

120082-3

주요 시설작물의 해충방제용 천적 품질관리 기술과 천적-LED 플랫폼 개발 최종 보고서

2023

농림축산식품부

농림식품기술기획평가원

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)

작물바이러스 및 병해충대응산업화 기술개발사업 2022년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004364-01

주요 시설작물의 해충 방제용 천적 품질관리 기술과 천적-LED 플랫폼 개발

2023.05.10.

주관연구기관 / 주식회사 오상킨섹트
협동연구기관 / 안동대학교 산학협력단
협동연구기관 / 경기도농업기술원

농림축산식품부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제출문

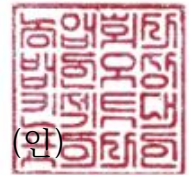
제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “주요 시설작물의 해충 방제용 천적 품질관리 기술과 천적-LED 플랫폼 개발”(개발기간 : 2020. 04. 29. ~ 2022. 12. 31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023.05.10.

주관연구기관명 : 주식회사 오상킨섹트 (대표자) 이준석 (인)



협동연구기관명 : 안동대학교 산학협력단 (대표자) 전익조 (인)



협동연구기관명 : 경기도농업기술원 (대표자) 김석철 (인)



주관연구책임자 : 함은혜

협동연구책임자 : 임언택

참여기관책임자 : 이영수

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

< 요약 문 >

사업명	작물바이러스 및 병해충대응산업화 기술개발사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)				연구개발과제번호		120082-3	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0304	60%	LB0503	20%	LB0805	20%
	농림식품 과학기술분류	RA0306	60%	RA0401	20%	RA0406	20%
총괄연구개발명		-					
연구개발과제명		주요 시설작물의 해충 방제용 천적 품질관리 기술과 천적-LED 플랫폼 개발					
전체 연구개발기간		2020. 04. 29. - 2022. 12. 31. (2년 8개월)					
총 연구개발비		총 1,029,000천원 (정부지원연구개발비: 917,000천원, 기관부담연구개발비 : 112,000 천원)					
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[√]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()	
연구개발과제 유형		-					
연구개발과제 특성		-					
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		한국형(국내 농업환경에 적합한) 천적 제품 품질관리 표준화 와 주요 시설작물의 해충 방제용 천적-LED 플랫폼 개발 로 천적 활용 친환경 농업 증진과 다른 산업과의 융복합 활성화 (스마트팜 등 농업의 4차 산업화에 기여)				
	전체 내용		<ul style="list-style-type: none"> ■ 한국형 천적 제품 품질관리 표준화 및 천적-LED 플랫폼 개발 ■ 주요 천적별 유인/유지 효과가 있는 LED 선발을 통한 LED 광원 이용 천적과 해충에 대한 제어 기술 고도화 ■ 주요 해충별 기피/억제 효과가 있는 LED 문헌 조사 및 직접 선발 ■ 문헌 조사 및 직접 실증을 통한 주요 작물 6종 이상에 대한 천적-LED 플랫폼화 ■ LED+천적+유기농업자재 패키지 기술 개발 ■ 개발 기술에 대한 농업인 만족도 조사 및 기술 투입에 대한 경제성 분석 				
	1단계	목표	주요 시설작물의 해충 방제용 천적 품질관리 기술과 천적-LED 플랫폼 개발				
	내용	<ul style="list-style-type: none"> ■ 5종 이상의 한국형 천적 제품의 품질 표준화 ■ 천적 품질관리 장치 2건 개발 및 매뉴얼 구축 ■ LED 파장대별 천적 근층의 유인/유지 효과 평가(실내) ■ 선발된 LED 광원과 천적을 이용한 해충 방제 효과 실증(하우스) ■ 주요 해충의 유인/기피용 LED 광원 및 노출방법 개발(실내, 하우스) ■ 선발된 LED 광원이 작물 생육에 미치는 영향 평가(하우스) ■ 작물 6종 이상에 대한 천적과 방제제 활용 표준화 모델 구축 ※ 대상 작물: 고추, 시설 만감류, 딸기, 참외, 오이, 토마토					

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ■ 한국형 천적 제품 3종과 서식처 3종에 대한 품질 표준화 방안 마련 및 천적연구회와 협력하여 주요 천적 곤충 24종에 대한 『천적 품질관리 지침서』 국내 최초 발간 <ul style="list-style-type: none"> - 지침서 발간등록번호 11-1390802-001578-01, ISBN 978-89-480-7274-7 93520 ■ 천적 제품 품질관리 표준화를 위한 장치 2건 개발 및 기술이전 완료 <ul style="list-style-type: none"> - 기생성 천적 우화, 분리 및 비행 패턴 관리기: 22년 6월 9일 등록(등록번호: 10-2408571) - 천적 생물용 품질관리 장치: 22년 10월 20일 등록(등록번호: 10-2458488) ■ 주요 천적별 유인/유지 효과가 있는 LED 광원 선발(천적 적용 기술의 고도화) ■ LED 이용 주요 해충 행동 제어 및 발육 교란을 통한 선제 대응 ■ 배너형 트랩 개발 ■ (생태 공학적 ICT-천적 연계기술) 작물별(6종 이상) 천적-LED 복합장치 플랫폼화 ■ 주요 시설작물(6종 이상)별 천적과 방제제 활용 표준화 모델 구축 ■ 차세대 스마트팜에 적용이 가능한 친환경 해충 제어시스템 구축 ■ 개발한 기술 투입에 따른 경제성 분석 완료 및 농업인 활용 매뉴얼 구축
--------	---

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ■ 한국형 천적 제품의 품질/관리 표준화로 천적 제품의 수입의존도 해소 <ul style="list-style-type: none"> → 한국형 천적 이용기술 확립 ■ 구축된 QC 장치는 해충 방제 분야뿐만 아니라 검역 분야와 학습 교보재 등 다양한 산업 분야에 활용 가능 ■ 해충 방제 효과가 우수한 천적-LED 플랫폼 확대 보급 <ul style="list-style-type: none"> → 천적 활용 친환경농법의 양적·질적인 성장 가능 ■ 최첨단 혁신기술과 농업의 융합으로 해충 방제 효과 극대화 <ul style="list-style-type: none"> → 천적과 방제제 활용 모델에 대한 신뢰도 증가 ■ 방제보다 예방에 초점을 둔 지속 가능한 해충 관리기술 확대 보급으로 생물 다양성 증진 및 침체된 국내 천적 시장 활성화 ■ 증가하는 아시아권 천적 수요 → 수출 신성장 동력산업으로 육성 가능 ■ 약제사용 최소화로 친환경농산물에 대한 소비자 신뢰도 향상 → 약제 저항성 해충에 대한 새로운 방제전략 제시 가능 ■ 작물별 천적-LED 플랫폼 구축으로 친환경농산물 안정생산기반 구축
---------------------	--

연구개발성과의 비공개여부 및 사유 -

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화학물	신품종	
	3	2	1	-	-	-	-	생명 정보	생물 자원		정보	실물
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
국문핵심어 (5개 이내)	발광 다이오드		천적		친환경 해충방제		스마트농업		품질관리			
영문핵심어 (5개 이내)	light-emitting diode		natural enemy		environment-friendly pest control		smart farming		quality control			

〈 목 차 〉

제1장 연구개발과제의 개요	6
제1절 연구개발의 필요성	6
제2절 연구개발 대상의 개요	8
제3절 연구개발의 목표	11
제4절 연구개발 대상의 국내외 현황	12
제2장 주요 시설작물의 해충 방제용 천적 품질관리 기술과 천적-LED 플랫폼 개발	26
제1절 주요 천적 5종 이상에 대한 품질 표준화 방안 마련	26
제2절 천적 품질관리 장치 2건 개발	60
제3절 광식성 천적의 유인/유지를 위한 천적의 서식처-LED 플랫폼 개발	70
제4절 시설 고추와 감귤에 대한 천적과 방제제 활용 표준화 모델 개발	76
제3장 주요 천적별 유인/유지 효과가 있는 LED 선발을 통한 LED 광원 이용 천적과 해충에 대한 제어 기술 고도화	87
제1절 LED 광원 이용 천적과 해충에 대한 제어 기술 고도화	87
제4장 LED 등 해충 방제용 농자재의 방제 효과 및 현장 적용성 검증을 통한 활용 매뉴얼 개발	116
제1절 LED 광원에 의한 주요 해충 및 작물의 생육에 미치는 영향 구명	116
제2절 LED 광원 이용 주요 해충방제 검증	123
제3절 LED+천적+유기농업자재 패키지 기술 개발	128
제5장 연구개발성과 및 목표 달성도	135
제1절 연구목표 달성 수준	135
제2절 정성적 연구개발성과	136

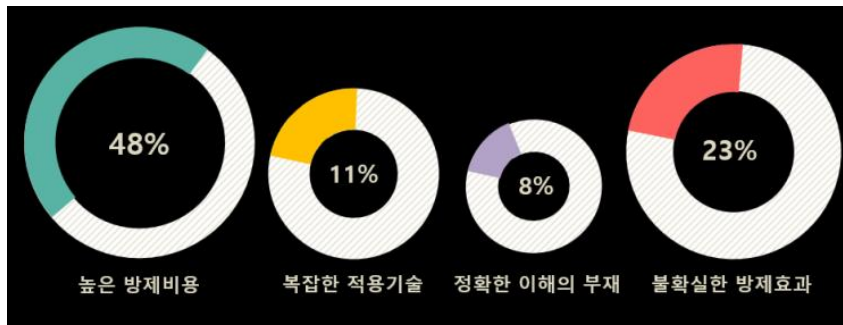
제3절 정량적 연구개발성과	137
제4절 세부 정량적 연구개발성과	138
제5절 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여 상황	142
제6장 연구개발성과의 관련 분야 기여도	143
제7장 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	144
참고 문헌	145

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 필요성

○ 천적 이용 시 제기되는 다양한 애로사항을 해결할 수 있는 대안기술 개발

※ 천적을 이용하는 농업 현장에서 야기되는 문제점 (Lee, 2014; KREI, 2015; RDA, 2018)



※ 비료, 농약 등으로 대표되는 인공 투입 자원을 최소화하고 물, 흙과 같은 자연자원의 절약을 통한 자연생태계의 보존과 회복을 위해 최첨단 혁신기술과 농업의 융합이 중요함

※ 농업 현장과 관련 전문가의 의견을 적극적으로 반영한 새로운 천적 적용기술 제시

< 천적 적용기술의 고도화 >

한국형 천적 제품 품질/관리 표준화와 더불어
주요 해충에 기피/억제효과와 대상 천적에 유인/유지효과가 있는 천적-LED 플랫폼화

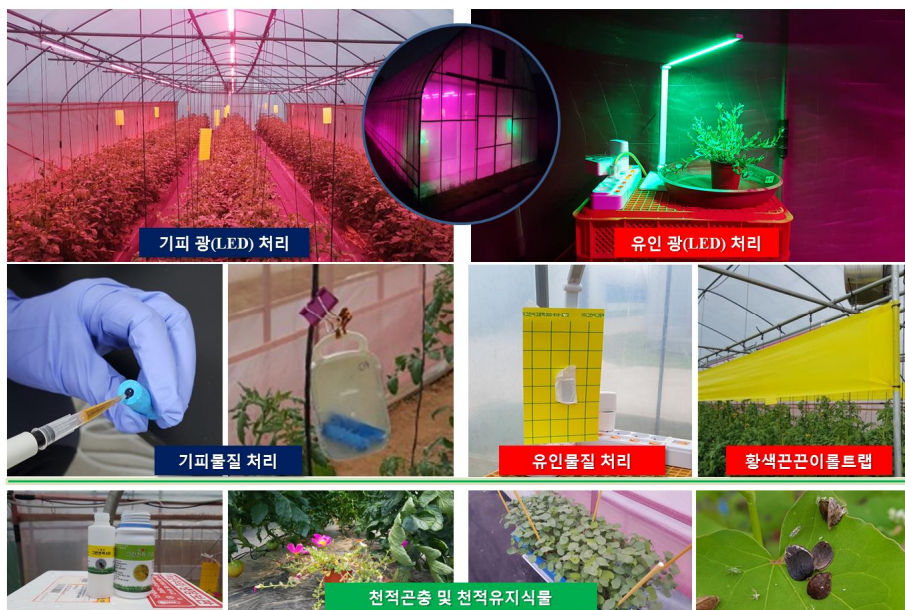


그림 1-1. 천적 이용 주요 해충방제를 위한 push-pull 전략별 사진

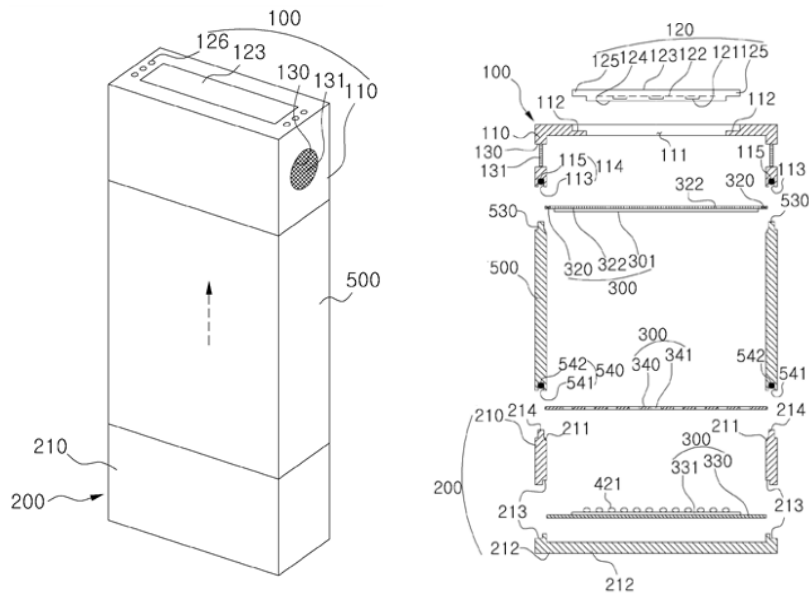
- 세계적으로 시설작물의 주요 해충인 목화진딧물과 복숭아혹진딧물은 유기인계와 카바메이트계 살충제뿐만 아니라 아세타미프리드나 클로티아니딘, 티아메톡삼과 같은 네오니코티노이드계 살충제에 대해서 저항성 문제가 지속적으로 대두되고 있음(Herron and Wilson 2011). 국내에서도 주요 총채벌레류(꽃노랑총채벌레와 대만총채벌레)의 살충제 저항성이 이미 보고되었으며(Cho et al., 2018; Lee et al., 2017), 감수성인 살충제라 하더라도 가지의 꽃받침과 같이 살충제가 잘 닿지 않는 부위에 주로 서식하기 때문에 살충제만으로는 방제가 어려운 실정임(Cannon et al., 2007; Kay and Herron, 2010).
- 따라서 화학적 방제의 부작용을 최소화하고, 장기적으로는 고품질 농산물의 수요가 증가하고 국제시장에서 가격 경쟁력을 높이기 위해서 천적을 이용한 친환경 농업이 필수적임. 또한, 친환경 농업 인증시스템에서 저농약 인증 기준이 2015년 폐지되어, GAP 기준에 맞는 청정농산물 생산기술이 필요함.
- 또한, 2019년부터 전면적으로 시행되고 있는 농약허용물질목록관리제도(PLS)로 인해 사실상 등록된 농약 이외의 사용이 불가하고, 잔류농약 검사기준이 강화됨에 따라 천적 등을 이용한 친환경 농업 생산기반에 대한 중요성이 더 커지게 됨.
- 지난 십여 년 동안 유럽과 일본을 중심으로 경제적이고 친환경적인 인공지능을 이용한 스마트 팜 시설(지능형 시설, intelligent greenhouse)이 개발 및 사용되고 있으며, 해충 관리를 위해 해충의 감지와 방제를 수행하는 다중작업 로봇(Ueka et al. 2015)과 병해충 자동 감지 센서(Pekkerieta et al. 2015) 등이 개발되었음.
- 우리나라에서도 시설 재배에 ICT 기술을 접목한 스마트 정밀농업의 활성화가 진행되고 있으며, 시설 내 병해충 방제효율을 높이기 위한 방법의 하나로 ICT-천적 기술을 연계한 스마트 친환경 방제기술의 개발과 확립이 필요함.
- 최근 시설작물 생산량 증진을 위해 LED 조명을 활용하고 있으며, LED 조명이 해충의 행동과 생태에 미치는 영향에 대한 연구결과들이 보고되고 있음. 따라서 해충을 포함한 천적 곤충의 LED 파장에 대한 **유인/기피** 반응을 기반으로 새로운 작물 보호형 재배기술을 개발하고자 함.

