

최      중  
연구보고서

632  
L293표

포식성 무당벌레를 이용한 온실내  
주요 해충의 생물학적 방제법 개발

Development of Biological Control  
Systems of Pests with the Asian  
Ladybird, *Harmonia axyridis*, in the  
Greenhouse

연구기관

충남대학교 농과대학

농림부

## 제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “포식성 무당벌레를 이용한 온실내 주요 해충의 생물학적 방제법 개발“ 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1998년 12월 일

주관연구기관명 : 충남대학교  
총괄연구책임자 : 윤 영 남  
연 구 원 : 박 덕 기  
연 구 원 : 장 철  
연 구 원 : 서 미 자  
연 구 원 : 김 기 덕  
연 구 원 : 김 남 성  
협동연구기관명 : 강원대학교  
협동연구책임자 : 박 용 철  
연 구 원 : 최 장 경  
연 구 원 : 이 준 혁  
연 구 원 : 박 장 우  
연 구 원 : 이 미 라

# 요 약 문

## I. 재 목

포식성 무당벌레를 이용한 온실내 주요해충의 생물학적 방제법 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

최근에 이르러서 세계적인 환경보호운동이 전개됨에 따라서, 농업도 과거의 집약적 농업의 특성인 비료와 농약의 집중투입이 지양되고 환경보존형, 혹은 환경지속형 농업으로의 방향전환이 이루어지고 있다. 특히 우리 나라에서는 녹색혁명 이후에 과다한 비료와 농약의 사용으로 토양의 황폐화 및 생태계 파괴라고 하는 문제점들을 양산하고 있는 실정이다. 이에 새 정부 들어서 환경친화형, 환경 지속적 농업을 강조하고 있는 실정이다.

따라서 이제는 시설재배지에서의 농산물의 생산은 소비자가 선호하는 무농약 혹은 저농약에 의한 생산 시스템의 도입을 통하여 과다한 살충제의 사용은 최대한 억제되어야 하고, 이에 따른 해충 피해를 줄이기 위하여 유용곤충을 이용한 생물적 방제가 최선의 선택이 될 수 있다. 유용곤충을 이용한 환경 친화적인 생물적 방제가 성공적으로 개발되고 이용이 확산된다면, 높은 경제성과 낮은 환경부담감, 무공해 안전농산물로서의 대외적 이미지 개선 등 경제적·사회적으로 많은 기여를 하게 될 것이다. 특히 일부 농민과 소비자들에 의해서 급격히 확산되고 있는 무공해 유기농업을 위한 해충방제에 절대적인 기여를 할 것으로 생각된다.

이러한 경제·사회적인 요구를 충족시키기 위하여 천연자원의 이용을 극대화할 필요성이 강조되고 있다. 천적곤충을 대량 방사하여 시설재배지에서의 해충을 성공적으로 방제한 예들은 유럽지역의 대단위 시설재배지에서 많이 살펴 볼 수 있으며, 상업적으로도 일부 효과가 좋은 곤충을 대단위로 판매하고 있는 실정이다.

무공해 농산물의 안정적 생산을 위하여 화학 농약을 사용하지 않거나 사용 횟수를 줄여 해충의 밀도를 줄일 수 있는 생물적 방제법 (또는 종합적 방제)의 개발과 동시에 농민에 대한 기술보급 및 교육이 필요한 실정이다. 현재 우리 나라의 생물적 방제 기술 수준과 천적 이용도를 고려한다면 천적 생산의 산업화는 시기상조인 것으로 사료된다. 현 시점에서는 소규모로 농가에서 천적을 관리 할 수 있는 생물적 방제기술 개발이 선행되어 그 파급효과를 기대하는 것이 더 중요하다고 생각한다.

따라서 본 연구과제는 시설재배지 내에서 문제시되고 있는 해충들을 파악하고 이들 해충을 적절하게 방제할 수 있는 천연자원 즉 천적들을 조사하고, 이들 천적들의 이용가능성을 분석하였다. 이 결과, 시설재배지 내에서 가장 많은 피해를 주고 있는 해충으로는 진딧물류로 분석되었다. 따라서 진딧물류를 방제하는데 있어서 가장 이용 가능성이 높고, 쉽게 개체를 확보할 수 있다고 판단된 무당벌레를 선발하여 2, 3차년도에 걸쳐 집중적인 연구를 수행하였다.

본 연구를 수행함에 있어서 무당벌레의 생리학적·행동학적 특성을 다음과 같은 특성을 파악하는데 연구의 역점을 두었다:

1. 무당벌레가 진딧물과 환경에 잘 적응하고 적합한가?
2. 진딧물의 탐색능력은 우수한가?
3. 진딧물의 증식능력에 비례하는 충분한 증식력을 가지고 있는가?
4. 진딧물에 대한 특이적 선호성을 가지고 있는가?



5. 서식처와 활동성이 진딧물과의 동질성 및 동시성을 가지고 있는가?

6. 진딧물의 밀도에 반응하여 밀도 의존적인 성질을 가지고 있는가?

7. 무당벌레에 선택적 독성을 가지고 있는 살충제는 어떠한 것이 있는가?

하는 점이다.

이와 더불어 무당벌레를 증식시키거나, 일정량의 무당벌레를 효과적으로 보관하여 확보하는 일도 진딧물을 방제하기 위한 중요한 의미를 갖게 된다. 따라서 고품질의 무당벌레를 생산 공급하기 위하여 아래와 같은 문제를 해결하는데 역점을 두었다:

1. 무당벌레를 증식시키기 위한 시스템 개발 및 생산비용의 절감
2. 무당벌레를 사육하기 위한 효과적인 인공먹이의 개발 및 대량확보
3. 무당벌레의 질과 양적인 조절체계 확립
4. 무당벌레의 효과적 방사방법의 개발
5. 무당벌레의 장기간 저장 및 비축체계의 확립

등 무당벌레를 상품화하는 생산체계를 수립하고자 하였다.

즉 본 연구과제의 최종적인 목표는 무당벌레를 얼마나 많이, 언제, 어떻게 시설재배지에 투입하여 진딧물을 비롯한 시설재배지에서 발생하는 해충을 얼마만큼 방제할 수 있나 하는 것이 관건이라 하겠다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 전국의 시설재배지역에서 문제시 되고 있는 해충인 진딧물을 효과적으로 방제할 수 있다고 평가된 무당벌레를 대상으로 진딧물의

효과적인 생물학적 방제법을 개발하기 위하여 연구를 수행하였으며 구체적인 연구개발 내용 및 범위는 다음과 같다.

전국에서 각종 농작물에 발생하고 있는 해충과 천적의 종류를 파악하고, 이들의 발생 혹은 출현 정도에 대한 정보 등을 종합하여 시설재배지 내에서의 생물적 방제에 대한 기초자료로 활용하고자 다음과 같은 연구를 수행하였다.

1. 전국의 비닐하우스와 유리온실, 비가림재배시설 등 시설재배단지 내에서 발생하고 있는 해충을 조사하고, 이들 해충의 포식자와 기생자 등 천적자원을 조사.
2. 주요 온실해충과 유용 천적 자원에 대한 생리적, 생태적, 행동학적 특성 등을 조사하였다.

위의 조사 결과와 본 연구과제의 과제내용 수정으로 인하여, 온실에서 가장 많은 피해를 주는 각종 진딧물에 대하여 방제 효과가 큰 것으로 판단된 무당벌레(*Harmonia axyridis*)를 대상으로 하여 본 연구를 수행하게 되었다.

1. 무당벌레를 대량으로 확보하여 생물적 방제시에 안정적인 무당벌레 공급을 위해서 무당벌레의 효과적인 포획장소, 포획시기, 대량증식 등에 관한 연구를 수행하였다.
2. 보다 효율적인 무당벌레의 이용을 위하여 무당벌레의 생물학적 행동학적인 특성을 파악하였다.
3. 무당벌레를 산업화하기 위하여 실내에서 무당벌레를 사육하고 이를 효율적으로 보관하며, 장기간 유통에 대비한 실용적인 포장방법을 개발하였다.
4. 살충제를 겸용한 진딧물의 종합적 방제를 위하여 무당벌레의 약제에 대한 내성을 검토하였다.

5. 무당벌레를 실제적으로 진딧물의 방제에 이용하고 그 효율을 극대화시키기 위한 방제전략을 확립하였다.

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

##### 1. 시설재배지에서 해충의 발생상

전국 일원에서 무작위로 방문한 농가는 총 353농가이며, 이중 재배작물별로 분포를 살펴보면, 토마토(방울토마토 포함)를 재배하는 농가가 전체 방문농가의 21%로 가장 많았으며, 다음이 14%의 딸기 재배농가, 12%의 고추 재배농가, 10%의 참외 재배농가, 9%의 오이 재배농가 순이었으며, 그 이외에는 수박(5%), 배추(4%), 백합(4%), 장미(3%), 거베라, 국화, 무, 상추, 포도, 호박, 파, 감귤, 안개꽃, 양배추, 숙자, 매론, 카네이션, 들깨, 금어초, 가지, 케일, 관엽류 등 27종류가 재배되고 있었다.

해충의 발생상은 전체 시설재배지의 73%에서 총 52종의 해충이 발생되고 있는 것으로 조사되었으나, 피해의 정도는 아주 심한 것에서 매우 미미한 것 등 다양하였다. 발생이 확인된 해충의 종류로는 꽃노랑총채벌레가 전체 방문농가의 13%(해충발생농가의 16%)로 가장 많았으며, 점박이용애 11%(14%), 온실가루이 9%(12%), 목화진딧물 9%(12%), 복숭아혹진딧물 4%(5%), 배추좀나방 3%(4%), 담배거세미나방 3%(4%)을 비롯하여 애뭍털진딧물, 파밤나방, 아메리카잎굴파리, 흰띠명나방, 반날개, 담배나방, 딸기잎벌레, 작은각시들명나방, 무잎벌레, 섬서구메뚜기, 국화꼬마수염진딧물, 무데두리진딧물, 오이총채벌레, 양배추가루진딧물, 굴응애, 배추벼룩잎벌레, 배추흰나비, 고자리파리, 각다귀류, 툭툭이류, 금록색잎벌, 알락수염노린재, 배추순나방, 굴각지벌레, 이화명나방, 줄범하늘소, 포도쌍점애매미충, 차면지응애, 딱부리긴노린재, 뿌리응애, 녹응애, 벌넓적

꽃등애, 광꽃등애, 두점박이응애, 차응애, 비단노린재, 민달팽이, 싸리수염진딧물 등이며, 명주달팽이와 돌민달팽이의 발생도 일부 하우스에서 문제가 되고 있었다.

## 2. 시설재배지 내에서 유용 천적곤충의 발생상

한편 국내에 분포하고 있는 시설재배지에서의 천적의 조사는 이미 상품화된 외국의 천적을 도입하여 무작정 사용하는 방법보다는 국내의 생물자원을 이용하여 이를 개발하여 상품화하고 간접적으로 이용할 수 있는 방법을 찾는 데 의의가 있다고 하겠다. 천적의 발생은 하우스 내에서는 매우 미미하여 전체 방문농가의 11%인 40개소의 하우스에서 천적이 확인되었으며, 이는 해충이 발생한 하우스의 약 17%에 해당한다. 천적의 종류로는 진딧물에 기생하는 진디벌류가 전체 천적의 63%인 25개소, 무당벌레류가 20%인 8개소, 애꽃노린재류가 8%인 3개소, 포식응애류, 풀잠자리류, 좀벌류, 흑과리류가 각각 1개소에서 채집되었다.

## 3. 생물적 방제인자로서의 무당벌레(*Harmonia axyridis*)

본 연구에서는 1차년도 실험 결과를 바탕으로 하우스 및 온실을 포함한 시설재배지에서 가장 문제시되고 있는 해충에 대한 강력한 천적 곤충으로서 무당벌레를 선택하게 되었다. 또한 무당벌레는 우리 주변에서 흔히 관찰하고 쉽게 얻을 수 있는 천적 곤충으로 시설재배지 내에서 발생하는 진딧물과 온실가루이를 방제하는데 매우 효율이 높은 것으로 잠정 평가되어 무당벌레를 이용하고, 생물적 방제인자로서 효율을 극대화하는 연구에 2차년도와 3차년도의 연구를 수행하게 되었다.

### 3-1. 무당벌레(*Harmonia axyridis*)가 출현하는 주요 서식처

진딧물 포식성 무당벌레류 중에서 동절기를 제외한 계절에 가장 흔하게 나타나는 무당벌레는 도시 한복판에서부터 시골 구석구석, 공원에서 가정의 정원, 바닷가에서 산꼭대기, 잡초가 무성한 버려진 땅에서 비옥한 농토에 이르기까지 거의 모든 곳에서 찾아 볼 수 있다. 특히 진딧물이 있는 곳에서는 거의 대부분 진딧물의 종은 다르지만 무당벌레를 관찰할 수 있다. 진딧물의 개체군이 형성되어 있는 곳에서는 무당벌레의 성충 뿐만 아니라 알, 유충, 번데기 등 모든 발육단계의 무당벌레가 관찰되고 있으며, 진딧물이 서식하지 않는 곳에서도 성충 형태의 무당벌레를 관찰할 수 있다. 농민이 무당벌레를 직접 채집할 수 있도록 농가 주변에서 흔히 볼 수 있는 작물과 나무를 대상으로 하여 무당벌레의 계절별 발생 상황을 조사한 결과, 5월부터 무궁화, 느티나무, 잣나무, 송, 감자 등의 작물에서 무당벌레의 번식활동이 왕성하게 일어나기 시작하여 6월까지 지속되었다. 7월부터 9월말에는 주로 옥수수에서 무당벌레의 대량번식이 관찰되며 10월 이후에는 무당벌레가 월동을 준비하는 기간인 관계로 번식활동이 거의 일어나지 않는 것으로 관찰되었다.

### 3-2. 무당벌레의 대량 확보법 개발

현 상황에서 경제적으로 무당벌레를 대량으로 확보할 수 있는 방법에는 무당벌레의 행동학적 특성을 이용하거나 인위적인 대량 증식을 유도하는 것이다. 확보된 무당벌레는 본 과제에서 개발된 무당벌레의 보관법 및 관리법을 이용하면 장기간 먹이의 공급 없이도 활력 유지가 가능하여 필요시 곧바로 현장 투입이 가능하다.

우리 나라의 중부지방에서 특정 기간동안 무당벌레류의 행동학적 특성을 이용할 경우 대량포획이 가능하다. 무당벌레는 10월 중순부터 11월 초순에 월동을 위하여 대량으로 군락을 형성하여 한적한 곳의 건물의 벽

이나 집안으로 들어오게 된다.

무당벌레가 집중적으로 모여드는 곳의 일반적인 지형적 특징은 소나무가 울창한 야산 근처에 자리 잡고 있었으며, 야산이 자리하고 있는 방향은 채집장소에서 서북쪽 방향에 위치하고 있었다. 무당벌레는 또한 위와 같은 장소에서도 일반적으로 햇볕이 잘 드는 건물 벽이나 담에 모여드는 경향이 매우 강하였다. 따라서 생물적 방제에 사용하기 위한 무당벌레 개체군을 대량으로 확보하기 위해서는 위와 같은 지리적 특성을 가지고 있는 장소를 잘 선정하게 되면 효과적인 무당벌레의 포획을 통하여 이듬해 봄에 무당벌레가 다시 출현하기 전까지 하우스 등 시설재배지에서 효율적으로 이용할 수 있다.

무당벌레의 포획시기 및 시간대로는 날씨가 매우 화창한 전형적인 가을 날씨를 보이며 일일 평균기온과 일조시수가 다른 날에 비하여 매우 높은 기상상태를 보이는 기간동안 많은 무당벌레가 채집될 수 있을 것으로 생각된다.

일일 시간대별 무당벌레의 비산행동을 관찰한 결과, 무당벌레의 이입 활동량은 오후 2-3시경에 최대를 보였다. 이 조사 지점으로 새로이 유입되는 무당벌레의 개체수는 정오를 기점으로 서서히 증가하여 오후 3시에는 최대 유입량을 기록하였는데 평균 170여 마리였다. 한편 유입된 개체들은 한 곳에 정착하지 않고 주위를 배회하였으며, 일조량이 적어지고, 온도가 낮아지는 시간대인 오후 3시를 기점으로 하여 다른 곳으로 날아가는 이출이동을 하는 개체수가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 따라서 오후 2시에서 4시 정도가 가장 많은 수의 무당벌레를 포획할 수 있는 시간으로 생각된다.

무당벌레의 비가림 또는 시설재배지에서 대량증식 유도 및 관리를 위하여, 무당벌레의 주된 노지 증식 식물로는 고추, 감자, 옥수수, 무궁화,

잣나무인 것으로 조사되었다. 6월 중순에 진딧물이 대량 발생한 파리고추 비가림 재배지에서 무당벌레의 성충 500마리를 방사하여 대량번식을 유도한 결과 약 12,000마리의 번데기를 수거할 수 있었다. 진딧물의 발생이 용이한 파리고추와 같은 작물을 심어 무당벌레의 자연 대량 증식을 유도할 수 있다. 채집된 번데기는 1주일 정도면 우화하며 자체 개발된 성충용 인공사료를 이용하면 2-3개월 정도 산란을 지속적으로 유지시킬 수가 있다. 휴면을 유도시킬 경우에는 약 7-10개월(휴면기 5개월+비휴면기 5개월) 동안 수명을 유지시킬 수가 있다

### 3-3. 대량 확보된 무당벌레의 보관 및 관리체계 확립

노지에서 자연증식 또는 인공 증식된 개체를 채집하여 무당벌레의 휴면 유도, 휴면기간 중 생존력, 휴면타파, 휴면 후 수명과 산란력에 대한 실험을 하였다. 휴면 또는 장기간 보관에 적합한 무당벌레의 태는 성충인 것으로 나타나고 있다.

산란력이 가장 우수한 사료를 6월 개체군에 섭식시켰을 경우, 산란력은 75일 개체군에서 22주까지 지속되었다. 150일 개체군은 21주까지 조사하였다. 75일 휴면 개체는 정상적인 사육조건에서 초기 2주 동안은 산란력이 저조하나 3주부터 산란력이 증가하기 시작하였다. 18주까지 꾸준히 높은 산란력을 유지하여 일생동안 794개의 알을 산란하였다. 150일 휴면 개체도 75일과 거의 동일한 양상을 보이고 있으며 산란수는 오히려 증가하여 일생동안 평균 931개의 알을 산란하였다.

산란력을 높이기 위해서는 25℃가 30℃ 보다 좋은 것으로 나타나고 있다. 곤충의 생식활동에 영향을 주는 것으로 알려진 JH 유사체인 methoprene을 1주일 간격으로 투여할 경우 산란력을 상당한 수준으로 높일 수 있는 것으로 나타나고 있다.

한편, 무당벌레의 실내 사육에 가장 적당한 용기는 플라스틱 사레(지름 14.5 x 높이 1.7 cm)이다. 무당벌레 성충의 경우 인공먹이인 닭간을 이용하여 장기간 보관할 수 있어 필요한 시기에 사용을 할 수 있다. 하나의 사레에 20마리의 무당벌레와 닭간을 넣어 주고, 매주 한번씩 먹이를 갈아주면  $13 \pm 1$  °C의 성장상에서 최대 1년 이상 장기간 보관을 할 수 있다. 개체군의 증식이 필요할 경우, 저장중인 무당벌레를 성장상에서 꺼내어 실온에서 진딧물을 공급하면 산란을 유도할 수 있다. 야외에 진딧물의 발생이 없는 시기에는 미리 채집한 진딧물을 -70°C에 초저온 냉동시켜 보관을 하였다가 필요한 시기에 이용을 하면 같은 효과를 얻을 수가 있다.

#### 3-4. 무당벌레의 사육법 개발

성충의 사료로는 구입과 보관이 용이한 닭의 생간을 주성분으로 하는 사료가 적합한 것으로 나타나고 있다. 곤충을 이용한 무당벌레의 유충 사육 가능성을 조사하기 위하여 잣나무넓적잎벌 유충을 주성분으로 하는 사료를 개발하였다. 1령충 500마리를 5마리씩 사레에 넣어 사육하였다. 잣나무넓적잎벌은 무당벌레의 유충사육을 위한 먹이로 적합한 것으로 나타나고 있으나 초기 령에서 동충 포식율이 높고 탈피가 불완전하여 성공적이라 할 수 없었다.

외국의 경우를 보더라도 현재 무당벌레류의 모든 발육단계에 적합한 사료와 사육법은 개발되지 않고 있는 실정이며 상당한 기간이 지나야만 가능할 것으로 생각된다. 일부 유충의 사육을 위한 인공사료가 개발되고 있으나 경제성이 맞지 않다. 따라서 현 단계에서 진딧물의 생물적 방제를 위한 무당벌레의 대량확보를 산업화하려면, 진딧물의 대량번식이 용이한 식물을 이용하여 유충태를 대량 증식시킨 후 번데기를 수거하는 것



이 경제적이며 실용적이다.

### 3-5. 무당벌레의 대량공급을 위한 포장법 개발

진딧물의 방제를 위하여 무당벌레를 이용할 경우, 농가에 대량으로 공급하기 위하여는 무당벌레의 생존기간이 길고, 값싸고 효율적인 용기의 개발이 필수적이다.

무당벌레 성충을 위한 포장용기로는 우유팩을 사용하는 것이 효과적으로 판단되었다. 무당벌레 유충은 서로 잡아먹는 동종포식양상을 보이기 때문에 먹이 공급 없이 유충상태로 성장을 지연시키며 대량으로 많은 개체를 보관하기란 매우 어려운 일이다. 따라서 노동력을 절감하고 보관 및 공급 효율을 높이기 위하여는 우유팩에 팝콘을 넣어주고 무당벌레 3-4령 유충을 보관하면 최대 10일까지는 유지를 할 수 있다.

## II-3. 진딧물 포식자로서 무당벌레의 행동학적·생리학적 특성

무당벌레의 행동학적·생리학적 특성을 조사하여 실제 시설재배지에서 무당벌레를 사용하고자 할 때에 효과적인 이용을 하기 위한 기초자료를 검토하였다.

### 4. 생리학적 특성

무당벌레의 포식행동이 이루어지는 구기형태와 감각기관인 더듬이, 발마디, 유충의 체표면의 구조적 특징을 관찰하기 위해 무당벌레 1,2,3,4령 유충과 성충을 sampling 한 후 전자현미경(SEM)으로 관찰하였다. 유충과 성충의 구기형태에 있어 다소 차이점을 확인할 수 있었다.

포식성과 기생성 곤충의 먹이탐색에 대한 행동적 특성은 무당벌레를 이용하는 측면에서 다루어져야 한다. 유충의 경우에는 접촉에 의한 물리성 감각을 주로 이용하는 경향을 뚜렷하게 볼 수 있었으며, 성충의 경우에는 근접한 거리에서는 접촉에 주로 의존하는 것으로 결론 지을 수 있으나 장거리의 시각적, 후각적 요인은 뚜렷한 결과를 얻지 못하였다. 또한 무당벌레가 진딧물을 포식하는데 있어 냄새를 이용하는 기능은 아주 미미한 것으로 사료된다.

#### 4-1. 무당벌레의 기주탐색 및 포식행동

무당벌레는 성충과 유충 모두가 같은 먹이를 먹는다. 자연상태에서 성충은 대부분이 진딧물이 많은 곳에 산란을 하기 때문에 부화된 어린 유충은 먹이를 쉽게 찾을 수가 있다. 그러나 섭식행동을 면밀히 관찰하여 보면 진딧물이 1-2cm 이상으로 약간만 멀리 떨어져 있어도 먹이를 찾지 못하고 방황하는 것을 관찰할 수 있다. 따라서 일정한 거리 이상에서는 먹이를 쉽게 감지할 수 없는 것으로 추측되는데 이는 유충이나 성충이 진딧물에서 나오는 어떠한 화학물질을 감지하는 능력이 매우 떨어지는 것으로 해석할 수 있으며, 단지 접촉에 의해서만이 먹이를 감지할 수 있는 것으로 보인다.

무당벌레는 대체적으로 양성 주광성과 음성 주지성을 가지고 있는 행동특성을 보인다. 작물에서의 탐색행동을 관찰하여 보면 위로 올라가려고 하는 경향을 가지고 있다. 또한 진딧물도 이와 같은 특성을 가지고 있기 때문에 결과적으로 식물체의 상단부에서 무당벌레가 먹이를 만날 수 있는 확률은 높아지게 된다. 무당벌레의 방사위치에 따른 진딧물의 섭식 패턴을 알아보기 위하여 고추와 들깨에서 무당벌레의 성충과 3령충을 이용하여 진딧물의 밀도 변화를 알아본 결과에 의해서도 알 수 있었

다. 또한 잎에서는 들출된 잎맥을 따라서 혹은 잎의 가장자리를 따라서 움직이는 것을 관찰할 수 있다. 이는 엽맥의 도관부에서 주로 흡즙을 하는 진딧물의 식이행동과 무관하지만은 않은 것 같다.

한편 무당벌레는 식물체에서 이동하는 중에 몇 분 동안 전혀 먹이를 찾지 못한 경우에는 공간이동 속도가 빨라지며, 방향을 바꾸어 이동하는 회전을 또한 증가한다. 이는 보다 빨리 넓은 범위에서 먹이를 찾고자 하는 노력일 것이다. 무당벌레가 이동하는 속도를 보면, 성장할수록 이동속도가 빨라지는 것을 볼 수 있으며, 1령충과 2령충은 이동속도가 비교적 느린 반면에 3령충 이상에서는 비교적 빠르게 움직이고 있었다. 이동속도는 성충의 경우 평평한 곳에서는 초당 15mm 정도이고, 오이 잎에서는 7mm 정도로 약 2배 정도의 차이를 보이고 있다. 1령충과 2령충의 경우, 이동속도에 있어 큰 차이가 없었다. 이와는 반대로 먹이를 발견하게 되면 먹이를 다 먹은 후에 좁은 공간에서 정밀탐색을 한다. 따라서 이동 속도와 회전을 감소하게 되고 정밀탐색과 먹이와의 접촉을 늘리기 위해 머리를 좌우로 흔드는 운동의 비율이 증가하게 된다.

성충의 경우 목화진딧물 1마리를 섭식하는 경우 큰턱으로 평균 167회를 씹어서 삼키고 있으며, 긴꼬마수염진딧물에서는 이보다 훨씬 많은 운동을 할 것으로 본다. 무당벌레의 포식시간은 성충의 경우, 긴꼬마수염진딧물 (*Macrosiphoniella oblonga*) 성충 한 마리 포식시간은 1분 48초에서 2분 14초 사이였고, 거의 모든 개체가 진딧물 체액을 흡즙하기 보다는 씹어먹는 방법으로 섭식이 이루어졌다. 그러나 유충은 각 영기별로 차이가 있었는데, 1령 유충의 경우 진딧물의 체액을 흡즙하는 방법으로 섭식이 이루어졌고 진딧물 성충 한 마리 포식시간도 약 2시간 이상이 소요되었다. 1령 유충은 진딧물 성충보다 몸체가 작기 때문에 포획효율이 낮았고, 한번에 성공적으로 포획하는 것이 어려운 것으로 보였다. 2령 유

충은 포획 후 섭식 초기엔 진딧물 체액을 흡즙했으나 약 1시간 후부터는 씹어서 먹기 시작했다. 소요시간은 1령 유충과 별 차이가 없었고 약 1시간에서 1시간 30분 정도였다. 3령 유충은 1·2령과는 다르게 보다 활발한 포식활동을 보여주었다. 주로 씹어서 섭식했고 소요시간은 약 14분에서 20분이 소요되었다. 4령 유충은 섭식초기부터 씹어서 섭식하기 시작했고, 소요시간은 약 8분에서 20분 사이였다.

#### 4-2. 무당벌레의 몇 가지 해충에 대한 포식력

무당벌레는 주로 여러 가지 진딧물들을 섭식하는 것으로 알려져 있으나 진딧물 이외에도 다른 해충들을 포식하는 것으로 밝혀져 이에 대한 포식력을 조사하였다. 결과적으로 무당벌레는 여러 종류의 해충에 대하여 효과적인 생물적 방제인자로서 효과적으로 적용시킬 수 있었다.

무당벌레가 알에서 부화한 후부터 성충이 되기까지의 복숭아혹진딧물과 목화진딧물에 대한 포식력을 측정한 결과, 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 섭식량은 개체수로 비교하여 볼 때 많은 차이를 보이고 있다. 1령충이 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 약 9마리와 33마리를 각각 섭식하였으며, 2령충의 경우에는 25마리와 106마리를, 3령충이 53마리와 200마리를, 4령충이 62마리와 212마리를, 성충이 120마리와 257마리를 각각 섭식하였다. 이와 같은 섭식량의 차이는 진딧물의 종류에 따른 크기의 차이에서 기인되는 것으로 생각된다.

또한 무당벌레가 알에서 부화되어 성충이 되기까지의 전 과정에 걸쳐서 복숭아혹진딧물을 섭식하는 것을 살펴보면, 무당벌레 1령충에서는 1일 평균 약 6마리, 2령충에서는 약 25마리, 3령충에서는 약 40마리, 4령충에서는 약 60마리 정도를 포식하고, 우화 후에는 약 1일 정도 포식을 하지 않다가 그 후에는 1일 평균 30마리 이상을 포식하며 시간이 경과할

수록 포식량은 늘어나 최대 278마리까지 포식하는 것으로 조사되었다. 물론 각 영기별로 탈피직후에는 거의 포식을 하지 않다가 탈피 후 5-6시간 정도 후부터 진딧물 포식을 시작하였다. 또한 공시한 각 무당벌레가 같은 시기에 탈피를 하지 않았고, 각 영기간에도 차이를 나타내고 있었다.

이외에도 온실내에서 최근 많은 발생을 보이는 온실가루이에 대한 무당벌레의 포식력을 조사하였다. 실내에서 오이와 토마토에 각기 산란된 온실가루이의 알을 대상으로 하여 플라스틱 샐레에서 조사하였다. 오이와 토마토에 산란된 온실가루이의 알을 대상으로 포식력을 조사한 결과 오이와 토마토에서 각 영기별로 포식량의 차이를 알 수 있었다. 1령충의 경우 알의 포식량은 영기간 동안 오이와 토마토에서 보면 260여 개와 370여 개였고, 2령충은 약 850개, 560개이며, 3령충은 약 2,400개, 2,700개에 이른다. 이러한 포식량의 차이는 오이와 토마토의 잎의 형태적 차이에 기인된다고 생각된다. 오이에서 4령충의 경우 최고 5,068개, 토마토에서 3령충의 경우 최고 4,935개의 알을 포식하였다. 또한 토마토에서 발생한 온실가루이 약충을 대상으로 한 무당벌레의 포식력을 측정된 결과, 1령충은 유충기간에 63마리의 약충을 섭식하였고, 2령충의 경우에는 304마리를, 3령충인 경우에는 675마리를, 4령충인 경우 2,276마리의 유충을 섭식하였다. 그렇지만, 온실가루이의 약충만을 먹이로 제공하였을 경우에는 무당벌레가 정상적으로 발육하지 못하여, 지속적인 무당벌레 유충의 공급이 필요하였다.

##### 5. 시설재배지에서 무당벌레를 이용한 진딧물의 생물학적 방제

무당벌레를 실제 농가포장에서 방제효과를 검정하였으며, 진딧물 등

해충이 발생한 포장을 중심으로 적용실험을 실시하였다. 농가포장의 환경을 임의적으로 조절하기는 거의 불가능하였지만, 다양한 농가를 선택하여 이들 환경에서 무당벌레의 능력을 검증하는데 초점을 맞추었다.

#### 5-1. 시설재배지 내에서 무당벌레의 포식행동 및 산란행동에 미치는 미소환경의 분석

동절기하우스에 발생한 진딧물 방제를 위해 무당벌레를 방사할 경우, 온도나 습도 기타 재배환경에 따라 방제효과에 다소 차이를 보이는 것을 볼 수 있다. 특히, 겨울철에 하우스내 온도를 무당벌레가 생육하기에 알맞게 유지하기란 어려운 일이며, 거의 밀폐된 상태이기 때문에 습도가 너무 높아 무당벌레의 포식행동에 지장을 초래하기도 한다. 그렇지만 방사한 무당벌레가 다른 곳으로 이동할 확률이 적기 때문에 단시간에 대상해충을 방제할 수 있다는 이점도 있다. 또한 작물의 특성에 따라 방제효과에 차이를 보였는데, 작물체의 크기가 비교적 큰 작물에 발생한 해충에 대해 좀 더 우수한 효과를 보였으며, 지상에서 비교적 낮게 자라는 작물에 대해서는 저조한 방제효과를 나타내었다.

겨자하우스의 경우, 주간외 기온이 상승하고, 주간외 하우스의 측면을 개방하여 하우스내 습도가 현저히 낮아짐에 따라서 무당벌레가 정상적으로 포식활동을 하는 것을 관찰할 수 있었고, 그에 따라 진딧물밀도가 감소하기 시작하는 경향을 나타내었다.

무릎두리진딧물이 발생한 신선초를 재배하고 있는 하우스의 경우, 겨자하우스에 비하여 매우 유리하여 하우스내 온도는 무당벌레가 생육하기에 비교적 알맞은 주간 평균기온이 20℃를 오르내리는 온도였고, 습도 또한 하우스의 개폐가 이루어져 그다지 높지 않았다. 그 결과 무당벌레를 방사한 초기부터 방제효과가 나타나 진딧물의 개체수가 감소하기 시

작하였다. 또한 방사한 무당벌레 성충이 산란한 알이 부화하여 그 부화 유충들이 포식을 시작하는 시기인 방사 2주 후부터는 진딧물이 급격히 감소하여 4주만에 거의 모든 진딧물을 방제할 수 있었다.

결과적으로 무당벌레를 이용하여 진딧물을 성공적으로 방사하기 위해서는 작물의 종류와 하우스내의 미소기후가 중요한 역할을 하고 있으며, 진딧물의 초기 밀도가 높지 않은 경우에는 작물체에 많은 피해를 주지 않고 완전한 방제를 이룰 수가 있었다.

복숭아혹진딧물이 발생한 관상용 케일하우스의 경우, 수경재배를 하는 관상용 케일하우스는 높이가 1미터 되는 테이블 위에 수경액이 흐르는 라인을 설치하였고, 바닥은 피복되어 매우 깔끔한 재배환경을 유지하고 있었다. 3주 채로 접어들면서부터 밀도가 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 케일에서 무당벌레의 행동 특성을 살펴보면 무당벌레 유충의 경우 보행행동이 부자연스러워 포식행동이 이루어지지 않았고 대부분이 바닥에 떨어지는 것을 볼 수 있었으나, 이와는 대조적으로 성충의 경우는 케일 앞에서 정상적인 보행활동을 통하여 포식활동을 할 수 있었다. 이와 같은 특성은 진딧물을 포획하는 보다 효과적인 방법으로 작용하였는데, 성충이 앞에서 복숭아혹진딧물을 포획할 경우 많은 수의 진딧물들이 자기 방어기작의 하나인 앞에서의 낙하를 행하였다. 이로 인하여 피복된 바닥에는 많은 수의 진딧물들이 기어다니게 되는데, 알에서 부화된 유충과 추가로 투입된 유충들이 피복된 바닥을 다니면서 앞에서 떨어진 진딧물들을 포획함으로써 효과적인 방제가 이루어 질 수 있었을 것으로 추정할 수 있다.

무당벌레의 하절기하우스(비가림 시설재배)내에서의 방제활동을 살펴보면, 무당벌레를 이용한 방제대상 하우스는 망을 씌워 다른 곳으로의 무당벌레 분산을 막는 것이 필수적이라고 할 수가 있다. 그렇지만 농가

의 경제적 사정이 여의치 않은 경우에는 이동성이 비교적 적은 무당벌레 유충을 이용하면 매우 효과적이다.

신선초하우스의 무테두리진딧물의 방제효과 검정 결과, 무당벌레 성충 2,000마리와 유충 196마리를 방사하여 한 달이 채 못되어서 진딧물을 완전히 방제할 수 있었다.

복숭아혹진딧물이 우점적으로 발생한 고추하우스를 대상으로 무당벌레의 방제효과를 검토하였다. 하우스내 목화진딧물의 평균밀도는 하우스 A, B, C에서 많은 차이를 보여 주고 있었다. 이곳에 하우스 A와 B에는 각각 200마리를 하우스 C에는 100마리의 성충을 방사하였다. 이 또한 일주일 간격으로 밀도변동상황을 조사한 결과 두 곳 모두에서 한 달이 채 못되어 효과적인 결과를 얻을 수 있었다.

## 5-2. 진딧물 방제를 위한 무당벌레의 적정밀도 산출식

진딧물개체군 증가율과 무당벌레의 섭식량을 측정하여 무당벌레 적정 살포밀도를 공식으로 유도하였다.

$$P = \frac{y \cdot N}{\sqrt{c \cdot D}}$$

여기서 P: 단위면적(평)당 필요한 무당벌레 수, y: 진딧물 종류에 따른 개체군 증가율, N: 단위면적당 진딧물 수, c: 무당벌레의 진딧물 일일포식량, D: 방제소요일수를 나타낸다. 이 식에 의하면 시설재배지 내의 작물과 재배면적, 진딧물의 종류, 농민이 원하는 방제소요 일수(물론 무당벌레의 수와 작물의 피해상황을 고려) 등을 고려하여 적정한 양의 무당벌레를 살포할 수 있다.

이 식에 맞추어 무테두리진딧물이 발생한 신선초하우스의 진딧물 개



체군 밀도변화를 살포밀도 공식에 따라 무당벌레 성충 2,000마리를 방사하였다. 방제초기엔 진딧물밀도가 다소 증가하는 경향을 나타내었으나 4주일만에 거의 완전히 방제된 것을 확인할 수 있었고, 복숭아혹진딧물이 발생한 고추하우스 역시 살포밀도 공식에 따라 성충 200마리 방사후 3주일만에 하우스내 진딧물을 거의 방제할 수 있었다.

### 5-3. 무당벌레의 시설재배지내의 살포법 개발

1996년 9월에 휴면을 유도하여 보관시킨 후 동년 12월 21일부터 정상적인 온도(25도)에서 사육되어 온 무당벌레의 성충으로부터 나온 알과 1령 유충 1,000마리 그리고 성충 298마리를 금년 6월 25일 살포한 후 경과를 관찰하였다. 실험실에서 순화되어 재배지에 살포된 무당벌레의 성충은 밖으로 이주하지 않고 진딧물포식 및 산란을 지속하였다. 알과 유충 상태로 살포된 경우에도 성충이 된 후에 잔존하면서 진딧물이 발생하는 동(본 재배지는 연동으로 측면이 서로 연결된 상태임)으로 이주하여 산란을 하였다. 결과는 성공적이어서 7월부터 10월까지 진딧물의 발생이 극도로 미미한 수준으로 유지되었다

### 5-4. 포식성 무당벌레의 살균제 및 살충제에 대한 약제내성 스크리닝

무당벌레의 약제에 대한 내성을 조사하기 위하여 살균제로는 Dichofluanid 50WP, Procymidone 50WP, Difenoconazole 10EC 와 Pyrazophos 30EC, 살충제로는 Thiamethoxam 10WG, Etofenprox 20EC, Imidacloprid 10WP, Cabosulfan 20WP 와 Acetamiprid 8SP를 대상으로 실시하였다. 위에 열거한 약제들은 80% 아세톤에 희석하여 무당벌레의 알과 번데기는 침지법으로 처리하였으며 각 영기의 유충과 성충은 microapplicator를 이용해 1 $\mu$ l씩 복부에 국부처리 하였다. 약제처리후 알

과 번데기는 부화여부와 우화여부를 조사하였으며, 유충과 성충은 48시간 후의 생존율을 조사하였다.

공시약제가 무당벌레 알의 부화에 미치는 영향을 72시간후에 조사한 결과, Pyrazophos를 제외한 나머지 세가지 살균제에 대해서는 기준농도에서 모두 부화하는 것을 볼 수 있었는데, 1,000ppm이상에서도 높은 부화율을 나타낸 것으로 보아 살균제는 무당벌레 알에 비교적 안전한 것으로 보여진다. 한편 살균제 중에서도 무당벌레 알에 매우 높은 독성을 나타낸 Pyrazophos는 기준농도가 300ppm인데 반해 LC<sub>50</sub>은 88.9ppm이하에서 나타났다. 살충제는 살균제보다 비교적 높은 독성을 보였는데, Thiamethoxam과 Imidacloprid는 기준농도가 50ppm인데 비해 LC<sub>50</sub>이 500ppm이상으로 저독성을 나타내었다. 하지만 나머지 살충제들은 기준농도보다 훨씬 낮은 농도에서도 부화율이 매우 저조하여 매우 높은 독성을 나타내었다. 무당벌레의 알은 부화직전에 난각이 갈색을 띠는 것이 일반적인 현상인데, 사망율이 가장 높았던 Carbosulfan의 경우 400ppm 처리에서는 약제처리 3일후에 난각의 색이 검은색이었으며, 난각을 뚫고 부화를 하더라도 난각을 먹고 죽거나 난각에서 탈출을 하지 못하였다. Carbosulfan 200ppm 처리에서는 난각의 색이 진한 오렌지색이나 흑회색으로 변하였으며, 부화가 다소 늦게 이루어 졌으며 부화도중에 죽는 특징이 있었다.

공시약제가 무당벌레 유충에 미치는 독성반응을 검토한 결과, 유충의 영기별로 약제에 의한 독성영향의 차이가 매우 큰 것으로 나타났다. 살균제에서는 1령부터 4령까지 모두 기준농도 이상에서도 높은 생존율을 보여주었으나, 알에서와 마찬가지로 Pyrazophos는 4령유충에서조차도 LC<sub>50</sub>이 43.9ppm이하로 나타났다. 살충제에서는 1령과 2령유충에서는 기준농도보다 낮은 농도에서도 사망률이 매우 높게 나타났지만, 3령과 4령

유충은 기준농도 이상에서도 높은 생존율을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 살충제와 살비제로 모두 쓰이는 Abamectin의 경우, 알에서의 높은 독성효과를 유충에서도 나타내었는데, 약제처리 후 바로 낙다운효과를 나타내는 것을 보였다. Carbosulfan 처리에서도 처리량에 관계없이 1령충에 독성이 높았고, 약제의 농도 의존성이 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 기준농도와 배량에 있어 유충의 영기에 있어 독성반응이 비교적 높게 나타났으므로, 무당벌레에 선택성이 낮은 것으로 판단된다.

무당벌레 번데기의 우화에 미치는 독성반응을 검토한 결과, 약제간 그리고 약제의 농도별로 독성의 차이가 매우 큰 것으로 나타났다. 역시 살균제는 무당벌레 번데기에도 매우 안전한 것이 확인되었는데, 기준농도 이상에서도 거의 모든 개체가 우화하였다. 한편 알이나 유충에 매우 높은 독성을 나타낸 살충제도 번데기에 처리했을 때, 높은 우화율을 보여주었지만, Carbosulfan의 경우에는 기준농도와 배량에서 각각 60.0%와 100%의 사망율을 보여 유충뿐만 아니라 번데기에도 독성반응이 가장 높았다.

무당벌레 성충에 미치는 독성반응을 검토한 결과, 알, 유충 그리고 번데기보다는 모든 약제에 대해 비교적 낮은 독성반응을 보여주었으며, 약제의 농도별 의존성이 높게 나타났다.

#### 5-5. 무당벌레의 시설재배지내의 방제효과

신선초하우스의 진딧물 밀도를 조사하고 20곳을 labeling하면서 진딧물 개체수를 조사한 후 실험실에서 사육한 무당벌레 500마리를 방사하여, 하우스내에서의 진딧물의 밀도 변화를 조사하였다. 그리고 일주일 간격으로 하우스를 방문해 무당벌레에 의한 진딧물 방제효과를 조사하였다. 무당벌레 방사 당시 잎 당 60여 마리에서 130마리까지 있던 진딧물

이, 방사 후 첫째 주(4월 9일)에 labeling한 곳을 살펴본 결과 밀도가 증가한 곳도 있었으나 전체적으로 최소 51%에서 96%까지 감소하였고, 방사 둘째 주에 관찰했을 때(4월 17일)는 진딧물의 밀도가 큰 변동 없이 부분적으로 감소추세를 나타내고 있었으며 labeling한 곳에서 무당벌레가 산란한 난괴를 관찰할 수 있었다. 알이 산란된 신선초 잎의 진딧물 밀도는 상당히 증가한 상태였다. 방사 후 셋째 주(4월 24일)에 발견했던 알이 부화한 것을 관찰하였고 부화유충이 난각에서 아직 탈출을 하지 않아 포식활동이 이루어지지 않아서인지 진딧물 밀도도 4배정도 증가한 것을 볼 수 있었으나 다른 곳에서는 진딧물 밀도가 급격히 감소한 것을 확인할 수 있었다. 방사 후 넷째 주(4월 30일)엔 부화한 유충들이 진딧물을 포식하는 행동을 관찰할 수 있었고 진딧물 밀도 또한 부분적으로 차이는 있었으나 50%에서 최대 100%까지 감소한 결과가 나타났다.

가지에서 발생한 복숭아혹진딧물 방제를 위해 갓 부화한 1령 유충을 방사하였다. 방사 전 가지 잎당 진딧물밀도를 파악한 후, 무당벌레 유충을 방사하고 3, 4일 간격(매주 화, 금요일)으로 진딧물 밀도변동상황을 확인하였다. 각 주당 무당벌레 1령 유충을 2마리, 3마리, 4마리로 구분하여 방제효과를 살펴본 결과 2마리를 방사한 경우, 초기(1, 2령기)에는 포식량이 그다지 많지 않아 밀도가 증가하는 현상을 볼 수 있었으나, 유충이 성숙하여 포식량이 증가하자 밀도가 점차 감소하였다. 3마리의 경우, 역시 초기에 진딧물 밀도가 급격히 증가하다가 노숙유충(3, 4령 유충)의 포식량 증가로 진딧물 밀도가 현저히 감소하는 경향을 나타내었다. 4마리 1령 유충에 의한 방제효과는 위의 두 경우와 같이 초기 진딧물이 증가하는 현상이 나타나긴 했지만, 그 기간이 길지 않았고, 곧바로 포식에 의해 진딧물 밀도가 급격히 감소하는 경향을 보여주었다. 따라서 가지에 발생한 복숭아혹진딧물의 방제시 무당벌레 1령충을 이용할 경우 그 방제

효과는 초기에는 전혀 보이지 않았으나 무당벌레가 성장하면서 포식량이 급증함에 따라 밀도가 감소되었다.

목화진딧물에 의해 감염된 오이에서 무당벌레를 이용한 방제효과 시험을 실시하였다. 앞에서와 같이 각 부화한 1령 유충을 주당 1-5마리까지 방사하여 진딧물의 밀도변화를 3, 4일 간격으로 조사하였다. 그 결과 목화진딧물의 개체군 증가율이 무당벌레가 포식하는 비율(사망률)보다 월등히 높아 완전한 방제가 이루어지지 못하고 기주인 오이가 고사하였다. 목화진딧물의 개체군 증가속도는 진딧물이 오이에 정착한 이후 약 1주일 정도는 개체군이 크게 늘지 않았으나 정착 후 10일 이후부터는 기하급수적인 개체군 증가를 보여 주고 있다. 이로 미루어 무당벌레 1-2령 유충을 방사하는 경우에는 오이의 목화진딧물 밀도가 낮은 경우에 방제가 가능하였다.

## 6. 활용에 대한 건의

일부 선진국가에서는 해충방제를 위한 천적 대량생산의 산업화가 이미 실현된 단계에 있다. 국내에서도 일부 천적에 대한 집중적인 연구가 수행되어 상당한 기술이 축적되어 있는 것으로 알고 있으나 시장여건과 농민의 인식부족으로 천적산업이 활성화되지 못하고 있는 실정이다. 이러한 국내 여건을 감안하여 보면 현 단계에서는 필요한 농가에서 소규모로 자체수요를 충족시킬 수 있는 천적 이용 기술이 개발되어 그 효과가 점진적으로 확산되어 국민적인 호응을 얻어야 될 것으로 판단된다.

유용한 천적을 이용하여 생물적 방제를 시도하는데 있어 기업의 투자·개발노력은 거의 전무하다고 할 수 있으며, 관심조차도 가지고 있지 않다. 눈앞의 이익과 단기적인 해충방제 효과만을 중시하는 기업과 농

민들의 높은 벽에 부딪쳐 올바르게 가치 있게 활용할 수 있을지 의문이다. 비록 일부 유기농업을 하는 농민 등이 중요성과 효과를 깨닫고 있기는 하지만, 무당벌레를 돈을 주고 구입한다고 하는 생각은 전혀 가지고 있지 않고, “혹시, 누가 그냥 가져 주면 몰라도…”라는 생각과 “진딧물 약 대신에 무당벌레를?”라고 하는 부정적인 시각을 대부분이 가지고 있어, 당분간은 무당벌레를 시판하는 일은 불가능할 것으로 예상된다. 이러한 난관을 극복하기 위하여는, 정부기관 차원에서의 생물적 방제에 대한 대 농민 홍보가 무엇보다 선행되어야 할 것이며, 본 연구결과를 상업화하기 보다는 지도자료로 삼아 농민들 스스로가 조그만 관심만 가지고 있다면 손쉽게 접하고 구할 수 있는 무당벌레를 이용할 수 있도록 함으로서, 생물적 방제에 대한 중요성과 효과를 직접 터득케하여 점차 확대보급 시킨다면, 천적사업을 산업화 할 수 있는 기반이 조성될 것으로 생각된다. 기반이 조성되고 무당벌레의 수요가 많아지게 되면 자연스럽게 이를 기업화 할 수 있는 가능성이 제시할 수 있다.

본 연구에서는 농가에서 독자적으로 또는 마을 단위로 손쉽게 천적(무당벌레)을 대량생산하여 필요시 언제라도 사용이 가능토록 할 수 있는 무당벌레의 장·단기간 보관, 관리, 살포에 대한 기술을 개발하였다. 현장에서 유기농가를 대상으로 한 무당벌레의 이용에 관한 기술 교육은 매우 효과적이었으며, 호응도가 높아 앞으로 본 기술에 대한 활용도가 점차 증가될 것으로 예상된다. 진딧물의 생물적 방제인자로 무당벌레 이외에 진디벌, 풀잠자리, 꽃등애, 흑파리, 노린재 등도 유망한 것으로 관찰되었다. 특히 비가림 또는 시설재배지에서 발견되는 우점종 중의 하나인 진딧벌류의 대량증식 및 보관에 대한 기술은 농촌진흥청에서 이미 개발한 상태인 관계로 금후 본 과제에서 개발된 기술과 접목하여 상호간의 단점을 보완 할 수 있는 새로운 기술이 개발되면 좀 더 효과적인 진딧물

을 포함한 시설재배지에서 발생하는 해충의 방제가 가능할 것으로 판단된다.

## SUMMARY

### Development of Biological Control Systems of Pests with the Asian Ladybird, *Harmonia axyridis*, in the Greenhouse

After 1940s, many kinds, and extremely large amounts of insecticides were thrown in agroecosystem. So, we are afraid insecticides will constitute a grave menace to the safety of our environment.

Knowledge of both pests and the Asian ladybird (*Harmonia axyridis*) is essential to obtain good results from biological control. In this report you will find descriptions of the most important pest insect in the greenhouse and of the natural enemies, especially the Asian ladybird that are used to control them. This issue does cover how Asian ladybirds are used in aphid control, although methods of control and circumstances vary.

In order to evaluate about the efficacy of the excellent biological control agent, the Asian ladybird beetle, as a predator of aphids, behavioral and physiological characteristics of *H. axyridis* related to searching and feeding behavioral researches were examined. Considering these biological characteristics, effective conservation method and management of overwintering ladybird adults and larva reared in the laboratory were devised. Also, effectiveness of ladybirds on aphid population in consideration of the release density of ladybirds was evaluated in the greenhouse. The results obtained as



follows;

1. The presence of an abundant population of a ladybird in a region is the basis for successful control of a aphid population. It was possible to collect overwintering ladybird population in aggregation and overwintering sites from mid-October to late-November. Especially, capture amount for this duration depended on the average temperature and sunshine duration. Annual variation in ladybird numbers is the major determinant of ladybird impact.
2. Ladybirds occupy all the habitats and niches of aphids, and the similarity in taxes(phototaxis, geotaxis) of ladybirds and aphids cause them to occur in the same places. The basic behaviour of *H. axyridis* showing the negative geotaxis increased contact frequency with aphids, and their searching behaviour appeared random with detection of aphids occurring only at actual contact without aid of previous visual or olfactory orientation to prey. Regardless of the means of perception of prey, the searching behaviour of ladybirds was the primary determiner of their control effectiveness.
3. On the present of difference in sort of aphids, *H. axyridis* 3rd, 4th larvae and adult could feed from 50 to 120 aphids in the green peach aphid and in the cotton aphid, about 200 aphids per day commonly, and their feeding response to aphid density indicated

the density-dependent aspect.

4. In case of safe-keeping in Fabix box and Milk pack, it was possible to preserved the overwintering ladybird population up to 4 months. And 3rd and 4th larva preserved in microwave popcorn could survive at  $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$  by 30 days maximally. After safe-keeping in popcorn, there was no difference in ability of predation.
  
5. The timing and the density of ladybirds to be released in the green house could be determined on the basis of observed rate of increase in numbers of aphids and predatory efficiency of ladybird. The aphid population begins to increase in a new environment. On a logarithmic scale, the growth of aphid abundance is at first very rapid, and ladybirds must be released due to numbers of aphids. From the point of view of integrated control this phase is very significant. According to the crop's quality, ladybirds and other factors unique to each situation such as temperature and humidity, there were many differences in aphid control effectiveness with ladybirds. Particularly, in the low humidity and the nearly high-growing crops, control effects were excellent.

**CONTENTS**  
**(영문목차)**

<b>Chapter 1. General Introduction</b> .....	39
<b>Chapter 2. Occurrences of Pests and Natural Enemies</b>	
<b>in the Greenhouse</b> .....	44
2-1. Materials and Methods .....	44
2-2. Occurrences of pests in the greenhouse .....	47
2-3. Occurrences of natural enemies in the greenhouse .....	50
2-4. Occurrences of pests and natural enemies on the several crops in the greenhouse .....	51
2-4-1. On the tomatoes .....	51
2-4-2. On the cucumber .....	54
2-4-3. On the oriental melon and the water melon .....	57
2-4-4. On the red pepper .....	59
2-4-5. On the strawberry .....	60
2-4-6. On the other crops .....	62
2-5. Ecological, physiological and behavioral characteristics of insect pests .....	64
2-5-1. The western flower thrips .....	64
2-5-2. The greenhouse whiteflies .....	72
2-5-3. The green peach aphids .....	79
2-5-4. The cotton aphids .....	84
2-5-5. The mites .....	85

2-5-6. The american leafminers-----	89
2-6. Ecological, physiological and behavioral characteristics of insect natural enemies-----	92
2-6-1. The flower bugs-----	92
2-6-2. The ladybird beetles-----	100
2-6-3. The parasitic wasps-----	106
2-6-4. <i>Encarsia formosa</i> -----	114
2-6-5. The others-----	116

### **Chapter 3. The Asian Ladybirds (*Harmonia axyridis*)**

<b>as a Biological Control Agents -----</b>	<b>120</b>
3-1. Materials and Methods-----	120
3-2. Main habitats of the Asian ladybirds-----	121
3-3. Development of mass securing system of the Asian ladybirds-----	124
3-3-1. Collecting sites the Asian ladybirds-----	125
3-3-2. Development of mass securing system of the Asian ladybirds by natural increasing methods -----	130
3-3-3. Seasonal periods and daily hours of collecting the Asian ladybirds-----	130
3-3-4. Collecting boards of the Asian ladybirds-----	132
3-4. Effects of parasitoids to ladybirds mortalities-----	136

### **Chapter 4. Behavioral and Physiological Characteristics of**

<b>the Asian Ladybirds as Aphid Predator-----</b>	<b>142</b>
---	------------

4-1. Materials and Methods-----	142
4-2. Ultrastructure of the Asian ladybird-----	144
4-3. Responses to plant volatiles chemicals-----	148
4-4. Host searching and feeding behavior-----	149
4-5. Predacious activities to several insect pests-----	160
4-5-1. Predacious availabilities to several aphid species-----	160
4-5-2. Predacious availabilities to greenhouse whiteflies-----	162
4-5-3. Predacious availabilities to thrips-----	171
4-6. Effects of diapause to fecundity of ladybirds-----	171
4-6-1. Extension of diapause period and increasement of survival rates-----	171
4-6-2. Longevity and fecundity after diapause-----	172
<b>Chapter 5. Development of Mass Rearing System and Packaging</b>	
<b>Methods of the Asian Ladybird-----</b>	<b>175</b>
5-1. Materials and Methods-----	175
5-2. Development of mass rearing system-----	175
5-2-1. Mass rearing systems of adult ladybirds-----	175
5-2-2. Mass rearing systems of larval ladybirds-----	176
5-2-3. Development of preservation and management system of mass collecting ladybirds-----	177
5-3. Development of packaging for supplying in large quantities-----	182
5-3-1. Packaging for adult ladybirds-----	182
5-3-2. Packaging for larval ladybirds-----	186

5-3-3. Examination of ladybird's larva feeding ability	
according to preservation-----	190
5-4-4. Examination of control effect with ladybird's	
larva preserved in popcorn-----	195
<b>Chapter 6. Resistances of the Asian Ladybirds to Pesticides-</b>	<b>199</b>
6-1. Materials and Methods-----	199
6-2. Insects control without chemicals in the farms-----	201
6-3. Screening of pesticides to the Asian ladybird-----	202
6-3-1. Toxicity to the ladybird eggs-----	202
6-3-2. Toxicity to the ladybird larva-----	205
6-3-3. Toxicity to the ladybird pupa-----	209
6-3-4. Toxicity to the adult ladybird-----	212
<b>Chapter 7. Biological Strategies of Several Aphid species</b>	
<b>Using the Asian Ladybirds in the Greenhouse-</b>	<b>216</b>
7-1. Materials and Methods-----	216
7-2. Analysis of microclimate in the greenhouse-----	217
7-2-1. Application in the winter season-----	217
7-2-1-1. Biological control of the turnip aphid	
on the mustard-----	218
7-2-1-2. Biological control of the turnip aphid	
on the angelia utilis-----	222
7-2-1-3. Biological control of the green peach aphid	
on the ornamental kales-----	225

7-2-2. Application in the growing season-----	228
7-2-2-1. Biological control of the turnip aphid	
on the angelia utlis-----	228
7-2-2-2. Biological control of the green peach aphid	
on the red pepper-----	230
7-3. Equation of adequate release density for aphid control----	232
7-4. Control effects of the ladybirds in the greenhouse-----	240
7-4-1. Control effects of the turnip aphid	
on the angelia utlis-----	240
7-4-2. Control effects of the green peach aphid	
on the egg plant-----	244
7-4-3. Control effects of the cotton aphid	
on the cucumber plant-----	248
7-5-4. Practical control effects in the farms-----	250
<b>Chapter 8. Conclusion -----</b>	<b>252</b>
<b>Chapter 9. References -----</b>	<b>256</b>

## 목 차

제 1 장 서 론-----	39
제 2 장 시설재배지내에서의 해충과 천적-----	44
제 1 절 연구수행방법-----	44
제 2 절 시설재배지에서 해충의 발생상-----	47
제 3 절 시설재배지내에서 유용 천적곤충의 발생상-----	50
제 4 절 시설재배지에서 주요 재배 작물별 해충과 천적의 발생상-----	51
1. 토마토 시설재배지에서의 해충 및 천적의 발생-----	51
2. 오이 시설재배지에서의 해충 및 천적의 발생-----	54
3. 참외 및 수박 시설재배지에서의 해충 및 천적의 발생-----	57
4. 고추 시설재배지에서의 해충 및 천적의 발생-----	59
5. 딸기 시설재배지에서의 해충 및 천적의 발생-----	60
6. 기타 작물을 재배하는 시설재배지에서의 해충 및 천적의 발생-----	62
제 5 절 주요 온실해충의 생태적·생리적·행동학적 특성-----	64
1. 꽃노랑총채벌레-----	64
2. 온실가루이-----	72
3. 복숭아혹진딧물-----	79
4. 목화진딧물-----	84
5. 응애류-----	85
6. 아메리카잎굴파리-----	89
제 6 절 유용천적의 생태적·생리적·행동학적 특성-----	92



1. 애꽃노린재류-----	92
2. 무당벌레류-----	100
3. 진딧물류-----	106
4. 온실가루이종벌-----	114
5. 기타-----	116
제 3 장 생물적 방제인자로서의 무당벌레 ( <i>Harmonia axyridis</i> )---	120
제 1 절 연구수행방법-----	120
제 2 절 무당벌레 ( <i>Harmonia axyridis</i> )가 출현하는 주요 서식처---	121
제 3 절 무당벌레의 대량 확보법 개발-----	124
1. 무당벌레의 포획장소-----	125
2. 무당벌레의 인공자연 증식에 의한 대량확보법 개발-----	130
3. 무당벌레의 포획시기 및 시간대-----	130
3. 무당벌레를 유인하기 위한 포집판-----	132
제 4 절 곤충기생자가 무당벌레의 활력에 미치는 영향-----	136
제 4 장 진딧물 포식자로서 무당벌레의 행동학적·생리학적 특성-	142
제 1 절 연구수행방법-----	142
제 2 절 전자현미경을 이용한 포식성 무당벌레의 미세구조-----	144
제 3 절 포식성 무당벌레의 식물성 휘발성물질에 대한 신경생리학적 반응-----	148
제 4 절 무당벌레의 기주탐색 및 포식행동-----	149
제 5 절 무당벌레의 몇 가지 해충에 대한 포식력-----	160
1. 진딧물에 대한 무당벌레의 포식력 검정-----	160
2. 온실가루이에 대한 무당벌레의 포식력 검정-----	162

3. 꽃노랑총채벌레에 대한 포식력 검정-----	171
제 6 절 무당벌레의 휴면이 산란력에 미치는 영향-----	171
1. 휴면유지기간 연장 및 생존을 증진-----	171
2. 휴면후 수명과 산란력-----	172
제 5 장 무당벌레의 사육법 및 포장법 개발-----	175
제 1 절 연구수행방법-----	175
제 2 절 무당벌레의 사육법 개발-----	175
1. 성충사육-----	175
2. 유충사육-----	176
3. 대량확보된 무당벌레의 보관 및 관리체계확립-----	177
제 3 절 무당벌레의 대량공급을 위한 포장법 개발-----	182
1. 무당벌레 성충을 위한 포장법 개발-----	182
2. 무당벌레 유충을 위한 포장법 개발-----	186
3. 보관에 따른 무당벌레 유충의 포식력 차이 검정-----	190
4. 팝콘에서 보관한 무당벌레 유충을 이용한 방제 효과 검정---	195
제 6 장 무당벌레의 화학살충제에 대한 약제 저항성-----	199
제 1 절 연구수행방법-----	199
제 2 절 무농약 재배 농가 병해충 방제 현황-----	201
제 3 절 포식성 무당벌레의 살균제 및 살충제에 대한	
약제내성 스크리닝-----	202
1. 무당벌레 알에 미치는 영향-----	202
2. 무당벌레 유충에 미치는 영향-----	205
3. 무당벌레 번데기에 미치는 영향-----	209

4. 무당벌레 성충에 미치는 영향-----	212
<b>제 7 장 시설재배지에서 무당벌레를 이용한 진딧물의</b>	
<b>생물학적 방제전략 확립-----</b>	<b>216</b>
제 1 절 연구수행방법-----	216
제 2 절 시설재배지내에서 무당벌레의 포식행동 및	
산란행동에 미치는 미소환경의 분석-----	217
1. 무당벌레의 동절기 하우스 재배 지에서의 이용-----	217
겨자하우스에서 무테두리진딧물의 생물적 방제-----	218
무테두리진딧물이 발생한 신선초재배 하우스-----	222
복숭아혹진딧물이 발생한 관상용 케일하우스-----	225
2. 무당벌레의 하절기 하우스(비가림 시설재배)	
내에서의 이용-----	228
신선초하우스의 무테두리진딧물의 방제효과 검정-----	228
고추하우스의 복숭아혹진딧물 방제효과 검정-----	230
제 3 절 진딧물 방제를 위한 무당벌레의 적정밀도 산정식-----	232
제 4 절 무당벌레의 시설재배지내의 방제효과-----	240
1. 신선초에서 무테두리진딧물의 방제-----	240
2. 가지에서 복숭아혹진딧물의 방제-----	244
3. 오이에서 목화진딧물의 방제-----	248
4. 능가포장에서의 무당벌레의 살포효과-----	250
<b>제 8 장 결 론-----</b>	<b>252</b>
<b>제 9 장 인용문헌-----</b>	<b>256</b>

# 제 1 장 서 론

최근에 이르러서 세계적인 환경보호운동이 전개됨에 따라서, 농업도 과거의 집약적 농업의 특성인 비료와 농약의 집중투입이 지양되고 환경보존형, 혹은 환경지속형 농업으로의 방향전환이 이루어지고 있다. 특히 우리 나라에서는 녹색혁명 이후에 과다한 비료와 농약 사용으로 토양의 황폐화 및 생태계 파괴라고 하는 문제점들을 양산하고 있는 실정이다. 이에 새 정부 들어서 환경 친화형, 환경 지속적 농업을 강조하고 있는 실정이다.

