

영역	2	어젠다	2	대과제	2	
과제 및 세부과제명			과제 구분	연구분야	수행 기간	과제책임자 및 세부과제 책임자
천적 및 유용곤충 이용기술 개발			기관고유	유용곤충	'17~'24	환경농업연구과 윤승환
1) 토마토 스마트팜 내 주요천적의 생태 공학적 이용모델 개발			어젠다	유용곤충	'21~'23	환경농업연구과 윤승환
2) 신규개발 천적을 이용한 친환경 방제 활용기술 개발			기관고유	"	'21~'22	환경농업연구과 "
3) 페로몬 생합성기작 구명 및 생리응용 방제기술 개발			기관고유 (국제공동)	"	'22~'24	환경농업연구과 "
색인용어	토마토, 천적, 해충, 생태공학, 페로몬, 곤충생리, 친환경 방제					

### 1. 연구개발의 필요성

가. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 1) 우리나라 천적산업은 정부주도의 '생물학적 병해충 방제 지원사업'이 2011년 중단되면서 침체기를 맞고 있지만, 유기농 재배면적의 증가 등 농업현장에서는 지속적으로 천적 활용요구도가 증가되어 있어 천적곤충 시장도 확대될 것으로 전망됨
  - 국내 천적이용 면적 : ('00) 77→('10)2,500→('11)보조사업중단→('14)388→('16)425 ha
  - 유기농 인증면적 : '18)24,666ha → '19)29,711ha → '20)38,540ha(29.7% 증가/19년 대비)
  - 유기농 농가수 : '18)15,528호 → '19)18,199호 → '20)23,750호(30.5% 증가/19년 대비)
- 2) 최근 스마트팜형 온실은 시설원에 중심으로 보급되어 있으며 국가주도의 관련 사업이 시행됨에 따라 재배면적은 증가하는 추세임. 재배작물의 최적생육환경 조성, 생육정보 수집, 생육 진단 등의 연구가 주로 수행되고 있으나 스마트팜 환경에 대한 병해충의 발생부문에 대한 연구는 미진한 상태임
- 3) 기존의 단순한 천적만을 투입하는 방법을 넘어서 천적이 효과적으로 정착하고 포식/기생능력을 향상시킬 수 있는 환경조건을 조성하는 생태공학적 기법을 이용하여 천적의 유지능력과 방제효과를 높여 해충을 방제할 수 있는 선도기술 개발 필요
- 4) 현재 대부분의 천적곤충은 수입에 의존하고 있으며 국내환경의 적응문제와 긴 배송기간에 따른 적기 투입의 어려움이 있어 극복해 나가야 할 과제임
- 5) 국내 천적활용 농법의 활성화를 위해서는 지속적으로 국내환경에 적응력이 우수한 토착천적을 발굴하고 산업화 및 농업환경에 적용할 수 있는 연구 필요

- 6) 천적이용은 친환경 재배를 위한 농약의 등급 대체효과와 함께 농약의 저항성 해충 및 농약의 적용이 어려운 근권해충 등 난방제 해충에 대한 방제제로 적용할 수 있기 때문에 지속적인 관심이 필요함
- 7) PLS 제도 전면시행 으로 농약잔류에 대한 불안감은 커지며 이에 따른 안전농산물에 대한 수요는 증가하는 추세로 화학농약 사용량을 감축하고, 안전먹거리 생산을 위한 친환경해충방제 기술 개발이 필요함
  - 친환경농산물 시장규모 : '16) 1.8 → '20) 2.2 → '25) 2.9 조원(한국농촌경제연구원)
  - 농약사용량 감축 목표 : '20) 10.5 → '25) 9.5 kg/ha (5차 친환경농업 육성 계획)
- 8) 페로몬은 극미량으로 작용하며, 종특이성이 강해 목표해충에 대하여 유인기피 반응을 통하여 선택적으로 방제할 수 있음
- 9) 페로몬의 활용분야는 생태정보 구명, 방제적기 선정 등 예찰의 목적 및 대량포획, 교미교란 등 직접방제목적으로 활용되고 있음
- 10) 페로몬 생합성 과정은 곤충생리 과정중의 일부로 곤충 내 중요 생리기능을 수행하는 유전자, 수용체를 구명하고 이를 활용한 새로운 해충방제제 (살충제, 유인제, 산란저해제 등)로 응용할 수 있는 기술 필요

