (ppm)							
	Jinju	Milyang	Koryeong	Geochang	Nonsan	Kongju	Damyang	Sus
Penprothrin (50)	230 120-450	30 22-41 ^{a)}	100 87-190	130 92-180	7.1 5.6-11.2	25 21-31	23 19-30	12 9-16
Abamectin (60)	2.1 1.7-3.4	2.1 1.5-3.6	<1.9 (91) ^{b)}	3.0 2.5-3.8	2.5 1.9-4.0	<0.4 (95)	<0.8 (91)	<1.9 (86)
Milbemectin (20)	2.2 2.0-2.6	3.4 2.8-4.6	<0.16 (80)	<0.16 (57)	<0.16 (64)	2.5 2.1-3.2	2.9 2.5-3.7	3.1 2.7-3.6
Tebufenpyrad (50)	84 58-139	36 30-45	23 20-28	30 21-41	27 22-36	140 110-210	170 120-300	18 16-21
Flufenoxuron (50)	200 120-390	10 8-14	180 110-420	420 280-650	740 300-2000	210 140-420	>200 (6.1)	100 65-190
Clofentezine (250)	350 140-610	120 75-180	73 55-160	<31 (93)	95 59-180	550 320-990	<16 (52)	<16 (88)

^{a)}95% fiducial limit, ^{b)}Mortality(%) at the given concentration.

제를 제외하면 실제 사용할 수 있는 약제는 그 수가 적다. Fenazaquin, tetradifon, diafenthiuron, penproximate, flufenoxuron, pyridaben 등은 상대적으로 저항성이 발달되어 약효의 발현에 문제가 있는 것으로 보이나, 이들 약제들은 일부 약제의 발현에 3일 이상의 시간을 요하는 경우가 있어 추가 시험이 요구된다. 특히 pyridaben은 지역에 관계없이 매우 높은 저항성을 나타내어 사용시 문제점이 클 것으로 여겨진다. 상대적으로 최근 개발된 chlorfenapyr는 METI계 약제의 일종으로 같은 계통인 pyridaben이 앞에서 언급한 바와 같이 매우 높은 저항성을 보이고 있어 저항성 발달이 빠를 것으로 예상되어 사용에 주의가 필요하다. 시험 결과에서 상대적으로 최근 개발된 항생제 계통의 약제인 abamectin과 milbemectin이 응애에 좋은 효과를 보였다. 항생제 계통인 abamectin과 milbemectin은 아

직 약효가 잘 보존되어 있어, 저항성 발달이 예상되기는 하지만 당분간 사용하는 데는 문제가 될 것 같지는 않다.

이와 유(이 1968, 1969; 이, 유, 1971)는 사과응애의 경우와 마찬가지로 방법으로 1968년부터 1971년까지 4년간 4종의 살비제에 대한 각 지역 별 점박이응애계통의 감수성의 차이를 검정하였다. 그 결과 parathion에 대해서는 감수성인 Lincoln계통에 비해 지역에 따라 20-233배의 저항성을 보였으며 metasystox에 대해서는 18-117배, kelthane에 대해서는 5-48배의 저항성을 나타냈고 C-8514에 대해서는 대구와 충주계통이 21배정도의 차이를 보였을 뿐 기타 지역계통에서는 큰 차이가 없었다고 보고하였다. 임 등(1985)은 과수응애류의 propargite, hexacyclotin 등에 대한 저항성 정도를 조사하고 이들의 LC₅₀이 약제살포 권장농도보다

Table 7. Susceptibility of two spotted spider mite in straw berry to insecticides(2003)

