

발간등록번호

11-1543000-002616-01

# 해충과 천적의 유인/기피 작용을 융합한 고효율 천적보존식물 패키지상품 개발 최종보고서

2019. 2.

주관연구기관 / (주)오상킨섹트  
협동연구기관 / 경기도농업기술원  
협동연구기관 / 안동대학교

**농림축산식품부**  
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

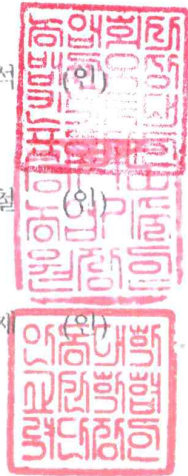
# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “해충과 천적의 유인/기피 작용을 융합한 고효율 천적보존식물 패키지상품 개발”(개발기간 : 2016. 09. 05. ~ 2018. 12. 31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 02.

주관연구기관명 : (주)오상진섹트 (대표자) 이 준 석  
협동연구기관명 : 경기도농업기술원 (대표자) 김 석 철  
협동연구기관명 : 안동대학교 산학협력단 (대표자) 이 혁 제



주관연구책임자 : 이 준 석  
책임연구원 : 함 은 혜  
선임연구원 : 전 혜 정  
협동연구책임자 : 이 영 수  
협동연구책임자 : 임 언 태

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

과제고유번호	116089-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2016.09.05~ 2018.12.31	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농생명산업기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	해충과 천적의 유인/기피 작용을 융합한 고효율 천적보존식물 패키지상품 개발			
연구책임자	이준석	해당단계 참여연구원 수	총: 20명 내부: 20명 외부: -	해당단계 연구개발비	정부: 244,000천원 민간: 35,000천원 계: 279,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 25명 내부: 25명 외부: -	총 연구개발비	정부: 569,000천원 민간: 81,500천원 계: 650,500천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)오상킨섹트 생물자원연구소			참여기업명 (주)오상킨섹트	
국제공동연구	-				
위탁연구	-				
※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의 4 보안과제에 해당하지 않음				

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

보고서 면수: 137

요약

- 토마토, 딸기 재배지 해충 발생조사 및 대상 천적 선발
- 천적곤충별 서식처 모델 개발
- 천적 서식처의 대량생산 및 먹이공급 시스템 구축
- 천적 먹이공급시스템이 구축된 서식처의 해충방효과 확인
- 천적 서식처의 제품화 기술개발
- 가루이류 발생조사 및 실내사육체계 확립
- 총채벌레류, 담배가루이류 유인/기피효과용 휘발성 물질 선발
- 총채벌레류, 담배가루이류 천적의 유인/기피 휘발성 물질 선발
- 담배가루이 유인/기피용 광원 선발
- 담배가루이, 대만총채벌레 색깔 선발
- 담배장님노린재(천적곤충) 유지식물 선발
- Push-pull 전략을 접목한 친환경 해충관리 모델 지침서 작성

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>토마토, 딸기 재배지에서 곤충의 유인/기피 등 행동을 제어할 수 있는 push-pull 전략을 수립하고, 이를 이용해 천적곤충의 방제효과를 극대화함으로써 주요 해충인 가루이류와 총채벌레류를 친환경적으로 방제할 수 있는 기술 개발</p>
<p>연구개발 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총채벌레류, 진딧물류, 잎응애류와 가루이류의 친환경 방제를 위한 천적과 천적 서식처 선발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적용 천적: 사막이리응애, 콜레마니진디벌, 미끌애꽃노린재, 담배장님노린재</li> <li>- 천적서식처: 팽이밥, 얼룩찰옥수수, <i>Portulaca</i> sp., 메밀</li> </ul> </li> <li>○ 천적서식처의 관리방법 및 대량생산 시스템 구축 완료</li> <li>○ 시설 토마토에서 미끌애꽃노린재 단독적용과 서식처(<i>Portulaca</i> sp.) 혼합 처리구에서 관행방제 처리구(약제관리) 대비, 각각 82%와 73%의 총채벌레 밀도 억제 효과를 확인할 수 있었음</li> <li>○ 시설 딸기에서 콜레마니진디벌과 서식처(얼룩찰옥수수)의 혼합 처리구에서 진딧물을 엽당 평균 0.2마리 이하로 안정적으로 관리할 수 있었음. 천적 처리구의 목화진딧물 밀도도 효과적으로 관리가 되었으나 천적의 밀도는 서식처 혼합 처리구에 비해 25% 수준으로 낮게 유지되어, 천적 서식처의 천적유지효과를 확인할 수 있었음</li> <li>○ 시설 딸기에서 사막이리응애 단독적용과 서식처(팽이밥) 혼합처리구에서 친환경자재 처리구 대비 각각 70%와 83%의 점박이응애 밀도 억제효과를 확인할 수 있었음. 또한 서식처 혼합처리구에서 천적 단독처리구보다 천적의 밀도가 평균 3배 이상 높게 유지되는 양상을 확인할 수 있었음</li> <li>○ 총채벌레류와 담배가루이에 기피효과용 휘발성 물질로 carvacrol, 담배가루이 유인물질로 methyl isonicotinate를 선발하였음</li> <li>○ 담배가루이 유인광원으로 520 nm, 기피광원으로 450 + 660 nm LED를 선발 하였으며, 520 nm LED의 경우 천적곤충인 미끌애꽃노린재와 담배장님노린재에 대한 유인효과도 확인되었음</li> <li>○ 담배가루이는 노란색(62.4%), 초록색(33.9%)에, 대만총채벌레는 흰색(42.3%), 노란색(37.6%)에 유인율이 높았음</li> <li>○ 담배가루이와 총채벌레류의 초기 유입지점인 출입문 양측에는 해충 유인부들, 작물 균락내부에 해충 제어부를 조성하고 천적곤충 2종을 투입했을 경우 각각 68.7, 74.5%의 최고 방제효과를 보였음</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시설 딸기에서, 천적과 서식처의 혼합처리구에서 관행관리구 대비 54%의 방제비용 절감과 3.4배 이상의 생산량 증가를 확인할 수 있었음</li> <li>○ Push-pull 종합기술 투입에 따라 관리한 처리구에서, 무처리 대비 토마토 비상품과율은 5.8% 감소하였으며, 상품수량은 43.2% 증가하였음</li> <li>○ 천적의 서식처 4종, 총채벌레 유인물질 3종, 총채벌레 기피물질 3종과 천적 유인물질 3종에 대한 실내·외 검증 완료 후 국내 및 국제학회에 11건의 논문을 발표함. 그 중 우수 발표상 1건, 최우수 발표상 1건과 과학기술우수논문상 1건을 수상하였음</li> <li>○ 총채벌레 유인 혹은 기피물질의 야외 검증 실험으로 실질적인 방제력이 없을 수 있음을 알릴 수 있는 근거 제시</li> </ul>				
<p>연구개발 성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원예작물(토마토) 주요 난방제 병해충(가루이류, 총채벌레류)의 조기탐지와 방제를 위한 유인식물/물질 이용 방어시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 국내 최초의 push-pull 기법 적용 원예작물 해충 친환경 방제기술</li> </ul> </li> <li>○ 천적곤충의 유지 시스템을 개발로 농업인의 활용(천적 적기 투입 등)이 용이하며, 천적 투입량 최소화로 경제성 향상</li> <li>○ 총채벌레 유인 및 기피물질의 다양한 환경조건에 의한 영향을 평가하기 위한 기초자료로 활용</li> </ul>				
<p>국문핵심어</p>	천적곤충	행동제어	친환경방제	보조식물	유인/기피
<p>영문핵심어</p>	Natural enemy	Behavioural control	Environmental friendly control	Companion plant	Push-pull

# 〈 목 차 〉

<b>제1장 연구개발과제의 개요</b> .....	<b>8</b>
제1절 연구개발 목적 .....	8
제2절 연구개발의 필요성 .....	9
제3절 연구개발 범위 .....	16
<b>제2장 천적곤충의 정착 및 보존시스템 개발</b> .....	<b>22</b>
제1절 대상 작물 재배지 생태환경 분석 및 공시충 확보 .....	22
제2절 천적곤충별 서식처 모델 개발 .....	26
제3절 선발된 천적 서식처의 대량생산 및 먹이공급 시스템 구축 .....	37
제4절 천적과 먹이공급시스템이 구축된 서식처의 해충방제효과 .....	47
제5절 천적 서식처의 제품화 기술 개발 .....	57
제6절 push-pull 전략을 접목한 한국형 친환경 해충관리모델 .....	60
<b>제3장 원예 작물 주요 가루이 해충의 유인/기피 물질과 천적 이용 방제 기술 개발</b> .....	<b>63</b>
제1절 원예작물 가루이류 발생조사 및 실내사육체계 확립 .....	63
제2절 담배가루이 등 주요 해충과 천적곤충 유인/기피 기술개발 .....	68
제3절 Push-pull 전략이용 해충 종합방제기술 효과 검증 .....	83
<b>제4장 원예 작물 주요 총채벌레 해충의 유인/기피 물질과 천적 이용 방제 기술 개발</b> .....	<b>87</b>
제1절 총채벌레류 유인/기피 물질 선발 .....	87
제2절 총채벌레 천적의 유인/기피 물질 선발 .....	95
제3절 유인제와 기피제를 이용한 가장 효과적인 push-pull 전략 야외 검증 .....	100
제4절 Push-pull 전략과 천적보존식물 적용 방제효과 실증 .....	106
제5절 연구 결과 요약 .....	112

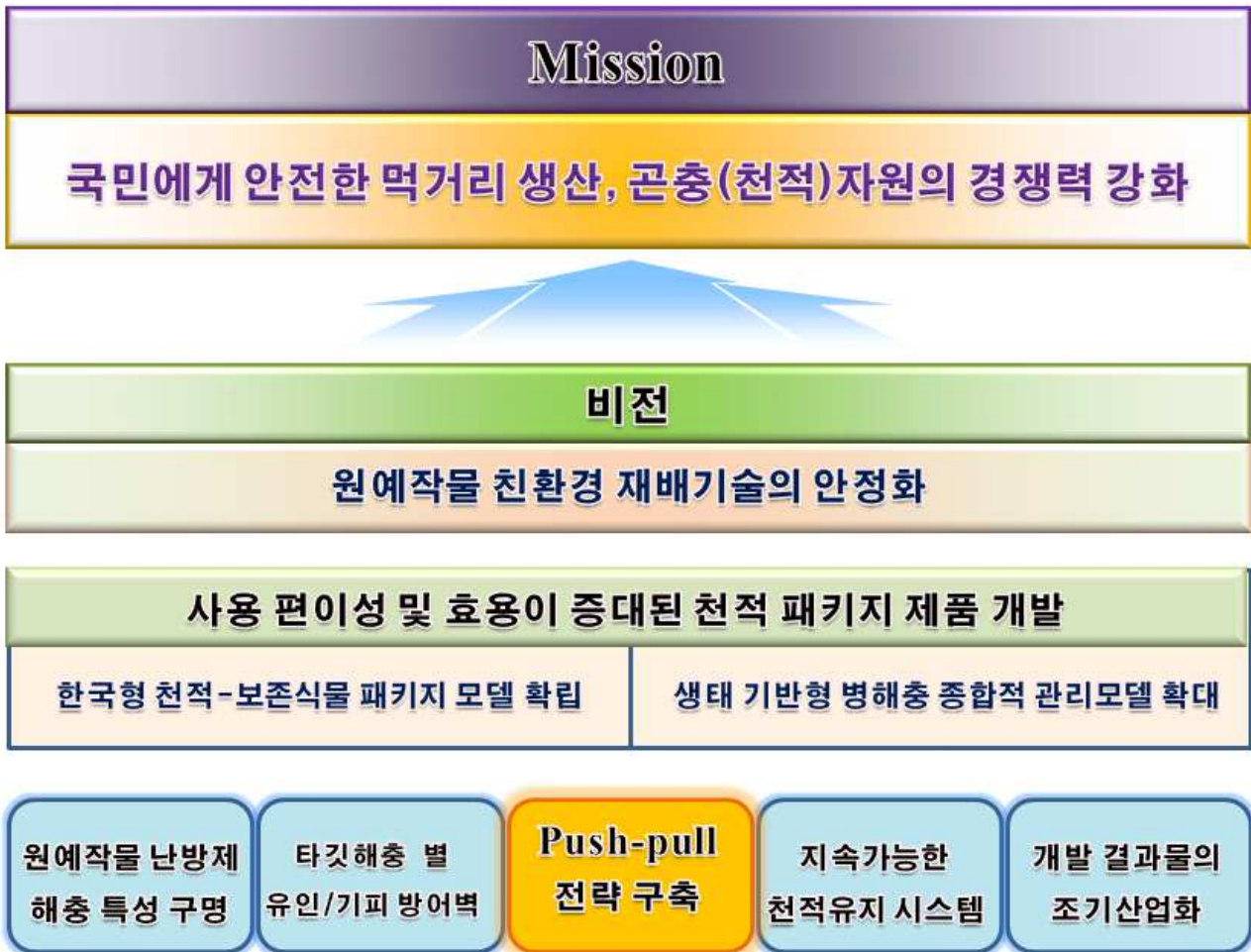
제5장 연구개발성과 .....	114
제6장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	121
제1절 연구목표 및 달성도 .....	121
제2절 관련분야의 기여도 .....	124
제3절 추가 연구의 필요성 .....	125
제7장 연구결과의 활용 계획 및 기대효과 .....	126
제1절 연구결과의 활용 계획 .....	126
제2절 기대 성과 및 파급효과 .....	128
참고 문헌 .....	129



# 제1장. 연구개발과제의 개요

## 제1절. 연구개발 목적

### 1. 연구개발의 최종목표



해충별 유인/기피 방어벽, 천적곤충별 서식처 조성 및 천적을 이상적으로 조합한 종합생물방제 기법을 개발하여 누구나 쉽게 이용이 가능한 생태 기반형 천적과 천적 보조기술 패키지 활용 해충 방제 모델 개발

### 2. 연구개발의 주요내용

- 토마토와 딸기 재배지의 주요 해충에 적용가능한 천적 서식처 조성 모델 개발
- 곤충/식물 상호작용 이용 원예작물 해충 가루이류 제어시스템 개발
- 총채벌레 해충의 기피/유인(push-pull) 전략 개발과 천적보존식물 적용 방어 시스템 구축

## 제2절. 연구개발의 필요성

### 1. 연구개발의 개요

천적농법은 해외에서 이미 방제효과가 검증된 안정된 기술임에도 불구하고 국내에서는 천적 사용법에 대한 경험과 이해부족 등의 이유로 활성화가 되어 있지 않은 실정이다.

이에 본 과제에서는 상기와 같은 근본적인 문제들을 극복하기 위하여, 농업현장에서 복잡한 예찰과정 없이도 천적을 이용해 해충을 방제할 수 있는 『누구나 쉽게 적용이 가능한 천적곤충 종합 패키지 모델』을 제시하고자 한다.

### 2. 연구개발 대상의 국내·외 현황

#### 가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

(1) 곤충산업은 활용분야에 따라 농식품, 비농식품, 융복합부문으로 나뉨(RDA, 2011)

(가) 농식품부문 : 곤충을 화분매개에 이용하거나 천적을 이용한 생물농약 등

(나) 비농식품부문 : 곤충을 학습·애완, 지역관광소재 등에 활용

(다) 융복합부문 : 곤충에 의한 생명공학, 생체모방 의학, 기능성의약품 개발 등

(2) 친환경 농산물에 대한 소비자 관심과 친환경 농법을 추구하는 농가의 증가와 함께 농식품부문 천적곤충의 경제적 가치는 높게 평가되고 있음



<화분매개> <식용·사료용·의약품> <지역축제> <학습·애완용> <천적>

그림 1-1. 곤충의 활용 분야별 경제적 가치(RDA, 2011).

(3) 친환경 농업 실현을 위해 정부와 지자체는 천적을 활용한 시범사업을 지속적으로 추진해 왔음

※ 농림축산식품부('05 ~ '10) 927, 농촌진흥청('02 ~ '07) 193, 경기도('02 ~ '06) 121개소

(4) 그러나 2011년 정부의 「천적활용 해충방제사업 등」 지원 사업 중단으로 국내 천적시장은 급속히 침체됨

※ 국내 천적시장 규모 : ('04) 40억 원 → ('08) 160억 원 → ('12) 40 ~ 50억 원

※ 정부의 정책과 제도개선을 통해 곤충산업의 규모는 2015년 현재 약 3,000억 원으로 성장한 반면 천적시장은 50억 원 이하 수준임(KREI, 2015)

(5) 이에 따라, 정부보조 없이 천적을 사용하는 친환경 재배 농업인들의 외국산 천적 사용이 불가피하게 됨

※ 2012년 이후, 국내 천적공급 90%이상이 수입에 의존하게 됨

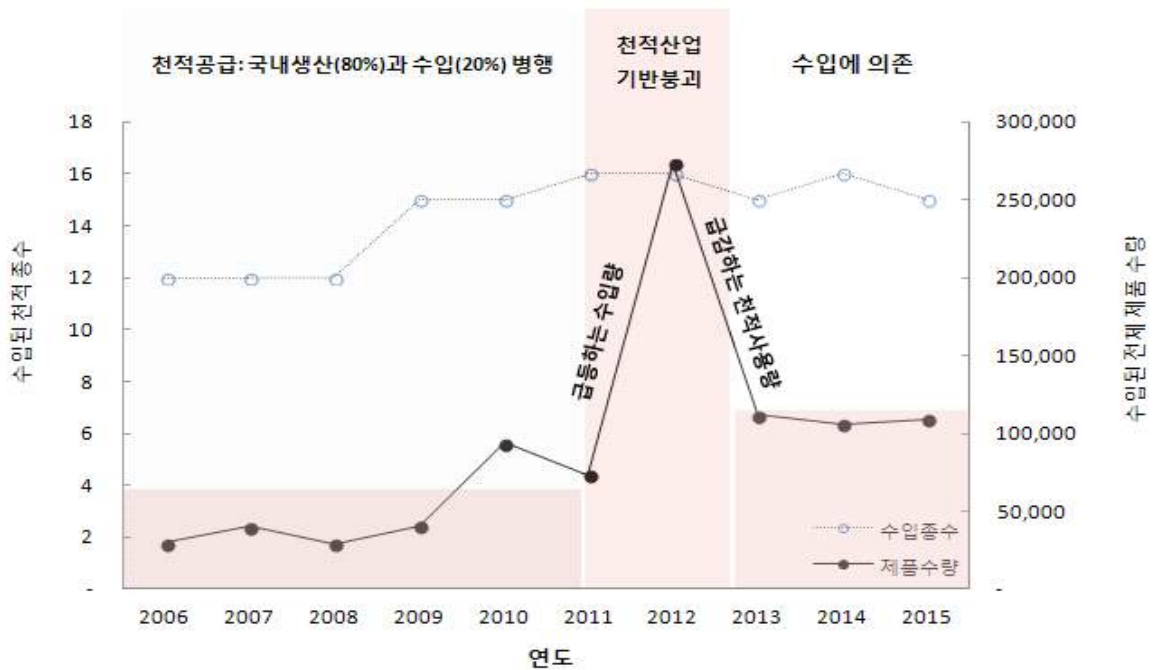


그림 1-2. 연도별 천적 수입량(APQA, 2016).

(6) 농림축산식품부는 곤충산업을 2020년까지 7,000억 원대로 육성한다는 ‘비전2020’ 발표

※ 국내 곤충산업 육성을 위한 「곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률」 시행(‘10. 8) 및 2011년부터 “제1차 곤충산업 육성 5개년 계획” 수립

→ 2013년까지 시설원예 천적 이용률 목표를 50%로 설정

(7) 2014년, 정부(농림축산식품부)와 지자체(경기도)는 천적곤충 산업을 새로운 블루오션 산업으로 육성하기 위한 공감대 형성

※ 천적곤충 분야 『곤충자원산업화 지원센터』 준공(2016. 6) : 경기도농업기술원

## 나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

(1) 세계 천적곤충의 개발배경과 활용 동향

(가) 캐나다, 미국, 유럽에서는 1960년대 환경을 유지 보전하면서 안전농산물 생산을 위해

IPM (Integrated Pest Management: 병해충 종합관리)농법의 개념을 도입, 병해충방제에 천적을 이용하기 시작

※ 유기합성농약의 부작용 확산으로 1960년대 말부터 중요성 부각

- (나) 국제 생물적 방제 기구 IOBC(International Organization for Biological Control)에서는 1999년 작물별 천적 사용률을 표시, CODEX(국제식품규격위원회)기준에서는 생물학적 방제와 생태학적 방제를 우선시함
- (다) 미국은 “미생물농약제조법”과 “식물상과 동물상 관련법”에 의하여 곤충산업 지원하고 있으며, 천적 생산업체는 100여개로 150여종의 천적곤충을 개발 중임
- (라) EU도 「식물상과 동물상 관리법」 등으로 곤충산업을 지원(천적농법은 북유럽을 중심으로 발달)
- (마) 영국은 천적곤충을 개발한 시발점이 되는 국가로서 1926년 최초로 온실가루이좀벌을 이용한 해충방제에 성공, 천적곤충 이용의 보편화로 과일과 채소 해충방제 시 최소 50% 내외의 비중으로 천적곤충을 이용하고 있음
- (바) 네덜란드에서는 1968년 코퍼트(Koppert)사가 천적곤충 칠레이리응애를 최초로 산업화한 이후 1991년부터 집중 투자하여 캐나다, 미국, 일본 등지에 천적곤충을 수출

## (2) 세계 천적 곤충 시장 규모(Naranjo et al. 2015)

- 전 세계 500개 이상의 업체에서 230여종의 천적 생산 중이며, 소비자 기준 시장 가치는 2천억 원 수준임
- 천적 사용현황 : 네덜란드, 캐나다 전체 농업의 90% 수준(한국 4%수준)
- 네덜란드 Koppert 社 천적 연간 매출 1,500억 달러 이상 달성

- (3) 유럽시장에서는 채소 포장지에 곤충과 농약을 사용한 비율이 표시되고 제품 가격이 차별화되는 등 천적 이용기반이 형성됨(RDA, 2012)

### **천적을 이용한 해충방제 관련 유럽의 표시제**

친환경 농산물 로고에 국제식품규격위원회(Codex) 기준에 생물학적 관리에 의해 재배되었음을 의미하는 'Bio' 또는 'Eco' 인증을 사용하여 해충을 방제할 때 천적을 보호했는지, 천적을 사용해서 재배했는지에 대해 소비자의 알 권리를 충족시킬 수 있는 정보를 제공함

☞ **어떻게 해서 안전 농산물이 되는가? 라는 소비자의 의문에 대한 공급자의 대답**

(4) 세계 농약시장은 특히 2013 ~ 2018년까지 연평균 4.8%의 증가세를 보일 전망이다. 가운데, 천적을 포함한 생물농약 시장은 2018년에 약 19만 톤 정도(약 35억 달러)로 성장할 것으로 전망됨(Markets and markets, 2014)

표 1-1. 세계 농약시장의 규모(물량) 예측 (단위: kilotons)

구분	2011	2012	2013	2018	CARR%(2013-2018)
유기인산화합물	1,687.9	1,816.8	1,938.9	2,527.2	5.4
피레스로이드	225.1	235.1	244.2	283.9	3.1
네오니코티노이드	125.4	127.2	128.8	138.9	1.5
생물농약	121.7	130.1	139.1	185.0	5.9
기타	195.3	181.2	179.3	192.6	1.4
계	2,355.4	2,490.3	2,630.3	3,327.6	4.8

표 1-2. 세계 농약시장의 규모(금액) 예측 (단위: \$million)

구분	2011	2012	2013	2018	CARR%(2013-2018)
유기인산화합물	32,062.3	34,705.2	37,197.7	49,118.9	5.7
피레스로이드	4,217.3	4,435.7	4,631.1	5,477.3	3.4
네오니코티노이드	2,351.6	2,400.3	2,441.8	2,672.6	1.8
생물농약	2,283.5	2,453.6	2,634.9	3,547.8	6.1
기타	3,673.2	3,430.1	3,409.4	3,713.4	1.7
계	44,588.0	47,425.0	50,315.0	64,530.0	5.1

### 3. 연구개발의 중요성

가. 최근 기후변화와 국제교역량 증가 등에 따른 외래 병해충 유입량 및 피해 증가

- (1) 2000년대 이전 : 온실가루이(1977년), 꽃노랑총채벌레(1993년), 담배가루이(1998년) 등
- (2) 2000년대 이후 : 꽃매미(2006년), 미국선녀벌레(2009년), 갈색날개매미충(2010)

나. 외래해충이 유입될 경우 국내 천적의 부재, 농업인의 인식부족, 약제 저항성 등의 문제로 효율적인 방제가 매우 어려운 실정임

- (1) 온실가루이와 담배가루이는 현재 시설 토마토와 딸기의 가장 중요한 해충으로, 두 종 모두 전 세계적으로 분포하며 광범위한 기주 범위를 가지고 있음. 특히 담배가루이의 경우 600여 가지 식물에서 발생하고 있음

- (2) 온실가루이와 담배가루이는 흡즙으로 인한 직접적인 피해(백화현상, 시들음, 성장지연 등) 뿐만 아니라 감로에 의한 그을음병, 바이러스병 매개 등으로 심각한 피해를 주고 있는 해충임. 또한 다수의 살충제(특히 네오니코티노이드계인 이미다클로프리드)에 대한 저항성을 가지고 있어 관리가 더욱 힘들



그림 1-3. 외래해충 담배가루이(좌)가 매개하는 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV, 우).

- (3) 총채벌레류는 세계적으로 중요한 해충으로 우리나라에서 꽃노랑총채벌레와 대만총채벌레가 토마토, 딸기 등의 과채류와 국화, 장미 등의 화훼류에 빈번하게 발생, 큰 피해를 주고 있음
- (4) 총채벌레류는 작물의 잎이나 꽃잎을 가해하는 직접적인 섭식뿐만 아니라 TSWV (tomato spotted wilt virus, 토마토반점위조바이러스)나 INSV (impatiens necrotic spot virus) 등의 바이러스병을 매개하여 2차적으로 큰 피해를 주고 있음

다. 최근 작물의 안전성에 대한 우려로 지속가능한 농업 시스템 개발 및 새로운 친환경 방제 시스템 개발이 절실 → 안전한 먹을거리 공급에 의한 소비자 신뢰 회복

라. 국내 이용 중인 천적의 90% 이상이 해외 수입 제품인 현지점에서 토착 천적의 이용을 확대하기 위한 기반 기술 개발이 시급

**【천적산업 활성화를 위한 해외 사례】**



장기적 차원의 인프라 구축 및 지원정책 수립한 「네덜란드」

- 1991년부터 10년간 프랑스와 함께 천적곤충 개발에 집중 투자
- 천적을 이용한 고도의 해충방제 기술 보유
- 캐나다, 미국, 일본 등지에 천적 곤충 수출
- 천적 장려를 위한 '작물보호 장기계획' 실시로 천적곤충을 활용한 농법 보급

☞ **세계적인 농산물, 천적곤충 수출 강국으로 성장!**

마. 천적 경험 농업인은 향후 천적의 지속적인 이용을 원하고 있으나, 천적의 비싼 가격과 활용상의 어려움은 천적 이용률 확산의 제한요인이 되고 있음

→ 실수요자인 농민의 의견을 적극 반영한 새로운 천적 이용 기술로써 낮은 가격으로 손쉽게 이용할 수 있는 새로운 천적 이용 해충 방제기술 개발이 필요함

※ 경기도농업기술원(2014)에서 실시한 국내 천적이용 농가 실태조사

표 1-3. 천적 이용 시 애로사항(농업인)

응답내용	비율
천적 수입에 따른 배송기간이 길어 적기투입이 어려움	50%
비용이 너무 비쌌	30%
고온기 방제효과가 낮음	20%
규격(마리수) 확인이 어려움	10%
천적을 정착시키기 어려움	10%

표 1-4. 천적활성화를 위한 건의사항(농업인, 산업체)

응답내용	비율
지속적인 천적 지원 사업이 필요함	60%
비용을 낮추어 활용도를 높여야 함	20%
천적의 이해와 이용에 관한 교육이 필요함	20%
수입의존도를 낮추고 국내생산이 필요함	10%

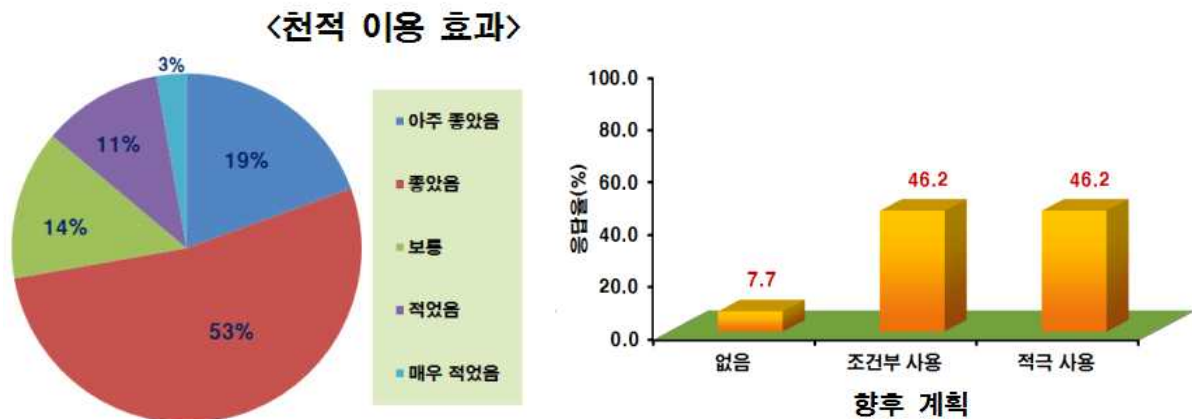
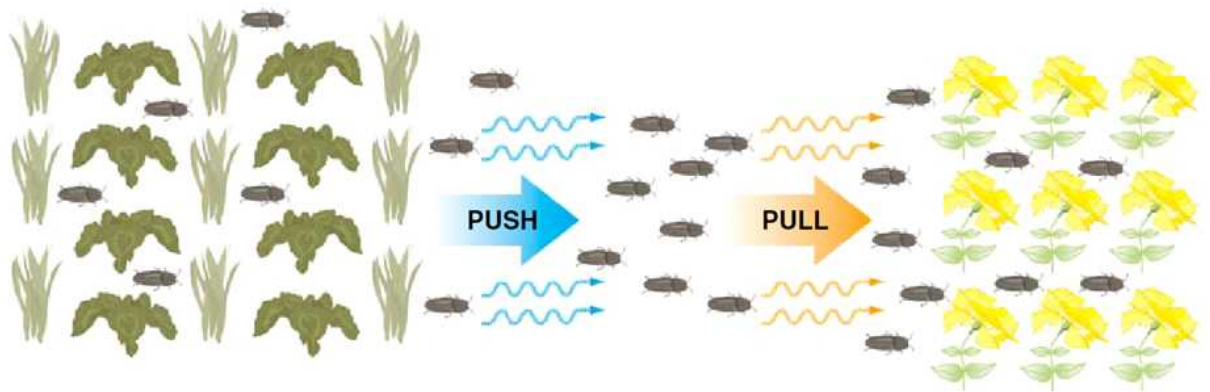


그림 1-4. 천적 이용 효과 및 향후 사용 계획(농업인).

바. 농업생태계에 투입할 수 있는 종합적인 실용기술 개발이 시급

사. 해충의 생태와 행동특성, 특히 해충의 유인과 기피 작용을 이용한 Push-Pull 전략은 새로운 해충 방제 전략으로 관심이 증가하고 있음.

※ 기존 유인트랩은 유인물질만을 이용하는 것이지만 유인/기피 작용은 재배지 가장자리에 유인제를 처리하고 재배지 중간에 기피물질을 처리하여 유인제의 유인력을 더 향상시키는 새로운 해충 방제 전략임



- Visual distractions (시각적 혼란)
- Non-host volatiles (비기주 휘발물)
- Anti-aggregation pheromones (집합페로몬)
- Alarm pheromones (경보페로몬) 저해
- Oviposition deterrents (산란기피제)
- Antifeedants (섭식억제제)
- Visual stimulants (시각적 자극)
- Host volatiles (기주 휘발물)
- Aggregation pheromones (집합페로몬)
- Sex pheromones (성페로몬)
- Oviposition stimulants (산란자극제)
- Gustatory stimulants (섭식자극제)

그림 1-5. 해충 방제를 위한 Push-Pull 전략 개념도(Cook et al., 2007).

아. Push-Pull 전략은 해충 초기 예찰 및 천적 적기투입이 가능한 천적과 보조식물을 이용한 원예작물 친환경 해충 관리 모델로 활용이 가능함

자. 경제개발기구(OECD)의 환경 위해성 경감대책에 부응하는 천적사용에 의한 화학약제사용량 축소로 국가적 신뢰성 구축 필요



### 제3절. 연구개발 범위

#### 1. 연차별 개발목표 및 내용

##### 가. 1차년도

- 주관연구기관((주)오상킨섹트) : 천적곤충 서식처 모델 선발

세부 목표	연구개발의 내용
천적 서식처 후보군 선발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 시설토마토/딸기의 대상 공시충 확보</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 시설토마토/딸기의 대상 해충 별 적용 천적 선발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선행연구와 국내외 자료 수집 및 분석</li> <li>- 포장에 정착이 용이한 천적 종 대상</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 대상 천적의 서식처 후보 식물군 선발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선정된 천적의 서식처로 적합한 후보 식물군 선발</li> <li>- 선행 연구된 서식처 후보 종 대상</li> </ul> </li> <li>※ 천적의 먹이 유무, 식물 적응도, 산란수, 성충 수명, 발육기간 등 고려</li> </ul>

- 협동연구기관(경기도농업기술원) : 주요 가루이류 유인/기피 물질 선발

세부 목표	연구개발의 내용
공시충 확보 및 사육체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 시설토마토, 딸기 대상 공시충 확보</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 확보된 시설토마토/딸기 대상 공시충의 계대 유지                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유인제와 기피제 실험을 위한 시험곤충 확보</li> <li>- 문헌조사를 통한 최적사육조건 규명</li> <li>- 실내 사육법 확립</li> </ul> </li> </ul>
유인 물질 선발 및 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 가루이류 유인 물질 선발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 문헌 조사를 통한 물질 스크리닝</li> </ul> </li> <li>■ 후보 유인물질의 유인력 평가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Y-자 후각계 또는 4-choice chamber 후각계 이용</li> </ul> </li> <li>■ 가장 효과적인 유인 물질을 하우스에서 추가 검증: 평판트랩 활용</li> </ul>

- 협동연구기관(안동대학교) : 주요 총채벌레류 유인/기피 물질 선발

세부 목표	연구개발의 내용
공시충 확보 및 사육체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 시설토마토, 딸기 대상 공시충 확보</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 확보된 시설토마토/딸기 대상 공시충의 계대 유지                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유인제와 기피제 실험을 위한 시험곤충 확보</li> <li>- 문헌조사를 통한 최적사육조건 규명 및 실내 사육법 확립</li> </ul> </li> </ul>
주요 총채벌레류 유인/기피 물질 선발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 총채벌레의 유인/기피 물질 조사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 문헌을 통한 식물 혹은 후보 물질 조사</li> </ul> </li> </ul>

나. 2차년도

- 주관연구기관((주)오상킨섹트) : 천적 서식처의 대량생산 시스템 개발

세부 목표	연구개발의 내용
천적 서식처 선발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 대상 천적의 서식처 선발</li> <li>- 천적의 생태적 특성을 고려하여 최적의 서식처 선발</li> </ul>
천적 서식처의 대량생산시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 선발된 천적 서식처의 대량생산시스템 개발</li> <li>- 표준화된 사육기술과 시설 및 규격에 대한 기준 참고</li> <li>- 생태특성 검정</li> <li>■ 선발된 천적 서식처의 대량생산시스템 개발</li> <li>- 한랭사가 설치된 비닐하우스 또는 실내 /LED 시스템 적용</li> <li>- 최적의 증식조건(온/습도, 광주조건, 공기순환 등) 규명</li> <li>- 생산 공정별 관리 방법 및 사육조건 확립</li> <li>- 경제성 분석을 통한 최적의 대량증식 공정개발</li> <li>- 천적 서식처 제품 생산의 매뉴얼 구축</li> </ul>
천적의 먹이공급 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1개월 이상 생존이 가능한 먹이 급이 시스템 개발</li> <li>■ 조사된 자료를 협동 연구기관이 보유한 특허 기술과 접목</li> <li>■ 천적의 먹이공급 시스템 구체화/먹이공급 시스템의 효과 검증</li> </ul>

- 협동연구기관(경기도농업기술원) : 주요 가루이류 유인/기피 물질 개발

세부 목표	연구개발의 내용
주요 가루이류 유인/기피 물질 선발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 가루이의 유인/기피 물질 검증</li> <li>- Y자 후각계 또는 생물검증법 이용</li> <li>- 하우스에서 점착트랩과 살포후 밀도변경 조사를 통한 추가 검증</li> </ul>
가루이 천적의 유인물질 선발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 문헌을 통한 후보 물질 조사</li> <li>■ 야외 살포를 통한 유인력 검증</li> </ul>

- 협동연구기관(안동대학교) : 총채벌레 유인/기피 물질 실내외 검증

세부 목표	연구개발의 내용
주요 총채벌레류 유인/기피 물질 선발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 총채벌레의 유인/기피 물질 검증</li> <li>- Y자 후각계 또는 생물검증법 이용</li> <li>- 하우스에서 점착트랩과 살포후 밀도변경 조사를 통한 추가 검증</li> </ul>
총채벌레 천적의 유인물질 선발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 문헌을 통한 후보 물질 조사</li> <li>■ 야외 살포를 통한 유인력 검증</li> </ul>

### 다. 3차년도

- 주관연구기관((주)오상킨섹트) : 천적 패키지 제품화 개발

세부 목표	연구개발의 내용
현장 실증시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 선발된 천적 서식처의 필드 내 효과 검정</li> <li>- 시설 내 천적의 보존 가능한 임계치 측정</li> <li>- 현장 실증을 통한 기술 보완 및 현장 적용 매뉴얼 개발</li> </ul>
자료구축 및 신기술 보급	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 천적작물별 신기술 적용 모델 지침서 작성 및 배포</li> <li>■ 선진 거점화 농가 육성 및 기술교육/산업재산권 확보</li> <li>■ 천적과 보조식물을 이용한 친환경관리 모델 확대적용으로 천적곤충산업의 활성화</li> </ul>

- 협동연구기관(경기도농업기술원) : Push-Pull 전략 이용 가루이류 방제효과 실증

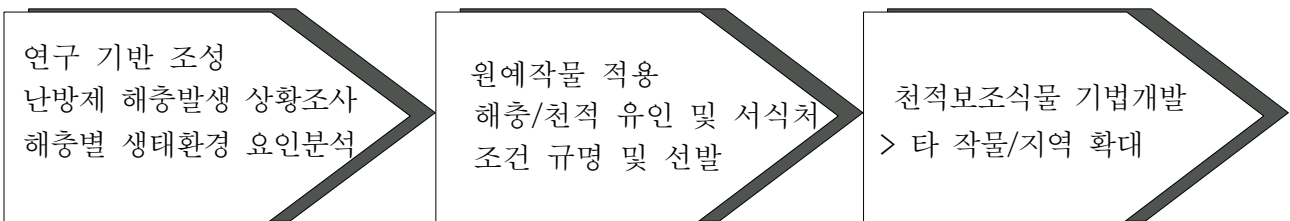
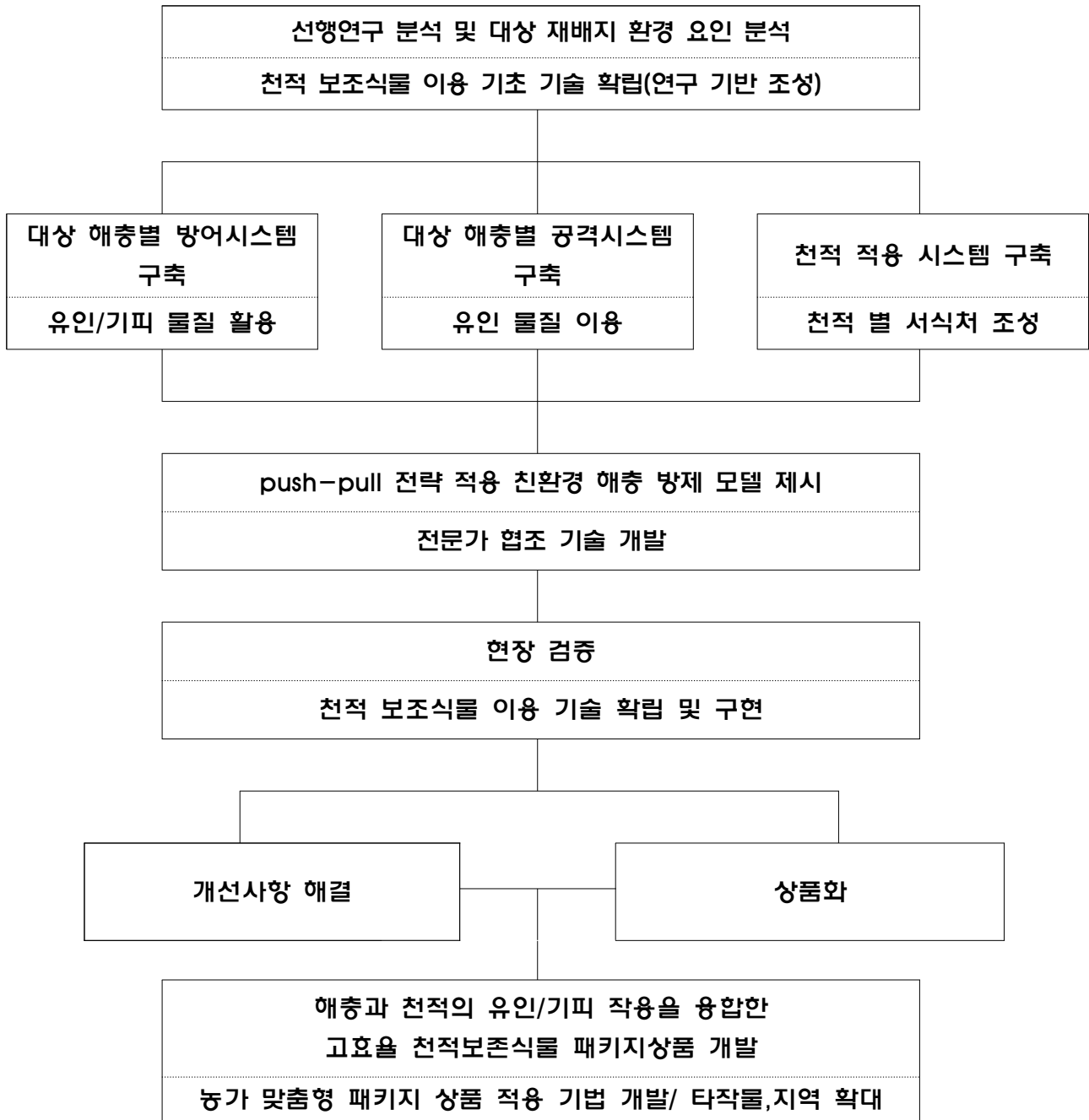
세부 목표	연구개발의 내용
유인제와 기피제를 이용한 Push-Pull 전략 야외 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 이상적인 Push-pull 전략 하우스에서 검증</li> <li>- 가루이 유인제/기피제와 천적 유인제의 동시 처리 효과</li> <li>- 처리 후 대상해충 밀도 변동과 작물에 나타난 피해 조사</li> </ul>
Push-Pull 전략과 천적보존식물 적용 방제 효과 실증(가루이류)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Push-pull 전략과 천적의 서식처 적용 시너지 효과 검증</li> <li>- 가루이와 천적의 유인/기피 물질과 천적보존식물의 동시 처리 효과</li> <li>- 처리 후 대상해충 밀도 변동과 작물에 나타난 피해 조사</li> </ul>

- 협동연구기관(안동대학교) : Push-Pull 전략과 천적보존식물 적용 방제 효과 실증

세부 목표	연구개발의 내용
유인제와 기피제를 이용한 가장 효과적인 Push-Pull 전략 야외 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 이상적인 Push-pull 전략 하우스에서 검증</li> <li>- 총채벌레 유인제/기피제와 천적 유인제의 동시 처리 효과</li> <li>- 난괴법, 3가지 처리 3반복 배치</li> <li>- 처리 후 대상해충 밀도 변동과 작물에 나타난 피해 조사</li> </ul>
Push-Pull 전략과 천적보존식물 적용 방제 효과 실증 (총채벌레류)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Push-pull 전략과 천적의 서식처 적용 시너지 효과 검증</li> <li>- 총채벌레와 천적의 유인/기피 물질과 천적보존식물의 동시 처리 효과</li> <li>- 난괴법, 3가지 처리 3반복 배치</li> <li>- 처리 후 대상해충 밀도 변동과 작물에 나타난 피해 조사</li> </ul>

## 2. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계

### 가. 연구개발 추진전략 · 방법

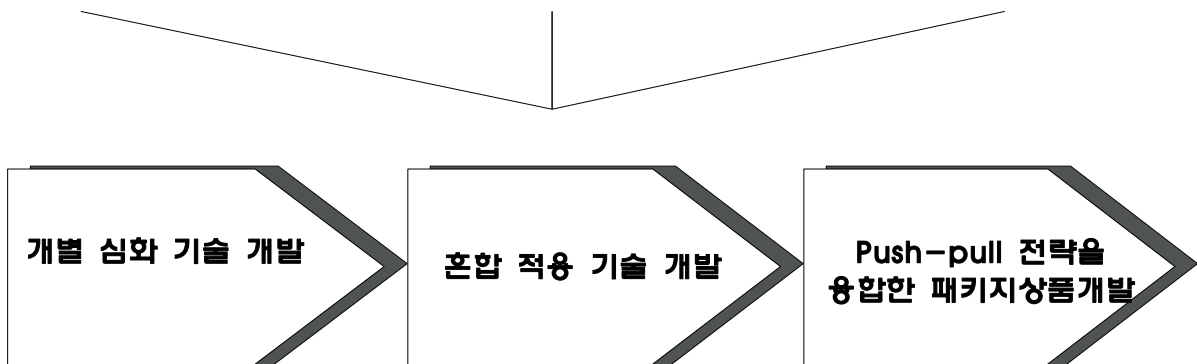


나. 연구개발 추진체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	해충과 천적의 유인/기피 작용을 융합한 고효율 천적보존식물 패키지상품 개발	주관연구책임자 (이준석)외 총 24명

기관별 참여 현황		
구분	연구기관수	참여연구원수
중소기업	1	9
대학	1	7
국공립(연)	1	9

(주)오상킨섹트	경기도농업기술원	안동대학교
천적곤충의 정착 및 보존시스템 개발	원예작물 주요 가루이 해충의 유인/기피 물질과 천적 이용 방제 기술 개발	원예작물 주요 총채벌레 해충의 유인/기피 물질과 천적 이용 방제 기술 개발
연구책임자 이준석 외 8명	연구책임자 이영수 외 8명	연구책임자 임언택 외 6명
담당기술개발내용	담당기술개발내용	담당기술개발내용
천적곤충의 정착 및 보존시스템 개발 및 산업화	토마토, 딸기 가루이 제어물질 개발 및 산업화	총채벌레 유인/기피 물질 선발 및 검정, 천적 보존식물 실증



다. 추진 일정

1차년도															
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												책임자 (소속기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	계획수립 및 자료조사														이준석 (오상킨섹트)
2	천적서식처모델개발														
3	가루이 발생 양상 조사 및 사육체계 확립														이영수 (경기도농업 기술원)
4	가루이와 천적 유인/기피물질 선발														
5	주요 총채벌레 사육 체계 확립														임언택 (안동대)
6	주요 총채벌레의 유인/기피 물질 선발														
2차년도															
1	천적 서식처 선발/ 대량생산시스템 개발														이준석 (오상킨섹트)
2	천적 먹이공급 시스템 개발														
3	가루이 발생 양상 조사 및 사육체계 확립														이영수 (경기도농업 기술원)
4	가루이와 천적 유인/기피물질 선발														
4	가루이류 제어용 선발물질 포장검증														임언택 (안동대)
5	주요 총채벌레의 유인/기피 물질 선발														
6	총채벌레 천적의 유인물질 선발														
3차년도															
1	천적 보조식물 제품화기술개발														이준석 (오상킨섹트)
2	해충관리모델 지침서작성														
3	가루이류 제어용 선발물질 포장검증														이영수 (경기도농업 기술원)
4	종합투입기술 현장적용 효과 검정														
5	가장 효과적인 Push-Pull 전략 야외 검증														임언택 (안동대)
6	천적보존식물 적용 방제 효과 실증														

## 제2장. 천적곤충의 정착 및 보존시스템 개발

### 제1절. 대상 작물 재배지 생태 환경 분석 및 공시충 확보

#### 1. 연구목표

시설토마토/딸기의 해충 발생 상황 및 생태 환경 요인을 분석하여 대상 해충 및 최적의 천적을 선발하여 연구기반을 조성하고자 수행하였다.

