

Imidacloprid에 대한 복숭아혹진딧물의 저항성 발달 및 교차저항성

최병렬* · 이시우 · 유재기

농업과학기술원 작물보호부 농업해충과

요약 : Imidacloprid에 대한 복숭아혹진딧물의 저항성 관리기술을 개발하고자 저항성모니터링, 인위도태에 의한 저항성 발달양상과 교차저항성 연구를 수행하였다. 고려지 배추 재배지 5개 채집지역 중 홍천(화촌)과 횡성(둔내)에서 채집한 복숭아혹진딧물의 약제저항성비는 각각 37.2배, 16.5배로 높은 경향을 보였다. Imidacloprid 수화제에 대한 복숭아혹진딧물의 저항성 발달 양상은 20회도태까지는 저항성이 서서히 발달하다가 25세대 이후 급속하게 발달하였다. Imidacloprid 저항성계통 복숭아혹진딧물은 유기인계(4종), 카바메이트계(3종), 혼합계 농약(4종)에 대해 교차저항성 정도는 낮았으나(교차저항성비 10이하), 카바메이트계 중 pirimicarb (487.8배)와 그리고 합성피레스로이드계인 deltamethrin(14.9), flucythrinate(12.9), halothrin(15.9)는 교차저항성비가 10을 약간 상회하는 정도의 교차저항성을 보였다. Imidacloprid와 같은 neonicotinoid인 acetamiprid(143.0배)에 대해서는 교차저항성이 매우 높았다.(2002년 11월 14일 접수, 2002년 12월 13일 수리)

Key words : Imidacloprid, Green peach aphid, *Myzus persicae*, Cross-resistance, Resistance, Monitoring, Insecticide.

서론

오늘날 환경오염, 인축 독성, 저항성 해충의 출현 등 농약의 부작용이 부각되면서 농업 생산에 미치는 막대한 영향에도 불구하고 농약사용량이 계속 증가되고 있는 추세이다.

안정적인 농업 생산을 위해서는 현재의 농업 생산 기술에 농약 사용이 절대 필요하며, 이 때 사용되는 농약은 부작용이 거의 없고, 약효가 좋으며 환경과 인축에 안전 것이라야 한다. 위와 같은 필요성에 의해 1990년대 초에 네오니코티노이드계 농약이 개발되어 전 세계 약 60여 개국에서 사용되고 있으며 그 사용량이 매년 증가되고 있다 (Leicht, 1996). 우리나라에서는 최초로 1992년에 등록된 이후 1998년의 사용량은 58톤(주성분량)에 이른다(농약공업협회, 1999). 그러나 아무리 우수한 농약일지라도 단기간에 급격한 사용량의 증가는 저항성해충의 출현에 대한 우려를 낳고 있다. 해충의 저항성의 증가는 농약 사용에 의해 나타나는 부작용의 하나로 농약의 방제 효율을 저하시킴으로써 농약 사용량을 증가시켜 환경오염을 가

속화하는 간접적인 원인이 되고 있으며, 직접적으로는 생산량의 감소와 농산물의 품질 저하의 원인이 되고 있다. 실제로 imidacloprid는 다른 계통의 약제에 비해서 사용기간이 짧음에도 불구하고 세계 여러 나라에서 총채벌레, 애벌레, 온실가루이 등에 대해 이미 저항성이 보고 되고 있다(Sone 등, 1994; Zhao 등, 1995; Elbert 등, 1996). 이러한 해충의 약제에 대한 저항성 발달을 억제하며, 안전하고 안정된 농산물의 생산을 위해서는 농약을 사용하지 않고 농산물을 생산 방법이 제일 바람직하다. 그러나 이러한 농산물 생산 방법은 현재 불가능하므로 될 수 있는 한 농약의 약효를 보존하고 좀 더 효율적인 농약 사용방법을 개발하여 농약 사용량을 줄이는 것이 최선의 길이다. 따라서 농약의 약효를 무력화시키는 저항성의 발달을 억제하고 발달된 저항성을 줄여나가기 위해서는 첫째로 포장에서의 저항성발달 정도를 파악, 추적하고, 둘째로 저항성 해충이 교차저항성이 보이지 않는 약제를 선발하여 이용함으로써 농약의 해충에 대한 도태율을 낮추는 것이 저항성 대책의 근본이 된다.

