

GOVP1200513480

최 종  
연구보고서

수출용 방울토마토의 농약잔류 안전성을 위한  
병·해충 종합방제 체계 확립  
Integrated Pest Management Systems of  
Exporting Tomato for Low Pesticide Residue

연구 기관  
충 남 대 학 교

농 립 부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “수출용 방울토마토의 농약잔류 안전성을 위한 병·해충 종합방제 체계 확립” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004년 8월 15일

주관연구기관명 : 충남대학교

총괄연구책임자 : 임치환

세부연구책임자 : 운영남

연 구 원 : 서미자, 신종갑, 신현진, 이 계,  
노윤주, 김희정, 이장원, 김선진,  
이창모, 김동욱, 김진형, 김종민,  
운영남, 권오상, 손승완, 김미영,  
김정중

협동연구기관명 : 충남농업기술원 부여토마토시험장

협동연구책임자 : 박인희

연 구 원 : 임엄량, 성열규, 김지광, 박권서,  
박신덕, 한상례

# 요 약 문

## I. 제 목

수출용 방울토마토의 농약잔류 안전성을 위한 병·해충 종합방제 체계확립

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

토마토의 국내 재배면적은 1990년도에 2,485ha에서 해마다 증가하여 1995년도에 5,010ha로 가장 많았으며 이중 방울토마토는 약 40% 정도를 차지하였다. 방울토마토는 일반토마토에 비해 당도가 높고 맛이 좋으며 먹기가 간편하여 소비자들로부터 선호도가 높으며 소득이 높아 인기 있는 과채류중의 하나이다. 그러나 생산과잉으로 가격하락, IMF 외환위기 등으로 소비가 위축되어 2001년도에는 3,348ha로 감소하였으나 국민소득 향상과 마스크를 통해 토마토가 건강에 좋다는 사실이 알려지면서 토마토 소비량이 꾸준히 늘고 있어 재배면적도 증가 추세에 있다.

토마토 수출은 1990년대 중반부터 시작하여 2000년도에 11,724M/T로 가장 많았으나 2001년도부터 국내 내수가격의 상승, 일본에서 식물검역 강화와 소비위축 등으로 계속 감소하여 2003년에는 4,251M/T를 수출하였다. 그러나 앞으로 주 수출국인 일본의 경기 상황이 회복되고 한·일간 FTA가 체결된다면 수출량은 증가될 것으로 전망된다. 국내에서 일본으로 토마토 수출시 품질과 가격에서는 경쟁력이 있어 가능성이 높으나 잔류 농약에 대한 검역이 강화되어 1999년부터 2000년에 일본으로 수출하는 과정에서 잔류농약이 검출되어 반품이나 폐기되는 사례가 발생하게 되어 농약잔류에 대한 검역이 더욱더 강화되었다.

본 연구에서는 방울토마토 수출시 농약잔류 안전성을 위하여 방울토마토에서 발생하는 주요 병해충에 대한 발생실태를 조사하였고, 방울토마토에 등록되지 않았으나 농가에서 사용하는 농약과 생물자원들을 선정하여 방제효과를 검정하였으며 천적에 대한 실용화 연구, 농약살포시 토마토 과실에서의 농약 성분 잔류동태를 분석함으로써 방울토마토에 농약잔류

를 최소화하여 국내 소비를 확산하고 수출을 지속적으로 확대시키기 위해서 실시하였다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

- 저독성·저농약 사용을 통한 환경지속형 방울토마토 재배에 따른 수출경쟁력 강화
- 수출 및 내수용 토마토의 농약잔류허용 기준 초과에 따른 문제 해결
- 방울토마토에서의 병·해충 발생과 이에 따른 농가에서의 관행적 방제 실태조사
- 관행적 방제를 개선하기 위한 저농약·고효율의 효과적인 병·해충 종합방제법 개발
- 병·해충 방제에 따른 효과적 약제선발과 이에 따른 농약잔류 관리체계 확립

### Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

#### 1) 연구개발결과

1. 해충발생 조사결과 난방시설을 갖추고 있고 재배기간이 긴 축성재배 작형에서 반축성 재배 작형보다 많이 발생하였고 하우스 위치별로는 반축성재배에서는 출입구쪽에서 축성재배에서는 하우스 양쪽에서 많이 발생하였으며 지역별로는 큰 차이는 없었으나 기온이 비교적 온화한 남부지역에서 많이 발생하였다.

2. 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)를 생물적으로 방제하기 위해서 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa*)을 이용하려면 온실가루이의 개체군을 조사한 후에 원래 밀도보다는 2~3일 앞당겨 온실가루이좀벌 카드를 걸어 놓아야 하며 머미에서 우화되는 전체적인 우화율이 약 70% 수준이므로 투입되는 양도 30% 정도 증가시켜야 한다.

3. 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)는 국내에서 천적이 실용화 되지 않아 체계적인 방제를 위해서 초기에는 입체를 토양에 처리하고 입체처리 30~35일 이후에는 7일 간격으로

2회 경엽처리 하는 것이 효과적이었다.

4. 농가에서 사용하고 있으나 적용약제로 등록되지 않은 농약에 대한 잔류분석을 실시한 결과 Pyridaben의 검출한계는 0.05ppm이었으며, 일본 후생성기준 MRL은 1.0ppm이므로 이 기준을 초과하지 않은 수확 1일전까지 4회 이내 사용을 추천하고, Bifenthrin의 검출한계는 0.05ppm이었으며 일본 후생성기준 MRL은 0.5ppm이므로 이 기준을 초과하지 않은 수확 7일전까지 3회 이내 사용을 추천하고, Hexaconazole의 검출한계는 0.01ppm이었으며 일본 후생성기준 MRL은 0.1ppm이므로 이 기준을 초과하지 않은 수확 7일전까지 4회 이내 사용을 추천하며, Difenoconazole의 검출한계는 0.05ppm이었으며 일본 후생성기준 MRL은 0.5ppm이므로 이 기준을 초과하지 않은 수확 7일전까지 4회 이내 사용이 가능하였다.

5. 선발된 농약의 재배시설과 환경변화에 따른 잔류분석 결과 시설형태가 다른 비닐하우스와 유리온실에서 실시하였으나 유의성 있는 차이는 보이지 않았다.

6. 축성재배 작형인 10월부터 반축성 및 축성재배 작형의 수확종료 시기인 6월까지 병해 발생을 조사한 결과 잎마름역병(*Phytophthora infestans*)은 1월과 3월에 2농가에서 4%와 23%가 발생되었으며 잎곰팡이병(*Fulvia fulva*)은 조사 모든 시기에 3~83%, 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)는 저온기인 1월부터 5월에 3~72%, 흰가루병(*Leveillula taurica*, *Erysiphe cichoracearum*)은 1월과 5월에 2~68%로 조사되었다.

7. 토마토 재배 농가에서는 병충해 방제로 사용하고 있으나 적용약제로 되어 있지 않은 농약 중 Fenarimol, Difenoconazole, Hexaconazole, Carbendazim 등 4종 농약을 선정하여 잎곰팡이병과 흰가루병에 대한 방제효과를 조사한 결과 잎곰팡이병에는 이들 약제 모두 방제효과가 높았다. 특히 Fenarimol과 Difenoconazole은 등록된 약제인 Triflumizole과 거의 같은 수준으로 방제 효과가 높았다. 흰가루병에는 시험약제 모두가 27.8~50.9%로 낮게 나타났으나 이중 Carbendazim의 방제가가 50.9%로 가장 높았다.

8. 저독성 농약 및 생물자원의 병해 방제 효과시험에서 잎곰팡이병에는 저독성 농약인 PSO(Paraffinic oil)이 효과가 매우 높았으며 생물자원 중에는 Herjunibogam이 비교적 방제 효과가 높아 실용화 가능성이 있을 것으로 생각된다. 흰가루병에도 저독성 농약인 PSO(Paraffinic oil)의 방제가가 94.4%로 매우 높아 효과가 있었으며 생물농약 중에서도 Herjuni와 Herjunibogam의 방제 효과가 높았다.

잣빛곰팡이병과 잎마름역병에 대한 방제 효과를 검토하였으나 무방제구의 병발생이 적어 방제 효과를 판정할 수 없었다.

9. 병해방제시기 및 방법별 방제효과 시험에서는 잎곰팡이병 전용 약제인 Triflumizole을 이용하여 발병 초기 3회와 발병중기 3회 살포를 했을 경우 발병초기 이병엽율이 7.7%로 매우 낮았으나 발병중기 살포시 48.7%로 방제 효과가 매우 낮았으며 수확시에는 PSO(Paraffinic oil)나 Triflumizole과 생물자원 Herjuni로 교호살포하면 농약잔류량을 감소시킬 수 있을 것으로 생각되었다. 흰가루병 방제에서도 같은 경향을 보였는데 병 발생초기에 Triflumizole과 PSO(Paraffinic oil) 3회 살포에서 방제 효과가 높았으나 농약과 생물자원의 교호살포 효과는 크지 않았다.

## 2) 활용방안 및 활용에 대한 건의

1. 방울토마토 재배과정에서 발생하는 병해충 방제시 농약에 대한 잔류를 최소화하여 수출 시 크래임을 미연에 방지할 수 있음
2. 일반토마토 재배시에도 발생하는 병해충 발생은 동일하므로 적용할 수 있음
3. 토마토 재배농가에서 병해충 발생초기 방제에 활용하여 병해충 피해로부터 최소화 할 수 있음
4. 저독성 농약, 생물자원, 천적 등을 이용하여 병해충 방제로 소비자들이 안심하고 먹을 수 있는 안전한 농산물을 생산할 수 있음

5. 안전한 농산물 생산에 따른 소비확산 및 수출확대로 농가소득 증대에 기여할 것임
6. 미등록된 농약들은 금후 적용확대 시험을 해야 하고 생물자원의 이용 방안도 검토되어야 할 것으로 생각됨.

# Summary

## I. Introduction

The total cultivated land for a tomato was 2,485 ha in 1990. And 40 % of the land increased to 5,010 ha was used for mini-tomato. The mini-tomato is one of the most preferable vegetables by the consumers because the mini-tomato was much more delicious and easier to eat than those of a tomato, as well as the farmers prefers to grow due to high profit.

The total land decreased to 3,348 ha in 2001 due to the factors as follows : price drop by excess production, IMF crisis, and so on. But, there are increase in the area because of good source for health and increase in personal income.

Starting in the middle of 1990s, the export of the tomato, reached to 11,724M/T in 2001, was gradually decreased to 4,251M/T in 2003 because of rise in domestic price, quarantine and consumption reduction in Japan. However, we it is expected to increase in export because of FTA between Korea and Japan, and market recovery in Japan that is one of the major importing country.

It is possible to compete with the foreign product in price and quality to export them to Japan. The problem we have to solve is how we can reduce the risk by pesticide because Japan strengthened the quarantine for the tomato related to residual pesticide. For example, the tomato, exported to Japan, was returned to Korea or destroyed because of pesticide residue.

Integrated Pest and Disease Management (IPM) in greenhouse tomato crops is closely related to climatic and cultural situations. There has been a revolution in greenhouse production technology: type of greenhouse, quality of the plastic cover,

fertirrigation, plastic mulch, new high-yield hybrids and varieties, specific pesticides, and natural enemies. However, the intensification of protected tomato production has created optimal conditions for many plant pathogens and insect pests. The major diseases of tomato grown under protected cultivation are Powdery mildew, Leaf mold, Gray mold, Early blight. The most harmful pests on greenhouse tomato crops are polyphagous. Their relative importance varies with the climatological area and type of greenhouse. The key pests on tomato crop are greenhouse whitefly and American leafminer. These insect pests were invaded from overseas with other ornamentals. We need to integrated pest control system for plant pathogens and insect pests. Otherwise, we have to know the level of residual pesticides, the kinds of pesticides, and timing of pesticide applications when export tomatoes to foreign countries. Thus IPM of tomatoes in the greenhouse is necessary to save export cost and labor. The aim of this project is the development of economic and friendly environmental control methods for the tomato growers with discussion of classical and new techniques for the production of good quality and quantity. Therefore, the project team was consisted with researchers in university, examiners in tomato experimental stations, and tomato growers.

Seeing the trend of tolerance for pesticide residue in Korea and Japan, government have to test 102 and 110 insecticides and fungicides in Korea and Japan, respectively. Although all of these pesticides did not apply for control of tomato plant pathogens and insect pests to tomato crops, many of insecticides and fungicides that had not guidelines of tolerance limit level were used. Only 2 insecticides and 4 fungicides were registered tolerance limit level and used to apply against tomato plant pathogens and insect pests. Chinomethionat and deltamethrin for the control of greenhouse whitefly, dichlorfluanid and tebuconazole for the control of the Gray mold, iprodione for the control of the Leaf mold, Gray mold, Early blight, triflumizole for the control of the Leaf mold, have a tolerance for pesticide residue to tomato. For this reason, we have to test the tolerance limit level against unregistered fungicides and insecticides.

In this research, we investigated the status of insects and pathogens occurred in the

mini-tomato to observe the stability of pesticide residue for the tomato to be exported to Japan. To do this, we tested the control effect by selecting and screening several pesticides and biological resources. And we analyzed the mobilized metabolites of the pesticides used for the mini-tomato, as well as practical application of a natural enemy as control material. By doing these experiments, we aimed to develop the methods how we can use less pesticides to help the constant export in addition to improve in domestic consumption.

## II. Research Contents

- Increase in export competition by low toxicity and less pesticides for environmentally sound tomato cultivation
- \_ Resolve the problems the standards of residual pesticide allowance for the tomato to be exported or consumed domestically.
- \_ Survey of conventional control status in farm household and occurrence of insect and pathogens
- Development of efficient control methods for insect and pathogens through low and less pesticides by modifying the conventional methods.
- Establishment of the management system for pesticide residue by selecting the effective pesticides for control of insect and pathogens.

## III. Results

1. From the investigation, we found that there were more occurrence of insect and pathogens from the long period and warm circumstance than those of semi-period species. And there were more occurrence at the entrance from the semi-period, and both sides of the greenhouse from the short-period species. There were not much difference for the region, while there were more occurrence in warm region.

2. To apply *Encarsia formosa* to biologically control *Trialeurodes vaporariorum*, it had

to hang the *Encarsia formosa* at least two or three days earlier after the investigating group of *Trialeurodes vaporariorum*. And it had to apply 30 % more because general emergence was approximately 70 %.

3. There was no practical application of *Liriomyza trifolii* as a natural enemy domestically. Therefore, it was found that it was effective to treat branch and leaves twice every 7 days after 30-35 days in soils initially treated with granules.

4. Also we investigated the pesticides which was used in farm-household but not registered. The detection limit of Pyridaben was 0.05 ppm, while MRL in Japan is 1.0 ppm. It need to be applied four times one day earlier before harvest by not exceeding the standards. The detection limit of Bifenthrin was 0.01 ppm, while MRL in Japan is 0.1 ppm. It need to be applied three times 7 days earlier before harvest. The detection limit of Hexaconazole was 0.01 ppm, while MRL in Japan is 0.1 ppm. And so it had to be applied four times at least 7 days before harvest. The detection limit of Difenconazole was 0.05 ppm, while MRL in Japan is 0.5ppm. The application method can be similar to the above.

6. For the species of semi and short periods, we observed the pathogene from October to June of following year. The results were as follows : 4 and 23 % of *Phytophthora infestans* at two farm households in January and march, 3~83% of *Fulvia fulva* throughout the surveying periods, 3~72% of *Botrytis cinerea*) in cool seasons of January and May, 2~68% of *Leveillula taurica*, *Erysiphe cichoracearum* in January and May.

7. We selected 4 different kind of pesticides such as Fenarimol, Difenconazole, Hexaconazole, Carbendazim conventionally used at farm household although these were not registered as a pesticide. With these pesticides, we observed the control effects for *Fulvia fulva* and *Leveillula taurica*, *Erysiphe cichoracearum*. The results showed that all four pesticides were effective in controlling *Fulvia fulva*. Especially, Fenarimol and Difenconazole showed the similar effect as that of Triflumizole registered. But the

effects of these four pesticides were 27.8~50.9% for controlling *Leveillula taurica*, *Erysiphe cichoracearum*. Among these pesticides, Carbendazim was most effective as of 50.9%.

8. For the test of less toxicity and biological control, PSO (Paraffinic oil) which was less toxicity was most effective. Among biological resources, we assumed that Herjunibogam, showing relatively high effect, can be practically used. PSO(Paraffinic oil) was highly effective as of 94.4% for *Leveillula taurica*, *Erysiphe cichoracearum*, and the effects of Herjuni and Herjunibogam were high. However, we could not see any effect for control of *Botrytis cinerea* and *Phytophthora infestans* because of least occurrence from the control plots.

9. For the test of control periods and effectiveness of control methods, we found that three initial applications or three middle applications of Triflumizole, exclusive pesticide, showed minimal effect of 7.7 % and 48.7 % for initial and middle period application. At harvest, it could be much effective with alternate application among PSO(Paraffinic oil), Triflumizole, and Herjuni. Also we could found from control of *Leveillula taurica*, *Erysiphe cichoracearum* that Triflumizole and PSO(Paraffinic was effective by applying three times at initial occurrence, while pesticides and biological resources were not effective.

## CONTENTS

Chapter 1. General introduction.....	18
Section 1. Necessity of research development.....	18
Section 2. Contents and purposes of research development.....	28
Section 3. Strategy of methods.....	30
Section 4. System of research development.....	31
Section 5. Expectants.....	32
Section 6. Practical device.....	33
Section 7. Next step after the successful achievement of research.....	33
Chapter 2. Integrated Pest Management of Insect Pests on Tomato.....	34
Section 1. Major Pests in Tomato Greenhouses.....	35
Section 2. Monitoring Systems.....	47
1. Survey of Insect Pests.....	47
2. Changes of the Greenhouse Whitefly Population.....	49
3. Changes of the American Leafminer Population.....	54
4. Survey of Insect Pests in Tomato Cultural Area.....	59
Section 3. Cultural Control.....	61
Section 4. Biological Control.....	62
1. Biological Control of the Greenhouse Whitefly.....	62
2. Biological Control of the American Leafminer.....	72
Section 5. Chemical Control.....	77
1. Selective Insecticides.....	77
2. Chemical Control with Granule of the American Leafminer.....	77
3. Chemical Control with Granule and Wettable Powder of the American Leafminer.....	80
4. Control Effects of the American Leafminer according to the Application	

Methods.....	82
5. Control Effects of the American Leafminer and Greenhouse Whitefly.....	84
6. Control Effects with Unregistered Insecticides.....	86
7. Control Effects of the American Leafminer Pupa with Unregistered Insecticides.....	89
8. Management of Insecticides.....	92
9. Side Effects to Beneficial Insects.....	93
Section 6. Integrated Pest Management.....	101
1. IPM Programs for Insect Pests on Tomato.....	101
2. Decision Factors for Tomato IPM.....	102
3. Limiting Factors for Wider Application.....	102
4. Future of IPM in Greenhouse Tomato.....	103
Chapter 3. Analysis of pesticide residue on mini-tomato.....	105
Section 1. Introduction.....	105
Section 2. Materials and methods.....	106
1. Survey of pesticides for the control of mini-tomato pest and pathogene in Korea .....	106
2. Residue analysis of selected pesticides.....	107
Section 3. Results and discussion.....	111
1. List of pesticides and maximum allowable residue levels on tomato in Korea and Japan.....	111
2. Residue analysis of selected pesticides.....	123
3. Residue analysis of selected pesticides depend on cultivate establishment and/or environmental variation.....	133
Chapter 4. Integrated Pathogene Management of on mini-tomato .....	139
Section 1. Introduction.....	139

Section 2. Materials and methods.....	143
1. Survey tomato disease occurrence at tomato culture seasons.....	143
2. Selection of fungicides in mini-tomato against leaf mold and powder mildew.....	144
3. Effects of tomato disease control using biological sources and slightly toxic fungicides.....	146
4. Chemical control of tomato plants by treatment methods and times.....	147
5. Field of experiment.....	148
Section 3. Results and discussion.....	149
1. Occurrence of mini-tomato disease caused by fungi.....	149
2. Selection of fungicides in mini-tomato against leaf mold and powder mildew.....	155
3. Effects of tomato disease control using biological sources and slightly toxic fungicides.....	158
4. Chemical control of tomato plants by treatment methods and times.....	164
Chapter 6. References.....	167
Appendixes.....	176

## 목 차

요약문.....	2
Summary.....	7
Contents.....	12
목차.....	15
제 1 장 총론.....	18
제 1 절 연구개발의 필요성.....	18
제 2 절 연구개발의 목표 및 내용.....	28
제 3 절 추진전략 및 방법.....	30
제 4 절 연구개발 추진체계.....	31
제 5 절 기대효과.....	32
제 6 절 활용방안.....	33
제 7 절 연구개발성공시 다음단계 조치사항.....	33
제 2 장 방울토마토에 발생하는 주요 해충의 종합적 방제.....	34
1. 방울토마토에 발생하는 주요 해충.....	35
2. 발생예찰.....	47
가) 해충 수의 조사.....	47
나) 온실가루이의 발생소장.....	49
다) 아메리카잎굴파리 발생동태 조사.....	54
라) 전국의 주요 토마토 재배단지 주요 해충의 발생 조사.....	59
3. 경종적방제법.....	61
4. 생물학적방제.....	62
가) 온실가루이의 생물적 방제.....	62
나) 아메리카잎굴파리의 생물적 방제.....	72

5. 화학적방제법.....	77
가) 선택성 살충제에 의한 화학적 방제.....	77
나) 정식전 입제를 이용한 아메리카잎굴파리의 예방 및 방제효과.....	77
다) 입제와 수화제를 이용한 아메리카잎굴파리의 방제효과.....	80
라) 입제처리 방식에 따른 아메리카잎굴파리의 방제효과.....	82
마) 아메리카잎굴파리와 온실가루이의 동시 방제효과.....	84
바) 등록되지 않은 약제에 대한 효과 검정.....	86
사) 등록되지 않은 약제들의 아메리카잎굴파리 번데기에 대한 약효검정.....	89
아) 살충제 관리.....	92
자) 유용생물에의 간접영향.....	93
6. 종합적방제법.....	101
가) 방울토마토 해충방제를 위한 IPM 프로그램.....	101
나) 방울토마토 해충방제를 위한 IPM을 위한 결정 요인.....	102
다) 방울토마토 해충방제를 위한 IPM 프로그램을 폭넓게 적용하는데 있어 문제점....	102
라) 하우스 토마토에서 IPM의 미래.....	103
제 3장 토마토 과실에서의 농약 성분 잔류동태 분석.....	105
제 1절 서 론 .....	105
제 2 절 재료 및 방법 .....	106
1. 국내 방울토마토 병해충 방제 농약의 조사.....	106
2. 살포 농약의 방울토마토 잔류성 조사.....	107
제 3 절 결과 및 고찰.....	111
1. 주요 병해충 적용약제 및 한국과 일본의 농약잔류허용기준.....	111
2. 선발된 농약의 잔류분석.....	123
3. 선발된 농약의 재배시설과 환경변화에 따른 잔류분석 .....	133
제 4 장 방울토마토에 발생하는 주요 병의 종합적방제.....	139

제 1 절 서 론.....	139
제 2 절 재료 및 방법.....	143
1. 토마토 재배시기별 병 발생 실태조사.....	143
2. 방울토마토에 발생하는 잎곰팡이병과 흰가루병 방제용 농약 선발 시험.....	144
3. 저독성 농약 및 생물자원의 병해 방제 효과.....	146
4. 방제시기 및 방법별 방제 효과.....	147
5. 시험포장.....	148
제 3 절 결과 및 고찰.....	149
1. 방울토마토에서 발생하는 주요 병의 발생조사.....	149
2. 방울토마토에 발생하는 잎곰팡이병과 흰가루병 방제용 농약 선발 시험.....	155
3. 저독성 농약 및 생물자원의 병해 방제효과.....	158
4. 방제시기 및 방법별 방제 효과.....	164
제 5 장   참고문헌.....	167
부록.....	176

## 제 1 장 총론

### 제 1 절 연구개발의 필요성

토마토에는 리코펜, 플라보노이드, 글루타민산,  $\beta$ -카로틴, 비타민 C와 E 등 암과 각종 성인병을 예방할 수 있는 많은 물질들이 함유되어 있다. 미국 하버드대학 에드워드 조바누치 박사의 보고에 의하면 토마토를 원료로 한 식품을 최소한 1주일에 10회 이상 섭취하면 그렇지 않은 사람에 비해 전립선암에 걸릴 확률이 45%로 감소한다고 한다. 리코펜과  $\beta$ -카로틴은 각종 암을 예방하는 작용을 하며, 글루타민산은 피로를 신속하게 회복시켜 주는 역할을 한다. 비타민 C는 햇볕에 노출될 경우 침착(沈着)되는 기미나 주근깨의 원인인 멜라닌 색소의 형성을 억제시켜 주며, 비타민 E는 체내 호르몬 생성을 촉진시켜 준다. 한편 토마토에 함유되어 있는 구연산은 식욕증진을 자극하여 식욕을 증진시키며 니코틴의 해독과 함께 숙취에도 효과적인 것으로 알려져 있다. 또한 토마토에는 식이섬유가 풍부하여 식생활 변화에 따라 육류 등의 지질을 많이 섭취하게 되는 현대인의 건강 유지에도 대단히 중요한 역할을 한다.

국민소득의 향상과 최근 TV, 신문 등 매스컴을 통해 토마토가 건강에 좋다는 사실이 알려지면서 토마토 생산량 및 소비량은 계속 증가 추세에 있는데 소비자의 선호도가 높아지고 작형이 다양화되면서 재배면적이 꾸준히 증가되고 있다. 국내 재배면적은 1990년도에 2,485ha에서 해마다 증가하여 1995년도에 5,010ha로 가장 많았으나 생산과잉으로 가격 하락, IMF 외환위기 등으로 소비가 위축되어 2001년도에 3,348ha로 급속히 감소하였다. 그러나 매스컴의 영향으로 웰빙 바람이 불면서 소비가 증가함에 따라 가격도 상승하여 재배면적도 증가하여 2003년도에 4,102ha로 늘었다. 주 재배지역은 충남이 806ha로 가장 많았고, 그 다음이 전남 635ha, 경북 503ha, 경남 412ha 등이다(2003년). 생산량도 시설 채소 재배면적의 증가와 재배기술 향상 등에 의해 단위 면적당 생산량이 늘고 있어 전체생산량도 증가 추세에 있다.

<국내 시도별 토마토 재배현황>

(ha, M/T)

구 분	1999		2000		2001		2002		2003	
	면 적	생산량								
계	5,010	290,738	4,916	276,663	3,348	205,763	3,531	226,599	4,102	269,918
서 울	3	90	2	59	4	127	6	356	6	312
부 산	287	19,957	253	16,440	265	17,149	249	16,112	292	18,693
대 구	127	11,003	99	6,725	116	10,404	124	9,003	119	8,470
인 천	38	1,604	27	1,177	48	2,516	43	1,941	48	2,206
광 주	306	8,954	303	19,395	224	14,412	179	12,792	215	13,311
대 전	51	3,361	18	1,070	8	464	47	4,666	39	2,994
울 산	38	2,140	33	1,932	25	1,399	45	2,798	28	1,669
경 기	333	12,836	245	9,532	195	7,592	238	9,252	206	8,291
강 원	302	17,207	293	17,666	260	18,868	270	20,103	356	25,795
충 북	245	11,148	272	13,715	164	8,045	186	11,581	199	12,641
충 남	852	68,664	978	62,030	619	39,313	593	39,112	806	52,734
전 북	339	13,349	361	14,082	162	9,142	165	9,685	216	12,431
전 남	932	58,978	843	62,051	554	35,587	543	38,101	635	47,625
경 북	527	26,830	511	26,636	366	18,310	456	25,092	503	32,582
경 남	563	30,412	634	21,046	316	20,718	364	24,708	412	28,632
제 주	67	4,205	44	3,107	22	1,717	23	1,297	22	1,532

※ 농림부 2004

이러한 방울토마토는전정부를 비롯한 방울토마토 재배 농민 단체를 중심으로 외국으로의 판매활로의 개척이 꾸준히 추진되어 오면서 일본을 중심으로 수출이 이루어지고 있다. 그렇지만, 일본 방울토마토 재배농가를 보호하기 위한 정책으로 검역을 강화함에 따라서 대일 수출에 막대한 타격을 받고 있다. 한 예로, 농민일보 2000년12월13일자에 의하면 11월 18일 일본으로 수출될 예정이던 경남 김해산 방울토마토를 실은 한 컨테이너에서 신선농산물의 이피엔(EPN·잎말이나방약) 기준치인 0.1피피엠(ppm)을 초과하는 잔류농약이 검

출돼 공항에서 바로 폐기됐다고 하는 보도가 대표적인 사례라 할 수 있다. 또한 국내에서도 농수산물도매시장에서 경매되는 모든 농산물에 대한 '잔류농약검사'가 전국적으로 확대 될 예정이어서 농약의 무분별한 오용과 남용은 이제는 더 이상 용납되지 않고 있다.

### 1. 기술적 측면

- 방울토마토 주 재배작형이 반촉성재배(2월정식)로 저온다습한 환경조건 때문에 병·해충 발생이 많음.
- 하우스 형태가 8m 단동 철재파이프를 이용하여 온·습도 조절이 불가능 함.
- 최근 방제가 어려운 해충의 침입으로 인한 무분별한 살충제 사용이 늘어남.
- 토마토의 난방제 해충을 위한 약제의 적용확대가 제대로 되고 있지 않아 토마토의 약해발생은 물론 약제의 오용과 남용이 늘어나고 있음.
- 토마토에 고시된 농약중 살균제 36종, 살충제 11종이 등록되어 있으나, 농민들은 실제적으로 미등록약제를 살포하는 사례가 많음.
- 농약 살포시 농도를 초과하고 연용 살포로 약제 저항성이 발생하여 약효감소
- 약제에 대한 잔류동태과약이 안되어 수출국 현지에서 잔류농약으로 인한 크레임 발생

가. 방울토마토는 크게 두 가지 방식으로 재배가 되고 있는데, 촉성재배와 반촉성재배로 대별된다. 촉성재배의 경우에는 9월에서부터 이듬해 4월까지, 반촉성재배의 경우에는 11월 하순부터 이듬해 6월 중순까지 각종 병과 해충이 발생하여 방울토마토에 많은 피해를 주고 있다. 방울토마토에 발생하는 대표적인 병으로는 잎곰팡이병, 잿빛곰팡이병, 잎마름병, 시들음병이며, 유묘기에는 잘록병과 풋마름병이 피해를 많이 주고 있다. 한편, 방울토마토에 많은 피해를 주는 해충으로는 온실가루이, 아메리카잎굴파리, 총채벌레류, 파밤나방, 담배나방 등의 난방제 해충이 대체적으로 피해를 주는데, 유묘기에는 특히 아메리카잎굴파리에 의한 식해로 유묘관리에 어려움을 겪고 있다.

나. 토마토에 발생하는 주요 병과 해충을 방제하기 위한 약제를 보면, 잎곰팡이병을 방제하기 위한 살균제 13종, 잿빛곰팡이병을 방제하기 위한 살균제 15종, 잎마름병을 방제하기 위한 살균제 5종, 시들음병을 방제하기 위한 살균제 2종, 풋마름병을 방제하기 위한 살균제 1종 등이 고시되어 있고, 또한 온실가루이를 방제하기 위한 살충제 8종, 아메리카잎굴파리를 방제하기 위한 살충제 3종 등이 등록되어 있다. 하지만 이들 농약들을

사용하는 측면에서 농민들은 약제의 안전사용 규정을 잘 이행하지 않고, 또한 사용고시된 약제가 아닌 다른 약제들을 농민들이 임의적으로 추가로 혹은 혼합하여 사용함으로써 약제남용에 따른 약제저항성 발생으로 방제효과가 크게 떨어지고 있을 뿐만 아니라 약제 잔류의 문제점을 항상 지니고 있다.

다. 국내와 일본에서 토마토의 잔류농약 검사시에 사용되는 잔류허용기준을 보면, 한국의 경우 102가지의 살균·살충제에 대해서, 일본에서는 110가지의 살균·살충제에 대해서 잔류농약을 검사하게 되어있다. 물론 이들 잔류농약 성분이 토마토의 병해충 방제에 모두 이용되는 것은 아니지만, 잔류허용기준이 마련되지 않은 살균·살충제들도 현재에 많이 사용하고 있기 때문에 이들 농약들을 사용할 경우 잔류허용기준에 대한 논란이 예상된다. 토마토에 잔류허용 기준이 마련된 살충제로는 chinomethionat, deltamethrin가 온실가루이의 방제에 사용되고 있으며, 살균제로는 잿빛곰팡이병을 방제하기 위한 dichlorfluanid, tebuconazole, 잎곰팡이병, 잿빛곰팡이병, 겹등근무늬병을 방제하기 위한 iprodione, 잎곰팡이병을 방제하기 위한 triflumizole이 있을 뿐이다. 토마토에 사용고시된 농약들은 잔류허용치의 기준이 토마토에는 설정되지 않아 이들에 대한 잔류성분을 조사하고 다른 작물에서의 잔류 허용에 대한 내용을 검토하여 토마토에서의 약제사용에 대한 기준을 마련해야 될 것으로 생각된다.

## 2. 경제·산업적 측면

- 국내 토마토 재배면적은 '99년 5,010ha로써 '98대비 122% '95대비 127%로 매년 증가 추세임.
- 방울토마토는 일반토마토보다 관리가 용이하며 판매 가격이 높고, 수요가 증가함에 따라서 재배면적이 매년 급속히 확대되고 있음.
- 토마토의 가격은 5~6월의 집중출하와 수박, 참외 등 과채류의 출하시기가 맞물려 급속하게 하락하므로 이에 대한 대책으로 해외수출이 필요함.
- 수출은 '96년 2,600톤(4,648천불)을 하기 시작 '99년에는 6,358톤(13,476천불)을 하여 매년 증가할 것으로 예상되며, 주 수출국은 일본임.

가. 수출은 매년 증가 추세이며 최근 몇 년 동안 수출 단가보다 국내 가격이 더 높게 형성되어 수출에 대한 관심이 부족한 실정이었는데 '99년 이후 국내 재배면적 및 출하물량이 급격히 증가되면서 2000년도에 11,724 M/T로 가장 많았으나 2001년도부터 국내 내수가격의 상승, 일본에서 식물검역 강화와 소비위축 등으로 계속 감소하여 2003년에는 4,251M/T를 수출하였다. 주요 수출국은 일본이며 방울토마토가 대부분이다. 앞으로 일본의 경기상황이 회복되고 한·일간 FTA가 체결된다면 수출량은 증가될 것으로 전망된다. 그러나 수출국이 일본에 의존하고 있어 많은 제약이 뒤따르므로 다른 나라로의 수출활로 개척이 시급한 실정이다. 수출시기는 11월~익년 4월경이 상대 수입국에서 상품을 원하는데, 이 시기가 국내에서는 월동 기간으로 남부지방을 제외하고는 하우스 난방에 따른 경영비 부담이 크고 또한 국내 가격이 높게 형성되는 시기이며, 또한 수출 상대국에서의 방울토마토 가격도 높게 형성되고 있어 농가소득증대에 크게 기여를 하고 있다.

<연도별 토마토 수출현황>

(M/T, 천 \$)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
수출량	2,388	3,901	8,069	11,724	9,538	5,106	4,251
수출액	3,742	7,586	17,480	22,431	15,402	8,633	9,112

1) 세계 주요 수·출입 현황

1999년도에 토마토 주요 수입국은 미국, 독일, 프랑스, 영국 등이며 이 중 미국이 21%로 가장 많았다. 한편, 주요 수출국은 스페인, 멕시코, 네덜란드 순으로 이들 3개 국가가 전체 수출량의 59%를 점유하고 있다.

2) 주 수출대상국 일본의 방울토마토 재배와 수입 현황

일본에서의 방울토마토 재배면적은 매년 약간의 증가 추세를 보이고 있다. 1997년에 1,360ha에서 2002년도에는 1,590ha로 약 17% 증가하였고, 생산량도 77,200M/T에서 88,600M/T로 15%의 증가를 보였다.

<국가별 주요수입국>

(천 M/T)

국 가	1985	1990	1995	1999
계	2,147	2,408	3,101	3,585
미 국	386	361	621	741
독 일	417	495	541	596
프 랑 스	253	300	337	394
영 국	254	253	251	304
캐 나 다	138	142	155	163
네 델 란 드	76	85	247	144
러 시 아	-	-	103	91
스 웨 덴	36	41	53	65
아르헨티나	13	5	7	57

※ FAO 2001.

<세계주요수출국>

(천 M/T)

국 가	1985	1990	1995	1999
스 페 인	396	333	721	902
멕 시 코	481	393	717	665
네 델 란 드	505	617	721	664
미 국	68	157	156	171
이 탈 리 아	16	21	105	115
터 키	159	34	99	100
프 랑 스	12	37	64	99
캐 나 다	4	4	12	80
브 라 질	8	0	3	55
계	2,259	2,390	3,406	3,808

<일본의 연도별 방울토마토 재배면적과 생산량>

(ha, M/T)

구 분	1997	1998	1999	2000	2001	2002
면 적	1,360	1,350	1,390	1,400	1,460	1,590
생 산 량	77,200	75,100	74,800	78,700	8,1600	88,600

방울토마토 주산단지는 구마모토, 홋카이도, 이바라키, 아이치, 치바, 미야자키 등이다.

<미니토마토 주산지별 생산현황>

지 역	2001			2002			전 년 대 비(%)		
	재배면적 (ha)	수확량 (톤)	출하량 (톤)	재배면적 (ha)	수확량 (톤)	출하량 (톤)	재배면적 (ha)	수확량 (톤)	출하량 (톤)
전 국	1,460	81,600	73,200	1,590	88,600	79,900	110	109	109
구마모토	195	13,900	13,000	205	14,400	13,400	105	104	104
홋카이도	128	6,590	5,950	141	7,250	6,570	110	110	110
이바라키	100	3,270	2,960	138	4,420	3,990	138	135	135
아 이 치	111	11,500	10,900	118	12,400	11,800	106	108	109
치 바	90	4,700	4,530	110	5,350	5,130	122	114	113
미야자키	51	3,540	3,260	59	4,250	3,960	116	120	122
기 타	785	38,100	32,600	819	40,530	35,050	-	-	-

※ 자료 : 농림수산성 통계정보부

일본의 방울토마토 수입은 HS코드 0702-00-000(토마토 및 미니토마토/신선)로 분리되어 있어 순수하게 방울토마토의 물량은 알 수 없다. 1998년부터 한국산 방울토마토의 급격한 증가로 2000년은 13,003M/T로 가장 많았으나 2001년도부터는 검역 건수의 제한, 경기불황 등의 영향으로 전년대비 27.2% 감소한 9,466M/T을 수입하였다.

국가별 시장점유율은 1998년 이전에는 한국과 네덜란드에서의 수입이 많았으나, 최근에는 한국이 87% 정도로 가장 많았고, 미국이 11% 내외를 차지하여 이들 2개 국가가 전체의 98%를 점유하고 있다. 한국에서의 수입은 방울토마토가 대부분이며 미국, 캐나다 등의 국가에서는 햄버거, 샌드위치 등 조리용으로 이용되는 완숙토마토가 대부분이다.

<일본의 신선토마토 연도별·국가별 수입동향>

(단위 : 톤, 백만엔)

구 분	1998		1999		2000		2001	
	물 량	금 액	물 량	금 액	물 량	금 액	물 량	금 액
전 체	4,126	1,463	8,700	2,494	13,003	2,898	9,466	2,104
한 국	3,139	961	6,922	1,900	11,262	2,334	8,266	1,721
미 국	507	135	1,277	346	1,518	464	1,049	312
캐 나 다	12	5	52	17	99	43	125	58
네덜란드	464	360	274	160	59	28	15	8
뉴질랜드	2	2	152	68	65	29	9	5
중 국	-	-	23	3	-	-	2	0.4

※ 자료 : 재무성 무역통계

한국산 방울토마토는 일본 소비자들로부터 선호하는 품목이며 일부 물러지는 것, 색깔이 고르지 못하는 것 등을 제외하고는 통관상의 애로사항은 특별히 없으나 한국 측에서 식물 검사를 받은 증명서를 첨부해야 한다. 그리고 안전한 농산물에 대한 소비자들의 요구에 의해 생산이력제 도입을 적극 추진하고 있어 국내 토마토재배 농가에서도 이에 대한 대책을 강구해야 할 것으로 보인다.

3) 토마토 수급동향과 전망

토마토 소비는 소비자들의 건강에 대한 관심이 증가하여 1인당 소비량도 증가하고 FTA 체결 등으로 수출량도 증가할 것으로 보여 재배면적도 꾸준히 증가할 것으로 전망하고 있다.

<토마토 수급전망>

	구 분	단 위	2003	전 망		
				2004	2008	2013
공 급	재 배 면 적	ha	4,102	4,288	5,116	6,325
	단 수	kg/10a	6,394	6,396	6,631	6,996
	생 산 량	천 톤	262.3	274.3	339.2	442.5
수 요	수 출 량	천 톤	2.9	3.4	4.6	6.6
	수 요 량	천 톤	259.4	270.9	334.6	435.9
	1인당소비량	kg	5.4	5.6	6.8	8.7

주 : 전망치는 한국농촌경제연구원(KREI-COSMO, 2004)

이상과 같이 국내는 물론 외국에서도 웰빙 바람이 불면서 건강에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 이에 따라 채소, 과일, 육류 등을 구입하는데도 신중을 기하고 있다. 일본에서는 대부분 농산물에 대한 생산이력제를 시행하고 있는 중이며 국내에서도 일부 농산물에서 생산이력제를 추진하고 있다.

토마토가 건강에 좋다는 이유에서 토마토를 찾는 소비자가 늘고 있어 국내 재배면적도 증가하고 있다. 토마토는 주간 온도가 25~30℃, 야간온도는 15~20℃, 습도는 건조한 조건에서 정상적인 생육을 할 수 있으나 국내에서 생육조건을 맞춰주기 위해서 비닐하우스를 설치하고 난방기를 이용한 보온 관리에 중점을 두고 있어 하우스내 습도가 높아져 외부기상 환경에 따라 다르지만 각종 병이 많이 발생하고 있는 실정이다. 이와 같이 병이 발생되면 방제 방법으로 농약을 이용하는 경우가 대부분이다. 따라서 농산물 수출시 농약의 잔류량은 상당히 중요한 문제로 대두되고 있다.

나. 수출을 지속적으로 증대시키기 위해서는 지역단위로 일괄 선별포장 기능을 수행할 수 있는 시설이 필요하며, 생산지역의 브랜드화를 추진하고 소포장 위주로 전환하여 소비자에 대한 신뢰도를 높이고 고가로의 수출을 추진할 필요가 있다. 또한, 일본에서의 도매시장 직상장 수출을 병행하여 대량물량 소비체계 및 유통인의 신뢰도 구축과 안정된 판로를 확보하는 것이 중요하다. 한편으론 동절기가 긴 일본 동북부 지역의 생산자 단체와 협업으로 기존 유통망을 이용한 판로 확보가 필요하고, 저농약 투입으로 병해충을 종합방제

하는 재배방법을 통한 청정농산물로서의 차별화로 한국산 방울토마토에 대한 이미지 증대 효과를 볼 수 있으며, 이에 따른 고가 수출을 추진할 필요성이 있다. 수출품에 대한 물량은 시장가격의 변동에 관계없이 일정물량을 지속적으로 공급하여야 판로를 계속적으로 유지할 필요성 또한 제기되고 있다.

다. 토마토의 재배환경의 변화에 따라서 많은 병과 해충이 새로이 등장하여 시설재배농가들에게 많은 피해를 주고 있는 실정이다. 특히 시설 재배지에서의 연작에 따른 토양전염성 병해와 외래병해충의 발생이 심하여 이들을 종합적으로 방제할 수 있는 종합방제시스템의 확립이 필수적이라 하겠다. 이와는 별도로, 수출국 잔류농약 규정에 따른 농약 종류, 살포시기 등을 철저히 인지하고 준수하여 사용하고, 수출국 검역 통관시 훈증소독에 의한 상품성 저하 및 추가비용 지출 방지를 위한 철저한 병해충 방제가 필수적이다. 따라서 대학에 학문적인 부분을 응용할 대학연구팀과, 농민을 대상으로 한 농촌기술원 연구팀, 실제 야채류를 생산하는 농민 등 다양한 시각을 가지고 있는 연구진으로 구성된 본 연구자들은 농민들이 사용하고 있는 재래적인 방제 방법뿐만 아니라 해외에서 사용하고 있는 방제법 등을 고찰하여, 우리의 토마토 재배 실정에 맞는 경제적이고 친환경적인 방제방법을 개발하여 농민들이 받는 피해를 조금이나마 경감시켜 주고자 한다.

### 3. 사회·문화적 측면

환경에 피해가 없는 혹은 피해가 적은 방제 방법을 개발함으로써, 안전한 농산물이라고 하는 인식이 더욱 확산되어 외국으로부터의 농산물 수입을 억제하여 우리 농민들이 생산한 야채류의 소비를 증진시킬 수 있고, 이로 인한 식생활의 즐거움을 만끽할 수 있다.

### 4. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

#### 가. 국 내

- 1) 병해충 방제시 농약에 의존하고 있어 수출시 농약잔류 문제가 대두되고 있음.
- 2) 생물적·물리적 방법에 의한 병충해 방제가 아직 초보단계 임.
- 3) 예찰에 의한 방제보다 발생 후 방제로 방제 효과와 노력이 많이 소요 됨.

- 4) 토마토 잔류허용 기준이 마련된 살충제로는 온실가루이 방제 약제인 chinomethionat, deltamethrin, 살균제로는 꺾빛곰팡이병 방제용 dichlorfluanid, tebuconazol 등과 잎곰팡이병, 꺾빛곰팡이병, 겹무늬병을 방제하기 위한 iprodione, 잎곰팡이병을 방제하기 위한 triflumizole 등이 고시되어 있을 뿐임.

나. 외 국

- 1) 생물농약, 천적 등을 이용하고 있음.
- 2) 농약 사용량을 줄이기 위한 연구가 진행되고 있음.
- 3) 잔류허용 기준이 세분화되어 있음

다. 앞으로 전망

- 1) 시설 재배면적이 증가함에 따라 국내보다 외국으로 수출을 확대해야 할 것으로 보임.
- 2) 인체에 해를 막고, 환경을 보호하기 위해 농약 사용량을 계속 줄여 나갈 것으로 예상
- 3) 환경개선, 저항성 품종 육성 등 경종적 방제법과 미생물, 천적 등을 이용한 생물적 방제가 주를 이룰 것임.