제2절 연구개발 대상의 개요

○ 한국형 천적 제품 품질 표준화를 위한 장치 A

: 기생성 천적의 우화 및 flight pattern 관리기

< 제품 개념도 >



[대표적인 부호의 설명]

100.제1 유닛, 101.제1 공간, 110.제1 본체, 111.설치홀, 112.설치 단턱, 113.제1 결합홈, 114.제1 기밀 레이어, 115.제1 패킹, 120.조명 어셈블리, 121.반도체 광소자, 122.PCB 기판, 123.조명 본체, 124.광학 커버, 125.설치판, 126.조작버튼, 130.제2 통풍구, 131.제2 메시망, 200.제2 유닛, 201.제2 공간, 210.제2 본체, 211.제1 프레임 단턱, 212.하단 트레이, 213.하단결합 단차부, 220.제1 통풍구, 221.제1 메시망, 214.제2 기밀 레이어(제1 리브판), 300.제3 유닛, 320.제2 거치 프레임, 322.제2 거치 패드, 330.제3 거치 패드, 331.수분유지제, 421.제2 천적생물(420)의 유생

< 핵심기술 >

- 기생성 천적의 우화 장치 업그레이드: 기생성 벌류를 유인하는 LED 광원의 적용으로, 케이지와 용기 내부에서 우화한 성충을 흡충기로 분리·계수하던 노동집약적인 방법에서 탈피 가능!

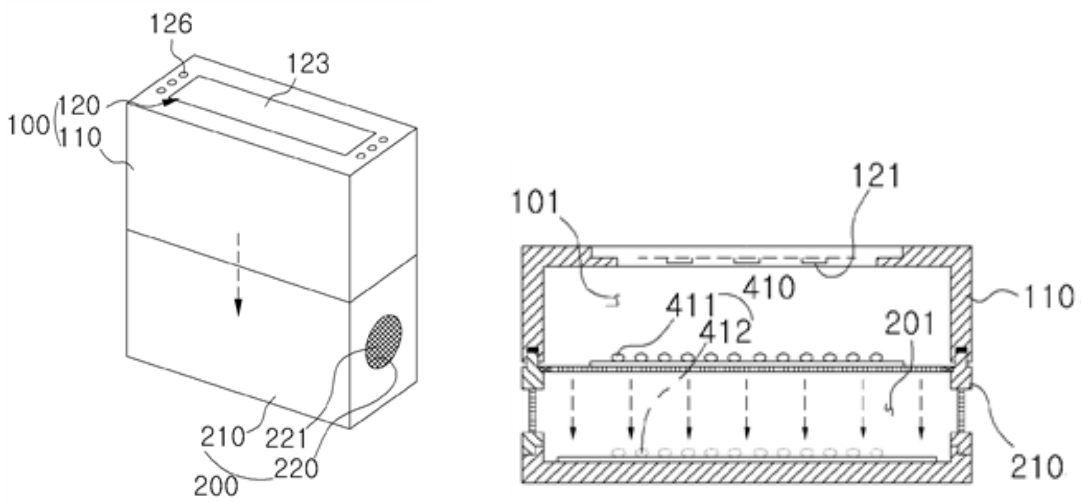


그림 1-2. 케이지와 용기 내부에서 우화한 성충을 흡충기로 분리 계수하는 전통적인 방법 (전라북도농업기술원, 2017)

○ 한국형 천적 제품 품질 표준화를 위한 장치 B

: 외부유출 zero M(mite)-extractor

< 제품 개념도 >



[부호의 설명]

100: 제1 유닛, 101: 제1 공간, 110: 제1 본체, 120: 조명 어셈블리, 121: 반도체 광소자, 123: 조명 본체, 126: 조작버튼, 200: 제2 유닛, 201: 제2 공간, 210: 제2 본체, 220: 제1 통풍구, 221: 제1 메시망, 410: 제1 천적생물, 411: 제1 천적생물(410), 412: 제1 천적생물(410)

< 핵심기술 >

- Mite extractor 업그레이드 적용: 이리온애류가 기피하는 LED 광원의 적용으로 열을 이용한 기존의 복잡한 mite extractor upgrade → 신속 정확한 관리 가능!

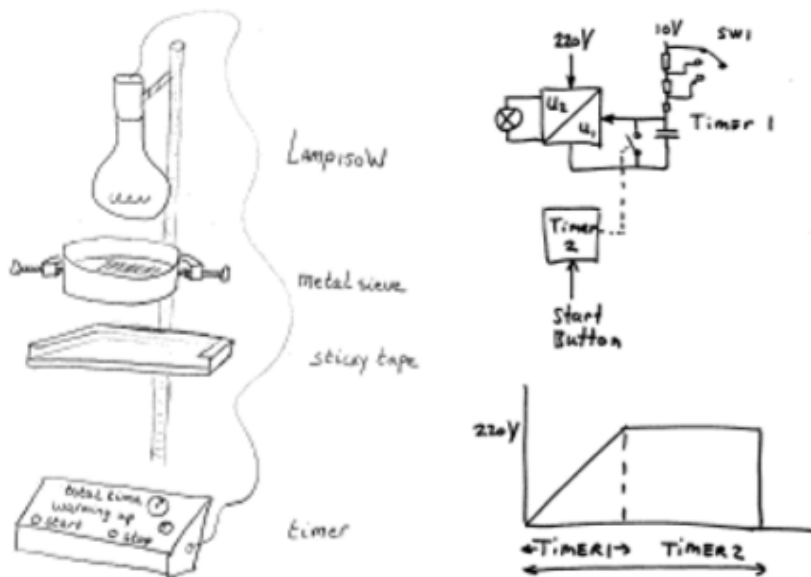


그림 1-3. 열(熱)과 광(光)을 이용해 천적 곤충을 추출하는 장치의 모식도 (IOBC, 2002)

< LED 광원별 구축될 모델(안) >



< 핵심기술 >

- NEF (Natural Enemy in First method) 적용: 작물 정식 초기에 해충의 예찰 없이 천적을 먼저 정착시켜 주 작물의 해충 발생을 원천적으로 억제하는 한국형 천적 적용기술
- LED 파장과 곤충의 시각을 접목한 천적 이용기술의 고도화: LED 광원의 파장에 따라 흡수도가 상이한 광색소(photopigment)를 가지고 있는 곤충의 시각을 접목해 작물 생육 단계, 해충 발생단계와 천적 투입 및 증식기에 따른 LED 광원의 교체 또는 혼합 설치 표준안을 제공하는 작물별 천적과 방제제 활용 표준화 모델구축

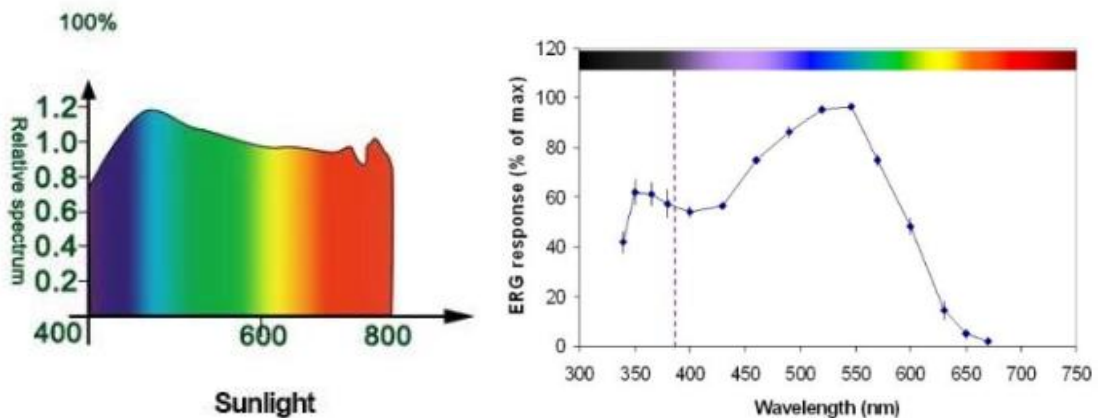


그림 1-4. Sunlight spectrum and spectral efficiency of insect
 (www.broomstrawfarmgrowlights.com; http://cronodon.com/biotech/insect_vision.html)

제3절 연구개발의 목표

< 한국형 천적 제품 품질관리 표준화 >

17년 전에 구축된 『IOBC Quality control guidelines for natural enemies』의 update
및 한국형 천적 제품에 대한 품질관리 매뉴얼 구축

< 주요 천적별 유인/유지 효과가 있는 LED 선발 >

국내 유통 천적에 대한 유인/유지 효과가 있는 LED 파장 선발과 하우스 실증

< 주요 해충별 유인/기피효과가 있는 LED 선발 >

해충의 행동 및 발육 교란의 제어가 가능한 LED 파장 선발과
『작물별 현장 활용 매뉴얼』 개발

< 스마트팜 적용 신기술 구축 >

정밀스마트 농업에서 활용이 가능한 원천기술이 접목된
생태공학적 ICT-천적 연계기술 개발

< 최종목표 >

주요 시설작물의 해충 방제용 천적-LED 플랫폼 개발
(천적 활용 친환경 농업 증진과 다른 산업과의 융복합 활성화)

제4절 연구개발 대상의 국내외 현황

1. 국내·외 기술 및 표준화 현황

< 기술 동향 및 수준 >

- IOBC MRQA (2019)는 천적 효과 발현에 직결되는 효과적인 품질관리를 위해 2003년도에 제시한 기준안의 갱신 결정
- 작물 생육을 위한 LED 광원 적용기술은 상용화 연구단계이나, 곤충의 시각을 활용한 해충 방제(유인/기피)는 유럽과 일본 등의 농업선진국에서 원천 연구 중이며, 천적의 유인/유지 연구는 아직 기초적인 수준임

농업선진국과의 기술격차 해소를 위한 천적-LED 플랫폼의 기술개발 시급!



그림 1-5. 작물 생육을 위해 LED 광원이 적용된 시설 (Aphalo et al., 2012; Minesotor, 2018)



그림 1-6. 곤충의 시각을 활용한 해충 방제방법 (Kleis, 2019.; Zhang et al., 2020)

가. 품질관리 기술 및 표준화 현황

- 국제생물적방제기구(IOBC; International Organization for Biological Control, 2003)에서 『Quality Control and Production of Biological Control Agents: Theory and Testing Procedures』를 발간하여 천적의 품질관리에 대한 기준을 제시한 바 있음
 - IOBC MRQA (Mass Rearing & Quality Assurance) working group에서 2003년도 기준안에 대한 update를 결정함
 - 본 연구의 주관기관인 (주)오상킨섹트도 update 연구에 합류 예정임
- (국내) 주요 천적 8종에 대한 전문가용 표준사육 및 품질관리 기준은 본 연구의 주관기관인 (주)오상킨섹트가 농촌진흥청과의 공동연구를 통해 설정한 바 있음 (발간등록번호 11-1390802-000729-01; 11-1390802-000876-01)
- 전북농업기술원(2017)에서 『Grower Guide: Quality Assurance of Biocontrol Products』의 번역서인 농업인용 『천적 품질관리 매뉴얼』을 발간함

Neoseiulus cucumeris Oudemans (Acarina: Phytoseiidae)

Test conditions
 Temperature: 22 ± 1 °C
 RH: 70 ± 5%
 Light regime: 16L:8D



Quality control criteria

Quantity The number of live predators as specified on the label, excluding eggs, at the time of delivery (both for containers and controlled release systems)
Sex ratio ≥ 50 % females; n=100, an annual test
Fecundity ≥ 7 eggs/ female over a period of 7 days. Count from the second day of testing; n=30 females; an annual test

Description of testing methods

Quantity *Neoseiulus cucumeris* is normally sold as a mix of bran, bran mites (as a food source) and the predatory mites themselves. Both the ratio of the two mite species and the concentration can vary considerably, depending on the product and the producer.
 Mites can be washed out of the material with (hot) water, though counting is not easy because of reflection and difficult identification of the mite species. A more accurate method is to use a "Berlese technique" as described below. Mites are driven out of the material with the heat of a lamp. The advantage is that the mite species are clearly visible and dead mites will remain behind in the sieve. Make sure to allow for a "warming up time". This gives the small bran mites the chance to walk downwards before getting burned. Full heat is needed to drive the predatory mites out of the sieve.
 Use material from 1 container or 4 sachets, depending on the product. Empty the contents into a bucket and weigh the content. Mix thoroughly with a spoon to get a homogenous mixture. According to the density take the following samples:

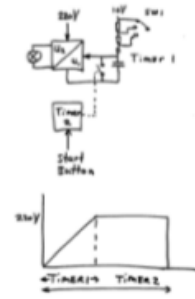
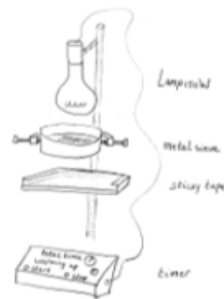
Density of <i>N. cucumeris</i>	sample size
1000 / 5 gr.	0.5 gr.
500 / 5 gr.	0.5 gr.
250 / 5 gr.	1.0 gr.
100 / 5 gr.	1.0 gr.

Put the material directly in a sieve of 6 cm. diameter, 2.5 cm height, mesh width 333 µm, 42% open. Spread the material as evenly as possible. Place the sieve at a distance of 4 cm. under a lamp of 150 Watt. The warming up time should take 5 minutes. Full power for an extra 10

minutes. (see figs. 1 and 2). Put a piece of black sticky tape under the sieve to trap the falling mites.
 The number of mites can be counted directly with a grid, or if the mites still can walk over the glue, kill them in the freezer (20 minutes). Use cold light to prevent melting of the glue. The stickiness of the glue is very important. When the tape is not sticky many mites will walk off the tape and onto the holders. An alternative for the black sticky tape is to use a black plate with a ring of pure detergent as a barrier. Mites must be killed in the freezer immediately after extracting them. The humidity of the material is also very important. Within the range of 16,5-19% there does not seem to be a difference in the counting. At a higher humidity of the material there may be a different total heating time because mites stay longer in the material.

Fig. 1 Set-up of the mite extractor

Fig. 2 Electric scheme of the mite extractor



Fecundity Day 0

The test is conducted on individual female mites in small round plastic petri-dish trays (32 mm diameter; 15 mm height), which can be closed tightly. A nylon mesh is incorporated into the lid for ventilation. Trays are filled with agar solution (1%) to a depth of 5 mm. Just before the agar solidifies a sweet pepper leaf disc is placed with its upper surface in contact with the agar. Care should be taken to ensure that a leaf disc has a vein and some hairs for egg deposition. Good contact between the leaf disc and the agar solution is also necessary to prevent predatory mites from hiding. Thirty "big" mated females of *N. cucumeris* are taken from the commercial product. An ample amount of killed fresh *Ephestias kuehniella* eggs is added as food every day. Place the trays upside down in the climate room to simulate the natural leaf position.