따라서 본 연구는 국내 복숭아혹진딧물의 imidacloprid에 대한 저항성 발달정도를 파악하기 위하여 야외개체군에 대한 저항성을 모니터링 하였으며, 대체약제

*연락처

를 선발하기 위하여 인위적으로 도태하여 만든 imidacloprid 저항성 계통을 사용하여 다른 약제와의 교차저항성을 조사하였다.

재료 및 방법

약제저항성 모니터링

◆ 시험곤충 : 약제저항성 모니터링을 위하여 1998년 고랭지 채소 재배지역인 강원도 평창(용평, 도암), 홍천(화촌), 횡성(둔내)과 시설재배지가 많은 경상북도 성주의 배추에 서식하는 복숭아혹진딧물을 채집하여 실내에서 배추(삼진)로 누대 사육하였으며, 약제처리된 채집 후 2개월 이내에 수행하였다.

◆ 시험약제 : Imidacloprid 10% 수화제(동부한농)를 실험당일 소정농도로 희석하여 사용하였다.

◆ 생물검정 : 복숭아혹진딧물에 대한 생물검정은 FAO (1980)에서 제시한 진딧물저항성 검정법을 변형시킨 leaf-dipping법으로 실시하였다. imidacloprid 10% 수화제를 증류수에 일정농도로 희석하고 그 약액에 정식 20일된 배추잎 중간부분을 지름 6cm로 잘라 30초간 침지 한 후 1~2시간 동안 음건시켰으며, 직경 6cm의 샐레에 증류수로 적신 여과지를 깔고 음건한 배추잎을 넣었다. 그 위에 진딧물 무시성충을 붓으로 20마리씩 3개의 샐레에 접종하였으며, 처리된 진딧물은 광조건이 16L:8D로 조절된 항온기 내(25℃)에 보관하였다. 사충율은 약제처리 후 48시간에 해부현미경하에서 조사하였고 조사된 성적은 probit 분석(Finny, 1963)에 의해 반수치사농도를 구하였다.

저항성 유기 및 교차저항성

◆ 시험곤충 : 약제 도태에 사용한 복숭아혹진딧물은 1996년 화학연구소에서 분양 받은 감수성계통을 농약에 노출시키지 않고 실내에서 누대사육하여 사용하였다.

◆ 시험방법 : 복숭아혹진딧물의 약제에 대한 저항성을 높이기 위해 실내에서 누대사육 중인 감수성 계통을 imidacloprid 수화제로 70%의 살충율이 나타나는 농도 수준으로 도태하였다. 도태과정 중 저항성이 증대하여 살충율이 낮아졌을 경우 도태농도 수준을 높였으며, 도태 5, 10, 15, 20, 25회마다 반수치사농도를 구하여 실내 감수성계통과 비교하여 저항성 발달 정도를 조사하였다.

Imidacloprid로 25회 인위도태하여 저항성이 발달된 복숭아혹진딧물 계통에 대한 20종의 약제(표 1)의 반수치사농도를 앞서 설명한 엽침지처리법으로 조사하였으며, 저항성계통의 반수치사농도를 감수성계통의 반수치사농도로 나눈 비율(저항성비)로 살충제간 교차저항성 정도를 비교하였다.

Table 1. List of insecticides used

	Common name	FT	AI(%)
Organophosphates	Acephate	WP	50
	Demeton S-methyl	EC	25
	Diazinon	Tech	92
	Monocroto phos	SL	24
	Profenofos	EC	43
Carbamates	Benfuracarb	EC	30
	Furathiocarb	EC	10
	Methomyl	SL	24.1
	Pirimicarb	WP	50
Pyrethroids	Lambda cyhalothrin	EC	1
	Alphathrin	EC	2
	Deltamethrin	Tech, EC	94, 1
	Esfenvalerate	EC	1.5
	Flucythrinate	EC	3
Neonicotinoid	Acetamiprid	WP	8
	Imidacloprid	WP	10
Mixture insecticide	Alpha-cypermethrin+chlorpyrifos	EC	1+10
	Bifenthrin+profenofos	EC	1+15
	Deltamethrin+profenofos	EC	0.6+15
	Esfenvalerate+malathion	EC	1.25+15