#### 2. 연구내용

##### 가. 토마토와 딸기 재배지의 해충 발생조사 및 대상 천적 선발

국내 토마토와 딸기재배지에는 다양한 해충들이 발생되고 있으며, 토마토 재배지에는 가루이류, 잎굴파리류와 총채벌레류, 딸기 재배지에는 잎응애류, 진딧물류와 총채벌레류가 문제해충으로 보고되어 있다(Kim et al., 2006; Lee, 2009; Yang et al., 2016; Jeong et al., 2017; Yang et al., 2017). 그러나 작물별 해충의 발생량과 피해 정도는 재배지역이나 작형에 따라 차이를 보일 수 있으므로, 본 연구에서는 강원, 충청과 경상권의 41개 토마토 재배농가와 16개 딸기 재배농가를 대상으로 해충 발생실태를 조사하였다. 조사결과 각 작물의 상위 2개 발생 해충에 대한 적용 천적은 국내·외 문헌분석을 통하여 선발하였다.

##### 나. 천적곤충의 정착 및 보존시스템 개발을 위한 공시충 확보

상기의 조사에서 선발된 천적곤충의 정착 및 보존시스템 개발을 위한 각 천적곤충별 먹이곤충을 확보하고 계대유지 조건을 확립하였다.

#### 3. 연구결과

##### 가. 토마토와 딸기 재배지의 해충 발생조사 및 대상 천적 선발

강원, 충청, 경상권의 41개 토마토 재배농가와 16개 딸기 재배농가를 대상으로 해충 발생 실태를 조사 한 결과는 그림 2-1과 같다. 토마토 재배지에서는 총채벌레류, 진딧물류와 가루이류가 각 100%, 49%와 45%, 딸기 재배지에서는 진딧물류, 잎응애류와 가루이류가 각 100%, 46%와 16%의 높은 발생률을 보였다. 상기의 조사 결과, 총채벌레류, 진딧물류, 잎응애류와 가루이류가 대상 해충으로 결정되었으며, 가루이류에 대한 천적의 서식처 적용기술 개발은 제1협동에서 수행했으며, 가루이류를 제외한 3개 해충에 대한 천적곤충의 정착 및 보존시스템 개발은 본 세부과제에서 수행하였다.

먼저 대상 해충에 대한 천적을 선별하고자 국회전자도서관에서 ‘총채벌레류 천적’ ‘진딧물류 천적’, ‘잎응애류 천적’과 ‘가루이류 천적’으로 관련 논문을 검색하여 총 216건이 검색되었다. 이들 중 미생물천적을 제외한 39건의 유효논문을 확보하여 대상 해충과 작물 별로 분류하여 제시하였다(표 2-1).

표 2-1. 국내·외에서 적용되고 있는 대상 해충별 천적 목록

대상 해충	작물	천적	서식처	참고논문
총채벌레류	토마토	미끌애꽃노린재	-	Veronic et al, 2011; Jeong et al, 2017
	오이	미끌애꽃노린재	-	Choi et al, 2013
		지중해이리응애	-	Kim et al, 2009
	장미	미끌애꽃노린재	돌나물, 채송화	Ham et al 2014
	고추		-	Kim et al, 2012
	국화		-	Choi et al, 2013
파프리카	-		Kim et al, 2010	
진딧물류	오이	콜레마니진디벌	-	Choi et al, 2013b
	고추		보리	Kim et al, 2003
	고추, 오이	진디혹파리	-	Kim et al, 2012
	멜론	콜레마니진디벌	-	Jeong et al, 2003
	파프리카		보리	Moon et al, 2011
	-		-	kim et al, 2010
잎응애류	딸기	사막이리응애	-	Kim et al, 2006
		칠레이리응애	-	Greco et al, 2004; 2005; Maria et al, 2013
	-	사막이리응애	-	Cakmak et al, 2005; Kim et al, 2006; 2009; Asalf et al, 2012; Lagziri et al, 2015; Anna et al, 2016
	감귤류	사막이리응애	괭이밥	Easterbrook et al, 2004; Lee et al, 2015, Oh et al, 2017
	-	칠레이리응애	-	Kuk et al, 2015; Kim et al, 2016
	토마토	칠레이리응애	-	Drukker et al, 1997; Megan et al, 2013; Ditillo et al, 2016
	아칼리과	칠레이리응애	-	Ahn et al, 2014
	파프리카, 딸기, 토마토	사막이리응애	-	Rott et al, 2016
장미	사막이리응애	리파리아, 티너스백당	Pia et al, 2013	
가루이류	토마토	온실가루이좀벌	-	Jeong et al, 2017
		담배장님노린재	-	Carnero et al, 2000; Calvo et al, 2009; Kim et al, 2011; Calvo et al, 2012; Francisco et al, 2012
	-	담배장님노린재	-	Lee et al, 2013
	파프리카	담배장님노린재	-	Calvo et al, 2009



국내·외 문헌분석결과, 총채벌레류 천적으로 '미끌애꽃노린재와 지중해이리응애', 진딧물류 천적으로 '콜레마니진디벌과 진디혹파리', 잎응애류 천적으로 '사막이리응애와 칠레이리응애' 가루이류 천적으로 '담배장님노린재와 온실가루이좀벌'이 조사되었다(표 2-1). 상기의 천적들 중 국립농산물품질관리원 유기농업자재정보시스템에 총채관리용 유기농업자재(천적)로 등록되어 있는 미끌애꽃노린재, 콜레마니진디벌, 사막이리응애와 담배장님노린재를 대상 천적으로 최종 선발하였다(그림 2-2).

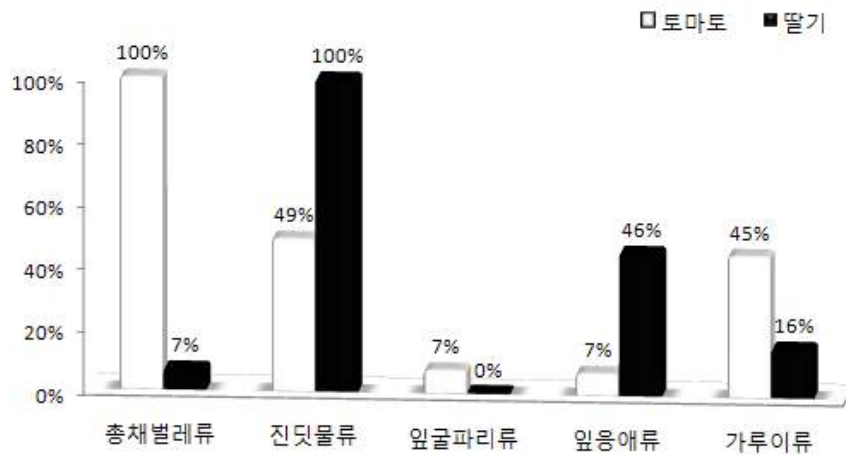


그림 2-1. 토마토와 딸기 재배지에서의 해충 발생률(%).



<미끌애꽃노린재>

<콜레마니진디벌>

<사막이리응애>

<담배장님노린재>

그림 2-2. 본 과제에서 선발한 대상 천적곤충.

#### 나. 천적곤충의 정착 및 보존시스템 개발을 위한 공시충 확보

천적곤충의 정착 및 보존시스템 개발을 위한 먹이곤충(공시충) 확보는 자사의 천적곤충 생산 시스템, 농촌진흥청에서 발간한 산업곤충 사육기준 및 규격 I (2013)과 II (2014)를 참고하였다. 미끌애꽃노린재는 줄알락명나방 알을, 콜레마니진디벌은 기장데두리진딧물을, 사막이리응애는 긴털가루응애를, 담배장님노린재는 복숭아혹진딧물과 가루이류를 먹이곤충으로 결정했으며, 천적곤충의 안정적인 계대유지를 위하여 확립한 먹이곤충의 사육조건은 표 2-2와 같다. 대상 천적들의 활력과 증식 효율 증진을 위하여 설탕물(5 ~ 10%)과 물을 추가적으로 공급할 수 있다.

표 2-2. 대상 천적별 먹이곤충의 사육조건

대상천적	먹이곤충	환경조건	소요기간	관리 방법
미끌애꽃 노린재	줄알락명 나방 알	- 온도 -20℃ 이하 - 광주기 24D	-	- 필요 시 구입하여 사용 - 천적의 활력증진을 위해 설탕물(5 ~ 10%)을 추가적으로 공급할 수 있음
콜레마니 진디벌	기장테두 리진딧물	- 온도: 21 ~ 25℃ - 습도: 60 ~ 70% - 광조건: 16L : 8D	24일	- 보리종자소독 - 발아율 확인 후 파종 - 발아 직후, 주당 10마리 접종 - 접종 전 물을 충분히 주고, 그 후에 건조하게 토양 관리 - 접종 후 20일 째 또는 cm <sup>2</sup> 당 평균 7 ~ 12마리일 때 천적먹이로 공급 - 계대유지용 별도관리(천적 생산 대비 20% 수준으로 먹이 유지) - 천적의 활력증진을 위해 설탕물(5 ~ 10%)을 추가적으로 공급할 수 있음
사막이리 응애	긴털가루 응애	- 온도: 26 ~ 29℃ - 습도: 75 ~ 85% - 광조건: 16L : 8D	35일	- 쌀겨 : 밀기울 = 9 : 1 비율 - 먹이곤충의 밀도가 400마리/ml일 때 천적 먹이로 공급 - 습도관리 - 계대유지용 별도관리 - 천적의 활력증진을 위해 꽃가루를 추가적으로 공급할 수 있음
담배장님 노린재	복숭아혹 진딧물, 가루이류	- 온도: 23 ~ 27℃, - 습도: 60 ~ 80%, - 광조건 16L : 8D	50일	- 담배 종자소독 - 발아율 확인 후 파종 - 파종 후, 1개월이 경과한 유묘 사용 - 주당 10마리 접종 - 접종 후 20일 째 또는 cm <sup>2</sup> 당 평균 7 ~ 12마리일 때 천적먹이로 공급 - 계대유지용 별도관리(천적 생산 대비 20% 수준으로 먹이 유지) - 천적의 활력증진을 위해 설탕물(5 ~ 10%)과 줄알락명나방 알을 추가적으로 공급할 수 있음

## 제2절. 천적곤충별 서식처 모델 개발

### 1. 연구목표

토마토와 딸기 난방제 해충인 총채벌레류, 진딧물류와 잎응애류를 효율적으로 방제하기 위하여 천적 곤충별 서식처 모델을 개발하여 지속가능한 생태보전형 Push-Pull 전략을 구축하고자 본 연구를 수행하였다.

### 2. 연구내용

#### 가. 미끌애꽃노린재 서식처 선발

##### (1) 후보 식물에 대한 천적의 산란수 확인

선행연구를 통해 미끌애꽃노린재의 서식처 후보식물로 7종의 식물을 1차 선발하였다. 1차 선발된 식물을 대상으로 미끌애꽃노린재의 산란수를 확인하기 위하여, 뚜껑에 직경 1 cm의 환기망이 부착된 투명용기(5 X 1 cm)에 후보 식물의 줄기 2 ~ 3 cm와 우화 후 7일이 경과된 성충 한 쌍을 접종하고 24시간 후 현미경(Dino-Lite Premier Digital Microscope AM-7013MAT4)하에서 산란수를 조사하였다. 줄알락명나방 알을 먹이로 공급했으며, 온도  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $70 \pm 5\%$ , 광주기 16L : 8D로 설정된 사육실에서 각 후보 식물 별 18 ~ 55 쌍을 대상으로 진행하였다. 실험모습과 미끌애꽃노린재의 서식처 후보식물의 모습은 그림 2-3과 같다. 데이터는 평균  $\pm$  표준편차 값을 도식화하고, 처리 효과를 판별하기 위하여 t Test (LSD)를 실시하였다.



그림 2-3. 미끌애꽃노린재의 서식처 후보식물과 실험모습.

## (2) 선발된 식물에 대한 미끌애꽃노린재의 증식 확인

상기의 시험으로 선발된 식물에 대한 미끌애꽃노린재의 증식을 확인하기 위하여 산란수, 성충 수명, 부화율, 약충 발육기간, 약충 생존율과 성비를 조사하였다. 상기와 동일한 사육실에서 직경 5 cm 투명용기에 우화 직후의 성충 한 쌍을 접종하고, 선발된 식물 줄기를 2 ~ 3 cm 공급하여 2일 간격으로 암컷의 산란수를 조사하였다. 또한 산란된 알은 하나씩 용기에 분리하여 줄알락명나방 알을 먹이로 공급하면서 생태특성을 조사하였고, 전체 100쌍을 대상으로 진행하였다.

### 나. 콜레마니진디벌 서식처 선발

콜레마니진디벌은 초기 밀도조절 효과가 뛰어나면서 천적의 방사관리가 용이해 세계적으로 널리 사용되고 있으나 고온에서 수명이 1주일 이내로 짧아져 콜레마니진디벌의 지속적인 유지를 위한 천적서식처의 필요성이 대두되고 있다(Paik, 1992; van Steenis, 1995; Kim, 2003; Kim et al., 2006; Yano, 2006; Zamani et al., 2007). 현재 보리를 서식처로 활용한 콜레마니진디벌의 유지시스템이 해충방제에 사용되고 있으나, 천적의 서식처로 적용된 보리의 생육 최적 온도는 20℃내외 본 연구에서는 고온기에도 해충방제효과를 극대화할 수 있도록 기존의 보리 벵커플랜트를 대체할 수 있는 새로운 서식처를 제시하고자 한다. 먼저 문헌조사를 통해 재배가 손쉬운 화분과 식물 중에서 생육 최적온도가 26 ~ 32℃인 후보 식물 13종을 1차 선발하였다(표 2-3).

표 2-3. 콜레마니진디벌의 새로운 서식처 선발을 위한 시험용 식물 목록

No.	상표명	품종명	판매처	표식
1	흰찰옥수수	-	성우종묘	A
2	미니흑찰	-	진흥씨앗	B
3	자홍찰옥수수	-	동원농산종묘	C
4	일미찰옥수수	일미찰	진흥씨앗	D
5	얼룩찰1호옥수수	얼룩찰1호	진흥씨앗	E
6	대학찰옥수수	-	(주)좋은씨앗	F
7	얼룩찰옥수수	-	성우종묘	G
8	찰수수	-	(주)다농	H
9	수수	-	성우종묘	I
10	새싹밀	-	(주)다농	J
11	밀싹	-	(주)아시아종묘	K
12	삼다찰조	-	(주)다농	L
13	기장	-	(주)다농	M
14	대조구	-	(주)다농	Control

선발된 서식처에는 기주특이성이 있어 화분과 식물에서만 증식할 수 있는 기장테두리진딧물을 접종하여 콜레마니진디벌의 먹이원으로 공급하면서, 식물의 성장속도와 진딧물의 증식속도를 확인하여 2차 실내 선발시험을 진행하였다. 50구 트레이에 각 식물의 종자를 1립씩 총 20립을 파종하여 온도 24 ~ 26℃, 습도 70 ± 5%, 광주조건 16L : 8D로 설정된 사육실에서 발아시켰다. 각 후보 식물은 발아 직후 기장테두리진딧물을 줄기 당 한 마리씩 접종하여, 1주일 간격으로 식물의 성장과 진딧물의 증식속도를 기록하였다. 저온기에 콜레마니진디벌의 서식처로 활용되고 있는 보리를 대조구로 두고, 식물 성장속도와 진딧물 증식속도를 양호, 중간과 불량의 세 단계로 나누어 기록했다. 상기의 시험에서 2차 선발된 후보종은 열대 온실 조건(평균 26℃로 유지)에 적용하여 생육이 양호한 식물 1종을 최종 선발하였으며, 최종 선발된 식물과 기존의 보리 벵커플랜트를 열대 온실 조건에 적용하여 식물의 건전한 생육정도를 확인하였다.

#### 다. 사막이리응애 서식처 선발

##### (1) 팽이밥의 잎응애류 밀도억제 효과 야외검증

제주 서귀포시 남원읍 남원리의 만감류 품종(카라향, 청견)이 혼합 식재 되어있는 시설 재배지(1,900 m<sup>2</sup>)에서 포식성 응애류가 많이 관찰되는 식물 1종인 팽이밥을 확인 할 수 있었다(그림 2-4). 또한 이 식물이 조성되어 있는 곳의 만감류 나무에서 굴응애의 밀도 수준이 현저하게 낮게 유지됨이 관찰되었다. 이를 근거로 팽이밥이 천적의 생존에 긍정적인 작용을 하며 그로 인해 굴응애의 밀도가 경제적 피해허용수준이하로 유지될 수 있음을 가정하고 이를 증명하기 위해 일련의 조사를 실시하였다.



그림 2-4. 포식성응애류의 서식처 후보종 팽이밥과 팽이밥응애.

초생재배를 실시하고 있던 만감류 시설재배지를 제초구, 초생재배구(초생 높이 30 cm이하로 관리)와 팽이밥처리구(팽이밥 외의 잡초 제거)로 구획하여, 굴응애와 포식성응애류의 경시적인 밀도 변동을 조사하였다(그림 2-5). 모든 처리구의 병해충 관리는 일반적인 관행 관리법에 준하여 이루어졌으며, 각 처리구의 외곽에는 제초관리를 통한 완충지대를 부여하여 처리구별 상호영향을 최소화하였다.



<제초구>                      <선별초생(괭이밥)재배구>                      <초생재배구>  
 그림 2-5. 괭이밥의 잎응애류 밀도억제 효과 검증을 위한 감귤원의 각 처리구.

해충과 천적의 밀도는 처리구별 5주를 임의로 선택하여 주당 4방위에서 각 5잎을 선정해 조사하였다. 잎의 선정은 일반 성인의 가슴높이를 기준으로 상하 50 cm내에서 이루어졌다. 또한 괭이밥처리구에서 임의로 선정된 나무 5주의 하단부 괭이밥을 대상으로 응애류의 밀도조사를 실시하였다. 만감류 나무 1주당 괭이밥 20잎을 선정하여 확대경(×10)을 활용해 잎응애류와 포식성 천적을 계수하였다(그림 2-6). 밀도조사 시 알은 제외하고 약충과 성충을 대상으로 2016년 4월 5일부터 주 1회 조사하였다.



그림 2-6. 확대경을 활용한 응애류 밀도조사와 야장 작성 모습.

## (2) 괭이밥응애에 대한 천적 2종의 포식량 조사

잎응애류 방제효과 극대화를 위한 괭이밥의 천적서식처로서의 적용 가능성을 검토하기 위해 괭이밥응애에 대한 칠레이리응애와 사막이리응애의 포식량을 확인하였다. 괭이밥응애는 2016년 3월 제주도 서귀포시 남원읍 남원리에 소재한 과수원의 괭이밥에 집단 서식하고 있는 개체를 채집해 사육실에서 증식시켜 사용하였다.

괭이밥응애 알에 대한 천적의 포식량 조사는 뚜껑에 직경 1.5 cm의 환기구가 있는 용기(직경 5.5, 높이 1.5 cm) 바닥에 탈지면(2 × 2 × 0.5 cm)을 깔고 탈지면이 잠기도록 물을 부은 후 그 위에 괭이밥 잎(2 × 1.5 cm)을 뒷면이 위로 향하게 올려두고 진행하였다. 준비된 괭이밥 잎에 괭이밥응애 암컷성충 1 ~ 3마리를 붓(2호, Hwahong 320)으로 점종 한 후 1일

동안 산란을 유도하였다. Moraes and Flechtmann (2008)은 사막이리응애가 암컷성충의 몸길이가 0.4 ~ 0.5 mm인 점박이응애(*Tetranychus urticae*)의 알을 하루에 15 ~ 20개 포식한다고 보고한 바 있어, 암컷성충의 몸길이가 0.65 mm인 꿩이밥응애의 알은 15개를 대상으로 진행하였다. 50배율의 디지털 현미경(Dino-Lite Premier Digital Microscope AM-7013MZT4)하에서 산란된 알을 15개씩만 남기고 제거한 후 대상 천적 암컷성충 한 마리를 접종하여 24시간 후에 포식수를 확인하였다(그림 2-7).



그림 2-7. 꿩이밥응애에 대한 천적 2종의 포식량 조사 모습.

꿩이밥응애 성충에 대한 포식량 조사는 산란을 억제하기 위해 어린 성충( $\leq 24$  hours old)을 대상으로 상기의 방법으로 진행 하였으며, 꿩이밥응애 암컷성충은 천적 한 마리 당 열 마리를 공급하였다. 모든 실험은 온도  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $70 \pm 5\%$ , 광주조건 16L : 8D로 설정된 사육실에서 3반복이상 수행되었고, 실험 중 물에 빠져 죽거나 자연사한 개체는 분석 대상에서 제외하였다.

### (3) 꿩이밥응애의 기초 생태특성 조사

천적서식처에 천적의 먹이로 접종될 꿩이밥응애의 기초 생태특성을 온도  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $70 \pm 5\%$ , 광주조건 16L : 8D로 설정된 사육실에서 확인하였다. 뚜껑에 직경 1.5 cm의 환기구가 있는 용기(직경 5.5, 높이 1.5 cm) 바닥에 탈지면( $2 \times 2 \times 0.5$  cm)을 깔고 탈지면이 잠기도록 물을 부은 후 꿩이밥 잎( $2 \times 1.5$  cm)을 뒷면이 위로 향하게 올려두고 꿩이밥응애 알을 하나씩 접종하였다. 매일 오후 4시에 현미경하에서 탈피각을 확인하면서 발육상황을 조사하였고 확인된 탈피각은 즉시 제거해 주었다. 조사가 진행되는 동안 신선한 먹이의 공급을 위해 3일에 한 번씩 꿩이밥 잎을 교체 공급해 주었다. 각 조건 별 최소 100개체 이상을 실험에 이용하였다(그림 2-8).

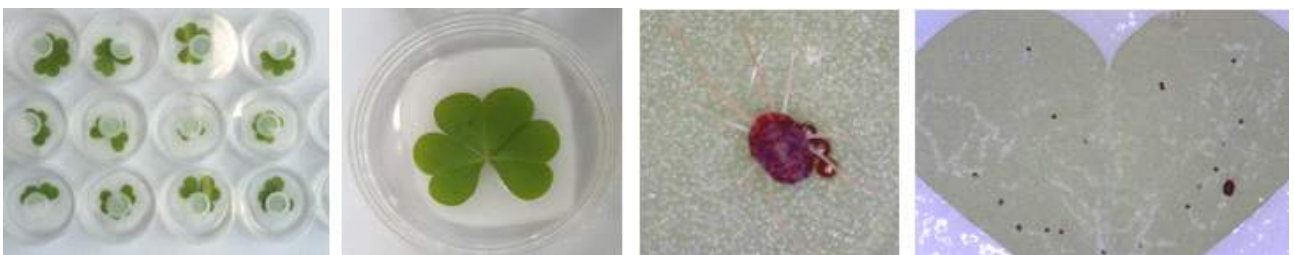


그림 2-8. 꿩이밥응애의 기초 생태특성 조사 모습.

### 3. 연구결과

#### 가. 미끌애꽃노린재

##### (1) 후보 식물에 대한 천적의 산란수 확인

미끌애꽃노린재의 서식처에 대한 산란수 확인 결과는 그림 2-9와 같다( $df = 6, F = 4.61, P < 0.01$ ). 미끌애꽃노린재의 1일 평균 산란수는 *Portulaca* sp., 채송화와 석연화에서 각 9.3개, 7.1개 및 6.6개의 산란수가 확인했으며, *Portulaca* sp.가 미끌애꽃노린재의 서식처로 최종 선발되었다.

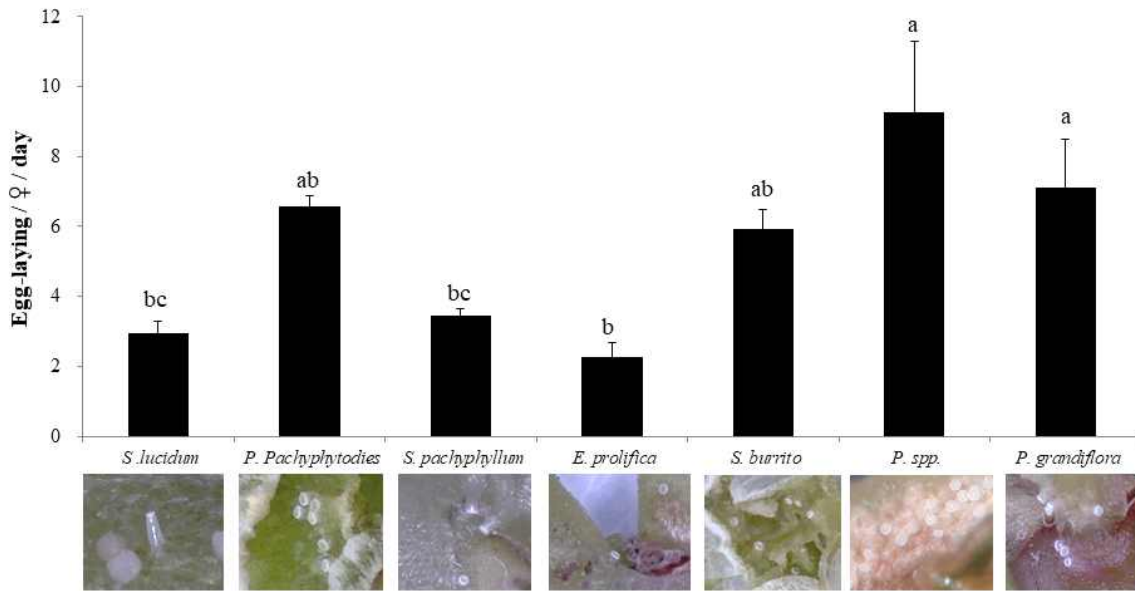


그림 2-9. 7종의 식물에 대한 미끌애꽃노린재의 1일 평균 산란수.

##### (2) 선발된 식물에 대한 미끌애꽃노린재의 증식 확인

선발된 *Portulaca* sp.에서 미끌애꽃노린재의 증식을 확인한 결과는 표 2-4와 같다. IOBC (International Organization for Biological Control) 품질기준(IOBC, 2002)에 의하면 *Orius* spp.는 암컷비율이 45%이상, 30쌍을 14일 동안 조사했을 때 30개 이상을 산란하면 좋은 품질의 천적이라고 보고한바 있는데, 본 시험은 이를 훨씬 상회하는 결과로 *Portulaca* sp.에서 천적의 증식이 가능함을 확인할 수 있었다(그림 2-10).

표 2-4. *Portulaca* sp.에서 미끌애꽃노린재의 생태특성

n	Hatchability (%)	Nymphal mortality (%)	Sex ratio (% of females)	Fecundity (eggs/females)	Longevity (days)
100	83.2 ± 9.9	20.1 ± 7.3	55.3 ± 5.4	308.6 ± 194.3	31.1 ± 5.4





그림 2-10. 서식처로 선발된 *Portulaca* sp.와 서식처에서 증식중인 미끌애꽃노린재.

#### 나. 콜레마니진디벌 서식처 선발

콜레마니진디벌 서식처 선발 결과는 그림 2-11과 같다. 13개 후보 식물군 중에서 진딧물 증식정도( $df = 13, F = 11.94, P < 0.0001$ )와 식물 성장속도( $df = 13, F = 12.82, P < 0.0001$ )가 중간 이상인 4개 후보 중 흰찰옥수수, 미니흑찰, 자홍찰옥수수와 얼룩찰옥수수를 2차 선발 하였다. 선발된 4개 후보 중을 열대 온실 조건에서의 생육가능성을 확인 한 결과, 얼룩찰 옥수수에서 진딧물 증식속도( $df = 4, F = 4.08, P = 0.0325$ )와 식물성장속도( $df = 4, F = 19.73, P < 0.0001$ )가 가장 양호한 것을 확인할 수 있었다(그림 2-12). 최종 선발된 얼룩찰 옥수수와 기존의 보리 뱅커플랜트를 열대온실에 적용 후 증식정도를 관찰한 결과, 2주가 경과된 시점부터 보리는 생육상태가 눈에 띄게 나빠졌으며, 결국 3주가 경과된 시점에서 고사 직전까지 진행된 것을 확인할 수 있었다(그림 2-13).

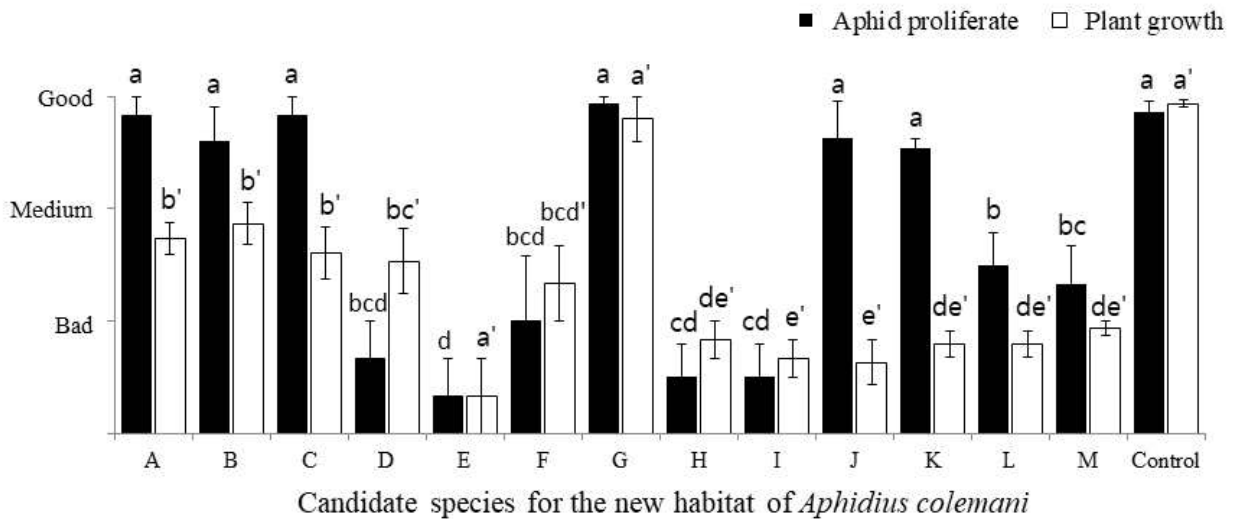


그림 2-11. 콜레마니진디벌 서식처 선발 실내 시험(식물명은 표 2-3에서 확인).

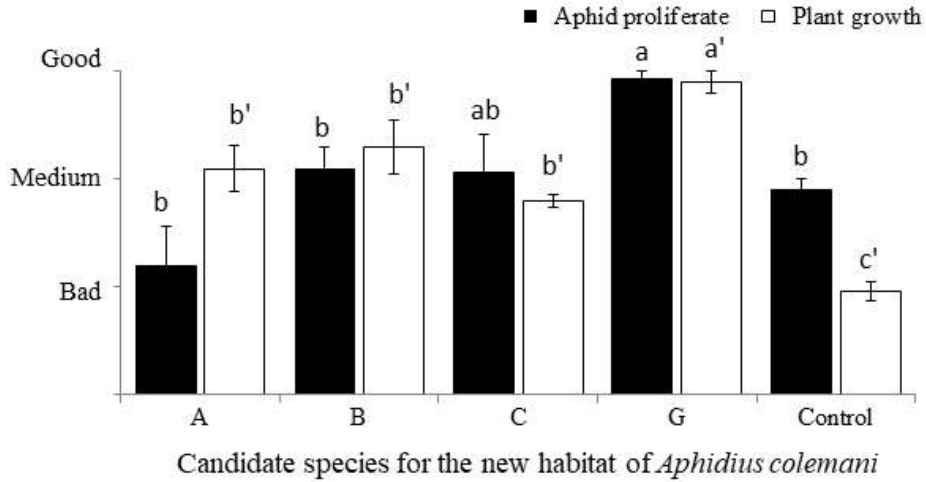


그림 2-12. 1차 선발된 후보종에 대한 열대 온실 조건에서의 생육 가능성 확인 (식물명은 표 2-3에서 확인).



<비교시험 1일차>

<비교시험 3주차>

그림 2-13. 최종 선발된 얼룩찰옥수수과 기 개발된 보리 뱅커플랜트의 열대 온실 조건에서 증식 상태 비교.

#### 다. 사막이리움에 서식처 선발

##### (1) 팽이밥의 잎응애류 밀도억제 효과 야외검증

제주 만감류 하우스에서 잎응애류 방제를 위한 팽이밥을 활용한 새로운 생물적방제법을 도출하기 위한 실험을 진행하였다. 그림 2-14는 토양관리방법에 따른 감귤나무에서의 잎응애와 포식성응애 밀도를 조사한 결과이다. 제초구에서 초생재배구의 3.1배, 팽이밥처리구의 3.7배의 높은 꿀응애 발생이 확인되었으며( $F=4.05$ ,  $df=2$ ,  $p=0.02$ ), 제초구에서의 천적의 밀도는 초생재배구와 팽이밥처리구에 비해 각각 4.3배, 1.4배 높았는데( $F=0.54$ ,  $df=2$ ,  $p=0.58$ ) 이는 본 조사를 실시한 재배지가 지속적으로 초생재배를 해왔기 때문에 제초구의 지피 식물에 서식하던 천적류들이 만감류 나무로 이동한 것으로 생각된다.

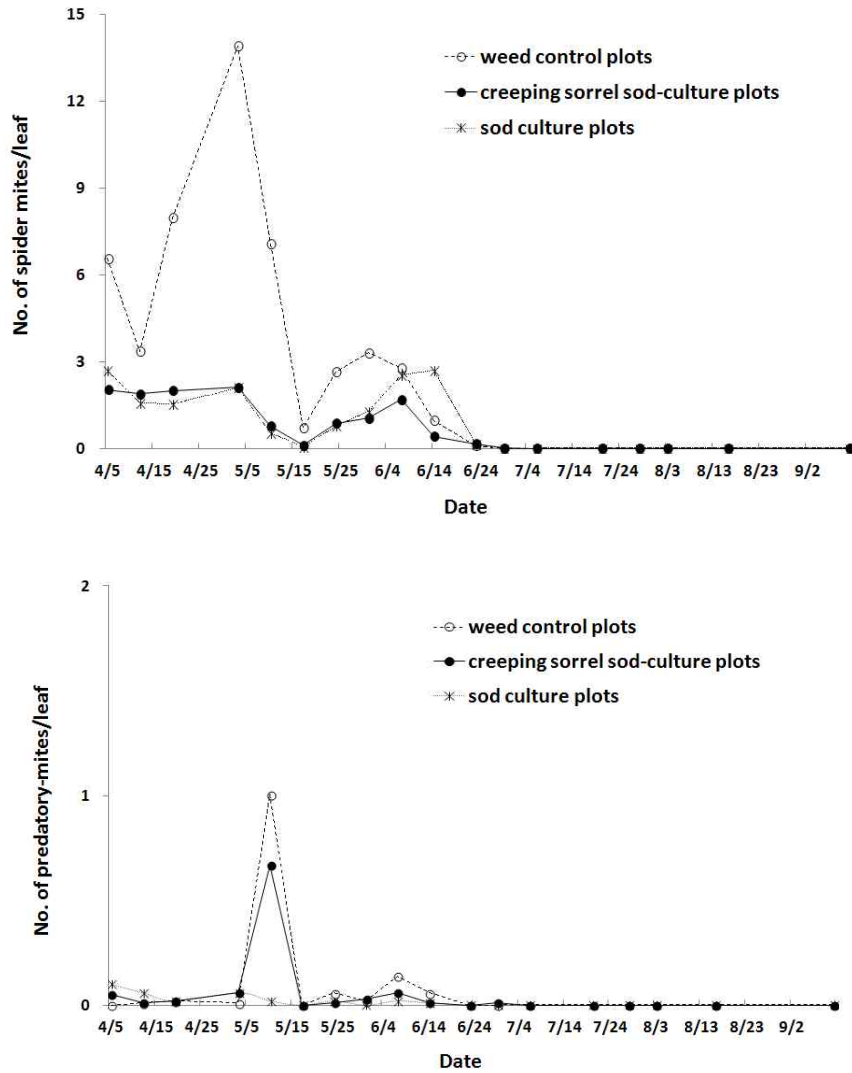


그림 2-14. 초생관리방법에 따른 잎응애류(위)와 천적(아래)의 경시적 밀도 변동.

그림 2-15는 팽이밭처리구에서 팽이밭의 잎응애와 포식성응애 밀도를 조사한 결과이다. 팽이밭응애와 기타 잎응애를 먹이원으로 다양한 포식성 응애가 서식하는 것을 확인하였다 ( $F=16.9$ ,  $df=2$ ,  $p<0.0001$ ). 팽이밭처리구와 초생재배구에서의 해충의 평균 밀도가 잎당 0.7, 0.9마리로 유사한 수준이었으나 천적의 밀도는 팽이밭처리구에서 초생재배구보다 3배 이상 높게 나타났는데, 이는 팽이밭에서 팽이밭응애와 기타 잎응애를 먹이원으로 다양한 포식성 응애가 서식하면서 만감류 나무로 지속적으로 유입되었기 때문인 것으로 판단된다.

이상의 결과에서 팽이밭이 천적의 훌륭한 서식처가 될 수 있음을 확인 할 수 있었으며 포식성응애의 서식처 역할을 하는 식물을 과원의 지피식물로 조성하게 되면 해충종합관리에 유리한 환경조건을 조성한다는 Croft and McGroaty (1977)와 Johnson and Croft (1981)의 연구결과와도 일치하였다. 그러나 5월 14일에 진딧물 방제를 위해 이미다클로프리드 수화제를 살포하였기 때문에 처리구의 대상해충 밀도가 급격히 낮아져 지속적인 굴응애의 밀도억제 효과는 확인할 수 없었다.

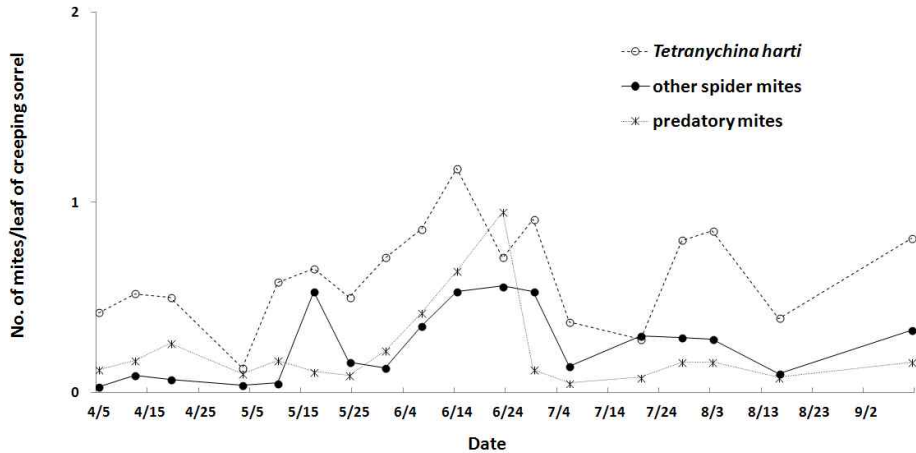


그림 2-15. 팽이밥에 서식하는 잎응애류와 천적의 경시적 밀도변동.

일반적으로 응애류 해충의 발생은 관건해충방제를 목적으로 하는 비선택적 살충제에 의해 천적이 제거됨으로써 나타난 문제로 해석되고 있으며(Croft and Hoyt, 1983), Kim (2005)도 약제를 살포하지 않는 초생채배 감귤과원에서는 천적들이 굴응애의 밀도를 조절할 수 있다고 보고 한 바 있으므로, 과원의 지피식물을 천적의 서식에 유리한 식물로 조성한다면 보다 효과적인 해충관리가 가능할 것으로 사료된다.

## (2) 팽이밥응애에 대한 천적 2종의 포식량 조사

사막이리응애와 칠레이리응애의 팽이밥응애에 대한 포식능력을 조사하였다. 팽이밥응애 알과 성충에 대한 1일간 포식량 조사결과, 사막이리응애는 1.96, 1.93개를 포식하였으나(그림 2-16). 칠레이리응애는 포식하지 않았다(표 2-5, 2-6).

McMurtry and Croft (1997)는 포식성 응애류를 4가지 타입(I: specialized predators of *Tetranychus* species represented by *Phytoseiulus* species, II: selective predators of spider mites such as *Galendromus*, some *Neoseiulus* and *Typhlodromus* species, III: generalists represented by some *Neoseiulus* and most *Typhlodromus* species, IV: generalist predators with a specialisation on pollen represented by *Euseius* species)으로 분류한바 있다. 일반적으로 칠레이리응애는 I번 타입, 사막이리응애는 II번과 III번 타입의 특성을 가지는 것으로 알려져 있는데(Walzer and Schausberger, 1999; van Houten et al., 2007; van Baal et al., 2007; Nguyen and Amano, 2009) 이는 본 실험의 결과와도 일치하였다. 또한 사막이리응애는 제주도 전역의 감귤과원에 널리 분포하고 있으며(Kawashima and Jung, 2011) 협식성인 칠레이리응애에 비해, 재배작물과 지표면의 식물을 활발히 오가며 먹이탐색을 하는 특성이 있어(Auger et al., 1999; Raworth et al., 1994; Jung and Croft, 2001) 신규 개발될 천적유지 식물에 혼합 적용할 수 있는 천적으로 적합할 것으로 판단된다.



그림 2-16. 팽이밥응애 성충과 알을 포식하고 있는 사막이리응애와 포식당한 팽이밥응애 성충.

표 2-5. 팽이밥응애 알에 대한 천적 2종의 포식량

Natural enemies	No. of individuals observed	No. of eggs provided	No. of eggs consumed/day
<i>P. persimilis</i>	11	15	0.0 ± 0.0
<i>N. californicus</i>	26	15	1.96 ± 1.15

표 2-6. 팽이밥응애 암컷성충에 대한 천적 2종의 포식량

Natural enemies	No. of individuals observed	No. of adults provided	No. of adults consumed/day
<i>P. persimilis</i>	9	10	0.0 ± 0.0
<i>N. californicus</i>	28	10	1.93 ± 1.25

### (3) 팽이밥응애의 기초 생태특성 조사

팽이밥응애의 기초 생태특성은 표 2-7, 2-8과 같다. 알에서 성충까지 17.4일이 소요되었으며 77.5%의 부화율과 84.8%의 유충 생존율을 확인하였다. Koveos and Tzanakakis (1989)는 팽이밥응애 암컷성충은 단일조건에서 휴면 알을 산란한다고 보고한 바 있으므로 추후 천적유지식물 생산 공정개발을 위해 팽이밥응애의 휴면특성, 저온저장기술 등의 추가 연구가 진행되어야 할 것이다.

표 2-7. 팽이밥에서 팽이밥응애의 발육기간(n = 133)

Egg	Larval stage				Egg to adult
	Larva	Protonymph	Deutonymph	Total larval	
8.8 ± 0.9	3.0 ± 0.3	2.8 ± 0.4	3.2 ± 0.4	8.9 ± 0.9	17.4 ± 1.2

표 2-8. 팽이밥응애의 부화율과 유충 생존율

No. of individuals observed	Hatchability (%)	Survival rate (%)
261	77.5 ± 28.4	84.8 ± 7.7

### 제3절. 선발된 천적 서식처의 대량 생산 및 먹이공급 시스템 구축

#### 1. 연구목표

토마토와 딸기 난방제 해충인 총채벌레류, 진딧물류와 잎응애류를 효율적으로 방제하기 위해 천적 곤충별 서식처의 대량생산 및 먹이공급 시스템 개발하여 지속가능한 생태 보전형 Push-Pull 전략을 구축하고자 한다.

#### 2. 연구내용

농촌진흥청의 표준화된 사육기술과 시설 및 규격에 대한 기준 『산업곤충 사육기준 및 규격』에 준하여 천적 서식처의 대량 생산 시스템을 개발하였으며, 천적의 서식처 사육 조건(온도, 습도, 광조건, 관수량 등)을 규명하였다. 천적적용은 아크릴 또는 망케이지를 이용하여 대상 천적에 노출시켰으며 천적 채란 후, 부화까지의 소요일수와 환경조건을 고려하여 재배 기간, 생산 공정별 관리방법 및 사육조건 등을 확립하였으며 천적 서식처 제품의 생산 매뉴얼을 구축하였다.

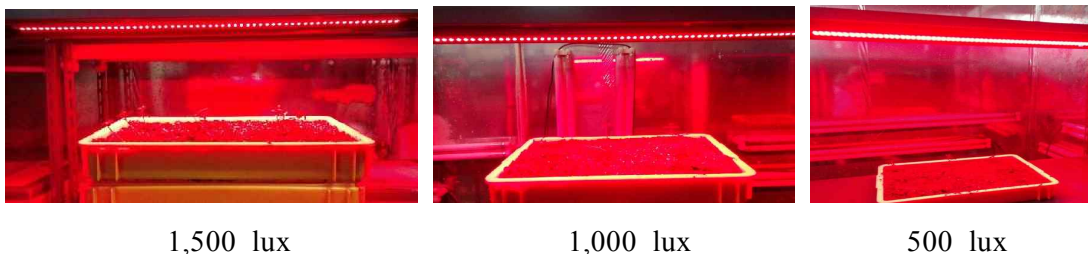
#### 3. 연구결과

##### 가. 총채벌레류 적용 천적서식처의 대량 생산시스템 개발

*Portulaca* sp.의 실내 재배 시 광량이 미치는 영향을 확인하여 서식처 생산 효율을 극대화하기 위하여 LED의 lux 조건을 500 lux, 1,000 lux와 1,500 lux로 달리하여 식물의 초장 생육 상태를 시설하우스의 자연광 조건과 비교하였다. 시설 하우스의 평균 온도는 20 ~ 35℃, 실내 사육실은 22 ± 1℃, 습도 60 ± 5%, 광주기 16L : 8D로 설정되었다. 시험결과는 표 2-9와 같으며, 500 lux이상의 LED를 설치하면 실내에서도 건전한 재배가 가능함을 확인할 수 있었다(1주:  $df = 3, F = 1.41, P = 0.31$ ; 2주:  $df = 3, F = 1.64, P = 0.26$ ; 3주:  $df = 3, F = 2.69, P = 0.12$ ; 4주:  $df = 3, F = 2.3, P = 0.15$ ; 5주:  $df = 3, F = 1.65, P = 0.25$ ).

상기의 시험결과를 적용하여 구축된 미끌애꽃노린재 서식처 *Portulaca* sp.의 실내 대량 생산 시스템은 표 2-10과 같다.

표 2-9. *Portulaca* sp. 재배 시 광량이 미치는 영향



구분	조도별 초장 생육(cm) <sup>1)</sup>					
	조건 lux	1주	2주	3주	4주	5주
LED	500	5.3 ± 0.5a	5.5 ± 0.7a	5.8 ± 0.5ab	6.8 ± 1.1a	8.1 ± 2.4a
	1,000	5.1 ± 0.5a	5.5 ± 0.7a	5.1 ± 0.5b	9.5 ± 2.0a	11.2 ± 3.2a
	1,500	4.9 ± 1.0a	5.2 ± 1.1a	7.1 ± 0.7a	9.8 ± 1.9a	11.1 ± 2.1a
	자연광	5.9 ± 0.3a	6.5 ± 0.7a	6.9 ± 1.7ab	9.9 ± 1.7a	12.7 ± 2.5a

<sup>1)</sup> Different letters next to mean indicate significant differences among means at Type I error = 0.05 by Tukey's Studentized Range (HSD) Test.