특히 집약적 농업의 대명사라 할 수 있는 비닐하우스나 유리온실을 포함한 시설재배에서의 살충제를 포함한 농약의 과다한 사용은 농산물에 잔류농약문제를 야기할 뿐만 아니라, 재배하는 농민의 농약중독 위험성을 배가시키고 있다. 또한 공장지역에서의 환경오염문제와 마찬가지로 농업에서도 더 이상 농산물의 집중적인 생산에만 매달릴 수 없는 사회적 책임이 부과되고 있으며, 가능한 한 환경에 해가 없는 방법을 강구해야만 한다는 공통된 사회적 인식이 확산되고 있다. 따라서 새로운 21세기를 향한 우리의 농업은 화학합성농약의 사용을 억제하면서 지속적이고, 안정적이며, 경쟁력 있는 환경친화형 생산체계를 갖추는 것이 필요하다.

최근 농작물 및 화훼단지의 시설재배 지역이 점차 증가함에 따라서 온실해충에 대한 작물의 피해도 점차 증가하여 그 심각성이 대두되고 있다. 이들 해충문제를 해결하기 위한 방법으로 화학합성 살충제를 이용한 방법에만 의지하고 있으나, 과다한 살충제의 사용으로 인한 저항성 해충의 출현, 환경오염, 잔류독성, 잠재해충의 해충화 등 부작용이 급증

하여 이를 해결하기 위한 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다. 최근에는 농약을 비롯한 각종 화학물질로 인하여 수컷의 생식 능력이 저하되어 종의 멸망 속도가 더욱 빨라지고 있다는 보고가 나오고 있다. 부분적으로나마 이러한 문제점을 해결하기 위하여 이미 선진국가의 농가에서는 화학 농약의 사용을 제한하면서 무공해 농산물을 생산하는 기술의 개발에 많은 투자를 하고 있다. 국내 일부 선진 농가에서도 유기농법에 의한 무공해 농산물 생산에 앞장서고 있으나 축적된 기술의 부족과 국민의 의식수준 결여로 많은 어려움을 겪고 있다.

따라서 이제는 시설재배지에서의 농산물의 생산은 소비자가 선호하는 무농약 혹은 저농약에 의한 생산 시스템의 도입을 통하여 과다한 살충제의 사용은 최대한 억제되어야 하고, 이에 따른 해충 피해를 줄이기 위하여 유용곤충을 이용한 생물적 방제가 최선의 선택이 될 수 있다. 유용곤충을 이용한 환경 친화적인 생물적 방제가 성공적으로 개발되고 이용이 확산된다면, 높은 경제성과 낮은 환경부담감, 무공해 안전농산물로서의 대외적 이미지 개선 등 경제적·사회적으로 많은 기여를 하게 될 것이다. 특히 일부 농민과 소비자들에 의해서 급격히 확산되고 있는 무공해 유기농업을 위한 해충방제에 절대적인 기여를 할 것으로 생각된다.

이러한 경제·사회적인 요구를 충족시키기 위하여 천연자원의 이용을 극대화할 필요성이 강조되고 있다. 특히 시설재배지에서의 작물이나 화훼의 재배환경은 4계절이 거의 구별되고 있지 않은 비교적 고른 환경조건을 구비하고 있고, 곤충들이 지속적 활동을 할 수 있는 제한된 공간을 형성하고 있어 천적을 이용하여 해충을 방제하는 생물적 방제방법을 적용할 수 있는 최적의 공간을 형성하고 있다. 천적곤충을 대량 방사하여 시설재배지에서의 해충을 성공적으로 방제한 예들은 유럽지역의 대단위 시설재배지에서 많이 살펴 볼 수 있으며, 상업적으로도 일부 효과가 좋

은 곤충을 대단위로 판매하고 있는 실정이다.

한편, 이러한 성공적인 생물적 방제를 수행하기 위해서는 천적 개체군을 유지하기 위한 대체먹이나 대체기주를 개발하고, 천적의 선호성을 증진시켜 주기 위한 신호화합물을 개발하고, 천적의 활동이 원만한 재배방법이나 재배환경조건들을 개량할 필요성이 대두되고 있다. 물론, 생물적 방제에 이용되고 있는 모든 유용곤충들이 이들 자체만을 사용하였을 경우에 경제적으로 모두 효과가 있는 것은 아니지만, 이들 천적에게 해가 적은 선택성 살충제를 겸용할 경우에는 천적의 효율을 배가시킬 수 있는 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

유용천적을 이용한 생물적 방제에 대한 시도는 국내에서는 이제 시작 단계에 불과하며, 직접 포장에 적용해야 될 농민들이 생물적 방제를 바라보는 시각도 매우 부정적이다. 농촌진흥청을 비롯한 농업진흥기관과 일부 유기농업을 하고 있는 농민들이 약간의 관심을 가지고 있지만 천적을 이용할 만한 기술수준은 선진국에 비하여 현저히 뒤쳐져 있다. 이를 극복하기 위해서는 정부의 과감한 투자와 연구자들의 연구노력, 그리고 농민들의 의식전환이 뒤받쳐 주어야만 하겠다.

무공해 농산물의 안정적 생산을 위하여 화학 농약을 사용하지 않거나 사용 횟수를 줄여 해충의 밀도를 줄일 수 있는 생물적 방제법 (또는 종합적 방제)의 개발과 동시에 농민에 대한 기술보급 및 교육이 필요한 실정이다. 현재 우리 나라의 생물적 방제 기술 수준과 천적 이용도를 고려한다면 천적 생산의 산업화는 시기상조인 것으로 사료된다. 현 시점에서 소규모로 농가에서 천적을 관리 할 수 있는 생물적 방제기술 개발이 선행되어 그 파급효과를 기대하는 것이 더 중요하다고 생각한다.

따라서 본 연구과제는 시설재배지내에서 문제시되고 있는 해충들을 파악하고 이들 해충을 적절하게 방제할 수 있는 천연자원 즉 천적들을

조사하고, 이들 천적들의 이용가능성을 분석하였다. 이 결과, 시설재배지 내에서 가장 많은 피해를 주고 있는 해충으로는 진딧물류로 분석되었다. 따라서 진딧물류를 방제하는데 있어서 가장 이용 가능성이 높고, 쉽게 개체를 확보할 수 있다고 판단된 무당벌레를 선발하여 2, 3차 년도에 걸쳐 집중적인 연구를 수행하였다.

본 연구를 수행함에 있어서 무당벌레의 생리학적·행동학적 특성을 다음과 같은 특성을 파악하는데 연구의 역점을 두었다:

1. 무당벌레가 진딧물과 환경에 잘 적응하고 적합한가?
2. 진딧물의 탐색능력은 우수한가?
3. 진딧물의 증식능력에 비례하는 충분한 증식력을 가지고 있는가?
4. 진딧물에 대한 특이적 선호성을 가지고 있는가?
5. 서식처와 활동성이 진딧물과의 동질성 및 동시성을 가지고 있는가?
6. 진딧물의 밀도에 반응하여 밀도 의존적인 성질을 가지고 있는가?
7. 무당벌레에 선택적 독성을 가지고 있는 살충제는 어떠한 것이 있는가?

하는 점이다.

이와 더불어 무당벌레를 증식시키거나, 일정량의 무당벌레를 효과적으로 보관하여 확보하는 일도 진딧물을 방제하기 위한 중요한 의미를 갖게 된다. 따라서 고품질의 무당벌레를 생산 공급하기 위하여 아래와 같은 문제를 해결하는데 역점을 두었다:

1. 무당벌레를 증식시키기 위한 시스템 개발 및 생산비용의 절감

2. 무당벌레를 사육하기 위한 효과적인 인공먹이의 개발 및 대량확보
3. 무당벌레의 질과 양적인 조절체계 확립
4. 무당벌레의 효과적 방사방법의 개발
5. 무당벌레의 장기간 저장 및 비축체계의 확립

등 무당벌레를 상품화하는 생산체계를 수립하고자 하였다.

즉 본 연구과제의 최종적인 목표는 무당벌레를 얼마나 많이, 언제, 어떻게 시설재배지에 투입하여 진딧물을 비롯한 시설재배지에서 발생하는 해충을 얼마만큼 방제할 수 있나 하는 것이 관건이라 하겠다.



## 제 2 장 시설재배지내에서의 해충과 천적

본 연구의 1차 년도인 1996년에 전국의 비닐하우스와 유리온실, 비가림 재배시설 등 시설재배단지 내에서 발생하고 있는 해충을 조사하고, 이들 해충의 포식자와 기생자 등 천적자원을 조사하였다. 또한 이들 해충과 유용천적 자원에 대한 이들의 생태적·생리적 특성을 조사하여 기초자료로 삼았다.

### 제 1 절 연구수행방법

#### 1. 해충 및 천적의 채집

국내의 시설재배지(하우스 및 유리온실 포함)에서 발생하고 있는 각종 작물에 대한 해충의 종류와 밀도, 피해정도를 조사하기 위하여 전국 일원을 무작위로 선별하여 평균 주당 1~2회씩 시설재배지를 방문하여 채집하였다. 또한 재배농민을 대상으로 구두로 발생해충의 종류, 사용약제, 사용횟수 등을 조사하여 해충의 발생 조사에 참고하였다.



한편 천적의 경우, 해충이 시설재배지내에서 발생한 곳을 대상으로 정밀탐색을 하여, 자연상태에서 존재하고 있는 국내산 천적들의 종류와 분포를 조사하였으며, 천적과 해충간의 역학적인 관계를 조사하였다. 조사방법으로는 개인 휴대용 흡충관과 포충망을 주로 이용하였으며, 채집된 해충과 천적은 분리하여 일부는 작은 유리병(지름 1×높이 10cm), compact petri dish(지름 11×높이 3cm)와 플라스틱통(넓이 30×폭 17×높이 21cm)에 넣어 실험실로 가져와 분류·동정을 실시하였다. 또한 하우스 내에서의 분포를 조사하기 위하여 포충망으로 50회 sweeping하여 (Fig. 1) 진디벌의 개체수를 반복 조사하였다.



Fig. 1. 해충 및 천적의 채집

## 2. 해충 및 천적의 실내(사육상)에서의 사육

채집된 해충 및 천적은 기주식물을 이용하여 사육상에서 사육하였으며, 사육조건은 공간적인 제약으로 기주별, 해충별 각각의 적정환경을 제공하지 못하고 동일하게  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 조건에서 RH 50~60%를 유지하였으며, 광조건은 6000~7000Lux의 광도 하에서 장일 조건인 16L : 8D의 광조건 상태를 유지하였다.

### 3. 해충 및 천적의 실외(하우스)에서의 사육

채집된 해충 및 천적은 50평 규모의 비닐하우스에서 주로 고추, 토마토, 오이, 배추 등의 기주 식물을 이용하여 사육하였다.

### 4. 천적곤충의 먹이탐색의 행동학적 특성

천적곤충의 먹이탐색 행동을 관찰하기 위하여 사육상에 비디오 카메라( $\times 24$  Zoom)를 설치하여 천적곤충이 기주를 찾고 접근하는 행동과 기주를 공격, 포식하거나 산란하는 행동을 관찰하였다. 비디오 카메라는 특정해충에 고정되어 있으며, 최대 2시간까지 연속 녹화하여 천적들의 행동을 분석하였다.

### 5. 주요해충 및 천적에 대한 전기생리학적 연구를 위한 미세형태학적 특성(SEM을 중심으로)

해충 및 천적곤충의 행동을 조절하는 감각기관들의 외부 형태적인 특성과 분포를 알아보기 위하여 Scanning Electron Microscope(SEM)을 이용하여 곤충의 촉각과 구기, 다리, 생식기 등을 살펴보았다. SEM을 이용하여 곤충체를 관찰하기 위한 방법은 다음과 같다.

#### 1) 고정

- A. Karnovsky 고정액을 이용하여 2시간 동안 약한 진공상태에서 고정.
- B. 0.05M Cacodylate buffer로 고정되어 있는 시료를 두 차례 각각 20분 동안 세척.
- C. 1% osmium tetroxide 용액으로 2시간 동안 후 고정.
- D. 0.5% uranyl acetate 용액에 담가 냉장실에서 하룻밤 보관.

## 2) 탈수

세포 내에서 수분을 제거하기 위하여 30%, 50%, 70%, 80%, 95%의 ethanol을 이용하여 각각 10분 동안 탈수한 후, 순수 100% ethanol로 각각 10분간씩 3차례 반복 세척 후 냉장 보관.

## 3) 건조 및 코팅

CO<sub>2</sub> 가스를 이용한 한계점 건조를 Critical point dryer를 이용하여 건조 후, Stage에 양면 테이프를 이용하여 움직이지 않게 고정시킨 후, gold coating machine을 이용하여 금 코팅을 실시하여, Zeiss Digital Scanning Electron Microscope를 이용하여 관찰.

## 제 2 절 시설재배지에서 해충의 발생상

비닐하우스 및 유리온실 등의 시설재배지역에서 작물에 제한을 두지 않고 발생해충 및 천적을 조사하였다. 조사 목적은 현재 시설재배지에서 문제시되고 있는 해충이 주로 외국에서 침입한 외래해충으로 알려져 있으며, 이들 외래해충은 천적의 부족과 자연상태와 차단된 밀폐공간에서 천적과 접할 수 있는 기회가 상대적으로 줄어들므로 인하여 대단위 발생할 가능성을 많이 가지고 있으며, 또한 기존의 잠재해충이 재배환경의 변화로 해충화할 가능성도 매우 높은 것으로 사료된다. 물론 전국의 각 농업 관련기관에서 이러한 조사를 실시하고는 있지만 상호 정보교환이 잘 이루어지지 않고 있는 실정을 감안할 때 본 연구팀의 입장에서는 직접 재배현장을 방문하여 조사하는 것이 매우 중요한 분야라고 할 수 있다. 또한 본 연구팀이 직접 재배환경을 살펴봄으로서 천적도입시키고

려해야 될 환경요인들을 탐지할 수 있다는데 더 큰 의의가 있다고 하겠다.

1996년 1월부터 11월에 걸쳐 전국 일원에서 무작위로 방문한 농가는 총 353농가이며, 여기에는 2번 이상 방문한 농가는 포함되어 있지 않다. 353농가 중 재배작물별로 분포를 살펴보면, 토마토(방울토마토 포함)를 재배하는 농가가 전체 방문농가의 21%로 가장 많았으며, 다음으로 14%의 딸기 재배농가, 12%의 고추 재배농가, 10%의 참외 재배농가, 9%의 오이 재배농가 순이었으며, 그 이외에는 수박(5%), 배추(4%), 백합(4%), 장미(3%), 거베라, 국화, 무, 상추, 포도, 호박, 과, 감귤, 안개꽃, 양배추, 쪽갓, 메론, 카네이션, 들깨, 금어초, 가지, 케일, 관엽류 등 27종류가 재배되고 있었다.

### 재배작물 비율

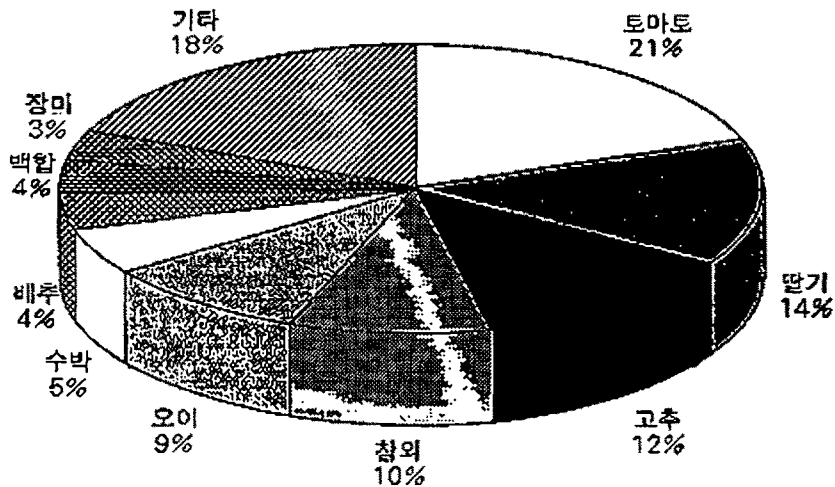


Fig. 2. 재배작물의 비율

해충의 발생상은 전체 시설재배지의 73%에서 총 52종의 해충이 발생되고 있는 것으로 조사되었으나, 피해의 정도는 아주 심한 것에서부터 매우 미미한 것 등 다양하였다. 대부분의 농가에서는 해충의 발생이 매우 미미하였는데, 이는 살충제의 살포와 무관하지 않다. 해충의 발생이 확인되지 않은 27%는 주로 1월에서 4월까지 야외곤충의 활동이 활발하지 않은 시기에 방문한 농가 혹은 살충제를 살포한지 2-3주가 채 경과되지 않은 농가에서 주로 볼 수 있었으며, 재배시기(4월~10월)에는 거의 모든 하우스에서 해충의 존재를 확인하였다. 이로 미루어 볼 때 시설재배지에서의 해충발생은 외래해충을 제외한 대부분이 야외에서 월동한 해충이 시설재배지내로 이동하여 발생하고 있는 것으로 잠정 결론지을 수 있다. 발생이 확인된 해충의 종류로는 꽃노랑총채벌레가 전체 방문농가의 13%(해충발생농가의 16%)로 가장 많았으며, 점박이용애 11%(14%), 은실가루이 9%(12%), 목화진딧물 9%(12%), 복숭아혹진딧물 4%(5%), 배추좀나방 3%(4%), 담배거세미나방 3%(4%)을 비롯하여 애못털진딧물, 파밤나방, 아메리카잎굴파리, 흰띠명나방, 반날개, 담배나방, 딸기잎벌레, 작은각시들명나방, 무잎벌레, 섬서구메뚜기, 국화꼬마수염진딧물, 무테두리진딧물, 오이총채벌레, 양배추가루진딧물, 굴응애, 배추벼룩잎벌레, 배추흰나비, 고자리파리, 각다귀류, 툭툭이류, 금록색잎벌, 알락수염노린재, 배추순나방, 굴각지벌레, 이화명나방, 줄범하늘소, 포도쌍점애매미충, 차먼지응애, 딱부리긴노린재, 뿌리응애, 녹응애, 벌넛적꽃등애, 광꽃등애, 두점박이용애, 차응애, 비단노린재, 민달팽이, 싸리수염진딧물 등이며, 명주달팽이와 들민달팽이의 발생도 일부 하우스에서 문제가 되고 있었다.

## 해충발생 비율

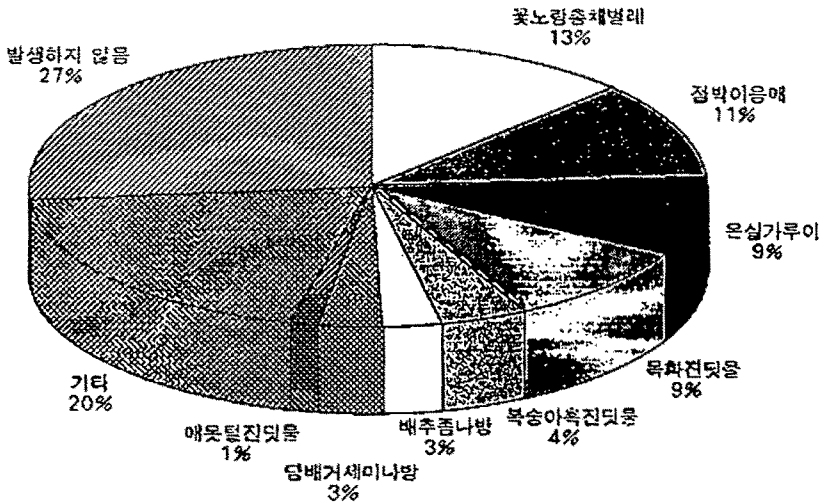


Fig. 3. 해충발생 비율

### 제 3 절 시설재배지내에서 유용 천적곤충의 발생상

국내에 분포하고 있는 시설재배지에서의 천적의 조사는 이미 상품화된 외국의 천적을 도입하여 무작정 사용하는 방법보다는 국내의 생물자원을 이용하여 이를 개발하여 상품화하고 간접적으로 이용할 수 있는 방법을 찾는 데 의의가 있다고 하겠다. 천적의 발생은 하우스 내에서는 매우 미미하여 전체 방문농가의 11%인 40개소의 하우스에서 천적이 확인되었으며, 이는 해충이 발생한 하우스의 약 17%에 해당한다. 천적의 종류로는 진딧물에 기생하는 진디벌류가 전체 천적의 63%인 25개소, 무당벌레류가 20%인 8개소, 애꽃노런재류가 8%인 3개소, 포식응애류, 풀잠자리류, 좀벌류, 흑파리류가 각각 1개소에서 채집되었다. 하우스 내에서의

천적발생상이 미약한 것은 하우스 내의 해충발생이 국부적 소량으로 발생하고 있어 천적의 정착이 매우 힘든 상태이고, 살충제의 사용으로 존재하고 있던 천적과 해충이 모두 죽었을 가능성이 높은 것으로 사료된다.

이와 같은 시설재배지에서 발생하는 해충 및 천적곤충들의 공통적인 특징으로는

첫째, 대부분이 미소한 곤충으로 발견하기가 매우 까다롭다.

둘째, 시설재배지내에서 매우 국부적으로 발생한다.

셋째, 피해증상이 병원균에 의한 증상 또는 영양결핍 등에 의한 증상으로 오인되기 쉽다.

넷째, 온도와 습도 등의 환경요인의 변화가 작기 때문에 곤충의 증식력이 빨라 짧은 시간 내에 대발생하여 큰 피해를 줄 수 있다.

다섯째, 일단 발생하면 근절시키기 어렵다고 하는 성질을 가지고 있는 것으로 사료된다.

## 제 4 절 시설재배지에서 주요 재배 작물별 해충과 천적의 발생상

### 1. 토마토에서의 해충 및 천적의 발생

1월에서 10월 사이 전국 각지에 걸쳐 토마토를 재배하고 있는 시설농가를 대상으로 해충의 발생상을 조사한 결과 2월 말경부터 전국에 걸쳐 여러 종류의 곤충들이 서식하고 있음이 확인되었다(Table 1). 그 중 토마토에 가장 많은 피해를 주고 있는 해충으로는 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*, Fig. 4)로서 토마토 작물의 중앙 상단부위에서 높은 밀도로



군서하며 작물의 성장에 피해를 줄뿐만 아니라 그을음병을 유발하기도 하였으며, 일부 지역에서는 상당한 피해를 주고 있었다. 목화진딧물(*Aphis gossypii*)은 일부 지역의 하우스에서 국부적으로 개체군을 형성하여 피해를 주고 있었지만 하우스 내에서의 전체적인 분포는 보이지 않았다. 그 외에 차응애(*Tetranychus kanzawai*, Fig. 5), 담배거세미나방(*Spodoptera litura*, Fig. 6) 등이 토마토에 많은 피해를 주고 있으며, 일부 지역에서 녹응애의 발생이 확인되었다.

Table 1. 토마토를 재배하고 있는 시설재배지에서의 해충 및 천적상

해충명 (천적곤충*)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
온실가루이		+	+	++	++	++	+	+	+	+		
목화진딧물		+	+	+	+	+		+	+	+		
미쯔에동애등에					+							
광꽃등에					+							
복숭아혹진딧물						+						
담배거세미나방							+	+	+	+		
파밤나방							+	++	+			
담배나방							+	+				
녹응애									+	+		
목화진디벌*				+	++				+	+		
열석점긴다리무당벌레*				+	+	+			+			
온실가루이좀벌*									+			

\* 발생밀도: +; 극소량의 개체확인, ++; 국부적인 발생, +++; 하우스 전체적 분포 및 피해 심각

한편 천적류로는 목화진딧물에 기생하는 진디벌류와 열석점긴다리무당벌레 등이 채집되었으며 특히, 논산군의 한 농가에서는 목화진디벌이

대량으로 서식하고 있어 천적으로서의 그 가능성에 희망을 주고 있었으나(Table 2), 농민의 과도한 살충제 사용으로 그 가능성을 지속적으로 관찰하지 못하였다. 이 농가는 방울토마토를 3개의 단동하우스에서 재배하고 있었으며, 3동의 하우스는 입구가 서로 달랐으나 작업공간을 통하여 서로 연결되어 있었다. 진딧물의 발생은 제일 가장자리에 위치한 A동에서만 목화진딧물의 발생을 확인하였을 뿐 다른 B동, C동에서는 발견할 수 없었다. 진디벌의 기생률은 80% 이상을 유지하고 있었으며, mummy를 살펴본 결과 95% 이상의 mummy가 우화된 상태로 미루어 볼 때, 진디벌은 mummy에서 우화하여 그 발생량이 최성기를 보여주고 있었다. 진디벌의 발생은 진딧물이 발생한 A동에서 가장 밀도가 높았으며, 인접한 옆 동이 그 다음, 가장 멀리 떨어져 있는 C동이 가장 적은 밀도를 보여주고 있었다. 이는 진디벌이 주위의 하우스로 확산이 잘 되고 있는 것을 보여주고 있다. 그러나 불행하게도 1주일이 지난 후 방문하였을 때 진딧물과 진디벌을 모두 발견할 수 없었는데, 이는 농민이 진딧물 살충제를 살포한 결과임을 알았다. 만일 살충제를 살포하지 않았더라도 진디벌의 개체수가 크게 감소되었을 것으로 예측할 수 있는데, 이는 진디벌의 기주인 진딧물의 수가 적었고, 하우스 내부가 습하여 비닐에 달라붙어 사망하는 경우가 많아 이를 토대로 추정할 수 있었다.

온실가루이에 기생하는 쯤벌류인 *Encarsia* sp.가 대전근교에 위치한 본 과제의 실험포장 하우스에서만 확인되었는데, 이 쯤벌은 네덜란드의 Koppert사에서 수입하여 일부 농가에서 사용하고 있는 쯤벌류로 생각된다. 이러한 쯤벌이 발생한 것은 수입 방사한 쯤벌이 우리 나라 환경에 적응하여 분포되어 있는 것인지, 혹은 우리의 토착종인지 좀더 시간을 가지고 연구해야 될 과제이다.

Table 2. 토마토 하우스에서의 목화진딧물에 기생하는 기생벌인 목화진디벌의 밀도 분포

	채 집 줄				합 계	평 균
	1	2	3	4		
A동	14	10	44	12	80	20.0
B동	13	12	20	16	61	15.3
C동	10	8	5	9	32	8.0

줄 당 50회 포충망을 이용한 sweeping



Fig. 4. 토마토에 발생하는 온실가루이. Fig. 5. 토마토에 발생하는 차응애.



Fig. 6. 토마토를 가해하는 담배거세미나방.

## 2. 오이에서의 해충 및 천적의 발생

오이를 재배하고 있는 하우스(Fig. 7)에서는 Table 3에서 볼 수 있는 바와 같이 목화진딧물, 점박이용애, 꽃노랑총채벌레, 온실가루이 등이 채집되었다. 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)는 4월 중순에 부산 지역에서 처음 채집된 이후 전국 각지에서 채집되었다. 6월 초순경부터 하우스 주변의 잡초까지도 심하게 가해하고 있음을 확인할 수 있었다.

목화진딧물(*Aphis gossypii*)은 전국적인 분포상을 보이고 있었으나, 오이의 하엽에 주로 기생하고 있어 실제적으로 오이의 생산에는 크게 피해를 주고 있지는 않았지만, 무방제 구역에서는 신초뿐만 아니라 열매까지 심하게 감염되어 식물체가 고사되기까지 하였다. 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)는 토마토 하우스와 인접된 오이 하우스 포장에서 주로 발생이 확인되어서 인접된 토마토 포장에서 이동한 것으로 생각된다. 점박이용애(*Tetranychus urticae*)는 경주지역을 비롯한 일부 지역에서 발생하고 있었으나 크게 피해를 주고 있지 않는 듯 보였으며, 이는 재배농민의 약제처리로 인한 원인도 배제할 수 없었다. 작은각시 들명나방(*Palpita indica*, Fig. 8)은 8, 9월에 일부 포장에서의 발생이 확인되었으나, 재배농민의 방제로 개체수는 매우 적은 편이다. 천적으로는 포식충인 열석점긴다리무당벌레를 비롯한 무당벌레류와 애꽃노린재가 채집되었으며, 진디벌류와 온실가루이좀벌이 확인되었다. 온실가루이좀벌을 제외한 다른 천적곤충들은 전국적인 분포를 보이고 있었으나, 온실가루이좀벌은 대전근교의 본 과제의 실험포장에서만 확인되었다.



Fig. 7. 오이하우스 전경



Fig. 8. 오이를 가해하는 작은각시들명나방 유충.

Table 3. 오이를 재배하고 있는 시설재배지에서의 해충 및 천적상

해충명 (천적곤충*)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
목화진딧물			+	++	++	++	+	+	+	++		
점박이응애				+	+		+					
꽃노랑총채벌레				+	+++	+++	+++	++				
온실가루이						+		+	+	+		
잎굴파리						+	+					
무당벌레						+						
애꽃노린재							+					
작은각시들명나방								+	+	+		
차응애								+	+			
온실가루이좀벌*									+			
열석점긴다리무당벌레*				+	+	+						
목화진디벌*				+	+	+	+		+			
무당벌레*						+						
애꽃노린재*							+					

\* 발생밀도: +; 극소량의 개체확인, ++; 국부적인 발생, +++; 하우스 전체적 분포 및 피해심각

### 3. 참외 및 수박에서 위 해충 및 천적의 발생

참외와 수박은 재배시기가 매우 한정되어 있어 주로 5, 6, 7월에만 관찰할 수 있었다. 참외(Fig. 9)와 수박(Fig. 10)을 재배하고 있는 하우스에서의 주요해충으로는 Table 4에서 볼 수 있는 바와 같이 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)가 전국 각지에 걸쳐 주로 발생하고 있었다. 목화진딧물(*Aphis gossypii*)은 밀도는 높지 않았으나 고루 발생하고 있었으며 점박이응애(*Tetranychus urticae*)는 일부 지역에서 대단위로 발생하고 있었으나 작물의 수확이 거의 끝난 상태여서 약제를 살포하지 않은 포장이었다. 작은각시들명나방(*Palpita indica*, Fig. 8)과 반날개과의 일종인 *Paederus fuscipes*, 이화명나방, 줄범하늘소, 명주달팽이 등을 확인할 수 있었다.

천적으로는 목화진딧물에 기생하고 있는 진디벌과 열석점긴다리무당벌레가 채집되었으나 밀도는 높지 않았다.



Fig. 9. 참외재배 하우스 전경

Table 4. 참외 및 수박을 재배하고 있는 시설재배지에서의 해충 및 천적상

해충명 (천적곤충*)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
목화진딧물				+		+	+					
이화명나방					+							
줄범하늘소					+							
명주달팽이					+							
반날개					+							
점박이응애					+	++						
장님노린재					+							
두점박이응애					+							
꽃노랑총채벌레					+++	+++						
차응애						+	+					
작은각시들명나방					+	+	+					
고자리파리						+	+					
열석점진다리무당벌레*					+							
진디벌류*				+	+							

\* 발생밀도: +; 극소량의 개체확인, ++; 국부적인 발생, +++; 하우스 전체적 분포 및 피해심각

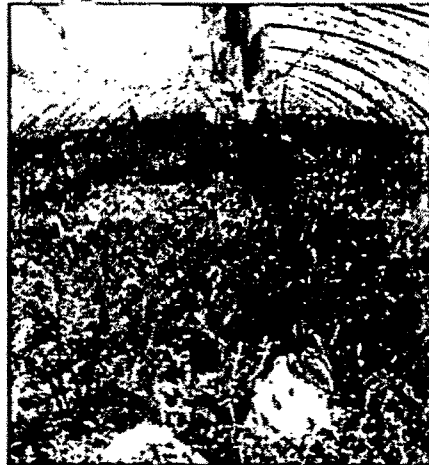


Fig. 10. 수박재배 하우스

#### 4. 고추에서의 해충 및 천적의 발생

고추를 재배하고 있는 포장(Fig. 11)에서는 비교적 해충의 발생을 확인할 수 없었으나 충남 예산지역을 비롯한 일부 지역에서 꽃노랑총채벌레에 의한 피해가 매우 심각하게 발생하고 있었으며 6월 초순경 충남지역의 많은 고추포장에서 쉽게 관찰할 수 있을 정도로 많이 발생하고 있다. 그 외에도 새로이 심은 포장의 경우 유묘기에 복숭아혹진딧물이 일부 피해를 주기도 하였으며(Fig. 12), 천적류로는 복숭아혹진딧물에 기생하는 진디벌과 애꽃노린재, 무당벌레 등이 주요 천적으로 활동하고 있었지만 해충의 개체군수준을 낮출 수 있는 밀도는 형성하지 못하고 있었다.

Table 5. 고추에 피해를 주고 있는 해충 및 이들의 천적

해충명 (천적군충*)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
꽃노랑총채벌레			++	+++	+++	+++	+++	++	++	++		
복숭아혹진딧물					+	+	+		++	++		
차면지응애						+						
진디벌						+	+		+	+		
점박이응애							+		+	+		
목화진딧물								+	+			
담배나방								+	+	+		
고자리파리								+	+			
애꽃노린재*						+	+					
무당벌레*							+					

\* 발생밀도: +; 극소량의 개체확인, ++; 국부적인 발생, +++; 하우스 전체적 분포 및 피해심각



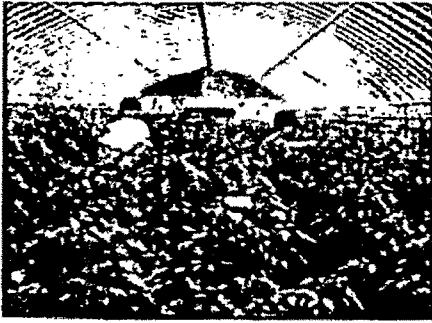


Fig. 11. 고추재배 하우스      Fig. 12. 복숭아혹진딧물의 피해를 입은 고추의 유묘

##### 5. 딸기에서의 해충 및 천적의 발생

문헌상으로 국내에 알려져 있는 딸기해충은 50여종에 이른다. 그 중 딸기만을 숙주로 하고 있는 해충은 소수에 불과하고, 장미과 식물이나 활엽수에도 발생하는 비교적 기주범위가 넓은 해충이 대부분이다. 또한, 이 해충들 중에는 노지딸기에서 종종 발견되는 해충이 많이 포함되어 있고 경제적으로 피해를 주고 있는 주요 해충은 수종에 불과하다.

시설딸기에서 응애류와 진딧물류의 발생경로를 살펴보면, 1) 모종에 붙어서 본 포장에 함께 이입되는 경우, 2) 정식 후에 본 포장 내외에 있는 잡초에서 이동하여 오는 경우, 3) 비닐 피복기 이후에 입구로 들어오거나, 환기를 기회로 개구부를 통해 침입하는 경우로 추정할 수 있다.

딸기포장에서는 다양한 종류의 해충이 조사되었으나 살충제의 다량 사용으로 인하여 해충상이 크게 높아지는 곳은 관찰할 수 없었다. 해충의 종류로는 잎을 식해하는 딸기잎벌레(Fig. 13), 점박이용애, 잎을 흡즙하는 애꽃털진딧물(Fig. 14), 목화진딧물, 반날개의 일종인 *Paederus fuscipes*와 꽃등에과에 속하는 꼬마꽃등에, 별넓적꽃등에, *Episyrphus balteatus*와 그 외 섬서구메뚜기 등도 일부 조사되었다.

천적류로는 진디벌에 기생당한 진딧물의 mummy만이 조사되었다.



Fig. 13. 말기를 가해하고 있는 말기잎벌레 유충.



Fig. 14. 말기에 밀집되어 개체군을 유지하고 있는 애못털진딧물.

Table 6. 말기에 발생한 해충 및 천적

해충명 (천적곤충*)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
점박이용애			+	++	+	+						
애못털진딧물			+	+		+						
목화진딧물				+	+	+						
반날개					+							
들보달팽이					+	+	+	+	+			
꼬마꽃등애					+							
별뿔적꽃등애					+							
꽃노랑총채벌레					+							
복숭아혹진딧물						+						
차용애					+	+						
담배거세미나방								+	+			
파밤나방								+	+			
말기잎벌레								+	+			
섬서구메뚜기								+				
진디벌*				+		+			+			

\* 발생밀도: +; 극소량의 개체확인, ++; 국부적인 발생, +++; 하우스 전체적 분포 및 피해심각

## 6. 기타 작물에서의 해충 및 천적의 발생

최근 들어 포도가 하우스 내에서 재배가 늘어나고 있는 추세이다 대부분의 포도 하우스에서는 거의 해충이 발생되고 있지 않았지만, 일부 지역의 하우스에서 포도쌍점애매미충의 발생이 확인되었다(Fig. 15). 포도쌍점애매미충은 약충과 성충이 있을 흡즙하여 잎표면에 흰색의 반점이 매우 심하게 발생하고 있었다(Fig. 16). 포도쌍점애매미충은 연 3회 발생하며, 성충으로 월동하는 것으로 알려져 있다.

그 이외의 일부 지역에서 재배되고 있는 작물에 서식하는 해충발생을 보면, 상추에서는 명주달팽이, 배추에서는 파밤나방, 무테두리진딧물, 배추좀나방, 배추벼룩잎벌레(Fig. 17), 양배추에서는 가루진딧물, 배추좀나방, 무에서는 무테두리진딧물, 복숭아혹진딧물, 가지에서는 복숭아혹진딧물, 멜론에서는 점박이용애, 장미에서는 점박이용애, 담배거세미나방, 오이총채벌레, 안개꽃에서는 점박이용애, 거베라에서는 오이총채벌레, 아메리카잎굴파리, 담배거세미나방, 금어초에서는 복숭아혹진딧물, 국화(Fig. 18)에서는 점박이용애, 복숭아혹진딧물, 딱부리긴노린재, 배추좀나방, 명주달팽이, 꽃노랑총채벌레, 백합에서는 각다귀류, 툇툇이류, 뿌리응애, 목화진딧물, 명주달팽이, 벤자민고무나무에서는 점박이용애, 관엽류에선 굴각지벌레, 감귤에서는 굴응애 등이 발생하는 것으로 조사되었다.



Fig. 15. 포도쌍점애매미충



Fig. 16. 포도쌍점애매미충에 의한 피해.



Fig. 17. 배추를 가해하는 배추벼룩잎벌레



Fig. 18. 대규모 하우스에서 재배되고 있는 국화의 모습.

## 제 5 절 주요 온실해충의 생태적 · 생리적 · 행동학적 특성

### 1. 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)

총채벌레의 발육단계는 알과 유충기 2회, 전용기, 용기, 성충기 등 총 6단계를 경과한다. 총채벌레는 무성생식과 유성생식 모두로 번식할 수 있으며, 보통 수정되지 않은 암컷은 수컷만을 생성하는 반면에 수정된 암컷은 암컷과 수컷 모두를 산란하고 있다. 수컷이 거의 없는 곳에선 처녀생식을 하지만, 수정되지 않은 암컷은 암컷만을 생성하여 수컷은 거의 발생하지 않으므로 대개 무성생식한다.

꽃노랑총채벌레는 미국 서부지역이 원산지로 70년경부터 분포하기 시작하여 전세계적으로 분포하고 있다. 국내에는 93년 9월 제주도의 시설감귤의 과일을 가해하여 피해를 주면서 처음으로 보고된 이후, 이듬해 제주도 전역은 물론 경남, 경기, 강원 등지에서 발견되었고, 그 후 현재에는 거의 전국적으로 발생되고 있다. 기주범위가 넓어 약 50과 200여 종의 식물을 가해하는 것으로 보고되어 있다.

꽃노랑총채벌레의 촉각은 모두 8개 마디로 구성되어 있으며, 길이는 0.25mm이다. 3번째 마디(Fig. 19)와 4번째 마디(Fig. 20)에는 부메랑 모양을 하고 있는 매우 특이적인 형태를 하고 있는 감각기를 볼 수 있다. 이러한 구조가 과연 어떠한 역할을 하는지는 TEM을 통하여 좀 더 연구를 해야할 것으로 생각된다. 또한 5번째(Fig. 21)와 6번째 마디(Fig. 22)에는 길이가 7 $\mu$ m 정도에 불과한 감각기가 위치하고 있으며, 이들은 그 모양 특성상 화학적 감각기능을 가지고 기주식물을 찾거나 짝을 찾는 행동에 이용하는 듯 추측할 수 있지만 자세한 내용은 TEM을 통하여 좀 더

연구를 해야 알 수 있다. 3번째 마디는 2번째 마디에 매우 협소하게 연결되어 있어 마치 종을 거꾸로 들고 있는 듯한 모양을 하고 있다(Fig. 23). 이러한 구조는 촉각 위로 많이 분포되어 있는 감각신경들이 한곳으로 집중되는 병목현상을 보일 듯도 하다. 8번째 마디(Fig. 24)에는 모두 8개의 감각기가 있는데 길이에 따라서 25, 20 $\mu$ m가 2개씩, 15 $\mu$ m 크기가 4개가 분포되어 있어 먹이를 찾는데 주요한 역할을 담당할 것으로 사료된다.

입틀(Fig. 25)은 비교적 앞으로 튀어나온 모양을 하고 있으며 턱수염은 작은 것 1쌍, 큰 것 1쌍으로 구성되어 있어 먹이를 찾는데 사용하는 듯 보이며, 여기에는 화학감각과 기계적 감각을 모두 담당할 것으로 보이는 감각기가 15 $\mu$ m짜리 1개, 8 $\mu$ m짜리 3개, 4 $\mu$ m짜리 두개 등으로 분포하고 있어 이들의 기능은 매우 다양할 것으로 사료된다(Fig. 26). 구기의 끝(Fig. 27)에는 감각기가 양쪽으로 3줄씩 줄지어 분포하고 있으며 5개, 4개, 5개 등 모두 14개의 감각기가 양쪽으로 배열되어 있다. 이들 감각기는 주로 맛을 보는 미각을 담당하고 있는 듯하며, 식물체의 표면을 탐색하는데 중요한 작용을 하는 것으로 생각된다. 또한 구침은 반원통형인 두개의 구침이 짝을 이루고 있으며, 톱니 모양의 구조는 보이지 않는다. 이와 같이 톱니모양의 구조가 필요하지 않는 이유는 총채벌레가 주로 식물체의 약한 조직인 신초나 꽃 부분을 흡즙하는 습성을 가지고 있기 때문인 듯하며, 이러한 구조를 가지고 있어 약한 부분만을 가해하는지도 모른다.

다리의 구조(Fig. 28)는 다른 곤충들과는 달리 발톱을 가지고 있지 않다. 이러한 이유로 총채벌레를 채집시 주로 타락법을 사용하게 되는 데 이는 발톱이 없어 식물의 조직에 견고히 지탱할 수 없기 때문이다.

성충은 식물체의 꽃, 어린 열매, 순 등의 어린 조직 속에 산란한다. 부화한 약충은 조직을 흡즙하면서 성장하여 2령을 경과한 후, 노숙유충

이 되어 땅속에서 제 1, 2 번데기 기간을 거친 후 성충으로 우화하는 것으로 보고되어 있다. 알에서 성충이 되기까지의 기간은 21일 정도이고 성충수명은 60일이며, 암컷 한 마리당 산란수도 많아 번식력이 뛰어난 것으로 보고되어 있다. 국내 전지역에서 노지월동이 가능한 것으로 추정되어 하우스뿐만 아니라 노지의 각종 원예작물에서 많이 발생하고 있다.

오이(Fig. 29), 고추(Fig. 30), 가지, 참외(Fig. 31), 수박, 호박 등 박과 및 가지과 채소에서 발생할 경우 주로 꽃에서 발견된다. 꽃, 순, 열매 등을 흡즙하므로 갈변, 낙화, 기형과 등의 피해가 발생한다. 피해양상은 엽맥과 엽맥사이에서 부정형의 큰 반문을 남기면서 가해하므로 크고 작은 흰색의 무늬가 많이 생긴다.



Fig. 19. 꽃노랑총채벌레의 3번째 마디 끝에 붙어 있는 감각기의 SEM을 이용한 미세구조.



Fig. 20. 꽃노랑 총채벌레의 4번째 마디 끝에 붙어있는 감각기의 SEM을 이용한 미세구조.

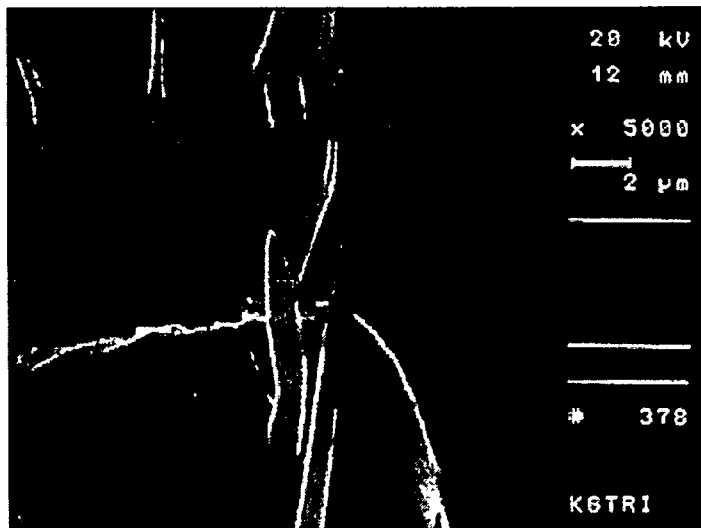


Fig. 21. 꽃노랑총채벌레의 5번째 마디 끝에 붙어있는 화학감각기





Fig. 22. 꽃노랑총채벌레의 6번째 마디 끝에 붙어 있는 감각기의 SEM을 이용한 미세구조.



Fig. 23. 꽃노랑총채벌레의 3번째 마디 밑부분의 미세구조.

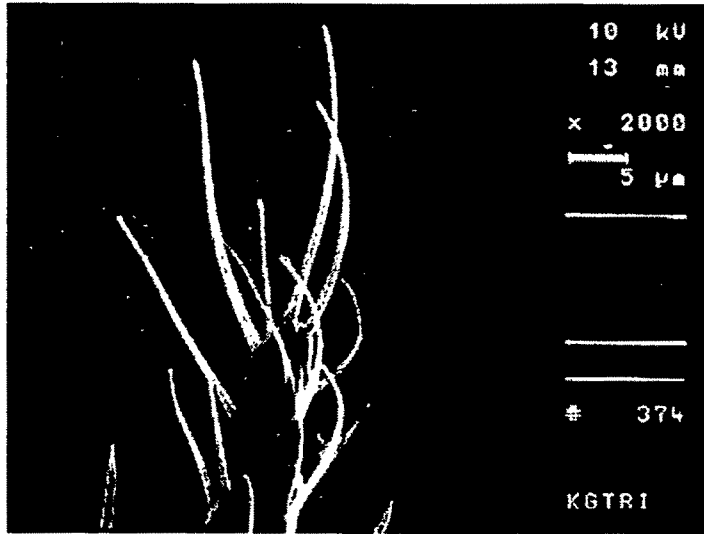


Fig. 24. 꽃노랑총채벌레의 8번째 끝마디에 분포하고 있는 감각기

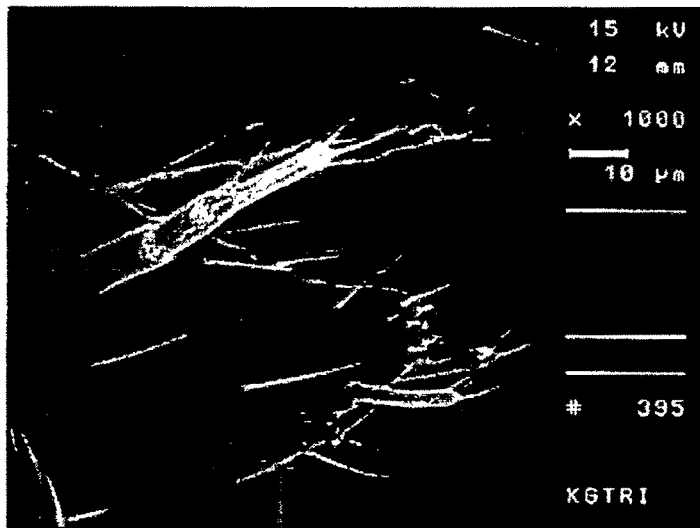


Fig. 25. 꽃노랑총채벌레의 입틀모양

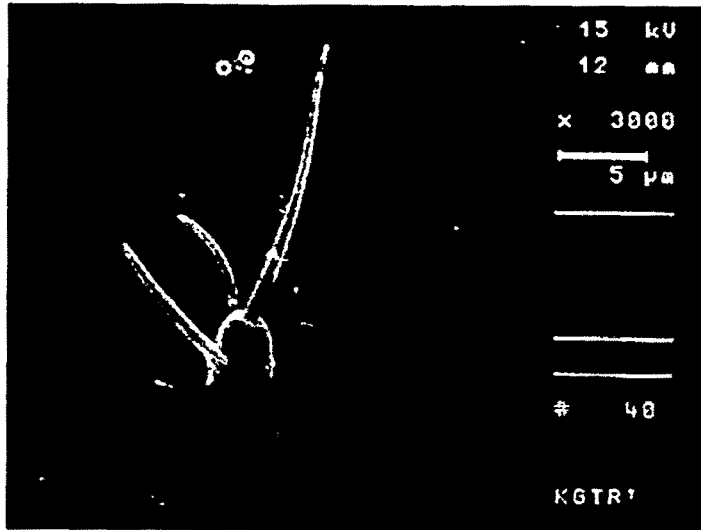


Fig. 26. 꽃노랑총채벌레의 입틀부분의 감각기.

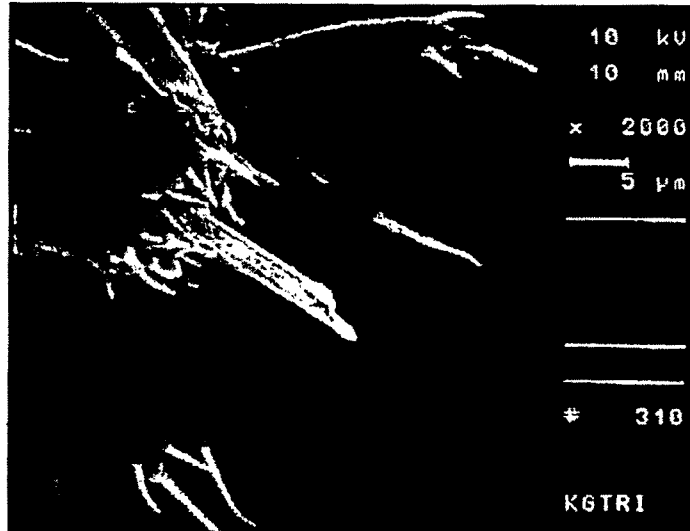


Fig. 27. 꽃노랑총채벌레의 입틀 부분의 구기 끝 부분 및 구침의 이동

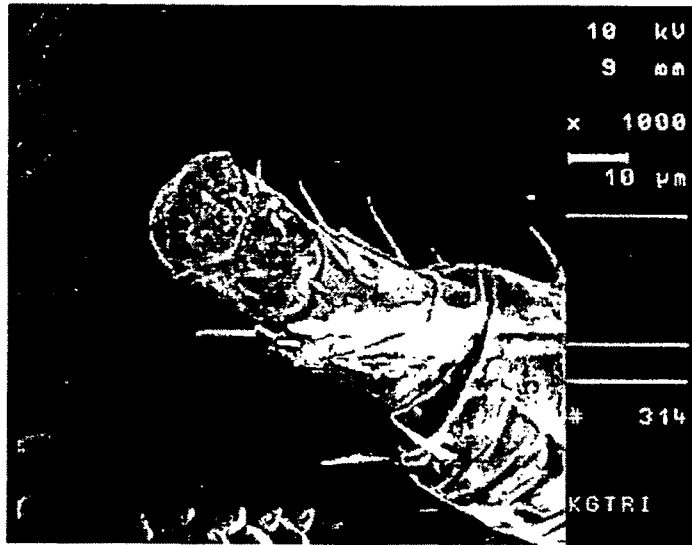


Fig. 28. 꽃노랑총채벌레의 앞다리 모습.



Fig. 29. 오이의 꽃에 밀생하고 있는 꽃노랑총채벌레.



Fig. 30. 고추의 꽃에 밀생하고 있는 꽃노랑총채벌레.

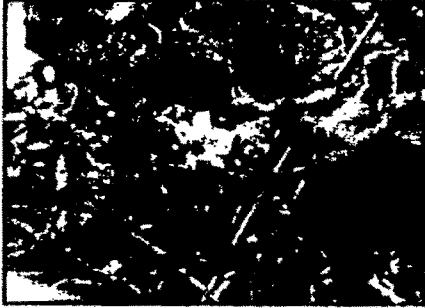


Fig. 31. 참외의 꽃에 밀생하고 있는  
꽃노랑총채벌레.

## 2. 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)

미국의 남서부가 원산지로 알려져 있으나, 현재 열대지역에서 한대지역에 이르기까지 세계적으로 광범위하게 분포하고 있다. 국내에선 1977년 수원에서 처음 발견되었으며, 80년대 초에 사우디아라비아 또는 일본에서 유입되어 정착한 것으로 추정된다. 알에서부터 1~4령충을 거쳐 성충까지 6단계의 생활환을 가지고 있는 것이 일반적이다. 산란된 알은 1~2일이 지나면 검은색으로 변하면서 7~10일 후에는 부화되며, 크기는 약 0.3mm정도이다. 유충은 잘 발달된 더듬이와 다리를 가지고 있다. 이차유충기에 앞 위로 편평하게 누워 있으며 투명하여 잘 보이지 않는다. 이때의 크기는 약 0.37mm이다. 3차 유충기 동안 0.51mm가 되면서 이차유충기와 구별된다. 4차 유충기에서 약 0.73mm가 되며 많은 wax 물질을 분비한다. 성충이 된 후 1~2일이 지나면 암컷은 산란하기 시작하는데, 교미하지 않았다면 수컷만 산란하지만 우화 후 짧게 발생하는 교미 후, 암컷은 수컷과 암컷의 알을 산란할 수 있다. 성비는 대개 1 : 1이다. 암컷 당 28~534개의 알을 산란한다.

온실가루이의 알은 둥근 쌀알모양을 하고 있으며(Fig. 32), 알은 식물체에서 떨어지지 않도록 강하게 부착되어 있는데 이는 알과 식물체 사이

에 부착대를 형성하고 있기 때문인 것으로 보인다(Fig. 33).

촉각의 길이는 0.3mm로, 전체가 6마디로 구성되어 있고, 첫마디는 굵고 짧으며 둘째 마디부터 가늘고 긴 채찍모양을 하고 있다. 끝마디인 6번째 마디(Fig. 34)의 끝에는 길이가 10 $\mu$ m 정도의 가늘고 비교적 긴 감각기를 가지고 있어 주로 기주를 탐색하는 과정에서 식물체의 표면을 탐지하는데 사용하는 것으로 사료되며, 바로 밑부분(Fig. 35)에는 길이가 7~8 $\mu$ m 정도의 비교적 굵은 감각기 2개가 존재하고 있다. 이 감각기는 반대편에는 존재하고 있지 않은 비대칭 분포를 보이고 있으며, 또한 두개의 모양이 서로 상이함을 볼 수 있다. 이들의 기능은 주로 기주식물을 탐색하거나 후각기능의 화학적 감각기의 역할을 하는 것으로 추정할 수 있다. 그 이외에 작은 미세감각기들이 층을 이루고 있는 촉각의 골격에 나란히 배열되어 있는 구조를 하고 있다. 다른 마디에서도 보면 6번째 마디와 별 차이가 없는 미세감각기들이 분포하고 있으며, 5번째 마디(Fig. 36)에서도 비교적 짧고 굵은 감각기를 1개 가지고 있었다. 한편 3, 4번째 마디에서는 이러한 감각기가 분포하지 않고 있다.

온실가루이의 구기는 전형적인 piercing-sucking type으로, 구침이 길게 잘 발달되어 있다. 구기의 끝부분(Fig. 37)은 10여 개의 미세감각기가 분포하고 있어 식물체 표면을 탐색하고 맛을 보는 미각기능을 하고 있으리라 추측할 수 있다. 구침(Fig. 38)은 종종 구기에서 분리되기도 하지만 구침을 잡아 주는 지지대가 기부 쪽에 자리하고 있음을 알 수 있다. 구침(Fig. 39)은 두개의 반원형이 붙어 있는 형상을 하고 있으며, 다른 흡즙형의 구침과는 달리 톱날모양의 구조는 볼 수 없었다. 이러한 구침은 식물체에서 즙액을 흡즙하게 되면 식물체 표면에 그들의 식흔을 만들게 되는데, Fig. 40에 나타난 이러한 식흔은 여러 곳에서 찾아 볼 수 있다.

온실가루이의 다리 끝에 붙어 있는 발톱은 식물체에 고정시키기 위한 구조로 보이는 두개의 갈고리 형태의 기관과 중앙 지지대 형태의 구조를 포함하여 3갈래의 구조를 하고 있다(Fig. 41).

주로 식물체의 즙액을 흡즙하며 잎뒷면을 가해한다(Fig. 42). 피해 받은 식물은 잎과 새순의 생장이 저해되거나 퇴색, 위조, 낙엽, 성장저해, 고사 등 직접적인 피해를 받는다. 또한 배설물인 감로에 의해 그을음병을 유발시켜 광합성을 저해하며 바이러스를 매개하여 간접적인 피해를 일으킨다.

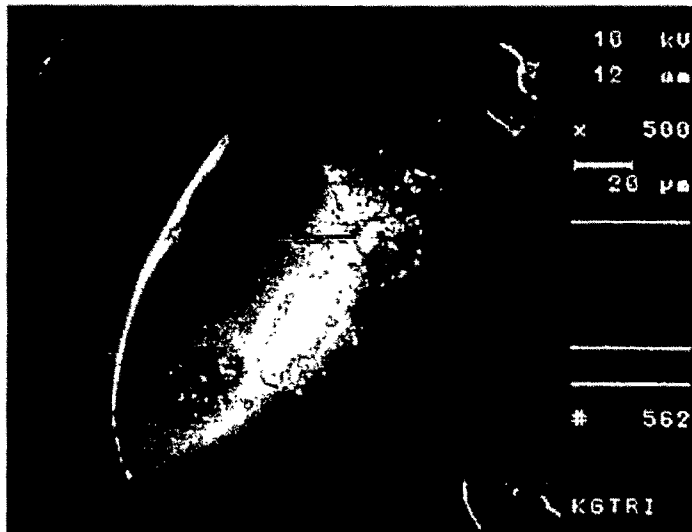


Fig. 32. 온실가루이가 토마토 잎에 산란한 알의 모양.

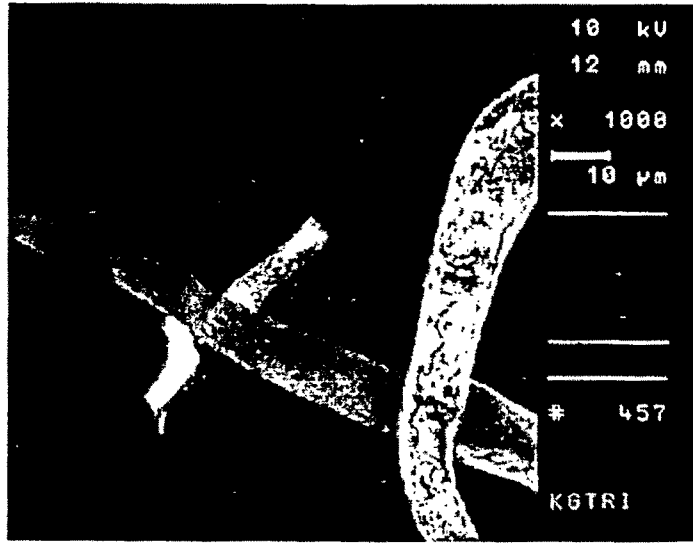


Fig. 33. 온실가루이가 토마토 잎에 산란한 알 부착되었던 토마토의 표면.

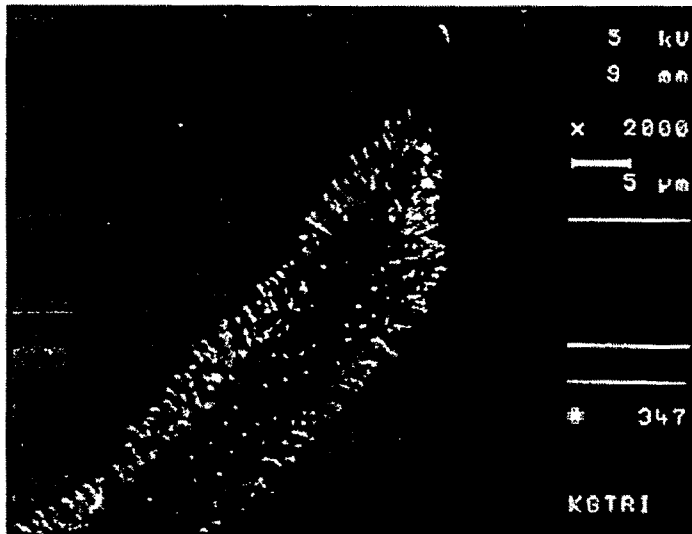


Fig. 34. 온실가루이 촉각의 6번째 마디의 모양.



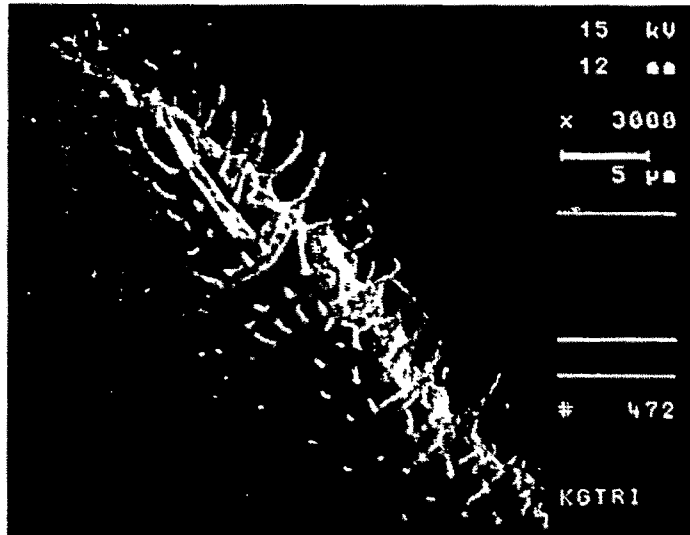


Fig. 35. 온실가루이 촉각의 6번째 마디의 화학적감각을 담당하는 것으로 추정되는 감각기 2개가 비대칭으로 위치한 모습.

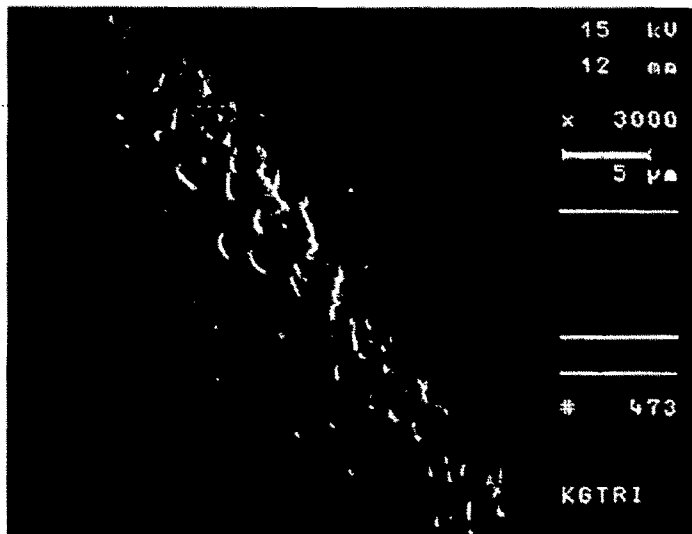


Fig. 36. 온실가루이 촉각의 5번째 마디.

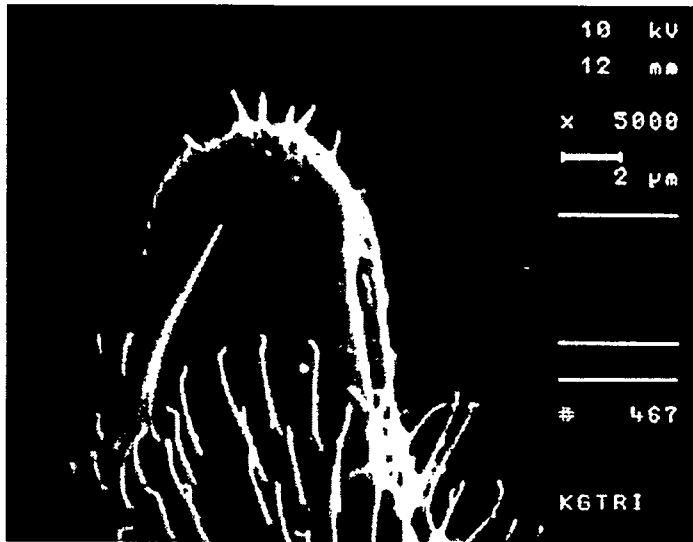


Fig. 37. 온실가루이 구기의 끝부분.

