

오이에서 살충제 계열내 교호처리에 의한 온실가루이 방제 체계

**Control System of Whitefly, *Trialeuodes vaporariorum*,
in Cucumber by the Alternate Application of
Insecticides within Each Conventional Group**

정부근* · 손경애

Bu-Keun Chung* and Kyung-Ae Son

Abstract – In order to establish a whitefly control system using conventional groups of insecticide (carbamate, organophosphorus and pyrethroid insecticides), three alternative application methods were designed on the medium growth stage of cucumber. To discriminate the effectiveness of these sequences observed were the residual activity of insecticides, frequency of insecticide applications, residue of insecticides in cucumber leaves, development of insecticide resistance in whitefly, and yield of fruits. Spraying furathiocarb, a carbamate insecticide, was very effective in reducing the frequency of application for the control of white flies. The effectiveness of furathiocarb was enhanced by the potentiation process to carbofuran, the long residual activity, and the lower development rate of insecticide resistance. Methion, an organophosphorus insecticide, did not show resistance development after successive use but resulted in short residual activity. However, other organophosphates, profenofos and phenthoate, lost their activity by the resistance development. Decreasing activity was common to pyrethroids, deltamethrin and zetacypermethrin due to resistance. From these results it could be drawn a conclusion that furathiocarb, a carbamate insecticide, was the most desirable among the conventional insecticide groups for the management of greenhouse whitefly population on the cucumber. To prevent an outbreak of the insect pest by various cause, it was recommended to choose acetamiprid, a nicotinoid, which showed very good control efficacy to the resistance insects to conventional insecticides.

Key Words – Cucumber, Chemical control, Whitefly, *Trialeuodes vaporariorum*, Furathiocarb

초 록 – 원예작물 중 온실가루이의 발생이 가장 심한 오이를 대상작물로 선정하여 온실가루이에 대한 기존의 살충제를 이용한 화학적 방제체계를 수립하기 위하여, 중후기에 방제효과와 잔효독성, 엽중 농약 잔류량 조사, 방제횟수 절감, 농약 저항성 발달 및 오이의 수량 등 온실가루이 방제체계 확립에 필요한 기초적인 사항을 조사하였다. 조사결과 온실가루이에 대하여 가장 효과적인 살충제는 furathiocarb였고 특히 이 약제는 carbofuran으로 더욱 강력한 활성화 과정을 거치면서 온실가루이의 저항성 발달이 비교적 더디게 나타났고 따라서 방제효과가 길고 결과적으로 방제횟수도 줄이는데 기여하는 것으로 판명되었다. 이와는 달리 기존의 다른 약제들에 대해서는 합성피레스로이드계의 약제, deltamethrin, etopenprox, zetacypermethrin 등에 대해서는 저항성 발달이 빨리 나타났고, 일부 유기인계 약제, methidathion, phenthoate, profenofos 등의 경우

*Corresponding author. E-mail: bkchung@mail.knrda.go.kr

경남농업기술원 식물환경과 병해충농약연구실(Div. of Plant Environment, Kyongnam Agricultural Research and Extension Services, Jinju, 660-370, Republic of Korea)

에는 살포 후 분해가 빨리되어 약효의 상실이 빨라짐으로 인해서 결과적으로 살포횟수를 늘려야 하는 것으로 나타났다. 이들 기존 살충제들에 대한 저항성 온실가루이의 발생으로 방제가 곤란할 경우에 acetamiprid가 대체 약제로서 유망하였다.

검색어 - 온실가루이, *Trialeuodes vaporariorum*, 푸라치오카브, 방제체계, 오이

온실가루이는 하우스 재배작물인 오이와 넷트메론 등 박과작물, 가지와 토마토 등 가지과 작물, 국화 거베라 등 화훼류 뿐만이 아니고 딸기와 특용작물인 잎들깨 등에도 가해하는 주요한 해충이다 (Park, 1999). 오이에서 온실가루이 1회 방제 비용은 30a 당 137,064원으로 추산되었으며, 온실가루이가 주로 가해하는 오이를 비롯한 9개 작물의 재배면적을 오이기준으로 환산할 때 전국적으로 1회 방제비용은 약 100억원 이상에 이르는 것으로 추산되고 있다 (Chung and Son, 2000).

이들의 방제가 곤란한 점으로 충의 특징상 알, 유충, 번데기가 눈에 보이지 않을 정도로 크기가 작고, 성충은 오이의 생육이 진행되고 있는 작물체의 선단에서 피해와는 무관한 생식활동을 하고 있고, 알과 번데기도 오이잎의 선단부와 하위엽에서, 각각 가해하지 않고 발육만하고 있는 것 등을 들 수 있다. 더욱이 작물을 가해하는 유충마저도 외관상 번데기와 같이 피막속에 있으므로 가해여부를 식별하는 것이 거의 불가능하고, 게다가 경종적인 측면에서 오이과실의 수확과 더불어 곧 적엽을 할 중하위층 잎에 있으므로 방제를 소홀히 할 가능성이 높다 (Park *et al.*, 1998). 이와 같이 충의 특징상 초기피해를 인식하기 어렵고, 일단 정착 후에는 온실내에서 단위 세대당 경과 일수가 짧고, 개체군의 증식속도가 빨라서 단기간 내에 대발생하여 피해를 주며 방제도 곤란하다. 그렇다고, 농약을 자주 살포하면 농약 저항성 발달 (Wardlow, 1985; Zheng and Gao, 1994)로 방제가 더욱 곤란할 뿐만이 아니라, 약효저하와 잦은 약제 살포로 인한 수확중인 농산물에 농약잔류 문제를 야기하고 특히 수출 농산물인 경우 그 파장이 사회 경제적인 영역에까지 이르는 등 문제가 심각하므로 농약살포 횟수를 줄이는 것이 중요하다.

그러나 방제횟수를 줄이는 데 있어서도 역시 어려움이 있는 것이 재배시기에 따라서 작물생육에 따른 영양 상태가 변화하며 그로 인한 식물체의 개체군유지 능력의 변화와 더불어 개체군 밀도가 복잡한 환경적인 영향에 따라서 다양하게 변화하고 (Osborne, 1982; Xu and Zhang, 1991; Oomen *et al.*, 1994), 농약의 약효와 처리횟수 (Roush and Daly, 1990) 및 사용한 약종 고유의 특성 때문에 방제횟

수를 정확하게 설정하는 것이 불가능하다.