#### 나. 연구개발대상 기술의 국내.외 현황

##### 1) 국내 연구 현황

- 가) 한국 과채류 재배 스마트 온실에 대한 병해충 발생실태를 조사한 결과 토마토에서는 흰가루병, 잿빛곰팡이병, 가루이류가 가장 문제 되었으며 파프리카에서는 총채벌레와 진딧물류가 가장 문제가 되는 해충 이었음(한국응용곤충학회지, 2020)
- 나) 스마트팜에서 온도 및 습도에 대하여 담배가루이, 꽃노랑총채벌레를 대상으로 발육 및 산란에 미치는 영향에서 담배가루이는 온도에 큰 영향을 받고 꽃노랑총채벌레는 온습도의 편차 범위가 영향을 주는 것으로 나타남(농촌진흥청, 2018)
- 다) 지중해이라응애를 활용한 오이에서의 꽃노랑총채벌레의 생물적 방제 효과(한국응용곤충학회지, 2009)
- 라) 으름애꽃노린재와 오이이라응애를 이용한 시설 내 총채벌레 밀도억제 효과(한국응용곤충학회지, 2006)
- 마) 애꽃노린재의 꽃노랑총채벌레, 목화진딧물, 점박이응애에 대한 포식반응을 확인하여 미소해충 방제 천적으로 활용 (한국응용곤충학회지, 2010)
- 바) 수경재배 딸기에서 아큐레이퍼응애를 활용한 작은뿌리파리의 생물적방제 효과(한국응용곤충학회지, 2016)
- 사) 담배장님노린재의 식물성먹이 섭취량에 따라 줄알락명나방알의 섭식량을 확인한 결과 참깨를 섭식 후 명나방알의 섭취량이 유의하게 감소(한국응용곤충학회지, 2013)

- 아) 한국산 톱다리개미허리노린재 집합페로몬의 성분조성에 대하여 분석한 결과 일본 지역과 성분조성비가 다름을 확인하였으며 국내 성분조성비에서 유인효과가 크게 나타났음(한국응용곤충학회지, 2008)
  - 자) 노린재류에 대한 집합페로몬 사용 시 트랩의 색깔, 설치높이 및 설치장소에 따른 유인 효과 비교(한국응용곤충학회지, 2010)
  - 차) 블루베리혹파리에 대한 기주식물의 휘발성 물질과 성페로몬의 유인효과 검정 및 시너지 효과 검정(한국응용곤충학회지, 2020)
- 2) 국외 연구 현황
- 가) 담배가루이에 대한 토마토, 담배, 배추, 목화, 오이, 셀러리에 발생하는 식물 휘발성 물질에 대한 유인과 기피효과 검정(Anthropod Plant Interact, 2014)
  - 나) 바질과 메리골드에서 발생하는 휘발성물질에 대한 온실가루이 행동적 반응 분석 (Chemoecology, 2020)
  - 다) 토마토니방에 대한 장님노린재 2종의 포식활성 조사 결과 알과 1령유충 선호(J. Appl. Entomol, 2009)
  - 라) 토마토 재배 시 담배가루이를 방제하기 위한 담배장님노린재의 예방적 처리를 시도 (BioControl, 2012)
  - 마) 토마토에서 담배장님노린재의 처리밀도에 따른 담배가루이의 피해도 분석(BioControl, 2009)
  - 바) 시설에 적용하는 살충제에 의한 마일즈응애에 나타나는 영향 평가(J. Econ. Entomol, 2004)
  - 사) 온실가루이각지벌레의 성페로몬 구성성분의 동정( Appl. Entomol Zool, 2008)
  - 아) 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이의 성페로몬샘의 전사체분석을 수행하여 2종의 페로몬 생합성 과정에서의 차이점 분석(Genomics, 2014)
  - 자) 꽃노랑총채벌레 수컷의 표피탄화수소 성분인 7-Methyltricosane에 암컷이 유인되는 효과 구명(J. Chem Ecol, 2013)
  - 차) 불개미에 대한 *capa* gene의 동정과 발현패턴 분석(PLOS One, 2014)