Day 1

Remove the eggs laid on the first day. Do not include them in the total number of eggs laid.

그림 1-7. 업데이트 예정인 IOBC의 천적 품질관리기준서(2003) 중 오이이리응애 관리방안

나. LED 활용기술 및 표준화 현황

- 곤충은 일반적으로 녹색 광원(490~540nm)에 가장 흡수도가 높은 광색소(photopigment)를 가지고 있으며, 다음으로는 자외선과 청색의 광원을 잘 흡수함(Chapman, 1998)
- Uehara et al. (2019)은 6개의 LED 광원(UV 365nm, 자주색 405nm, 청색 450nm, 녹색 525nm, 주황색 590nm, 붉은색 660nm)에 대한 다중선택 실험에서 자주색 LED (405nm)가 가루이와 같은 해충의 주요 천적인 담배장님노린재(*Nesidiocoris tenuis*)를 유인 및 유지할 수 있는 것을 보고하였음.
- 국내에도 자생하는 애꽃노린재(*Orius sauteri*)의 경우 교미 전에는 암수 모두 자주색 LED(405nm)에 유인이 잘 되었으나, 교미 후 암컷은 자주색 LED보다는 자외선을 더 선호하여 생태적으로 다른 반응을 보인다는 보고가 있음(Ogino et al. 2015).
- 가지(eggplant)의 주요 해충인 총채벌레와 가루이류의 경우 UV나 녹색광에 유인이 잘 되지만 그들의 천적인 애꽃노린재(*Orius sauteri*)는 자주색 LED에 유인/유지 효과가 높다는 실증결과가 있음(Ogino et al. 2019).
- LED(660nm, 460nm)는 해바라기와 공생 미생물에 영향을 미쳐 광합성에서는 차이가 없지만, 식물 표면의 미생물 종의 균등도가 낮아졌다는 보고가 있음(Alsanius, 2017).
- 태양광 대체 광원으로 적색 LED와 청색 LED를 16:4의 비율로 복합 사용할 경우 12시간 연속해서 사용하는 것보다는 시간당 15분씩 소등 하면서 사용하면 광합성이 291% 향상된다는 보고가 있음(Harun et al., 2013).
- 멜론 하우스에서 적색 LED를 12~24시간 사용하여 주요 해충인 오이총채벌레를 성공적으로 방제한 사례가 있음(Katai et al., 2015).
- 시설 토마토의 중요한 해충인 뿔나방과 *Tuta absoluta*는 성페로몬 트랩에 470nm의 LED 파장을 추가함에 따라 유인율이 향상되었다는 보고가 있음(Castresana and Puhl, 2017).
- Otieno et al. (2018)은 꽃노랑총채벌레 포획을 위해 청색접착판에 청색 LED를 비취춤으로써 선택 실험에서는 2.7배, 비선택실험에서는 2.1배 채집량을 증가시킬 수 있음을 증명하였음.
- Zhang et al. (2020)은 LED를 이용해 온실가루이를 보다 효율적으로 유인할 수 있음을 제시하였음.

2. 국내·외 시장 현황

< 시장 현황 및 전망 >

- 2019년 글로벌 원예산업 분야의 LED 시장규모는 32억 달러 규모로, 2020년~2030년의 연평균 성장률은 18.1%로 예측됨(P&S Intelligence, 2020)
- 2018년 글로벌 생물적 방제 시장규모는 34.8억 달러 규모로, 2020년~2025년의 연평균 성장률은 16.4%로 예측됨(DunhamTrimmer®, 2019)
- 2008년~2018년의 세계 천적 곤충 시장규모는 300% 이상 증가했으며, 2017년~2022년의 연평균 성장률은 10.4%로 예측됨(Marketsandmarkets.com, 2017)

해충 방제용 천적-LED 플랫폼의 표준화 필요

GLOBAL HORTICULTURE LIGHTING MARKET



P&S Intelligence, 2020

표 1-1. 글로벌 LED 농업용 시장규모 및 전망 (Forest & Sullivan, Global LED Lighting Market, 2018)

구분	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
글로벌 LED 농업용 시장규모 (\$ Billion)	4.9	5.4	5.8	6.4	7.0	7.5	7.7	8.2	8.5	8.8	9.2

표 1-2. 2018년 생물적 방제 시장규모 (DunhamTrimmer®, 2019)

구분	USA/Canada	Latin America	Europe	Asia-Pac	Rest-of-the-World
생물적 방제 시장규모	\$ 1.2 Bn	\$ 0.7 Bn	\$ 1.0 Bn	\$ 0.5 Bn	\$ 0.08 Bn

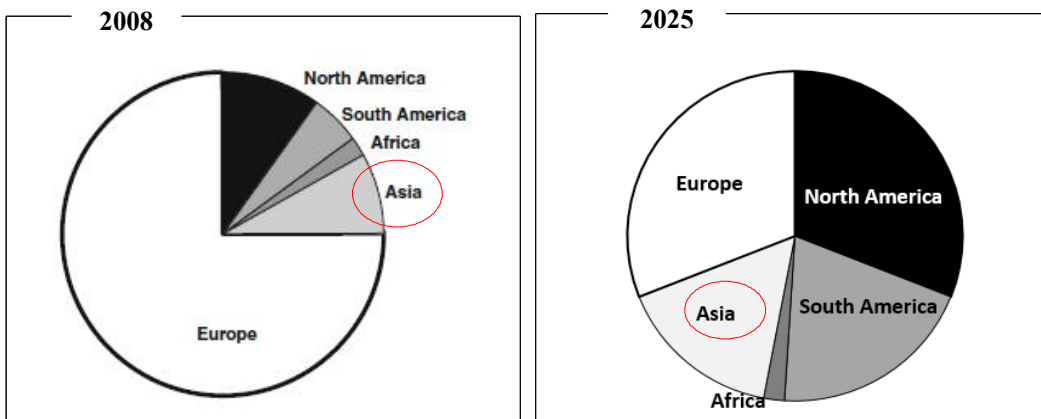


그림 1-8. 아시아권 천적 시장의 점유율과 전망(Lenteren, 2012; Dunham Trimmer, 2019)

- (국내) 기업체 1곳에서 과수 해충의 기피 효과가 있는 광방충기를 생산 판매하고 있지만, 원천 기술은 일본에서 도입하고 있는 실정이며 시설 하우스 내 적용사례는 더욱 드물며, 특히 천적의 유인/유지 효과가 있는 LED 상품은 아직 개발되어 있지 않은 실정임.



그림 1-9. 국내에서 유일하게 판매되고 있는 과수 해충 기피 효과가 있는 광방충기

3. 국내·외 경쟁 기관 현황

- 당해 연구사업의 주관기관인 (주)오상킨섹트는 천적 적용기법인 NEF (Natural Enemy in First) 를 연구 보급하는 등 한국형 천적 적용모델 개발을 위해 지속적으로 노력하고 있음(Ham et al. 2019)

표 1-3. 국내·외 천적 곤충 생산업체의 현황

구분	기관명	주요현황	비고 ¹⁾
국내 산업체	(주)경농	수입 천적 공급	유기농업자재(천적) 4종 보유
	코퍼트(주)	수입 천적 공급	유기농업자재(천적) 6종 보유
	(주)에코윈	생산/수입 천적 공급	유기농업자재(천적) 1종 보유
	대동테크	곤충병원성선충 공급	유기농업자재(천적) 2종 보유
	SJ인터내셔널	곤충병원성선충 공급	유기농업자재(천적) 1종 보유
	곤충산업연구소	천적곤충 생산 및 공급	유기농업자재(천적) 3종 보유
	(주)오상킨섹트	천적 생산/연구 및 공급	유기농업자재(천적) 4종 보유
대표 해외 산업체	코퍼트(주)	천적 생산 및 수출	네덜란드 기업(20종 이상)
	바이오베스트(주)	천적 생산 및 수출	벨기에 기업(20종 이상)
	아리스타라이프사이언스	농자재 수입 및 판매	일본 기업

¹⁾ 국립농산물품질관리원 유기농업자재정보시스템(2020)에 등록된 총해관리용 유기농업자재(천적)는 7개 업체의 21개 (10종) 제품이 등록되어있음

- 국내·외에서 해충 방제를 위해 LED 제품을 판매하는 업체는 다수 확인이 되었으나 대부분 모기, 파리 등의 위생 해충을 대상으로 하고 있으며, 국내에서 (주)에이엠이 과수 해충의 기피 효과가 있는 광방충기를 취급하고 있으나 원천기술은 일본에서 도입하고 있음

표 1-4. 국내·외 해충 방제용 LED 생산업체의 현황

구분	기관명	주요제품	비고
국내 산업체	(주)에이엠	광방충기	과수해충(원천기술: 일본)
	신화종합건설	해충방제용 LED 광원	온실용 보광 겸용
	한울사이언스	포충기	위생해충 퇴치용 제품
	비티글로벌	해충퇴치기	"
	바툼	모기/해충 포충기	"
	(주)다목생태기술연구소	포충기	"
대표적인 해외 산업체	Zero In	High voltage insect killer	"
	Khind	Insect Killer	"
	Trinity hygienic solution	Flying insect killer	"
	PIC	Insect killer lightbulb	"

4. 국내·외 지식재산권 현황

○ ‘천적-LED 플랫폼’의 독창성 확보를 위해 국내·외 특허 분석 진행

- 본 연구로 구현될 기술요소에 대한 키워드를 선정하고 이를 유사 동의어 및 외래어 등으로 키워드를 확장하여 특허 분류 및 연산자를 활용해 검색식을 작성하고 해당 기술에 대한 특허를 검색하여 검색식을 확정함
- 확정된 검색식을 이용해 검색을 완료한 뒤, 노이즈 특허 및 존속기간 만료 특허, 취하 특허, 미심사청구 특허, 거절 특허 등을 제외한 유효특허를 추출하였고, 이 가운데 본 연구의 기술과 관련된 특허를 선별해 유효특허 207건을 확정함
- 207건 유효특허 가운데 현재 권리가 유지되고 있는 문제특허를 총 16건 도출하였고, 이 가운데 상세분석이 필요한 특허를 총 6건 도출함
- 본 분석에서는 미국, 유럽, 일본 및 중국의 등록·공개특허를 중심으로 2020년 3월까지 특허 정보넷 키프리스 DB로 검색하였으며, 특허 분석의 범위는 가능한 특허 공개 및 등록이 된 문서의 명칭, 요약, 청구항을 대상으로 하여 선정함



표 1-5. 특허 검색으로 도출된 16건의 국내·외 문제특허 분석결과

No.	공개/등록 번호	출원일	출원인	법적 상태	발명의 명칭	분석결과
1	KR 10-0972670	08.02.28.	김승수	등록	지능형 무인 해충 포집장치	비침해 (대상: 위생해충)
2	US 08327577	09.08.27.	Chaowei Liang	등록	Intelligent pest killing lamp	상세분석: 비침해
3	KR 20-0456854	10.01.16.	(주)링크옵틱스	등록	해충 방제용 엘이디 조명 장치	상세분석: 비침해
4	KR 10-1200912	10.05.31.	한밭대학교 산학협력단	등록	해충퇴치용 램프	비침해 (대상: 위생해충)
5	KR 10-1239833	11.04.15.	한국광기술원, (주)링크옵틱스	등록	식물의 해충 방제용 조명 장치	상세분석: 비침해
6	PCT 2012098484	12.01.13.	Indian Council of Agricultural Research, Unit National Center for Integrated Pest Management Singh, Surender Kumal	공개	Light trap for managing insects	상세분석: 비침해

No.	공개/등록 번호	출원일	출원인	법적 상태	발명의 명칭	분석결과
			Bambawale, Omprakash			
7	KR 10-1507719	13.04.02.	(주)세계전통	등록	방충기능을 가진 엘이디 조명등	비침해 (대상: 위생해충)
8	KR 10-1533438	13.05.30.	(주)평화이앤씨	등록	해충 방제 시스템	비침해 (대상: 위생해충)
9	KR 10-1769956	15.08.05.	루미컴 주식회사	등록	포충 엘이디 램프장치	비침해 (대상: 위생해충)
10	CN 105265406	15.11.13.	Huazhong Agricultural University	공개	Light trap type pest trapping device	상세분석: 비침해
11	KR 10-1768076	16.01.29.	(주)로드컴코리아	등록	해충 퇴치기	비침해 (대상: 위생해충)
12	PCT 10-2018-003 6743	16.06.10.	고쿠리츠겐큐가 이하츠호징 노우교, 쇼쿠히 산교기쥬츠 소고겐큐기코	공개	포식성 곤충의 유인 또는 정착 방법	상세분석: 비침해
13	KR 10-182209 8	16.06.29.	(주)오르다	등록	엘이디를 이용한 살충 소음이 최소화된 휴대용 해충 기피 및 유인 살충기	비침해 (대상: 위생해충)
14	KR 10-1994264	17.11.29.	(주)다나티앤씨	등록	포충기	비침해 (대상: 위생해충)
15	KR 10-2017537	17.11.29.	(주)다나티앤씨	등록	큐브형 포충기	비침해 (대상: 위생해충)
16	KR 10-202136 6	17.11.29.	(주)다나티앤씨	등록	포충기	비침해 (대상: 위생해충)



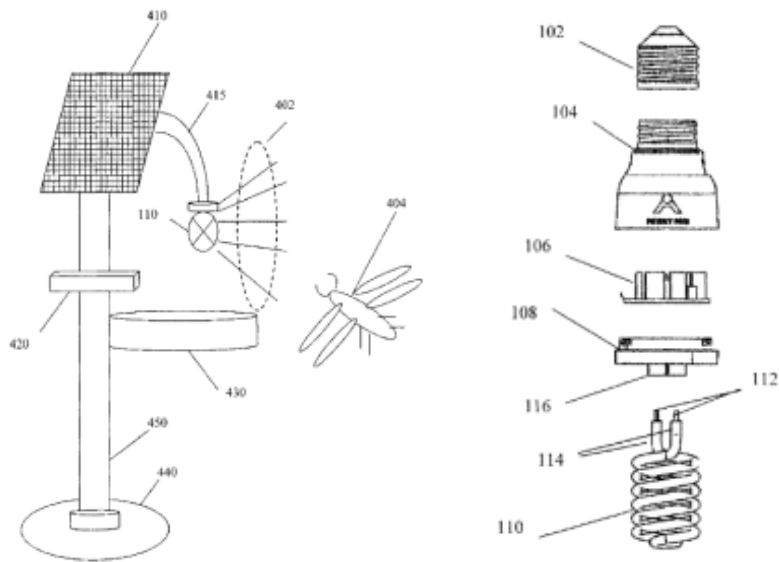
☞ 총 16건의 특허 상세분석결과 본 연구의 결과물과 일부 동일성이 인정되는 특허도 도출되었으나, 작물별 특정 해충 기피 및 천적의 유인/유지에 대한 LED를 포함하는 천적-LED 플랫폼화를 포함하지 않는다는 점에서 특허 침해 가능성이 낮은 것으로 확인됨.

☞ 추후 기술개발을 통해 완성된 기술에 대해 **별도의 침해 검토와 대응방안 마련** 및 공개되는 관련 특허에 대해서 지속적으로 모니터링할 계획임

등록번호	US 08327577	분석결과	비침해
출원일/등록일	2009.08.27. / 2012.12.11.	출원인	Chaowei Liang
법적상태	등록 (예상만료일: 2029.08.27.)	패밀리 현황	US20100050499 WO2010025232
발명의 명칭	Intelligent pest killing lamp		
기술 요약			

【요약】 The present invention discloses an intelligent pest-killing lamp that attracts, disorients, and ideally kills plant pests, soil insects and sanitary insects, protecting plants and crops. The invention generates light at wavelengths between about 360nm and about 420nm with about 365nm being preferred. The invention can also generate combinations of four colors of light. The light pulses at frequencies ranging from about 250 to about 500 hz, disorienting pests. The invention comprises a screw lamp base, an upper cover, a middle cover, a lamp and a control circuit board. The control circuit board comprises a controller that controls the light pulse frequency and an oscillator that drives the lamp. The screw lamp base is fixed on the upper end of the upper cover, the middle cover is fixed on the lower end of the upper cover, the control circuit board is configured in a space between the upper cover and the middle cover, and two pins on the neck of the lamp run through two holes or hollow cylinders on the lower end of the middle cover with the two pins being attached to the control circuit board.