## 제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

### 1. 연구개발 목표와 내용

- 가. 저독성·저농약 사용을 통한 환경지속형 방울토마토 재배에 따른 수출경쟁력 강화
- 나. 수출 및 내수용 토마토의 농약잔류허용 기준 초과에 따른 문제 해결
- 다. 방울토마토에서의 병·해충 발생과 이에 따른 농가에서의 관행적 방제 실태조사
- 라. 관행적 방제를 개선하기 위한 저농약·고효율의 효과적인 병·해충종합방제법개발
- 마. 병·해충 방제에 따른 효과적 약제선발과 이에 따른 농약잔류 관리체계확립

## 2. 연차별 연구개발 목표와 내용

구 분	연 구 개 발 목 표	연 구 개 발 내 용
1차년도 (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 방울토마토에서의 병·해충 발생과 방제 실태조사 및 우수약제 선발</li> <li>○ 살균·살충제의 선발에 따른 농약살포 시기 설정 및 사용횟수 결정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 재배시기별 병해충 발생 종류 및 피해정도에 대한 정량적 분석</li> <li>- 약제를 이용한 병·해충 방제실태 파악</li> <li>- 방울토마토에서의 관행 사용 살균·살충제에 대한 농약잔류 현황조사</li> <li>- 관행적 방제 농약과 새로운 우수 살균·살충제의 선발</li> <li>- 병·해충 발생생태에 따른 살균·살충제 투입시기 결정</li> <li>- 살균·살충제 투입에 따른 농약잔류 동태분석</li> <li>- 최소한의 살균·살충제 투입에 의한 병·해충 방제체계 확립</li> </ul>
2차년도 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 살균·살충제의 선발에 따른 농약살포 시기 설정 및 사용횟수 결정</li> <li>○ 우수약제 선발에 따른 종합방제체계 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 병·해충 발생생태에 따른 살균·살충제 투입시기 결정</li> <li>- 살균·살충제 투입에 따른 농약잔류 동태분석</li> <li>- 최소한의 살균·살충제 투입에 의한 병·해충 방제체계 확립</li> <li>- 방울토마토에서 발생하는 병·해충에 대한 효과적인 우수 살균·살충제 선발</li> <li>- 병·해충 교차발생에 따른 약제투입시기 결정</li> <li>- 약제의 병·해충방제 효과에 따른 사용횟수 경감전략 확립</li> <li>- 잔류농약 분석을 통한 저잔류성 우수 살균·살충제 선발</li> <li>- 약제 선발을 통한 농가 실증시험에 따른 종합방제체계 확립</li> </ul>
3차년도 (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 우수약제 선발에 따른 종합방제체계 확립</li> <li>○ 농약 성분의 분해정도 분석</li> <li>○ 농약별 안전사용 기준설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 방울토마토에서 발생하는 병·해충에 대한 효과적인 우수 살균·살충제 선발</li> <li>- 병·해충 교차발생에 따른 약제투입시기 결정</li> <li>- 약제의 병·해충방제 효과에 따른 사용횟수 경감전략 확립</li> <li>- 잔류농약 분석을 통한 저잔류성 우수 살균·살충제 선발</li> <li>- 약제 선발을 통한 농가 실증시험에 따른 종합방제체계 확립</li> <li>- 농가의 재배시설 형태에 따른 농약잔류 동태 분석</li> <li>- 방울토마토 성장시기에 따른 기상환경의 변화가 약제분해에 미치는 영향 조사.</li> </ul>

## 제 3 절 추진전략 및 방법

### 제 1 세부과제: 방울토마토에 발생하는 해충의 종합적 방제

- 해충 발생 상황과 수확에 따른 살충제 투입시기 확립
- 재배 농가별 토마토 재배시기별 해충 발생과 방제 실태조사에 따른 약제선발
- 방울토마토에 발생하는 해충의 방제에 이용할 저독성 살충제 선발
- 해충 발생 상황과 수확에 따른 살충제 투입시기 확립

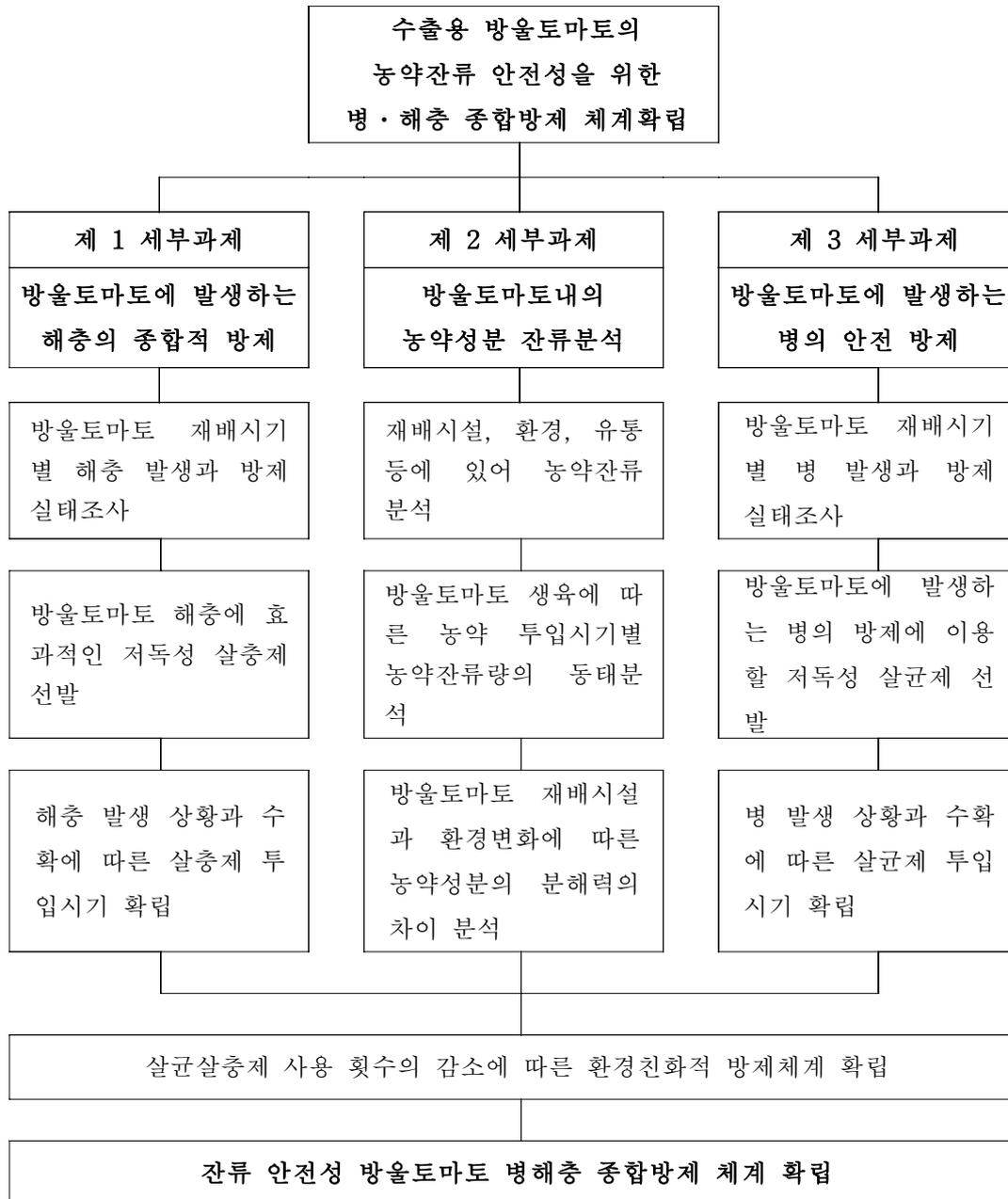
### 제 2 세부과제: 토마토 과실에서의 농약성분 잔류동태 분석

- 방울토마토 생육에 따른 농약 투입시기별 농약잔류량의 동태분석
- 수확 후 유통 및 저장 기간에 따른 방울토마토에서의 농약잔류량의 분석
- 방울토마토 재배시설과 환경변화에 따른 농약성분의 분해력의 차이 분석

### 제 3 세부과제: 방울토마토에 발생하는 병의 안전 방제

- 병 발생 상황과 수확에 따른 살균제 투입시기 확립
- 재배 농가별 토마토 재배시기별 병 발생과 방제 실태조사에 따른 약제선발
- 방울토마토에 발생하는 병의 방제에 이용할 저독성 살균제 선발
- 병 발생 상황과 수확에 따른 살균제 투입시기 확립

## 제 4절 연구개발 및 추진체계



## 제 5 절 기대효과

- ◆ 저독성·저농약 사용을 통한 환경지속형 방울토마토 재배기술 확립
- ◆ 저농약·고효율의 효과적인 병·해충 종합방제법 개발
- ◆ 병·해충 방제에 따른 효과적 약제선발과 이에 따른 농약잔류 관리체계확립

### 1. 기술적 측면

- 가. 토마토 주요 병·해충의 발생생태 및 피해에 대한 기초자료가 얻어짐
- 나. 토마토 주요 병·해충의 조기 진단법 확립
- 다. 토마토 주요 병·해충의 통합적 예찰 시스템 확립
- 라. 토마토 주요 병·해충에 대한 우수약제 선발
- 마. 토마토 주요 병·해충의 방제 적기 구명
- 바. 토마토 주요 병·해충의 방제법 개발에 대한 기술축적 및 방제약제 제시
- 사. 효과가 높은 약제사용으로 병해충으로부터 피해 최소화
- 아. 토마토 주요 병·해충의 방제 약제에 대한 농약잔류동태 파악기술 개발
- 자. 토마토 주요 병·해충의 방제 약제에 대한 잔류 농약 검정기술 축적

### 2. 경제·산업적 측면

- 가. 농약 안전사용으로 수출확대 및 소비 촉진
- 나. 농약 살포를 줄임으로써 경영비 절감 및 환경보호
- 다. 토마토 주요 병·해충의 조기 진단에 따른 양질의 토마토 생산
- 라. 과학적이고 체계적인 방제법의 활용으로 효율적인 병·해충의 방제 가능
- 마. 방제 적기 구명에 따른 노동생산성 증대와 수익성 증대에 기여
- 바. 살균·살충제의 사용감소에 따른 노동력 경감
- 사. 살균·살충제의 사용감소에 따른 환경친화적 농업발달
- 아. 농약의 잔류에 따른 소비자의 불안감 해소
- 자. 환경친화적 농법에 의한 수출확대 기대

## 제 6 절 활용방안

1. 본 연구에서 확립될 토마토 병·해충의 종합방제 예찰시스템은 다른 하우스 작물의 병·해충 방제 전략수립에 용이하게 활용될 수 있을 것으로 예상됨.
2. 수출시 농약 안전사용 준수 기한 설정
3. 수출농가에 대한 지도기관의 적극활용
4. 우수 약제 선발
5. 병·해충 피해를 최소화한 우수품질 농산물 생산

## 제 7 절 연구개발성공시 다음 단계 조치사항

1. 일반토마토 재배시에도 발생하는 병해충 발생은 동일하므로 적용할 수 있음
2. 미등록된 농약들은 금후 적용확대 시험을 해야 하고 생물자원의 이용 방안도 검토되어야 할 것으로 생각됨.

## 제 2 장 방울토마토에 발생하는 주요 해충의 안전 방제

우리나라에서는 방울토마토가 유리온실, 플라스틱 온실 및 비닐하우스에서 대부분 재배되고 있으며, 이 가운데 가장 보편적인 것이 대형 농가에서는 플라스틱 온실이, 소형 농가에서는 비닐하우스에서 재배되고 있는 것이 일반적인 경향이다. 반면 전체 토마토 생산의 78%를 차지하고 있는 유럽의 경우에는 날씨가 비교적 추운 북유럽에서는 유리온실이 주종을 이루고, 지중해나 중동 지방과 같은 비교적 따뜻한 지역에서는 플라스틱 하우스가 주종을 이루고 있다(Aldanondo, 1995).

지난 30여년 동안에 온대지방에서 토마토 보호 재배의 증가로 인하여 생산은 급격하게 증가하였고, 계속 증가하고 있는 추세이다. 몇 년 전만 하더라도 하우스에서 생산량은 60t/ha이었으나, 현재 지중해의 많은 나라들에서는 200t/ha의 수확량을 올리고 있다(van Alebeek and van Lenteren, 1990). 국내의 경우에도 재배 면적당 생산량은 계속 증가하고 있는 추세에 있다. 이는 시설재배 기술의 획기적인 발전에 의한 것인데, 예를 들어, 하우스의 형태, 비닐이나 플라스틱의 질적 향상, 하우스내 재배 방법의 개선, 효과적인 시비관리, 비닐멀칭에 의한 잡초 제거, 새로운 다생산 품종이나 계통의 육종, 새로운 살충제의 개발, 토양 훈증 방법의 개선 등을 들 수 있다. 그렇지만 반면에 토마토 재배 환경의 개선은 많은 종류의 병·해충들에게는 최적의 환경 조건을 아울러 제공하게 되었다.



토마토에서 가장 해로운 해충은 다식성을 가진 것이다. 이들의 상대적 중요성은 기후적인 면과 하우스의 형태에 따라서 차이가 난다. 현재 우리나라에서 토마토 중요 해충은 온실가루이이며, 그 다음이 아메리카잎굴파리이다. 진딧물과 나방류, 응애들도 경우에 따라서 심각한 피해를 입힐 수도 있기는 하지만 그 정도는 다양하다.

## 1. 방울토마토에 발생하는 주요 해충

### 가. 온실가루이

가루이(Homoptera: Aleyrodidae) 종류는 전 세계적으로 1,200여종이 보고되고 있으나, 단지 20여종만이 잠재적 해충으로 신경을 쓰고 있다. 최근까지만 하더라도 온실가루이를 방제하고자 하는 연구가 주류를 이루었으나, 80년대 중반부터 일부 지역에서 담배가루이(*Bemisia tabasi*)가 문제가 되기 시작하여 우리나라에도 발생이 보고되고 있다. 살충제를 사용하지 않은 자연생태계나 농생태계에서는 포식자나 기생자, 혹은 곤충병원성 미생물들에 의해서 이들의 밀도가 낮은 수준으로 유지되어 전혀 문제시되지 않고 있지만, 살충제를 사용하는 지역에서는 이들 천적들의 역할이 없어지면서 온실가루이의 개체군이 증가하여 피해를 주게 되었다.

온실가루이는 1956년 영국에서 처음으로 발견되어 보고가 되었는데, 이는 멕시코에서 들어온 화훼식물에 붙어서 들어왔다고 한다. 온실가루이는 다양한 식성을 가지고 있어 249속에 속하는 식물들을 가해한다고 보고되어 있다(Russell, 1977). 오늘날 이 종은 전 세계적으로 분포하고 있다. 우리나라의 경우에는 70년대 후반과 80년대 초반에 사우디아라비아와 일본에서 수입해온 거베라에 붙어서 침입한 외래 해충으로서 남부지방에서 주로 피해를 주었으나, 하우스 재배면적의 확대로 인하여 중부지방의 토마토 하우스에도 심한 피해를 주고 있는 실정이다.

온실가루이는 날개와 몸표면에 밀가루모양의 왁스물질로 덮여 있어 아주 작은 흰색의



파리처럼 보여 농민들은 흔히 흰파리 라고 부르기도 한다. 한편 몸의 색은 옅은 황색이다. 온실가루이는 6개의 발육단계를 갖고 있다. 즉, 알, 1, 2, 3, 4령과 성충이다. 이 중 노숙 4령은 변태기라고도 불리는데 그 이유는 다른 곤충의 변태기처럼 유충의 탈피로 이루어지진 않지만 마지막 4령의 모양이 눈부위가 붉게 변하게 되는데 이를 변태기라고 부른다.

온실가루이 암컷성충은 기주식물 상부의 새 잎 뒷면을 선호하므로 주로 그 곳에 붙어 식물의 즙액을 빨아먹고 생활하며 알을 낳는다. 알은 원통형이고 길이는 0.20-0.25mm 정



도이고 폭은 0.1mm 정도이다. 산란 직후에는 유백색이지만 2~3일이 지나면 알은 갈색에서 검정색으로 변하며 그 후 7~10일이면 부화한다. 1령 유충은 길이가 0.2-0.3mm 정도이고 폭은 0.15mm 정도이다. 잘 발달된 다리와 촉각을 갖고 있어 이동이 가능하여 정착할 위치를 찾아다니며, 적당한 장소에 이르면 구침을 식물체에 꽂은 상태로 생활한다. 일단 정착하여 주둥이를

식물체에 꽂아 넣으면 다리는 없어지고 성충이 되어 우화할 때까지 계속 정착생활을 한다. 2령이 되면 식물체에 납작하게 붙은 형태가 되고 투명한 색을 띠게 되어 관찰하기가 다소 어려워진다. 이 시기의 몸 길이는 약 0.3-0.4mm 정도 되며 폭은 0.2mm 정도로 커진다. 3령의 경우에 몸길이는 0.5-0.6mm 정도이며 폭은 0.3mm 정도이다. 몸의 크기를 제외하면 형태가 2령과 유사하다. 4령의 초기모양은 3령과 같이 납작한 모양이나 시간이 지날수록 두꺼워지며 길이는 약 0.7-0.8mm 정도, 폭은 약 0.48mm로 왁스를 매우 많이 분비한다. 유충이 우화하기 전에 붉은색 눈이 보이기 시작하면 번데기라 구분한다. 이 시기에는 식물체로부터 많은 즙액을 섭취하게 되는데 이 액에는 당분이 많아 곧 감로로 분비된다. 상대적으로 크기가 큰 약충일수록 많은 감로와 왁스를 생산하여 몸 주변과 뒷부분을 둘러싼다. 성충이 우화하고 나면 번데기는 투명한 색에 가까운 껍데기만 남게된다. 우화한 성충은 곧바로 식물체를 흡즙하기 시작하며 살아있는 동안 계속 섭식을 한다. 성충의 몸 크기는 암컷은 1.0-1.4mm이고 수컷은 암컷보다 약간 작은 0.9-1.0mm 정도이다. 유충과 번데기는 앞뒷면에 주로 분포하며 식물체가 성장함에 따라 산란부위가 달라지는데 대개 아래쪽에서 위쪽으로 번데기, 노숙유충, 어린 유충, 알과 성충의 순서로 분포하게 된다. 각 태별 발육기간은 기주조건과 온도에 의해 많은 영향을 받는다. 일반적으로 다른 곤충들과 마찬가지로 온도가 높아짐에 따라 발육기간은 줄어든다. 20℃의 경우 알 기간은 8일, 1령 기간은 6일, 2령 기간은 2일, 3령 기간은 3일, 4령 기간은 4일정도 요구되며 번데기 기간은 5일정도가 소요된다. 따라서 알에서 성충까지는 약 4주가 필요하고 성충의 수명은 약 25일 정도이다.

표 2-1. 온실가루이의 형태적 특징

구분	알	약충(1-3령)	4령충(번데기)	성충
크기(mm)	0.20-0.25	0.29-0.52	0.7-0.8	0.1-1.4
색	유백색에서 자라면서 검은 색으로 변함	유백색 반투명	성충의 눈부위가 붉게 변하는 모습이 관찰됨	날개는 흰색, 몸은 담황색
발육기간(25℃)	6-8일	8-9일	6-7일	30-40일(수명)

성충으로의 우화직후 째짓기가 이루어지며 우화후 1~2일이 지나면 암컷은 산란을 시작한다. 암컷이 째짓기를 하지 않고 산란한 경우 수컷만 낳으며, 째짓기가 이루어진 암컷은 암컷과 수컷을 낳는데 암수비율은 보통 1:1 정도가 된다. 성충의 수명은 연구자나 온도에 따라 다소 차이는 있지만 최고 50일이라는 보고도 있으며 적온범위(20~25℃)에서는 30~40일 정도이다. 한 마리의 암컷이 일생동안 낳는 알의 수는 온도와 기주작물에 따라 다른데 지금까지의 결과를 보면 28개에서 534개까지 매우 다양하며 1일 산란수는 5~9개 정도이다. 온실가루이는 월동하는 특별한 발육단계가 없다. 겨울동안의 생존률은 기주작물의 상태와 하우스의 조건에 따라 가장 많은 영향을 받는다. 즉 영년생 식물의 경우, 월동에 보다 유리하며, 겨울동안 잎을 가지고 있는 식물에 있어야 월동이 가능하다. 알의 상태일 때 저온에 가장 강하지만 아주 낮은 온도에서의 생존은 어렵다. 예를 들어 -3℃일 때 15일 이상 생존할 수 있지만 -6℃에서는 5일 이내에 사망한다.

온실가루이의 행동적인 면을 관찰해 보면, 온실가루이가 식물체에 앉기 전에 기주를 선택하는 과정은 아마도 임의적인 착륙이라고 볼 수 있다. 비록 온실가루이가 노란색과 녹색을 좋아하는 성질을 가지고 있다고는 하나, 대부분 적당한 기주를 찾는다는 별로 필요한 것 같지는 않다. 온실가루이는 후각신호에는 반응을 보이지 않는다는 보고도 있다(van Lenteren and Woets, 1977). 온실가루이는 식물에 착륙을 한 후에 식물의 종과 품종을 구별할 수 있으며, 1차적으로 구침으로 탐색을 하게 된다(Lei *et al.*, 1996). 어떤 요인에 의해서 기주식물을 탐색 후에 결정을 하는지는 아직 알려지지 않고 있다. 일반적으로 식물체 내에서는 어린잎을 먹기를 좋아하며, 산란도 주로 어린잎에 하게 된다. 온실가루이가 부화를 하면 먼저 오랜 된 잎으로 이동을 한 후에 분산을 하게 된다. 새로 부화된 온실가루이 성충들 가운데서 약 10%만이 같은 기주의 새잎에서 섭식과 산란을 하게 되는데, 이로 이



하여 자연스럽게 온실가루이 개체군이 상위엽으로 이동을 하게 된다. 나머지 90%의 온실가루이 성충은 수평적인 이동을 하게 되는데, 그리 멀리 날아가지는 않고 단지 몇 미터만을 이동하게 된다. 결과적으로 보면, 이들 온실가루이 개체군은 급속하게 분포지역을 넓히기보다는 점차적으로 분포지역을 넓혀가게 되는 것이다. 온실가루이 성충은 최대 몇 달까지도

살 수 있으며 산란기간도 알에서 성충으로 되는 기간 이상으로 산란을 하게 된다. 따라서 하우스 내에서 온실가루이의 세대를 보면 항상 알에서부터 성충에 이르기까지 모든 발육 단계들을 관찰할 수가 있는 것이다. 기주식물의 선택과정에서 보면, 온실가루이는 매우 강한 무리형성 성질을 가지고 있다. 이러한 성질은 온실가루이를 조사할 때에 특정한 구역에서 많은 양을 채집할 수가 있게 되는 것이다.

온실가루이에 의한 피해는 크게 4가지로 나눌 수 있다. i) 성충이나 약충 모두 식물체의 즙을 섭식하기 때문에 식물체의 영양분이 손실된다는 점이다. 특히, 밀도가 아주 높아 섭식



량이 많아지면 식물체의 생리에 영향을 주게 되어 생장에 문제가 생겨 잎이 시들거나 떨어지게 된다. 이런 경우 과실의 생산량에 영향을 줄 수 있지만 드문 일이다. ii) 온실가루이의 성충과 약충들이 많은 양의 즙액을 섭취하기 때문에 진딧물처럼 당분이 많이 함유된 감로라는 물질을 배설한다. 감로는 곰팡이가 자라기 좋은 영양을 공급하여 분비물이 배설된 잎에 곰팡이가 번성하게 된다. 이로 인하여 잎이 광합성 하는데 필요한 빛을 차단하게 되고 잎의 광합성 능력을 떨어뜨리는 피해를 준다. iii) 과실에 배설물이 묻으면 곰팡이가 생기고 이에 따른 상품 질의 하락으로 제 값을 받지 못하는 직접적인 경제적 피해를 주게 된다. 특히 이런 피해가 심하면 과실이 썩기도 한다. 네 번째로 온실가루이가 대발생하면 시설 내에 성충이 많이 날아다니기 때문에 하우스 내에서 작업하는데 어려움을 주기도 한다.

## 나. 아메리카잎굴파리

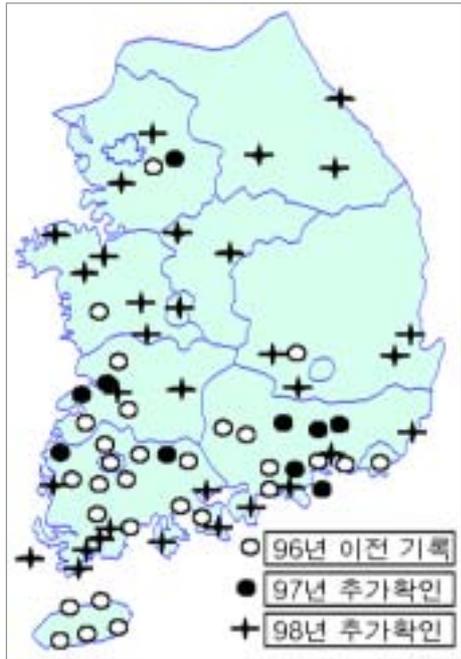
잎굴파리 종류들은 북유럽과 지중해 연안국가들의 화훼와 과채류에서 심각한 피해를 주고 있다. 잎굴파리 중에서 하우스에 많은 피해를 주고 있는 종은 그리 많지 않지만, 아메리카잎굴파리의 경우에는 전 세계적으로 피해를 입히고 있는 실정이다. 살충제를 사용하기 전에는 아메리카잎굴파리는 많은 종류의 기생자들에 의해서 공격을 당하고 있었기 때문에 아메리카잎굴파리의 개체군은 문제가 되는 정도로는 증가하지 않았다. 전 세계적으로 보면 수십 종의 기생자들이 아메리카잎굴파리의 천적으로 보고가 되어 있다. 그러나 해충방제를 위해 작용범위가 넓은 살충제가 사용되면서 잎굴파리가 문제해충으로 되었다. 작용범위가 넓은 살충제는 잎굴파리의 천적인 기생종을 없애버려 잎굴파리의 밀도가 급증하게 되었기 때문이다. 또한 포장에서 자주 사용하는 살충제에 대한 약제저항성이 빨리 발달하는 것도 한가지 이유이다.

농작물에 피해를 주는 잎굴파리의 대부분은 광식성으로 기주범위가 넓지만, 이러한 성질을 가진 잎굴파리는 잎굴파리과 전체에서도 10여종정도이고, 이 가운데 5종이 *Liriomyza* 속에 속한다. 따라서 잎굴파리 가운데 농작물에서 특히 문제가 되는 해충은 *Liriomyza*속 잎굴파리라고 할 수 있다. *Liriomyza*속의 유충이 다른 속의 잎굴파리 유충과 다른 점은 번데기가 잎이 아니라 토양속에서 된다는 점이다.

우리나라에서 잎굴파리가 농업해충으로 특히 중요하게 다루어지게 된 것은 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)의 침입이 보고된 이후지만, 그 이전에도 과, 양파 주산단지에서 과국파리(*L. chinensis*), 강원도의 시설재배 안개초에서 오이잎굴파리(*L. bryoniae*)의 피해가 보고된 예가 있다.



아메리카잎굴파리는 기주범위가 광범위하여 세계적으로는 25과 120여종의 식물을 가해하는 것으로 보고되어 있으며, 이 중 국화과가 전체의 약 40%를 차지하고 그 다음이 콩과 작물이다. 국내에서도 토마토를 비롯하여 감자, 거베라, 국화, 오이, 고추, 수박, 셀러리 등 28과 88종이 기주식물로 알려져 있다. 이러한 기주식물들도 많은 종이 새로이 보고되고 있고, 현재는 시설 재배지를 중심으로 피해가 늘어나 점차 전국적으로 확산되고 있어 효과적인 방



제가 시급한 실정이다.

아메리카잎굴파리는 북미가 원산지이며, 1970년대 중반이후 절화류, 특히 국화의 국제적인 교역에 따라 세계 각지로 급격히 확산되어 일본, 대만, 필리핀, 미국, 캐나다, 중남미, 아프리카, 유럽 등에 널리 분포하고 있다. 일본에서는 1949년 처음 발생하였으며, 1990년 시즈오카縣의 국화, 거베라, 토마토, 셀러리 등에 발생하여 심각한 피해를 주었다. 우리나라에서는 1994년에 광주시 광산구의 거베라 비닐하우스에서 최초로 발견되었으며, '95년 5월에는 제주 서귀포시 월평동 거베라하우스에서 발생되었고 '96년에는 전북, 경북 등으로 확대되었으며, 현재에는 전국적인 분포상을 보이고 있다.

잎굴파리 성충은 흔히 보이는 파리와 같은 모양의 날개가 있으며, 몸길이는 2~3mm이내이다. *Liriomyza*속의 몸색은 노랑과 검정이 조합되어 있는데, 전체적으로 검정 색이지만 이마와 작은방패판, 다리밑마디, 복부등판마디의 뒷가장자리가 노랗다.

이들의 생활사를 보면 알, 유충(3령), 번데기, 성충으로 6단계의 발육을 거친다. 암컷성충은 날카로운 산란관으로 잎의 표면에 구멍을 뚫는데, 육안으로 관찰할 수 있다. 이 구멍을 통해 유출되는 즙액을 성충이 빨아먹기 때문에 식흔이라고 하고, 또한 일부의 구멍에 알을 1개씩 낳기 때문에 산란흔이라고 한다. 보통 식흔은 동그랗고 산란흔은 타원형이다. 수컷성충은 산란관이 없기 때문에 흡즙하게 되는 경우에 암컷성충이 만들어 놓은 식흔을 이용한다.

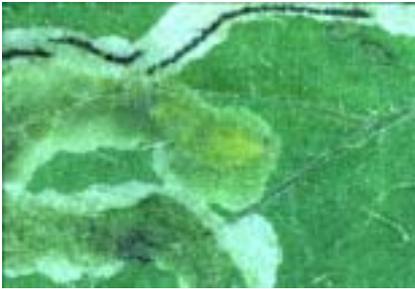
아메리카잎굴파리의 성충은 알을 토마토 잎속에 낳게 되는데, 바로 표피조직 아래에다 산란관을 삽입하고 1개씩 산란한다. 암컷 1마리당 산란수는 토마토에서는 40~60개의 알을, 국화·셀러리에서는 300~400개의 알을 낳는다. 부화한 유충은 곧바로 잎을 가해하면서 굴을 뚫는다. 유충기는 3단계이지만 각각의 영기를 구별하는 것은 매우 어렵다. 유충은 잎이 너무 작아서 충분한 먹이를 얻을 수 없을 때는 잎자루를 통해서 다른 잎으로 이동하



기도 한다. 잎밖으로 나온 유충은 다시 잎속으로 들어갈 수 없다.

알의 발육은 온도에 따라 많은 차이를 보이지만 높은 온도에서는 2일정도 낮은 온도에서는 8일정도 소요되고 있다. 발육율을 보면 12℃에서 40일정도 소요가 되지만, 32℃에서는 6일이면 번데기가 된다. 알 발육에 있어 최저 온도는 기주식물에 따라 차이를 보이기는 하지만, 토마토의 경우 보통 10℃ 전후

이다. 유충들은 알에서 깨어나자마자 섭식을 시작하는데 3령까지 발육한 후에 번데기가 된다. 번데기가 되기 전의 노숙유충은 턱으로 초승달 모양의 출구를 만들고 몇 시간 후에 밖



으로 탈출하여 지면으로 떨어진다. 유충은 번데기가 되기 위해 토양 속으로 약 5cm정도 뚫고 들어가거나, 양액재배의 경우는 플라스틱시트의 사이에 들어가 번데기가 된다. 유충 가운데는 잎에 붙은 채로 번데기가 되는 것도 있다. 번데기의 경우에 온도에 따라서 성충으로 우화되어 나오는 기간은 매우 다양하지만, 최저 발육온도는 8에서 10.3℃이다.

각태별 발육기간은 기주식물에 따라 차이가 있으며, 25℃에서 알기간 3일, 유충기간 4일, 번데기기간 9일로서, 1세대를 경과하는 데 약 16일이 소요된다. 15℃, 20℃, 30℃에서의 1세대 경과일수는 각각 50일, 23일, 14일 정도가 필요하나 35℃ 이상의 고온과 10℃ 이하의 저온에서는 발육하지 못하는 것으로 알려져 있다. 시설 내에서는 연중 발생이 가능하며, 1년에 15세대 이상 경과한다. 노지에서는 4~11월에 발생하며, 번데기로 월동이 가능한 것으로 알려져 있다.



아메리카잎굴파리는 온도와 기주식물의 영향을 받아서 생식율에 차이를 보이고 있다. 아메리카잎굴파리는 기주식물에 관계없이 온도가 낮을 경우에 산란력이 떨어지게 된다. 예를 들어 15℃의 경우에 평균적으로 단지 6개의 알밖에는 낳지 못하고 있다. 20에서의 81개보다 현저히 떨어지는 것을 알 수 있다. 아메

리카잎굴파리의 암컷 성충의 경우에는 토마토 잎 뒷면에 구멍을 뚫어 즙액을 섭식하는데 20℃에서 최대 약 1,500개의 자국을 남기고 있는 것을 알 수 있다. 또한 이들은 식물 즙액만을 섭취하는 것이 아니라 꽃가루나 꿀을 섭취하는 것을 볼 수 있다. 그러므로 토마토 하우스에 온실가루이나 진딧물이 발생한 경우에는 아메리카잎굴파리가 더욱 더 많이 개체군을 늘릴 수 있게 된다. 아메리카잎굴파리의 최저 한계온도는 12.6℃라는 보고도 있다.

표 2-2. 서로 다른 온도에서 아메리카잎굴파리의 식혼의 수와 산란 수 및 수명

온도 (℃)	조사한 암컷의 수	성충의 식혼 수	산란 수	수명(일)
15	23	296±36	6	7.1
20	38	1,357±126	81	15.6
25	39	1,032±59	63	6.4

아메리카잎굴파리 성충의 행동을 관찰하여 보면, 일출 후에 활동이 왕성하고, 특히 오전 중에 가장 활발하다. 보통 우화 후 1, 2일 이내에 교미를 하는데 보통 낮에 한다. 1회의 교미에 의해 알 전체를 수정시킬 수 있다. 교미하지 않은 암컷성충은 산란하지 않는다. 암컷성충의 산란수에 영향을 주는 요인으로는 광조건을 들 수가 있는데 일반적으로 *Liriomyza* 류는 암조건에서 산란하지 않는 것으로 알려져 있다. 또한 기주식물의 종류를 들 수가 있는데, 기주에 따라서 많은 차이를 나타내고 있으며, 일반적으로 밀도가 낮을 때에 암컷 1마리당 산란수가 많아지는 경향을 보인다는 보고를 찾아 볼 수 있으며, 상대습도가 80~90% 조건이 산란에 적당하다고 한다.

아메리카잎굴파리는 토마토에 2가지 형태로 피해를 주게 되는데, 직접적인 피해로는 아메리카잎굴파리의 유충은 잎에 굴을 파고 성충은 잎 뒷면에서 흡즙을 하게 된다. 아메리카잎굴파리의 밀도가 높은 경우에는 광합성을 심각하게 저해시키고 심한 경우에 잎을 고사시키게 된다. 성충에 의한 피해 자국은 어린 유묘나 신초에서 피해를 입게 된다. 관엽식물에서는 외관상의 가치를 떨어뜨린다. 어린식물과 묘는 직접적인 피해로 인해 완전히 못쓰게 되는 것이 보통이다. 간접적인 피해로는 이들이 식물에 병을 유발시키는 병원균을 매개

하여 피해를 주게 된다.

아메리카잎굴파리는 증식력이 높고 알과 유충은 식물조직 속에, 번데기는 흙 속에 존재하므로 1~2회 약제살포로는 만족할 만한 방제효과를 얻기 어렵고, 약제에 대한 저항성을 쉽게 획득하므로 방제하기가 어려운 해충으로 인식되고 있다. 효과적인 방제를 위해서는 시설재배지에서는 한냉사를 설치하여 성충의 유입을 차단시키고 유충의 피해가 없는 건전한 묘를 선택하는 것이 중요하며, 황색점착리본을 이용하여 성충의 발생을 조기에 발견하여 조기에 방제하는 것이 중요하다.

아메리카잎굴파리의 수와 수확량의 감소에 대한 정확한 상관관계를 구하기는 어렵지만, Wyatt et al.이 구한 것을 참고해 보면, 잎당 30개의 굴이 있을 경우에는 10%의 감수율을 보였고 60개의 굴이 있는 경우에는 20%의 감수를 일으킨다고 하였다. 해충의 밀도와 잎의 피해, 그리고 수량저하와의 관계는 계절 및 재배방법, 그리고 식물의 해충에 대한 감수성에 영향을 받는다. 그러나 아직까지 잎의 피해정도를 보고 작물의 수량감소를 추정하는 것은 곤란하다.

#### 다. 꽃노랑총채벌레

국내에는 1993년 10월 제주도내 하우스 감귤에서 처음 침입이 확인되었으며, 화훼류 수입시 유입된 것으로 추정하고 있으며 제주, 부산, 김해, 경기, 강원등 하우스단지를 중심으로 분포하고 있으며 피해가 늘어날 것으로 보인다. 꽃노랑총채벌레는 미국서부가 원산지로 북미 전체에 널리 분포하였는데, 1970년대부터 1980년대에 걸쳐 분포가 확대되어 현재에는 하와이, 중앙아메리카, 케냐, 남아프리카, 코스타리카, 콜롬비아, 유럽, 일본, 뉴질랜드 등에서 발생하고 있다.

꽃노랑총채벌레의 기주식물로는 토마토를 비롯하여 감귤류, 사과, 복숭아, 자두, 포도 등 과수류, 국화, 절화류, 호박, 토마토, 메론, 감자, 양배추, 묘목류, 각종 잡초 등 50과 200종 이상으로 광범위하다. 꽃노랑총채벌레 성충, 유충 모두 꽃, 잎, 새싹을 흡즙하여 피해를 주는데 가해부위는 변색되거나 생육에 영향을 받는다. 특히 화훼류에서는 꽃이 피기 전에 가해를 받으면 기형화가 생기고 꽃이 핀 다음 가해를 받으면 변색되는데 어두운 계통은 백색얼룩이, 밝은 계통은 갈색얼룩이 생겨 상품가치를 떨어뜨린다. 이 총채벌레는 토마토황화위축바이러스(TSWV)를 매개하는 것으로 유명하다.



꽃노랑총채벌레 암컷 성충은 1.4~1.7mm, 수컷성충은 1.0~1.2mm로 밝은 황색을 띠고 1세대 기간은 15℃에서 44일, 20℃에서 18일 정도 소요되며 온실에서 연간 12~15세대를 경과한다. 암컷은 식물 조직내에 20~40개의 알을 산란하며 27℃에서 4일만에 부화되어 유충은 식물표면에서 섭식한 뒤 토양 속내에서 번데기로 된다. 이른 봄부터 년중 가해한다.

#### 라. 오이총채벌레

오이총채벌레는 1993년 11월 제주도내의 일본 수출용 파리고추 하우스에서 처음으로 발생이 확인되었으며, 1994년 제주도내 노지감자, 시설재배 고추, 파리고추, 거베라, 오이에서 발생하여 심각한 피해를 준바 있다. 현재 제주도, 부산, 진주, 의령, 함천, 사천, 달성, 용인 등에 분포하고 있으며 분포지역이 점차 확산되고 있는 추세이다. 피해가 확인된 작물은 감자, 거베라, 고추, 파리고추, 메론, 오이 등으로 주로 채소류에서 많이 발생하고 있다. 동남



아시아가 원산지로서 1970년대까지는 인도, 인도네시아, 말레이시아, 대만, 필리핀 등 아시아, 아프리카의 열대, 아열대지역에 국한되었고, 피해는 심하지 않았다. 1980년대 이후 동남아시아 및 태평양 전역, 호주, 미국, 중남미까지 분포가 확대되고 피해가 급증하여 각국에서 주요해충으로 간주하고 있다.

기주범위는 매우 넓어 토마토를 비롯하여 오이, 수박, 참외, 멜론, 국화, 거베라, 카네이션, 당근, 감자, 고추, 가지, 피망, 파리고추, 고구마, 콩 등 농작물과 잡초류 등 약 60종과 200여종에 이른다. 채소류는 어린잎이 위축되고 잎에 흰 반점이 생기며 개화불능, 과채류의 경우 과실이 기형이 되고 과실에 백색~갈색의 식흔이 남는다. 화훼류에는 어린잎이 위축되며 잎에 식흔을 남기고 피해 꽃은 기형이 되고 꽃잎에 반점이 생겨 상품가치를 떨어뜨린다. 과채류에는 과실에 갈색반점을 남기고, 낙과가 된다.

오이총채벌레 성충은 황색으로 크기는 암컷 1.0~1.1mm, 수컷은 0.8mm내외이며 유충은 백색~담황색으로 0.3~1.3mm, 알은 백색으로 투명하다. 알 기간은 3~6일이며 작물의 엽



육(葉肉)이나 엽맥(葉脈), 과실의 조직속에 산란하며 유충기간은 6~14일이며 잎표면, 잎뒷면, 줄기, 과일, 꽃등을 가해하며 땅속에서 번데기가 된다. 알부터 성충까지 1세대 기간은 9~18일 내외이다.

#### 마. 파밤나방



파밤나방은 국내에는 1926년 처음 발견되며 농작물에 큰 피해를 주지 않았으나 1986년 이후 발생량이 서서히 증가하기 시작하여 1988년 8월 전남해남, 무안, 진도 등지의 지황, 배추, 과, 대과 등에 큰 피해를 주었으며, 그 이후에는 매년 과, 배추는 물론 수박, 콩, 무, 감자 등 채소류, 카네이션, 거베라, 안개꽃, 글라디올러스 등 화훼류 뿐 만 아니라 토마토

에 큰 피해를 주고 있다. 또한 1994년에는 담배거세미나방과 함께 전국적으로 다발생하여 배추, 과, 콩 등 노지작물에 큰 피해를 주었다. 아프리카, 북아메리카, 유럽, 중국, 동남아시아 등 열대지방에 분포되어 있으며 기주식물은 채소류, 화훼류, 약초류는 물론 쇠비름, 명아주 등 잡초류에도 피해를 주는 등 25과 69종에 이른다.

파밤나방의 부화유충이나 2~3령의 유충도 잎의 외피를 제외한 엽육부분을 가해한다. 그러나 4~5령 유충은 잎의 모든 부분을 가해한다. 파밤나방의 유충은 잎을 말아 거미줄 같은 실로써 묶고 잎조직의 내부를 섭식하며 파나 양배추 등에는 잎의 내부에 구멍을 뚫는 경향이 있고, 줄기, 열매까지도 가해한다.



열대 해충의 한 종으로 휴면은 하지 않는 것으로 밝혀졌으며 산란에서 탈피까지의 기간은 30℃에서 16일, 16℃에서 116일 정도 걸린다. 알, 애벌레, 번데기의 탈피억제 온도는 14℃이다.

파밤나방은 주로 4월부터 발생을 시작하여 9월 경에 발생 최성기를 이룬다. 1년 4~5회 발생하며 제주도 및 남부 해안지역의 따뜻한 지역에서는 1회 이상 더 발생할 수 있다. 국내에서의 월동 여부는 불확실하나 거의 불가능한 것으

로 보인다. 따라서 본 해충은 매년 성충이 비래하여 피해를 주는 것으로 추정된다.

#### 바. 담배나방

담배나방은 1958년부터 국내에 발생하기 시작하여 강수량이 적은 해에 주로 발생하는 해충으로 알려져 있으나 강우가 많았던 1994년에도 발생이 많았다. 일본, 중국, 한국, 미국 등 세계 각 지역에 분포하고 있으며 기주식물은 고추, 담배, 토마토, 가지등 주로 가지과 작물에 피해를 주지만 특히 고추의 경우 피해과율이 30~40%까지 이르게 된다. 유충이 고추나 토마토의 과일속으로 파고 들어가므로 구멍이 뚫려 있으며 탈출한 경우가 많다. 피해를 받은 과일은 과일의 종자부위를 중심으로 식해하므로 표피만 남기고 피해과일은 병원균에 의한 감염 등으로 인하여 과일 전체가 부패한다. 보통 한 마리씩 들어가 있지만 2~3마리가 있는 경우도 있다. 시설재배지에서는 출입구, 환기구 근처부터 발생하기 시작하며 8~9월에 밀도가 상승한다.

성충의 길이는 17mm 정도이고 앞날개는 밝은 황색에서 갈색까지 변이가 심하며 다자란 유충은 40mm 정도로 녹색 혹은 갈색이다. 알은 0.4mm 크기로 과일 근처나 뒷면에 1개씩 산란한다. 담배나방은 1년에 2~3회 발생한다. 번데기로 땅속에서 월동하여 6월 상순부터 제 1회성충이 우화하기 시작하여 6월 하순이 발생 최성기가 된다. 제 2회 성충은 7월 하순~8월 상순, 제 3회성은 9월 상순이 발생 최성기이다. 성충의 수명은 약 10일 내외로 성충우화 3일후부터 약 5일간 산란을 하며 보통 300~400개 정도를 산란한다. 알기간은 3~8일정도이며 온도가 높아지면 알기간이 짧아지는 경향이 있으며 생육적온인 25℃의 경우에는 약 4일 정도이다. 알에서 부화된 유충은 몇 시간이 경과되면 바로 과실속으로 파고

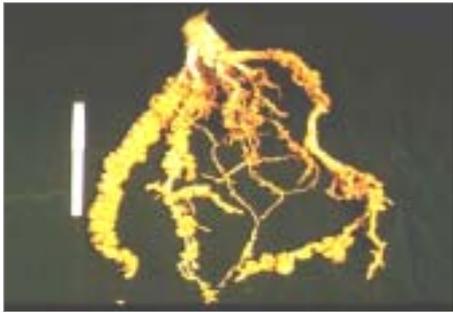


들어가 고추의 어린 씨를 가해한다. 애벌레의 수명도 온도에 따라 크게 차이가 있는데 18℃에서 32.5일, 23℃에서 15.7일, 28℃에서 13.7일로 온도에 민감한 영향을 받는다. 특히 고온보다는 저온의 영향이 더 커서 20℃이하에서는 유충기간이 급격히 길어지는 것으로 알려져 있다. 우리나라에서의 담배나방 1세대 경과기간은 보통 26~32일 정도이며 이는 담배나방 발생시

기인 7~9월이 고온기로 유충이나 번데기 기간 등이 짧기 때문이다.

## 사. 선충

대부분의 작물에 피해를 주는데 고추, 토마토, 오이, 딸기, 당근, 배추 등 300여종에 이른다. 피해를 받은 식물체의 생육이 불량하게 되고 낮에 시들음 증상이 나타난다. 심할때는 잎이 누렇게 되고 진전되면 죽는 경우도 있다. 뿌리에 혹을 형성시켜 시들음병과 구별이 가능하며 묘나 정식직후 발생하게 되면 피해가 크나, 선충 발생수가 적거나 생육후반기에 발생하면 피해가 적다. 암컷은 서양배 모양으로 몸길이가 0.4~0.8mm 정도이고 수컷은



실모양이며 몸길이가 1.0~1.9mm 정도이다. 1세대 기간은 종류에 따라 다르나 24~30℃에서는 4~5주, 온도가 낮을 때는 50여일이 소요된다. 년간 몇 세대를 반복하지만 시설재배에서는 증식이 빠르다. 식물 뿌리내에서 알이나 성충태로 월동하고 지온이 15℃ 정도 되면 활동을 시작한다. 제 2기 유충은 뿌리의 조직내에 침입 정착하여 3회 정도 탈피를 지나 성충으로 된다.