다. 국내외 연구현황 비교 및 필요 연구 분야

연구현황 비교		필요연구 분야내용
국 내	국 외	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과채류 스마트팜 내 주요 문제 병해충에 대한 실태 조사 연구 추진</li> <li>○ 주요해충의 발생에 미치는 환경요인 조사 연구</li> <li>○ 시설원예 작물에 대한 주요해충의 천적활용 방제기술 개발</li> <li>○ 노란재의 국내 서식종 페로몬 조성비 분석 및 효율적인 페로몬 트랩 이용방법 검정</li> <li>○ 페로몬 및 식물 휘발성 물질에 대한 유인기피 효과 검정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가루이류에 대한 식물체 휘발성 물질에 대한 행동학적 분석(유인기피반응)과 생리학적 분석(인테너반응)연구 수행</li> <li>○ 천적곤충의 먹이에 따른 생물학적 활성 분석</li> <li>○ 천적의 예방적 처리 및 해충 밀도에 따른 적정 천적 투입량 조절 연구 추진</li> <li>○ 신규 페로몬물질의 발견 및 페로몬 생합성기전 분석</li> <li>○ 페로몬과 같은 생리적 현상 기반 방제를 위한 생리활성 유전자 정보 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 스마트팜(토마토) 내 주요해충 발생실태 및 환경요인에 따른 발생예측</li> <li>○ 생태공학적 기법을 적용한 효과적 천적활용 기술 개발</li> <li>○ 신규개발 천적을 활용한 해충 친환경 방제기술 개발</li> <li>○ 해충의 페로몬물질의 탐색, 동정 및 생합성기전 구명 및 활용을 통한 페로몬활용 방제 기술 개발</li> <li>○ 곤충생리기반 해충방제를 위한 생리활성 주요 인자(유전자, 수용체)구명 및 정보 구축</li> </ul>

2. 연구개발 목표 및 내용

가. 정성적 성과 목표

연차	목 표
1차년도 (2021년)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 토마토 스마트팜 주요해충(가루이류, 잎굴파리) 발생실태 조사</li> <li>- 해충방제용 천적의 천적 유지/보호식물 탐색 및 효과검정</li> <li>- 신규개발천적의 현장 활용기술 및 개선점 탐색</li> <li>- 페로몬 생합성기작 관련 유전자 및 수용체 기능구명</li> </ul>
2차년도 (2022년)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 토마토 스마트팜 주요해충(가루이류, 잎굴파리) 발생실태 조사</li> <li>- 해충방제용 천적의 천적 유지/보호식물 탐색 및 포장효과 검정</li> <li>- 신규개발천적의 현장 활용기술 보완 및 확대적용</li> <li>- 페로몬 생합성 관련 수용체 생리활성 기능 구명</li> </ul>
3차년도 (2023년)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생태공학적 기법 접목 토마토 스마트팜 내 천적활용기술 개발</li> <li>- 곤충 페로몬 냄새수용체 및 기능유전자 탐색 및 구명</li> </ul>
4차년도 (2023년)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 페로몬 및 곤충생리활성 물질 응용기반 방제효과 검정</li> </ul>
최종	유용곤충 이용 개발 및 천적활용 친환경 해충방제 기술 개발

나. 정량적 성과 목표

성과지표명		1년차 (2021년)		2년차 (2022년)		3년차 (2023년)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문게재	SCI	1	-	-	-	1	-	2	-
	비SCI	1	1	1	-	1	-	3	1
학술발표	국제	-	-	1	-	1	-	2	-
	국내	2	3	2	-	2	-	6	3
산업재산권 출원		2	-	-	-	-	-	2	-
산업재산권 등록		-	-	-	-	-	-	-	-
영농활용 기관제출		1	2	2	-	2	-	5	2
정책제안 기관제출		-	-	-	-	-	-	-	-
자료발간		-	-	-	-	1	-	1	-
홍보		1	5	1	-	1	-	3	5
농가 기술지도·컨설팅· 현장기술지원		1	1	1	-	1	-	3	1
생물자원 등록·기탁		1	2	1	-	1	-	3	2
계		10	14	9	-	11	-	30	14