Insecticides	LC ₅₀ (ppm) ^{a)}							
	Geochang	Koryeong	Milyang	Nonsan	Damyang	Sancheong	Seongju	Sus
Pyraclofos	-	35 29-45 ^{b)}	47 22-100	8.2 5.9-10	20 17-24	16 14-19	14 12-17	-
Fenpropathrin	84 62-119	98 73-135	13 3.7-15	10 5.2-19	11 8.1-14	15 4.9-43	-	2.7
Milbemectin	0.37 0.2-0.6	0.68 0.5-1	0.69 0.5-1	0.50 0.4-0.6	1.2 0.9-1.5	0.12 0.1-0.2	0.11 0.03-0.4	0.09
Chlorfenapyr	2.5 1.8-3.4	1.3 0.9-1.9	0.62 0.4-1.1	1.0 0.9-1.2	0.85 0.7-1	9.3 6.7-12.1	1.1 0.1-1.3	0.4
Pyridaben	-	3800 2800-5660	-	2600 2000-4000	-	3800 2600-6800	6900 4500-14000	17
Tebufenpyrad	120 39-400	17 12-24	5.0 3.8-6.3	14 8.8-20	68 34-138	9.3 6.7-12	-	2.7
Fenpyroximate	520 19-14451	2000 0.1-2430	30 20-46	8.4 3.3-20	470 374-828	34 27-44	37 27-52	6.3
Fenazaquin	1400 1060-2000	53 43-65	120 99-150	89 42-187	410 270-622.1	43 32-56	180 147-213	-

^{a)}Bioassay : Spraying (Mortality at 48 hrs after treatment), ^{b)}95% fiducial limit.

높다고 하였으며, 박 등(1986)도 사과응애와 점박이응애의 지역계통별 propargite, benzomate, dicofol 등에 대한 저항성 정도를 조사하고 최고 30배 정도의 저항성을 나타냈다고 하였다. 송 등(1995)은 6개 지역 계통에 대해 abamectin과 penproximate에 대한 저항성 발달이 없음을 보고하였으나 같은 해 조 등(1995)은 abamectin은 지역에 따라 12배, penproximate는 약 200배, fenpropathrin은 14배, pyridaben은 80배까지의 저항성을 보여, 이미 저항성이 발달하고 있음을 보고하였다. 2년 뒤 김(1997)은 abamectin에 대해 야외계통이 1-40배, fenpropathrin에 대해서도 지역에 따라 4-37배의 저항성을 보인다고 보고하여 이 둘 약제에 대해 저항성이 발달하였음을 증명하였다. 이 등(2004)은 점박이응애의 야외 계통의 저항성 모니터링에서 칠곡 계통과 부여계통이 abamectin에 대해 약 20배 정도의 저항성을 보이고 있다고 보고하였고, milbemectin은 강진에서 약 15배(지역에 따라 1.8-15배)의 저항성을 보이고 있다고 보고하였다. 감수성 대조 계통의 차이로 인하여 위 보고를 본 자료와 직접 비교하기 어렵지만 지역에 따라 2003년도에 milbemectin에 대해 1.1-13배의 저항성 비를 abamectin은 1-8배의 약간 낮은 저항성을 보이고 있으나 거의 같은 경향을 보였다. 그러나 이는 실제 추천 농도 20 ppm보다 매우 낮아 방제 시에는 전혀 문제가 되지 않을 것이다. 위 두 약제와 chlorfenapyr, pyraclofos를 제외한 시험 약제

에 대해서는 지역에 따라 저항성 발달로 전혀 효과가 없는 곳이 있으므로 사용 상 주의가 요구된다. 김(1997)은 pyridaben은 지역에 관계없이 매우 높은 저항성 발달을 보여주어 본 연구 결과와 같은 결과와 같았다. 점박이응애 연구는 주로 과수원에서 도태된 응애로 연구되었으며, 사용 약제도 과수원에 등록되어 사용되었고 약종도 현재 거의 사용되지 않고 있는 살충제여서 딸기에서와 같이 하우스에서 발달한 저항성과 직접 비교하기는 어렵다.