## 2. 발생예찰

IPM 전략을 수립하는데 있어 목표로 하고자 하는 것은 i) 손실 한계점을 정확히 하고, 방제를 위한 key point를 결정하고, 방제효과를 증진시키기 위한 시간과 공간에 따른 해충 개체군 동태를 정확하게 파악을 하고, ii) 시즌 간에 혹은 지역 간에 변이가 있는지를 파악을 하고, iii) 방제전략을 정확하게 수립하는데 있다. 이와 같은 과정을 수행하기 위해서는 정확하고 세밀하게 샘플을 하는 방법도 중요하지만, 하우스 내에서 효과적이고 빠르게 해충 개체군 동태를 파악할 수 있는 방법의 개발이 필수적이라 할 수 있다.

### 가) 해충 수의 조사

가능하면 시간을 절약하고 정확하게 조사하는 방법을 찾아봐야 한다. 대부분 해충의 공간적 분포를 보면 군데군데 모여 있다. 따라서 정확한 해충 숫자를 파악하기 위한 채집계

획을 잘 세워야 한다. 이것은 샘플링의 비용으로 정의 할 수 있다. 기본 원칙은 비용과 시간을 적게 하면서 가능하면 자동으로 숫자를 집계할 수 있는 방법으로 나가야 하며, 물론 정확성을 가지고 있어야 한다. 정확하지 못한 방법은 에러를 내게 되고 이러한 에러는 해충 개체군을 잘못 산정 하여 방제에 차질을 가져올 수가 있다.

해충 개체군에 대한 가장 정확한 양적인 데이터를 얻기 위해서는 해충이 있는 토마토 잎을 따서 실험실 내에서 현미경을 통하여 해충 수를 조사하는 방법이다. 이러한 방법은 시간을 너무 많이 소비하게 되지만, 정확한 개체군을 조사할 필요가 있을 때는 부분적으로 행하는 것이 좋다. 특히 온실가루이나 응애의 경우에는 육안으로는 알이나 약충 상태를 잘 구별할 수 없기 때문에 세밀한 조사가 필요하게 된다. 아메리카잎굴파리의 경우에는 육안으로도 쉽게 굴파리의 존재 여부를 파악할 수 있기 때문에 이러한 세밀한 조사 방법은 필요치 않을 수도 있다.

조사하는 시간을 절약하게 되면 비용 면에서 절약을 할 수는 있지만, 정확성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 그러나 조사하는 시간을 줄이게 되면 조사를 자주 수행을 할 수가 있고 이를 평균내면 밀도에 대한 오차의 범위도 줄일 수가 있다.

대부분의 온실에서 발생하는 곤충들은 일반적으로 무리군을 형성하게 되며, 밀도도 갑자기 증가하는 현상을 보인다. 특히 하우스의 경우 해충이 증식하기에 매우 적당한 환경조건들을 가지고 있어 조금만 소홀히 다룰 경우에는 어느 날 갑자기 해충 개체군이 높은 수준으로 증가해 있는 것을 관찰하게 될 것이다. 이러한 경우엔 초기 밀도에서 대부분 천적방사가 이루어지는 생물적 방제의 기회를 무산시킬 수가 있다. 온실가루이의 경우에 임의적으로 군데군데 몇 그루의 토마토 식물을 대상으로 개체군을 조사하게 되면 빠르고 쉽게 개체군을 예측할 수 있게 된다. 물론 이러한 간단한 조사를 통해서 전체 하우스 내의 온실가루이 밀도를 정확하게 파악은 할 수 없을 지라도 방제에 필요한 온실가루이 개체군에 대한 정보를 우리는 얻을 수가 있다. 사실상 하우스 내의 전체적인 온실가루이의 수를 조사하는 것도 힘든 일이지는 않지만, 이를 통해서 얻을 수 있는 방제에 필요한 정보는 그리 대단한 것은 아니다. 또한 끈끈이 트랩을 이용하여 전체적인 해충 발생상을 예측할 수도 있다. 보통 노란색 카드 끈끈이를 많이 사용하게 되는데 이는 토마토 하우스에서 주로 발생하는 온실가루이와 아메리카잎굴파리 등을 유인해서 잡을 수가 있기 때문이다. 그렇지만 하우스 내의 같은 장소에서 계속해서 고정하여 놓고 관찰하는 것은 위험하며 위치를 바꾸어 설치를 하는 것이 지엽적으로 발생할 수 있는 개체군을 예측하는데 효과가 있다. 또한

몇 개의 트랩을 설치하여야 할지, 혹은 얼마 간격으로 설치를 해야 할지도 고려를 해야 된다. 따라서 하우스 내에서 해충 개체군을 예찰하는 문제는 그리 간단한 일이 아니며 계획적으로 효과적인 간편한 방법을 찾아야 될 것으로 생각된다.

### 나. 농가포장에서 온실가루이의 발생소장

온실가루이의 발생동향을 파악하기 위하여 약제사용을 비교적 적게 하는 농가(부여군 임천면)와 약제를 적극적으로 사용하는 농가(부여군 세도면)를 선정하여 온실가루이의 발생을 1주일 간격으로 조사하였다. 조사방법은 연동하우스에 9개의 노란색의 끈끈이 카드 유인트랩을 9곳에 설치한 후 수거하여, 온실가루이의 개체를 현미경하에서 조사하였다. 또한 하우스 시설내의 온도와 습도의 변화를 탐색하기 위하여 전자식 온습도계를 설치하여 조사하였다. 각 지역에서 조사된 온실가루이의 발생동향을 보면 다음과 같다.

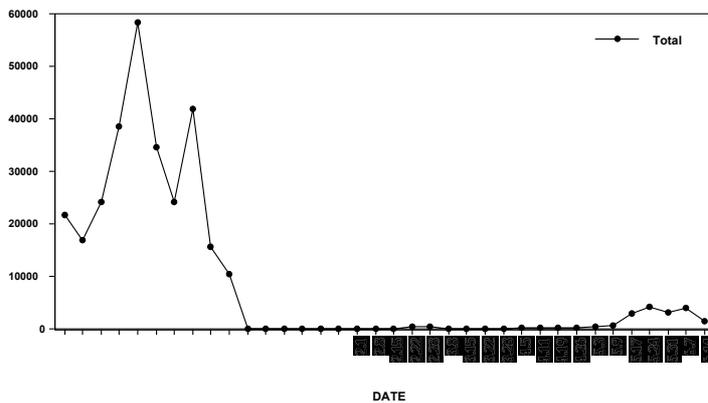


그림 2-1. 부여군 임천면 비닐연동하우스에서 온실가루이 발생 개체군 밀도 변동

그림 2-1에서와 같이 이 농가에서 2000년의 축성재배의 경우 많은 온실가루이가 발생하였으나, 반축성재배에서는 온실가루이가 현저히 감소한 것을 알 수 있다. 또한 그림 2-2와 2-3에서 볼 수 있듯이 온실가루이는 포장 전체적으로 발생을 하였으나, 8월에 정식을 하는 축성재배시(그림 2-3)와 2월에 정식을 하는 반축성재배의 경우, 축성재배시에 온실가루이의 발생이 10배 이상 많이 발생하고 있음을 알 수 있었다. 또한 하우스 내에서 출구를

중심으로 살펴보면, 반촉성재배의 경우 출입구 쪽에서 더 많은 양의 온실가루이가 발생을 하였으나, 촉성재배의 경우에는 하우스 양쪽 옆에서 더 많은 양의 발생을 확인할 수 있었으며, 이는 동절기의 난방 시스템과 하절기의 환기 체계에 기인한 것으로 생각할 수 있다.

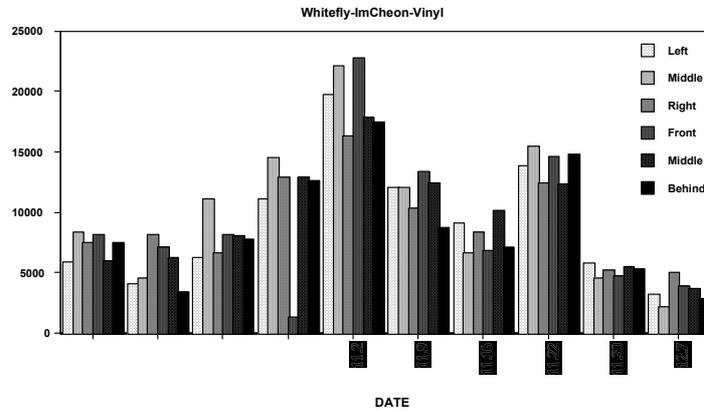


그림 2-2. 반촉성재배의 임천 비닐연동하우스 각 위치에 따라서 온실가루이 발생 개체군 밀도 변동

또한 그림 2에서와 같이 최성 발생기에 잔류량이 적은 DDVP혼연제를 이용하여 약제를 살포하였으나 완전한 방제가 이루어지지 않았고, 다른 약제를 살포하지 않은 것은 수출을 위한 수확기에 약제를 살포하는 것은 잔류의 위험성이 많이 내포되어 있어 수출농가에서는 방제가 이루어지지 않았고, 잔류가 없고 안전한 생물농약의 경우 약제 살포비용이 과다하여 경제성이 떨어지는 것으로 판단된다. 12월에는 외부기온의 하강과 수확을 대부분 끝내고 신초 등을 가지치기한 상태에서 온실가루이의 개체군 증가에 맞는 환경이 조성되지 않아 온실가루이가 점차 소멸하였으며, 12월 10일에 다음 작기를 위하여 토마토를 뽑아내고 정리하였다.

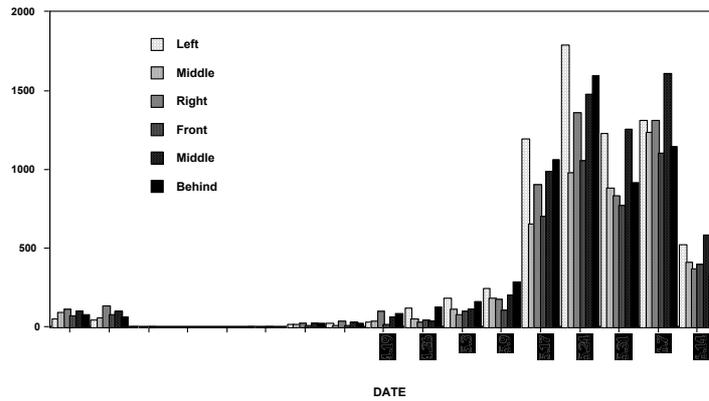


그림 2-3. 축성재배시에 임천 비닐연동하우스 각 위치에 따라서 온실가루이 발생 개체군 밀도 변동

한편 그림 2-3에서의 축성재배의 경우 2월 25일에 온실가루이가 초기 발생을 한 상태에서 코니도 액상수화제를 살포하였으나 개체군이 유지되었고, 3월1일 파단을 살포하여 온실가루이의 발생을 한 달 정도 억제시켰다. 4월 이후 온실가루이의 발생이 다시 이루어졌고, 이때에는 수확기에 접어들어 수출용 토마토에 약제사용을 자제한 결과 많은 양의 온실가루이가 발생하고 있음을 알 수 있다.

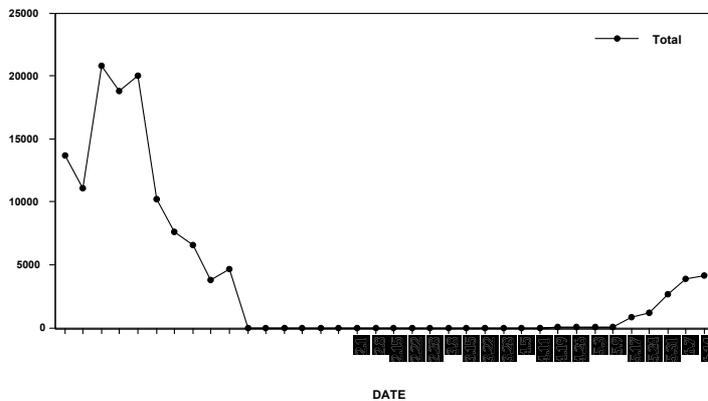


그림 2-4. 부여군 임천면 플라스틱 연동하우스 토마토에서 온실가루이 발생 개체군 밀도 변동

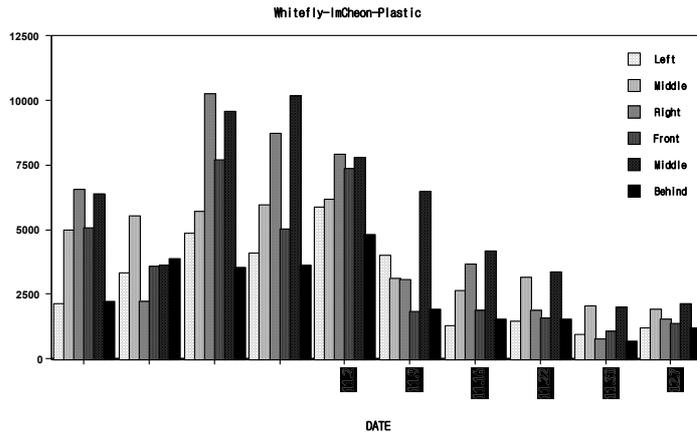


그림 2-5. 축성재배시에 임천면 플라스틱 연동하우스의 위치에 따른 온실가루이 발생 개체군 밀도 변동

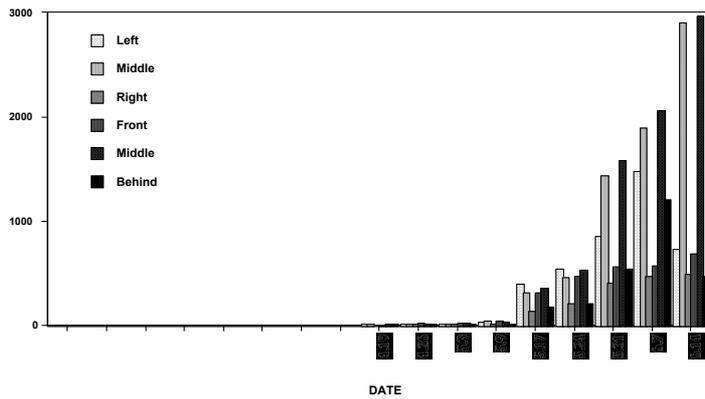


그림 2-6. 반축성 재배시에 임천면 플라스틱 연동하우스의 위치에 따른 온실가루이 발생 개체군 밀도 변동

시설하우스의 형태에 따라서 온실가루이의 발생을 비교하기 위하여 비닐연동하우스(그림 2-1)와 플라스틱 연동하우스(그림 2-4)에서 발생량을 조사하였다. 전체적으로는 온실가루이의 발생이 비슷한 양상을 나타냈으나 비닐연동하우스에 비하여 축성재배의 경우 먼저

발생하였고, 반축성 채배의 경우에는 온실가루이의 발생이 2-3주정도 늦어지고 있었으며, 특이하게도 5월 이후에는 하우스 중앙부 출구쪽 부근에 집중적으로 대발생되어 주변으로 퍼져나가고 있음을 알 수 있다. 이에 대한 정확한 발생정보는 알 수 없다.

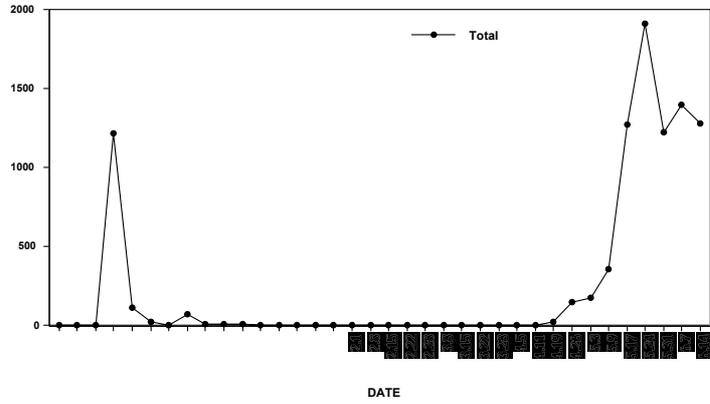


그림 2-7. 세도 비닐 연동하우스 온실가루이 발생 개체군 밀도 변동

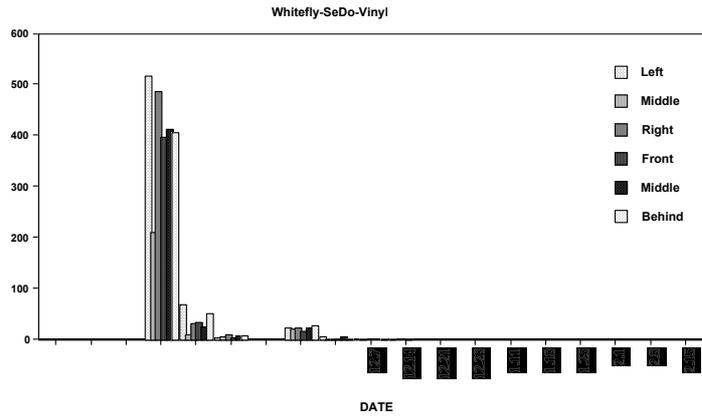


그림 2-8. 세도면 비닐 연동하우스의 축성채배지에서 위치에 따른 온실가루이 발생 개체군 밀도 변동

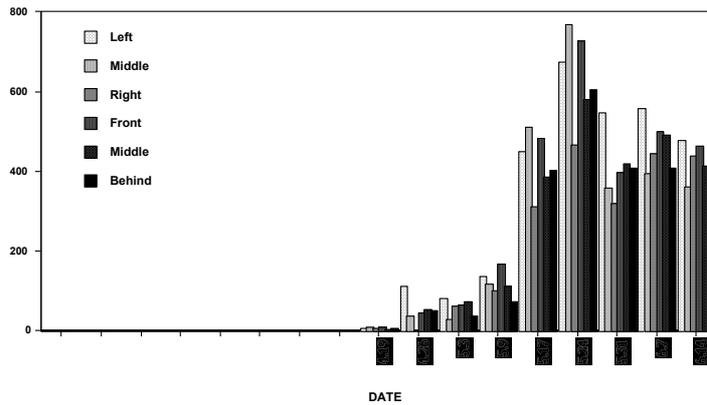


그림 2-9. 세도면 비닐 연동하우스의 반촉성재배지에서 위치에 따른 온실가루이 발생 개체군 밀도 변동

세도농가의 경우 임천 농가와와는 달리 수출을 하지 않는 농가로서 임천의 농가보다 많은 양의 살충제를 사용하고 있다. 축성재배시 대발생이 확인된 직후에 메치온, 에이팜을 10일 간격으로 2차례 살포하였고, 1월 5일에도 온실가루이와 아메리카잎굴파리가 발생하지 않았음에도 예방 차원에서 DDVP유제를 살포하였다. 그러나 4월 이후에는 약을 살포하지 않아서 5월에 온실가루이의 발생이 최성기를 이루게 되었음을 알 수 있다.

**다. 농가포장에서 아메리카잎굴파리 발생동태 조사.**

아메리카잎굴파리의 발생동향을 파악하기 위하여 앞서 설명한 온실가루이와 같은 방법으로 약제사용을 적게 하는 농가(부여군 임천면)와 약제를 적극적으로 사용하는 농가(부여군 세도면)를 선정하여 아메리카잎굴파리의 발생을 1주일 간격으로 조사하였다. 조사방법은 온실가루이와 같은 방법으로 연동하우스에 9개의 노란색의 끈끈이 카드 유인트랩을 9개소에 설치한 후 수거하여, 아메리카잎굴파리의 개체를 현미경하에서 조사하였다. 또한 하우스 시설내의 온도와 습도의 변화를 탐색하기 위하여 전자식 온습도계를 설치하여 조사하였다. 각 지역에서 조사된 아메리카잎굴파리의 발생동향을 보면 다음과 같다.

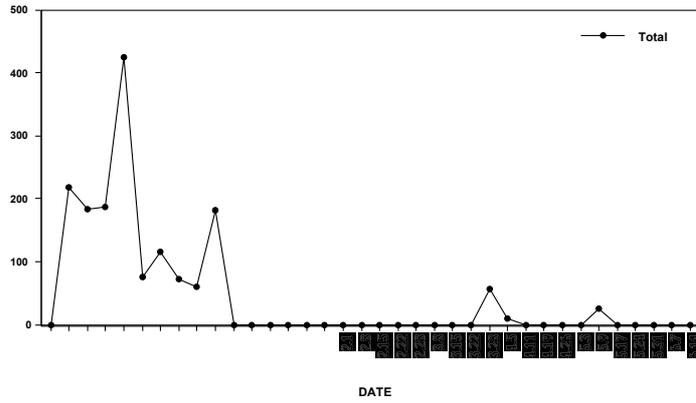


그림 2-10. 임천 비닐연동하우스 아메리카잎굴파리 발생 개체군 밀도 변동

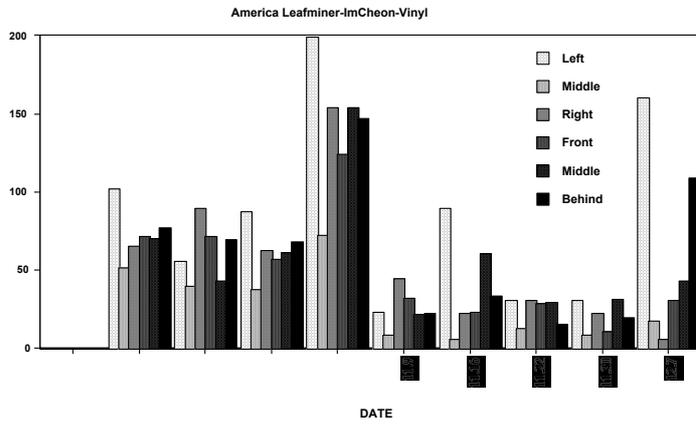


그림 2-11. 임천면 비닐연동하우스 축성재배지에서 각 위치에 따라서 아메리카잎굴파리 발생 개체군 밀도 변동

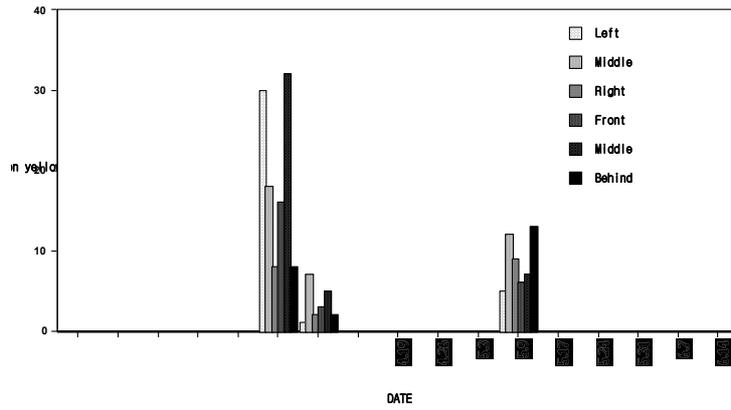


그림 2-12. 임천면 비닐연동하우스 반축성재배지에서 위치에 따른 아메리카잎굴파리 발생 개체군 밀도변동

아메리카잎굴파리의 발생은 축성재배의 경우 많은 양이 발생하였으나, 반축성재배의 경우 발생량이 경미하였고, 파단을 이용하여 좋은 방제효과를 얻을 수 있었다.

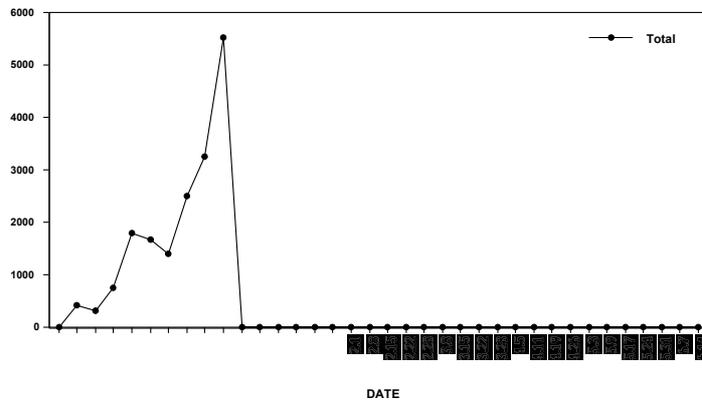


그림 2-13. 임천면 플라스틱 연동하우스 아메리카잎굴파리 발생 개체군 밀도 변동

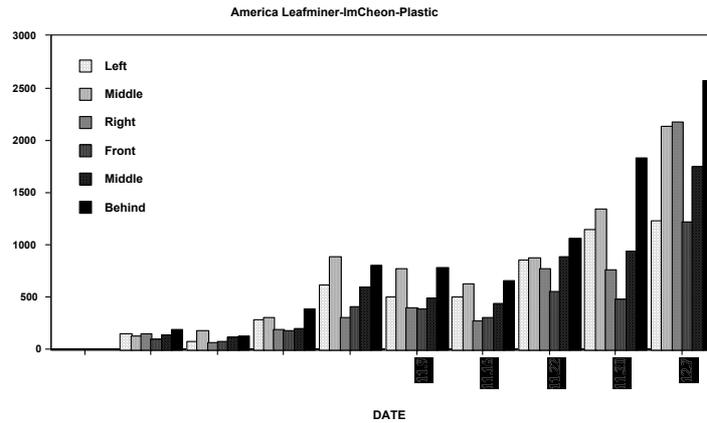


그림 2-14. 임천면 플라스틱 연동하우스의 축성재배지에서 위치에 따른 아메리카잎굴파리 발생 개체군 밀도 변동

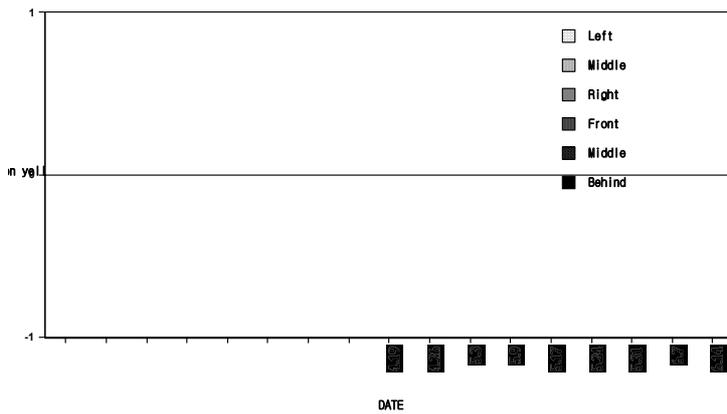


그림 2-15. 임천면 플라스틱 연동하우스의 반축성재배지에서 위치에 따른 아메리카잎굴파리 발생 개체군 밀도 변동

부여군 임천면 플라스틱 연동하우스의 축성재배지와 반축성재배지에서 아메리카잎굴파리의 발생을 보면 축성재배의 경우 많은 아메리카잎굴파리의 발생이 확인되었고, 반축성재배지의 경우에는 전혀 발생하고 있지 않음을 보여주고 있다. 아메리카잎굴파리가 전혀 발

생하고 있지 않은 요인은 세도의 경우와 같이 면밀히 조사를 해야 알겠으나 전국적인 발생상을 보아도 2002년에는 발생이 현저히 낮은 것을 미루어 기상요인에 의한 것인지를 앞으로 분석할 필요가 있다고 생각된다.

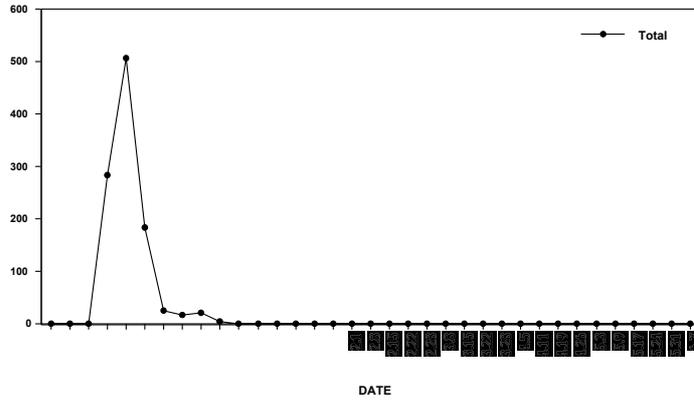


그림 2-16. 세도면 비닐 연동하우스에서 아메리카잎굴파리 발생 개체군 밀도 변동

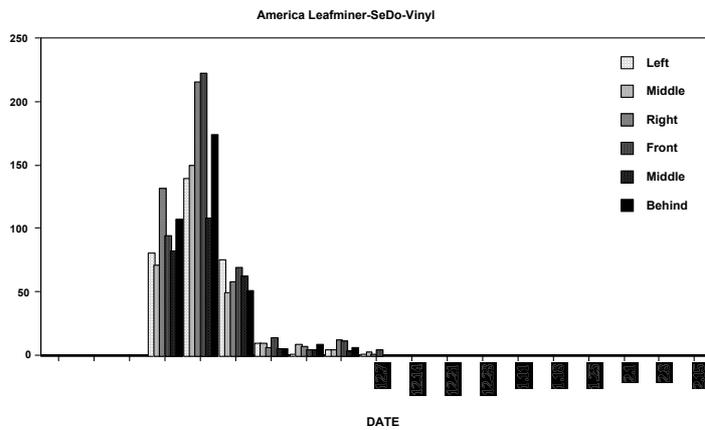


그림 2-17. 세도면 축성재배지 비닐 연동하우스 위치에 따른 아메리카잎굴파리 발생 개체군 밀도 변동

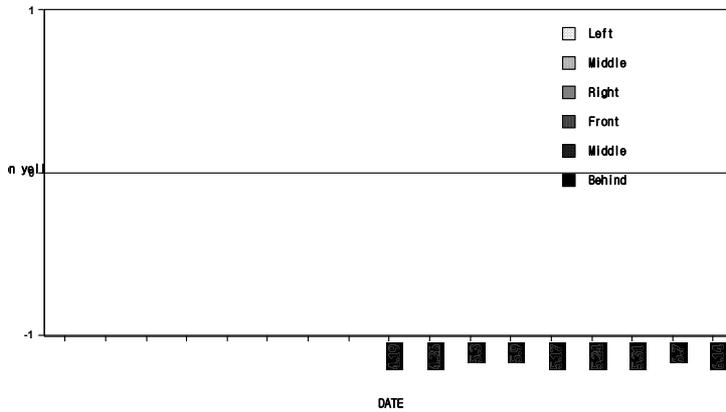


그림 2-18. 세도면 반촉성재배지 비닐 연동하우스 위치에 따른 아메리카잎굴파리 발생 개체군 밀도 변동

**라. 전국의 주요 토마토 재배단지 농가포장에서 주요 해충의 발생 조사.**

전국의 주요 토마토 재배단지에서 해충의 발생 및 살충제 사용실태 조사하였다. 조사 시기는 2001년과 2002년에 걸쳐서 실시하였으며, 주요 조사 대상 지역으로는 충남북, 전남북, 경남북 지역의 총 509 농가에 이르렀으며, 해충의 발생뿐만 아니라 해충을 방제하기 위한 살충제 사용의 여부도 함께 조사하였다. 그러나 살충제의 사용 여부는 경작농민을 만나지 못하여 사용여부를 조사할 수 없는 경우가 대부분이었고, 농민을 만난다하더라도 살충제의 사용을 말해주지 않아 조사에 의미는 없다고 판단되었으며 살충제의 자세한 사용 내역은 조사할 수 없었다.

전국적으로 토마토에 발생하는 해충의 경우에 기온이 비교적 온화한 남부지역에서 많이 발생하는 양상을 보여주고 있으나, 발생량은 아주 미미하였으며, 표 2-4과 2-5에 나타난 발생상 역시 하우스에서 한 두 마리의 해충이나 식흔이 발견되는 경우가 많아 해충이 심각하게 발생하는 것은 아니다. 동절기가 지난 후에 하우스의 온도가 상승하고 본격적인 토마토 재배가 시작되면서 많은 종류의 해충이 발생할 것으로 예상되었으나, 2002년에는 해충의 발생이 적어 농가마다 살충제의 사용량이 전년에 비해 많이 감소되고 있는 것을 알 수 있었으며, 다만 온실가루이의 경우 수확기에 접어든 농가에서는 살충제를 사용하지 못

하는 관계로 4월 이후에는 비교적 높은 밀도를 유지하고 있었다.

농가에서 사용되고 있는 살충제의 종류를 파악하기 위하여, 재배농민을 대상으로 설문을 실시하였으나 대다수의 농민들이 살충제 사용을 숨기고 있어 조사가 제대로 이루어지지 않았다. 다만 몇몇 농가에서 밝힌 살충제를 보면 메치온, 에이팜, 메소밀, 신기루, DDVP, 코니도, 타스타, 올스타, 깨끄탄, 훼나리, 샤프롤, 프리엔, 포룸디, 스프라사이드 등이 사용되고 있었다.

표 2-4. 토마토 시설재배지에서 시기별로 발생하는 해충 발생상

시 기	총 해 별 발 생 농 가 수				
	조사농가수	온실가루이	아메리카잎굴파리	담배나방류	기타
2001. 10.	65	25	5	2	0
2001. 11.	73	16	3	0	0
2001. 12.	56	3	4	0	0
2002. 1.	58	5	14	0	0
2002. 2.	61	6	12	0	0
2002. 3.	65	4	8	0	0
2002. 4.	48	3	16	0	0
2002. 5.	51	38	25	1	0
2002. 6.	32	20	12	1	0
계	509	110	99	4	0

표 2-5. 토마토 시설재배지에서 지역별로 발생하는 해충 발생상

지 역	총 해 별 발 생 농 가 수				
	조사농가수	온실가루이	아메리카잎굴파리	담배나방류	기타
충 남	93	21	16	0	0
충 북	79	12	13	0	0
전 남	82	25	24	1	0
전 북	77	15	19	1	0
경 남	91	26	13	2	0
경 북	87	11	14	0	0
계	509	55	99	4	0

### 3. 경종적 방제법

청결은 IPM을 수행하는데 있어 매우 중요한 요소 가운데 하나이다. 경종적 방제법은 식물이나 포장에 있는 여러 가지 오염물질들을 제거하거나 감소시키는 모든 활동을 포함하고 있으며, 이로 인해서 해충의 전파를 방지하게 된다. 해충의 은신처가 될 수 있는 감염된 식물의 잔해를 파묻거나 제거하는 것은 오염원을 크게 줄이는 일이다. 농기구와 같은 것들은 한 장소에서 다른 장소로 옮겨서 사용할 때에는 농기구에 묻은 흙을 말끔히 털어내고 사용하는 것 또한 토양에 존재하는 식물 병원균들의 전파를 막을 수 있는 한 방법이 될 수도 있다. 잡초는 해충의 1차적인 감염원으로 역할을 할 수 있으므로 하우스 주변의 잡초 성장을 억제시키거나 제거하는 일은 토마토를 이식하기 최소한 2주일 전에 행해져야 한다. 이러한 일은 실제적으로 온실가루이의 감염을 지연시키는 효과를 보았다는 보고도 있다(Alomar et al., 1989).

토마토 재배과정에서 토마토를 아주 강하게 키우는 것도 병과 해충에 대한 저항성을 증가시킬 수 있는 하나의 방법이 되기도 한다. 따라서 적절한 시비와 배수, 식재거리, 잡초제거와 같은 일들이 토마토를 잘 자라게 할 수 있는 방법이며, 실제적으로 해충 방제에 직·간접적으로 영향을 줄 수가 있다.

토마토 식물은 가지치기를 많이 하고 곁가지나 잎들을 따서 버린다. 따라서 식물체의 하반부는 윗부분보다 건조한 미세기후상을 형성하게 되지만, 온실가루이좀벌과 같은 일부 천적들은 오래된 잎에서 발육을 하는 경우가 많아 주의할 필요가 있다. 이런 경우에는 너무 빨리 가지치기를 하는 것보다는 약간 늦게 하거나 가지치기한 잎을 하우스에 놓고 기생봉들이 우화되어 나오길 기다리는 방법도 있다.

토마토를 재배하는 하우스는 그 모양에 있어 구조적으로나 사용하는 재질에 따라서 매우 다양하다. 예를 들어, 단순히 비닐만을 씌운 터널 모양의 하우스가 가장 일반적이라고 할 수 있으며, 높고 유리를 씌워서 만든 유리온실에서는 컴퓨터를 이용하여 기상 환경을 조절할 수 있는 하우스까지 매우 다양하다. 따라서 이들 각각의 하우스 형태에 따라서 토마토의 IPM은 달라질 수가 있다. 그렇지만, 이들 하우스의 공통점은 비가림이 이루어지고, 따듯하며, 습도가 높고, 바람이 없어 작물이 자라기에는 아주 이상적이라고 할 수 있다. 그러나 이러한 조건은 작물뿐만 아니라 해충에 있어서도 아주 좋은 조건이 되고 있다는 사실이다.



이러한 일반적인 조건에도 불구하고 하우스에서 토마토를 재배하는 것은 일반 노지 재배에서 보다 양적으로나 질적으로 좋은 토마토를 생산할 수 있는 기반이 되는 것이다. 예를 들어 제한된 공간에서 천적을 이용한 생물적 방제가 가능하며, 인위적으로 온도나 습도를 조절하여 토마토 식물에 최적의 환경 조건을 만들어 주기가 매우 용이하다. 일반적으로 이러한 시설이 잘 되어 있는 유리온실에서의 IPM은 일반 하우스에서보다 훨씬 더 수월하게 행해질 수가 있다. 또한 해충의 유입을 차단 할 수 있는 망사를 설치하면 해충의 초기 발생을 야외에서 보다 지연시킬 수가 있다.

#### 4. 생물학적방제

##### 가. 온실가루이의 생물적 방제

천적의 방사기술과 대량사육, 보관을 포함한 생물적 방제 기술은 주요 하우스 토마토 해충을 방제하는데 이용되고 있다.

하우스 토마토에서 온실가루이를 방제하기 위해서 계절적 동향에 따라 기생봉인 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa*)을 방사하는 일은 이제는 온대지역의 온실이나 하우스에서 일반화된 일이 되었다(Onillon, 1990). 그렇지만, 기후가 서늘하고 구름이 많은 곳에서는 그리 효과가 높지는 않아서 일부 유럽지역에서는 온실가루이좀벌과 함께 *Macrolophus caliginosus*를 사용하기도 한다. 사실 지금은 전에 온실가루이좀벌만을 사용하던 곳에서 이 두 가지 천적을 모두 함께 사용을 하고 있는 실정이다. 따뜻한 지역에서는 온실가루이의

초기 밀도가 추운 지역보다 훨씬 높다. 또한 작물들 간에 서로 온실가루이들이 전파가 된다. 따라서 이러한 지역에서는 다른 지역보다 보다 높은 밀도의 천적을 방사해야 효과를 볼 수가 있다. 토마토에 발생하는 아메리카잎굴파리를 방제하기 위한 천적으로는 주로 굴파리좀벌(*Diglyphus isaea*)이 상품화되어 사용되고 있다. 굴파리좀벌은 보통 잎굴파리좀벌(*Dacnusa sibirica*)과 함께 사용되는데, 비교적 기후가 추운 지역에서 많이 사용한다. 토마토에 발생하는 진딧물에 대해서는 아직까지 천적이 상품화되지 않고 있다. 일반적으로 하우스에서 진딧물이 발생을 한다 하더라도 경제적 피해수준에는 크게 도달하지 않고 있다. 따라서 살충제의 사용도 별로 없다. 하우스 토마토에서 점박이용애를 방제하기 위한 칠레이이용애(*Phytoseiulus persimilis*)의 사용은 크게 효과를 보지 못하고 있으며, 많이 사용하지도 않고 있다.

### 1) 온실가루이좀벌을 이용한 온실가루이의 생물학적방제

1926년에 토마토 재배농민들은 영국의 곤충학자 Speyer를 주목하였는데, 그는 온실가루이에서 검은 번데기를 발견을 하였고, 여기서 우화되어 나온 기생벌을 발견하였는데, 이것을 온실가루이좀벌(*E. formosa*)이라 하였다. 이 좀벌은 수년 내에 수백만 마리가 농가에 보급이 되었고, 1930년대 중반에 좀벌을 키우는 곳만 하더라도 800여 곳에 이르렀다. 이 시기에는 온실가루이좀벌이 영국뿐만 아니라 다른 유럽국가들과 캐나다 호주 뉴질랜드 등으로 수출이 되기도 하였다. 그러나 2차 대전이 끝나고 온실가루이좀벌은 사라지기 시작하였는데, 이는 새로운 합성농약들이 온실의 해충을 방제하기 위하여 무차별로 사용이 되었기 때문이다. 그 후 온실가루이가 살충제에 대하여 저항성을 갖게 되자 1970년대에 들어서면서 다시 온실가루이좀벌에 대한 관심이 높아지게 되었고, 이제는 세계 35개국에서 온실가루이를 방제하기 위하여 온실가루이좀벌을 사용하고 있다(van Lenteren *et al.*, 1992).



온실가루이좀벌은 알, 1령, 2령, 3령, 번데기와 성충의 발육단계를 거친다. 이 6개의 발육단계 중 성충을 제외한 모든 발육단계는 기주인 온실가루이의 약충이나 번데기의 체내에서 생활한다. 암컷성충은 모든 약충에 산란할 수 있지만 특히 3령과 4령 초기의 온실

가루이에 산란하는 것을 선호하는데 그 이유는 발육에 성공할 확률이 가장 높기 때문이다. 온실가루이좀벌이 온실가루이의 번데기체내에서 발육하는 과정 중에 기주의 번데기는 검정색으로 변하기 때문에 쉽게 기생여부를 판단할 수 있다. 성충은 거의 동그란 모양의 구멍을 뚫고 우화하며 성충의 크기는 0.6mm 정도로 머리는 검정색이고 가슴과 배는 노란색이다. 수컷성충은 온몸이 모두 검은색이며 암컷보다 약간 크며, 수컷의 비율은 정상적인 집단에서 1~2% 미만이다. 온실가루이좀벌의 성충은 감로나 기주인 온실가루이 체액을 먹고 산다.

온실가루이좀벌의 발육기간은 좀벌이 기생한 온실가루이의 발육단계와 온도에 영향을 받는다. 23℃에서 기생된 온실가루이는 10일이 지나면 검은색으로 변하며 이때 기주내에 있는 온실가루이좀벌은 유충상태이다. 2일이 더 지나면 온실가루이좀벌은 번데기가 되고 기간은 7일이다. 온실가루이가 흑화후 10~11일이 지나면(기생당한지 21일 후) 온실가루이좀벌은 우화한다. 온실가루이좀벌은 온실가루이보다는 발육이 빠르며 온도에 따라 발육기간이 다양하다.

온실가루이좀벌의 정상적인 집단에는 수컷의 비율이 매우 낮으며 짝짓기를 하지 않아도 암컷을 낳는 처녀생식을 한다. 암컷은 가장 좋은 조건에서 약300개의 알을 낳으며 매일 10~15개의 알을 낳는다. 온도와 습도는 산란에 큰 영향을 주지 않는데 온도18~27℃, 습도 50~80%정도면 무난하다. 암컷성충의 수명은 온도가 증가함에 따라 급격히 줄어들어 30℃에서는 며칠밖에 살지 못한다.

온실가루이좀벌은 매우 활발한 탐색활동을 하며 기주인 온실가루이를 찾을 때까지 무작위행동을 하며 한번 한곳에서 알을 낳기 시작하면 그곳에 있는 모든 기주에 알을 낳은 뒤에 새로운 장소를 찾아 이동한다. 행동반경은 10~20m 정도이다. 온실가루이가 분비하는 감로는 끈적끈적하여 온실가루이좀벌의 행동을 방해하기 때문에 온실가루이의 밀도가 높으면 온실가루이좀벌의 방제효율은 떨어진다.



온실가루이와 온실가루이좀벌과는 어떠한 관계가 있는지를 알아보기 위해서 온실가루이좀벌이 어떻게 온실가루이를 공격하는지를 알아야 한다. 온실가루이좀벌의 경우에 하우스 온도와 기주식물의 구조에 따라서 기주탐색행동과 기생률에 영향을 받게 된다. 또한 기주식물의 상태에 따라서도 달라질 수가 있다.

온실가루이좀벌은 멀리서는 온실가루이의 존재 여부를 알 수가 없고 단지 잎에 앉아서 온실가루이 약충을 찾아다니게 된다. 온실가루이에 감염된 잎을 놓고 온실가루이좀벌이 찾아오는 시간을 보면 꽤 오랜 동안 온실가루이좀벌을 볼 수 없는 경우가 많다. 그러나 일단 온실가루이에 감염된 잎을 발견하게 되면 집중적인 산란을 통해서 온실가루이 유충을 죽이게 되고 그 감염율에 있어서도 상당히 높은 편이다. 그러나 온실가루이좀벌의 수가 너무 적을 때나, 하우스의 온도가 너무 높은 경우에는 기생율이 아주 미미함을 알 수 있다.

온실가루이와 온실가루이좀벌의 상호관계를 알기 위해서 먼저 기생자의 먹이 탐색 활동과 온실가루이와 온실가루이좀벌의 개체군 발육, 그리고 식물체 내에서의 온실가루이와 온실가루이좀벌 사이의 공간적 분포, 마지막으로 토마토 잎의 성장에 관한 사항을 관찰해야 한다. 이러한 관계를 그림으로 요약하면 다음과 같다. 대부분의 온실가루이 성충은 오래된 잎보다는 잎이 연한 신초부위에서 흡즙 활동을 하고 있다. 따라서 자연적으로 산란활동도 신초부위에 하게 된다. 신초부위에 산란된 알은 부화하여 약충이 되는데 부화한 1령 약충은 섭식할 장소를 찾아 이동한 후 고정되어 정착을 하게 된다. 정착을 하게 되면 계속 한자리에서 번데기될 때까지 섭식을 하게 된다. 이러한 과정이 진행됨에 따라서 방울토마토는 성장을 하게 되고 잎은 성숙을 하면서 하위엽으로 변하게 된다. 따라서 방울토마토의 상층부위에는 알을 비롯한 어린 발육단계가 주로 많이 몰리게 되고 아래로 내려갈수록 성숙한 단계의 약충들이 존재하게 된다. 한편 온실가루이좀벌의 경우에는 어린 약충에서부터 노령약충에 이르기까지 모든 단계의 약충에 산란을 하지만, 대체적으로 어린 단계의 약충을 선호하여 어린 약충이 많이 분포하고 있는 상위엽으로 이동을 하게 된다. 따라서 온실가루이좀벌의 번데기 단계도 온실가루이의 번데기 단계와 비슷한 분포를 보이게 된다. 일반적으로 방울토마토의 경우에는 수시로 가지치기를 행하게 되는데, 이러한 경우에는 온실가루이좀벌의 번데기 단계가 있는 잎들이 잘려나갈 가능성이 매우 크다고 볼 수 있다. 그 결과, 온실가루이좀벌의 개체군이 줄어드는 일이 발생할 수 있으므로, 가지치기 한 잔재물은 하우스 주변에 보관을 하여 온실가루이좀벌이 우화되기를 기다리는 것이 필요하다.