대표도면



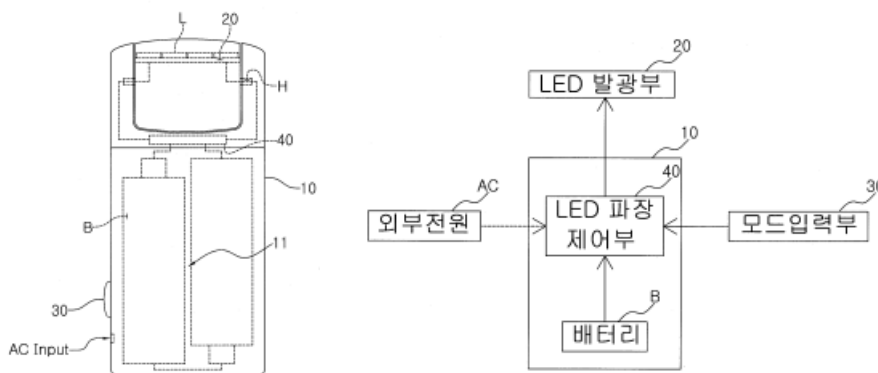
검토의견

- 본 특허는 특정 LED와 주파수를 혼합 적용해 해충을 퇴치하는 장치로, LED가 적용된 부분은 일부 유사하나, 작물별 특정 해충 기피 및 천적의 유인/유지에 대한 LED를 포함하고 있지 않으므로 침해가 성립하지 않음. 또한, 포대금반연과 관련하여 권리범위를 좁게 해석할 여지가 없음

등록번호	20-0456854	분석결과	비침해
출원일/등록일	2010.01.16. / 2011.11.16.	출원인	(주)링크옵틱스
법적상태	등록 (예상만료일: 2030.01.16.)	패밀리 현황	-
발명의 명칭	해충 방제용 엘이디 조명 장치		

기술 요약	독립항 1
<p>【요약】 본 고안은 해충 방제용 엘이디 조명 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 모드입력부를 통해 사용자에게 의해 선택된 선택모드에 따라 LED램프가 270nm 내지 590nm 파장 대역의 빛을 조사하도록 함으로써 화훼류에 발생하는 해충을 방제 또는 예방할 수 있도록 하고, LED 발광부가 본체에 회전가능하도록 결합되어 조사되는 빛의 방향을 조절할 수 있도록 구성되되 조사되는 빛의 방향이 본체를 향하는 경우에는 전원이 차단되도록 구성되어 외측에 별도의 온오프 스위치를 구비할 필요가 없이 심플한 해충 방제용 엘이디 조명 장치에 관한 것임</p>	<p>화훼류에 발생하는 해충을 방제하기 위한 해충 방제용 엘이디 조명 장치에 있어서, 내부에 배터리가 수용될 수 있도록 배터리수용홈이 형성된 소정의 길이를 갖는 본체와; 상기 배터리 또는 외부전원으로부터 전원을 인가받아 빛을 조사할 수 있는 복수개의 LED램프가 구비되고, 회전되며 조사되는 빛의 방향 조절이 가능하도록 상기 본체의 길이방향의 일단에 양측이 각각 힌지축으로 연결되되, 조사되는 빛의 방향이 상기 본체를 향하도록 회전되는 경우에는 상기 LED램프에 인가되는 전원이 차단되도록 하는 LED 발광부와; 사용자에게 의해 방제하고자 하는 해충모드의 선택이 가능하도록 상기 본체의 외측에 구비되는 모드입력부와; 상기 LED램프가 상기 모드입력부에서 선택된 해충모드에 따라 설정된 파장의 빛을 조사하도록 상기 LED램프에서 조사되는 빛의 파장을 제어할 수 있는 LED 파장 제어부를 포함하여 구성되되, 상기 LED 파장 제어부는, 상기 LED램프가 해충을 방제할 수 있는 270nm 내지 590nm 파장 대역의 빛을 조사하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 해충 방제용 엘이디 조명 장치.</p>

대표도면



검토의견

- LED가 해충을 방제할 수 있는 파장 대역의 빛을 조사하도록 제어하는 특징은 일부 유사하나, 포대금반언과 관련하여 본 특허는 심사과정에서 청구항의 문언적 범위를 축소할 수 있는 주장을 한 바 없으므로, 침해 판단시 포대금반언을 적용하여 권리범위를 좁게 해석할 여지가 없음. 또한 균등론과 관련하여 본 연구개발 결과물과 균등한 구성이라 볼 수 없으므로 권리범위를 확장해석할 여지가 없음

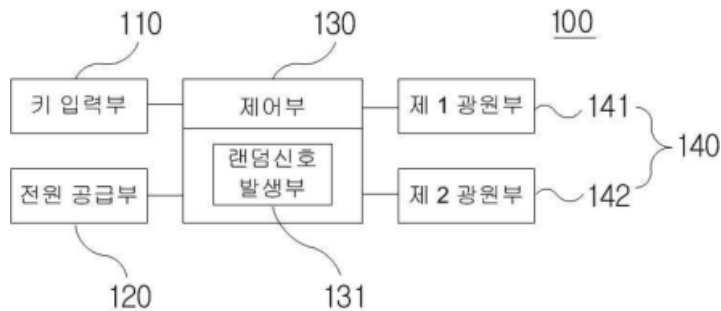
등록번호	10-1239833	분석결과	비침해
출원일/등록일	2011.04.15. / 2013.02.27.	출원인	한국광기술원, (주)링크옵틱스
법적상태	등록 (예상만료일: 2031.04.15.)	패밀리 현황	-
발명의 명칭	식물의 해충 방제용 조명 장치		

기술 요약	독립항 1
-------	-------

【요약】 본 발명은 해충의 스트레스 강도를 증가시켜 해충 방제와 함께 식물의 생장이 촉진되도록 하는 식물의 해충 방제용 조명 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 식물의 생장을 촉진하기 위한 파장의 빛과 해충을 방제하기 위한 파장의 빛을 조사하는 광원부; 및 상기 광원부로 식물 성장 촉진용 파장의 빛과 해충 방제용 파장의 빛 중 적어도 하나가 온/오프되도록 제어하고, 상기 광원부가 점등되는 시간 동안 상기 광원부로부터 조사되는 빛의 조도가 불규칙적으로 가변되도록 광량을 제어하는 제어부를 포함한다. 따라서 광량과 색상의 가변을 통해 조도를 가변시키는 복합 자극을 통해 해충에게 가해지는 스트레스 강도의 증가와 함께 불규칙한 자극을 통해 해충의 내성이 증가하는 것을 방지할 수 있는 장점이 있다.

광원을 이용하여 식물의 해충을 방제하는 조명 장치로서, 식물의 생장을 촉진하기 위한 450nm 또는 660nm 파장 중 적어도 하나의 파장을 조사하는 제 1 광원부(141)와, 해충 방제를 위한 560nm 내지 590nm의 파장 중 임의의 파장을 선택적으로 온/오프시켜 조사하는 제 2 광원부 (142)를 구비한 광원부(140); 상기 식물 성장 촉진용 파장의 빛을 조사하는 제 1 광원부(141)와, 상기 해충 방제용 파장의 빛을 조사하는 제2 광원부(142)가 동시에 교차 점멸되도록 온/오프 제어하는 제어부(130); 및 상기 제 1 광원부(141)의 450nm 파장과 660nm 파장의 빛이 임의의 광량으로 불규칙 발광되도록 제어하는 광량 제어 신호와, 상기 제 2 광원부(142)의 560nm 내지 590nm 파장의 빛이 임의의 광량으로 불규칙 발광되도록 제어하는 광량 제어 신호를 랜덤 신호로 출력하여 광량의 가변에 따른 조도 변화와 파장의 가변에 따른 색상 변화의 복합 자극을 통해 해충의 스트레스 강도가 증가하도록 하는 랜덤 신호 발생부(131)를 포함하는 식물의 해충 방제용 조명 장치.

대표도면



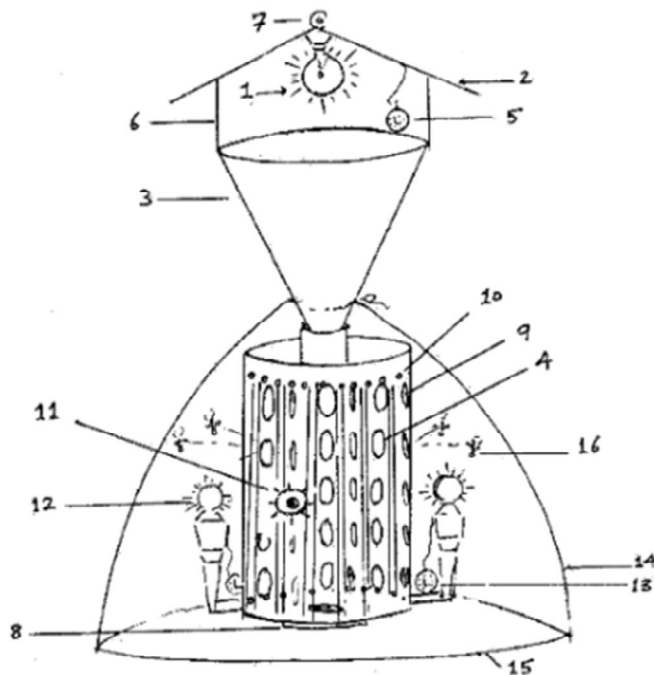
검토의견

- 본 특허는 식물의 증식과 해충의 방제를 위한 LED가 교차 점멸되어 해충의 스트레스 강도를 증가시키는 식물 해충 방제용 조명장치로, 본 연구의 결과물과 일부 유사한 구성을 포함하고 있으나, 작물별 특정 해충 기피 및 천적의 유인/유지에 대한 LED를 포함하고 있지 않으므로 침해가 성립하지 않음. 또한 포대금반언과 관련하여 권리범위를 좁게 해석할 여지가 없음

공개번호	PCT 2012098484	분석결과	비침해
출원일/공개일	2012.01.13. / 2012.07.26.	출원인	Indian Council of Agricultural Research, Unit National Center for Integrated Pest Management Singh, Surender Kumal Bambawale, Omprakash
법적상태	공개	패밀리 현황	AU2012208304
발명의 명칭	Light trap for managing insects		
기술 요약			

【요약】 Light trap for managing insects can be used for monitoring or mass trapping of harmful insect pests in the crops and on the other hand it is safe to most of the beneficial insects (particularly parasitoids). It will prove an important tool of eco-friendly integrated pest management strategy..

대표도면



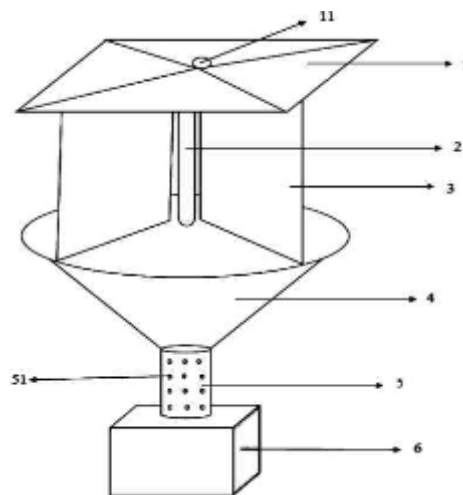
검토의견

- 본 특허는 농작물에 피해를 주는 나방류를 포집하는 장치로서, LED가 적용된 부분은 일부 유사하나, 작물별 특정 해충 기피 및 천적의 유인/유지에 대한 LED를 포함하고 있지 않으므로 침해가 성립하지 않음.

공개번호	CN 105265406	분석결과	비침해
출원일/공개일	2015.11.13. / 2016.01.27.	출원인	Huazhong Agricultural University
법적상태	공개	패밀리 현황	-
발명의 명칭	Light trap type pest trapping device		
기술 요약			

【요약】 The invention relates to a light trap type pest trapping device used for trapping pests in the field, wherein pests are most sensitive to a light source within a specific wave band. The light trap type pest trapping device comprises an LED lamp tube, a plurality of pest baffle plates at the periphery of the LED lamp tube, a tunnel arranged below the pest baffle plates, a tube body in communication with the lower part of the tunnel, and a pest collecting unit in communication with the tube body. The tube body is provided with a plurality of escape holes. When a phototactic pest circles around the LED lamp tube, the pest collides with the pest baffle plates to fall into the tunnel. Beneficial insects can escape out of the device via the escape holes on the tube body, so that only pests remain in the pest collecting unit. The above light trap type pest trapping device is simple in structure, and low in manufacture and usage cost. By means of the device, pests are trapped, while the natural enemy is protected at the same time. Therefore, the biological diversity is ensured. Meanwhile, the pest predicting and forecasting function is realized. The device is high in practicality, environmentally friendly and pollution-free.

대표도면



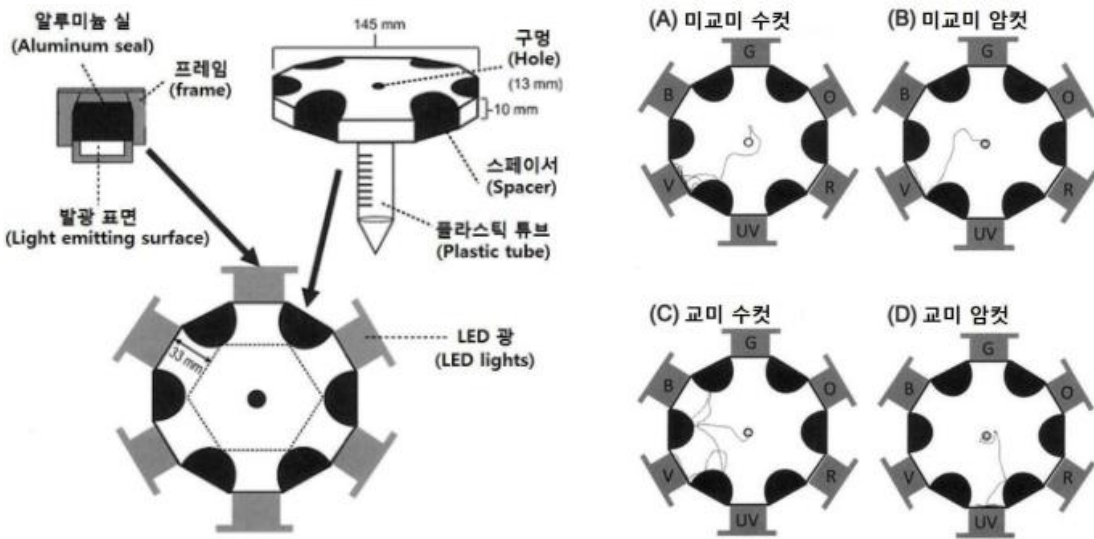
검토의견

- 본 특허는 양성 주광성인 일반 곤충을 채집하는 장치로서(생물상 조사를 위한 장치), 해충 방제를 위한 천적-LED 플랫폼화를 구축하는 본 연구의 결과물과 상이하므로 침해가 성립하지 않음.