표 2-10. 미끌애꽃노린재 천적서식처의 관리방법 및 사육조건에 대한 매뉴얼

순서	누적 일수	사육단계	관리 방법	비고
1	1	D-50일 재료 준비 	- 재료준비: 기주식물, 흙, 재배상자(340 × 490 × 70 mm), 망케이지	- 재배상자 필요량: 3개 ※ 채란케이지 1개 기준
2	2	식물 꺾꽂이 	- 식물을 5 cm 길이로 잘라 4 cm 간격으로 꺾꽂이	- 21~25 °C, 60~70% RH, 16L : 8D - 토양은 건조하게 유지
3	2~50	식물 증식 	- 오염예방을 위해 망케이지에서 증식	- 500 lux LED 설치
4	50	식물 수확 	- 10 cm 이상의 길이로 잘라서 천적 접종	- 접종 전 세척 후 사용
4	50	천적의 먹이준비 	- 줄알락명나방의 알 구입 후 천적에게 공급	- 영하 20 °C이하의 냉동 보관하면서 사용
5	51~53	천적채란 	- 케이지(1,100 × 400 × 600 mm)에 천적 6,000마리 접종 - 상단의 선반에 식물 줄기 40개 공급	- 줄알락명나방알 1.2 g과 건조화분 0.4g 먹이로 제공(2 ~ 3회/주)
6	54	채란 분리 	- 주 2 ~ 3회 채란 및 분리, 케이지하단에 상기와 같은 방법으로 식물을 접종한 뒤 암막천으로 덮고 하단의 LED ON → 30 ~ 60분 후, 상단의 식물 분리	- 천적의 채란 분리 시점은 육안으로 확인 후 가감함
7	54~	품질관리 및 제품 포장 	- 설정한 제품 규격에 맞춰 천적의 알이 산란된 식물 포장 및 현미경하에서 QC 후 제품 출하	- 외부 기상조건에 따라 포장에 유의

미끌애꽃노린재의 서식처에 적용할 수 있는 천적의 먹이공급시스템을 구축하기 위하여 천적의 먹이 급이 시스템에 관한 특허 조사결과, 15건의 유효한 자료를 얻을 수 있었다(표 2-11).

표 2-11. 천적의 먹이공급 시스템에 관해 수집한 특허 기술 및 분석

국가	발명의 명칭	등록번호	등록일	분석결과
KR	애꽃노린재류의 먹이 사육방법 및 장치	10-0426462	2004-03-29	자사 특허
KR	지중해가루명나방의 알을 이용한 무궁화관총채벌레의 대량사육장치 및 이를 이용한 무궁화관총채벌레 대량사육방법	10-1053217	2011-07-26	침해 가능성 낮음
KR	뱅크플랜트의 생산 자동화를 통한 뱅크플랜트와 진딧물, 천적의 분리 공급방법	10-1096011	2011-12-13	침해 가능성 낮음
KR	나방류 천적의 대량 증식 장치 및 방법	10-1220410	2013-01-03	자사 특허
KR	팽연왕겨를 포함하는 천적 사육용 증진제 조성물, 천적 사육용 조성물 및 해충 방제용 조성물	10-1044051	2011-06-17	침해 가능성 낮음
KR	뱅크플랜트 재배세트 및 이를 이용한 뱅크플랜트 재배방법	10-1161581	2012-06-26	자사 특허
KR	파리성충 사육장치, 이를 포함하는 파리기생천적의 대량사육 시스템 및 상기 파리기생천적을 포함하는파리기생천적 방사용기	20-0319123	2003-06-25	침해 가능성 낮음
KR	파리천적 생산방법 및 이를 이용하여 생산된 파리천적	10-1556291	2015-09-22	침해 가능성 낮음
KR	천적 곤충을 사육하기 위한 급이 방법 및 급이 장치	4533988	2010-06-25	침해 가능성 낮음
KR	응애 조성물, 그의 용도, 포식성 이리응애의 사육 방법,상기 포식성 이리응애를 사육하는 사육 시스템 및 작물에서의 생물학적 해충 방제 방법	10-2007-70 17574	2004-12-31	침해 가능성 낮음
KR	고기진드기 및 이리응애를 포함하는 응애 조성물, 그의용도, 포식성 이리응애의 사육 방법, 포식성 이리응애를사육하는 사육 시스템 및 작물에서의 생물학적 해충 방제방법	10-2008-70 18509	2005-12-29	침해 가능성 낮음
KR	포식성 응애 및 진균 감소제와 접촉된 고정화된 먹이를 포함하는 응애 조성물 및 상기 조성물의 사용과 관련된 방법 및 용도	10-2014-70 21658	2012-10-23	침해 가능성 낮음
KR	응애 조성물, 담체, 응애의 사육 방법 및 이와 관련된 용도	10-2014-70 21659	2012-10-23	침해 가능성 낮음
KR	유익한 응애를 방출하는 시스템 및 그의 용도	10-2018-70 23074	2017-01-16	침해 가능성 낮음
JP	천적 곤충을 사육하기 위한 급이 방법 및 급이 장치	4533988	2010-06-25	침해 가능성 낮음
JP	천적 곤충 증식 장치	5960440	2016-07-01	침해 가능성 낮음
JP	벌레유인시스템	5114445	2012-10-19	침해 가능성 낮음
PCT	SYSTEM FOR RELEASING BENEFICIAL MITES AND USES THEREOF	PCT-NL201 7-050022	2017-01-16	침해 가능성 낮음



검색된 자료를 분석하여 기 등록된 특허권에 대한 침해가 성립되지 않도록 구상한 천적의 먹이공급카드는 그림 2-17과 같다.

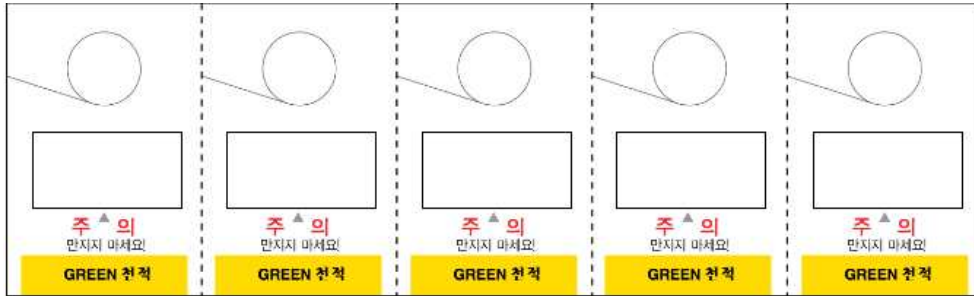


그림 2-17. 미끌애꽃노린재 먹이카드.

### 나. 진딧물류 적용 천적서식처의 대량 생산시스템 개발

진딧물류 적용 천적 클레마니진디벌의 서식처로 선발된 얼룩찰옥수수의 대량생산 시스템을 확립하였으며, 얼룩찰옥수수의 관리방법 및 사육조건은 표 2-12와 같다.

#### (1) 접종용 먹이곤충 생산 및 계대 유지

(가) 먹이곤충 : 기장테두리진딧물(*Rhopalosiphum padi*)

(나) 기주식물 : 보리 또는 옥수수

(다) 환경조건 : 온도 23 ~ 25℃, 상대습도 60 ~ 70%, 광조건 16L : 8D

(라) 건전한 종자를 선별, 소독하여 과종할 준비를 한다. 재배용 화분(150 × 175 mm)에 상토를 80%이상 채우고 10 mm간격으로 과종 후 상토를 얇게(10 mm 정도) 덮어주고 화분바닥으로 물이 흘러나올 정도로 충분히 관수한다. 5일후 발아가 되면 충분히 관수 후 망케이지로 옮긴다. 이때 화분에서 흘러나온 물이 아래에 고이게 되면 접종할 진딧물이 빠져 죽거나, 식물 생육조건에 좋지 않는 과습 상태가 될 수 있기 때문에 주의한다.

(마) 진딧물을 접종할 화분의 수를 고려해 접종에 필요한 진딧물(주당 진딧물이 30여 마리가 붙어 있는 식물 5주)을 준비해 둔다. 주당 2마리의 진딧물을 접종한다. 접종 3일째 또는 접종한 진딧물이 모두 새 식물로 이동 했을 때, 접종한 식물은 핀셋을 이용해 제거한다. 식물을 제거하지 않으면 곰팡이가 발생하거나 시들면서 새 식물에 뒤엉켜 기주식물을 쓰러지게 해 진딧물 증식에 나쁜 영향을 미칠 수 있기 때문에 주의한다.

(바) 접종 후 2주째, 3개 케이지의 진딧물 밀도를 조사한다. 각 케이지마다 삼등분하여 3개 구역으로 나누어, 각 구역마다 무작위로 5주를 선택한다. 선택한 줄기의 상·중·하 부분의 cm<sup>2</sup>에 있는 진딧물 수를 조사한다. 조사결과 먹이곤충이 cm<sup>2</sup>당 평균 2마리정도가 되면 다음공정에 사용하거나 계대유지용으로 재사용한다.

## (2) 천적 서식처 생산

(가) 기주식물 : 옥수수(얼룩찰옥수수)




(나) 건전한 옥수수 종자를 선별 및 소독하여 파종할 준비를 한다. 재배용 화분(150 × 175 mm)에 상토를 80%이상 채우고 종자를 10 mm간격으로 파종 후 상토를 얇게 덮어준다. 파종일자별로 땅을 이용하여 구획을 나누어 분리해서 관리한다.

(다) 발아 직후, 주당 2마리의 진딧물을 접종한다. 진딧물을 접종할 화분의 수를 고려해 접종에 필요한 마리 수만큼 미리 진딧물 사육실에서 준비해 온다.

(라) 진딧물 접종 1주 후 천적을 접종한다. 이때 진딧물 밀도는 화분 당 평균 350마리 정도가 된다. 진딧물과 천적을 45 : 1의 비율로 접종한다. 천적 접종 후 10일이 지나면 번데기가 된 진딧물 50여개와 진딧물 500마리 이상이 존재하는 제품이 완성이 된다.

(마) 물 관리 : 파종 후와 진딧물 접종 전에만 호수를 이용해서 화분 아래로 물이 흘러나올 정도로 충분히 물을 준다. 옥수수가 어느 정도 자라서 곤충들이 접종 된 뒤에는 호수를 이용해서 하나씩 옥수수 아랫부분에 물을 주기가 어렵고 시간이 많이 소요되기 때문에 점적기를 설치하여 점적관수(點滴灌水)를 실시한다.

표 2-12. 콜레마니진디벌 서식처의 관리방법 및 사육조건에 대한 매뉴얼

구분	사육단계	기간	관리 방법	사육조건
파종		4일	- 종자소독 - 10 mm 간격으로 파종 - 건조하게 토양 유지	- 온도: 23 ~ 25℃ - 습도: 60 ~ 70% - 광조건 16L : 8D
먹이 곤충 접종		7일	- 발아 후, 주당 2마리 접종 - 접종 7일후 또는 화분 당 평균 350 마리일 때 다음 공정으로 이동 - 계대유지용 별도관리(㎠ 당 평균 2마리까지 증식)	- 온도: 23 ~ 25℃ - 습도: 60 ~ 70% - 광조건 16L : 8D
천적 곤충 접종		10일	- 진딧물 : 천적 = 45 : 1로 접종 - 접종 10일째 제품으로 출고	- 온도: 21 ~ 25℃ - 습도: 60 ~ 80% - 광조건 16L : 8D

### 다. 사막이리응애 천적서식처의 대량 생산시스템 개발

정원에서 관상식물로 이용되는 미끌애꽃노린재 서식처와 농경지에서 구황작물로 식재되는 콜레마니진디벌의 서식처와 달리, 사막이리응애 서식처인 팽이밥은 팽이밥과에 속하는 국내자생식물 중 하나로 구근성(球根性) 다년생 잡초이다(Lee, 1966; Lee, 2003). 전국적으로

분포하기는 하나, 시중에서 구입할 수 없는 식물로 천적의 서식처로 활용하기 위하여 식물을 채집 및 직접 채종하여 발아율, 일자별 성장정도, 최적 이식시기의 결정과 복합비료 시비에 대한 영향을 조사하여 팽이밥의 대량 생산시스템을 구축하였다.

### (1) 발아율 조사

채종한 팽이밥 종자의 실내 발아율 조사는 온도 25℃, 습도 60%, 광주조건 16L : 8D로 설정된 인큐베이터에서 확인하였다. 직경 5.5 cm, 높이 1.5 cm의 투명 플라스틱 용기 바닥에 탈지면을 깔고 탈지면이 잠기도록 물을 부은 후 팽이밥 종자 30립을 0.6 cm간격으로 올려 두고, 총 3개 용기를 대상으로 발아율을 조사하였다(그림 2-18).

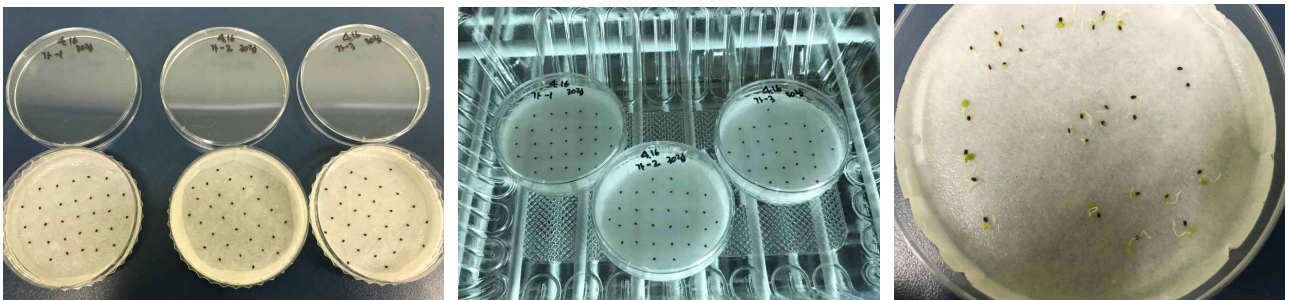


그림 2-18. 실내에서 팽이밥의 발아율 조사 모습.

하우스에서의 발아율 조사는 팽이밥 종자 600립을 상토에 파종 후 진행했으며 최저 온도 1.1℃, 최고 온도 42.6℃, 평균 온도  $22.9 \pm 8.3^\circ\text{C}$ 와 평균 습도  $70.2 \pm 23.3\%$ 로 유지되는 하우스에서 진행되었다(그림 2-19). 유근 또는 자엽이 0.2 cm 이상 돌출했을 때 발아한 것으로 간주하였으며, 실내와 하우스에서의 발아율과 발아까지 소요된 일수는 표 2-13과 같다. 실내와 하우스에서의 발아율은 각 63.3%와 48.7%이나 처리구별 유의차는 없었다( $df = 1, 5, F = 1.01, P = 0.3713$ ). 그에 반해 발아까지 소요된 일수는 실내에서 평균 6.3일로 하우스의 평균 20.8일보다 14.6일이 단축됨을 확인 할 수 있었다( $df = 1, 5, F = 118.72, P < 0.001$ ).



그림 2-19. 하우스에서 팽이밥의 발아율 조사 모습.

표 2-13. 실내와 하우스에서 팽이밥종자의 발아율과 발아까지 소요된 일수

구분	N	발아율(%)				소요일수(일)			
		1	2	3	평균	1	2	3	평균
실내	90	40	60	90	63.3 ± 20.5 a	5.9	5.7	7.3	6.3 ± 0.7 a
하우스	300	48	51	47	48.7 ± 1.7 a	23.3	19.2	20.1	20.8 ± 1.8 b

## (2) 이식 시기 결정

팽이밥의 건전한 증식을 위해 최적 이식시기를 결정하였다. 이식 시기 결정은 상기 실험에서 발아한 팽이밥을 대상으로 상기와 동일한 하우스에서 진행되었다(그림 2-20). 발아 후 분엽 수가 4, 5와 6엽일 때 팽이밥 1주씩 직경 8 cm의 플라스틱 포트에 이식하였다.

이식 후 5일 간격으로 20일째까지 초장과 엽수를 측정하여 최적 이식 시기를 결정하였으며, 그 값은 그림 2-21과 같다. 엽수 증가율은 이식 시기에 상관없이 모든 팽이밥포트에서 균일하게 증가하였으나( $df = 2,8, F = 2.44, P = 0.17$ ), 초장은 4엽일 때 이식한 포트에서 건전한 신장률을 확인할 수 있었다( $df = 2,8, F = 7.78, P = 0.02$ ).

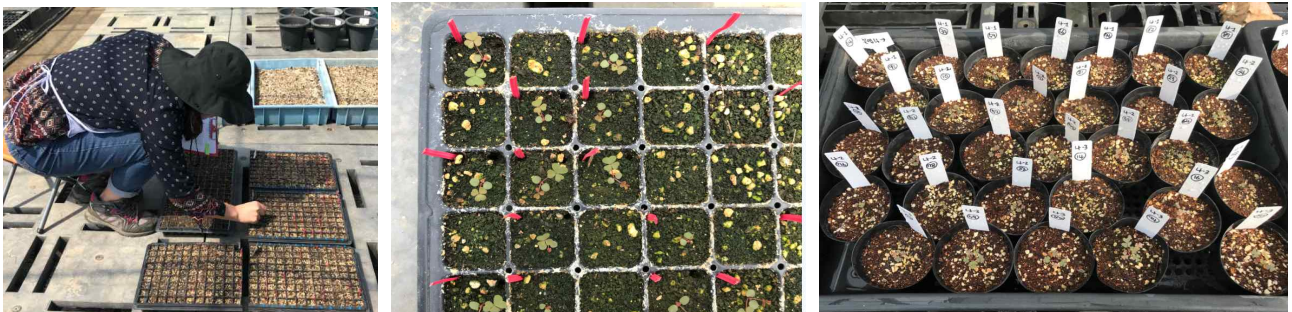


그림 2-20. 이식 시기 결정 시험 모습.

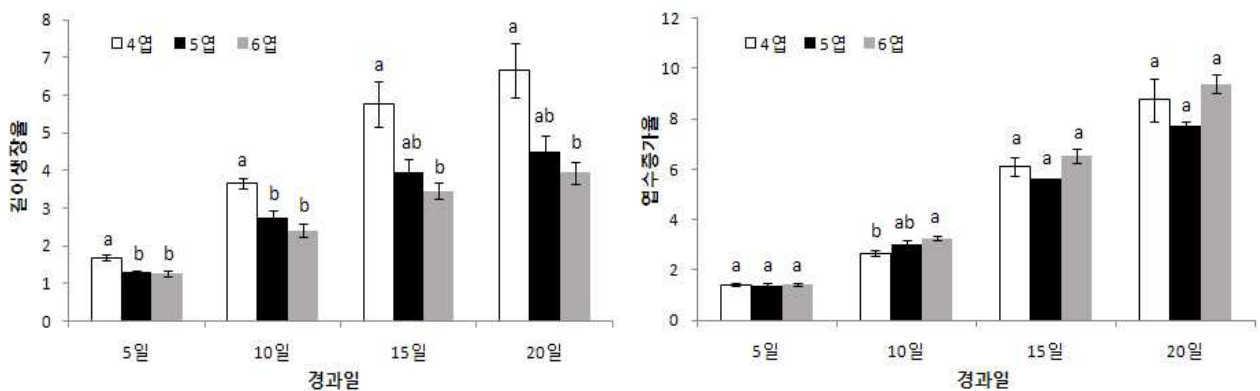


그림 2-21. 이식 시기에 따른 초장(신장률)과 엽수 증가율.

### (3) 시비량 및 시비시기 결정

팥이밥의 건전한 증식을 위하여 수용성 복합비료(20-20-20)의 시비량을 결정하였다. 물 1 ℓ 당 복합비료 2.5g, 5g과 10g을 희석하여 5, 7과 9엽인 팥이밥에 각 1회만 엽면시비 하였다. 시비 후 5일, 10일과 15일 후 각 처리구의 엽수와 초장을 측정하여 최종 시비량을 결정하였다(그림 2-22).



그림 2-22. 복합비료 시비량 결정 시험 모습.

복합비료 시비량 결정 시험 결과, 5엽과 9엽에서는 시비량과 상관없이 모든 팥이밥 포트에서 초장(5엽:  $df = 3,11$ ,  $F = 1.51$ ,  $P = 0.28$ ; 9엽:  $df = 3,11$ ,  $F = 0.29$ ,  $P = 0.83$ )과 엽수(5엽:  $df = 3,11$ ,  $F = 0.11$ ,  $P = 0.96$ ; 9엽:  $df = 3,11$ ,  $F = 2.43$ ,  $P = 0.14$ )가 균일하게 성장하였으나, 7엽일 때 시비를 시작한 팥이밥에서는 물 1ℓ 당 복합비료를 2.5g 희석한 처리구에서 처리 15일 쯤 초장( $df = 3,11$ ,  $F = 5.68$ ,  $P < 0.02$ )과 엽수( $df = 3,11$ ,  $F = 8.66$ ,  $P < 0.01$ )의 건전한 증식을 확인할 수 있었다(그림 2-23).

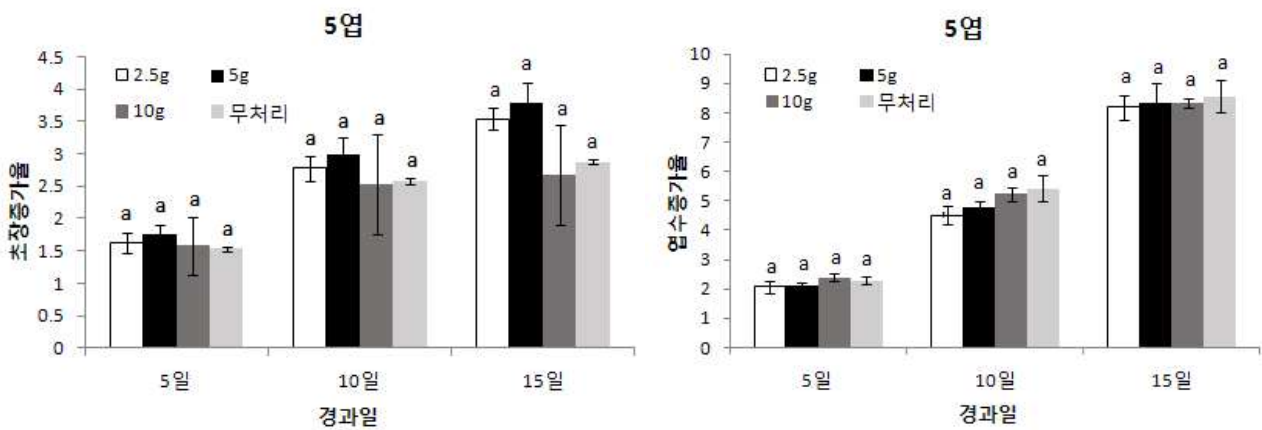


그림 2-23. 시비 시기에 따른 초장(신장률)과 엽수증가율(계속).

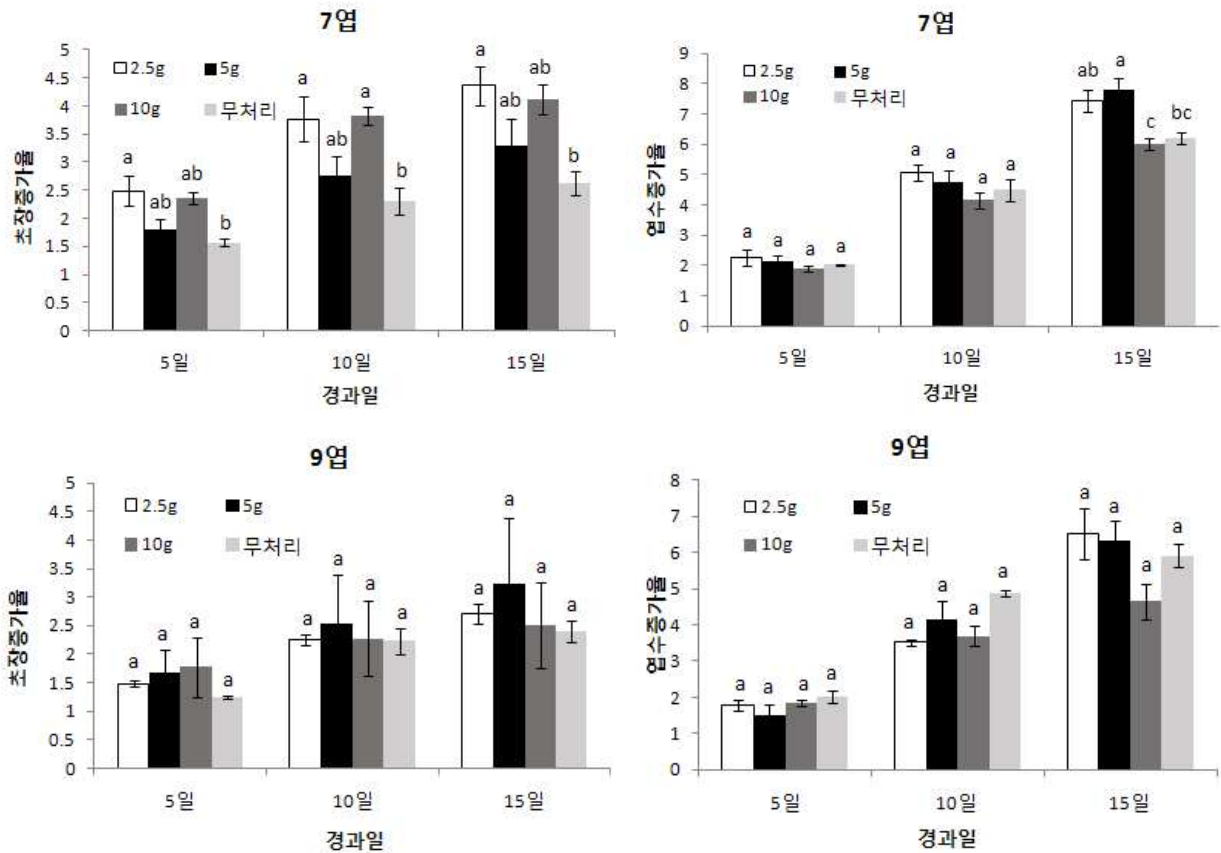


그림 2-23. 시비 시기에 따른 초장(신장률)과 엽수증가율.

#### (4) 팽이밥의 엽수 증가에 따른 경과일수 조사

팽이밥의 대량 생산시스템 구축을 위한 기초 자료를 구축하고자 시간 경과별 팽이밥의 엽수 증가율을 조사하였다. 상기의 실험에서 결정된 시비량인 물 1ℓ 당 수용성 복합비료 (20-20-20) 2.5g을 희석하여 5일 간격으로 엽면시비 하면서 엽수증가율을 조사하였다(그림 2-24). 주기적으로 비료를 시비하면서 관리한 팽이밥은 15엽까지 성장하는데 평균 19.6일이 소요되었으나, 비료를 주지 않은 처리구에서는 35.9일이 소요되어, 비료시비의 경과일수 단축 효과를 확인할 수 있었다( $df = 1,5, F = 143.6, P < 0.001$ ).

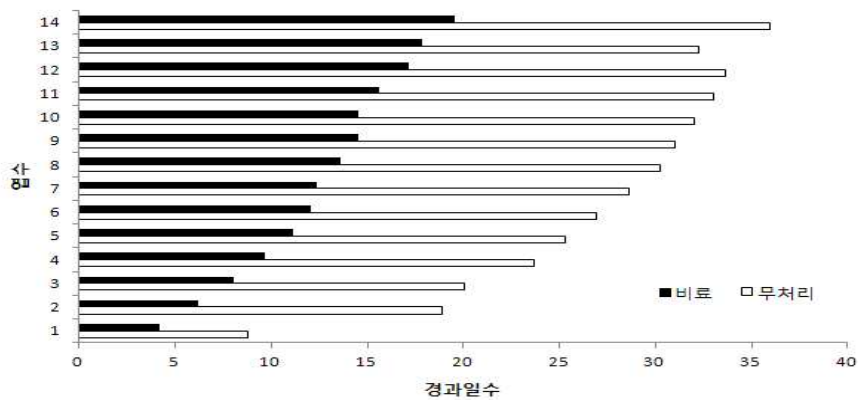


그림 2-24. 팽이밥의 엽수 증가에 따른 경과일수.

**(5) 팽이밥의 대량 생산시스템 구축**

사막이리응에 천적 서식처인 팽이밥의 대량생산 시스템은 표 2-14와 같다. 추후 효율적인 공정관리를 위해 LED를 접목한 식물공장 개념을 도입할 필요가 있을 것으로 생각된다.

표 2-14. 사막이리응에 서식처의 관리방법 및 사육조건에 대한 매뉴얼

순서	누적 일수	사육단계	관리방법	비고
1	1	D-30일 재료 준비 	- 준비물: 기주식물, 흙, 재배 상자(340 × 490 × 70 mm), 망사케이지	- 실내(25 °C)에서 발아
2	1	파종 	- 팽이밥 종자를 5 cm 간격으로 파종	- 25 °C, 60~70% RH, 16L : 8D
3	7	발아 	- 복합비료 엽면시비 시작	- 수용성 복합비료(20-20-20) 2.5 g을 물 1ℓ에 희석해서 사용
4	17	이식 	- 4엽까지 전개가 된 식물 소형포트로 이식	- 토양 표면 건조하게 관리
5	22~25	제품포장 	- 14엽 이상 전개된 식물 키트에 포트 포장	- 물먹은 질석을 키트외부에 넣어 습도 유지
6	22	먹이카드 준비 	- 천적의 먹이카드 준비	- 냉동보관 후 필요 시 제품 출하
7	25	품질관리 및 출하 	- 건전한 식물 선별 후 제품 출하	- 외부 기상조건에 따라 포장에 유의

## 제4절. 천적과 먹이공급시스템이 구축된 서식처의 해충방제효과

### 1. 연구목표

상기 시험결과로 구축된 천적과 서식처(천적의 먹이 포함)의 해충방제효과를 열대식물 온실 및 토마토와 딸기 하우스에서 규명하고자 수행하였다.

### 2. 연구내용

#### 가. 미끌애꽃노린재와 서식처의 총채벌레류 방제효과(시설 토마토)

2018년 6월 20일부터 8월 21일까지 강원도 횡성군 둔내면에 위치한 시설 토마토에서 미끌애꽃노린재와 서식처의 총채벌레 방제효과를 확인하였다. 선발된 천적과 서식처의 해충방제효과검증을 위해 단동 시설하우스 3동을 각 천적단독처리구, 천적과 서식처 혼합처리구와 관행방제구(약제처리)로 구분하였다.

6월 초에 썸머티니(방울토마토 신품종)를 정식했으며, 정식 직후 미끌애꽃노린재와 서식처를 1차 적용하였고, 1주일 뒤 미끌애꽃노린재만 추가 방사하였다. 천적은 제품방사기준에 준하여 적용했으며(1병/660 m<sup>2</sup>), 서식처로 *Portulaca* sp. 6포트를 설치하였다. 각 처리구 해충의 밀도변동은 6월 28일부터 7 ~ 14일 간격으로 하우스 입구부터 각 두둑마다 3 m간격으로 10개 지점의 토마토 1주를 대상으로 하였다. 각 주마다 상·중·하 3줄기에 대하여 10배율 확대경으로 잎 앞·뒷면의 모든 총채벌레 수를 조사하였다(그림 2-25).



그림 2-25. 시험포장에 설치된 천적의 서식처와 조사모습.

#### 나. 콜레마니진디벌과 서식처의 진딧물류 방제효과(열대온실, 시설 토마토와 딸기)

##### (1) (선행연구) 열대식물 온실에서 콜레마니진디벌과 서식처의 해충방제효과

고온조건 하에서 콜레마니진디벌과 서식처의 효과를 검증하고자 국립수목원 열대식물 온실에서 진딧물류에 대한 밀도억제효과를 확인하였다. 콜레마니진디벌은(500 번데기/125



ml병) 자사의 방사기준에 준하여 처리하였다(1병/660 m<sup>2</sup>). 상기의 연구로 선발된 서식처는 기존 서식처 제품 규격의 10%수준인 식물 10주, 기장테두리진딧물 100마리와 천적의 번데기 10개로 제작하여 적용하였다. 진딧물류에 취약한 수목 4종 *Justicia gendarussa*, *Acalypha hispida*, *Ficus petersii*와 *Hibiscus rosa-sinensis*를 대상으로 2015년 3월 10일부터 진딧물류의 밀도 조사를 진행하였고, 콜레마니진디벌과 서식처는 3월 중순경 포장에 적용하였다.

콜레마니진디벌은 7일 간격으로 2회 방사하였다. 현장 밀도조사는 7일 간격으로 10배율 확대경으로 10월 하순까지 수행하였으며, 데이터의 신뢰성을 제고하고자 고정 처리구를 설치하여 주기적인 해충밀도 양상의 변화를 기록하였다. 고정처리구의 대상 식물 당 4방위를 돌아가며 6가지를 선택하여 라벨을 부착하고 라벨이 부착된 가지마다 3엽의 평균 밀도를 조사하였다.

## (2) 시설 토마토에서 콜레마니진디벌과 서식처의 해충방제효과

시설 토마토에서 콜레마니진디벌과 서식처를 이용한 진딧물 방제효과를 확인하기 위하여 2018년 6월 20일부터 8월 21일까지 강원도 횡성군 둔내면에 위치한 단동 시설하우스 3동을 천적 단독처리구, 천적과 서식처 혼합처리구와 관행방제구(약제처리)로 구분하였다. 방울토마토(썸머티니)는 6월 초에 정식했으며, 정식 직후 콜레마니진디벌과 서식처를 1차 적용하였고, 1주일 뒤 콜레마니진디벌만 추가 방사하였다. 천적은 제품방사기준에 준하여 적용했으며(1병/660 m<sup>2</sup>), 서식처로 옥수수 6주를 가식하였다. 각 처리구 해충의 밀도변동은 6월 28일부터 7 ~ 14일 간격으로 하우스 입구부터 각 두둑마다 3 m간격으로 10개 지점의 토마토 1주를 대상으로 하였다. 각 주마다 상·중·하 3줄기의 진딧물 수를 조사하였다.

## (3) 시설 딸기에서 콜레마니진디벌과 서식처의 해충방제효과

상기의 시험에서 선발된 천적의 서식처를 시설 딸기(축성재배)에 적용해 해충방제 효과를 검증하였다. 2017년 9월 10 ~ 11일 설향 품종을 정식한 강원도 횡성 우천면 문암리에 위치한 단동 시설 하우스(3동)에서 수행하였다. 동당 100 m 두둑이 6줄, 모종은 각 두둑에 2줄로 식재됐으며 줄 사이 간격은 약 30 cm, 포기사이 간격은 약 25 cm이었다. 선발된 천적 서식처의 필드 내 효과검증을 위해 천적과 서식처 혼합처리구(Trial A), 천적 단독처리구(Trial B)와 관행 방제구(Trial C)로 구분하였다(그림 2-26).

9월 21일에 콜레마니진디벌과 서식처를 1차 적용하였고, 1주일 뒤 콜레마니진디벌만 추가 방사하였다. 천적은 제품방사기준에 준하여 적용했으며(1병/660 m<sup>2</sup>), 서식처는 보리 벵커플랜트 2포트와 옥수수 6주를 직접 가식하였다(그림 2-27). 각 처리구의 해충과 천적의 밀도변동은 9월 15일부터 7일 간격으로 하우스 입구부터 각 두둑마다 5 m간격으로 20개 지점의 딸기 3엽에 대하여 10배율 확대경으로 조사하였다.



<정식(2017. 9. 10)> <비닐멀칭(2017. 9. 28)> <증식중(2017. 11. 27)> <수확중(2018. 3. 7)>  
 그림 2-26. 현장 실증 시험이 진행되고 있는 강원도 횡성군 딸기농가(천적처리구).



그림 2-27. 파종 후 포장에 가식된 천적의 서식처(옥수수)와 밀도조사 모습.

#### 다. 사막이리응애와 서식처의 잎응애류 방제효과(시설 딸기)

선발된 천적서식처인 팽이밥을 적용해 점박이응애 방제효과를 검증하기 위하여 강원도 횡성 우천면 딸기 포장에서 시험을 수행하였다. 9월 21일에 사막이리응애를 1차 적용하였고, 1주일 뒤 사막이리응애만 추가 방사하였다. 1월 중순경 잎응애의 밀도가 증가하는 시점에 칠레이리응애를 1주 간격으로 2회 추가 방사하였다. 천적은 제품방사기준에 준하여 적용했으며(1병/660 m<sup>2</sup>), 사막이리응애 서식처인 팽이밥은 각 두둑의 1/3지점과 2/3지점에 1주씩 가식했으며, 주당 팽이밥응애를 10마리씩 접종하여 천적의 먹이로 공급하였다. 9월 15일부터 7일 간격으로 각 처리구의 해충과 천적의 밀도변동을 10배율 확대경을 활용해 조사하고, 하우스 입구부터 각 두둑마다 5 m간격으로 20개 지점의 딸기 3엽에 대한 천적과 해충의 밀도를 기록하였다(그림 2-28).



그림 2-28. 포장에 적용할 사막이리응애 서식처(괭이밥)와 천적방사 모습.

### 3. 연구결과

#### 가. 미끌애꽃노린재와 서식처의 총채벌레류 방제효과(시설 토마토)

시설 토마토에서 미끌애꽃노린재와 서식처의 총채벌레 방제효과는 그림 2-29와 같다. 6월 말경 모든 처리구에서 총채벌레의 밀도를 확인 할 수 없었으나, 7월 말부터 관행 방제구의 해충밀도가 증가하기 시작해 8월 1일경 3줄기 당 4.2마리( $df = 2, 11, F = 20.42, P < 0.001$ ), 8월 말에는 8.2마리까지( $df = 2, 11, F = 12.45, P = 0.0026$ ) 증가하였다. 그에 반해 천적처리구에서는 최고 2.2마리, 천적과 서식처의 혼합 처리구에서는 1.5마리 이하로, 관행방제구 대비 각각 82%와 73%의 총채벌레 밀도억제효과를 확인할 수 있었다.

Kim et al.(1995)은 사과원의 초생재배구와 제초구의 잡초에 발생하는 곤충상 조사 결과 사과해충은 발견되지 않았으며, 쯤벌류, 고치벌류 및 애꽃노린재류 등 사과해충의 천적류가 서식하여 해충발생을 경감시키는 효과가 있다고 보고했으며, Eo et al.(2010)과 Choi et al.(2013a)은 유기재배지와 초생재배지 과원에서 청경구보다 미생물 PLFA 수치 및 미소동물의 개체밀도 등 생물종다양성이 높아졌으므로 피복식물로 토양을 관리하는 것이 토양생물을 증가시키는데 유리하다는 결과를 발표한 바 있다.

Kim et al.(2011)은 배과수원에서 유기 농업이 관행재배보다 생물종다양성이 높아 농업생태계를 더 안정화시킨다고 했으며, Kim et al.(2017)도 복숭아 유기인증 농가의 경우 모든 농가에서 초생재배를 하고 있기 때문에 초생재배에 따른 뚜렷한 차이는 확인 할 수 없었으나, 예초횟수가 많을수록 해충발생량이 높게 나타난 것을 확인할 수 있었으며 이는 천적 서식공간의 감소로 인한 것으로 판단된다고 보고한 바 있다. 또한 Ham et al.(2018)도 천적과 서식처를 혼합 적용하면 방사한 지점에서 천적의 활동을 쉽게 관찰할 수 있다고 보고한 바 있으므로, 천적단독적용보다 방사 또는 토착 천적들이 서식할 수 있는 서식처와의 혼합적용 시 효율적으로 해충관리를 할 수 있을 것으로 사료된다.

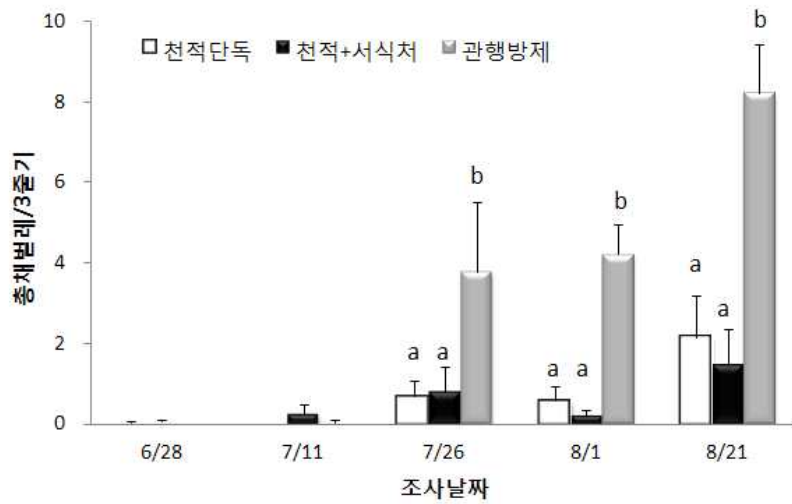


그림 2-29. 시설 토마토에서 미끌애꽃노린재와 서식처의 혼합처리에 따른 총채벌레 방제효과.

#### 나. 콜레마니진디벌과 서식처의 진딧물류 방제효과(열대온실, 시설 토마토와 딸기)

##### (1) 열대온실에서 콜레마니진디벌과 서식처의 해충방제효과

열대온실에서 콜레마니진디벌과 서식처의 해충방제효과는 그림 2-30과 같다. 4월 2째 주부터 복숭아혹진딧물과 목화진딧물의 밀도가 급격히 늘어났으나, 천적이 완전히 정착한 5월 2째 주부터 진딧물의 밀도가 현저히 줄어들면서 결국 100% 방제가 됨을 확인할 수 있었다( $R^2$  of *J. gendarussa* = 0.0992,  $R^2$  of *A. hispida* = 0.0047,  $R^2$  of *F. petersii* = 0.01232,  $R^2$  of *H. rosa-sinensis* = 0.0333). 또한 고온기에 접어들었음에도 불구하고 선발된 서식처의 생육이 건전하게 유지되었으며, 열대 온실 환경에서의 해충 방제 효과도 확인할 수 있었다(그림 2-31).

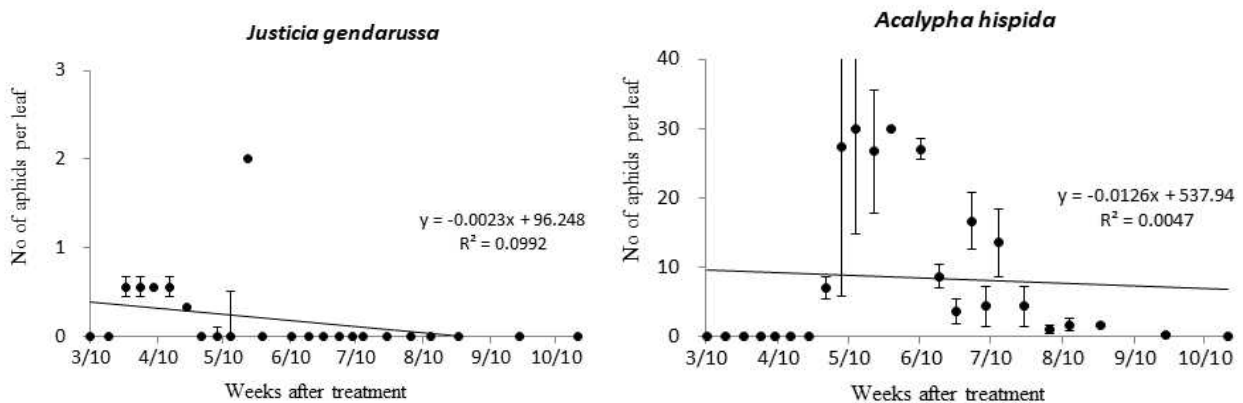


그림 2-30. 열대식물 온실에 진디벌과 서식처의 혼합처리에 따른 진딧물류의 경시적 밀도 변동(계속).

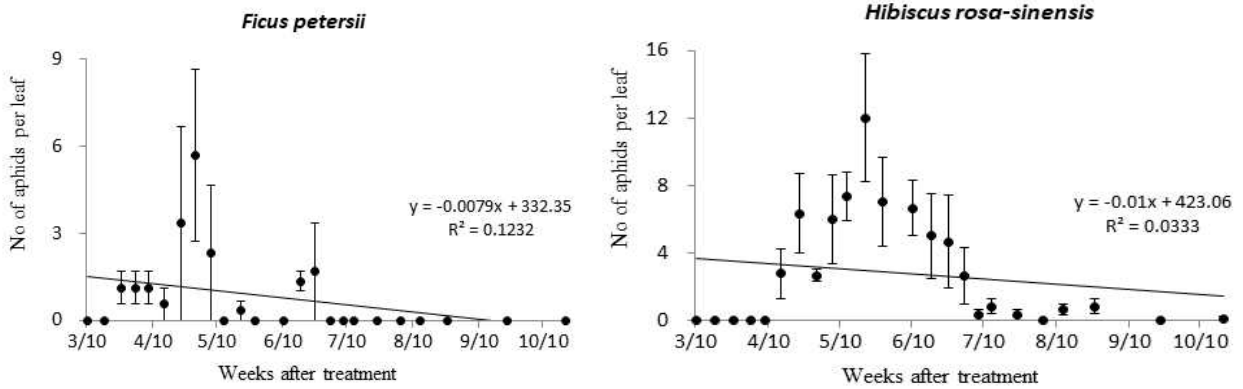


그림 2-30. 열대식물 온실에 진디벌과 서식처의 혼합처리에 따른 진딧물류의 경시적 밀도 변동.



그림 2- 31. 열대식물 온실에 적용한 진디벌 서식처와 열대수목에 형성된 콜레마니진디벌 머미.

본 연구를 통해 열대식물자원연구센터 내 화학약제 사용량을 절감하고, 열대 수목에 적용 가능한 새로운 생물적 방제 기반을 구축함으로써 열대 수목에 대한 친환경적 방제는 물론 기타 유사 수목원 및 식물원에 적용 가능한 신규 방제 대책으로 강구 될 수 있을 것으로 사료된다.

## (2) 시설 토마토에서 콜레마니진디벌과 서식처의 해충방제효과

시설 토마토에서 콜레마니진디벌과 서식처의 진딧물 방제효과는 그림 2-32와 같다. 조사 시작 시점부터( $df = 2,11, F = 0.91, P = 0.437$ ), 8월 말까지 모든 처리구에서 3줄기 당 평균 0.5마리 이하로 관찰되어 처리구별 유의차를 확인할 수 없었다.

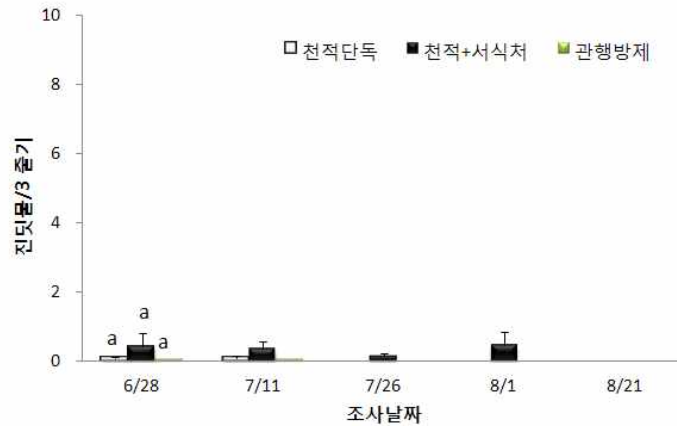


그림 2-32. 시설 토마토에서 콜레마니진디벌과 서식처의 진딧물 방제효과.

### (3) 시설 딸기에서 콜레마니진디벌과 서식처의 해충방제효과

서식처와 천적 혼합처리구에 가식한 서식처 2종의 정착모습은 그림 2-33과 같다. 기 개발되어 주로 저온기에 이용되는 보리 뱅커플랜트는 2018년 봄이 되면서 기온이 서서히 올라감에 따라 서식처로서의 효과가 떨어지는 양상을 보였다. 이에 반해 본 연구에서 선발해서 적용한 옥수수(얼룩찰옥수수) 뱅커플랜트는 건전하게 생육이 유지되면서 많은 수의 기장테두리진딧물과 콜레마니진디벌의 머미를 생성하고 있었다.