그림 2-19. 하우스 방울토마토에서 온실가루이와 온실가루이좀벌의 수직적 공간분포.  
온실가루이와 온실가루이좀벌의 각각의 발육단계가 방울토마토의 잎의 특정한 층에 분포하고 있는 것을 알 수 있다.

이러한 내용은 규모가 큰 하우스에서 온실가루이좀벌의 이용을 확대시키고, 방제가 잘 안 되는 하우스에서의 방제 전략을 세우고, 재배방법의 개선, 혹은 하우스내 환경의 조절을 통해서 온실가루이좀벌에 의한 방제력을 향상시킬 수가 있다.

## 2) 온실가루이좀벌의 우화시기

천적회사에서 구입한 온실가루이좀벌이 우화하는 시기를 조사하기 위하여 직경 9cm 사레에 카드를 하나씩 넣은 다음 실험실 조건에서 매일 우화하는 온실가루이좀벌의 성충을 조사하였다. 결과를 보면 구입 후 4일째까지는 온실가루이좀벌이 전혀 부화하지 않았고, 5일째부터 부화하기 시작하여 9일째 혹은 10일째 되는 날에는 모두 부화하는 것을 알 수 있었다. 5일째 되는 날에는 전체 우화된 온실가루이좀벌을 대비로 보았을 때에 14.2%가 우화하였고, 6일째되는 날에는 32.6%가, 7일째는 28.6%, 8일째는 16.2%가 각각 부화하였다. 또한 전체적인 머미수와 부화한 개체와의 비율을 보면 총 68.6%밖에는 부화를 하지 않았다. 이와 같은 결과로 미루어 보면, 온실가루이를 생물적으로 방제하고자 할 때에는 온실가루이좀벌을 구입한 후에도 4-5일 정도의 시간 간격이 있기 때문에 온실가루이의 개체군을 조사한 후에, 원래 밀도보다는 약간 2-3일 시기를 앞당겨 온실가루이좀벌 카드를 걸어 놓는 것이 좋을 것으로 생각되며, 머미에서 우화되는 전체적인 우화율이 대략 70% 수준을 감안하게 되면 투입되는 천적의 양도 약 30%정도 증대를 시켜야 될 것으로 사료된다.

표 2-6. 상업적으로 시판되는 온실가루이좀벌의 우화시기

일차	온실가루이좀벌의 우화 수 및 우화율											
	Card 1		Card 2		Card 3		Card 4		Card 5		합 계	
	우화 수	우화율(%)	우화 수	우화율(%)	우화 수	우화율(%)	우화 수	우화율(%)	우화 수	우화율(%)	우화 수	우화율(%)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	28.0	16.9	27.0	16.7	22.0	17.9	16.0	8.1	14.0	13.5	107.0	14.2
6	53.0	31.9	54.0	33.3	50.0	40.7	57.0	28.9	31.0	29.8	245.0	32.6
7	47.0	28.3	41.0	25.3	36.0	29.3	55.0	27.9	36.0	34.6	215.0	28.6
8	27.0	16.3	26.0	16.0	7.0	5.7	43.0	21.8	19.0	18.3	122.0	16.2
9	11.0	6.6	14.0	8.6	7.0	5.7	21.0	10.7	4.0	3.8	57.0	7.6
10	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.8	5.0	2.5	0.0	0.0	6.0	0.8
합계	166.0	100.0	162.0	100.0	123.0	100.0	197.0	100.0	104.0	100.0	752.0	100.0
머미수	213.0		228.0		209.0		232.0		214.0		1,096.0	
우화율	77.9		71.1		58.9		84.9		48.6		68.6	

### 3) 온실가루이좀벌에 의한 온실가루이의 방제시 문제점

온실가루이좀벌을 이용해서 온실가루이를 방제하고자 할 때에 성공하지 못하는 이유를 분석해 보면 다음과 같은 이유를 들 수가 있다.

첫째, 기주식물이 온실가루이에 대한 감수성이 높은 경우이다. 토마토의 경우는 그렇지 않지만, 오이나 가지작물의 경우에는 온실가루이의 개체군 증가율이 매우 높아서 온실가루이좀벌을 이용한 방제는 대량의 온실가루이좀벌을 투입하지 않는 이상 방제하기가 쉽지 않다.

둘째, 기주식물이 온실가루이좀벌이 활동하기에 부적합한 식물의 경우에는 소정의 효과를 보기가 어렵다, 예를 들어 오이 같은 경우에는 잎 뒷면의 털이 온실가루이좀벌의 산란에 장애요인으로 작용하는 것을 알 수 있다.

셋째, 온실가루이좀벌의 상태가 좋지 않은 경우엔 활력이 많이 떨어져서 기생율이 저하될 수가 있다. 활력의 문제는 우화된 온실가루이좀벌에 대한 활동성뿐만 아니라 공급되는 온실가루이가 얼마나 많이 머미<sup>1)</sup>에서 우화를 하여 활동하느냐 하는 것이 더욱 중요한 문제라 하겠다. 이러한 머미의 우화율을 살펴보면, 비교적 안정적인 온도와 습도를 유지하고 있는 실험실 내에서의 우화율은 70% 내외이고, 부여군의 연동하구스에서의 우화율도 비교적 안정된 편이었으나 75% 수준에 머물렀고, 터널형식의 비닐하우스에서는 낮의 고온과 밤의 저온에 의한 영향 때문인지 알 수 없으나 머미에서 온실가루이 좀벌의 우화율이 12% 안밖으로 매우 저조하였다. 이와 같은 사실은 천적의 질적인 향상에 대한 문제를 제기하게 된다. 또한 각각의 카드에 붙어있는 머미의 수도 30개 정도의 편차를 가지고 있어 양적인 문제도 좀 더 고려를 해야할 것으로 평가되었다.

넷째, 겨울철의 경우에 토마토 하우스 내의 온도가 너무 떨어지게 되면 온실가루이좀벌의 활동력이 저하되어 산란활동에 제약을 주게 된다.

다섯째, 극단적인 경우 온실가루이 이외의 다른 해충을 방제하기 위하여 살충제를 사용하는 경우에 온실가루이좀벌에 피해를 줄 수가 있다.

여섯째, 토마토의 경우에 가지치기를 많이 할 때에 온실가루이좀벌이 채 성숙하기 전에 가지치기로 잎을 떼어내게 되면 온실가루이좀벌의 개체군이 감소하게 되어 효과를 볼 수 없는 경우가 발생한다. 이와 같은 경우에는 가지치기한 잎을 하우스 내에 두고 온실가루이좀벌이 우화되어 나올 때까지 기다려야 한다.

일곱째, 온실가루이의 개체군 밀도가 너무 높은 경우에는 온실가루이좀벌의 개체군 증가보다 훨씬 빠르게 온실가루이가 증가하게 때문에 온실가루이 발생초기에 방제가 이루어져야 한다.

여덟째, 외부에서 온실가루이가 계속 유입되는 경우, 특히 하우스 주변의 잡초에서 유입이 되는 경우에 온실가루이 방제 효과가 나타나지 않기 때문에 주변의 잡초를 제거하고 방충망을 이용하여 온실가루이의 유입을 차단시켜야 한다.

---

1) 온실가루이좀벌이 온실가루이 내부에서 기생을 하게 되면 온실가루이의 약충이 까맣게 변하여 경화된 상태를 일컫음

표 2-7. 연동하우스에서 온실가루이좀벌의 우화율

	카드당 붙어있는 온실가루이좀벌 머미 수	우화수	우화율
	195	166	85.1
	198	161	81.3
	209	123	58.9
	232	197	84.9
	214	104	48.6
	204	174	85.3
	181	136	75.1
	178	132	74.2
	196	132	67.3
	193	144	74.6
	189	147	77.8
	148	119	80.4
	168	127	75.6
	177	122	68.9
카드당 붙어있는 머미 수	183	136	74.3
	202	157	77.7
	132	63	47.7
	152	118	77.6
	216	128	59.3
	165	111	67.3
	161	102	63.4
	201	155	77.1
	203	145	71.4
	179	125	69.8
	171	112	65.5
	191	142	74.3
	208	155	74.5
	183	124	67.8
	120	82	68.3
	191	139	72.8
<b>평균</b>	<b>184.7±24.9</b>	<b>132.6±26.8</b>	<b>71.6±9.3</b>
<b>총합</b>	<b>5,540</b>	<b>3,978</b>	

표 2-8. 연동하우스에서 온실가루이잡벌의 우화율

	카드당 붙어있는 온실가루이잡벌 머미 수	우화수	우화율
	203	163	80.3
	191	165	86.4
	192	144	75.0
	212	172	81.1
카드당 붙어있는 머미 수	160	119	74.4
	155	105	67.8
	159	131	82.4
	129	123	95.4
	115	107	93.0
	85	72	84.7
	127	14	11.0
<b>평균</b>	<b>157.1±40.2</b>	<b>119.5±46.1</b>	<b>75.6±22.9</b>
<b>총합</b>	<b>1,728</b>	<b>1,315</b>	

표 2-9. 터널식 단동 하우스에서 온실가루이잡벌의 우화율

	카드당 붙어있는 온실가루이잡벌 머미 수	우화수	우화율
	212	38	17.9
	236	47	19.9
	216	32	14.8
	180	22	12.2
카드당 붙어있는 머미 수	196	36	18.8
	212	30	14.2
	203	8	3.9
	202	5	2.5
	208	37	17.8
	234	7	3.0
<b>평균</b>	<b>209.9±16.7</b>	<b>26.2±14.9</b>	<b>12.5±6.8</b>
<b>총합</b>	<b>2,099</b>	<b>262</b>	

## 나. 아메리카잎굴파리의 생물적 방제

### 1) 잎굴파리좀벌(*Dacnusa sibirica*)을 이용한 아메리카잎굴파리의 생물적 방제



잎굴파리좀벌은 단독 기생하는 내부기생성 좀벌이다. 암컷은 산란장소를 찾을 때에 촉각을 이용하여 토마토 잎 표면을 마치 드럼 치는 모양을 하며 잎굴파리 유충을 찾아다닌다. 굴이 있는 위치에 오게 되면 더듬이와 산란관을 이용해서 굴파리 유충을 찾게 되고 유충이 발견된 후에는 산란관을 찢어 넣게 된다. 잎굴파리의 모든 발육단계에 있는 유충에 알을 낳게 된다. 잎굴파리좀벌의 경우에는 유충의 발육단계를 구별할 수 있는 능력이 없는 듯 하며, 또한 유충이 이미 기생을 당한 건지 기생을 당하지 않은 건지를 분별할 수 있는 능력이 없는 것으로 보인다. 일반적으로 기생당한 굴파리 유충은 번데기까지 발육이 가능하며 잎굴파리좀벌의 성충은 보통 굴파리의 번데기 단계에서 우화되어 나온다. 일반적으로 잎굴파리좀벌 성충은 약 50여개의 알을 낳고, 10일 내외의 수명을 가지고 있으며, 발육기간은 보통 15일 정도이다.

잎굴파리좀벌은 맵시벌상과(Ichneumonoidea)의 고치벌과(Braconidae)에 속하는 내부기생성 천적이다. 잎굴파리좀벌은 장승입고치벌아과(Alysinae)에 속하는데, 이 아과는 고치벌과 가운데 가장 큰 아과의 하나이다. 내부기생천적의 알과 유충을 관찰하기 위해서는 기생된 잎굴파리의 유충을 해부하지 않으면 안된다. 잎굴파리좀벌은 잎굴파리 유충의 1령과 2령을 선호하고, 알을 잎굴파리 유충의 몸속에 낳고, 성충이 잎굴파리의 번데기로부터 우화한다. 잎굴파리좀벌 알은 백색으로 타원형이다. 잎굴파리좀벌 유충의 머리는 작고 뾰족하며 턱이 작고 유충은 회백색으로 빨강색의 턱을 가지고 있으며, 번데기는 황백색으로 턱이 없다. 성충은 다갈색~흑색이고 몸길이는 2~3mm이다.

잎굴파리좀벌은 기주식별능력, 즉 기생봉에 의해 이미 기생당한 유충과 기생당하지 않은 유충을 구별할 수 있다. 기생률이 높아지면 과기생(superparasitism)이 생긴다. 즉 1개체의 유충에 여러개의 알을 낳는다. 과기생된 잎굴파리의 번데기에서 우화하는 기생봉은 1개체뿐이다. 시설내에서 두 기생봉 모두 잎굴파리의 번데기속에서 월동할 수 있기 때문에 이

듬해 봄에도 계속 방제효과를 보인다.

## 2) 굴파리좀벌(*Diglyphus isaea*)을 이용한 아메리카잎굴파리의 생물적 방제



*D. isaea*는 좀벌과에 속하는 외부기생성 천적이다. 유럽, 북아프리카, 일본, 한국에 존재하고 있지만 세계적으로는 분포는 그다지 넓지 않다.

암컷성충은 산란에 앞서 기주곤충인 잎굴파리 유충을 마비시키고 기주옆에 알을 낳는다. 대부분의 경우 산란수는 1개이고 2령유충후기 혹은 3령을 선호한다. 알은 불투명한 타원형으로 크기가 작기 때문에 잘 보

이지 않는다. *D. isaea*의 부화한 어린 유충은 잎굴파리 유충의 주변에 있지만 노숙유충은 잎굴파리 유충으로 얼마간 떨어져 있다. *D. isaea*의 유충기는 각각 색깔에 따라 3단계로 나눌 수 있는데, 처음에는 무색투명하고, 다음에 황색과 반투명한 갈색, 마지막에는 청녹과 갈색이 된다. 충분히 발육한 유충은 보통 기주로부터 떨어져 굴속에서 번데기가 된다. 번데기의 눈은 빨갛고, 처음에는 녹색이지만 점차 검정색이 되어 외관상 확실히 알아볼 수 있다. 우화시 앞의 윗면에 둥근 구멍을 만들고 굴에서 탈출한다. 성충은 검정색이고 더듬이가 짧다. 암컷은 수컷보다 약간 크고 뒷다리에 황색의 띠가 있는 것이 특징이다.

*D. isaea*의 발육기간은 기주 곤충인 잎굴파리보다 짧다. 따라서 여름철과 같이 해충의 발육태가 중복되는 고온기에 밀도가 급격히 증가하기 때문에 방제효과면에서 유리하다. 15℃이상의 온도조건에서 *D. isaea*는 잎굴파리보다 개체증식이 빠르다. 반면에 고온조건에서 *D. isaea*는 치사율이 높다.

포장에서 잎굴파리가 좀벌에 의해 기생당하고 있는지 여부는 잎에 짧은 굴이 있는지를 살펴보면 알 수 있다. 잎굴파리의 유충은 *D. isaea*에 기생당하면 곧바로 가해를 멈추며, 기생봉에 찢리면 많은 양의 배설물을 낸다. 이는 유충이 죽기 전에 장내의 내용물이 배설하기 때문이다. 잎굴파리 유충이 기생당하면 발육은 멈추지만 곧바로 죽지는 않는다. 산란에 의한 기생뿐만 아니라 기주체액섭취에 의해서도 잎굴파리의 밀도는 크게 영향 받는다. 기주체액섭취란 기생천적이 기주유충의 몸을 찢어 체액을 흡즙하는 것을 말한다. 기주체액섭취의 대상으로 1령과 2령 유충을 특히 선호한다. 20℃정도의 최적조건에서 일반적으로 1마

리의 암컷은 약 360마리의 잎굴파리 유충을 죽이지만, 그 가운데 70마리는 기주체액섭취 때문이고, 290마리는 산란에 의한 기생 때문이다.

잎굴파리 유충의 밀도가 높을수록 *D. isaea*가 잎굴파리 유충의 밀도가 높은 곳을 찾아낼 수 있거나 또는 보다 효율적으로 기주를 탐색할 수 있기 때문일 것이다. *D. isaea*는 노지에서 월동이 가능한 것으로 생각되고, 5월~6월에 야외에서 시설내로 유입된다.

### 3) 아메리카잎굴파리의 생물적방제 방법

기생봉을 이용한 생물적 방제는 이미 외국에서 개발되어 상품화되어 있는 수입기생봉 (*D. isaea*, *D. sibirica*)을 이용하는 방법, 토착기생봉을 개발하여 이용하는 방법, 기생봉의 방사와 자연발생 기생봉의 보존을 조합하는 방법을 생각해 볼 수 있다.

*D. isaea*, *D. sibirica*는 성충을 플라스틱병에 넣어 판매하고 있다. 현재에 판매되고 있는 기생봉은 두 종을 혼합한 것이 이며, 한 병당 250마리가 들어있다. 방사방법은 포장에서 병뚜껑을 열면 성충이 밖으로 나오기 때문에 아주 간단하다. 방사량은 0.1마리/㎡을 기준으로 한다. 기생봉을 방사하는 시기는 특히 중요하고 방사가 늦게 되면 방제효과가 낮아지게 된다. 그러므로 황색트랩 등을 하우스내에 설치하여 아메리카잎굴파리 성충이 유살되기 시작하자마자 1주 간격으로 기생봉을 수회에 걸쳐 방사한다.

이미 세계적으로 효과가 입증되어 널리 사용하고 있는 기생봉을 도입하여 생물적방제에 이용하는 것은 새로운 천적을 개발하는 것보다 우선은 쉬운 방법이라고 할 수 있다. 토착기생봉의 이용법은 두 가지로 생각할 수 있다. 하나는 자연 발생하는 천적상을 보존하여 잎굴파리의 다발생을 억제하는 방법이다. 이 방법에서는 살충제의 제한 사용이 중요하다. 잎굴파리 기생봉은 모든 살충제에 대하여 감수성이 높기 때문에 유기인계나 합성 피레스로이드계 등 비선택적 살충제를 살포하게 되면 치명적이다. 기생봉을 보존하기 위해서는 살충제를 전혀 사용하지 않고 재배하거나, 기생봉에 대하여 영향이 적은 선택적 살충제(예를 들면, IGR계)만으로 방제체계를 세우는 것이 필요하다.

또 하나의 방법은 토착기생봉 가운데 유망한 기생봉을 선발, 증식하여 필요한 시기에 필요한 양을 방사하는 방법이다. 이 방법은 시설해충의 생물적 방제에서 가장 적절한 방법이라고 생각한다. 왜냐하면 시설재배포장은 노지와는 달리 닫혀진 공간이고, 작물재배를

위한 인위적인 관리가 집중되며, 년중 재배가 가능하기 때문이다. 여기에서는 기생봉의 종류 및 발생패턴을 조사하고, 천적의 기생능력을 상호비교하여 가장 효과적인 천적을 선발하는 것이 중요하다.

우리나라에서도 1994년 아메리카잎굴파리의 국내발생이 확인된 이래, 아메리카잎굴파리 뿐만 아니라 오이잎굴파리에 대한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 먼저 잎굴파리류의 도정방법을 개발하고, 국내에서의 발생분포와 기주식물을 확인하고 방제약제가 전혀 없는 상황에서 효과적인 방제약제를 선발하는데 연구가 집중되었다. 또한 주요작물에서의 발생소장, 온도의 영향 등 생물적 특성, 국내 토착 천적상에 대한 조사도 함께 이루어지고 있다.

이상의 결과를 요약하여 방울토마토에서 천적을 이용한 토마토 해충을 방제하기 위한 간단한 요약을 정리하면 표 2-10과 같다.

표 2-10. 하우스 토마토를 위한 IPM 프로그램에서 병해충을 방제하기 위한 방제 방법과 허용한계 및 비율.

해충	방제인자 혹은 방법	기후대, 비율, 방제시점, 기타
온실가루이 ( <i>Trialeurodes vaporariorum</i> )	온실가루이좀벌 ( <i>Encarsia formosa</i> )	(추울 때) 1평방미터당 2-28마리의 온실가루이좀벌 을 최소 4회 방사한다. 기생당한 검은 색의 온실가루이며미가 80-90%에 이를 때까지 방사한다. (더울 때) 1평방미터당 16-40마리의 온실가루이좀벌을 4-10회 방사한다. 항상 식물체당 1마리 이하의 성충을 유지하거나 혹은 유인끈끈이 트랩에서 1마리 이하로 유지
	온실가루이좀벌 + <i>Macrolophus caliginosus</i>	(추울 때) 1평방미터당 8-16마리의 온실가루이좀벌을 4회 방사하고 1평방미터당 1-2마리의 <i>M. caliginosus</i> 를 2-4회 방사한다. (더울 때) 평방미터당 12-24마리의 온실가루이좀벌을 4-6회 방사하고 1평방미터당 4마리의 <i>M. caliginosus</i> 를 2-3회 방사한다.
	<i>Macrolophus caliginosus</i>	(더울 때) 1평방미터당 4마리의 <i>M. caliginosus</i> 를 2-3회 방사한다. 식물체당 온실가루이 0.1마리 이하로 유지한다.
아메리카잎굴파리 ( <i>Liriomyza trifolii</i> )	잎굴파리좀벌 ( <i>Dacnusa sibirica</i> ) 굴파리좀벌 ( <i>Diglyphus isaea</i> )	(추울 때) 저온에서는 잎굴파리좀벌을 1평방미터당 0.25마리를 충분한 기생이 이루어질 때까지 방사한다. 3월부터는 3주간격으로 굴파리좀벌을 방사한다. (더울 때) 굴파리좀벌을 1평방미터당 0.2-0.4마리를 2-3회 방사한다. 유인트랩에 성충이 1 마리 보이거나 처음으로 굴이 발견되었을 때에, 혹은 자연 기생율이 25% 이하인 경우에 방사한다.
점박이응애 ( <i>Tetranychus urticae</i> )	칠레이리응애 ( <i>Phytoseiulus persimilis</i> )	점박이응애가 감염된 곳을 중심으로 평방미터당 25마리를 뿌리고 전체적으로는 평방미터당 3마리 정도가 되게끔 2차례 방사한다.
나비목 곤충들	<i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Trichogramma</i> spp.	Bt를 시용할 경우에는 2령충의 여부를 관찰을 하고 식물체당 2령충이 2마리 이상일 경우에 사용을 한다. 특히 <i>H. armigera</i> 의 경우에는 알이나 어린 유충이 보이면 Bt제를 뿌린다.

## 5. 화학적방제법

### 가. 선택성 살충제에 의한 화학적 방제

하우스 토마토에서 해충을 방제하기 위해서 대부분 많이 사용되는 살충제는 천적과 꿀벌에 독성이 강한 약제들이 사용되고 있는 실정이다. Buprofezin과 pyriproxyfen은 온실가루이의 초기 개체군 밀도가 아주 높을 때 혹은 천적이 잘 정착되지 않을 때에 많이 사용되고 있다. IPM 프로그램에 있어서 진딧물이나 응애 등을 방제할 때는 전체적인 작기를 통해서 방제하기보다는 특정한 시점에서 발생하였을 당시에 선택적인 살충제를 사용한다.

아메리카잎굴파리의 약제방제는 번데기에서 우화하는 성충이나 조직의 알에서 깨어나는 유충을 대상으로 방제 전용약제를 5-7일 간격으로 3회 정도 살포하는 것이 효과적이다. 아메리카잎굴파리 등과 같이 약제저항성이 빨리 유발되는 해충은 한가지 계통의 약제를 연용할 경우 약제 저항성을 가진 계통이 나타날 수 있으므로 동일계통의 약제연용을 피하고 계통이 다른 약제와 서로 교호 살포하여 방제하는 것이 중요하다.

따라서 본 실험에서는 이러한 아메리카잎굴파리의 조기방제 및 예방을 위한 약제를 선별하고 이의 효과를 알아보기 위한 실험을 실시하였다.

### 나. 정식전 입제를 이용한 아메리카잎굴파리의 예방 및 방제효과

방울토마토(품종: 꼬꼬)를 2002년 8월 2일 정식하면서 유효성분 1%와 2%의 Dinotefuran입제와 Acetamiprid를 10a당 3kg과 6kg을 토양과 혼합하여 약제처리를 한 후에, 20일후인 8월 27일과 30일후인 9월 2일에 각각 피해엽율을 조사하였다. 대조구로는 Cartap hydrochloride (4kg/10a)를 처리하였다.

입제처리 20일후의 결과(Table 1)와 30일 후의 결과(Table 2)를 비교해 보면, 20일과 30일 후의 방제효과가 현저히 떨어지는 것을 볼 수 있으며, Dinotefuran입제를 10a당 6kg을 처리한 것이 20일 후에 71.2%, 30일 후에도 60.8%로서 가장 좋은 효과를 보이는 것으로 알 수 있다. 또한 기존에 수화제로 많이 사용하고 있는 Acetamiprid입제의 경우에는 방제효과가 Dinotefuran입제보다 현저히 떨어지는 실정이다. 처리 후 20일의 경우에도 40%

이내의 방제효과를 보여 아메리카잎굴파리의 방제 및 예방효과는 매우 적은 것으로 사료된다. 이는 기존에 사용되고 있는 칼담입제보다도 효과가 적어 새로이 토마토에서 아메리카잎굴파리의 방제제로 도입하기는 어렵다고 보여진다.

최근에 많은 살충제들 가운데에서 효과가 좋아 많이 애용되고 있는 Nicotinoid계통의 살충제는 크게 3종류의 계통으로 나눌 수가 있는데, nitroguanidine, nitromethylene, pyridylmethylamine가 있다. Nitroguanidine에는 clothianidin, dinotefuran과 thiamethoxam이 있고, nitromethylene계통에는 nitenpyram과 nithiazine, pyridylmethylamine에는 acetamiprid, imidacloprid, nitenpyram, thiacloprid가 대표적인 약제이다.

Dinotefuran은 (EZ)-(RS)-1-methyl-2-nitro-3-(tetrahydro-3-furylmethyl) guanidine으로서 현재 국내에서는 수화제와 입제가 고추의 목화진딧물과 복숭아혹진딧물, 수박의 목화진딧물, 벼의 벼멸구에 등록이 되어 있으며, 입상수화제는 오이의 오이총채벌레에 등록이 되어 사용되고 있으나, 토마토에는 아직 사용등록이 되어 있지 않다. 이 약제는 침투이행성을 지닌 약제로 접촉독과 섭식독을 아울러 지니고 있어 잎에 굴을 파고 살아가는 잎굴파리의 방제약제로서 적합하다고 생각된다.

표 2-11. 방울토마토(품종: 꼬꼬) 정식시 입제를 10a당 3kg과 6kg씩 처리한 경우, 처리 20일 후에 아메리카잎굴파리에 의해 발생한 피해엽율

약제명	유효성 분함량	평균조 사엽수	약제처리 20일 후 피해엽율(%)				방제가
			1	2	3	평균	
Dinotefuran GR (3kg/10a)	1%	34.0	32.0	20.0	18.8	23.6	54.4
Dinotefuran GR (6kg/10a)	1%	29.0	16.1	14.3	14.3	14.9	71.2
Dinotefuran GR (3kg/10a)	2%	30.7	20.0	16.7	21.2	19.3	62.7
Dinotefuran GR (6kg/10a)	2%	26.0	25.0	18.9	33.3	25.7	50.4
Acetamiprid GR (3kg/10a)	2%	31.0	34.5	25.0	25.0	28.2	45.6
Acetamiprid GR (6kg/10a)	2%	26.7	30.8	25.8	43.5	33.4	35.5
Cartap hydrochloride(4kg/10a)	4%	30.0	26.7	22.6	17.2	22.2	57.1
Control	—	39.3	50.0	53.3	52.2	51.8	—

표 2-12. 방울토마토(품종: 꼬꼬) 정식시 입제를 10a당 3kg과 6kg씩 처리한 경우, 처리 30일 후에 아메리카잎굴파리에 의해 발생한 피해엽율

약제명	유효성 분함량	평균조 사엽수	약제처리 30일 후 피해엽율(%)				방제가
			1	2	3	평균	
Dinotefuran GR (3kg/10a)	1%	46.0	35.1	36.4	48.6	40.0	22.8
Dinotefuran GR (6kg/10a)	1%	41.0	22.5	20.9	17.5	20.3	60.8
Dinotefuran GR (3kg/10a)	2%	42.7	19.4	28.9	27.7	25.3	51.2
Dinotefuran GR (6kg/10a)	2%	37.0	26.5	34.4	43.3	34.7	33.0
Acetamiprid GR (3kg/10a)	2%	42.3	38.6	40.9	48.7	42.7	17.6
Acetamiprid GR (6kg/10a)	2%	38.0	25.6	40.5	61.8	42.6	17.8
Cartap hydrochloride(4kg/10a)	4%	40.7	31.0	51.3	36.6	39.6	23.6
Control	—	50.7	55.0	61.1	55.2	57.1	—

Acetamiprid는 (E)-N1-[(6-chloro-3-pyridyl)methyl]-N2-cyano-N1-methylacetamide이므로 국내에서는 많은 작물과 해충에 적용되어 사용하고 있다. 예를 들어, 사과와 감귤, 고추, 감자, 수박, 복숭아 등에 발생하는 진딧물과 장미의 가루이, 포도의 포도쌍점애 매미충, 관엽류의 깍지벌레 등에 고시가 되어 있다. 토마토의 경우에는 온실가루이에 등록고시되어 있으며, 특히 잔류기간이 짧아 수확 3일전까지 사용할 수 있어 많이 이용되고 있다. 또한 수화제뿐 만 아니라 수용제, 직접살포제, 혼연제 등으로도 제제가 개발되어 있으나 입제는 아직 등록되지 않아 본 실험에서는 입제를 이용하여 아메리카잎굴파리의 방제효과를 검정하였다.

#### 다. 입제와 수화제를 이용한 아메리카잎굴파리의 방제효과

정식전 입제만을 처리하고 일정 기일이 지난 다음 수화제를 처리하여 방제효과를 알아보았다. 입제로서는 Dinotefuran을 농도와 처리량을 달리하였으며, 엽면살포에 이용한 수화제로는 Abamectin 유제와 Acetamiprid 수화제를 7일 간격으로 2회 처리하고, 수화제 처리 후 14일 후에 아메리카잎굴파리에 의한 피해현황을 조사하였다. 2002년 7월 26일 방울토마토 꼬꼬를 정식하기 전에 Dinotefuran입제를 유효성분 1%와 2%를 각각 10a당 3kg과 6kg씩 토양 혼합 처리한 후, 토마토를 정식하고, 35일이 경과된 후에 8월 30일 과 9월 6일에 7일 간격으로 경엽에 Abamectin EC 1.8%와 Acetamiprid WP 8%를 처리를 한 다음 약제처리 14일 후 9월 27일 피해 엽수를 조사한 결과는 Table 3과 같다.

결과를 보면 대부분의 처리구에서 85%이상의 방제가 나타내고 있어 그 효과가 계속 지속되고 있음을 알 수 있으며, 아메리카잎굴파리가 난방제 해충인 점을 고려하면 이러한 입제사용 후, 경엽처리 방식이 아메리카잎굴파리의 방제에 효과적일 것으로 평가된다. 특히 Dinotefuran 2% GR (3kg/10a)와 Abamectin EC 1.8%를 3,000배로 희석하여 사용하는 것이 방제효과가 91.5%로서 제일 좋은 것으로 평가되었고, Dinotefuran 1% GR (6kg/10a)과 Acetamiprid WP 8% 2,000배가 가장 낮은 84.5%의 방제가를 보여주고 있다.

따라서 위의 가향과 나향의 결과를 볼 때에, 국내에서는 아메리카잎굴파리의 천적이 아직 크게 상용화되고 있지 않은 상황에서, 아메리카잎굴파리의 체계적인 방제를 위해서는 초기 발생은 입제를 토양에 처리함으로써 방제를 하고, 후기에 발생하는 아메리카잎굴파리에 대해서는 입제처리 30-35일 이후에 7일 간격으로 2회 경엽처리함으로써 아메리카잎굴파리의

발생을 억제시킬 수 있을 것으로 평가된다.

Abamectin은 항생물질 계통의 살충제로서 macrocyclic lactone계이다. Abamectin은 토마토의 아메리카잎굴파리에는 등록고시가 되어 있지는 않지만, 거베라와 오이, 호박, 쑥갓, 가지, 셀러리 에서 발생하는 아메리카잎굴파리에는 등록이 되어 사용되고 있는 약제이다. 또한 항생제 계통이기 때문에 야채류를 제외한 오이, 호박, 가지 등의 과채류에는 3일 전까지 사용을 할 수 있어 토마토의 경우에도 3일전까지 사용하면 잔류에 큰 문제가 없을 것으로 평가되고 있는 약제이다.

표 2-13. 방울토마토에 입제와 수화제의 조합 처리 후 아메리카잎굴파리에 의한 피해상

정식전 입제처리 약제명, 유효성분 및 처리량	엽면살포 약제명 및 유효성분	희석배 수	평균조 사업수	약제처리 30일 후 피해엽율(%)			방제가
				1	2	평균	
Dinotefuran 1% GR (3kg/10a)	Abamectin EC 1.8%	3,000배	48.0	8.0	6.5	3.3	86.5
	Acetamiprid WP 8%	2,000배	48.5	6.1	8.3	3.1	86.7
	Control	—	50.0	53.3	54.2	27.1	—
Dinotefuran 1% GR (6kg/10a)	Abamectin EC 1.8%	3,000배	50.5	6.1	3.8	1.9	87.7
	Acetamiprid WP 8%	2,000배	48.0	6.3	6.3	3.2	84.5
	Control	—	48.0	36.7	44.7	22.4	—
Dinotefuran 2% GR (3kg/10a)	Abamectin EC 1.8%	3,000배	50.0	2.2	3.7	1.9	91.5
	Acetamiprid WP 8%	2,000배	48.5	4.3	4.0	2.0	88.1
	Control	—	48.5	34.0	36.5	18.3	—
Dinotefuran 2% GR (6kg/10a)	Abamectin EC 1.8%	3,000배	50.5	4.1	3.8	1.9	86.1
	Acetamiprid WP 8%	2,000배	50.5	4.1	3.9	2.0	86.1
	Control	—	49.0	26.0	31.3	15.7	—
Cartap hydrochloride (4kg/10a)	Abamectin EC 1.8%	3,000배	50.0	8.0	10.0	5.0	82.8
	Acetamiprid WP 8%	2,000배	49.0	10.2	10.2	5.1	80.5
	Control	—	49.0	49.0	55.3	27.7	—

라. 입제처리 방식에 따른 아메리카잎굴파리의 방제효과

입제를 처리할 때 정식시 파구처리(주당 1g)를 하여 약제별 방제효과를 알아보기 위하여 2003년 5월 7일 방울토마토 꼬꼬를 정식하고 약제처리를 하였다. 약제처리 후 30일인 6월 7일과 50일 후인 6월 27일에 각각 피해엽율을 조사하여 방제가를 산출한 결과는 Table 4와 5에 나타내었다.

표 2-14. 방울토마토(품종: 꼬꼬) 정식시 입제를 주당 1g씩 처리한 경우, 처리 30일 후에 아메리카잎굴파리에 의해 발생한 피해엽율

약	제	명	유효성분함량	평균조사엽수	약제처리 30일 후				방제가
					피해엽율(%)				
					1	2	3	평균	
	Dinotefuran		1%	56.7	1.7	1.7	2.0	1.8	97.1
	Acetamiprid + Etofenprox		1.5 + 1.5%	53.3	3.3	6.0	0.0	3.1	95.1
	(0%)								
	Acetamiprid + Etofenprox		1.5 + 1.5%	53.3	16.7	24.0	32.0	24.2	61.6
	(10%)								
	Acetamiprid + Etofenprox		1.5 + 1.5%	50.0	30.0	60.0	50.0	46.7	25.9
	(20%)								
	Imidacloprid		2%	53.3	30.0	40.0	50.0	40.0	36.5
	Thiacloprid		1%	53.3	25.0	40.0	24.0	29.7	52.9
	Cartap hydrochloride		4%	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	Control		—	45.0	55.6	66.7	66.7	63.0	—

표 2-15. 방울토마토(품종: 꼬꼬) 정식시 입제를 주당 1g씩 처리한 경우, 처리 50일 후에 아메리카잎굴파리에 의해 발생한 피해율을

약제명	유효성분함량	평균조사엽수	약제처리 50일 후 피해율(%)				방제가
			1	2	3	평균	
Dinotefuran	1%	79.3	67.9	57.1	65.5	63.5	18.7
Acetamiprid + Etofenprox (0%)	1.5 + 1.5%	74.7	57.1	44.3	51.4	50.9	34.8
Acetamiprid + Etofenprox (10%)	1.5 + 1.5%	74.7	59.5	42.9	50.0	50.8	35.0
Acetamiprid + Etofenprox (20%)	1.5 + 1.5%	70.0	78.6	71.4	71.4	73.8	5.5
Imidacloprid	2%	74.7	64.3	48.6	57.1	56.7	27.4
Thiacloprid	1%	74.7	61.9	45.7	52.9	53.5	31.5
Cartap hydrochloride	4%	32.7	42.9	40.5	50.0	44.5	43.0
Control	—	70.0	78.6	80.0	75.7	78.1	—

결과에서 알 수 있듯이 Dinotefuran을 주당 1g씩 과구처리를 할 경우 30일까지는 97.1%의 아주 높은 방제효과를 보이지만, 시간이 지나면서 효과가 떨어져서 50일 후에는 18.7%를 기록하고 있어 피해가 많아지는 것을 알 수 있다. 한편 Acetamiprid와 Etofenprox의 혼합제의 경우에는 왁스를 함유되지 않은 것이 각각 10%와 20% 함유되어 있는 것보다 효과가 우수한 것으로 나타나 왁스를 첨가할 필요가 없는 것으로 생각된다. 또한 Imidacloprid(코니도)와 Thiacloprid(칼립소)의 경우에는 과구처리인 경우에는 방제효과가 30일이 경과된 뒤에 매우 떨어지는 것을 알 수 있다. Cartap hydrochloride의 경우에는 30일 후에 방제효과가 100%로서 매우 우수하게 나타나고 있지만, 평균조사엽수에서도 알 수 있듯이 유묘의 생장이 저하되었으며, 약 50%에 이르는 유묘가 고사될 정도로 많은 약해를 나타내고 있어 과구처리에는 사용이 불가능 한 것으로 판단된다. 다른 약제들은 뚜렷한 약해는 보이지 않았다.

시험에 사용한 Etofenprox는 2-(4-ethoxyphenyl)-2-methylpropyl 3-phenoxybenzyl

ether이며 피레스로이드 계통의 약제로서 수화제를 비롯해서 수면전개제, 유제, 입제, 유탁제의 형태로 시판이 되고 있으며, 주로 과수의 나방해충을 방제하고 벼에는 물바구미와 애멸구, 이화명나방을 방제하기 위하여 수면전개제 형태로 사용이 되고 있으며, 토마토에는 아직 등록이 되어있지 않은 약제이다. 다만 유탁제의 형태로 오이에 발생하는 아메리카잎굴파리의 방제에 등록이 되어 있고, 사용기한도 수확전 3일까지로 비교적 잔류가 적은 약제라고 할 수 있다. 또한 Etofenprox는 dichlovos, diazinon, fenitrothion, tebufenozide, penthoate, pyridaphenthion 등과 혼합되어 판매가 되고 있으나 토마토에는 전혀 공시가 되지 않고 있는 약제이다.

Imidacloprid는 (EZ)-1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine로서 수화제, 액제, 입제, 종자처리제, 액상수화제, 직접살포제, 분산성액제 등 매우 다양한 제제형태로 생산되고 있는 약제이다. 또한 적용해충도 매우 광범위하여, 나비목 해충뿐만 아니라 각종 진딧물, 멸구류, 총채벌레, 솔잎혹파리 등에 사용되고 있다. 그러나 토마토에는 아직까지 공시되어 사용되지 않고 있으며, 온실가루이와 아메리카잎굴파리에는 공시되지 않고 있는 실정이다. 다만 온실가루이의 경우에는 고추에 공시되어 사용하고 있으나 이는 고추의 목화진딧물이나 복숭아혹진딧물의 방제시에 부가적으로 사용되는 있다.

Thiacloprid는 (Z)-3-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-1,3-thiazolidin-2-ylideneacyanamide으로서 Imidacloprid 와 같은 계열의 약제이다. Thiacloprid는 입제와 액상수화제의 형태로 시판되고 있으며, 진딧물류와 오이총채벌레, 오이와 거베라에 온실가루이를 방제하는데 고시되어 있다. 토마토의 경우에는 고시된 것이 없다. 접촉독, 섭식저해효과 등을 갖추고 있으며, 침투이행성이 우수하여 잎 뒷면의 해충도 많은 효과를 보인다고 보고되어 있다.

#### 마. 아메리카잎굴파리와 온실가루이의 동시 방제효과

아메리카잎굴파리와 온실가루이의 동시 방제효과를 검정하기 위하여 2003년 6월 10일과 6월 17일에 7일 간격으로 2번 약제를 경엽처리하였고, 약제처리 후 3일과 7일, 14일 후인 6월 20일과 24일, 7월 1일에 아메리카잎굴파리와 온실가루이의 발생상을 조사하였다. Acetamiprid 4%와 Buprofezin 15%를 혼합하여 1,000배와 2,000배로 온실가루이가 구당 50마리 이상 발생 하였고, 아메리카잎굴파리가 초기 발생하기 시작한 포장에 경엽처리하였으며, Acetamiprid 8%와 Pyriproxyfen 10%를 대조구로 하여 효과를 살펴보았다. 그 결과 Table

6에서 보는 바와 같이 온실가루이와 아메리카잎굴파리에 뚜렷하게 효과가 있는 것으로 보이지는 않는다. 아직 실험이 계속되고 있다.

이 시험에서 Acetamiprid와 혼합해서 사용한 Buprofezin은 곤충생장조절제로서 곤충체벽의 주요 성분인 키틴의 합성을 저해하는 성분이 주요 유효성분이며, 이의 화학명은 2-tert-butylimino-3-isopropyl-5-phenyl-1,3,5-thiadiazinan-4-one이다. Buprofezin은 단일 성분의 액상수화제는 소나무의 솔껍질각지벌레의 방제에만 등록이 되어있고, bifenthrin과 혼합제는 오이의 온실가루이, 아미트라즈 계통의 amitraz과의 혼합제는 과수와 관엽류의 각지벌레류와 장미의 담배가루이 방제제로 등록이 되어 있으며, 합성피레스로이드 계통의 etofenprox와의 혼합제는 벼의 흑명 나방과 벼멸구의 방제를 위하여 사용되고 있다. 또한 카바메이트 계통의 isoprocarb과의 혼합제 역시 벼에 발생하는 벼멸구의 방제를 위하여 사용되고 있고, 같은 계통의 furathiocarb와의 혼합제는 배의 각지벌레, 감귤의 이세리아각지벌레, 토마토와 오이의 온실가루이 방제를 위해서 사용되고 있는 실정이다.

Pyriproxyfen은 4-phenoxyphenyl (RS)-2-(2-pyridyloxy)propyl ether로서 곤충의 유약 호르몬과 유사하게 합성하여 만든 약제이다. Pyriproxyfen은 유제로 만들어져 토마토, 오이, 가지의 온실가루이와 장미의 담배가루이를 방제하는데 등록되어 있다. 토마토의 경우는 수확전 5일 전에 경엽처리하여 사용된다.

표 2-16. 방울토마토에서 아메리카잎굴파리와 온실가루이의 동시방제 효과

처 리 약 제	발 생 해 충	해 충 개 체 수											
		처리전			약제처리후 3일			약제처리후 7일			약제처리후 14일		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Acetamiprid 4% + Buprofezin 15% 1,000배	온실가루이	42	78	56	7	21	18	3	7	6	11	8	14
	아메리카잎굴파리	0	0	1	0	3	2	0	3	3	2	5	6
Acetamiprid 4% + Buprofezin 15% 2000배	온실가루이	46	68	34	31	38	29	7	18	17	15	13	21
	아메리카잎굴파리	1	1	2	0	2	1	2	2	3	3	5	8
Acetamiprid 8% 모스피란	온실가루이	41	40	56	24	15	19	18	7	11	26	19	23
	아메리카잎굴파리	1	0	0	7	1	2	1	6	3	6	5	7
Pyriproxyfen 10% 신기루	온실가루이	64	52	59	48	42	39	27	14	18	33	22	37
	아메리카잎굴파리	0	2	1	5	6	4	12	10	13	2	6	7
무처리	온실가루이	66	47	58	45	67	72	66	87	98	88	76	104
	아메리카잎굴파리	1	3	4	3	3	4	8	3	8	11	13	15

**바. 토마토의 아메리카잎굴파리와 온실가루이에 등록 고시되지 않고, 농민들이 사용하고 있는 약제에 대한 효과 검정**

현재 농가에서는 토마토뿐만 아니라 다른 작물에서 해충을 방제하기 위하여 등록 고시되지 않은 살충제를 무분별하게 사용하고 있는 것이 현실이다. 이로 인하여 효과가 검증되지 않은 약제를 사용함으로 인해서 오용과 남용이 사회적 문제로 대두되기도 한다. 검증되지 않은 약제의 사용은 농약의 사용량을 증가시켜 환경에 악영향을 줄뿐만 아니라 농가의 경영비에도 많은 부담을 줄 수가 있다. 따라서 본 시험에서는 일반 농가들이 효과가 좋다는 소문을 듣고 일반적으로 사용하고 있는 약제들과 토마토에는 고시되어 있지 않지만, 다른 작물의 온실가루이와 아메리카잎굴파리의 방제제로 등록된 살충제를 대상으로 아메리카

잎굴파리와 온실가루이에 대한 방제효과를 검증하고자 하였으며, 또한 이들 해충들의 발생 밀도가 낮은 초기 단계에 약제를 사용함으로써 인해서 얼마만한 예방효과가 있는지를 검토하기 위하여 실시하였다.

아메리카잎굴파리와 온실가루이의 동시 방제효과를 검증하기 위하여 2003년 6월 10일과 6월 17일에 7일 간격으로 2번 약제를 경엽처리 하였고, 약제처리 후 3일과 7일, 14일 후인 6월 20일과 24일, 7월 1일에 아메리카잎굴파리와 온실가루이의 발생상을 조사하였다. 그 결과 Table 7에서 보는 바와 같이 온실가루이와 아메리카잎굴파리에 뚜렷하게 효과가 있는 것으로 보이지는 않는다. 이들에 대한 시험은 더 계속되어야 하겠으며, 식물에 대한 약해도 어린 유묘에서 실험을 계속할 예정이다.

이 시험에 사용한 Methidathion은 S-2,3-dihydro-5-methoxy-2-oxo-1,3,4-thiadiazol-3-ylmethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate로서 유기인계계통의 살충제이다.