라. 목화진딧물 (*Aphis gossypii*)

각지역에서 채집한 목화진딧물의 약제에 대한 감수성 정도는 표 8, 9와 같다. 표 8에서 보듯이 추천농도와 비교하여 보면 시험약제 거의가 대체적으로 LC₅₀ 값이 추천농도 이하로 방제하는 데는 문제가 없는 것으로 판단된다. 그리고 지역간의 차이가 별로 없어 저항성 발달에는 큰 차이가 없는 것으로 판단된다. 특히 유기인계와 carbamate계 농약 등 이미 많이 사용되어 왔던 약제에 대해 저항성을 보이지 않는 것은 이 약제들에 대해 저항성이 발달되지 않은 것이라기 보다는 최근 5-6년간 새로이 사용되기 시작한, 작용기작이 전혀 다른 neonicotinoid 계통인 imidacloprid의 사용으로 감수성이 회복되어 가는 것으로 판단된다. 3년뒤의 결과인 표 9도 같은 경향을 보이고 있다. 이 결과들을 같은 진딧물인 복숭아혹진딧물 (이 등,

Table 8. Susceptibility of cotton aphid to insecticides(2000)

Insecticides (Recommendation Conc.(ppm))	LC ₅₀ , ppm			
	Milyang	Jinju	Kurye	Changwon
Acephate (500)	370 280-520 ^{a)}	280 160-460	270 150-440	130 80-210
Profenofos (430)	100 76-160	60 48-95	79 67-110	90 63-150
Furathiocarb (100)	0.20 0.18-0.23	0.36 0.32-0.41	0.13 0.11-0.16	0.17 0.15-0.20
Methomyl (286)	85 61-120	25 21-32	17 14-22	29 21-40
Halothrin (10)	1.2 0.9-1.6	23 18-36	0.9 0.8-1.1	0.9 0.7-1.3
Pymetrozine (83)	31 23-44	22 15-31	-	-
Imidacloprid (50)	141 60-360	1.5 1.2-1.9	25 20-34	43 37-54

^{a)}95% fiducial limit.

Table 9. Susceptibility of cotton aphid to insecticides(2003)

Insecticides	Recommendation Conc.(ppm)	LC ₅₀ (ppm)						
		Boseong	Changnyeong	Kurye	Seongju	Oikwan	Jinju	Haman
Acephate	500	110 26-498 ^{a)}	-	200 -	81 22-299	210 54-767	57 38-78	140 56-330
Profenofos	430	7.7 5.3-10	17 14-219	12 8.9-22	15 10-17	8.0 5.7-11	15 1.8-120	15 10-29
Furathiocarb	100	0.40 0.3-0.5	1.9 0.9-4.1	3.2 2.3-4.4	0.55 0.4-0.7	1.3 0.9-3.9	1.1 0.7-1.7	0.84 0.4-1.7
Methomyl	286	59 36-189	54 35-143	33 22-65	40 297-53	-	31 22-49	30 20-41
Lambda Cyhalothrin	10	8.0 5.3-11	1.1 0.7-1.9	-	0.38 0.3-0.5	1.2 0.8-1.6	1.2 0.7-1.8	6.1 4.4-8
Pymetrozine	83	-	12 8.7-17	6.1 3-9.6	-	5.5 2.5-8.5	-	-
Imidacloprid	50	3.3 2.1-5.2	21 2.6-173	36 2.5-910	17 12-34	9.0 6-15	11 2-61	3.4 1.9-5.6
Thiamethoxam	50	0.76 0.1-5.5	1.4 0.9-2	0.57 0.4-0.7	2.5 1.8-3.5	12 8.6-17	23 15-38	31 8.4-110

^{a)}95% fiducial limit.

2004)과 비교하면 그 결과가 판이하게 달라 약제에 대한 진딧물의 종 특이성이 매우 높음을 알 수 있었다. 저항성 발달 측면에서 보면 이 해충의 약제 방제에는 한 동안 저항성의 문제는 일어나지 않을 것으로 사료된다.