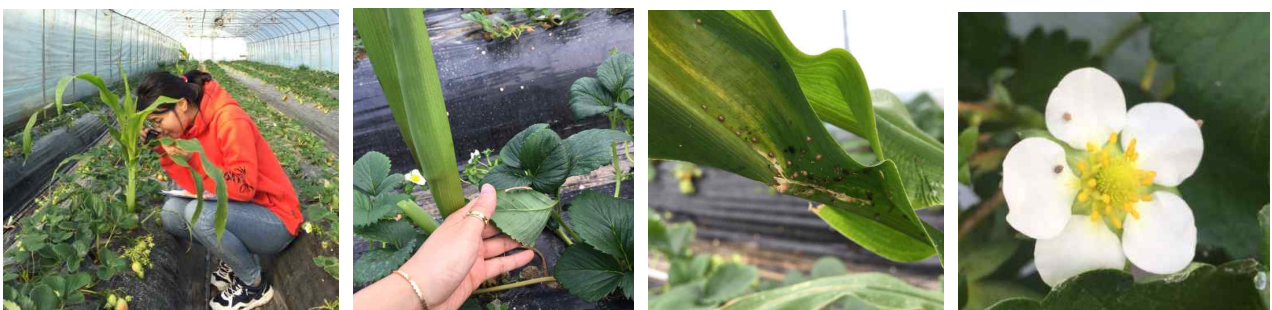


그림 2-33. 시설 딸기에 적용한 콜레마니진디벌의 서식처와 딸기에 형성된 머미.

콜레마니진디벌과 서식처의 혼합처리에 따른 목화진딧물 방제효과와 천적의 밀도는 그림 2-34, 2-35와 같다. 조사 1주차에 천적과 서식처 혼합 처리구에서 엽당 평균 0.2마리의 목화진딧물이 확인되었으며, 조사가 종료되는 2018년 5월까지 해충의 밀도를 0.2마리 이하로 안정적으로 관리할 수 있었다( $R^2 = 0.3158$ ). 천적처리구의 목화진딧물 밀도도 엽당 평균 0.1마리 이하로 효과적으로 관리가 되었으나( $R^2 = 0.2591$ ) 천적의 밀도는 천적과 서식처 혼합처리구에 비해 25% 수준으로 유지되어, 천적과 서식처의 혼합적용이 천적의 증식에 미치는 긍정적인 효과를 확인할 수 있었다.

관행방제구에서의 해충 밀도는 천적과 서식처의 혼합 처리구와 천적 단독 처리구에 비해 급격하게 증가하는 양상을 보였다( $R^2 = 0.5169$ ). 조사 13주차에도 관행방제구의 점박이 응애 밀도는 지속적인 친환경자재 살포에도 불구하고 엽당 평균 5마리 수준으로 계속 유지되고 작물의 생육도 눈에 띄게 불량해져 2018년 1월 31일 불가피하게 작물관리를 중단하게 되었다. 물론 농업현장의 환경조건과 친환경자재의 종류와 처리 방법에 따라 상이한 결과가 도출될 수도 있으나, 친환경자재의 사용도 오늘날의 천적만큼 복잡하고 까다로운 기법임은 확인할 수 있었다. 또한 2019년 1월 1일부터 식품의약품안전처에 의해 전면 시행되는 농약허용물질목록 관리제도(PLS)에 대응하기 위해서도 친환경자재는 신중하게 사용되어야 할 것이다.

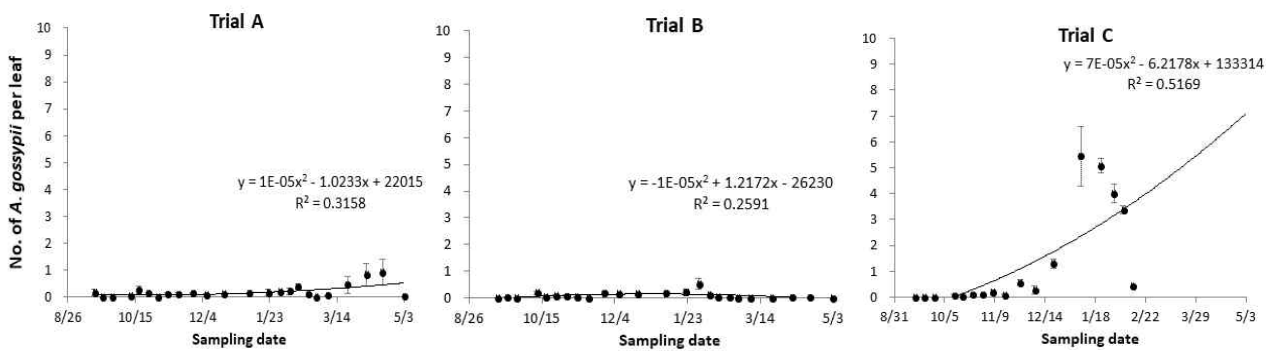


그림 2-34. 각 처리구의 목화진딧물의 경시적 밀도 변동,

Trial A = 천적서식처 + 콜레마니진디벌, B = 콜레마니진디벌 단독 처리구, C = 관행처리구(n = 180).

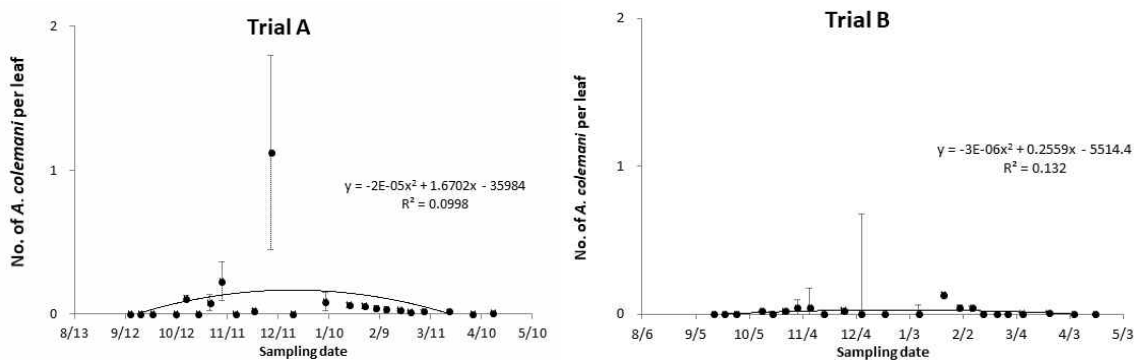


그림 2-35. 각 처리구의 콜레마니진디벌의 경시적 밀도 변동.

Trial A = 천적서식처 + 콜레마니진디벌, B = 콜레마니진디벌 단독 처리구 (n = 180).

Choi et al. (2012)에 의하면 콜레마니진디벌의 활동거리는 비닐하우스 660 m<sup>2</sup>에서 조사한 결과, 방사 지점에서 80 m지점까지 이동해서 기생한다고 보고한 바 있으므로, 천적의 서식처는 포장의 1/3지점과 2/3지점에만 식재해도 될 것으로 판단된다.

또한 시험이 진행된 포장에서의 진딧물과 콜레마니진디벌의 발생패턴은 Lotka-Volterra 등식에 의한 전형적인 피식자와 포식자의 밀도변동을 나타냈는데(Lotka, 1925) 이는 포장에 주 작물을 정식함과 동시에 생태적 특성이 상이한 두 종류의 서식처를 동시에 적용하여(저온성 서식처는 정식, 고온성 서식처는 파종), 저온기에는 저온성 서식처가 고온기에는 고온성 서식처가 포장 내의 환경을 천적의 정착이 용이하게 조성했기 때문일 것으로 판단된다. 상기의 결과는 딸기뿐만 아니라 주요 원예작물의 진딧물 방제를 위한 천적과 서식처 패키징기술로 활용될 수 있을 것이다.

#### 다. 사막이리응애와 서식처의 잎응애류 방제효과(시설 딸기)

시설 딸기에서 사막이리응애 서식처인 팽이밥의 점박이응애 방제효과는 그림 2-37과 같다. 조사 4주차에 전체 포장에서 엽당 평균 0.1마리의 점박이응애 밀도가 확인되었으며, 12주차에는 천적과 서식처 혼합처리구와 천적 단독 처리구에는 엽당 평균 1.8마리와 3.1마리로 친환경자재 처리구 대비 각각 83%와 70%의 점박이응애 밀도 억제효과를 확인할 수 있었다. 이후 친환경자재를 적용하는 관행방제구에서의 점박이응애 밀도( $R^2 = 0.9079$ )가 천적과 서식처의 혼합 처리구( $R^2 = 0.6162$ )와 천적 단독 처리구( $R^2 = 0.6772$ )에 비해 급격하게 증가하는 양상을 보였다( $df = 2, F = 18.75, P = 0.0026$ ).



<천적 서식처 조성 모습>

<해충 및 천적 밀도 조사 모습>

그림 2-36. Trial A에 조성된 팽이밥과 해충 밀도 조사 모습.

조사 15주차, 관행방제구의 점박이응애 밀도는 지속적인 친환경자재 살포에도 불구하고 엽당 평균 10마리 수준을 계속 유지하는 등 점박이응애의 효과적인 관리가 불가능해지고, 수확이 시작된 시점에서 옆 동으로의 해충 확산을 우려해 결국 2018년 1월 31일, 친환경자재를 활용한 해충관리를 포기하고, imidacloprid를 1주 간격으로 2회 처리해서 해충의 밀도를 억제하였다. 더욱이 금년에 정식한 묘가 건전하지 못해 정식 1주차부터 근부탄저병과 흰가루병의 발생이 만연해져 지속적으로 고사한 묘를 교체하는 작업을 수행하는 등 전반적으로 작물의 생육이 불량해져서 점박이응애의 관리가 더욱 어려워진 것으로 사료된다.



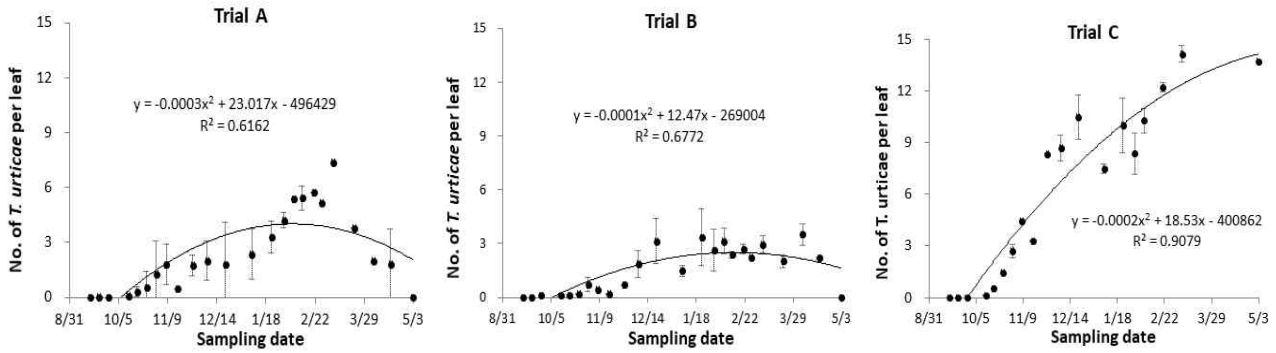


그림 2-37. 각 처리구의 점박이용애의 경시적 밀도 변동.

Trial: A = 천적서식처 + 사막이리응애 처리구, B = 사막이리응애 단독 처리구, C = 관행처리구 (n = 120).

포식성 이리응애류는 지표면과 작물의 줄기와 잎을 통해 포장을 이동하게 되는데, 본 포장에서는 작물의 생육이 불건전해 잎의 전개가 불량하고, 두둑은 검은 비닐로 멀칭이 되어 있어서 천적의 분산이 쉽지 않은 상황이었다. 그럼에도 불구하고 천적과 서식처의 혼합처리구( $R^2 = 0.7931$ )에서 천적 단독처리구( $R^2 = 0.687$ )보다 천적의 밀도가 평균 3배 이상 높게 유지하는 양상을 보여 미미하게나마 천적 서식처 조성에 의한 시너지효과는 확인할 수 있었지만, 주 당 천적의 밀도 편차가 커서 처리구별 유의차를 확인할 수는 없었다(그림 2-38) ( $df = 1, F = 2.95, P = 0.1168$ ). Oh et al., 2017는 팽이밥이 포식성 이리응애류의 훌륭한 서식처가 될 수 있음을 보고한 바 있으며, Croft and McGroarty (1977)와 Johnson and Croft (1981)도 포식성 이리응애의 서식처 역할을 하는 식물을 과원의 지표식물로 조성하게 되면 해충종합관리에 유리한 환경조건을 조성한다고 보고 한 바 있다. 본 시험이 진행된 포장에는 검은 비닐로 멀칭이 되어 있었고, 천적의 서식처가 한 동에 12 주 만 적용되었기 때문에 육상에 서식하는 포식성 이리응애류의 서식처로서의 역할에 한계가 있었던 것으로 판단된다. 추후 적극적으로 천적 서식처 적용기법을 현장에 확대 보급 한다면, 보다 안정적으로 천적의 정착을 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

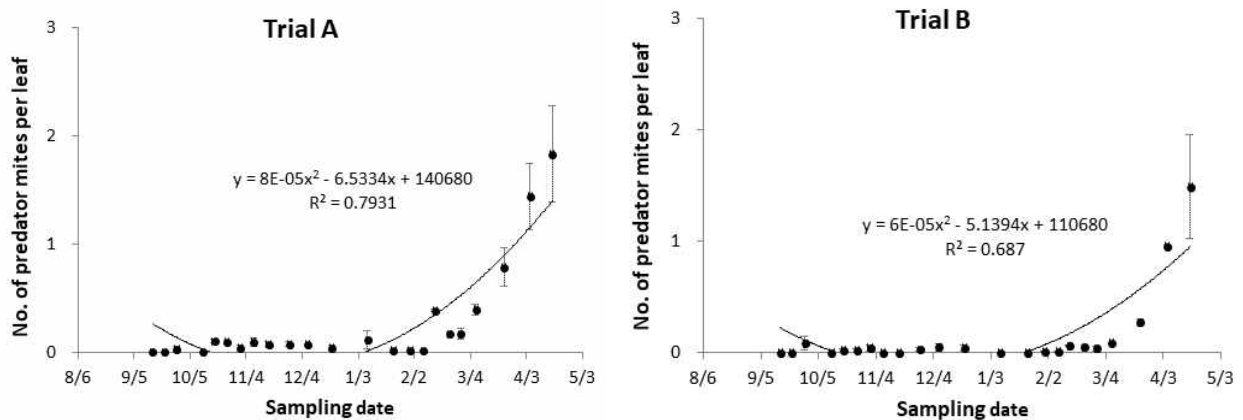


그림 2-38. 각 처리구의 사막이리응애의 경시적 밀도 변동.

Trial: A = 천적서식처 + 사막이리응애 처리구, B = 사막이리응애 단독 처리구 (n = 120).

## 제5절. 천적 서식처의 제품화 기술 개발

### 1. 연구목표

토마토와 딸기 난방제 해충인 총채벌레류, 진딧물류와 잎응애류를 효율적으로 방제하기 위해 구축된 천적 곤충 서식처의 제품화 기술을 개발하여 지속가능한 생태보전형 Push-Pull 전략을 구축하고자 하였다.

### 2. 연구내용

문헌 조사를 통해 보조식물 제품화에 관한 국내·외 자료를 수집 및 분석하여 본 과제에서 개발한 보조식물의 특성에 최적화된 제품화 기술을 개발하고자 하였다. 나아가 포장상태에서 상온에 노출되어도 상품성을 유지할 수 있는 포장 기술을 개발하여 적재과정이나 차량 배송 중 노면상태 등에 따라 발생하는 상하좌우의 물리적 충격을 최소화하고자 하였다. 또한 농촌진흥청의 표준화된 사육기술과 시설 및 규격에 대한 기준『산업곤충 사육기준 및 규격』과 IOBC (International Organisation for Biological and Integrated Control) AMRQC (Arthropod Mass Rearing and Quality Control)를 참고하여 최종 제품의 QC 항목 및 확인 방법을 제시하였다.

### 3. 연구결과

#### 가. 천적의 서식처 이송용 패키지 어셈블리 업그레이드 개발

본 연구에서 개발한 천적 서식처의 제품화 기술을 개발하기 위하여 먼저 경쟁업체들의 특허에 대한 침해 검토 및 대응 방안 마련을 위해 관련 분야의 특허기술을 분석하였다(표 2-15). 특허 분석 결과, 28건의 유효한 자료를 얻을 수 있었고 기 등록된 특허권에 대한 침해가 성립되지 않도록 천적 서식처의 제품안을 구상하였다. 천적 서식처의 제품화 기술 개발의 핵심요소는 천적 서식처(뱅크 플랜트)의 포장과 실제 영농 현장에 적용하는데 편의를 제공할 수 있음은 물론, 운반 이송 시 천적의 서식처가 뒤집히거나 천적의 먹이곤충이 밖으로 이탈하는 것까지 방지해야 하는 것이다. 따라서, 본 연구는 상면이 개방된 용기 본체와, 상기 용기 본체의 상면을 덮도록 상기 용기 본체의 상단부 가장자리에 탈착 결합되는 덮개를 포함하는 제1 유닛; 상기 용기 본체에 수용되는 생육 토양과, 상기 생육 토양에 파종된 뱅크 플랜트의 종자 또는 모종을 포함하는 제2 유닛; 및 상기 용기 본체에 수용된 생육 토양의 표면을 누르는 하단부와, 상기 제1 유닛에 접촉되거나 끼움 결합되는 상단부를 구비하는 제3 유닛을 포함하며, 상기 제3 유닛은, 상기 종자가 파종된 상기 생육 토양이 상기 제1 유닛의 이송 과정에서 외부 충격을 받아 뒤집히거나 흐트러지는 것을 규제하는 것을 특징으로 하는 뱅크 플랜트 이송용 패키지 어셈블리를 개발하였다(그림 2-39).

표 2-15. 천적의 서식처 제품에 관한 등록된 특허기술 및 분석

국가	발명의 명칭	등록번호	등록일	분석결과
KR	포식성 이리응애 방사 시스템 및 생산 방법	10-2014-70 10390	2012-09-19	침해가능성 낮음
KR	천적류 방사용 구조체 및 이를 이용한 해충 방제 방법	10-0720977	2007-05-16	침해가능성 낮음
KR	유익한 응애를 방출하는 시스템 및 그의 용도	10-2018-70 23074	2017-01-16	침해가능성 낮음
KR	뱅크플랜트의 생산 자동화를 통한 뱅크플랜트와 진딧물, 천적의 분리 공급방법	10-1096011	2011-12-13	침해가능성 낮음
KR	해충방제에 사용되는 천적 방사기	10-1220408	2013-01-03	자사특허
KR	천적유지식물 보급용 화분의 포장구조	20-0382887	2005-04-19	침해가능성 낮음
KR	팽연왕겨를 포함하는 천적 사육용 증진제 조성물, 천적 사육용 조성물 및 해충 방제용 조성물	10-1044051	2011-06-17	침해가능성 낮음
KR	천적 응애류 포획장치, 이를 이용한 천적 응애류 포획 및 제형화 방법	10-1351847	2014-01-09	침해가능성 낮음
KR	뱅크플랜트의 생산 자동화를 통한 뱅크플랜트와 진딧물, 천적의 분리 공급방법	10-1096011	2011-12-13	침해가능성 낮음
KR	뱅크플랜트 재배세트 및 이를 이용한 뱅크플랜트 재배방법	10-1161581	2012-06-26	자사특허
KR	친환경적인 녹지공간 병·해충관리 시스템 및 방법	10-1102113	2011-12-27	침해가능성 낮음
KR	천적을 이용한 가로수의 해충방제방법	10-1070143	2011-09-27	침해가능성 낮음
KR	천적유지식물 화분의 포장용기	10-1221625	2013-01-07	침해가능성 낮음
KR	꽃매미 방제를 위한 트랩식물 제조 방법	10-1288494	2013-07-16	침해가능성 낮음
KR	총채벌레류 해충 방제를 위한 트랩식물	10-1469056	2014-11-28	자사특허
KR	PEST TRAP PLANTS AND CROP PROTECTION	0784421	2002-01-23	침해가능성 낮음
CN	Device is raised in scale of predatism natural enemy	206274998	2017-06-27	침해가능성 낮음
CN	Tea leaf production technology using various trap crops to cooperatively control insect attack	103704068	2015-10-14	침해가능성 낮음
CN	Natural enemy hyperplasia expands numerous release certainly perches device of surviving winter	207284860	2018-05-01	침해가능성 낮음
EP	PEST TRAP PLANTS AND CROP PROTECTION	0784421	2002-01-23	침해가능성 낮음
JP	포식성 흑화 진드기 방출 시스템 및 제작 방법.	2014-5317 49	2012-09-19	침해가능성 낮음
JP	땅벌을 가두는 방법 및 이를 위한 디바이스 및 라미네이트 재료의 사용	2016-5128 67	2014-05-01	침해가능성 낮음
JP	비상 곤충 포획구	6389286	2018-08-24	침해가능성 낮음

JP	해충 집적 장치 및 해충 집적 방법	5690986	2015-02-13	침해가능성 낮음
JP	해충 유인 장치 및 그 천적방사장치	4255085	2009-02-06	침해가능성 낮음
JP	천적 곤충의 보호 장치, 천적 곤충의 개체수를 유지 또는 증가시키는 방법 및 해충의 방제 방법	-	-	침해가능성 낮음
JP	천적 곤충 증식 장치	5681334	2015-01-16	침해가능성 낮음
PCT	IMPROVED METHOD AND DEVICE FOR DISTRIBUTING A PARTICULATE MATERIAL	PCT-NL2018-050086	2018-02-07	침해가능성 낮음

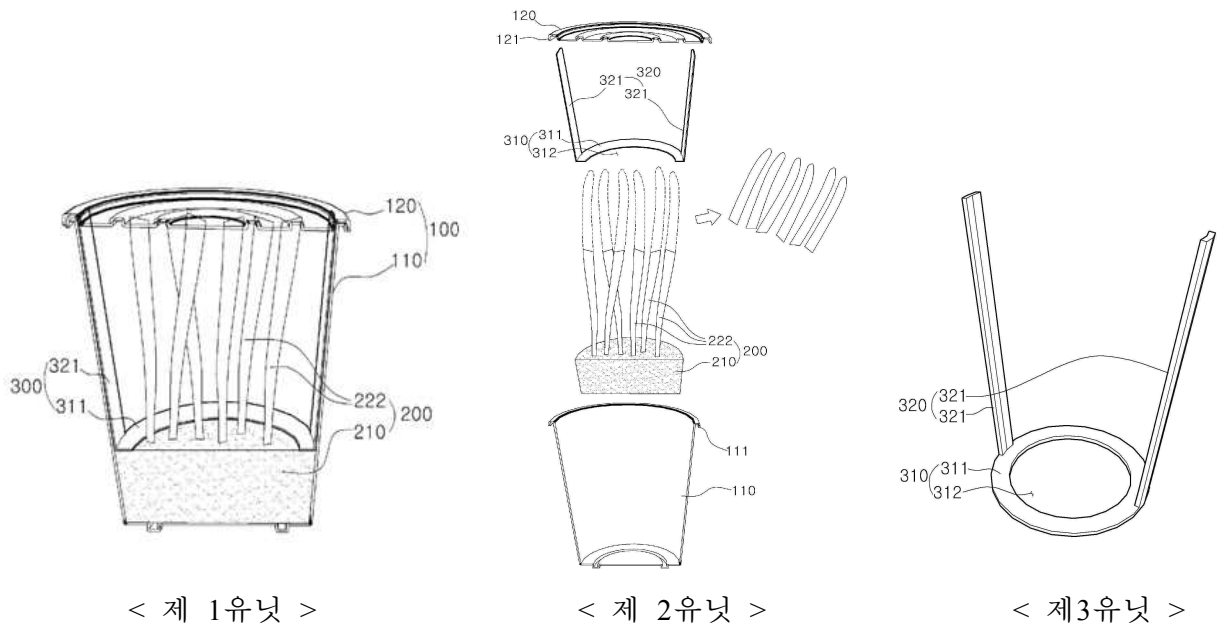


그림 2-39. 뱅커 플랜트 이송용 패키지 어셈블리 도면(출원번호 제 10-2018-0114838 호).

#### 나. QC 항목 및 확인방법 제시

천적 서식처는 살아있는 생물을 포장해서 제품으로 판매하기 때문에 지속적인 제품의 품질관리가 매우 중요하다. 농촌진흥청과 IOBC AMRQC에서 제시하는 천적곤충의 QC 항목 및 확인 방법을 참고하여 천적 서식처의 품질관리 항목을 설정하였다.

- 수량: 라벨에 표기된 식물 또는 먹이곤충의 수량보다 같거나 많아야 한다.
- 해충 오염 여부: 인위적으로 접종 한 먹이곤충 이외 타 곤충류는 관찰되지 않아야 한다.
- 병 오염 여부: 파종부터 제품 출하까지 무균상태로 유지되어야 한다.
- 수명: 현장 적용 후, 30일 이상 생육이 유지되어야 한다.
- 천적의 QC: 천적과 혼합 포장이 되는 일부 서식처의 경우, 각 천적에 대해 품질을 관리한다.

## 제6절. Push-pull 전략을 접목한 한국형 친환경 해충관리모델

### 1. 연구목표

국내 천적곤충 시장을 활성화하고, 친환경농업을 실현하고자 하는 농업인이 손쉽게 이용할 수 있는 국내 환경에 적합한 신개념 천적 이용기술을 개발하고자 하였다.

### 2. 연구내용

시설 토마토와 딸기 난방제 해충인 총채벌레류, 가루이류, 진딧물류와 잎응애류를 효율적으로 방제할 수 있는 천적 곤충, 천적 서식처, 해충 유인·기피 물질과 LED광원의 통합 적용을 통해 지속가능한 생태보전형 Push-Pull 해충방제전략을 구축하고자 하였다.

### 3. 연구결과

세부과제와 협동과제의 결과들을 분석하여 수립한 천적과 서식처 조합은 표 2-16과 같다. 본 연구에서 수립한 천적과 서식처 조합을 접목한 시설 재배 딸기와 토마토에서 천적이용 최적화 모델은 표 2-17, 2-18과 같다.

표 2-16. 천적과 서식처 조합의 현장적용 최적화 모델

대상 해충	천적과 서식처 조합의 현장적용 최적화 모델
총채벌레류	미끌애꽃노린재 + 마일스응애 + <i>Portulaca</i> sp.
진딧물	콜레마니진디벌 + 기장테두리진딧물이 접종된 보리 (고온기 적용모델: 싸리진디벌 + 기장테두리진딧물이 접종된 옥수수)
잎응애류	사막이리응애 + 팽이밥응애가 접종된 팽이밥 (2차 방사: 칠레이리응애)
가루이류	- 천적과 서식처: 담배장님노린재 + 메밀 - 해충 유인: LED 520 nm, 휘발성 물질 methyl isonicotinate, 가지 - 해충 기피: LED 450 + 660 nm, 휘발성 물질 carvacrol, 적색 방충망

시설 딸기에서 해충관리방법별 수확량과 방제비용을 분석한 결과, 천적 적용 관리 비용은 동당(660 m<sup>2</sup>) 347,000원이었다(표 2-19). 딸기 500 kg을 수확하기 위한 해충관리비용을 분석한 결과, 천적 적용 시 약 102,000원, 친환경자재의 경우 223,000원이 소요되었다. 상기의 분석항목에 노동력과 기타 약제 살포를 위한 장비들의 감가상각비 등은 포함되지 않았기 때문에 천적 활용 해충관리비용이 약제 처리구에 비해 54%이상의 절감효과가 있음을 확인할 수 있었다. 나아가 천적활용 해충방제효과를 직접 확인한 실증시험에 참여한 농민은 천적에 대한 불신을 해소할 수 있었고, 친환경농산물의 높은 상품성(당도, 향 등)도 인지하게 되었다.

본 연구에서 제시한 해충의 유인·기피 물질, LED광원, 천적과 서식처 조합을 정식 초부터 적용하면 대상 해충들을 경제적인 피해 허용 수준이하로 꾸준히 관리 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 상기의 고효율 저비용 신개념 한국형 해충관리 모델이 현장에 보급된다면 안정적이며 경제적인 친환경농업경영이 가능해 질 것으로 사료된다.

표 2-17. 시설 딸기 해충방제를 위한 천적이용 최적화 모델

대상해충	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May~	Aug.
진딧물류	▽					▽				
	♣					♣ ▶				
잎응애류	▽					▽ ▽ ▽				
	♣					▶				
Occurrence periods		Increase periods								

\* (▽): 천적방사, (♣): 서식처 적용, (▶): 해충이 급증하는 시기에 필요 시, 친환경자재 적용

표 2-18. 시설 토마토 해충방제를 위한 천적이용 최적화 모델

대상해충	정식월	2개월	3개월	4개월	5개월~	고온기	2개월	3개월	4개월~	수확종료
진딧물류	▽					▽				
	♣					♣ ▶				
총채벌레류	▽					▽ ▽ ▽				
	★					▶				
가루이류	▽					▽ ▽ ▽				
	★					▶				
Occurrence periods		Increase periods								

\* (★): 해충유인·기피 물질 및 LED광원 설치, (▽): 천적방사, (♣): 서식처 적용, (▶): 해충이 급증하는 시기에 필요 시, 친환경자재 적용

표 2-19. 시설 재배 딸기에서 천적이용 최적화모델의 경제성 분석(660 m<sup>2</sup>)

생물적 방제 (A)	친환경자재 방제 (B)
<p><b>&lt;지출액&gt; 347,000원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 천적구입비 : 215,000원</li> <li>·콜레마니진디별: 25,000원 × 2병 = 50,000원</li> <li>·사막이리응애: 33,000원 × 2병 = 66,000원</li> <li>·칠레이리응애: 33,000원 × 3병 = 99,000원</li> <li>- 천적유지식물 구입비 : 132,000원</li> <li>·보리 뱅커 × 33,000원 × 1세트 = 33,000원</li> <li>·옥수수 뱅커 × 33,000원 × 1세트 = 33,000원</li> <li>·팽이밥 뱅커 × 33,000원 × 2포트 = 66,000원</li> </ul> <p><b>&lt;수입액&gt; 16,980,000원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 딸기 판매수입 : 16,980,000원</li> <li>·생산량 : 1,698 kg</li> <li>·판매가 : 10,000원/1 kg × 1,698 kg = 16,980,000원</li> </ul> <p><b>&lt;수익액(A)&gt; 16,633,000원</b> 수입액-지출액=16,633,000원</p>	<p><b>&lt;지출액&gt; 223,000원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 약제구입비 : 223,000원</li> </ul> <p><b>&lt;수입액&gt; 4,970,000원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 딸기 판매수입 : 4,970,000원</li> <li>·생산량 : 497 kg</li> <li>·판매가 : 10,000원/1 kg × 497 kg = 4,970,000원</li> </ul> <p><b>&lt;수익액(B)&gt; 4,747,000원</b> 수입액-지출액=4,747,000원</p>
<p><b>o 친환경자재처리에 비해 천적이용 모델의 추정 수익액(A - B) : 11,886,000원</b></p>	

\* 시설토마토에서 push-pull 종합기술 투입에 따른 경제성 비교는 제3장 협동연구기관의 연구내용 참조

# 제3장. 원예작물 주요 가루이 해충의 유인/기피 물질과 천적 이용 방제기술 개발

## 제1절. 원예작물 가루이류 발생조사 및 실내사육체계 확립

### 1. 연구목표

토마토, 딸기 등 원예작물에 피해를 주는 가루이류 중 주요 종을 동정하고, 이후 실내와 포장에서 수행되는 유인/기피 물질 선발 시험을 위한 공시충 확보를 위해 실내 대량사육체계를 확립하고자 하였다.

### 2. 연구내용

원예작물에 피해를 주고 있는 가루이류로 중 발생량이 높고 발생면적이 넓은 가루이를 대상해충으로 선정하기 위해 경기지역 주요 시설재배지에서 가루이류 발생실태를 조사하였다. 채집된 해충은 육안 또는 유전자 분석을 통해 분류 동정하였다. 또한 천적이용 종합투입 기술 적기 설정을 위해서는 Song et al. (2014)이 제시한 방법에 따라 화성지역 토마토 하우스에서 황색끈끈이트랩을 9개 지점에 설치하여 일일 트랩당 가루이류 마리수를 조사해 발생소장을 조사하였다. 유전자 분석은 16S rRNA와 MtCOI의 유전자 분석을 통해 biotype 수준까지 확인하였다. 야외에서 채집한 가루이류 중 주요 종은 공시충 확보를 위해 경기도농업기술원 곤충사육실에서 담배 등 유묘를 제공하면서 최적 사육조건을 설정하였다.

### 3. 연구결과

#### 가. 가루이류 발생조사

경기지역 주요 시설재배지에서 가루이류 발생실태를 조사한 결과 경기북부 일부지역을 제외하고는 대부분 담배가루이의 피해가 주를 이루고 있었다. 담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 1998년 한국에서 처음 발견된 해충으로 주로 시설하우스의 채소와 관상용 작물 등 약 900종 이상의 기주를 가해하는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2000; Helmi, 2011). 세계적으로 알려진 24개 이상의 biotype(생태형) 중 가장 문제가 되는 biotype은 B와 Q biotype이다(Lee et al., 2005; Yang et al., 2009).

경기도 화성지역 토마토, 딸기 재배지에 주 발생하는 가루이류는 담배가루였으며(그림



3-1), 16S rRNA와 MtCOI의 유전자 분석을 통해 biotype Q임을 최종 확인하였다(그림 3-2). Biotype Q의 경우 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV) 등 100종 이상의 바이러스를 매개할 수 있는 것으로 알려져 있고(Kim et al., 2008), neonicotinoid계통의 살충제에 높은 저항성을 보이는 등(Nauen et al., 2002) 방제대책이 시급한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 최근 문제시 되고 있는 담배가루이를 대상으로 발생조사 및 천적의 효율증대 및 비용절감을 위한 방제기술을 개발하고자 하였다. 경기 지역 내 담배가루이는 13시군에서 발생이 확인되었으며, 토마토는 1년에 2번 재배하게 되는데 작기별 담배가루이 발생소장을 조사한 결과, 작기별로는 봄작기 대비 가을작기의 경우 담배가루이 밀도가 크게 증가하는 양상을 보인 가운데 봄작기에는 6월 상순, 가을 작기에는 9월 중순부터 발생량이 증가하는 것으로 나타났다(그림 3-3). 따라서 담배가루이 방제를 위한 천적이용 종합기술의 투입시기는 봄작기의 경우 5월 하순, 가을작기의 경우 9월 상순이 적정할 것으로 생각된다.



그림 3-1. 담배가루이(*B. tabaci*)의 발육단계별 형태.

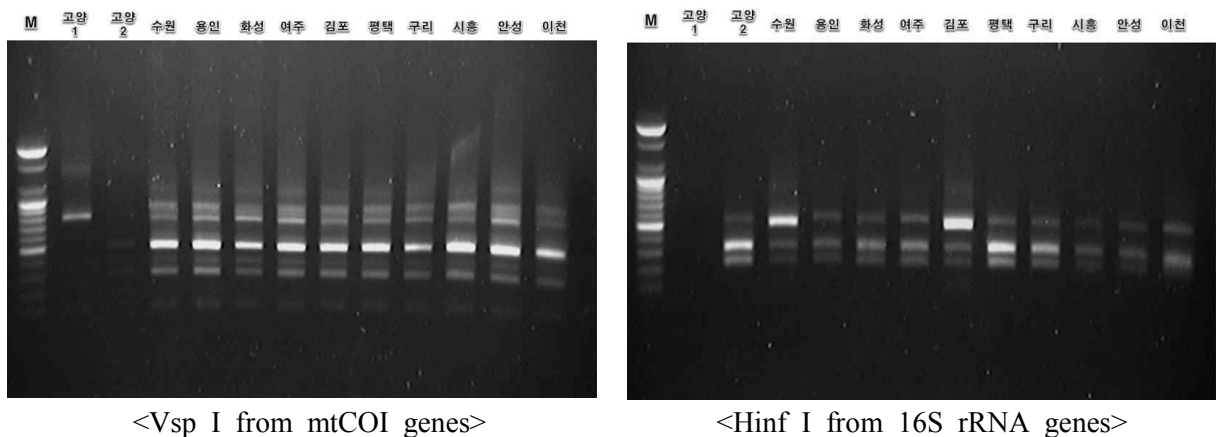


그림 3-2. 경기지역 담배가루이(*B. tabaci*)의 mtCOI, 16S rRNA 유전자 분석결과.

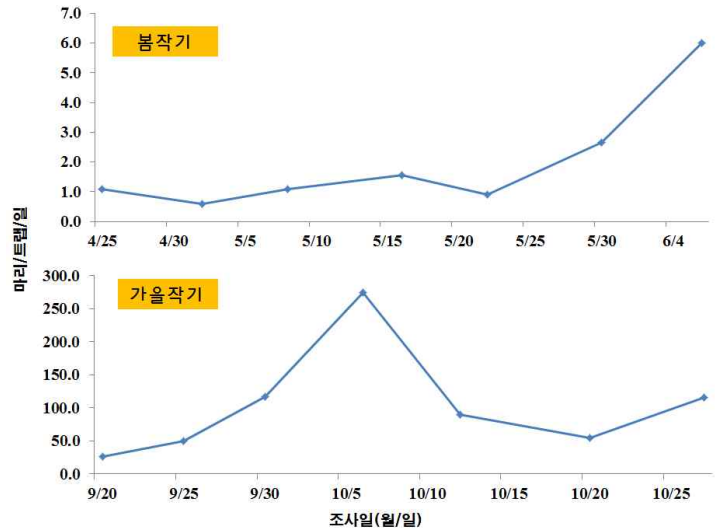


그림 3-3. 경기도내 담배가루이(*B. tabaci*) 발생지역(좌) 및 화성지역에서의 발생소장(우).

### 나. 효율적인 천적투입 지점 선정

시설토마토 재배지에서 담배가루이의 시기별 발생패턴을 분석함으로써 초기 발생지점을 분석한 결과, 담배가루이는 하우스 출입문 지점에서 유입이 시작된 이후 밀도가 증가하면서 군락내부까지 확산되는 패턴을 보였다(그림 3-4). 담배가루이와 함께 토마토와 딸기의 주요 해충인 총채벌레류에 대한 유입 및 확산패턴도 같이 분석하였는데, 총채벌레류도 담배가루이와 유사한 6월 중순부터 하우스 출입문 지점부터 유입되어 중앙부로 확산되는 패턴을 보였다(그림 3-5).

이러한 결과를 토대로 담배가루이와 천적곤충을 동시에 유인하고 나아가 천적을 유지할 수 있는 지점으로 하우스 출입문 주변을 선정하게 되었다. 시설채소 재배지내 해충 발생초기에 해충을 효율적으로 유인하면서 그 유인지점에 천적을 투입하게 된다면 해충 발생에 관한 초기 예찰과 함께 투입된 천적이 효율적으로 정착할 수 있기 때문에 시설 내부에 이러한 환경을 조성해 주는 것은 천적이용 종합기술을 실현하는데 매우 중요하고 할 수 있다.

또한 이 지점에 투입된 천적곤충의 먹이부족시 안정적으로 유지할 수 있는 banker plant를 추가로 투입한다면 천적을 초기에 투입함으로써 방제효과를 높일 수 있는 동시에 천적의 투입량 또는 투입횟수를 줄일 수 있는 장점이 있다.

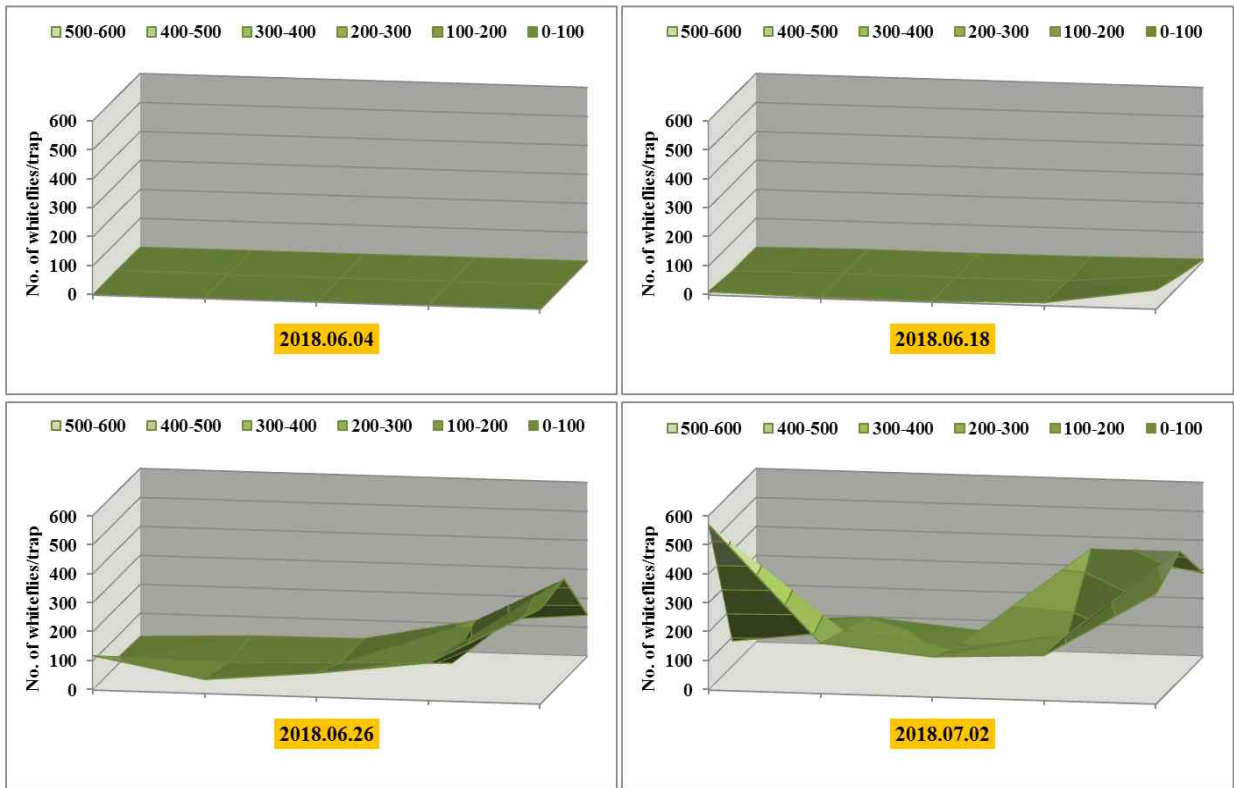


그림 3-4. 토마토 하우스에서 담배가루이(*B. tabaci*) 유입 및 확산패턴.

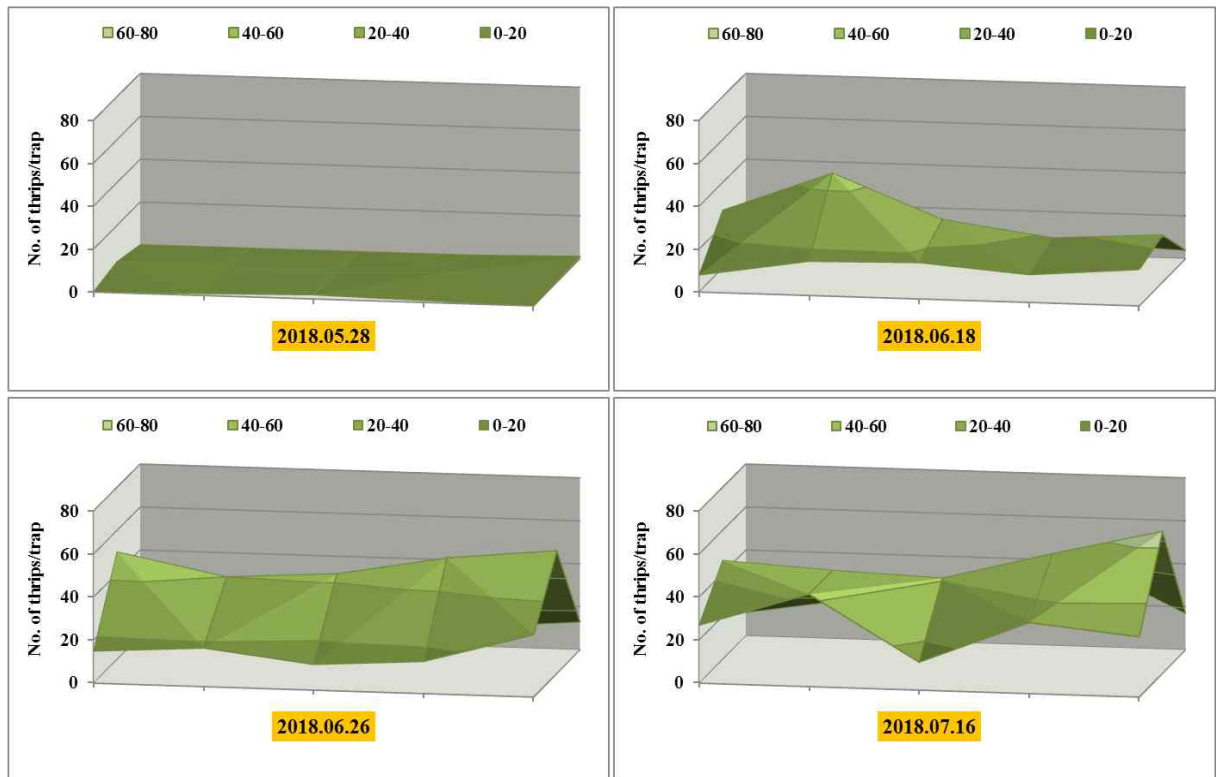


그림 3-5. 토마토 하우스에서 총채벌레류 유입 및 확산패턴.

#### 다. 담배가루이 실내사육체계 확립

담배가루이 누대사육을 통한 공시충 확보를 위해 실내 누대사육을 위해 사육조건을 확립하였다. 기주식물로는 담배(*Nicotiana tabacum*)를 이용하였는데, 파종 후 1개월이 경과한 담배 유묘를 망사케이지(30 × 30 × 30 cm)에 넣은 후 야외에서 채집한 담배가루이를 방사하고 각 발육태가 혼재하도록 하면서 개체군 밀도를 유지하였다(그림 3-6).



그림 3-6. 실내에서 담배가루이 누대사육 모습.

2 ~ 3세대 경과 확인 후 실내사육 가능성을 확정하였으며, 이때의 사육조건은 온도  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , 상대습도는 60 ~ 80%, 광조건은 16L : 8D이었다.

## 제2절. 담배가루이 등 주요 해충과 천적곤충 유인/기피 기술 개발

### 1. 연구목표

본 연구는 push-pull 세부전략을 수립하기 위한 것으로 해충과 천적곤충을 유인 또는 기피시킬 수 있는 보조식물, 색깔, 휘발성 물질, 광원(LED)등을 선발하고자 하였다.

### 2. 연구내용

#### 가. 유인/기피용 보조식물 선발

담배가루이 등 주요 해충의 밀도를 제어할 수 있는 물질탐색에 앞서 문헌검색을 통해 해충에 유인/기피 효과가 있는 보조식물을 선발하고자 하였다. 보조식물로는 안개초, 로즈마리, 금잔화, 페츄니아, 스피아민트, 라벤더, 페퍼민트, 제라늄, 스위트바질의 총 9종을 시험에 이용하였다(그림 3-7).

처리방법은 토마토가 식재된 하우스(1,200 m<sup>2</sup>)에 각각의 보조식물체를 3포트씩 1반복으로 총 3반복으로 수행하였으며, 시험구배치는 난괴법으로 하였다. 반복별로는 황색끈끈이트랩을 토마토 상부에 설치하여 매일 교체하며 밀도를 조사하였다. 딸기의 경우는 딸기 유묘를 각각의 셀로 구분되어 있는 망사하우스내 각 셀에 보조식물용 식물체와 함께 혼재한 후 통로에 담배가루이를 미리 정착시켜 놓은 딸기 유묘를 놓아 자연스럽게 확산, 딸기로 이동할 수 있도록 하였다(그림 3-7).



그림 3-7. 토마토(상) 및 딸기(하)에서 담배가루이 유인/기피식물 선발 모습(계속).