Methidathion은 유제로 만들어져 오이와 가지의 온실가루이에 등록이 되어 있으며, 사용은 오이의 경우 착과 직전까지 사용할 수가 있고, 가지의 경우에는 수확 7일전까지 사용해야 한다. 이외에도 감귤의 루비각지벌레, 귤 귤나방, 진딧물에, 사과와 잎말이나방과 사과혹진딧물에, 차의 뽕잎각지벌레의 방제에 사용할 수 있는 약제이다.

표 2-17. 약제살포후 토마토 해충 발생상황 조사

처 리 약 제	발 생 해 충	해 충 개 체 수											
		처 리 전			약제처리후 3일			약제처리후 7일			약제처리후 14일		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Methidathion 40% 유제	온실가루이	14	16	28	12	27	11	3	9	6	8	4	12
	아메리카잎굴파리	0	2	5	3	3	1	3	3	2	4	2	6
Deltamethrin 1% 액상수화제	온실가루이	2	3	8	23	14	8	38	11	9	23	15	3
	아메리카잎굴파리	0	0	2	0	0	1	2	0	3	2	1	4
Zeta-cypermeth rin 3% 유제	온실가루이	9	4	6	18	7	6	33	11	15	34	22	11
	아메리카잎굴파리	3	0	1	3	1	0	3	1	1	1	5	3
Etofenprox 20% 유제	온실가루이	12	18	23	24	25	15	8	22	18	35	44	34
	아메리카잎굴파리	1	0	2	5	4	2	8	4	6	9	11	13
Abamectin 1.8%	온실가루이	20	5	12	45	17	23	6	10	11	9	8	5
	아메리카잎굴파리	3	1	4	4	1	0	5	1	1	1	3	2
Buprofezin 15% +	온실가루이	9	28	12	11	35	23	5	20	15	23	34	18
	Bifenthrin 1.5%	0	1	3	0	7	4	3	8	2	3	4	7
Cartap hydrochloride	온실가루이	13	2	16	38	24	26	10	9	12	11	8	13
	아메리카잎굴파리	0	0	2	0	0	0	3	0	1	1	0	0
Tebufenozide 5% +	온실가루이	6	21	32	7	15	22	6	7	10	32	19	23
	Buprofezin 12%	2	0	1	2	0	1	6	5	4	4	8	12
무처리	온실가루이	11	18	9	18	16	23	32	48	43	45	75	69
	아메리카잎굴파리	3	5	3	6	9	10	12	14	18	16	22	19

## 사. 등록되지 않은 약제들의 아메리카잎굴파리 번데기에 대한 약효검정

토마토의 해충가운데서 특히 아메리카잎굴파리는 방제하기 어려운 해충으로 알려져 있어 약제의 방제가를 평가할 때에도 80%이상의 성적이면 약효가 있는 것으로 인정하고 있다. 이러한 방제가 어려운 이유는 아메리카잎굴파리의 유충이 잎속으로 굴을 파고 다니면서 엽육을 가해하여 약제를 살포하여도 직접 접촉하는 기회가 매우 적을 뿐만 아니라, 노령 유충이 번데기가 되기 위해서 굴 밖으로 탈출하여 흙속으로 들어가기 때문이다. 번데기가 되기 위해서 굴 밖으로 나온 유충은 일부는 토마토 잎 위에서 번데기를 형성하기도 하지만, 대부분이 바닥으로 떨어져서, 멀칭 비닐 위어나, 흙 속에서 번데기를 만들기 때문에 약제를 뿌릴 때에 직접 약에 접촉하는 기회가 적다. 일반적으로 농민들이 약제를 살포하는 경우에는 경엽처리를 주로 하기 때문에 번데기 방제가 어려울 뿐만 아니라, 약제에 직접 접촉이 된다고 하더라도 번데기는 다른 발육태에 비해서 약제에 강한 면모를 볼 수 있다.

따라서 본 실험에서는 농민들이 사용하는 약제를 번데기에 직접 처리하여 효과를 검정하였다. 실험방법은 3-4일째가 되는 번데기를 수거하여, 약액에 직접 침지하였으며, 살충제의 권장 희석배율을 기준으로 농도를 0.5배, 기준희석농도, 2배를 가지고 실험을 실시하였다. 실험실에서 사육한 아메리카잎굴파리는  $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 사육상에서 콩을 기주로 하여 사육하였으며, 약제처리 후에는 실험실 상온( $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ )에서 우화여부를 관찰하였다. 처리는 번데기 10개를 1반복으로 하여 3반복으로 실시하였으며, 2회 실시하였다.

Table 8의 결과를 보면, 대부분의 약제들이 번데기에 대하여는 살충효과가 많이 떨어지는 것을 볼 수 있으며, Tebufenozide 5%와 Buprofezin 12%의 혼합제(상표명: 온누리)만이 2,000배에서 가장 좋은 80%의 살충력을 보여주었으며, 더 높은 농도인 1,000배와 500배에서는 살충력이 현저히 감소함을 알 수 있었다. 또한 Abamectin 1.8%(상표명: 올스타)의 경우에도 약 70%의 번데기 살충력을 보여 주었으며, 이 약제 역시 농도가 높아짐에 따라서 살충력이 감소하는 경향을 보였다.

이 실험에 사용한 Deltamethrin은 액상수화제, 유제, 유탁제, 정제, 등의 형태로 만들어져 다양한 나비목 해충들에 적용이 되고 있으며, 화학명은 피레스로이드계통의 (S)- $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl(1R,3R)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-dimethylcyclopropane carboxylate이다. 오이에 발생하는 온실가루이 성충에 등록이 되어 있으며 수확 3일 전까지 사용할 수 있게 되어있다.

표 2-18. 아메리카잎굴파리 번데기에 대한 약제실험

약제명(유효성분, 상표명)	회 석 배 수 별 살 충 수											
	500배				1,000배				2,000배			
	1	2	3	합	1	2	3	합	1	2	3	합
Methidathion 40%	1	2	0	3	5	5	3	13	4	5	3	12
	1	2	2	5	1	2	0	3	3	6	3	12
Deltamethrin 1%	4	2	3	9	4	3	5	12	4	3	3	10
	4	3	1	8	2	2	3	7	4	5	2	11
Zeta-cypermethrin 3%	5	2	3	10	1	3	2	6	6	3	5	14
	6	3	3	12	2	0	0	2	5	4	5	14
Etofenprox 20%	2	1	1	4	3	3	0	6	6	6	3	13
	2	1	0	3	5	6	4	15	5	2	3	10
Abamectin 1.8%	2	2	2	6	4	3	4	11	7	9	6	22
	2	1	5	8	1	0	1	2	9	4	5	18
Buprofezin 15% + Bifenthrin 1.5%	2	2	0	4	6	2	2	10	4	3	1	8
	3	2	1	6	3	4	1	8	2	1	1	4
Cartap hydrochloride 50%	2	3	0	5	2	2	1	5	3	2	3	8
	1	3	4	8	3	1	2	6	2	2	2	6
Tebufenozide 5% + Buprofezin 12%	3	2	1	6	2	2	1	5	10	8	6	24
	5	3	1	9	2	3	3	8	7	5	9	21

Zeta-cypermethrin은 여러 가지의 stereoisomer들이 혼합되어 (S)- $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl(1RS,3RS;1RS,3SR)-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropane carboxylate를 만든다. 유제의 형태로 제조되어 사과 굴나방과 오이 온실가루이의 방제에 사용할 수 있도록 등록이 되어 있다. 오이의 경우 수확 2일전까지 사용할 수 있어 잔류가 적은 약제로 평가된다.

Etofenprox 유제는 앞에서 설명한 바와 같이 오이의 온실가루이 방제를 위해서 수확 2일전까지 사용할 수 있으며, 가지 온실가루이 방제를 위해서는 수확 3일 전까지 사용할 수 있고, 유타제의 경우에는 오이의 아메리카잎굴파리 방제를 위해서 수확 3일전까지 연무살포 할 수 있게 되어 있다. Abamectin 유제는 오이, 호박, 축갓, 가지의 아메리카잎굴파리

방제를 위해서 수확 3일전까지 사용이 가능하며, 셀러리에 발생하는 아메리카잎굴파리 방제를 위해서는 수확 7일 전까지 사용해야 한다. Buprofezin과 Bifenthrin의 혼합제는 수화제로서 오이의 온실가루이 방제를 위해서 수확 2일 전까지 사용을 할 수 있다. Cartap hydrochloride 수용제의 경우에는 거베라의 아메리카잎굴파리의 방제를 위해서 사용되며, 거베라는 식용이 아니기 때문에 안전 사용시기가 필요하지 않지만, 배추 배추흰나비의 경우에는 수확 3일전까지 사용하도록 되어 있으며, 과의 굴파리 방제를 위해서는 수확 7일전까지 사용토록 되어 있다. Tebufenozide와 Buprofezin의 혼합제는 수화제로서 토마토의 온실가루이 방제를 위해서 등록이 되어 있다.

Tebufenozide는 N-tert-butyl-N'-(4-ethylbenzoyl)-3,5-dimethylbenzohydrazide로서 곤충의 탈피호르몬 길항물질로서 탈피호르몬의 작용을 억제시켜 탈피를 하지 못하게 하는 작용을 한다. Tebufenozide는 수화제, 액상수화제, 입제의 형태로 만들어져, 주로 나방류 해충에 사용되고 있다. 특히 나비목 해충의 유충의 탈피를 억제시켜 곤충을 죽게 하는 작용을 가지고 있다. 한편, 세계생물적방제기구인 IOBC(International Organization for Biological Control Noxious Animal and Plant)의 자료에 의하면 아메리카잎굴파리 천적인 굴파리좀벌(*Dacnusa*, *Diglyphus*)과 온실가루이의 천적인 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa*)에 대한 살충제의 유해성 및 잔류기간을 조사한 결과를 Table 9에 나타내었다.

이에 따르면 위에서 사용한 살충제들에 대한 천적의 유해성을 자료를 통해서 조사한 결과, 대부분이 천적에는 매우 독상이 강하였으나, imidacloprid를 입제나 관주 처리를 하였을 경우에는 천적에 많은 영향을 끼치지 않고 있었으며, buprofezen이나 pyroproxifen의 경우에는 분무 처리 시에도 천적의 성충에 대해서는 독성이 강하게 작용하지 않았다.

표 2-19. 대상 약제들에 대한 굴파리좀벌과 온실가루이좀벌의 독성

유효성분	처리법	굴파리좀벌 ( <i>Dacnusa, Diglyphus</i> )			온실가루이좀벌 ( <i>Encarsia formosa</i> )		
		유충	성충	잔류기간	유충	성충	잔류기간
Abamectin	분무처리	-	고독성	-	고독성	고독성	3주
Imidacloprid	분무처리	-	-	-	고독성	고독성	
Imidacloprid	관주처리	-	-	-	경미독성	경미독성	없음
Biphenrin	분무처리	고독성	고독성	8주이상	고독성	고독성	8주이상
Buprofezin	분무처리	-	경미독성	없음	중독성	경미독성	0.5주
Cypermethrin	분무처리	고독성	고독성	-	고독성	고독성	8주이상
Deltamethrin	분무처리	고독성	고독성	8주이상	고독성	고독성	8주이상
Methidathion	분무처리	-	고독성	-	고독성	고독성	6주이상
Pyriproxifen	분무처리	-	-	-	중독성	경미독성	-

#### 자. 살충제 관리

살충제는 토마토 IPM에 있어 하나의 필요한 요소이기는 하지만, 언제나 최후의 수단으로 사용되어야 한다. 노지에서 살충제의 사용과는 달리 하우스에서의 살충제 사용은 기후의 영향을 덜 받고, 잘 분해되지가 않아서 더 오랜 기간 잔류가 될 수가 있다. 뿐만 아니라 자주 사용을 하게 되면 저항성을 유발시키는 속도가 더 빠르게 된다. 일반적으로 경제적 피해 허용수준을 정해놓지 않고 살충제를 마구 사용하게 될 경우에는 농민들은 자신의 경험과 주위의 권유로 살충제를 사용하게 된다.

IPM 프로그램에서 살충제를 사용하게 될 경우에는 유용곤충에 선택성이 있는 살충제를 사용하는 것이 가장 좋은 방법이다. 선택성 살충제는 아주 특정한 좁은 범위의 곤충만을 죽이는 특성을 가지고 있다. 따라서 천적을 방사했다던가, 혹은 자연적으로 발생하는 토착

천적을 보호하고, 화분매개 벌들을 보호하기 위해서는 필수적이라고 할 수 있다. 살충제의 선택적 기작과 독성 기작은 생리적인 선택성 혹은 사용 방법에 의해서 결정이 되는데, 생리적인 선택성은 대사기작을 바꾼다든가 효소의 활성을 달리하던가 해서 생물체의 감수성을 감소시키는 것이다. 사용 방법에 의한 선택성은 사용농도와 작용기작, 적용 시간 등을 조합해서 최대한 천적에게 피해가 없도록 사용하는 것이다.

#### 차. 유용생물에의 간접영향

농약은 목적해충의 포식자나 기생자 혹은 곤충병원성미생물에 1차적 혹은 2차적으로 영향을 이칠 수가 있다. 1차적인 영향은 농약에 노출 정도와 영향을 주는 생물적 매개인자에 따라서 직·간접적으로 영향을 주게 된다. 유용천적의 직접적인 사망은 살충제를 살포하는 동안에 직접적인 접촉에 의한 것과 살충제의 잔류에 의한 것, 살충제에 오염된 먹이를 섭취할 때, 그리고 토양 소독 때에 사용하는 훈증과 접촉, 오염에 의한 것 등이 있다. 또한 유용천적이 간접적 혹은 아치사 농도에 노출이 되면 생식과 산란, 기생, 포식, 수명, 알의 부화 등에 영향을 주게 되며, 발육이 늦어지거나, 성비가 깨지는 영향을 받을 수가 있다. 형태적 혹은 행동적인 변화도 야기할 수가 있다. 2차적인 영향은 살충제가 천적의 먹이감이나 기주식물에 포함되어 이거나(Sell, 1984; Celli et al, 1997), 진딧물의 감로와 같은 곳에 함유되었을 경우 이를 섭취할 때에(Huffaker, 1990), 그리고 해충을 직접적으로 자극할 때에 예를 들면, 점박이응애(*Tetranychus urticae*)와 같은 경우에는 생식력을 증가시키게 된다. 살균제의 경우에는 곤충기생성 곰팡이의 포자발아와 균사생장 등을 저해하고, 포자낭의 활력을 감퇴시키고, 식물체 표면에서의 생존력이나 활력을 감퇴시킨다.

천적에 있어 살충제의 부수적인 효과는 곤충의 분류군에 따라서 달라질 수가 있다. 일반적으로 포식자는 기생자에 비하여 살균제를 제외하고는 살충제에 더 강한 내성을 가지고 있다. 예를 들어 진딧물 천적의 내성은 무당벌레가 가장 크고, 다음이 풀잠자리, 흑파리, 노린재, 벌목의 순이었다(Hodek, 1973). 같은 벌목이라도 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa*)과 같은 경우가 더 강하고, 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis*)도 강한 편에 속한다는 보고가 있다(Hassan et al., 1983). 살충제에 대한 감수성에서의 차이는 분류학적으로 유사한 계통이라 할지라도 차이를 나타낼 수가 있다. *Eretmocerus mundus* 성충의 경우에는 *E. formosa*나 *Encarsia pergandiella*보다 amitraz, thiodicarb, cypermethrin의 잔류

독성에 훨씬 적은 감수성을 보이고 있다(Maise *et al.*, 1997). *Aphidius* 종간에서도 보면, *A. matricariae*는 *A. rhopalosiphii*나 *A. colemani*보다 더 dimethoate에 대해서 내성이 강한 것을 알 수 있다(Baath, 1991). 한편 반복적으로 살충제를 사용하다 보면 천적도 어느 정도 살충제에 대해서 내성을 가지게 되는 경우도 있다. 이러한 예로는 *P. persimilis*와 유기인계 화합물(Goodwin and Welham, 1992)이 있고, *Aphidoletes aphidimyza*와 azinphos-methyl(Warner and Croft, 1982)을 들 수 있다.

토마토나 오이 등 작물에서 온실가루이만 문제인 경우는 매우 드물다. 즉 다른 병이나 해충이 문제시되면 아무리 온실가루이가 천적에 의해 성공적인 방제가 되었다 하더라도 약을 사용하지 않을 수 없을 것이다. 그러나 이러한 농약의 사용은 천적에 특히 영향을 주기 때문에 온실가루이의 생물적방제 체계는 일순간에 무너질 수 있다. 따라서 만일 온실가루이가 좀벌에 의해 방제되고 있는 상황에서 다른 문제 병해충이 발생하면 우선 농약 이외의 방제방법을 신중히 고려하여야 하며 농약이외에 다른 대안이 없다면 최후의 수단으로 문제가 된 다른 병해충을 방제할 수 있으면서도 좀벌에 영향이 적은 약제를 이용하여야 할 것이다. 다음 표는 네덜란드와 일본 및 우리나라에서 비교적 좀벌에 영향이 적다고 보고되고 있는 농약들 중 우리나라에 등록되어 있는 약제들을 표시하고 사용 후 천적에 영향이 없을 것으로 생각되는 기간을 표시하였다. 그러나 실제 사용할 때 주의하여야 할 것은 약제에 따라서는 외국과 제형이나 약제성분 이외의 성분들이 다를 수 있기 때문에 혹은 환경의 차이 등에 의해 좀벌에 대한 영향이 보고된 외국에서와 같이 좀벌에 적은 영향을 나타내지 않을 가능성이 있다는 점이다. 현재 이 부분에 대한 보완연구가 일부 수행되고 있지만 가능하면 사용자 스스로 일부를 시험적으로 사용해보고 전체 면적에 이용하는 것이 안전하다.

천적의 살충제에 대한 영향을 알아보기 위하여 acetamiprid 8% 수화제와 pyriproxifen 10% 유제, acetamiprid 4% + buprofezin 15% 유제 1,000배액과 2,000배액 등 3가지 약제에 대하여 온실가루이좀벌과 굴파리좀벌에 대한 약제 내성을 검토하였다. 각각의 약제를 토마토 유묘에 처리를 한 후에 플라스틱 케이지(50x50x80cm)에 넣어 두고 약제 처리 후 2일째 되는 날부터 5일째 되는 날까지 각각 천적을 투입하여 천적의 사망 개체수를 조사하였다.

표 2-20. Acetamiprid 8% 수화제를 토마토 유묘에 처리 후 온실가루이좀벌 카드를 걸어 놓았을 때 온실가루이좀벌의 시간별 누적 사망 개체수

약제처리 후 경과 시간	온실가루이좀벌 카드를 넣어두고 시간(일)이 경과되고 난 후의 누적 사망 개체수											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	0	0	0	12	23	28	36	62	73	93	127	134
72	0	0	0	0	0	3	30	76	83	92	113	124
96	0	0	0	0	0	29	54	65	72	80	84	98
120	0	0	0	0	0	2	6	10	14	20	28	32

표 2-21. Pyriproxifen 10% 유제를 토마토 유묘에 처리 후 온실가루이좀벌 카드를 걸어 놓았을 때 온실가루이좀벌의 시간별 누적 사망 개체수

약제처리 후 경과 시간	온실가루이좀벌 카드를 넣어두고 시간(일)이 경과되고 난 후의 누적 사망 개체수											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	0	0	0	6	11	14	19	36	45	56	68	89
72	0	0	0	5	13	35	49	62	67	73	96	112
96	0	0	0	0	12	15	19	21	43	66	83	91
120	0	0	0	0	1	3	5	15	23	48	132	136

표 2-22. Acetamiprid 8% 수화제를 토마토 유묘에 처리 후 굴파리좀벌 30마리를 방사하였을 때 굴파리좀벌의 시간별 누적 사망 개체수

약제처리 후 경과 시간	굴파리좀벌 30마리 방사 후 시간(일) 경과에 따른 누적 사망 개체수											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	0	0	2	5	10	13	15	26	30	-	-	-
72	1	5	9	11	16	22	30	-	-	-	-	-
96	2	4	17	20	27	27	30	-	-	-	-	-
120	0	0	0	0	0	2	4	5	8	11	25	28

표 2-23. Pyriproxifen 10% 유제를 토마토 유묘에 처리 후 굴파리좀벌을 30마리를 방사하였을 때 굴파리좀벌의 시간별 누적 사망 개체수

약제처리 후 경과 시간	굴파리좀벌 30마리 방사 후 시간(일) 경과에 따른 누적 사망 개체수											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	2	3	4	5	15	21	23	28	29	29	30	-
72	1	1	5	9	15	15	16	23	25	26	30	-
96	2	2	5	11	13	13	17	26	29	30	-	-
120	4	4	10	12	18	22	22	26	29	29	30	-

표 2-24. Acetamiprid 4% + buprofezin 15% 유제를 1,000배액으로 토마토 유묘에 처리 후 온실가루이좀벌 카드를 걸어 놓았을 때 온실가루이좀벌의 시간별 누적 사망 개체수

약제처리 후 경과 시간	온실가루이좀벌 카드를 넣어두고 시간(일)이 경과되고 난 후의 누적 사망 개체수											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	0	0	2	6	8	10	13	26	43	66	78	86
72	0	0	1	5	8	13	19	33	48	51	74	92
96	0	0	0	3	10	14	19	25	39	57	71	82
120	0	0	0	2	6	11	22	31	43	49	67	79

표 2-25. Acetamiprid 4% + buprofezin 15% 유제를 2,000배액으로 토마토 유묘에 처리 후 온실가루이좀벌 카드를 걸어 놓았을 때 온실가루이좀벌의 시간별 누적 사망 개체수

약제처리 후 경과 시간	온실가루이좀벌 카드를 넣어두고 시간(일)이 경과되고 난 후의 누적 사망 개체수											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	0	0	2	8	14	16	25	31	53	71	89	132
72	0	0	6	9	11	19	26	27	43	62	83	108
96	0	0	4	13	19	23	36	47	64	79	96	139
120	0	0	3	8	26	35	49	61	76	95	113	147

표 2-26. Acetamidrid 4% + buprofezin 15% 유제를 1,000배액으로 토마토 유묘에 처리 후 굴파리좀벌을 30마리 방사하였을 때 굴파리좀벌의 시간별 누적 사망 개체수

약제처리 후 경과 시간	굴파리좀벌 방사 후 시간(일) 경과에 따른 누적 사망 개체수											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	3	5	9	14	21	28	29	30	-	-	-	-
72	1	3	7	11	16	23	25	27	30	-	-	-
96	3	3	3	4	6	18	22	24	30	-	-	-
120	2	5	6	8	13	19	25	29	29	30	-	-

표 2-27. Acetamidrid 4% + buprofezin 15% 유제를 2,000배액으로 토마토 유묘에 처리 후 굴파리좀벌을 30마리 방사하였을 때 굴파리좀벌의 시간별 누적 사망 개체수

약제처리 후 경과 시간	굴파리좀벌 방사 후 시간(일) 경과에 따른 누적 사망 개체수											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	0	2	3	6	12	15	24	27	30	-	-	-
72	1	1	4	7	10	19	27	30	-	-	-	-
96	0	2	2	6	9	17	23	27	29	29	30	-
120	0	4	4	7	13	14	25	26	28	30	-	-

이상의 결과를 요약하여 보면, acetamidrid 8% 수화제와 pyriproxifen 10% 유제, acetamidrid 4% + buprofezin 15% 유제 1,000배액과 2,000배액 등 3가지 약제에 대하여 온실가루이좀벌과 굴파리좀벌에 대한 약제 내성을 검토한 결과는 약제 처리 후 경과시간이

지남에 따라서 약간의 차이는 있지만, 살충제에 대한 독성은 그리 많이 나는 것은 아닌 것으로 생각된다. Acetamiprid 8% 수화제를 토마토 유묘에 처리 후 온실가루이좀벌 카드를 걸어 놓았을 때 온실가루이좀벌의 시간별 누적 사망 개체수를 보면 약제처리 후 48시간이 경과한 후에 온실가루이좀벌을 투입한 것이 사망률이 약간 더 높은 것을 알 수 있다. 그러나 120시간이 경과된 후에 투입한 온실가루이좀벌의 카드에서는 전체적인 우화율이 매우 떨어져서 그 효과를 정확히 비교 할 수 없으며, 10일 후의 결과를 비교하여 보면 거의 비슷한 사망률을 나타내었다. Pyriproxifen 10% 유제를 토마토 유묘에 처리 후 온실가루이좀벌 카드를 걸어 놓았을 때 경우에는 120시간 경과한 경우가 온실가루이좀벌의 우화개체수를 비교하여보면 거의 개체군에 약제가 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다.

Acetamiprid 8% 수화제를 토마토 유묘에 처리 후 굴파리좀벌 30마리를 방사하였을 때 굴파리좀벌의 시간별 누적 사망 개체수를 보면 96시간 경과한 후까지는 보통 7일 후엔 모두 사망하였으나, 120일이 경과한 경우에는 12일 이상 생존하는 개체를 관찰 할 수 있었다. Pyriproxifen 10% 유제를 토마토 유묘에 처리 후 굴파리좀벌을 30마리를 방사하였을 때 굴파리좀벌의 시간별 누적 사망 개체수의 경우에는 48시간 경과한 경우나 120시간 경과한 경우 모두 크게 차이를 보이지 않는 것을 알 수 있어 이 약제는 굴파리좀벌에 큰 독성 적용을 하지 않는 것을 알 수 있다.

Acetamiprid 4% + buprofezin 15% 유제를 토마토 유묘에 처리 후 온실가루이좀벌 카드를 걸어 놓았을 때 온실가루이좀벌의 시간별 누적 사망 개체수를 조사한 경우에 1,000배액이나 2,000배액 모두 온실가루이좀벌에 대하여 큰 영향을 미치는 것 같지는 않았으나, 특이하게도 2,000배액의 경우가 사망개체수가 더 많이 나타났다. Acetamiprid 4% + buprofezin 15% 유제를 토마토 유묘에 처리 후 굴파리좀벌을 30마리 방사하였을 때 굴파리좀벌의 시간별 누적 사망 개체수를 조사한 경우에는 2,000배액을 사용한 것이 1,000배액을 사용한 것 보다 약간 더 생존율이 높음을 알 수 있었다.

그렇지만, 표에서 알 수 있듯이 살충제를 뿌린 후에 얼마간의 2-3일의 시간이 지난 후에 천적을 투입하면 천적에 미치는 독성을 크게 줄일 수 있으나, 위의 살충제를 직접적으로 온실가루이좀벌 카드와 굴파리좀벌에 직접 분사를 한 경우에는 어느 경우나 마찬가지로 100% 사망하는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 점을 미루어 볼 때에 천적에 살충제를 직접 분사하는 경우에 접촉독에 의한 사망 확률은 해충이 온실가루이나 아메리카잎굴파리보다 훨씬 더 심각한 것을 알 수 있다.

표 2-28. Acetamidrid 8% 수화제와 pyriproxifen 10% 유제, acetamidrid 4% + buprofezin 15% 유제 1,000배액과 2,000배액을 온실가루이좀벌 카드와 굴파리좀벌에 직접 분사 후 시간 경과에 따른 누적 사망 개체수

살충제	천적	약제시용 후 경과시간에 따른 누적 사망 개체수			
		1일 후	4일 후	8일 후	비고
Acetamidrid 8% 수화제	온실가루이좀벌 카드	5	10	23	온실가루이좀벌의 경우
	굴파리좀벌	30	30	30	적은 수가
Pyriproxifen 10% 유제	온실가루이좀벌 카드	0	23	25	우화는
	굴파리좀벌	30	30	30	하였으나
Acetamidrid 4% + buprofezin 15% 유제 1,000배액	온실가루이좀벌 카드	0	31	32	사망하였으며,
	굴파리좀벌	30	30	30	굴파리 좀벌의
Acetamidrid 4% + buprofezin 15% 유제 2,000배액	온실가루이좀벌 카드	0	28	35	경우 약제를
	굴파리좀벌	25	30	30	시용한 후
					수시간 후에
					대부분
					사망하였다.

한편 천적의 경우 번데기 시기가 성충 시기보다 더 살충제에 강한 내성을 가지게 된다. 비록 해충방제를 위한 생물농약 같은 경우에 살균제에 대하여 감수성이 예민하기는 하지만, 일반적으로 제초제, 살비제, 살균제 등은 살충제보다는 천적 곤충에 대해서 독성이 강하지는 않다. 포식성 응애는 대부분의 피레스로이드 계통의 약제와 카바메이트 계통의 약제에 매우 약하다. 기생성 천적인 경우에는 합성 피레스로이드 계통과 피레스린에 대해서 매우 약하다, 다만 번데기 시기에는 독성이 약간 줄어들게 되나 잔류독성이 1주일 이상 지속되게 되면 우화되어 나와서 죽게 된다. 유기인계의 경우에는 대부분이 독성이 강하며, 잔류가 강한 경우엔 번데기에서 우화되어 나온 성충에 독성을 보인다.

상대적으로 좁은 공간이고 식물의 재식 밀도가 높은 하우스 내에서는 일반적으로 수동

으로 된 분무기를 사용을 하고 있다. 유리온실과 같은 좋은 환경에서는 공기의 흐름을 조절하고 환풍과 환기가 잘 이루어져서 살충제 입자들이 비교적 골고루 퍼지게 되어 해충 방제의 효율이 증가된다. 그러나 반대로 화분매개 곤충이나 천적과 같은 경우에는 살충제에 의한 피해를 더 받을 수도 있다는 것을 의미하게 된다. 또한 밀폐된 공간에서의 살충제 살포는 미세한 입자들이 일하는 사람의 호흡기로 들어오거나 피부에 접촉할 수 있는 위험성도 또한 높아지게 된다. 더구나 하우스 내에서는 온도와 습도가 높기 때문에 살충제 살포시 착용해야 될 안전 장비들을 착용하는 것이 매우 거북스러워 많은 사람들이 이를 무시하고 살충제를 살포하는 경우가 많아 주의가 요구된다.

살충제의 사용에 있어서 현재 주로 사용되고 있는 기술은 살충제의 저투입이다. 선택성 살충제의 사용 또한 유용생물에게는 독성이 약하고 목적인 해충만을 죽일 수 있는 좋은 방법이기도 하다. 그렇지만, 하우스 내에서 살충제를 사용하였을 경우에 원치 않는 간접영향을 알고 있는 것도 매우 중요한 일이다. 또한 대부분의 경우에 천적에 대한 약제의 간접효과를 알아보는 데는 살균제를 빼어 놓는 경우가 많은데, 살균제의 경우 일부 천적에게는 매우 중대한 간접효과를 주는 경우가 있어 이를 고려해야 한다.

## 6. 종합적방제법

### 가. 방울토마토 해충방제를 위한 IPM 프로그램

IPM은 대부분의 많은 나라의 토마토 하우스에서 실시가 되고 있다(van Lenteren and Woets, 1988; van Lenteren, 1995). IPM의 기본은 주요 해충은 천적을 이용한 생물적 방제를 실시하고, 피해가 생기는 2차적인 나머지 해충은 선택적인 살충제를 사용하여 방제하고자 하는 것이다. 또한 병과 해충에 저항성 품종을 심고, 살균제는 천적에 독성이 적은 선택적인 약제를 사용하는 개념이다. IPM을 실시하고 있는 전체적인 토마토 경작면적은 알려지지 않았지만, *E. formosa*를 사용하는 경지면적을 기본으로 보았을 때에 유럽에서는 2,000ha이상이 IPM을 하고 있는 것으로 추정할 수 있다(Onillon, 1990). 최근에는 화분매개를 위해서 bumble-bee를 사용하는 농가들이 늘어나면서 IPM을 하고자 하는 농가들이 증가하는 추세에 있다.

IPM은 토마토의 생산의 여러 단계에 따라서 달라지게 된다. i) 포장에서 선발 단계에는 포장을 선발하고 선충의 여부를 조사하고, 토양을 소독하는 일 등이 필요하다. ii) 유묘단계에서는 품종을 선택하고, 종자의 질을 알아보고, 종자소독을 화학적으로 실시하게 된다. iii) 생산포장으로 오면 토마토의 식재거리를 고려하고, 관수와 시비관계를 고려하고, 가지치기와 화학적 방제와 생물적 방제를 고려해야 한다.

#### **나. 방울토마토 해충방제를 위한 IPM을 위한 결정 요인**

하우스 해충 문제는 하우스 내의 환경과 영양, 재배 방법, 토양 조건, 다른 해충의 발생, 병의 발생, 경제적, 환경적, 사회적 관심 여부와 같은 요인들에 따라서 복잡한 상호작용의 결과를 초래하게 된다. 결과적으로 해충의 대발생 문제를 예방하거나 관리하는 문제는 문제에 따라서 다양하게 대처할 수 있는 체계적인 접근방법이 필요하다. 하우스 산업은 전세계적으로 널리 보급되고 있는 컴퓨터로 기후를 조절하고, 영양을 공급하는 기술적으로 매우 진보한 산업이다. 이러한 시스템은 작물의 성장뿐만 아니라 해충의 발생상에도 많은 영향을 미치게 된다. 또한 대부분의 해충과 응애를 방제하기 위한 천적에도 많은 영향을 주게 된다. 따라서 농민들은 IPM에 어울리는 다양한 정보를 접하게 되는데, 이를 이해하고 올바르게 수행할 수 있는 역량을 갖추어야 하며, 어떤 한 시점에서 이를 충분히 활용하고 적용시켜야 한다.

#### **다. 방울토마토 해충방제를 위한 IPM 프로그램을 폭넓게 적용하는데 있어 문제점**

토마토 하우스에서 IPM을 폭넓게 응용하는 데는 몇 가지 제한된 요인들이 있는데, 가장 문제가 되는 것이 재배지의 기후이며, 이것은 지역에 따라서 IPM의 성공 여부가 달라지는 원인이 된다. 또한 IPM을 적용하기 위한 전문가가 많이 부족하다는 것이다. 천적을 생산해서 적용하는데 이르기까지 충분한 서비스가 이루어지지 않으면 성공하기가 힘들다. 농민이 언제 천적을 투입해야 되며, 또 언제 선택성 살충제를 사용해야 될지를 판단하기가 쉬운 일은 아니다. 만일에 농민이 IPM을 실행하겠다고 하면 질적인 면에서 혹은 양적인 면에서 초기 가이드라인을 얼마나 제시하는가에 따라서 IPM의 성공 여부가 달려 있다.

또한 방사될 천적의 질과 양도 매우 중요한 변수이다. 만일에 천적이 하우스에 도착하였을 때의 상태가 시원치 않으면, 효과적인 방제를 할 수가 없을 것이다. 이러한 문제는 농가가 천적회사에서 멀리 떨어져 있을수록 심각하며, 추가로 천적을 살려고 하더라도 문제가 된다. 더불어 전체적인 종합적 방제 시스템 자체는 농민들에게 있어서는 너무 복잡할 수가 있다. 토마토 하우스에서 생물적 방제는 기본적으로 5종류에서 9종류의 천적을 투입하는 것을 필요로 하고 있다. 또한 선택성 살충제의 종류가 그리 많지 않은 것도 문제인데, 예를 들어, IPM 프로그램 하에서 토마토에 진딧물을 방제하기 위해서 사용할 수 있는 선택성 살충제는 1종류밖에 없다. 살충제 시장에서 새로운 살충제의 개발이 생물적 방제와는 별개로 이루어지고 있기 때문이다. 새로운 살충제가 옛날의 살충제를 대신해서 사용될 때에 천적에 대한 평가는 잘 이루어지지 않고 있다. 더 나아가서 생산자나 소비자 모두 IPM에 의해서 생산된 토마토에 더 많은 인센티브를 주지 않고 있는 것이 제일 큰 문제일 수도 있다.

병 방제를 위한 IPM의 많은 요소들이 아직은 충분하지 않으며, 더 많은 부분이 개발되어야 한다. 종자전염성 병을 방제하기 위한 MBr와 같은 훈증제는 광범위한 효과를 가지고 있기 때문에, 육종을 하는 과학자들은 병에 대한 저항성 품종의 개발에는 큰 관심이 없고 토마토의 질과 양을 개선하려는 방향으로 육종을 하고 있기 때문이다. 많은 다수확 품종들은 선충에 대해서 매우 감수성이 높다. *Verticillium* strain 2에 대한 저항성 품종도 없다. *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*와 *P. lycopersici*에 저항성인 품종도 없다(Besri, 1991). 다른 모든 방제 방법도 각각의 생태적 특성에 따라서 개선할 필요성이 있다. 이와 더불어 해충 개체군 밀도를 추정하는 개체군 예찰 방법도 개선되고 개발이 되어야 한다. 살충제와 살균제 저항성을 알아낼 수 있는 방법도 개선이 되어 새로운 저항성 해충이 등장하였을 경우에 이를 빨리 해결할 수 있는 방법을 찾을 수 있도록 해야 한다.

#### 라. 하우스 토마토에서 IPM의 미래

최근 들어서 수자원과 토양, 공기에 오염된 살충제에 관해서 환경론자들의 관심이 고조되고 있는 실정이어서 살충제의 사용량을 줄이자는 정치적인 프로그램이 확산되고 있다. 더 나아가서 토마토의 화분매개에 bumble-bee의 사용이 늘어남으로 해서 자연적으로 생물적 방제에 대한 관심이 늘어나고 있다.

세계적으로 규모가 큰 토마토 재배단지 중의 하나인 지중해 연안에서는 하우스 내에서 생물적 방제와 IPM의 연구가 점차 확장되고 있으며, 그 결과 토마토의 주요해충에 대한 천적의 개발이 진전을 보고 있다. 토착 천적을 보존하는 기술을 도입하는 것과 하우스에서 사용할 수 있는 경종적인 방제 방법들은 IPM 프로그램을 좀 더 향상시키는데 도움을 주고 있다.

일부 국가에서는 지역판매용 토마토에 대해서는 IPM을 전혀 실시하지 않는 경우도 볼 수 있는데, 이는 적당한 기술이 없음은 물론이려니와 기술을 적용하기 위해서는 너무 많은 비용이 들기 때문이다. 그렇지만 수출용 토마토를 생산하는 농민들은 좀 더 기술적인 발전을 이루어 내고 있으며, 비용의 많고 적음에 별로 개의치 않고 새로운 기술을 도입하려는 노력을 게을리 하지 않고 있다. MBr는 세계적으로 많이 쓰이는 훈증제지만, 대부분의 나라에서는 가까운 장래에 MBr 대신에 지속 가능한 경제성 있는 방법을 택할 것으로 보인다. 세계 많은 국가들이 새로운 방법을 찾기 위해서 많은 방면으로 연구를 하고 있다.

선진국이나 개발도상국 모두에게서 토마토 생산의 장애가 되고 있는 많은 병과 해충에 대한 저항성 품종을 찾도록 노력을 해야 될 것이며, 공기전염을 하는 주요 병에 대한 경보 시스템을 개발하는 것도 필요하다고 본다.

## 제 3장 토마토 과실에서의 농약 성분 잔류동태 분석

### 제 1절 서론

살포된 농약의 작물체내 잔류는 식품 등을 통하여 직접 인체 내로 농약이 흡수될 수 있기 때문에 매우 중요한 의미를 갖는다. 농약의 잔류는 작물의 체내에 침투한 농약뿐만 아니라 작물의 표면에 물리적으로 부착되어 있는 것까지 포함한다. 작물잔류성에 미치는 요인은 농약의 이화학적 특성뿐만 아니라 작물의 특성, 농약의 살포방법 및 환경조건 등이 있다. 살포된 농약이 작물체에 어느 정도의 양이 부착되는가 하는 것은 병해충의 방제효과뿐만 아니라 농약의 작물잔류성에도 매우 밀접한 관계가 있다. 농약이 작물에 부착되는 정도는 여러 가지 요인에 의해서 좌우되지만 직접적으로는 농약의 이화학적 특성 및 작물의 형태적 특성에 따라서 달라진다.

농약의 작물잔류성에 영향을 주는 환경조건은 토양내의 농약의 잔류성과 마찬가지로 온도, 습도, 일조 등의 기상환경과 토양환경을 들 수 있다. 대기의 온도가 높으면 일반적으로 살포된 농약의 작물체로의 흡수가 많아지므로 잔류량이 증대된다. 그러나 고온 하에서 오히려 농약이 분해되기 쉽고 특히 일조가 강하면 자외선에 의한 광분해가 병행되므로 분해가 촉진되어 작물체내 농약의 잔류를 저하시키는 결과를 보이기도 한다.

농산물 중 농약의 잔류량을 농약잔류허용기준과 비교하여 기준량보다 적으면 그 농산물은 법적으로, 과학적으로 안전한 것으로 평가한다. 농작물 중에 잔류하는 농약은 경시적으로 계속하여 분해된다. 농작물 재배기간 중에 살포된 농약이 살포직후에 작물체내에 허용기준량 이상으로 잔류하더라도 일정한 기간이 경과하면 작물체내 농약 잔류량은 허용기준량 이하로 감소될 수 있기 때문에 수확 예정일 전 일정기간 동안 농약을 사용하지 못하게 규제한다면 잔류허용기준량 이하의 안전한 농산물을 생산할 수 있다. 또한 농약의 작물 잔류는 사용횟수와 제제 형태에 따라서도 달라지므로 농약의 종류별로 그 사용방법과 살포횟수 및 수확 전 살포일수를 각 작물별로 설정하여 수확된 농산물 중 농약 잔류량이 그 허용기준을 초과하지 않게 함으로써 안전한 농산물을 생산할 수 있다.

잔류허용기준에 의한 평가는 주로 농산물 중 잔류농약의 조사결과를 각 농산물별로 설정된 농약 잔류허용기준과 비교하여 농산물의 안전성을 평가하는 방법이다. 즉 농산물 중에서 검출된 잔류농약의 양이 허용기준 미만인 경우에는 안전한 농산물로 평가되는 것이

다. 농산물 중 농약 잔류허용기준은 이 기준 이하의 농산물은 사람이 일생을 통하여 식용으로 하더라도 건강에 아무런 영향이 없다는 것을 과학적으로나 법적으로 인정하는 양이다.

MRL(Maximum Residue Limit, 최대 잔류허용량)에 의한 농산물의 안전성 평가는 개개 농산물별로 선정된 MRL을 단순하게 비교 평가하는 것에 반하여 1일 섭취허용량(Acceptable Daily Intake, ADI)에 의한 평가는 하나의 문제되는 농약성분에 대하여 우리가 매일 섭취하는 개개 식품 중에 함유된 총 잔류농약에 의한 인체에 대한 안전성을 평가하는 것이다. 즉, 사람이 하루에 섭취한 전체 농산물(식품) 중에 잔류하는 농약의 총량이 ADI를 초과하는지 여부를 검토하여 ADI이하로 되면 안전하다고 평가하게 되는 것이다.

우리나라에서는 농작물에 살포한 농약의 잔류기간이 길어 농산물 섭취에 의한 포유동물의 만성중독이 우려되는 농약에 대해서는 이미 그 생산 및 사용을 금지하였다. 기타 농약에 대해서는 포유동물에 대한 만성독성의 유발시험 등 안전성 시험을 거쳐 그 농약성분이 잔류되어 있는 농산물을 사람이 일생동안 섭취하여도 아무런 이상이 없는 ADI, 농산물 또는 식품 중 농약의 MRL 및 농약안전사용기준 등을 설정하여 안전한 농산물 생산을 위하여 법적으로 강력하게 규제하면서 만성 중독에 의한 피해를 미리 예방하고 있다. 그러나 이러한 규정을 무시하고 수확기 직전까지 농약을 살포하거나 정해진 횟수 또는 양 이상으로 살포하게 되면 농산물 중 농약 잔류수준이 허용기준량이상으로 될 가능성이 있으므로 항상 주의하여야 한다.

## 제 2 절 재 료 및 방 법

### 1. 국내 방울토마토재배농가에서 주로 사용하는 병해충 방제 농약의 조사

전국의 주요 토마토 재배단지에서 살충제 및 살균제 사용실태 조사하였다. 조사 시기는 2001년과 2003년에 걸쳐서 실시하였으며, 주요 조사 대상 지역으로는 충남북, 전남북, 경남북 지역의 총 500여 농가에 이르렀다. 그러나 농약의 사용 여부는 경작농민을 만나지 못하여 사용여부를 조사할 수 없는 경우가 대부분이었고, 농민을 만난다하더라도 농약의 사용을 말해주지 않아 조사에 의미는 없다고 판단되었으며 농약의 자세한 사용 내역은 조사할 수 없었다. 다만 몇몇 농가에서 밝힌 농약 및 채취한 샘플을 이용한 잔류분석을 통하여 약

제를 이용한 병·해충 방제실태 파악과 비등록 농약사용 실태 조사를 조사하였다.

조사결과 살충제로는 온실가루이 방제용 살충제로 피리프록시펜(pyriproxyfen, 신기루)유제, 지노멘(chinomethionat, 모레스탄) 수화제, 칼답·부프로페진 (cartap hydrochloride + buprofezin, 다갈) 수화제, 아타라 입상수화제 (thiamethoxam), 잎굴파리 방제용 살충제로 스피노사드(spinosad, 부메랑) 입상수화제, 아타라 입상수화제 (thiamethoxam) 등이 사용되고 있었다. 살균제로는 잎곰팡이병 방제용 살균제 리프졸(triflumizole)수화제, 프로피(propineb)수화제, 지오판·리프졸(thiophanate-methyl+ triflumizole, 군타임) 수화제, 지오판(thiophanate-methyl) 수화제, 잣빛곰팡이병 방제용 살균제 지에토펜카브·가벤다(diethofencarb + carbendazim, 깨끄탄) 수화제, 이미녹타딘트리스 알베실레이트(iminoctadine, 벨구트)수화제, 디크론(dichlofluanid, 유파렌) 수화제, 잎마름역병 방제용 살균제 디메소모르프·디치(dimethomorph + dithianon, 포롭디)수화제, 파목사돈·싸이목사닐(famoxadone + cymoxanil, 이카초) 액상수화제 등이었다.

한편, 푸르겐수화제 (**difenoconazole**, 흰가루병), 헥사코나졸수화제 (**hexaconazole**, 잣빛곰팡이병, 잎곰팡이병), 한우물수용제 (validamycin), 미토스액상수화제 (pyrimethanil, 잣빛곰팡이병), 휘나리 수화제 (fenarimol), 야무진수화제 (chlorpyrifos + diflubenzuron, 잎굴파리), 선풍수화제 (buprofezin + **bifenthrin**, 온실가루이), 코니도 수화제(imidacloprid, 온실가루이), 모스피란(acetamiprid)등과 같은 미등록농약(2004년 농약사용치침서 기준)도 다수 사용되고 있었다.

또한 사용 고시된 약제가 아닌 다른 약제들을 농민들이 임의적으로 추가로 혹은 혼합하여 사용함으로써 약제남용에 따른 약제저항성 발생으로 방제효과가 크게 떨어질 뿐만 아니라 약제 잔류의 문제점을 항상 지니고 있다. 따라서 잔류허용치의 기준이 토마토에는 설정되지 않은 농약의 잔류성분을 조사하고 다른 작물에서의 잔류 허용에 대한 내용을 검토하여 토마토에서의 약제사용에 대한 기준을 마련해야 될 것으로 생각된다.