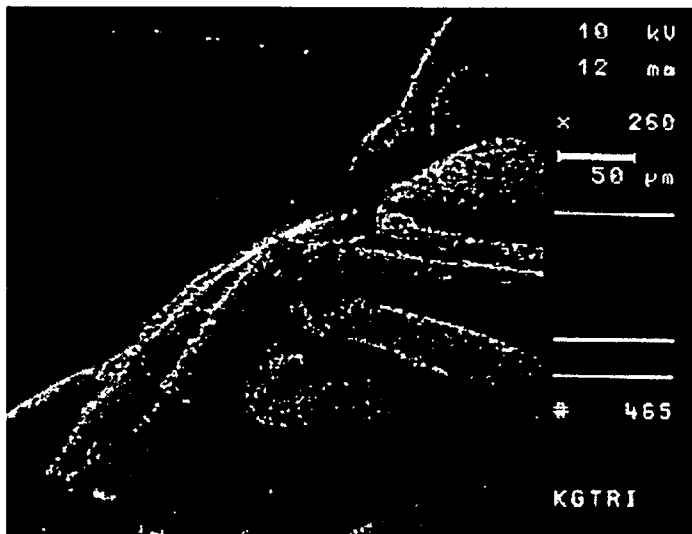


Fig. 38. 온실가루이 구기의 구침이 입틀에서 분리된 모양

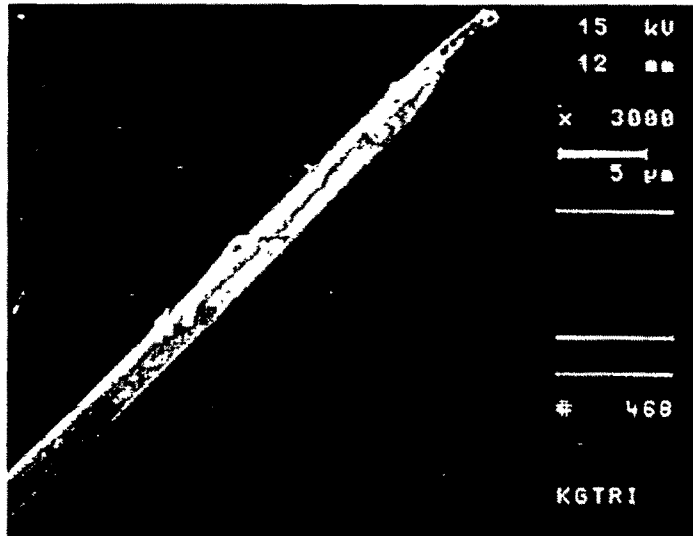


Fig. 39. 온실가루이 구기의 구침 끝의 미세구조.

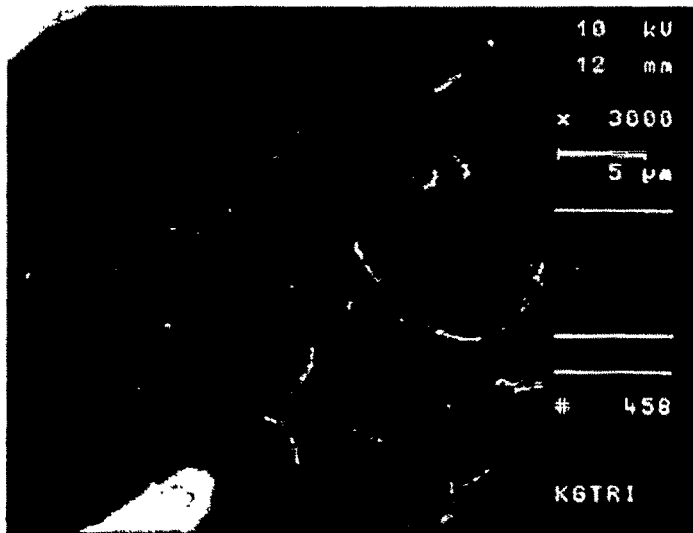


Fig. 40. 온실가루이가 토마토 잎을 흡즙한 흔적.

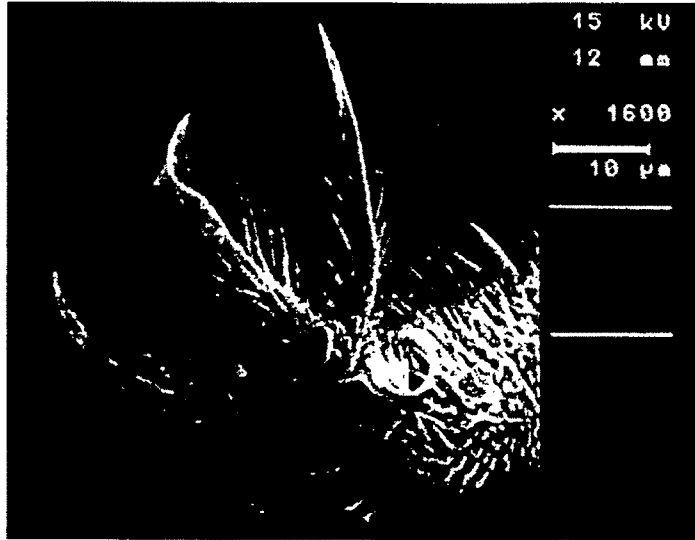


Fig. 41. 온실가루이 뒷다리의 발톱.

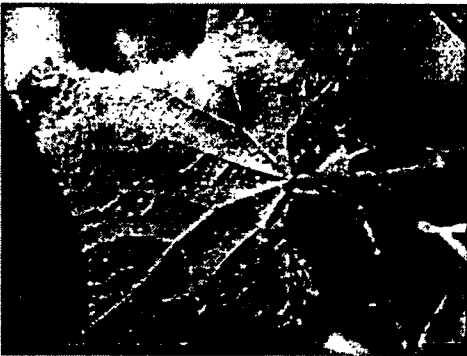


Fig. 42. 오이의 앞뒷면에 균서하고 있는 모습.

### 3. 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)

66과 300여종의 식물을 가해하는 다식성으로 기주범위가 넓고 연중 발견되며 고추에서 대발생하는 사례가 많다. 유시충은 황갈색, 연한 황색, 녹색, 핑크색 등 체색변이가 심하다. 제 3배마디 등판부터 빨판 밑 부분까지 검은 무늬로 덮여 있고 무늬의 양쪽에 2개씩의 돌출부가 있다.

뿔관은 황색이거나 거무스름한 갈색으로 원기둥 모양이다. 무시충은 몸 색깔이 연한 황색, 녹황색, 녹색, 분홍색, 갈색 등이고 때로는 거무스름하게 보이는 것도 있다. 뿔관은 거의 무색이거나 황갈색 또는 연한 갈색이다. 뿔관의 중앙부가 약간 팽대하나 끝 부분은 약간 볼록하며 끝에 테두리와 테두리 띠가 있다.

복숭아혹진딧물의 촉각은 모두 6마디로 이루어져 있다. 촉각은 전체적으로 보면 감각기가 거의 없는 밋밋한 형태를 하고 있으나, 미세구조를 보면 몇 개의 감각기와 감각구멍을 찾아 볼 수 있다. 끝마디인 6번째 마디에는 촉각의 끝에 약 6~7 $\mu\text{m}$  정도 크기의 매우 짧은 감각기 4개가 분포하고 있는데(Fig. 43) 이는 주로 기주 식물을 탐색하는데 사용하고 있는 것으로 보인다. 5번째 마디(Fig. 44)의 경우에는 표피구조가 매우 굴곡을 이루고 있으며, 8 $\mu\text{m}$  정도 크기의 감각기가 드물게 분포를 하고 있었으며, 3번째 마디(Fig. 45) 경우에는 털 모양의 감각기가 군데군데 분포하고 있는 반면에 지름이 10 $\mu\text{m}$  정도의 원판형의 감각기가 약 30 $\mu\text{m}$  간격으로 분포되어 있으며, 이 역시 후각기능의 화학적 감각작용을 하는 것으로 추정된다. 한편, 4번째 마디의 끝 쪽(Fig. 46)과 5번째 마디의 끝 쪽(Fig. 47)으로는 서로의 마디가 이어지는 부분에 함몰형의 감각기관이 분포하고 있는데, 표면은 각질화된 털 모양의 표피로 덮여 있는 구조를 하고 있다. 이들 감각기관들에 대한 자세한 기능은 TEM을 통하여 연구가 되어져야 할 것이다.

한편 구기(Fig. 48)는 전형적인 piercing-sucking type의 흡즙형을 하고 있으며, 구기의 끝 부분은 두 부분으로 갈라져 있고, 그 가운데 통로를 통하여 구침이 드나드는 구조를 하고 있다. 구기의 끝 부분은 다른 종류의 흡즙형 구기와 마찬가지로 1~2 $\mu\text{m}$  정도 길이의 8쌍의 감각기가 분포하고 있어 식물체를 탐색하는데 주로 이용되고 있으며, 구침은 끝이

약간 흰 모양의 두개의 톱날형이 쌍으로 겹쳐져 있으며, 날이 작은 톱날 형을 하고 있어, 구침이 식물체의 조직을 파고 들어가는데 매우 유리한 구조를 하고 있다.

복숭아혹진딧물은 주로 복숭아나무, 매실, 자두나무의 겨울눈이나 겹질 속에서 알로 월동하며 3월 하순, 4월 상순에 부화하여 간모가 된다. 간모는 단위생식을 하여 겨울숙주에서 1~2세대를 지난 뒤 5월 상, 중순경이 되면 유시충이 생겨 이동한다. 여름숙주인 각 작물로 10월 중하순이 되면 산란성 암컷과 수컷이 생겨 교미하고 알을 낳는다. 1년에 9~23세대 발생하며 한 세대의 성숙기간은 약 11일, 생식기간은 16일, 수명은 29일인데, 봄, 가을에는 그 기간이 길고 여름에는 짧다. 암컷 한 마리가 약 50마리를, 하루에 보통 3마리 정도씩 낳는다. 복숭아, 자두, 벚나무 등에서 알로 월동하는 것과 십자화과 식물에서 태생자충으로 월동하는 것이 있다.

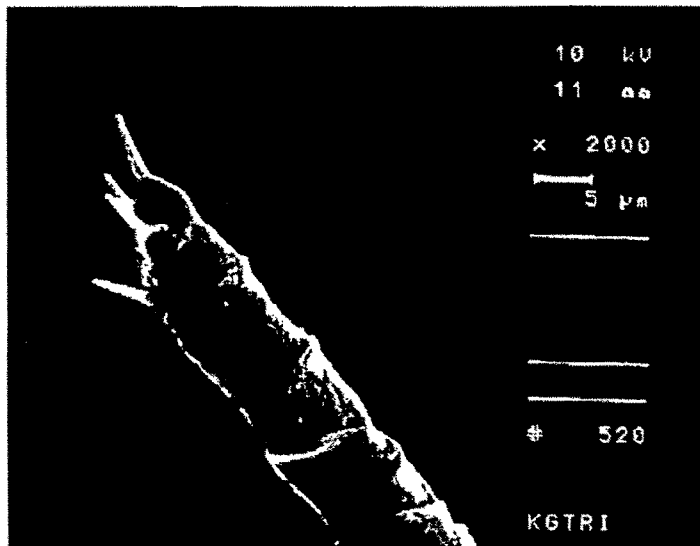


Fig. 43. 복숭아혹진딧물 촉각의 6번째 마디 끝부분.

복숭아혹진딧물에 의한 피해로는 흡즙에 의한 생육의 저해뿐만 아니라 배설물에 의한 잎과 열매에 그을음병을 유발하여 광합성을 저해하거나 상품가치를 떨어뜨린다. 고추, 감자에서는 복숭아혹진딧물에 의한 바이러스병을 유발한다.

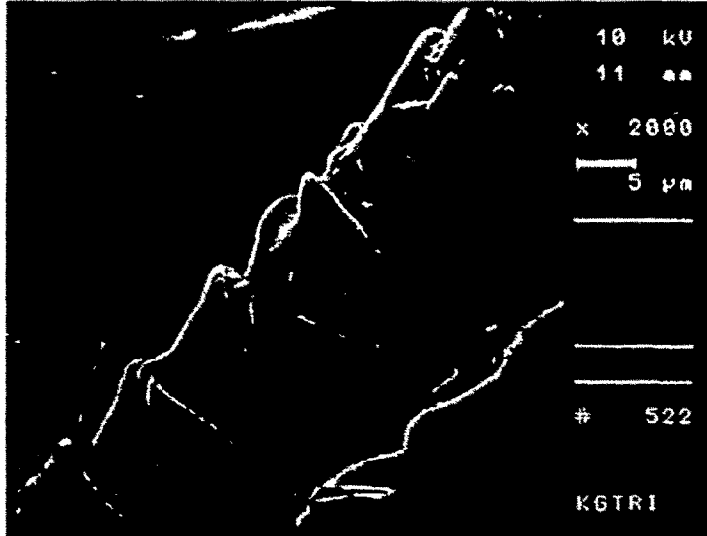


Fig. 44. 복숭아혹진딧물 축각의 5번째 마디에서의 감각기가 매우 드물게 분포된 모양.

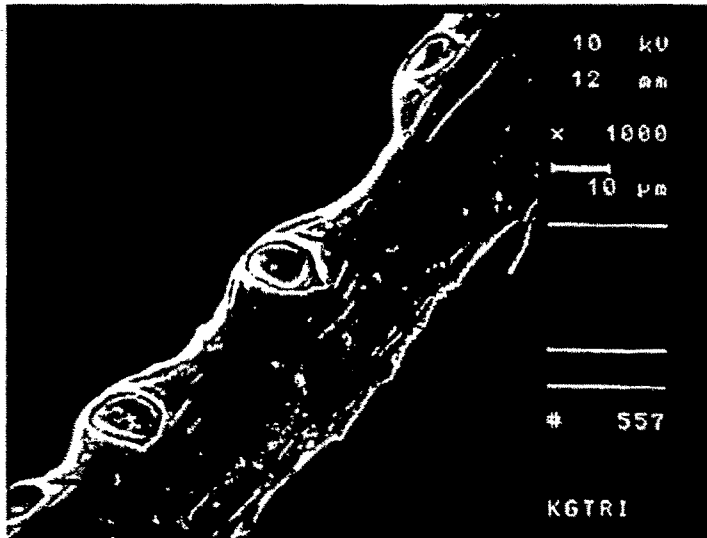


Fig. 45. 복숭아혹진딧물 축각의 3번째 마디에 있는 원판형 감각기.

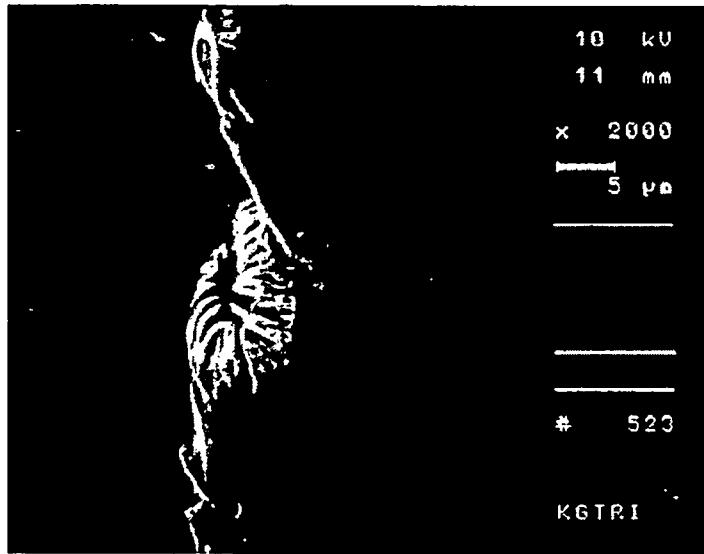


Fig. 46. 복숭아흑진딧물 촉각의 4번째 마디 끝부분.

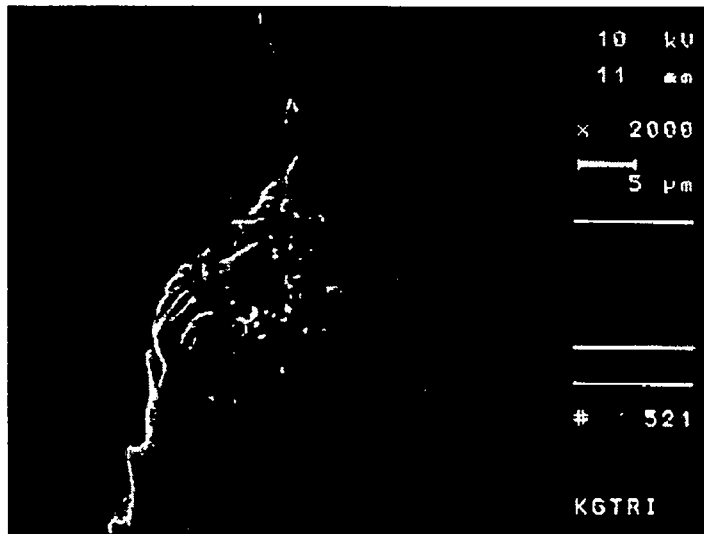


Fig. 47. 복숭아흑진딧물 촉각의 5번째 마디의 끝부분



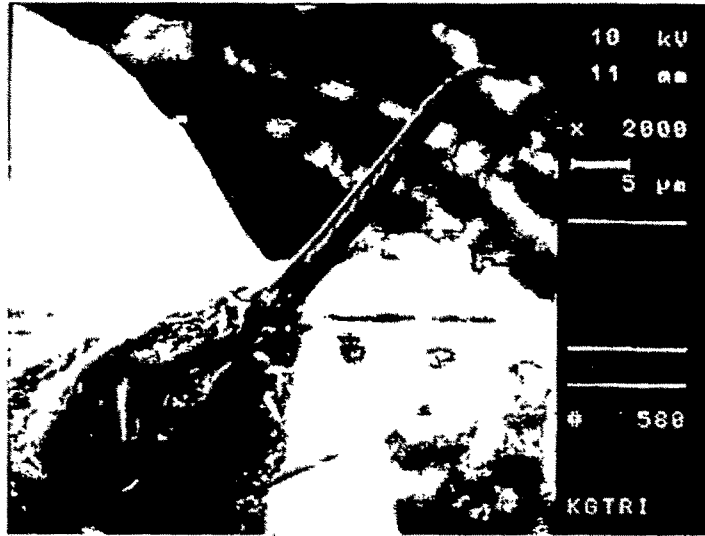


Fig. 48. 복숭아혹진딧물 구기의 구침(48).

#### 4. 목화진딧물(*Aphis gossypii*)

목화진딧물은 다식성으로서 100종 이상의 식물에 기생하고 있다(Fig 49). 유시충의 몸길이는 1.4mm로서 체색은 계절에 따라 변화가 심하여 봄에는 녹색계통이 대부분이지만, 여름에는 황색 또는 황갈색이고, 가을에는 갈색 또는 흑갈색을 띤다. 제 1, 2배마디 등판중앙부에 1~2개의 연한 흑색 띠가 있고, 7, 8배마디 등판에도 검은 띠가 있다. 뿔관은 검고, 원기둥모양으로서 비늘무늬가 있으며, 끝 부분에는 테두리가 약간 발달되어 있다. 무시충은 몸길이가 1.5mm로서 체색은 계절에 따라 녹색, 흑록색 또는 검은 빛갈을 띤다. 뿔관은 검고, 끝부분으로 갈수록 약간 가늘어지는 원기둥모양으로서 비늘무늬가 있고, 끝부분에는 테두리가 발달되어 있다.

야외개체군은 무궁화, 석류나무 등의 겨울눈이나 표피에서 알로 월동하

여 4월 중하순에 부화하지만, 간혹 하우스 내의 개체군은 겨울철에도 증식한다. 겨울기주에서 1~2세대를 경과한 뒤, 5월 하순~6월 상, 중순에 유시충이 출현하여 여름기주인 채소류, 화훼류로 이동하는데 이때 일부가 하우스에 침입하거나 정식기에 묘와 함께 하우스에 침입한다. 한 세대의 발육기간은 짧아 1주일이면 가능하고 1개월간 살면서 약 70마리를 산란한다. 시설내의 잡초에서 겨울에도 발생하며, 참갈매나무, 무궁화나무에서 알로 월동하는 것과 냉이, 광대나물, 큰개불알풀 등 잡초에서 태생자충으로 월동하는 것이 있다.

기주범위가 넓어 채소류 이외에도 많은 작물을 흡즙하여 생육을 지연시키고 각종 바이러스를 매개한다. 이들이 배설한 감로는 잎표면에 그을음병을 유발하여 광합성을 저해하거나 상품가치를 떨어뜨린다. 무궁화, 석류나무, 부용나무는 겨울숙주로서 발생이 많다.



Fig. 49. 목화진딧물이 기생하고 있는 모습

##### 5. 응애류

응애류는 세계 전역에 걸쳐 약 1만여 종이 발생되고 있으며 그 중에서 점박이응애는 Acarina목에 속하며, Tetranychidae과는 많은 유해한 종을 포함하고 있는 초식성 종으로 관상식물과 식량작물에 피해를 준다.

### 가. 점박이응애(*Tetranychus urticae* Koch)

녹색 잎을 가진 식물체에는 거의 기생하는데 가지, 오이, 토마토, 수박 등의 열매 채소류, 강낭콩, 들깨 등 밭작물, 장미, 한련화 등 화훼류 외에 클로버, 썩 등 수십 종의 잡초 등 기주범위도 넓고 발생 및 피해도 많아 가장 중요시되고 있다.

성충은 암컷이 0.5mm, 수컷이 0.4mm 전후의 크기로 타원형이며 뒷부분이 둥그스름하다. 색깔은 오렌지색의 밝은 노랑 혹은 밝은 초록에서 어두운 초록, 적갈색 혹은 흑색으로까지 변이할 수 있다. 수컷은 암컷보다 더 활동적이다. 수컷의 충체는 암컷보다 더 작으며 뒷부분이 뾰족하고 밝은 노랑 혹은 오렌지색에서 어두운 노랑 혹은 갈색으로 바뀐다. 또한, 종종 성충 응애의 색깔은 출현하는 작물에 좌우되는데, 오이에선 노란-갈색이지만 토마토에선 적갈색을 띤다. 암수컷 모두 일반적으로 충체의 각 부분에 두개의 커다란 검은 점들을 가지고 있는데, 크기와 모양 면에서 달라질 수 있고 월동시의 암컷은 같은 색이다. 점박이응애의 알들은 대부분 잎 뒤쪽에서 발견되며 산란직후엔 투명하며 둥글고 약 0.14mm의 직경이지만 나중에 불투명해지고 알에서 유충이 출현할 즈음은 담황색이다. 유충은 3쌍의 다리를 가지고 있으며 우화시 두개의 암적색 눈을 가진 무색이다. 섭식한 후, 그 색깔은 밝은 초록으로 바뀐다. 그 시기에 두개의 검은 점들이 몸 중심에 나타난다. 충분한 먹이를 식이한 후 제 1령 약충(protonymphs)으로 발육할 때까지 다리를 빼내어 잎에 정착하는데, 4쌍의 다리를 가지고 있으며 유충보다 약간 더 크고 색깔이 밝은 초록에서 검은 초록으로 변한다. 몸 위 두개의 점은 유충에서 보다 더 커지고 확실해진다. 식이가 끝난 후, 제 1령 약충은 휴식을 취하고 제 2령 약충(deutonymph)으로 발육하는데 제 1령 약충보다 더 크지만 유사한 색깔을 가지고 있다. 이 단계에서, 암수컷간에 차이점

이 보여지는데 수컷은 장원형(oblong)으로 암컷보다 약간 작고 둥근 모양을 하고 있다. 한번의 식이와 휴지단계를 가지면 제 2령 약충에서 발육하여 성충이 된다.

점박이용애는 다섯 단계의 생활사를 거치는데 알, 유충, 제 1 약충기(protonymph), 제 2 약충기(deutonymph) 그리고 성충의 단계를 보낸다. 유충단계와 두 번째 약충기는 활동적인 것과 수동적인 것으로 구별할 수 있다. 점박이용애 개체군은 약 75%의 암컷과 25%의 수컷(♀ : ♂ = 3 : 1)으로 구성된다. 암컷은 성충이 되자마자 수컷과 교미하며 단 한번의 교미로 암수컷을 산란하지만, 미수정된 암컷은 수컷만 산란한다. 일당 산란하는 알의 수와 산란일수는 온도, 기주, 습도, 식물의 영양상태 그리고 농약 등에 노출된 정도에 따라 좌우된다. 양호한 환경하에서 한 마리의 암컷은 100개 이상의 알을 산란할 수 있다. 일장의 단축, 온도하락, 먹이공급의 감소와 쇠퇴 등 환경이 악화되었을 때 점박이용애는 휴면에 들어간다.

흡즙성 해충으로 바늘과 같이 생긴 주둥이를 기주식물체의 엽조직 속에 넣어 표피세포 밑의 엽육세포를 파괴하고 그 내용물을 흡즙한다. 피해를 받은 잎은 엽록체가 파괴되거나 사라지므로 광합성과 식물생장이 감소하게 된다. 그래서 잎이 마르고 신초 성장지연 및 줄기 성장둔화 등에 의해 수량감소를 초래한다. 토마토와 오이에 있어 잎표면의 약 30%가 피해를 입었을 때, 작물의 손실이 발생하였다. 여러 가지 방법으로 전파되어 침해하는데, 심하게 감염된 기주식물체에서 떨어져 지상에 낙하하여 다른 작물로 이동하거나, 하우스 내의 연결 받침목과 줄을 타고 전파되거나 그들 자신이 생성한 silk threads를 타거나 공기의 흐름을 타고도 분산하고 감염된 기주식물 또는 인위적인 이동에 의해 옮겨진다. 점박이용애는 연 8~10회 발생하며 지면의 잡초, 낙엽 등에서 성충으로

일동하는데 영하 20℃에서도 견디는 추위에 아주 강한 해충이다.

#### 나. 차면지용애

거미강 먼지용애과에 속하는 아주 작은 용애로서 원래 차의 해충으로 알려져 있으나 고추, 감자, 가지 등 채소류와 시크라멘, 달리아, 베고니아, 아이비 등 화훼류는 물론 은행, 굴, 배, 밤, 강낭콩 등을 가해하는 기주범위가 넓은 해충이다. 국내에서 차면지용애의 발생이 확인된 것은 불과 10년 정도 밖에 되지 않았으며, 피해양상도 바이러스나 영양장애로 오인하기 쉽고 크기도 작다.

알은 흰색으로 0.07~0.12mm의 장타원형이며 표면에는 기포모양의 울룩불룩한 돌기가 많이 나 있다. 알은 주로 신초부위나 잎뒷면 그리고 엽병 주위에 무질서하게 붙어 있다. 유충은 0.13mm의 반투명한 유백색을 띠고 3쌍의 다리가 있으며 초기에는 주름살이 많지만 자라면서 몸이 팽창하여 암컷 성충과 비슷한 모양이 된다. 정지기의 차면지용애는 길이가 0.23mm로 유충 보다 훨씬 크고, 몸의 뒤쪽이 길게 돌출 되어 있으며, 거의 움직이지 않고 유충 보다 더 투명하다. 수컷 성충이 정지기의 다른 용애를 다리에 붙이고 걸어 다니는데, 이것은 수컷이 정지기의 암컷을 달고 다니다가 성충이 되면 교미하기 위한 것이다. 정지기에 한번 더 탈피하면 4쌍의 다리를 가진 성충이 되고 암컷 성충은 0.23~0.26mm의 납작한 장타원형으로 담갈색을 띠며 수컷은 0.17~0.21mm의 육각형 모양으로 황갈색을 띤다. 차면지용애는 4단계의 생활사를 거치는데 알, 유충, 정지기 그리고 성충의 단계를 보낸다. 현재 국내에서 차면지용애의 발생이 심한 시기는 2~5월 사이로 주로 하우스내의 다습한 조건에서 잘 발생하며, 5월 이후 시설내의 온도가 올라가고 환기를 자주 시킴으로서 고온, 건

조한 상태가 되면 차면지응애의 밀도는 자연적으로 떨어진다.

대부분의 기주작물에서 주로 성장점 부근의 눈과 전개 직후의 어린 잎, 그리고 꽃과 어린 과일을 선호하여 가해한다. 고추의 경우 초기에는 성장점 부위의 어린잎에 주름이 생기고 잎의 가장자리가 안쪽으로 오그라들며 기형이 된다. 이때 잎뒷면은 기름을 바른 것처럼 광택이 나며 갈색이 짙어진다. 심하게 피해를 받으면 성장점 부근의 잎이 말라 떨어지고 그 옆에 새잎이 나면 새잎으로 이동하여 피해를 주어 다시 잎을 떨어뜨린다. 이러한 과정을 계속하면 성장점 부근이 칼루스(callus) 모양으로 뭉툭하게 되고 잎눈과 꽃눈이 정상적으로 자라지 못한다. 거베라, 베고니아 등에서는 어린잎과 꽃에 피해가 많이 발생한다. 잎에서는 주로 뒷면에 기생하여 새로 나는 어린잎이 뒤쪽으로 말려 기형이 된다. 피해 받은 잎의 뒷면은 갈색으로 변하며 광택이 나고, 경화(콜크화)되어 있다. 어린잎을 건드리면 쉽게 부러지므로 일명 플라스틱 병으로 알려져 있다. 꽃이 필 무렵에는 꽃속에 기생하여 꽃잎이 말리고 탈색되어 지저분한 기형의 꽃이 된다. 아이비의 경우 순을 집중적으로 가해하여 전개된 잎이 오그라드는 피해가 나타나며 심하면 잎이 정상적으로 전개되지 않고 줄기만 자라는 기현상이 나타난다.

#### 6. 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)

원래 열대 또는 아열대 지역에 서식하던 것이 1970년대 이후 세계 각지로 분포가 확산되고 있는데 특히, 1940년대 후반 미국·플로리다 지역에서 약제저항성을 보이는 계통이 발생한 후, 유럽, 아프리카는 물론 세계 각지로 확산되어 큰 문제가 되고 있다. 일본의 경우 종래에 같은 종이 서식하고 있었으나, 1990년경 유럽에서 수입된 거베라에 새로운 저항성 계통이 묻어 들어와 시설재배지에서 큰 문제가 되고 있다. 국내에는

94년 2월 광주시 광산구의 거베라 하우스에서 처음 발견된 이후 광산구 일대와 순천, 영암, 보성 등은 물론 경남과 제주에서도 발견되었는데 셀러리, 쪽갓, 오이, 토마토 등의 채소류와 거베라, 국화 등 시설재배하우스에서 발생이 확인되었다. 그 후 진주 초전동 하우스재배 수박에서도 발견되었다. 1998년 현재 토마토 주산지인 부여지방에도 만연되어 그 피해가 급증하고 있다.

아메리카잎굴파리는 야간에는 대부분 활동을 하지 않는다. 성충의 산란수는 기주식물에 따라 차이가 많아 셀러리, 국화의 경우 300~400개로 많고, 토마토의 경우 40~60개로 적게 낳는다. 성충의 수명도 토마토보다 셀러리, 국화에서 길다. 알은 대부분 잎의 앞면 표면에 산란하지만 뒷면에 산란하는 경우도 있다. 유충은 줄기나 엽병을 통하여 다른 잎으로 이동하여 가해하는데, 잎의 바깥쪽에서 안쪽으로 침입할 수 없다. 다 자란 유충은 잎 앞면의 표피에 구멍을 뚫고 나와 땅으로 떨어져 땅속에서 번데기가 된다. 발생이 많을 경우, 일부는 잎의 아래쪽 또는 위쪽의 표면에서 용화되는 경우도 있다. 각 온도별 발육일수는 25℃의 경우 난기간 2~4일, 유충 4~8일, 번데기 약 10일로, 발육상한온도는 약 34℃로 추정된다. 시설 내에서는 휴면을 하지 않고 연중 발생하므로 15회 이상 발생할 수 있다.

성충(Fig. 51)은 기주식물의 잎에 산란하며 부화한 유충은 잎에 뱀처럼 구불구불한 갱도를 뚫고 다니면서 피해를 준다. 성충은 산란관으로 구멍을 뚫고 흡즙하여 피해(Fig. 52)를 주는데 잎표면에 흰색의 작은 반점들이 많이 생긴다. 기주범위가 넓어 콩과, 국화과, 미나리과, 박과, 가지과 등 21과와 120여종의 식물을 가해하는 것으로 알려져 있다. 성충은 주로 다 자란 하위엽에 산란하므로 피해는 주로 하위엽에서 상위엽으로 진전된다. 또한 성충은 주광성이 강하므로 시설의 남쪽 동로 옆에

발생이 많고 질소 함유량이 많은 식물에 피해가 많다.

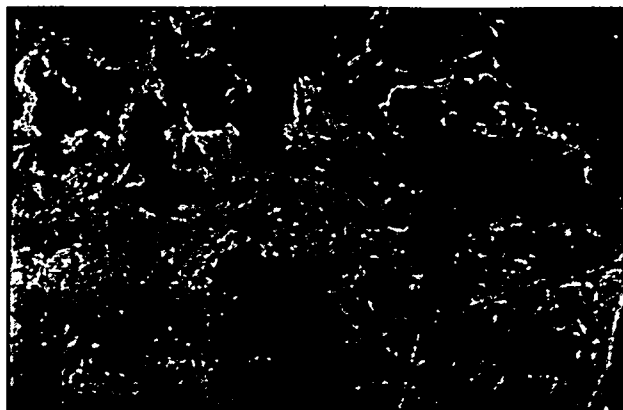


Fig. 50. 아메리카잎굴파리에 의한 피해상.



Fig. 51. 아메리카잎굴파리의 성충.



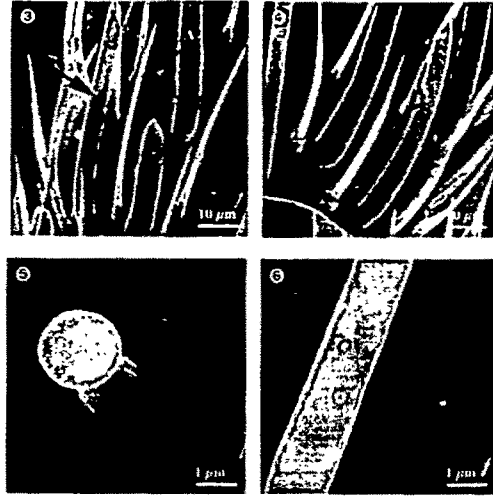


Fig. 52. 아메리카잎굴파리의 성충 촉각의 미세구조.

## 제 6 절 유용천적의 생태적 · 생리적 · 행동학적 특성

### 1. 애꽃노린재류

#### 가. *Orius sauteri*(애꽃노린재)

애꽃노린재는 진딧물을 비롯하여 총채벌레, 응애류 등을 흡즙하여 포식하는 2mm내외의 작은 애꽃노린재과에 속하는 곤충으로 촉각은 4마디로 구성되어 있으며, 길이는 0.7mm이며, 감각기는 비교적 많은 편은 아니다. 감각기의 수는 4번째 마디가 100여 개로 가장 많이 있으며 2번째, 3번째 마디는 30~40개 정도의 감각기를 가지고 있다. 촉각의 마지막 마디인 4번째 마디는 크게 4종류의 감각기가 다양하게 분포되어 있다. 크

기에 따라서  $3\mu\text{m}$  내외의 소형(Fig. 53)이 측각의 최상부에 2개가 자리 잡고 있으며,  $8\mu\text{m}$  크기의 약간 굽은 모양의 감각기(Fig. 54)가 중간마다 드물게 분포되고 있고,  $20\mu\text{m}$  정도 크기의 약간 굽은( $2\sim 3\mu\text{m}$ ) 감각기,  $30\mu\text{m}$  정도의 비교적 가느다란( $1\sim 2\mu\text{m}$ ) 감각기 등이 분포되고 있는 형태로 이들의 기능에 대하여는 TEM을 이용하여 좀 더 자세한 연구가 필요하다고 본다.

입틀은 전형적인 흡즙형의 구기모양을 하고 있으며(Fig. 55), 전체적인 길이는  $0.5\text{mm}$  정도의 길이를 하고 있으며, 구기의 끝부분에는 두 부분으로 나누어져 있는 것이 접합되어 있으며, 그 사이를 이용하여 구침이 드나드는 통로를 만들어 주었다. 구기의 끝에는 미각을 감지하는 역할을 하는 것으로 보이는  $2\sim 3\mu\text{m}$  정도 길이의 미세한 감각기들이 10여 개가 분포되어 있다(Fig. 56). 구침(Fig. 57)은 상어이빨과 비슷한 모양의 톱니를 가진 침이 1쌍으로 구성되어 있어 서로 비껴 가는 상하운동을 통하여 먹이를 찌르는 것으로 보이며, 톱날의 방향으로 보아 구침을 먹이에 찌른 후에 잘 빠지지 않는 역할도 톱니가 하는 것으로 보인다. 구침은 반원통형의 모양을 하고 있어 먹이에서 흡즙할 때 액체물질의 통로로서의 역할을 하고 있다.



Fig. 53. 애꽃노린재 축각의 4번째 마디 끝에 분포하고 있는 감각기의 형태.

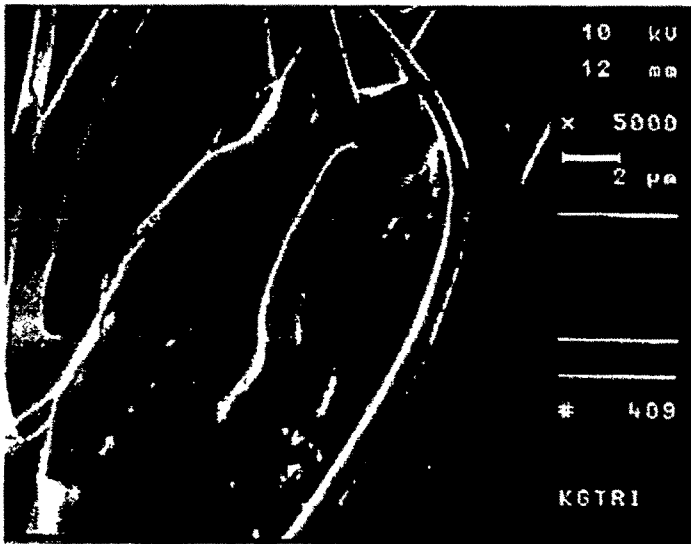


Fig. 54. 애꽃노린재 축각의 4번째 마디에 분포해 있는 감각기가 화학적 감각활동에 기여하고 있는 것으로 추정된다.

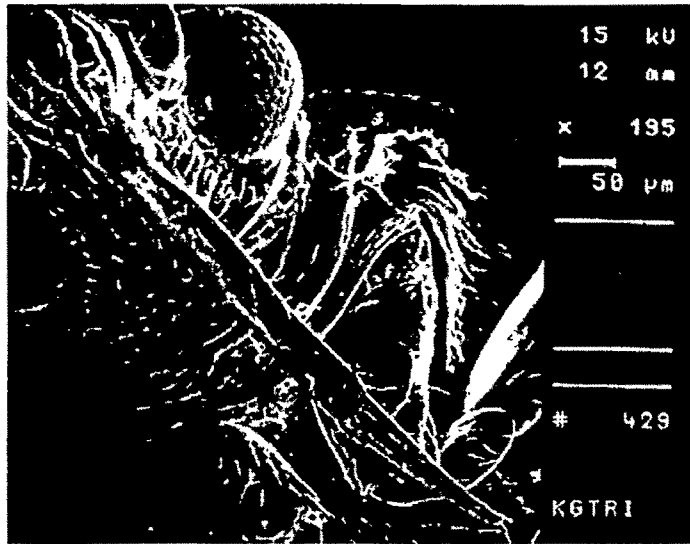


Fig. 55. 애꽃노린재의 입틀모양

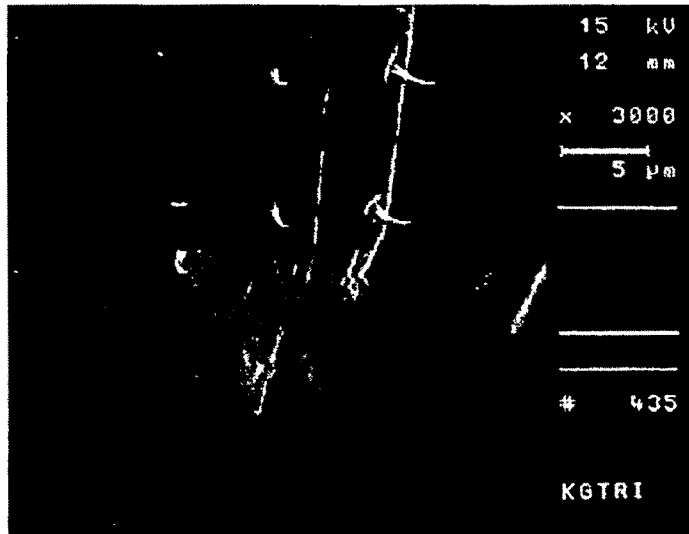


Fig. 56. 애꽃노린재의 구기의 끝부분으로 구침이 약간 돌출된 모양이며 10여개의 미세한 미각을 담당하는 감각기들이 분포하고 있다.

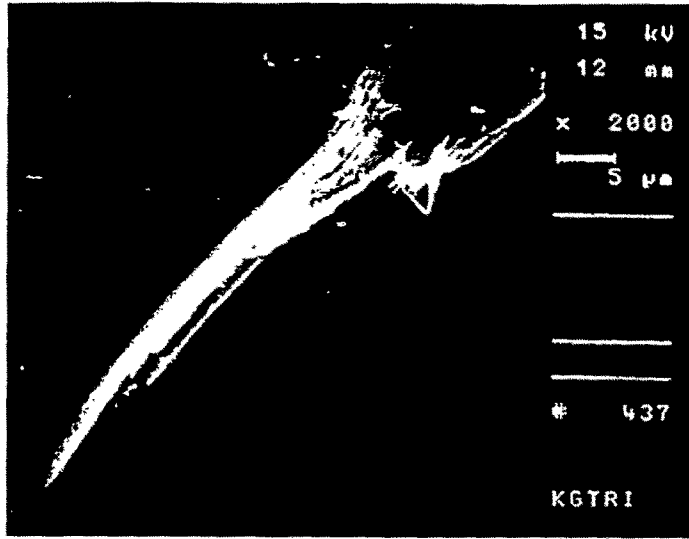


Fig. 57. 애꽃노린재의 구기에서 날카로운 구침이 나온 형태.

#### 나. *Orius minutus*(참땃애꽃노린재)

참땃애꽃노린재도 2mm 내외의 작은 애꽃노린재의 일종으로 측각은 4마디로 구성되어 있으며, 길이는 0.85mm로 애꽃노린재보다 약간 긴 편이다. 감각기는 애꽃노린재보다 비교적 많은 편이며, 감각기의 수는 2, 3, 4번째 마디에 4종류의 감각기가 분포되어 있다(Fig. 58). 측각의 마지막 마디인 4번째 마디는 크게 3종류의 감각기가 다양하게 분포되어 있다. 크기에 따라서  $7\mu\text{m}$  내외의 소형(Fig. 59)이 측각의 최상부에 3개가 삼각을 형성하며 자리잡고 있고,  $20\mu\text{m}$  크기의 약간 굽은 모양의 감각기(Fig. 58)가 중간마다 드물게 분포되고 있으며,  $30\mu\text{m}$  정도의 비교적 가느다란 ( $1\sim 2\mu\text{m}$ ) 감각기 등이 분포되어 있다. 또한 2, 3번째 마디에는 애꽃노린재와는 달리 길이  $20\mu\text{m}$  정도 길이의 감각기가 비교적 나란히 배열되어 있으며, 길고 긴 감각기는 드물게 분포되고 있는 형태(Fig. 60)로 이들의 기능에 대해서는 애꽃노린재와 마찬가지로 TEM을 이용하여 좀 더 자세한

연구가 필요하다고 본다.

입들은 애꽃노린재와 비슷한 전형적인 흡즙형의 구기모양을 하고 있으며, 전체적인 길이는 0.5mm정도의 길이로, 구기의 끝부분은 두 부분으로 나누어져 있는 것이 접합되어 있으며, 그 사이를 이용하여 구침이 드나드는 통로를 만들어 주었다. 구기의 끝에는 미각을 탐지하는 역할을 하는 것으로 보이는 2~3 $\mu$ m정도 길이의 미세한 감각기들이 10여 개가 분포되어 있다(Fig. 61). 구침은 군용 대검모양의 형태를 하고 있으며, 톱날 모양의 구조는 애꽃노린재에서와는 달리 끝에서 약 17 $\mu$ m정도 떨어져서 형성되어 있었다. 구침의 운동은 애꽃노린재와 비슷한 모양의 서로 비껴 가는 상하운동을 통하여 먹이를 찌르는 것으로 보이며, 톱날의 방향으로 보아 구침을 먹이에 찌른 후에 잘 빠지지 않는 역할도 톱니가 하는 것으로 보인다. 또한 참멋애꽃노린재의 구침도 반원통형의 모양을 하고 있어 먹이에서 흡즙할 때 액체물질의 통로로서의 역할을 하고 있다.

한편 다리의 발톱부분은 갈고리모양과 빨판을 합해 놓은 모양을 하고 있어 두 가지 기능을 모두 수행하고 있는 듯하다(Fig. 62).

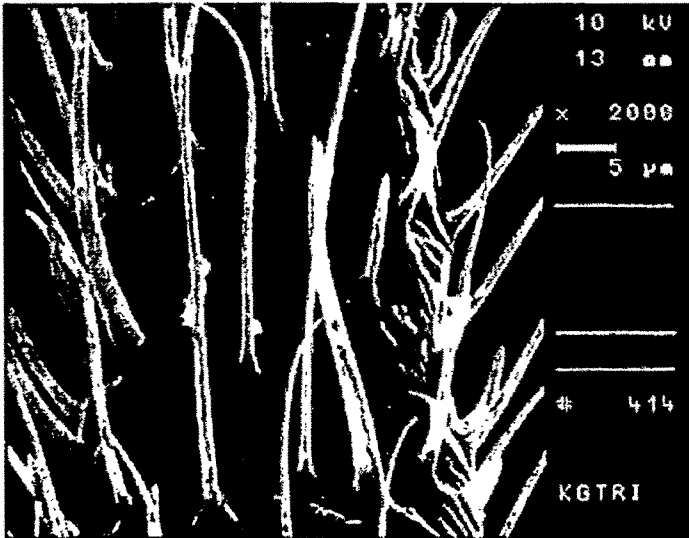


Fig. 58. 참멋애꽃노린재 촉각의 4번째 마디 끝의 4종류의 다양한 감각기.

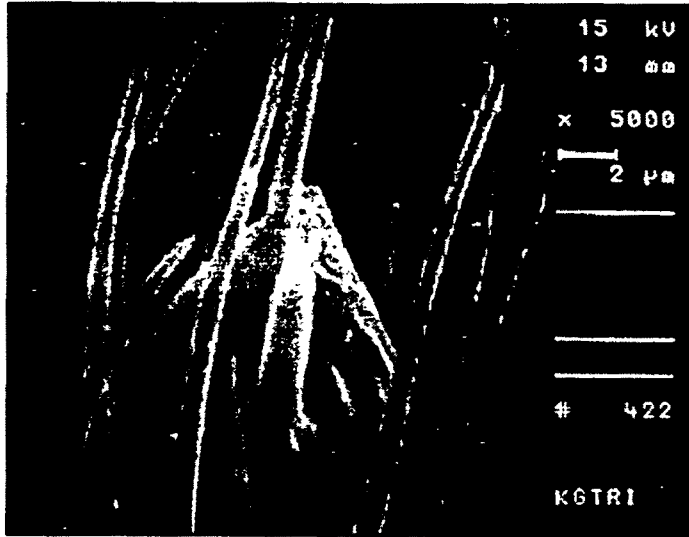


Fig. 59. 참뿔애꽃노린재 촉각의 4번째 마디 끝에는 3개의 작은 화학감각기가 삼각형 형태로 자리잡고 있다.

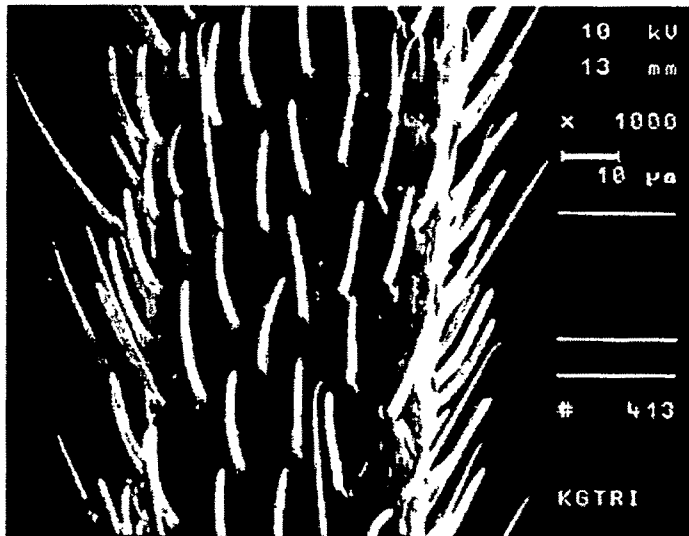


Fig. 60. 참뿔애꽃노린재 촉각의 2번째 마디에는 비교적 단순한 모양의 감각기들이 정렬되어 있다.

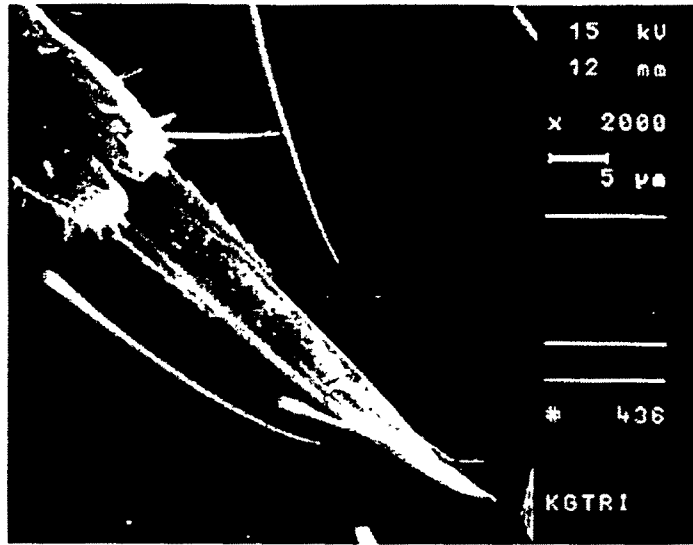


Fig. 61. 참멋애꽃노린재 구기 끝부분과 돌출된 구침의 모양

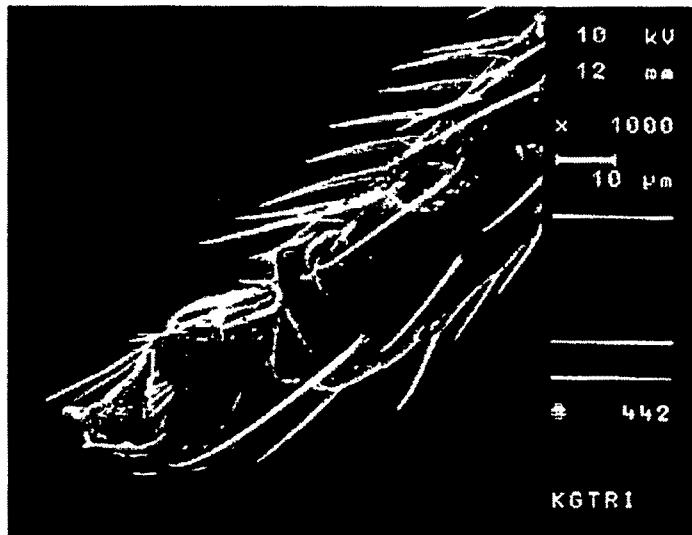


Fig. 62. 참멋애꽃노린재 가운데다리의 부절과 발톱부분.



## 2. 무당벌레류

무당벌레, 열석점긴다리무당벌레, 칠성무당벌레(Fig. 63)를 비롯한 2~3종의 무당벌레류를 하우스 내의 일부 진딧물이 군집을 이루는 곳에서 채집할 수 있었다. 특히 무당벌레와 열석점긴다리무당벌레의 경우 유충과 성충의 포식능력이 다른 종류의 무당벌레 보다 월등한 것으로 평가되어 곤충 성장상에서 사육하면서 생리적, 행동학적 특징을 관찰하였다. 알은 진딧물의 군집에 인접되게 여러 개씩 산란하며 유충은 3쌍의 다리가 있고 활발하게 활동한다. 체색은 흑색, 흑자색 등 흑색계가 많고 그 중에는 얼룩모양이 있는 종도 있다. 소형 종에는 체표에서 납 물질을 내보내는 종류도 있다. 종령 유충은 식해했던 부근의 잎뒷면이나 줄기 등에 붙어 번데기가 된다. 번데기 시기에는 유충의 체표를 붙이고 있으므로, 언뜻 보기에 유충이 죽은 것 같이 보이기도 한다. 성충은 날개가 2쌍이고, 앞날개는 단단하며 둥글다. 야외에서는 진딧물 혹은 응애의 발생이 많은 봄과 가을에 많고, 한여름에는 대부분의 종류가 보이지 않지만, 일부 종은 한여름에도 발생이 많다. 한편, 무당벌레는 생물적 방제인자로서 그 능력이 탁월하여 제 3장부터 다루었다.



Fig. 63. 칠성무당벌레의  
성충.

가. 열석점긴다리무당벌레 (*Hippodamia tredecimpunctata*)

열석점긴다리무당벌레 성충의 경우 지름이 0.5cm 정도의 원형모양을 하고 있으며, 등에 13개의 점무늬를 하고 있는 주황색 계통의 색을 띠고 있는 것이 특징이다.

촉각은 1.3mm 길이로 곤봉형의 전형적인 무당벌레 모양을 하고 있으며, 전체 11개의 마디로 이루어져 있고, 끝마디인 11번째 마디에 수백 개의 감각기들이 모여 있다. 특히, 길이가 40~50 $\mu$ m 정도인 아주 긴 모양의 감각기가 11번째 마디에 7~8개 정도 분포를 하고 있으며(Fig. 64), 나머지는 10 $\mu$ m 정도의 상대적으로 짧은 감각기들이 수북히 모여 있는 특징이 있다. 이러한 긴 감각기는 먹이를 탐색하는데 있어 주된 역할을 할 것으로 추정된다. 촉각의 밑마디로 내려 갈수록 짧은 감각기는 없어지고 긴 감각기가 마디마다 많게는 30여개 적게는 10여개가 분포하고 있다. 11번째 마디의 긴 감각기와 1~10번째 마디의 감각기는 기능상으로 차이가 있을 것으로 추정된다.

입틀은 전형적인 저작형의 구기를 하고 있지만 다른 종들과는 달리 입틀 주위에도 매우 복잡한 감각기관들이 분포하고 있으며 윗입술이 발달된 것으로 보이는 감각기관(Fig. 65)은 먹이를 감지하는데 주요한 기능을 담당하고 있는 것으로 사료된다.

각각의 다리 끝에는 매우 날카로운 발톱을 가지고 있으며 특히 앞다리의 발톱은 먹이를 잡고 있을 수 있는 강한 모양을 하고 있고, 갈라진 부분은 먹이가 쉽게 빠져나가는 것을 방지할 수 있는 듯하다(Fig. 66). 각 다리마디에는 마치 술 모양의 감각기 집단(Fig. 67)을 하고 있는 감각기관들이 자리잡고 있어 먹이를 탐색하고 포식하는데 중요한 역할을 하고 있는 것으로 추정된다.

한편 열석점긴다리무당벌레의 유충도 각 기관마다 감각모가 집단화되

어 있는 기관들을 많이 볼 수 있었으며 특히, 입 부분과 가슴부분 사이에서 털이 길고(300 $\mu$ m정도) 단순한 5~6개의 감각모가 있는 두개의 독립 기관(Fig. 68)이 존재하고 있으며, 이 기관의 기능은 연구 중에 있다. 또한 입틀은 두개의 크고 날카로운 큰 턱(Fig. 69)이 발달되어 있어 먹이를 포식하기에 알맞도록 되어 있으며, 다리에는 성충의 다리에 있는 감각모와는 다른 매우 굵직이 지고 끝 부분이 뭉뚱한 모양의 감각기가 집단을 형성하고 있으며, 발톱 부분은 매우 날카로웠다(Fig. 70).

이들 각 기관에 분포하고 있는 감각기들에 대한 기능은 추후 논문으로 발표하려고 한다.

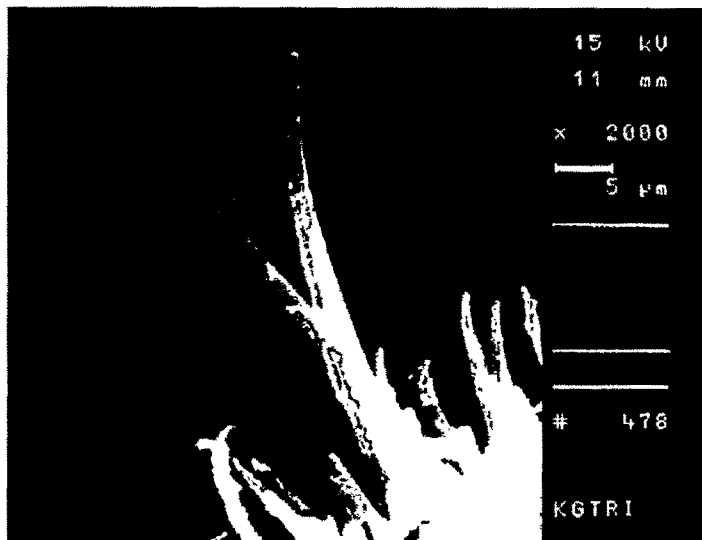


Fig. 64. 열석점긴다리무당벌레 촉각의 11번째 마디 끝에 아주 길이가 긴 감각기가 분포하고 있는 모양.

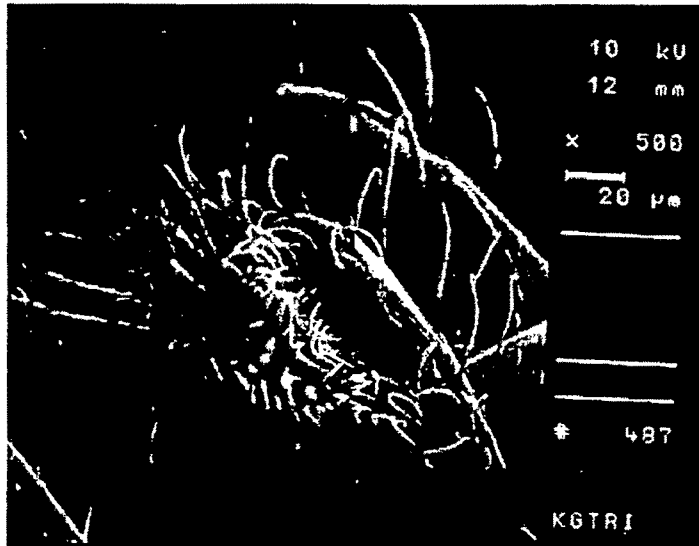


Fig. 65. 열석점긴다리무당벌레 입들에 발달한 감각기관.

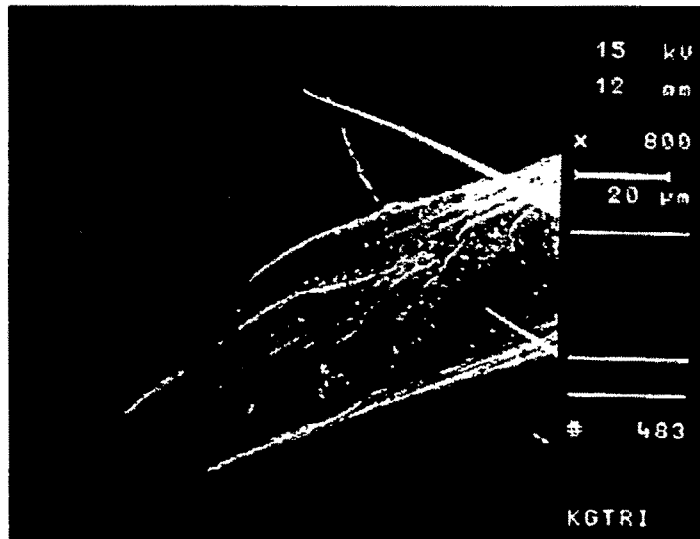


Fig. 66. 열석점긴다리무당벌레 앞다리 발톱모양.

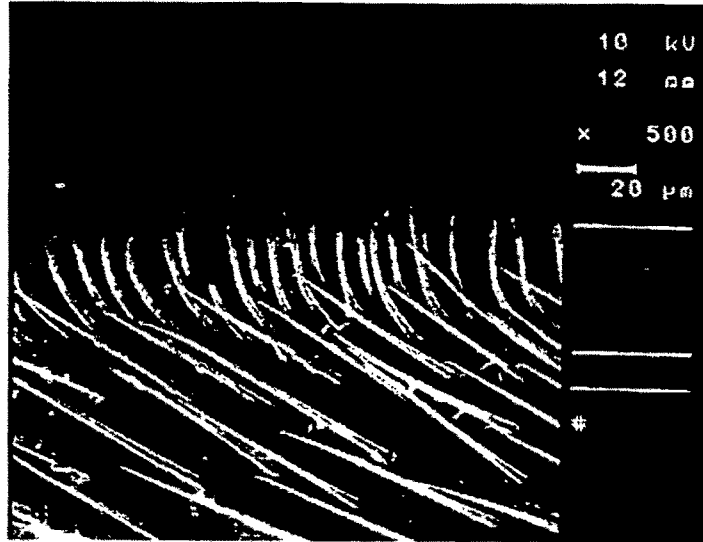


Fig. 67. 열석점긴다리무당벌레 다리에 발달된 감각모층.

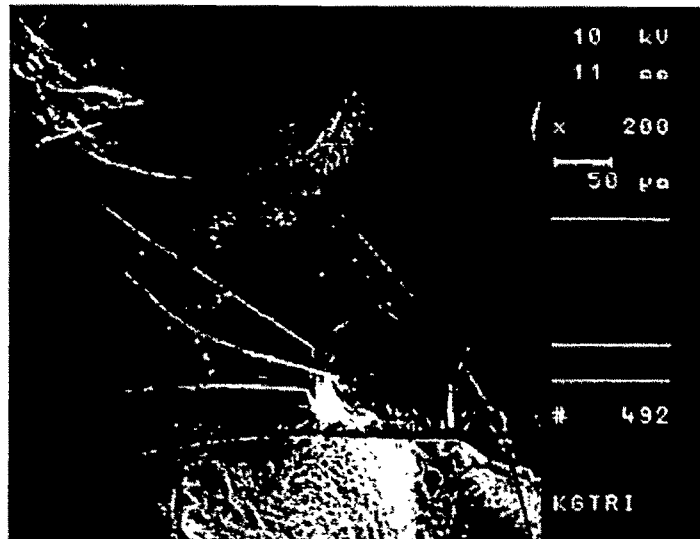


Fig. 68. 열석점긴다리무당벌레 유충의 머리와 가슴부분의 사이에 존재하고 있는 감각기관.

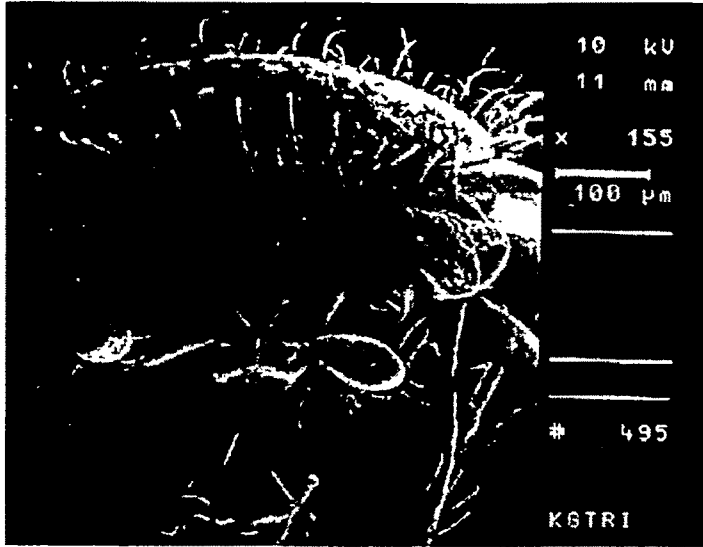


Fig. 69. 열석점긴다리무당벌레 입틀모양.