결과 및 고찰

Imidacloprid에 대한 약제저항성 모니터링

강원도 일원의 4개지역과 성주에서 채집한 복숭아혹진딧물을 imidacloprid에 대한 저항성을 조사한 결과(표 2), 조사지역 중 홍천 화촌과 횡성 둔내에 채집한 계통에서 저항성비가 각각 37.2, 16.5배를 보여 이미 저항성이 발달하였음을 알 수 있었으며, 그 외의 지역에서도 저항성이 발달되었다고 볼 수는 없지만 위 두 지역에서 저항성 발달이 있는 것으로 미루어 볼 때 저항성이 발달되는 도중에 있을 것으로 생각된다.

Nauen과 Elbert (1994)는 프랑스의 Rhone valley에서 채집한 *M. nicotianae*의 개체군이 imidacloprid에 높은

Table 2. Susceptibility of *M. persicae* collected in 5 different locations to imidacloprid

Locations	LC ₅₀ (ppm)	95% FL ^{a)}	Slope±SE	RR ^{b)}
Yongpyung	6.7	2.3 - 18.9	0.7±0.1	3.5
Doam	10.1	4.5 - 21.5	0.8±0.1	5.3
Sungju	4.6	2.6 - 7.2	0.8±0.1	2.4
Hwachon	70.6	56.4 - 88.5	2.8±0.4	37.2
Dunnai	31.3	20.8 - 44.3	1.2±0.2	16.5
Susceptible	1.9	1.6 - 2.3	2.4±0.3	1

^{a)}95% Fiducial limits

^{b)}Resistance ratio, LC₅₀ of each local strain / LC₅₀ of susceptible reference strain.

내성을 보였으며, 특히 이 계통은 sachet test을 변형시킨 경구투여에서 imidacloprid에 높은 저항성을 보이고 있다고 보고하고 있어 진딧물의 imidacloprid에 대한 저항성 발달을 예측하고 있었으며, imidacloprid에 대한 저항성 발달은 다른 계통의 약제에 비해서 사용기간이 짧음에도 불구하고 세계 여러 나라에서 총채벌레, 애벌레, 온실가루이 등에 대해 이미 저항성이 보고되고 있다(Sone 등, 1994; Zhao 등, 1995; Elbert 등, 1996).

이는 진딧물의 imidacloprid에 대한 저항성 발달의 가능성을 시사하며 우리나라에서 포장에서의 imidacloprid에 대한 진딧물의 저항성 발달은 이미 저자들에게 의해 발표되었다.(최 등, 1998) 본 논문은 우리나라에서도 진딧물이 imidacloprid에 대한 저항성 유전인자를 갖고 있으며 약제 도태에 의해 저항성이 발달되고 있다는 것을 증명한 것이다.

본 연구에서 저항성 진딧물이 발견된 강원도 일원은 봄에 감자를 재배하고 여름과 가을에는 고냉지 채소를 재배하는 지역으로서 복숭아혹진딧물의 발생세대가 끊어지지 않고 년중 계속적으로 증식될 뿐만 아니라 약제사용량이 많기 때문에 짧은 사용기간임에도 불구하고 도태압이 높아져 본 실험에서와 같이 새로운 계통의 농약인 imidacloprid에 대해서 저항성이 발달에 의한 것으로 생각된다.

저항성 유기 및 교차저항성

복숭아혹진딧물 감수성계통을 Imidacloprid를 사용하여 연속적으로 25회를 도태하여 생물검정한 결과는 표 3과 같다. 복숭아혹진딧물의 저항성 발달 양상은 초기에는 저항성이 서서히 발달하다가 25회 도태 후에 급속하게 증가하는 현상을 보였다. 이는 도태 전 해충의 집단에 저항성 유전자가 있으며, 있다면 얼마나 있는지에 따라 발달 패턴은 다르게 나타난다. 최 등(1989)이 복숭아혹진딧물에 대하여 pirimicarb로 인위적으로 20세대를 도태하였을 경우에 저항성이 3.2배로 증가되었으며, cypermethrin에서는 20세대 도태 후 20.5배로 증가되었다고 하였다. 또한 acephate는 저항성 발달이 대체적으로 느리게 나타났으며(최 등, 1986), oxydemeton-methyl은 20세대 도태 후 357배나 증가되었다고 하였다. 위들의 결과를 보면 복숭아혹진딧물의 pirimicarb에 대한 저항성 발달은 최초의 도태 전 집단에 저항성 유전자가 없어 저항성 발달이 되지 않았으며, 3.2배의 저항성 증가는 도태에 의한 내성 증가로 판단되며, cypermethrin이나 acephate에 대한 저항성의 경우 저항성으로도 볼 수 있지만, 매우 사용 약량이 적은 경우 내성에 의해서도 저항성 비가 높아 질 수 있을 것으로 여겨진다. Elbert 등(1996)은 복숭아혹진딧물을 imidacloprid로 90세대 도태하였을 경우에 39배의 저항성을 보인다고 하였으나 저자들의