공개번호	PCT 10-2018-0036743	분석결과	비침해
출원일/공개일	2016.06.10. / 2018.04.09.	출원인	고쿠리츠겐큐가이하츠호징 노우교, 쇼쿠히링 산교기쥬츠 소고겐큐기코
법적상태	공개	패밀리 현황	JPWO2017022333 US20190000061 WO2017022333
발명의 명칭	포식성 곤충의 유인 또는 정착 방법		

기술 요약	독립항 1
<p>【요약】 본 발명은, 효과적으로 포식성 곤충을 유인 또는 정착시키는 기술을 제공하는 것 및 포식성 곤충이 포식 가능한 해충을 효과적으로 제거하는 수단을 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명은, 자색광을 조사하는 공정을 포함하는, 포식성 곤충의 유인 또는 정착 방법을 제공한다. 본 발명은 또, 당해 방법을 사용한 해충의 제거 방법을 제공한다. 또한 본 발명은, 자색광의 조사 수단을 구비한 포식성 곤충의 유인용 또는 정착용 장치 및 당해 수단을 구비한 해충의 제거용 장치를 제공한다.</p>	<p>자색광을 조사하는 공정을 포함하는 포식성 곤충의 유인 또는 정착 방법</p>

대표도면



검토의견

- 본 특허는 자색광을 조사하여 노린재류(*Orius* spp.)와 기생파리과(Tachinidae)를 유인 또는 정착시키는 기술을 통해 해충을 효과적으로 제거하는 기술로, 본 연구와 유사한 구현 원리를 포함하고 있으나, 본 연구에서는 자색광과 같은 광원(LED)을 특정 장치에 단순 설치하는 것이 아니라 작물별 시설 하우스 조명 시스템의 변경 및 조절을 통해 작물을 관리할 수 있는 표준화 모델을 구축하는 것으로 본 특허의 구성요소와 균등한 구성이라 볼 수 없으므로 균등론을 적용하여 권리 범위를 확장 해석할 여지가 없음

제2장 주요 시설작물의 해충 방제용 천적 품질관리 기술과 천적-LED 플랫폼 개발(함은혜, (주)오상킨섹트)

제1절 주요 천적 5종 이상에 대한 품질 표준화 방안 마련

1. 대표적인 연구 결과 요약

본 연구를 통하여 천적연구회 회원인 천적 연구자와 천적 생산자 14명의 전문가가 협력하여 주요 천적 24종에 대한 품질관리 항목(3개~6개 항목) 및 기준과 품질 검사방법을 제시하였으며(표 2-1), 『천적 품질관리 지침서』를 공동 발간하였다(발간등록번호: 11-1390802-001578-01, ISBN: 978-89-480-7174-7 93520).

표 2-1. 주요 천적 24종에 대한 대표적인 품질관리 항목 및 기준안 요약

No.	구분	종류	항목	품질기준안
1	포식성 천적	미끌애꽃노린재	성 비 번식력 포식력	≥ female 60% (n=40) ≥ 22 eggs/female/7 days (n=24) ≥ 97.9 spider mite/adult/day
2		참멋애꽃노린재	성 비 번식력 포식력	≥ female 44% (n=41) ≥ 26 eggs/female/7 days (n=24) ≥ 55.9 spider mite/adult/day
3		담배장님노린재	수 량 성 비 번식력	제품 상표에 표기된 총 마리수 이상 ≥ female 45% (n=100) ≥ 7 eggs/female/3 days (n=30)
4		어리줄풀잠자리	수 량 포식력 수 명	제품 상표에 표기된 총 마리수 이상 ≥ 50 aphid/adult/4 day (n=10) ≥ 80% 생존/3 days (n=30)
5		깍지무당벌레	성 비 번식력 수 명	≥ female 40% (n=100) ≥ 50 eggs/female/10 days (n=30) ≥ 80% 생존/30 days (n=30)
6		무당벌레	성 비 번식력 수 명	≥ female 40% (n=100) ≥ 50 eggs/female/5 days (n=30) ≥ 80% 생존/30 days (n=30)
7		꼬마남생이무당벌레	성 비 번식력 수 명	≥ female 40% (n=100) ≥ 50 eggs/female/10 days (n=30) ≥ 80% 생존/30 days (n=30)
8		베달리아무당벌레	성 비 번식력 수 명	≥ female 40% (n=100) ≥ 30 eggs/female/10 days (n=10) ≥ 80% 생존/30 days (n=10)
9		꼬마무당벌레	수 량 성 비 번식력	제품 상표에 표기된 총 마리수 이상 ≥ female 50% (n=10) ≥ 10 eggs/female/7 days (n=10)
10		진디혹파리	수 량 성 비 번식력	제품 상표에 표기된 총 마리수 이상 ≥ female 76% (n=100) ≥ 50 eggs/female/3 days (n=25)
11		나팔이리응애	성 비 번식력 수 명	≥ female 60% (n=100) ≥ 7 eggs/female/5 days (n=30) ≥ 80% 생존/5 days (n=30)

12		사막이리응애	수 량 성 비 번식력	제품 상표에 표기된 총 마리수 이상 ≥ female 60% (n=100) ≥ 7 eggs/female/5 days (n=30)
13		오이이리응애	수 량 성 비 번식력	제품 상표에 표기된 총 마리수 이상 ≥ female 50% (n=100) ≥ 7 eggs/female/7 days (n=30)
14		칠레이리응애	성 비 번식력 수 명	≥ female 70% (n=100) ≥ 10 eggs/female/5 days (n=30) ≥ 80% 생존/5 days (n=30)
15		지중해이리응애	성 비 번식력 수 명	≥ female 50% (n=100) ≥ 7 eggs/female/7 days (n=30) ≥ 80% 생존/5 days (n=30)
16		총채가시응애	수 량 성 비 번식력	제품 상표에 표기된 총 마리수 이상 ≥ female 50% (n=100) ≥ 7 eggs/female/7 days (n=30)
17		뿌리이리응애	수 량 성 비 번식력	제품 상표에 표기된 총 마리수 이상 ≥ female 50% (n=100) ≥ 7 eggs/female/7 days (n=30)
18	기생성 천적	온실가루이좀벌	수 량 성 비 번식력	제품 상표에 표기된 총 마리수 이상 ≥ female 98% (n=500) ≥ 7 eggs/female/1 days (n=30)
19		황온좀벌	수 량 성 비 번식력	제품 상표에 표기된 총 마리수 이상 ≥ female 45% (n=500) ≥ 45 eggs/female/3 days (n=30)
20		굴파리좀벌	수 량 성 비 번식력	제품 상표에 표기된 총 마리수 이상 ≥ female 45% (n=100) ≥ 산란하는 암컷 70%/7 days (n=30)
21		앞굴파리고치벌	사망률 성 비 번식력	≤ 5% (n=500) ≥ female 45% (n=100) ≥ 45 eggs/female/3 days (n=15)
22		콜레마니진디벌	우화율 성 비 번식력	≥ 45 % (n=1,500) ≥ female 45% (n=150) ≥ 60 eggs/female/1 days (n=30)
23		어비진디벌	우화율 성 비 번식력	≥ 75 % (n=750) ≥ female 45% (n=150) ≥ 35 eggs/female/2 hours (n=30)
24	병원성 천적	곤충병원성전충	수 량 활 성 병원성	제품 용기에 표기된 보증량의 80% 이상 ≥ 활성상태가 보통 이상이 80% (n=3명) ≥ 꿀벌부채명나방에 대한 병원성 60% (n=3명)

2. 연구목표

천적의 품질 저하는 주로 사육 기술이 미흡하거나 근친교배에 의한 누대 사육, 대량 생산된 천적의 장기 저온저장에 의해 천적의 생물학적 능력이 변화해 발생한다(Kim et al., 2009; Seo et al., 2019). 이러한 품질 저하는 현장에서 해충 방제 효과에 직결되어 천적 제품의 품질관리 중요성은 더욱 대두되고 있다. 국내에서는 천적 제품의 품질 표준화를 위한 자료가 없어 제품에 대한 신뢰성 문제가 끊임없이 논란이 되고 있고, 천적 산업의 실패 요인 중의 하나로 제기되고 있다(Seo et al., 2019). 이에 본 연구팀은 천적연구회와 협력하여 국내 실정에 맞는 천적 품질 유지와 관리를 위한 지침서를 발간하여 현장에서 천적 곤충의 해충 방제 효과 증대 및 한국형 천적 적용기법을 확대 보급하고자 본 연구를 수행하였다.

○ 먹이 곤충(줄알락명나방) 및 천적 곤충 생산

- 먹이 곤충: 줄알락명나방은 시중에 판매되는 것을 사용하거나 직접 생산

<천적 곤충사육>

- 환경조건: 온도 25 ± 1 °C, 상대습도 60 ~ 75 %, 광주기 16L : 8D
- 채란: 환기구가 있는 10 l원형 사육 용기에 메밀껍질을 약 600 ml 넣고 → 코르크(20 × 30 × 0.3 cm) 20개 공급 → 성충 2,000마리(암:수 = 1 : 1)를 2일 접종 → 2일 후, 핀셋으로 코르크 수거 → 상기의 방법을 반복하면서 지속적으로 채란 → 사육용기의 성충은 2주 간격으로 추가해 2,000마리를 유지 → 기존 비용 대비 **98% 이상 비용 절감 효과 및 공정 간소화**
- 채란 받은 코르크는 5 l원형 사육용기에 5개씩 4통에 나누어 담고 2 ~ 3주 간 격일로 먹이 (나방 알 0.5 g + 건조 화분 0.1 g)를 공급하며 약충 기간동안(약 20일) 사육
 - ※ 사육용기에 동종포식을 최소화하기 위해 메밀껍질 1,000 ml 투입
 - ※ 코르크는 부화율을 높이기 위해 오아시스에 물을 적셔 공급
- 수확 시, 부재료와 성충을 분리하기 위해 채반의 규격은 2 mm인 것을 사용.

○ 천적 저장

- 환경 조건: 온도 5 ± 2 °C, 상대습도 70 ± 5 %, 광조건 24시간 밤조건
- 보관 용기: 윗면에 환기를 위한 직경 40 mm 망이 부착된 용기(90 D, 50 H mm)
- 저장: 용기에 생산일자별로 담아 아이스박스에 넣어 저장. 생산량에 따라 주별/일자별로 관리를 하며 아이스박스 내부에는 과습 방지 필수

○ 품질관리

IOBC Working group 「Arthropod Mass Rearing and Quality Control; AMRQC」에서 제안한 품질 관리 조건을 참고하여 주기적인 관리 필수

- 환경조건: 온도 25 ± 1 °C 습도 70 ± 5 % 광주기 16L : 8D
- 개체수: 포장용기에 부착된 라벨에 명시되어 있는 것보다 많거나 같아야 함
- 성비: 매 분기마다 100개체 이상의 성충의 성비를 확인해서 45% 이상이 암컷이어야 함
- 산란능력: 연 1회 이상 암컷성충 30개체 조사. 한 마리는 14일 동안 30개 이상 산란

○ 사육도구 및 단위당 생산성 기준

- 약충 사육용기: 5 l원형 사육용기를 사용하고 측면에는 환기를 위한 망 부착
- 채란 사육용기 : 10 l원형 사육용기를 사용하고 성충 2,000마리를 접종해서 2주간 약 8 ~ 9회 채란 받을 수 있으며, 암컷 산란율이 80%이고 1일 평균 15 ~ 20개 산란한다고 가정했을 때 채란용기 당 12,000 ~ 16,000마리 이상 수확 가능
- 사육 선반(120 × 44 × 210 cm): 각 단계별 사육용기가 적재될 수 있는 선반 제작 사용(3단

선반). 36 ~ 40 W 형광등이나 비슷한 규격의 LED 설치. 선반 하나에 18개의 채란 사육용기 적재하여 천적 제품 약 308병 이상(병당 700마리 포장했을 경우) 수확 가능

○ 주의사항 및 포장관리

- 애꽃노린재류는 온도와 먹이 등에 의해서 발육에 많은 영향을 받으므로 사육 시, 적절한 온습도 조절 및 먹이 공급이 필수임
- 제품 용기당 정량을 포장하기 위해 천적의 활동을 저하시키는 10℃ 내외에서 포장.
- 배송 중 충격 완화 및 방사를 용이하게 하기 위해 부재료(메밀껍질)를 첨가해 포장.
- 천적 제품 겉면에 제품의 사용방법, 주의사항 등을 확인할 수 있도록 특이사항을 적어야 함



그림 2-2. 사용 방법이 기재된 참멋애꽃노린재 스티커

마) 단위 생산성

본 연구에서는 대량생산을 효율적으로 하기 위해 코르크를 사용하여 사육 선반당 참멋애꽃노린재를 생산할 수 있는 수량을 분석하였다.

나. 느타나무꽃노린재의 품질 표준화 방안 구축

작물의 병해충 발생은 환경의 여러 가지 요인으로 발생하며 기후의 급격한 변화는 해충류의 발생빈도 증가를 야기하여 궁극적으로 안정적인 식량 공급의 위협요인이 된다(Koh et al., 2018). 해충 중 진딧물은 분포범위가 매우 넓어 전 세계 4,000여 종, 한국에는 300여 종이 알려져 있으며, 대부분 식물에 기생하여 흡즙하며 심각한 물리·경제적인 피해를 야기시키는 문제 해충이다(Cevik and King 2002; Koh et al., 2018). 이에 본 연구에서는 진딧물 천적으로 느타나무꽃노린재 (*Anthocoris japonicus*)의 품질을 안정적으로 유지하는 방안을 구축하였다(이와 임, 2020).

가) 느타나무꽃노린재의 대량사육시스템 개발 및 품질관리체계도 구축

○ 채란식물 재배

- 채란식물: *Portulaca* sp.
- 환경조건: 온도 25 ± 3℃, 상대습도 60%, 광주기 16L : 8D

- 꺾꽂이 준비: 건전한 기주식물을 선별하여 10 ~ 15 cm 길이로 잘라 꺾꽂이 준비
- 재배상자(34 × 49 × 7 cm)에 상토 40%(아래)와 코코화이버 40%(위)를 채우고 준비된 식물을 약 5 cm 간격으로 꺾꽂이 → **단가 절감효과**
- 외부에서 병해충이 유입되지 않도록 망케이지에 넣어 재배
- 건전한 발육을 위하여 주 1회 복합비료 관주
- 수확: 4 ~ 5 주간 재배한 식물의 줄기가 10 ~ 15 cm 이상 증식하면 수확

○ 먹이곤충 증식

- 기주식물: 보리(*Hordeum vulgare*)
- 환경조건: 온도 25 ± 2℃, 상대습도 60 ~ 75%, 광주기 16L : 8D
- 식물 재배: 재배상자(34 × 49 × 7 cm)에 상토 40%(아래)와 코코화이버 40%(위)를 채우고 보리종자를 10 mm 간격으로 약 200 ~ 250립씩 파종 후 철망(44 × 18 cm) 2개를 덮어 충분히 물 공급 → 코코화이버 사용해 **단가 절감**
- 초기 발아유도는 25℃에서 준비하고, 먹이 공급이 안정적으로 충분히 이루어지면 그 후부터 5℃에서 천천히 발아유도
- 25℃ 기준 약 4일 / 5℃ 기준 약 2주 후 보리가 발아하면 먹이곤충인 기장테두리진딧물 (*Rhopalosiphum padi*)이 약 30여 마리 접종된 보리 15 ~ 20주를 접종해 망케이지에 보관. 진딧물은 기주식물 한 주당 약 1 ~ 2 마리가 접종되도록 해야 함 → 기존시스템의 경우 25℃에서 보리를 증식시켜 저온성식물인 보리의 도복위험이 있었으나, 본 시스템 적용 후 **도복을 0%로 품질이 향상되었음**
- 접종 2일째 접종한 보리에서 진딧물이 모두 새 잎으로 이동했으면 접종한 보리는 철망을 들어 올려 제거하고, 진딧물 밀도조사 실시 → 철망이용 시, 흠날림 없이 진딧물만 수확할 수 있어 기존시스템 대비 **공정이 간소화되었으며 먹이곤충 수확이 용이해**
- 밀도조사: 재배상자 상·중·하부분의 보리를 무작위로 3주씩 총 9주 선택하여 계수 후 면적당 진딧물 수량 계산
- 조사결과 주당 진딧물이 100 ~ 120마리 정도가 되면 보리 수확해 느티나무꽃노린재 먹이로 사용하거나 계대유지용으로 재사용

○ 천적곤충 생산

- 환경조건: 25 ± 1℃, 상대습도 60 ~ 75%, 광주기 16L : 8D
- 천적 채란: 5ℓ 사육용기에 성충 30쌍 접종 후 2일 간격으로 채란식물인 *Portulaca* sp. 줄기 4개(약 13 ~ 15 cm) 교체 공급
- 약충 증식: 3ℓ 사육용기에 알 50개 접종 → 약 18일 후 성충 수확
 - ※ 건전한 증식을 위해 먹이 진딧물 충분히 공급(1일 포식수: 진딧물 성충 5마리/ 약충 25마리)

○ 천적 저장

- 환경 조건: 온도 10℃, 상대습도 60 ~ 70%, 광주조건 24D
- 보관 용기: 윗면에 직경 40 mm의 환기망이 부착된 용기(직경 90 mm, 높이 50 mm)
- 저장: 수확한 성충 100여 마리를 용기에 생산일자별로 담아 아이스박스에 넣어 저장. 생산량에 따라 주별/일자별로 별도 관리(과습 방지 필수)
- 먹이공급: 10% 설탕물을 거름종이에 적셔 공급

○ 주의사항

- 느티나무꽃노린재의 경우 포식능력이 뛰어나므로 먹이 진딧물 사육실과의 거리를 멀리 떨어져 오염에 대한 안정성 확보
- 천적 제품 겉면에 제품의 사용방법, 주의사항 등을 확인할 수 있도록 특이사항을 적어야 함



그림 2-3. 사용 방법이 기재된 느티나무꽃노린재 스티커

나) 단위 생산성

본 연구에서는 진딧물 방제인자로서 포식능력이 뛰어난 느티나무꽃노린재를 사육선반 당 생산할 수 있는 제품 수량을 분석하였다.