그렇다고 최근 시장에서 사용되기 시작한 새로운 작용기작을 가진 몇몇 약효가 뛰어난 약종을 중점적으로 사용해서 온실가루이를 방제하는 전략은 이들에 대한 농약 저항성 발달과, 환경에 대한 규제강화로 새로운 농약이 시장에 나타나는 정도를 고려하지 않은 무책임한 방법이 될 수 밖에 없다. 이러한 점 때문에 기존의 농약을 가지고 최대한 시장에서 그 수명을 연장시키는 것이 한편으로는 국내 농약시장을 보호하면서 또다른 측면에서는 취약한 국내 농약산업에 있어서 신농약 개발의 기초를 다지는 데 시간적 여유를 부여하는 중요한 의의를 가진다 할 수 있을 것이다.

본 연구는 각각의 농약 포장지에 명시되어 있는 농약계열의 합리적 선택만으로도 농약살포 횟수를 줄이고 밀도증식을 일정수준 이하로 유지할 수 있는 방안을 찾고자 하였다. 따라서 본고에서는 농약의 약효에 대한 지속적인 모니터링을 전제로 기존 살충제들의 특성을 언급함으로써 농약사용의 합리성을 도모하고 개별적이거나 아니면 지역적으로 농약수급조절을 통한 온실가루이의 방제전략을 체계적으로 수립하는 기초자료를 제시하고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

오이의 재배법(1999~2000년)

오이품종 '미리내청장오이'를 1999년 3월 8일 파종하여 크기 7.0 m×23.3 m 플라스틱 하우스 내에 4월 8일 정식하였다. 정식할 때 하우스 양측 벽으로부터 각각 폭 55 cm의 두둑을 남긴 후, 폭 50 cm의 이랑을 판 다음 넓이 130 cm의 두둑을 만들고 그 위에 재식거리 30 cm로 정식을 하였다. 정식 후 1주일 간 보온막으로 덮어 냉해를 받지 않도록 하였고, 오이의 생육이 진전됨에 따라 V자형 2주지 측지유인 수간을 취하였다. 3월 25일 기비 표준량을 개별 처리구 단위로 시비처방에 의거 정식 전에 시용하였고, 추비는 수확이 시작된 이후 매주 간격으로 균일하게 시용하였다. 포장의 배치는 난피법 3반복으로 하였다.

2000년도 시험에 있어서 전년도와 동일하였으나 품종에 있어서는 같은 청장마더오이계열 중에서 청장마더오이를 사용하였고 정식시기도 거의 같은 4월 6일에 하였다.

온실가루이의 약제방제 체계(1999~2000년)

온실가루이를 방제하기 위하여 임의로 각 계열별 해당 처리약제를 선정하여 방제를 계속해서 약효 지속기간이 일정 수준 이하로 떨어질 경우에 같은 계열내에서 대체 약제를 선정하여 계속해서 방제하였고 계열내에서 사용할 방제약제가 없는 경우에 한해서 다른 계열의 농약 중에서 선정하여 방제하였다. 약종을 바꾸는 기준은 방제 후 최소한 3일 이상 약효가 지속되어 30마리 이하의 기준밀도를 지키지 못하는 경우에 대체하였다. 이 때 농약을 방제하는 기준은 각각의 주지 당 상위 5엽에 발생하는 온실가루이 성충의 밀도를 매일 조사하여 평균 발생 마리수가 30마리를 초과하는 경우에 방제를 실시하였다. 온실가루이 이외의 해충이 동시에 발생할 경우에 오이에 등록된 약제 중 온실가루이에 영향이 가장 적은 약제를 선택하여 처리하였고 부득이 영향이 있는 경우에는 해당 약제의 살포회수를 최소화시키는 방향을 취하였다. 온실가루이에 대해 영향이 거의 없었던 약제는 fenitrothion이었고 영향이 큰 약제는 profenofos와 spinosad였다.

온실가루이 밀도조사(1999~2000년)

반복당 조사 주지의 수는 6개였다. 성충의 이동성을 감안하여 처리구 사이의 경계지역에 식재된 전후 3주씩의 오이에 발생하는 온실가루이는 조사에서 배제하였다. 한 이랑에서 발생하는 온실가루이도 주지의 방향에 따른 편차를 없애기 위하여 양쪽 방향에서 3주지씩을 선택하였다. 온실가루이 성충이 주지의 상단 부위에 집중적으로 분포하는 특성 때문에 처리간 반복간에 오이의 수고를 일정한 높이에서 균일하게 유지하도록 하였다. 오이 상위 5엽 뒷면에서 자연발생하는 온실가루이 성충의 밀도를 매일 조사하였다. 이들 상위 5엽 내에서도 온실가루이 성충의 밀도가 잎의 상하위치에 따라서 편차가 뚜렷하게 나타났으므로 5엽의 총 발생량을 기준으로 묶어서 분석하였다.

온실가루이 성충에 대한 생물 검정법

온실가루이에 대한 생물 검정법은 다음과 같이 수행하였다. 본엽이 2~3매 완전히 출현한 청장마더오이 유묘를 일정 농도 단계로 희석한 농약액에 30초간 침지한 후 음건하였다. 포장에서 발생하는 온

실가루이 성충을 각각의 시험구별로 직경 15 cm × 길이 27 cm 플라스틱 통의 바닥을 제거한 후 망사를 덧붙인 투명한 통 속에 포집하여 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 되는 실내로 가져와서 앞서 약제 처리된 유묘를 넣고 재충수를 조사하였다. 24시간 후 생충수와 사충수를 각각 구별하여 계수한 다음 사충율을 구하였다. 생사충의 구별로 죽은 온실가루이 성충은 용기의 바닥에 떨어졌고 살아있는 총들은 용기의 벽에서 활발하게 움직이고 있거나 처리된 식물체에서 흡즙하고 있었다.