## 2. 살포 농약의 방울토마토 잔류분석

방울토마토에 대한 잔류성을 구명하여 잔류 농약의 안전성 평가를 위한 기초자료로 활용하고자 공동 연구자들이 선발한 살충제 2종(Bifenthrin, Pyridaben), 살균제 2종

(Hexaconazole, Difenoconazole)의 잔류분석을 실시하였다. 또한 재배시설 및 환경변화에 따른 분해정도를 분석하기 위하여 비닐하우스 및 유리온실에서 방울토마토를 재배하여 각각 동일한 조건으로 농약을 살포하여 잔류분석에 이용하였다. 잔류분석법의 정밀성 및 재현성을 검증하기 위하여 시료별로 각각 2수준 3반복으로 회수율 시험을 수행하였으며 모두 잔류농약 분석기준인 80%~120%를 만족하였다.

#### 가. 약제살포

공시약제 : 공시품 사용

살포약량 : 희석배수 1000 배액으로 약액이 흐를 정도로 충분히 살포

살포방법 : 전면살포(지렛대식 인력분무기)

#### 나. 시료 전처리

시료 채취량 : 2kg/구

시료조제방법 : 꼭지를 제거 후 분쇄기로 마쇄

시료보관방법 : -56℃ 냉동 보관 (P.E film bag 보관)

#### 다. 시료조제

처리구별 비슷한 크기로 2kg 이상을 채취하여 꼭지를 제거한 다음 Grinding 한후 50g 씩 2반복을 취하여 Acetone 또는 n-hexane 100ml 및 Celite 545 1스푼 가하고 Homogenizer 10000rpm으로 5분간 추출하여 Kiriyaama funnel을 사용하여 No. 2 여과지로 감압 여과하였다.

#### 라. 검량선 작성

standard 100.00mg을 Methanol 또는 Acetone 100ml에 녹여 1000ppm의 stock solution을 만들어 이것을 Methanol로 희석하여 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 ppm을 조제한 후 HPLC를 사용할 경우에는 10 $\mu$ l, GC를 사용할 경우에는 1 $\mu$ l를 주입하여 peak 면적 또는 높이를 기준으로 하여 검량선을 작성하였다.

#### 마. 분배

위의 농축액을 1000ml용 분액여두에 옮긴 다음 dichloromethane 50ml, 포화식염수 30ml,

증류수 400ml를 가하여 10분간 격렬하게 진탕한 후 정치하여 dichloromethane층을 분취하고, 다시 dichloromethane 50ml를 가하여 10분간 격렬하게 진탕 후 정치시켜 dichloromethane 층을 분취하여 앞의 액과 합하여 40℃하에서 농축 건조하였다.

#### 바. 정제

Dry oven(130℃)에서 하룻밤 활성화시킨 Florisil(60~100mesh) 5g을 column (I.D 10 × H400mm)에 넣고 그 위에 무수황산나트륨 1cm로 충전한 후 위의 건조물을 혼합용매 (n-Hexane : dichloromethane (v/v) = 80:20) 50ml 및 혼합용매(n-Hexane : dichloromethane : acetonitrile (v/v)=49.65 : 50 : 0.35) 50ml로 흘러 보낸 다음 혼합용매 (n-Hexane : dichloromethane : acetonitrile (v/v)=49.65 : 50 : 0.35) 50ml로 용출한 후 40℃하에서 감압 농축하여 Methanol 또는 acetone 50ml로 정용한 다음 HPLC 또는 GC로 분석하였다.

#### 사. 회수율 시험

무처리 방울토마토 마쇄시료 50g에 2.5ppm 표준용액을 각각 1ml와 5ml를 정확하게 주입하여 균일하게 혼합한 후 30분간 방치 후 상기 분석과정과 동일하게 clean up한 후 methanol 또는 acetone 5-10ml로 정용한 다음 회수율을 구하였다.

#### 아. 시약 및 기구

Acetone, Dichloromethane : (주) SAMCHUN Chemical  
n-Hexane(PR급), Acetone(PR급), Acetonitrile(PR급) : J.T.Baker  
Sodium Chloride(GR급) : Junsei Chemical Co. Ltd.  
Sodium Sulfate Anhydrous(GR급) : Junsei Chemical Co. Ltd.  
Filter paper : Whatman No. 2  
Celite 545 : Junsei Chemical Co. Ltd.  
Florisil (60-100mesh) : Sigma. Co. Ltd.  
Homogenizer : Nihonseiki Kaisha Ltd.  
Rotary evaporator : Büchi RE-114, Büchi RE-111  
Food mixer(FM-808) : 한일 전기(주)  
Balance: HM-200(AND), HF-200GD(AND)

## 자. 기기분석

농약의 이화학적 성질에 따라 감도가 우수한 분석기기를 사용하였다.

GC-Mass는 Varian saturn 2000를 사용하였으며, inject temp. : 100°C(2min) → 7°C/min → 250°C → 15°C/min → 300°C(3.5min), Gas flow : 1.0ml/min, column : J&W DB-5MS 30m × 0.25mm × 0.25 $\mu$ m, Detector : trap 220°C, manifold 85°C, transfoline 230°C의 조건으로 분석하였다.

GC는 Agilent Technologies 6890N series을 사용하였으며, column은 Agilent 19091J-413 (HP-5 5% phenyl methyl siloxane) 30.0m(length)×320.0 $\mu$ m(diameter)× 0.25 $\mu$ m(film thickness) 또는 HP-1, 25m × 0.32mm capillary column, detector는NPD를 사용하였다.

HPLC는 Agilent 1100series를 column은 GL Sciences Inc. Unisil C18 4.6×250mm, Particle size 5 $\mu$ m, detector는 UV 254nm으로 분석하였다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 주요 병해충 적용약제 및 한국과 일본의 농약잔류허용기준

표 3-1. 토마토 주요 병해충 적용약제(한국, 농약공업협회, 농약사용지침서, 2004년)

병해충명	농 약 명(상 표 명)	물 1말(20ℓ) 당 사용약량
잎 곰팡이병	· 가벤다 · 가스신수화제(고추탄)	20g
	· 리프졸수화제(트리후민)	6.7
	· 리프졸 혼연제(트리후민)	50g/400m <sup>3</sup>
	· 만코지입상수화제(신기원)	40g
	· 메파니피림 · 마이크로부타닐액상수화제(탐스론)	20
	· 아족시스트로빈액상수화제(오티바)	8
	· 이미녹타딘트리스알베실레이트액상수화제 (부티나, 탈렌트)	20
	· 이프로 · 지오판수화제(다스린)	40
	· 이프로 · 프로피수화제(신바람)	40
	· 지오판수화제(삼공지오판, 정보지오판, 슈퍼톱단, 이비엠지이트, 정밀지오판, 탑건, 톱네이트-엠, 톱신엠)	20
	· 지오판 · 리프졸수화제(군타임)	
	· 지오판 · 유허액상수화제(아싸)	20
	· 치람수화제(쓸마내)	40
	· 펜부코나졸수화제(흥이나)	10
	· 폴리옥신수용제(더마니)	40
	· 프로피수화제(안트라콜)	4
	· 플루퀸코나졸수화제(카스텔란)	40
	· 플루퀸코나졸액상수화제(파리사드)	6.7
		20
	잎 마 름 병	· 디메쏘모르프 · 디치수화제(포룸디)
· 디메쏘모르프 · 만코지수화제(포룸만)		40
· 디메쏘모르프 · 프로피네브수화제		40
· 메티람입상수화제(포리람)		40
· 시아조파미드액상수화제(미리카트)		10
· 싸이목사닐 · 피목사돈입상(이코션)		8
· 에타복삼 · 싸이목사닐수화제(크리너)		20
· 오프레이스 · 프로파모카브하이드로클로라이드 수화제(수호신)		40
· 옥사디실 · 쿠퍼수화제(산도판골드)		40
· 이프로발라카브 · 프로피네브수화제(멜로디)		40
· 족사마이드 · 싸이목사닐수화제(카니발)		20
· 과목사돈 · 싸이목사닐액상수화제(이카초)		20

계속

병해충명	농 약 명(상 표 명)	물 1말(20ℓ) 당 사용약량
겉무늬병	· 아족시스트로빈액상수화제(오티바)	10
	· 쿠파수화제(경농쿠파, 코사이드)	40
	· 타로닐수화제(골고루, 금비라, 다코닐, 새나리, 초우크)	33
젓빛 곰팡이병	· 디에토펜카브 · 가벤다수화제(깨끄탄)	20
	· 디크론과립혼연제(유파렌)	200g/10a
	· 디크론수화제(유파렌)	40
	· 메파니피림수화제(팡파르)	10
	· 이미녹타딘 트리스알베실레이트수화제(벨구트)	10
	· 터브코나졸 · 디크론수화제	20
	· 터브코나졸 · 토릴후루아니드수화제(엄지)	20
	· 토릴후루아니드수화제(유파렌엠)	40
	· 펜헥사미드수화제(텔도)	20
	· 포리옥신수용제(더마니)	4
	· 포리옥신디 · 가벤다수화제(차세대)	20
	· 프로파과립혼연제(너도사, 스미렉스)	120
	· 프로파미분제(너도사, 스미렉스, 이비엠젯사이트)	300
	· 프로파수화제(너도사, 스미렉스, 아벤티스프로파, 이비엠젯사이트, 팡이탄)	20
· 플루킨코나졸 · 피리메타닐액상수화제(금모리)	20	
· 피리메타닐 · 크로르타로닐액상수화제(탐실)	20	
· 후루디옥소닐액상수화제(사파이어)	10	
시들음병	· 다조메입제(밧사미드)	30kg/10a
꽃마름병	· 다조메입제(밧사미드)	30kg/10a
온실 가루이	· 부프로페진 · 푸라치오카브수화제(자비왕)	20
	· 스피노사드입상수화제(부메랑, 올가미)	10
	· 치아메톡삼입상수화제(아타라)	10
	· 테부페노자이드 · 부프로페진수화제(온누리)	20
	· 펜프로과립혼연제(다니톨)	200g/10a
	· 펜프로유제(다니톨, 다니캣트, 다이토나, 성보펜프로, 포충탄)	40
	· 푸라치오카브유제(델타네트)	20
	· 피리프록시펜유제(신기루)	10
	· 아세타미프리드수화제(모스피란)	10

계속

병해충명	농 약 명(상 표 명)	물1말(20ℓ) 당 사용약량
아메리카 잎골파리	· 스피노사드입상수화제(부메랑, 올가미)	10
	· 에마멕틴벤조에이트유제(에이팜)	10
	· 치아메톡삼입상수화제(아타라)	10
	· 칼탐입제(파단, 쩌다, 세다세, 정보칼탐, 골든샷)	2g/주
	· 카보설판입제(마살, 쌀지기)	20
뿌 리 혹 선 충	· 다조메입제(빛사미드)	30kg/10a
	· 디메칠빈포스입제(란가도)	6kg/10a
	· 포스치아제이트입제(선충탄)	6kg/10a
과실비대 축 진	· 클록시포낙액제(토마토란)	20
생장촉진	· 토마토톤액제(동부도마도톤, 삼박, 정밀도마도톤)	200~400
	· 지베레린수용제(경농지베레린, 동부지베레린, 쑥쑥, 이비엠더커, 전진지베레린)	1.6g/5ℓ
착과증진	· 클록시포낙액제(토마토란)	20
착색촉진	· 에세폰액제(경농에세폰, 삼공에세폰, 액티브, 이비엠 아하, 착색왕)	12
잡 초	· 메리진수화제(센코)	20
	· 파미드수화제(데브리놀, 랜닥터, 이비엠폴사이트, 한자락)	50

표 3-2. 토마토의 농약잔류허용기준 (한국, 식품의약품안전청 잔류화학물질과)

일반명 (한글)	일반명 (영문)	품목명	허용기준 (ppm)
글루포시네이트	Glufosinate(ammonium)	글루포시네이트 암모늄액제	0.2
글리포세이트	Glyphosate	글라신액제	0.2
나프로파마이드	napropamide	파미드수화제	0.1
다미노자이드	Daminozide	비나인수화제	불검출
다이아지논	Diazinon	다수진입제	0.3
델타메스린	Deltamethrin	델타린유제	0.2
DDT	DDT(DDD,DDE포함)	품목폐지(69년)	0.2
디메토에이트	Dimethoate	디메토유제	1.0
디치오카바메이트	dithiocarbamate	미등록	3.0
디코폴	Dicofol	디코폴수화제	1.0
디크로보스	Dichlorvos(DDVP)	디디브이피유제	0.3
디크로프루아니드	Dichlorfluanid	디크론수화제	2.0
디클로란	dicloran	미등록	0.5
디펜아미드	diphenamid	품목폐지	0.1
마이클로부타닐	myclobutanil	마니탄수화제	1.0
말라치온	Malathion	에스펜발러레이트, 말라치 온유제	0.5
말레익			
하이드라자이드	Maleic Hydrazide	말레이액제	25.0
메빈포스	mevinphos	미등록	0.2
메소밀	Methomyl	메소밀수화제	0.2
메타락실	Metalaxyl	메타실수화제	0.5
메타미도포스	Methamidophos	메타포액제	2.0
메톡시클로르	methoxychlor	미등록	14.0
메트리부진	Metribuzin	메리진수화제	0.5
메티다치온	Methidathion	메치온유제	0.1
모노크로토포스	monocrotophos	모노포액제	1.0
베나락실	benalaxyl	품목폐지	0.5
베노밀	benomyl	베노밀수화제	5.0
벤타존	Bentazone	벤타존액제	0.2
부프로페진	buprofezin	부프로페진액상수화제	1.0
BHC	BHC	품목폐지(79년)	0.2
빈클로졸린	vinclozoline	빈졸수화제	3.0

계속

세톡시딤	sethoxydim	세톡시딤유제	10.0
싸이로마진	cyromazine	싸이로마진수화제	0.5
싸이퍼메쓰린	Cypermethrin	피레스유제	0.5
싸이플루쓰린	Cyfluthrin	싸이스린유제	0.5
싸이할로쓰린	Cyhalothrin	할로스린유제	0.5
싸이헥사틴	cyhexatin	싸이헥사틴수화제	2.0
아세페이트	Acephate	아시트수화제	5.0
아진포스 메틸	Azinphos-methyl	아진포수화제	0.3
알드린, 디알드린	Aldrin,dieldrin	품목폐지	0.01
에세폰	ethephon	에세폰액제	3.0
에치오펜카브	Ethiofencarb	미등록	5.0
에치온	Ethion	품목폐지	2.0
에토프로포스	Ethoprophos	에토프입제	0.02
에트림포스	Etrimfos	품목폐지	0.2
엔도설판	endosulfan	지오릭스유제	0.5
엔드린	endrin	품목폐지(71년)	0.01
오메토에이트	Omethoate	오메톤액제	0.01
옥사딕실	oxadixyl	옥사딕실.쿠퍼수화제	0.1
옥사밀	Oxamyl	미등록	2.0
올쏘 페닐 페놀	ortho-phenyl phenol(OPP)	미등록	10.0
2.4-D	2.4-D(2.4-dichlorophenoxy-acetic acid)	이사디액제	0.1
이미자릴	Imazalil	미등록	0.5
이미다크로프리드	imidacloprid	이미디크로프리드수화제	1.0
이프로디온	iprodione	이프로수화제	5.0
EPN	EPN	이피엔유제	0.1
치오메치오네이트	Chinomethionat(Oxythiohuinox)	지노멘수화제	0.5
치오메톤	thiometon	지오메유제	0.5
치오파네이트 메틸	thiophanate methyl	지오판수화제	5.0
카바릴	Cabaryl(NAC)	나크수화제	0.5
카보후란	carbofuran	카보입제	0.1
캡탄	Captan	캡탄수화제	5.0
퀸토젠	quintozene	품목폐지	0.1
클로로벤질레이트	Chlorbenzilate	품목폐지(90년)	0.2
클로로타로닐	Chlorothalonil	타로닐수화제	1.0
클로르펜빈포스	Chlorfenvinphos	품목폐지(94년)	0.1
클로르프로팜	Chlorpropham	클로르프로팜유제	0.1

계속

클로르피리포스	Chlorpyrifos	그로포수화제	0.5
테부코나졸	tebuconazole	테부코나졸유제	0.2
테트라디폰	Tetradifon	테디온유제	1.0
톨리플루아니드	tolyfluanid	토릴푸루아니드수화제	2.0
트리플루미졸	triflumizole	리프유제	2.0
티오벤카브	thiobencarb	벤치오입제	0.2
트라로메스린	tralomethrin	트랄로메스린유제	0.5
트리아디메폰	triadimefon	티디폰수화제	0.5
트리클로폰	trichlorfon(DEP)	디피액제	0.2
트리포린	triforine	샤프롤유제	0.5
트리플루라린	trifluralin	프리틴유제	0.05
파라치온	Parathion	파라치온유제	0.3
파리치온 메틸	Parathion methyl	등록취소(69년)	0.2
퍼메스린	Permethrin(permetrin)	미등록	1.0
페나미포스	fenamiphos	훼나리수화제	0.2
페니트로치온	Fenitrothion(MEP)	메프유제	0.2
펜디메타린	pendimethalin	펜디유제	0.2
펜발러레이트	Fenvalerate	프로싱유제	1.0
펜부타틴 옥사이드	Fenbutatin oxide(vendex)	펜부탄유제	1.0
펜설펀티온	Fensulfothion	미등록	0.1
펜치온	Fenthion(MPP)	펜치온유제	0.1
펜프로파스린	fenpropathrin	펜프로과립혼연제	1.0
포레이트	phorate	포레이트입제	0.1
포스파미돈	phosphamidone	포스트수화제	0.1
폭심	phoxim	폭심분제	0.2
폴펫	Folpet	홀펫수화제	2.0
푸르발리네이트	Fluvalinate	후루바유제	0.5
푸르시트리네이트	Flucythrinate	푸루시유제	0.2
프로시미돈	procymidone	프로과수화제	5.0
프로파모카브	propamocarb	파모액제	1.0
프로페노포스	profenofos	프로펜유제	2.0
피레스린	pyrethrins	미등록	1.0
피리미카브	pirimicarb	피리모수화제	1.0
피리미포스 메틸	Pirimiphos methyl	피리포수화제	1.0
헵타크로	heptachlor	미등록	0.02
계	102		

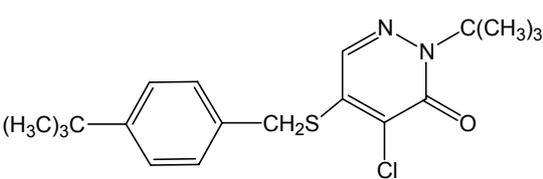
표. 3-3 토마토의 농약잔류허용기준 (일본, 후생성 식품안전성과)

일반명(영문)	허용기준 (ppm)	일반명(영문)	허용기준 (ppm)
2,4,5-T	N.D	diethofencarb	5.0
acephate	5.0	difenoconazole	0.5
acetamiprid	5.0	diflubenzuron	1.0
acrinathrin	0.5	dimethoate	1.0
aldrin	0.02	dimethomorph	2.0
amitrole	N.D	emamectin benzoate	0.1
arsenic trioxide(비소)	1.0	endrin	N.D
bentazone	0.2	EPN	0.1
BHC	0.2	EPTC	0.1
bifenthrin	0.5	ethiofencarb	5.0
butamifos	0.05	ethofenprox	2.0
cadusafos	0.01	ethoprophos	0.02
captafol	N.D	etrimfos	0.2
captan	5.0	fenarimol	0.5
chinomethionat	0.5	fenbutatin oxide	1.0
chlorfenvinphos	0.1	fenitrothion	0.2
chlorfluazuron	2.0	fenobucarb	1.0
chlorobenzilate	0.2	fenpyroximate	0.5
chlorpropham	0.05	fensulfothion	0.1
chlorpyrifos	0.5	fenvalerate	1.0
cycloxydim	0.05	flucythrinate	0.2
cyfluthrin	2.0	fludioxonil	2.0
cyhalothrin	0.5	flufenoxuron	0.5
cyhexatin	N.D	flutolanil	2.0
cymoxanil	2.0	fluvalinate	0.5
cypermethrin	2.0	folpet	3.0
cyproconazole	0.05	fosetyl	100
cyromazine	0.5	fosthiazate	0.2
daminozide	N.D	glufosinate	0.2
DCIP	1.0	glyphosate	0.2
DDT	0.2	hexaconazole	0.1
deltamethrin	0.2	imazalil	0.5
diazinon	0.1	iminocadine	0.3
dichlofluanid	15	iprodione	5.0
dichlorvos	0.1	lenacil	0.3
dieldrin(aldrin)	0.02	malathion	0.5

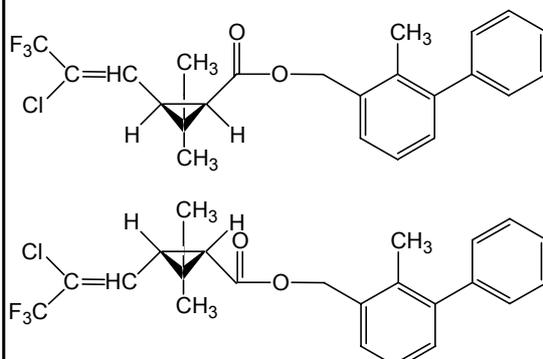
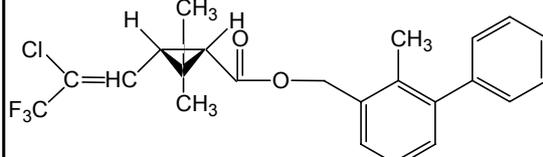
계속

일반명(영문)	허용기준 (ppm)	일반명(영문)	허용기준 (ppm)
maleic hydrazide	25	pirimifos-methyl	2.0
mepanipyrim	5.0	propamocarb	1.0
mepronil	1.0	pyraclofos	0.1
methabenzthiazuron	0.05	pyrethrins	1.0
methamidophos	2.0	pyridaben	1.0
methiocarb	0.05	pyriproxyfen	1.0
metribuzin	0.5	quizalofop-ethyl	0.05
myclobutanil	1.0	sethoxydim	10
nitenpyram	5.0	tebuconazole	1.0
oxamyl	2.0	tebufenpyrad	0.5
parathion	0.3	teflubenzufon	0.5
parathion-methyl	0.2	thiobencarb	0.2
pb(납)	1.0	thiometon	0.1
penconazole	0.2	tolclofos-methyl	2.0
pencycuron	1.0	tralomethrin	0.5
pendimethalin	0.2	trichlamide	0.2
permethrin	1.0	trichlorfon	0.2
phoxim	0.2	triflumizole	2.0
pirimicarb	1.0	trifluralin	0.1

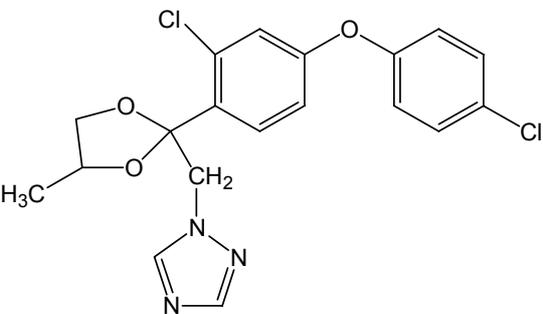
표 3-4. 잔류분석에 사용한 농약의 특성

<b>Pyridaben</b>	
구조식  	일반명: Pyridaben 종류명: 제품명: 금맥, 산마루
M. F. C <sub>19</sub> H <sub>25</sub> ClN <sub>2</sub> OS M. W. 364.9	
IUPAC Name 2-tert-butyl-5-(4-tert-butylbenzylthio)-4-chloropyridazin-3(2H)-one	
Form Cryastals M. p. 111-112℃ V. p. 0.25mPa (20℃) K <sub>ow</sub> logP=6.73 (20℃) Density 1.2 (20℃) Stability 3month at 50℃	Solubility 0.012mg/L(water) 460g/L(acetone), 57(ethanol), 10(hexane), 110(benzene), 390(xylene), 320(cyclohexane), 63(n-octanol)
NOEL 0.81mg/kg daily (mice,78w) ADI Class WHO(Ⅲ), EPA(Ⅰ)	LD <sub>50</sub> 1350mg/kg(male rats, oral) >2000(rats and rabbit skin) LC <sub>50</sub> >0.66mg/L(rats inhal.) DT <sub>50</sub> <21d (soil)
MRL(ppm) 고추 0.70 고춧잎 2.00 배 0.50 밀감 2.00 사과 1.00 수박 0.05	

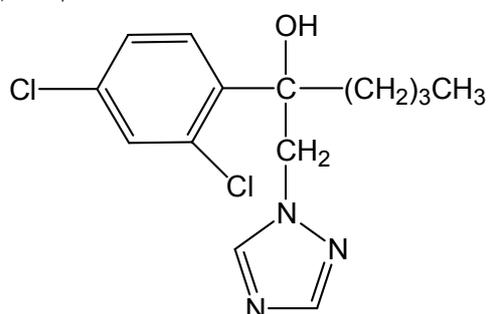
## Bifenthrin

<p>구조식</p>  <p>The image shows the chemical structure of Bifenthrin. It consists of a central cyclopropane ring with two methyl groups (CH3) and two hydrogen atoms (H). One of the ring carbons is substituted with a propenyl group (CH=CH-CF3) where the chlorine atom (Cl) is on the double bond. The other ring carbon is substituted with a propenyl group (CH=CH-CF3) where the chlorine atom (Cl) is on the double bond. The cyclopropane ring is linked via an ester group (-COO-) to a biphenyl ring system. The biphenyl system has a methyl group (CH3) on the first phenyl ring and a second phenyl ring attached to it.</p>	<p>일반명: Bifenthrin</p> <p>종류명</p> <p>제품명: 타스타, 캡처, 브리가드, 퀵다운</p>
 <p>The image shows the chemical structure of Bifenthrin, identical to the one above.</p>	<p>M. F. <math>C_{23}H_{22}ClF_3O_2</math></p> <p>M. W. 422.88</p>
<p>IUPAC Name</p> <p>2-methylbiphenyl-3-ylmethyl (Z)-(1RS,3RS)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate</p>	
<p>Form liquid</p> <p>M. p. 68-70.6°C</p> <p>V. p. 0.024mPa (25°C)</p> <p><math>K_{ow}</math> logP&gt;6</p> <p>Density 1.210 (25°C)</p> <p>Stability 2 years at 25, 50°C</p>	<p>Solubility</p> <p>0.1mg/L(water)</p> <p>Soluble in acetone, chloroform, dichloromethane, diethyl ether, and toluene</p>
<p>NOEL 1.5mg/kg daily (dog, 1year)</p> <p>ADI 0.02mg/kg</p> <p>Class WHO(II), EPA(II)</p>	<p>LD<sub>50</sub> 54.5mg/kg(rats, oral)</p> <p>&gt;2000(rabbits, skin)</p> <p>LC<sub>50</sub></p> <p>DT<sub>50</sub> 65-125d (soil)</p>
<p>MRL(ppm)</p> <p>감자 0.05</p> <p>감귤류 0.05</p> <p>고추 0.50</p> <p>근대 1.00</p> <p>더덕 0.05</p> <p>들깨잎 2.00</p> <p>딸기 1.00</p>	<p>머위 1.00</p> <p>면실 0.50</p> <p>밀감 0.30</p> <p>배 0.50</p> <p>배추 0.50</p> <p>사과 0.50</p> <p>수박 0.50</p> <p>오이 0.50</p> <p>옥수수 0.05</p>

## Difenoconazole

구조식  	일반명: Difenoconazole 종류명: 제품명: 푸르젠, 고가드, 디페노코나졸
IUPAC Name cis,trans-3-chloro-4-[4-methyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-1,3-dioxolan-2-yl]phenyl 4-chlorophenyl ether	
Form        Crystals M. p.        78.6℃ V. p.        3.3 x 10 <sup>-5</sup> mPa (25℃) K <sub>ow</sub> logP>4.20 (25℃) Density     1.40 (20℃) Stability    Stable up to 150℃	Solubility 15mg/L(water) 33g/L(ethanol), 610(acetone), 490(toluene), 3.4(n-hexane), 95(n-octanol)
NOEL        3.4mg/kg daily (dog, 1year) ADI         0.01mg/kg Class        WHO(III)	LD <sub>50</sub> 1453mg/kg(rats, oral) >2010(rabbits, skin) LC <sub>50</sub> >3300mg/m <sup>3</sup> (rats inhal.) DT <sub>50</sub> 145d (soil)
MRL(ppm) 감            0.50 더덕         0.05 땅콩         0.10 멜론         0.50 밀            0.10 밀감         1.00 배            1.00 보리         0.10	복숭아      0.50 사과         1.00 수박         0.50 오이         1.00 울무         0.10 참깨         0.10 과            0.05 포도         1.00 호밀         0.10

## Hexaconazole

<b>Hexaconazole</b>	
구조식 	일반명: Hexaconazole 종류명: 제품명: 한빛, 라피드, 푸지매, 안빌  M. F. C <sub>14</sub> H <sub>17</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>3</sub> O M. W. 314.2
IUPAC Name (RS)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)hexan-2-ol	
Form Crystals M. p. 110-112°C V. p. 0.018mPa (20°C) K <sub>ow</sub> logP=3.9 (20°C) Density 1.29 (25°C) Stability 6month at 50°C	Solubility 0.017g/L(water) 336g/L(dichloromethane), 246(methanol) 164(acetone), 120(ethyl acetate) 59(toluene), 0.8(hexane)
NOEL 2.5mg/kg daily (rats,1year) ADI 0.005mg/kg Class WHO(III), EPA(IV)	LD <sub>50</sub> 2189mg/kg(male rats, oral) >2000(rats, skin) LC <sub>50</sub> >5.9mg/L(rats inhal.) DT <sub>50</sub>
MRL(ppm) 감 0.20 더덕 0.05 땅콩 0.05 매론 0.05 밀감 0.10 바나나 0.10 배 0.50	복숭아 0.50 사과 0.10 수박 0.20 쌀 0.30 오이 0.05 참외 0.10 파 0.10 포도 0.10

## 2. 농가에서 사용하고 있으나 적용약제로 등록되어 있지 않은 선발된 농약의 잔류분석

방울토마토에 대한 잔류성을 구명하여 잔류 농약의 안전성 평가를 위한 기초자료로 활용하고자 현재 토마토 재배 농가에서는 병충해 방제로 사용하고 있으나 적용약제로 등록되어 있지 않은 농약을 선발하였다. 선발된 농약은 Fenarimol, Difenconazole, Hexaconazole, Carbendazim 등 4종의 살균제와 Bifenthrin, Pyridaben 등 2종의 살충제이었다. 이중 살균제 2종(Difenconazole, Hexaconazole)과 살충제 2종(Bifenthrin, Pyridaben)을 대상으로 하여 잔류분석을 실시하였다. 각 약제별로 안전사용기준을 설정하기 위하여 각각 3회 처리와 4회 처리하여 수확 1일, 3일, 5일, 7일전에 샘플을 채취하여 분석하였다.

### 가. Pyridaben

상품명으로는 산마루 (한국삼공), 금맥 (한국삼공)등이 있다. 본 연구에서는 한국삼공의 금맥 액상수화제를 사용하였다.

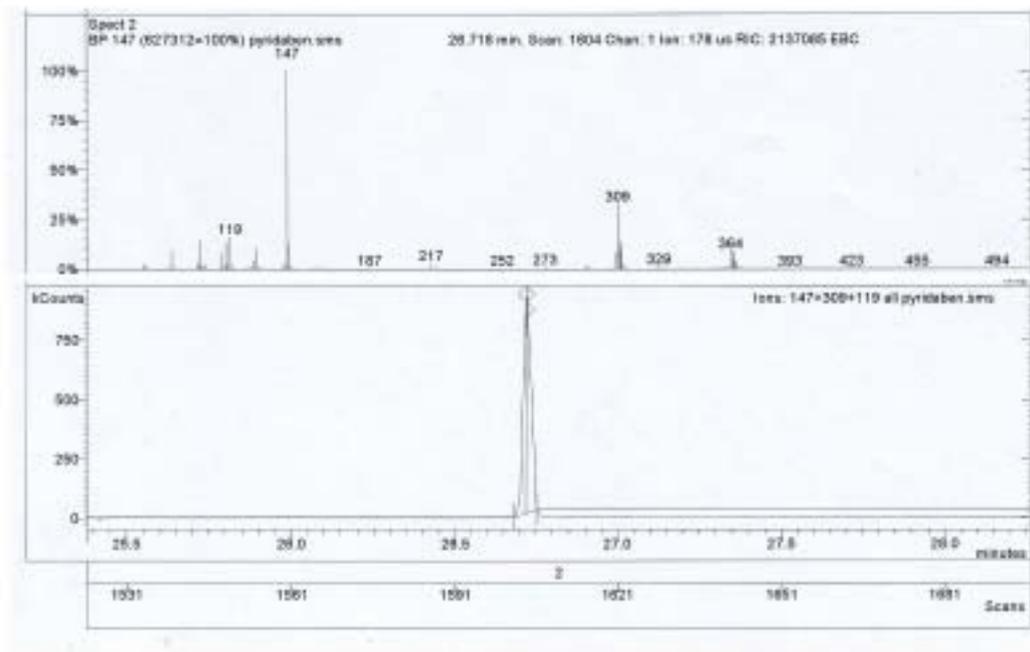


그림 3-1. Pyridaben의 Chromatogram 과 Mass spectrum

1) 회수율 및 검출한계

첨가농도 (ppm)	회 수 율 (%)				검출한계 (ppm)	최소검출량 (ng)
	1회	2회	3회	평균		
0.5	113.7	112.9	107.9	111.5	0.05	0.5
0.25	95.5	102.7	97.2	98.5		

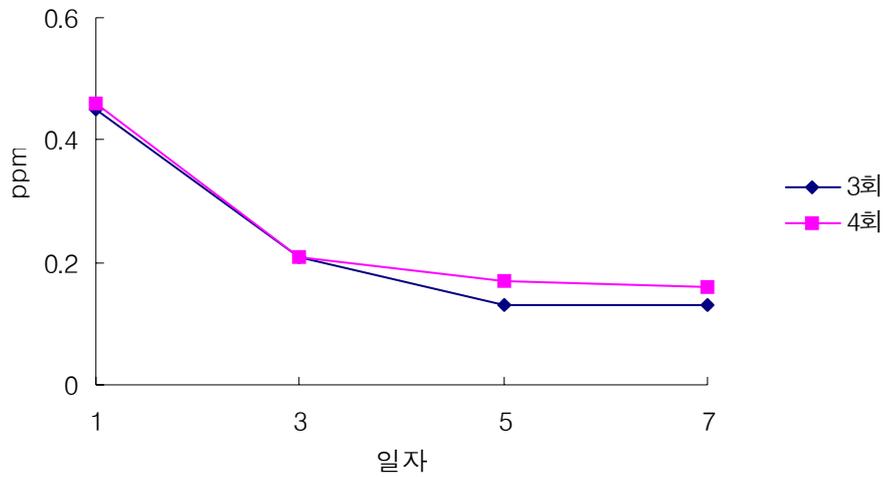
2) 농약잔류량 분석결과

살포 횟수	최종약제 살포후 경과 일수	Pyridaben의 잔류량(mg/kg)				비 고
		처리1	처리2	처리3	평균	
0	무처리	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	ADI* : 0.005 MRL** : 1.0
3	7	0.14	0.11	0.13	0.13	
	5	0.11	0.14	0.15	0.13	
	3	0.23	0.21	0.18	0.21	
	1	0.44	0.47	0.43	0.45	
4	7	0.18	0.15	0.14	0.16	
	5	0.18	0.18	0.16	0.17	
	3	0.22	0.21	0.20	0.21	
	1	0.47	0.43	0.47	0.46	

\* 일일섭취허용량(mg/kg/day):실험동물에 대한 최대무작용량 ,

\*\*최대잔류허용기준(ppm) 일본 후생성 기준, 국내기준은 미설정

#### 4) 3, 4회 처리값 비교



#### 5) 안전사용기준

검출한계는 0.05ppm이었으며, 일본 후생성기준 MRL은 1.0ppm이므로 이 기준을 초과하지 않는 수확 1일전까지 4회 이내 사용을 추천함

#### 나. Biphenthrin

상품명은 썬쳐(동부정밀), 비펜스린 (한국삼공, 경농), 브리가드(바이엘크롭사이언스), 킷다운(동부한농)등이 있다. 본 연구에서는 미성의 타스타 수화제를 사용하였다.

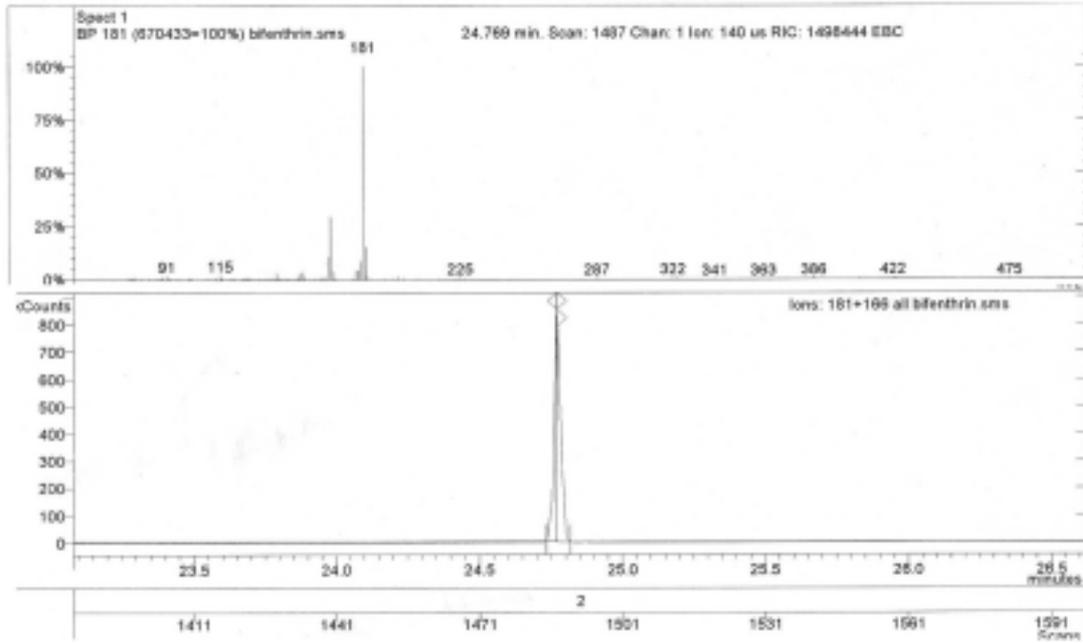


그림 3-2. Bifenthrin의 Chromatogram 과 Mass spectrum

1) 회수율 및 검출한계

첨가농도 (ppm)	회 수 율 (%)				검출한계 (ppm)	최소검출량 (ng)
	1회	2회	3회	평균		
0.5	96.7	92.8	98.8	96.1	0.05	0.5
0.25	98.7	109.1	110.6	106.1		

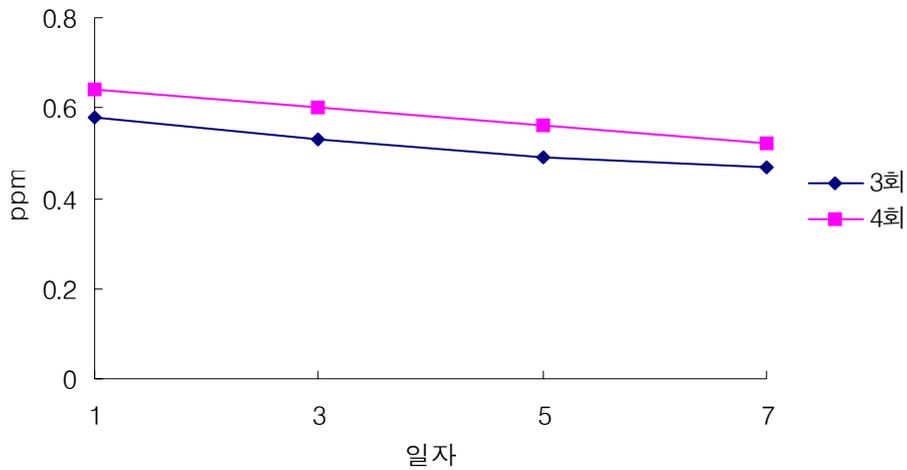
2) 농약잔류량 분석결과

살포 횟수	최종약제 살포후 경과 일수	bifenthrin의 잔류량(mg/kg)				비 고
		처리1	처리2	처리3	평균	
0	무처리	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	ADI* : 0.005 MRL** : 0.5
3	7	0.48	0.46	0.47	0.47	
	5	0.49	0.48	0.49	0.49	
	3	0.52	0.54	0.52	0.53	
	1	0.57	0.59	0.58	0.58	
4	7	0.51	0.53	0.52	0.52	
	5	0.56	0.56	0.56	0.56	
	3	0.60	0.60	0.59	0.60	
	1	0.65	0.64	0.64	0.64	

\* 일일섭취허용량(mg/kg/day):실험동물에 대한 최대무작용량 ,

\*\*최대잔류허용기준(ppm) 일본 후생성 기준, 국내기준은 미설정

4) 3,4회 처리값 비교



5) 안전사용기준

검출한계는 0.05ppm이었으며, 일본 후생성기준 MRL은 0.5ppm이므로 이 기준을 초과하지 않는 수확 7일전까지 3회 이내 사용을 추천함

**다. Hexaconazole**

상품명으로는 푸지매 (한국삼공), 라피드(신젠타), 엠브이티(동부한농), 헥사코나졸(영일케미컬, 신젠타)등이 있다. 본 연구에서는 경농의 한빛 액상수화제를 사용하였다.

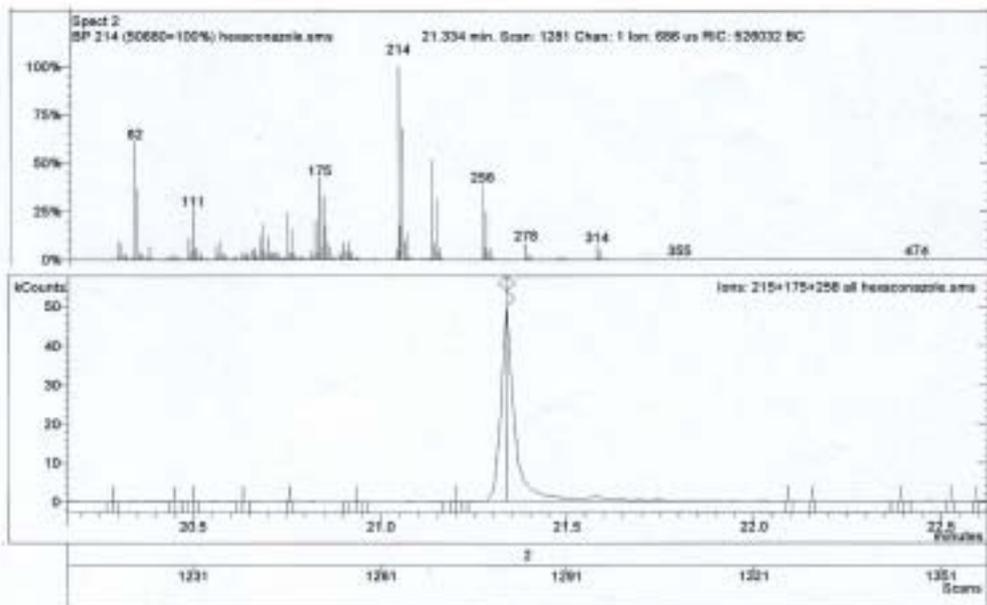


그림 3-3. Hexaconazole의 Chromatogram 과 Mass spectrum

1) 회수율 및 검출한계

첨가농도 (ppm)	회 수 율 (%)				검출한계 (ppm)	최소검출량 (ng)
	1회	2회	3회	평균		
0.5	93.3	89.2	97.7	93.4	0.01	0.1
0.25	103.9	101.7	91.7	100.9		

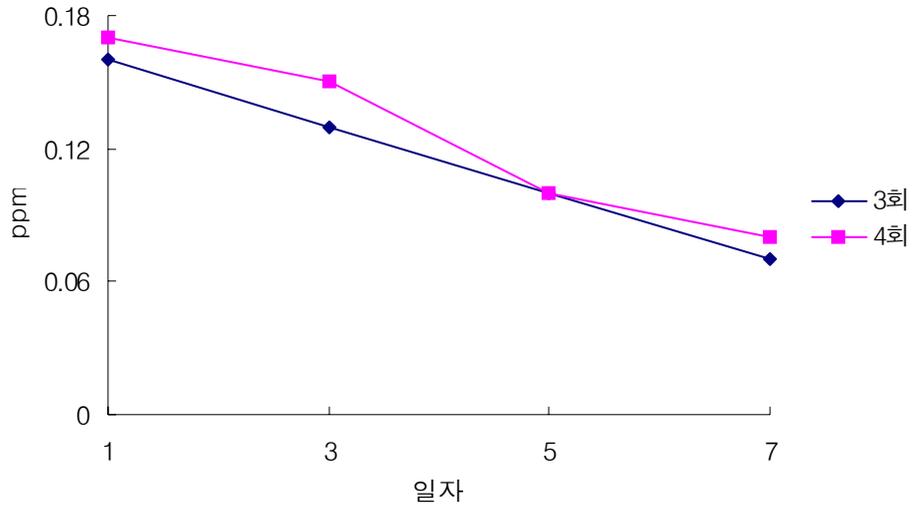
2) 농약잔류량 분석결과

살포 횟수	최종약제 살포 후 경과 일수	Hexaconazole의 잔류량(mg/kg)				비 고
		처리1	처리2	처리3	평균	
0	무처리	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	ADI* : 0.005 MRL** : 0.1
3	7	0.08	0.07	0.07	0.07	
	5	0.09	0.1	0.09	0.1	
	3	0.13	0.13	0.13	0.13	
	1	0.16	0.16	0.15	0.16	
4	7	0.09	0.08	0.07	0.08	
	5	0.10	0.10	0.09	0.10	
	3	0.15	0.16	0.14	0.15	
	1	0.17	0.17	0.17	0.17	

\* 일일섭취허용량(mg/kg/day):실험동물에 대한 최대무작용량 ,

\*\*최대잔류허용기준(ppm) 일본 후생성 기준, 국내기준은 미설정

4) 3, 4회 처리 평균값 비교



5) 안전사용기준

검출한계는 0.01ppm이었으며, 일본 후생성 기준 MRL은 0.1ppm이므로 이 기준을 초과하지 않는 수확 7일전까지 4회 이내 사용을 추천함

**라. Difenconazole**

상품명으로는 푸르젠 (경농), 디페노코나졸(신젠타), 보가드 (신젠타) 등이 있다. 본 연구에서는 경농의 푸르젠수화제를 사용하였다.