마. 온실가루이 (*Trialeurodes vaporariorum*)

온실가루이의 약제에 대한 감수성은 표 10, 11과 같다. 표 10에서 보듯이 carbamate계와 pyrethroid계 농

약은 전혀 방제 효과를 기대할 수 없었으나 비교적 최근에 개발된 약제인 imidacloprid, spinosad 등은 그 효과가 탁월하였다 이와 같은 결과는 김 등(2000^b)년에 보고한 바와 같다. 그러나 김 등(2000^b)은 carbamate계 농약도 높은 살충율을 보인다고 보고하고 있으나, 본 2001년과 2004년 시험 결과는 전혀 효과가 없는 것으로 나타나고 있다. 그 이유는 온실가루이가 1-2 년 동안 저항성이 발달되었다고 생각할 수 있으며, 또한 담배가루이를 온실가루이로 오동정하여 시

험하였을 가능성도 있다. 김 등(2000^a) 역시 carbamate계 농약이 담배가루이에 대해 약효가 떨어짐을 보고하고 있어 이러한 해석의 가능성을 뒷받침하고 있지만 이에 대한 추가 연구가 필요하다. Pymetrozine은 실내시험에서 방제효과가 낮게 나왔으나 실제 온실에서 실시한 시험에서는 방제효과가 높아 매우 좋은 약제였다 (Personal communication). 실제 김 등(2000a)과 김 등(2000b)의 연구 결과에서는 pymatrozine의 살충율이 100%로 나타나고 있다. 이 약제가 실내 시험에서 상대적으로 낮은 사충율을 보인 것은 pymatrozine이 침투성 살충제로 뿌리를 통해 약액이 흡수되어야 살충력을 나타내므로 약효 발현에 시간이 걸리고, 약액이 잎보다는 뿌리를 통해서 식물체에 더

잘 흡수되는 결과인 것으로 여겨진다.

특히 주목할 것은 예전부터 사용하여 왔던 유기인계 살충제가 온실가루이에 대해 높은 방제 효과를 보였다. 그러나 평택의 가지에서 채집한 온실가루이는 유기인계 살충제 phenthoate에 대해 높은 감수성 저하를 보이고 있어 저항성 관리에서 주의가 필요하리라 생각된다 유기인계도 종류에 따라 약효가 40%에서 100%의 살충율을 보이고 있어(김 등, 2000b) 약제 선택에 많은 주의가 필요하다. 2004년도에 실시한 시험(표 11)은 3년 전 시험 결과보다 저항성 발달의 심각함을 보여주고 있다.

Carbamate계, pyrethroid계 살충제에 대한 저항성 발달은 물론 유기인계 살충제에 대해서도 전반적이 감

Table 10. Susceptibility of white fly to insecticides(2001)