그림 3-7. 토마토(상) 및 딸기(하)에서 담배가루이 유인/기피식물 선발 모습.

#### 나. 유인/기피용 색깔 선발

곤충의 종에 따라 선호하는 색깔이 달라질 수 있기 때문에 본 연구의 대상 해충인 담배가루이의 예찰과 함께 방제를 병행할 수 있는 유색 끈끈이트랩과 나아가 유입차단용 유색 방충망을 선발하고자 하였다. 처리색깔은 빨간색, 검은색, 흰색, 초록색, 파란색, 노란색으로 총 6종류로 하였으며, 두 개의 투명 끈끈이트랩 사이에 색지를 끼워 붙이는 방식으로 제작하였다. 제작한 트랩들은 담배가루이의 발생량이 높은 비닐하우스에서 매일 위치를 달리 하면서 7일간 일일 포획량을 조사하였다(그림 3-8).



그림 3-8. 색깔별 가루이류와 총채벌레류의 유인/기피 반응 시험 모습.

#### 다. 유인/기피용 휘발성 물질 선발

가루이류와 총채벌레류에 유인 또는 기피효과 검정을 위해 methyl isonicotinate 등 12종의 휘발성 유기 화합물을 이용해 토마토가 식재된 하우스(1,200 m<sup>2</sup>)에서 효과검정을 실시하였다.

시험물질 처리방법은 무처리의 경우 황색끈끈이트랩으로 하였으며, 각각의 휘발성 유기 화합물들이 처리된 루어(lure)를 황색끈끈이트랩 가운데에 고정시킨 후(처리 간 5 m이상 거리 유지), 3일 간격으로 무작위로 위치를 바꾸어 가면서 트랩에 포획된 해충의 밀도조사를 통해 유인/기피 효과를 분석하였다(그림 3-9). 루어제조는 각각의 화합물을 30  $\mu\text{l}$ 씩 넣고 밀봉한 후 냉장조건(4°C)에서 24시간 흡수시킨 후에 이용하였다. 처리 물질에 따른 해충의 트랩 채집량은 SAS (SAS Institute, 2013)의 PROC ANOVA를 이용해 분석하였다. 이후 선 발된 물질을 농가단위에서 손쉽게 이용할 수 있도록 문구용 분필에 각 물질들을 100  $\mu\text{l}$ 씩 방울로 떨어뜨려 흡수시킨 후 걸어두는 방식으로 개조하였다(그림 3-9).



<루어 이용 방법>

<분필 이용 방법>

그림 3-9. 휘발성 물질별 해충 유인효과 검정 모습.

#### 라. 유인/기피용 LED 광원 선발

시설하우스에서 담배가루이의 조기에찰 및 유인효율을 증대하고자 보조식물과 패키 지 화할 수 있는 LED 광원을 선발하기 위해 문헌을 토대로 4가지 LED 광원에 대한 담배가루이 의 유인율을 조사하였다. 광원으로는 450 + 660 nm의 복합광을 포함해 520, 660, 730 nm의 LED 광 발생장치를 제작하여 이용하였으며, 외부로부터 광이 차단된 컨테이너 주변으로 광원과 함께 토마토 유묘를 배치하고 식물체 중간지점에 투명 끈끈이트랩을 고정하여 색깔에 의한 영향을 최소화하였다. 처리별로 점등과 함께 담배가루이는 누대사육케이지를 개방하였는데, 이때 담배가루이와 광원과의 거리를 일정하게 배치하였다(그림 3-10). 광원 별 담배가루이 유인율은 아크사인 변환 후 SAS (SAS Institute, 2013)의 PROC ANOVA를 이용해 분석하였다.



<450 + 660 nm>

<520 nm>

<660 nm>

<730 nm>

그림 3-10. LED 광원별 해충 및 천적곤충의 유인/기피 효과 시험 모습.

#### 마. 천적곤충 유지식물 선발

담배가루이와 총채벌레류 천적을 유지할 수 있는 보조식물(banker plant)을 선발하고자 토마토가 식재된 하우스에서 후보식물별로 효과를 검증하였다. 후보식물로는 예비시험과 문헌조사를 통해 메밀과 토끼풀을 선발하였으며, 난괴법 3반복으로 배치해 해충과 대상 천적의 밀도를 조사하였다. 해충의 밀도는 황색끈끈이트랩을 이용해 매일 교체하면서 조사하였으며, 천적곤충은 보조식물이 처리된 주변 토마토 6주에서의 밀도를 육안으로 조사하였다(그림 3-11).



그림 3-11. 천적 유지식물(banker plant) 선발 모습.



### 3. 연구결과

#### 가. 유인/기피용 보조식물 선발

토마토에서 보조식물에 의한 담배가루이 제어효과 검정 결과, 5월 상순부터 6월 상순까지 담배가루이의 밀도가 증가하는 가운데 제라늄(*Pelargonium inquinans*)은 무처리 대비 52% 낮아 기피효과를 보였으며, 스피아민트(*Mentha species*)와 로즈마리(*Rosmarinus officinalis*), 안개초(*Gypsophila elegans*), 스위트바질(*Ocimum basilicum*) 처리구에서는 무처리 대비 각각 265, 229, 204%의 높은 밀도를 보여 담배가루이에 대한 유인효과가 있는 것으로 나타났다 (그림 3-12).

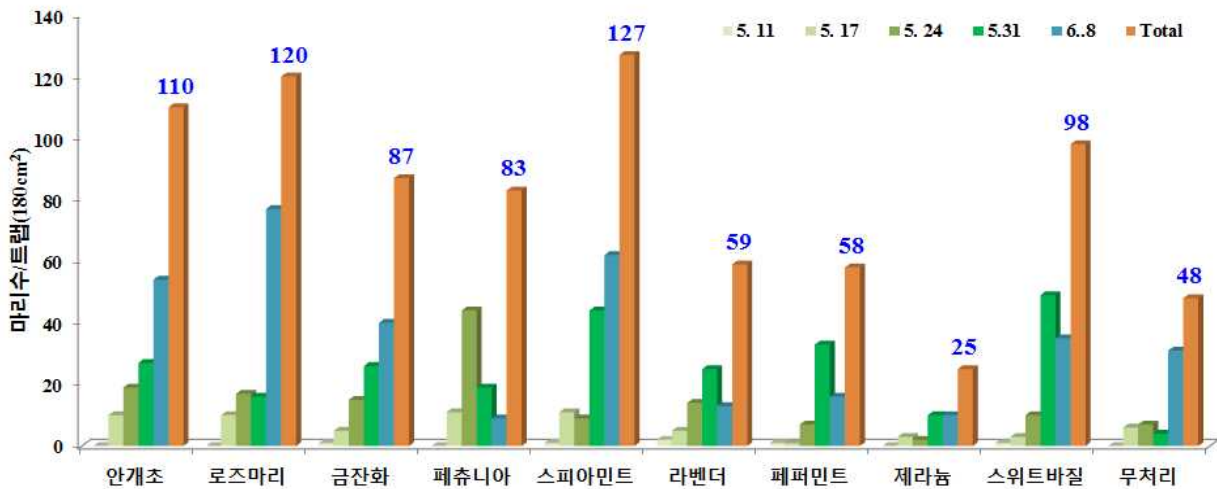


그림 3-12. 토마토 하우스에서 보조식물체 처리에 따른 담배가루이 밀도 비교.

딸기에서는 보조식물 투입에 따른 담배가루이 밀도변화를 비교해본 결과, 무처리 대비 페튜니아(*Petunia hybride*), 스위트바질, 로즈마리, 라벤더(*Lavandula angustifolia*), 제라늄 처리구에서 각각 70, 63, 58, 54, 46%로 밀도가 낮아 기피효과를 보였으며, 스피아민트와 페퍼민트 처리구에서는 담배가루이의 밀도가 각각 41, 29%씩 높아지는 것으로 조사되었다 (그림 3-13).

동일한 보조식물이 대상 작물에 따라 담배가루이에 대한 유인/기피 효과가 상이하게 나타났는데, 스위트바질의 경우 토마토재배지에서는 담배가루이 유인효과를 보였던 반면 딸기에서는 기피효과를 보였다. 이는 해충의 자극으로 재배작물 자체에서 발산하는 휘발성 물질의 차이를 생각되나 보다 면밀한 연구가 필요하리라 본다. 하지만, 제라늄의 경우 두 작물 모두에서 담배가루이에 대한 기피효과를 보였으며, 향후 제라늄 추출물을 이용한 담배가루이 제어방법으로 이용이 가능할 것으로 생각된다. 한편, Yang et al. (2010)은 식물 에센셜 오일의 담배가루이에 대한 살충 및 기피효과 평가 연구를 통해 입사항초 또는 목

립백리향이라 불리는 *Thymus vulgaris*에서 추출한 오일의 경우 강한 접촉독성과 *Pogostemon cablin*에서 추출한 오일(광곽향오일)의 강한 기피효과를 보고한 바 있다. 이는 식물 또는 그 식물에서 추출한 오일을 이용해 담배가루이를 기피 또는 직접적으로 방제할 수 있음을 보여주는 것이며, 보조식물과 이들 추출물을 친환경 방제제로 개발하여 농가에 활용할 수 있는 후속연구가 필요하다고 생각된다.

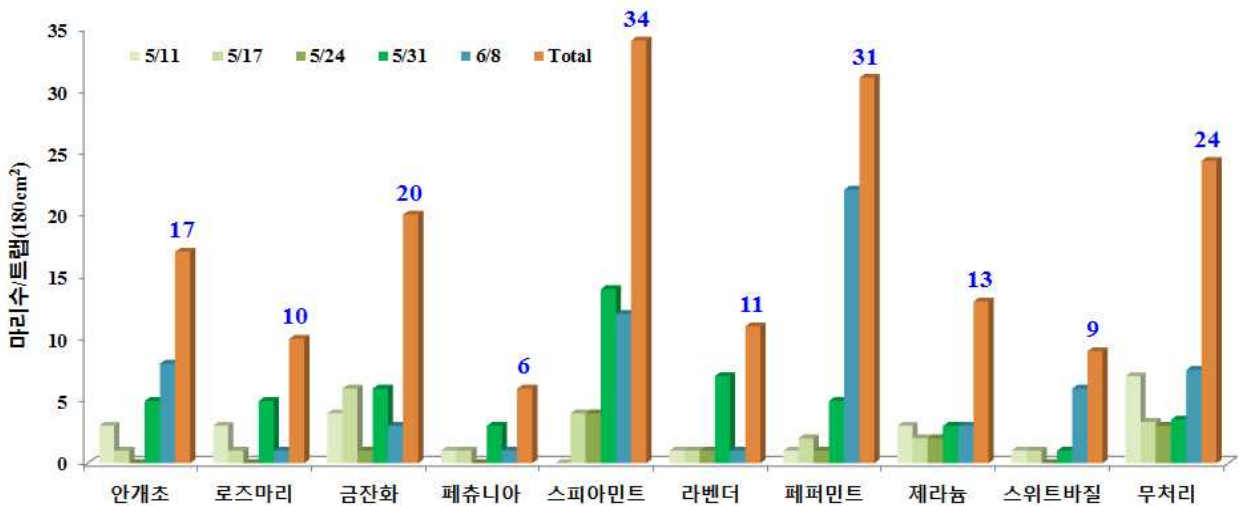


그림 3-13. 딸기 하우스에서 보조식물 처리에 따른 담배가루이 밀도 비교.

토마토에서 보조식물에 의한 총채벌레류 제어효과 검정 결과, 5월 상순부터 6월 상순까지 담배가루이의 밀도가 증가하는 가운데 로즈마리, 페츄니아, 라벤더, 제라늄, 스위트바질의 경우 무처리 대비 53 ~ 61% 낮아 기피효과를 보였으며, 안개초와 금잔화, 스피아민트 처리구에서는 무처리와 큰 차이를 보이지 않았다(그림 3-14).

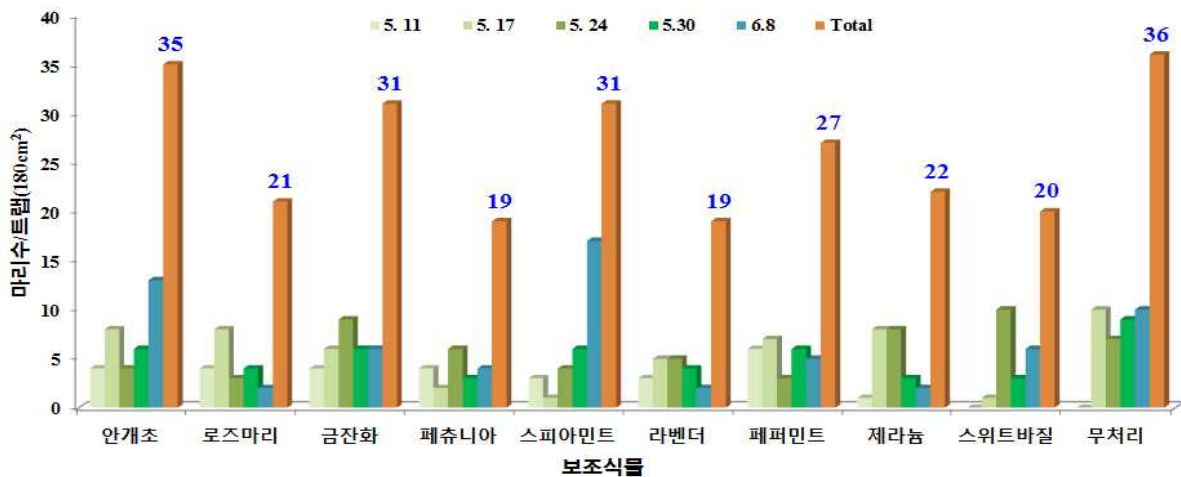


그림 3-14. 토마토 하우스에서 보조식물체 처리에 따른 총채벌레류 밀도 비교.

딸기에서는 보조식물 투입에 따른 총채벌레류 밀도변화를 비교해본 결과, 무처리 대비 라벤더, 제라늄, 페츄니아 처리구에서 각각 50, 59, 62%로 밀도가 낮아 기피효과를 보였다. 한편 안개초와 페퍼민트 처리구에서는 총채벌레류의 밀도가 오히려 무처리보다 높게 나타났는데, 특히 안개초의 경우 무처리 대비 182% 더 높아져 총채벌레류 유인용 식물로 생각된다(그림 3-15).

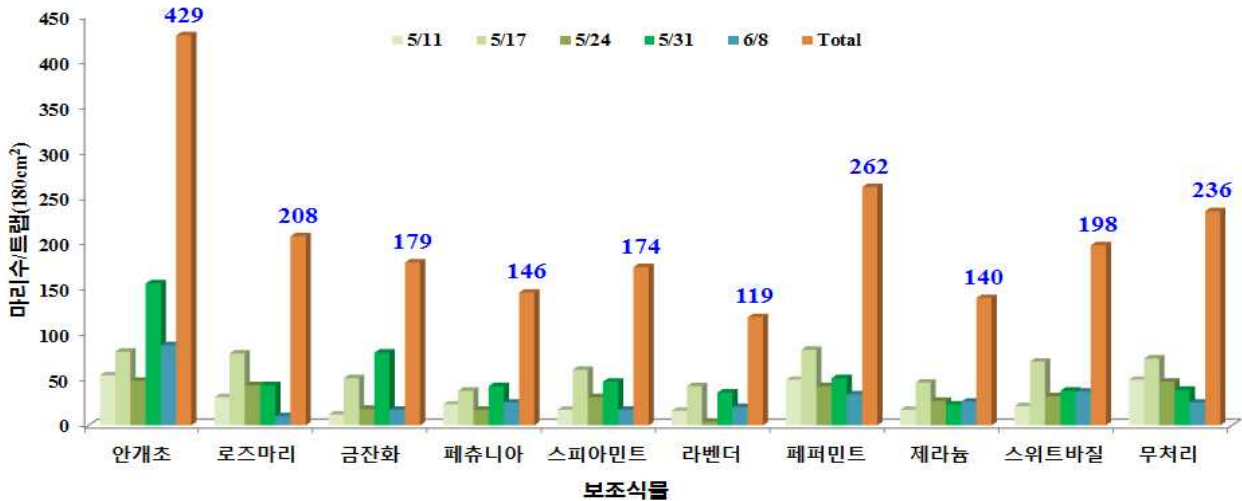


그림 3-15. 딸기 하우스에서 보조식물체 처리에 따른 총채벌레류 밀도 비교.

Koschier et al. (2002)은 식물성 오일의 대만총채벌레 섭식저해 연구에서 라벤더 및 박하 (*Mentha arvensis*)의 정유와 여러 농도의 로즈마리의 오일 처리에 총채벌레 섭식이 크게 감소하였다고 보고한 바 있다. 대만총채벌레를 우점으로하는 총채벌레류를 대상으로 했던 본 연구 결과에서도 같은 경향을 보였다. 또한 Koschier et al. (2002)은 1%의 terpinen-4-ol을 식물체 잎에 처리할 경우 대만총채벌레의 생존률이 급격히 떨어졌음을 확인했는데, 이는 추후 천적곤충에 무해하다는 조건하에서 본 과제의 결과와 함께 활용이 가능할 것으로 생각된다.

이를 종합해 볼 때, 제라늄의 경우 토마토와 딸기 재배시 담배가루이와 총채벌레류의 유입을 억제하는 기피식물로 활용이 가능할 것으로 보이며, 반대로 안개초의 경우 이들 해충에 대한 유인식물로 활용이 가능할 것으로 생각된다. 활용측면에서 기피식물의 경우 작물 재배용 하우스 주변에 식재하여 해충의 유입을 억제할 수 있을 것으로 기대되며, 유인식물은 작물 재배용 하우스 외부에 식재하고 토양처리용 칩투이행성 살충제 처리 등을 처리함으로써(Choi et al., 2016) 유인된 해충 방제용으로 활용 가능할 것으로 생각된다.

## 나. 유인/기피용 색깔 선발

담배가루이와 총채벌레류에 대한 색깔별 유인효과를 검정하였다. 총채벌레류 중에서 가장 우점을 차지하고 있는 대만총채벌레(*Frankliniella intonsa*)에 대한 결과를 분석하였다(그림 3-16). 담배가루이는 노란색에 유인율이 62.4%로 가장 높게 나타났으며, 초록색에 대해서는 33.9%로 노란색 다음으로 높았다. 흰색에 대한 유인율, 1.6%를 제외하고 나머지 파란색, 빨간색, 검은색을 유인율이 모두 0.8% 이하로 낮아 유인보다는 기피효과가 있을 것으로 생각된다(그림 3-17). 한편, 담배가루이에 기피효과를 보였으나 다른 해충류에 대해서 유인효과가 있다면 실용성이 떨어지기 때문에 토마토와 딸기 재배 시 주요 해충인 총채벌레류에 대한 검정을 수행하였다. 대만총채벌레의 경우 흰색, 노란색, 파란색에 대한 유인율이 각각 42.3, 37.6, 16.1% 순으로 높았으며, 빨간색과 검은색은 0.7% 이하로 유인율이 낮아 담배가루이 시험과 유사한 경향을 보였다(그림 3-17).

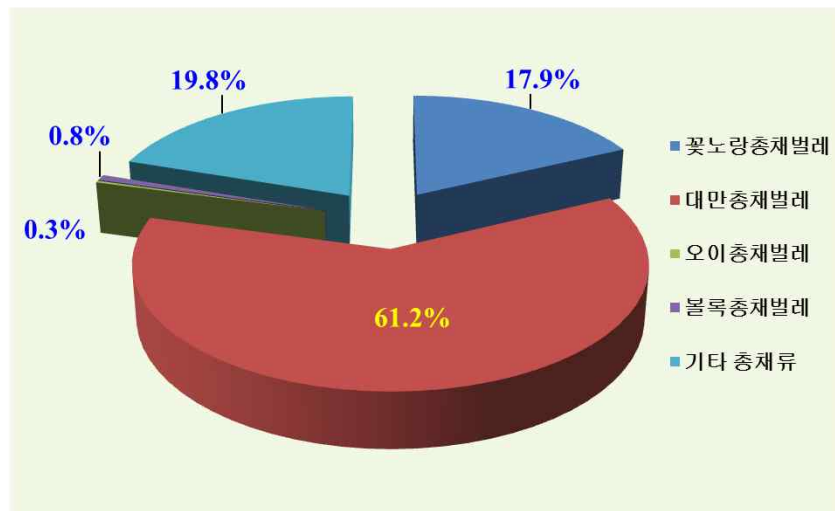


그림 3-16. 토마토 하우스에서 총채벌레류 종별 발생비율.

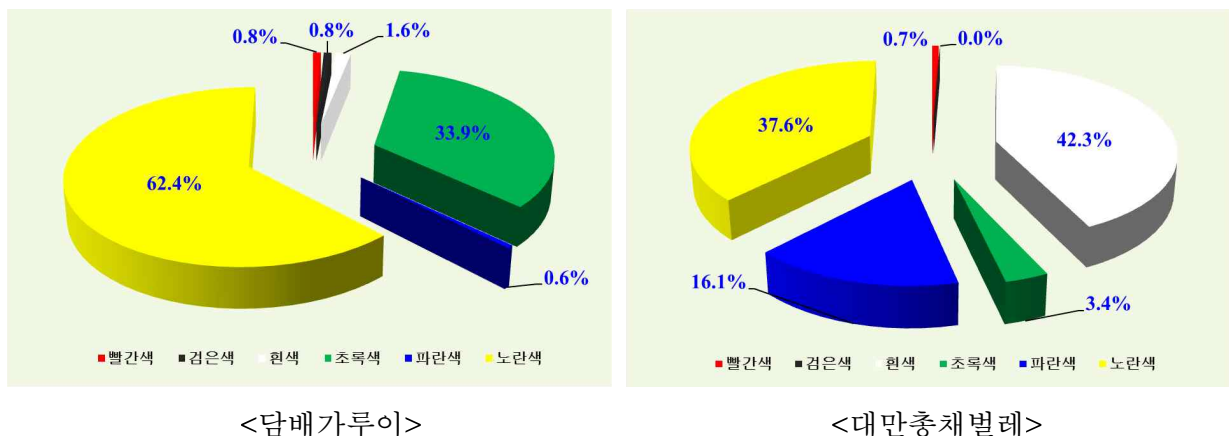


그림 3-17. 담배가루이와 대만총채벌레의 트랩 색깔별 유인율 비교.

유색트랩은 곤충의 밀도를 예찰하는데 주로 이용되고 있다. Kim and Lim (2011)은 담배가루이의 시각반응을 이용해 담배가루이를 보다 더 포획할 수 있는 방법으로 검은색 배경에 노란색의 원형의 무늬가 들어간 끈끈이트랩을 고안하기도 하였다.

본 연구의 결과를 보면 담배가루이와 대만총채벌레의 경우 황색트랩에는 가장 많이 유인되며, 검은색트랩에는 거의 포획이 되지 않는 것을 알 수 있다. Vernon and Gillespie (1995)는 오이 하우스에서 꽃노랑총채벌레의 색깔반응 연구를 통해 노란색트랩 대비 보라색이나 파란색 배경에 노란색이 들어있는 색깔트랩에 확연하게 더 이끌린다는 사실을 밝히기도 하였다.

대만총채벌레를 대상으로 한 본 연구에서는 파란색에 다소 유인이 되는 것으로 나타났는데, 총채벌레 종의 특성 차이로 생각되며, 대만총채벌레의 경우 빨간색 배경에 노란색이 들어있는 끈끈이트랩을 이용한다면 포획량이 증가할 것으로 예상되나 추가 확인시험이 필요할 것이다. Chu et al, (2000)은 가루이류와 총채벌레류, 매미충류 등 주요 흡즙성 해충들은 490 ~ 600 nm의 스펙트럼의 색깔을 선호하는데, 이들 색깔들은 초록색 잎 뒷 표면에서 분광 반사율 곡선과 유사하다고 하였다. 이와 같이 곤충에 대한 색깔반응 연구는 색의 명조대비를 통해 해충의 색깔에 대한 반응을 촉진시킴으로서 최종적으로 포획량을 높이는 방안으로 활용이 가능하다고 생각된다.

시험결과를 종합해 볼 때, 노란색의 경우 담배가루이 뿐만 아니라 대만총채벌레류에 대한 유인용 유색 끈끈이트랩으로 활용이 가능하며, 적색이나 검은색은 이러한 색을 이용한 방충망을 제작할 경우 외부로부터 유입을 차단할 수 있는 효과가 있을 것으로 생각된다.

#### 다. 유인/기피용 휘발성 물질

담배가루이를 포함한 해충의 피해를 받은 식물체는 이에 방어하기 위해 다양한 휘발성 유기 화합물(Volatile organic compounds, VOC)을 내는 것으로 알려져 있다. 이러한 휘발성 물질 중에서도 해충에 의해 피해를 받았을 때 방출하는 물질들(Herbivore-induced plant volatiles, HIPVs)은 또 다른 해충이나 천적을 유인하는 등 서로 긴밀하게 관계를 맺고 있다 (Dicke and Baldwin, 2010; Xiao et al., 2012).

Tan and Liu (2014)는 토마토의 HIPVs 시험에서 진딧물을 인위적으로 접종시켰을 경우 담배가루이의 기생성 천적인 *Encarsia* 속 2종과 포식성 천적인 *O. sauteri*가 유인되는 것을 확인한 바 있다. 또한 식물체에 해충의 피해로 인해 발생하는 휘발성 물질과 유사한 물질(Jasmonic acid) 처리로 담배가루이 천적곤충의 유인이 가능했다는 보고도 확인할 수 있다(Li et al., 2014).

이렇듯 휘발성 화합물들은 해충 또는 천적에게 전달되어 결국 천적을 유인함과 동시에 투입된 천적의 이탈을 방지할 수 있는 방안으로 활용이 가능할 수 있다. 이를 이용해 토마토, 딸기 재배용 하우스에서 해충을 유인 또는 기피시킬 수 있는 휘발성 물질을 선발하고자 하였다.

표 3-1은 토마토 하우스에서 휘발성 유기 화합물 12종 처리에 따른 담배가루이 밀도를 비교한 것이다. 무처리 대비 대부분 밀도가 낮게 나타난 가운데, ocimene과 carvacrol은 무처리 대비 각각 26, 33%로 가장 낮게 나타나 담배가루이에 대한 기피효과가 있는 것으로 생각된다. 반면 methyl isonicotinate 처리구에서 담배가루이의 밀도는 무처리 44.7마리 대비 80.0마리로 179% 높게 나타나 유인 물질로써 활용이 가능할 것으로 보인다.

표 3-1. 토마토 하우스에서 휘발성 유기 화합물 12종 처리에 따른 담배가루이 밀도 비교

처리물질	마리/트랩/일(mean±SD)					유인율(%) <sup>2)</sup>
	1반복	2반복	3반복	평균 <sup>1)</sup>		
Methyl isonicotinate	83	79	78	80.0±2.65	a	179
Dodecyl acetate	43	40	36	39.7±3.51	bc	89
Ethyl nicotinate	42	36	44	40.7±4.16	bc	91
Ocimene	15	11	9	11.7±3.06	i	26
cis-3-Hexenyl acetate	26	22	32	26.7±5.03	ef	60
Methyl salicylate	40	36	34	36.7±3.06	cd	82
cis-Jasmone	32	28	36	32.0±4.00	de	72
Ethyl isonicotinate	22	19	11	17.3±5.69	ghi	39
Carvacrol	15	11	18	14.7±3.51	hi	33
(1S)-(-)-Verbenone	20	17	20	19.0±1.73	gh	43
Methyl jasmonate	24	19	18	20.3±3.21	fgh	46
Methyl anthranilate	26	22	21	23.0±2.65	fg	51
무처리	38	46	50	44.7±6.11	b	100

<sup>1)</sup> Means followed by the same letter within a column are not significantly different at  $\alpha = 0.05$ , Duncan's multiple range test.

<sup>2)</sup> 유인율(%) = 물질별 유인 마리수/무처리 유인 마리수 × 100.

표 3-2는 토마토 하우스에서 휘발성 유기 화합물 12종 처리에 따른 총채벌레류 밀도를 비교한 것이다. 모든 처리구에서 무처리 대비 총채벌레류 밀도가 낮게 나타난 가운데,

carvacrol과 methyl jasmonate, ethyl isonicotinate은 무처리 대비 10% 이하로 가장 낮게 나타나 총채벌레류에 대한 기피효과가 있는 것으로 조사되었다. 반면 총채벌레류에 대해 유인효과가 높은 휘발성 물질은 탐색되지 않았다.

Koschier et al, (2000)은 휘발성 물질에 대한 꽃노랑총채벌레의 반응연구에서 다양한 물질에 유인 또는 기피 반응을 보였다고 보고하면서, ethyl nicotinate의 유인효과를 확인하였다고 하였다. 본 연구에서 유사한 결과를 보이지 않았는데, 이는 대만총채벌레(*F. intonsa*)가 우점을 보였던(그림 3-16) 총채벌레류에 대한 반응검정에 대한 결과로서 이는 종의 특성 차이라고 생각된다.

표 3-2. 토마토 하우스에서 휘발성 유기 화합물 12종 처리에 따른 총채벌레류 밀도 비교

처리물질	마리/트랩/일(mean±SD)				
	1반복	2반복	3반복	평균 <sup>1)</sup>	유인율(%) <sup>2)</sup>
Methyl isonicotinate	19	25	22	22.0±3.00 bc	55
Dodecyl acetate	17	21	14	17.3±3.51 bc	43
Ethyl nicotinate	21	17	26	21.3±4.51 bc	53
Ocimene	4	5	6	5.0±1.00 e	13
cis-3-Hexenyl acetate	6	8	3	5.7±2.52 e	14
Methyl salicylate	21	36	19	25.3±9.29 b	63
cis-Jasmone	12	15	16	14.3±2.08 cd	36
Ethyl isonicotinate	3	5	4	4.0±1.00 e	10
Carvacrol	3	4	3	3.3±0.58 e	8
(1S)-(-)-Verbenone	7	4	11	7.3±3.51 de	18
Methyl jasmonate	5	4	2	3.7±1.53 e	9
Methyl anthranilate	9	2	15	8.7±6.51 de	22
무처리	38	32	50	40.0±9.17 a	100

<sup>1)</sup> Means followed by the same letter within a column are not significantly different at  $\alpha = 0.05$ , Duncan's multiple range test.

<sup>2)</sup> 유인율(%) = 물질별 유인 마리수/무처리 유인 마리수 × 100.

농업 생태계에서 식물과 초식성 동물은 직접 또는 간접적으로 식물체의 대사산물과 상호작용을 하게 되며, 휘발성 물질을 매개로 더욱 두드러지는 것으로 알려져 있다(Dicke and Baldwin, 2010). Darshanee et al. (2017)은 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)의 경우

토마토 잎에서 방출하는 (Z)-3-hexen-1-ol,  $\alpha$ -pinene, (E)- $\beta$ -caryophyllene,  $\alpha$ -humulene, azulene과 같은 휘발성 물질에 강하게 이끌리는 것을 확인한 바 있는데, 이는 결국 기주 선호성을 결정하게 되는 요인이 될 수 있다.

본 연구의 목적인 push-pull 전략에 맞게 투입 천적곤충의 효율을 높이면서 담배가루이를 효율적으로 방제하기 위해서는 유인효과를 보인 methyl isonicotinate은 담배가루이 유입이 시작되는 하우스 출입문 부위에 처리하고, 담배가루이와 총채벌레류에 기피효과를 보인 carvacrol은 작물군락 내부에 처리해 주는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

### 라. 천적곤충 유지식물 선발

담배가루이와 총채벌레류의 생물적 방제를 위해 투입되는 천적곤충으로는 담배장님노린재와 미끌애꽃노린재가 상용화되어 이용되고 있다. 이들 천적 또한 움직이는 생물체이기 때문에 투입된 천적의 이용효율을 높이고, 추가 투입량 절감을 위해 천적을 투입한 곳에 머무르게 하는 기술은 필수적이라 할 수 있다. 생물학적 방제를 보장한다는 측면에서 천적 곤충 유지식물(banker plant)은 작물 재배기간에 천적곤충을 장기간 유지하기 위한 수단으로 다양하게 이용되고 있으며, 11종의 해충을 방제하기 위해 19종의 천적곤충에 대한 연구가 진행되어 왔다(Frank, 2010). 최초의 banker plant의 연구는 토마토 하우스에서 온실가루이 방제를 위해 기생성 천적인 *Encarsia formosa*를 미리 접종시킨 토마토를 작물 사이에 배치하는 방식이었는데, 투입된 banker plant에 서식하던 해충이 주변으로 확산되어 오히려 피해를 입게 되면서(Stacey, 1977) 이후 연구들은 비재배식물(non-crop plant) 선발로 전환되게 되었다. 이중 대부분 진딧물 방제를 위한 연구가 92%로 주를 이룬 가운데, 가루이류와 총채벌레류 방제에 대한 연구는 15% 미만으로 부족한 실정이다(Frank, 2010).

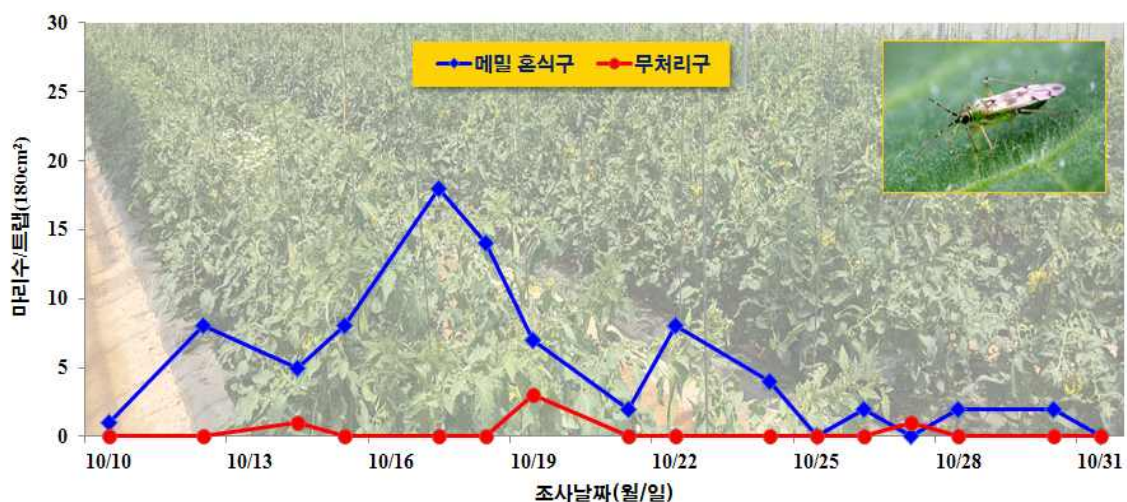


그림 3-18. 토마토 하우스에서 메밀 혼식에 따른 담배장님노린재 밀도 변화.



그림 3-18과 그림 3-19는 각각 천적 유지식물로 메밀을 토마토 하우스에 배치한 후 담배가루이 천적인 담배장님노린재와 미끌애꽃노린재의 밀도를 조사한 결과이다. 토마토 하우스에서 메밀 혼식에 따라 주요 천적인 담배장님노린재는 약 15일간 무처리 대비 16배의 매우 높은 유인/유지 효과를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 담배가루이의 생물적 방제를 위해 담배장님노린재와 함께 메밀을 혼식할 경우 천적의 유지를 통해 방제효율과 투입량을 줄일 수 효과가 있을 것으로 생각된다.

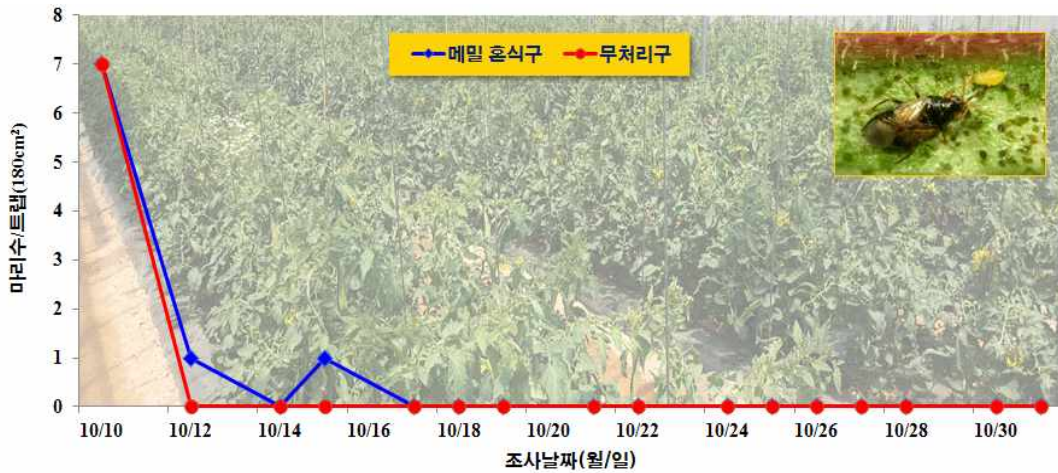


그림 3-19. 토마토 하우스에서 메밀 혼식에 따른 미끌애꽃노린재의 밀도 변화.

담배가루이 천적 담배장님노린재의 방제효율 증대를 위해 천적유지식물로서 메밀을 투입하고 담배가루이의 밀도변화를 조사하였다. 메밀이 혼식된 토마토 하우스에서 담배가루이의 밀도는 무처리 대비 약 50% 감소한 것을 알 수 있는데(그림 3-20), 담배장님노린재가 메밀에 머무르면서 주변 담배가루이의 밀도를 효과적으로 낮춘 것으로 생각된다. 반면 미끌애꽃노린재는 28%의 낮은 유인/유지 효과를 보였으며, 7일 이내에 주변으로 이탈한 것으로 생각됨에 따라 미끌애꽃노린재를 유지할 수 있는 보조식물의 추가적 탐색이 필요할 것으로 보인다.

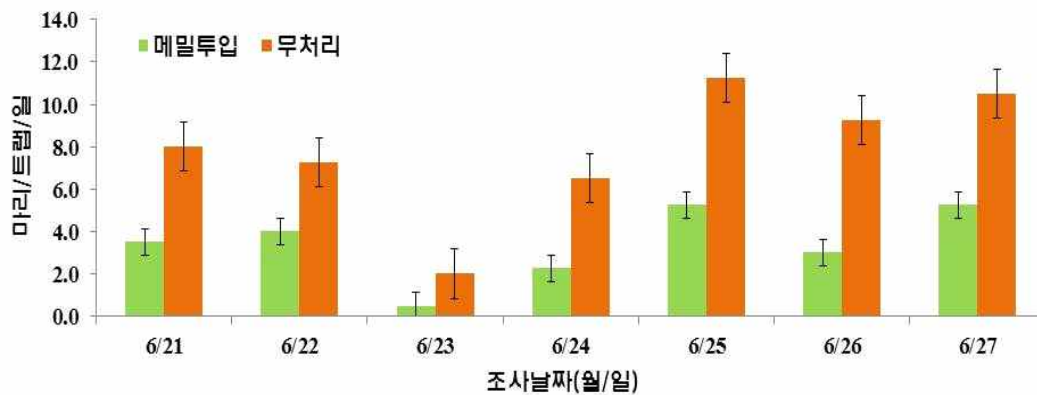


그림 3-20. 천적유지식물(메밀)과 천적(담배장님노린재) 처리에 따른 담배가루이 밀도 비교.

### 마. 유인/기피용 LED 광원 선발

최근 수십년간 LED와 같은 인공광원을 해충의 종합적 방제기술의 수단으로 이용하고자 하는 많이 이용되고 있다(Zheng et al., 2014). 시설하우스에서 해충의 조기예찰 및 유인 효율을 증대시킴으로서 보조식물과 패키지화할 수 있는 LED 광원을 선발하였다. 시험결과, 담배가루이는 520 nm의 광원에 대해서 유인율 66.5%로 가장 많이 유인되는 것으로 나타났으며, 반면에 450 + 660 nm의 복합광 처리구에서는 유인율 3.7%로 기피반응을 보였다(표 3-3). Jahan et al (2014)은 광원을 이용한 담배가루이 유인 연구에서 녹색파장의 광원(526 nm)에 biotype과 상관없이 담배가루이 성충이 가장 많이 유인되었으며, 파란색 LED 광원(526 nm)에는 거의 반응을 보이지 않았다고 보고하였는데, 이와 같은 결과는 본 시험의 결과가 매우 유사한 경향을 보였다. 한편, Zheng et al (2014)는 가루이의 일종인 *Aleurodicus dispersus*의 LED 광원 연구를 통해 보라색(405 nm) LED 트랩이 청색(460 nm), 녹색(520 nm), 황색(570 nm) 및 적색(650 nm) 트랩 대비 성충의 탁월한 유인효과가 있음을 보고하기도 하였다. 본 연구에서는 405 nm 파장대의 LED 광원을 시험해 보진 않았지만, 같은 가루이 종류를 대상으로 한 연구임을 감안할 때 추후 추가 검증이 필요한 부분이라고 생각된다.

표 3-3. LED 광원별 담배가루이 반응 밀도 비교

광원 <sup>1)</sup>	광량 (Lux)	마리/트랩/일(% <sup>2)</sup> )			유인율 (mean ± SD, % <sup>3)</sup> )
		1반복	2반복	3반복	
450 + 660 nm	5,154	1(1.6)	2(9.1)	1(0.4)	3.7±4.7c
520 nm(G)	1,497	45(71.4)	11(50.0)	200(78.1)	66.5±14.7a
660 nm(DR)	9,119	10(15.9)	5(22.7)	47(18.4)	19.0±3.5b
730 nm(FR)	87	7(11.1)	4(18.2)	8(3.1)	10.8±7.5bc

1) G: green, DR: dark red, FR: far red.

2) 담배가루이 방사량 : 약 350마리

3) 유인율(%) = 처리구 마리수/총 마리수 × 100, means followed by the same letter within a column are not significantly different at α = 0.05, Duncan's multiple range test.

식물체 중간지점에서 광원으로부터의 광량을 측정 한 결과는 광원에 따라 상이하게 나왔는데, 광량과 유인율과는 정의 상관성을 갖지 않는 것으로 보인다. 총채벌레류의 경우 처리된 LED광원에 유인 또는 기피효과를 보이지 않았다(데이터 미삽입). LED 광원이 천적곤충에 미치는 영향을 조사한 결과는 표 3-4와 같다. 담배가루이 천적곤충인 담배장님노린재(*Nesidiocoris tenis*)와 총채벌레류 천적곤충인 미끌애꽃노린재(*Orius laevigatus*)의 LED 광원에 대한 유인/기피 반응을 분석한 결과, 두 종의 천적곤충 모두 520 nm의 광원에 가장 높은 유인반응을 보인 가운데, 미끌애꽃노린재가 23.6%로 담배장

님노린재 18.0%보다 다소 민감한 반응을 보였다.

표 3-4. LED 광원별 미끌애꽃노린재와 담배장님노린재의 반응 밀도 비교

광원	미끌애꽃노린재(마리,%)			담배장님노린재(마리,%)			합계	유인율 (%)
	접종수	유인수	유인율	접종수	유인수	유인율		
450 + 660 nm	500	23	4.6	250	25	10.0	48	22.3
520 nm(G)	500	118	23.6	250	45	18.0	163	75.8
660 nm(DR)	500	1	0.2	250	0	0.0	1	0.5
730 nm(FR)	500	3	0.6	250	0	0.0	3	1.4

※ 유인율(%) = 처리구 마리수/총 마리수 × 100, G: green, DR: dark red, FR: far red.

520 nm LED 광원의 경우 대상 해충인 담배가루이에 대해 유인효과가 높았음을 감안할 때 이 광원을 이용할 경우 담배가루이와 두 천적곤충이 동시에 유인됨으로써 결국은 천적곤충의 먹이활동에 유리할 수 있다. 따라서 담배가루이 발생초기에 해충 초기 발생지점인 양 출입구와 측창주변에 해충 유인식물과 함께 520 nm의 LED광원을 설치해 놓을 경우 담배가루이는 작물 군락내부로 유입되기 보다는 작물군락 외부에 유인될 것이며, 이 시기에 천적곤충을 방사할 경우 천적곤충의 먹이활동이 용이해지면서 정착과 번식에 유리할 것으로 생각된다.

천적곤충인 미끌애꽃노린재의 경우 본 과제를 통해 개발한 banker plant로 돌나물류 (*Portulaca* sp.)를 담배가루이 유인식물과 유인용 휘발성 물질, 유인광원과 함께 동시에 투입함으로써 해충유인과 동시에 천적을 증식시킬 수 있는 조합이 가능할 것으로 생각된다.

### 제3절. Push-pull 전략이용 해충 종합방제기술 효과 검증

#### 1. 연구목표

본 연구는 선행 연구에서 도출한 push-pull 전략을 시설 토마토 재배지 주요 해충인 담배가루이와 총채벌레류를 효율적으로 방제할 수 있는 기술을 검증하고자 수행하였다.

#### 2. 연구내용

세부전략은 표 3-5, 그림 3-21과 같이 크게 해충을 유인, 천적을 유인/유지, 해충을 기피시키는 전략으로 나누어 수립하였으며, 이들 세부전략들을 종합하여 투입하였다. 투입기술의 담배가루이와 총채벌레류에 대한 방제효과 분석을 위해 토마토 균락을 9지점에 황색끈끈이트랩을 설치하고 일주일 간격으로 교체하며 포획된 담배가루이 성충의 밀도를 조사하였다.

표 3-5. 천적이용 토마토 주요 해충 방제를 위한 push-pull 전략

투입기술	Pull 전략		Push 전략
	해충 유인	천적 유인/보존	해충 기피
광원(LED)	520 nm(작물외부)		450+660 nm(작물내부)
휘발성 물질	methyl isonicotinate(작물외부)		carvacrol(작물내부)
유인식물	가지(작물외부)		-
유인트랩	황색끈끈이롤트랩(작물내부)		-
투입천적	담배장님노린재, 미끌애꽃노린재(작물내부)		
Banker plant	메밀, <i>Portulaca</i> sp.(작물내부)		
방충망	-		적색 방충망(작물외부)

Push-pull 전략의 종합처리 결과, 처리 50일 경과 후 담배가루이의 트랩당 밀도는 무처리 801.7마리 대비 종합처리구의 경우 250.8마리로 3배 이상 낮게 나타났으며, 이에 따른 시기별 방제효과도 최고 68.7%로 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였다(그림 3-22).

종합기술 투입에 따른 총채벌레류의 밀도는 초기 약 3배의 낮았으며 최대 74.5%의 방제가를 보였는데, 후기로 갈수록 총채벌레류의 밀도가 지속적으로 밀도가 억제되는 것으로 조사되었다(그림 3-23).



그림 3-21. 천적이용 토마토 주요 해충 방제를 위한 push-pull 전략별 사진.

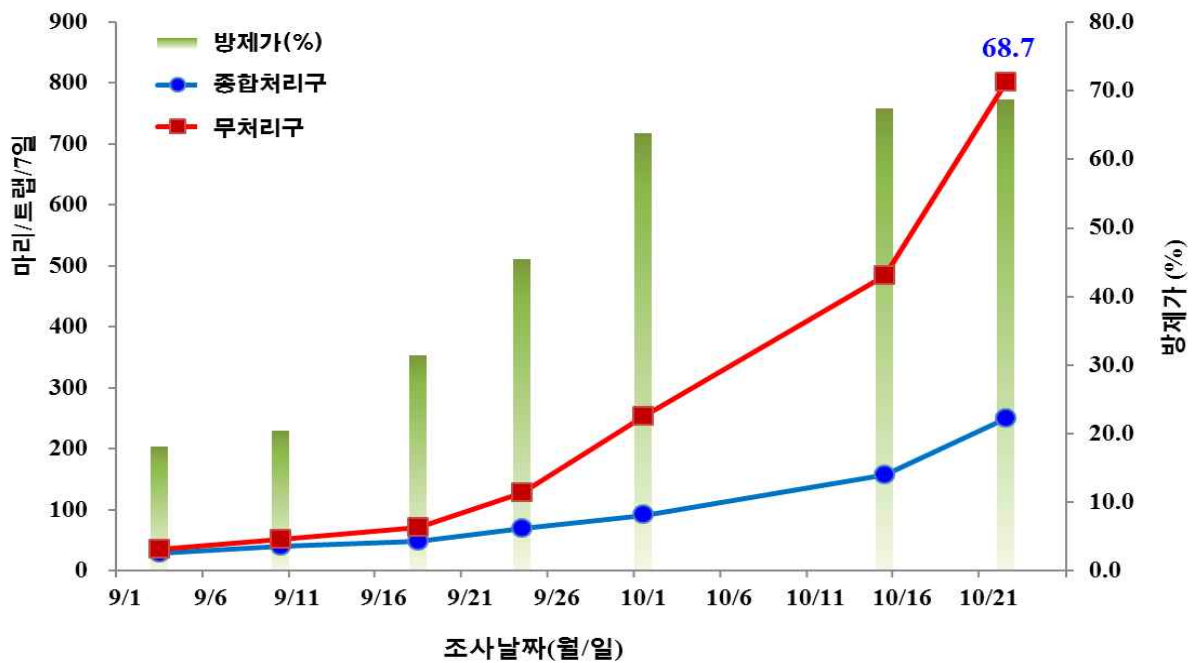


그림 3-22. 토마토 하우스에서 push-pull 종합기술 투입에 따른 담배가루이 방제효과.