Table 3. Changes of LC₅₀ (ppm) value and resistance ratio in the resistant *M. persicae* strain^a along with the number of selection

	No of selection					
	0 ^{b)}	5	10	15	20	25
LC ₅₀ (ppm)	1.9	8.5	57.5	82.7	105.6	236.7
RR ^{c)}	1	4.5	30.2	43.5	55.6	124.5

^{a)}Resistance strains were obtained by selecting the susceptible strain with imidacloprid for 25 successive generations.

^{b)}LC₅₀ of each selected strain / LC₅₀ of susceptible reference strain.

연구에서는 236배의 저항성 비를 보이고 있어, 이는 저항성 유전자의 농축에 의한 저항성 발달로 생각된다. 따라서, 위의 시험결과를 종합하면 우리나라에서 imidacloprid에 대한 진딧물의 저항성 발달 가능성이 높다고 판단된다.

深見(1983)은 복숭아혹진딧물이 약제에 노출된 후 저항성이 발달하는 유형을 1)도태 초기에 급속하게 증가하는 유형, 2) 거의 또는 전혀 저항성이 발달하지 않는 유형, 3) 수십세대 도태 이후부터 저항성이 발달하는 유형의 3가지형으로 구분하였다. 이러한 현상에 대해 Georghiou와 Taylor (1977)는 살충제의 화학적 특성, 도태압, 저항성 유전자의 수, 유전자의 우성도, 환경저항, 살충제의 작용특성, 곤충의 특성에 의하여 지배되어 나타난다고 하였다. Imidacloprid의 저항성발달은 후기에 급속하게 진전되는 제 3의 유형으로 더욱 도태를 진행하였을 때 더 높은 저항성 발달이 예측되어 저항성관리에 주의가 요구되며, 교차저항성을 보이지 않는 약제로 교호 사용할 경우 약제의 사용기간 연장이 가능하리라 여겨진다.

복숭아혹진딧물의 교차저항성 연구는 imidacloprid로 25회 도태하여 저항성이 120배로 증가된 계통에 대해 약제별로 생물검정을 하여 표 4와 같은 결과를 얻었다. 표에서 보는 바와 같이 acetylcholinesterase를 저해하는 유기인계와 카바메이트계 약제 중 acephate(1.2), monocrotophos(0.7), demeton-s-methyl(2.4), prothiofos(2.2), furathiocarb(2.3), methomyl(1.4), benfuracarb(4.0)에 대하여 교차저항성 정도는 낮았으나 pirimicarb수화제에 대하여 487.8배의 높은 교차저항성을 보였다.

피레스로이드계의 deltamethrin, flucythrinate, halothrin 등에는 교차저항성이 13배 이상으로 상대적으로 높은 교차저항성을 보였으나, esfenvalerate에는 3.2배로 교차저항성 정도가 낮았다. 같은 네오니코티노이드계인 acetamiprid에 대해서도 교차저항성이 143.0배로 아주 높았다. 그러나 유기인계와 혼합된 혼합제의 대부분은 예측한 바와 같이 교차저항성 정도가 낮았다.