Fig. 70. 열석점긴다리무당벌레 다리의 발톱모양.

### 3. 진디벌류

하우스 내에서 진딧물의 기생성 천적인 진디벌류가 4~5종 채집되어 있는데, 그 중에서 1~2종은 기생효과가 뚜렷이 나타나 성장상에서 사육되고 있다.

대부분 진디벌 성충은 몸 전체가 검고 2쌍의 투명한 날개를 갖고 있는 소형 벌로서, 행동은 활발하다. 여러 종류가 포함되지만, 모든 종류가 아주 유사해서 분류가 어려운 것으로 알려져 있다. 성충은 진딧물 유충의 체내에 1개씩 산란한다. 벌의 유충은 진딧물 몸의 표피에 자신을 잔류시켜 내장을 먹어 성장하고, 진딧물의 체내에서 번데기가 된다. 이러한 이유 때문에, 진디벌의 기생을 받은 진딧물을 mummy라고 하며, 크고 둥그스름하고 부풀은 이상한 모양의 몸이 되어 잎 등에 부착하고 있어 육안으로 기생을 확인할 수 있다. 야외에서는 저온 활동성도 높기 때문에, 진딧물의 활동이 시작되는 이른봄부터 보편적으로 발생하고 있지만, 한여름에는 감소하는 듯하다. 종종 진딧물을 거의 전멸시킬 수 있는 정도의 유력한 천적이지만 크게 활용되지는 못하고 있으며 시설원에 포장에서는 겨울을 제외한 모든 시기에 성충 및 유충을 볼 수 있다.

#### 가. *Ephedrus* sp.

토마토 시설 재배지에서 채집된 *Ephedrus* sp.는 전체 길이가 5mm 내외의 비교적 큰 몸집을 가지고 있는 진디벌이다. 이 진디벌은 목화진딧물이 만연하고 있는 하우스 내에서 채집되었으며(Fig. 71), 하우스 내 전체 진딧물 중 50~60%의 기생률을 보이고 있었다. 전자현미경을 통한 *Ephedrus* sp.의 외부 미세구조를 살펴보면, 날개는 전체 길이가 2mm, 폭이 0.6mm정도이며, 촉각은 전체 길이가 3mm이고, 폭이 40 $\mu$ m인 24개의 마디로 구성된 매우 긴 촉각을 가지고 있는 것이 특징이며, 채색

은 검은색을 띠고 있다. 각각의 마디에는 길이가 35~40 $\mu\text{m}$ 의 화학감각기로 추정되는 sensilla가 약 40~50개정도 분포하고 있으며, 이는 TEM을 이용하여 조사를 해야 보다 확실할 수 있을 것이다. 촉각의 끝마디인 24번째 마디에는 다른 마디에서 볼 수 없던 길이가 36 $\mu\text{m}$ 인 약간 두터운 sensilla가 끝에 2개를 비롯하여 밑부분으로 가면서 10여 개가 분포하고 있다(Fig. 72). 이 감각기의 역할은 기주와 식물체를 탐지하는데 주로 이용하고 있는 듯하며, 화학적 감각작용과 기계적 감각작용을 병행하여 수행할 가능성이 매우 높다. 이는 *Ephedrus* sp.가 진딧물에 산란할 때 촉각을 이용하여 진딧물을 건드려서 진딧물에서 오는 반응을 탐지하고 식물체를 걸어다닐 때 식물체 표면을 탐색하는데 이용되는 것으로 추정할 수 있다.



Fig. 71. 토마토 포장에서 채집된 *Ephedrus* sp..

입틀은 다른 종들과는 달리 전형적인 저작형의 구기와 흡즙형 구기를 동시에 지니고 있으며, 큰턱이 비교적 잘 발달되어 있는데(Fig. 73), 이는 진딧벌이 기주인 진딧물의 mummy에서 탈출시에 구기를 이용하여 각질화된 기생기주의 표면을 둥근 원을 그리면서 자르며, 일단 mummy에서 탈출한 후에는 빨판을 이용하여 진딧물의 감로나 꿀, 수분 등을 흡수하



는 것으로 보인다. 이러한 먹이를 먹을 때에는 입틀에 붙어 있는 수염을 이용하여 먹이의 종류를 탐지하는 역할을 하는 미각감각기인 것으로 추정되며, 또한 큰턱 위에 있는 두개의 큰 구멍(Fig. 74)을 이용하여 후각의 기능을 함께 하는 것으로 추정된다.

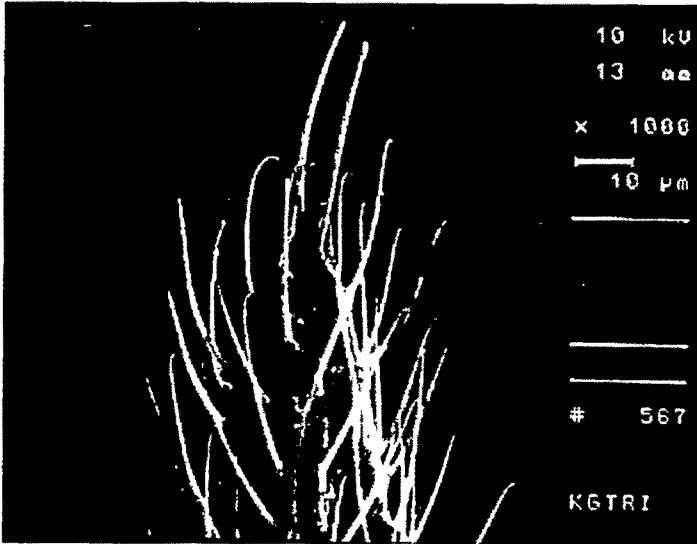


Fig. 72. *Ephedrus* sp.의 촉각 중 24번째 마디 끝에 분포하고 있는 감각기.



Fig. 73. *Ephedrus* sp.의 입틀부분.

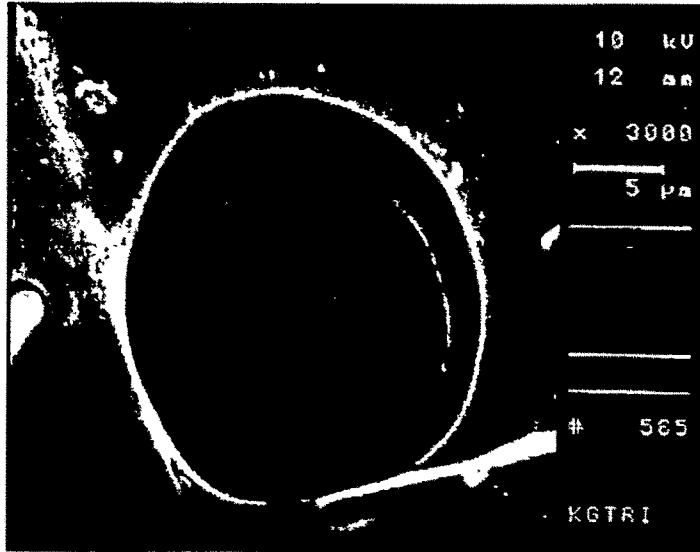


Fig. 74. *Ephedrus* sp. 큰턱에 있는 구멍.

나. *Aphidius* sp.

이 진디벌은 주로 고추, 배추등에 발생하는 복숭아혹진딧물에 기생하고 있는 것으로, 체색은 주로 짙은 황갈색을 띠고 있으며, 날개는 길이 2.1mm, 폭 0.8mm의 크기를 가지고 있다. 촉각은 길이 2.3mm, 폭  $45\mu\text{m}$ 의 두께로 모두 17개의 마디를 가지고 있으며 각각의 마디는 17번째 마디를 제외하고는 모두 비슷한 구조를 가지고 있고(Fig. 75), 17번째의 마지막 마디에는 두 종류의 감각기를 가지고 있는데(Fig. 76), 길이  $20\mu\text{m}$  크기의 길고 두꺼운 감각기는 TEM을 통한 연구가 필요하나, 현재에는 주로 화학적 감각작용을,  $15\mu\text{m}$ 정도의 짧고 가는 감각기는 기계적 감각작용을 주로 하고 있는 것으로 추정할 수 있다.

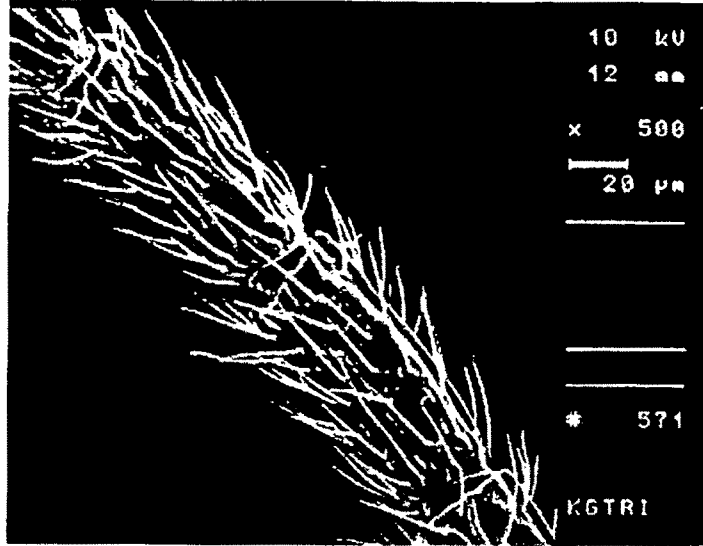


Fig. 75. *Aphidius* sp.의 촉각마디



Fig. 76. *Aphidius* sp.의 촉각 17번째 마디에 있는 두 종류의 감각기

입틀은 다른 종들과는 달리 전형적인 저작형의 구기와 흡즙형 구기를 동시에 지니고 있으며, 입틀에는 입수염이 길게 잘 발달되어 있고, 큰 턱은 mummy에서 탈출시 사용하는 것으로 보이는 씹는 형태의 구기 구조를 가지고 있다. 또한 아랫입술은 빨판형태로 발달되어 진딧물의 감로나 다른 액체성분을 흡즙하는데 잘 발달되어 있다.

Fig. 78은 산란관의 모습으로 진디벌이 진딧물에 산란할 경우 산란관이 두 갈래로 갈라지면서 산란침이 나오는 모습으로 산란침은 진딧물의 표피를 뚫을 수 있는 아주 날카로운 모양을 하고 있다. 이러한 산란관은 진딧물의 표면에 구멍을 남기게 된다(Fig. 79). 또한 다리의 부절에는 진디벌이 걸어다니면서 미끄럼을 방지하고 표면에 확실한 부착을 위한 것으로 보이는 빨판을 가지고 있었으며(Fig. 80), Fig. 81은 정상시의 빨판이 단친 모습을 나타내고 있다.

그 이외에 *Aphidius colemani*는 목화진딧물의 방제에 상업적으로 이용되고 있는 진디벌로 알려져 있다(Fig. 82).

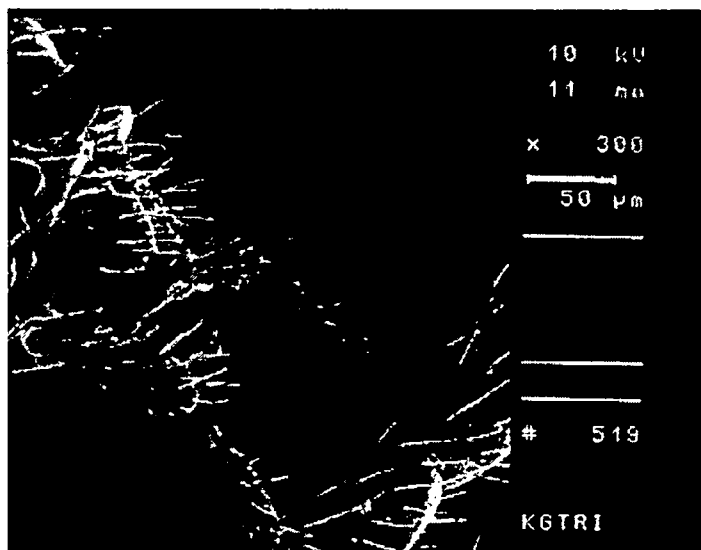


Fig. 77. *Ephedrus* sp.의 입틀모양.



Fig. 78. *Ephedrus* sp.의 산란관.

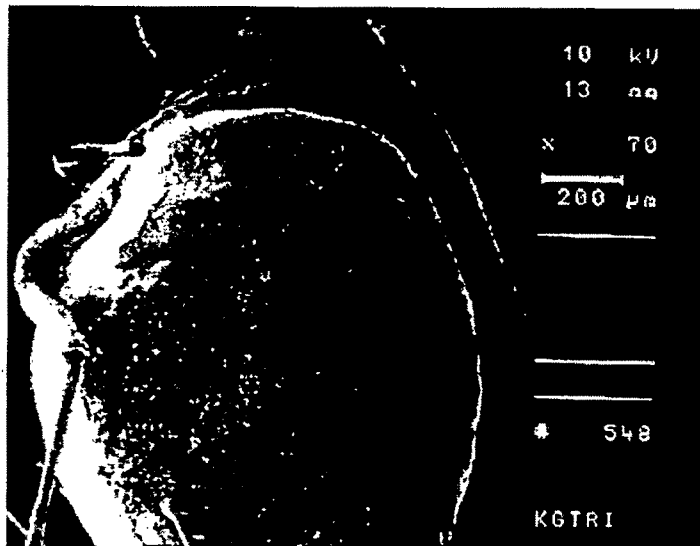


Fig. 79. *Ephedrus* sp.에 의해 기생당한 복숭아혹진딧물의 mummy

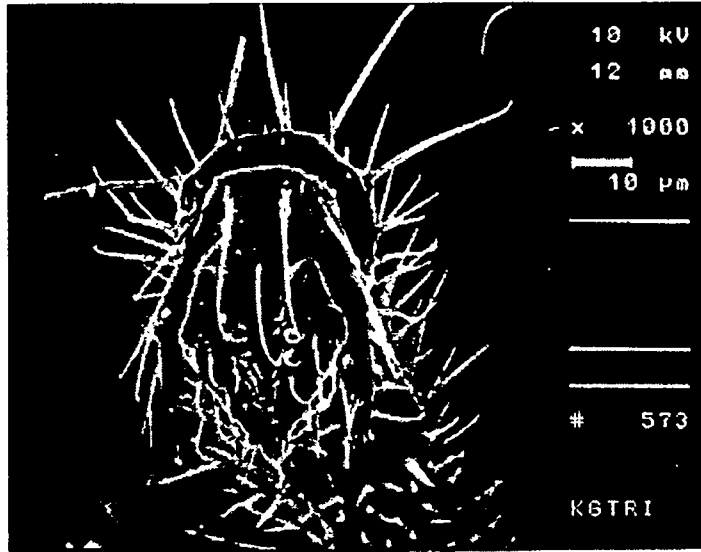


Fig. 80. *Ephedrus* sp.의 뒷다리 발톱의 빨판.

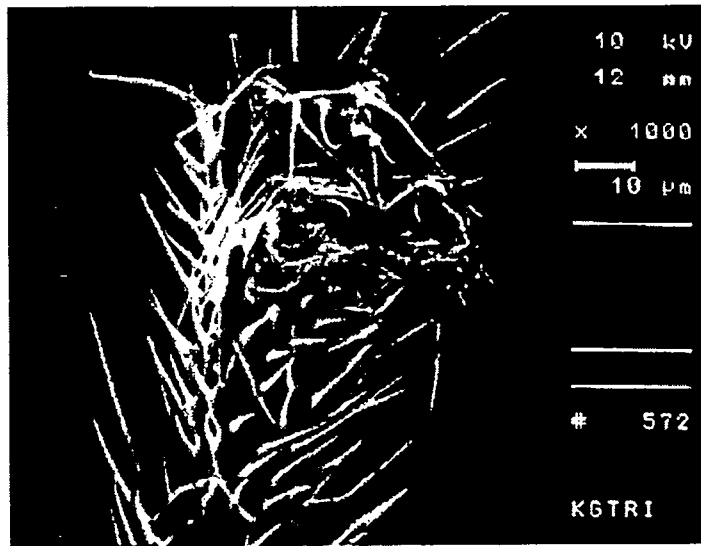


Fig. 81. *Ephedrus* sp. 가운데 다리의 빨판이 닫힌 부분.



Fig. 82. *Aphidius colenemi*의 성충.

#### 4. 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa*)

*Encarsia formosa*(Fig. 83)는 온실가루이를 생물적으로 방제하는데 방제인자로 가장 잘 알려져 있고, 상업적으로 판매되고 있는 좀벌로서 주로 유럽과 미국, 캐나다, 호주 등에 분포하고 있는 것으로 보고되어 있다. *E. formosa*는 알과 유충, 번데기, 성충의 발육단계를 가지고 있으며, 성충은 온실가루이 유충에 산란을 하게 된다. *E. formosa*의 알이 부화하여 성장하게 되면 온실가루이 유충이 갈색(Fig. 85)에서 검은색(Fig. 86)으로 변하게 되어 외관상 쉽게 기생여부(Fig. 84)를 쉽게 판단할 수 있다. 성충이 되면 구멍을 뚫고 기주에서 탈출하게 된다(Fig. 87). *E. formosa*의 촉각은 모두 7마디로 구성되어 있으며(Fig. 88), 날개에는 시맥이 없이 강모로 덮여 있다(Fig. 89). Fig. 87은 *E. formosa*의 생식기 모양을 보여 준다.

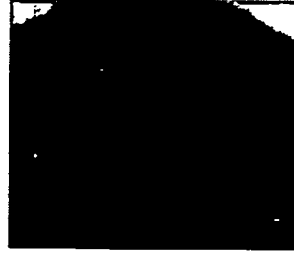


Fig. 83~84. *Encarsia formosa*의 성충(83), 온실가루이가 *E. formosa*에 의해 기생당한 모습(84).

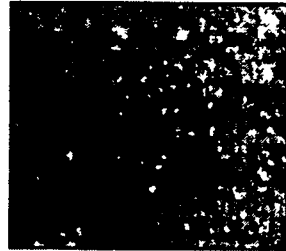


Fig. 85~86. *E. formosa* 유충의 비교(85), *E. formosa*에 의해 기생당한 유충(86).

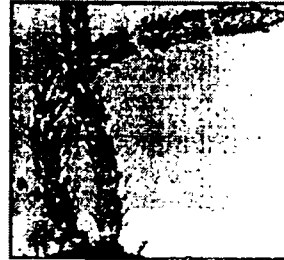
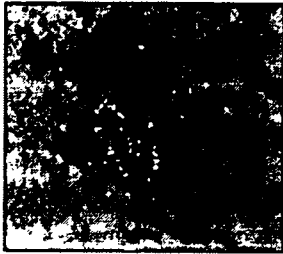


Fig. 87~88. *Encarsia formosa*의 성충이 온실가루이에서 탈출한 후(87), *E. formosa*의 촉각(88).



Fig. 89~90. *E. formosa*의 날개(86)와 생식기(87).



## 5. 기타

### 가. *Chrysopa* sp. (풀잠자리의 일종)

풀잠자리의 유충은 진딧물과 총채벌레를 포식하는 포식충으로서 시설 재배지의 포장에서는 그리 많이 발생하지는 않았으나, 오이와 호박에서 발생하는 총채벌레류를 포식하고 있었다. 풀잠자리 유충의 포식량은 실험실 내의 compact petri dish 내에서 총채벌레를 기준으로 4령 유충의 경우 20~30마리 정도였으나 풀잠자리 유충의 행동이 너무 둔하여 자연 상태에서는 포식능력은 그리 뛰어나지 않은 것으로 사료된다.

풀잠자리 유충은 앞부분의 커다란 두개의 고리형태 갈고리를 서로 맞물려 먹이를 잡고, 잡은 상태에서 갈고리 끝부분에 있는 흡즙관을 통해서 총채벌레의 체액을 흡즙하고 있는 듯하다. 두개의 갈고리는 0.7mm 정도의 길이를 하고 있으며, 끝이 가늘고(약  $10\mu\text{m}$ ), 밑부분은  $100\mu\text{m}$  정도의 넓이를 하고 있다. 두개의 갈고리 끝부분의 미세구조는 서로 다른 형태를 하고 있는데, 오른쪽 부분(Fig. 91)은 끝에 길이가  $2\mu\text{m}$  정도의 6쌍의 감각기를 가지고 있는데 반하여 왼쪽 갈고리(Fig. 92)는 단지 2~3쌍 정도의 감각기만을 가지고 있다. 양쪽 갈고리 모두 10여 개의 감각기들이 드물게 분포를 하고 있다. 한편 오른쪽 갈고리는 톱날모양의 구침을 가지고 있어 먹이의 체내로 찔러 넣어 흡즙을 하는 역할을 하고 있으며, 왼쪽의 갈고리는 이러한 모양의 구조를 가지고 있지 않은 것으로 보아 오른쪽 갈고리가 찔러 넣을 때 받침의 역할을 하는 것으로 사료된다. 또한 양쪽의 갈고리에 모두 존재하고 있는 약간 열린 상태의 구멍은 화학적 감각을 담당할 것으로 추정되지만 확실한 것은 TEM을 이용하여 연구해야 될 과제라고 하겠다.

또한 다리의 끝 부분에는 빨판 형태의 기관과 양쪽에 갈고리 형태의 구조를 가지고 있는데, 그 끝 부분의 구조는 다른 대부분의 곤충에서 볼

수 없는 2~3 $\mu\text{m}$ 정도 길이의 감각기(Fig. 93)가 10여개 분포하고 있으며, 이들의 기능은 맛을 보는 미각기능 혹은 기계적 감각기능을 할 것으로 추정하지만, TEM을 통한 좀 더 자세한 연구가 필요하다 하겠다.

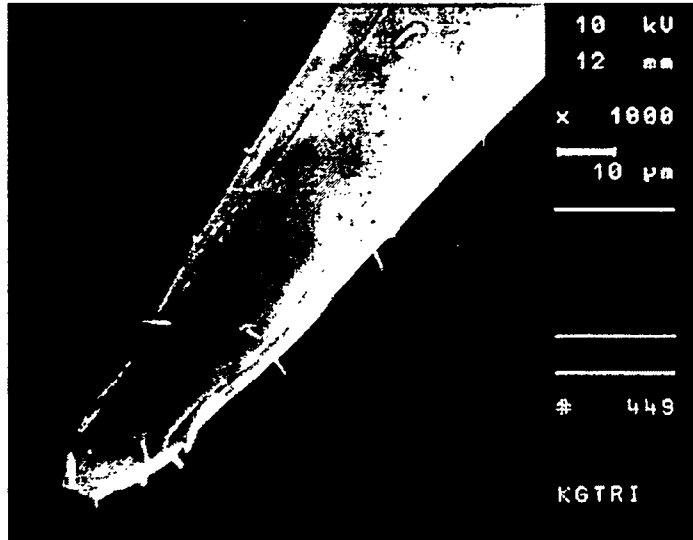


Fig. 91. *Chrysopa* sp.유충의 구기에서 오른쪽 갈고리 끝모양.

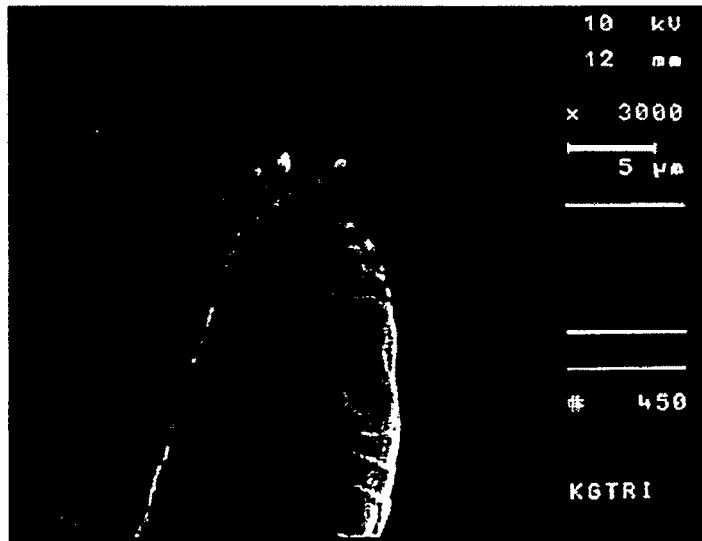


Fig. 92. *Chrysopa* sp.유충의 구기에서 왼쪽 갈고리 끝모양.

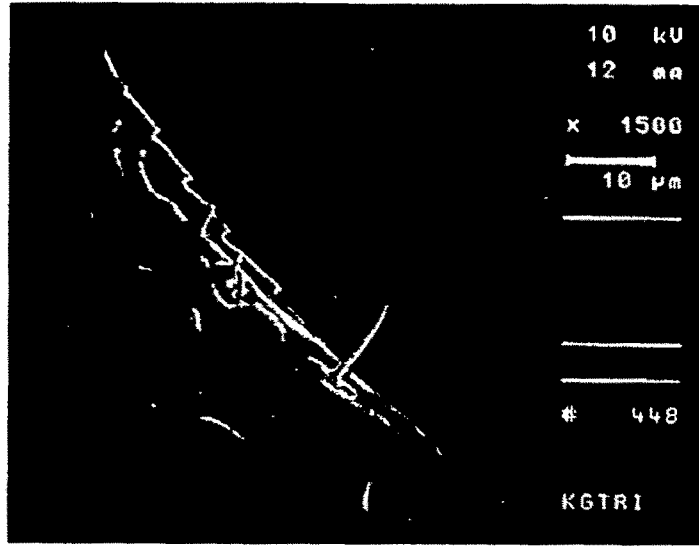


Fig. 93. *Chrysopa* sp. 유충의 다리 끝의 갈고리에 있는 감각모.

나. *Aphidoletes* sp.

혹파리과에 속하는 *Aphidoletes* sp.는 외국에서는 온실에서 진딧물의 방제에 이용되고 있는 포식성 천적으로 알려져 있으며, 본 연구팀이 채집한 천적은 같은 속에 속하는 곤충으로 추정된다. *Aphidoletes* sp.는 식물의 표면에 살면서 일부 식물에서는 식물체에 혹을 형성하게 하여 심한 피해를 주는 해충으로 작용하는 경우도 보고되어 있다. 그렇지만 *Aphidoletes* sp.는 진딧물, 깍지벌레, 온실가루이, 응애 등을 포식하는 비교적 활동적인 포식충으로 알려져 있다. *Aphidoletes* sp.는 활동성이 비교적 적은 것으로 보고되어 있으며, 산란은 진딧물의 밑부분이나 주위에 하게 된다. 유충이 알에서 깨어나게 되면 오렌지색을 띠게 된다(Fig. 94).



Fig. 94. *Aphidoletes* sp.의 유충

# 제 3 장 생물적 방제인자로서의 무당벌레(*Harmonia axyridis*)

본 연구에서는 1차년도 실험 결과를 바탕으로 하우스 및 온실을 포함한 시설재배지에서 가장 문제시되고 있는 해충에 대하여 강력한 천적 곤충으로서 무당벌레를 선택하게 되었다. 또한 무당벌레는 우리 주변에서 흔히 관찰하고 쉽게 얻을 수 있는 천적 곤충으로 시설재배지내에서 발생하는 진딧물과 온실가루이를 방제하는데 매우 효율이 높은 것으로 잠정 평가되어 무당벌레를 이용하고, 생물적 방제인자로서 효율을 극대화하는 노력으로 2차년도와 3차년도에 집중적으로 연구를 수행하게 되었다.

## 제 1 절 연구수행방법

### 1. 무당벌레의 주요 번식처 및 월동처 조사

강원지역과 충청지역에서 무당벌레의 주요 번식처는 월동이 끝나는 3월 중순부터 농경지 주변, 공원, 도로변, 야산을 중심으로 하여 조사하였다. 또한 월동처는 무당벌레가 많이 모이는 시기인 10월 중순부터 12월 초순까지 숲속의 덩굴이나 농촌의 마을회관, 나무로 만들어진 처마 밑, 일반 주택의 양지바른 쪽의 창틀과 처마, 학교와 같은 공공건물의 후미진 곳이나 화장실 건물의 천장에서까지도 관찰하였다.

무당벌레의 개체군을 확보하기 위하여 번식처에서는 주로 진딧물이 많이 발생하는 곳을 중심으로 포충망과 플라스틱통을 이용하여 성충과

유충, 그리고 번데기 등을 채집하였으며, 이와 더불어 진딧물도 함께 채집하였다. 유충의 경우에는 실험실에서 사육한 후에 성충 개체를 확보하였다.

## 2. 무당벌레의 대량확보법 개발

무당벌레의 번데기와 성충의 대량확보를 목표로 취급이 용이한 식물을 이용하였다. 공원이나 노변에 있는 무궁화와 수고가 낮은 잣나무, 전나무를 이용하였고, 시설재배지 또는 비가림지에서 십자화과, 박과, 가지과 식물 등을 재배하여 본 결과, 고추와 피망이 취급이 간편하고 진딧물의 발생이 용이하여 무당벌레의 대량번식에 이용하였다.

## 3. 대량 확보된 무당벌레의 보관 및 관리

노지에서 자연증식 또는 인공 증식된 개체를 채집하여 무당벌레의 휴면 유도, 휴면기간 중 생존력, 휴면타파, 휴면 후 수명과 산란력에 대한 실험을 하였다. 인위적인 휴면유도를 위하여 1996년 6월초에 자연 또는 인공 증식된 무당벌레의 번데기를 채집하여 망사온실에서 우화시킨 후 2주일간 인공사료(닭간을 주성분으로 함)를 공급하였다. 이후 2주일 동안 15℃와 4℃로 저온 처리하여 휴면을 유도시킨 후 4℃에서 장기간(6개월 이상) 보관을 하면서 저온보관 75일과 150일째 생존율을 조사하였다.

또한 무당벌레의 월동개체군을 장기간 손쉽게 보존하기 위하여 여러 가지 용기에 담아 온도와 습도 조건을 달리하여 생존율을 조사하였다.

## 제 2 절 무당벌레(*Harmonia axyridis*)가 출현하는

## 주요 서식처

진딧물을 포식하는 무당벌레류 중에서 동절기를 제외한 계절에 가장 흔하게 나타나는 무당벌레류를 조사한 결과, 여러 가지 종의 무당벌레들 중에서 무당벌레(*Harmonia axyridis*)가 비교적 계절적 영향을 받지 않고 지속적으로 나타나고 있는 것으로 확인되었다. 무당벌레 이외에도 농가 주변에서 흔히 나타나는 것은 칠성무당벌레와 꼬마남생이무당벌레이다. 무당벌레를 제외한 상기 두 종은 여름철에 하면을 하거나 또는 대량포획 및 관리에 어려움이 있어 천적개발 실험에서 제외시켰으나, 앞으로 잠재적인 활용 가능성은 비교적 높은 것으로 생각된다.

무당벌레는 도시 한복판에서부터 시골 구석구석, 공원에서 가정의 정원, 바닷가에서 산꼭대기, 잡초가 무성한 버려진 땅에서 비옥한 농토에 이르기까지 거의 모든 곳에서 찾아 볼 수 있다. 특히 진딧물이 있는 곳에서는 거의 대부분 진딧물의 종은 다르지만 무당벌레를 관찰할 수 있다. 진딧물의 개체군이 형성되어 있는 곳에서는 무당벌레의 성충뿐만 아니라 알, 유충, 번데기 등 모든 발육단계의 무당벌레가 관찰되고 있으며, 진딧물이 서식하지 않는 곳에서도 성충 형태의 무당벌레를 관찰할 수 있다.

### 1. 무당벌레의 주요 번식처 조사

춘천지역에서 무당벌레의 주요 번식처는 월동이 끝나는 3월 중순부터 농경지 주변, 공원, 도로변, 야산을 중심으로 하여 조사하였다(Table 1). 3월 중순에서 4월 중순까지는 무당벌레의 성충만이 관찰되었다. 번식은 4월말부터 6월초까지 지속되었으나, 산란활동은 5월 중순부터 5월말까지

가장 왕성하였다. 무당벌레의 번식처(진딧물의 기주식물) 판정에 대한 정확도를 유지하기 위해서 무당벌레의 알, 유충이 발견된 식물에서 진딧물의 존재여부를 확인하였다. 무당벌레와 진딧물 모두가 발견된 식물은 3-4일 간격으로 방문, 관찰하여 번데기의 생성여부와 우화되는 것을 확인하여 번식처(식물)로 판정하였다.

Table 1. 무당벌레의 주요 번식처 (용화된 시기를 기준으로 함)

월	주요 번식처
5 월	단풍나무, 무궁화, 쑥, 장미, 보리수나무, 시금치
6 월	감자, 고추, 망초, 쑥, 버드나무, 잣나무, 전나무, 소나무, 냉이, 측백나무, 무궁화, 자두나무, 느티나무, 쥐똥나무
7 월	감자, 버드나무, 복숭아, 망초, 무궁화, 옥수수
8 월	망초, 꿩의다리, 옥수수
9 월	옥수수
10 월	보리수나무, 독활나무

농민이 무당벌레를 직접 채집할 수 있도록 농가 주변에서 흔히 볼 수 있는 작물과 나무를 대상으로 하여 무당벌레의 계절별 발생상황을 조사하였다. 5월부터 무궁화, 느티나무, 잣나무, 쑥, 감자 등의 작물에서 무당벌레의 번식활동이 왕성하게 일어나기 시작하여 6월까지 지속되었다. 7월부터 9월말에는 주로 옥수수에서 무당벌레의 대량번식이 관찰되었으며 10월 이후에는 무당벌레가 월동을 준비하는 기간인 관계로 번식활동이 거의 일어나지 않는 것으로 관찰되었다.

한편, 시설재배지에서의 무당벌레의 발생을 살펴보면, 봄철에 유리온실이나 하우스와 같은 시설재배지에서의 무당벌레 채집은 거의 이루어지지 않았다. 이는 하우스나 온실내에서의 진딧물의 발생이 거의 없을 뿐



만 아니라 월동에서 깨어난 무당벌레가 하우스 안으로 이동하기가 사실상 불가능한 것에 의한 결과라고 보여진다. 여름철에 들어서는 하우스를 개방시켜 두기 때문에 진딧물이 발생한 곳에서는 한 두 마리의 무당벌레를 발견할 수 있었으나 진딧물의 개체군을 감소시키는 수준에는 이르지 못하였다.

### 제 3 절 무당벌레의 대량 확보법 개발

무당벌레의 대량 확보에서는 인공사료의 개발에도 노력을 하였지만 경제성과 실용성에 문제가 있어 오히려 인위적인 자연 증식법 개발에 중점을 두고 연구를 수행하였다. 무당벌레의 성충 및 3-4령 유충에는 효과적으로 보관 및 사육 할 수 있는 인공먹이가 개발되었으나 1령과 2령 유충의 인공먹이는 경제성과 생존율이 매우 떨어졌다. 이에 대한 이유는 유럽이나 북미 지역의 천적 개발 연구와 이용 현황을 예를 들어 설명하겠다.

곤충용 인공사료 개발 기술이 발달하여 천적산업이 발달된 외국의 경우 *Harmonia*, *Hippodarmia*, *Semiadalia*속의 무당벌레류를 가을철에 대량 포획하여 판매하고 있다. 그러나 이들 국가에서도 아직까지 진딧물 포식성 무당벌레류의 전체 발육단계를 사육할 수 있는 실용성이 있는 사료와 사육법은 개발되지 않고 있는 실정이다. 그 주된 이유 중에 하나는 무당벌레류가 오랜 기간 진화하면서 택한 전략으로 생각되는 동종포식이다. 무당벌레의 동종포식 행동은 전 발육단계를 대상으로 하여 일어나는 현상으로 자연에서 빈번히 관찰되며, 특히 좁은 실험실 내에서는 그 정도가 매우 심하다. 무당벌레의 먹이의 조건이 우수하다고 할지라도 유충

시기에 개체간에 일정한 공간의 확보가 요구되는 관계로 누에와는 달리 좁은 면적에서 대량 사육이 거의 불가능하다. 그렇지만 무당벌레 성충의 경우에는 성충끼리 잡아먹는 현상은 거의 일어나지 않아서 좁은 면적에서 대량 사육이 가능하다.

현 상황에서 경제적으로 무당벌레를 대량으로 확보할 수 있는 방법에는 무당벌레의 행동학적 특성을 이용하거나 인위적인 대량 증식을 유도하는 것이다. 확보된 무당벌레는 본 과제에서 개발된 무당벌레의 보관법 및 관리법을 이용하면 장기간 먹이의 공급 없이도 활력 유지가 가능하여 필요시 곧바로 현장 투입이 가능하다.

#### 1. 무당벌레의 포획장소

우리 나라의 중부지방에서 특정 기간동안 무당벌레의 행동학적 특성을 이용할 경우 대량포획이 가능하다. 춘천을 중심으로 한 강원도 지역에서, 무당벌레는 10월 중순부터 11월 초순에 월동을 위해 대량으로 군락을 형성하여 한적한 곳의 건물벽이나 집안으로 들어오게 된다. 1998년 10월 16일 가평에서 2인이 약 3시간 자체 개발한 포획 도구로 4,000마리 이상을 포획하였으며 앞으로 약 2주 동안 수 만 마리의 성충 포획을 예상하고 있다. 좀 더 쉬운 방법으로는 이 기간에 성충은 낮동안에 건물 내부로 들어왔다가 밤기간의 저온으로 인하여 바닥으로 떨어지게 된다. 따라서 건물 내부에서는 비로 쓸어모으면 손쉽게 수거할 수 있다. 무당벌레 성충의 월동처는 산지의 바위틈이나 외딴 농가, 휴게소의 지하실 등으로 월동처가 발견되면 쉽게 대량포획을 할 수 있다. 3월 말에서 4월에는 월동이 끝나는 기간으로 외딴 가옥의 주변에서 대량 채집이 가능하다. 10월 중순-11월 초에는 무당벌레가 월동을 위하여 주위보다 높은 건물로 수천-수만 마리가 모이는 성질이 있다. 이 기간에 무당벌레의

대량포획이 가능하며, 1996년 11월에 춘천을 포함한 3지역에서 7,132 개체를 채집하였다.

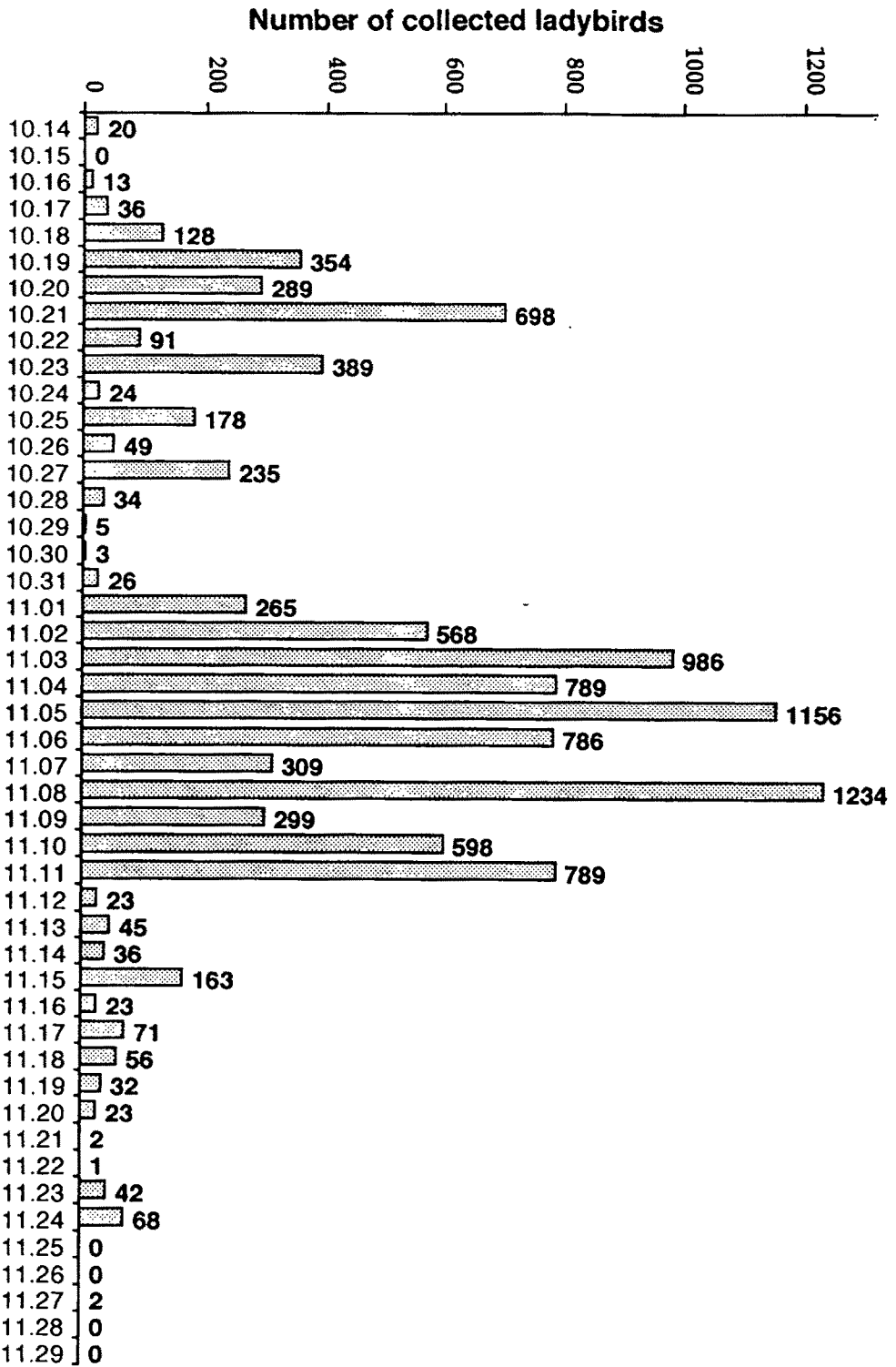
한편, 대전을 중심으로 한 중남부지역에서는 10월 하순에서 12월 초순까지 매년 그 해의 온도조건에 따라서 약간은 차이가 있으나, 일정 기간 동안에는 무당벌레 월동개체군을 대량으로 채집할 수 있었다(Fig.1). 무당벌레의 채집시기에 있어 기상조건을 조사한 결과(Fig. 2), 가을철 일일 평균기온이 10℃ 이상인 날에 많이 채집할 수 있었으며, 흐린날 보다는 일조량이 많은 날에 더 많은 개체를 채집할 수 있었다. 이는 무당벌레 성충의 비산온도와 월동처의 시각적인 효과에 기인한 것으로 사료된다. 따라서, 대량포획시 기상조건을 특히 고려해야 한다. 주로 학교와 같은 공공건물의 벽면이나 후미진 틈새, 양지바른 곳의 창틀과 처마 등 여러 곳에서 채집하였는데, 특히 충남 금산군 추부면 마전리에서의 98년도 무당벌레 채집은 1일 포획량이 15,000마리에 육박하는 양이었다. 97년에 이어 98년도에는 보다 더 다양한 월동처를 파악할 수 있어 총 36,000마리 이상을 포획할 수 있었다. 이는 첫해의 14,000여 마리의 2.5배가 넘는 많은 양으로 다음해의 무당벌레의 공급에 안정을 기할 수 있게 되었다.

이렇게 무당벌레가 집중적으로 모여드는 곳의 일반적인 지형적 특징은 소나무가 울창한 야산 근처에 자리 잡고 있었으며, 야산이 자리하고 있는 방향은 채집장소에서 서북쪽 방향에 위치하고 있었다. 무당벌레는 또한 위와 같은 장소에서도 일반적으로 햇볕이 잘 드는 건물 벽이나 담에 모여드는 경향이 매우 강하였다. 따라서 생물적 방제에 사용하기 위한 무당벌레 개체군을 대량으로 확보하기 위해서는 위와 같은 지리적 특성을 가지고 있는 장소를 잘 선정하게 되면 효과적인 무당벌레의 포획을 통하여 이듬해 봄에 무당벌레가 다시 출현하기 전까지 하우스 등 시설재

배지에서 효율적으로 이용할 수 있다.

그렇지만, 매년 같은 장소에서의 무당벌레 대량 포획은 불가능하였다. 이는 무당벌레를 대량으로 포획함에 따른 생태계의 변화에 의한 것으로 추정된다. 보다 많은 정량적인 연구가 필요하겠지만, 현재 상태에서 추정하건데, 97년과 98년을 단순히 경험적 비교를 하여 본 결과, 97년에 무당벌레를 많이 포획한 장소에서 98년의 포획수와 비교하면 거의 30% 수준밖에는 채집할 수 없었다. 이는 대량포획에 따른 개체수의 감소로 이듬해에 개체군의 증가가 그 만큼 둔화되었음을 나타내는 것이다. 따라서 월동 개체군을 대량으로 포획하여 이용하고자 할 경우에는 한 장소에서만 채집을 하지 않고 여러 장소에서 조금씩 무당벌레 수요량만큼만 채집하면서 자연 개체군을 유지시키는 것이 바람직하리라 생각된다.

**Fig. 1.** Number of collected ladybirds at the aggregation site in Eheun-dong, Yuseng-gu, Taejeon from middle of October to late of November in 1997.



### Temperature and Sunshine

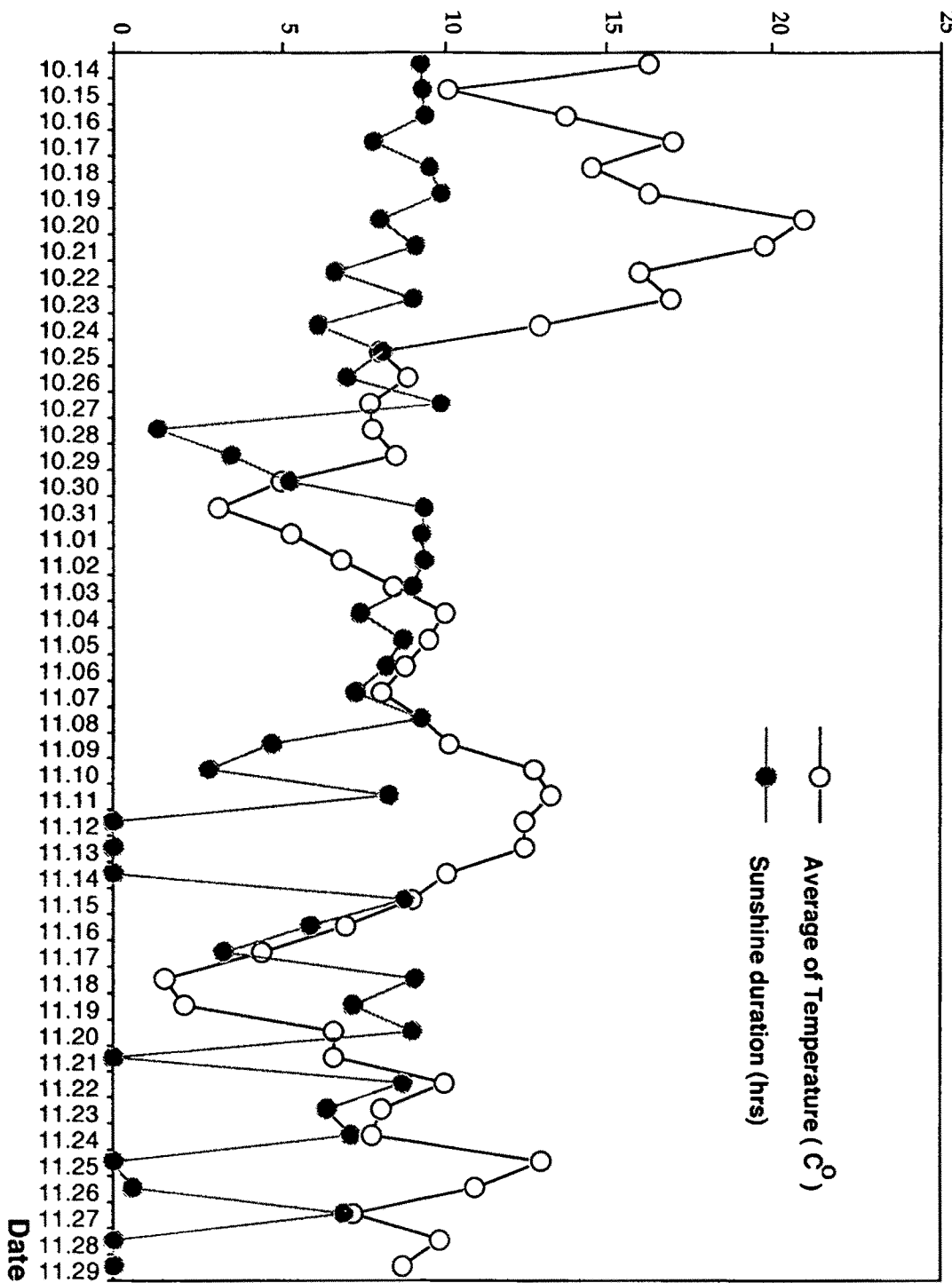


Fig. 2. The average temperature and the sunshine duration at Taejon from middle of October to late of November in 1997.

## 2. 무당벌레의 인공자연증식에 의한 대량확보법 개발

무당벌레의 번데기와 성충 대량확보를 목표로 하고 있다. 무당벌레의 대량증식과 취급이 용이한 식물은 공원이나 노변에 있는 무궁화와 수고가 낮은 잣나무, 전나무로 나타났다. 시설재배지 또는 비가림지에서 십자화과, 박과, 가지과 식물 등을 재배하여 본 결과, 고추와 피망이 취급이 간편하고 진딧물의 발생이 용이하여 무당벌레의 대량번식에 이용될 수 있는 것으로 나타나고 있다.

실험 결과 5-6월에 무궁화에 진딧물을 집중시킨 후 무당벌레의 성충을 방사하면 대량증식이 가능한 것으로 나타나고 있다. 6월중에 실험실에서 사육중인 성충으로부터 산란된 알 500개와 1령 유충 500개체를 진딧물이 만연한 춘천 근교의 포장(약 30평)에 있는 고추에 방사하고 그 후 약 70%인 680개의 번데기를 수거할 수 있었다 (Table 2).

Table 2. 인위적 또는 자연 증식된 무당벌레의 번데기 채집수.

식물	장소	수고	시기	개체수
잣나무, 전나무	공원, 아파트	3-5.0 m	5말-6초	5,900
무궁화	도로변	2-3.0 m	5말-6초	12,000
옥수수	밭	2-3.5 m	6중-9말	25,000
고추	비가림지	0.6 m	6중	680

## 3. 무당벌레의 포획시기 및 시간대

한편, 중남부지역에서 무당벌레가 모여들기 시작하는 10월 하순경부터 더 이상 모이지 않은 11월말까지의 일별 무당벌레 채집상황을 보면, 이

기간 중 11월 1일에서 11월 11일 사이에 집중적으로 많은 개체가 채집되었다. 이 당시의 기상조건을 비교해 보면, 날씨가 매우 화창한 전형적인 가을 날씨를 보이며, 일일 평균기온과 일조시수가 다른 날에 비하여 매우 높은 것을 알 수 있었다. 10월 하순부터 다시 많은 개체가 채집되기 시작한 11월 1일전까지의 기상은 날씨가 흐리고 비가 오는 날이 지속되었으며 일일평균기온도 10℃ 이하였다(Fig. 2). 따라서 이러한 기상상태를 고려하여 볼 때에 10월 하순부터는 날씨만 화창하다면 많은 무당벌레가 채집될 수 있을 것으로 생각된다.

채집기간동안 대전시 유성구 어은동에 위치한 일정 채집구역에서 일일 시간대별 무당벌레의 비산행동을 관찰한 결과(Fig. 3), 오전에 발견된 개체는 그 전날 날아 들어온 개체가 다른 곳으로 이동하지 않고 건물틈새나 벽면에 붙어서 노숙한 개체들이고, 이들 개체들은 시간이 지나 일조량이 많아지고 기온이 서서히 상승하면서 활동성을 보이기 시작하였다. 이후 이들 개체들은 다른 지역에서 날아 들어오는 개체와 섞이게 되며, 무당벌레의 유입 활동량은 오후 2-3시경에 최대를 보였다. 이 조사 지점으로 새로이 유입되는 무당벌레의 개체수는 정오를 기점으로 서서히 증가하여 오후 3시에는 최대 유입량을 기록하였는데 그 수는 평균 170여 마리였다. 한편 유입된 개체들은 한 곳에 정착하지 않고 주위를 배회하였으며, 일조량이 적어지고, 온도가 낮아지는 시간대인 오후 3시를 기점으로 하여 다른 곳으로 날아가는 개체수가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 석양이 다가오는 무렵인 오후 4시를 기점으로 채집지역으로부터 다른 곳으로 날아가는 개체는 많아진 반면에 이 장소로 모여드는 개체수는 감소하는 것을 볼 수 있었다. 이는 무당벌레가 노숙장소로 다시 이동하는 것으로 추측되며, 이러한 유입장소가 궁극적인 노숙이나 월동처가 아니라는 것을 알 수 있다. 따라서 무당벌레를 대량으로 포획하기 위해서는



오후 2시에서 4시 정도에 포획하는 것이 가장 많은 수의 무당벌레를 포획할 수 있는 시간으로 생각된다.

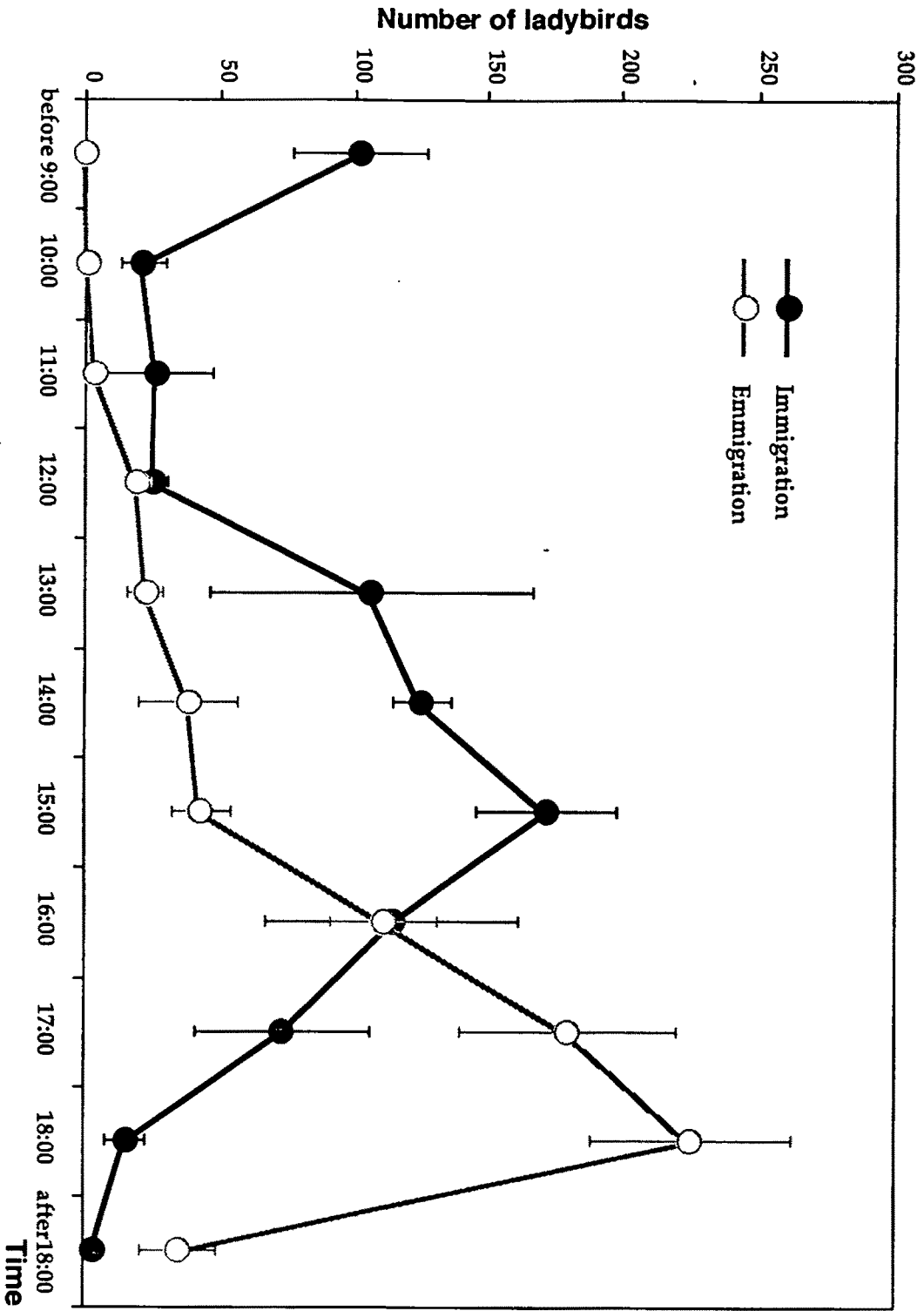
#### 4. 무당벌레를 유인하기 위한 포집판

무당벌레의 월동개체군을 포획하기 위하여 포집판을 제작 설치하였다 (Fig. 4.5). 포집판은 무당벌레가 많이 모여드는 아이보리 색을 칠하였으며 시야가 딱 트인 곳에 무당벌레가 많이 모여드는 곳을 택하여 3곳에 설치하였다. 판의 크기는 가로·세로 1m의 크기로 하였으며, 지붕에는 흙을 파서 무당벌레가 머물 곳을 제공하였다. 그렇지만 무당벌레가 인공적으로 만든 포집판에는 아주 극소수 밖에는 모이지 않아 인공적인 포집판은 실효성이 없는 것으로 결론지어졌다.

#### 5. 무당벌레의 비가림 또는 시설재배지에서 대량증식 유도 및 관리

춘천 지역에서 무당벌레의 주된 노지 증식 식물로는 고추, 감자, 옥수수, 무궁화, 잣나무인 것으로 조사되었다. 6월 중순에 진딧물이 대량 발생한 파리고추 비가림 재배지에서 무당벌레의 성충 500마리를 방사하여 대량번식을 유도한 결과 약 12,000마리의 번데기를 수거할 수 있었다. 진딧물의 발생이 용이한 파리고추와 같은 작물을 심어 무당벌레의 자연 대량 증식을 유도할 수 있다. 채집된 번데기는 1주일 정도면 우화하며 자체 개발된 성충용 인공사료를 이용하면 2-3개월 정도 산란을 지속적으로 유지시킬 수가 있다. 휴면을 유도시킬 경우에는 약 7-10개월(휴면기 5개월+비휴면기 5개월) 동안 수명을 유지시킬 수가 있다. 더 자세한 내용은 제 5 장에서 다루게 된다.

Fig. 3. Change of the ladybird aggregated population at aggregation sites at Ehaun-dong, Yuseng-gu, Taejon with time zone.



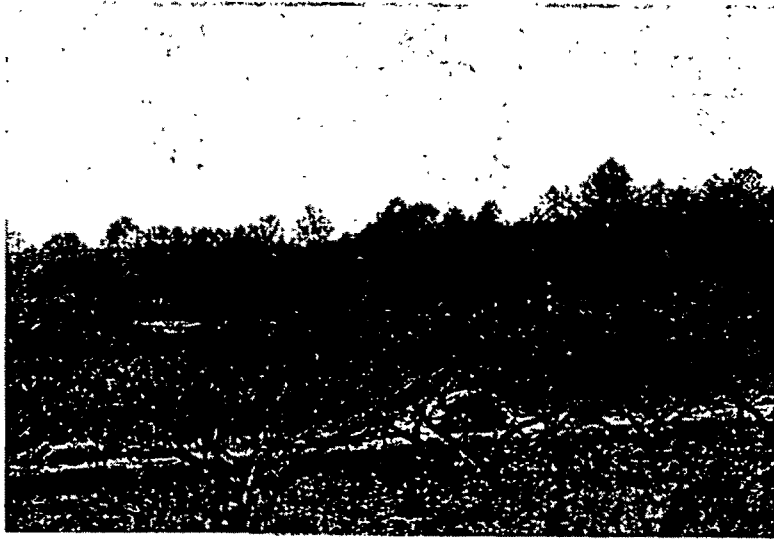
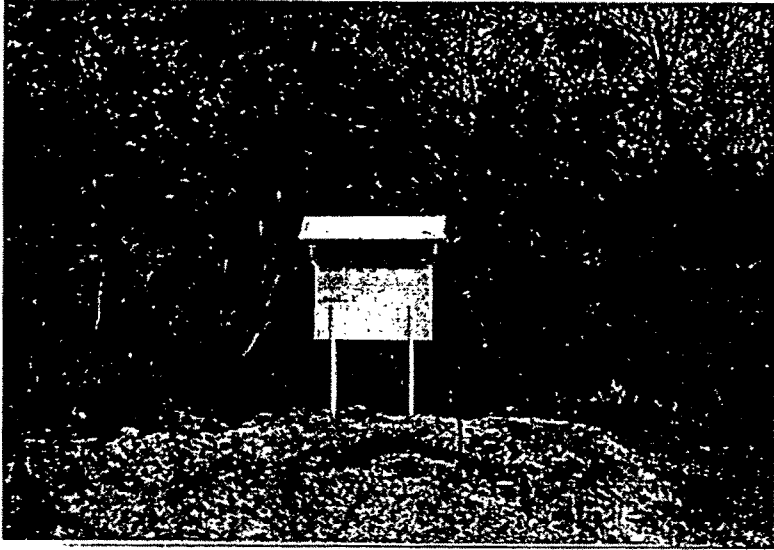


Fig. 4 포집판의 설치와(위) 포집판에서 바라 본 전경(아래)

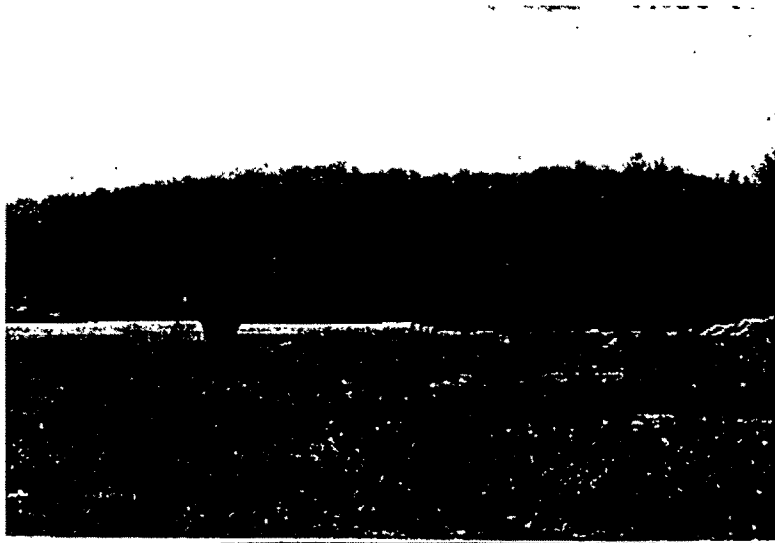
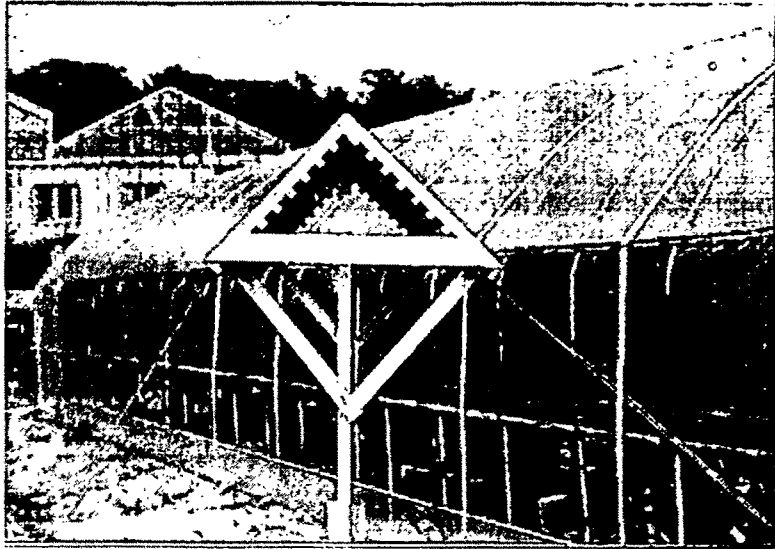


Fig. 5 포집판이 설치된 옆모습과(위) 포집판에서 바라 본 전경(아래)

## 제 4 절 곤충기생자가 무당벌레의 활력에 미치는 영향

무당벌레를 이용한 진딧물의 생물적 방제를 성공적으로 수행하기 위해서는 무당벌레의 포식력을 감소시킬 가능성이 있는 주요 요인에 대한 조사가 선행되어야 하며, 이에 대한 대책이 마련되어야 할 것이다. 무당벌레의 생물적 활력을 감소시키는 요인이 될 수 있는 기생자에는 강원지역 뿐만 아니라 충청지역에서도 벌목 1종, 파리목 2종이 발견되었다. 동절기 또는 초봄에 무당벌레의 성충을 치사시키는 것으로 알려진 파리목에 속하는 *Degeeria luctuosa*는 연도에 따라 기생률에 차이가 있으며 심할 경우에는 21%에까지 이르고 있어 본 기생자에 대한 생물학적 특성 연구가 있어야 할 것으로 사료된다. 일부 지역에서 채집된 무당벌레 월동개체군중에 상당수가 기생파리인 무당벌레기생파리(신칭), *Degeeria separata* (Diptera: Tachinidae)에 의해 기생당하고 있었다(Fig. 6). 채집기간 중 포획된 총 14,271마리 중에서, 무당벌레기생파리가 발견된 지역에서 채집한 무당벌레 채집 개체수 총 8,349마리 중 236마리가 무당벌레기생파리에 의하여 기생당하여 총 2.83%의 기생률을 보였다. 이들은 무당벌레가 월동하는 장소에 집단으로 서식하며 무당벌레에 산란을 하는데, 이러한 기생파리의 기주탐색 및 산란특성을 연구하기 위한 기초자료로 SEM을 통해 외부 형태적 특징을 관찰하였다. 그 이외에도 기생벌(미동정)도 무당벌레의 유충에 기생을 하고 있는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 7). 이 기생벌은 무당벌레가 한창 번식하는 시기인 7-8월에 유충에 기생하여 무당벌레가 번데기가 되면 껍질을 뚫고 탈출하는 생활사를 가지고 있는 듯하였으나(Fig. 8), 좀 더 많은 것을 연구할 필요성을 느낀

다.