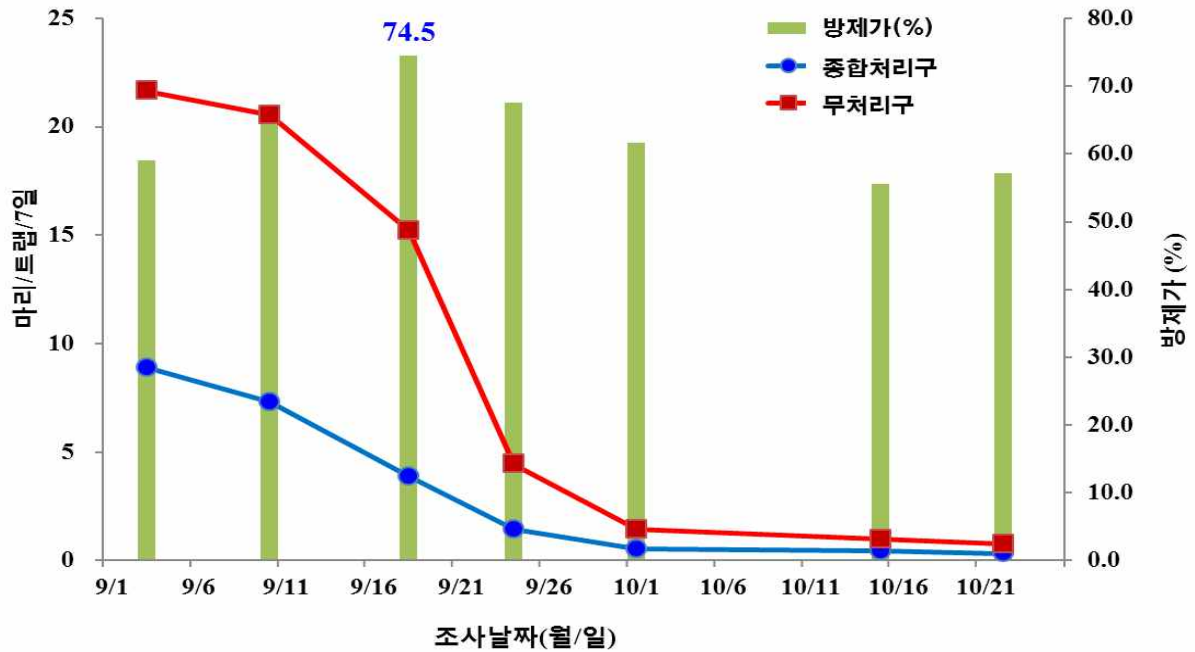


그림 3-23. 토마토 하우스에서 push-pull 종합기술 투입에 따른 총채벌레류 방제효과.

해충 방제를 위한 종합기술 투입에 따른 처리간 수량성을 비교한 결과, 무처리구의 경우 20.8%의 비상품과를 제외한 10a 당 상품수량이 3,648 kg이었던 반면, 종합처리구의 경우 무처리 대비 약 5% 감소한 15%의 비상품과를 제외한 10a 당 상품수량이 5,230 kg로 143.4% 증수한 것으로 조사되었다(표 3-6).

표 3-6. 토마토 Push-pull 종합기술 투입에 따른 수량 비교(kg/10a)

종합처리구			무처리구		
상품과(%)	비상품과(%)	합계	상품과(%)	비상품과(%)	합계
5,230 (143.4)	924 (15.0)	6,154	3,648 (100)	957 (20.8)	4,605

토마토 재배시 Push-pull 종합기술 투입에 따른 경제성을 비교한 결과, 관행 생물적 방제기술 보다 개선된 생물적 방제기술을 투입할 경우 10a 기준 732,400원의 소득이 향상되는 것으로 분석되었다(표 3-7). 수입증가 요인은 상품과 수량성 증가에 따른 토마토 판매 수입이며, 주요 지출요인은 해충과 천적을 유인 또는 기피시키기 위한 LED 광원의 설치비용이었다. 또한 해충 유인/기피용 물질 구입비용도 약 50만원 수준이었다. 하지만, LED 광원의 경우 상용화된 기존 제품이 없어 주문제작 비용이 포함되었고 1회 설치로 향후 지속적으로 이용이 가능하며, 해충 유인/기피용 물질 또한 1회 투입되는 양이 극히 적어 한번 구입으로 수년간 이용이 가능하다고 볼 수 있다. 따라서 개선된 본 연구를 통해 개발된 생물적 방제기술이 정착되고 이 기술에 투입되는 제품들이 생산된다면 투자비용은 크게

감소할 것으로 예상된다. 또한 이 기술을 통해 생산되는 농산물이 친환경 농산물임을 감안할 때 그 경제적 가치는 더욱 높아질 수 있다고 생각된다.

본 과제를 통해 개발된 기술을 농업인이 이용할 경우 해충의 유인기술을 통해 농업인은 농작물에 해충의 발생초기 시점을 쉽게 확인할 수 있으며, 나아가 천적곤충의 투입 등 해충 발생 초기에 방제전략을 수립할 수 있다는 장점이 있다. 또한 투입된 천적은 먹이원인 해충의 밀도가 적더라도 천적 유지기술을 통해 포장내에서 자체증식하며 해충의 밀도가 증가함에 따라 방제(먹이)활동을 재개함으로써 궁극적으로 천적의 투입횟수 절감을 통해 천적 구입비와 낮은 효율성에 대한 농업인의 부담을 경감시켜 줄 것으로 기대된다.

표 3-7. 토마토 재배시 Push-pull 종합기술 투입에 따른 경제성 비교(10a 기준)

개선된 생물적 방제 (A)	관행 생물적 방제 (B)
<p><b>&lt;지출액&gt; 3,096,000원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- LED 설치비 : 2,120,000원</li> <li>·유인용(2개, 출입구) : 320,000원</li> <li>·기피용(30개, 작물내부) : 1,800,000원</li> <li>- 황색끈끈이트랩(롤) 설치 : 150,000원</li> <li>·50,000원/대 × 3롤 = 150,000원</li> <li>- 해충 유인/기피 물질 구입비 : 458,000원</li> <li>·methyl isonicotinate(100<math>\mu</math>l/10g) = 234,000원</li> <li>·carvacrol(100<math>\mu</math>l/10g) = 224,000원</li> <li>- 해충 유인식물 구입비 : 1,000원</li> <li>·가지 묘 × 500원 × 2개 = 1,000원</li> <li>- 천적구입비 : 345,000원</li> <li>·미끌애꽃노린재: 49,000원 × 3병 = 147,000원</li> <li>·담배장님노린재: 66,000원 × 3병 = 198,000원</li> <li>- 천적유지식물 구입비 : 22,000원</li> <li>·메밀(종자) × 2,000원 × 1봉 = 2,000원</li> <li>·돌나물류(<i>Portulaca</i> sp.) × 10,000원 × 2개 = 20,000원</li> </ul> <p><b>&lt;수입액&gt; 9,234,600원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 토마토 판매수입 : 9,234,600원</li> <li>·생산량 : 5,230kg</li> <li>·판매가 : 17,657원/10 kg × 5,230 kg = 9,234,600원</li> <li>- 계(A) : 9,234,600 - 3,096,000 = 6,138,600원</li> </ul>	<p><b>&lt;지출액&gt; 1,035,000원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 천적구입비 : 1,035,000원</li> <li>·미끌애꽃노린재: 49,000원 × 9병 = 441,000원</li> <li>·담배장님노린재: 66,000원 × 9병 = 594,000원</li> </ul> <p><b>&lt;수입액&gt; 6,441,200원</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 토마토 판매수입 : 6,441,200원</li> <li>·생산량 : 3,648 kg</li> <li>·판매가 : 17,657원/10 kg × 3,648 kg = 6,441,200원</li> <li>- 계(A) : 6,441,200 - 1,035,000 = 5,406,200원</li> </ul>
<p><b>o 추정수익액(A - B): 6,138,600 - 5,406,200 = 732,400원</b></p>	

# 제4장. 원에 작물 주요 총채벌레 해충의 유인/기피 물질과 천적 이용 방제기술 개발

## 제1절. 총채벌레류 유인/기피 물질 선발

### 1. 연구목표

총채벌레류의 유인제와 기피제 이용 기술 개발을 위해 실험실내 사육법 확립을 통한 시험 곤충을 확보하고, 주요 총채벌레에 대한 Push-Pull 전략 개발을 위한 가장 효과적인 유인 혹은 기피 물질을 선발하고자 하였다.

### 2. 연구내용

#### 가. 공시충 확보 및 사육체계 확립

2016년 10월 12일부터 11월 10일까지 경북 예천과 군위, 강원도 춘천, 충청남도 논산 소재의 15개의 토마토 하우스와 1곳의 파프리카 하우스에서 식물체 부위 (꽃) 채취법으로 총채벌레를 채집하였다. 채집한 총채벌레는 실험실에서 Mound and Kibby (1998)에 따라 동정한 후 강낭콩의 배엽에서 사육하였으며 이때 꿀과 꽃가루를 같이 공급하였다. 사육 용기는 crystal grade polystyrene (PS) 재질의 곤충 사육 상자(Insect Breeding Box, 65.4 mm × 65.4 mm × 196.4 mm, SPL Life Science)를 사용하였다.

문헌에 나온 기존 사육 방법(물에 적신 솜에 배엽 단계의 강낭콩의 줄기를 착근 시켜 사육하는 방법, 그림 4-1의 왼쪽 사진)과 신규 고안된 사육 방법(물솜 대신에 수분 공급용 튜브를 설치하고 배엽 단계의 강낭콩의 줄기가 물속에 잠겨서 착근이 되는 것, 그림 4-1의 오른쪽 사진)을 비교하였다.



그림 4-1. 총채벌레 사육 체계.



### 나. 주요 총채벌레류 유인/기피 물질 선발(문헌)

SCOPUS 데이터베이스를 이용해서 총채벌레 유인/기피 물질과 총채벌레 천적의 유인 물질이 발표된 12건의 논문을 확보한 후 분석하였다.

### 다. Y자 후각계 또는 생물검증

문헌 조사를 통한 효과와 구매 가능성을 고려한 꽃총채벌레류(*Frankliniella* spp.)에 유인력이 알려진 3가지 유인제를 선발하고 대만총채벌레에 대한 유인력을 Y자 후각계(그림 4-2의 왼쪽 그림)를 이용해서 검증하였다[pheromone lures IT860-ISCA lure Occidentalis (ISCA, California, USA), (1S)-(-)-verbenone (Sigma Aldrich), methyl isonicotinate (Tokyo Chemical Industry, Japan)]. 시험에 사용한 대만총채벌레는 우화 후 1일 이전의 성충 암컷을 사용하였으며 섭식과 교미 여부에 따라 구분에서 검증하였다. 또한 기피물질 3종[carvacrol (Sigma Aldrich), cis-jasmone (Sigma Aldrich), methyl jasmonate (Sigma Aldrich)]에 대해서도 같은 방법으로 검증하였다.

문헌 조사를 통한 효과와 구매 가능성을 고려한 꽃총채벌레류(*Frankliniella* spp.)에 기피성이 알려진 4가지 기피제를 선발하고 마이크로 튜브(그림 4-2 오른쪽 그림)를 이용해서 대만총채벌레에 대해 생물검증을 실시하였다[carvacrol (Sigma Aldrich), cis-jasmone (Sigma Aldrich), methyl jasmonate (Sigma Aldrich), methyl salicylate (Sigma Aldrich)]. Eppendorf 튜브에 강낭콩 잎 조각(5 mm)위에 에탄올과 Triton-X로 희석한 0.2  $\mu$ l의 각각의 기피물질을 도포한 다음 우화 후 1일 이전의 대만총채벌레 성충 암컷을 방사함. 매 12시간 간격으로 살충률을 조사하고 24시간 간격으로는 잎조각을 수거하고 새로운 잎조각으로 바꿔주었다. 수거한 잎조각은 부화하는 다음 세대 유충의 수를 기록하기 위해 25 $^{\circ}$ C 항온기에 보관하였다.

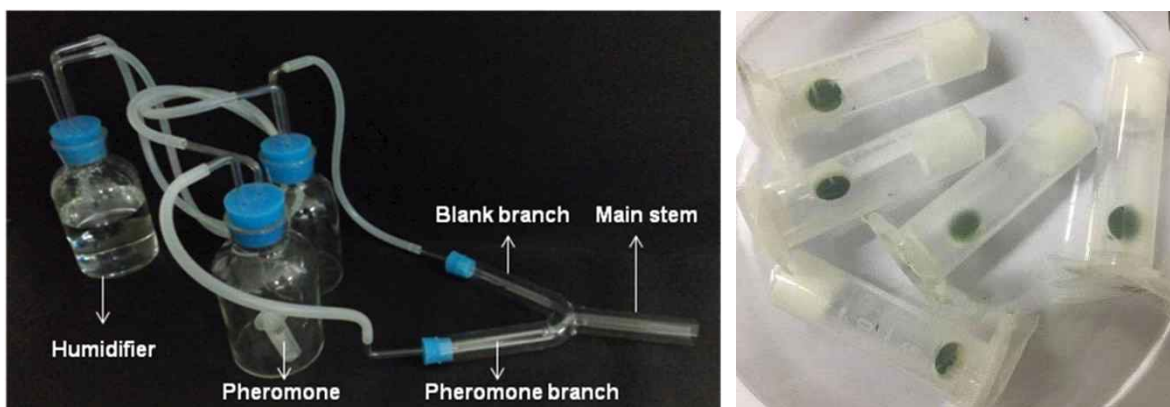


그림 4-2. 유인력 검증에 이용한 Y-자 후각계(왼쪽)와 기피물질의 생물검증 모습(오른쪽).

### 3. 연구결과

#### 가. 공시충 확보 및 사육체계 확립

경상북도 예천과 군위, 강원도 춘천, 충청남도 논산 소재 토마토 하우스에서 총채벌레 조사 및 채집을 실시하였다. 계절적인 영향으로 총채벌레의 밀도는 높지 않았지만 꽃노랑총채벌레와 대만총채벌레를 채집할 수 있었다(그림 4-3, 표 4-1).



그림 4-3. 2016년 시설 하우스에서 총채벌레 채집 장면.

경북 안동지역 고추 재배지에서 채집한 대만총채벌레(표 4-1)를 대상으로 실내 사육법을 개발하였다. 문헌에 나온 기존 사육 방법은 물에 적신 솜에 배엽 단계의 강낭콩의 줄기를 착근 시켜 사육하는 방법이 대표적이지만 착근 성공률이 높지 않는(약 60%) 단점을 발견하였다. 신규 고안된 사육 방법에서는 물솜 대신에 수분 공급용 튜브를 설치하고 배엽 단계의 강낭콩의 줄기가 물속에 잠겨서 착근이 되는 것으로 착근 성공률이 100%에 가까웠다. 하지만 아직 기존 방법에 비해 수율(output/input/plant)이 낮아 수율 향상을 위한 사육 방법의 개선이 필요했다(표 4-2). 이를 위해 용기 내 강낭콩 수를 증가시키고 습도를 향상 시키는 방법 등을 추가로 시도 하였다.

후속 연구에서 신규 고안된 방법은 초기 접종 총채벌레 수를 줄일 경우 수율이 8 ~ 21배로 향상 시킬 수 있다는 점을 발견하였다(표 4-3). 하지만 대량 생산을 위해서 신규 고안된 방법을 응용한 원통형 실린더(33.5H cm × 18D cm)를 이용한 사육법을 다시 개발하여 30개체를 초기 접종하여 평균 500마리를 생산할 수 있었다(표 4-4).

표 4-1. 2016년 시설 하우스 총채벌레 채집 결과

Location	Sampling date	Host plant	No. of plants examined	No. of adult thrips	No. of adult <i>Frankliniella occidentalis</i>	No. of adult <i>Frankliniella intonsa</i>	Unknown
Yecheon 01	12-Oct-16	tomato	23	0	0	0	0
		tomato	22	2	0	2	0
	20-Oct-16	tomato	20	2	0	2	0
		tomato	20	2	0	2	0
		tomato	20	2	0	2	0
Gunwi 01	21-Oct-16	tomato	30	0	0	0	0
		tomato	30	0	0	0	0
Chuncheon 01	29-Oct-16	tomato (cherry)	20	1	0	1	0
Chuncheon 02	29-Oct-16	tomato (cherry)	20	3	2	0	1
Chuncheon 03	29-Oct-16	tomato (cherry)	20	7	7	0	0
		tomato (cherry)	20	7	6	0	1
		tomato (cherry)	19	5	5	0	0
Chuncheon 04	29-Oct-16	paprica	20	7	7	0	0
Nonsan 01	10-Nov-16	tomato (jujube)	20	0	0	0	0
		tomato (cherry)	20	0	0	0	0
Nonsan 02	10-Nov-16	tomato (cherry)	20	0	0	0	0

표 4-2. 총채벌레 기존 사육법과 신규 사육법 비교

Date of setup	Type of rearing cage	No. of plant used	No. of thrips released	Date of first collection	No. of adult thrips collected	Output/input/plant
16.11.1	Old	2	25	16.11.15	11	0.2
16.11.1	Old	2	20	16.11.16	291	7.3
16.11.1	Old	2	18	16.11.16	42	1.2
16.11.6	Old	2	20	16.11.21	157	3.9
16.11.6	Old	2	40	16.11.21	131	1.6
16.11.7	Old	1	17	16.11.23	94	5.5
16.11.7	Old	1	17	16.11.23	97	5.7
						<b>Mean = 3.6</b>
16.11.12	New	1	23	16.12.8	31	1.3
16.11.16	New	1	26	16.12.8	97	3.7
16.11.21	New	1	40	16.12.10	69	1.7
16.11.22	New	1	22	16.12.13	103	4.7
16.11.22	New	1	23	16.12.14	34	1.5
16.11.26	New	1	26	16.12.14	93	3.6
16.11.28	New	1	39	16.12.14	80	2.1
16.11.28	New	1	27	16.12.15	93	3.4
						<b>Mean = 2.8</b>

표 4-3. 신규 사육법을 응용한 원통형 실린더 내에 초기 접종 총채벌레 수를 달리하여 사육한 결과

N	No. of plant used	No. of thrips release	No. of adult collected	Output per female	Output/input/plant
8	1	2	42.5±4.2	21.3±2.1	21.3±2.1
24	1	4	67.3±3.2	16.8±0.8	16.8±0.8
24	1	6	79.3±5.1	13.2±0.8	13.2±0.8
8	1	8	62±4.9	7.9±0.6	7.9±0.6
8	1	10	80.5±7.1	8.1±0.7	8.1±0.7

표 4-4. 신규 사육법을 응용한 원통형 실린더 내에 초기 접종 총채벌레 수를 20 혹은 30마리로 고정시켜 사육한 결과

N	No. of thrips release	No. of plant used	No. of adult collected	Output/input	Output/input/plant
7	30	5	496.0±73.7	16.5±2.5	3.3±0.5
12	20	5	345.3±28.6	17.3±1.4	3.5±0.3

#### 나. 주요 총채벌레류 유인/기피 물질 선발(문헌)

문헌 조사 결과 총채벌레 유인물질 9종과 기피물질 6종, 총채벌레 천적류의 유인 물질 7종을 찾을 수 있었다. 이중 국내 토마토 하우스의 주요 해충인 꽃노랑총채벌레의 유인 물질 [(S)-(-)-verbenone, methyl isonicotinate, IT860-ISCA lure Occidentalis (pheromone lure) 등]과 기피 물질(methyl jasmonate, thymol crystals, carvacrol oil, methyl salicylate oil 등)을 선발하였다(총채벌레 종류와 효과, 구매 가능성 등을 고려)(표 4-5).

표 4-5. 총채벌레의 유인/기피 물질과 총채벌레 천적류의 유인 물질 조사 결과

구분	항목이름	대상 곤충	생산자/판매처	문헌
총채벌레 유인제	neryl (S)-2-methylbutanoate	<i>F. occidentalis</i>	Syngenta Bioline	Hamilton et al., 2005
		<i>F. occidentalis</i>	Syngenta Bioline	Sampson and Kirk 2013
	(R)-lavandulyl acetate	<i>F. occidentalis</i>		Hamilton et al., 2005
	(S)-(-)-verbenone	<i>F. occidentalis</i>	Sigma Aldrich (94%)	Abdullah et al. 2015
	ethyl iso-nicotinate	<i>T. tabaci</i> , <i>T. obscuratus</i>	Sigma-Aldrich	Davidson et al. 2009
		<i>T. tabaci</i>	Aldrich (98%)	van Tol et al., 2007
	methyl isonicotinate	<i>T. tabaci</i> , <i>T. obscuratus</i>	Sigma-Aldrich	Davidson et al. 2009
		<i>F. occidentalis</i>	Sigma Aldrich (98%)	Nielsen et al. 2015
	methyl anthranilate	<i>T. hawaiiensis</i> , <i>T. coloratus</i>	Tokyo Kasei Kogyo	Murai et al. 2000
	anisaldehyde	<i>T. hawaiiensis</i> , <i>T. tabaci</i>	Tokyo Kasei Kogyo	Murai et al. 2000
	geraniol	<i>T. hawaiiensis</i>	Tokyo Kasei Kogyo	Murai et al. 2000
	ethyl nicotinate	<i>T. tabaci</i> , <i>T. obscuratus</i>	Sigma-Aldrich	Davidson et al. 2009
<i>T. obscuratus</i>		-	Penman et al. 1982	
총채벌레 기피제	decyl acetate + dodecyl acetate	<i>F. occidentalis</i>	-	Teerling et al. 1993
	cis-jasmone	<i>F. occidentalis</i>	Sigma-Aldrich	Egger et al. 2016
	methyl jasmonate	<i>F. occidentalis</i>	Sigma-Aldrich	Egger et al. 2016
	thymol crystals	<i>F. occidentalis</i>	Sigma-Aldrich (>99.5%)	Allsopp et al. 2014
	carvacrol oil	<i>F. occidentalis</i>	Sigma-Aldrich (98%)	Allsopp et al. 2014
	methyl salicylate oil	<i>F. occidentalis</i>	Sigma-Aldrich (>99%)	Allsopp et al. 2014

다. Y자 후각계 또는 생물검증

Y자 후각계를 이용한 총채벌레 유인물질 유인력 검증에서 교미나 섭식 여부와 무관하게 (1S)-(-)-verbenone과 methyl isonicotinate가 대만총채벌레에 대해 유인력이 높았다. 하지만 꽃노랑총채벌레의 집합페로몬에는 상대적으로 적은 반응을 보였다(표 4-6, 표 4-7, 표 4-8, 표 4-9).

표 4-6. Y자 후각계를 이용한 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과[실험 대상 총채벌레 상태: 교미 (O), 섭식(O)]

SN	Initial move	Zc	P	Response to	Zc	P	Line cross	Zc	P	Choice to	Zc	P	Given up	Zc	P
Lure				0.63(20/32)	1.75	0.080	0.56(18/32)	1.76	0.078	0.25(8/32)	1.72	0.085	0.06(2/36)	1.13	0.257
Control	0.76(32/42)	4.58	0.001	0.38(12/32)			0.31(10/32)			0.06(2/32)			0.19(6/32)		
(1S)-(-)-verbenone				0.64(23/36)	2.12	0.034	0.58(21/36)	1.89	0.059	0.36(13/36)	1.60	0.109	0.06(2/36)	0.80	0.426
Control	0.86(36/42)	6.32	0.001	0.36(13/36)			0.33(12/36)			0.17(6/36)			0.14(5/36)		
Methyl isonicotinate				0.69(25/36)	3.06	0.002	0.64(23/36)	3.33	0.001	0.44(16/36)	3.89	0.001	0.03(1/36)	0.52	0.607
Control	0.86(36/42)	6.33	0.001	0.31(11/36)			0.22(8/36)			0.03(1/36)			0.08(3/36)		

P ≤ 0.05 indicate significance between control and the tested chemical in each behavioral parameter

표 4-7. Y자 후각계를 이용한 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과[실험대상 총채벌레 상태: 교미(O) 섭식(X)]

SN	Initial move	Zc	P	Response to	Zc	P	Line cross	Zc	P	Choice to	Zc	P	Given up	Zc	P
Lure	0.83(35/42)	5.89	0.001	0.63(22/35)	1.91	0.056	0.54(19/35)	1.94	0.052	0.37(13/35)	1.91	0.056	0.09(3/35)	0.38	0.707
Control				0.37(13/35)			0.29(10/35)			0.14(5/35)			0.14(5/35)		
(1S)-(-)-verbenone	0.76(32/42)	4.58	0.001	0.75(24/32)	3.75	0.001	0.59(19/32)	2.80	0.005	0.31(10/35)	1.51	0.131	0.13(4/35)	0.00	1.000
Control				0.25(8/32)			0.22(7/32)			0.13(4/35)			0.09(3/35)		
Methyl isonicotinate	0.86(36/42)	6.33	0.001	0.69(25/36)	3.06	0.002	0.44(16/36)	1.23	0.220	0.25(9/36)	1.49	0.220	0.03(1/35)	1.59	0.112
Control				0.31(11/36)			0.28(10/36)			0.11(4/36)			0.17(6/35)		

$P \leq 0.05$  indicate significance between control and the tested chemical in each behavioral parameter

표 4-8. Y자 후각계를 이용한 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과[실험대상 총채벌레 상태: 교미(X) 섭식(O)]

SN	Initial move	Zc	P	Response to	Zc	P	Line cross	Zc	P	Choice to	Zc	P	Given up	Zc	P
Lure	0.86(36/42)	6.32	0.001	0.61(22/36)	1.65	0.099	0.58(21/36)	1.65	0.098	0.28(10/36)	0.00	1.000	0.11(4/36)	0.38	0.707
Control				0.39(14/36)			0.36(13/36)			0.25(9/36)			0.11(4/36)		
(1S)-(-)-verbenone	0.86(36/42)	6.33	0.001	0.67(24/36)	2.60	0.010	0.61(22/36)	2.37	0.018	0.44(16/36)	3.21	0.001	0.06(2/36)	0.43	0.670
Control				0.33(12/36)			0.31(11/36)			0.08(3/36)			0.11(4/36)		
Methyl isonicotinate	0.83(35/42)	5.89	0.001	0.60(21/35)	1.43	0.151	0.57(20/35)	1.19	0.232	0.40(14/35)	2.15	0.032	0.03(1/35)	1.28	0.200
Control				0.40(14/35)			0.40(14/35)			0.14(5/35)			0.14(5/35)		

$P \leq 0.05$  indicate significance between control and the tested chemical in each behavioral parameter

표 4-9. Y자 후각계를 이용한 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과[실험대상 총채벌레 상태: 교미(X) 섭식(X)]

SN	Initial move	Zc	P	Response to	Zc	P	Line cross	Zc	P	Choice to	Zc	P	Given up	Zc	P
Lure	0.81(34/42)	5.46	0.001	0.56(19/34)	0.73	0.469	0.47(16/34)	0.24	0.800	0.38(13/34)	0.25	0.798	0.09(3/34)	0.25	0.980
Control				0.4(15/34)			0.41(14/34)			0.32(11/34)			0.09(3/34)		
(1S)-(-)-verbenone	0.86(36/42)	6.33	0.001	0.61(22/36)	1.65	0.099	0.58(21/36)	1.42	0.157	0.47(17/36)	2.53	0.013	0.03(1/34)	1.27	0.200
Control				0.39(14/36)			0.39(14/36)			0.17(6/36)			0.14(5/34)		
Methyl isonicotinate	0.86(36/42)	6.33	0.001	0.64(23/36)	2.12	0.034	0.56(20/36)	1.66	0.097	0.50(18/36)	2.48	0.012	0.03(1/36)	0.93	0.354
Control				0.36(13/36)			0.33(12/36)			0.19(7/36)			0.11(4/36)		

$P \leq 0.05$  indicate significance between control and the tested chemical in each behavioral parameter

Y자 후각계를 이용한 총채벌레 기피물질 기피력 검증에서는 methyl jasmonate와 cis-jasmone을 대조구에 비해 통계적으로 유의하게 적게 선택하였다(표 4-10). 기피물질을 희석하지 않고 처리했을 경우 총채벌레의 치사율이 100%에 달하는 것을 발견하였고(표 4-11), 또한 cis-jasmone을 이용해서 희석배수 별로 검증한 결과 적정 희석배수가 100배임을 찾을 수 있었다(표 4-12). 100배 희석한 3종의 기피물질 들을 도포한 결과 methyl jasmonate에서 총채벌레가 앞조각을 가장 많이 벗어나 있는 것을 발견하였다(표 4-13).

표 4-10. Y자 후각계를 이용한 총채벌레 기피물질의 기피력 검증 결과

SN	Initial move	Zc	P	Response to	Zc	P	Line cross	Zc	P	Choice to	Zc	P	Given up	Zc	P
Methyl jasmonate	0.60(18/30)	1.55	0.121	0.22(4/18)	3.33	0.001	0.22(4/18)	2.68	0.007	0.11(2/18)	2.54	0.011	0.11(2/18)	0.60	0.547
Control				0.78(14/18)			0.67(12/18)			0.50(9/18)			0.06(1/18)		
Carvacrol	0.77(23/30)	4.13	0.001	0.39(9/23)	1.47	0.140	0.89(8/9)	1.48	0.139	0.50(4/8)	2.48	0.013	0.25(2/8)	1.45	0.148
Control				0.61(14/23)			0.93(13/14)			0.92(12/13)			0.0(0/11)		
Cis-jasmone	0.83(25/30)	5.16	0.001	0.32(8/25)	2.55	0.011	0.28(7/25)	2.83	0.005	0.20(5/25)	2.89	0.004	0.08(2/25)	1.44	0.149
Control				0.68(17/25)			0.68(17/25)			0.88(15/25)			0.04(1/25)		

P≤0.05, Indicate significantly different with control of on each behavior parameter on each chemical

표 4-11. 기피물질을 희석하지 않고 처리했을 경우 총채벌레의 치사율 변화

Treatment	Mortality (%)	
	12 h	24 h
Carvocrol	100±0	-
cis-Jasmone	100±0	-
Methyl Salicylate	100±0	-
Control	0±0	0±0
Control+honey	0±0	0±0

표 4-12. 기피물질을 희석한 후 처리했을 경우 총채벌레의 치사율 변화

Treatment (mL/L)	Mortality (%) in hours after the exposure						
	12	24	36	48	60	72	84
200	33.3	100	-	-	-	-	-
50	0	66.6	100	-	-	-	-
20	0	33.3	33.3	33.3	66.6	100	-
10	0	0	0	0	0	0	66.6
5	0	0	0	0	0	0	0
Control	0	0	0	0	0	0	0

표 4-13. 100배 희석한 3종의 기피물질 들을 도포한 후 총채벌레가 앞조각을 벗어난 비율

Hours after setup	Carvocrol	Cis- jasmine	Methyl jasmonate	Methyl salicylate	Control
12	0.33(10/30)bc	0.53(16/30)abc	0.80(24/30)a	0.63(19/30)c	0.02(6/30)c
24	0.67(20/30)a	0.70(21/30)a	0.87(26/30)a	0.77(23/30)a	0.03(6/30)b
36	0.70(21/30)a	0.73(22/30)a	0.87(26/30)a	0.63(19/30)a	0.02(8/30)b
48	0.77(23/30)ab	0.73(22/30)ab	0.97(29/30)a	0.77(23/30)ab	0.03(14/30)c
60	0.87(26/30)a	0.87(26/30)a	0.87(26/30)a	0.87(26/30)a	0.03(13/30)b
72	0.90(27/30)a	0.87(26/30)a	0.97(29/30)a	0.73(22/30)ab	0.02(12/30)b
84	0.83(25/30)a	0.87(26/30)a	1.00(30/30)a	0.87(26/30)a	0.03(14/30)b

## 제2절. 총채벌레 천적의 유인/기피 물질 선발

### 1. 연구목표

총채벌레 방제를 위해 Push-Pull 전략과 동시 적용을 위한 천적 유인 혹은 기피 물질의 선발 및 검증하였다.

### 2. 연구내용

#### 가. 문헌을 통한 후보 물질 조사

SCOPUS 데이터베이스를 이용해서 총채벌레류 천적인 기생벌과 애꽃노린재류 등에 대해 유인력이 확인된 물질을 문헌을 통해 조사하였다.

#### 나. 유인/기피 물질의 Y자 후각계 검증

Y자 후각계를 이용한 총채벌레 유인물질(verbenone, methyl isonicotinate, pheromone)과 총채벌레 기피물질(methyl jasmonate, carvacrol, cis-jasmone)에 대한 천적의 유인력을 애꽃노린재 2종에 대해 검증하였다.

#### 다. 유인제의 케이지내 효과 검증

Y자 후각계 실험에서 미끌애꽃노린재에 대한 유인력이 밝혀진 3가지 유인제(methyl salicylate, methyl anthranilate, methyl jasmonate)에 대한 아크릴 케이지(40 cm w × 80 cm l × 40 cm h) 내에서의 유인력을 검증하였다. 강낭콩 잎에 점착물질을 도포한 후 유인제 유무에 따른 애꽃노린재 포획 수를 12시간과 24시간 2회 조사하였다(그림 4-4).



그림 4-4. 미끌애꽃노린재의 유인물질로 도포된 강낭콩.



### 3. 연구결과

#### 가. 문헌을 통한 후보 물질 조사

총채벌레류 천적 기생벌 *Ceranisus menes*의 유인 물질인 methyl anthranilate와 애꽃노린재 *Orius similis*의 유인 물질인 nonanal 등을 선발하였다(총채벌레의 주요 천적 종류와 효과, 구매 가능성 등을 고려)(표 4-14). 문헌 조사결과 총채벌레류 천적인 기생벌과 애꽃노린재류에 유인력이 확인된 3가지 물질을 선정 및 확보하였다: (1) methyl anthranilate (TCI), (2) nonanal (Sigma Aldrich), (3) methyl salicylate (Sigma Aldrich)(표 4-14).

표 4-14. 총채벌레의 유인/기피 물질과 총채벌레 천적류의 유인 물질 조사 결과

구분	항목이름	대상 곤충	생산자/판매처	문헌
총채벌레의 천적 유인제	methyl anthranilate	<i>Ceranisus menes</i>	Tokyo Kasei Kogyo	Murai et al. 2000
	(Z)-3-hexenyl acetate	<i>Orius similis</i>	Sigma-Aldrich	Yu et al. 2008
	methyl salicylate	<i>Orius similis</i>	Sigma-Aldrich	Yu et al. 2008
	3,7-dimethyl	<i>Orius similis</i>	Sigma-Aldrich	Yu et al. 2008
	1,3,6-octatriene	<i>Orius similis</i>	Sigma-Aldrich	Yu et al. 2008
	nonanal	<i>Orius similis</i>	Sigma-Aldrich	Yu et al. 2008
	(1R,2S,5R,8R)-iridodial	<i>Chrysopa septempunctata</i>	-	Zhang et al. 2006

#### 나. 유인/기피 물질의 Y자 후각계 검증

Y자 후각계를 이용한 천적에 대한 천적 유인물질의 유인력 비교 결과 methyl anthranilate와 methyl salicylate가 미끌애꽃노린재에 대해서 유인력이 높았지만(표 4-15), 참뿔애꽃노린재에서는 methyl anthranilate만이 높은 유인력을 보여 주었다(표 4-16).

표 4-15. Y자 후각계를 이용한 미끌애꽃노린재에 대한 천적 유인물질의 유인력 검증 결과[실험 대상 애꽃노린재의 상태: 교미(O) 섭식(X)]

	Initial move	Zc	P	Response to	Zc	P	Line cross	Zc	P	Choice to	Zc	P	Given up	Zc	P
Nonanal	0.85(35/41)	6.41	0.001	0.46(16/35)	0.72	0.473	0.43(15/35)	0.72	0.473	0.23(8/35)	1.54	0.122	0.03(1/35)	0.59	0.555
Control				0.54(19/35)			0.51(18/35)			0.40(4/35)			0.06(2/35)		
Methyl anthranilate	0.81(29/36)	5.19	0.001	0.72(21/29)	3.41	0.001	0.59(17/29)	2.67	0.008	0.52(15/29)	2.46	0.014	0.04(1/29)	1.01	0.313
Control				0.28(8/29)			0.24(7/29)			0.21(6/29)			0.00(0/29)		
Methyl salicylate	0.86(32/37)	6.60	0.001	0.69(22/32)	3.00	0.003	0.53(17/32)	2.58	0.010	0.41(13/32)	2.55	0.011	0.03(1/32)	1.03	0.302
Control				0.31(10/32)			0.70(7/32)			0.13(4/32)			0.09(3/32)		

$P \leq 0.05$  indicate significance between control and the tested chemical in each behavioral parameter

표 4-16. Y자 후각계를 이용한 참뿔애꽃노린재에 대한 천적 유인물질의 유인력 검증 결과[실험대상 애꽃노린재의 상태: 교미(O) 섭식(X)]

	Initial move	Zc	P	Response to	Zc	P	Line cross	Zc	P	Choice to	Zc	P	Given up	Zc	P
Nonanal	0.67(20/30)	2.58	0.010	0.60(12/20)	1.26	0.206	0.40(8/20)	0.66	0.507	0.30(6/20)	1.14	0.256	0.05(1/20)	0.60	0.548
Control				0.40(8/20)			0.30(6/20)			0.15(3/20)			0.10(2/20)		
Methyl anthranilate	0.83(25/30)	5.16	0.001	0.68(17/25)	2.55	0.011	0.56(14/25)	2.31	0.021	0.44(11/25)	2.90	0.004	0.08(2/25)	0.87	0.384
Control				0.32(8/25)			0.24(6/25)			0.08(2/25)			0.16(4/25)		
Methyl salicylate	0.77(23/30)	3.88	0.001	0.52(12/23)	0.29	0.768	0.48(11/23)	0.90	0.369	0.22(5/23)	0.37	0.710	0.13(3/23)	1.05	0.295
Control				0.48(11/23)			0.35(8/23)			0.17(4/23)			0.04(1/23)		

$P \leq 0.05$  indicate significance between control and the tested chemical in each behavioral parameter

Y자 후각계를 이용한 천적에 대한 총채벌레 유인물질의 유인력 비교 결과 verbenone과 methyl isonicotinate가 미끌애꽃노린재에 대해서만 유인력이 있었다(표 4-17, 표4-18).

표 4-17. Y자 후각계를 이용한 미끌애꽃노린재에 대한 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과 [실험대상 애꽃노린재의 상태: 교미(O) 섭식(X)]

	Initial move	Zc	P	Response to	Zc	P	Line cross	Zc	P	Choice to	Zc	P	Given up	Zc	P
Pheromone	0.77(23/30)	4.13	0.001	0.61(14/23)	1.47	0.140	0.57(13/23)	1.18	0.238	0.17(4/23)	0.88	0.381	0.30(7/23)	0.00	1.00
Control				0.39(9/23)			0.39(9/23)			0.09(2/23)			0.30(7/23)		
Verbenone	0.70(21/30)	3.10	0.002	0.81(17/21)	4.01	0.001	0.67(14/21)	3.12	0.001	0.38(8/21)	1.37	0.173	0.29(6/21)	2.65	0.008
Control				0.19(4/21)			0.19(4/21)			0.19(4/21)			0.00(0/21)		
Methyl isonicotinate	0.70(21/30)	3.10	0.002	0.67(14/21)	2.16	0.031	0.48(10/21)	3.16	0.002	0.29(6/21)	2.65	0.008	0.19(4/21)	1.43	0.302
Control				0.33(7/21)			0.05(1/14)			0.00(0/21)			0.05(1/21)		

$P \leq 0.05$  indicate significance between control and the tested chemical in each behavioral parameter

표 4-18. Y자 후각계를 이용한 참뿔애꽃노린재에 대한 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과 [실험대상 애꽃노린재의 상태: 교미(O) 섭식(X)]

	Initial move	Zc	P	Response to	Zc	P	Line cross	Zc	P	Choice to	Zc	P	Given up	Zc	P
Pheromone	0.67(20/30)	2.58	0.010	0.55(11/20)	0.63	0.537	0.50(10/20)	0.22	0.525	0.15(3/20)	1.14	0.317	0.15(3/20)	1.05	0.292
Control				0.45(9/20)			0.40(8/20)			0.30(6/20)			0.05(1/20)		
Verbenone	0.73(22/30)	3.62	0.001	0.36(8/22)	1.51	0.131	0.32(7/22)	1.80	0.069	0.23(5/22)	1.96	0.134	0.09(2/22)	0.60	0.550
Control				0.59(13/22)			0.59(13/22)			0.50(11/22)			0.05(1/22)		
Methyl isonicotinate	0.73(22/30)	3.62	0.001	0.50(11/22)	0.00	1.000	0.41(9/22)	0.00	1.000	0.23(5/22)	0.68	0.564	0.14(3/22)	0.46	0.635
Control				0.50(11/22)			0.41(9/22)			0.32(7/22)			0.09(2/22)		

$P \leq 0.05$  indicate significance between control and the tested chemical in each behavioral parameter

Y자 후각계를 이용한 천적에 대한 총채벌레 기피물질의 유인력 비교 결과 methyl jasmonate가 미끌애꽃노린재에 대해서만 유인력이 있었다(표 4-19, 표 4-20).

표 4-19. Y자 후각계를 이용한 미끌애꽃노린재에 대한 총채벌레 기피물질의 기피력 검증 결과 [실험대상 애꽃노린재의 상태: 교미(O) 섭식(X)]

	Initial move	Zc	P	Response to	Zc	P	Line cross	Zc	P	Choice to	Zc	P	Given up	Zc	P
Methyl jasmonate	0.87(26/30)	5.68	0.001	0.65(17/26)	2.02	0.027	0.65(17/26)	2.50	0.013	0.46(12/26)	2.40	0.016	0.19(5/26)	1.74	0.083
Control				0.35(9/26)			0.31(8/26)			0.15(4/26)			0.04(1/26)		
Carvacrol	0.57(17/30)	1.03	0.302	0.35(6/17)	1.37	0.169	0.35(6/17)	1.04	0.300	0.24(4/17)	1.44	0.151	0.06(1/17)	1.02	0.310
Control				0.59(10/17)			0.53(9/17)			0.47(8/17)			0.00(0/0)		
Cis-jasmone	0.83(25/30)	5.16	0.001	0.64(16/25)	1.98	0.048	0.60(15/25)	1.70	0.089	0.44(11/25)	1.49	0.136	0.12(3/25)	1.01	0.312
Control				0.36(9/25)			0.36(9/25)			0.24(6/25)			0.04(1/25)		

$P \leq 0.05$  indicate significance between control and the tested chemical in each behavioral parameter

표 4-20. Y자 후각계를 이용한 참뿔애꽃노린재에 대한 총채벌레 기피물질의 기피력 검증 결과 [실험대상 애꽃노린재의 상태: 교미(O) 섭식(X)]

	Initial move	Zc	P	Response to	Zc	P	Line cross	Zc	P	Choice to	Zc	P	Given up	Zc	P
Methyl jasmonate	0.53(16/30)	0.52	0.606	0.56(9/16)	0.71	0.480	0.31(5/16)	0.00	1.00	0.19(3/16)	1.07	0.285	0.31(5/16)	1.82	0.069
Control				0.44(7/16)			0.31(5/16)			0.06(1/16)			0.19(3/16)		
Carvacrol	0.80(24/30)	5.16	0.001	0.58(14/24)	1.13	0.256	0.54(13/24)	0.85	0.395	0.38(9/24)	1.26	0.208	0.08(1/24)	1.79	0.074
Control				0.42(10/24)			0.42(10/24)			0.21(5/24)			0.13(3/24)		
Cis-jasmone	0.67(20/30)	2.58	0.010	0.40(8/20)	1.27	0.206	0.35(7/20)	1.27	0.205	0.20(4/20)	0.73	0.465	0.10(2/20)	1.58	0.114
Control				0.60(12/20)			0.55(11/20)			0.30(6/20)			0.30(6/20)		

$P \leq 0.05$  indicate significance between control and the tested chemical in each behavioral parameter

#### 다. 유인제의 케이지내 유인 효과 검증

Y자 후각계 실험에서와 같이 methyl salicylate와 methyl anthranilate은 미끌애꽃노린재에 대한 유인력이 대조구에 비해 높았지만, methyl jasmonate의 경우 통계적으로 유의하지 않았다(표 4-21).

표 4-21. Y자 후각계 실험에서 미끌애꽃노린재에 대해 유인력이 있는 3가지 물질의 아크릴케이지 내 강낭콩에서 유인력을 검증한 결과

	12 h			24 h		
	Treatment	Control	t, P	Treatment	Control	t, P
Methyl salicylate	14.0±3.4	6.8±2.2	4.00, 0.004	17.4±4.3	9.8±4.1	2.85, 0.021
Methyl anthranilate	10.4±5.9	5.4±3.4	1.64, 0.140	15.2±6.6	8.4±3.4	2.06, 0.073
Methyl jasmonate	3.4±1.1	1.0±1.2	3.21, 0.013	7.6±1.7	3.4±1.3	4.38, 0.002

이상으로 제1절과 2절의 결과를 종합한 결과 methyl isonicotinate는 총채벌레와 애꽃노린재에 대해 유인 효과가 나타났고, methyl salicylate와 methyl anthranilate가 총채벌레에 대해 기피 효과와 애꽃노린재 유인 효과가 높았다. 이후 하우스 검증 실험에서는 methyl salicylate를 해충기피제/천적유인제로 평가하였다(표 4-22).

표 4-22. 여러 휘발성 물질들의 총채벌레와 애꽃노린재에 대한 유인 및 기피 효과(전체 요약표로 표의 수치는 P 값을 의미함 )

Treatment	Thrips						Minute pirate bug	
	<i>F. occidentalis</i>		<i>F. intonsa</i>				<i>O. laevigatus</i>	<i>O. minutus</i>
	mated fed	mated unfed	mated fed	mated unfed	unmated fed	unmated unfed		
<b>Thrips-attractant</b>								
Methyl isonicotinate	-	-	(+)0.001	0.220	(+)0.032	(+)0.012	(+)0.008	0.564
(1S)-(-)-verbenone	-	-	0.109	0.131	(+)0.001	(+)0.013	0.173	0.134
Pheromone lures	-	-	0.085	0.056	1.000	0.798	0.381	0.317
<b>Thrips-repellent</b>								
Carvacrol	-	-	(-)0.013	-	-	-	0.151	0.208
Methyl jasmonate	-	-	(-)0.011	-	-	-	(+) 0.016	0.285
Cis jasmone	-	-	(-)0.004	-	-	-	0.136	0.465
<b>Natural enemy-attractant</b>								
Nonanal	0.461	0.114	0.580	-	-	-	0.122	0.256
Methyl salicylate	0.544	0.502	(-)0.001	-	-	-	(+)0.011	0.710
Methyl anthranilate	0.400	1.000	(-)0.001	-	-	-	(+)0.014	(+)0.004

(+) Attractant, (-) Repellent, - NA

### 제3절. 유인제와 기피제를 이용한 가장 효과적인 Push-Pull 전략 야외 검증

#### 1. 연구목표

이상의 연구 결과는 실험실에서 수행된 것으로 실제 야외에서는 다양한 요인들에 의해 그 결과가 달라질 수 있어서 이상적인 Push-Pull 전략을 세우기 위해 하우스 및 야외에서 검증이 필수적이다. 따라서 제 1절과 2절에서 검증한 주요 유인 및 기피 물질에 대해서 야외에서 그 효과를 검증하고자 하였다.