저항성 해충의 타 농약에 대한 교차저항성은 다음과 같은 원인들에 의해 나타나는 것으로 생각되며, 이를 증명하는 많은 연구 결과가 보고되고 있다. 특정한 농약에 노출된 곤충집단이 과거에 전혀 접촉된 적이 없는 다른 화합물에도 점차로 내성이 높아진다는 현상은 이미 오래 전부터 알려져 왔으며, 이는 교

차저항성을 나타내는 약제간의 살충기작이나, 이들 약제를 분해하는 효소계들 간에 유사성이 높기 때문인데(Beeman, 1983), malathion (diethyl succinic acid ester)에 저항성인 밤빛쌀도둑(red flour beetle, *Tribolium castaneum*)에 대하여 phenthoate (RR=53배)는 높은 교차저항성을 나타내었으나, 수종의 다른 유기인제 살충제에는 교차저항성을 보이지 않았다. 그 이유는 phenthoate는 ethyl ester의 기본 구조로서 malathion과 같은 경로에 의해 대사 됨으로서 나타난 결과라고 알려져 있다(Beeman, 1983). 또한 교차저항성은 화합물의 구조가 다른 group간에도 일어난다고 알려져 있는데, Georghiou (1969)은 유기인계인 fenitrothion으로 도태한 집모기류에 카바메이트계 살충제인 propoxur를 처리하였을 때 교차저항성이 발현되었다고 하였다. 이는 작용기작의 유사성이 교차저항성의 원인이라고 하였다. 최 등(1986)도 oxydemeton-methyl 저항성계통 복숭아혹진딧물에 대하여 다른 계통인 cypermethrin은 교차저항성비가 778로 아주 높게 나타났으나, 유기인계인 acephate나 카바메이트계인 pirimicarb에 대하여는 교차저항성이 낮았다고 보고하였고, acephate 저항성 계통에 대하여는 cypermethrin과 oxydemetonmethyl이 높은 교차저항성을 보여 동일계통의 농약뿐만 아니라 다른 계통의 농약에 대하여서도 교차저항성을 보였는데 이는 농약의 작용기작과 해독작용의 유사성 때문이라고 하였다.

본 실험에서 ChE의 저해제인 유기인계나 카바메이트계에 대해 교차저항성이 낮고, 같은 네오니코티노이드계의 농약인 acetamiprid에 대해 높은 저항성을 보이고 있는 것은 약제의 구조와 작용기작의 유사성에서 기인하는 것이라 생각된다. Zhimuou 등(1997)도 permethrin, 유기인계, 카바메이트계에 대한 저항성 계통 독일바퀴와 피레스로이드계, abamectin에 대한 저항성 계통 집파리의 imidacloprid에 대한 교차저항성을 조사하였으나 저항성 정도는 낮게 나타났다고 하였으며, Diehr 등(1991)은 ethyl-parathion, pirimicarb 및 cypermethrin 등에 대하여 각각 125, 25, 125배의 복합저항성을 보이는 복숭아혹진딧물의 imidacloprid에 대한 교차저항성은 아주 낮았다고 보고하였다. 이 이유는 역시 본 연구 결과와 같이 imidacloprid의 작용점이 nicotinic AChE 수용체를 차단하여 외부자극이 전달되지 않아 마비에 의해 치사시키므로 기존약제와 상이한 작용특성 때문인 것으로 생각된다. 따라서

Table 4. Cross-resistance of the imidacloprid-resistant strain of the *M. persicae* to various insecticides

Insecticide	Resistant strain		Susceptible strain		RR ^{b)}
	Slope±SE	LC ₅₀ (ppm)	Slope±SE	LC ₅₀ (ppm)	
Organophosphates					
Acephate	2.9±0.3	52.2	2.9±0.5	42.5	1.2
Monocrotophos	2.0±0.3	20.2	2.4±0.4	29.5	0.7
Demeton-s-methyl	1.8±0.2	109.8	1.8±0.3	45.4	2.4
Prothiofos	4.1±0.8	20.5	2.1±0.3	9.2	2.2
Carbamates					
Pirimicarb	-	>8000	4.3±0.5	16.4	>487.8
Furathiocarb	4.3±1.6	504.0	2.7±0.2	218.1	2.3
Methomyl	3.0±0.4	326.5	3.4±0.6	261.0	1.4
Benfuracarb	2.9±0.7	883.0	3.0±0.5	220.3	4.0
Pyrethroids					
Deltamethrin	2.2±0.3	13.4	1.2±0.2	0.9	14.9
Furcythrin	2.3±0.3	1028.3	3.1±0.4	79.6	12.9
Esfenvalerate	1.7±0.3	45.8	2.7±0.5	14.5	3.2
Lambda-cyhalothrin	2.2±0.3	106.9	2.2±0.3	6.7	15.9
Imidazolidin					
Acetamiprid	1.6±0.4	557.8	2.2±0.2	3.9	143.0
Mixture insecticides					
Esfenvalerate + malathion	1.3±0.3	366.3	1.1±0.3	58.1	6.3
Bifenthrin + prothiofos	1.5±0.2	5.4	3.1±0.5	2.5	2.2
Deltamethrin + prothiofos	3.3±0.5	12.3	2.9±0.7	7.6	1.6
Alphathrin + chlorpyrifos	1.8±0.4	8.7	2.1±0.4	17.5	0.5