Fig. 6 무당벌레의 월동 개체군 중에 기생하는 기생파리의 일종인 무당벌레 기생파리, *Degeeria separata* (Diptera: Tachinidae).



Fig. 7 무당벌레의 유충에 기생을 하는 기생벌



Fig. 8 무당벌레의 유충에 기생을 하는 기생벌이 번데기에서 탈출하고 난 후의 탈출공.

한편, 무당벌레기생파리의 기주탐색 및 산란특성을 연구하기 위한 기초자료로 SEM을 통해 외부 형태적 특징을 관찰하였다.

주로 무당벌레기생파리의 더듬이, 구기, 다리와 생식기를 중점적으로 관찰하였는데, 더듬이는 머리의 아래쪽 겹눈사이에 위치하고 있으며 병절(Scape), 경절(Pedicel), 기부(Funicle), 자모(Arista)로 이루어져 있고, 2번째 마디와 3번째 마디에서 각각 세 종류의 감각기를 가지고 있는 것이 특징이다(Fig 9).

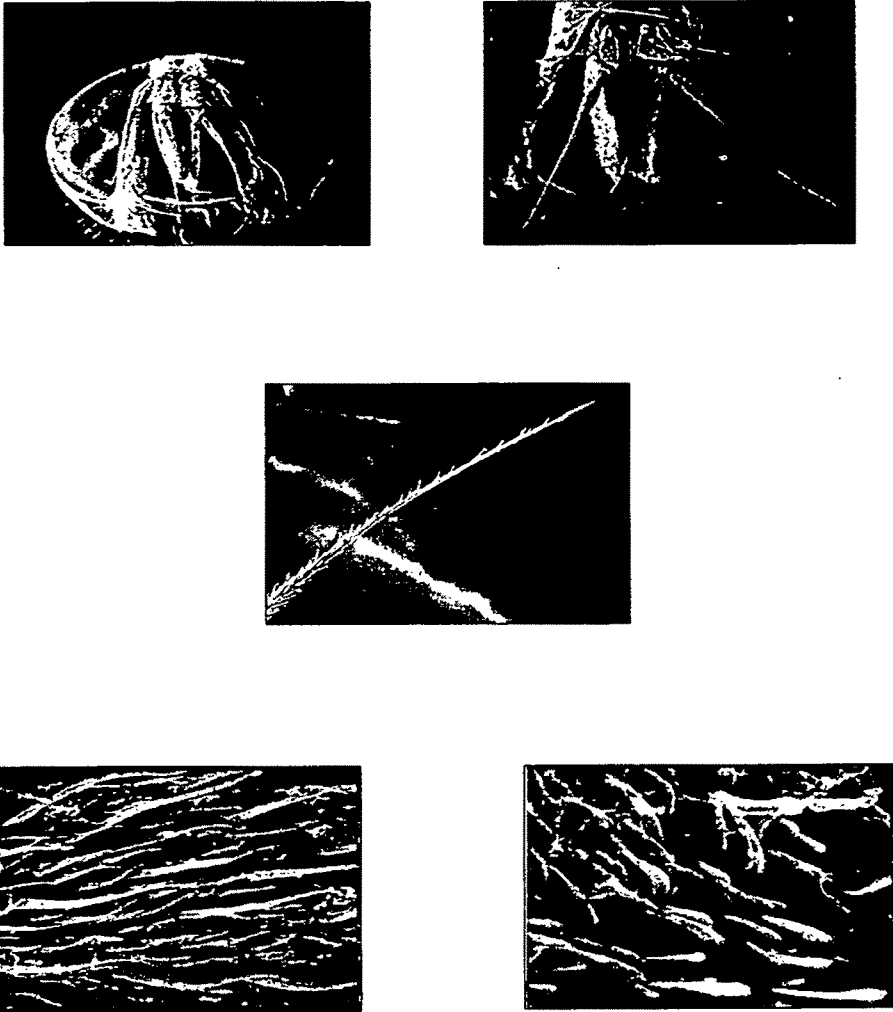


Fig. 9. SEM photograph of antenna of *Degeeria separata*

구기에서는 이마방패(Clypeus), 작은턱수염(Maxillary palp), 그리고 순판(Labellum)을 관찰할 수 있었다. 이 기생파리의 입틀구조는 다른 파리와 마찬가지로 sponging type의 구조를 하고 있었다(Fig. 10). 다리는 한쌍으로 육반(Pulvillus), 과간모(Empodium), 그리고 한 쌍의 발톱을 가



지고 있는데, empodium의 길이는  $125\mu\text{m}$ 로 기주에 중체를 고정할 때 액체를 분비하여 잘 고정할 수 있게 하는 역할을 하는 것으로 보여진다 (Fig. 11). 암, 수 모두의 복부에는 열렸다 닫혔다 하는 부분이 있었는데, 그 명칭이나 역할은 명확하지 않다 (Fig. 12). 기생파리 생식기의 형태는 다른 곤충들과 큰 차이를 보이지 않았지만 이 종의 생식기의 특징을 관찰하는 것은 암, 수 구분과 암컷의 기생기작을 연구하는 데 있어 중요하다 (Fig. 13).

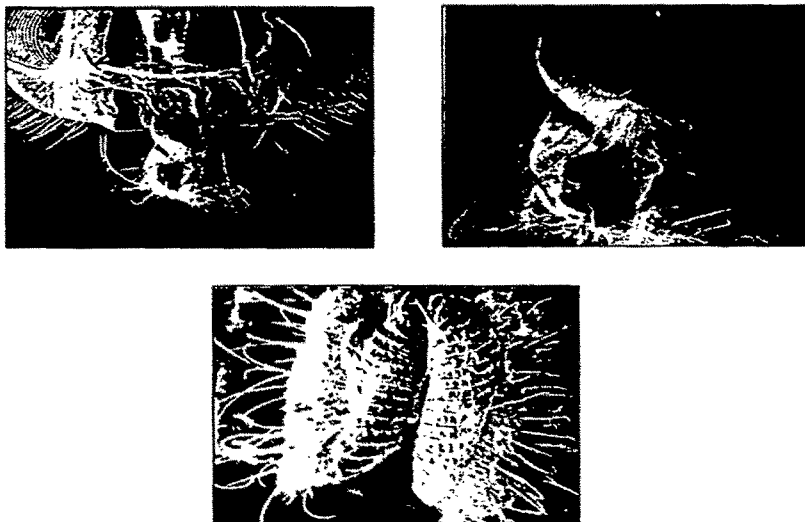


Fig. 10. SEM photograph of mouthpart of *Degeeria separata*



Fig. 11. SEM photograph of tarsus in the leg of *Degeeria separata*.

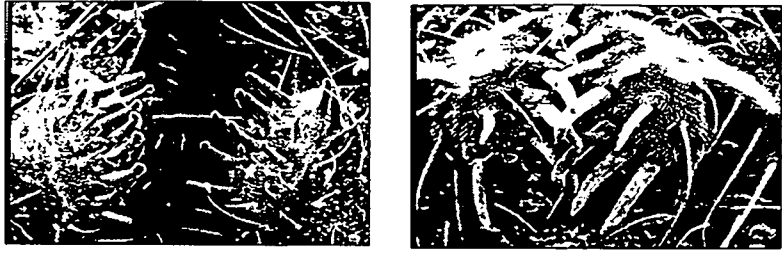


Fig. 12. SEM photograph of abdomen of *Degeeria separata*.

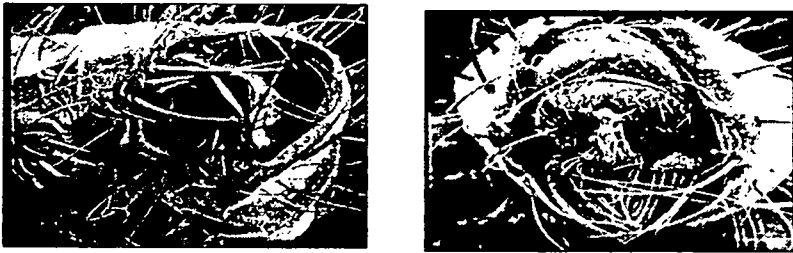


Fig. 13. SEM photograph of abdomen of *Degeeria separata*.

좀 더 체계적인 연구가 있어야 확실한 결론을 내릴 수가 있겠으나, 본 기생자는 월동기에 즈음하여 기주를 감염시키며 작물 생육기동안 거의 기생하지 않는 것으로 생각된다. 따라서 본 기생자는 한시적으로 발생하는 종으로 전체적으로 볼 때 무당벌레의 진딧물 포식효과에는 커다란 영향을 미치는 못하는 것으로 생각되며 무당벌레의 유충과 번데기를 치사시키는 기생자의 기생률은 극히 미미한 것으로 나타나고 있다. 그러나, 칠성무당벌레의 번데기는 기생파리와 기생벌에 의한 치사율이 현격히 높아 본 천적의 진딧물 포식력에 상당한 영향을 미칠 수 있는 것으로 잠정적 결론을 내린다. 이에 대한 자세한 연구가 요구된다.

## 제 4 장 진딧물 포식자로서 무당벌레의

### 행동학적 · 생리학적 특성

무당벌레가 효과적인 생물적 방제 인자로서의 조건을 갖추고 있는지를 검정하고, 이들의 행동적인 특성을 이용하기 위한 행동학적인 측면과 생리학적인 측면에 중점을 두고 연구를 수행하였다. 즉, 온실내에서의 진딧물을 비롯한 기타 해충의 생물학적 방제인자로서 무당벌레의 이용 가능성을 타진하고 가능하면 이들의 이용성을 극대화하기 위한 작업의 일환으로 실시하였다.

#### 제 1 절 연구수행방법

##### 1. 무당벌레 기본적 행동양상 관찰

무당벌레의 방사위치에 따른 진딧물의 섭식양상을 알아보기 위해 실험실 내에서 실시 공시작물로는 10엽기 고추유묘와 들깨유묘를 이용하였으며 공시충으로는 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 각각 이용하였다. 진딧물의 밀도는 무당벌레 방사 전 밀도를 측정하였고, 복숭아혹진딧물은 단시간의 양상을 분석하기 위해 방사 1시간후의 밀도를 조사하였으며 들깨의 경우에는 24시간마다 진딧물의 밀도와 무당벌레의 위치를 조사하였다.

무당벌레의 이동양상은 진딧물이 없는 샬레와 오이 앞에서 이동속도를 측정하였고 진딧물을 방성한 후의 행동양식을 육안과 현미경 하에서 관찰하였다.

진딧물 포획행동을 관찰하기 위해 현미경 하에서 stop watch와 counter를 이용하여 포식시간과 입틀의 운동을 측정하였으며 Functional response를 알아보기 위해 샬레에 각기 다른 진딧물을 제공하고 무당벌레 성충의 1시간동안의 포식량을 측정하였다.

## 2. 3-way olfactometer

무당벌레 먹이 탐색시 후각기능을 알아보기 위한 3-way olfactometer를 만들어 한쪽 chamber에는 14종류의 식물휘발성물질을 각각 여과지에  $1\mu\text{l}$ 를 묻혀 넣어 주고, 또다른 chamber에는 아무 것도 넣어 주지 않았다(Fig. 1). 그런 다음 무당벌레 성충 15마리를 넣어 주고 1시간 후 각각의 chamber에 들어간 무당벌레의 마리 수를 조사하였다.

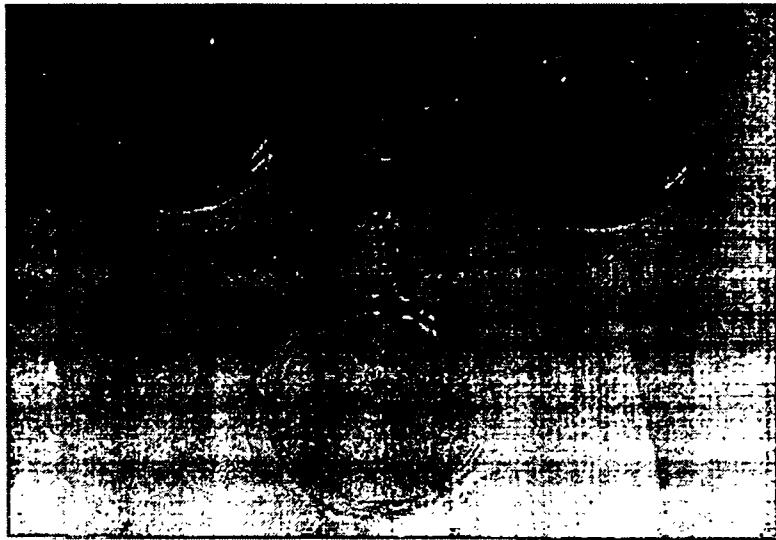


Fig.

3-way olfactometer의 모형

### 3. 진딧물 및 기타 해충에 대한 포식력

진딧물에 대한 포식력을 검정하기 위하여 일정한 수의 진딧물을 공급하고 무당벌레의 각 발육상태에 따른 포식력을 조사하였다. 진딧물에 대한 포식력 검정과 마찬가지로 오이와 토마토에서 발생한 온실가루이 알과 약충의 수를 세어 공급하였다. 온실가루이 약충의 경우 3-4령충을 주로 공급하였으며, 하우스에서는 방울토마토를 정식한지 3주 경과 후 50평 규모의 하우스에 성충 60마리, 1·2·3령 유충 75마리를 방사하였다. 온실가루이의 밀도는 하우스 내에 10여 마리의 성충이 관찰되었다. 하우스는 통풍구를 모두 망사로 처리하여 온실가루이의 유입과 분산을 방지하였다.

### 4. 휴면이 무당벌레에 미치는 영향

휴면에 따라 무당벌레에 미치는 생리적인 영향을 조사하기 위하여 75일과 150일 동안 인위적인 휴면을 시킨 후에 무당벌레 성충의 산란력 등을 조사하였다.

## 제 2 절 전자현미경을 이용한 포식성 무당벌레의 미세구조

무당벌레의 포식행동이 이루어지는 구기형태와 감각기관인 더듬이, 발마디, 유충의 체표면의 구조적 특징을 관찰하기 위해 무당벌레 1,2,3,4령 유충과 성충을 sampling 한 후 전자현미경(SEM)으로 관찰하였다. 유충과 성충의 구기형태에 있어 약간의 차이점을 확인할 수 있었다.

대부분의 딱정벌레목 곤충들의 구기에서 볼 수 있듯이 무당벌레 또한

biting type이며(Fig. 2), 크게 mandible(큰 턱), maxillae(작은 턱) labium(윗입술)으로 이루어져 있다. mandible은 한 쌍으로 끝에는 두 개의 이빨(incisor)이 있으며, maxillae는 maxillary palpus, stipes, galea lacinia, cardo로 이루어져 있다. labium은 부분적으로 움직일 수 있는 prelabium, 기부와 이어져 있는 postlabium, labial palp로 구성되어 있다. 더듬이는 곤봉상이며 11마디로 많은 잔털이 나 있으며(Fig. 3), 발마디는 네 마디로 끝은 발톱이 있는 것을 관찰하였다(Fig. 4). 또한 유충의 경우에도 큰 턱이 주로 진딧물을 씹어먹는 역할을 하고 있었으며, 체표면에는 가시털이 규칙적으로 배열되어 있는 것을 볼 수 있었다(Fig. 5).

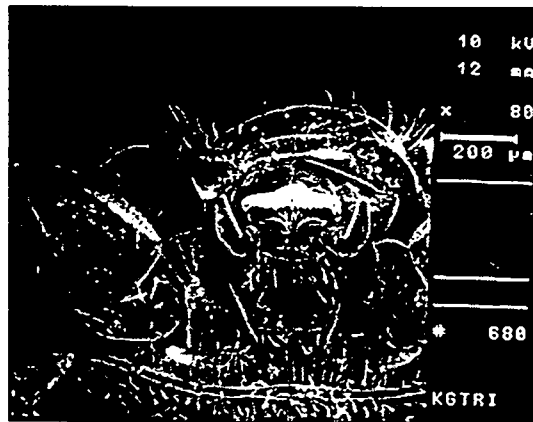


Fig. 2 무당벌레 성충의 구기.

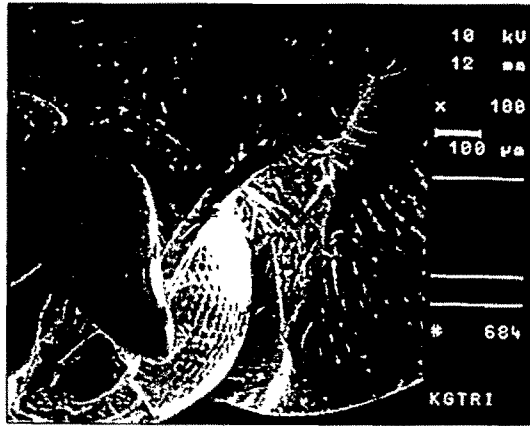


Fig. 3. 무당벌레 성충의 측각.

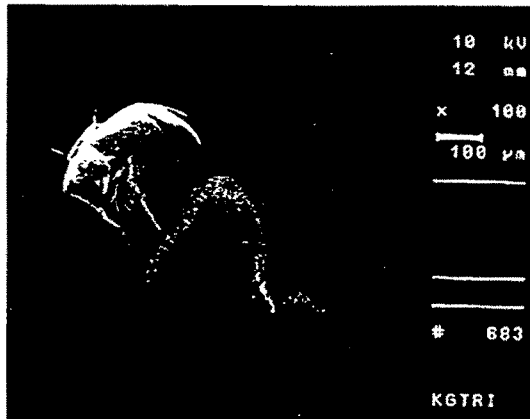


Fig. 4. 무당벌레 성충의 앞다리.

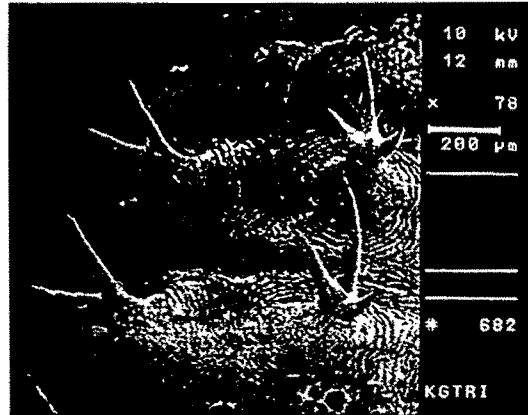


Fig. 5. 무당벌레 유충의 구기(위)와 배판의 돌기(아래)



### 제 3 절 포식성 무당벌레의 식물성 휘발성물질에 대한 신경생리학적 반응

포식성과 기생성 곤충의 먹이탐색에 대한 행동적 특성은 무당벌레를 이용하는 측면에서 다루어져야 한다. 특히 먹이가 많이 존재하는 서식처를 찾는 행동은 특정한 공간의 하우스에서 인위적인 방사를 하여 진딧물을 방제하고자 하는 본 연구에서는 큰 비중을 차지하고 있지 않지만, 자연 생태계에서 무당벌레의 활동영역을 감지하는데는 유용한 방법이다. 무당벌레가 먹이를 찾는 방법은 몇 가지 이론들이 있지만 전체적으로 정립되어 있는 단계는 아니다. 무당벌레가 짧은 거리에서 먹이를 찾을 때에는 시각적 요인과 후각적 요인을 모두 이용하고 있다고 하는 주장과 단지 물리적인 접촉만을 이용한다고 하는 주장이 첨예하게 대립하고 있다. 본 연구의 결과에 의하면 유충의 경우에는 접촉에 의한 물리적 감각을 주로 이용하는 경향을 뚜렷하게 볼 수 있었으며, 성충의 경우에는 근접한 거리에서는 접촉에 주로 의존하는 것으로 결론 지을 수 있으나 장거리의 시각적, 후각적 요인은 뚜렷한 결과를 얻지 못하였다.

Olfactometer를 이용한 무당벌레의 먹이탐색에 있어서 후각의 기능을 알아보기 위하여 3-way olfactometer를 만들어 성충과 유충의 선택성을 관찰하였다. 그 결과 성충과 유충에서 모두 뚜렷한 선호성을 보이지 않는 것으로 확인되었다. 단지 (R)-(+)-Limonene만이 다른 화합물에 비하여 비교적 양성반응을 보였다. 앞으로 후각선택장치를 좀 더 개량하여 실험을 해야 확실한 결론을 내릴 수가 있겠지만 현재까지의 결과로는 무당벌레가 진딧물을 포식하는데 있어 냄새를 이용하는 기능은 아주 미미한 것으로 사료된다.

기주식물과 먹이인 진딧물을 대상으로 하여, 특히 하우스내 주요 작물인 토마토, 오이, 고추 등 일반 원예작물과 유기농가에서 주로 재배하고 있는 신선초, 케일 등 여러 가지 작물에 대한 선호성을 실험하였다. 진딧물의 경우에는 복숭아혹진딧물, 목화진딧물, 무테두리진딧물 등을 대상으로 먹이 선호성 연구를 수행하였으나 유의성을 인정할 만한 결과는 없었다.

## 제 4 절 무당벌레의 기주탐색 및 포식행동

### 1. 기본적 행동양상

무당벌레는 성충과 유충 모두가 같은 먹이를 먹는다. 자연상태에서 성충은 대부분이 진딧물이 많은 곳에 산란을 하기 때문에 부화된 어린 유충은 먹이를 쉽게 찾을 수가 있다. 그러나 섭식행동을 면밀히 관찰하여 보면 진딧물이 1-2cm 이상으로 약간만 멀리 떨어져 있어도 먹이를 찾지 못하고 방황하는 것을 관찰할 수 있다. 따라서 일정한 거리 이상에서는 먹이를 쉽게 감지할 수 없는 것으로 추측되는데 이는 유충이나 성충이 진딧물에서 나오는 어떠한 화학물질을 감지하는 능력이 매우 떨어지는 것으로 해석할 수 있으며, 앞으로 이와 같은 내용을 검증할 필요가 있다고 생각된다. 따라서 무당벌레는 단지 접촉에 의해서만이 먹이를 감지할 수 있는 듯하다.

무당벌레는 대체적으로 양성 주광성과 음성 주지성을 가지고 있는 행동특성을 보인다. 작물에서의 탐색행동을 관찰하여 보면 위로 올라가려고 하는 경향을 가지고 있다. 또한 진딧물도 이와 같은 특성을 가지고 있기 때문에 결과적으로 식물체의 상단부에서 무당벌레가 먹이를 만날

수 있는 확율은 높아지게 된다. 무당벌레의 방사위치에 따른 진딧물의 섭식패턴을 알아보기 위하여 고추와 들깨에서 무당벌레의 성충과 3령유충을 이용하여 진딧물의 밀도 변화를 알아본 결과 (Fig. 6, 7, 8, 9)에 의해서도 알 수 있었다. 또한 잎에서는 돌출된 잎맥을 따라서 혹은 잎의 가장자리를 따라서 움직이는 것을 관찰할 수 있다. 이는 엽맥의 도관부에서 주로 흡즙을 하는 진딧물의 식이행동과 무관하지만은 않은 것 같다.

Fig. 6의 경우 닭간을 정상적으로 공급하고 15℃에 저장한 무당벌레를 이용하였다. 공시충 및 작물은 10엽이 나온 어린 고추 묘에 기생하고 있는 복숭아혹진딧물을 이용하였으며, 관찰 시간은 1시간이었다. 실험은 3반복으로 실시하여 평균한 진딧물의 개체군 밀도를 그래프로 나타내었다. (A)의 경우에는 무당벌레 1마리를 고추 묘의 밑부분에 올려 놓은 결과 무당벌레가 대부분의 고추 잎을 방문하여 진딧물을 섭식한 결과 대부분의 잎에서 밀도가 감소하였다. (B)의 경우 5번 잎에 무당벌레 1마리를 올려놓은 결과 하엽에서는 진딧물의 개체군이 증가한 반면 상위엽에서는 모두 감소함을 나타내었다. (C)의 경우 신초부위에 무당벌레를 올려 놓았을 경우 신초부위를 포함한 상위 6개 잎에서 개체군이 줄어든 반면 하위 4개 엽에서는 증가하는 경향을 보였다. 또한 무당벌레를 어디에 위치를 시키던간에 진딧물이 밑 바닥으로 떨어지는 현상을 볼 수 있었는데, 이는 바로 옆의 진딧물이 무당벌레에 의해서 포식을 당하고 있을 경우에 반경 1-2cm이내의 근거리에서 있는 진딧물은 흡즙을 중단하고 구침을 빼어낸 후에 상위엽 혹은 하위엽으로 이동하거나 그대로 떨어짐으로 인하여 무당벌레의 포식으로부터 도망갈 수 있었다. 이는 복숭아혹진딧물이 무당벌레의 공격에 매우 능동적으로 방어하는 것을 보여주고 있다. Fig. 7의 경우에는 Fig. 6의 경우와 크게 다르지 않았으나 차이점

은 24시간을 굶긴 무당벌레는 정상적인 무당벌레에 비하여 매우 활동적으로 움직이고 있어 진딧물을 차례로 먹기보다는 많은 공간이동현상을 보임에 따라서 진딧물도 이동을 하고 낙하하는 경향이 더욱 두드러짐을 볼 수 있다.

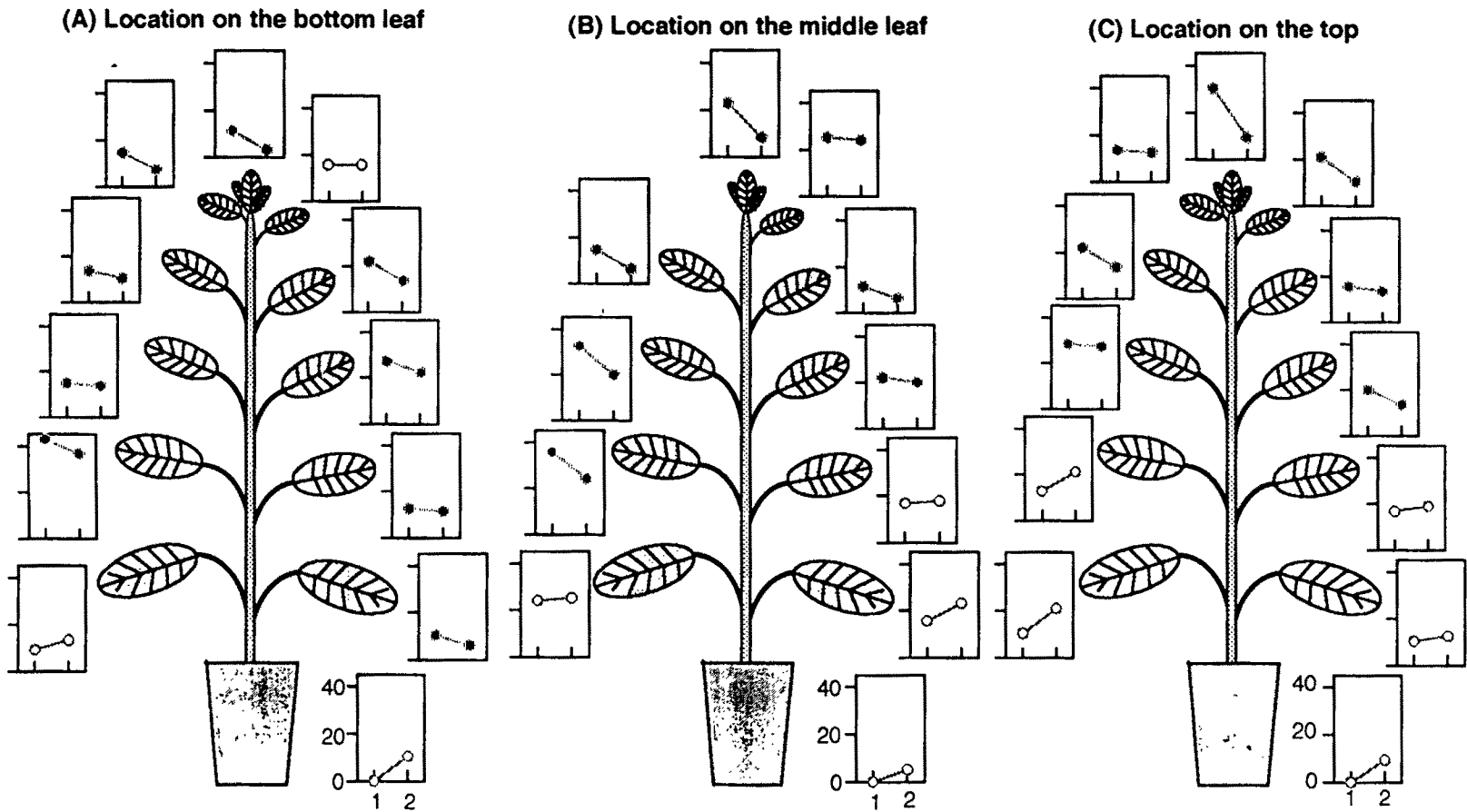
Fig. 8과 9는 들깨에 발생한 목화진딧물을 이용하여 무당벌레 유충의 포식행동을 관찰한 결과이다. 이 실험에서 Fig. 8은 5마리의 4령 유충을 밑부분에, Fig. 9은 5마리의 3령 유충을 윗부분에 방사하였을 경우를 나타내고 있다. Fig. 8에서 4령 유충은 한 곳의 진딧물을 모두 섭식하고 다른 곳으로 이동하기 보다는 이곳 저곳을 이동하면서 진딧물을 섭식하여 신초부위를 제외한 부분에서는 첫째날에 진딧물의 밀도가 크게 감소한 것을 볼 수 있으며, 3일째에는 진딧물이 밀생하고 있는 신초에서 주로 섭식 활동을 한 결과 밀도가 크게 감소하였으며, 4일째 되는 날에는 모든 진딧물이 무당벌레에 의해서 방제되었다. 3령충을 신초부위에 방사한 경우에는 (Fig. 9) 상위엽부터 차례로 하위엽으로 이동하면서 진딧물을 포식하는 경향을 볼 수 있었으며, 3일째 이후에는 3령 유충이 4령유충으로 성장하여 보다 활발한 이동을 하면서 남아 있는 진딧물을 포획하고 있었다. 이 경우에는 진딧물의 개체군 밀도가 매우 높아 번데기가 될 때까지 모든 진딧물을 섭식하지 못하였기 때문에 4령유충이 번데기가 된 후에는 진딧물의 밀도가 서서히 증가하기 시작하였다.

한편 무당벌레는 식물체에서 이동하는 중에 몇 분동안 전혀 먹이를 찾지 못한 경우에는 무당벌레의 공간이동 속도가 빨라지며, 방향을 바꾸어 이동하는 회전을 또한 증가한다. 이는 보다 빨리 넓은 범위에서 먹이를 찾고자 하는 노력일 것이다. Table 1은 무당벌레가 이동하는 속도를 진딧물이 없는 플라스틱 샐레와 오이 앞에서 측정한 것이다. 이 결과를 보면 성장할수록 이동속도가 빨라지는 것을 볼 수 있으며, 1령충과 2령

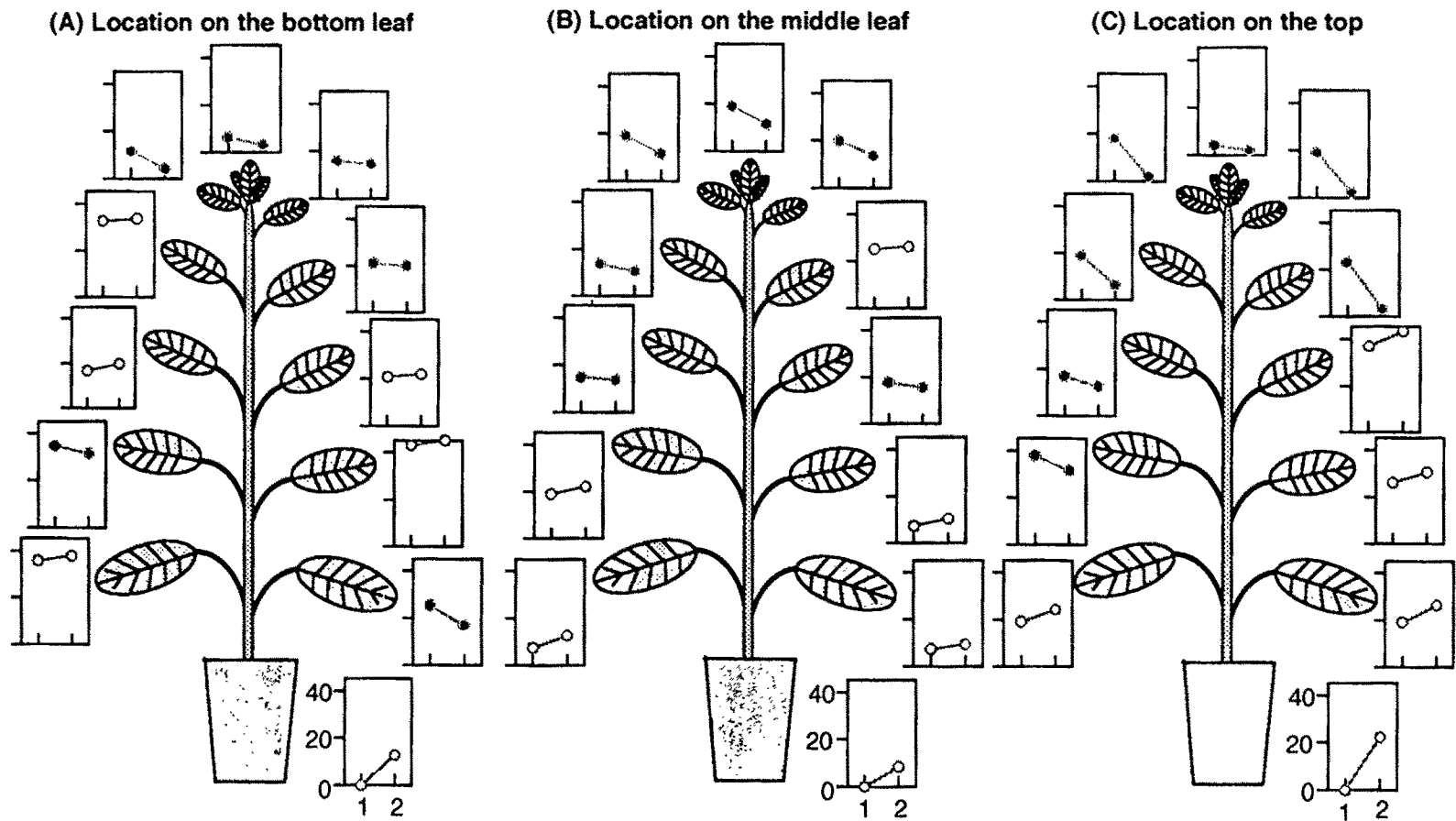
충은 이동속도가 비교적 느린 반면에 3령충 이상에서는 비교적 빠르게 움직이고 있었다. 이동 속도는 성충의 경우 평평한 곳에서는 초당 15mm 정도이고, 오이 잎에서는 7mm 정도로 약 2배 정도의 차이를 보이고 있다. 1령충과 2령충의 경우, 이동속도에 있어 큰 차이가 없었다. 이와는 반대로 먹이를 발견하게 되면 먹이를 다 먹은 후에 좁은 공간에서 정밀탐색을 한다. 따라서 이동 속도와 회전율은 감소하게 되고 정밀탐색과 먹이와의 접촉을 늘리기 위해 머리를 좌우로 흔드는 운동의 비율이 증가하게 된다.

Table 1. Average working distances of ladybirds on petri-dish and cucumber leaf surface for 5 and 10 seconds (n=5)

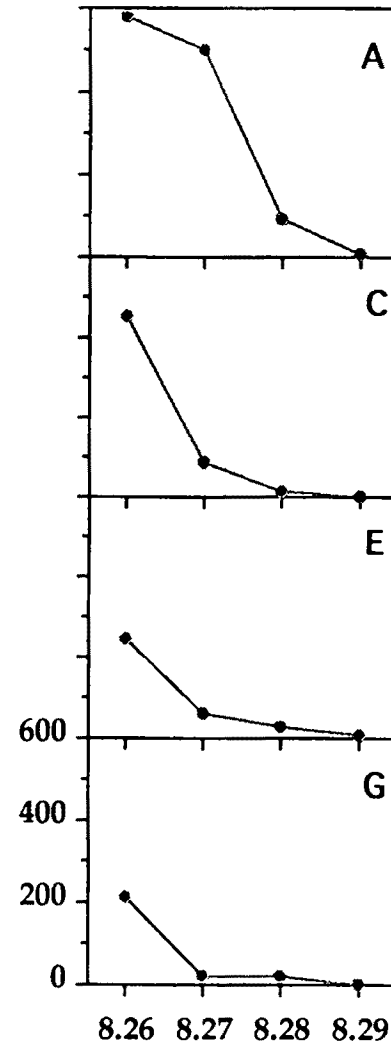
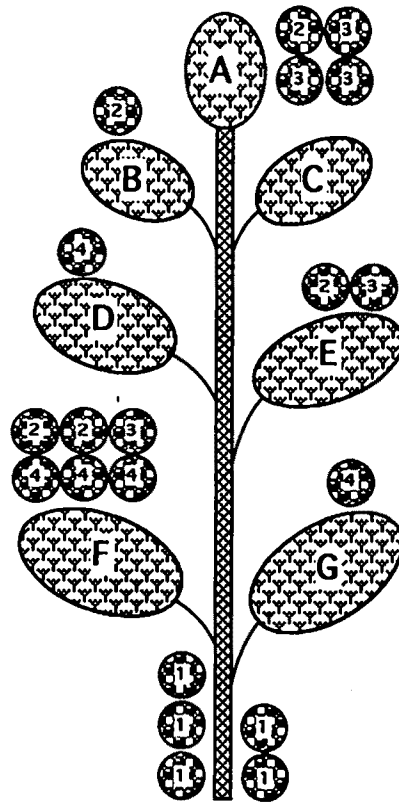
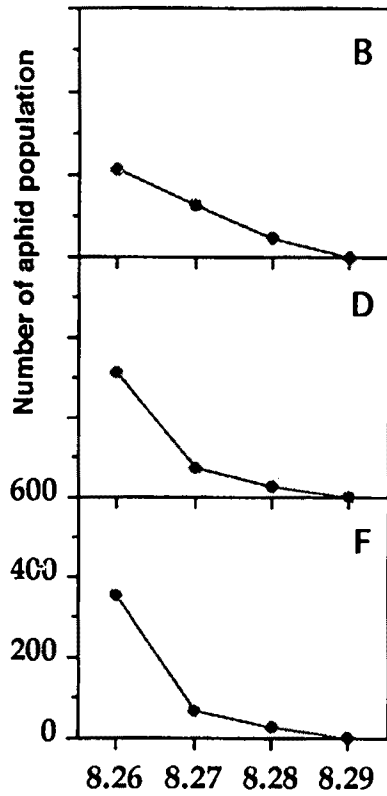
	On the petri-dish (cm)		On the plant surface (cm)	
	5 sec	10 sec	5 sec	10 sec
1st larva	1.40±0.55	3.63±0.40	0.16±0.05	0.62±0.22
2nd larva	1.88±0.54	4.86±0.38	1.12±0.55	2.04±0.28
3rd larva	4.34±0.69	6.92±0.36	4.26±0.87	6.96±0.94
4th larva	9.24±1.10	15.24±0.70	4.98±0.90	5.62±1.65
adults	6.12±1.12	15.66±1.94	5.78±1.04	6.94±0.81



**Fig. 6.** The changes of the green peach aphid population by the non-starvation ladybird predation at bottom (A), middle (B) and top location (C) on the red pepper in the laboratory condition for 1 hour. In every graphs, X bars indicate intervals with 1 hour and Y bars are the number of aphids.

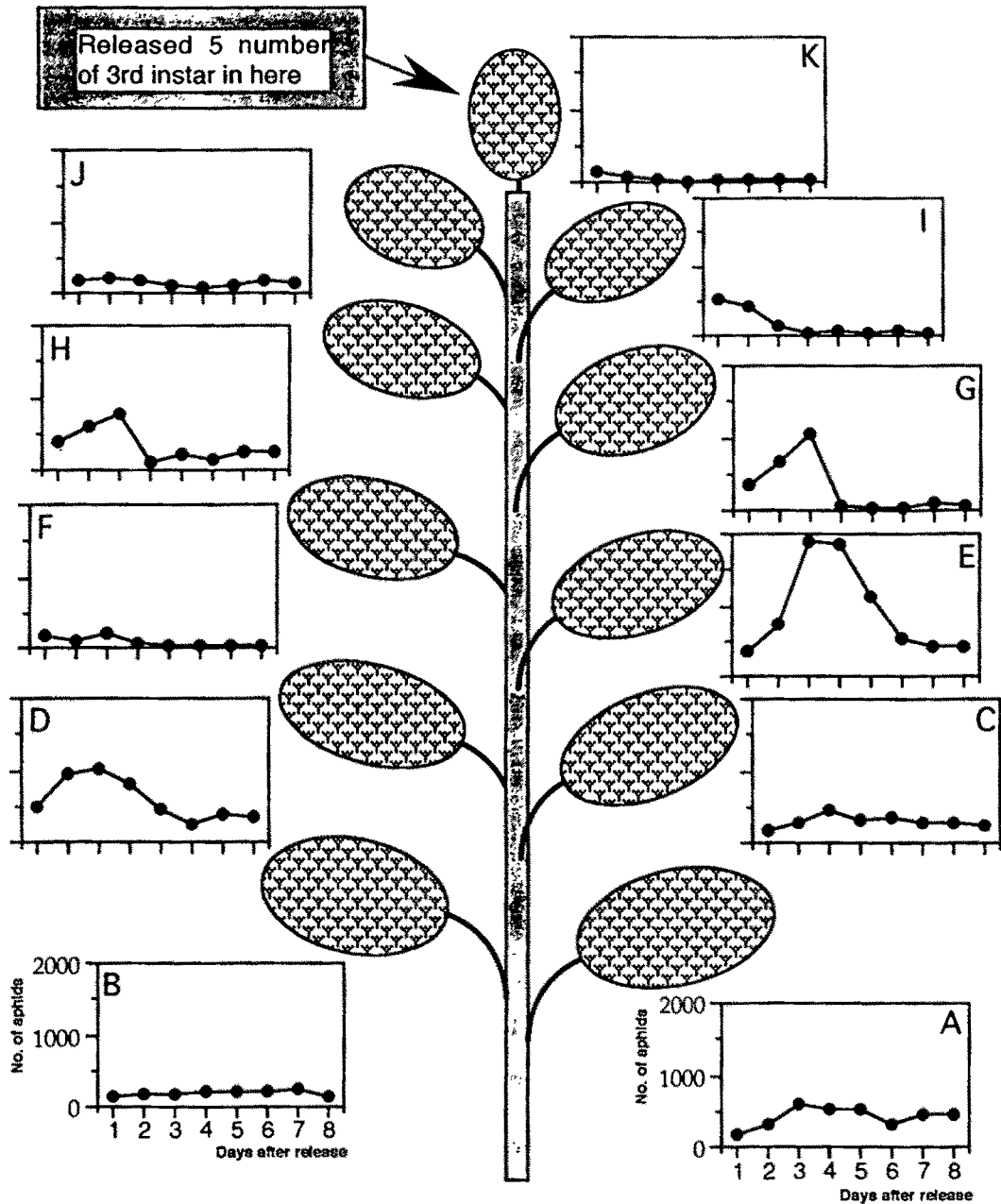


**Fig. 7.** The changes of the green peach aphid population by the starvation (24 hours) ladybird predation at bottom (A), middle (B) and top location (C) on the red pepper in the laboratory condition for 1hour. In every graphs, X bars indicate intervals with 1 hour and Y bars are the number of aphids.



**Fig. 8.** Graphs show the changes of the number of the cotton aphid by ladybird's predation on the some sampled leaves for 4 days. Five number of 4rd instar larva were released on the bottom of perilla seed plant, as time went on, they walked around and down with feeding aphids. Numbers and colors in circles indicate days after release at point of counting time everyday.





**Fig.9.** Graphs show the changes of the number of the cotton aphid by ladybird's predation on the some sampled leaves for 8 days. Five number of 3rd instar larva were released on the top of perilla seed plant (K), as time went on, they walked around and down with feeding aphids. Third instar larva grew to 4th instar on 3 days after release.

## 2. 먹이포획 및 탐색 행동

무당벌레의 먹이포획 및 탐색행동을 관찰하기 위해 망초에 있는 긴꼬마수염진딧물을 공급하면서 관찰하였다. 성충과 유충이 각기 다른 행동양상을 보였는데, 성충·유충 모두 먹이를 탐색하는데 있어 더듬이보다는 maxillary palp의 역할이 우세한 것으로 관찰되었다. 탐색하는 동안에 무당벌레는 maxillae를 바닥이나 잎표면에 바짝 붙이고 움직인다. 움직이면서 진딧물이 무당벌레의 앞다리나 구기부분과 접촉했을 때 앞다리로 진딧물을 포획하고 섭식한다. 성충의 경우 목화진딧물 1마리를 섭식하는 경우 큰턱으로 평균 167회를 씹어서 삼키고 있으며, 긴꼬마수염진딧물에서는 이보다 훨씬 많은 운동을 할 것으로 본다(Fig.10).

무당벌레의 포식시간은 Table 2에서와 같이 성충의 경우, 긴꼬마수염진딧물 (*Macrosiphoniella oblonga*) 성충 한 마리 포식시간은 1분 48초에서 2분 14초 사이였고, 거의 모든 개체가 진딧물 체액을 흡즙하기 보다는 씹어먹는 방법으로 섭식이 이루어졌다. 성충은 진딧물 한 마리를 포식한 후 앞다리를 활는 모습을 관찰할 수 있었고, 앞다리의 종아리마디를 두부의 위쪽으로 올리는 모습도 자주 눈에 띄었다.

유충은 각 영기별로 차이가 있었는데, 1령 유충의 경우 진딧물의 체액을 흡즙하는 방법으로 섭식이 이루어졌고 진딧물 성충 한 마리 포식시간도 약 2시간 이상이 소요되었다. 1령유충은 진딧물 성충보다 몸체가 작기 때문에 포획효율이 낮았고, 한번에 성공적으로 포획하는 것이 어려운 것으로 보였다. 2령 유충은 포획 후 섭식 초기엔 진딧물 체액을 흡즙했으나 약 1시간 후부터는 씹어서 먹기 시작했다. 소요시간은 1령 유충과 별 차이가 없었고 약 1시간에서 1시간 30분정도였다. 3령 유충은 1·2령과는 다르게 보다 활발한 포식활동을 보여주었다. 주로 씹어서 섭식했고 소요시간은 약 14분에서 20분이 소요되었다. 4령 유충은 섭식초기

부터 씹어서 섭취하기 시작했고, 소요시간은 약 8분에서 20분 사이였다

Table 2. The time required of biting and/or sucking aphid (*Macrosiphoniella oblonga*) by ladybirds with different stages on the baisy-fleabane

	a	b	c	Ave
1st larva	1:45:20	2:54:40	2:07:20	2:15:47
2nd larva	1:53:00	1:31:00	1:00:00	1:28:01
3rd larva	0:19:40	0:18:50	0:13:58	0:17:29
4th larva	0:21:45	0:09:09	0:07:47	0:12:53
Adults	0:01:48	0:02:14	0:02:05	0:02:02



Fig. 10. 무당벌레 3령충이 진딧물을 포식하고 있는 모습.

또한 무당벌레의 목화진딧물 포식시간은 Table 3에서 보는 바와같이 긴꼬마수염진딧물보다는 훨씬 짧은 것을 알 수 있다. 무당벌레의 포식시간은 성충의 경우, 목화진딧물 성충 한 마리 포식시간이 42초에서 1분 2초 사이였고, 거의 모든 개체가 긴꼬마수염진딧물과 마찬가지로 진딧물 체액을 흡즙하기 보다는 씹어먹는 방법으로 섭식이 이루어졌다. 성충은 역시 진딧물 한 마리를 포식한 후 앞다리를 활는 모습을 관찰할 수 있었고, 앞다리의 종아리마디를 두부의 위쪽으로 올리는 모습도 역시 자주 눈에 띄었다.

유충은 각 영기별로 차이가 있었는데, 1령 유충의 경우 진딧물의 체액을 흡즙하는 방법으로 섭식이 이루어졌고 진딧물 성충 한 마리 포식시간도 약 1시간 30분이상이 소요되었다. 2령 유충의 소요시간은 56분 52초 정도였다. 3령 유충은 1·2령과는 다르게 보다 활발한 포식활동을 보여주었다. 주로 씹어서 섭식했고 소요시간은 약 17분이 소요되었다. 4령 유충은 섭식초기부터 씹어서 섭식하기 시작했고, 소요시간은 약 2분이었다.

한편 먹이의 밀도에 따른 무당벌레의 진딧물 포식량의 차이를 알아보기 위하여 5cm petri-dish에 서로 다른 수의 진딧물을 제공하여 1시간 동안의 진딧물의 포획량을 조사하였다. Fig. 11은 긴꼬마수염진딧물을 이용한 단위시간당 포획량은 진딧물의 밀도가 높을수록 많았고 8마리 이상의 높은 밀도에서는 포식량이 점차 증가하는 직선적인 관계를 나타내고 있다. 그렇지만 Fig. 12의 목화진딧물의 경우 뚜렷한 직선관계를 보이는 한계점은 명확치 않았으나 16마리 이상에서 뚜렷한 증가세를 나타내었다. 두 종류의 진딧물은 크기에 있어 차이를 보여 단위 시간당 포식량도 차이를 나타내고 있어 보인다.

Table 3. The time required of biting and or sucking the cotton aphid by ladybirds with different stages on the cucumber

	a	b	c	Ave
1st larva	1:38:39	1:12:29	1:36:31	1:29:13
2nd larva	55:24	1:02:24	52:49	56:52
3rd larva	19:03	18:22	15:33	17:17
4th larva	2:03	1:43	2:32	2:06
Adults	51	42	1:02	52

## 제 5 절 무당벌레의 몇 가지 해충에 대한 포식력

무당벌레는 주로 여러 가지 진딧물들을 섭식하는 것으로 알려져 있으나 진딧물 이외에도 다른 해충들을 포식하는 것으로 밝혀져 이에 대한 포식력을 조사하였다. 결과적으로 무당벌레는 여러 종류의 해충에 대하여 효과적인 생물적 방제인자로서 적용시킬 수 있었다.

### 1. 진딧물에 대한 무당벌레의 포식력 검증

무당벌레가 알에서 부화한 후부터 성충이 되기까지의 복숭아혹진딧물과 목화진딧물에 대한 포식력을 측정한 결과는 Table 4와 같다. Table에서 보는 바와 같이 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 섭식량은 개체수로 비교하여 볼 때 많은 차이를 보이고 있다. 1령충이 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 약 9마리와 33마리를 각각 섭식하였으며, 2령충의 경우에는 25마리와 106마리를, 3령충이 53마리와 200마리를, 4령충이 62마리와 212마리를, 성충이 120마리와 257마리를 각각 섭식하였다. 이와 같은 섭

식량의 차이는 진딧물의 종류에 따른 크기의 차이에서 기인되는 것으로 생각된다. 이와 같은 내용을 Fig.으로 그려보면 그 차이를 쉽게 구별할 수 있다 (Fig. 13).

또한 Fig. 13은 무당벌레가 알에서 부화되어 성충이 되기까지의 전과정에 걸쳐서 복숭아혹진딧물을 섭식하는 것을 나타낸 것으로 무당벌레 1령충에서는 1일 평균 약 6마리, 2령충에서는 약 25마리, 3령충에서는 약 40마리, 4령충에서는 약 60마리 정도를 포식하고, 우화 후에는 약 1일 정도 포식을 하지 않다가 그 후에는 1일 평균 30마리 이상을 포식하며 시간이 경과할수록 포식량은 늘어나 최대 278마리까지 포식하는 것으로 조사되었다(Fig. 14). 물론 각 영기별로 탈피직후에는 거의 포식을 하지 않다가 탈피 후 5-6시간 정도 후부터 진딧물을 포식하기 시작하였다. 또한 공시한 각 무당벌레가 같은 시기에 탈피를 하지 않았고, 각 영기간에도 차이를 나타내고 있었다.

Table 4. The predatory amount of different developmental stages of the ladybird with the green peach aphid and the cotton aphid in the laboratory

Developmental stages	The green peach aphid	The cotton aphid
1st larva	9.43±4.20	32.67±15.01
2nd larva	24.75±9.27	105.67±21.55
3rd larva	53.00±28.51	199.67±15.31
4th larva	61.78±16.66	212.33±28.57
adults	119.87±60.68	257.00±36.72

## 2. 온실가루이에 대한 무당벌레의 포식력 검정

온실내에서 최근 많은 발생을 보이는 온실가루이에 대한 무당벌레의 포식력을 조사하였다. Table 5에서는 실내에서 오이와 토마토에 각기 산란된 온실가루이의 알을 대상으로 하여 플라스틱 샐레에서 조사하였다 (Fig. 15). 오이와 토마토에 산란된 온실가루이의 알을 대상으로 포식력을 조사한 결과 오이와 토마토에서 각 영기별로 포식량의 차이를 알 수 있었다. 1령충의 경우 알의 포식량은 영기간 동안 오이와 토마토에서 보면 260여개와 370여개였고, 2령충은 약 850개, 560개이며, 3령충은 약 2,400개, 2,700개에 이른다. 이러한 포식량의 차이는 오이와 토마토의 잎의 형태적 차이에 기인된다고 생각된다. 오아에서 4령충의 경우 최고 5,068개, 토마토에서 3령충의 경우 최고 4,935개의 알을 포식하였다. 또한 토마토에서 발생한 온실가루이 약충을 대상으로 한 무당벌레의 포식력을 측정된 결과 Table 6에서 보는 바와 같이 1령충은 유충기간 동안에 63마리의 약충을 섭식하였고, 2령충의 경우에는 304마리를, 3령충인 경우에는 675마리를 (Fig. 16), 4령충인 경우 2,276마리의 유충을 섭식하였다. 그렇지만, 영기간 동안 포식량이 증가하더라도 번데기단계에서 우화하자마자 죽는 것이 대부분이었고, 크기 또한 진딧물을 섭식하는 무당벌레보다 작았다. 온실가루이 약충만을 먹이로 제공하였을 경우에는 Fig. 17에서 보는 바와 같이 정상적인 성장이 이루어지지 못하였으며, 각 영기별 기간도 매우 길었다. 한편, 성충의 경우에는 단지 한 마리가 우화하여 1,986 마리의 약충을 섭식하였으나, 생존하지 못하였다. 온실가루이의 약충만을 먹이로 제공하였을 경우에는 무당벌레가 정상적으로 발육되지 못하였다. 이러한 결과로 미루어 무당벌레를 이용하여 온실가루이만을 방제할 경우에는 적합하지 않은 것으로 사료된다. 그러나 진딧물과 온실가루이가 동시에 발생한 포장에서는 무당벌레를 이용할 경우 두 가지 해

충을 모두 방제할 수 있는 가능성이 높게 평가되었다.

한편, 시설재배지내에서 무당벌레의 온실가루이 방제효과를 알아보기 위해 50평 규모의 토마토하우스에서 1997년 5월 7일부터 실시하였다. 하우스내의 온실가루이 밀도는 성충이 몇 마리 발견되었을 뿐 거의 문제가 되지 않을 정도였으나 초기 방제를 위해 무당벌레 성충 60마리와 1,2,3령 유충 75마리 총 135마리를 방사하였다. 방사 10일 후 방문했을 때는 방사한 무당벌레를 찾아보기 힘들었는데 먹이가 없어 다른 곳으로 이동했을 가능성이 높은 것으로 생각된다.



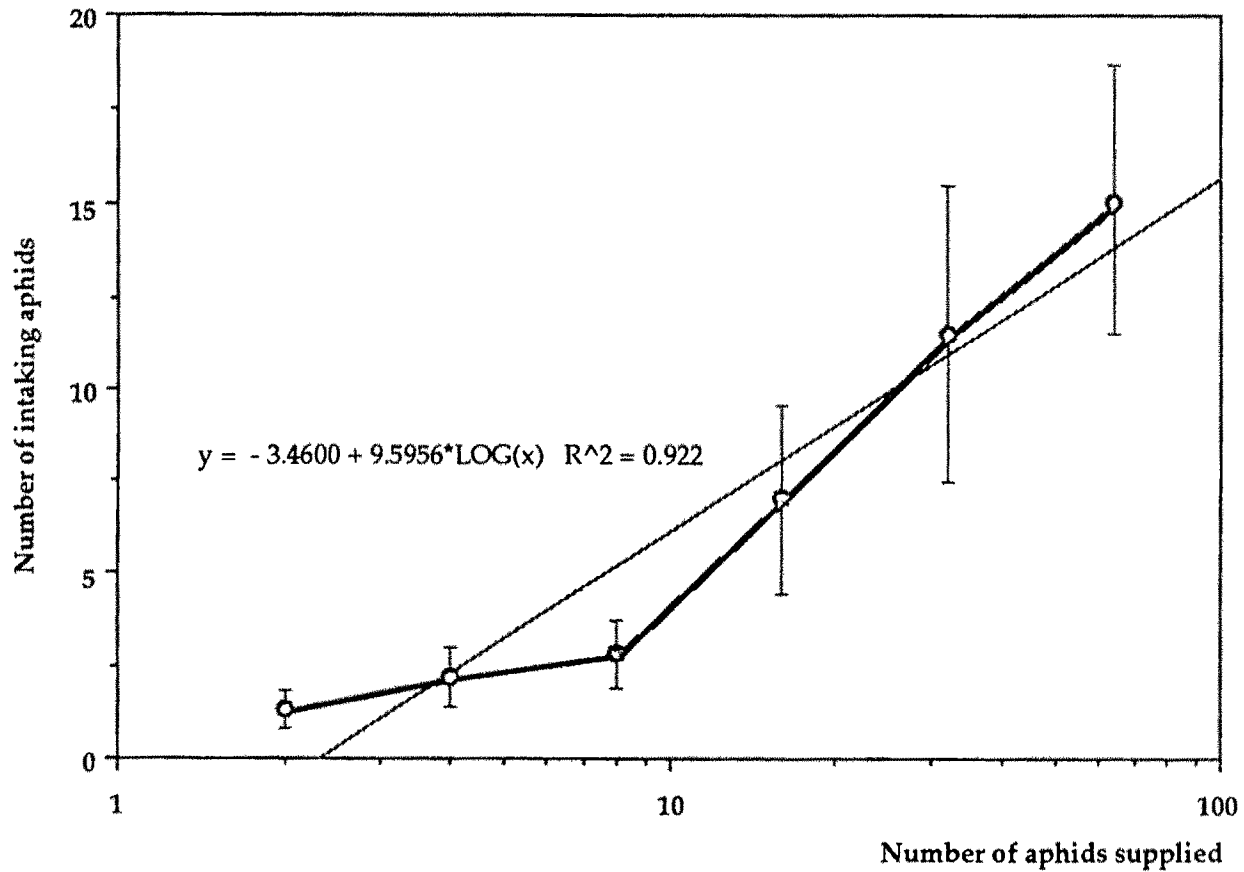
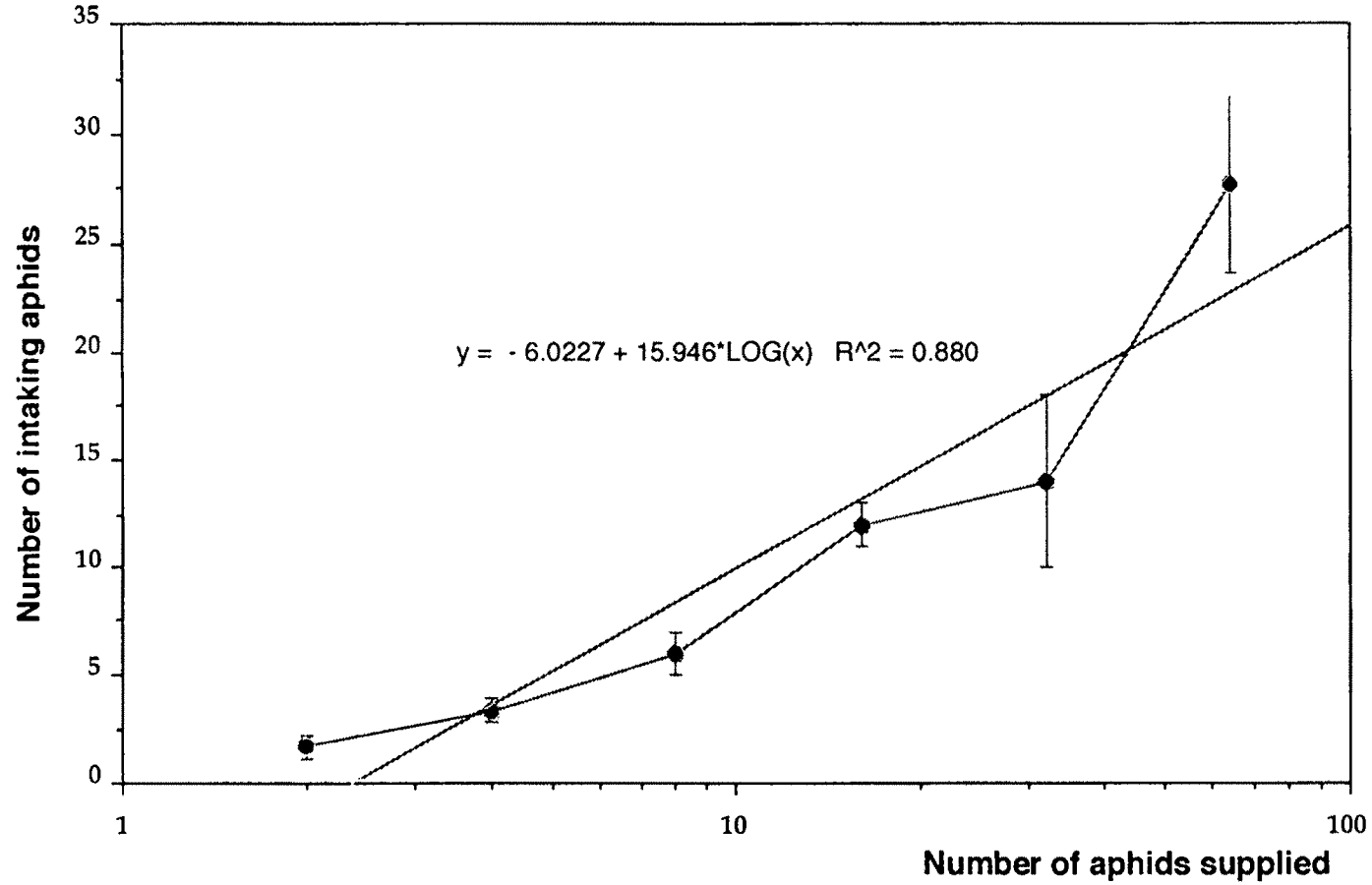


Fig. 11. Corelationship between *Macrosiphoniella oblonga* population density and amount of predation by ladybirds for 1 hour.



**Fig. 12.** Corelationship between the cotton aphid, *Aphis gossypii*, population density and amount of predation by ladybirds for 1 hour.