오이 엽중 농약 잔류량 조사

날짜별로 채취한 오이엽 15 g을 acetone으로 추출한 후 추출액을 dichloromethane으로 2차 추출하였고 다시 florasil 5g 을 사용한 칼럼 정제과정을 거쳤다. 이 때 각 농약별로 사용한 분리혼합용매는 다음과 같았다. deltamethrin은 헥산: 아세톤 = 95:5이었고, methidathion은 헥산: 아세톤 = 85:15이었고, furathiocarb는 dichloromethane: hexane: acetonitrile (v/v) = 50:45:5이었다. 이 추출액을 농축 후 n-Hexane 으로 용해시킨 후 gas chromatography법으로 정량하였다. 분석에 사용한 기기는 Hewlette Packard 5890 II gas chromatograph이며 조작 조건은 다음과 같았다. deltamethrin, methidathion, furathiocarb 각각에 대한 칼럼의 온도는 230 (2°C/분)~250 (25분), 210, 210이었고, Injector/Detector 온도(°C)는 각각 250/290, 230/280, 230/280이었으며, 사용된 Detector는 ECD/HP-1 (10 m), NPD/HP-1 (10 m), NPD/HP-1 (10 m)이었다. 농약 잔류량을 결정하기 전에 시료를 대상으로 일련의 회수율 실험과 표준품을 이용한 검량선을 구하였다. Deltamethrin의 회수율 평균은 73.8 ± 6.5 , methidathion의 회수율 평균은 92.9 ± 9.2 , furathiocarb의 회수율 평균은 $85.6 \pm 4.6\%$ 였다.

오이 수량 조사

오이의 수확 즉시 개별무계를 측정하였고 이들의 총무계를 합산하여 구당 수량으로 환산하였다.

결 과

온실가루이 방제(1999~2000년)

1999년도 시험성적

1999년도 온실가루이 방제시험에서 약제처리를 하지 않은 무처리구에서 온실가루이의 밀도는 주지 하나당 약 200마리에서 400마리의 온실가루이 성충이 조사되었다. 이에 비하여 약제를 살포한 구에 있

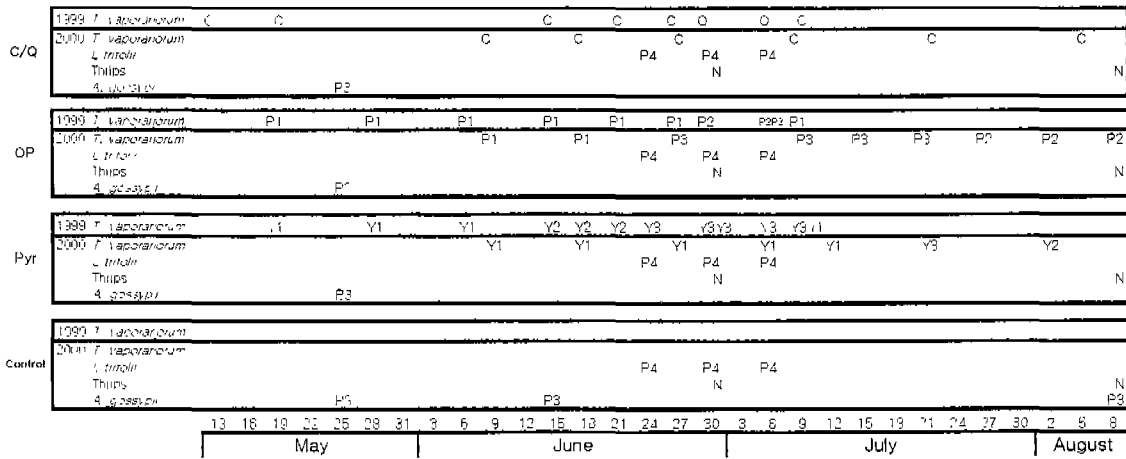


Fig. 1. Date of sequential application of each insecticide for the control of *T. vaporariorum* with consideration of other insects occurred in each treatment.

Concentration in spraying insecticides was followed by the registered label for each crop. C for furathiocarb of carbamate; Q for chinomethionat of Quinoxarin; P for organophosphorus of P1 for methidathione, P2 for phenthoate, P3 for profenofos which is unregistered insecticides for the control of *T. vaporariorum* in cucumber but it was spraying for *A. gossypii*. The insecticides was effective against *T. vaporariorum* in Jul.19, and P4 for fenitrothion which was very effective for the control of *L. Trifolii* but *T. vaporariorum*; Y for pyrethroid of Y1 for deltamethrin, Y2 for ethofenprox, and Y3 for zetacypermethrin; N for spinosad of Nicotinoid.