^{a)}95% Fiducial limits.^{b)}Resistance Ratio (LC₃₀ of field each local strain / LC₅₀ of susceptible reference strain).

imidacloprid로 도태한 저항성계통은 AChE의 저해제인 유기인계나 카바메이트계에 대하여는 상이한 구조를 가져 교차저항성을 보이지 않았으나(표 4), pirimicarb에 대해서는 높은 교차저항성을 보인 것은 두 약제의 같은 piridinyI 구조에 의한 것으로 추측된다. 피레스로이드계에 대하여는 구조가 상이하더라도 교차저항성이 높은 것은 작용기작이 유사하기 때문인 것으로 추측되는데, 소수의 저항성인자에 의하여 여러 종류의 살충제에 대해 저항성이 유발될 수 있음(Plapp, 1984)을 감안할 때 해충의 저항성기작과 살충제의 분자구조를 관련지어 좀더 깊이 있는 연구가 이루어져야 할 것으로 본다. 한편, imidacloprid 저항성 진딧물이 acetamiprid에 대해 높은 저항성을 보이고 있는 것은 네오니코티노이드계의 농약들은 같은 구조와 작용기작의 유사성에서 기인하는 것이라 생각되며 imidacloprid에 대해 저항성이 발현된 해충의 방제에 같은 계통의 농약 사용은 방제효과가 저조할 것으로 추측된다.

이상의 결과로 진딧물의 방제에 주로 사용되고 있는 imidacloprid에 대해 복숭아혹진딧물의 저항성 발달이 우려되므로 이러한 복숭아혹진딧물의 저항성 관리 방법은 IPM에 의한 적기 농약 사용으로 농약의 사용횟수를 줄이고, 살충 작용 기작이나 약제의 화학적 구조가 상이하여 교차저항성을 보이지 않는 농약을 교호 살포하는 것이다. 이렇게 함으로써 농약의 진딧물에 대한 도태압을 낮춰 약제저항성 발달을 지연시키고 이미 발달된 저항성을 약화시켜 약효를 보존함으로써 안전한 농산물의 생산과 환경 보호에 기여할 수 있으리라 기대된다.

인용문헌

- Beeman, R. W. (1983) Inheritance and linkage of malathion resistance in the red flour beetle, *J. Econ. Entomol.* 76:737~740.
- Diehr, H. J., B. Gallenkamp, K. Jelich, R. Lantzsche, and K. Shiokawa (1991) Synthesis and chemical-physical properties of the insecticide imidacloprid (NTN 33893). *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer.* 44:107~112.
- Edward J. G. and A. B. Beth (1996) Resistance to imidacloprid in colorado potato beetles from Michigan in resistant pest management. A Biannual Newsletter of the Pesticide Research Center (PRC) in Cooperation with the Insecticide Resistance Action Committee(IRAC). 8(2):31~37.
- Elbert, A., R. Nauen, M. Cahill, A. L. Devonshire, A. W. Scarr, S. Sone, and R. Steffens (1996) Resistance management with chloronicotinyI insecticides using imidacloprid as an example. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer, English ed.* 49:5~54.
- FAO (1980) Methods for adult aphids-FAO Method No. 17. In recommended methods for measurement of pest resistance to pesticides. *FAO Pl. Prod. and Prot. Paper* 21:103~106.
- Finney, D. J. (1963) Statistical methods in bioassays 2nd ed. *London Griffin.* pp.668.
- Georghiou, G. P. (1969) Genetics of resistance to insecticides in house flies and mosquitoes. *Exp. Parasitol.* 26:224~255.
- Georghiou, G. P. and C. E. Taylor (1977) Pesticide resistance as an evolutionary phenomenon. pp. 759-785. *In Proceedings, XV International Congress of Entomol., Washington, D.C.*
- Guangyu, Z. W. Liu, J. M. Brown and C. O. Knowles. (1995) Insecticide resistance in field and laboratory strains Western Flower Trips (Thysanoptera : Thripidae). *J. Econ. Entomol.* 88(5):1164~1170.
- Leicht, W. (1996) Imidacloprid - a chloronicotinyI insecticide biological activity and agricultural significance. *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer, English ed.* 49:71~84.
- Nauen, R. and A. Elbert (1994) Effect of imidacloprid on aphids after seed treatment of cotton in laboratory and greenhouse experiments. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer English ed.* 47:177~210.
- Plapp, F. W. Jr (1984) The genetic basis of insecticide resistance in the housefly : evidence that a single locus play a major role in metabolic resistance to insecticides. *Pestic. Biochem. Physiol.* 22:194~201.
- Sone, S., K. Nagata, S. Tsuboi, and T. Shono (1994) Toxic symptom and neural effect of a new class of insecticide, imidacloprid, on the American cockroach, *Periplaneta americana.* *J. Pesti. Sci.* 19:69~72.