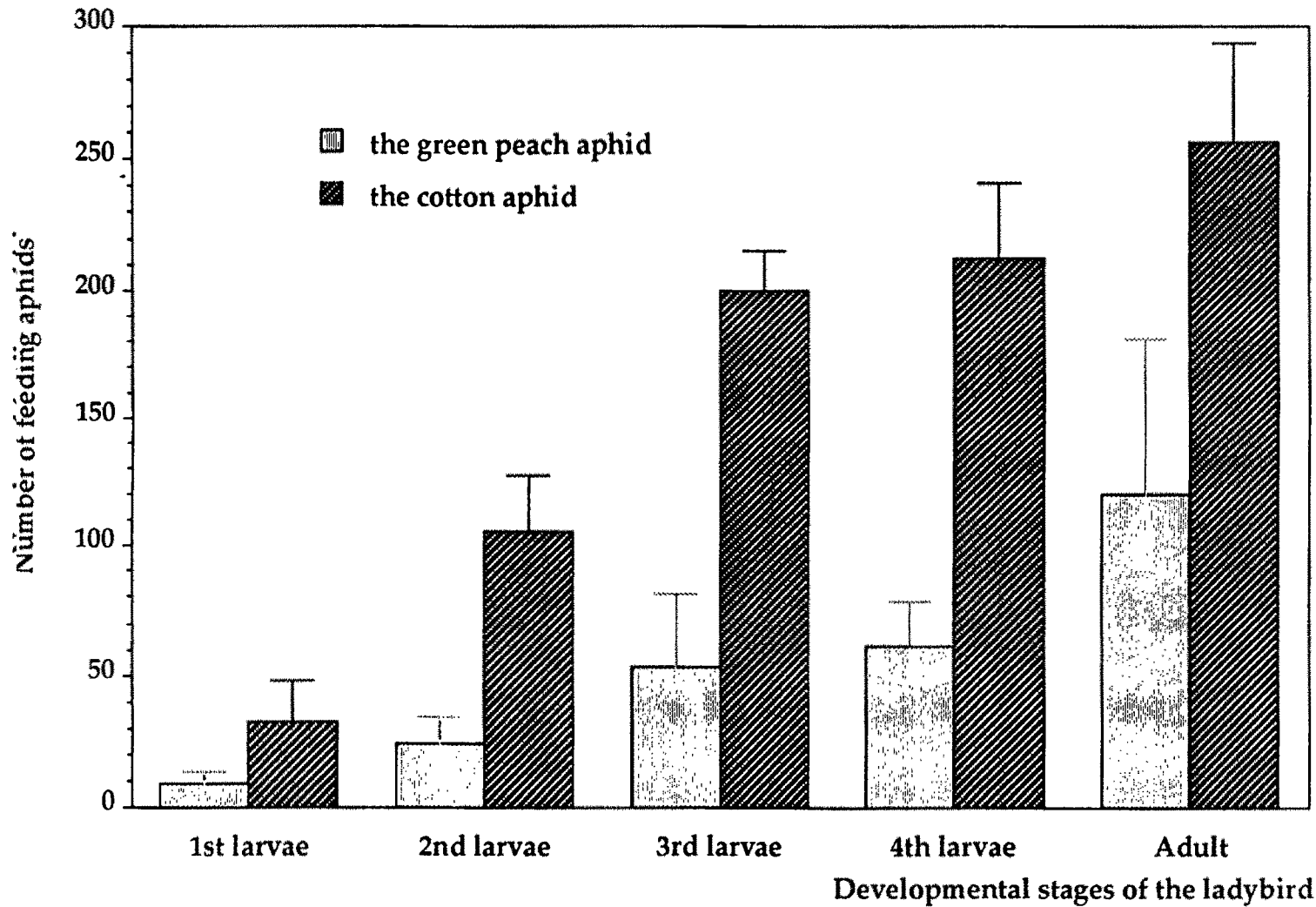
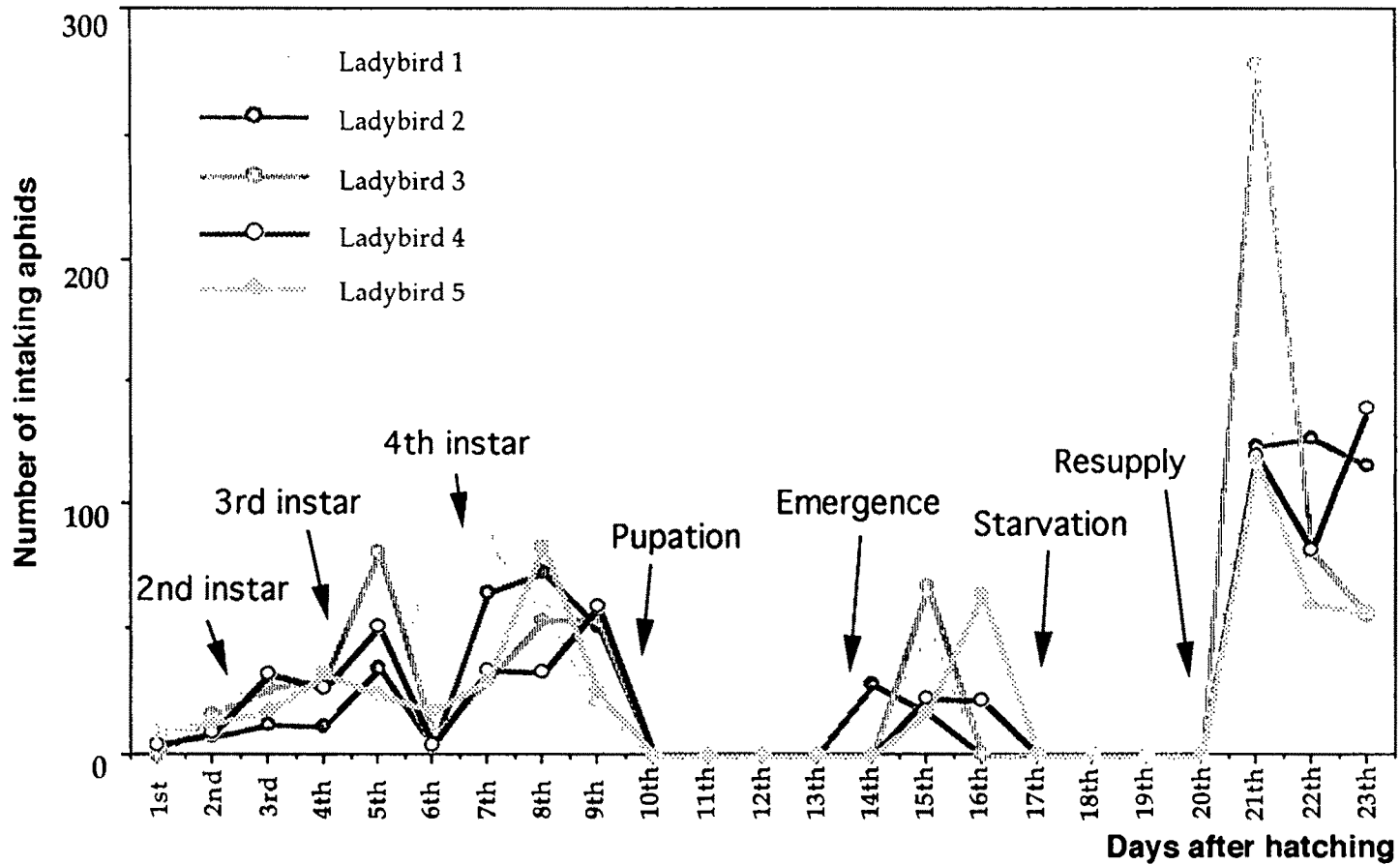


Fig.13. Number of feeding aphids of different developmental stages of the ladybird with the green peach aphid and the cotton aphid in the room temperature for 24hours.



**Fig. 14.** Amount of daily predation of ladybirds from first instar to adult with the green peach aphids in petri-dish on the room temperature.

Table 5. Number of greenhouse whitefly eggs on cucumber and tomato leaves taken by ladybird in petri-dish at room temperature for each instar period

Developmental stages	Cucumber	Tomato
1st Instar	268.80 ± 130.03	373.58 ± 129.28
2nd Instar	848.40 ± 284.39	561.50 ± 167.58
3rd Instar	2,420.11 ± 734.40	2,753.33 ± 764.36
4th Instar	4,071.29 ± 679.37	—
Adults	—	—
Total	7,674.29 ± 451.87 (3,603.00 ± 537.85)	— (3,751.80 ± 1173.43)

Table 6. Number of greenhouse whitefly nymphs on tomato leaves taken by ladybird in petri-dish at room temperature for each instar period

	Tomato
1st Instar	63.60 ± 47.55
2nd Instar	304.00 ± 170.04
3rd Instar	675.56 ± 448.73
4th Instar	2,276.60 ± 767.41
Adults	1,986.00
Total	2,312.50 ± 1,927.62

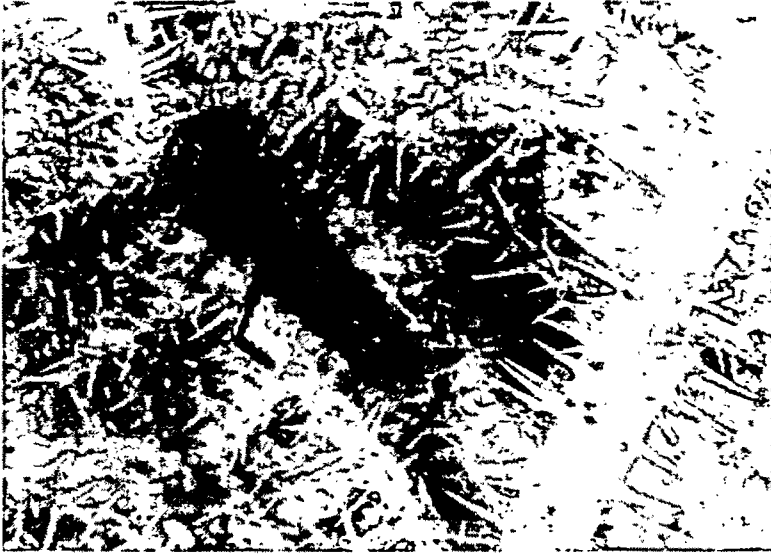
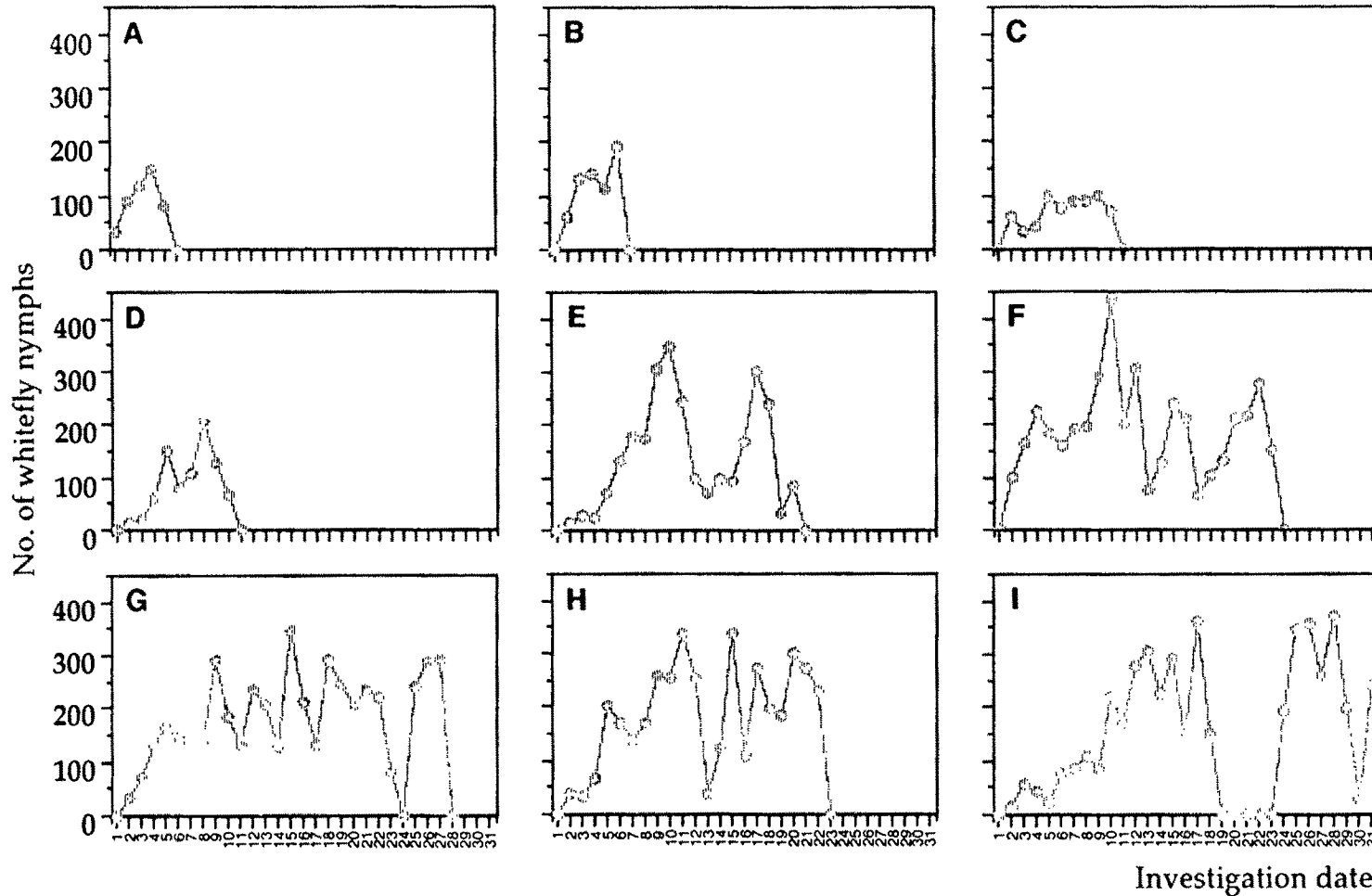


Fig. 15. 오이 앞에서 무당벌레 2령충이 온실가루이 알을 포식하고 있는 모습



Fig. 16. 토마토 앞에서 무당벌레 3령충이 온실가루이 약충을 포식하고 있는 모습



**Fig.17.** Number of taking greenhouse whitefly nymphs by ladybird larva were shown different pattern according to individuals. Some insects died at early developmental stage (A-D), slowly grew to 4th instar larvae (E-H), or completed their life cycle (I), however, could not survive over 9 days after emergency.

### 3. 꽃노랑총채벌레에 대한 무당벌레의 포식력 검정

화훼하우스나 하우스 주변의 노지에서 많이 발생하여 화훼, 채소류, 과수류에 피해를 주고 있는 꽃노랑총채벌레에 대한 포식력을 알아보기 위해 야외에서 채집한 꽃노랑총채벌레를 vial에 10여마리씩 넣은 후 무당벌레를 각 단계별로 한 마리씩 넣어주고 포식여부를 조사하였다.

꽃노랑총채벌레의 움직임이 무당벌레에 비해 민첩하기 때문에 포획하는데 있어 어려움이 있는 것으로 확인되었다. 한편 다시 꽃노랑총채벌레를 기주식물과 함께 넣어 주고 그들이 흡즙하는 동안 무당벌레가 포획을 성공적으로 할 수 있는지의 여부를 조사하였으나 포획률이 극히 저조하였다. 따라서 꽃노랑총채벌레를 방제하기 위하여 단독으로 방제전략을 수립하는 것보다는 진딧물을 비롯하여 온실가루이 등, 기타 해충들이 동시에 발생한 경우에 종합적 방제전략 수립의 차원에서 활용가능성을 재검토해야 될 것으로 판단된다.

## 제 6 절 무당벌레의 휴면이 산란력에 미치는 영향

### 1. 휴면 유지 기간 연장 및 생존율 증진

우리 나라의 중부지역에서 무당벌레의 동면 기간은 약 5개월(12월부터 다음해 4월까지) 정도 되는 것으로 조사되었다. 비수요기 동안 경제적인 방법으로 무당벌레를 장기간 보관할 수 있는 방법의 하나로 성충의 휴면을 이용하였다.

무당벌레의 휴면기간 중 생존율에 영향을 주는 것에는 여러 가지 생물, 무생물적 요인이 있겠으나 1차적으로 휴면도중에 한시적으로 먹이를



공급한 후에 다시 휴면시켜 생존율을 높일 수 있는 방법을 시도하였다. 1997년 9월에 옥수수에서 채집된 번데기를 우화시켜 75일간 휴면시켰다. 이후 25℃에서 인공먹이를 4일간 섭식시킨 후에 다시 휴면(4℃) 사키면서 휴면 150일과 180일의 생존율을 조사하였다. 휴면기간 중에 일시적으로 먹이를 섭식 시키면 생존율을 높일 수 있는 것으로 나타나고 있다 (Table 7).

Table 7. Survival ratio of the adults during diapause

Terms in diapause(day)	Survived (%)	
	Control	Fed at 75 day
150	24.1	76.5
180	1.2	54.1

## 2. 휴면 후 수명과 산란력

1997년 9월에 옥수수에서 번데기 상태로 채집하여 우화시킨 무당벌레의 성충을 저온 처리하여 75일간 휴면 시킨 후 무작위로 30쌍씩을 선발하여 25℃와 30℃에서 사육하면서 산란력과 수명을 조사하였다. 산란력과 수명은 1일 2회 조사하였다. 산란력과 수명은 25℃가 30℃보다 높은 것을 알 수 있다(Table 8, 9). 25℃에서 6월 개체군의 평균 산란력이 1997년에 관찰한 794개의 결과와 비교해보면 9월 개체군(평균 431개를 산란함)이 약 54%로 매우 저조한 것을 알 수 있다. 이에 대한 정확한 원인은 파악되지 않고 있다. 9월 개체군의 산란력을 높일 수 있는 사료학적, 내분비학적 연구가 요구된다.

Table 8. 무당벌레 성충의 수명과 산란력(9월 성충)

Temperature	Preoviposition period	Percentage of first oviposition within 15	Fecundity	Number of individuals laying eggs lifetime	Longevity		Max. per female
					♀	♂	
25℃	34.25 ± 3 5.05	43.3	431.06 ± 452.01	28/30	♀	93.17 ± 50. 64	1812
					♂	125.23 ± 4 8.65	
30℃	42.96 ± 2 7.11	26.6	397.23 ± 367.71	27/30	♀	89.60 ± 30. 27	1744
					♂	92.17 ± 36. 73	

Table 9. 무당벌레의 주당 산란력(eggs/female/week)

Week	25℃	30℃
0	00.00	00.00
1	2.90	1.33
2	29.36	14.87
3	36.60	11.50
4	25.11	16.20
5	20.75	14.38
6	29.92	25.07
7	31.79	36.85
8	39.07	65.22
9	50.91	53.93
10	46.83	54.47
11	62.59	41.28
12	42.53	46.64
13	59.49	93.41
14	49.44	53.42
15	40.22	23.83
16	30.11	2.14
17	10.01	0.00
18	16.75	0.00
19	35.88	30.00
20	4.43	32.00
21	7.40	0.00
22	5.00	0.00
23	48.20	0.00
24	9.75	29.00
25	63.75	0.00
26	97.00	0.00
27	0.00	0.00
28	0.00	0.00
29	0.00	0.00
30	0.00	0.00
31	0.00	0.00

## 제 5 장 무당벌레의 사육법 및 포장법 개발

### 제 1 절 연구수행방법

곤충을 이용한 무당벌레의 유충사육 가능성을 조사하기 위하여 갓나 무늬적외벌 유충을 주성분으로 하는 사료를 개발하여 1영충 500마리를 5마리씩 샐레에 넣어 사육하였다. 갓나무늬적외벌은 무당벌레의 유충사육을 위한 먹이로 적합한 것으로 나타나고 있지만 공급이 용이하지 않아 보다 공급이 용이한 곤충을 이용한 유충의 사육을 시도하였다. 또한 닭의 간을 기본으로 하여 여러 종류의 물질을 첨가하여 무당벌레에 미치는 영향을 관찰하였다. 유용한 포장법을 개발하기 위하여, 농민들이 생활 주변에서 쉽게 접할 수 있거나 아주 싼값에 구할 수 있는 용기를 대상으로 하여 효과적으로 무당벌레를 포장하여 공급할 수 있는 방안을 강구하였다.

### 제 2 절 무당벌레의 사육법 개발

#### 1. 성충사육

무당벌레 성충의 사료로는 구입과 보관이 용이하며 산란력이 다른 사료에 비해 좋았던 닭의 생간과 설탕을 주성분으로 한 사료가 적합한 것으로 나타나고 있다. 한편 닭간에 삶은 계란이나 감자를 넣어 산란력을 비교해 보았으나 오히려 닭간과 설탕만을 주성분으로 한 기본사료에서 높은 산란력을 확인할 수 있었다(Table 1).

Table 1. 사료조성과 평균산란력(사레당 1쌍씩 사육)

기본사료	기본사료+ 삶은계란	기본사료+ 감자
931	340	566

## 2. 유충사육

관충을 이용한 무당벌레의 유충사육 가능성을 조사하기 위하여 잣나무넓적잎벌 유충을 주성분으로 하는 사료를 개발하여 잣나무넓적잎벌을 사육한 결과 무당벌레의 유충사육을 위한 먹이로 적합한 것으로 나타나고 있으나 공급이 용이하지 않은 문제점이 있다(Table 2). 성충용 사료를 이용하여 유충 사육을 시도하였으나 초기령 동종 포식율이 높고 탈피가 불완전하여 성공적이라 할 수 없었다.

외국의 경우를 보더라도 현재 무당벌레류의 모든 발육단계에 적합한 사료와 사육법은 개발되지 않고 있는 실정이며, 상당한 기간이 지나야만 가능할 것으로 생각된다. 일부 유충의 사육을 위한 인공사료가 개발되고 있으나 경제성이 맞지 않다. 따라서 현 단계에서 진딧물의 생물적 방제를 위한 무당벌레의 대량확보를 산업화하려면, 진딧물의 대량번식이 용이한 식물을 이용하여 유충태를 대량 증식시킨 후 번데기를 수거하는 것이 가장 경제적이며 실용적인 방법으로 사료된다.

Table 2. 잣나무넓적잎벌 유충을 먹이로 사육된 무당벌레의 영기별 생존율

	1령	2령	3령	4령	번데기	성충
생존율(%)	100	95	84	80	65	60

### 3. 대량 확보된 무당벌레의 보관 및 관리체계 확립

본 연구진은 무당벌레의 발육단계 중에서 알과 초기령 유충을 대량으로 생산하여 유기농가에 공급하는 전략을 세워 연구를 수행하였다. 성충의 대량번식을 위한 작물의 선정을 위하여 무당벌레의 주요 번식처에 대한 조사와 번식효과를 검정하였다. 무당벌레의 성충을 경제적으로 장기간(5개월 이상) 보관할 수 있는 저온 보관법이 개발되었으며, 저온보관 후 무당벌레의 수명과 산란력을 높일 수 있는 사료도 개발되었다. 또한 유기농가의 포장을 이용한 무당벌레의 알, 유충, 성충을 이용한 살포효과 실험에서 우수한 진딧물방제 효과를 볼 수 있었다.

노지에서 자연증식 또는 인공 증식된 개체를 채집하여 무당벌레의 휴면 유도, 휴면기간 중 생존력, 휴면타과, 휴면 후 수명과 산란력에 대한 실험을 하였다. 휴면 또는 장기간 보관에 적합한 무당벌레의 태는 성충인 것으로 나타나고 있다.

인위적인 휴면유도를 위하여 6월과 9월에 자연 또는 인공 증식된 무당벌레의 번데기를 채집하여 망사온실에서 우화시킨 후 2주일간 인공사료(닭간이 주성분)를 공급하였다. 이후 2주일 동안 15℃와 4℃로 저온 처리하여 휴면을 유도시킨 후 4℃에서 장기간(6개월 이상) 보관을 하면서 저온보관 75일과 150일째 생존율을 조사하였다. 인위적인 휴면 150일은 춘천을 비롯한 중부지방에서 자연상태의 무당벌레의 성충이 월동하는 기간이다.

인위적으로 휴면 유도된 개체는 휴면 75일과 150일째까지 각각 47.8%와 12%가 생존하고 있어 무당벌레의 장기간 보관기술의 개발에 성공하였다. 그러나 자연상태에서 월동을 준비한 개체의 생존율보다는 다소 떨어지는 생존력을 보이고 있다.

무당벌레의 알 또는 1-2령의 유충을 재배지에 살포하는 전략인 관계

로 일차적으로 무당벌레의 성충 산란력과 수명을 높이는 실험을 하였다. 인위적인 휴면이 유도되어 75일과 150일이 지난 개체군 중에서 각각 30쌍-15쌍씩을 무작위로 선발하여 휴면을 타파시킨 후 인공사료의 조성차이에 따른 산란력과 수명을 조사하였다. 무당벌레의 성충 암, 수 한 쌍씩을 사료에 넣어 2일에 한 번씩 먹이를 교환해 주었고 산란된 알은 매일 조사하였다. 사육조건은 25℃, 16L:8D였다.

산란력이 가장 우수한 사료 C를 6월 개체군에 섭식시켰을 경우 산란력은 75일 개체군에서 22주까지 지속되었다(Fig. 1). 150일 개체군은 21주까지 조사하였다(Fig. 2). 75일 휴면 개체는 정상적인 사육조건에서 초기 2주 동안은 산란력이 저조하나 3주부터 산란력이 증가하기 시작하였다. 18주까지 꾸준히 높은 산란력을 유지하여 일생동안 794개의 알을 산란하였다. 150일 휴면 개체도 75일과 거의 동일한 양상을 보이고 있으며 산란수는 오히려 증가하여 일생동안 평균 931개의 알을 산란하였다(Table 3). 기본 사료 C에 잣나무넓적잎벌 유충을 첨가하면 산란력은 다소 증가하는 경향을 보인다. 사료의 점성 유지와 취급이 용이하도록 삶은 감자를 첨가하였으나 산란력은 오히려 감소하였다.

무당벌레의 성충 산란력은 채집된 시기에 따라 상당한 차이를 보이고 있다. 75일간 휴면을 유도하였을 경우 6월에 채집한 개체의 산란력(794)이 9월 개체(431)보다 월등히 높은 것을 알 수 있다. 이에 대한 정확한 원인의 규명은 불가능하나 상기 두 개체군의 주된 차이점은 계절과 진딧물의 기주식물이다. 6월 개체군은 무궁화에서, 9월 개체군은 옥수수에서 채집된 것으로 이 식물을 가해하는 진딧물의 종류도 확연히 다른 것으로 생각된다. 이미 알려진 바와 같이 본 연구 결과에서도 유충시기의 먹이 상대가 성충이 된 후 산란력에 영향을 준 것으로 생각되어지나 이에 대한 정확한 원인을 규명하지는 못하였다.

산란력을 높이기 위해서는 25℃가 30℃ 보다 좋은 것으로 나타나고 있다. 곤충의 생식활동에 영향을 주는 것으로 알려진 JH 유사체인 methoprene을 1주일 간격으로 투여 할 경우 산란력을 상당한 수준으로 높일 수 있는 것으로 나타나고 있다.

Table 3. Fecundity and longevity of June population of *H. axyridis* adults diapaused for 75 or 150 days

Conditions		Preoviposition period	No. of first oviposition within 15 days	Fecundity (eggs per female)	No. of oviposition	Longevity (days)		Hatching ratio(%)	Max. per female	
Diapause (days)	Diet					Female	Male			
75	C	22.9±26.8	19/30	794±609	28/30	110±34 (108*)	146±58 (115*)	82.79(943/1139)	2329	
	A*	39.7±35.8	12/30	259	28/30	111	127	58.07(570/997)	828	
	C/A*	21.0±26.4	21/30	962	28/30	103	118	76.56(977/1276)	2196	
150	C**	N	16.6±24.9	21/26	931	23/26	108	116	68.2(221/324)	2753
		S	19.0±23.5	11/15	590	14/15	100	125	78.1(136/174)	1315
	CP***	N	12.8±13.1	18/25	251	22/25	/	/	64.78(322/497)	944
		S	14.9±18.7	12/15	266	14/15	/	/	68.99(158/229)	994
	C(D)**	N	22.9±26.0	17/26	640	/	114	129	67.75(269/397)	3311/2
		S	19.1±23.8	11/15	629	/	116	102	56.12(165/294)	2476/2

\*: *H. axyridis* was reared for 133 days.

\*\* : *H. axyridis* was reared for 147 days.

\*\*\*: *H. axyridis* was reared for 70 days.

C: Chicken's liver., A: *Acantholyda parki*., CP: Mixture of chicken's liver and potato., D: Two females and 1 male., N: No supply of diets between diapause., S: Supply of diets between diapause.



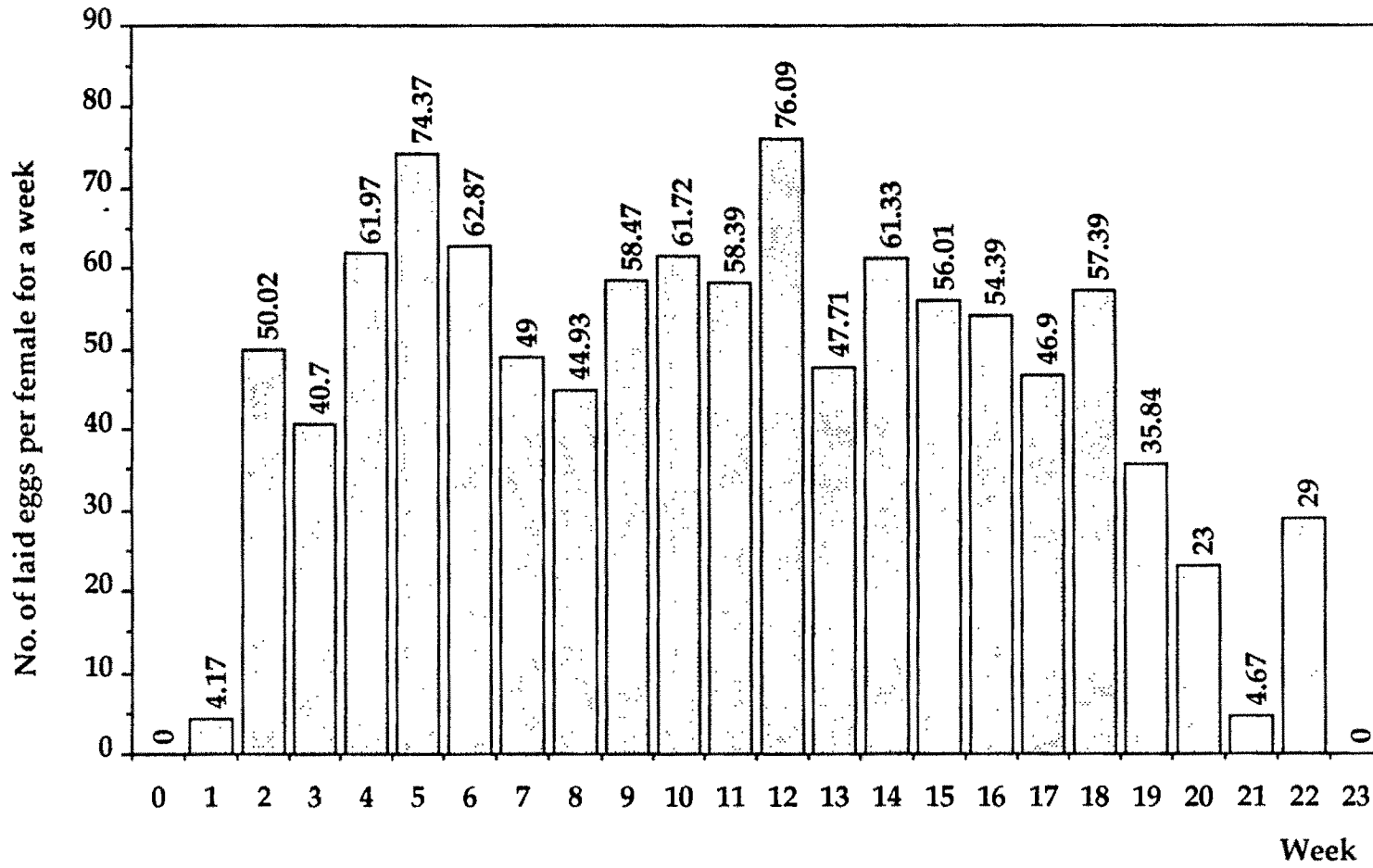


Fig 1. Number of laid eggs of female ladybird which was overwintered for 75 days

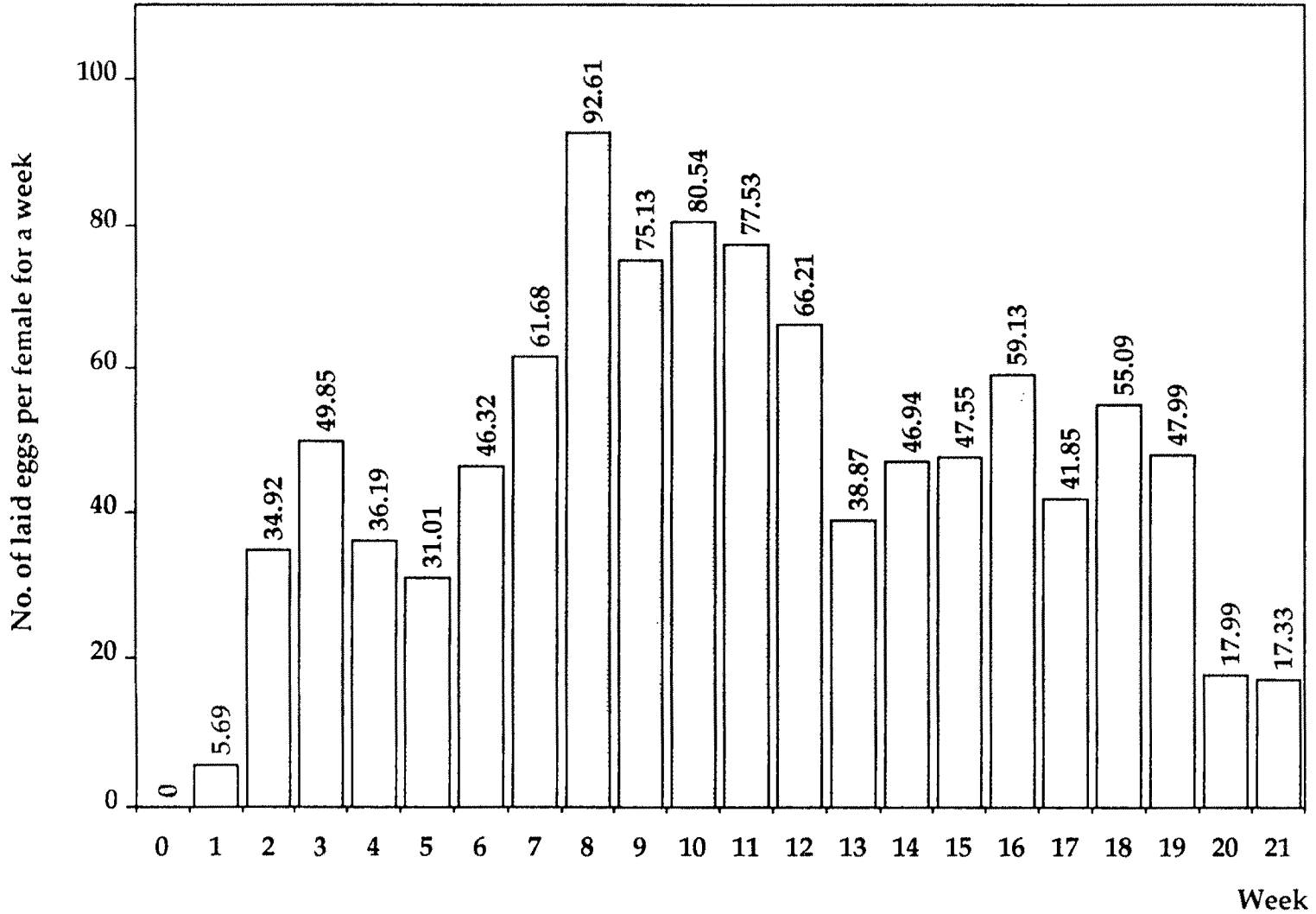


Fig. 2. Number of laid eggs of female ladybird which was overwintered for 150days

무당벌레의 사육 및 성충과 유충의 보관에 관한 구체적인 방법은 상기 서술한 방법을 토대로 하여 이를 약간 개량한 방법을 사용하여 본 세부과제를 추진하는데 필요한 무당벌레를 관리하고 있으며, 이렇게 보관 관리하고 있는 무당벌레를 본 과제의 여러 가지 실험에 사용하였다. 무당벌레의 실내 사육에 가장 적당한 용기는 플라스틱 사레(지름 14.5 x 높이가 1.7 cm)이다. 무당벌레 성충의 경우 인공먹이인 닭간을 이용하여 장기간 보관할 수 있어 필요한 시기에 사용을 할 수 있다. 하나의 사레에 20마리의 무당벌레와 닭간을 넣어 주고  $13\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 성장상에 보관을 하면 최대 1년 이상 장기간 보관을 할 수 있다. 개체군의 증식이 필요할 경우, 저장중인 무당벌레를 성장상에서 꺼내어 실온에서 진딧물을 공급하면 산란을 유도할 수 있다. 야외에 진딧물의 발생이 없는 시기에는 미리 채집한 진딧물을  $-70^{\circ}\text{C}$ 에 초저온 냉동시켜 보관을 하였다가 필요한 시기에 이용을 하면 같은 효과를 얻을 수가 있다.

### 제 3 절 무당벌레의 대량공급을 위한 포장법 개발

진딧물의 방제를 위하여 무당벌레를 이용할 경우, 농가에 대량으로 공급하기 위해서는 무당벌레의 생존기간을 연장하면서 값싸고 효율적으로 보관·관리할 수 있는 용기의 개발이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 무당벌레 성충과 유충의 생리적 특성의 차이를 고려하여 이들의 보관 및 포장법을 다르게 하면서 생존율을 조사하였다.

#### 1. 무당벌레 성충을 위한 포장법 개발

무당벌레를 실험실에서 대량으로 인공사육하여 무상공급하거나 판매를 하는 차원이 아닌, 실제 시설재배농민들이 무당벌레가 집중적으로 모여드는 10월과 11월에 월동개체를 대량으로 채집하여, 이를 효과적으로 보관하고, 스스로 필요에 따라 하우스내에 방사하여 사용할 수 있는 방법을 모색하기 위한 노력으로, 보관용기 자체를 일반농민들이 쉽게 구할 수 있는 값이 싸거나, 폐품을 재활용할 수 있는 것으로 선정하였다. 본 실험에 사용된 보관용기는 Petri-dish(지름 15cm, 높이 1cm), 플라스틱박스(가로 x 세로 x 높이 = 10.5 x 10.5 x 9.5cm), 파박스용기(가로 x 세로 x 높이 = 8.5 x 8.5 x 5cm), 우유팩(용량 500ml)로 각각의 용기에 일반 가정에서 보급된 냉장고를 이용할 수 있는 보관온도(강냉온도: 4℃, 약냉온도: 8℃)에서의 보관하면서 그에 따른 생존율을 검토하였다.

Table 4에서 볼 수 있는 바와 같이 4℃에서 우유팩에 저장했을 경우, 3개월까지 약 75%의 생존율을 보였는데, 먹이로 sucrose 10% 수용액을 탈지면에 적서 공급한 상태에서 보관했을 때는 오히려 한달 이상의 보관이 불가능하였다. 이는 용기 내에 습도가 포화상태를 유지하였고, 수분이 많아 무당벌레의 생존 조건을 악화시킨 것으로 생각된다. 또한 파박스용기에 보관한 결과, 최대 5개월까지도 84%의 생존율을 나타내었는데, 역시 sucrose 10% 수용액 공급시 생존율이 겨우 5%정도밖에 되지 않았다. 플라스틱박스에서도 보관효과는 좋았지만 sucrose 10% 수용액 공급시 한달 이상의 보관은 불가능했다. 따라서 보관시의 습도를 조절하는 것이 무당벌레를 보관하는데 있어 가장 중요한 문제로 생각되어지며, 보관 중에 따로 먹이를 공급하지 않아도 최대 5개월까지 보관이 가능한 것으로 평가되었다.

또한 8℃에서 위에 열거된 보관용기별로 보관 후 생존율을 조사한 결과

(Table 5)도 4℃와 마찬가지로 sucrose 10% 수용액을 공급하지 않았을 때가 보관효율이 우수했고, 3-4개월동안 보관이 가능했다.

이상의 결과로 무당벌레 월동개체군을 채집하여 보관할 경우에 과박스 용기에 건조한 탈지면을 깔아 주거나 팝콘을 넣어 보관용기 내 습도를 낮춰 무당벌레를 저장하면 동절기인 1-2월에 사용할 경우 채집된 무당벌레를 거의 모두 이용할 수 있을 것으로 생각된다. 한편, 3-4월의 봄철에 이용할 경우에도 80-90% 이상의 생존율을 보임으로서 별도의 먹이(영양분) 공급 없이도 간편하게 보관하여 사용할 수 있다. 이러한 방법은 상업적이 아닌 재배농가의 조그만 관심만을 이끌어 낸다면 효과적인 생물적 방제를 수행할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 4. Survival rates of overwintering ladybird population according to different containers and preservation period at 4°C from 16th December, 1997

Preservation container	Number and percentage of survive ladybirds on checking date			
	97. 12. 16	98. 1. 3	98. 3. 12	98. 4. 27
Milk pack	712 (100.00%)	658 (92.42%)	535 (75.14%)	97 (13.62%)
Milk pack with 10% sucrose solution	533 (100.00%)	23 (4.32%)	0 (0%)	0 (0%)
Fabix plastic box	922 (100.00%)	881 (95.55%)	849 (92.48%)	773 (83.84%)
Fabix plastic box with 10% sucrose solution	689 (100.00%)	36 (5.22%)	0 (0%)	0 (0%)
Plastic box	732 (100.00%)	573 (78.28%)	499 (68.17%)	311 (42.49%)
Plastic box with 10% sucrose solution	632 (100.00%)	18 (2.85%)	0 (0%)	0 (0%)
Petri-dish	1.056 (100.00%)	865 (81.91%)	301 (28.50%)	84 (7.95%)
Petri-dish with 10% sucrose solution	612 (100.00%)	298 (48.69%)	165 (26.96%)	132 (21.57%)

Table 5. Survival rates of overwintering ladybird population according to different containers and preservation periods at 8°C from 16th December, 1997

Preservation Container	Number and percentage of survive ladybirds on checking date			
	97. 12. 16	98. 1. 3	98. 3. 12	98. 4. 27
Milk pack	512 (100.00%)	473 (92.38%)	438 (85.55%)	386 (75.39%)
Milk pack with 10% sucrose solution	435 (100.00%)	35 (8.05%)	0 (0%)	0 (0%)
Fabix plastic box	643 (100.00%)	589 (91.60%)	569 (88.49%)	543 (84.45%)
Fabix plastic box with 10% sucrose solution	613 (100.00%)	123 (20.07%)	0 (0%)	0 (0%)
Plastic box	596 (100.00%)	469 (78.69%)	321 (53.86%)	135 (22.65%)
Plastic box with 10% sucrose solution	468 (100.00%)	69 (14.74%)	0 (0%)	0 (0%)
Petri-dish	756 (100.00%)	532 (69.54%)	469 (61.31%)	343 (44.84%)
Petri-dish with 10% sucrose solution	569 (100.00%)	405 (71.18%)	316 (55.54%)	289 (50.79%)

## 2. 무당벌레 유충을 위한 포장법 개발

시설재배지내에 발생한 진딧물개체군 밀도를 조절하는데 있어 무당벌레 성충을 이용할 경우, 방사한 무당벌레를 하우스내에 오랜 기간 유지시키는 일이 주된 관건이다. 또한 이 *Hamonia axyridis* 무당벌레의 경우 다른 곳으로의 이동성이 비교적 큰 종으로, 무당벌레를 방사하기 전에 방

사를 이용하여 하우스를 밀폐시키지 않으면, 방사 후에 얼마 지나지 않아 다른 곳으로의 이동이 일어나 방제효과를 기대만큼 거둘 수가 없다. 결국 무당벌레의 성충을 방사할 때에는 하우스에 전체적으로 방충망을 씌우고, 무당벌레의 활동성이 적은 이른 아침이나 늦은 오후에 무당벌레를 방사해야 하는 어려움이 있다. 그렇지만 무당벌레 유충을 이용할 경우는 성충과는 달리 다른 곳으로의 비산행동이 전혀 이루어지지 않기 때문에, 방사한 곳의 목적지에서 집중적으로 진딧물을 방제할 수 있으며, 방제후에는 번데기를 수거하여 다시 이용하거나, 하우스에서 부화하여 계속적으로 방제활동을 수행할 수가 있어 매우 효과적이라는 장점이 있다. 무당벌레 유충은 생육단계별로 진딧물의 포식량에 있어 큰 차이를 보이고 있다. 하지만 3령과 4령충의 경우에는 큰 차이를 나타내고 있지 않아 3-4령을 이용할 경우에 성충과의 효과를 비교하여 보면 큰 차이가 없다.

하지만 무당벌레 유충을 대량으로 확보하고 보관하는데는 많은 어려움이 뒤따르며, 실제적으로 많은 먹이를 필요로 하는 무당벌레의 유충 발육단계 동안에는 먹이부족이나 이에 따른 동종포식에 의해 개체수가 감소하기 때문에 보관효율이 매우 떨어진다. 또한 무당벌레 유충 방사시 브러쉬로 일일이 대상작물체에 옮겨주어야 하는 번거로움이 있다. 따라서 보관시 이러한 개체군 감소요인인 먹이부족이나 동종포식을 최소화할 수 있는 방법과 쉽고 간편한 방사방법을 강구해야 한다.

무당벌레 유충을 보관시, 동종포식을 줄이기 위해 popcorn을 이용하여 보관하는 방법을 검토하여 보았다. Table 6에서 볼 수 있는 바와 같이 무당벌레 3령 유충을 10℃에 보관할 경우에, popcorn에서는 보관 용기내에서 유충들 사이에 서로 마주칠 확율이 비교적 적기 때문에, 개체수를 유지하며 보관할 수 있었다. 또한 보관중에 따로 먹이를 공급하지 않아



도 10일경도의 보관이 가능하였다. 진딧물, 닭간 그리고 10% sucrose 수용액을 공급하면서 보관할 경우엔 진딧물의 경우 15일까지, 10% sucrose 수용액을 제공할 경우 5일까지, 닭간의 경우 10일 정도까지 50%가 넘는 생존율을 보이면서 보관할 수 있었으나 이틀에 한번 정도로 먹이를 공급해주어야 하는 번거로움이 있었고, 공급된 먹이로 인해 보관 용기내 습도가 높아져 오히려 보관효율이 떨어지는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 먹이를 전혀 제공하지 않은 경우에는 동충포식이 더욱 많이 일어나 5일째에 70%의 사망률을 보였다. 한편 4령유충의 경우에는 Table 7에서 볼 수 있는 바와 같이, popcorn(Fig. 3), 진딧물, 10% sucrose 수용액 그리고 닭간을 공급하면서 보관할 경우엔 20일, 15일, 10일, 10일까지 생존율 50%이상을 보이면서 보관이 가능하였다. 먹이를 제공하지 않은 경우에도 15일까지 가능하였다. 이는 앞에서 살펴 본 3령 유충보다는 훨씬 더 오랜기간 동안 저장을 할 수 있었으며, 비교적 동충포식에 의한 사망률도 낮았다.

Table 6. Survival rates of preserved 3rd instar larva according to the preservation period with popcorn at 10°C

Materials with larva	Survival rate (%) with preservation period (days)					
	5	10	15	20	25	30
Popcorn	81.67	15.00	3.33	0.00	0.00	0.00
Aphids	93.33	65.00	50.00	40.00	36.67	25.00
10% sucrose solution	70.00	23.33	3.33	3.33	0.00	0.00
Chicken liver	76.67	50.00	31.67	21.67	16.67	13.33
No food	30.00	10.00	3.33	0.00	0.00	0.00

Table 7. Survival rates of conserved 4th instar larva according to the preservation period with Popcorn at 10°C

Materials with larva	Survival rate (%) with preservation period (days)					
	5	10	15	20	25	30
Popcorn	83.33	66.07	56.67	51.67	36.67	31.67
Aphids	90.00	76.67	51.67	45.00	41.67	36.67
10% sucrose solution	75.00	63.33	36.67	23.33	23.33	0.00
Chicken liver	80.00	55.00	48.33	38.33	33.33	33.33
No food	78.33	63.33	51.67	41.67	35.00	25.00

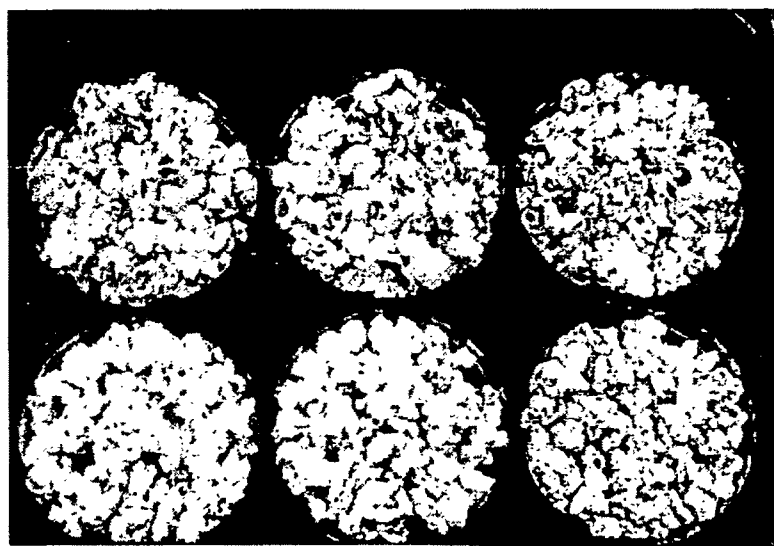


Fig. 3 무당벌레 유충을 팝콘과 함께 컴팩트샤레에 넣어 보관하는 모습.

위의 결과를 종합하여 볼 때, 상업적인 측면에서 무당벌레를 대량생산할 경우, 3-4령 유충을 popcorn에 보관하여 저장하거나, 농가에 공급하는 경우에는 높은 생존율을 보이면서 이용할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 popcorn에 보관하는 경우에는 먹이를 갈아주는 노동력을 절감할 수 있어 생산비를 줄여 싼값에 공급할 수 있을 것이다.

### 3. 보관에 따른 무당벌레 유충의 포식력 차이 검토

무당벌레 유충을 먹이 공급 없이 popcorn에 장기간 보관하는데 있어 다소 어려운 문제점이 제시되었다. 따라서 보관에 의해 무당벌레 유충의 포식력에 차이가 있는지를 밝히는 것이 필요했다. 그 결과, 1령이나 2령 유충의 경우 최대 5일까지만이 보관 가능하였으며, 보관 후에도 정상적으로 진딧물을 포식하지 못하는 것을 관찰할 수 있었다. 하지만 팝콘에 각각 5일과 10일동안 보관한 무당벌레 3,4령 유충에 오이 목화진딧물을 공급하여 1일 포식량을 조사한 결과, Table 8에서 보는 바와 같이 정상개체와 비교했을 때, 약간의 감소는 있었으나 그다지 큰 차이를 보이지 않았으며, 오히려 팝콘에서 5일 동안 저장한 무당벌레 4령 유충의 경우는 1일 평균 230마리로 정상개체의 일일평균 목화진딧물 포식량인 212마리에 비해 더 많은 수의 진딧물을 포식한 것을 볼 수 있었다. 또한 보관도중 형태적으로 이상개체를 관찰할 수 있었는데(Fig. 4), 보관개체 대부분이 보관 후 정상적으로 진딧물을 포식하는 것을 볼 수 있었다(Fig. 5). 따라서 보관으로 인한 생물학적 방제효과의 감소는 없을 것으로 생각된다.

Table 8. Feeding amounts of larval ladybirds which were preserved with popcorn for 5 and 10 days. The cotton aphid was supplied as food at 25°C for 24hrs

Stages	Number of feeding aphids by larvae for 24 hrs		
	5 Days	10 Days	Normal
1st instar	21.33±3.51		32.67±15.01
2nd instar	50.67±5.69		105.67±21.55
3rd instar	157.67±17.93	140.67±10.97	199.67±15.31
4th instar	230.00±28.48	209.00±16.09	212.33±28.57



Fig. 4. 정상적인 4령 유충(위)과 Popcorn에서 보관 후 형태적인 이상현상을 나타낸 무당벌레 4령 유충의 모습(아래)



Fig. 5. popcorn에 5일 보관 후 목화진딧물을 포식하는 무당벌레 1령 (위), 2령 유충의 모습(아래).



Fig. 5(계속). popcorn에 5일 보관 후 목화진딧물을 포식하는 무당벌레 3  
령 (위), 4령 유충의 모습(아래).

#### 4. 팝콘에서 보관한 무당벌레 유충을 이용한 방제효과 검정

애못털진딧물과 딸기뿌리진딧물이 발생한 딸기하우스를 대상으로 무당벌레 성충과 유충을 함께 방사한 경우와 Popcorn에서 보관한 무당벌레 유충만을 이용한 방제효과를 비교 검토하였다(Fig. 6). 1998년 3월 25일에 무당벌레를 방사한 후, 약 한 달 동안 진딧물 밀도변화를 일주일 간격으로 조사하였다. Fig. 7은 15°C에서 닭간으로 보관중인 무당벌레 월동 개체군 726마리와 3, 4령 유충 274마리, 총 1,000마리를 방사한 후, 진딧물의 밀도변화를 나타낸 그래프이다. 방사한 무당벌레의 포식으로 초기엔 진딧물 밀도가 급격히 감소하다가 4월 8일부터 다시 증가하기 시작했는데, 아마도 방사한 무당벌레 성충이 다른 곳으로 이동하여 포식행동이 이루어지지 않자 다시 진딧물이 증가한 것으로 보여진다. 하지만 4월 15일부터 방사한 성충이 산란한 알이 부화하여 그 부화유충의 포식으로 조금씩 감소하는 경향을 나타내었으며, 조사 마지막날에는 632개체의 번데기를 수거할 수 있었다.

Fig. 8은 Popcorn에서 보관한 750마리 3, 4령 유충을 방사한 경우엔, 방사 초기부터 진딧물 밀도가 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 3,4령 유충의 지속적인 진딧물 포식 효과로 판단되며, 성충과 같은 기복은 보이지 않았다. 역시 조사 마지막날엔 200개체의 번데기를 채집할 수 있었다. 무당벌레유충만을 방사한 경우는 빠른 기간동안 진딧물을 방제할 수 있는 효과를 볼 수 있었는데, 유충의 이동이 비교적 적어 집중적으로 방제할 수 있었던 것으로 생각된다.





Fig. 6. 딸기하우스의 전경과(위), 딸기하우스에 발생한 딸기뿌리진딧물과(가운데), 애뭇털진딧물(아래).

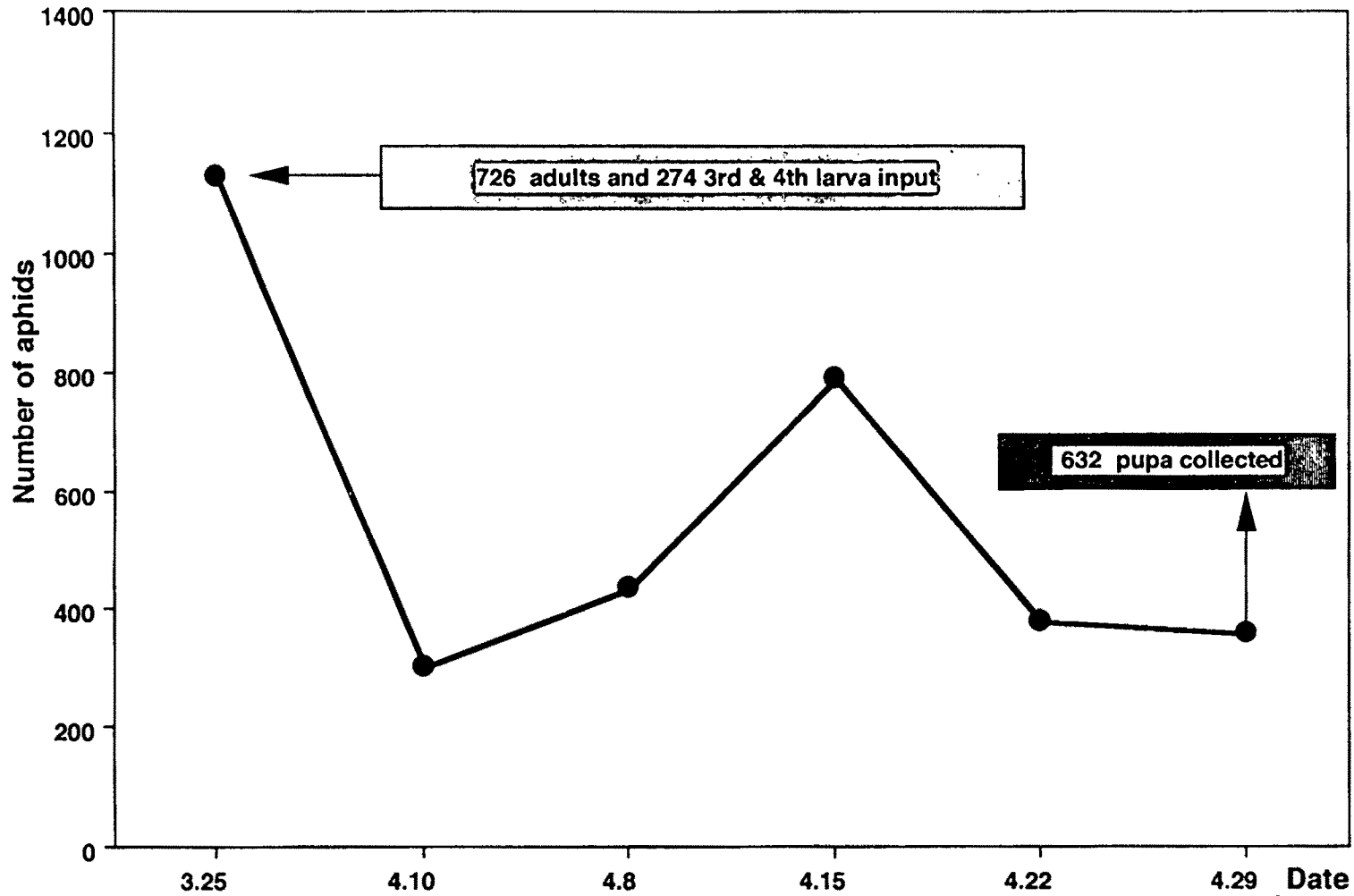


Fig. 7. Change of the aphid population by releasing 726 adults and 274 larval ladybirds in the green house (330m<sup>2</sup>). The strawberry capitophorus aphid and the strawberry root aphid were occurred.

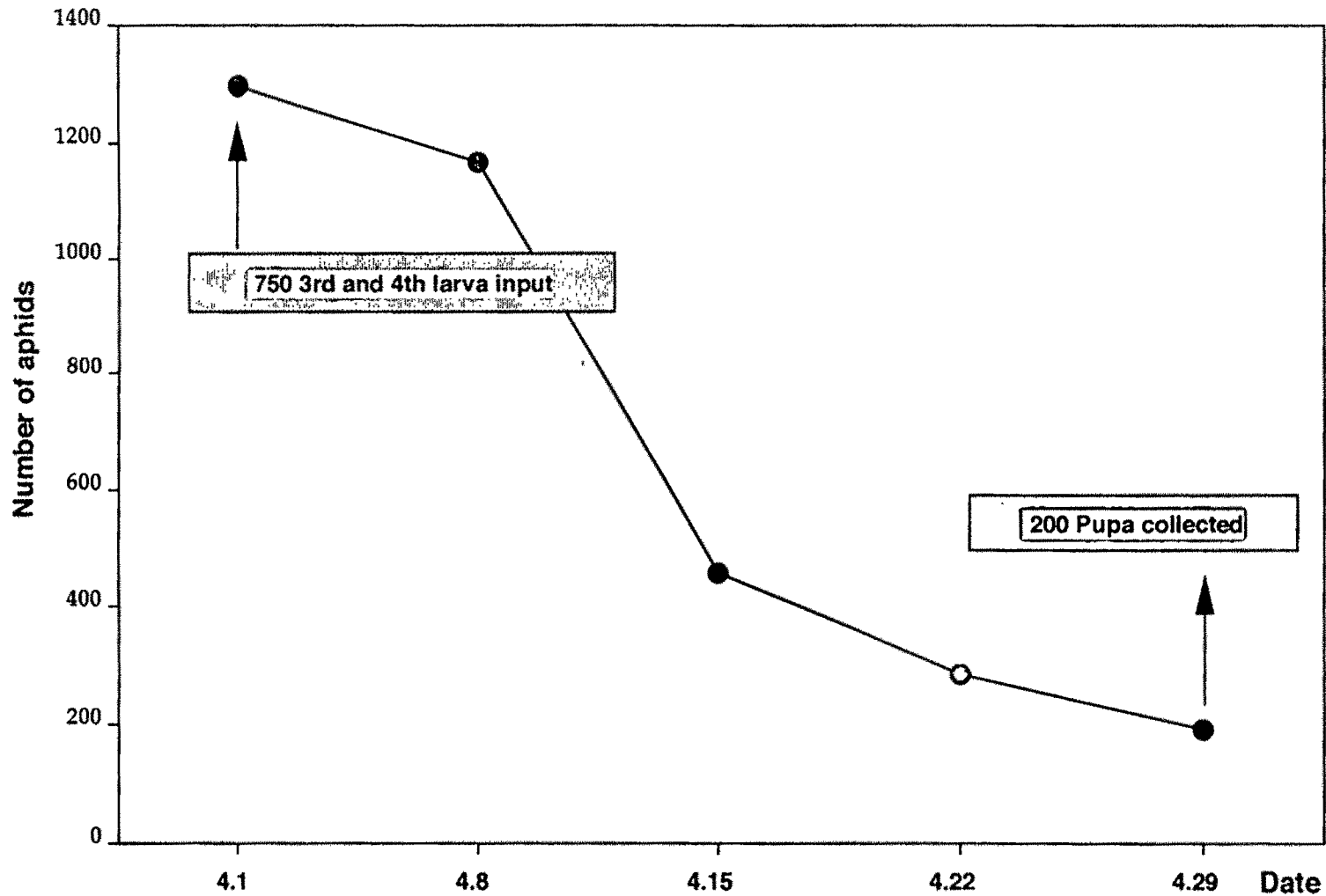


Fig. 8. Change of the aphid population by releasing 750 ladybird larva in the green house (330m<sup>2</sup>). The strawberry capitophorus aphid and the strawberry root aphid were occurred.

# 제 6 장 무당벌레의 화학살충제에 대한 약제 저항성

## 제 1 절 연구수행방법

### 1. 무당벌레에 미치는 독성영향

하우스내 재배작물에 발생한 응애나 총채벌레류를 포함한 미소해충과 흰가루병, 잣빛곰팡이병 등 진균과 세균병의 방제를 위하여 사용되는 농약이 무당벌레의 생존과 활동에 커다란 영향을 미쳐 무당벌레를 이용한 생물학적 방제효과에 차이를 가져올 수 있다는 점을 고려하여, 본 연구자들은 이들 약제에 대한 무당벌레의 내성 및 저항성을 스크린하는 것이 필요하다고 생각하였다. 따라서 하우스내 주요 병해충방제에 사용하고 있는 살균제와 살충제에 대한 무당벌레의 독성평가를 통해 저독성 약제를 선별하고자 본 연구를 수행하였다.

### 가. 공시화합물 및 공시충

본 실험에 사용된 약제는 Table 1과 2에 제시하였으며, Table 1의 살충제는 모두 하우스내 발생한 진딧물이나 총채벌레류의 방제에 쓰이고 있는 약제들이다. Table 2에 제시한 네 종류의 살균제는 덩굴마름병이나 잣빛곰팡이병, 잣빛무늬병 방제에 쓰이는 약제이며, 다섯가지 살충제는 응애 및 진딧물, 총채벌레류를 비롯한 온실가루이, 과밤나방을 방제하는데 쓰이는 약제로 현재 시판되고 있는 약제들이다.

공시충은 실내에서 오이 목화진딧물과 고추 복숭아혹진딧물로 사육중인 모든 발육단계의 무당벌레를 이용하였다.

Table 1. Chemicals used in this study.