Insecticides (Recommendation Conc.)	Application Conc	Mortality (%)				
		Buyoe	Pyongtaik	Buan	Oksan	Kyungju
Phethoate (475 ppm)	Normal	98.3	70.8	88.4	89.7	92.2
	1/2	94.5	26.1	72.8	92.4	83.7
	1/4	98.4	35.6	42.1	86.8	75
	1/8	93.1	36.4	61.0	94.1	59.6
Methiathion (400 ppm)	Normal	100	99.2	100	100	100
	1/2	100	78.9	55.0	85.7	100
	1/4	98.0	65.0	38.7	50	100
	1/8	77.9	42.5	28.1	50	43.5
Furathiocarb (100 ppm)	Normal	92.2	69.4	88.1	59.7	56.8
	1/2	65.9	57.3	40.2	62.2	15.3
	1/4	60	55.3	57.8	25.8	9.7
	1/8	55.5	45.3	21.9	26.1	13.7
Deltamethrin (10 ppm)	Normal	13.5	30.8	57.6	6.9	82.4
	1/2	23.0	22.5	53.8	15.7	74.3
	1/4	7.3	26	34.1	7.6	32
	1/8	7.5	15.3	37.6	10.5	17.2
Ethofenprox (100 ppm)	Normal	45.0	28.3	26.2	17.9	24.0
	1/2	45.5	16.2	62.7	10.3	6.6
	1/4	21.1	11.2	31.4	7.2	8.2
	1/8	22.4	12.8	26.7	13.8	42.7
Imidacloprid (50 ppm)	Normal	97.7	100	96.7	92.6	100
	1/2	92.3	81.2	87.8	86.4	100
	1/4	78.6	74.9	80.1	91.8	90
	1/8	55.4	56.7	58.0	80.5	73.5
Spinosad (50 ppm)	Normal	92.2	100	100	98.6	100
	1/2	77.8	100	99.7	98.4	67.7
	1/4	63.1	100	100	78.3	41.8
	1/8	53.0	100	99.6	73.9	34.2
Pymetrozine (83 ppm)	Normal	72.5	86.6	90.3	43.5	50
	1/2	42.6	82.2	78.8	56.5	48.2
	1/4	45.5	67.8	66.2	39.9	64.3
	1/8	40.4	40.6	50	31.5	57.5
Untreated Control		2	7.0	13.5	13.7	16.2

Table 11. Susceptibility of white fly to insecticides(2004)

Insecticides (Recommendation Conc.)	Application Conc.	Mortality(%)					
		Suncheon	Kurye	Buyeo	Pyeongtaik	Oksan	Suwon
Phethoate (475 ppm)	Normal	83.8	46.7	41.7	53.2	75.8	31.5
	1/2	63.5	30.1	35.9	26.9	81.9	22.9
	1/4	16.1	14.5	69.5	19.1	90.1	5.34
	1/8	22	0	0	0.75	94.8	10.5
Methiathion (400 ppm)	Normal	100	78.5	73.3	69.8	68	82
	1/2	66.3	30.9	46.6	43.4	78.2	45.3
	1/4	61.9	20.1	33.2	37.9	55.9	37.4
	1/8	74.7	0	9.19	65.7	37.5	25
Furathiocarb (100 ppm)	Normal	48.3	39.9	64.4	74.2	75.8	61.2
	1/2	49.5	2.73	32.5	68.8	87.9	28.3
	1/4	47.7	11.4	0	57.4	79.8	10.1
	1/8	48.2	16.1	0	59.8	66.5	10.1
Deltamethrin (10 ppm)	Normal	18.9	0	0	48.3	100	30.9
	1/2	4.76	55.3	0	24.6	7.51	40
	1/4	3.98	1.46	0	0	87.2	8.86
	1/8	0	0	0	23.4	59.2	9.92
Ethofenprox (100 ppm)	Normal	20.4	0	0	12	43	24.4
	1/2	23.6	7.88	12.2	23.2	30.8	57.5
	1/4	3.98	2.13	0	28.4	27.5	33.3
	1/8	0	0	15.7	21	53.7	44.9
Imidacloprid (50 ppm)	Normal	98.2	100	100	98.1	94.8	100
	1/2	96.8	85.1	94.4	100	100	91.9
	1/4	76.9	76.5	64.4	93.3	100	75.6
	1/8	55.9	44.1	59.9	94.6	100	85.4
Spinosad (50 ppm)	Normal	89.7	100	100	97.9	100	100
	1/2	85.9	87.6	97.1	92.3	100	92
	1/4	64.7	84	100	94	100	84.1
	1/8	20.6	70.2	69.5	83.7	100	82.2
Pymetrozine (83 ppm)	Normal	77	100	67.9	100	100	82.3
	1/2	74.6	68	46.6	100	100	42.7
	1/4	49.7	76	19.9	89	100	34.5
	1/8	43.2	36.1	16.9	69.1	100	33.3
Untreated control		19	10.6	6.38	17.1	8.1	1.85

수성 저하를 보여주었다.