- Zhao, G., W. W. Liu, J. M. Brown, and C. O. Knowles (1995) Insecticide resistance on Field and laboratory strains of western flower thrips (Thysanoptera : Thripidae) J. Econ. Entomol. 88(5):1164~1170.
- Zhimuou, W. and G. S. Jeffrey (1997) Cross-resistance to imidacloprid in strains of German cockroach, *Blattella germanica* and House Fly, *Musca domestica*. Pestic. Sci. 49:367~371.
- 농약공업협회 (1999) 농약연보 pp.621.
- 深見順一, 上杉康彦, 石塚皓浩 (1983) 藥劑抵抗性一新レい 農藥開發と總合防除 の 指針 ソフトサイエンス社, pp.3~172.
- 심재영, 박중수, 백운하, 이영복 (1977) 복숭아혹진딧물 (*Myzus persicae* Sulzer) 생활사에 관한 연구. 한국 식물보호학회지. 16(30):139~144.
- 최병렬, 유재기, 박정규, 이상계 (1998) 진딧물류의 지역간 약제저항성 모니터링 및 기작연구. pp.664~671. 시험사업보고연구서. 농업과학기술원.
- 최승운, 김길하 (1986b) 복숭아혹진딧물의 살충제저항성에 관한연구 (IV) Oxydemeton-methyl 도태에 의한 저항성발달, 교차저항성 및 Esterase Isozymes. 한국 식물보호학회지 25:151~157.
- 최승운, 김길하, 안용준 (1989). 복숭아혹진딧물의 살충제저항성에 관한 연구(V), cypermethrin과 pirimicarb에 의한 저항성 발달과 교차저항성. 한국응용곤충학회지 28(1)23~27.
- 최승운, 김길하 (1986a) 복숭아혹진딧물의 살충제 저항성에 관한 연구(II). 감수성의 지역적 차이. 한국 식물보호학회지 24(4):223~230.

Resistance development and cross-resistance of green peach aphid, *Myzus persicae* (Homoptera : Aphididae), to imidacloprid

Byeong-Ryeol Choi, Si-Woo Lee, Jai-Ki Yoo (*Entomology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea*)

Abstract : Studies on the resistance monitoring of green peach aphid, *Myzus persicae*, its development pattern by artificial selection with imidacloprid and cross-resistance were carried out to develop resistance management strategy. Resistance ratios of *M. persicae* collected at Hwachon and Dunnae among 5 locations in alpine cultivation area appeared to be high as 37.2 and 16.5, respectively. Resistance of aphid to imidacloprid developed slowly up to 20 time selection, and after that it grew quickly. Imidacloprid-resistant aphid strain showed low cross-resistance ratios(<10) to most of organophosphates, carbamates, and mixed insecticides except pirimicarb(487.8), but high ratios to acetamiprid(143.0) which is one of the neonicotinoids like imidacloprid, and pyrethroids such as deltamethrin(14.9), flucythrinate(12.9) and halothrin(15.9).

*Corresponding author (Fax : +82-31-290-0479, E-mail : brchoi@rda.go.kr)