Chemicals		Chemical name
Insecticides	Acephate	O,S-dimethyl acetylphosphoramidothioate
	Carbosulfan	2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl methylcarbamate
	Thiamethoxam	3-(2-chloro-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-[1,3,5]oxadiazinan-4-ylidene-N-nitroamine
	Imidacloprid	1-(6-chloro-3-pyridymethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine

Table 2. Chemicals used in this study

Chemicals		Chemical name
Fungicides	Dichlofluanid	N-dichlorofluoromethyl thio N,N-dimethyl-N-phenylsulphamide
	Procymidone	cis,trans-3-chloro-4-[4-methyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-1,3-dioxolan-2-yl]phenyl-4-chlorophenyl ether
	Difenoconazole	N-(3,5-dichlorophenyl)-1,2-dimethyl cyclopropane-1,2-dicarboximide
	Pyrazophos	O-6-ethoxycarbonyl-5-methyl pyrazolo(1,5-a)pyrimidin-2-yl-O,O-dialkylphosphorothioate
Insecticides	Thiamethoxam	3-(2-chloro-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-[1,3,5]oxadiazinan-4-ylidene-N-nitroamine
	Etofenprox	2-(4-ethoxyphenyl)-2-methylpropyl-3-phenoxybenzyl ether
	Imidacloprid	1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylidene-amine
	Abamectin	5-O-demethyl avermectin A <sub>1a</sub>
	Acetamiprid	(E)-N <sup>1</sup> -[6-chloro-3-pyridinylmethyl]-N <sup>1</sup> -cyano-N-methyl acetamidine

## 제 2 절 무농약 재배 농가 병해충 방제 현황

본 실험에서는 고추류를 대상으로 4월부터 11월까지 재배하는 비가림 위주의 유기농 포장을 모델로 하고 있는 관계로 이에 한정하여 주요 병해충 방제 현황을 살펴보면, 2년간(1997-1998)의 조사 결과, 병해충 중에서 매년 지속적인 관심과 주의를 요하는 것에는 흰가루병과 진딧물이 있다. 흰가루병은 살수에 의한 습도 유지 또는 목초액과 콩물 등을 이용하면 병의 진전을 막을 수 있다. 비교적 자주 살포해야 되는 번거로움이 있으나 주의만 하면 큰 문제가 없다. 한편, 해충의 개체군이 너무 많아 부득이하게 약제를 살포할 경우에 무당벌레의 약제에 대한 내성을 다음 항목에서 조사하였으며, 이에 따라 약제와 천적을 적절하게 사용하는 종합적 방제 체계를 마련할 수 있다.

진딧물의 경우도 스프링쿨러와 같은 장치를 이용하여 살수하면 어느 정도 밀도 저하효과를 볼 수 있으나 과실의 품질 저하와 수확량의 감소를 방지할 수 없어 무당벌레와 같은 천적의 도입이 불가피한 실정이다. 따라서 천적의 형태, 생리, 생태에 관한 일반적인 지식과 천적의 관리에 대한 농민 교육이 절실히 요구되고 있다. 유기농가에서는 농작물의 질과 수익에 관계되는 일인 관계로 천적 이용에 매우 적극적인 반응을 보이고 있다. 돌발적인 피해를 주는 해충에는 담배나방과 담배거세미나방이 있으며 이 중 담배나방은 과실의 내부로 침투하는 특성이 있어 피해가 더 크다. 이들 해충의 성충은 설탕물을 이용한 유인 장치를 이용하여 제거하고 있으며 어느 정도 효과를 보고 있다

### 제 3 절 포식성 무당벌레의 살균제 및 살충제에 대한 약제내성 스크리닝

#### 1. 무당벌레 알에 미치는 영향

약액의 조제는 우선 공시약제를 80% 아세톤에 희석하여 각각의 농도별로 약액을 준비하여 사용하였다. 각 농도별로 3반복으로 실험을 수행하였으며, 반복당 무당벌레는 10마리씩 사용하였다. 약제처리는 준비된 약액에 알을 10초 정도 침지한 후 꺼내어 필터페이퍼가 깔린 페트리디쉬(Ø90mm)에 넣은 후 조사하였다. 조사는 약제처리 후 모든 알이 부화할 때까지 수행하였다. 결과는 약제처리 72시간까지 누적 조사치를 이용하였으며, 이 데이터를 Probit analysis로 분석하였다.

#### 가. 4가지 진딧물약제에 대한 무당벌레 알의 독성반응 조사

공시약제가 무당벌레 알의 부화에 미치는 영향을 72시간 후에 조사한 결과, Table 3에서 보는 바와 같이, imidacloprid 10WP는 기준농도인 50ppm에서 사망율이 16.7%였으며, 배량인 100ppm에서는 86.7%의 사망율을 보였다. 유기인계인 acephate 50WP는 기준농도인 500ppm에서 26.7%, 배량인 1,000ppm에서 56.6%의 사망율을 보였으며, 카바메이트계인 carbosulfan 20WP는 기준농도인 200ppm에서 93.3%, 배량인 400ppm에서 100.0%의 사망율을 보였다. 이 결과 기준농도에서는 니코틴계가 천적인 무당벌레의 알에 가장 안전한 살충제로 나타났으나 배량에서는 약제간에 차이가 있었다. 무당벌레의 알은 부화직전에 난각이 갈색을 띄는 것이 일반적인 현상인데, 사망율이 가장 높았던 carbosulfan의 경우 400ppm 처리에서는 약제처리 3일 후에 난각의 색이 검은색이었으며, 난

각을 뚫고 부화를 하더라도 난각을 먹고 죽거나 난각에서 탈출을 하지 못하였다(Fig. 1). Carbosulfan 200ppm 처리에서는 난각의 색이 진한 오렌지색이나 흑회색으로 변하였고, 부화가 다소 늦게 이루어졌으며 부화도중에 죽는 특징이 있었다. 이외 모든 약제처리에서 1령충으로 진전된 경우에는 먹이를 계속 공급하여 성충까지 관찰을 하였는데, 정상적인 개체와 별다른 차이점은 없었다.

Table 3. Mortality of ladybird eggs against several insecticides in the lab.

Insecticides	Concentrations - (ppm)	Mortality
		Egg
Acephate 50WP	1,000	56.6
	500	26.7
	250	13.3
	125	36.6
Carbosulfan 20WP	400	100.0
	200	93.3
	100	80.0
	50	93.3
Thiamethoxam 10WG	100	61.1
	50	3.3
	25	9.7
	12.5	3.2
Imidacloprid 10WP	100	86.7
	50	16.7
	25	6.7
	12.5	30.0



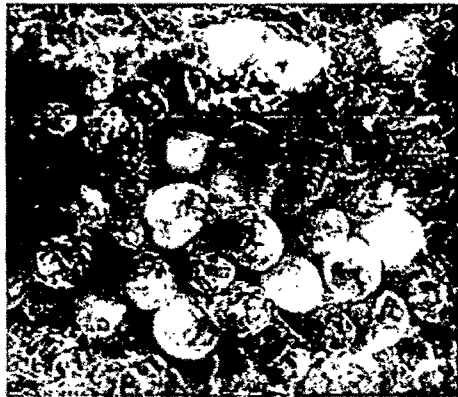
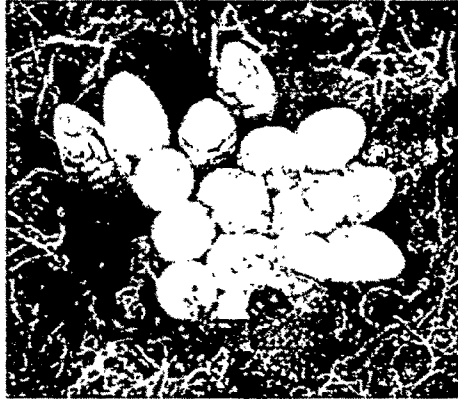


Fig. 1. 무당벌레 알에 대한 살충제의 영향. 정상적인 알(위)과 Carbosulpan 200 ppm(아래)을 처리한 알에서 부화하는 1령충.

#### 나. 살균제에 대한 무당벌레 알의 독성반응조사

살균제에 대한 알에 대한 독성반응결과는 Table 4와 같이 Pyrazophos를 제외한 3가지 살균제에 대해서는 모두 기준농도보다 더 높은 농도에서도 매우 안전한 것으로 나타났다. Pyrazophos는 알에 대해 높은 독성을 보였는데, 기준농도가 300ppm인데 비해 LC<sub>50</sub>은 88,9ppm 이하로 고독성을 나타냈다.

Table 4. LC<sub>50</sub> of ladybird eggs against several fungicides in the lab

Fungicides	Concentrations (ppm)	LC <sub>50</sub> (ppm, 95% FL)
		Egg
Dichlofluanid	1,000	> 1,000
Procymidone	500	> 1,000
Difenoconazole	50	> 1,000
Pyrazophos	300	< 88.9

#### 다. 살충제에 대한 무당벌레 알의 독성반응조사

Table 5는 5가지 살충제에 대한 무당벌레 알의 독성반응결과로 Thiamethoxam과 Imidacloprid는 기준농도 이상에서도 거의 모두 부화하였다. 따라서 이 두 약제는 하우스내 진딧물방제를 위해 무당벌레를 이용할 경우 동시 투입이 가능할 것으로 생각된다.

## 2. 무당벌레 유충에 미치는 영향

약액의 조제 방법은 위와 같으며, 약제처리는 약액을 준비한 후 부화 또는 탈피한 유충(1, 2, 3, 4령)에 4가지 진딧물 약제실험에서는 약액에 난피를 10초 동안 침지한 후 필터페이퍼로 남은 약액을 흡수시키고 부화

여부를 조사하였다. 살균제 및 기타 5가지 살충제 처리는 microapplicator로 약액을 10 $\mu$ l씩 복부배판에 국소처리하였다. 모든 실험은 3반복으로 반복당 10마리를 사용하였다. 먹이는 매일 새로이 공급하여 주었고, 조사는 약제처리 후 매일 수행하였으며, 최종적으로 72시간까지 누적치를 이용하였다. 이 데이터를 Probit analysis로 분석하였다.

Table 5. LC<sub>50</sub> of ladybird eggs against several insecticides in the lab

Insecticides	Concentrations (ppm)	LC <sub>50</sub> (ppm, 95% FL)
		Egg
Thiamethoxam	50	> 500
Etofenprox	200	< 43.9
Imidacloprid	50	> 500
Abamectin	9	< 8.8
Acetamiprid	40	< 43.9

#### 가. 진딧물약제에 대한 무당벌레 유충의 독성반응

실험에 사용한 4가지 진딧물약제가 무당벌레 유충에 미치는 독성반응 결과(Table 6), 유충의 경우 영기별로 약제에 의한 차이가 큰 것으로 나타났다는데, 1, 2령유충의 경우, Thiamethoxam 50ppm처리시 100%의 사망률을 보였으며, Acephate처리에서는 처리농도에 관계없이 1령유충에서는 100%의 사망률을 나타내었다. 다른 약제도 마찬가지로 1, 2령유충은 거의 생존하지 못했으나, Thiamethoxam이나 Imidacloprid는 무당벌레 3, 4령유충에 낮은 독성반응을 보여 안전한 약제로 생각된다.

나. 살균제에 대한 무당벌레 유충의 독성반응조사

4가지 살균제에 대한 무당벌레 유충의 독성반응결과, 알에서와 마찬가지로 Pyrazophos를 제외한 3가지 살균제에 대해서는 기준농도 이상의 농도에서도 거의 모두 생존하였다. 하지만 Pyrazophos의 경우, 기준농도가 300ppm인데 비해, 3, 4령 유충의 경우 LC<sub>50</sub>이 43.9ppm이하로 나타나 무당벌레 유충에 대해 고독성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다(Table 7). 하지만 나머지 세가지 약제는 하우스내 발생한 진딧물방제를 위해 무당벌레를 사용하는데 있어 이러한 살균제가 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다.

Table 6. Mortality of differential ladybird developing larval stages against several insecticides in the lab

Insecticides	Concentrations (ppm)	Mortalities (%)			
		1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar
Acephate 50WP	1,000	100.0	100.0	100.0	100.0
	500	100.0	100.0	100.0	100.0
	250	100.0	90.0	0.0	0.0
	125	100.0	30.0	0.0	0.0
Carbosulfan 20WP	400	100.0	100.0	100.0	100.0
	200	100.0	90.0	70.0	70.0
	100	100.0	80.0	100.0	60.0
	50	100.0	90.0	90.0	30.0
Thiamethoxam 10WG	100	100.0	100.0	100.0	0.0
	50	100.0	100.0	90.0	0.0
	25	100.0	90.0	70.0	0.0
	12.5	100.0	70.0	60.0	0.0
Imidacloprid 10WP	100	100.0	100.0	60.0	0.0
	50	80.0	100.0	40.0	0.0
	25	40.0	60.0	30.0	0.0
	12.5	30.0	40.0	30.0	0.0

Table 7. LC<sub>50</sub> of ladybird larva against several fungicides in the lab

Fungicides	Concentrations (ppm)	LC <sub>50</sub> (ppm, 95% FL)			
		1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar
Dichlofluanid	1,000	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000
Procymidone	500	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000
Difenoconazole	50	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000
Pyrazophos	300			<43.9	<43.9

다. 살충제에 대한 무당벌레 유충의 독성반응조사

Table 8은 5가지 공시살충제에 대한 무당벌레 유충의 독성반응결과로 각 약제에 대한 무당벌레의 반응은 매우 다양했는데, 모든 약제에 대해 무당벌레 1, 2령 유충에서는 높은 독성을 나타내었다. 하지만 Thiamethoxam의 경우 기준농도가 50ppm인데 비해, 3령 유충에서 LC<sub>50</sub>이 500ppm이상이므로 무당벌레 3, 4령 유충에는 안전한 약제로 판단된다.

Table 8. LC<sub>50</sub> of ladybird larva against several insecticides in the lab

Insecticides	Concentrations (ppm)	LC <sub>50</sub> (ppm, 95% FL)			
		1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar
Thiamethoxam	50	-	< 8.8	> 500	>100
Etofenprox	200	-	< 8.8	< 26.4	99.2
Imidacloprid	50	-	-	30.3	190.2
Abamectin	9	-	-	< 8.8	18.4
Acetamiprid	40	< 8.8	< 8.8	< 8.8	< 8.8

### 3. 무당벌레 번데기에 미치는 영향

약액의 조제 방법은 위와 같으며, 약제처리는 준비된 약액에 번데기를 10초 정도 침지한 후 꺼내어 필터페이퍼가 깔린 페트리디쉬에 넣은 후 우화율을 조사하였다(Fig. 2). 조사는 매일 같은 시간에 10일간 수행하였으며, 우화충수를 계수하고 계수된 우화충은 바로 제거하였다. 결과는 약제처리 7일까지 누적 조사치를 이용하였으며, 이 데이터를 Probit analysis로 분석하였다.

#### 가. 진딧물약제에 대한 무당벌레 번데기의 독성반응 조사

Table 9는 무당벌레 번데기에 대한 독성반응결과로, Carbosulfan 이나 Thiamethoxam의 경우 대부분의 농도에서 100% 생존율을 보여주었다. 그 외에 Acephate가 다소 우화에 영향을 미치는 것으로 나타났지만, 대부분의 약제에 대해 무당벌레 번데기는 비교적 안전한 것으로 나타났다.

#### 나. 살균제에 대한 무당벌레 번데기의 독성반응조사

살균제는 무당벌레 번데기에도 매우 안전한 것으로 나타났는데, Table 10에서 보는 바와 같이, 기준농도 이상의 농도에서도 처리개체 100%가 모두 우화하였으며 무당벌레 알, 유충에 매우 고독성을 나타내었던 Pyrazophos도 무당벌레 번데기단계에서는 LC<sub>50</sub>이 1926.3ppm으로 기준농도보다 높은 농도에서도 우화하였다. 무당벌레 번데기는 알이나 유충단계에 비해 약제에 대해 안전한 것으로 판단된다.

Table 9. Mortality of ladybird pupal stages against several insecticides in the lab

Insecticides	Concentrations (ppm)	Mortalities
		Pupa
Acephate 50WP	1,000	70.0
	500	40.0
	250	30.0
	125	0.0
Carbosulfan 20WP	400	100.0
	200	60.0
	100	0.0
	50	0.0
Thiamethoxam 10WG	100	0.0
	50	0.0
	25	0.0
	12.5	0.0
Imidacloprid 10WP	100	100.0
	50	60.0
	25	0.0
	12.5	0.0

Table 10. LC<sub>50</sub> of ladybird pupa against several fungicides in the lab

Fungicides	Concentrations (ppm)	LC <sub>50</sub> (ppm, 95% FL)
		Pupa
Dichlofluanid	1,000	> 1,000
Procymidone	500	> 1,000
Difenoconazole	50	> 1,000
Pyrazophos	300	1926.3



Fig. 2. Acephate 500 ppm(위)과 Carbosulfan 400 ppm(아래)를 처리하여  
우화하지 못하고 있는 무당벌레 번데기의 모습.



#### 다. 살충제에 대한 무당벌레 번데기의 독성반응 조사

Table 11에서 보는 바와 같이, Thiamethoxam의 경우 기준농도가 50ppm인데 비해 LC<sub>50</sub>이 500ppm이상으로 나타나 번데기 단계에 대해서도 저독성을 나타냈다. 하지만 Etofenprox 처리시 우화하지 못하는 개체를 관찰할 수 있었으며, 한편 알이나 유충에 매우 높은 독성을 나타낸 살충제도 번데기에 처리했을 때, 높은 우화률을 보여주어 무당벌레 알이나 유충단계에 비해 번데기는 약제에 안전한 것으로 판단된다.

Table 11. LC<sub>50</sub> of ladybird pupal stages against several insecticides in the lab

Insecticides	Concentrations (ppm)	LC <sub>50</sub> (ppm, 95% FL)
		Pupa
Thiamethoxam	50	> 500
Etofenprox	200	> 100
Imidacloprid	50	-
Abamectin	9	-
Acetamiprid	40	-

#### 4. 무당벌레 성충에 미치는 영향

약제처리는 약제를 80% 아세톤에 농도별로 희석하여 준비한 후, 진딧물약제에 대해서는 약액에 10초 정도 침지한 후 꺼내어 필터페이퍼가 깔린 페트리디쉬에 넣은 후 조사를 수행하였다. 한편 살균제나 기타 5가지 살충제에 대해서는 microapplicator로 1μl씩 복부에 국부 처리하였다. 먹이는 매일 새로이 공급하여 주었으며, 조사는 매일 같은 시간에 수행하였다. 결과는 약제처리 72시간까지 누적 조사치를 이용하였으며,

Probit analysis로 통계처리하고 약제가 성충에 미치는 독성영향을 검토하였다.

가. 진딧물약제에 대한 무당벌레 성충의 독성반응

Table 12는 진딧물약제에 대한 무당벌레 성충의 독성반응을 조사한 결과로, Carbosulfan이 가장 높은 독성을 나타냈으며, Imidacloprid가 비교적 안전한 것으로 확인되었다.

Table 12. Mortality of ladybird adult stages against several insecticides in the lab

Insecticides	Concentration (ppm)	Mortalities
		Adult
Acephate 50WP	1,000	80.0
	500	30.0
	250	0.0
	125	0.0
Carbosulfan 20WP	400	100.0
	200	100.0
	100	80.0
	50	60.0
Thiamethoxam 10WG	100	40.0
	50	40.0
	25	0.0
	12.5	0.0
Imidacloprid 10WP	100	40.0
	50	20.0
	25	20.0
	12.5	0.0

나. 살균제에 대한 무당벌레 성충의 독성반응조사

무당벌레 알이나 유충, 번데기단계에 모두 안전했던 살균제는 역시 성충에도 매우 안전한 것으로 나타났는데, Pyrazophos만이 기준농도 300ppm인데 비해, LC<sub>50</sub>이 221.4ppm으로 다소 높은 독성을 나타내었다 (Table 13). 따라서 Pyrazophos를 제외한 3가지 살균제는 하우스내 병해충방제를 위해 이용시 무당벌레에 영향을 미치지 않고 동시 투입이 가능할 것으로 생각된다.

Table 13. LC<sub>50</sub> of ladybird adult stages against several fungicides in the lab

Fungicides	Concentrations (ppm)	LC <sub>50</sub> (ppm, 95% FL)
		Adult
Dichlofluanid	1,000	> 1,000
Procymidone	500	> 1,000
Difenoconazole	50	> 1,000
Pyrazophos	300	221.4(186.4~262.8)

다. 살충제에 대한 무당벌레 성충의 독성반응 조사

5가지 살충제에 대한 무당벌레 성충의 독성반응실험은 현재 진행중이며, Imidacloprid의 경우 기준농도 50ppm인데 비해, LC<sub>50</sub>이 222.2ppm이상으로 저독성을 나타냈으며 Acetamiprid역시 기준농도보다 높은 농도에 서도 안전한 것으로 확인되었다(Table 14).

Table 14. LC<sub>50</sub> of ladybird adult stages against several insecticides in the lab

Insecticides	Concentrations (ppm)	LC <sub>50</sub> (ppm, 95% FL)
		Adult
Thiamethoxam	50	-
Etofenprox	200	-
Imidacloprid	50	> 222.2
Abamectin	9	-
Acetamiprid	40	> 85.2

## 제 7 장 시설재배지에서 무당벌레를 이용한 진딧물의 생물학적 방제전략 확립

실제 농가포장에서 무당벌레를 이용한 방제효과를 검정하였으며, 진딧물 등 해충이 발생한 포장을 중심으로 적용실험을 실시하였다. 농가포장의 환경을 임의적으로 조절하기는 거의 불가능 하였지만, 다양한 농가를 선택하여 이들 환경에서 무당벌레의 능력을 검정하는데 초점을 맞추었다.

### 제 1 절 연구수행방법

#### 1. 진딧물에 대한 포식력과 무당벌레 적정방사밀도 산정

무당벌레가 알에서 부화하여 성충이 되기까지의 전 과정에 걸쳐 진딧물 섭식량을 측정하기 위해 갓 부화한 1령 유충부터 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 령기를 고려하여 충분히 제공하였으며, 24시간마다 남아 있는 진딧물을 세어 포식한 마리 수를 측정하였다.

포장실험의 경우 충남 공주시 사곡에 위치한 신선초에서 발생한 무테두리진딧물을 방제하기 위해 600마리의 무당벌레 성충을 방사하고, 20여 곳의 잎을 선발하여 진딧물의 개체군을 파악하였다. 진딧물 개체군 밀도는 1주일 혹은 10일 간격으로 조사하였다.

또한 오이에 발생한 목화진딧물 방제를 위한 단위면적당 무당벌레의 적정밀도를 알아보기 위해 하우스내 오이에 가로 1m, 세로 2m, 높이 2m의 망사를 씌우고 각각의 망에는 오이가 여섯 주씩 들어가도록 하였으며 암

컷 1마리, 암컷 1마리와 수컷 1마리, 암컷 2마리와 수컷 1마리로 마리 수를 달리하여, 1주일 간격으로 진딧물 마리 수를 조사하였다. 이에 덧붙여 진딧물 개체군의 밀도증가율을 알아보기 위해 4엽기 오이유묘에 각 잎당 진딧물 성충을 한 마리씩 접종하고, 1일 간격으로 진딧물 마리 수를 조사하였다.

## 제 2 절 시설재배지내에서 무당벌레의 포식행동 및 산란행동에 미치는 미소환경의 분석

### 1. 무당벌레의 동절기 하우스 재배지에서의 이용

동절기하우스에 발생한 진딧물 방제를 위해 무당벌레를 방사할 경우, 온도나 습도 기타 재배환경에 따라 방제효과에 다소 차이를 보이는 것을 볼 수 있다. 특히, 겨울철에 하우스내 온도를 무당벌레가 생육하기에 알맞게 유지하기란 어려운 일이며, 거의 밀폐된 상태이기 때문에 습도가 너무 높아 무당벌레의 포식행동에 지장을 초래하기도 한다. 그렇지만 방사한 무당벌레가 다른 곳으로 이동할 확률이 적기 때문에 단시간에 대상해충을 방제할 수 있다는 이점도 있다. 또한 작물의 특성에 따라서도 방제효과에 차이를 보였는데, 작물체의 크기가 비교적 큰 작물에 발생한 해충에 대해 좀 더 우수한 효과를 보였으며, 지상에서 비교적 낮게 자라는 작물에 대해서는 저조한 방제효과를 나타내었다.

실험실에서 보관중인 월동개체군을 무태두리진딧물이 발생한 겨자하우스와 신선초하우스를 대상으로 1998년 1월 6일부터 3월 중순까지 일주일 간격으로 진딧물밀도변동상황을 조사해 방제효과를 살펴보고, 재배방식이 다른 관상용케일에 발생한 복숭아혹진딧물을 무당벌레를 살포해

방제효과를 검토하였다.

#### 가. 겨자하우스에서 무테두리진딧물의 생물적 방제

겨자하우스의 경우, 무테두리진딧물과 복숭아혹진딧물 방제를 위해 겨자 20주를 임의적으로 선택하여 표시하고, 무당벌레를 방사하기 전 진딧물 밀도를 조사한 후, 무당벌레 성충 100마리와 3, 4령 유충 166마리를 방사하였다. 그렇지만 일주일 후에 진딧물의 밀도와 무당벌레의 포식행동을 관찰한 결과에 의하면, 하우스내 주간 평균온도가 15℃ 내외로 곤충이 활동하기에는 비교적 낮은 온도를 유지하고 있었고, 안개가 자욱한 상태의 높은 습도를 유지하고 있었으며, 작물체 또한 지상에서 불과 20여cm밖에 되지 않는 비교적 키가 작은 작물이기 때문에 방사한 무당벌레의 포식행동이 정상적으로 이루어지지 않는 것을 관찰할 수 있었다. 그리하여 추가로 2월 13일에 310마리의 3,4령 유충을 추가로 투입하였고, 2월 20일에는 217마리의 성충과 120마리의 3,4령 유충을, 3월 4일에는 90마리의 성충을, 3월 11일에는 70마리의 유충을 추가로 투입하였다. 그 결과 2월 25일경부터는 무당벌레의 추가 투입과 함께, 주간의 기온이 상승하고, 주간에 하우스의 측면을 개방하여 하우스내 습도가 현저히 낮아짐에 따라서 무당벌레가 정상적으로 포식활동을 하는 것을 관찰할 수 있었고, 그에 따라 진딧물밀도가 감소하기 시작하는 경향을 나타내었다 (Fig. 1, 2, 3).

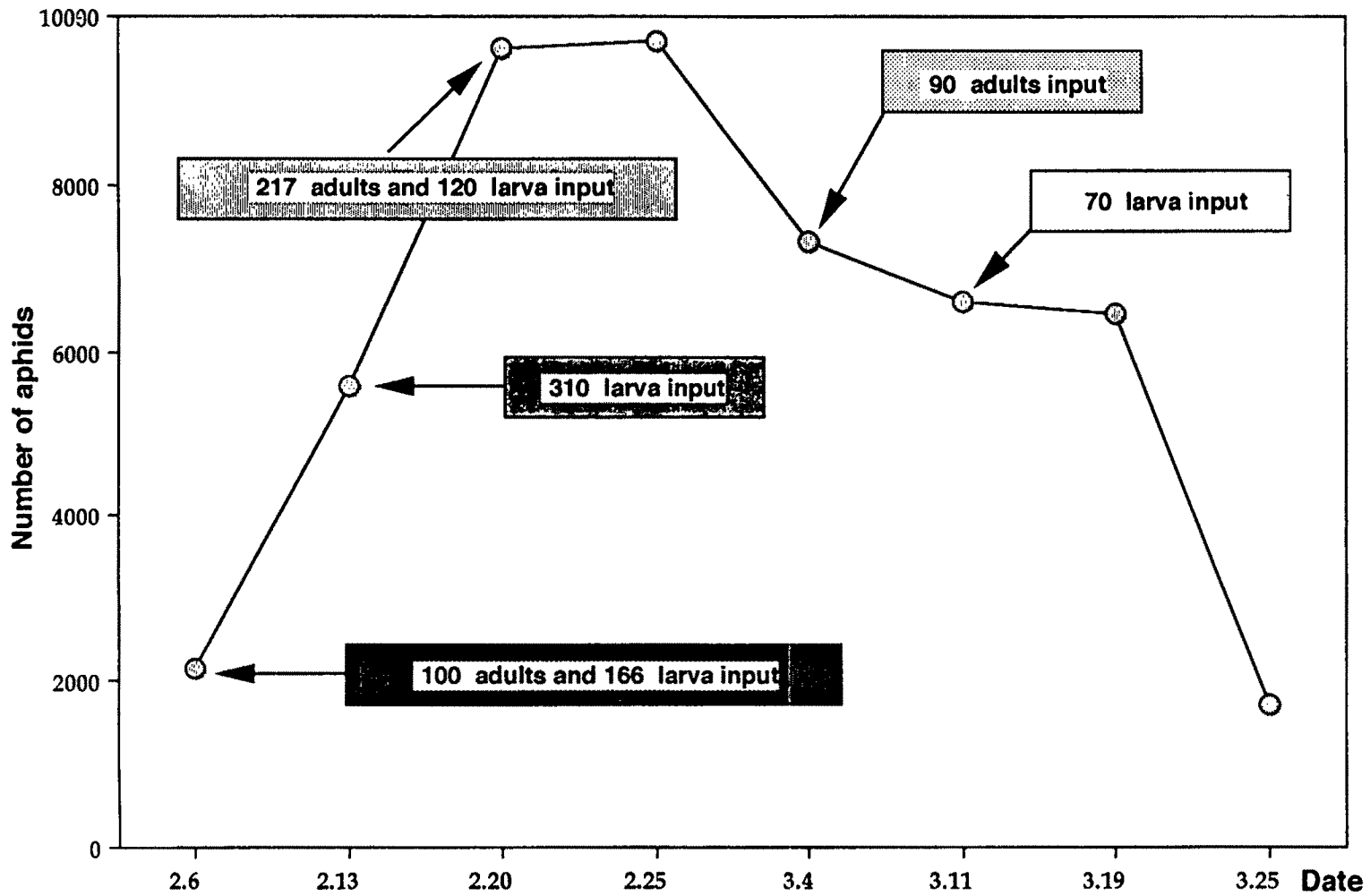


Fig. 3. Change of the aphid population by releasing larva and adult ladybirds in the green house. The turnip aphid and the green peach aphid occurred on the mustard plants.



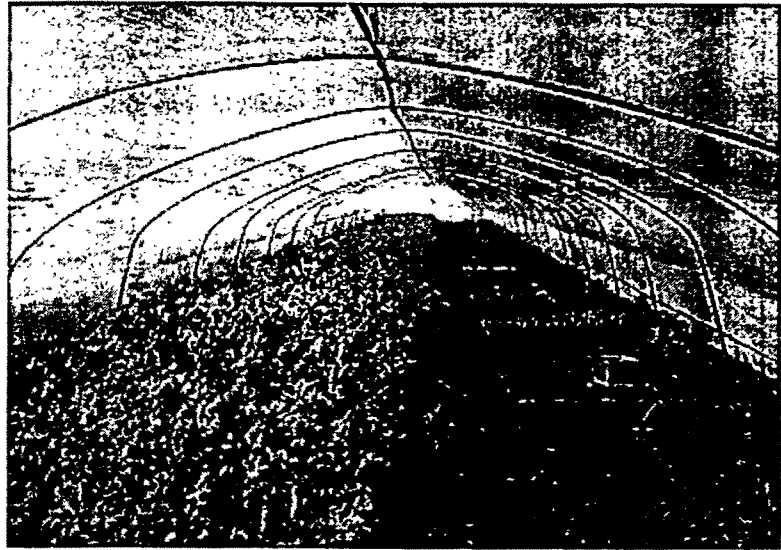


Fig. 1. 키 작은 겨자를 재배하는 하우스의 전경과(위) 팝콘과 함께 무당벌레 유충을 방사하는 모습.



Fig. 2. 키가 큰 겨자의 신초에 발생한 무테두리진딧물과 방사한 무당벌레 성충의 교미하는 모습

#### 나. 무테두리진딧물이 발생한 신선초재배 하우스

무테두리진딧물이 발생한 신선초를 재배하고 있는 하우스의 경우, 겨자하우스에서와 같은 방법으로 20곳을 labelling한 후 진딧물의 방사 전 밀도를 조사하고, 성충 186마리를 방사하였다. 신선초 하우스에서는 진딧물의 발생이 겨자하우스에 비하여 매우 낮은 수준을 유지하고 있었는데, 임의 선택한 20곳의 진딧물이 약 1,300마리로 주당 평균 50-70마리 수준을 유지하고 있었다. 또한 하우스내 무당벌레를 방사한 시기의 미소환경도 겨자하우스에 비하여 매우 유리하여 하우스내 온도는 무당벌레가 생육하기에 비교적 알맞은 주간 평균기온이 20℃를 오르내리는 온도였고, 습도 또한 하우스의 개폐가 이루어져 그다지 높지 않았다. 그 결과 무당벌레를 방사한 초기부터 방제효과가 나타나 진딧물의 개체수가 감소하기 시작하였다. 또한 방사한 무당벌레 성충이 산란한 알이 부화하여 그 부화유충들이 포식을 시작하는 시기인 방사 2주 후부터는 진딧물이 급격히 감소하여 4주만에 거의 모든 진딧물을 방제할 수 있었다(Fig. 4, 5). 결과적으로 무당벌레를 이용하여 진딧물을 성공적으로 방사하기 위해서는 작물의 종류와 하우스내의 미소기후가 중요한 역할을 하고 있으며, 진딧물의 초기 밀도가 높지 않은 경우에는 작물체에 많은 피해를 주지 않고 완전한 방제를 이룰 수가 있었다.



Fig. 4. 신선초에 방사한 무당벌레 성충이 산란한 알 덩어리의 모습

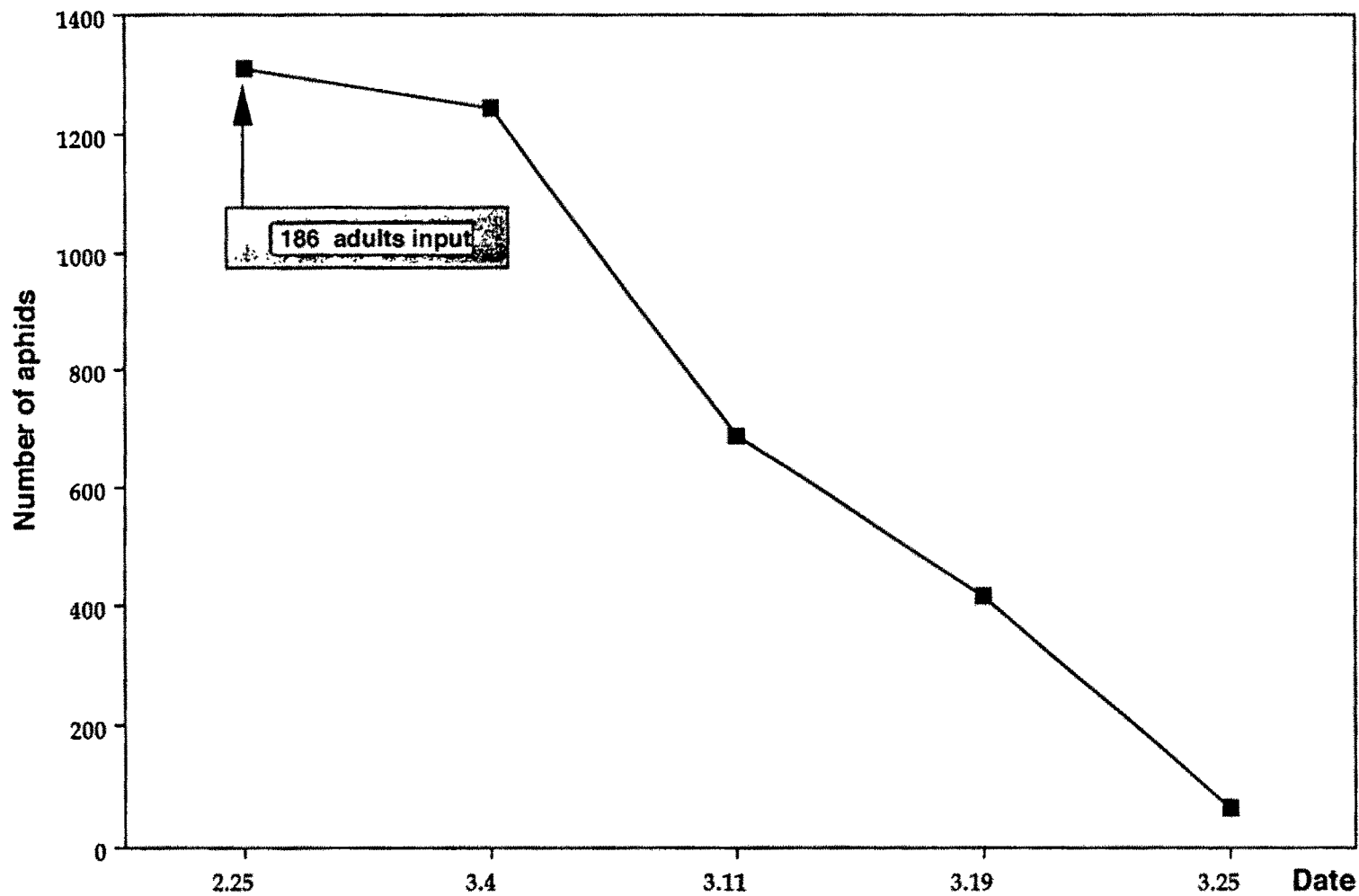


Fig. 5. Change of the aphid population by releasing adult ladybirds in the green house. The turnip aphid occurred on the *angelia utilis*.

다. 복숭아혹진딧물이 발생한 관상용 케일하우스

수경재배를 하는 관상용 케일하우스는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 높이가 1미터 되는 테이블 위에 수경액이 흐르는 라인을 설치하였고, 바닥은 피복되어 매우 깔끔한 재배환경을 유지하고 있었다. 20곳을 임의로 sampling하여 복숭아혹진딧물의 밀도를 조사한 결과 주당 평균 30-40마리 정도의 개체군밀도를 유지하고 있었다. 방제초기에 250마리의 무당벌레 성충을 방사한 다음, 진딧물의 밀도 변동상황을 조사하였는데, 진딧물이 처음에는 적은 폭으로 감소하다가 3주 째로 접어들면서부터 밀도가 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 하우스내에서 무당벌레가 관찰되지 않아서 진딧물 밀도가 다시 증가할 것을 우려한 나머지, 다시 한번 55마리의 무당벌레 성충과 110마리의 3,4령 유충을 추가로 방사하였다(Fig. 6, 7). 케일에서 무당벌레의 행동 특성을 살펴보면 무당벌레 유충의 경우 보행행동이 부자연스러워 포식행동이 이루어지지 않았고, 대부분이 바닥에 떨어지는 것을 볼 수 있었으나, 이와는 대조적으로 성충의 경우는 케일 앞에서 정상적인 보행활동을 통하여 포식활동을 할 수 있었다. 이와 같은 특성은 진딧물을 포획하는 보다 효과적인 방법으로 작용하였는데, 성충이 앞에서 복숭아혹진딧물을 포획할 경우 많은 수의 진딧물들이 자기 방어기작의 하나인 앞에서의 낙하를 행하였다. 이로 인하여 피복된 바닥에는 많은 수의 진딧물들이 기어다니게 되는데, 앞에서 부화된 유충과 추가로 투입된 유충들이 피복된 바닥을 다니면서 앞에서 떨어진 진딧물들을 포획함으로써 효과적인 방제가 이루어 질 수 있을 것으로 추정할 수 있다.

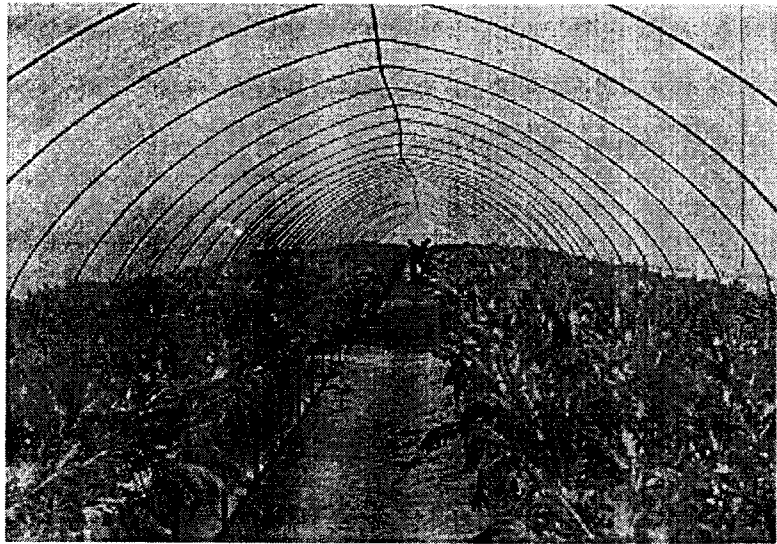


Fig. 6. 관상용 케일을 재배하고 있는 하우스의 전경. 수경액이 흐르도록 단이 설치된 것을 볼 수 있다.

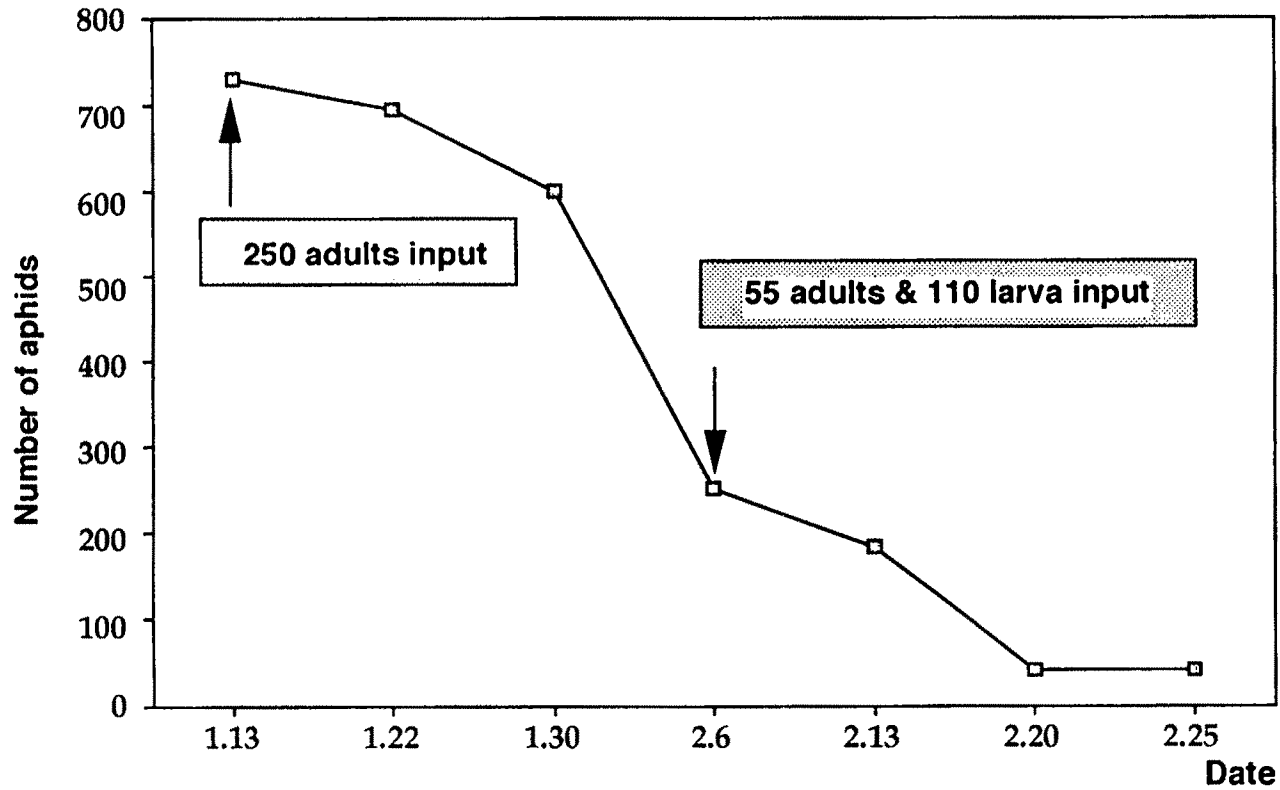


Fig. 7. Change of the aphid population by releasing adult and larval ladybirds in the green house. The green peach aphid occurred on the oramental kale plants.



## 2. 무당벌레의 하절기하우스(비가림 시설재배)내에서의 이용

하절기에 대부분의 시설재배지는 하우스내 온도를 낮은 수준으로 유지하기 위해 주야로 하우스를 개방시켜 놓는데, 이 때 방사한 무당벌레가 다른 곳으로 이동하여 방제효과를 떨어뜨리는 경우가 있으며, 설사 하우스를 개방하여 놓는다고 할지라도 주간에는 하우스내에서의 온도상승으로 인한 무당벌레의 포식행동에 영향을 줄 수 있기 때문에 이러한 점을 충분히 고려하여 무당벌레를 살포하여야 한다. 따라서 무당벌레를 이용한 방제대상 하우스는 망을 씌워 다른 곳으로의 무당벌레 분산을 막는 것이 필수적이라고 할 수가 있다. 그렇지만 농가의 경제적 사정이 여의치 않은 경우에는 이동성이 비교적 적은 무당벌레 유충을 이용할 수도 있다.

### 가. 신선초하우스의 무테두리진딧물의 방제효과 검정

6월 11일부터 무테두리진딧물이 발생한 신선초하우스를 대상으로 무당벌레의 방제효과를 검토하였다. 하우스내 진딧물밀도가 다소 높은 상태에서 시작했지만 하우스내 온도와 습도가 무당벌레의 생육조건에 불리한 영향을 줄 정도는 아니어서 어느 정도의 방제효과를 확인할 수 있었다. 임의로 30곳을 labeling하여 초기밀도를 조사한 후 무당벌레 성충 2,000마리와 유충 196마리를 방사하였고 일주일 간격으로 진딧물의 개체군 밀도변동상황을 조사한 결과 한 달이 채 못되어서 진딧물을 완전히 방제할 수 있었다. Fig. 8에서 보면, 초기방사 후에도 진딧물밀도가 감소하지 않고 증가한 것은 일정기간동안 방사한 무당벌레가 하우스내 환경에 적응하지 못해 정상적으로 포식활동이 이루어지지 않은 결과이며, 그 후 산란한 알이 부화해서 그 부화유충과 방사한 유충의 활발한 포식활동으로 진딧물 밀도에 있어 급격한 감소를 나타내었다.

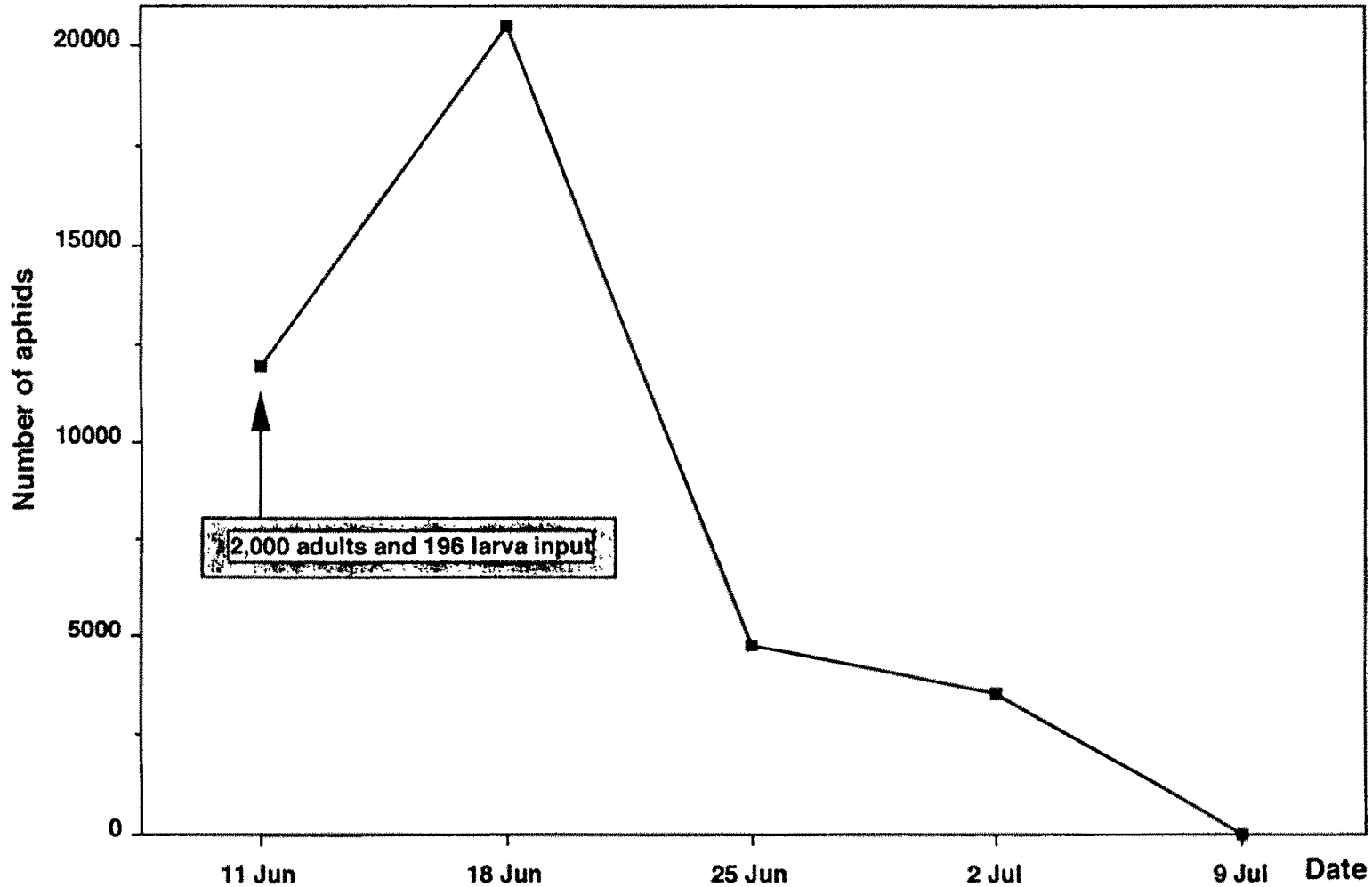
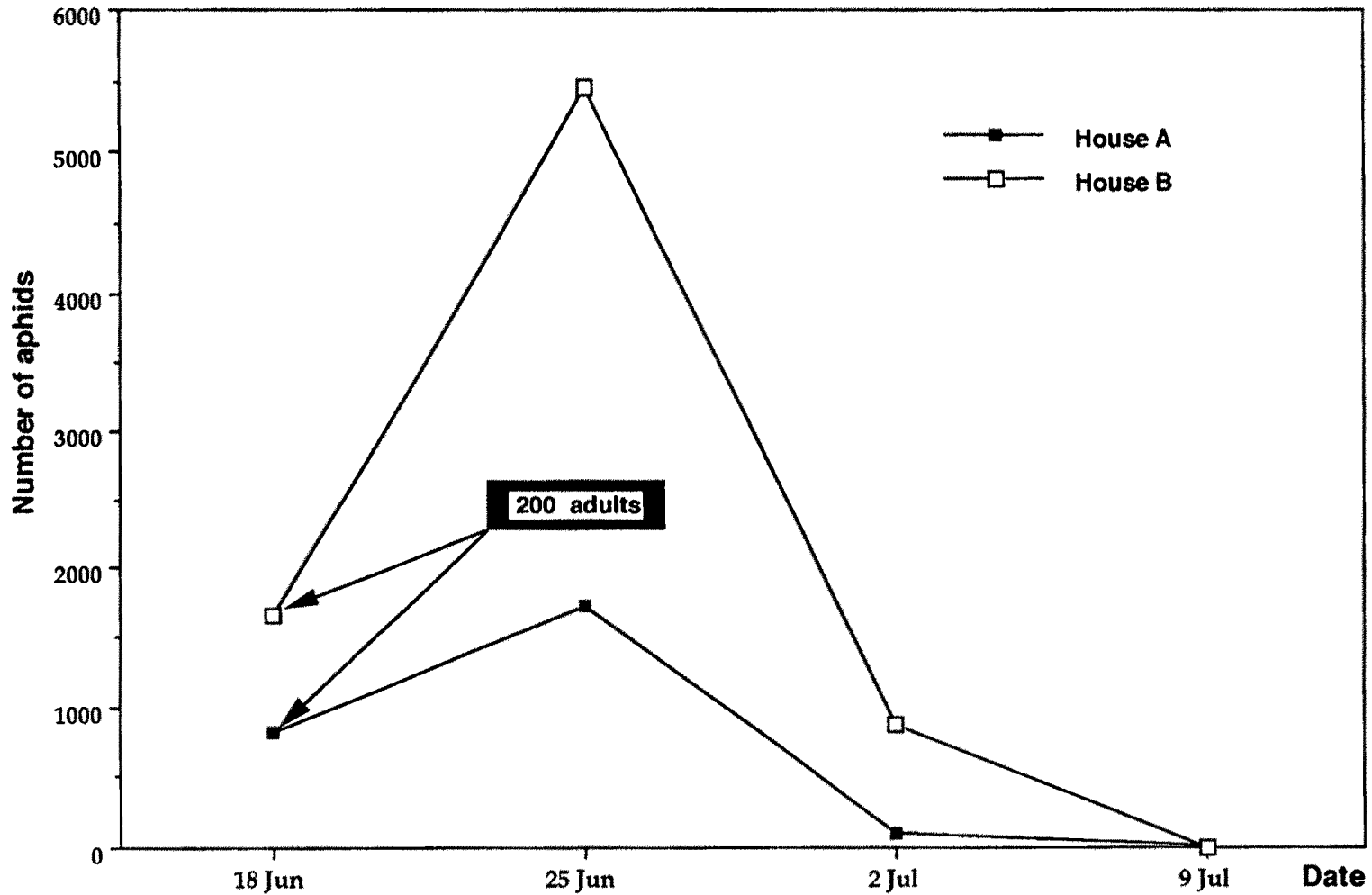


Fig. 8. Change of the aphid population by releasing 2,000 ladybird adults and 196 larva in the green house. Number of turnip aphids were examined on 32 points in the *angelia utilis*.

#### 나. 고추하우스의 복숭아혹진딧물 방제효과 검정

6월 18일부터 복숭아혹진딧물이 우점적으로 발생한 고추하우스를 대상으로 무당벌레의 방제효과를 검토하였다. 하우스내 복숭아혹진딧물의 평균밀도는 하우스 A, B, C에서 많은 차이를 보여 주고 있었다. 이곳에 하우스 A와 B에는 각각 200마리를, 하우스 C에는 100마리의 성충을 방사한 결과, 한 달이 채 안 되는 기간동안 진딧물을 완전히 방제할 수 있었는데(Fig. 9), 적절한 무당벌레 살포밀도에 의한 것일 뿐만 아니라 조사기간동안에 온도조건도 무당벌레의 생육에 매우 유리해서 정상적으로 포식활동이 이루어진 것으로 조사되었다.



**Fig. 9.** Change of the aphid population by releasing 200 ladybird adults in the green house. Number of the green peach aphids were examined on 10 points each in the red pepper houses.

### 제 3 절 진딧물 방제를 위한 무당벌레의 적정 밀도 산정식

하우스내에서 진딧물을 방제하기 위한 단위면적당 무당벌레의 적정 방사밀도를 알아보기 위하여 가로, 세로 1m, 높이 2m의 망사를 이용하여 무당벌레 수를 달리하여 조사하였다(Fig. 11). 작물은 오이를, 공시충은 목화진딧물을 이용하였고, 무당벌레가 없는 대조구와(Fig. 11) 망사 안에 방사한 무당벌레는 암컷 1마리(Fig. 12), 암컷 1마리와 수컷 1마리(Fig. 13), 암컷 2마리와 수컷 1마리(Fig. 14)를 각각 방사하여 진딧물의 밀도변화를 관찰하였다. 또한 가로, 세로 17m x 6m의 하우스에 15마리의 무당벌레 성충을 방사하여 3주를 임의 표본하여 진딧물 밀도를 조사하였다(Fig. 15). 그 결과 암수를 같이 넣은 망사 안에서는 산란이 이루어졌으며, 부화하여 유충이 3-4령으로 성장함에 따라 망사내의 진딧물 밀도는 감소하고 있는 경향을 볼 수 있었다.

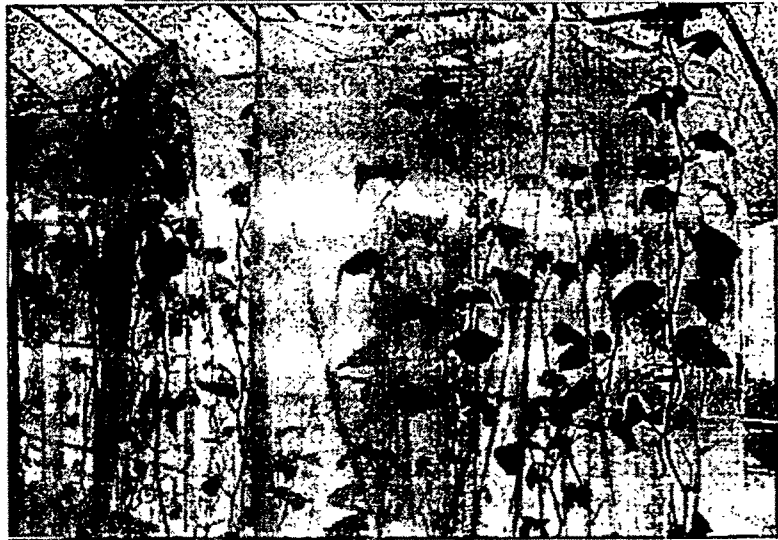


Fig. 10. 하우스내에 망사를 설치한 후 무당벌레를 방사하여  
진딧물의 밀도변화를 관찰.

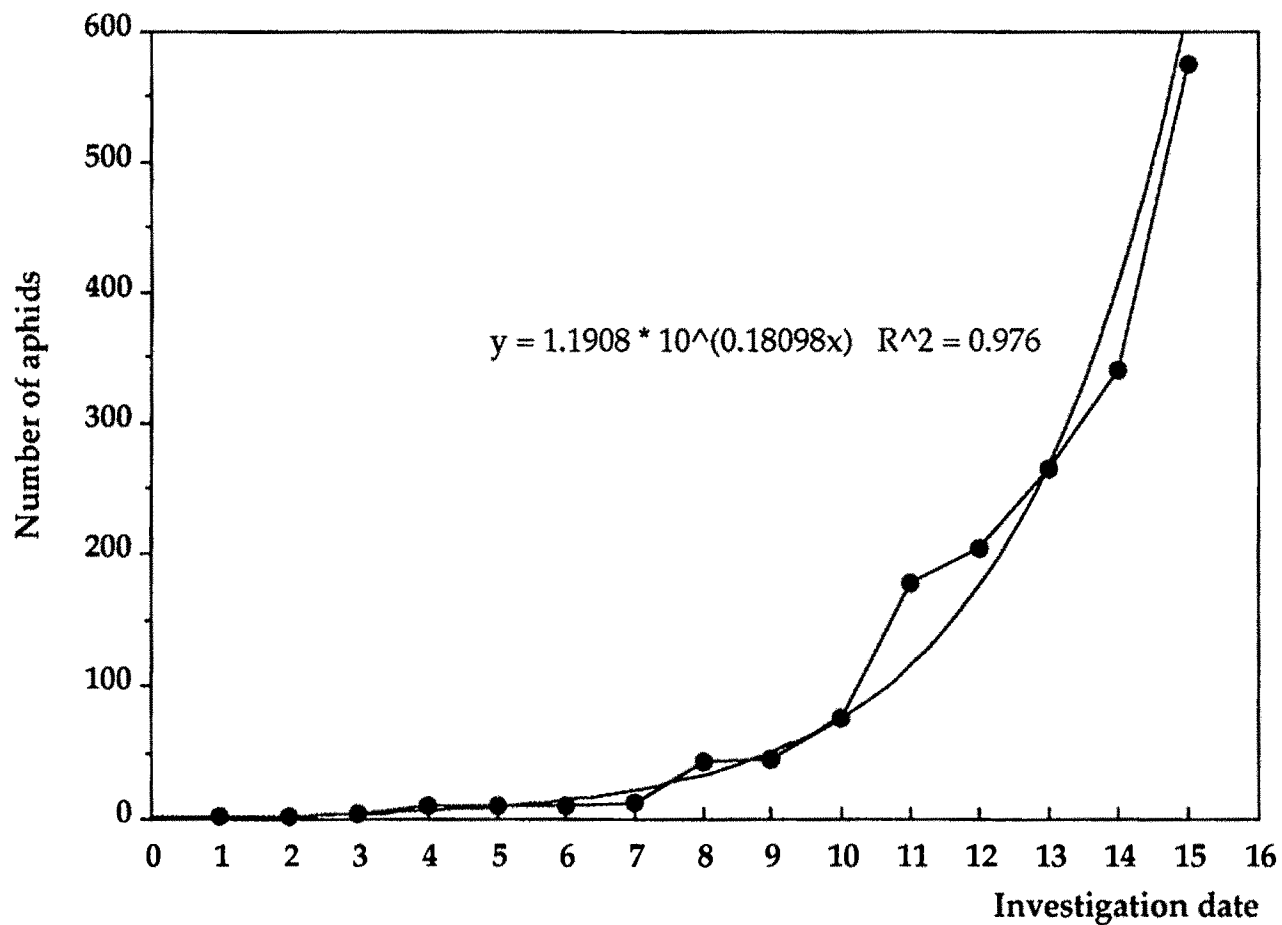
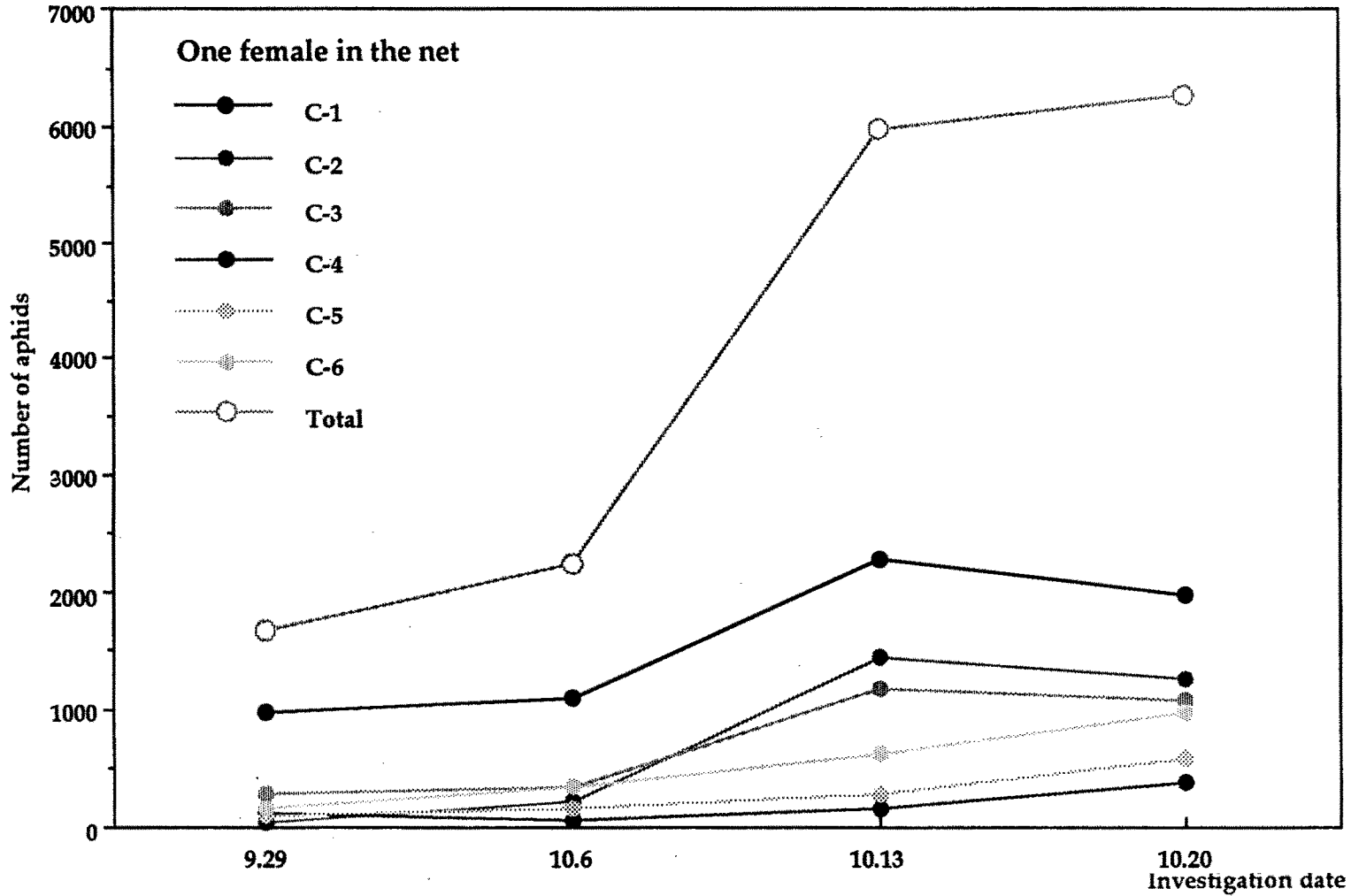


Fig. 11. Change of the number of aphids(the cotton aphid) on the cucumber plants in the course of time



**Fig. 12.** Biological control effect of the cotton aphid by predation of the ladybird on the cucumber with net in the greenhouse. One ladybird female was released in the net. The net size was 1m x 1m x 2 m (W x L x H). This experiment is still processing now.