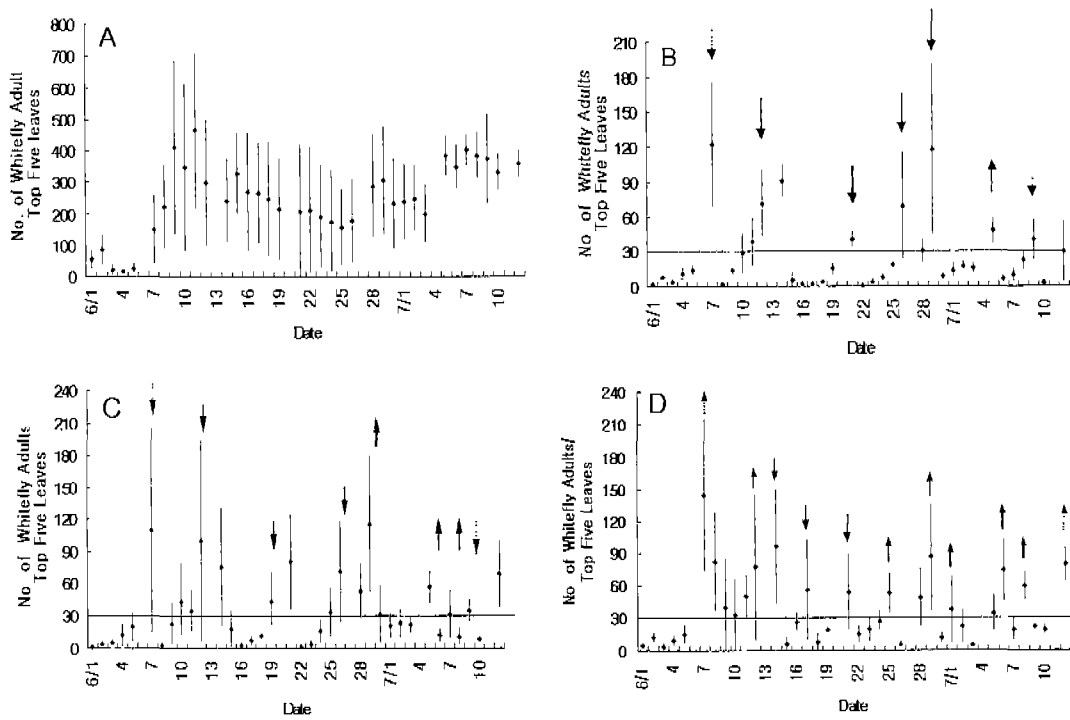


Fig. 2. Control of *T. vaporariorum* in 1999 by the sequential application of insecticides within each group. The direction of arrow denote that the same insecticide was used as far as the application period not shortened drastically. Arrows with dotted lines means that the intial and the last insecticides applied was the same. Each plate of figure represent the group of insecticides that belongs to the major conventional insecticides denoted by A: Control; B: Carbamate; C: Organophosphorus; D: Pyrethroid.

어서 밀도는 앞서 언급한 무처리구의 밀도에 비하여 현저히 낮은 100마리 이내에서 증감을 계속하였

다. 이와 같이 낮은 수준의 밀도를 유지할 수 있었던 배경에는 빈번한 살충제의 사용이 필수적이었던

Fig. 2B의 카바메이트와 퀴녹사린계열의 농약을 교호살포한 구에서 방제횟수가 7회로 여타 Fig. 2C의 유기인계나 Fig. 2D의 합성피레스로이드계열 약제를 사용한 구에서 각각 8회, 11회에 비하면 현저히 방제횟수를 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 특히 합성피레스로이드계열 내에서 살충제의 교호살포는 각별히 삼가야 할 것으로 나타났다. 더 나아가 방제 초기에는 다음 방제까지 소요되는 일수가 길었으나 후기로 갈수록 그 기간이 점점 더 단축되어감을 알 수 있었다.

Fig. 2C와 Fig. 2D에서 살펴본 바와 같이 화살포의 방향이 바뀔 때마다 다른 약제로 대체하였다. 특히 점선화살포로 표시한 처음 사용했던 살충제를 일정기간 동안 사용하여 약효지속기간이 짧아져 더 이상 연용할 수 없어서 다른 약제로 대체하는 것들을 계속한 후, 처음 사용했던 농약을 재차 사용(그림 후미의 점선화살포)했을 경우 처음의 약효나 지속기간을 유지하지 못했음을 알 수 있었다. 이와 같이 교차저항성이 발달하거나 유지되는 것은 실제

포장에서 뚜렷이 인식되지 않은 상태에서 자주 발생하는 현상이다. 이 사실은 비록 처음 사용 시 우수한 살충제라고 하더라도 해당 농가 포장에서 그 약효를 상실할 수 있다는 사실을 인식하지 못하고 지속적으로 사용할 경우 농산물 중 농약 잔류량의 증가, 방제횟수의 증가에서 오는 방제비용의 손실 및 해충의 방제 곤란 등 매우 위험한 상황에 처해질 수 있다는 것을 시사하고 있다.

2000년도 시험성적

Fig. 3A부터 3D는 2000년도에 수행한 시험결과이다. 이 시기에 수행한 결과에서도 전년도 수행한 결과와 비슷한 카바메이트계열의 약제를 처리한 곳 (Fig. 3B)에서 5회로 유기인계(Fig. 3C)나 합성피레스로이드계열(Fig. 3D)의 약제를 처리한 곳에서 각각 8회와 7회였던 것에 비하면 카바메이트계열의 사용에 의해서 방제횟수를 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 다만 유기인계를 처리한 구에서 합성피레스로이드계열의 약제를 처리한 구보다도 방제횟수가