다. 콜레마니진디벌의 품질 표준화 방안 구축

기생성 천적은 대량확보를 위해 저온에서 저장하는데, 성충이나 약충태로도 저온가능하지만, 주로 알 또는 번데기나 고치 형태로 저장하여 이용하고 있다(Seo et al., 2019). 이 중에서도 가장 많이 이용되고 있는 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*)은 기주내에서 성장이 가능한 단독 내부기생자로 오이, 고추, 파프리카, 호프, 및 수박 등에서 복숭아혹진딧물이나 목화진딧물에 대한 밀도억제 효과가 높은 것으로 보고되어 있다(Jacobson and Croft, 1998; Kim and Kim, 2003; Solarska, 2004; Choi et al., 2009; Moon et al., 2011; Kim et al., 2012). 뿐만 아니라 방사 후 즉시 분산하여 하루 동안 방사지점으로부터 16 m까지 이동하는 것으로 알려져 있어(Langhof et al., 2005), 넓은 시설재

배지 내 진딧물 방제효과에 효과적으로 이용가능하다(Colinet et al., 2006; Seo et al., 2019). 이에 본 연구에서는 진딧물 방제인자로서 이동능력이 뛰어난 콜레마니진디벌의 대량확보를 위해 IOBC에서 제시한 품질기준을 바탕으로 대량사육시스템을 개발하였으며, 품질관리체계를 구축하였다.

가) 콜레마니진디벌의 대량사육시스템 개발 및 품질관리체계도 구축

○ 먹이곤충(진딧물) 및 천적곤충 생산

- 먹이곤충: 진딧물은 시중에 판매되는 것을 구입하여 사용하거나 직접 생산

○ 먹이곤충 생산

- 기주식물: 보리(*Hordeum vulgare*)
- 환경조건: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 60 ~ 80%, 광주기 16L : 8D
- 식물 재배: 느티나무꽃노린재 먹이곤충 증식 참고
- 보리 발아 후, 망케이지에 먹이곤충 유지용으로 사육한 기장테두리진딧물 약 30 ~ 50여 마리가 붙어있는 보리 15 ~ 20주를 잘라 접종. 진딧물은 기주식물 한 주당 약 10여 마리가 접종되도록 골고루 접종
- 접종 2일째 접종한 보리에서 진딧물이 모두 새 잎으로 이동했으면 접종한 보리는 철망을 들어 올려 제거
- 접종 3일째 진딧물 밀도조사 진행. 재배상자 상·중·하부분의 보리를 무작위로 3개씩 총 9개 선택하여 진딧물 수 확인 → 철망 이용 시, 노동력 없이 보리를 제거할 수 있어 기존시스템 대비 **공정이 간소화됨**
- 밀도조사 후 진딧물 수가 주당 약 100마리 정도 증식되면 천적 곤충 접종실로 이동
- 계대 유지를 위한 진딧물은 천적 생산을 위한 진딧물 대비 20% 수준으로 별도의 사육공간에서 유지하며, 접종 시 주당 약 2 ~ 3마리 접종

○ 천적곤충 생산

- 환경조건: 온도 $23 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 60 ~ 80%, 광주기 16L : 8D
- 곤충 접종: 진딧물 및 천적의 접종밀도는 천적의 암수비율이 1:1일 때 10:1 비율이 적당하며, 진디벌의 활력에 따라 접종 비율을 조절하여 접종
- 접종 9 ~ 10일 후 천적이 80% 정도 머미화가 되었을 때, 보리를 잘라 수확준비
- 수확: 철망이 부착된 거름망이나 고압분무기를 이용하여 기주식물에서 머미 분리. 수확한 머미는 계량스폰을 활용하여 수량파악 후 보관 용기에 보관 → 1 ~ 2일 내 우화
- (25°C 기준) 알부터 성충까지 약 10 여일 소요되며, 성충수명은 약 5일로 비교적 짧으므로 성충이 되기 전 제품화해야 유리함

○ 천적 저장

- 환경 조건: 온도 5 ~ 10 °C, 상대습도 60 ~ 70 %, 광조건 24시간 밤조건
- 보관 용기: 환기를 위해 윗면에 직경 40 mm 망이 부착된 용기(90 D, 50 H mm)
- 저장: 용기에 생산일자별로 담아 아이스박스에 넣어 저장. 생산량에 따라 주별/일자별로 관리를 하며 아이스박스 내부에는 과습 방지 필수

○ 품질관리

IOBC Working group 「Arthropod Mass Rearing and Quality Control; AMRQC」에서 제안한 품질관리 조건을 참고하여 주기적인 관리 필수

- 환경조건: 온도 22 ± 2°C 습도 75 ± 10 % 광주기 16L : 8D
- 개체수: 포장용기에 명시되어 있는 것보다 많거나 같아야 함
- 우화율: 매주 또는 생산할 때마다 500개체 이상의 번데기를 조사해 우화율이 45% 이상이어야 함.
- 성비: 매 분기마다 성충 150개체 이상 성비를 확인해서 45% 이상이 암컷이어야 함
- 산란능력: 최소 연 1회 이상 암컷성충 30개체 조사. 기주곤충을 목화진딧물로 조사했을 때 시험 첫째 날 진딧물 암컷 성충 한 마리가 60개 이상, 복숭아혹진딧물의 경우 35개 이상의 머미를 만들어야 함.

○ 포장 관리

- 제품 용기당 정량을 포장하기 위해 천적의 활동을 저하시키는 10°C 내외에서 포장.
- 배송 중 충격 완화 및 방사를 용이하게 하기 위해 부재료(메밀껍질)를 첨가해 포장.
- 천적 제품 겉면에 제품의 사용방법, 주의사항 등을 확인할 수 있도록 특이사항을 적어야 함



그림 2-4. 사용방법이 기재된 콜레마니진딧물 스티커

나) 단위 생산성

본 연구에서는 진딧물 방제로서 이동능력이 뛰어난 콜레마니진딧물을 사육선반 당 생산할

수 있는 수량을 분석하였다.

라. 참멋애꽃노린재(포식성 천적) 서식처의 품질 표준화 방안 구축

총채벌레류는 알에서 성충까지의 발육 기간이 짧으며 채소, 과수 및 화훼류 등 220 여종 이상의 기주식물을 가해하는 광식성 해충이다(Yoon et al., 2020). 또한 각종 식물 바이러스병을 매개하여 2차 피해를 유발하므로 경제적 한계선인 꽃 당 성충이나 약충이 0.7 ~ 2.1마리로 낮은 밀도일 때부터 방제가 필요하다(Park et al., 2007; Yoon et al., 2020). 현재 국내외에서 총채벌레류를 방제하기 위해 다양한 방법들이 이용되고 있으나, 우리나라의 경우 화학적 약제를 살포하여 방제하는 것이 일반적이다(Lee et al., 2017). 그러나 장기간의 화학적 방제와 무분별한 약제사용은 유기합성농약에 대한 저항성 발현 개체의 출현을 야기할 수 있으며, 농업현장에서는 해충의 약제 저항성 발달로 인한 약제 효력 저하에 대한 의구심 증대와 함께 해충 방제의 어려움을 호소하고 있는 실정이다(Choi et al., 2005). 이에 본 연구에서는 친환경 방제 기술인 천적의 서식처를 활용해 총채벌레의 방제 효과를 극대화를 시키고자 참멋애꽃노린재 서식처 품질 표준화 방안을 구축하고자 수행하였다.

가) 참멋애꽃노린재 서식처의 대량증식시스템 개발

참멋애꽃노린재류의 서식처로 선발한 *Portulaca* sp.는 오메가-3 및 항산화제가 풍부해 유럽, 아시아, 중동, 아프리카 및 호주의 여러 지역에서 식용하고 있으며 차도, 잔디밭 및 들판에서도 번식이 가능해 재배하는데 무척 용이하다(Simopoulos et al., 1992; Uddin et al., 2014; Nemzer et al., 2020). 본 연구에서는 농가에서도 쉽게 *Portulaca* sp.를 증식해 사용할 수 있도록 대량증식기법을 구축하였다(그림 2-5).



그림 2-5. *Portulaca* sp. 대형 bed 및 소형 포트 재배 모습

○ 온실 환경조건

- 측창과 차광막을 활용해서 15 ~ 35℃로 유지(야간온도 15℃ 이하로 내려가지 않도록 관리)

○ 천적 서식처 재배

- 서식처: *Portulaca* sp.
- 환경조건: 온도 $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 상대습도 60%, 광조건: 500 lux LED, 광주기 16L : 8D
- 건전한 *Portulaca* sp. 줄기를 선별하여 10 ~ 15 cm 정도의 길이로 잘라 꺾꽂이 준비
- 재배상자에 상토 40%(아래)와 코코화이버 40%(위)를 채우고 준비된 *Portulaca* sp.를 30 ~ 40 mm 간격으로 가식
- 꺾꽂이 후 약 10일 정도 경과하면 뿌리가 내리고 새 잎이 돋기 시작함
- *Portulaca* sp.의 건전한 발육을 위하여 주 1회 복합비료를 관주하며 도장하지 않도록 온도 및 관수량 일 1회 점검
- 수확: *Portulaca* sp.의 줄기가 10 ~ 15 cm 이상 자라면 수확(약 4 ~ 5주 소요)

○ 천적곤충 접종

- 환경조건: 온도 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 60 ~ 75%, 광주기 16L : 8D
- 채란: 환기구가 있는 아크릴케이지(110 × 40 × 60 cm) 위·아래에 탈부착식 채반 설치 → 위 쪽 채반에 채란식물 100줄기 공급 → 성충 6,000마리(암:수 = 1 : 1)를 2일 접종 → 아래 채반에 식물 100줄기 공급 → 케이지를 암막천으로 감싼 후, LED조명을 아래쪽에 ON → 양성 주광성인 애꽃노린재는 빛으로 유인됨 → 약 20분 후 애꽃노린재가 아래로 이동하면 상단에 있는 채반 분리 → 2일 후, LED 조명을 위쪽에 ON → 상기의 방법을 반복하면서 지속적으로 채란 → 케이지의 성충은 2주 간격으로 추가해 6,000마리를 유지시킴
- ※ 먹이: 명나방 알 1.2 g + 건조 화분 0.4 g 격일로 공급

○ 뱅커 제작

- 뱅커용기는 택배 상·하차 유통과정에서 화분의 내용물이 쏟아지지 않도록 제작해야 함
- 사각 뱅커 용기(외경: 11.5 × 11.5 × 10 cm; 내경: 10.5 × 10.5 × 10 cm)에 상토 20%(아래), 코코화이버 10%(위)를 깔고 고정 핀을 바닥에 고정시킨 후 채란 받은 *Portulaca* sp. 줄기 꺾꽂이
- 참멋애꽃노린재 알 500개와 약·성충 100마리가 들어있는 것을 제품으로 포장

○ 주의사항

- 재배 시, *Portulaca* sp.에 병이나 충이 생기지 않도록 측창과 출입구에 망을 부착하고 외부에서 병해충이 유입되지 않도록 주의
- 배지 소요량이 적은 소량의 개별 포트를 사용하였을 경우 양수분 공급을 정밀하게 관리하여 부족 현상이 발생하지 않도록 관리
- 포장상태에서 상온에 노출되어 2일 이상 경과할 경우 상품성이 크게 떨어지므로 2일 내에 제품 배송이 완료되어야 함

나) 단위 생산성

본 연구에서는 사육선반 당 생산할 수 있는 참멋애꽃노린재 서식처 수량을 분석하였다.

마. 콜레마니진디벌(기생성 천적) 서식처의 품질 표준화 방안 구축

유럽에서 천적활용은 1987년 화분매개곤충이 본격적으로 사용되기 시작하면서 보편화되어 정원 화훼/장미의 Bioprotection 기술 개발(Brownbridge et al., 2013), 열섬효과와 도심지내 해충발생의 상관관계(Meineke et al., 2013), 파프리카 재배온실에서 기장테두리진딧물, 콜레마니진디벌과 보리로 구성된 banker plant 적용 연구와 purple flash pepper를 포함한 7가지 식물을 애꽃노린재의 뱅커플랜트(Banker Plant)로 활용한 다양한 해충방제연구가 진행되고 있다(Prando and Frank, 2013; Waite et al., 2014; Ham, 2018). 최근 국내에서는 작물의 정식 초기에 해충 발생에 대한 사전정보 없이 해충의 밀도가 형성되기 전에 작물 정식과 동시에 천적을 미리 적용한 NEF 기술의 해충 방제효과가 연구된 바 있다(Ham, 2018; Ham et al., 2019; Ham et al., 2020). 이에 본 연구에서는 천적 활용의 주된 목적인 ‘환경보전가치’ 측면에 중점을 둔 식물-해충-천적-환경의 상호작용을 기반으로 하는 지속가능한 생태공학적 해충 방제모델로 활용될 수 있는 콜레마니진디벌 서식처의 품질 관리 방안을 구축하고자 수행하였다.

가) 콜레마니진디벌 서식처의 대량증식시스템 개발

진디벌류의 서식처로 알려진 뱅커플랜트는 천적이용기술을 실용화할 수 있는 방법 중 하나로 작물 정식 후 대상해충이 발생하기 전에 천적과 먹이를 보유하고 있는 천적유지식물을 포장에 주작물과 함께 재배해 해충발생 이전에 천적의 개체 수를 꾸준히 증가시켜주며 천적의 먹이 공급처 또는 피신처로 활용함으로써 농가에서 간편하게 이용할 수 있는 천적활용법이다(RDA, 2013).