다. 종합연구내용

세 부 과 제	주 요 연 구 내 용	연 구 목 표	수행기간
1) 토마토 스마트팜 내 주요 천적의 생태 공학적 이용모델 개발	○ 스마트팜 내 주요 해충 발생 특성조사 ○ 천적유지/보호식물 탐색 및 효과검정	○ 생태공학적 기법 활용 천적이용 해충관리 기술 개발	'21~'23
2) 신규개발 천적을 이용한 친환경 방제 활용기술 개발	○ 네점가슴무당벌레의 방제효과 검정 ○ 벚초파리기생벌 활용 벚초파리 방제기술 개발	○ 신규개발 천적 활용 친환경 해충방제 기술 개발	'21~'22
3) 페로몬 생합성기작 구명 및 생리응용 방제기술 개발	○ 페로몬 생합성관련 수용체 유전자 구명 및 생리활성 구명 ○ 곤충생리관련 주요 유전자의 기능 구명 및 방제 응용	○ 페로몬 생합성기작 및 생리현상을 활용한 방제 기술 개발	'22~'24

### 3. 당초 연구계획과 변경된 사항: 해당사항 없음

### 4. 연구개발결과의 활용방안 및 기대성과

#### 가. 연구개발결과의 활용방안

##### 1) 학술발표 및 논문게재

- 가) 대두와 강낭콩 떡잎을 이용한 꽃노랑총채벌레의 대량사육 기술(논문게재)
- 나) 벚초파리기생벌의 벚초파리 발육단계에 따른 기생특성 및 살충효과(논문게재)
- 다) 토마토 해충 아메리카잎굴파리에 대한 유인/기피 활성 물질(논문게재)
- 라) 꽃노랑총채벌레 페로몬 생합성관련 유전자의 동정과 발현특성(논문게재)
- 마) 꽃노랑총채벌레 더듬이에서 발현되는 유전자의 동정 및 특성(논문게재)
- 바) 토마토 스마트팜 온실의 주요해충 발생 양상(학술발표)
- 사) 토마토 재배 시 트랩식물을 활용한 가루이류 방제효과(학술발표)
- 아) 토마토 주요 해충 및 천적에 대한 유인물질과 유인식물 활용 방제기술 (학술발표)
- 자) 꽃노랑총채벌레의 페로몬 생합성관련 수용체의 동정 및 아미노산 구조 서열(학술발표)
- 차) 네점가슴무당벌레의 온실 진딧물류 해충에 대한 방제효과(학술발표)
- 카) 벚초파리기생벌의 블루베리발생 벚초파리에 대한 방제효과(학술발표)

##### 2) 산업재산권 출원 및 등록

- 가) 신규개발천적의 대량생산 기술
- 나) 꽃노랑총채벌레의 생리활성 물질

##### 3) 영농활용

- 가) 경기지역 토마토 스마트팜 내 해충 발생양상
- 나) 천적 정착을 위한 우수 천적유인식물 및 물질 선발
- 다) 토마토 스마트팜에서 천적 정착 향상을 위한 천적유지식물의 활용
- 라) 네점가슴무당벌레 활용 진딧물류 친환경 방제방법
- 마) 벚초파리기생벌을 활용한 블루베리 벚초파리 친환경 방제기술

##### 4) 자료발간

- 가) 생태공학적이법 활용 토마토 스마트팜내 주요 해충 방제기술 책자 발간

##### 5) 농가컨설팅

- 가) 천적이용 재배농가 현장 컨설팅 (3건)