#### 2. 연구내용

##### 가. 총채벌레 유인/기피제 검증

점착트랩을 이용한 실내에서 총채벌레 유인물질의 유인력을 검증하였다. 투명한 OHP 필름(10 cm × 10 cm)에 Tanglefoot을 도포한 후 각 유인물질이 담긴 튜브를 붙인 후 아크릴 곤충 사육 케이지 내부 상단면에 설치하고 50마리의 대만총채벌레 성충을 방사하였다. 6시간 후에 트랩에 포획된 총채벌레 수를 확인하였고, 각 유인물질에 대해 5회 반복하였다.

점착트랩을 이용한 하우스 작물에서의 총채벌레 유인물질 3종의 유인력을 검증하였다. 투명한 OHP 필름(10 cm × 25 cm)에 Tanglefoot을 도포한 후 각 유인물질 담긴 튜브를 붙인 후 딸기 혹은 토마토의 상단 20 cm 높이에 5 m 간격으로 설치하고 48시간 간격으로 조사하였다. 또한 시중에 판매되는 황색점착트랩(10 cm × 25 cm)에 각 유인물질이 담긴 튜브를 붙인 후 같은 방법으로 설치 후 조사하였다. 각 유인물질 별로 3개씩 설치하고 2회 반복하였다(그림 4-5).



그림 4-5. 점착트랩과 OHP 필름을 이용한 유인물질 유인력 검증 모습.

## 나. 천적 유인/기피제 검증

문헌조사를 통한 효과와 구매 가능성을 고려한 총채벌레류 천적 기생벌 *Ceranisus menes*의 유인 물질인 methyl anthranilate와 애꽃노린재 *Orius similis*의 유인물질인 nonanal과 methyl salicylate을 선발하였다. 포트 식물을 이용한 유인력 검증에서는 배엽 단계의 강낭콩 포트를 준비하고 강낭콩 잎을 Tanglefoot을 도포한 후 각각의 천적 유인물질(methyl anthranilate, nonanal)이 담긴 튜브를 설치하여 노지 고추밭에 48시간 동안 두고, 잎에 포획된 천적류를 조사 및 그 수를 기록하였다.

야외 살포를 통한 유인력 검증에서는 사전 실험에서 포트나 점착트랩을 이용한 실험에서 유인력이 매우 낮아, 투명한 OHP 필름으로 만든 점착트랩을 야외 포장과 하우스 등지에 설치하여 유인물질(methyl anthranilate, nonanal, methyl salicylate)의 효과를 비교하였다. 또한 실내에서 Y자 후각계를 이용해서 총채벌레류의 대표적인 천적인 애꽃노린재 2종(미끌애꽃노린재, *Orius laevigatus*; 참멋애꽃노린재, *Orius minutus*)에 대해 methyl anthranilate, nonanal, methyl salicylate의 유인 효과를 시험하였다.

야외에 조성한 토마토 재배지에서 methyl salicylate의 유인력 검증을 하였다. 안동시 송천동 소재 안동대학교 시험포장에 조성한 토마토에서 황색점착트랩에 10  $\mu$ l의 methyl salicylate 튜브를 함께 붙여 설치하여 황색점착트랩만을 설치한 것과 총채벌레 기피효과를 비교하였다.

## 3. 연구결과

### 가. 총채벌레 유인/기피제 검증

점착트랩을 이용한 실내 향온기 내에서 총채벌레 유인물질의 유인력을 검증하였다. Y자 후각계 시험에서와 유사하게 methyl isonicotinate가 가장 많은 수의 총채벌레를 유인하였으며, 그 다음으로 verbenone, 페로몬 루어 순이다(표 4-23).

표 4-23. 점착트랩을 이용한 실내에서 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과

Chemicals	Trapped rate
Pheromone Lures	0.12(32/250)bc
(1S)-(-)-Verbenone	0.15(38/250)b
Methyl Isonicotinate	0.25(63/250)a
Control	0.08(20/250)c
$\chi^2$ value	30.40
P value	<0.001

점착트랩을 이용한 하우스 작물에서의 총채벌레 유인물질의 유인력을 검증하였다. 실험실내 Y자 후각계 혹은 케이지 내에서의 검증 결과와 다르게 총채벌레 개체군 밀도가 높은 딸기하우스에서는 통계적으로 유의한 유인력을 볼 수 없었다. 또한 총채벌레 밀도가 낮은 하우스에서도 대부분 유인물질에서만 총채벌레를 포획할 수 있었지만 물질간 통계적 차이는 없었다(표 4-24, 4-25, 4-26, 4-27, 4-28, 4-29).

표 4-24. 점착트랩을 이용한 하우스 작물에서의 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과(OHP 필름, 2017/5/30-2017/6/4, 안동시 용상동, 딸기하우스)

Chemicals	<i>F. intonsa</i>	<i>F. occidentalis</i>	Other thrips	No. of <i>F. intonsa</i> /2 flowers/plant
Methyl isonicotinate	0.33±0.12a	0.17±0.17a	1.67±0.76a	1.60±0.35
(1S)-(-)-verbenone	0.83±0.30a	0.16±0.16a	1.17±0.48a	
Pheromone lures	0.50±0.34a	0.0±0.0a	1.67±0.99a	
Control	0.60±0.36a	0.17±0.17a	0.83±0.65a	

표 4-25. 점착트랩을 이용한 하우스 작물에서의 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과(황색점착트랩, 2017/5/26-2017/5/30, 안동시 용상동, 딸기하우스)

Chemical	<i>F. intonsa</i>	<i>F. occidentalis</i>	Other thrips	No. of <i>F. intonsa</i> /2 flowers/plant
Methyl isonicotinate	7.67±3.54a	0.50±0.34a	40.83±11.70a	8.85±6.41
(1S)-(-)-verbenone	21.17±13.90a	1.67±1.47a	43.5±16.32a	
Pheromone lures	7.83±2.37a	0.66±0.21a	35.00±14.32a	
Control	15.16±5.83a	1.66±0.49a	46.00±8.41a	

표 4-26. 점착트랩을 이용한 하우스 작물에서의 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과(OHP 필름, 2017/9/18-2017/10/16, 예천시, 토마토하우스)

Chemicals	<i>F. intonsa</i>	<i>F. occidentalis</i>	Other thrips	No. of <i>F. intonsa</i> /2 flowers/plant
Methyl isonicotinate	0.17±0.10a	0.02±0.03a	0.02±0.03a	0.01±0.07
(1S)-(-)-verbenone	0.05±0.04a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	
Pheromone lures	0.02±0.03a	0.02±0.03a	0.02±0.03a	
Control	0.02±0.03a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	

표 4-27. 점착트랩을 이용한 하우스 작물에서의 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과(OHP 필름, 2017/11/1-2017/11/10, 안동시 송천동, 딸기하우스)

Chemicals	<i>F. intonsa</i>	<i>F. occidentalis</i>	Other thrips	No. of <i>F. intonsa</i> /2 flowers/plant
Methyl isonicotinate	0.20±0.20	0.00±0.00	0.00±0.00	0.01±0.11
(1S)-(-)-verbenone	0.20±0.20	0.00±0.00	0.00±0.00	
Pheromone lures	0.20±0.20	0.20±0.20	0.00±0.00	
Control	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	

표 4-28. 점착트랩을 이용한 하우스 작물에서의 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과(황색점착트랩, 2018/4/16-2018/4/25, 안동시 용상동, 딸기하우스)

Chemical	<i>F. intonsa</i>	<i>F. occidentalis</i>	Other thrips	No. of <i>F. intonsa</i> / 2 flowers / plant
Methyl isonicotinate	0.50±0.90a	0.00±0.00	0.00±0.00	0.15±0.36
(1S)-(-)-verbenone	0.30±0.50ab	0.00±0.00	0.00±0.00	
Pheromone lures	0.10±0.30b	0.00±0.00	0.10±0.30	
Control	0.10±0.30b	0.00±0.00	0.00±0.00	

표 4-29. 점착트랩을 이용한 하우스 작물에서의 총채벌레 유인물질의 유인력 검증 결과(황색점착트랩, 2018/4/25-2018/5/8, 안동시 용상동, 딸기하우스)

Chemical	<i>F. intonsa</i>	<i>F. occidentalis</i>	Other thrips	No. of <i>F. intonsa</i> / 2 flowers / plant
Methyl isonicotinate	1.20±1.20a	0.1±0.4	1.3±1.3	0.06±0.23
(1S)-(-)-verbenone	0.80±0.70a	0.30±0.50	1.10±1.20	
Pheromone lures	0.60±1.20a	0.10±0.30	0.30±0.80	
Control	0.50±0.70a	0.00±0.00	0.90±0.80	

#### 나. 천적 유인/기피제 검증

야외에서 포트 식물을 이용한 유인력 검증에서 포트 식물에 포획된 천적류로 누리관총채벌레(*Haplothrips brevitubus*)만이 methyl anthranilate와 nonanal에 1마리씩만 유인되었다(표 4-30).

표 4-30. 포트 식물을 이용한 총채벌레 천적에 대한 48시간 동안의 유인력 검증

Treatment	<i>Orius</i> spp.	<i>Haplothrips brevitubus</i>	Mite	ETC
Methyl anthranilate	0	1	0	0
Nonanal	0	1	0	0
Control	0	0	0	0

점착트랩을 이용한 천적 유인물질의 유인력 검증에서 고추와 강낭콩, 메밀, 토마토의 다양한 작물에서 유인력을 비교하였지만 총채벌레 천적이 유인되지 않음을 발견하였다(그림 4-31, 4-32, 4-33, 4-34, 4-35). 이는 천적 유인물질이 한국에 분포하지 않는 *Orius similis*에 대해서 선발된 것이어서 토착종에 대한 반응이 다르기 때문인 것으로 생각되며, 실험실 검정에서도 수입한 미끌애꽃노린재에 비해 토종인 참땀애꽃노린재에 대한 유인력이 낮았다(표 4-15, 4-16, 4-22).



표 4-31. 점착트랩을 이용한 천적 유인 물질의 유인력 검증(OHP 필름, 2017/8/23-2017/8/29, 안동시 송천동 고추)

Treatment	<i>Orius</i> spp.	<i>Haplothrips brevitubus</i>	Mite	ETC
Methyl antranilate	0	0	0	0
Nonanal	0	0	0	0
Methyl salicylate	0	0	0	0
Control	0	0	0	0

표 4-32. 점착트랩을 이용한 천적 유인물질의 유인력 검증(OHP 필름, 2017/9/1-2017/9/22, 안동시 송천동 강낭콩)

Treatment	<i>Orius</i> spp.	<i>Haplothrips brevitubus</i>	Mite	ETC
Methyl antranilate	0	0	0	0
Nonanal	0	0	0	0
Methyl salicylate	0	0	0	0
Control	0	0	0	0

표 4-33. 점착트랩을 이용한 천적 유인물질의 유인력 검증(OHP 필름, 2017/9/15-2017/9/24, 안동시 송천동 메밀)

Treatment	<i>Orius</i> spp.	<i>Haplothrips brevitubus</i>	Mite	ETC
Methyl antranilate	0	0	0	0
Nonanal	0	0	0	0
Methyl salicylate	0	0	0	0
Control	0	0	0	0

표 4-34. 점착트랩을 이용한 천적 유인물질의 유인력 검증(OHP 필름, 2017/9/18-2017/10/16, 예천시 토마토하우스)

Treatment	<i>Orius</i> spp.	<i>Haplothrips brevitubus</i>	Mite	ETC
Methyl antranilate	0	0	0	0
Nonanal	0	0	0	0
Methyl salicylate	0	0	0	0
Control	0	0	0	0

표 4-35. 점착트랩을 이용한 천적 유인물질의 유인력 검증(OHP 필름, 2017/11/1-2017/11/10, 안동시 송천동 딸기하우스)

Treatment	<i>Orius</i> spp.	<i>Haplothrips brevitubus</i>	Mite	ETC
Methyl antranilate	0	0	0	0
Nonanal	0	0	0	0
Methyl salicylate	0	0	0	0
Control	0	0	0	0

야외 토마토에서 검증한 결과 황색점착트랩에 methyl salicylate를 붙여 설치하였을 경우 3.1마리의 총채벌레(*Frankliniella* spp.)가 포획되었고 황색점착트랩만 설치한 것에는 5.1마리의 총채벌레가 유인되었지만 실내실험에서와는 달리 통계적으로 유의하지 않았다(paired *t* test:  $t = 1.519$ ,  $df = 5$ ,  $P = 0.189$ ) (그림 4-6). 또한 천적의 경우 실내실험에 사용된 애꽃노린재류는 유인되지 않았으나, 총채벌레의 천적인 관총채벌레류(*Haplothrips* sp.)가 일부 유인되었다. 하지만 대조구와 통계적 유의성은 없었다(paired *t* test:  $t = 1.464$ ,  $df = 5$ ,  $P = 0.203$ ) (그림 4-6).

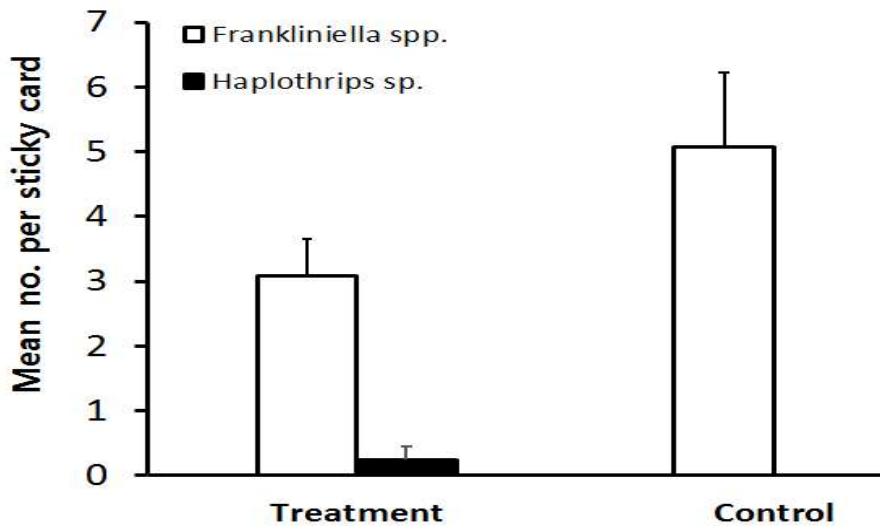


그림 4-6. 야외 토마토에서 methyl salicylate의 총채벌레 기피효과와 천적 유인효과 검증.

## 제4절. Push-Pull 전략과 천적보존식물 적용 방제 효과 실증

### 1. 연구목표

제 1절과 2절, 3절의 결과를 종합한 결과 유인 혹은 기피 물질들의 효과가 실내 검증에서는 높았지만 야외 검증에서는 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 하지만 그 중에서 총채벌레 기피 효과와 천적인 애꽃노린재 유인 효과가 가장 컸던 methyl salicylate에 대해서 상업용 하우스에서 실증하였다. 이 때 주관 기관에서 개발한 천적 보존식물도 같이 적용하여 천적 유인효과를 향상시키고자 하였으며, 또한 추가로 천적을 방사하여 방제 효과의 상승이 나타나는지를 검증하였다.

### 2. 연구내용

#### 가. 천적보존식물(*Portulaca* sp.)의 애꽃노린재에 대한 유인력 검증(실내 검증)

두 개의 아크릴케이지를 붙인 공간(40 cm w × 40 cm h × 80 cm l) 내에 미끌애꽃노린재 (*Orius laevigatus*) 10 ~ 50마리를 방사한 후 총채벌레에 감염된 강낭콩과 주관과제에서 개발된 천적보존식물인 *Portulaca* sp.의 조합에 따른 상대적인 유인력을 비교하였다(그림 4-7). 미끌애꽃노린재 방사 후 12시간이 지난 오전 8시와 18시간이 지난 오후 2시에 각각 유인된 애꽃노린재 수를 기록하였다.



그림 4-7. 천적보존식물(*Portulaca* sp.)의 애꽃노린재에 대한 유인력 검증 모습.

#### 나. Push-pull 전략과 천적의 서식처 적용 시너지 효과 검증

2018년 9월 안동시 남선면 소재(36°32'10''N 128°47'30''E) 친환경 오이하우스에서 검증하였다. 두 개의 하우스에서 각 양쪽 가장 자리의 시험구(5.5 × 20 m<sup>2</sup>)에 Before-After 시험법으로 배치하였다. 처리 전에 4개의 시험구에서 각각 30개의 꽃에서 총채벌레 수를 기록한 후 10 μl의 methyl salicylate를 1 m 간격으로 3줄에 걸쳐서 설치하였다. 또한 천적보존식물인 *Portulaca*

sp. 포트를 하우스 가장자리에 총 8개를 설치하였다. 24시간 위와 후에 같은 방법으로 총채벌레 수의 변화를 기록한 후  $t$  쌍체 검증법으로 분석하였다(그림 4-8).



그림 4-8. 안동시 남선면 소재 친환경 오이하우스에서 push-pull 전략과 천적의 서식처 적용 시너지 효과 검증 모습.

#### 다. Push-pull 전략과 천적의 서식처, 천적 추가 방사 효과 검증

2018년 9월 안동시 남선면 소재(36°32'10"N 128°47'30"E) 친환경 가지하우스에서 검증하였다. 세 개의 하우스에서 각 양쪽 가장 자리의 시험구(5.5 × 20 m<sup>2</sup>)에 처리구와 대조구를 완전임의 배치하였다. 처리 전에 각 시험구에서 각각 14개의 꽃에서 총채벌레 수를 기록하였다. 세 개의 처리구에는 5  $\mu$ l의 methyl salicylate를 1 m 간격으로 2줄에 걸쳐서 설치하였다. 또한, 천적 보존식물인 *Portulaca* sp. 포트에 총채벌레 페로몬 루어를 설치한 후 하우스 가장자리에 총 6개를 설치하였다. 24시간 위와 후에 같은 방법으로 총채벌레 수의 변화를 기록한 후 처리구에는 1,000마리의 미끌애꽃노린재도 방사하였다. 이후 3일간 매일 총채벌레 밀도를 위와 같은 방법으로 기록하였고 대조구와의 밀도 차이는  $t$  검증법으로 분석하였다(그림 4-9).



그림 4-9. 안동시 남선면 소재 친환경 가지하우스에서 push-pull 전략과 천적의 서식처 적용, 천적 방사의 시너지 효과를 검증하는 모습.

### 3. 연구결과

#### 가. 천적보존식물(*Portulaca* sp.)의 애꽃노린재에 대한 유인력 검증(실내 검증)

미끌애꽃노린재는 천적보존식물(*Portulaca* sp.)에 유인이 되며 직접 산란을 하지만 꽃이 피어 있을 경우에 유인율이 더 높다. 하지만 먹이 곤충이 없는 천적보존식물(*Portulaca* sp.)보다는 먹이 곤충이 있는 강낭콩을 더 선호한다(표 4-36, 4-37, 4-38, 4-39, 4-40).

표 4-36. 1개의 아크릴케이지(40 cm w × 40 cm h × 40 cm l)내에 10 개체의 *Orius laevigatus*를 방사한 후 총채벌레에 감염된 강낭콩과 꽃이 피지 않은 *Portulaca*에 발견된 미끌애꽃노린재의 수

Time	Thrips-infested bean plant	<i>Portulaca</i> sp. w/o flower	Wall	Zc,	P
8am	0.23 (18/79)	0.06 (5/79)	0.709 (56/79)	2.93,	0.003
2pm	0.25 (17/69)	0.03 (2/69)	0.725 (50/69)	63.71,	0.001

표 4-37. 1개의 아크릴케이지(40 cm w × 40 cm h × 40 cm l)내에 10 개체의 *Orius laevigatus*를 방사한 후 총채벌레에 감염된 강낭콩과 꽃이 핀 *Portulaca*에 발견된 미끌애꽃노린재의 수

Time	Thrips-infested bean plant	<i>Portulaca</i> sp. w flower	Wall	Zc	P
8 am	0.55(16/29)	0.24(7/29)	0.21(6/29)	2.42	0.016
2 pm	0.40(12/30)	0.23(7/30)	0.37(11/30)	1.39	0.781

표 4-38. 이어붙인 2개의 아크릴케이지(40 cm w × 40 cm h × 80 cm l)내에 50 개체의 *Orius laevigatus*를 방사한 후 총채벌레에 감염된 강낭콩만 둔 것과 총채벌레에 감염된 강낭콩과 꽃이 피지 않은 *Portulaca* sp.을 함께 둔 것에 발견된 미끌애꽃노린재의 수

Time	Thrips-infested bean plant + <i>Portulaca</i> sp. w/o flower	Thrips-infested bean plant	Wall	Zc	P value
8 am	0.39 (57/148)	0.38 (56/148)	0.24 (76/148)	0.12	0.905
2 pm	0.38 (50/132)	0.38 (50/132)	0.24 (67/132)	0.00	1.000

표 4-39. 이어붙인 2개의 아크릴케이지(40 cm w × 40 cm h × 80 cm l)내에 50 개체의 *Orius laevigatus*를 방사한 후 총채벌레에 감염된 강낭콩과 꽃이 피지 않은 *Portulaca* 혹은 꽃이 핀 *Portulaca* sp.를 함께 둔 것에 발견된 미끌애꽃노린재의 수

Date of release	Time	Thrips-infested bean plant + <i>Portulaca</i> sp. w/o flower	Thrips-infested bean plant + <i>Portulaca</i> sp. w flower	Wall	Zc	P
25 July	8 am	0.20(19/93)	0.42(39/93)	0.38(35/93)	3.17	0.002
	2 pm	0.25(20/80)	0.31(25/80)	0.44(35/80)	0.88	0.379

30 July	8 am	0.25(31/122)	0.35(43/122)	0.40(48/122)	1.67	0.095
	2 pm	0.27(30/110)	0.34(37/110)	0.39(43/110)	1.03	0.305
09 Aug	8 am	0.24(29/123)	0.47(58/123)	0.29(36/123)	3.87	0.001
	2 pm	0.28(31/109)	0.40(43/109)	0.33(35/109)	1.72	0.086

표 4-40. 이어붙인 2개의 아크릴케이지(40 cm w × 40 cm h × 80 cm l)내에 50 개체의 *Orius laevigatus* 를 방사한 후 꽃이 피지 않은 *Portulaca* 혹은 꽃이 핀 *Portulaca*에 발견된 미끌애꽃노린재의 성충 수와 산란 수

	Time	<i>Portulaca</i> sp. w/o flower	<i>Portulaca</i> sp. w flower	Wall	Zc	P value
No. of adult	8 am	0.13(11/87)	0.39(34/87)	0.48(42/87)	3.98	0.001
	2 pm	0.15(11/74)	0.45(33/74)	0.68(50/74)	3.96	0.001
No. of eggs	1st day	0.45(94/210)	0.55(116/210)	-	2.15	0.032
	2nd day	0.09(2/23)	0.91(21/23)	-	5.60	0.001

#### 나. Push-pull 전략과 천적의 서식처 적용 시너지 효과 검증

총채벌레 기피제와 천적 유인제로서의 methyl salicylate와 천적보존식물(*Portulaca* sp.)을 설치한 후 총채벌레의 밀도가 30개 꽃당 1.64에서 2.09로 되었다. 통계적 유의차도 없어( $t = 1.815$ ,  $df = 3$ ,  $P = 0.167$ ) 총채벌레 밀도 변동에 영향을 주지 못하였다(그림 4-10). 총채벌레 기피제와 천적 유인제로서의 methyl salicylate와 천적보존식물(*Portulaca* sp.)를 설치한 후 애꽃노린재의 밀도가 30개 꽃당 0.00에서 0.03로 되었다. 통계적 유의차가 없어( $t = 1.000$ ,  $df = 3$ ,  $P = 0.391$ ) 천적의 밀도 변동에 영향을 주지 못하였다(그림 4-10).

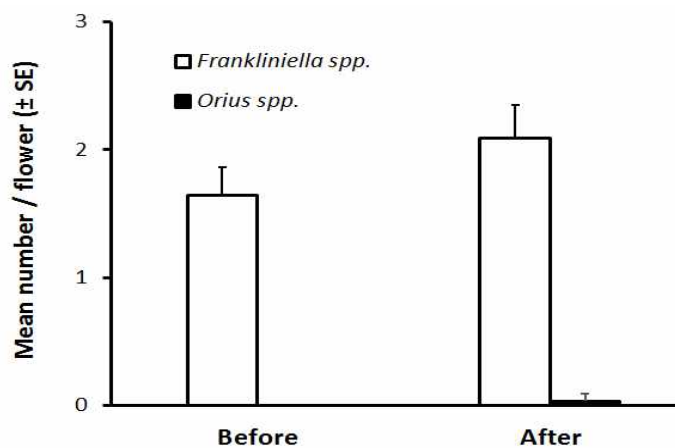


그림 4-10. 안동시 남선면 소재 유기농 오이하우스에 methyl salicylate와 꽃이 핀 *Portulaca* sp.를 설치한 후 꽃당 총채벌레와 애꽃노린재의 밀도 변화.

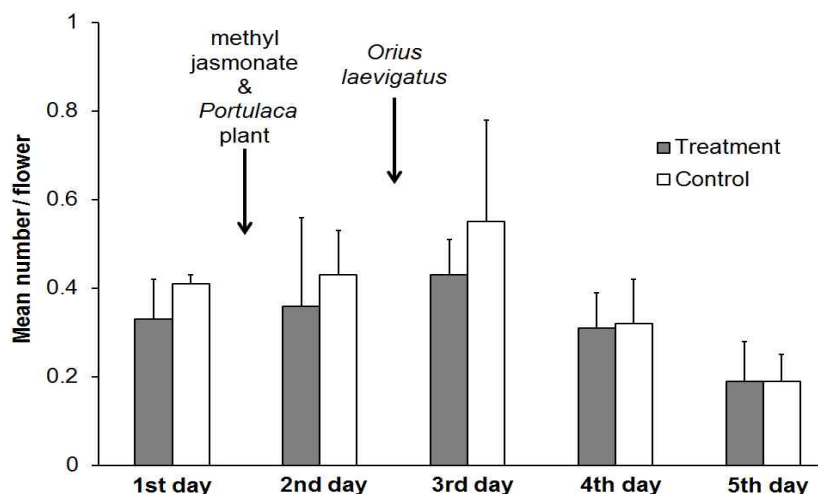


그림 4-11. 안동시 남선면 소재 유기농 가지하우스에 methyl salicylate와 꽃이 핀 *Portulaca* sp, 미끌애꽃노린재를 설치 혹은 방사한 후 가지에서의 꽃당 총채벌레의 밀도 변화. 1st day  $t = 0.80$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.468$ ; 2nd day  $t = 0.39$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.718$ ; 3rd day  $t = 0.49$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.648$ ; 4th day  $t = 0.03$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.979$ ; 5th day  $t = 0.00$ ,  $df = 4$ ,  $P = 1.000$ .

#### 다. Push-pull 전략과 천적의 서식처, 천적 추가 방사 효과 검증

가지에서 methyl salicylate와 꽃이 핀 *Portulaca* sp. 미끌애꽃노린재를 설치 혹은 방사한 후 총채벌레의 가지에서의 꽃당 총채벌레의 밀도 변화는 대조구와 비교해서 차이가 없었다(그림 4-11). 다만 미끌애꽃노린재를 방사 1일 후에 처리구에서 애꽃노린재류의 밀도가 상승하였지만 2일 후부터는 밀도가 감소하여 대조구와 차이를 찾을 수 없었다(그림 4-12).

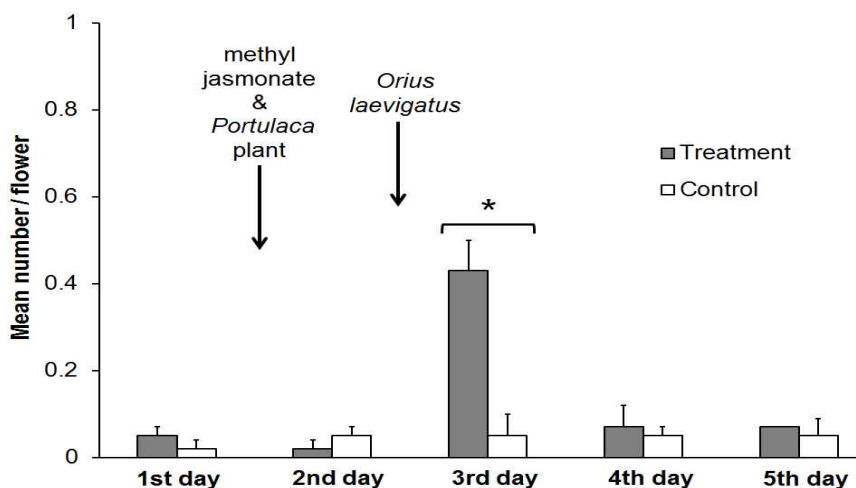


그림 4-12. 안동시 남선면 소재 유기농 가지하우스에 methyl salicylate와 꽃이 핀 *Portulaca* sp. 미끌애꽃노린재를 설치 혹은 방사한 후 가지에서의 꽃당 애꽃노린재의 밀도 변화. 1st day  $t = 0.71$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.519$ ; 2nd day  $t = 0.71$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.519$ ; 3rd day  $t = 4.44$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.011$ ; 4th day  $t = 0.55$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.615$ ; 5th day  $t = 0.50$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.643$ .

가지에서 methyl salicylate와 꽃이 핀 *Portulaca* sp., 미끌애꽃노린재를 설치 혹은 방사한 후 총채벌레의 *Portulaca* sp.에서의 꽃당 총채벌레의 밀도 변화는 대조구(methyl salicylate는 없이 꽃이 핀 *Portulaca* sp.만 설치)와 비교해서 차이가 없었다(그림 4-13). 또한 미끌애꽃노린재는 방사 1일 후에 처리구에서만 적은 수의 애꽃노린재류가 발견되었다(그림 4-14).

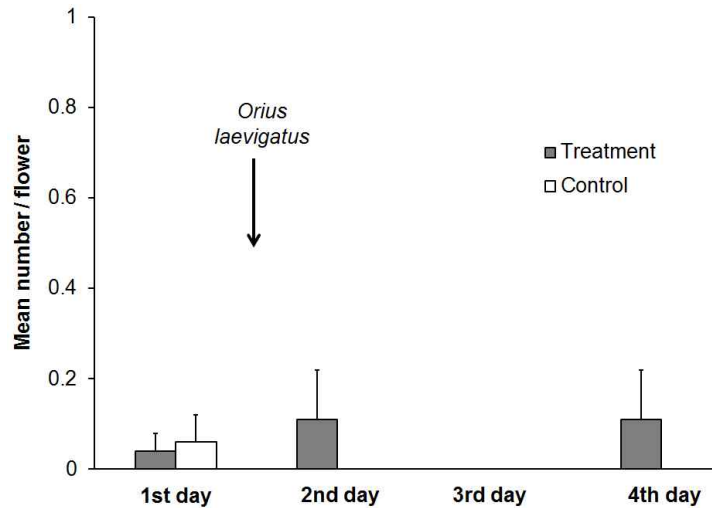


그림 4-13. 안동시 남선면 소재 유기농 가지하우스에 methyl salicylate와 꽃이 핀 *Portulaca*, 미끌애꽃노린재를 설치 혹은 방사한 후 *Portulaca*에서의 꽃당 총채벌레의 밀도 변화. 1st day  $t = 0.19$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.861$ ; 2nd day  $t = 1.00$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.374$ ; 4th day  $t = 1.00$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.374$ .

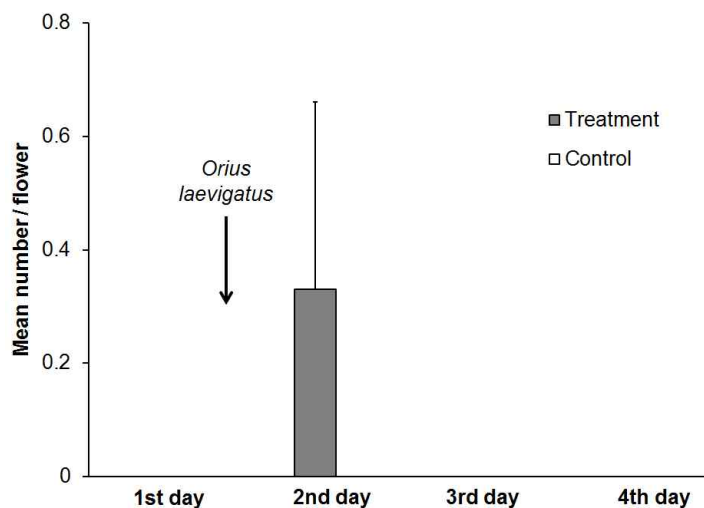


그림 4-14. 안동시 남선면 소재 유기농 가지하우스에 methyl salicylate와 꽃이 핀 *Portulaca*, 미끌애꽃노린재를 설치 혹은 방사한 후 *Portulaca*에서의 꽃당 애꽃노린재의 밀도 변화. 2nd day  $t = 1.00$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.374$ .



## 제5절. 연구 결과 요약

- 시험에 사용할 총채벌레 개체를 확보하기 위한 원통형 실린더를 이용한 대량 사육법 개발에 성공함(초기 방사 밀도 대비 16.5 ~ 17.3배 증식)
- 문헌 조사를 통해 총채벌레 유인물질 9종(neryl (S)-2-methylbutanoate, (R)-lavandulyl acetate, (S)-(-)-verbenone, ethyl iso-nicotinate, methyl isonicotinate, methyl anthranilate, anisaldehyde, geraniol, ethyl nicotinate)과 기피물질 6종(decyl acetate + dodecyl acetate, cis-jasmone, methyl jasmonate, thymol crystals, carvacrol oil, methyl salicylate oil), 총채벌레 천적류의 유인 물질 7종(methyl anthranilate, (Z)-3-hexenyl acetate, methyl salicylate, 3,7-dimethyl, 1,3,6-octatriene, nonanal, (1R,2S,5R,8R)-iridodial)을 찾음
- 총채벌레 유인물질 9종 중 국내 하우스 작물의 주요 총채벌레 종과 상업적 확보 용이성 등을 고려해서 꽃노랑총채벌레 유인물질 3종((S)-(-)-verbenone, methyl isonicotinate, pheromone lure)을 확보하여 경북 지역의 우점종인 대만총채벌레에 대해 유인력을 검증한 결과 Y자 후각계와 케이지 실험에서 모두 **methyl isonicotinate**가 가장 높은 유인력을 보여 주었음. 또한 methyl isonicotinate는 천적인 미끌애꽃노린재에 대해서도 유인력이 있었음
- 총채벌레에 대한 기피물질도 같은 방법으로 3종(carvacrol, cis - jasmone, methyl jasmonate)을 확보하여 Y자 후각계와 앞조각을 이용한 생물검증 실험을 한 결과 methyl jasmonate가 가장 높은 기피효과를 보여주었음. 또한 **methyl jasmonate**는 천적인 미끌애꽃노린재에 대해서는 유인력이 있었음
- 총채벌레 천적의 유인물질 7종 중 3종(methyl anthranilate, nonanal, methyl salicylate)을 확보하여 천적의 유인력을 애꽃노린재 2종에 대해 검증한 결과 **methyl anthranilate**이 애꽃노린재 2종 모두에 높은 유인력을 보여 주었음. 또한 총채벌레류에 기피효과가 있지만 천적인 애꽃노린재를 유인하는 **methyl jasmonate**와 천적에 대한 유인물질인 methyl salicylate와 methyl anthranilate에 대해서 케이지를 이용해 재실험한 결과 **methyl salicylate**와 **methyl anthranilate**가 미끌애꽃노린재와 참땃애꽃노린재 모두에 대해서 유인력이 높았음. 하지만 하우스 검증에서는 유인력을 발견하지 못함
- 이후 하우스 검증 실험에서는 총채벌레 기피효과가 있고 천적에 대해서는 유인효과가 있는 methyl salicylate를 해충기피제/천적유인제로 사용함. 하지만 야외와 하우스 검증에서 유의한 총채벌레 감소와 천적 증가 효과는 찾을 수 없었음.

- 천적보존식물(*Portulaca* sp.)에, 특히 꽃이 피어있는 경우에, 애꽃노린재가 유인이 되며 직접 산란도 하지만, 먹이 곤충이 없는 천적보존식물(*Portulaca* sp.)보다는 먹이 곤충이 있는 강낭콩을 더 선호함을 발견하여 *Portulaca* sp.가 천적 유인의 보조 수단으로는 가능성이 있음. 하지만 하우스 실증에서 총채벌레 기피제와 천적 유인제로서의 methyl salicylate와 천적보존식물(*Portulaca* sp.)을 설치가 총채벌레의 밀도 변동에 영향을 주지 못하였음
- 이와 같은 결과는 시험실보다 야외에서는 곤충의 감각과 반응에 영향을 주는 요인(온도, 습도, 태양조사, 일장, 주변 식생, 작물의 생육단계, 다른 경쟁자나 천적의 유무 등)이 정량적/정성적으로 다양하여 우리가 설치한 화학물질과 식물이 곤충 행동에 변화를 주는 주요 요인이 되지 못해서 나타난 현상으로 판단됨
- 향후 다양한 환경조건의 영향에 대한 연구와 좀더 단순화한 작물-해충 시스템에서의 추가적인 실증이 있어야 할 것으로 판단됨

# 제5장. 연구개발성과

## 1. 연구목표 및 실적

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I						
단위	건	건	건	건	백만 원	건	백만 원	백만 원	명	백만 원	건	건	건	명	건	건			
최종목표	4	1		1		2	2		3			2	3		6	4	2	2	4
1차 년 도	목표	1							1						1				
	실적	2							3						2	3		1	
2차 년 도	목표	2							2			1	2		2	2			2
	실적	1							3			1	3		4	2			3
3차 년 도	목표	1	1		1		2	2				1	1		3	2	2	2	2
	실적	1	0		1		2	3		2		3	1		5	3	3	1	3
소 계	목표	4	1		1		2	2		3		2	3		6	4	2	2	4
	실적	4	0		1		2	3		8		4	4		11	8	3	2	6

## 2. 연구성과

### (1) 지식재산권(특허출원)

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			기여율
			출원인	출원일	출원번호	
1	응애류 방제를 위한 천적유지식물	대한 민국	(주)오상킨섹트	2016.10.2	10-2016-0127199	100
2	뱅크 플랜트와 천적 곤충 이송용 패키지 어셈블리	대한 민국	(주)오상킨섹트	2017.11.14	10-2017-0151814	100
3	파리 천적의 인공 산란 유도 방법, 사육방법 및 사육장치	대한 민국	경기도	2016.12.20.	10-2016-0174327	100
4	뱅크플랜트 이송용 패키지 어셈블리	대한 민국	(주)오상킨섹트	2018.09.27	10-2018-0114838	100

(2) 기술실시

No	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	통상실시 (유상)	파리 천적 (모가슴풍뎡이붙이)의 인공산란 유도 방법, 사육방법 및 사육장치	(주)한국응용곤충연구소	2018.12.17.	1,050,000원	신규

(3) 사업화 현황

No	사업화 방식	지역	사업화명	내용	업체명	매출액(천원)		성과 발생년도	기술 수명
						국내	국외		
1	제품화	경기	미끌애꽃노린재 banker	총채벌레류 방제 천적	(주)오상킨 섹트	450	-	2018	-
2	제품화	경기	콜레마니진디벌 banker	진딧물 방제 천적	(주)오상킨 섹트	3,249	-	2018	-
3	고용창출	경기	-	조찬희, 홍성중 2명	경기도농업기술원	-	-	2018	-
4	고용창출	경기	-	민희옥, 박은주 2명	경기도농업기술원	-	-	2017	-
5	고용창출	경기	-	조운호 1명	(주)오상킨 섹트	-	-	2017	-
6	고용창출	경기	-	조현철, 박시내, 장갑대 3명	경기도농업기술원	-	-	2016	-

(4) 국내외 논문 게재

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI 여부	게재일	등록번호
1	Evaluation of aggregation and alarm pheromones of <i>Riptortus pedestris</i> (Hemiptera: Alydidae) as a push - pull strategy in soybean fields	Applied Entomology and Zoology	Rahman, M.M.	52(3), 469-479	Japan	Japanese Society of Applied Entomology and Zoology	SCI	2017. 8.1	ISSN: 0003-68 62
2	천적유지식물로써 팽이밥에 대한 기초연구: 팽이밥의 꿀응애 밀도억제효과와 천적 2종의 팽이밥응애 포식력	한국응용곤충학회지	오창학	56(3)	Korea	한국응용곤충학회	비SCI	2017. 6.6	ISSN: 1225-01 71
3	경기지역 원예작물 꽃노랑총채벌레 약제 감수성	한국응용곤충학회지	이영수	56	Korea	한국응용곤충학회	비SCI	2017. 9.1	
4	Toxicity of pesticides to Mycophagous ladybrid, <i>Illeis koebelii</i> Timberlake (Coleoptera: Coccinellidae: Halysiini)	농약과학회지	이영수	21(4), 364-372	Korea	농약과학회	비SCI	2017. 11.10	1226-61 83

5	Identification and evaluation of a new entomopathogenic fungal strain against <i>Riptortus pedestris</i> (Hemiptera: Alydidae) and its two egg parasitoids	Plos ONE	Naresh Dangi	13	USA	Public Library of Science	SCIE	2018.4.17	1932-6203 (eISSN)
6	Interference and exploitation competition between <i>Frankliniella occidentalis</i> and <i>F. intonsa</i> (Thysanoptera: Thripidae) in laboratory assays	Florida Entomologist	Mosharof Byuyain	-	USA	Florida Entomological Society	SCI	2019.6.	1938-5102 (ISSN)
7	Temperature-dependent development and oviposition models of <i>Illeis koebele</i> (Coleoptera: Coccinellidae)	Journal of Asia-Pacific Entomology	이영수	21, 984-993	Korea	한국응용곤충학회	SCIE	2018.7.18	ISSN: 1226-8615
8	The European Pepper Moth, <i>Duponchelia fovealis</i> Zeller (Lepidoptera: Crambidae) Discovered in Gyeonggi-do, Korea	한국응용곤충학회지	이영수	57(1), 53-54	Korea	한국응용곤충학회	비SCI	2018.2.23	ISSN. 1225-0171

(5) 국내 및 국제학술회의 발표

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	제25회 세계곤충학회 (International Congress of Entomology)	이영수	2016.9.27	올랜드	미국
2	2016 한국응용곤충학회 임시총회 및 추계학술발표회	이영수	2016.10.20	롯데부여리조트	한국
3	2017 한국응용곤충학회 정기총회 및 국제심포지엄 (Evaluation of chemical attractants on <i>Frankliniella intonsa</i> (Thysanoptera: Thripidae))	Bikash Bhusal	2017.4.27	경주 현대호텔	대한민국
4	2017 한국응용곤충학회 정기총회 및 국제심포지엄 (Repellency of four chemicals against <i>Frankliniella intonsa</i> (Trypom) (Thysanoptera: Thripidae) in laboratorial bioassay)	Bikash Bhusal	2017.10.26	횡성 웰리힐리파크	대한민국
5	2017 한국응용곤충학회 추계 국제심포지엄 (Insecticidal Susceptibility of Western Flower Thrips, <i>Frankliniella occidentalis</i> (Thysanoptera: Thripidae) of Horticultural Crops in Gyeonggi Area)	이영수	2017.10.26	횡성 웰리힐리파크	대한민국
6	미국곤충학회 (The compound (1S)-(-)-verbenone as a potential attractant of <i>Frankliniella intonsa</i> on tomato)	Bikash Bhusal	2017.11.7	덴버시 컨벤션센터	미국
7	한국응용곤충학회 (Behavioral Response of <i>Orius laevigatus</i> (Fieber) and <i>O. minutus</i> (L.) to Three HIPVs in a Y-tube Olfactometer)	Bikash Bhusal	2018.4	목포	대한민국
8	한국응용곤충학회 (Response of <i>Frankliniella occidentalis</i> to Three HIPVs in Y-tube Olfactometer)	고병찬	2018.4	목포	대한민국

9	유럽곤충학회 (Behavioral response of <i>Orius laevigatus</i> (Fieber) and <i>O. minutus</i> (L.) to three thrips-attractant chemicals in a Y-tube olfactometer)	Bikash Bhusal	2018.7	나폴리	이탈리아
10	2018 유럽곤충학회 (Push-Pull Strategy for Control of <i>Bemisia tabaci</i> in Tomato Green house)	이영수	2018.7.3	나폴리	이탈리아
11	한국응용곤충학회 (To compare response of <i>Orius laevigatus</i> (Fieber) and <i>O. minutus</i> (L.) to three thrips repellents in a Y-tube olfactometer)	Bikash Bhusal	2018.10	광주	대한민국

(6) 교육 및 컨설팅

No	교육 및 컨설팅명	장소	주요내용	활용 년도
1	국내 곤충산업 및 천적곤충 산업 동향 파악	충북대학교 농업생명환경대학	국내 곤충산업 및 천적곤충 산업의 동향파악	2018
2	천적곤충의 사육 및 이용 실습	경북대학교 친환경농업연구센터	포식성 및 식균성 천적의 활용 이론, 사육 및 이용 실습	2018
3	곤충산업 전문인력 양성교육	서울특별시 농업기술센터	곤충산업 관련 이론 설명	2018
4	천적곤충생산 과정	경북대학교 친환경농업연구센터	천적활용 친환경농업인을 양성하기 위한 과정	2017
5	천적곤충의 활용	안동대학교 식물의학과	천적곤충의 활용에 대한 내용	2017
6	천적이용 친환경방제기술	고양시 농업기술센터	천적을 이용한 해충 방제 방법 및 효과 이해	2016
7	농업해충의 이해	고양시 농업기술센터	농업 해충의 종류와 각 작물의 피해증상 이해	2016
8	약용작물 해충의 이해	고양시 농업기술센터	약용작물 해충 종류와 피해 증상	2016

(7) 전문연구 인력양성

No	분류	기준 년도	현 황												
			학위별				성별		지역별						
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타		
1	참여연구원 박사학위 수여 (Naresh Dangi)	2018.2	1				1					1			
2	참여연구원 학사학위 수여 (우용하)	2018.8			1		1					1			
3	참여연구원 박사학위 수여 (함은혜)	2018.8	1					1	1						

(8) 산업기술 인력양성

No	프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원
1	고양시 농업인대학	고양벤처농업대학	고양시 (농업기술센터)	3	12	30
2	경북농민사관학교	천적곤충 생산과정	경북대학교	1	3	30
3	특별강연	천적곤충 특별강연	안동대학교	1	2	20
4	곤충산업 전문인력 양성교육	곤충산업 전문인력 양성	서울시 (농업기술센터)	1	2	35
5	특별강연	천적곤충 특별강연	충북대학교	1	1	30

(9) 정책활용

No	정책활용 상태	시책명	주관부처	일자	기대효과
1	영농활용	시설 토마토 미소해충 방제를 위한 천적 이용 최적화모델	경기도 농업기술원	2018.12.01	농업인의 활용이 용이하며, 천적 투입량 최소화
2	영농활용	경기지역 원예작물 총채벌레 약제감수성	경기도 농업기술원	2016.12.01	원예작물 난방제 해충인 총채벌레류의 약제 저항성 극복을 위한 효율적인 약제방제 체계 확립 및 보급

(10) 홍보전시

No	홍보유형	매체명	제목	일시
1	지방일간지	기호일보	도내 계약재배 신품종 콩 잘 나가네	2018.12.18
2	중앙일간지	경기일보	도가슴풍뎡이붙이 천적곤충으로 퇴출	2018.12.18
3	중앙일간지	경기일보	(천자춘주)우리콩의 자존심과 농업R&D	2018.12.18
4	지방TV방송	YTN 사이언스	착한곤충, 산업으로 진화하다	2017.08.19
5	지방일간지	월간원예	장미병해충 관리	2017.06.22
6	월간잡지	2017 경기농업21 5월호(해충)	토마토 열매가 갈색으로 변해가고 있어요	2017.05.01