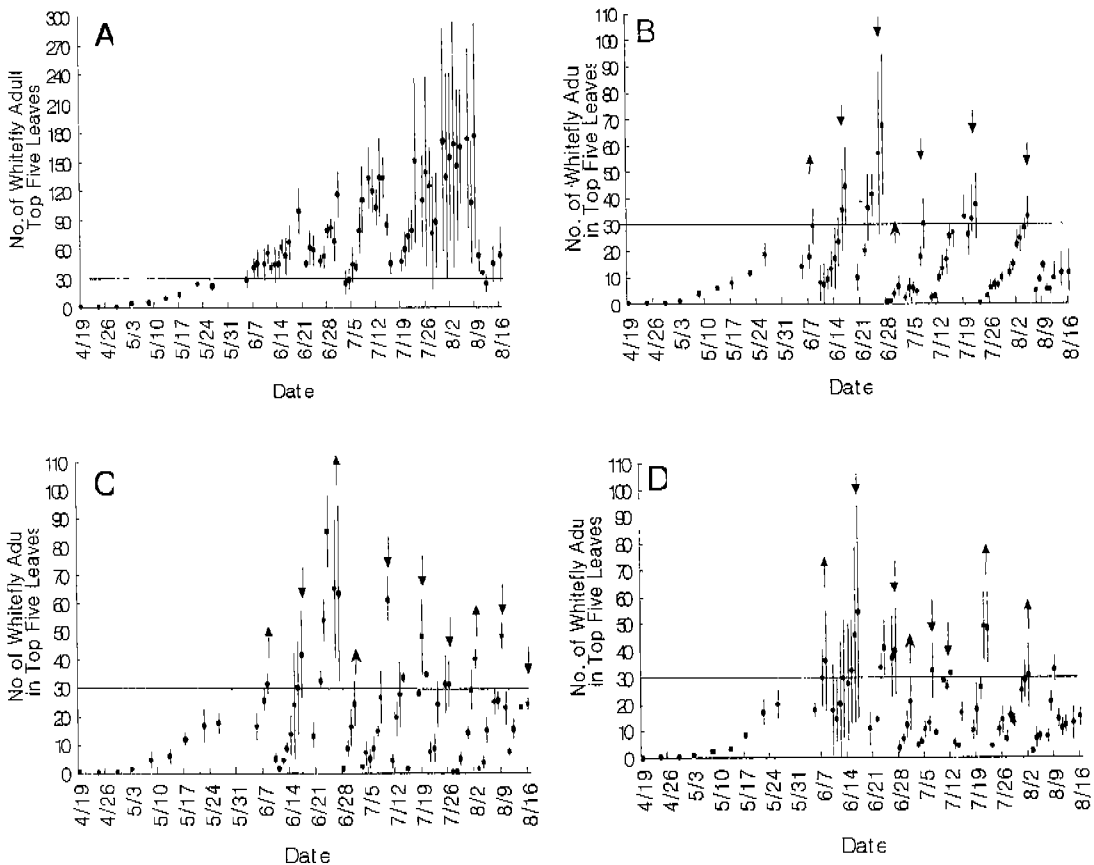


Fig. 3. Control of *T. vaporariorum* in 2000 by the sequential application of insecticides within each group. The direction of arrow denote that the same insecticide was used as far as the application period not shortened drastically. Each plate of figure represents the group of insecticides that belongs to the major conventional insecticides (A: Control; B: Carbamate; C: Organophosphorus; D: Pyrethroid).

다소 많은 것은 2000년도 온실상황이 전년에 비하여 잎갈파리와 목화진딧물의 발생이 많았고 이를 방제하기 위하여 같은 유기인계인 fenitrothion유제와 profenofos유제(Fig. 1)를 사용한 결과 같은 계열 내에서 교차저항성이 발달하여 이러한 현상이 생긴 것이 아닌가 생각된다.

온실가루이의 농약 저항성 발달 조사

Fig. 4A는 온실가루이의 furathiocarb에 대한 약효를 조사한 결과이다. Fig. 4A에서 보는 바와 같이 furathiocarb를 살포하지 않은 구와 처리구간에 약제에 대한 감수성의 변화는 크게 나타나지 않았으

며 이러한 경향은 이후 Fig. 4B에서 Fig. 4E까지 비슷한 경향이였다. 살포횟수가 시간이 지남에 따라 증가하였을 때 그 방제효과가 다소 떨어지는 경향을 나타내었다. 특히 8월 9일 처리한 결과는 그 경향이 매우 뚜렷하였으며 보정 사충율도 70%대에 머무르는 결과를 보여 약제저항성 발달에 대한 가능성을 나타내고 있다. 합성피레스로이드계열의 살충제 처리 Fig. 4B에서 특히 그 결과가 훨씬 뚜렷하였다. 시간적인 측면에서 고려할 때 특히 deltamethrin에 대하여 6월 9일 이후로 약효가 40% 이하의 수준에 머무르는 것으로 나타나고 있어서 이들 합성피레스로이드 계열 농약의 연용은 특히 주의