특히 주목해야 할 것은 pymetrozine에 대한 저항성 발달로 3년 전보다 옥산과 평택에서 감수성이 회복된 것으로 사료된다. 이는 pymetrozine이 많이 사용되어 저항성을 보이더라도 다른 약제의 사용으로 당분간 pymetrozine을 사용하지 않으면 당장 이 약제가 잘 안 듣는다 하더라도 다른 약제와 교호 살포함으로써 저항성 발달을 늦춰 약효를 보전하는 것이 가능하리라 생각되나 이에 대한 추가 연구가 반드시 필요하다. 현재 우리나라에서는 온실가루이 보다 담배가루이의 발생비율이 높아지고 있어 이에 대한 대비가 이루어져야 한다고 생각된다. 특히 담배가루이는 바이러스 매개충으로도 알려져 있어 관리에 더욱 주의가 요구

된다.(이 등, 2000; 이 등, 2005; De Barro, 2005, Green 등, 2005).

인용문헌

- Anonymous (2004) Agrochemical year book. Agricultural Chemicals Industrial Association. p.616.
- Brown, A. W. A. and R. Pal (1971) Insecticide resistance in arthropods. World Health Organ. Monograph, Ser. 38 p.491.
- Carson, R. L. (1962) Silent spring. p.368, Houghton Mifflin, Boston, U.S.A.
- Cho, K., K. B. Uhm and J. O. Lee (1999) Effect of

- test leaf and temperature on mortality of *Frankliniella occidentalis* in leaf dip bioassay of insecticides. *J. Asia-Pacific Entomol.* 2(1):69~75.
- Choi, B.-R., S.-W. Lee, H.-M. Park, D.-H. Kim and S. Lee (2005) Resistance Characteristics of Pyridaben-resistant spider mite. Symposium on Asia-Pacific Conference. Proceedings. p.55.
- Chung, B. K., S. W. Kang and J. H. Kwon (2000) Chemical control system of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in greenhouse eggplant. *J. Asia-Pacific Entomol.* 3(1):1~9.
- De Barro, P. J. *Bemisia tabaci* from molecular to landscape (2005) Proceedings of the international seminar on whitefly management and control strategy. Taiwan ROC. Oct.3~8. pp.3~15.
- Green, S. K., W. S. Tsai, S. L. Shih, Y. C. Huang and L. M. Lee (2005) Diversity of begomoviruses of tomato and weeds in Asia. Proceedings of the international seminar on whitefly management and control strategy. Taiwan ROC. Oct.3~8. pp.19~66.
- Immaraju, J. A., T. D. Paine, J. A. Bethke, K. L. Robb and J. P. Newman (1992) Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in coastal Californian greenhouses. *J. Econ. Entomol.* 85: 9~14.
- 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(1):91~96.
- Park, J. D. (1999) Insect pest management for greenhouse cucumber. pp.73~89, *In Integrated Pest Management for Greenhouse* (ed. D. G. Park and J. W. Park), Sangrokso Co., Korea.
- 김길하, 이용수, 이인환, 안기수 (2000a) 외래해충인 담배가루이의 약제감수성. *한국농약과학회지* 4(1): 51~58.
- 김영준 (1997) 사과원 점박이용애의 약제저항성 관리. 서울대학교 대학원. 석사학위논문.
- 김창우, 김정화, 김길하 (2000b) 국내등록사용중인 살충제에 대한 온실가루이의 감수성. *한국농약과학회지* 4(3):75~81.
- 서동규, 최유미, 한종빈, 송치훈, 안기수, 김길하 (2004) 순천집단 오이총채벌레의 살충제 저항성. *한국농약과학회. 춘계학술대회 초록* p.55.
- 박형만, 최승윤, 유재기, 나승룡, 이경휘 (1986) 과수용 애류 약제저항성 및 방제에 관한 연구. *농시논문집* 28(2):65~71.
- 송철, 김길하, 안수정, 박노중, 조광연 (1995) 사과원에서 채집된 점박이용애(*Tetranychus urticae*)의 지역별 살비제 감수성. *한국응용곤충학회지* 34(4):328~333.
- 유정수, 김주일, 김길하 (2002) 지역별 장미재배지에서 채집된 꽃노랑총채벌레의 살충제 감수성. *한국농약과학회지* 6(2):80~86.
- 이명렬, 안성복, 조왕수 (2000) 담배가루이 *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera:Aleyrodidae)의 형태적 특징과 DNA 표식자에 의한 biotype 판별. *한국응용곤충학회지* 39(1):5~12.
- 이민호, 강석영, 이선영, 이홍수, 최준열, 이관석, 김황용, 이시우, 김선곤, 엄기백 (2005) 담배가루이 B와 Q 계통의 국내 발생 상황. *한국응용곤충학회* 44(3): 169~175.
- 이승찬 (1969). 응애류의 약제저항성에 관한 연구. I. 한국에서의 Parathion과 Kelthane에 대한 응애류의 저항성. *농시연보* 12(3):91~96.
- 이승찬, 유재기 (1971) *Metasystox*, *Folidol* 및 *C-8514*에 대한 과수용애류의 저항성과 방제시험. *식물보호* 10(2):109~116.
- 이시우, 최병렬, 유재기, 박형만, 정부근, 김선곤 (2004) 주요 해충에 대한 약제저항성 모니터링. *농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물연구* pp.157~188.
- 임명순, 김성봉, 장한익 (1985) 과수용애류 약제저항성 시험. *원시시연보(과수분야)* pp.93~96.
- 조점래, 김영준, 안용준, 유재기, 이정운 (1995) 점박이용애 야외 개체군의 살비제 저항성 모니터링. *한국응용곤충학회* 34(1):40~45.
- 최병렬, 박형만, 이준호, 고상현, 유재기 (2004) 점박이용애의 METI계 살비제에 대한 약제저항성. *한국농약과학회. 춘계학술대회 초록* p.55.