○ 온실 환경조건

- 측창과 차광막을 활용해서 15 ~ 30℃로 유지(야간온도 15℃ 이하로 내려가지 않도록 관리)

○ 천적 서식처 재배

- 서식처: 보리

- 환경조건: 온도 25 ± 2℃, 상대습도 60 ~ 75%, 광주기 16L : 8D

- 사각 뱅커 용기(외경: 11.5 × 11.5 × 10 cm; 내경: 10.5 × 10.5 × 10 cm)에 상토 20%(아래), 코코화이버 10%(위)를 깔고 고정 핀을 바닥에 고정시킨 후 10 mm 간격으로 보리종자 약 50 ~ 60립 파종 후 철망(5 × 5 cm)을 덮어 충분히 물 공급 → 코코화이버 사용해 단가 절감

- 초기 발아유도는 25℃에서 준비하고, 먹이 공급이 안정적으로 충분히 이루어지면 그 후부터 5℃에서 천천히 발아유도 → 기존시스템의 경우 25℃에서 보리를 증식시켜 저온성식물

인 보리의 도복위험이 있었으나, 본 시스템 적용 후 **도복을 100% 감소**

- 25℃ 기준 약 4일 / 5℃ 기준 약 2주 후 보리가 발아하면 먹이곤충인 기장테두리진딧물이 주당 70 ~ 100여 마리 접종된 보리 3주를 접종해 망케이지에 보관. 진딧물은 기주식물 한 주당 약 5 ~ 10 마리가 접종되도록 해야 함
- 접종 2일째 접종한 보리 앞에서 진딧물이 모두 새 보리로 이동했으면 접종한 보리는 철망을 들어 올려 제거하고, 진딧물 밀도조사 실시 → 철망 이용하여 기존시스템 대비 **공정이 간소화됨**
- 접종 4일째 사각 뱅커 용기 상·중·하부분의 보리를 무작위로 3주씩 총 9주 선택하여 계수 후 면적당 진딧물 수량 계산. 밀도조사 결과, 보리 한 주당 진딧물 약 30 ~ 35여 마리가 되면 천적 접종실로 이동하거나 계대유지용으로 사용
- 접종 후 보리가 웃자라거나 시들한 것은 폐기

○ 천적곤충 접종

- 접종천적: 콜레마니진디벌
- 환경조건: 온도 $23 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 60 ~ 80%, 광주기 16L : 8D
- 접종방법: 진딧물 및 천적의 접종밀도는 천적의 암수비율이 1:1일 때 10:1 비율이 적당하며 (천적 약 5 마리), 진디벌의 활력에 따라 접종 비율을 조절하여 접종

○ 제품 포장

- 천적 접종 7 ~ 8일 후 20% 정도 머미화가 되면 제품 포장 준비
- 고정핀에 상토와 코코화이버가 고정되었나 확인
- 진딧물 1,000마리와 콜레마니진디벌 머미 100개 이상이 포함된 것을 제품으로 포장

○ 주의사항

- 재배 시, 보리에 병이나 충이 생기지 않도록 측창과 출입구에 망을 부착하고 외부에서 병해충이 유입되지 않도록 주의
- 진디벌 방사 시, 진딧물 밀도가 낮은 경우 약 2일 정도 추가 증식 후 방사하는 것이 좋음
- 중복기생자에 오염되지 않도록 관리에 유의해야 함. 중복기생자의 오염 여부는 머미 출구 구멍의 가장자리가 들쭉날쭉 고르지 않은 경우 오염이 되었음을 의심해야 함.
- 포장상태에서 상온에 노출되어 2일 이상 경과할 경우 상품성이 크게 떨어지므로 2일 내에 제품 배송이 완료되어야 함
- 운송 시, 충격이 가해질 수 있으므로 상토 하단면 고정에 유의해야 함

참고: Biobest Canada Ltd., 2020. Aphid Banker Plant System for Greenhouse IPM, Step by Step.

나) 단위 생산성

본 연구에서는 사육선반 당 생산할 수 있는 콜레마니진디벌 서식처 수량을 분석하였다.

바. 결합형 서식처의 품질 표준화 방안 구축

본 연구기관에서 개발한 결합형 서식처는 2020년 제3회 신기술인증(기술명: 원예작물 5대 해충* 방제를 위한 천적과 보존식물 결합형 스마트-Pack 개발기술) 기술로 대상 해충별 천적과 서식처 조합의 현장적용 최적화 모델을 제공하는 기술이다. 해당 제품의 주요개념은 ‘Natural Enemy in First(NEF)’로 해충 발생시기에 예찰 없이 주 작물을 정식함과 동시에 천적과 서식처를 함께 적용해서 해충 발생 이전에 천적을 포장에 먼저 정착시키는 생물적 방제기법이다(Oh et al., 2017; Ham, 2018; Ham et al., 2019). 본 제품은 5대 해충 방제를 위한 기생성/광식성 천적과 이들의 성공적인 정착을 위해 서식처를 결합한 것으로, 본 연구에서는 이를 안정적으로 대량생산하여 품질 표준화시킬 수 있는 방안을 구축하였다.

*5대 해충: 진딧물류, 응애류, 총채벌레류, 가루이류, 굴파리류

가) 결합형 서식처의 대량증식시스템 개발

○ 온실 환경조건

- 측창과 차광막을 활용해서 15 ~ 35℃로 유지(야간온도 15℃ 이하로 내려가지 않도록 관리)

○ 천적 서식처 재배

<서식처: *Portulaca* sp.>

- 환경조건: 온도 25 ± 2 °C, 상대습도 60%, 광조건: 500 lux LED, 광주기 16L : 8D

- 재배방법에 관한 내용은 표 2-8. 참멋애꽃노린재 서식처 품질표준화를 위한 관리방법 참고

<서식처: 보리>

- 환경조건: 온도 25 ± 2℃, 상대습도 60 ~ 75%, 광주기 16L : 8D

- 원형 뱅커 용기(제 2유닛: ø 17.5; 20 H cm) 하단에 상토 약 3 cm 깔고 10 mm 간격으로 보리 종자 약 100 ~ 120 립 파종 → 토양유실 방지망을 덮어 고정시킨 후 물 충분히 공급 → 토양유실 방지망 사용해 배송 시, 물리적 충격 최소화

- 보리증식에 관한 내용은 표 3-7. 콜레마니진디벌 서식처 품질표준화를 위한 관리방법 참고

○ 천적곤충 접종

- 제 1천적곤충: 참멋애꽃노린재

- 환경조건: 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 60 ~ 75%, 광주기 16L : 8D
- 채란 및 천적 접종 방법에 관한 내용은 표 2-8. 참멋애꽃노린재 서식처 품질표준화를 위한 관리방법 참고
- 제 2천적곤충: 콜레마니진디벌
- 환경조건: 온도 $23 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 60 ~ 80%, 광주기 16L : 8D
- 천적 접종: 진딧물 및 천적의 접종밀도는 천적의 암수비율이 1:1일 때 10:1 비율이 적당하며 (천적 약 10여 마리), 진디벌의 활력에 따라 접종 비율을 조절하여 접종
- 천적 접종 7 ~ 8일 후 20% 정도 머미화가 되면 제품 포장 준비

○ 제품 포장

- 제 2유닛인 원형 뱅커 용기(ϕ 17.5; 20 H cm) 내 기생성 천적이 20% 정도 머미화가 되면 상단에 제 1유닛을 고정시켜 채란 받은 *Portulaca* sp. 줄기(참멋애꽃노린재 알 500개) 및 참멋애꽃노린재 성충 100여 마리 포장

○ 주의사항

- 재배 시, *Portulaca* sp. 및 보리에 병이나 충이 생기지 않도록 측창과 출입구에 망을 부착하고 외부에서 병해충이 유입되지 않도록 주의
- 제 1유닛과 제 2유닛이 배송 중 물리적 충격으로 인해 파손되지 않도록 고정에 유의
- 포장상태에서 상온에 장시간 노출될 경우 상품성이 크게 떨어지므로 2일 내에 제품 배송이 완료되어야 함

나) 단위 생산성

본 연구에서는 사육선반 당 생산할 수 있는 결합형 서식처 수량을 분석하였다.

사. 기존 천적 품질관리 지침서 분석 및 신규 지침서 발간

국내에서 활용되고 있는 천적 제품에 대한 종합 지침서 기본틀을 마련하기 위하여 IOBC에서 2002년(18종)과 2003년(30종)에 발간한 책자와 2017년 전라북도농업기술원에서 발간한 25종의 천적에 대한 품질관리 지침서를 분석하였다. 또한, 천적연구회와 협력하여 국내에서 활용되고 있는 주요 천적 제품 24종에 대한 품질관리 기준 및 방법을 제시하고자 한다.

4. 연구 결과

가. 참멋애꽃노린재의 품질 표준화 방안 구축

가) 최적의 산란온도 규명

본 연구기관에서는 선행연구를 통해 참멋애꽃노린재의 최적의 증식온도를 규명한 결과 25°C에서 효율적으로 증식이 가능함을 확인하였다(이와 임, 2020). Ding et al. (2016)도 25°C에서 참멋애꽃노린재의 발육 및 산란율이 가장 높았다고 보고한 바 있으며, 애꽃노린재류에 속하는 미끌애꽃노린재의 최적의 발육온도는 26°C(Alauzet et al., 1994), *Orius similis*의 경우 실내 적정 사육온도 28 ~ 31°C, 실외 적정 방사온도 30 ~ 35°C 라고 보고된 바 있어(Zhou and Zhu, 2006) 애꽃노린재류 사육 시에는 종별 적정사육 온도를 확인하여 조절하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

IOBC (2002)에 의하면 애꽃노린재류는 암컷비율이 45% 이상이면서, 30쌍을 14일 간 조사했을 때 암컷 한 마리가 30개 이상을 산란하면 좋은 품질의 천적이라고 보고한 바 있는데, 본 실험에서는 25°C에서 암컷이 53% 이상이었으며, 암컷 한 마리가 14일 안에 90개의 알을 산란했으므로 고품질의 천적 제품화 가능성을 확인할 수 있었다(표 2-2). 30°C에서도 99개의 알을 산란해 품질관리 기준에는 충족했지만 전체 산란수가 25°C에 대비 55%에 불과해 25°C의 온도 조건에서 효율적인 증식이 가능함을 확인할 수 있었다. 또한 저온 조건인 15°C에서 성충의 수명은 길어졌지만, 총 산란수는 25°C 조건의 25%에 불과해, 15°C의 저온 조건보다 25°C에서 효율적인 증식이 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.

표 2-2. 참멋애꽃노린재의 온도별 산란 기간 및 수명

Temp.	Oviposition period (days)			Fecundity/♀ for 14days (Total)	Sex ratio (% of ♀)	Longevity (days)	
	Pre-Oviposition	Oviposition	Post-Oviposition			♂	♀
30°C	3.4 ± 0.1b	12.9 ± 4.0c	2.5 ± 1.1b	99.9 ± 20.8a (123.9 ± 25.3b)	49.0 ± 0.0a	5.2 ± 0.8c	16.5 ± 5.5b
25°C	4.8 ± 0.6b	28.9 ± 8.5bc	3.0 ± 0.8b	90.3 ± 12.6a (222.5 ± 27.3a)	53.1 ± 2.6a	19.6 ± 4.2b	22.1 ± 4.3b
20°C	10.8 ± 0.9a	40.5 ± 9.3ab	3.3 ± 0.7b	47.6 ± 13.1b (115.1 ± 29.9b)	54.0 ± 1.3a	46.4 ± 9.7a	53.8 ± 15.0b
15°C	12.1 ± 0.3a	53.8 ± 8.2a	16.1 ± 5.2a	23.1 ± 4.6b (65.0 ± 7.6b)	49.0 ± 0.0a	58.4 ± 4.2a	92.8 ± 23.1a

나) 먹이 공급량

대량증식 시, 참멋애꽃노린재의 먹이공급량을 확인하기 위해 줄알락명나방알을 먹이로 암컷과 수컷의 1일 포식량을 확인한 결과는 표 2-3과 같다. 모든 온도에서 수컷에 비해

암컷의 포식량이 2배 이상 많았다. 온도가 높아질수록 포식량은 증가하여 암컷은 30°C에서 12.5개로 15°C에 비해 3.8배(df = 3,8; F = 22.32; P = 0.0003), 수컷은 25°C와 30°C에서 각 5.6와 5.3개를 포식해 15°C에 비해 각 3.5배와 3.3배 높은 포식률을 확인할 수 있었다(df = 3,8; F = 12.87; P = 0.0020). Zhou and Zhu (2006)는 20 ~ 35°C에서 꽃노린재 성충을 대상으로 진딧물 포식능력을 검정한 결과, 35°C에서 가장 높은 포식능력을 보였으나 30°C와 통계적 유의차는 없었으며 본 연구결과와 동일하게 온도가 높아질수록 포식량이 늘어나는 것을 확인하였다.

표 2-3. 참멋애꽃노린재 성충의 온도별 1일 포식량

Temp.	N	♀ (± SD)	♂ (± SD)
30°C	15	12.5 ± 1.4 a	5.3 ± 1.3 a
25°C	15	8.5 ± 0.9 b	5.6 ± 0.9 a
20°C	16	6.0 ± 1.7 bc	1.7 ± 0.3 b
15°C	15	3.3 ± 0.6 c	1.6 ± 0.6 b

다) 채란 물체 선발

참멋애꽃노린재의 알이 발육하는 전 기간 동안 물에 적신 오아시스를 코르크에 부착한 처리구와 채란식물에서 부화한 참멋애꽃노린재 알은 그림 2-6과 같으며, 내부 습도를 높이기 위해 오아시스와 천적 제품 운송 시에 함께 포장되는 충전재를 혼합 처리한 곳에서는 72.8%의 높은 부화율을 확인하였다. 모든 충전재의 수분 함유량은 약 50%를 유지할 수 있는 조합으로 설정해 사육 용기 내부에 수분을 유지할 수 있도록 하였다. 그러나 수분유지재와 코르크 혼합처리구에서 34.7%의 낮은 부화율이 확인되어, 코르크 외부의 수분 함유량은 코르크 내부 알 부화율에 영향을 미치지 못하는 것을 확인할 수 있었다. 참멋애꽃노린재의 알이 산란되어 있는 코르크에 알 발육기간동안 물을 적신 오아시스를 지속적으로 부착했던 처리구에서는 채란식물과 유사한 높은 부화율을 확인할 수 있었다(df = 5,18; F = 211.60; P < 0.0001)(표 2-4). 또한 물을 적신 오아시스와 수분유지재가 혼합 처리되었던 처리구에서 오아시스만 부착한 처리구 보다 5.8% 높은 부화율이 확인되었으나, 통계적인 유의차는 없었다.