(11) 기타: 수상실적

No	회의명칭(발표제목)	발표자	발표일시	수상내용
1	한국응용곤충학회 정기총회 및 국제심포지엄 (Evaluation of chemical attractants on <i>Frankliniella intonsa</i> (Thysanoptera: Thripidae))	Bikash Bhusal	2017.4.27	<p>한국응용곤충학회 정기총회 및 국제심포지엄 우수발표상</p> <p>Bikash Bhusal 안동대학교</p> <p>연구 제목: Evaluation of chemical attractants on <i>Frankliniella intonsa</i> (Thysanoptera: Thripidae)</p> <p>본 연구는 사단법인 한국응용곤충학회 2017년 국제심포지엄 내 포스터발표에서 그 성과가 탁월하여 이 상장을 드립니다.</p> <p>2017년 4월 28일 사단법인 한국응용곤충학회장 박정규</p>
2	한국응용곤충학회 (Response of <i>Frankliniella occidentalis</i> to Three HIPVs in Y-tube Olfactometer)	고병찬	2018.4.26	<p>한국응용곤충학회 최우수발표상</p> <p>고병찬 안동대학교</p> <p>연구 제목: Response of <i>Frankliniella occidentalis</i> to Three HIPVs in Y-tube Olfactometer</p> <p>본 연구는 사단법인 한국응용곤충학회 2018년 춘계학술발표회 및 국제심포지엄 포스터발표에서 그 성과가 탁월하여 이 상장을 드립니다.</p> <p>2018년 4월 27일 사단법인 한국응용곤충학회장 박정규</p>
3	제28회 과학기술우수논문상 선정 (Insecticide Susceptibility of Western Flower Thrip, <i>Frankliniella occidentalis</i> (Thysanoptera: Thripidae) on Horticultural Crops in Gyeonggi Area)	이영수	2018.6.27.	<p>제28회 과학기술우수논문상 선정 상 장</p> <p>한국응용곤충학회 경기도 농업기술원 농업연구사 이 영 수</p> <p>논문제목 경기도의 흰배작물 꽃노랑총채벌레 약제 감수성</p> <p>귀하는 한국과학기술단체총연합회가 제정한 '제28회 과학기술우수논문상'의 수상자로 선정 되었으므로 이에 상장을 수여합니다.</p> <p>2018년 6월 27일 한국과학기술단체총연합회 회장 김명</p>



### 3. 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.03억원	
			향후 3년간 매출	0.3억원	
		관련제품	개발후 현재까지	1.5억원	
			향후 3년간 매출	4.5억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 3 % 국외 : -	
			향후 3년간 매출	국내 : 10 % 국외 : -	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 3 % 국외 : -	
			향후 3년간 매출	국내 : 10 % 국외 : -	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			10 위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			5 위

### 4. 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목		성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		1년			
	소요예산(백만원)		50			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지		3년후	5년후	
		1.5		3	5	
	시장 점유율	단위(%)		현재까지	3년후	5년후
		국내		3	10	15
		국외		-	-	-
향후 관련기술, 제품을 응용한 다 모델, 제품 개발계획		- 천적과 보조식물 패키지 제품				
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)		3	10	15	
	수 출		-	-	-	

## 제6장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

### 제1절. 연구목표 및 달성도

#### 1. 세부·협동과제별 최종 연구목표

(1) 세부과제(이준석, (주)오상킨섹트): 천적곤충의 정착 및 보존시스템 개발

- 목표: 토마토와 딸기 재배지의 주요 해충 적용 천적 서식처 조성 모델 개발

(2) 제1협동과제(이영수, 경기도농업기술원): 원예작물 주요 가루이 해충의 유인/기피 물질과 천적 이용 방제 기술 개발

- 목표: 토마토, 딸기 주요 해충인 가루이류(whitefly)의 유인제와 기피제를 이용한 push-pull 전략 수립과 천적을 동시에 이용하는 방제법 개발

(3) 제2협동과제(임언택, 안동대학교): 원예작물 주요 총채벌레 해충의 유인/기피물질과 천적 이용 방제 기술 개발

- 목표: 총채벌레 해충의 기피/유인(push-pull) 전략 개발과 천적보존식물 적용 방어 시스템 구축

#### 2. 정성적 연구목표 및 평가지표에 의한 달성도

과제구분 (수행기관)	성과목표	평가지표	가중치 (%)	달성도 (%)
주관과제 (주)오상킨섹트)	천적 보존식물 개발 및 산업화 모델 개발	천적 보존식물 개발 여부	40	100
		대량생산시스템 개발 여부	30	100
		사업화 기반 구축 여부	30	100
합계			100	100
제1협동과제 (경기도농업기술원)	시설채소 주요 해충 가루이류 방제기술 개발	대상해충 사육체계 확립 여부	10	100
		유인/기피 기술 개발 여부	60	100
		종합방제기술 효과검증 여부	30	100
합계			100	100
제2협동과제 (국립안동대학교)	시설채소 주요 해충 총채벌레 방제기술 개발	대상해충 사육체계 확립 여부	10	100
		유인/기피 기술 개발 여부	60	100
		종합방제기술 효과검증 여부	30	100
합계			100	100

3. 성과목표별 자체평가

성과목표	평가지표	자체평가
천적 보존식물 개발 및 산업화 모델 개발	천적 보존식물 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잎응애류 방제를 위한 천적서식처 선발 및 이에 관한 특허를 출원 완료하였으며, 본 발명의 천적서식처는 원예작물에 해충이 발생하기 전에 천적곤충을 원예작물 재배지에 정착시킴으로써 잎응애류를 효과적으로 방제할 수 있는 신개념 천적활용법임</li> <li>○ 고온기에도 진딧물류 방제가 가능한 진디별 서식처 선발 완료로, 고온기 재배작물인 토마토, 파프리카, 고추 등에 적용하여 효과적으로 진딧물의 밀도를 억제 할 것으로 기대됨</li> <li>○ 총채벌레류 방제를 위한 서식처 선발로 해충발생 초기에 천적을 재배지에 효과적으로 정착시킴으로써 총채벌레류를 효과적으로 방제할 수 있을 것으로 기대됨</li> </ul>
	대량생산 시스템 개발	○ 천적서식처 3종의 대량증식시스템 구축 완료
	사업화 기반 구축	○ 천적 서식처 제품화/사업화기반이 효율적으로 조성되었음
시설채소 주요 해충 가루이류 방제기술 개발	대상해충 사육체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 주요 해충 담배가루이에 대한 분류동정을 기반으로 실내시험과 포장시험이 가능하도록 대상해충의 연중 대량사육체계를 확립 하였음</li> <li>- 사육환경: 25 ± 2℃, RH 60 ~ 80%, 16L : 8D</li> <li>- 기주식물: 담배 및 가지 유묘</li> <li>- 사육상자: 사각망사케이지(30 × 30 × 30 cm)</li> </ul>
	유인/기피 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해충 유인/기피용 식물, 색깔(트랩), 광원(LED), 휘발성 물질을 선발하였음</li> <li>- 기피식물: 제라늄</li> <li>- 유인색깔: 노란색</li> <li>- 제어광원: 520 nm(유인용), 450 + 660 nm(기피용)</li> <li>- 제어물질: methyl isonicotinate (유인용), carvacrol (기피용)</li> <li>○ 천적곤충 유인/기피용 광원(LED), 휘발성 물질 및 천적 유지를 위한 'banker plant'를 선발하였음</li> <li>- 제어광원: 520 nm(유인)</li> <li>- Banker plant: 메밀(담배장님노린재용)</li> </ul>
	종합방제 기술 효과검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해충과 천적곤충의 행동을 제어할 수 있는 push-pull 세부전략들을 패키지화하여 포장에서의 종합방제효과를 검증하였음</li> <li>- 방제효과: 68% 이상</li> <li>- 경제성 분석(토마토): &gt; 732,400원/10a</li> <li>※ 주관/협동연구기관과의 정보공유 및 상호협력을 통하여 종합 방제모델 제시</li> </ul>
시설채소 주요 해충 총채벌레	대상해충 사육체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시설토마토, 딸기 대상 공시충 '총채벌레' 확보 및 공시충의 계대 유지에 성공함</li> <li>○ 초기 접종 총채벌레 수 대비 수율을 8 ~ 21배로 향상시킴</li> </ul>

방제기술 개발	유인/기피 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총채벌레 유인 및 기피 물질을 선발하고 검증 완료함 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Y자 후각계 검증에서 (1S)-(-)-verbenone과 methyl isonicotinate가 대만총채벌레에 대해 유인력이 높았음</li> <li>- 잎조각을 이용한 검증에서 methyl jasmonate가 가장 큰 기피 효과를 보여줌</li> <li>- 야외 조건에서는 통계적으로 유의한 유인효과가 없었음</li> </ul> </li> <li>○ 총채벌레의 천적에 대한 유인물질을 선발하고 검증 완료함 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Y자 후각계 검증에서 methyl anthranilate와 methyl salicylate가 미끌애꽃노린재에 대해서 유인력이 높았고 참뿔애꽃노린재에 대해서는 methyl anthranilate이 높았음</li> <li>- 야외 조건에서는 통계적으로 유의한 유인효과가 없었음</li> </ul> </li> </ul>
	종합방제 기술 효과검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총채벌레의 천적인 미끌애꽃노린재에 대한 천적보존식물인 <i>Portulaca</i> sp.의 검증 완료</li> <li>○ 유인/기피 물질과 천적보존식물을 이용한 야외 실증을 완료함 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 천적과의 동시 처리 여부와 무관하게 총채벌레 방제 효과를 찾을 수 없었음</li> </ul> </li> </ul>

4. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

성과목표	세부 목표	미달성 사유	후속대책
천적 보존식물 개발 및 산업화 모델 개발	천적 보존식물 개발	목표 달성	본 과제에서 제시한 천적 4종 외 다양한 천적곤충에 대한 보존식물 선별을 위한 추가 후속 연구가 필요함
	대량생산시스템 개발	목표 달성	농가에서도 쉽게 관리가 가능한 업그레йд 생산시스템 구축을 위한 후속 연구가 필요함
	사업화 기반 구축	목표 달성	구축된 기술의 확대보급을 위한 현장적용 후속연구가 필요함
시설채소 주요 해충 가루이류 방제기술 개발	대상해충 사육체계 확립	목표 달성	-
	유인/기피 기술 개발	목표 달성	-
	종합방제기술 효과검증	목표 달성	저비용 고효율 종합방제기술의 확대보급을 위한 현장적용 후속연구가 필요함
시설채소 주요 해충 총채벌레 방제기술 개발	대상해충 사육체계 확립	목표 달성	-
	유인/기피 기술 개발	목표 달성	-
	종합방제기술 효과검증	목표 달성	다양한 환경조건에 대한 영향 및 현장에서 쉽게 접근할 수 있는 작물-해충 시스템에서의 추가적인 실증연구가 필요함

## 제2절. 관련분야의 기여도

연구성과	관련분야	기여도
천적 보존식물 개발 및 산업화 모델 개발	천적곤충 관련 산업체	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 작기 초, 일괄적으로 천적과 서식처를 공급할 수 있으므로 안정적인 생산이 가능해짐 → 불규칙한 수요에 안정적인 생산 및 공급이 어려웠던 단점을 개선</li> <li>○ 계획 생산으로 인한 원가 절감효과 → 천적의 제품 단가 인하로 천적곤충산업의 활성화 도모</li> </ul>
	천적 이용 농가	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 작물 작기 초, 복잡한 예찰과정 없이 손쉽게 천적의 적용이 가능해짐 → 친환경 방제(유기농산물 재배)로의 진입장벽이 낮아짐</li> <li>○ 관행방제보다 낮은 비용으로 친환경 방제가 가능해져 천적 이용 농가의 소득이 극대화됨</li> </ul>
시설채소 주요 해충 가루이류 방제기술 개발	시설 토마토, 딸기 친환경 생산농가	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시설 내 담배가루이를 손쉽게 유입차단, 방제시기 결정, 투입천적의 초기정착 등이 가능해짐으로서 최소비용으로 적기방제함에 따른 경제성 향상</li> <li>○ 천적이용 농법의 정착으로 농약잔류 등의 PLS제도 도입에 따른 장기적 문제점 해결 가능</li> <li>※ PLS(positive list system): 농약허용물질목록제도</li> </ul>
	농자재 제작 및 유통업체	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해충기피 및 천적유인효과가 있는 새로운 농자재 시장 개척 가능</li> <li>- 기존: 황색끈끈이롤트랩의 활성화</li> <li>- 신규: 농업해충 제어용 LED, 방향성 기피제 등</li> </ul>
시설채소 주요 해충 총채벌레 방제기술 개발	시설 토마토, 딸기 친환경 생산농가	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총채벌레와 그 천적들이 유인물질과 기피물질에 대한 반응이 실험실과 야외에서 여러 가지 요인에 의한 차이가 날 수 있음을 인식할 수 있음</li> </ul>
	농자재 제작 및 유통업체	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총채벌레의 먹이 식물이 있는 조건에서 유인제와 기피제의 단독이용으로는 효과가 미비할 수 있으므로 향후 관련 물질의 개발과 상업화에 중요한 기초자료 제공</li> </ul>

### 제3절. 추가 연구의 필요성

본 과제에서 제시한 천적, 천적의 서식처, 대상 해충과 천적의 유인 및 기피 물질 및 LED 광원 등을 접목한 한국형 종합방제기술은 국내 최초로 시도되고 있는 기술이니 만큼 본 기술이 정착단계에 오를 수 있도록 확대 보급을 위한 후속 연구는 반드시 필요하다고 판단됩니다.

산업연구원(2011)의 프로젝트 단위 설문조사에 의하면 연구 개발된 기술의 사업화 과정에서 중단할 수밖에 없게 된 주요 요인들 중 상위 세 가지 사유는 '응용연구 실패 또는 위험부담이 높음', '시장수요가 없거나 작음'과 '자금 부족'에 있다고 보고한 바 있습니다(표 6-1).

표 6-1. 기술사업화 중단사유별·기술사업화 단계별 업체 비중

(단위: %)

중단사유	전체	중단시점 기준		
		응용연구	시제품제작	출시제품제작
기술개발(응용연구) 실패 또는 위험부담이 높음	61.7	64.0	55.2	45.8
시장수요가 없거나 작음	55.0	36.0	50.0	66.7
자금 부족	42.6	64.0	34.5	25.0
마케팅 역량의 부족	38.7	42.0	36.2	66.7
개발된 제품(또는 공정)의 낮은 경쟁력	38.3	38.0	44.8	37.5
회사의 기술사업화 우선순위 변경	25.5	22.0	32.8	33.3
기술사업화 이외의 다른 개발목표의 달성	14.2	18.0	20.7	0.0
핵심 연구인력의 이직	13.8	10.0	13.8	20.8
다른 기업에 기술이전	8.5	6.0	8.6	4.2
기타	1.1	0.0	1.7	0.0

\*. 자료: 산업연구원 설문조사(2011)-프로젝트 단위 설문조사

\*. 주: 중단사유는 3가지 중복 선택, 비중은 열(列) 단위로 300%로 정규화

상기와 같은 위험부담에서 벗어나 기 개발된 한국형 종합방제기술의 효과적인 현장보급을 위해서는 지속적인 후속 연구지원이 절실한 실정입니다.

본 연구에서 도출된 결과물을 토대로 새로운 농자재(해충과 천적의 유인기피 물질 및 광원) 개발의 산업화, 토마토와 딸기 이외에 다양한 작물로의 확대 적용, 본 과제에서 제시한 천적곤충 4종 외 다양한 천적곤충에 대한 보존식물 선발, 저비용 고효율 종합방제기술의 확대 보급, 유인·기피 식물의 경우 해당 화학 물질 함유 식물의 탐색, 다양한 환경조건에 대한 영향 및 현장에서 쉽게 접근할 수 있는 작물-해충 시스템에서의 추가적인 실증/보완 등이 필요하다고 생각합니다.

# 제7장. 연구결과의 활용 계획 및 기대효과

## 제1절. 연구결과의 활용 계획

1. Push-pull 모델(해충 유인·기피 식물 또는 물질 + 천적 서식처 + 천적)의 적용 확대  
 가. (기존) 경기, 시골, 원예작물, 전업농업 → (확대) 국내, 노지, 원예작물, 도시농업  
 나. Push-pull 모델 적용 청정 농산물 우수성과 가격 차별화(홍보, 정책제안)  
 다. 손쉽게 활용할 수 있는 천적-보조식물 패키지 매뉴얼 제작 및 보급



그림 7-1. 천적과 push-pull 모델의 조합.

2. 개발기술의 각종 농업인 교육프로그램 적용(이론, 현장)
  - ※ 경기도농업기술원 『경기농업기술교육센터』 교과과정과 연계
3. 국내 시스템 정착 및 관련 산업 육성을 위한 핵심 기술 이전
  - : 해충 유인식물, 천적 서식처(banker plant), 천적곤충 대량생산 및 유통
  - ⇒ 국내 천적곤충산업, 친환경농업의 기반 구축

4. 영농활용: 농업인 및 시군농업기술센터 담당자에게 개발기술의 정보제공(기 활용)

발간등록번호  
71-641-0099-000012-10

**새로운 경기**

**2018년도 경기농업 경쟁력 제고를 위한  
농업과학기술개발사업 주요성과**

**1000**  
경기천년 1018 2018

**경기도농업기술원**

An Optimization Model for Natural Enemies for Tomato Insect Pests Control **36**

**시설 토마토 미소 해충 방제를 위한  
천적 이용 최적화 모델**

연구자 : 경기도농업기술원 환경농업연구과 이영수, 031-229-5834, yslee75@gg.go.kr

**■ 연구배경**

- 국내 천적곤충 시장을 활성화하고, 친환경농업을 실현하고자하는 농업인이 손쉽게 이용할 수 있는 국내 환경에 적합한 산개념 천적 이용기술을 개발하고자 함


**■ 주요 연구성과**


- 토마토 담배가루이와 총채벌레류 방제를 위한 천적 이용 모델


**○ 투입기술**

- 해충유인: LED광원(520nm), 유인산(카기), 황색끈끈이트랩(황), 유인물질(methyl isonicotinate)
- 해충기피: 기피물질(cavacrol)
- 천적 유지식품: 메밀(담배장님노린재용), 들나물류(미끌애꽃노린재용)
- 활용방법

- ① (해충 유인구역 설치) 해충 유인용 광원과 유인식품을 출입구 쪽에 세팅
- ② (천적투입 및 정착) 해충 유인구역에 천적유지식품을 세팅 후 천적투입
- ※ 투입량 : 미끌애꽃노린재 500pcs 1명, 담배장님노린재 250pcs 1명
- ③ (해충제어) 황색끈끈이트랩(황)을 토마토 상단부에 설치한 후 작물 군락 내부에는 기피물질 3개를 해충 유인구역에는 유인물질을 1개씩 설치
- ※ 유인/기피물질은 문구용 분말에 물질을 100배씩 넣어드려 흡수시켜줌
- ④ (천적의 추가 투입) 황색끈끈이트랩(황)에 해충이 1-2마리 관찰될 경우, 천적곤충을 작물 내부에 10일 간격으로 2-3회 연속으로 투입
- ※ 투입량 : 미끌애꽃노린재(500pcs) 1명, 담배장님노린재(250pcs) 1명

  
해충 유인구역 설치  
(LED-광원, 유인산, 유인식품)

  
천적 투입 및 정착  
(천적유지식품)

  
해충 유인구역 설치

**■ 기대효과**

- 농업인의 활용(천적 정기 투입 등)이 용이하며, 천적 투입량 최소화

02 영농활용 77

5. 농자재 개발

: 주요 해충/천적곤충의 행동제어 효과가 인정된 기술을 이용한 농자재 개발

가. 담배가루이 유인장치

- 기술구성 : 520 nm LED + 황색끈끈이트랩 + 기능성 식물(해충유인 + 천적유지)

나. 농업해충 기피제

- 기술구성 : 기능성 물질(carvacrol) + 물질압축방출기

⇒ 제품개발, 현장적용, 농가실증 등을 위해 후속연구 필요



## 제2절. 기대성과 및 파급효과

### 1. 기술적 측면

- 국내 최초 push-pull 기법 적용 원예작물 주요 병해충 친환경 방제기술 개발
- 유인식물 방화벽 + 천적 서식처 + 천적 + 친환경자재 시너지 효과
- Push-pull 기법 적용 신기술로 생물학적 방제 효과 극대화
- Push-pull 기법 적용 기술 개발로 인한 타 작물, 타 지역으로 적용 확대 가능

### 2. 산업·경제적 측면

- 생물다양성 증진 push-pull 기법을 적용한 친환경 농업 기반구축 및 확산
- 천적 적용 신기술 개발과 시장 확대
- 침체된 천적 곤충 산업의 활성화 및 수출 신성장 동력산업으로 육성
- 친환경 농산물 생산에 따른 판매 증가로 농가 소득 극대화
- 산업화 자료 구축(push-pull 기법)
- Push-pull 기법의 농·산업체 기술 이전

### 3. 파급효과

- 누구나 쉽게 해충의 예찰 없이 천적을 적용할 수 있는 신개념 국내 환경 맞춤형 친환경 방제기법에 대한 홍보 및 기술 이전으로 친환경 농업의 재도약 가능
- **(후속연구 필요)** 본 연구로 기 개발된 기술의 보급 확대 시, 획기적인 저비용 고효율 친환경 방제기법 구축 가능 → 환경보전을 위한 지속가능한 농업 실천
- UN이 제시한 지속가능발전의 17개 목표들과 다방면에서 연결고리를 갖고 있는 천적을 활용한 생물적 방제 기법의 완전한 국내 정착 가능

⇒ 후속연구를 통한 농가실증 후 『신기술 보급사업』으로 기술보급 확대 필요  
(친환경 천적 개발 농가에 대한 네트워크를 만들어서 농가 참여형 응용연구 필요)

## 참고문헌

- Anna, D.H., Oleg, D., 2016. Biocontrol of Spider Mites in California Strawberry Production. *International J. Fruit Science*. 16, 169-177.
- Abdullah Z.S., Greenfield B.P.J., Ficken K.J., Taylor J.W.D., Wood M., Butt T.M., 2015. A new attractant for monitoring western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in protected crops. *SpringerPlus*. 4, 89.
- Ahn, T.H., Jin, H.Y., Ham, E.H., Lee, J.S., 2014. Biological Control of *Pseudococcus comstocki* on *Phyllanthus acidus* and *Tetranychus urticae* on *Acalypha wilkesiana* using Beneficial Insects in Tropical Plants Resources Research Center of Korea National Arboretum. *Korean J. Nature conservation*. 8, 193-199.
- Allsopp E., Prinsloo G.J., Smart L.E., Dewhurst S.Y., 2014 Methyl salicylate, thymol and carvacrol as oviposition deterrents for *Frankliniella occidentalis* (Pergande) on plum blossoms. *Arthropod-Plant Interactions*. 8, 421-427.
- APQA, 2016. Quarantined statistical report. APQA.
- Asalf, B., Trandem, N., Stenscvand, A., Wekesa, V.W., Moraes J.D., Klingen, Ingeborg., 2012. Influence of sulfur, powdery mildew, and the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* on two-spotted spider mite in strawberry. *Biological control*. 61, 121-127.
- Auger, P., Tixier, M.S., Kreiter, S., Fauvel, G., 1999. Factors affecting ambulatory dispersal in the predaceous mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol*. 23, 235-250.
- Cakmak, I., Baspinar, H., Madanlar, N., 2005. Control of the carmine spider mite *Tetranychus cinnabarinus* boisduval by the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) in protected strawberries in Aydın, Turkey. *Turkish J. Agriculture and forestry*. 29, 259-265.
- Calvo, F.J., Bolckmans, K., Belda, J.E., 2012. Release rate for a pre-plant application of *Nesidiocoris tenuis* for *Bemisia tabaci* control in tomato. *Biocontrol*. 57, 809-817.
- Calvo, J., Bolckmans, K., Stansly, P.A., Urbaneja, A., 2009. Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. *Biocontrol*. 54, 237-246.
- Calvo, F.J., Bolckmans, K., Belda, J.E., 2009. Development of a biological control-based IPM method for *Bemisia tabaci* for protected sweet pepper crops. *Entomol Exp Appl*. 133, 9 - 18.
- Carnero, A., Díaz, S., Amador, S., Hernández, M., Hernández, E., 2000. Impact of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Heteroptera: Miridae) on whitefly population in protected tomato crops. *IOBC/WPRS Bulletin*. 23, 259 pp.
- Choi, D.S., Kim, D.I., Ko, S.J., Kang, B.R., Park, J.D., Choi, K.J., Kim, S.S., 2013a. Effects of biodiversity and pests insects occurrence on surface management methods in persimmon orchards. *Korea J. org. Agric*. 21, 669-684.
- Choi, M.Y., Park, J.W., Han, J.H., Kim, H.H., Lee, J.H., Kwon, Y.J., 2012. Field application research for the control of insect pests on strawberry and tomato using biological treatment. *NIAS*. 71 pp.

- Choi, Y.S., Hwang, I.S., Lee, G.J., Kim, G.J., 2016. Control of *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) adults on tomato plants using trap plants with systemic insecticide. Korean J. Appl. Entomol. 55, 109-117.
- Choi, Y.S., Whang, I.S., Park, D.K., Lee, J.S., Ham, E.H., 2013. Control Effects of *Frankliniella occidentalis* by using Trap Plants and *Orius laevigatus* in Chrysanthemum PVC House. Korean J. Pestic. sci. 17, 440-447.
- Choi, Y.S., Whang, I.S., Han, I.S., Kim, Y.C., Choe, G.R., 2013b. A Case Study for Intergrated Pest Management of *Frankliniella occidentalis* and *Aphis gossypii* by Simultaneously Using *Orius laevigatus* and *Aphidius colemani* with Azoxystrobin in Cucumber Plants. Korean J. Appl. Entomol. 52, 379-386.
- Chu, C.C., Pinter Jr, P.J., Henneberry, T.J., Umeda, K., Natwick, E.T., Wei, Y.A., Reddy, V.R., Shrepatis, M., 2000. Use of CC traps with different trap base colors for silverleaf whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae), thrips (Thysanoptera: Thripidae), and leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae). J. Economic entomology. 93, 1329-1337.
- Cook, S.M., Khan, Z.R., Pickett, J.A., 2007. The use of push-pull strategies in integrated pest management. Annual review of entomology. 52, 375-400.
- Croft, B.A., Hoyt, S.C., 1983. Integrated management of insect pests of pome and stone fruits. New York, Wiley Intersci. 454 pp.
- Croft, B.A., McGroaty, D.L., 1977. The role of *Amblyseius fallacies* in Michigan apple orchards. Mich. Expt. Sta. Res. Rpt. 333, 22 pp.
- Darshanee, H.L., Ren, H., Ahmed, N., Zhang, Z.F., Liu, Y.H., Liu, T.X., 2017. Volatile-mediated attraction of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* to tomato and eggplant. Frontiers in plant science. 8, 1285.
- Davidson MM, Butler RC, Teulon DAJ., 2009. Pyridine Compounds Increase Thrips (Thysanoptera: Thripidae) Trap Capture in an Onion Crop. J. Economic Entomology. 102, 1468-1471.
- Dicke, M., Baldwin, I.T., 2010. The evolutionary context for herbivoreinduced plant volatiles: beyond the “cry for help”. Trends Plant Sci. 15, 167 - 175.
- Ditillo, J.L., Kennedy, G.G., Walgenbach, J.F., 2016. Effects of Insecticides and Fungicides Commonly Used in Tomato Production on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). J. Economic Entomology. 109, 2298-2308.
- Drukker, B., Janssen, A., Ravensberg, W., Sabelis, M., 1997. Improved control capacity of the mite predator *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on tomato. Exp App Acarol. 21, 507-518.
- Easterbrook, M.A., Fitzgerald, J.D., Solomon, M.G., 2004. Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus* (Amblyseius) (Acari: Phytoseiidae). Exp Appl Acarol. 25, 25 - 36.
- Egger B, Spangl B, Koschier EH., 2016. Continuous exposure to the deterrents cis-jasmone and methyl jasmonate does not alter the behavioural responses of *Frankliniella occidentalis*. Entomologia Experimentalis et Applicata. 158, 78-86.
- Eo, J.W., Kang, S.B., Park, K.C., Han, K.S., Yi, Y.K., 2010. Effects of cover plants on soil biota:

- a study in an apple orchard. *Korean J. Environ. Agric.* 29, 287-292.
- Francisco, J., Calvo, M.J., Lorente, P.A., Stansly, J.B., 2012. Preplant release of *Nesidiocoris tenuis* and supplementary tactics for control of *Tuta absoluta* and *Bemisia tabaci* in greenhouse tomato. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 143, 111-119.
- Frank, S.D., 2010. Biological control of arthropod pests using banker plant systems: past progress and future directions. *Biological control*. 52, 8-16.
- Greco N.M., Sanchez N.E., Liljestrom G.G., 2005. *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiid) as a potential control agent of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): effect of pest/predator ratio on pest abundance on strawberry. *Exp Appl Acarol*. 37, 57 - 66
- Greco, N.M., Tetzlaff, G.T., Liljestrom, G.G., 2004. Presence-absence sampling for *Tetranychus urticae* and its predator *Neoseiulus californicus* (Acari: Tetranychidae; Phytoseiidae) on strawberries. *Int. J. Pest. Manage.* 50, 23 - 27.
- Ham, E.H., 2018. A study on the selection and application methods of suitable natural enemies for the domestic agricultural environment in Korea. Kyungpook National University. 165 pp.
- Ham, E.H., Choi, Y.S., Lee, J.S., Park, J.K., 2014. Biological Control of *Frankliniella occidentalis* Pergande by Banker Plants of *Orius laevigatus* (Fieber) on Rose Greenhouse. *Korean J. Nature Conservation*. 8, 8-11.
- Hamilton, J.G.C., Hall, D., Kirk, W.D.J., 2005. Identification of a male-produced aggregation pheromone in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *J. Chemical Ecology*. 31, 1369-1379.
- Helmi, A., 2011. Host-associated population variations of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) characterized with random DNA markers. *Int. J. Zool. Res.* 7, 77-84.
- IOBC. 2002. IOBC quality control guidelines for natural enemies. IOBC. 31 pp.
- Jahan, S.H., Lee, G.S., Lee, S., Lee, K.Y., 2014. Acquisition of Tomato yellow leaf curl virus enhances attraction of *Bemisia tabaci* to green light emitting diodes. *J. Asia-Pacific Entomology*. 17, 79-82.
- Jeong, T.S., Hwang, M.R., Hwang, S.J., Lee, J.H., Lee, A.S., Won, H.S., Hong, D.K., Cho, J.R., Ham, E.H., 2017. Greenhouse Whitefly and Thrips Management Model Using Natural Enemies in Semi-forcing Culture of Tomato. *Korean J. Appl. Entomol.* 56, 403-412.
- Jeong, Y.S., Choe, Y.S., Oh, I.S., Han, K.H., 2003. Biological Characteristics of the Aphid-eating Gall-midge, *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) as a Biological Control Agents of Aphids. *Korean J. Appl. Entomol.* 42, 241-248.
- Johnson, D.T., Croft, B.A., 1981. Dispersal of *Amblyseius fallacis*(Acarina: Phytoseiidae) in an apple ecosystem. *Environ. Entomol.* 10, 313-319.
- Jung, C., Croft, B.A., 2001. Ambulatory and aerial dispersal among specialist and generalist predatory mites (Acari: Phytoseiidae). *Environ. Entomol.* 30, 1112-1118.
- Kawashima, M., Jung, C., 2011. Effects of sheltered ground habitats on the overwintering potential of the predacious mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in apple orchards on mainland

- Korea. Exp. Appl. Acarol. 55, 375-388.
- Kim, D.I., Kim, S.G., Ko, S.J., Kang, B.R., Choi, D.S., Lim, K.H., Kim, S.S. 2011. Biodiversity of invertebrate on organic and conventional pear orchards. Korea J. org. Agric. 19, 93-107.
- Kim, D.I., Ko, S.J., Choi, D.S., Kang, B.R., Kim, S.S., Hwang, I.C., 2011. Management of Greenhouse Whitefly, *Trialeurodes Vaporariorum* (Homoptera : Aleyrodidae) with Zoophytophagous Predator *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera : Miridae) and EFAM in Tomato Production without Pesticides. Korea J. org. Agric. 20, 49-58.
- Kim, D.I., Kim, S.G., Kang, B.R., Ko, S.J., Kim, J.S., Kim, S.S., 2009. Management of Two Spotted Spider Mite, *Tetranychus Uritcae*, on Organic Strawberry Field in Jennam Area and Toxicity of Natural Enemies Against Crude Extract of *Chrysanthimum cinerarietofolium* and *Melia azedarach*. Korea J. org. Agric. 17, 211-226.
- Kim, D.I., Kim, S.G., Shin, G.H., Seo, J.B., Choi, K.J., Lim, K.H., Kim, S.S., 2006. Biological control of two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) by the predatory mite (*Phytoseiulus persimilis*) in sustainable strawberry fields. Korea J. org. Agric. 14, 315-323.
- Kim, D.S., 2005. Comparison of population regulation of *Panonychus citri* by predacious mite complex between abandoned and sprayed citrus orchards in Jeju island. J. Subtrop. Agri. Biotech., Jeju Nat'l Univ. 21, 21-27.
- Kim, D.S., Lee, J.H., Jeon, H.Y., Yiem, M.S., Kim, K.Y., 1995. Community structure of phytophagous arthropods and their natural enemies at different weed management systems in apple orchards. Korean J. Appl. Entomol. 34, 256-265.
- Kim, H.Y., Kim, J.H., Kang, S.H., Lee, Y.H., Choi, M.Y., 2009. Biological Control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on Cucumber, using *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). Korean J. Appl. Entomol. 48, 355-359.
- Kim, H.Y., Lee, Y.H., Kim, J.H., Kim, Y.H., 2008. Comparison on the capability of four predatory mites to prey on the eggs of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Korean J. Appl. Entomol. 47, 429-433.
- Kim, J.H., Byeon, Y.W., Choi, M.Y., Ji, C.W., Heo, S.Y., Park, E.M., Kang, E.Y., 2012. Control Efficacy of Natural Enemies on Four Arthropod Pests found in Greenhouse Hot Pepper. Korean J. Appl. Entomol. 51, 83-90.
- Kim, J.H., Byeon, Y.W., Kim, H.Y., Park, C.G., 2010. Biological Control of Insect Pests with Arthropod Natural Enemies on Greenhouse Sweet Pepper in Winter Cropping System. Korean J. Appl. Entomol. 49, 385-391.
- Kim, J.J., Seo, D.K., Kim, G.H., 2006. Evaluation of Toxicity of 83 Pesticides against Aphid Parasitoid, *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae), and Control Effects of the Green Peach Aphid, *Myzus persicae* with a Combination of Aphid Parasitoid and Pesticides. Korean J. Appl. Entomol. 45, 217-226.
- Kim, M.G., An, M.S., Park, J.H., Lee, C.R., Lee, S.B., Park, K.L., Hong, S.G., 2017. Survey on occurrence and management of disease and pests in organic peach orchards. Korean J. org. Agric. 25, 603-617.
- Kim, M.S., Kim, S.S., 2016. Susceptibility of the Predatory Mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acari:

- Phytoseiidae) to Several Insecticides. Korean J. Pestic. Sci. 20, 66-71.
- Kim, S.W., Lim, U.T., 2011. Evaluation of a modified sticky card to attract *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and a behavioural study on their visual response. Crop protection. 30, 508-511.
- Kim, Y.H., Park, S.G., 2006. Optimum release times for biological control of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) by *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on the strawberry in greenhouses. Kor. J. Appl. Entomol. 36, 238-244.
- Kim, Y.H., 2003. Situation and prospects of biological control by natural enemies. The Korean Journal of Pesticide Science. Pesticides News and Information. 7, 35-39.
- Kim, Y.H., Kim, J.H., 2003. Biological Control of Aphids on Cucumber in Plastic Green Houses Using Banker Plants. Korean J. Appl. Entomol. 42, 81-84.
- Koschier, E.H., De Kogel, W.J., Visser, J.H., 2000. Assessing the attractiveness of volatile plant compounds to western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. J. Chemical Ecology. 26, 2643-2655.
- Koschier, E.H., Sedy, K. A., Novak, J., 2002. Influence of plant volatiles on feeding damage caused by the onion thrips *Thrips tabaci*. Crop Protection. 21, 419-425.
- Koveos, D.S., Tzanakakis, M.E., 1989. Influence of photoperiod, temperature and host plant on the production of diapause eggs in *Petrobia (Tetranychina) harti* (Acari: Tetranychidae). Exp. Appl. Acarol. 6, 327-342.
- KREI, 2015. Activation plan of insect industry for the future agriculture. KERI. 149 pp.
- Kuk, Y.I., Hyun, K.H., Kim, S.S., 2015. Susceptibility of *Tetranychus urticae* and the Predatory Mite, *Phytoseiulus persimilis*, (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) to Plant Extracts. Korean J. org. Agric. 23, 975-985.
- Lagziri, M., Benicha, M., M'ravet, R., EL Amrano, A., 2015. Influence de l'usage préventif des pesticides sur les acariens *Tetranychus urticae* et *Phytoseiulus persimilis* (Acari : *Tetranychidae*, *Phytoseiidae*) présents en cultures de fraisières du Nord du Maroc/Influence of previous pesticide use on *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) from strawberry crops in the north of Morocco. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. 19, 355-363.
- Lee, G.S., 2009. Major crop pest-Tomato (1). Life and damage. 246, 46-47.
- Lee, J.H., Choi, M.Y., Kim, J.H., Lee, G.H., Park, C.H., Noh, T.H., Shim, H.K., 2013. Influence of Host-Plant Feeding on the Prey Consumption of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). Korean J. Appl. Entomol. 52, 409-413.
- Lee, M.H., Kang, S.Y., Lee, S.Y., Lee, H.S., Choi, J.Y., Lee, G.S., Kim, W.Y., Lee, S.W., Kim, S.G., Uhm, K.B., 2005. Occurrence of the B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* in Korea. J. Econ. Entomol. 44, 169-175.
- Lee, M.L., Ahn, S.B., Cho, W.S., 2000. Morphological characteristics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and discrimination of Their biotypes in Korea by DNA makers. Korean J. Appl. Entomol. 39, 5-12.

- Lee, S.H., 2003. Sequence analysis of the 5.8S ribosomal DNA and internal transcribed spacers (ITS1 and ITS2) from four taxa of Oxalis (Oxalidaceae) in Korea. Chonbuk Nat'l Univ. 28 pp.
- Lee, S.J., 1966. Korean folk medicine. Publishing center of Seoul National University, Seoul, Korea. 133 pp.
- Lee, S.M., Kim, S.S., 2015. Susceptibility of the Predatory Mite, *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) to Acaricides. Korean J. Pestic. Sci. 19, 418-423.
- Li, S.J., Ren, S.L., Xue, X., Ren, S.X., Cuthbertson, A.G., van Dam, N.M., Qiu, B.L., 2014. Efficiency of plant induced volatiles in attracting *Encarsia formosa* and *Serangium japonicum*, two dominant natural enemies of whitefly *Bemisia tabaci* in China. Pest management science. 70, 1604-1610.
- Lotka, A.J., 1925. Elements of physical biology. Williams and Wiliams Co., Baltimore, USA. 495 pp.
- Maria, F., Gugole, O., Norma, E., Sanchez, M., Roggiero, N.M., 2013. Performance of *Tetranychus urticae* and *Neoseiulus californicus* on strawberry cultivars and assessment of the effect of glandular trichomes. Arthropod-Plant Interactions. 7, 547-554.
- Markets and Markets, 2014. Agrochemicals Market - Global Market trends and forecast to 2018. Company Website Primary interview Reports, Chemical Weekly, and Marketsandmarkets analysis. 91 pp.
- McMurtry, J.A., Croft, B.A., 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. Annu. Rev. Entomol. 42, 291-321.
- Megan, R.C., Jeffrey, S.B., 2013. Comparison of thermal activity thresholds of the spider mite predators *Phytoseiulus macropilis* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). Exp. App. Acarol. 59, 439-445.
- Moon, H.C., Kim, W., Choi, M.K., Kwon, S.H., 2011. Biological Control of Cotton Aphid by *Aphidius colemani* (Hymenoptera : Braconidae) in Watermelon Greenhouses. Korean J. Appl. Entomol. 50, 79-82.
- Moraes, G.J., Flechtmann, C.H.W., 2008. Manual de acarologia: acarologia basica e acaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirao Preto. Holos. 308 pp.
- Mound, L.A., Kibby, G., 1998. Thysanoptera: An Identification Guide. CAB International, Oxon, UK.
- Murai T, Imai T, Maekawa M., 2000. Methyl anthranilate as an attractant for two thrips species and the thrips parasitoid *Ceraninus menes*. J. Chemical Ecology. 26, 2557-2565.
- Nauen, R., Stumpf, N., Elbert, A., 2002. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q type *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Pest management science. 58, 868-875.
- Naranjo, S.E., Ellsworth, P.C., Frisvold, G.B., 2015. Economic value of biological control in integrated pest management of managed plant systems. Annual review of entomology. 60, 621-645.
- Nguyen, T.T.P., Amano, H., 2009. Mating duration and egg production of the predaceous mite

- Neoseiulus californicus* (Acari:Phytoseiidae) vary with temperature. J. Asia-Pac. Entomol. 12, 297-299.
- Nielsen MC, Worner SP, Rostas M, Chapman RB, Butler RC, de Kogel WJ, Teulon DAJ., 2015. Olfactory responses of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) populations to a non-pheromone lure. Entomologia Experimentalis et Applicata 156, 254-262.
- Oh, C.H., Jin, H.Y., Ahn, T.H., Song, Y.J., Jun, H.J., Lee, J.S., Ham, E.H., 2017. A preliminary study of *Oxalis corniculata* L. as a new banker plant: Control efficacy against *Panonychus citri* (McGregor) and feeding ability of two natural enemies on *Tetranychina harti* (Ewing). Korean J. Appl. Entomol. 56, 267-273.
- Paik, J.C., 1992. Taxonomic survey of aphid parasites in Korea. KOSEF report, 901-1502-049-2. 69 pp.
- Penman DR, Osborne GO, Worner SP, Chapman RB, McLAREN GF., 1982. Ethyl nicotinate: a chemical attractant for *Thrips obscuratus* (Thysanoptera: Thripidae) in stonefruit in New Zealand. J. Chemical Ecology. 8, 1299-1303.
- Pia, P., Cecile, B., Gauthier, R., Nicolas D., Christion, P., 2013. Testing banker plants for biological control of mites on roses. 41, 249-262.
- Raworth, D.A., Fauvel, G., Auger, P., 1994. Location, reproduction and movement of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) during the autumn, winter and spring in orchards in the south of France. Exp. Appl. Acarol. 18, 593-602.
- RDA, 2011. New value of the Insect. RDA Interrobang. (www.rda.go.kr). 4, 25 pp.
- RDA, 2012. The enemy from heaven: The wonderful world of natural enemies and biological control. RDA Interrobang. (www.rda.go.kr). 59, 21 pp.
- RDA, 2013. Standard setting and rearing of insect (I). RDA. 347 pp.
- RDA, 2014. Standard setting and rearing of insect (II). RDA. 290 pp.
- Rott, A.S., Ponsonby, D.J., 2010. Improving the Control of *Tetranychus urticae* on Edible Glasshouse Crops Using a Specialist Coccinellid (*Stethorus punctillum* Weise) and a Generalist Mite (*Amblyseius californicus* McGregor) as Biocontrol Agents. Biocontrol Science and Technology. 10, 487-498.
- Sampson C, Kirk WDJ., 2013. Can mass trapping reduce thrips damage and is it economically viable? Management of the western flower thrips in strawberry. PLOS ONE. 8, e80787.
- SAS Institute, 2013. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Song, J.H., Lee, K.J., Yang, Y.T., Lee, S.C., 2014. Sampling Plan for *Bemisia tabaci* Adults by Using Yellow-color Sticky Traps in Tomato Greenhouses. Korean journal of applied entomology 53, 375-380.
- Stacey, D.L., 1977. Banker plant production of *Encarsia formosa* Gahan and its use in control of glasshouse whitefly on tomatoes. Plant Pathology. 26, 63-66.
- Tan, X.L., Liu, T.X., 2014. Aphid induced plant volatiles affect the attractiveness of tomato plants to *Bemisia tabaci* and associated natural enemies. Entomologia Experimentalis et Applicata. 153, 259-269.



- Teerling, C.R., Pierce, H.D., Jr, Borden, J.H., Gillespie, D.R., 1993. Identification and bioactivity of alarm pheromone in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. J. Chemical Ecology. 19, 681-697.
- van Baal, E., van Houten, Y., Hoogerbrugge, H., Bolckmans, K., 2007. Side effect on thrips of the spider mite predator *Neoseiulus californicus*. Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet. 18, 37-42.
- van Houten, Y.M., Hoogerbrugge, H., Bolckmans, K.J.F., 2007. Spider mite control by four phytoseiid species with different degrees of polyphagy. IOBC/WPRS Bulletin. 30, 123-127.
- van Steenis, M., 1995. Evaluation and application of parasitoids for biological control of *Aphis gossypii* in glasshouse cucumber crops. Thesis Wageningen. 228 pp.
- van Tol, R.W.H.M., James, D.E., de Kogel, W.J., Teulon, D.A.J., 2007. Plant odours with potential for a push-pull strategy to control the onion thrips, *Thrips tabaci*. Entomologia Experimentalis et Applicata. 122, 69-76.
- Vernon, R.S., Gillespie, D.R., 1995. Influence of trap shape, size, and background color on captures of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in a cucumber greenhouse. J. Econ. Entomol. 88, 288-293.
- Veronic, D.P., Monica, H., Patrick, D.C., 2011. Ovipositing *Orius laevigatus* increase tomato resistance against *Frankliniella occidentalis* feeding by inducing the wound response. Arthropod-Plant Interactions. 5, 71-80.
- Walzer, A., Schausberger, P., 1999. Predation preferences and discrimination between con- and heterospecific prey by the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. Biocontrol. 43, 469-478.
- Xiao, Y., Wang, Q., Erb, M., Turlings, T.C.J., Ge, L., Hu, L., Li, J., Han, X., Zhang, T., Lu, J., Zhang, G., Lou, Y., 2012. Specific herbivore-induced volatiles defend plants and determine insect community composition in the field. Ecol. Lett. 15, 1130-1139.
- Yang, C.J., Yang, Y.T., Song, M.A., Song, J.H., 2016. Pest biodiversity and their characteristic damage caused to greenhouse strawberries in Jeju. Korean J. Appl. Entomol. 55, 431-437.
- Yang, C.J., Song, J.H., Yang, Y.T., Kim, H.J., Song, M.A., Jwa, C.S., 2017. Efficient occurrence monitoring by yellow sticky traps for major flying pests in strawberry greenhouses. Korean J. Appl. Entomol. 56, 309-314.
- Yang, J.O., Kim, E.H., Yoon, C.M., Ahn, K.S., Kim, G.H., 2009. Comparison of feeding behavior of B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) against red pepper and tomato varieties. Kor. J. Appl. Entomol. 48, 179-188.
- Yang, N.W., Li, A.L., Wan, F.H., Liu, W.X., Johnson, D., 2010. Effects of plant essential oils on immature and adult sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. Crop protection. 29, 1200-1207.
- Yano, E., 2006. Ecological consideration for biological control of aphids in protected culture. Population Ecology. 48, 333-339.
- Yu, H., Zhang, Y., Wu, K., Gao, X.W., Guo, Y.Y., 2008. Field-testing of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. Environ. Entomol. 37,

1410-1415.

- Zamani, A.A., Talebi, A., Fathiopour, Y., Baniameri, V., 2007. Effect of temperature on the life history of *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Braconidae), two parasitoids of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Agriculture*. 36, 263-271.
- Zhang, Q.H., Sheng, M., Chen, G., Aldrich, J.R., Chauhan, K.R., 2006. Iridodial: a powerful attractant for the green lacewing, *Chrysopa septempunctata* (Neuroptera: Chrysopidae). *Naturwissenschaften*. 93, 461-465.
- Zheng, L.X., Zheng, Y., Wu, W.J., Fu, Y.G., 2014. Field evaluation of different wavelengths light-emitting diodes as attractants for adult *Aleurodicus dispersus* Russell (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical entomology*. 43, 409-414.

### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.