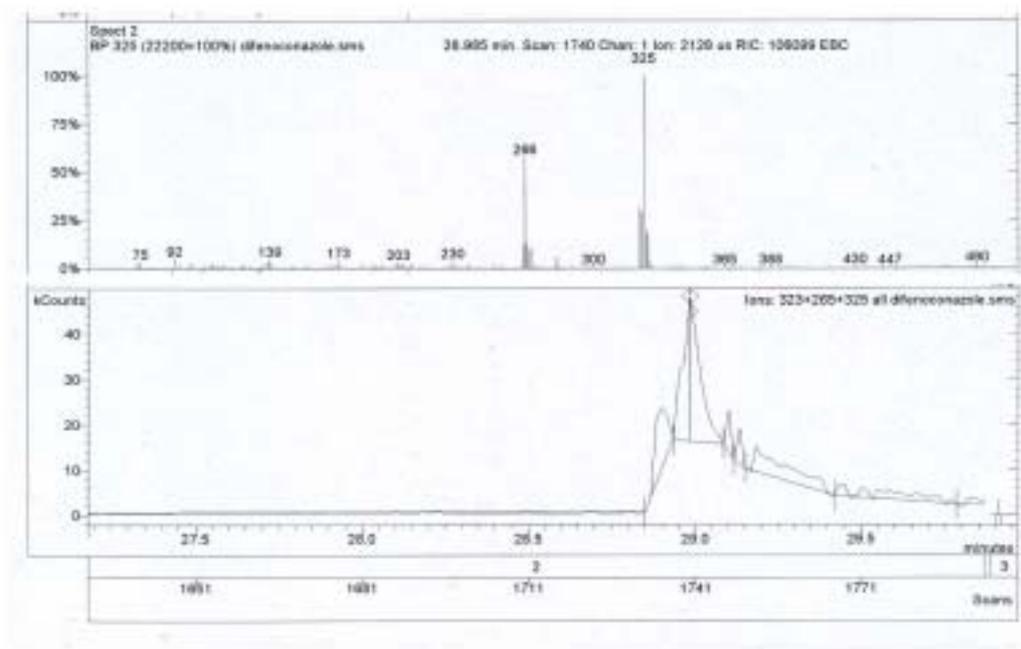


그림 3-4. Difenconazole의 Chromatogram 과 Mass spectrum

1) 회수율 및 검출한계

첨가농도 (ppm)	회 수 율 (%)				검출한계 (ppm)	최소검출량 (ng)
	1회	2회	3회	평균		
0.5	113.7	112.9	107.9	111.5	0.05	0.5
0.25	95.5	102.7	97.2	98.5		

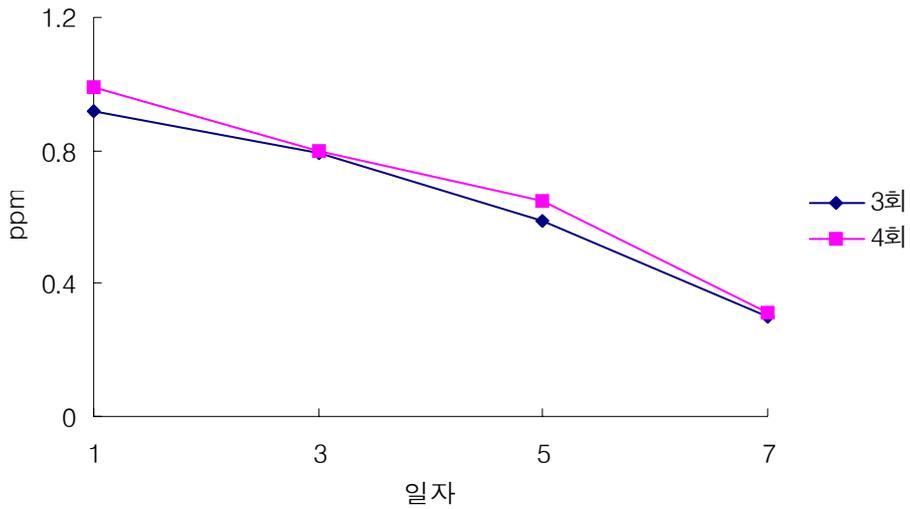
2) 농약잔류량 분석결과

살포 횟수	최종약제 살포 후 경과 일수	Difenoconazole의 잔류량(mg/kg)				비 고
		처리1	처리2	처리3	평균	
0	무처리	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	ADI* : 0.005 MRL** : 0.5
3	7	0.31	0.30	0.29	0.30	
	5	0.54	0.58	0.64	0.59	
	3	0.81	0.78	0.77	0.79	
	1	0.90	0.97	0.89	0.92	
4	7	0.33	0.29	0.30	0.31	
	5	0.67	0.67	0.61	0.65	
	3	0.74	0.82	0.85	0.80	
	1	1.08	0.93	0.95	0.99	

\* 일일섭취허용량(mg/kg/day):실험동물에 대한 최대무작용량 ,

\*\*최대잔류허용기준(ppm) 일본 후생성 기준, 국내기준은 미설정

4) 3, 4회 처리값 비교



5) 안전사용기준

검출한계는 0.05ppm이었으며, 일본 후생성 기준 MRL은 0.5ppm이므로 이 기준을 초과하지 않는 수확 7일전까지 4회 이내 사용을 추천함

**3. 선발된 농약의 재배시설과 환경변화에 따른 잔류분석**

재배시설 및 환경변화에 따른 분해정도를 분석하기 위하여 비닐하우스 및 유리온실에서 방울토마토를 재배하여 각각 동일한 조건(동시기, 동품종)으로 농약을 살포하여 잔류분석을 실시하였다.

**가. Pyridaben**

1) Recovery Test

첨가농도 (ppm)	회수율(%)				검출한계 (ppm)	최소검출량 (ng)
	1회	2회	3회	평균		
0.5	97.3	95.6	93.7	95.5	0.05	0.5
0.25	102.3	99.8	100.3	100.8		

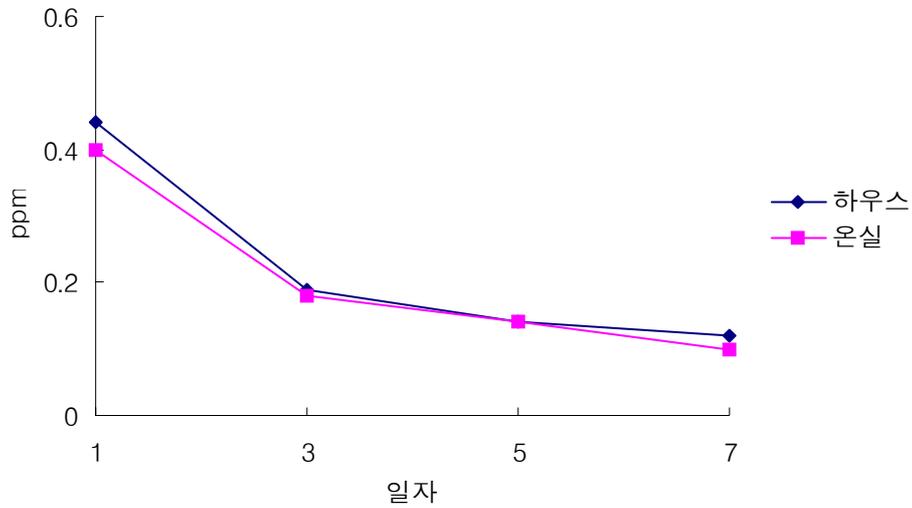
2) 잔류량

각 처리구당 3반복 분석하여 평균값으로 나타내었다.

(단위 ppm)

처리구	처리횟수	1일 후	3일 후	5일 후	7일 후
하우스	4	0.44	0.19	0.14	0.12
유리온실		0.40	0.18	0.14	0.10

3) 하우스 / 유리온실 비교



4) 분석결과

비닐 하우스와 유리 온실에서 같은 시기에 동품종을 재배하여 같은 조건으로 잔류분석을 실시하였으나 유의성 있는 차이는 보이지 않았다.

나. Bifenthrin

1) Recovery Test

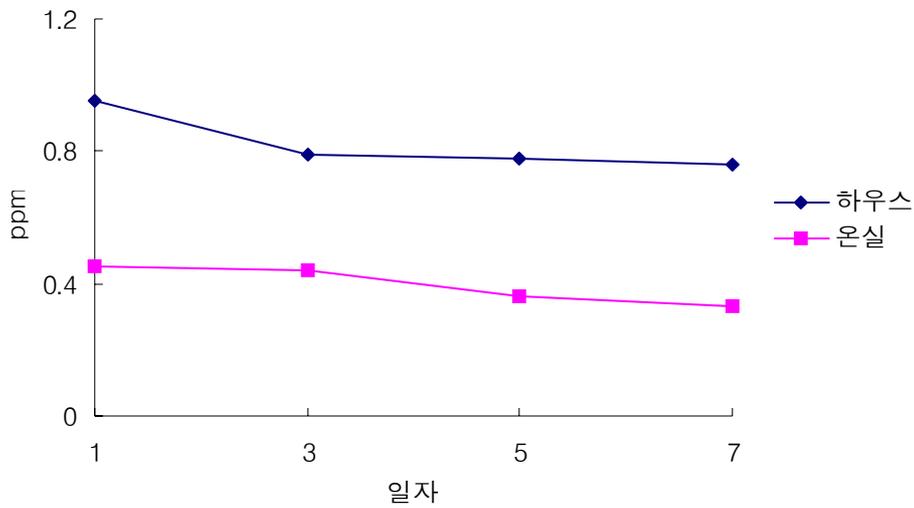
첨가농도 (ppm)	회수율(%)				검출한계 (ppm)	최소검출량 (ng)
	1회	2회	3회	평균		
0.5	94.0	98.2	97.5	95.6	0.05	0.5
0.25	99.5	98.7	96.8	98.3		

2) 잔류량

각 처리구당 3반복 분석하여 평균값으로 나타내었다.

처 리 구	처리횟수	1일후	3일후	5일후	7일후
하 우 스	4	0.95	0.79	0.78	0.76
유리온실		0.45	0.44	0.36	0.33

3) 하우스 / 유리온실 비교



4) 분석결과

비닐 하우스와 유리 온실에서 같은 시기에 동품종을 재배하여 같은 조건으로 잔류분석을 실시하였다. 유리온실에서 재배한 방울토마토가 처리구마다 평균 0.4ppm 정도 잔류가 적은 것으로 나타났다.

다. Hexaconazole

1) Recovery Test

첨가농도 (ppm)	회수율(%)				검출한계 (ppm)	최소검출량 (ng)
	1회	2회	3회	평균		
0.5	101.8	100.0	98.0	111.5	0.05	0.5
0.25	103.0	100.5	101.0	98.5		

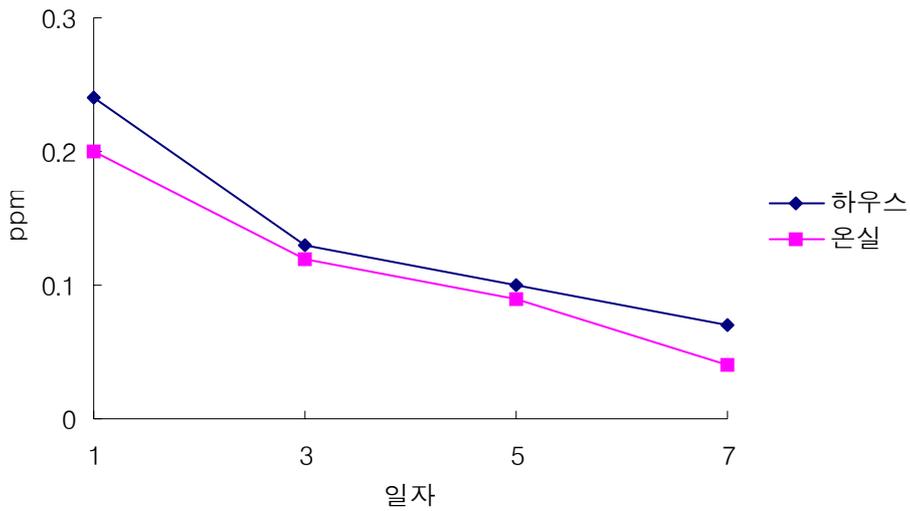
2) 잔류량

각 처리구당 3반복 분석하여 평균값으로 나타내었다.

(단위 ppm)

처리구	처리횟수	1일후	3일후	5일후	7일후
하우스	4	0.24	0.13	0.10	0.07
유리온실		0.20	0.12	0.09	0.04

3) 하우스 / 유리온실 비교



4) 분석결과

비닐 하우스와 유리 온실에서 같은 시기에 동품종을 재배하여 같은 조건으로 잔류분석을 실시하였으나 유의성 있는 차이는 보이지 않았다.

라. Difenoconazole

1) Recovery Test

첨가농도 (ppm)	회수율(%)				검출한계 (ppm)	최소검출량 (ng)
	1회	2회	3회	평균		
0.5	97.7	96.0	94.0	95.9	0.05	0.5
0.25	95.1	92.8	93.2	93.7		

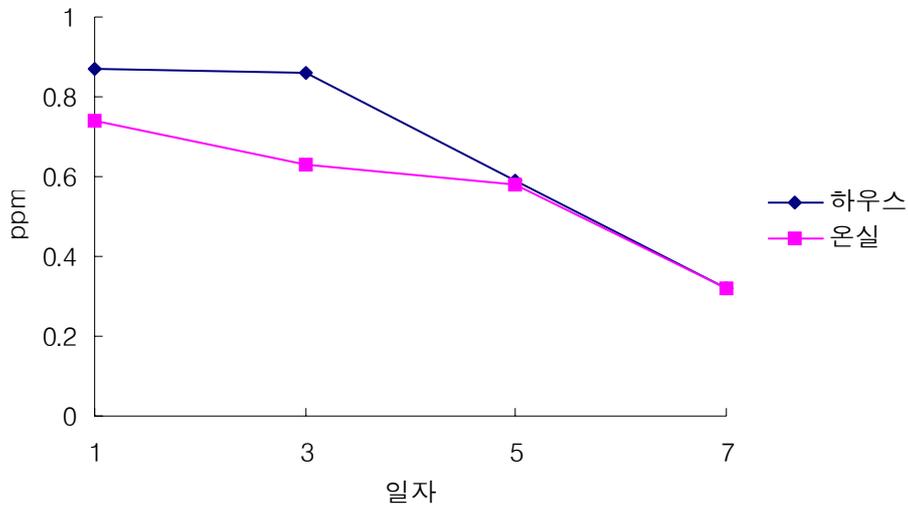
2) 잔류량

각 처리구당 3반복 분석하여 평균값으로 나타내었다.

(단위 ppm)

처리구	처리횟수	1일후	3일후	5일후	7일후
하우스	4	0.87	0.86	0.59	0.32
유리온실		0.74	0.63	0.58	0.32

3) 하우스 / 유리온실 비교



#### 4) 분석결과

비닐 하우스와 유리 온실에서 같은 시기에 동품종을 재배하여 같은 조건으로 잔류분석을 실시하였으나 유의성있는 차이는 보이지 않았다.

## 제 4 장 방울토마토에 발생하는 주요 병의 종합적방제

### 제 1 절 서 론

우리나라에서 일본으로 수출할 때 검역하는 과정에서 문제가 되는 병해는 없다. 우리나라에서 발생하고 있는 병이 모두 일본에서도 발생하는 것으로 알려져 있어 병해 검출에 의한 검역시 문제가 되는 일은 없을 것으로 보인다. 그러나 국내 재배농가에서 재배 과정 중 발생하는 병해충을 방제하기 위하여 사용하는 농약의 잔류가 문제가 되어 검역시 반품 폐기되는 일이 있었으며, 앞으로도 계속 문제가 될 수 있다.

우리나라에서 발생하는 토마토의 병해는 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*), 잎곰팡이병(*Fulvia fulva*), 시들음병(*Fusarium oxysporum*) 등 24종에 달한다(한국식물병리학회, 1998). 그러나 개방화 시대를 맞이하여 국제간의 교역량 증대와 빈번한 왕래, 토마토 종자의 수입과정 등에서 외국 병해충의 국내 유입이 우려된다.

시설 재배에서의 병해 발생은 계속 문제가 되고 있다. 그 이유는 토마토의 생리와 국내 시설재배시 환경조건, 연작에 따른 병원균의 누적, 농약의 과용 및 연용으로 인한 약제 내성균 출현 등이다.

토마토는 과종 후 25~30일에 화아가 분화하고 본엽 8~9엽에서 1화방을 착생시키며 이후에는 3엽씩 걸러 화방을 출현시킨다. 그리고 각 절마다 측지가 발생하고 화방 바로 밑의 측지가 가장 왕성하게 자란다.

토마토의 생육적온은 품종에 따라 약간씩 다르지만 낮 25~30℃, 밤 10~20℃ 범위이다. 30℃를 넘으면 도장되고 착과나 비대가 나쁘며 과실의 품질이 떨어진다. 생육 최저온도는 5~10℃이고 그 이하에서는 나쁘고 장애를 받는다. 생육단계에 따라 다르지만 일반적으로 고온상태에서는 토마토의 생육이 빠르고 화아분화 및 개화기가 촉진되고 착과수는 적고, 화질도 나쁘며 꽃도 작고 빈약하다. 반대로 저온상태에서는 토마토의 생육이 늦고 초장이 낮으며 잎은 크고 줄기는 굵으며 절간도 짧아진다. 화아분화나 개화기는 늦지만 개화수는 많고 꽃이 크다. 그렇기 때문에 고온기에는 비교적 과가 적고 저온에서는 과가 크다.

토마토는 강한 광선을 필요로 하여 광보상점은 1,000Lux이며, 광포화점은 70,000Lux이다. 일조가 부족하면 도장되는 등 생육이 나쁘고 꽃수가 적으며 화질도 나쁘고 공동과의

발생이 많다. 토양 조건중 수분은 배수가 잘 되는 토양이라면 적은 것보다 많은 편이 좋으며 알맞은 pH 범위는 5.5~6.5정도이다.

방울토마토는 일반토마토에 비해서 과실이 매우 작아 외국에서는 미니토마토 또는 체리토마토로 불리워지고 있다. 최근 식생활의 다양화에 동반하여 가정에서도 이용이 편리한 채소로써 인식되고 있다. 소비형태로써는 생과, 샐러드 재료 등 다양하다. 방울토마토의 인기가 높은 이유로는 손쉽게 먹을 수 있으며, 당도가 높고 비타민이나 미네랄 등 영양가가 풍부하고 현대인의 식생활에 부합한 채소이기 때문이라 생각된다.

방울토마토의 뿌리, 줄기, 꽃, 과실 등 기본적 형태는 일반토마토와 다른점이 거의 없다. 그러나 일반토마토보다 과실은 현저히 작으며, 종자, 잎, 화기 등도 약간 작다. 줄기는 일반적으로 약간 가늘지만, 질간은 긴 품종과 짧은 품종이 있어 품종간의 차이가 크다. 과실의 크기와 모양은 다양하지만, 심실수는 2개를 기본으로 한다.

잎은 소과계의 품종은 일반적으로 크고, 반대로 대과계의 품종은 약간 작은 경향이 있다. 또한 과실이나 잎의 크기는 착생 절위에 따라서 상위 절위에 있는 잎이 크게 되는 경향이 있다.

화방은 화방경이 하나인 단화방과 두개 이상인 복화방이 있다. 품종이나 재배조건에 의해서 다르게 나타나지만, 하단에서는 단화방이 많고, 중·상단에서는 복화방으로 되기 쉽다. 또한, 화방의 길이도 같은 모양으로 변화한다. 화방의 출현 형태나 길이는 방울토마토의 품질 및 수량과의 관련성이 크므로 품종의 선택과 재배하는데 중요한 특성이 된다.

분엽 3~4매 전개시까지는 생육이 완만하지만, 그 후의 생육 속도는 일반토마토보다 빠르고 제 1화방의 개화까지의 일수도 짧다. 정상적으로 생육한다면 제 1화방의 수확 개시기는 제 7화방이 개화하게 된다. 제 1화방은 7~9월에 제 2화방 이후는 3마디 전개후 계속해서 일정하게 착생하지만, 화방 2~3개 착생후 심지형으로 되는 품종도 있다. 일반적으로 방울토마토 품종은 화수가 많고, 1화방당 평균 30~50개 착과한다. 방울토마토는 일반토마토보다 초세가 왕성하고, 결순의 신장이 빠르고, 일반토마토에서는 화방 바로 아래의 결순이 강하게 신장하는 것에 비해 방울토마토는 화방 바로 아래의 액아뿐만 아니라, 각 마디에 생기는 결순도 강하게 신장한다. 결순은 잎을 3~5매 전개 후, 주지와 같은 형태로 화방을 착생한다. 그러나 각 화방의 착화수는 주지에 비해서 보통 작아진다. 개화는 제 1화방의 제 1번 꽃부터 시작되고, 1~2일 후 제 2화, 제 3화로 계속되고 제 6화부터 7화가 개화하는 시기에 제 2화방의 제 1화가 개화하게 된다. 화수는 일반토마토보다 많지만, 동일 화방내 꽃의 질의 차이가 크지 않으므로 비교적 균일한 과일이 착생한다.

개화 직후부터 씨방은 일반토마토와 같은 형태의 발육 과정을 거쳐 성숙한다. 개화로부터 성숙기까지의 일수는 품종이나 환경조건에 의해서 달라지지만, 일반적으로 일반토마토에 비해 4~10일이 짧다.

방울토마토는 일반토마토에 비해 당도가 높고 맛이 좋으며 먹기가 쉽고 공동과, 기형과, 배꼽썩음과 등의 발생이 적어 재배농민들이 일반토마토보다 방울토마토를 선호하고 있어 1999년도에 토마토 전체 재배면적 5,010ha중 방울토마토가 2,033ha로 약 41%를 점유하였다. 그러나 농촌노동력 부족과 노령화 등에 의해 수확작업이 곤란하여 방울토마토 재배농가가 일반토마토 재배로 변화되어 가고 있다.

<방울토마토 재배 현황>

지역	재배면적 (ha)	농가수 (호)	주 재 배 품 종	주 요 재 배 시 기		
				과 종 기	정 식 기	수 확 기
계	2,033	6,259	-	-	-	-
경 기	26.1	100	꼬꼬, 빼빼 등	12~2월	2~4월	4~7월
강 원	6.2	38	꼬꼬의 1종	4월중순	4월상순	7월상순
충 북	213.0	557	꼬꼬의 1종	10~12월	1~2월	3~6월
충 남	528.5	1,239	꼬꼬의 2종	8~10월	10~11월	12~5월
전 북	119.0	342	꼬꼬, 빼빼	8~10월	10~11월	12~6월
전 남	653.3	2,141	꼬꼬, 빼빼	8~10월	9~12월	11~6월
경 북	131.6	642	꼬꼬의 1종	8~9월	9~1월	10~9월
경 남	127.4	356	꼬꼬, 빼빼	7월하순	8월하순	10월하순~7월
제 주	31.6	124	꼬꼬, 빼빼	7월하순	8월하순	10월하순~5월
부 산	15.0	55	꼬꼬	9~10월상순	10~11월중순	11월하순~6월하순
대 구	10.1	33	꼬꼬, 빼빼	11월중순	1월상순	3월중순~6월상순
광 주	150.0	560	꼬꼬, 빼빼	7월중순	8월하순	10월상순~
대 전	20.0	65	꼬꼬	9월중순	12월상순	2월하순~6월하순
울 산	1.5	7	꼬꼬	8월중순	9월하순	11~7월

※ 농촌진흥청 1999.

나. 세계의 토마토 생산량

토마토의 전세계 생산량은 2000년 현재 3,583천ha에서 97,618천 M/T를 생산하고 있으며 매년 증가 추세에 있다.

주요 생산국은 중국, EU, 미국, 이탈리아, 터키, 이집트 등이며 이중 중국이 19,325천 M/T로 세계 생산량의 약 20%를 차지하고 있고 그 다음이 미국으로 11,270천 M/T이며 12% 정도로 많이 생산하고 있다.

<세계의 토마토 재배면적과 생산량>

(천 ha, 천 M/T)

국	1980		1985		1990		1995		2000	
	면적	생산량								
계	2,444	52,711	2,713	65,404	2,877	76,092	3,200	86,654	3,583	97,618
아프리카	328	4,893	370	6,400	423	8,005	467	9,587	604	11,654
- 이집트	139	2,468	145	3,576	156	4,234	149	5,034	189	6,354
북미	170	7,216	172	8,418	212	11,601	204	12,473	178	11,940
- 미국	158	6,786	157	7,860	198	10,927	192	11,784	169	11,270
중남미	278	5,164	285	6,178	318	7,337	305	8,617	275	8,686
- 멕시코	88	1,480	85	1,794	105	2,158	105	2,310	75	2,177
- 브라질	50	1,535	54	1,935	61	2,261	62	2,715	56	2,983
아시아	778	14,657	1,005	19,029	1,103	24,781	1,508	36,231	1,821	43,398
- 중국	241	5,481	286	6,485	310	7,758	474	13,172	754	19,325
- 인도	160	1,500	260	2,300	290	4,603	350	5,260	365	5,500
- 터키	108	3,550	134	4,900	159	6,000	175	7,250	160	6,800
- 일본	19	1,014	15	802	14	767	14	753	13	804
- 한국	2	49	1	43	2	78	4	177	5	277
유럽	486	13,697	491	18,145	467	16,752	704	19,264	697	21,435
- 이탈리아	127	4,560	143	6,563	136	5,469	115	5,183	131	6,991
- 러시아	-	-	-	-	-	-	151	1,998	142	1,985
- 루마니아	75	1,198	70	1,905	51	814	45	731	46	758
- 스페인	61	2,147	61	2,429	70	31,150	55	841	60	3,583
오세아니아	10	256	10	333	11	414	12	481	10	506
- 오스트리아	8	197	9	270	10	322	9	340	8	414

※ FAO 2001.

한국산 방울토마토는 일본 소비자들로부터 선호하는 품목이며 일부 물러지는 것, 색깔이 고르지 못하는 것 등을 제외하고는 통관상의 애로사항은 특별히 없으나 한국 측에서 식물 검사를 받은 증명서를 첨부해야 한다. 그리고 안전한 농산물에 대한 소비자들의 요구에 의해 생산이력제 도입을 적극 추진하고 있어 국내 토마토재배 농가에서도 이에 대한 대책을 강구해야 할 것으로 보인다.

토마토는 주간 온도가 25~30℃, 야간온도는 15~20℃, 습도는 건조한 조건에서 정상적인 생육을 할 수 있으나 국내에서 생육조건을 맞춰주기 위해서 비닐하우스를 설치하고 난방기를 이용한 보온 관리에 중점을 두고 있어 하우스내 습도가 높아져 외부기상 환경에 따라 다르지만 각종 병이 많이 발생하고 있는 실정이다. 이와같이 병이 발생되면 방제 방법으로 농약을 이용하는 경우가 대부분이다. 따라서 농산물 수출시 농약의 잔류량은 상당히 중요한 문제로 대두되고 있다.

본 연구에서는 토마토에 발생하는 병해충 특히 최근 많이 발생하고 있는 잎곰팡이병(*Fulvia fulva*), 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*), 잎마름역병(*Phytophthora infestans*), 흰가루병(*Leveillula taurica*, *Erysiphe cichoracearum*)에 대한 병해 발생실태를 조사하고 방제시기와 방법 등을 실시하여 저농약 안전농산물을 생산하여 국내 소비는 물론 수출 증대에 기여코져 실시하였다.

## 제 2 절 재 료 및 방 법

### 1. 토마토 재배시기별 병 발생 실태조사

국내 토마토 재배는 12~2월 정식하여 4~6월에 수확하는 반축성 재배와 7~10월 정식하여 12~6월 수확하는 축성재배가 대부분이었다. 이것은 토마토 가격이 가장 높게 형성되는 2~4월 생산을 목표로 하기 때문이다. 그러나 최근에 와서 소비가 년중 계속되며, 가격이 좋아 4~6월 정식하여 8~12월까지 수확하는 역제재배 작형도 계속 늘어나고 있다.

이와 같이 재배작형이 다양화 되면서 병발생 종류와 양상도 많이 변화되어 가고 있다. 토마토 재배시기별 지상부병해에 대한 병 발생을 조사하기 위하여 토마토 재배가 많은 지역에서 시설 형태별로 조사하였다.

축성재배 정식기인 2001년 10월부터 축성재배와 반축성재배 수확종료 시기 2002년 6월까지 방울토마토 주 재배지역인 충남 6개 지역 70농가(부여, 보령, 청양, 예산, 홍성, 당진

등), 전남 6개 지역 20농가(보성, 구례, 나주, 광주, 장흥, 순천 등) 경남 2개 지역 9농가(사천, 함안 등), 경북 2개 지역 6농가(안강, 구미 등) 등 16개시군 105농가에 대한 하우스별 2~3개 지점에서 잎마름역병(*Phytophthora infestans*)은 각 지점당 20주 내외를 조사하여 이병주율을 조사하였고, 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*), 잎곰팡이병(*Fulvia fulva*), 흰가루병(*Levillula taurica*, *Erysiphe cichoracearum*)은 조사 하우스별 2~4개 지점에서 지점당 20주에서 주당 20엽씩을 이병엽율로 조사하였다.

$$\begin{aligned} \circ \text{ 이병주율}(\%) &= \frac{\text{이병주수}}{\text{조사주수}} \times 100 \\ \circ \text{ 이병엽율}(\%) &= \frac{\text{이병엽수}}{\text{조사엽수}} \times 100 \end{aligned}$$

## 2. 방울토마토에 발생하는 잎곰팡이병과 흰가루병 방제용 농약 선발 시험

토마토 재배과정에서 발생하는 주요 병해는 잎곰팡이병(*Fulvia fulva*), 잎마름역병(*Phytophthora infestans*), 겹무늬병(*Alternaria solani*), 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*), 시들음병(*Fusarium oxysporum*), 풋마름병(*Ralstonia solanacearum*) 등이 있으며 이들 병을 방제하기 위한 농약의 종류는 40여종이 등록되어 있다. 이 중 잎곰팡이병에 Carbendazim, Triflumizole 등 13종, 잎마름역병 Dimethomorph Metiram 등 10종, 겹무늬병에 Azoxystrobin 등 3종, 잿빛곰팡이병에 Diethofencarb, Dichlofluanid 등 12종, 시들음병과 풋마름병에 Dazomet 등이 있다.

그러나 농가에서는 이들 약제들이 방제 효과가 낮다는 것과 일부 농약 판매상에서 원하는 등으로 등록되지 않은 농약들을 사용하고 있는 실정이다. 따라서 등록되지 않은 농약 중 농가에서 많이 사용하고 있는 농약 4종을 선택하여 병 방제 효과를 시험하였다.



잎곰팡이병에 의한 피해



잿빛곰팡이병에 의한 피해



잎마름역병에 의한 피해



흰가루병에 의한 피해

표 4-1. 잎곰팡이병과 흰가루병 방제를 위한 선발시험용 약제 및 처리방법

시 험 약 제	희석배수	처리시기 및 방법
Fenarimol	3,000배	발병초 7일간격 3회 경엽처리
Difenoconazole	2,000	"
Hexaconazole	2,000	"
Carbendazim	1,000	"
Triflumizole	3,000	발병초 10일간격 3회 경엽처리
Control	-	-

### 3. 저독성 농약 및 생물자원의 병해 방제 효과

친환경 농업과 안전농산물을 생산하기 위하여 일반 시중에서 판매되고 있고 농가에서 활용하고 있는 제품중 선별하였다.

저독성 농약은 PSO(Paraffinic oil)를 미생물 제품중 *Trichoderma*균이 주성분인 Tory, *Ampelomyces*균이 함유된 에이큐, *Lactobacillus*균이 함유된 Bio-wels, *Bacillus*균이 함유된 Bio-shield, 아미노산, 비타민 등 광물미량요소(알리신, 게르마늄 등) 등이 주성분인 NK-100과 GL-500), Alkaroid, Saponin, Coumarin, Flabonoid, Steriod 등이 주성분인 Herjuni와 Herjunibogam, 이염화이소시아늄산나트륨이 주성분인 Biospot과 Pinechemo 등 9종을 시험재료로 하여 잎곰팡이병, 흰가루병, 잣빛곰팡이병, 잎마름역병 등의 지상부 병해에 발병초 7일간격 3~4회 경엽에 살포하여 이병엽율을 조사하였다.

표 4-2. 저독성 농약 및 생물자원의 병해방제를 위한 처리내용

시 험 재 료	희석배수	처 리 시 기 및 방 법	비 고
Tory	2,000배	발병초 7일간격 4회 경엽처리	<i>Trichoderma</i>
GL-500	500	"	마늘엑기스
NK-100	500	"	"
에이큐수화제	750	"	<i>Ampelomyces</i>
Bio-wels	300	"	<i>Lantobacillus</i>
Bio-shield	500	"	<i>Bacillus</i>
Biospot+Pinechem	각 2정	"	이염화이소시아늄산나트륨
Herjuni	1,000	"	Alkaroid
Herjunibogam	1,000	"	"
PSO	200	발병초 10일간격 3회 경엽처리	Paraffinic oil
Triflumizole	3,000	"	농 약

#### 4. 방제시기 및 방법별 방제 효과

방울토마토 수출시 검역상 문제가 되는 농약잔류를 최소화하여 국내 소비자들에게 안전한 농산물을 공급하기 위하여 토마토에서 발생하는 지상부 주요 병해중 잎곰팡이병과 흰가루병에 대하여 본 시험을 실시하였다.

병 발생시기에는 따른 방제 효과는 잎곰팡이병 방제 약제인 Triflumizole를 이용하여 병 발생 초기와 병이 약간 전진된 발병중기로 구분하여 7일간격으로 3회씩 살포한 후 이병엽을 조사였고 농약을 최소화하기 위해서 잎곰팡이병과 흰가루병에 효과가 있는 생물자원 Herjuni를 이용하여 발병초기에 농약 1회 살포 후 생물자원 2회 처리와 농약과 생물자원을 이용 교호살포(각 2회) 하였을 때 방제 효과를 검증하였다.

표 4-3. 잎곰팡이병과 흰가루병 방제시기 및 방법

시 험 재 료	방 제 시 기
Triflumizole	발병초 7일간격 3회 살포
PSO	"
Triflumizole+Herjuni	발병초 Triflumizole 1회, 생물자원 2회 살포
Triflumizole	발생중기 7일간격 3회 살포
Triflumizole+Herjumi	발병초 Triflumizole과 생물자원의 교호살포(각 2회)

### 5. 시험포장

포장시험은 충남농업기술원 부여토마토시험장 2연동 비닐하우스에서 수행하였다.

병해방제 효과를 검정하기 위하여 수출이 가장 많이 되고 있고 농가에서 많이 재배되고 있는 꼬꼬(디저트) 품종을 50공 연결포트에 원예용상토를 넣고 30℃ 내외의 항온기에서 최야 시킨 종자를 1립씩 파종하여 복토한 후 30~40일 기간동안 육묘하우스에서 관리하였다.

정식포는 정식하기 2~3주 전에 퇴비(2,000kg/10a), 원예용 복합비료를(100kg/10a), 석회등을 넣고 경운한 후 두둑을 설치하였다. 두둑의 피복은 검정비닐을 이용하였고 관수 및 관비를 하기 위하여 점적호스를 설치하였다.

정식은 110×30cm 간격으로 하였으며, 정식 후 유인끈을 이용하여 개별유인을 하였고 곁순은 자라는데로 제거하였다. 관수와 웃거름은 생육상태와 토양의 건조 정도를 확인한 후 실시하였다. 그리고 정상적인 착과를 위하여 토마토톤을 100배로 희석하여 살포하는 등 농가 관행방법에 따라 관리하였다.

## 제 3절 결과 및 고찰

### 1. 방울토마토에서 발생하는 주요 병의 발생조사

#### 가. 지역별 기상 상황

작물이 잘자라기 위해서는 온도, 광 등 환경이 매우 중요하다. 토마토가 정상적인 생육을 위해서는 주간온도가 25~30℃, 야간온도가 10~20℃가 알맞고 광포화점도 70,000Lux 정도로 높다. 이와같이 토마토가 정상적인 생육을 하기 위해서는 비교적 높은 온도와 광을 필요로 하고 있으나 국내에서의 토마토 재배는 대부분 겨울철로 온도와 광등이 매우 낮은 시기이다. 토마토 재배시 온도를 높여주기 위해서 난방기를 이용한 보온과 비닐피복을 이용한 보온관리를 하고 있으나 난방유 가격이 높아 난방기 보다는 비닐로 2~5겹으로 보온관리를 해주고 있다. 특히 겨울철인 12월부터 3월까지의 온도가 낮고 흐린날이 지속되면 보온관리에 중점을 두기 때문에 시설내 습도는 더욱 높아져 각종 곰팡이병이 만연해지는 원인이 된다. 이와같이 겨울철 외부 기상에 따라 병해발생 종류와 정도가 달라지기 때문에 병해 발생에는 온도, 일조시수 등이 매우 중요한 부분이다. 병해 발생 원인을 분석하기 위해서 토마토 주산단지인 지역별 기상상황을 보면 표 4-4와 같다.

대표적 주산단지인 충남 부여 지방의 기상 상황중 평균기온은 2001년 11월과 12월을 제외하고는 평년과 비슷하거나 높게 나타났으며 일조시수도 2001년 8월~11월까지는 많았고 12월부터 2월까지도 비슷하였으며, 3월 이후는 다시 많아져서 축성재배 작형보다는 반축성재배 작형에 유리한 환경조건을 나타냈다.

전남 광주 지방에서의 기상상황 중 평균기온은 충남 부여 지방과 같이 2001년 11월, 12월을 제외하고는 모두 높게 나타났으나, 일조시수는 2001년 9월을 제외하고는 모두 낮게 나타냈다. 경북의 대구지방에서의 평균기온은 전 기간 동안에 비슷하거나 약간 높았으며 일조시수는 2001년 11월과 12월, 202년 2월을 제외하고는 비교적 낮았다.

경남 진주 지방의 기상상황중 평균기온은 2001년 8월~11월까지는 비교적 낮았으나 2001년 12월부터는 높게 나타났으며 일조시수는 2001년 10월과 2002년 4월~5월을 제외하고는 모두 높게 나타냈다.

표 4-4. 토마토 주요 재배 주산단지의 기상상황

지 역	월	평 균 기 온(℃)		최 저 기 온(℃)		일 조 시 수(℃)		
		본 년	평 년	본 년	평 년	본 년	평 년	
부여(충남)	2001.	8	24.2	25.4	16.3	21.3	329.4	173.7
		9	21.8	20.0	8.3	14.9	315.5	170.3
		10	15.1	13.0	4.8	7.2	267.1	202.2
		11	5.7	6.5	-4.6	1.0	221.4	175.0
		12	-0.4	0.4	-9.6	-4.5	186.7	189.1
	2002.	1	0.8	-2.1	-12.6	-7.1	163.2	192.1
		2	1.0	0.0	-9.1	-5.4	187.7	181.3
		3	7.0	5.0	-6.6	-0.9	243.4	203.7
		4	13.4	11.6	0.4	4.9	255.5	220.9
		5	16.9	17.0	8.6	10.9	223.6	235.3
광주(전남)	2001.	8	26.3	26.1	17.5	22.6	175.5	178.2
		9	22.3	21.4	12.1	17.2	201.2	163.2
		10	16.6	15.4	6.9	10.3	150.1	199.7
		11	8.0	8.7	-0.1	4.2	164.9	174.5
		12	2.5	2.8	-5.7	-1.2	126.6	187.7
	2002.	1	2.9	0.5	-7.5	-3.3	116.0	188.3
		2	3.4	1.9	-6.3	-2.3	155.4	180.1
		3	8.7	6.5	-3.1	1.6	168.3	198.7
		4	14.4	12.9	4.2	7.3	162.9	208.3
		5	18.1	17.8	11.1	12.4	142.6	217.6
대구(경북)	2001.	8	23.7	26.1	16.8	22.4	177.9	249.4
		9	22.0	21.3	10.5	16.9	199.7	233.4
		10	16.0	15.4	7.6	10.1	159.4	232.9
		11	8.3	8.6	-1.1	3.7	222.0	179.9
		12	1.9	2.5	-5.4	-2.0	215.3	181.2
	2002.	1	2.3	0.2	-8.5	-4.1	193.2	195.4
		2	4.0	2.1	-5.1	-2.4	210.8	201.8
		3	10.1	7.1	-1.2	-2.1	210.7	240.5
		4	15.6	13.8	3.4	7.9	216.4	260.2
		5	18.5	18.7	8.1	12.8	207.2	277.4
진주(경남)	2001.	8	21.7	25.6	14.2	21.9	191.4	188.2
		9	21.4	20.9	9.7	16.4	194.6	181.8
		10	15.9	14.7	5.0	8.8	167.9	205.9
		11	6.5	7.9	-6.1	2.0	201.6	163.7
		12	1.7	2.0	-9.2	-3.8	202.8	160.0
	2002.	1	2.3	0.1	-11.5	-5.3	195.3	162.1
		2	3.1	2.0	-9.3	-3.6	207.2	164.9
		3	8.7	6.7	-6.7	0.6	224.2	197.9
		4	14.1	12.8	0.2	6.3	189.1	216.8
		5	17.5	17.5	7.3	11.4	174.5	232.1

나. 시기별 병해 발생조사

2001년 10월부터 2002년 6월까지 16개시군 105농가의 하우스에서 토마토 재배 시기별로 잎마름역병, 잎곰팡이병, 잿빛곰팡이병, 흰가루병 등을 조사한 결과 표 4-5와 같이 나타났다.

표 4-5. 토마토 재배시기별 병해 발생 조사 결과

시 기	병 해 별 발 생 (%)			
	잎마름역병	잎곰팡이병	잿빛곰팡이병	흰가루병
2001. 10	0	16(1)	0	0
2002. 1	4(1)	3~21(6)	3~72(11)	10~68(4)
3	23(1)	3~11(6)	4~11(4)	0
5	0	3~83(14)	2~29(7)	2~29(10)
6	0	80(1)	0	0

잎마름역병은 2001년에는 발생이 없었으나 온도가 매우 낮은 시기인 2002년 1월과 3월에 각 4%와 23%가 발생되었다. 잎곰팡이병은 조사 모든 시기에서 3~83% 발생되었으며, 잿빛곰팡이병은 1월~5월에 3~72%, 흰가루병은 1월과 5월에 2~68%로 조사되었다. 4%가 발생한 농가에서는 생육초기부터 역병방제를 위하여 농약을 살포하였으나 수확 말기에 농약잔류 등의 문제가 염려되어 방제를 실시하지 않았으며 23%가 발생한 농가에서는 PC온실이었으나 온실의 맨가넷줄에 커튼이 설치되어 있어 그늘이 지고 물방울이 떨어져 농약을 살포했으나 방제가 되지 않았다.

잎곰팡이병은 조사시기에 따라 차이는 있었으나 조사시기 모두에서 발생을 보였다. 비교적 생육초기에는 3~21% 정도로 비교적 적게 발생하였으나 생육이 진전되어 아랫잎이 노화되고 수확기에 접어들면서 농약살포를 하지 않으면서 발생이 증가하여 이병엽율이 83%까지 발생하는 포장도 있었다.

잿빛곰팡이병은 일반토마토 특히 미숙토마토가 많이 재배되어온 1995년 이전에는 토마토가 착과되기 시작한 후부터 수확기 까지 계속하여 발생이 많았으나 방울토마토가 많이 재배되기 시작한 '95년도부터는 열매에 발생은 적어졌으나 잎과 줄기에는 발생이 증가하고 있다. 특히 하우스내 습도가 높을 때 약제, 영양제 살포 등으로 잎에 장해를 입은 경우와

저온 및 고온 등에 의해 피해를 받은 줄기 등에 발생이 많았다. 생육단계와 관계없이 1월부터 5월까지 최저 2%에서 최고 72%까지 발생하였다. 흰가루병 발생은 1월과 3월에 2~68%가 발생되었는데 활물기생균으로 토마토에서 발생은 극히 미약했지만 최근에 연동 및 PC, 유리온실 등의 확대 보급과 온난화 현상 등으로 건조한 포장이 많이 지면서 발생이 많아 졌고 과거에는 반축성재배 작형과 축성재배 작형으로 한정되어 왔으나 억제재배가 증가하면서 주년재배가 되고 있고 원예작물 재배면적이 증가하여 전업원이 계속 있어 흰가루병 발생이 증가하고 있다.

다. 지역별 병발생 조사

지역별로 재배작형이 다르고 하우스 시설, 난방형태, 기상환경 등의 차이에서 병발생 양상도 달라지고 있다.

표 4-6. 주요 재배지역별 병해 발생 조사 결과

지 역	병 해 별 발 생 (%)			
	잎마름역병	잎곰팡이병	갯빛곰팡이병	흰가루병
충 남	4~23(2)	3~83(21)	2~29(14)	2~29(8)
전 남	0	0	3~6(2)	10~13(3)
경 남	0	3~10(5)	5~59(4)	10~68(3)
경 북	0	21(1)	5~72(2)	0

지역별 병발생은 표 4-6에서 보는 바와 같이 충남 지역에서는 70농가를 조사하였는데, 잎마름역병이 2농가에서 4~23%, 잎곰팡이병이 21농가에서 3~83%, 갯빛곰팡이병이 14농가에서 2~29%, 흰가루병이 8농가에서 2~29%가 발생되어 비교적 높게 나타났고 전남 지역은 갯빛곰팡이병 2농가에서 3~6%, 흰가루병은 3농가에서 10~13%로 낮았으며 경남 지역에서는 잎곰팡이병이 5농가에서 3~10%, 갯빛곰팡이병 4농가에서 5~59%, 흰가루병은 3농가에서 10~68%로 비교적 높게 나타났으며, 경북지역에서는 잎곰팡이병이 1농가에서 21%, 갯빛곰팡이병이 2농가에서 5~72%가 조사되었다.

이와 같이 충남지역이 다른 지역에 비해 높게 나타난 것은 중부지방으로 기온이 낮은 시기에 재배하며 난방시설도 하지 않고 있기 때문이며, 전 지역 모두 병 발생 실태조사 횟

수가 적어 발생 농가수와 병해 발생정도도 낮았던 것으로 생각된다.

라. 시설형태별 병발생 조사

토마토를 재배하고 있는 시설형태는 매우 다양하다 비닐하우스는 단동, 연동, 무기동하우스 등이 있고 PC온실 및 유리온실에서도 재배하고 있다. 이중 제일 많은 시설은 단동 및 연동비닐하우스이다. 이들 시설형태별 병발생 조사결과는 표 4-7과 같다.

표 4-7. 시설형태별 병발생 조사 결과

시 설 형 태	병 해 별 발 생 (%)			
	잎마름역병	잎곰팡이병	갯빛곰팡이병	흰가루병
단 동 하 우 스	0	3~20(8)	2~29(3)	10(1)
연 동 하 우 스	4(1)	3~80(12)	5~72(19)	4~21(9)
PC, 유리온실	23(1)	3~83(6)	3~59(2)	2~68(4)

시설형태별 조사결과 잎마름역병, 잎곰팡이병, 갯빛곰팡이병, 흰가루병 발생 차이는 크게 나타나지 않았으며 단동비닐하우스에서 역병과 흰가루병 발생이 적게 나타난 것은 정식시기가 1월하순으로 늦었고 정식초기에는 4~5겹으로 보온을 실시하였으며 그 후에는 전국적으로 평균기온이 높았고 일조시수도 많은 등 기상환경이 좋아져 병발생이 적게 나타난 것으로 보여진다.