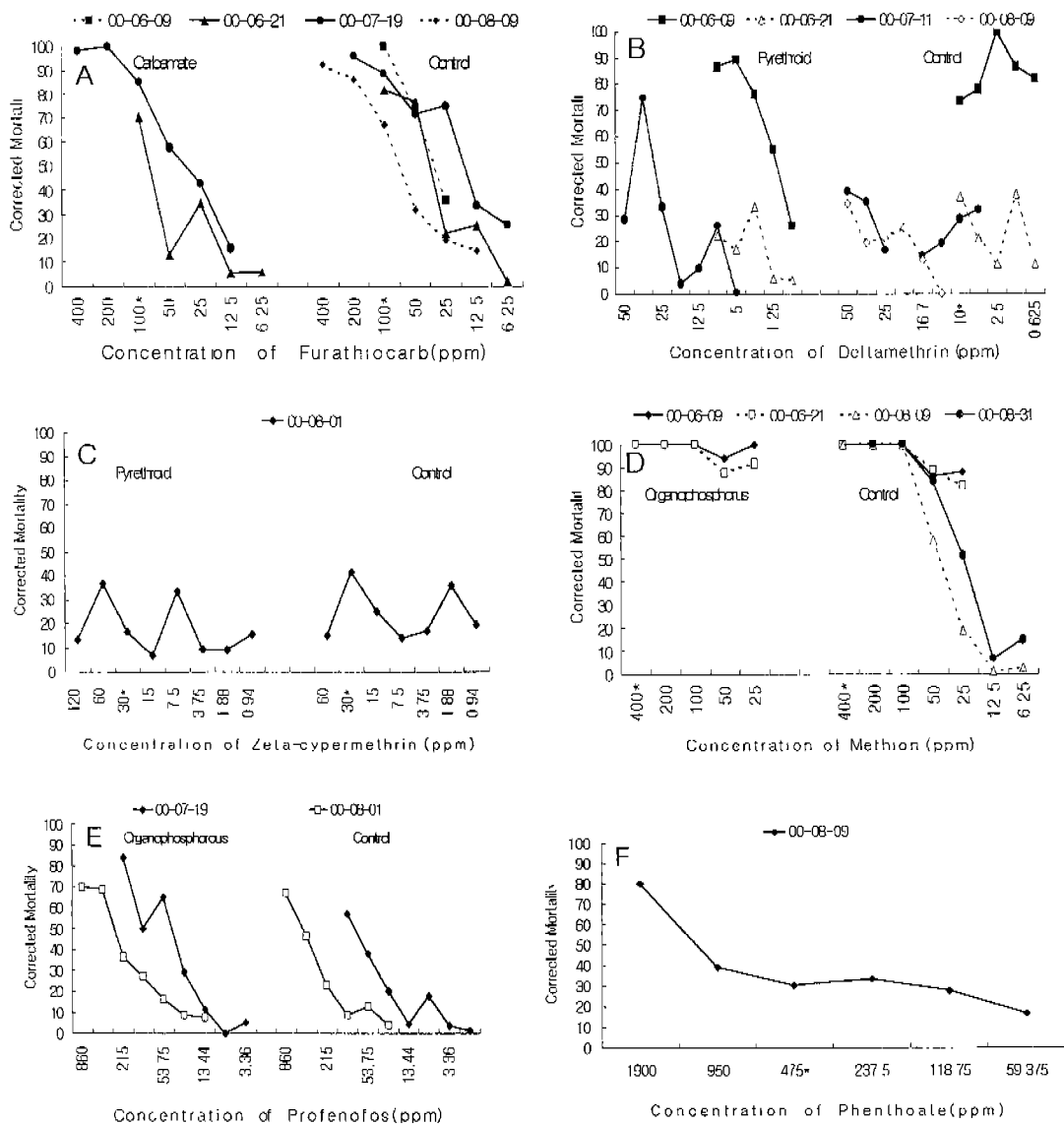


Fig. 4. Change of susceptibility for the insecticides tested in the treatment and check. A: furathiocarb; B: deltamethrin; C: zetacypermethrin; D: methion; E: profenofos; F: penthotoate. In each plate of figure the concentration with asterisk denote recommended rate of spray for the insecticides.

Table 1. Residue in the leaf observed in 1999

Insecticides residue observed	Average \pm SE (Reduction rate compared with a day before) ¹				
	Untreated	Pretreatment	1 DAT	2 DAT	3 DAT
Deltamethrin	0	0	1.54 \pm 0.28	1.05 \pm 0.17 (67.7)	0.75 \pm 0.11 (71.8)
Methidathion	0	0	4.65 \pm 0.97	4.01 \pm 0.37 (86.2)	1.40 \pm 0.09 (35.2)
Furathiocarb	0	0	4.12 \pm 0.27	3.40 \pm 0.31 (82.5)	4.57 \pm 0.06 (134.4)
Carbofuran ²	0.05 \pm 0.01	0.21 \pm 0.01	7.16 \pm 0.17	5.47 \pm 1.27 (45.3)	3.45 \pm 0.21 (63.1)

¹ Recovery rate was as follows: for deltamethrin 73.8 \pm 6.45; for methidathion 92.9 \pm 9.23; for furathiocarb 85.6 \pm 4.63.

² Metabolite of furathiocarb

요하는 것으로 나타났다. 더 나아가 이 살충제의 농도를 추천량 10 ppm에 비하여 5배나 약량을 증가시켜도 방제효과가 증가하지 않는 점은 사실상 약효가 없음을 의미하며 온실가루이에서 저항성발달을 시사하는 것으로서 향후 심각하게 재고되어야 할 것으로 생각된다. Fig. 4C도 앞서 언급한 deltamethrin의 경우와 비슷하였고 이 약제는 7월 22일 1회 처리한 이후에 약효변화를 살펴본 것으로서 농약 사용지침서 상으로 이들은 5회 이내 살포할 수 있는 약제이나 앞서 살포한 약제가 같은 계열인 deltamethrin일 경우 이들을 5회 연용해서 살포하는 것은 약효가 낮아서 1회 이상 사용하는 것은 불가능할 것이다.

Fig. 4D은 유기인계 농약인 methidathion에 대한 농약 감수성을 조사한 것이다 Fig. 4D에서 보는 바와 같이 농약의 약효가 변함없이 유지되고 있는 것을 알 수 있었다. 그러나 profenofos (Fig. 4E)과 phenthoate (Fig. 4F)에 대한 농약의 감수성은 추천농도로 처리하였을 때 크게 떨어진 것을 알 수 있었다.

농약 저항성 발달 온실가루이에 대한 acetamidrid의 효과

Fig. 5는 acetamidrid의 약제방제 효과를 나타낸 것이다. 특히 이 약제는 1999년 7월 이후 사실상 전 처리구에서 시험이 종료된 이후에 카바에이트계, 유기인계, 합성피레스로이드계 등의 약제에 대하여 온실가루이의 방제가 곤란한 상태에서 이들을 방제할 목적으로 수행한 결과이다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 acetamidrid를 2회 살포하였을 때 모든 처리구에서 온실가루이 밀도를 현저하게 낮출 수 있었을 뿐만 아니라 2회 방제 이후에 그 잔효기간도 상당히 오랫동안 지속하는 것으로 나타났다.

오이 엽중 농약 잔류량 조사

Table 1에서 보는 바와 같이 오이 잎 중 농약의 잔류량을 파악함으로써 약효를 직접적으로 파악하

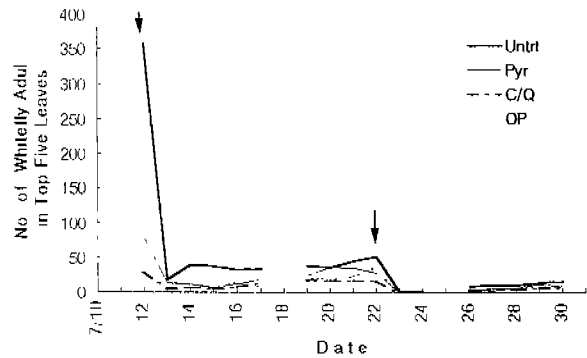


Fig. 5. Residual activity of acetamidrid against *T. vaporariorum* treated at the end of spray scheme in each treatment.

기 위하여 분석하였다. 분석결과 deltamethrin은 정상적인 감소추세를 나타내었으나 methidathion은 처리 3일째 부터 급격하게 감소하는 경향을 보였다. 이 같은 결과는 methidathion에 대하여 실내에서 수행한 약효점정상 그 효과가 우수함에도 불구하고 포장에서 지속적이지 못하고 방제효과가 떨어지는 한 원인이 될 수 있을 것으로 생각되었다. 한편 furathiocarb의 약효가 약간 떨어지는 경향을 나타냈음에도 불구하고 포장에서 방제효과가 높았던 것은 이 농약이 carbofuran으로 분해되면서 살충력이 오히려 더 강화된 때문으로 보이며 잔류량도, 상당 기간 지속됨으로써 그 약효가 포장에서 오래갈 수 있었던 것을 잘 나타내고 있는 것으로 생각된다.