#### 나. 기대성과

##### 1) 기술적 측면

- 가) 스마트팜 내 온실환경의 주요해충 변화 모형의 현장적용을 위한 기초자료 확보

- 나) 생태공학적 기법을 활용한 토마토 스마트팜 발생 해충 생물적방제 기술개발을 통한 친환경 해충관리기술 선진화
  - 다) 천적유지식물/유인물질 활용으로 천적 정착률 향상으로 노동력 및 투입비용 감소 기대
  - 라) 국내 적응성이 높은 토착천적 활용을 통한 친환경방제 시 선택성 및 효율성 증대
  - 마) 페로몬 물질의 탐색 및 구조동정 기법 구축을 통한 연구기술 확보
  - 바) 곤충생리현상을 응용한 효과적 해충의 방제기술 기반 마련
- 2) 경제적·산업적 측면
- 가) 스마트팜 온실 등 시설재배 조건에 적합한 천적이용 기술 개발을 통해 고품질 및 안전농산물 생산으로 농가소득 증대 및 국가경쟁력 강화 기여
  - 나) 생태공학적 천적 이용모델의 적용을 통한 농업환경 내 생물다양성 증가, 건전성확보 및 환경보전비용 부담 감소
  - 다) 환경보전가치를 중점으로 둔 천적활용 친환경농산물 생산 기반 구축을 통해 안전농산물에 대한 소비자의 욕구 만족 및 삶의 질 향상 기대
  - 라) 국내 토착천적 활용 기술개발을 통한 국내 천적의 산업의 활성화 및 농민의 직접활용 기대
  - 마) 페로몬을 활용하는 친환경농산물 시장 확대 및 안전농산물 생산 및 소득증대
  - 바) 곤충생리기반을 통한 주요 생리기능 수행하는 인자(유전자, 수용체 등)를 타겟으로 하는 신규 해충방제제(살충제, 유인/기피제, 산란저해제 등) 개발 기반 마련

### 5. 연구원 편성

세 부 과 제	구 분	소 속	직 급	성 명	참여 기간	참여비율 (%)
1) 토마토 스마트팜 내 주요 천적의 생태공학적 이용 모델 개발	책임자	환경농업연구과	지방농업연구사	윤승환	'21~'23	50
	공동연구자	"	지방농업연구관	한상욱	'21~'23	10
	"	"	"	조동현	'22~'23	10
	"	"	"	한정아	'21~'23	10
	"	"	"	최종인	'21~'23	10
	"	"	지방농업연구관	박중수	'22~'23	10
2) 신규 개발 천적을 이용한 친환경 방제 활용기술 개발	책임자	환경농업연구과	지방농업연구사	윤승환	'21~'22	50
	공동연구자	"	지방농업연구관	한상욱	'21~'22	10
	"	"	"	조동현	'22	10
	"	"	"	한정아	'21~'22	10
	"	"	"	최종인	'21~'22	10
	"	"	지방농업연구관	박중수	'22	10
3) 페로몬 생합성기작 구명 및 생리응용 방제기술개발	책임자	환경농업연구과	지방농업연구사	윤승환	'22~'24	50
	"	"	지방농업연구관	한상욱	'22~'24	10
	"	"	"	조동현	'22~'24	10
	"	"	"	한정아	'22~'24	10
	"	"	"	최종인	'22~'24	10
	"	"	지방농업연구관	박중수	'22~'24	10

### 6. 외부 참여기관 현황

세 부 과 제	구 분	소 속	직 급	성 명
3) 페로몬 생합성기작 구명 및 생리응용 방제기술개발	공동연구기관	USDA ARS	교수	최만연



7. 연구개발비 소요명세서

(단위 : 백만원)

과제 및 세부과제명	1차년도 (2021)	2차년도 (2022)	3차년도 (2023)	합 계
○ 천적 및 유용곤충 이용기술 개발	272	315	219	806
- 토마토 스마트팜 내 주요 천적의 생태공학적 이용 모델 개발	76	60	60	196
- 신규개발 천적을 이용한 친환경 방제 활용기술 개발	76	96	-	172
- 페로몬 생합성기작 구명 및 생리응용 방제기술 개발	120	159	159	438