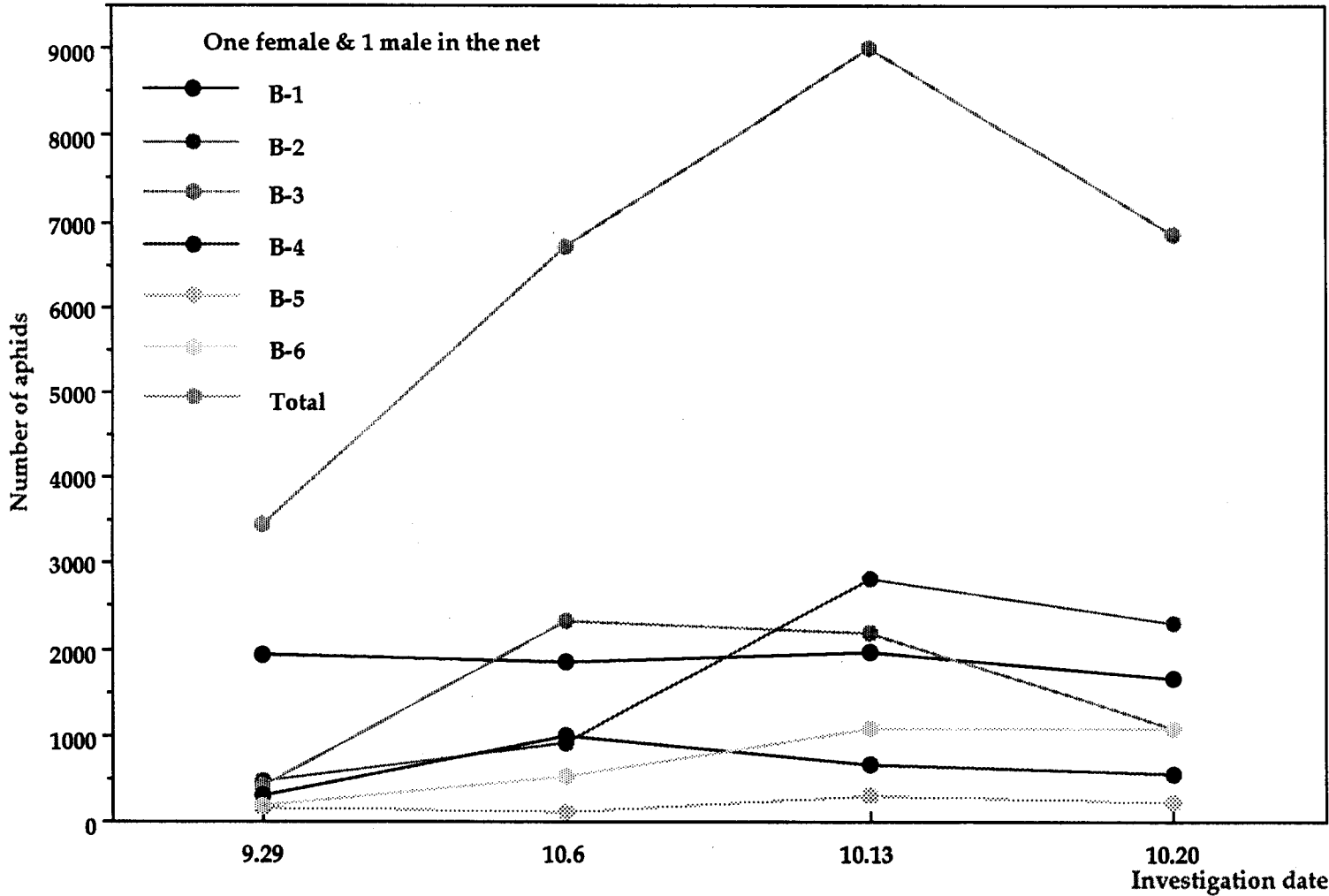
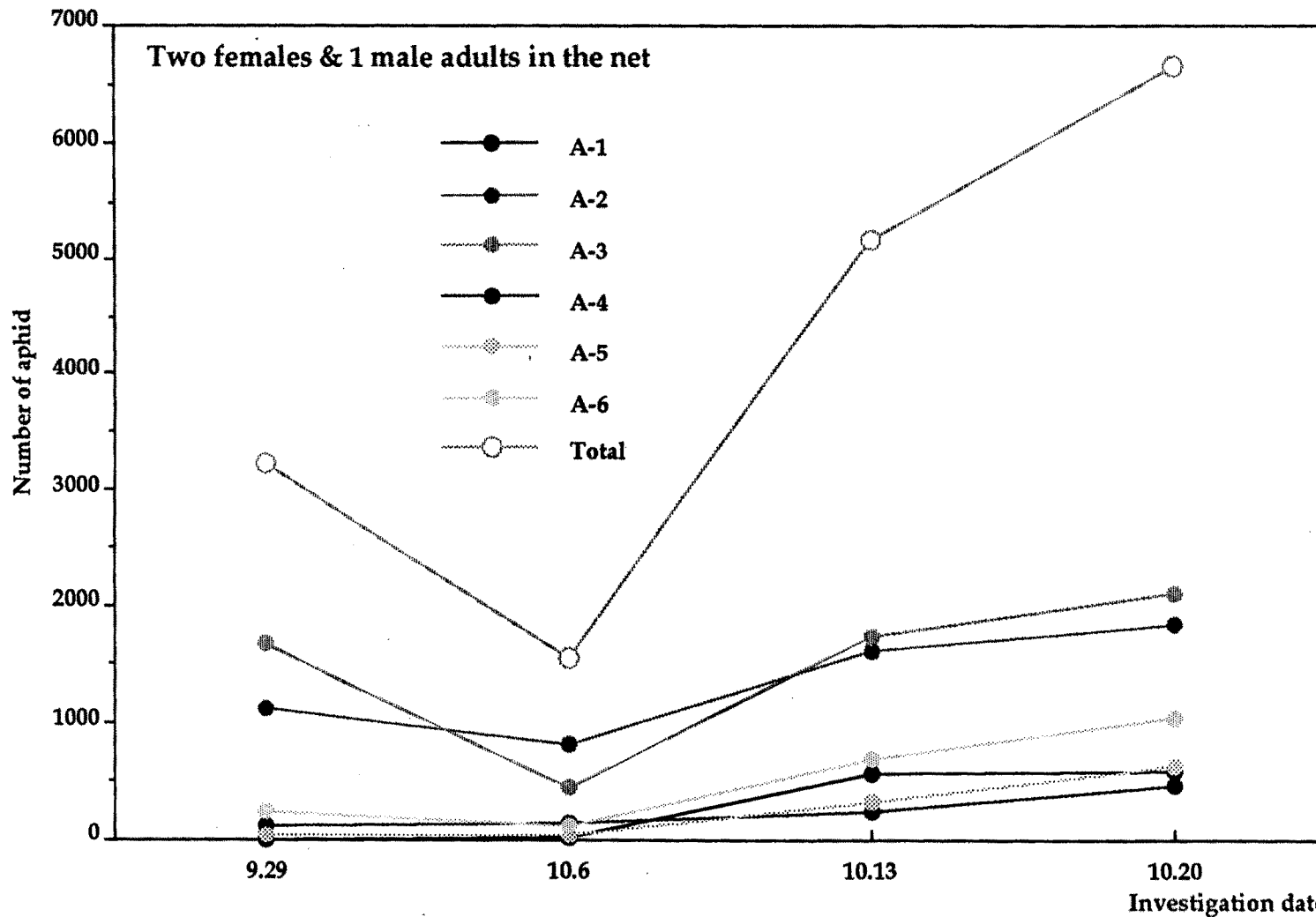
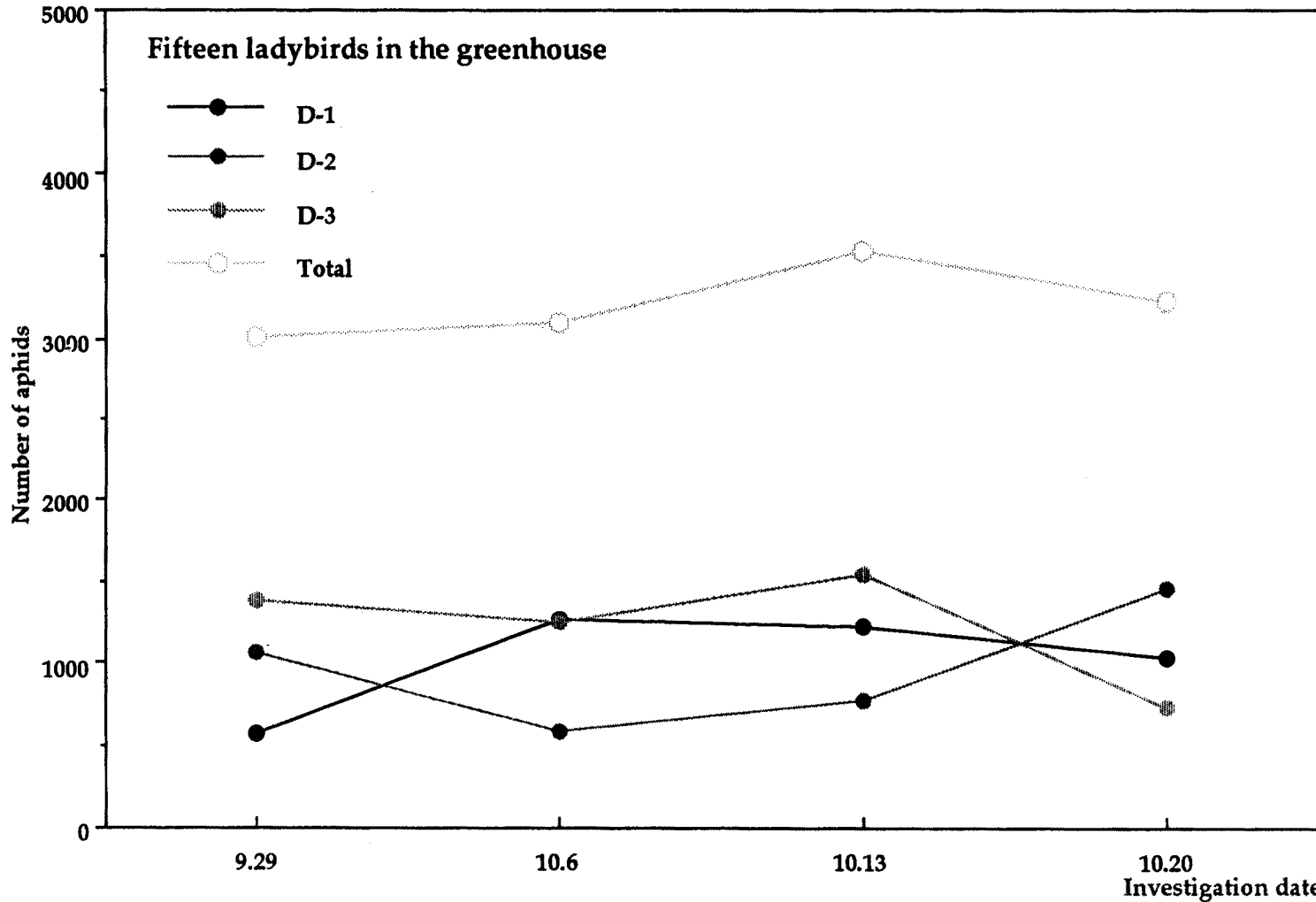


Fig. 13. Biological control effect of the cotton aphid by predation of the ladybird on the cucumber with net in the greenhouse. Two ladybirds (1 female and 1 male) were released in the net. The net size was 1m x 1m x 2 m (W x L x H). This experiment is still processing now.



**Fig. 14.** Biological control effect of the cotton aphid by predation of the ladybird on the cucumber with net in the greenhouse. Three ladybirds (2 females and 1 male) were released in the net. The net size was 1m x 1m x 2 m (W x L x H). This experiment is still processing now.



**Fig. 15.** Biological control effect of the cotton aphid by predation of the ladybird on the cucumber in the greenhouse (17 m x 6 m). Fifteen ladybirds were released out of the net. Three cucumber plant were sampled for counting aphid. This experiment is still processing now.

또한 앞서 기술한 농가포장에서의 효과를 검토한 결과, 진딧물 개체군 증가율과 무당벌레의 섭식량을 측정하여 무당벌레 적정 살포밀도를 공식으로 유도하였다.

$$P = \frac{y \cdot N}{\sqrt{c \cdot D}}$$

여기서  $P$ : 단위면적(평)당 필요한 무당벌레 수,  $y$ : 진딧물 종류에 따른 개체군 증가율,  $N$ : 단위면적당 진딧물 수,  $c$ : 무당벌레의 진딧물 일일포식량,  $D$ : 방제소요일수를 나타낸다. 이 식에 의하면 시설재배지내의 작물과 재배면적, 진딧물의 종류, 농민이 원하는 방제소요 일수(물론 무당벌레의 수와 작물의 피해상황을 고려) 등을 고려하여 적절한 양의 무당벌레를 살포할 수 있다.

이 식에 맞추어 무테두리진딧물이 발생한 신전초하우스의 진딧물 개체군 밀도변화를 살포밀도 공식에 따라 무당벌레 성충 2,000마리를 방사하였다. 방제초기엔 진딧물 밀도가 다소 증가하는 경향을 나타내었으나, 4주일만에 거의 완전히 방제된 것을 확인할 수 있었고, 복숭아혹진딧물이 발생한 고추하우스 역시 살포밀도 공식에 따라 성충 200마리 방사 후 3주일만에 하우스내 진딧물을 거의 방제할 수 있었다.

그렇지만, 10월경에는 무당벌레가 월동에 들어가는 영향을 받아서인지 확실치 않으나 포장에서의 진딧물 섭식량은 현저히 떨어져고 있었으며, 산란된 알의 부화기간과 성장속도가 매우 느려 온도에 영향을 많이 받고 있었다. 따라서 동절기 하우스 혹은 유리온실에서 무당벌레를 이용한 방제에서는 이점을 충분히 고려하여 진딧물 발생 초기에 적절한 방제가 이루어져야 될 것으로 생각된다.

## 제 4 절 무당벌레의 시설재배지내의 방제효과

### 1. 신선초에서 무태두리진딧물의 방제

시설재배지에서 무당벌레의 진딧물 방제효과를 알아보기 위해 1997년 4월 4일부터 충남 공주 사곡에 위치한 1,000평 규모의 신선초하우스에서 방제실험을 실시하였다. 신선초가 최근 소비자들에게 큰 인기를 끌고 있는 작물로 부각되면서 상품의 질을 높이기 위해 약제처리를 하지 않고 재배하고 있었다. 이 하우스에서는 외부로부터의 해충의 유입을 막기 위하여 하우스 주변을 모두 망사로 처리하여 해충이나 천적의 외부로부터의 유입이 사실상 불가능한 상태였다. 그러나 하우스 입구 쪽에 무태두리진딧물이 발생하여 신선초 잎이 오그라들고 그을음 증상이 나타나 문제가 되고 있었다.

본 조사자는 우선 신선초하우스의 진딧물 밀도를 조사하고 20곳을 labeling하면서 진딧물 개체수를 조사한 후 실험실에서 사육한 무당벌레 500마리를 방사하여, 하우스내에서의 진딧물의 밀도 변화를 조사하였다 (Fig. 16). 그리고 일주일 간격으로 하우스를 방문해 무당벌레에 의한 진딧물 방제효과를 조사하였다. 무당벌레 방사 당시 잎 당 60여 마리에서 130마리까지 있던 진딧물이, 방사 후 첫째 주(4월 9일)에 labeling한 곳을 살펴본 결과 밀도가 증가한 곳도 있었으나 전체적으로 최소 51%에서 96%까지 감소하였고, 방사 둘째 주에 관찰했을 때(4월 17일)는 진딧물의 밀도가 큰 변동 없이 부분적으로 감소추세를 나타내고 있었으며 labeling한 곳에서 무당벌레가 산란한 난괴를 관찰할 수 있었다. 알이 산란된 신선초 잎의 진딧물 밀도는 상당히 증가한 상태였다.

한편, 하우스내에서는 방사한 무당벌레를 찾아보기 힘들었고 하우스

면적에 비해 방사한 무당벌레수가 상대적으로 적은 것으로 생각되어 100마리 무당벌레를 재방사하였다. 방사 후 셋째 주(4월 24일)에 발견했던 알이 부화한 것을 관찰하였고 부화유충이 난각에서 아직 탈출을 하지 않아 포식활동이 이루어지지 않아서인지 진딧물 밀도도 4배정도 증가한 것을 볼 수 있었으나 다른 곳에서는 진딧물 밀도가 급격히 감소한 것을 확인할 수 있었다. 방사 후 넷째 주(4월 30일)엔 부화한 유충들이 진딧물을 포식하는 행동을 관찰할 수 있었고 진딧물 밀도 또한 부분적으로 차이는 있었으나 50%에서 최대 100%까지 감소한 결과가 나타났다(Fig. 17).

6주 동안(5월 17일까지) 진딧물 밀도변동을 관찰한 결과 하우스 전체적으로 진딧물 밀도가 급격히 감소하여 거의 문제시되지 않을 정도였는데 이는 진딧물이 하우스내에 국부적으로 발생한 초기에 무당벌레를 방사함으로써 방제효과를 본 결과라고 생각되어진다.

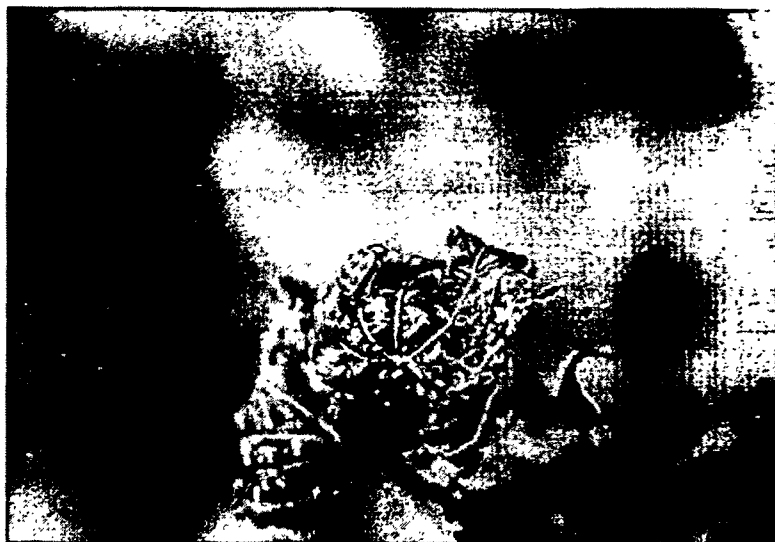


Fig. 16. 신선초의 무테두리진딧물을 포식하고 있는 무당벌레 성충과(위)  
신선초 앞에 있는 무당벌레의 알 덩어리.

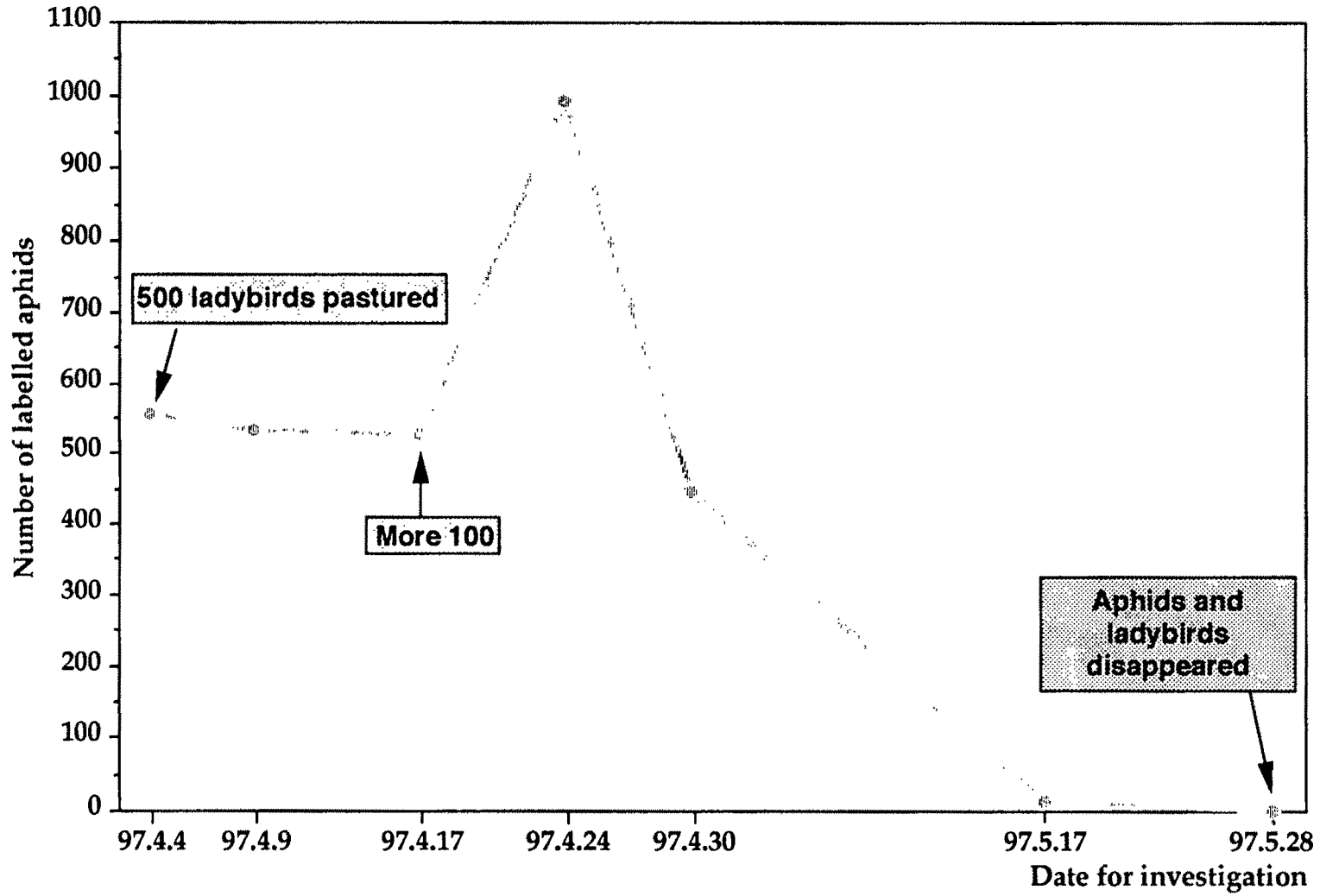
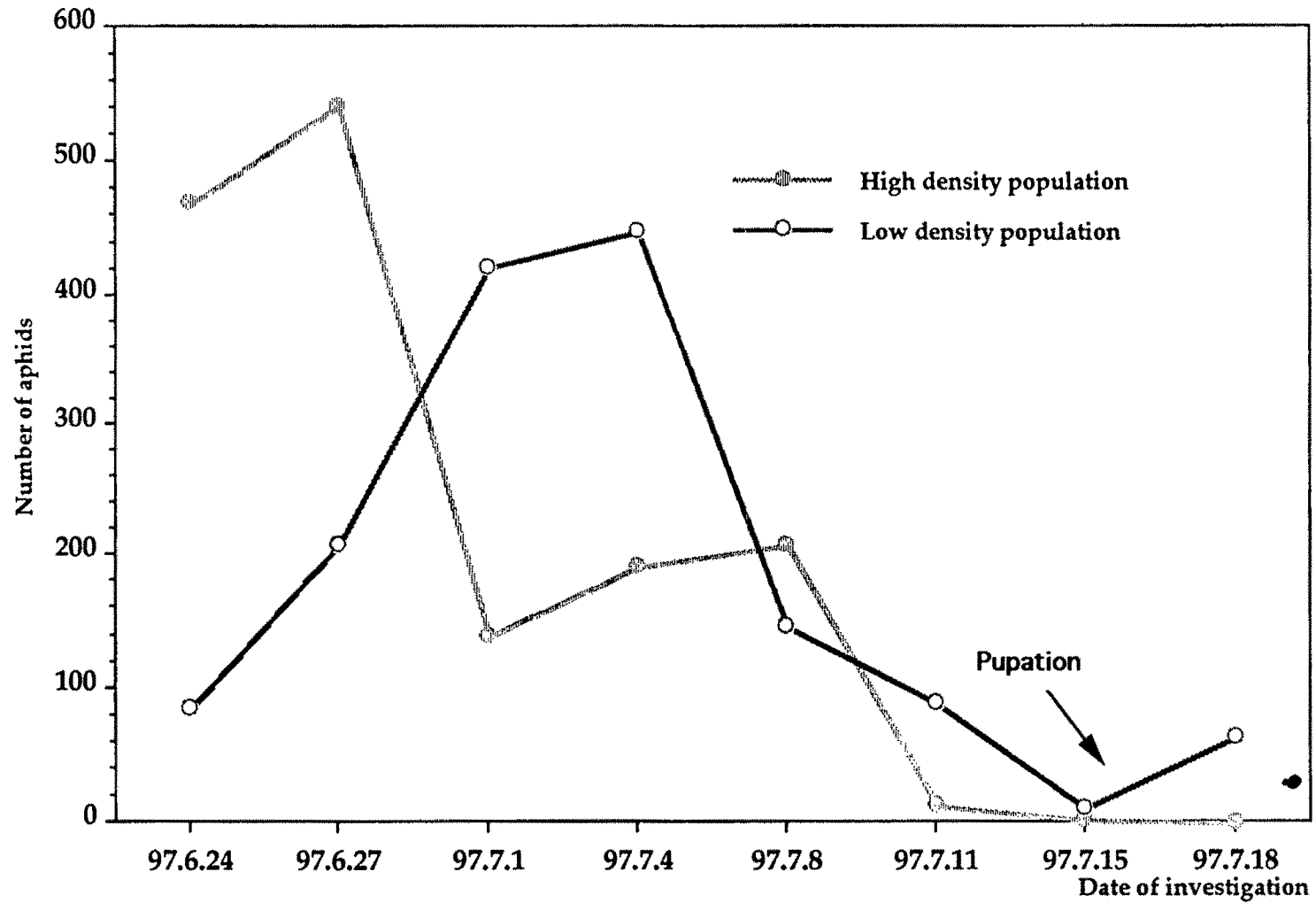


Fig. 17. The change of population density of the turnip aphid, *Lipaphis erysimi*, in the angelia utilis greenhouse.

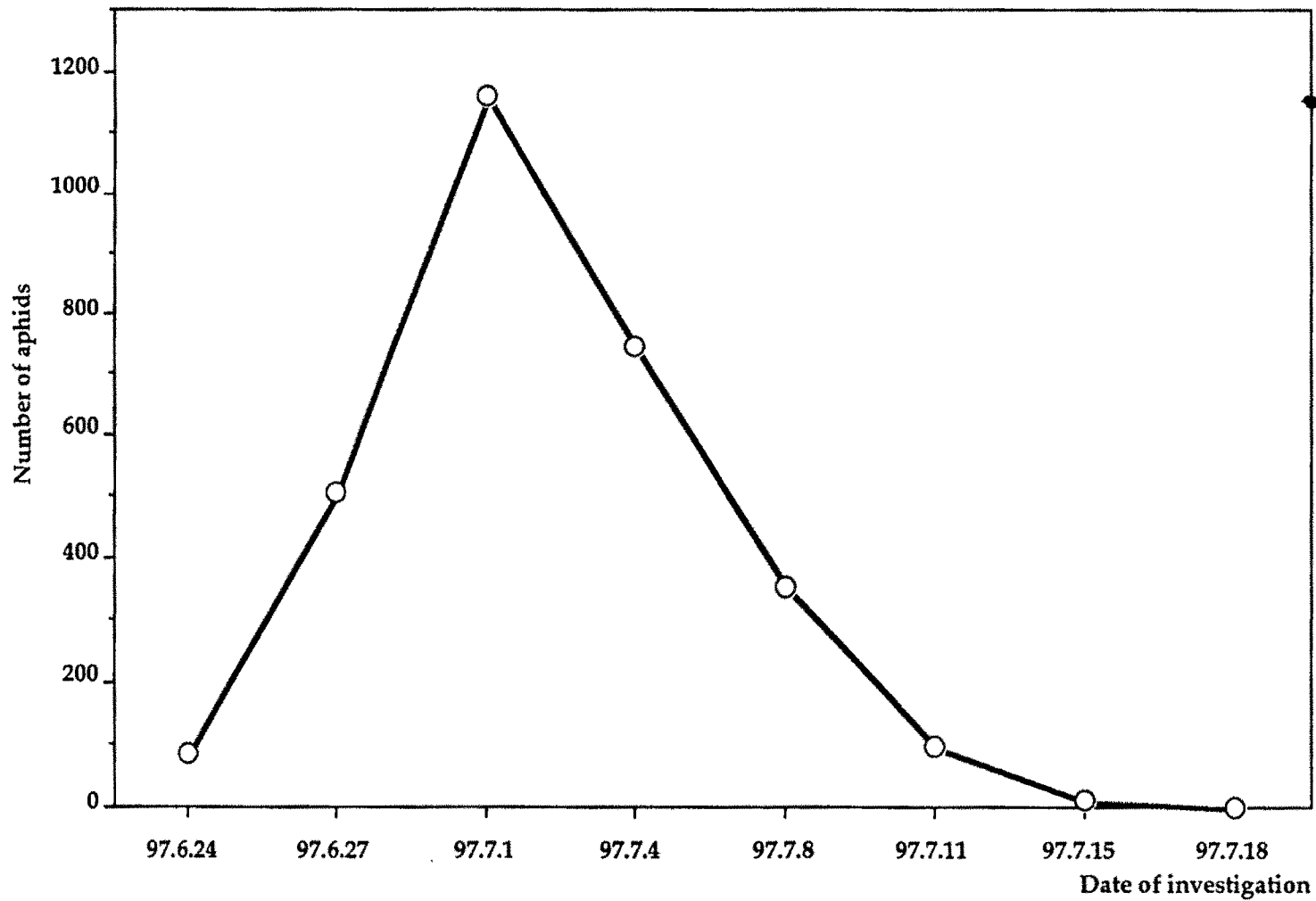


## 2. 가지에서 복숭아혹진딧물의 방제

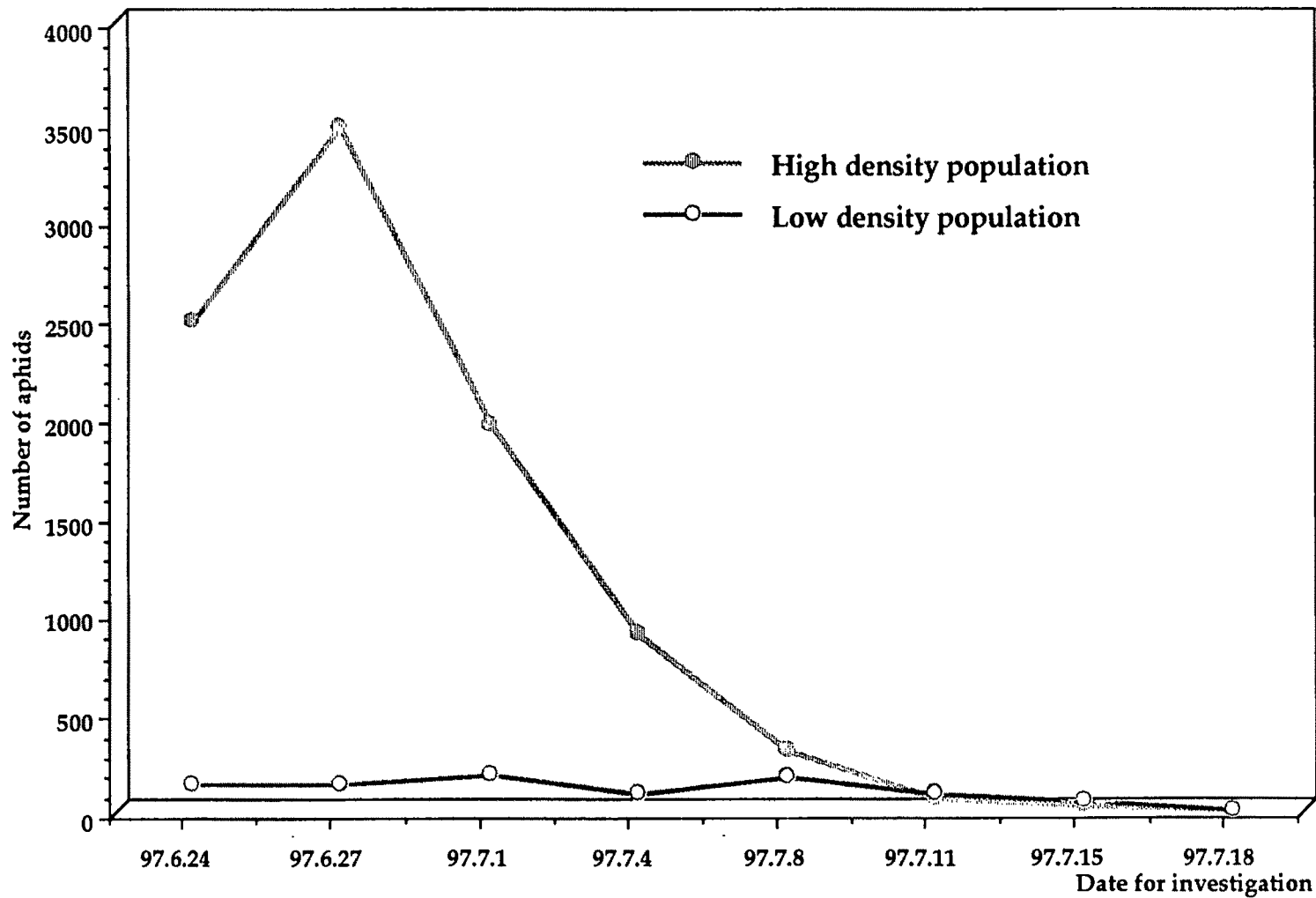
가지에서 발생한 복숭아혹진딧물 방제를 위해 갓 부화한 1령 유충을 방사하였다. 방사 전 가지 잎당 진딧물 밀도를 파악한 후, 무당벌레 유충을 방사하고 3, 4일 간격(매주 화, 금요일)으로 진딧물 밀도변동상황을 확인하였다. 각 주당 무당벌레 1령 유충을 2마리, 3마리, 4마리로 구분하여 방제효과를 살펴본 결과, 2마리를 방사한 경우(Fig.18), 초기(1, 2령기)에는 포식량이 그다지 많지 않아 밀도가 증가하는 현상을 볼 수 있었으나, 유충이 성숙하여 포식량이 증가하자 밀도가 점차 감소하였다. 3마리의 경우(Fig. 19), 역시 초기에 진딧물 밀도가 급격히 증가하다가 노숙 유충(3, 4령 유충)의 포식량 증가로 진딧물 밀도가 현저히 감소하는 경향을 나타내었다. 4마리 1령 유충에 의한 방제효과는(Fig. 20) 위의 두 경우와 같이 초기 진딧물이 증가하는 현상이 나타나긴 했지만, 그 기간 길지 않았고, 곧바로 포식에 의해 진딧물 밀도가 급격히 감소하는 경향을 보여주었다. 따라서 가지에 발생한 복숭아혹진딧물의 방제시 무당벌레 1령충을 이용할 경우 그 방제 효과는 초기에는 전혀 보이지 않았으나 무당벌레가 성장하면서 포식량이 급증함에 따라 밀도가 감소되었다. 이로 미루어 복숭아혹진딧물을 방제하고자 하는 경우 1령 혹은 2령 유충을 방사하는 것보다는 3-4령 혹은 성충을 이용하는 것이 매우 효과적일 것으로 생각된다.



**Fig. 18.** Biological control effects of the green peach aphids according to the different aphid population with 2 number of 1st ladybird larva on the egg plant in the greenhouse. First instar of ladybird developed into 4th instar or pupa.



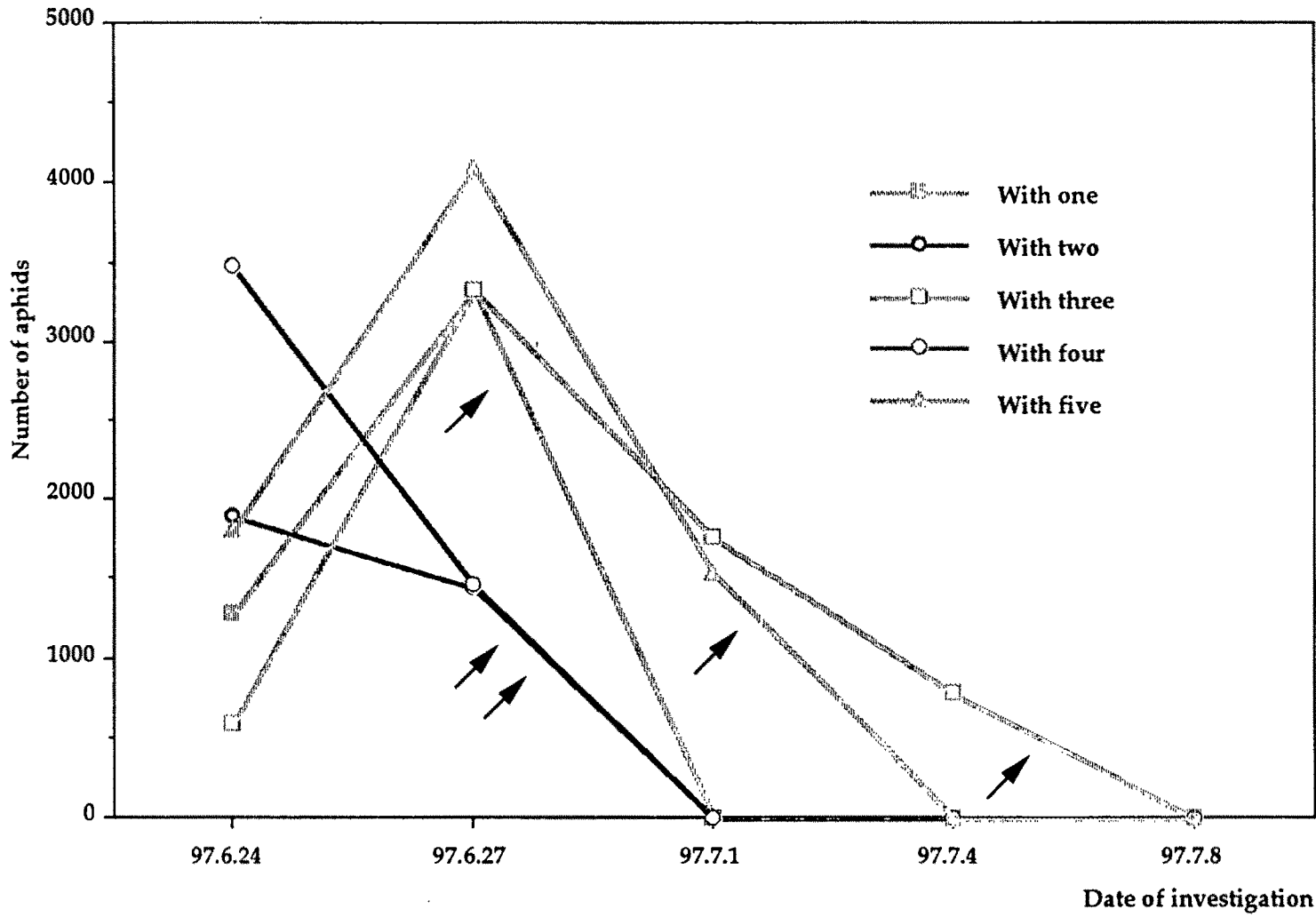
**Fig. 19.** Biological control effects of the green peach aphids with 3 number of 1st ladybird larva on the egg plant in the greenhouse. First instar of ladybird developed into 4th instar or pupa.



**Fig. 20.** Biological control effects of the green peach aphids according to the different aphid population with 4 number of 1st ladybird larva on the egg plant in the greenhouse. First instar of ladybird developed into 4th instar or pupa.

### 3. 오이에서 목화진딧물의 방제

목화진딧물에 감염된 오이에서 무당벌레를 이용한 방제효과 시험을 실시하였다. 앞에서와 같이 각 부화한 1령 유충을 주당 1-5마리까지 방사하여 진딧물의 밀도변화를 3,4일 간격으로 조사하였다. 그 결과 목화진딧물의 개체군 증가율이 무당벌레가 포식하는 비율(사망률)보다 월등히 높아 완전한 방제가 이루어지지 못하고 기주인 오이가 고사하였다. 목화진딧물의 개체군 증가속도는 진딧물이 오이에 정착한 이후 약 1주일 정도는 개체군이 크게 늘지 않았으나, 정착 후 10일 이후부터는 기하급수적인 개체군 증가를 보여 주었다(Fig. 21). 이로 미루어 무당벌레 1-2령 유충을 방사하는 경우에는 오이의 목화진딧물·밀도가 낮은 경우에 방제가 가능한 듯하며, 목화진딧물 밀도가 1,000마리 이상의 고밀도에서는 3-4령 유충 혹은 성충을 투입해야 소정의 효과를 볼 수 있을 것으로 추정된다.



**Fig.21.** Biological control effects of the cotton aphid with different number of ladybird larvae on the 6 weeks old cucumber plants in the greenhouse. Unfortunately, the plants were damped-off from heavy aphid population during the experiments. Arrows indicate the damping-off time of plants.

#### 4. 농가포장에서 무당벌레의 살포효과

실험에 이용된 포장은 춘천에서 약 2시간 거리에 있는 유기농가를 대상으로 실시하였다. 실험포장은 약 1,500평 규모의 파리고추, 피망, 풋고추의 비가림 재배지이다. 실험에 사용된 무당벌레는 9월 또는 10월말-11월초에 채집된 성충으로 동절기 동안 4℃에서 장기간 보관 중인 개체를 익년 3월에 휴면을 타파시켜 25℃에서 인공사료로 사육하던 것이다. 실험실에서 순화된 무당벌레의 성충은 재배지에 살포된 후에도 밖으로 탈출하지 않고 진딧물 포식 및 산란을 지속하였다. 알과 유충 상태로 살포된 경우에 성충이 된 후에 진딧물이 발생되는 등(본 재배지는 연동으로 측면이 서로 연결된 상태임)으로 이주하여 산란을 하였다.

진딧물의 발생이 시작된 동(파리고추, 200평)을 선택하여 1998년 5월 28일부터 7월 2일까지 진딧물의 발생 상황과 무당벌레의 성충을 살포한 후 방제효과를 1-2주 간격으로 정량적인 조사를 하였다. 또한 인접한 동을 대상으로 하여 1998년 7월 9일부터 16일 까지 무당벌레 성충살포 효과에 대한 반복실험을 하였으며 비슷한 결과를 얻었다. 조사방법은 진딧물의 경우 100주가 식재된 파리고추 1개 열을 택하여 10주 내에서 3주씩을 무작위로 선발한 후, 주당 상, 중, 하 1엽에 존재하는 개체수를 육안으로 조사하였다. 무당벌레 성충은 10주당 20개체씩을 1회 살포하였다. 방제효과 실험에서 특정 천적의 이동을 막는 특별한 장치를 사용하지 않았다. 재배지 내에서 진딧물의 계절별 발생 상황은 연도에 따라 변화가 있다. 금년(1998)에는 7월 이후부터 10월 하순까지 진딧물의 발생이 미미하였다. 진딧물의 밀도는 인위적인 무당벌레의 투여가 되지 않은 기간(5/28-6/14) 동안 상당히 높은 밀도가 유지되었으나 무당벌레의 살포 후 2주 후(6/25)에는 급격히 감소되었고 3주 쯤(7/2)에는 극도로 미미한 수준이 되었다

본 실험에서는 진딧물의 밀도가 최고에 달한 시점에서 무당벌레를 살포한 경우로 방제시기를 앞당긴다면 더욱 좋은 효과를 볼 수 있을 것으로 생각된다. 앞으로 현장에서 진딧물의 밀도 변화를 간편하게 추적할 수 있는 방법이 개발된다면 무당벌레의 살포시기와 적정밀도의 산출이 가능하여 농가의 일손부담을 줄일 수 있을 것으로 생각한다.

살포지 내에서 무당벌레의 번데기를 수거할 경우에는 개발된 성충 보관법을 이용하면 손쉽게 보관이 가능하여 진딧물의 재발생시 사용이 가능하다. 성충수거는 이동성이 좋아 다소 어려움이 있으나 부득이한 경우에는 시도 할 수도 있다. 무당벌레의 알 또는 1-2령충은 취급에 다소 어려움이 있으나 살포 효과는 상당히 우수한 것으로 나타났다.

Table 1. 무당벌레 1-2령충 살포효과

주		9/9	9/16	9/25	9/30
3주(9엽)당 평균 진딧물 수	상	8.4	4.8	1.3	0
	중	12.8	7.5	1.7	0
	하	15.8	8.2	0	1

Table 1.에서 보면 5-6월에 비하여 진딧물의 밀도와 번식 속도가 저조하였고 총 30주의 고추를 대상으로 9월 9일 주당 10마리의 무당벌레 1-2령충을 살포하였다. 살포후 생존 무당벌레 수를 조사하지 않았는데 이는 무당벌레가 성장하면서 먹이부족으로 동종포식 또는 이주로 밀도가 감소하여 살포지에 잔존하여 용화 또는 우화한 개체가 발견되지 않았기 때문이다.



## 제 8 장 결 론

본 연구는 제 1 차 연도에서 유용천적을 이용한 온실해충의 생물적 방제 시스템 개발에 관한 연구를 수행하여 ① 하우스에서 해충의 발생상, ② 각종 해충에 대한 유용천적, ③ 각종 해충에 대한 생리·생태적 특성, ④ 각종 유용천적에 대한 생리·생태적 특성 등을 충분히 파악하여 다음 단계의 연구를 위한 기초조사를 충분히 수행함으로써 시설재배지내에서는 우리의 자연생태계가 가지고 있는 천적자원을 개발활용하면 각종 해충에 대한 생물적 방제를 할 수 있다는 가능성을 타진하게 되었다.

시설재배지내에서 해충상은 57종에 달하는 많은 해충들이 조사되었으나, 개체군의 밀도는 낮은 수준에서 유지되고 있었다. 그 이유는 농가에서 농민들의 과도한 살충제를 사용함으로써 의견상으로는 별로 문제가 되지 않는 듯 하였으나, 살충제가 국민 보건위생상, 환경문제 등 사회적 문제로 비화될 경우 사용이 억제될 경우 심한 피해를 줄 것으로 평가하였다.

시설재배지내에서의 유용천적의 존재는 전체 조사포장 354포장 중 40개의 포장에서만 확인할 수 있었고, 밀도 역시 매우 낮은 수준이었다. 이로 미루어 하우스 내에서의 천적 활동은 거의 없는 것으로 평가되어, 야외에서 온실해충의 천적들을 채집하였다.

특히, 시설재배지에서 발생하는 해충들 중 외래침입 해충을 중점으로 그들의 생태적 특성을 조사하였으며, 외부 형태적 특징을 Scanning Electron Microscope를 이용하여 미세구조를 관찰함으로써 앞으로 연구하게 될 해충과 천적의 행동생리학 측면을 분석하는데 기초자료로 제시

하였다.

한편 본 연구수행 중 연구과제의 조정으로 인하여 천적으로서 가장 개발 가능성이 높은 종으로 우리 나라에서 가장 흔하게 볼 수 있고, 채집도 가능하며, 진딧물을 비롯한 각종 해충에 가장 유용한 천적자원인 무당벌레에 대한 연구만을 수행하게 되었다. 따라서 화학합성 살충제의 사용을 줄이고 환경친화적인 농업을 이룩하기 위해서 각종 진딧물의 생물적 방제 인자인 무당벌레를 적극 이용하여 작물의 심각한 해충인 진딧물을 방제코자 하였다.

무당벌레의 자원활용 가치를 부여한 2차 년도의 연구 내용을 바탕으로 3차 연도인 최종 년도에서는 농약의 사용을 자제하여 환경을 보호하면서 자원을 활용할 수 있는 무당벌레의 대량보급과 해충의 방제전략을 설정하는데 적극활용 할 수 있게 되었다.

본 연구진은 무당벌레의 각 발육단계인 알과 초기령 유충을 대량으로 생산하고, 월동 성충을 대량포획하여 유기농가에 공급하는 전략을 세워 연구를 추진하였다. 이에 따라 무당벌레의 성충을 경제적으로 장기간(5개월 이상) 보관할 수 있는 저온 보관법이 개발되었으며, 저온보관 후 무당벌레의 수명과 산란력을 높일 수 있는 사료도 개발되었다. 또한 실제 포장에서 무당벌레를 응용하기 위한 다각적인 실내실험과 포장에서의 실증적인 생물적 방제실험을 통하여 이의 활용가능성을 충분히 검토하였다.

진딧물의 번식이 용이한 식물을 이용하여 무당벌레의 자연증식을 유도하거나 행동학적 특성을 이용한 대량확보가 가능해졌다. 예를 들어 저온 보관 후 25℃에서 사육을 시작하면 130일(사육 후 2주부터 19주) 동안 암컷 한 마리 당 매일 약 8개의 알을 낳는다. 현재 개발된 기술만으로도 1인이 하루 1,000쌍을 사육한다고 가정하면 130일 동안 매일 8,000

개씩의 난을 수거할 수 있다. 또한 가을에 무당벌레의 월동 성충을 대량으로 손쉽게 채집할 수 있어 동절기 시설재배지에서 활용이 가능하게 되어 보다 경제적이고도 효과적인 방법을 개발하였다.

또한, 저온처리에 의한 무당벌레 성충의 휴면유도에 성공하여 5개월 이상 먹이 공급없이 보관이 가능해졌으며, 장기간 보관 후에도 산란력과 수명은 기존 무당벌레에 결코 뒤지지 않음을 확인하였다. 또한 보관 기간을 연장하고 생존율을 좀 더 높일 수 있는 방법을 강구하였다.

무당벌레를 이용하기 위한 각 령기별 진딧물의 섭식량을 조사한 결과 발육단계에 따라서 많은 섭식량의 차이를 보이고 있었으며, 또한 진딧물의 종류에 따른 섭식량의 차이도 매우 큰 차이를 보였다. 이를 토대로 무당벌레는 3-4령충과 성충 단계에서 방사하는 것이 가장 효과적일 수 있다. 진딧물 이외의 해충에서 온실가루이의 알과 약충의 섭식량은 상당한 양에 달하였으나 무당벌레가 아주 좋게 선호하지는 않았다. 꽃노랑 총채벌레와 배추좀나방 유충, 작은각시들명나방 유충에 대한 섭식량을 조사하였으나 크게 효과적이지는 못하였다. 따라서 생물적 방제 인자로서 무당벌레는 각종 진딧물을 대상으로 한 방제전략 수립이 가장 효과적일 수 있으며, 기타 다른 해충은 부수적인 효과를 기대할 뿐 방제 대상 해충으로는 적합치 않았다.

실내 실험과 포장실험을 통하여 무당벌레의 진딧물 탐색 행동과 모형이 밝혀짐에 따라서, 이러한 결과를 바탕으로 시설재배지내에서의 무당벌레의 성충 혹은 3-4령충을 이용할 수 있는 방법을 창안하였다. 또한 무당벌레의 성충과 유충의 살포를 위한 살포법과 보급방법(포장법), 그리고 보관방법을 개발하여 손쉽게 농민들에게 공급할 수 있을 뿐만 아니라 농민들 스스로도 충분히 자체적인 무당벌레의 관리를 통하여 천적자원을 자급자족할 수 있는 길을 열어 놓았다. 개발 단위면적당 적정한 수의 무

무당벌레를 살포하기 위해서 진딧물의 종류, 개체군 밀도와 무당벌레의 발육상태, 방제 소요기간 등을 정량적으로 검토하여 무당벌레의 살포밀도를 구할 수 있는 방정식을 만들었다. 한편, 천적과 농약을 필요할 때에 적당하게 사용을 하여 해충을 방제하는 종합적 방제 측면을 고려하여 무당벌레의 시판중이거나 등록중인 약제에 대한 내성을 검토하였다. 시험결과 무당벌레의 유충은 대부분의 약제에 대해 취약함을 가지고 있어 진딧물등 해충의 밀도가 아주 높은 경우에는 약제를 살포해야 하며, 약제 살포후 무당벌레 유충의 투입은 부적절하였다. 그렇지만 번데기와 성충은 약제의 살포농도에 비교적 높은 저항성을 가지고 있었다.

따라서, 무당벌레 유충과 성충을 이용하여 방제코자 하는 경우 저밀도에서 사용하는 것이 해충의 밀도를 빠른 시간안에 감소시킬수가 있으며, 환경조건에 따라 살충제의 사용을 신중히 검토할 필요성이 있다.

## 제 9 장 인 용 문 헌

Banken, J. A. O., & J. D. Stark. 1997. Stage and age influence on the susceptibility of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) after direct exposure to neemix, a neem insecticide. J. Econ. Entomol. 90(5):1102-1105.

Berlinger, M. J., R. Dahan & S. Cohen. 1983. Greenhouse tomato pests and their control in Israel. In Proc. Working Group Integrated Control in Glasshouses. pp. 7-11. Bull. IOBC/WPRS. Vol. 1983/VI/3. Darmstadt.

Berlinger, M. J., R. Dahan & S. Mordechi. 1988. Integrated pest management of organically grown greenhouse tomatoes in Israel. Applied Agricul. Res. 3(5):233-238.

Berlinger, M. J., S. Lebiush-Mordechi, D. Fridla, & N. Mor. 1993. The effect of types of greenhouse screens on the presence of western flower thrips: A preliminary study. In Proc. Working Group Integrated Control in Glasshouses. pp. 13-16. Vol. 16(2). Pacific Grove, California, USA.: Bull. IOBC/WPRS.

Branquart, E., J.-L. Hemptinne, M. Bruyere, B. Adam, & C. Gaspar. 1996. Biological control of potato aphids by ladybird beetles. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent. 61(3b):905-909

Chisholm, I. F., & T. Lewis. 1984. A new look at thrips (Thysanoptera) mouthparts, their action and effects of feeding on plant tissue. Bull. Ent. Res. 74:663-675.

Cho, K., C. S. Eckel, J. F. Walgenbach, & G. G. Kennedy. 1995.

Overwintering of thrips (Thysanoptera: Thripidae) in North Carolina. *Environ. Entomol.* 24(1):58-67.

Dixon, A. F. G., & Y. Guo. 1993. Egg and cluster size in ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae): The direct and indirect effects of aphid abundance. *Eur. J. Entomol.* 90:457-463.

Eigenbrode, S. D., C. White, M. Rohde, & C. J. Simon. 1998. Behavior and effectiveness of adult *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) as a predator of *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae) on a wax mutant of *Pisum sativum*. *Environ. Entomol.* 27(4):902-909.

Felland, C. M., L. A. Hull, D. A. J. Teulon, & E. A. Cameron. 1993. Overwintering of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in Pennsylvania. *Can. Entomol.* 125: 971-973.

Grant, A. J., & R. J. O'Connell. 1986. Neurophysiological and morphological investigations of pheromone-sensitive sensilla on the antenna of male *Trichoplusia ni*. *J. Insect Physiol.* 32:503-515.

Grill, C. P., & A. J. Moore. 1998. Effects of a larval antipredator response and larval diets on adult phenotype in an aposematic ladybird beetle. *Oecologia* 114:274-282.

Grill, C. P., A. J. Moore, & E. D. Brodie III. 1997. The genetics of phenotypic plasticity in a colonizing population of the ladybird beetle, *Harmonia axyridis*. *Heredity* 78:261-269.

Hattingh, V., & M. J. Samways. 1995. Visual and olfactory location of biotypes, prey patches, and individual prey by the ladybeetle *Chilocorus nigritus*. *Entomol. Exp. Appl.* 75:87-89.

Hemptinne, J.-L., A. F. G. Dixon, & J. Coffin. 1992. Attack strategy of ladybird beetles (Coccinellidae): factors shaping their numerical response. *Oecologia* 90:238-245.

Hodek, I. & A. Honek. 1996. Ecology of Coccinellidae. eds. Kluwer. London. 464pp.

Hodek, I. 1973. Biology of Coccinellidae. Ed. Academia. Prague. 260pp.

Hong, O. K., H. C. Park, K. T. Park, & Y. C. Park. 1995. Persistence of the enzymatic activity of dietary acid phosphatases from the lumen of the midgut of the ladybeetle, *Harmonia axyridis*. Korean J. Entomol. 34(2):95-99.

Hough-Goldstein, J., J. Cox, & A. Armstrong. 1996. *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae) predation on ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae). Flo. Entomol. 79(1):64-68.

Ishaaya, I., A. De Cock & D. Degheele. 1994. Pyriproxyfen, a potent suppressor of egg hatch and adult formation of the greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 87:1185-1189.

Janssen, J. A. M., W. F. Tjallingii & J. C. van Lenteren. 1989. Electrical recording and ultrastructure of stylet penetration by the green house whitefly. Entomol. exp. appl. 52:69-81.

Johnston, K. A., J. A. Gatehouse & J. H. Anstee. 1993. Effects of soybean protease inhibitors on the growth and development of larval *Helicoverpa armigera*. J. Insect Physiol. 39(8):657-664.

Johnston, K. A., M. J. Lee, C. Brough, V. A. Hilder, A. M. R. Gatehouse, & J. A. Gatehouse. 1995. Protease activities in the larval

midgut of *Heliothis virescens*: Evidence for trypsin and chymotrypsin-like enzymes. *Insect Biochem. Molec. Biol.* 25(3):375-383.

Jourdan, H., R. Barbier, J. Bernard, & A. Ferran. 1995. Antennal sensilla and sexual dimorphism of the adult ladybird beetle *Semiadalia undecimnotata* Schn. (Coleoptera: Coccinellidae). *Int. J. Insect Morphol. & Embryol.* 24(3):307-322.

Katakura, H. 1986. A further study on the effect of interspecific mating on the fitness in a pair of sympatric phytophagous ladybirds. *Kontyu* 54(2):235-242

Katakura, H. 1997. Species of *Epilachna* ladybird beetles. *Zool. Sci.* 14:869-881

Katakura, H., & T. Hisogai. 1997. Host preference of F1 hybrids between two host specific phytophagous ladybird beetles (*Epilachna* spp., *Epilachninae*, Coccinellidae). *Jpn. J. Ent.* 65(1):75-79.

Katakura, H., & T. Hosogai. 1994. Performance of hybrid ladybird beetles (*Epilachna* spp.) on the host plants of parental species. *Entomol. Exp. Appl.* 71:81-85.

Katakura, H., H. Hinomizu, & M. Yamamoto. 1981. Crossing experiments among three ladybird "Species" of *Henosepilachna vigintiomaculata* complex (Coleoptera, Coccinellidae) feeding on thistles and/or blue cohosh. *Kontyu* 49(3):482-490.

Katakura, H., M. Shioi, & Y. Kira. 1989. Reproductive isolation by host specificity in a pair of phytophagous ladybird beetles. *Evolution* 43(5):1045-1053.



Kobayashi, N., K. Tamura, T. Aotsuka, & H. Katakura. 1998. Molecular phylogeny of twelve Asian species of *Epilachninae* ladybird beetles (Coleoptera, Coccinellidae) with notes on the direction of host shifts. *Zool. Sci.* 15:147-151.

Liu, T.-X., P. A. Stansly, K. A. Hoelmer, & L. S. Osborne. 1997. Life history of *Nephaspis oculatus* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 90(6):776-782.

Masuda, M. & I. Okada. 1975. Nutritional studies of an aphidophagous coccinellid, *Harmonia axyridis* (I) Examination of artificial diets for the larval growth with special reference to drone honeybee powder. *Bull. Fac. Agr. Tamagawa Univ.* 15: 1-9.

Matsui, M. 1994. A search for natural enemies of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* Genadius, in Japan. *Proceedings of the Kanto-Tosan Plant Protection Society* 36:41-42.

Mollema, C. R.: A. C. 1996. Low aromatic amino acid concentrations in leaf proteins determine resistance to *Frankliniella occidentalis* in four vegetable crops. *Entomol. Exp. Appl.* 78:325-333.

Nakano, S. 1985. Effect of interspecific mating on female fitness in two closely related ladybirds (*Henosepilachna*). *Kontyu* 53(1):112-119.

Nalepa, C. A., K. A. Kidd, & K. R. Ahlstron. 1996. Biology of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in winter aggregations. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 89(5):681-685.

Nemoto, H. 1995. Pest management systems for eggplant arthropods: A plan to control pest resurgence resulting from the

destruction of natural enemies. JARQ 29(1):25-29.

Obata, S. 1986. Mechanisms of prey finding in the aphidophagous ladybird beetle. *Harmonia axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae). Entomophaga 31(3):303-311.

Osawa, N. 1989. Sibling and non- sibling cannibalism by larvae of a ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in the field. Res. Popul. Ecol. 31:153-160.

Osawa, N. 1991. Consequences of sibling cannibalism on fitness of mother and offspring of the ladybird beetle *Harmonia axyridis*. In Behaviour and Impact of Aphidophage, ed. J: R. C. L. Polg"r, A. F. G. Dixon & I. Hodek. pp. 221-225. Hague: SPB Academic Publishing bv.

Osawa, N. 1992. A life table of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in relation to the aphid abundance. Jpn. J. Ent. 60(3):575-579.

Osawa, N. 1992. Effect of population site on pupal cannibalism and parasitism in the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). Jpn. J. Ent. 60(1):131-135.

Osawa, N. 1992. Sibling cannibalism in the ladybird beetle *Harmonia axyridis*: Fitness consequences for mother and offspring. Res. Popul. Ecol. 34:45-55.

Osawa, N. 1993. Population field studies of the aphidophagous ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): Life tables and key factor analysis. Res. Popul. Ecol. 35:335-348.

Osawa, N. 1994. The occurrence of multiple mating in a wild

population of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). J. Ethol. 12:63-66.

Osawa, N., & T. Nishida. 1992. Seasonal variation in elytral colour polymorphism 'in' *Harmonia axyridis* (the ladybird beetle): the role of non-random mating. Heredity 69:297-307.

Ostrom, P. H., M. Colunga-Garcia, S. H. Gage. 1997. Establishing pathways of energy flow for insect predators using stable isotope ratios: field and laboratory evidence. Oecologia 109:108-113.

Park, K. T. & Y. C. Park. 1994. Survey on the aphidivorous predators for biological control agents. RDA. Agri. Sci. (Agri. Inst. Cooperation) 36:109-118.

Ponsonby, D. J., & M. J. W. Copland. 1995. Olfactory responses by the scale insect predator *Chilocorus nigritus* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae). Biocen. Sci. & Technol. 5:83-93.

Sakurai, H. 1968. Physiological studies on the digestion of coccinellid beetles (Coleoptera: Coccinellidae), with special reference to their food habits. Appl. Ent. Zool. 3(3):130-138.

Sengonca, C., & B. Liu. 1994. Responses of the different instar predator, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), to the kairomones produced by the prey and non-prey insects as well as the predator itself. J. Plant. Dis. & Prot. 101(2):173-177.

Sengonca, C., Y. K. Kotikal, & M. Schade. 1995. Olfactory reactions of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col., Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera, Chrysopidae) in relation to period of starvation. Anz. Schdlingskde., Pflanzenschutz,

Umweltschutz 68:9-12.

Sminorff, W. A. 1958. An artificial diet for rearing coccinellid beetles. *Can. Entomol.* 90:563-565.

Teerling, C. R., H. D. Pierce, JR., J. H. Borden, & D. R. Gillespie. 1993. Identification and bioactivity of alarm pheromone in the western flower thrips, *Franklinella occidentalis*. *J. Chem. Ecol.* 19(4):681-697.

Teulon, D. A. J., B. Hollister, & E. A. Cameron. 1993. Behavioural responses of western flower thrips to anisaldehyde, and applications for trapping in greenhouse. In IOBC/WPRS Working Group "Integrated Control in Glasshouse". pp. 177-180. Vol. 16(2). Pacific Grove, California, USA.: IOBC/WPRS Bulletin.

Teulon, D. A. J., D. R. Penman, & P. M. J. Ramakers. 1993. Volatile chemicals for thrips (Thysanoptera: Thripidae) host finding and applications for thrips pest management. *J. Econ. Entomol.* 86(5):1405-1415.

Triltsch, H. 1996. On the parasitization of the ladybird *Coccinella septempunctata* L. (Col.: Coccinellidae). *J. Appl. Ent.* 120:375-378.

Wheeler, A. G., Jr., & C. A. Stoops. 1996. Status and spread of the palearctic lady beetles *Hippodamia variegata* and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in Pennsylvania, 1993-1995. *Ent. News* 107(5):291-298.

Zakharov, I. A., & M. M. Eidel'berg. 1997. Parasitic mite *Coccipolipus hyppodamia* McDaniel et Morrill (Tarsonemina, Podapolipidae) in populations of two-spotted ladybird *Adalia bipunctata* (Coleoptera, Coccinellidae). *Entomol. Rev.* 77(3):346-349.

Zhai, O. H., J. H. Postlethwait, & J. W. Bodley. 1984. Vitellogenin synthesis in the lady beetle *Coccinella septempunctata*. Insect Biochem. 14(3):299-305.