오이 수량 조사(1999)

오이의 수량을 1999년 6월 14일부터 7월 12일 까지 매회 조사한 성적을 모두 합산하여 나타낸 결과 Table 2와 같았다. Table 2에서 알 수 있듯이 약제 처리구에서 모두 무처리에 비하여 높게 나타났고 이것은 온실가루이의 피해를 처리구에서 적게 받은 직접적인 결과로서 나타나는 당연한 결과로 보인다. 또한 처리구 간에도 전체적인 밀도에서 차이가 심하지 않고 처리구에 있어서 수량 차이가 나타나

Table 2. Yield of cucumber fruits in 10a

Treatment ¹	Yield (kg/10a) ²
C/Q	5,213 ± 592 AB
OP	4,743 ± 56 AB
Pyr	5,520 ± 684 A
Control	4,416 ± 160 B

¹ Refer to Fig.1 for details² Observed from June 14 to July 12

지 않는 것은 극히 정상적인 것으로 생각된다.

고 찰

카바메이트계열에 속한 furathiocarb-유제의 살포는 유기인계나 합성피레스로이드계에 속한 살충제를 살포하는 것에 비하여 온실가루이 방제를 위한 살포횟수를 줄인 것으로 나타났다(Figs. 2, 3). 이러한 결과를 가져온 배경에는 furathiocarb-유제에 대한 온실가루이의 약제 저항성 발달이 늦었던데(Fig. 4A, B, C, E, F) 그 원인이 있는 것으로 사료된다. 더 나아가 이 약제는 carbofuran으로 분해되면서 활성화 과정을 거치고(Table 1, Lee and Choi, 1995) 주성분의 분해도 타약제에 비하여 더디게 일어난 결과로 해석된다(Table 1). 이러한 현상은 온실가루이가 오이, 가지, 토마토 등 과채류에 많이 발생한다는 측면에서 농약잔류의 위험을 다소 내포하고 있는 것으로서 주의를 요하나 해충방제 목적을 충족시키고 재배의 생력화를 요하는 경영적인 측면에서는 매우 바람직한 현상으로 받아들일 수 있다. 게다가 장미와 같이 영년생 작물로서 꽃을 수확하는 경우에는 농약 잔류에 대한 우려를 거의 하지 않아도 되므로 매우 바람직한 결과이다.

한편 유기인계와 합성피레스로이드계의 경우에는 약제 살포횟수가 연도별로 차이가 있었고(Figs. 2, 3), 그 중에서도 1999년 유기인계를 살포했을 때와 2000년에 합성피레스로이드계 약제를 살포했을 때에는 furathiocarb를 살포한 것과 비슷한 결과를 얻었다. 이같은 결과에 대해 1999년도 유기인계살포구에서 약제 살포횟수를 줄일 수 있었던 것은 methidathion을 비교적 장기간에 걸쳐 사용하였기 때문으로 유기인계 약제 중 이 약제에 대해서만 약제 저항성 발달이 더디게 나타났다(Fig. 4D). 그러나 그 이후 대체약제로 사용한 phenthoate는 교호처리 지속효과가 약하였다(Fig. 2C, Fig. 4F). 그러나 2000년도 유기인계 살포구에서 방제횟수가 많았던 것은 methidathion의 사용횟수를 줄이고 목화진딧물과 아메리카잎파리를 방제하기 위하여 같은 계열 살충제

인 fenitrothion과 profenofos의 사용으로 교차저항성의 발달이 촉발된 데 따른 결과로서 생각된다(Fig. 1, Fig. 3C, Fig. 4D, E, F). 합성피레스로이드계 약제를 살포한 구에서도 앞서 언급한 유기인계에서 발생한 상황과 비슷한 결과를 얻었다. 즉 1999년도 시험에서 합성피레스로이드계열의 살충제 살포횟수가 많았던(Fig. 2D) 반면, 2000년도 시험에서는 furathiocarb를 살포한 구와 거의 같은 살포횟수였다(Fig. 3D). 이 경우에 있어서 1999년도 시험에서 약제살포 횟수가 많았던 것은 Fig. 4B나 4C와 연계하여 고려할 때 농약 저항성 발달로 인한 살충제 살포횟수의 증가(Cochran, 1987; Mason *et al.*, 1989)로 결론을 얻을 수 있으나 2000년도 결과에 있어서 합성피레스로이드계 약제의 살포횟수가 적었던 원인을 밝혀내기는 어렵다. 한편 한번 사용한 살충제가 그 효력을 잃은 경우에는 어느 정도 시일이 경과한 후에 다시 사용한다 해도 효과 없기는 한 가지이므로(Fig. 2B와 C, 후미의 점선 화살표) 큰 기대를 하기 어렵다. 그렇더라도 저항성의 발달이 비교적 더디고 효과가 우수한 살충제들인 furathiocarb나 methidathion과 같은 약제를 어느 정도 시간을 두고 계열간에 교호살포하는 전략을 구사한다면 상당부분 살포횟수를 줄일 수 있을 것으로 기대되나 구체적인 시험이 이루어지지 않은 마당에 결과를 예측하는 것은 곤란하다고 하겠다. 이와 같이 해에 따라서 해충의 발생양상이 다르고 그로 인하여 살포하는 농약의 종류가 달라지는 데서 오는 적용농약의 방제효과, 그 잔효기간, 및 살포횟수에서 차이가 결국 해충방제의 어려움이고 이런 복잡한 상황에서 유연하게 대처할 수 있는 신뢰할만한 농약으로 방제할 수 있다는 것은 중요한 의의를 가진다 할 수 있다. 따라서 카바메이트계에 속한 furathiocarb를 사용한 방제법은 이러한 좋은 사례에 해당된다고 할 수 있다.