마. 무방제시 병발생 조사

토마토 재배시 병발생 양상을 보기 위해 충남농업기술원 부여토마토시험장내 시설하우스 포장에서 농약을 살포하지 않은 포장을 조성한 후 병발생 실태조사를 실시한 결과 표 4-8과 같이 나타났다.

잎곰팡이병, 갯빛곰팡이병, 흰가루병 등은 발생하였으나, 잎마름역병은 발생하지 않았다.

잎곰팡이병은 4. 16일부터 발생하기 시작하여 5월 15일 12.7%로 가장 높게 나타났다.

표 4-8. 무방제시 병발생 실태조사 결과

조사일시	병 해 별 발 생 (%)			
	잎마름역병	잎곰팡이병	잣빛곰팡이병	흰가루병
4. 16.	0	0.01	0.01	2.7
4. 26.	0	2.3	0.7	5.3
5. 6.	0	10.0	1.3	21.7
5. 15.	0	12.7	3.3	15.7
5. 28.	0	3.7	2.7	7.3
6. 11.	0	5.7	3.0	6.0

그 후 노화된 아랫잎을 제거하고 고온기가 되면서 이병엽율이 점차 낮아졌으며 잣빛곰팡이병은 생육단계에 관계없이 꾸준한 병 발생율을 나타냈고 건조한 상태에서 발생하는 흰가루병은 5월 상·중순에 많이 나타났으며 잎곰팡이병과 같이 노화엽 제거 후 감소하는 경향을 나타냈다. 잎마름역병 발생이 없었던 것은 저온다습 특히 습도가 높게 되면(특히 포화습도 상태) 발생이 많게 되는데 이 시기에는 외기온이 상승하면서 하우스내 온도가 올라가 하우스 환기를 시켜 줌으로써 습도가 낮았기 때문인 것으로 생각된다. 이들 병발생시기와 기상상황을 분석한 결과는 표 4-9와 같다.

2002년 부여지역의 기상상황은 전년과 평년을 비교해 보면 평균기온과 최고기온은 차이가 없었으며 최저기온은 약간 높게 나타났고, 강우일수가 많아 습도가 약간 높았으나 큰 차이는 없었다.

표 4-9. 병발생 시기의 기상상

(부여)

시 기	평균기온(℃)			최고기온(℃)			최저기온(℃)			습도(%)			강우일수(일)	
	2002	전년	평년	2002	전년	평년	2002	전년	평년	2002	전년	평년	2002	전년
4월중 하	12.9	11.5	11.4	19.7	20.4	18.7	5.9	4.2	4.4	54.8	59.9	55.8	3	2
	15.0	13.8	13.9	22.2	22.3	20.9	8.7	5.4	7.4	63.2	51.8	55.3	2	3
5월상 중 하	15.9	16.8	15.4	20.8	23.3	22.4	11.7	10.4	9.1	73.0	66.4	61.1	5	3
	16.3	18.9	16.5	21.9	23.1	23.1	13.9	11.7	10.8	79.2	59.6	63.4	5	0
	18.4	23.2	18.6	26.2	25.7	25.7	11.3	17.3	12.7	63.4	69.5	64.1	2	2
6월상	22.4	22.5	20.1	29.0	26.4	26.4	16.5	16.6	14.8	69.3	65.3	66.4	1	0

2. 방울토마토에 발생하는 잎곰팡이병과 흰가루병 방제용 농약 선발 시험

가. 잎곰팡이병(Leaf mold)

잎곰팡이병의 병원균은 *Fulvia fulva*로 불완전균이며 분생포자를 형성하며 분생포자는 무색으로 1~2개로 되어 있으며 크기는 14~38×9μm 정도이다.

잎곰팡이병균은 국가별, 지역별로 병원성이 다양하다는 것이 보고되어 있다. 캐나다에서는 12종, 일본에서는 3종 네델란드에서는 14종의 레이스가 보고되었으며 국내에서는 1997년 4개 레이스가 분포하고 있다고 보고하였다. 병원균은 하우스 등의 각종 자재, 피해 엽 및 종자 등에 부착한 균사에 의해 월동하여 제 1차 전염원이 되며 2차 전염은 병반상에 형성된 분생포자나 바람에 의해 전파되고 전파된 병원균은 기공을 통하여 침입한다. 발생 조건은 하우스내 온도가 22~24℃이며 밤과 낮의 온도차가 크면 발생이 심하며 특히 90% 이상 과습시 급속히 발병된다. 잎 표면에 담황색의 작은 반점이 발생하여 뒷면을 보면 회갈색~녹갈색의 곰팡이를 발생시킨다. 보통 노화된 아랫잎부터 발생이 시작되어 윗 잎으로 전진되며 심하게 발생된 잎은 말라 죽는다. 칸푸쿠, 모모타로요크, 로꾸산마루, 아폴로, 첼시미니 등 저항성 품종이 있지만 현재 국내에서 재배되고 있는 방울토마토는 대부분 잎곰팡이병에 대한 저항성이 없기 때문에 농약에 의존하고 있는 실정이다.

현재 잎곰팡이병 방제 약제로 등록되어 있는 농약은 Carbendazim, Triflumizole 등 13여종이 있으나 방제시 일반 농약상에 없는 농약이 많고, 약해 발생 등으로 토마토 재배농가

에서는 등록되지 않은 농약을 많이 사용하고 있었다. 이중 방제 효과가 있을 것으로 보여지는 Fenarimol, Difenoconazole, Hexaconazole, Carbendazim 등 4종 농약을 선정하여 시험을 실시하였다.

방울토마토 꼬꼬 품종을 2002년 4월 11일 정식하여 농가 관행에 따라 관리하였으며 잎곰팡이병이 6월하순부터 발생하기 시작하여 2002년 7월 3일부터 7월 16일까지 7일간격으로 3회(2002. 7. 3, 7. 9, 7. 16)동안 병원균이 있는 잎 뒷면에 충분히 물도록 배부식 분무기를 이용하여 살포하였다. 최종약제 처리 7일 후(2002. 7. 23) 처리구당 200잎에 대한 이병엽율을 조사한 결과 표 4-10과 같이 나타났다.

표 4-10. 잎곰팡이병에 대한 약제 방제 효과

시 험 약 제	이 병 엽 율 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	1반복	2반복	3반복	평 균		
Fenarimol	24.5	17.5	22.5	21.5	a	77.0
Difenoconazole	28.0	17.0	23.0	22.7	a	75.7
Hexaconazole	25.5	20.5	26.5	24.2	a	74.1
Carbendazim	30.0	31.5	25.0	28.8	a	69.1
Triflumizole	27.0	25.5	19.0	23.8	a	74.5
Control	94.5	86.5	99.0	93.3	b	-

CV ..... 11.4%

시험약제 대부분이 방제 효과가 높게 나타났으며 특히 Fenarimol의 방제가가 77%로 가장 높았으며, Difenoconazole의 방제가가 75.7%로 대조 약제 Triflumizole의 74.5%에 비해 높게 나타났으며 Carbendazim의 방제가가 69.1%로 가장 낮게 나타났다.

나. 흰가루병(Powdery mildew)

흰가루병의 병원균은 *Erysiphe cichoracearum*과 *Leveillula taurica* 등 2개균이 관련되어 있으며 자낭균에 속하며 자낭포자와 분생포자를 형성한다. 이균은 살아있는 식물체에서만 기생하는 순환물 기생균이다.

서늘하고 건조한 상태에서 심하게 발생하며 병원균은 자낭각 또는 균사 상태로 이병간 재물에서 월동하여 1차 전염원이 되는 것으로 추정하고 있으며 2차 전염원은 분생포자 형

태로 공기 전염한다.

발병온도는 20~25℃로 노지재배에서는 6~7월과 9~10월에 발생하고 시설하우스에서는 3~6월과 10월, 11월에 발생이 많다.

주로 잎에 발생하지만 심한 경우 잎자루에도 발생하며 황화되어 곧 고사된다. 보통 *E. cichoracearum*균에 의해 발생되면 잎의 표면에 흰가루를 뿌린 것 같이 하얀곰팡이가 있고 피해부의 조직은 황화한다. *L. taurica*균에 의한 것은 잎 뒷면에 약간의 하얀곰팡이가 생기며 잎의 표면이 황화한다. 그러나 심하게 발생하면 아랫잎부터 고사하게 된다.

국내에서는 흰가루병에 등록된 농약은 아직 없어 잎곰팡이병과 동시 방제를 위하여 잎곰팡이병 방제를 위한 선발 농약을 이용하였다.

시험 품종은 방울토마토인 꼬꼬 품종으로 하였으며 축성재배 작형인 2003년 8월 8일 정식하여 유인, 관수, 추비시용, 측지제거, 토마토톤 처리 등 포장관리를 농가 관행에 맞춰 관리하였다.

2003년 9월 하순부터 흰가루병이 발생하기 시작하여 2003년 10월 16일부터 한 약제당 20주씩 3반복으로 구획을 정한 후 7일간격으로 3회(2003. 10. 16, 10. 23, 10. 30) 동안 병원균이 있는 잎의 표면과 뒷면이 충분히 묻도록 배부식 분무기를 이용하여 살포하였다. 최종 약제 처리 11일 후(2003. 11. 10) 조사하였다 (표 4-11).

표 4-11. 흰가루병에 대한 약제방제 효과

시 험 약 제	이 병 업 율 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	1반복	2반복	3반복	평 균		
Fenarimol	46.5	57.5	48.0	50.7	a	27.8
Difenoconazole	44.0	35.0	47.5	42.5	a	39.5
Hexaconazole	29.5	45.5	36.0	37.0	a	47.3
Carbendazim	28.0	41.0	34.5	34.5	a	50.9
Triflumizole	35.5	41.0	57.0	44.5	a	36.6
Control	74.5	80.5	55.5	70.2	a	-

CV ..... 19.3%

시험약제 5종중 Carbendzim이 방제가 50.9%로 가장 높게 나타났고 Fenarimol이 27.8%로 가장 낮게 나타났으며, 모두 27.8%~50.9%로 유의차는 보이지 않았다.

### 3. 저독성 농약 및 생물자원의 병해 방제효과

현대 농업은 토양으로부터 보다 많은 생산량을 얻기 위한 기술개발에만 주력하여 왔다. 증산만이 농업의 지상과제였으며, 그에 따르는 많은 부작용은 무시되었다. 증산을 위한 화학비료와 유기합성 농약의 과다한 사용은 토양과 수질 오염은 물론 생산된 농산물 자체의 식품으로서의 안전성을 일부 위협을 받게 되었다. 최근에 와서 환경오염과 현대 농업의 부작용에 관한 관심이 높아지면서 미국, EC를 비롯한 세계 각국은 환경 보전형 지속적 농업을 농업발전의 목표로 삼게 되었다. 즉, 환경문제를 증시하면서 현재 농업의 부작용을 줄이고 생산성을 지속적으로 유지시키는 것을 농업정책의 방향으로 하고 있다. 우리나라에서 환경보전형 지속 농업의 기본방향은 농약, 화학비료의 사용량은 점진적으로 감축하고 퇴비 등 유기질 비료를 증시함으로써 품질 좋은 안전한 농산물을 생산하는 것으로 최근 연구가 급속히 진행되어 가고 있다.

#### 가. 잎곰팡이병(Leaf mold)

유기농 재배농가는 물론 일반농가에서도 이용하고 있는 미생물제제들중 *Trichoderma*균이 들어 있는 Tory, 마늘엑기스인 GL-500, *Ampelomyces*균 함유되어 있는 에이큐, *Lactobacillus*가 함유되어 있는 Bio-wels, *Bacillus*가 함유되어 있는 Bio-shield, Alkaroid 등이 함유되어 있는 Herjuni와 Herjunibogan 등을 이용 작형별 잎곰팡이병 방제 효과에 대한 검토를 하였다.

비가림 재배 작형인 2002년 4월 11일에 방울토마토 꼬꼬를 정식하여 발병초기인 2002년 7월 3일부터 7월 23일까지 7일간격으로 4회(2002. 7. 3, 7. 9, 7. 16, 7. 23) 살포한 후 최종 약제 살포 7일 후인 2002년 7월 30일 이병엽율에 대한 조사결과로 표 4-12와 같이 나타났다.

표 4-12. 비가림 재배시 생물자원의 잎곰팡이 방제 효과

시 험 재 료	이 병 엽 율 (%)			유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	1반복	2반복	평 균		
Tory	87.0	74.5	80.0	cd	6.9
GL-500	43.5	49.5	46.5	b	46.4
에이큐	41.5	40.5	41.0	b	52.8
Bio-wels	74.5	71.0	72.8	c	16.1
Bio-shield	54.0	53.0	53.5	b	38.4
Triflumizole	12.5	12.0	12.3	a	85.8
Control	87.0	86.5	86.8	d	-

CV ..... 6.9%

시험재료 모두 방제가 6.9~52.8%로 전용 약제인 Triflumizole의 방제가 85.8%보다 매우 낮았다. 미생물제중에 에이큐가 52.8%, GL-500이 46.6%로 약게 높게 나타났다.

또한 농가에서 이용되고 있는 생물자원을 일부 교체하여 이염화이소시아늄산나트륨이 함유되어 있는 Biospot+pinechem과 마늘엑기스인 NK-100, 저독성 농약인 PSO(Paraffinic oil)을 시험재료로 선정하여 축성재배 작형에서 방제효과를 검정하였다.

방울토마토 디저트 품종을 2002년 8월 27일 2연동 프라스틱 하우스에 정식하여 잎곰팡이병 발생초기인 2002년 12월 12일부터 2003년 1월 3일까지 4회(2002. 12. 12, 12. 18, 12. 26, 2003. 1. 3)동안 잎 뒷면과 표면이 충분히 묻도록 살포한 후 최종 약제처리 7일 후(2003. 1. 10)에 이병엽율을 조사한 결과 표 4-13과 같이 나타났다.

표 4-13에서 보는 바와 같이 Triflumizole의 방제가 87.3%인데 PSO의 방제가 84.4%로 거의 같은 수준으로 효과가 아주 좋았으며 기타 생물자원의 방제는 10.5~23.6%로 매우 낮게 나타났다. 위의 시험결과 미생물제 및 생물자원의 잎곰팡이병 방제에 효과가 없어 식물체 등에서 추출한 Alkaroid 등이 함유되어 있는 Herjuni와 Herjunibogan 등을 선정하여 반축성 재배 작형에서 시험을 실시하였다.

시험 품종은 꼬꼬 품종을 2003년 3월 17일 정식하여 2003년 5월 12일부터 잎곰팡이병이 발생하기 시작하여 2003년 5월 15일부터 6월 5일까지 4회(2003. 5. 15, 5. 23, 5. 29, 6. 5) 동안 살포한 후 최종약제 처리 10일 후(6. 14)에 이병엽율을 조사하였다.

표 4-13. 저독성 농약과 생물자원이 잎곰팡이병 방제 효과

시 험 재 료	이 병 엽 율 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	1반복	2반복	3반복	평 균		
Biospot+Pinechem	61.0	59.0	63.0	61.0	b	13.7
NK-100	56.0	70.0	64.0	63.3	b	10.5
Tory	51.0	64.0	53.0	56.0	b	20.8
Bio-wels	56.0	75.0	58.0	63.0	b	10.9
Bio-shield	57.0	64.0	41.0	54.0	b	23.6
PSO	14.0	12.0	7.0	11.0	a	84.4
Triflumizole	10.0	8.0	9.0	9.0	a	87.3
Control	74.0	70.0	68.0	70.7	b	-

CV ..... 12.5%

표 4-14. 반촉성 재배 작형시 저독성 농약과 생물자원의 잎곰팡이병 방제 효과

시 험 재 료	이 병 엽 율 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	1반복	2반복	3반복	평 균		
Biospot+Pinechem	38.0	44.0	41.0	41.0	bc	14.6
NK-100	42.0	46.0	38.0	42.0	bc	12.5
Tory	50.0	50.0	44.0	48.0	c	0.0
Herjuni	24.0	30.0	26.0	27.0	ab	43.8
Herjunibogam	29.0	25.0	25.0	26.0	ab	45.8
PSO	18.0	26.0	22.0	22.0	a	54.2
Triflumizole	18.0	14.0	17.0	16.0	a	66.7
Control	53.0	47.0	45.0	48.0	c	-

CV ..... 17.9%

잎곰팡이병에 대한 방제 효과를 검토한 결과 무처리구의 이병엽율이 48.0%로 낮게 나타나 방제 효과를 검증하기에 충분하지 못하였다. 그러나 잎곰팡이병 전용 약제인 Triflumizole의 방제가가 66.7%로 나타났는데 PSO(Paraffinic oil)이 54.2%로 효과가 비슷하였으며, 생물자원 중에서는 Herjuni와 Herjunibagam이 각각 43.8%와 45.8%로 다른 시험 재료 보다는 효과가 높은 것으로 나타났다.

나. 흰가루병(Powdery mildew)

최근 토마토 시설재배의 년중 재배와 원예작물의 증가로 흰가루병이 각종 원예작물에 많이 발생하고 있다. 토마토에서도 발생이 증가하고 있어 이에 대한 대책이 절실히 요구되고 있고, 친환경 농업과 안전농산물 생산을 위하여 저독성 농약 선발과 생물자원에 대한 방제 효과를 검증하였다.

잎곰팡이병과 같이 Biospot+Pinechem, NK-100, Tory, Bio-wels, Bio-shield, PSO(Paraffinic oil) 등 6종을 시험재료로 선정하였다.

축성재배 작형으로 디저트 품종을 2002년 8월 27일 정식하여 관리한 후 흰가루병 발생 초기인 2002년 12월 12일부터 2003년 1월 3일까지 3반복으로 구획을 정한 후 4회(2002. 12. 12, 12. 18, 12. 26, 2003. 1. 3) 동안 저독성 농약과 생물자원의 희석액이 충분히 묻도록 살포한 후 최종약제 처리 7일 후(2003. 1. 10)에 이병엽율을 조사한 결과 표 4-15와 같이 나타났다.

표 4-15. 축성재배시 저독성 농약과 생물자원의 흰가루병 방제 효과

시 험 재 료	이 병 엽 율 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	1반복	2반복	3반복	평 균		
Biospot+Pinechem	18.0	14.0	18.0	16.7	b	53.6
NK-100	16.0	14.0	20.0	16.7	b	53.6
Tory	18.0	28.0	18.0	21.3	b	40.8
Bio-wels	18.0	30.0	18.0	22.0	b	38.9
Bio-shield	20.0	18.0	18.0	18.7	b	48.1
PSO	2.0	2.0	2.0	2.0	a	94.4
Triflumizole	8.0	2.0	2.0	4.0	a	88.9
Control	34.0	38.0	36.0	36.0	c	-

CV ..... 22.7%

시험결과 잎곰팡이병과는 다르게 모든 시험재료에서 방제효과가 38.9%~94.4%로 높게 나타났다. 특히 PSO(Paraffinic oil)은 잎곰팡이병 방제 약제인 Triflumizole보다 높은 94.4%의 방제가를 보여 효과가 있었다.

반축성 재배 시험에서는 2003년 5월 중순부터 흰가루병이 발생하기 시작하여 시험재료 중 Bio-wels와 Bio-shield를 Herjuni와 Herjunibogam으로 교체하여 사용하였다.

흰가루병이 발생하기 시작하여 발병초기인 2003년 5월 15일부터 6월 5일까지 4회(2003. 5. 15, 5. 23, 5. 29, 6. 5) 동안 잎에 충분히 묻도록 살포한 후 최종약제 처리 10일 후(6. 14) 조사한 결과 표 4-16과 같이 나타났다.

표 4-16. 반축성 재배시 저독성 농약과 생물자원의 흰가루병 방제 효과

시 험 재 료	이 병 업 율 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	1반복	2반복	3반복	평 균		
Biospot+Pinechem	88.0	90.0	75.0	84.0	c	2.3
NK-100	32.0	30.0	31.0	31.0	b	64.0
Tory	97.0	77.0	87.0	87.0	c	0.0
Herjuni	11.0	14.0	12.0	12.0	a	86.1
Herjunibogam	16.0	15.0	13.0	15.0	ab	82.6
PSO	3.0	5.0	4.0	4.0	a	95.4
Triflumizole	19.0	18.0	14.0	17.0	ab	80.2
Control	89.0	76.0	94.0	86.0	c	-

CV ..... 13.7%

시험결과 PSO(Paraffinic oil)의 방제가가 95.4%로 가장 높게 나타났으며 Herjuni가 86.1%, Herjunibogan이 82.6%로 토마토 잎곰팡이병 방제약제인 Triflumizole의 80.2%와 비슷하거나 높게 나타나 잎곰팡이와는 다르게 효과가 있었다.

그러나 Herjuni와 Herjunibogam은 약제살포 약 2주 후에는 다시 병이 발생하는 등 문제점이 있었다. 반축성재배 시험에서는 축성재배 시험과 다르게 Biospot+Pinechen과 Tory에서는 아주 낮게 조사되어 외부 환경조건의 영향을 받는 것으로 생각되었다.

다. 잿빛곰팡이병(Gray mold)

잿빛곰팡이병은 일반토마토의 열매에서 많이 발생하는데 최근 방울토마토 재배 및 장기 재배가 증가하면서 주로 열매에서 발생하던 것이 잎과 줄기에 발생하게 된다.

잿빛곰팡이병 방제로 등록된 농약은 Diethofencarb 등 12종으로 많이 있다. 본 시험에서는 저독성 농약 선발 및 생물자원의 방제 효과를 보기 위해서 실시하였다.

2004년 3월 8일부터 4월 1일까지 4회(2004. 3. 8, 3. 15, 3. 22, 4. 1) 동안 잎과 줄기에 희석액이 충분히 살포한 후 2004년 4월 8일 조사하였다.

표 4-17. 반축성 재배시 저독성 농약과 생물자원의 잿빛곰팡이병 방제 효과

시 험 재 료	이 병 엽 율 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	1반복	2반복	3반복	평 균		
Biospot+Pinechem	2	6	5	4.3	ab	53.8
NK-100	5	5	2	4.0	ab	57.0
Tory	5	6	3	4.7	ab	49.5
Herjuni	6	4	5	5.0	ab	46.2
Herjunibogan	4	7	4	5.0	ab	46.2
PSO	4	4	3	3.7	a	60.2
Diethofencarb	3	2	3	2.7	a	71.0
Control	9	9	10	9.3	b	-

CV ..... 27.8%

시험결과 무방제구의 이병엽율이 9.3%로 나타나 효과를 판단하기에는 곤란하였다. 그러나 시험재료 중 농약인 Diethofencarb와 PSO(Paraffinic oil)에서 방제가가 각각 71.0%과 60.2%로 높게 나타났다.

라. 잎마름역병(Late blight)

잎마름역병균은 *Phytophthora infestans*로 난균에 속하는 병원균으로 생육적온이 18~20℃로 저온균이며 습도가 매우 높아야 발생한다. 주로 병든 식물체의 조직속에서 월동하고 이듬해 1차 전염원이 되는데 이 균은 토마토와 감자만 침해하는 것으로 알려져 있다.

방제약제로 등록된 농약은 Dimethomorph 등 10종이 있다. 효과가 높은 저독성 농약과 생물자원들의 선발을 통하여 농민들의 선택조건을 넓히고 안전농산물 생산을 위하여 본 시험을 수행하였다.

본 시험포장에서 2004년 3월 3일 하우스 맨 갓줄 2주가 잎마름역병에 감염되었다. 이 균은 발생이 되면 확산 속도가 빨라 신속히 방제하지 않으면 효과를 볼수가 없어 잿빛곰팡이병과 같이 2004년 3월 8일부터 4회 동안(2004. 3. 8, 3. 15, 3. 22, 4. 1) 시험재료들을 살포한 후 2004년 4월 8일 조사하였다.

표 4-18. 반축성 재배시 저독성 농약과 생물자원의 잎마름역병의 방제 효과

시 험 재 료	이 병 업 율 (%)			
	1반복	2반복	3반복	평 균
Biospot+Pinechem	2	0	0	6.7
NK-100	2	0	0	6.7
Tory	0	0	0	0.0
Herjuni	0	0	0	0.0
Herjunibogan	0	0	0	0.0
PSO	0	0	0	0.0
Dimethomorph	0	0	0	0.0
Control	0	0	0	0.0

2004년 3월 3일 발생되어 급속한 확산을 우려 저독성 농약과 생물자원을 살포했으나 잎마름역병이 2곳에서 각각 2% 밖에 발생되지 않아 효과를 판단할 수 없었기 때문에 잎마름역병에 대한 방제효과 시험은 금후에 다시 확인해야 할 것으로 보인다.

#### 4. 방제시기 및 방법별 방제 효과

시험포장에서 발생하는 병해는 농가와 같이 잎곰팡이병과 흰가루병이었다.

이들 병해가 발생되면 하우스내 습도, 바람 등에 의해 빠른 속도로 전염되어 때로는 방제가 곤란하다. 농가에서의 방제 대책으로는 저항성 품종 이용과 농약에 의존하고 있으나, 농가에서 재배되고 있는 방울토마토 대부분은 저항성을 갖고 있지 않으며 농약살포의 경

우 동력분무기를 사용하고 있어 잎뒷면에 있는 균에 직접 닿지 않아 방제 효과가 낮다. 또한 수확시기중 농약살포는 수출하는데 검역시 농약잔류 때문에 반송 또는 폐기되기도 하고 국내 소비도 감소될 우려가 높아 농약잔류를 최소화하는데 목적을 두고 본 시험을 실시하였다.

방제시기는 발병초와 발병 중기로 구분해서 살포하였으며, 방제방법으로는 잎곰팡이병과 흰가루병 방제 시험결과 효과가 있는 저독성 농약과 생물자원을 이용하였다.

2004년 5월 3일(발병중기는 5. 10)부터 3~4회 살포(2004. 5. 3, 5. 10, 5. 17, 5. 24)한 후 5월 27일과 6월 2일 조사하였다.

표 4-19. 잎곰팡이병 방제 효과

시 험 재 료 및 방 법	이 병 업 율 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	1반복	2반복	3반복	평 균		
Triflumizole 3회(초기)	7	8	8	7.7	a	86.8
PSO 3회	12	12	10	11.3	a	80.6
Triflumizole 1회+Herjuni 2회	28	25	26	26.3	b	54.9
Triflumizole 3회(중기)	47	52	47	48.7	c	16.5
Triflumizole 2회+Herjuni 2회	17	18	14	16.3	ab	72.0
Control	56	64	55	58.3	c	-

CV ..... 8.1%

잎곰팡이병 방제 시험결과 잎곰팡이병 전용약제인 Triflumizole을 발병초기 3회 처리구에서 방제가 86.8%로 가장 효과가 좋았으며, PSO(Paraffinic oil) 처리구에서도 80.6%로 높게 나타났다.

그리고 Triflumizole과 생물자원인 Herjuni와 2회씩 교호살포구에서도 72.0%로 효과가 있었으며, 잔류농약도 낮을 것으로 보여 교호살포 방법이 효과적이라고 생각된다. 잎곰팡이병 전용약제인 Triflumizole을 발생중기에 살포하면 16.5%로 매우 낮게 나타나 발생초기에 살포하지 않으면 방제가 어려운 것으로 보여 진다.

표 4-20. 흰가루병 방제 효과

시 험 재 료	이 병 업 율 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	1반복	2반복	3반복	평 균		
Triflumizole 3회(초기)	12	15	10	12.3	a	72.1
PSO 3회	13	11	9	11.0	a	75.0
Triflumizole 1회+Herjuni 2회	22	24	25	23.7	cd	46.1
Triflumizole 3회(중기)	33	38	35	35.3	d	19.8
Triflumizole 2회+Herjuni 2회	19	23	20	20.7	bc	53.0
Control	41	48	43	44.0	e	-

CV ..... 7.8%

흰가루병 방제 시험결과에서 잎곰팡이병과 같이 농약인 Triflumizole와 PSO(Paraffinic oil)을 흰가루병 발생 초기 3회 처리구에서 각각 72.1%와 75.0%로 효과가 있었으며 Triflumizole과 Herjuni를 각 2회씩 교호살포구에서는 53.0%, Triflumizole 1회 처리 후 생물자원을 Herjuni를 2회 처리구에서는 46.1%로 약간 낮게 나타났으나 잔류성 등을 고려할 때 생육초기에는 농약으로 살포하고 수확기에는 교호살포하는 것도 효과적이라고 생각된다.

## 제 5 장 참 고 문 헌

### 【국 내】

- 김충희. 2002. 2002년 농작물 병해발생 개황. 식물병 연구 9(1) : 10~17.
- 농림부. 2004. 농림통계연보.
- 농약공업협회. 2004. 농약사용지침서.
- 농업과학기술원. 1996. 작물병해충 조사 방법과 기준.
- 농업과학기술원. 1997. 채소병해 원색도감.
- 오상근. 1997. 키토산의 토마토 역병 및 시들음병 억제 효과. 충남대학교 석사학위 논문집.
- 정영호 외 5인, 2004, 최신농약학
- 정범윤. 1996. 당신도 이제는 토마토 박사. 한국원예기술정보센터.
- 최은주. 1997. 토마토 품종의 잎곰팡이병 저항성 및 병원균의 Race에 관한 연구. 충남대학교 석사학위 논문집.
- 충남농업기술원. 2000. 토마토 재배기술. 충남농업기술원 부여토마토시험장.
- 충남농업기술원. 2003. 토마토재배 119. 충남농업기술원 부여토마토시험장.
- 한국농업전문학교. 1999. 주요 작물병해 진단 및 방제. 한국농업전문학교 농협중앙회.

한국식물병리학회. 1998. 한국식물병명명목록. 한국식물병리학회.

【국 외】

岸國平. 1987. 野菜の 病害蟲. 全國農村教育協會.

農林水産省. 2001. 農林水産統計. 農林統計協會.

鈴木孝仁. 1999. バイオコントロール研究會 レポート. 6 : 99.

農藥殘溜分析法研究班, 1995, 最新農藥殘溜分析法

Abiko, K. and Ishii, M. 1986. Influence of temperature and humidity on the outbreak of tomato leaf mold(by *Cladosporium fulvum*). Bulletin of the vegetable and ormanental crops reseaihstation. Series A(Japanese). 14 : 133~140.

Agrios, G.N. (1988) *Plant Pathology*, Academic Press, New York.

Alabouvette, C. (1988) Manipulation of soil environment to create suppressiveness in soil, in E.C. Tjamos and C.H. Beckman (eds.), *Vascular Wilt Diseases of Plants*, Springer-Verlag, New York, pp. 457-478.

Albajes, R., Gabarra, R., Castañé, C., Alomar, O., Arnó, J., Riudavets, J., Arino, J., Bellavista, J., Martí, M., Moliner, J. and Ramirez, M. (1994) Implementation of an IPM program for spring tomatoes in Mediterranean greenhouse, *IOBC/WPRS Bulletin* 17(5), 14-21.

Aldanondo, A.M. (1995) Cultivo y producción de tomate en la Unión Europea y en España, in F. Nuez (ed.), *El Cultivo del Tomate*, Ediciones, Mundi-Prensa, Madrid, pp. 696-740.

Alomar, O., Castañé, C., Gabarra, R., Arno, J., Ariño, J. and Albajes, R. (1991) Conservation

- of mirid bugs for biological control in protected and outdoor tomato crops, *IOBC/WPRS Bulletin* 14(5), 33-42.
- Alomar, O., Castañé, C., Gabarra, R., Bordas, E., Adillon, J. and Albajes, R. (1989) Cultural practices for IPM in protected crops in Catalonia, in R. Cavalloro and C. Pelerents (eds.), *Integrated Pest Management in Protected Vegetable Crops*, A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 347-354.
- Alomar, O., Gabarra, R. and Castañé, C. (1997) The aphid parasitoid *Aphelinus abdominalis* (Hym.:Aphelinidae) for biological control of *Macrosiphum euphorbiae* on tomatoes grown in unheated plastic greenhouses, *IOBC/WPRS Bulletin* 20(4), 203-206.
- Arno, J. and Gabarra, R. (1994) Whitefly species composition in winter tomato greenhouses, *IOBC/WPRS Bulletin* 17(5), 104-109.
- Arno, J. and Gabarra, R. (1996) Potential for biological control of mixed *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* populations in winter tomato crops grown in greenhouses, in D. Gerling and R.T. Mayer (eds.), *Bemisia 1995. Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*, Intercept Ltd, Andover, pp. 523-526.
- Ausher, R. (1996) Implementation of Integrated Pest Management in Israel, in D. Gerling and R.T. Mayer (eds.), *Bemisia 1995. Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*, Intercept Ltd, Andover, pp. 659-667.
- Barnadas, I., Gabarra, R. and Albajes, R. (1998) Predatory capacity of two mirid bugs preying on *Bemisia tabaci*, *Entomologia Experimentalis et Applicata* 86, 215-219.
- Benuzzi, M. and Nicoli, G. (1993) Outlook for IPM in protected crops in Italy, *IOBC/WPRS Bulletin* 16, 9-12.
- Besri, M. (1978) Phases de la transmission de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* et de *V. dahliae* par les semences de quelques varietes de tomate, *Phytopathologische Zeitschrift* 93, 148-163.

- Besri, M. (1981) Qualité des sols et des eaux d'irrigation et manifestation des tracheomycoses de la tomate au Maroc, *Phytopathologia Mediterranea* 20, 107-111.
- Besri, M. (1982) Conservation de *Didymella lycopersici* dans les cultures de tomate par les tuteurs, *Phytopathologische Zeitschrift* 105, 1-10.
- Besri, M. (1991a) Lutte intégrée contre les maladies cryptogamiques de la tomate au Maroc, *IOBC/WPRS Bulletin* 14(5), 187-191.
- Besri, M. (1991b) Solarization of soil and agricultural materials for control of *Verticillium wilt* and *Didymella stem canker* in Morocco, in J. Katan and J.E. Devay (eds.), *Soil Solarization*, CRC Press, Boca Raton, Fla., pp. 237-243.
- Besri, M. and Diatta, F. (1992) Effect of fungicide application techniques on the control of *Botrytis cinerea* and development of fungal resistance, in K. Verhoeff, N.E. Malathrakakis and B. Williamson (eds.), *Recent Advances in Botrytis Research*, Pudoc, Wageningen, pp. 248-251.
- Besri, M., Zrouri, M. and Beye, I. (1984) Appartenance raciale et pathogénie comparée de quelques isolats de *Verticillium dahliae* (Kleb.) obtenus à partir de tomates résistantes au Maroc, *Phytopathologische Zeitschrift* 109, 289-294.
- Bourbos, M., V.A., Michalopoulos, G. and Skoudriakis, M.T. (1997) Lutte biologique contre *Fusarium f.sp. radices-lycopersici* chez la tomate en serre non chauffée, *IOBC/WPRS Bulletin* 20(4), 58-62.
- Bourbos, V.A., and Skoudriakis, M.T. (1994) Possibilité d'une lutte intégrée contre la Cladosporiose de tomate en serre, *IOBC/WPRS Bulletin* 17(5), 39-42.
- Braun, A.L. and Supkoff, D.M. (1994) *Options to Methyl bromide for the Control of Soil-borne Diseases and Pests in California with Reference to the Netherlands*, Pest Management Analysis and Planning Program, PM 94-02, Environmental Protection Agency, Sacramento, Cal..

- Bues, R., Toubon, J.F. and Boudinhon, L. (1989) Dynamique des populations et lutte biologique contre *Heliothis armigera* en culture de tomate sous serre dans le sud de la France, in R. Cavalloro and C. Pelerents (eds.), *Integrated Pest Management in Protected Vegetable Crops*, A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 91-98.
- Calabretta, C., Colombo, A., Cosentino, S., Schiliro, E. and Sortino, O. (1991a) Effects of soil solarization on larvae of *Meloidogyne* spp. in soil and root rot of tomato 'Novi Fl' in cold greenhouse, *IOBC/WPRS Bulletin* 14(5), 164-171.
- Calabretta, C., Colombo, A., Nucifora, S. and Privetera, S. (1991b) "Soil solarization" and Methyl-Bromide alternated treatments as new method in the disinfestation of soil in protected crops, *IOBC/WPRS Bulletin* 14(5), 153-163.
- Celli, G., Benuzzi, M., Maini, S., Manzaroli, G., Antoniacci, L. and Nicoli, G. (1991) Biological and integrated pest control in protected crops of Northern Italy's Po Valley: Overview and outlook, *IOBC/WPRS Bulletin* 14(5), 2-12.
- Credi, R., Betti, L. and Canova, A. (1989) Association of a geminivirus with severe disease of tomato in Sicily, *Phytophologia Mediterranea* 28(3), 223-226.
- De Cal, A., Pascual, S., García-Lepe, R. and Melgarej, P. (1997) Biological control of Fusarium wilt of tomato, *IOBC/WPRS Bulletin* 20(4), 63-70.
- Denholm, I., Byrne, F.J., Cahill, M. and Devonshire, AL. (1996) Progress with documenting and combating insecticide resistance in *Bemisia*, in D. Gerling and R.T. Mayer (eds.), *Bemisia 1995. Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*, Intercept Ltd, Andover, pp. 577-604.
- De Wit, P. J. G. M., and Kodde, E. 1981. Induction of Polyacetylenic phytoalexins in *Lycopersicon esculentum* after inoculation with *Cladosporium fulvum*. *Physi. Pl. Path.* 18 : 143~148.

- Elad, Y. and Zimand, G. (1991) Experience in integrated chemical-biological control of grey mould (*Botrytis cinerea*), *IOBC/WPRS Bulletin* 14(5), 195-199.
- Elliot, D. (1996) Biological control in Canadian vegetable greenhouses, *Sting - Newsletter on Biological Control in Greenhouses* 16, 7-8.
- Fer, A. and Thalouarn, P. (1997) L'Orobanche: Une menace pour nos cultures, *Phytoma - La Défense des Vegetaux* 499, 34-40.
- Garibaldi some protected vegetable crops in Italy, in R. Cavallaro and C. Pelerents (eds.), *Integrated and Biological Control in Protected Crops*, A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 35-43.
- Gerling, D. (1996) Status of *Bemisia tabaci* in the Mediterranean countries: Opportunities for biological control, *Biological Control* 6, 11-22.
- Gold, S.E. and Stanghellini, M.E. (1985) Effects of temperature on *Pythium* root rot of spinach grown under hydroponic conditions, *Phytopathology* 75, 333-337.
- Gould, H.J. (1987) Protected crops, in A.J. Burn, T.H. Coaker and P.C. Jepson (eds.), *Integrated Pest Management*, Academic Press, London, pp. 403-424.
- Jarvis, W.R. (1988) Allelopathic control of *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, in E.C. Tjamos and C.H. Beckman (eds.), *Vascular Wilt Diseases of Plants*, Springer-Verlag, New York, pp. 479-786.
- Jenkins, S.F. Jr. and Averre, C.W. (1983) Root diseases of vegetables in hydroponic culture systems in North Carolina greenhouses, *Plant Disease* 67, 968-970.
- Jones, J.B., Jones, J.P., Stall, R.E. and Zitter, T.A. (1991) *Compendium of Tomato Diseases*, APS Press, St Paul, Minn.

- Katan, J. (1996) Soil solarization: Integrated control aspects, in R. Hall (eds.), *Principles and Practice of Managing Soilborne Plant Pathogens*, APS Press, St Paul, Minn., pp. 250-278.
- Kielkewicz, M. (1995) Effectiveness of *Phytoseilus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) against the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval (Acari: Tetranychidae) on tomato crops, in *Proceedings of the Conference on "Actual and Potential Use of Biological Pest Control on Plants"*, Skiemiewice, Poland, 1995, pp. 68-75.
- Malathrakis, N. (1991) Biological control of diseases of protected crops: Present status and prospects, *Acta Horticulturae* 287, 335-347.
- Malezieux, S., Girardet, C., Navez, B. and Cheyrias, J.M. (1995) Contre l'aleurode des serres en cultures de tomates sous abris. Utilisation et développement de *Macrolophus caliginosus* associé a *Encarsia formosa*, *Phytoma - La Défense des Végétaux* 471, 29-32.
- Manzaroli, G. and Benuzzi, M. (1995) Pomodoro in serra, lotta biologica e integrata, *Culture Protette* 1, 41-47.
- Markham, P.G., Bedford, I.D., Liu, S., Frolich, D.R., Rosell, R. and Brown, J.K. (1996) The transmission of geminiviruses by biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius), in D. Gerling and R.T. Mayer (eds.), *Bemisia 1995. Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*, Intercept Ltd, Andover, pp. 69-75.
- Minkenbergh, O.P.J.M. and van Lenteren, J.C. (1990) Evaluation of parasitoids for the biological control of leafminers on glasshouse tomatoes: Development of a preintroduction selection procedure, *IOBC/WPRS Bulletin* 13(5), 124-128.
- Moriones, E., Arnó, J., Accotto, G.P., Noris, E. and Cavallarin, L. (1993) First report of tomato yellow leaf curl virus in Spain, *Plant Disease* 77, 953.
- Nicoli, G. and Burgio, G. (1997) Mediterranean biodiversity as source of new entomophagous species for biological control in protected crops, *IOBC/WPRS Bulletin* 20(4), 27-38.

- Nicot, P. and Alex, D. (1991) Grey mould of greenhouse-grown tomatoes: Disease control by climate management, *IOBC/WPRS Bulletin*, 14(5), 200-210.
- Nicot, C. and Baille, A. (1996) Integrated control of *Botrytis cinerea* on greenhouse tomatoes, in C.E. Morris, P.C. Nicot and C. Nguyen (eds.), *Aerial Plant Surface Microbiology*, Plenum Pres, New York, pp. 169-189.
- O'Neill, J.C.(1990) The use of natural enemies for the biological control of whiteflies, in D.Gerling(ed.), *Whiteflies: their Bionomics , Pest Status and Management*, Intercept Ltd, Andover,pp.287-314
- Patrick, Z. A., Kerr, E. A. and Bailey, D. L. 1970. Two races of *Cladosporium fulvum* new to Ontario and further studies of Cfl resistance in tomato cultivar. *Can. J. Bot.* 49 : 198~193.
- Pemberton. C. et al. 1990. *Mycological Research* 94 : 1081~1085.
- Ristaino, J.B. and Thomas, w.(1997) Agriculture, methyl bromide and the ozon hole . Can we fill the gaps? *Plant disease*9, 964-977
- Shlevin, E., Katan , J., Mahrer, Y. and Kritzman, G. (1994) Sanitation of inocula plnt pathogens in the greenhouse structure by space solarization , *Phytoparasitica*22(1), 156.
- Shtienberg, D. and Elad, Y(1997) Incorporation of weather forecasting in integrated, biological-chemical management of *Botrytis cinerea*, *Phytopathology* 87,332-340.
- Steiberg, C., Gautherin, N., Gaillard , P.(1995) Desinfection des eaux , *Fruits et Légumes* 126, 85-86
- Traboulsi, R. (1994) *Bemisia tabaci*: A report on its pest status with particular reference to the Near east, *FAO Plant Protection Bulletin* 42(1-2), 33-58

- Trottin-Caudal, Y., Grasselly, D., Millot, P. and Veschambre, D.(1995) *Maîtrise de la Protection Sanitaire. Tomate sous Serre et Abris*, Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Paris
- Turner, G. J. & Tribe, H. T. 1976. Transaktion of the British Mycological society 66 : 97~104.
- van Alebeek, F.A.N. and van Lenteren,J.C.(1990) *Integrated Pest Management for Vegetables Grown Under Protected cultivation in the Near east*, FAO consultation Report, Parts I and II, FAO, Rome.
- van Lenteren, J.C.(1987) Integrated Pest management in protected crops in the Netherland, in R. Cavallaro and C. Pelerent(eds.), *Integrated and Biological Control in protected crops*, A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 95-104
- van Lenteren, J.C.(1995) Integrated Pest Management in protected crops, in D. Dent(ed.), *Integrated Pest Management*, Chapman &Hall, London, pp.311-343
- van Lenteren, J.C. and Benuzzi, M., Nicoli, G. and Maini, S.(1992) Biological control in protected crops in Europe, in J.C. van Lenteren, A.K. Minks and O.M.B. de Ponti(eds.), *Biological Control and integrated crop protection:Towards Environmentally Safer Agriculture*, Pudoc, Wageningen, pp. 77-89
- van Lenteren, J.C. and Woets, J.(1988) Biological and integrated pest control in green houses, *Annual Review Entomology* 33,239-269
- van Schelt, J.,Klapwijk, J., Letard, M. and Aucouturier, C.(1996) The use of *Macrolophus caliginosus* as a whitefly predator in protected crops, in D. Gerling and R.T Mayer(eds.), *Bemisia 1995. Taxonomy, biology, Damage, Control and Management*, Intercept ltd, Andover, pp. 515-521.
- Zinnen, T.M.(1988)Assessment of plant diseases in hydroponic culture, *Plant disease* 72, 96-99

▣ 주요병해충 방제력

구분		8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	
잎곰팡이병	발생												
	방제	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 저항성 품종선택 재배</li> <li>○ 저온다습이 되지 않도록 하우스 관리</li> <li>○ 발생초기에 잎뒷면에 충분히 묻도록 약제살포</li> <li>○ 적용약제 : 본문 표 3-1 참조, 파리핀유제, 생물자재</li> </ul>											
젓빛곰팡이병	발생												
	방제	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공중습도가 높지 않도록 관리</li> <li>○ 적엽, 수확 등 작업시 상처가 나지 않도록</li> <li>○ 피해열매, 잎, 줄기 등 조기제거</li> <li>○ 적용약제 : 본문 표 3-1 참조,</li> </ul>											
잎마름역병	발생												
	방제	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 하우스내가 저온다습이 되지 않도록 관리</li> <li>○ 예방위주 살포</li> <li>○ 발병전 또는 초기에 적용약제 살포</li> <li>○ 적용약제 : 본문 표 3-1 참조</li> </ul>											

구분		8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월
흰가루병	발생											
	방제	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 하우스내가 너무 건조하지 않도록 관리</li> <li>○ 병든 잎은 조기제거</li> <li>○ 적용약제 : 잎곰팡이병 방제약제, 파리핀유제, 생물자재</li> </ul>										
온실가루이	발생											
	방제	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시설내 온실가루이 침입 방지</li> <li>○ 천적인 온실가루이좀벌 방사</li> <li>○ 적용약제를 발생초기 3~4회 살포</li> <li>○ 적용약제 : 본문 표 3-1 참조</li> </ul>										
아메리카 잎굴파리	발생											
	방제	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 성충의 온실내 침입방지</li> <li>○ 황색끈끈이트랩을 설치하여 성충 유살</li> <li>○ 발생초기 잎을 따서 소각</li> <li>○ 적용약제 : 본문 표 3-1 참조</li> </ul>										