Monitoring on Insecticide Resistance of Major Insect Pests in Plastic House

Byeong-Ryeol Choi, Si-Woo Lee*, Hyung-Man Park, Jai-Ki Yoo, Sun-Gon Kim¹ and Chai-Hun Baik²(*Div. of Entomology, NIAST, 249 Seodun-dong Suwon, Kyeonggi-do 441-707, Korea, ¹Jeonnam Agricultural Research and Extension Services, Naju, Jeonlanam-do 520-715, ²Honam Agricultural Research Institute, Iksan, Jeonbuk, 570-080*)

Abstract : This study was carried out for looking into the status of susceptibility of vinyl house insect pests to insecticides. The Thrips (*Thrips palmi* and *Frankliniella occidentalis*), Mites (*Tetranychus urticae*), Aphids (*Aphis gossypii*) and Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) were captured at various areas where the host crop was being cultivated and the susceptibility level of each pest insect was investigated. The susceptibility of each pest insect varied by insect species and areas where they were caught. The tested insecticides showed good control effect to palm thrips in 2000, but in 2003 showed decrease of effect to them. Western flower thrips showed low susceptibility to neonicotinoids, imidacloprid and thiamethoxam, but high to chlorfenapyr, spinosad, emamectinbenzoate and fipronil. Antibiotic insecticides, abamectin and milbemectin, and chlorfenapyr were very effective on mite control and dicofol still had good effectiveness to it despite of long year use. No aphid species showed resistance to pyrethroid and carbamate insecticides. Relatively new insecticides such as imidacloprid, spinosad, pymetrozine were effective to whitefly, but not were organophosphates, carbamates and pyrethroids.

Key words : Aphid, Mite, Monitoring, Resistance, Thrips, Whitefly

*Corresponding Author (Fax : +82-31-290-0407, E-mail : siwlee@rda.go.kr)