지금까지의 논의는 살충제계열 내에서 교호살포 방안을 찾아 온실가루이의 방제전략을 개발하는 측면이라기 보다는 오히려 살충제계열간에 특성을 파악하여 해충방제에 이용하고자 하였다. 물론 계열내든 계열간이든 교호살포 전략을 구사할 수 있으나 공시한 살충제들은 이미 포장에서 수년간에 걸쳐서 장기간 살포해왔던 것들이고 이들에 대해서는 어느 정도 내성을 가지고 있다고 생각된다. 이들 살충제 계열 내 아니면 계열간 정교한 교호살포는 살충제 살포횟수를 줄이는 데 어느 정도 기여할 수 있을 것이나 이미 시중에서 이들 기존살충제와 작용기작이 크게 다른 약제가 널리 이용되고 있는 현실에서 단순히 살포횟수를 줄일 수 있는 우수한 조합을 찾

는 방안도 중요하다고 할 수 있다. 그러나 실제 포장현실에서 다양한 개체군의 존재하에서 사용되고 있는 농약의 특성이나 농약 상호간에 어떠한 영향을 주고받는지 파악하는 노력이 더욱더 적극적으로 추진되어야 할 것이다.

기존의 살충제를 도외시키고 살충력이 우수한 몇몇 새로운 살충제만 살포하는 것도 국가적인 측면에서나 개별농가의 저항성 해충 관리 전략면에서 바람직하지 않지만, 그렇다고 우수한 살충제를 두고 농업 경영상 문제를 자초하는 것도 있을 수 없는 일이다. 이러한 측면에서 위험수준을 초과하는 해충 개체군을 효과적으로 관리할 수 있는 대체약제의 선발은 돌발 상황에 대한 유효한 수단을 확보한다는 측면에서 매우 바람직한 일이다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 acetamiprid는 앞서 언급한 기존 그룹의 살충제들로는 방제가 곤란한 온실가루이에 대해 2회 살포로도 효과적인 방제를 할 수 있었다. 이러한 약제는 긴 잔효력을 가지며(Horowitz *et al.*, 1998) 이것은 오히려 환경내에서 잔류독성문제를 일으킬 수도 있음을 시사하고 있다. 따라서 이러한 효과적인 약제에 지나치게 의존하는 것은 결국 이용할 수 있는 농약의 종류를 농가 스스로 억압한다는 의미에서 자체가 요청되는 일이고 또한 이 약제가 아직 오이 온실가루이 방제용 약제로 등록되어 있지 않기(Anonymous, 2000) 때문에 사용상 신중을 기할 필요가 있다.

사 사

이 논문이 완성되기까지 방제비용 분석을 해주신 본원 작물과 최재혁 연구사, 원고초안을 읽어주신 농업과학기술원 농업해충과 이시우박사, 오이 온실내 병해 방제에 관해서 많은 조언을 해주신 권진혁 박사, 격려와 조언을 해주신 본과 손길만 과장, 동료 김태성박사, 이흥수연구사, 그리고 작물과장 송근우 박사 및 신헌열연구관에게 심심한 사의를 표합니다. 오이 재배에 관한 조언을 해주신 본원 수출농산물연구센터 신정호연구사와 김영봉박사에게도 사의를 표합니다. 이 시험을 수행하는 데 있어서 생물실험을 측면에서 도와준 안정희여사 그리고 포장관리와 온실가루이 밀도를 측정 조절하는 데 각별한 수고를 아끼지 않은 백승국선생에게도 심심한 사의를

표합니다.

Literature Cited

- Anonymous. 2000. Manual of pesticide registered in Korea. 823 pp. Published by Korean Agricultural Chemicals Industrial Association. Printed by Daehansangsa Co. Seoul.
- Chung, B.K. and K.A. Son. 2000. Control system of whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, in cucumber by the sequential application of insecticides within each conventional group. Res. Rpt. Kyongnam Agri. Res. Extn. Svcs. 156~165.
- Cochran, D.G. 1987. Effects of biological and operational factors on evolution of insecticide resistance in *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 80: 1117~1121.
- Horowitz, A.R., Z. Mendelson, P.G. Weintraub and I. Ishaaya. 1998. Comparative toxicity of foliar and systemic applications of acetamiprid and imidacloprid against cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) Bull. Entomol. Res. 88: 437~442.
- Lee, Y.D. and J.H. Choi. 2000. Evolution of carbofuran in soils treated with its aminothio derivatives, cabosulfan, furathio-carb and benfuracarb. Korean J. Environ. Agric. 14: 179~185.
- Mason, G.A., B.E. Tabashnik and M.W. Johnson. 1989. Selection for pyrethroid resistance in the German cockroach (Diptera: Blattellidae). J. Econ. Entomol. 82: 369~373.
- Oomen, P.A., J.A. Jobsen, G. Romeijn and G.L. Wieggers. 1994. Side-effects of 107 pesticides on the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*, studied and evaluated according to EPPO guideline no. 142. Bull. OEPP. 24: 1, 89~107.
- Osborne, L.S. 1982. Temperature-dependent development of greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa* [*Trialeurodes vaporariorum*]. Environ. Entomol. 11: 483~485.
- Park, J.D. 1999. Insect pest management for greenhouse cucumber. pp. 73~89. In integrated pest management for greenhouse. 257 pp. eds. by Park, D.G. and J.W. Park, Sangrokso Co., Suwon, Korea
- Park, J.D., D.I. Kim and U. Park. 1998. Occurrences and within-plant distribution of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) and *Encarsia formosa* (Gahan) in greenhouse. Kor. J. Appl. Entomol. 37: 117~121.
- Roush, R.T. and J.C. Daly. 1990. The role of population genetics in resistance research and management. In Pesticide resistance in arthropods. eds. by R.T. Roush and B.E. Tabashnik, Chapman and Hall, N.Y.
- Wardlow, L.R. 1985. Pyrethroid resistance in glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*, Westw.). Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent., 50: 2b, 555~557.
- Xu, R. and L. Zhang. 1991. Functional relationship between pest abundance, plant physiology and yield as exemplified by the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westw. (Hom., Aleyrodidae). J. Appl. Entomol. 112: 370~381.
- Zheng, B.Z. and X.W. Gao. 1994. Monitoring method for insecticide resistance in adult of greenhouse whitefly. Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis. 20: 297~301.

(Received for publication 12 September 2001;
accepted 12 November 2001)