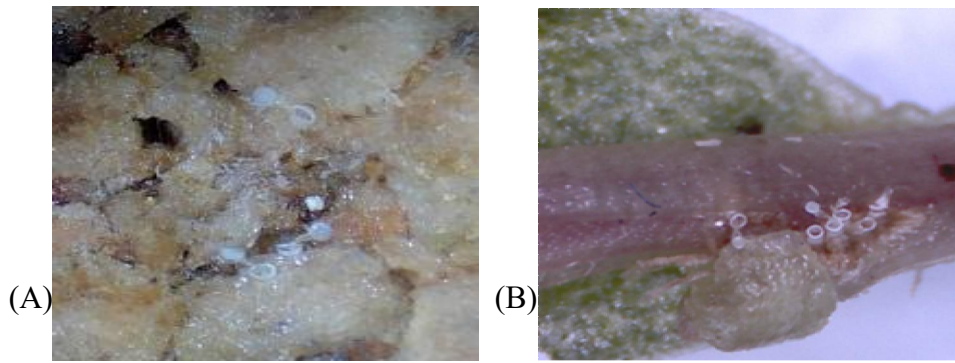


그림 2-6. 참멋애꽃노린재의 부화한 알(A: 코르크, B: 돌나물)

표 2-4. 5가지 처리구에 대한 참멋애꽃노린재의 부화율 비교

Oviposition substrate ¹⁾	n	Moisture source ²⁾	Egg hatch (%)
Cork	149	Oasis, vermiculite and buckwheat husk with water	72.8 ± 3.6 a
Cork	144	Vermiculite and buckwheat husk with water	34.7 ± 4.6 c
Cork	233	Oasis with water	68.8 ± 4.1 a
Cork	157	Oasis with water (only after egg-laying)	51.5 ± 4.1 b
Cork	213	-	0.0 ± 0.0 d
Plant	166	-	71.6 ± 0.9 a

¹⁾ Cork size: 5 × 0.5 cm




²⁾ Oasis size: 6 × 2 × 2 cm, volume of vermiculite, buckwheat husk and water: 100, 225, and 30 ml

라) 참멋애꽃노린재의 대량사육시스템 개발 및 품질관리체계도 구축

상기의 연구결과를 바탕으로 천적 사용 농가에서 자가 생산을 용이하게 할 수 있도록 실내 사육 체계를 구축하였으며, 제품의 품질 유지를 위해 총 3단계의 품질관리 체계를 구축하였다(표 2-5, 그림 2-7)

표 2-5. 참멋애꽃노린재의 품질표준화를 위한 관리방법

순서	누적일수	사육단계	관리방법	비고
1	1	먹이 준비	 줄알락명나방, 화랑곡나방 등 사용	영하 20°C 이하에 보관
2	1 ~ 3	천적 채란	 - 환기구 있는 10ℓ 용기에 천적 2,000마리 접종 - 20 × 30 × 0.3 cm 코르크 20개 공급	- 먹이: 나방알 1.2 g, 건조화분 0.4 g 제공(2 ~ 3회/주) - 기존 채란비용 대비 98%이상 비용 절감효과 - 기존 채란식물 대비 공정 간소화

3	4	채란 분리		핀셋으로 코르크 분리	사육용기 내 코르크 주 2~3회 교체 공급
4	4 ~ 24	천적 사육		환기구 있는 5ℓ 용기에 분리한 코르크 각 5개씩 접종 - 메밀껍질 공급(1,000 ml) → 동종포식 최소화	먹이: 나방알 0.5 g, 건조화분 0.1 g 제공 (2 ~ 3회/주)
5	25	천적 수확		채반으로 메밀껍질과 성충 분리 후 밀도 조사	계량스푼/계량컵 이용
6	26 ~	4 ~ 8번 반복		용기 당 천적 채란 8 ~ 9회 가능, 1회 분리 시 약충 사육 용기 4개 접종	사육용기 당 최소 3,000마리 수확가능

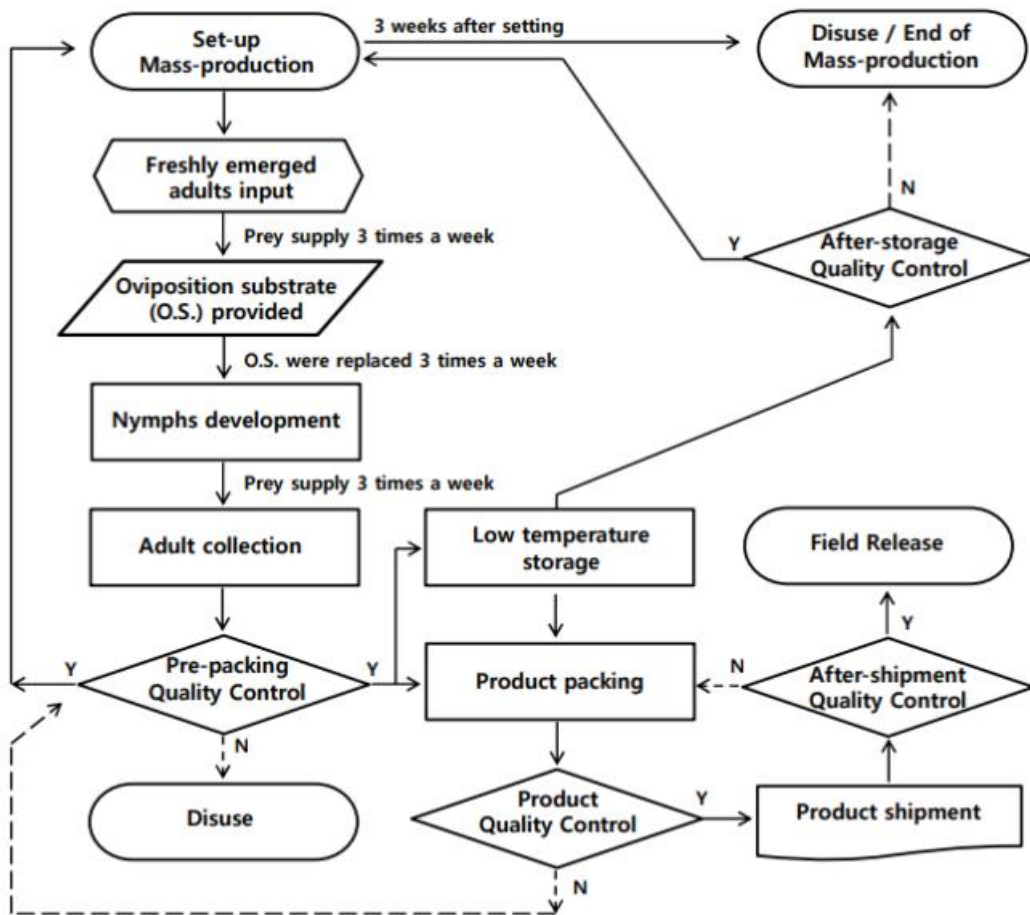


그림 2-7. 참뿔애꽃노린재 품질관리체계도

마) 단위 생산성

- 성충 사육용기(10 ℓ): 천적 2,000마리(암:수 = 1 : 1) 접종해 주 2 ~ 3회 간격으로 채란받으면 3주간 최대 9회 채란 가능.
- 암컷 산란율이 80%이고 1일 평균 20개 산란할 때, 용기 당 약 16,000마리 수확 가능. 채란







- 물체로는 코르크(20 × 30 × 0.3 cm) 20개 공급
- 주 3회 3주 간 채란했을 때, 사육용기 당 최대 144,000마리 수확 가능.
- 약충 사육용기(5 l): 먹이로 나방 알 0.5 g + 건조 화분 0.1 g 공급하며 약 20일 간 사육. 동종포식 최소화를 위해 메밀겉질 1,000 ml 공급
- 천적곤충 증식용 2,100 × 1,200 × 440 mm 3단 선반에 18개의 사육용기가 적재 가능하므로 사육선반 당 최대 411병(병당 700마리 포장했을 경우) 생산 가능
- 제품 생산 시, Q.C 불량인 제품은 계대유지용으로 사용

나. 느티나무꽃린재의 품질 표준화 방안 구축

가) 느티나무꽃노린재의 대량사육시스템 개발 및 품질관리체계도 구축

본 연구기관에서 선행 연구한 느티나무꽃노린재 생태특성을 토대로 대량증식기법와 품질관리체계도를 구축하였다(표 2-6, 그림 2-8)

표 2-6. 느티나무꽃노린재의 품질 표준화를 위한 관리방법

순서	누적 일수	사육단계	관리방법	비고
1	1	재료 준비	 <i>Portulaca</i> sp., 보리, 상토, 코코화이버, 케이지, 철망(44 × 18 cm), 재배상자(34 × 49 × 7 cm)	- 15 ~ 35°C로 유지 - 건전한 채란 및 기주식물 종자 선별
2	1 ~ 35	채란식물 재배	 - 채란식물 : <i>Portulaca</i> sp., - 상토(1):코코화이버(1) 비율로 배합 - 줄기 10 ~ 15 cm 이상 되면 수확	- 주 1회 복합비료 관주 - 단가 절감효과
3	15 ~ 29	기주식물 재배	 - 상토(1):코코화이버(1) 비율로 보리 파종 - 5°C에서 파종 및 발아 유도	- 기존 사육시스템 대비 도복율 100% 감소 - 단가 절감효과
4	29	진딧물 접종	 - 먹이: 기장테두리진딧물 - 주당 진딧물 약 30마리 붙어있는 보리 접종	한 주당 진딧물 1 ~ 2마리 있도록 접종
5	31	밀도조사 및 보리 수확	 철망 들어 올려 보리 제거 후 진딧물 밀도 조사	- 가위로 보리 수확 - 공정 간소화 - 먹이곤충 수확 용이
6	31	천적 접종	 3l 사육용기에 느티나무꽃노린재 알 50개 접종	적정온도: 25 ± 1°C

7	34	먹이 공급		천적 접종 3일 후 진딧물 100마리가 접종된 보리줄기 먹이로 공급	- 알기간: 3.6 ± 1.4 - 약충 ~ 성충이 될 때까지 진딧물 100여 마리 포식 가능
8	31 ~ 49	천적 증식		약충기간: 14.8 ± 0.5 소요	성충수명: 약 220 ± 6.9 일
9	50 ~	천적 수확 및 저장	 	- 70%이상 우화 시, 채반 이용해 수확 - 5ℓ용기에 30쌍 접종 - 2일 간격으로 채란식물 교체 공급	온도 10°C, 상대습도 60 ~ 70%, 광조건 24D
10	51 ~	3 ~ 5번 반복		성충은 7개월 이상 채란 가능	용기 당 약 40마리 성충 수확 가능

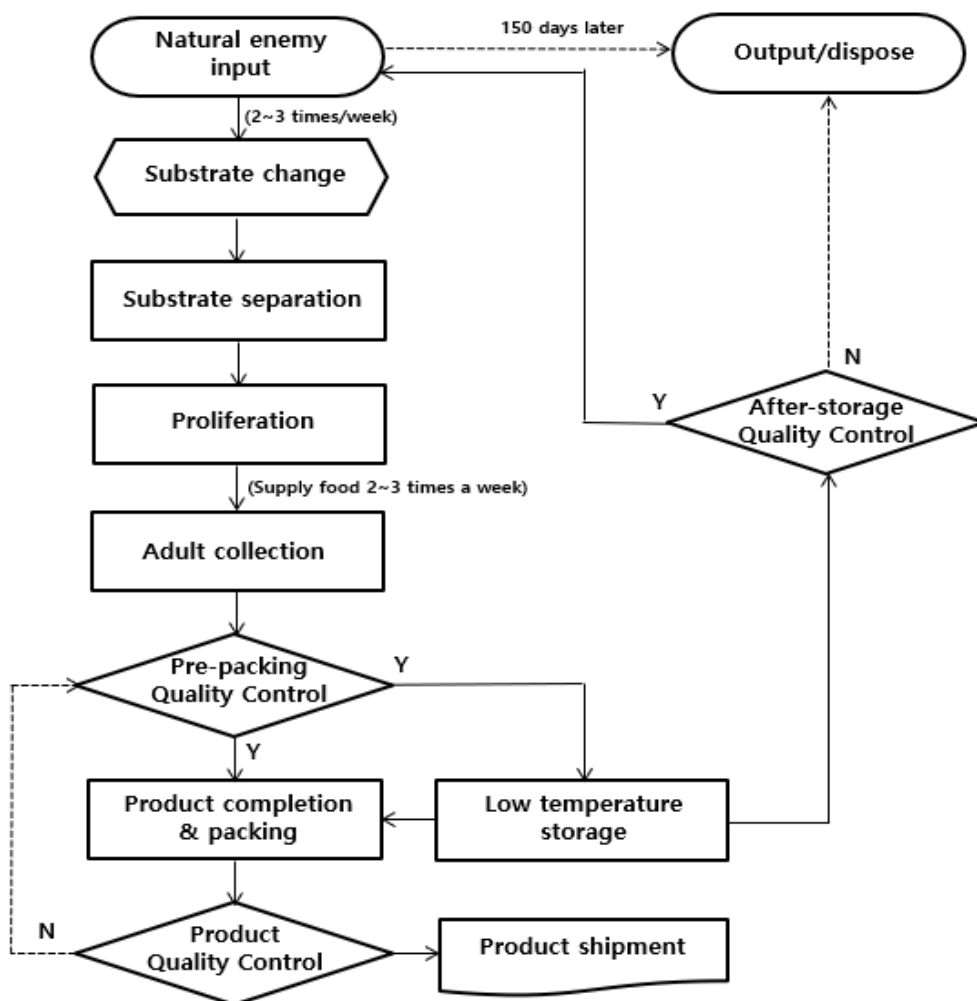


그림 2-8. 느티나무꽃노린재 품질관리체계도

나) 단위 생산성






- 발아율이 80% 이상일 때 보리 종자 200 ~ 250립 파종하면 160 ~ 200주의 보리가 발아함
- 먹이곤충 증식용 2,100 × 1,200 × 440mm 3단 선반에 9개의 재배상자(34 × 49 × 7 cm)를 적재할 수 있음.
- 보리 한 주당 진딧물 100여 마리가 접종되었다고 가정하였을 때, 최소 16,000 ~ 20,000마리, 평균 18,000마리 존재
- 천적곤충 사육용기: 5ℓ 사육용기에 성충 30쌍 접종해 2 ~ 3일 간격으로 채란받으면 3주 후 약 최대 450마리 생산 가능. 먹이곤충은 2 ~ 3일 간격으로 3,000 ~ 4,000마리 공급
- 천적곤충 증식용 2,100 × 1,200 × 440mm 3단 선반에 18개의 사육용기가 적재 가능하므로 사육 선반 당 최대 16병(500마리/병) 생산 가능
- 제품 생산 시, Q.C 불량인 제품은 천적 접종실로 이동하거나 계대유지용으로 사용

다. 콜레마니진디벌의 품질 표준화 방안 구축

가) 콜레마니진디벌의 대량사육시스템 개발 및 품질관리체계도 구축

콜레마니진디벌의 생태특성을 토대로 대량증식기법과 품질관리체계도를 구축하였다(표 2-7, 그림 2-9).

표 2-7. 콜레마니진디벌의 품질표준화를 위한 관리방법

순서	누적 일수	사육단계	관리방법	비고
1	1	재료 준비 	보리, 상토, 코코화이버, 케이지, 철망(44 × 18 cm), 재배상자(34 × 49 × 7 cm)	- 15 ~ 35°C로 유지 - 건전한 보리 종자 선별
2	1 ~ 14	기주식물 재배 	- 상토(1):코코화이버(1) 비율로 보리 파종 - 5°C에서 파종 및 발아 유도	- 기존 사육시스템 대비 도복율 100% 감소 - 단가 절감효과
3	14	진딧물 접종 	주당 기장테두리진딧물 약 30 ~ 50여 마리 붙어있는 보리 15 ~ 20주 접종	한 주당 진딧물 약 10여 마리 있도록 접종
4	14 ~ 17	먹이곤충 증식 	- 보리 제거 후 진딧물 밀도 조사 - 주당 100마리 증식 후 천적 접종실로 이동	- 적정온도: 23 ± 2°C - 공정 간소화 - 기주식물 생산 용이
5	17	천적 접종 	진딧물 및 천적 접종 밀도는 10:1 비율이 적당	토양 건조하게 유지
6	17	천적	80% 정도 머미화가 되었을	적정온도: 23 ± 2°C

	~ 27	사육		때 수확	
7	27 ~ 28	천적 수확		채반으로 메밀껍질과 머미 분리 후 밀도 조사	계량스푼/계량컵 이용
8	28 ~	제품 생산		머미 수량파악 후 제품용기에 보관	- 사육용기 당 약 1,000개 머미 수확 - 수확한 머미는 1 ~ 2일 내 우화

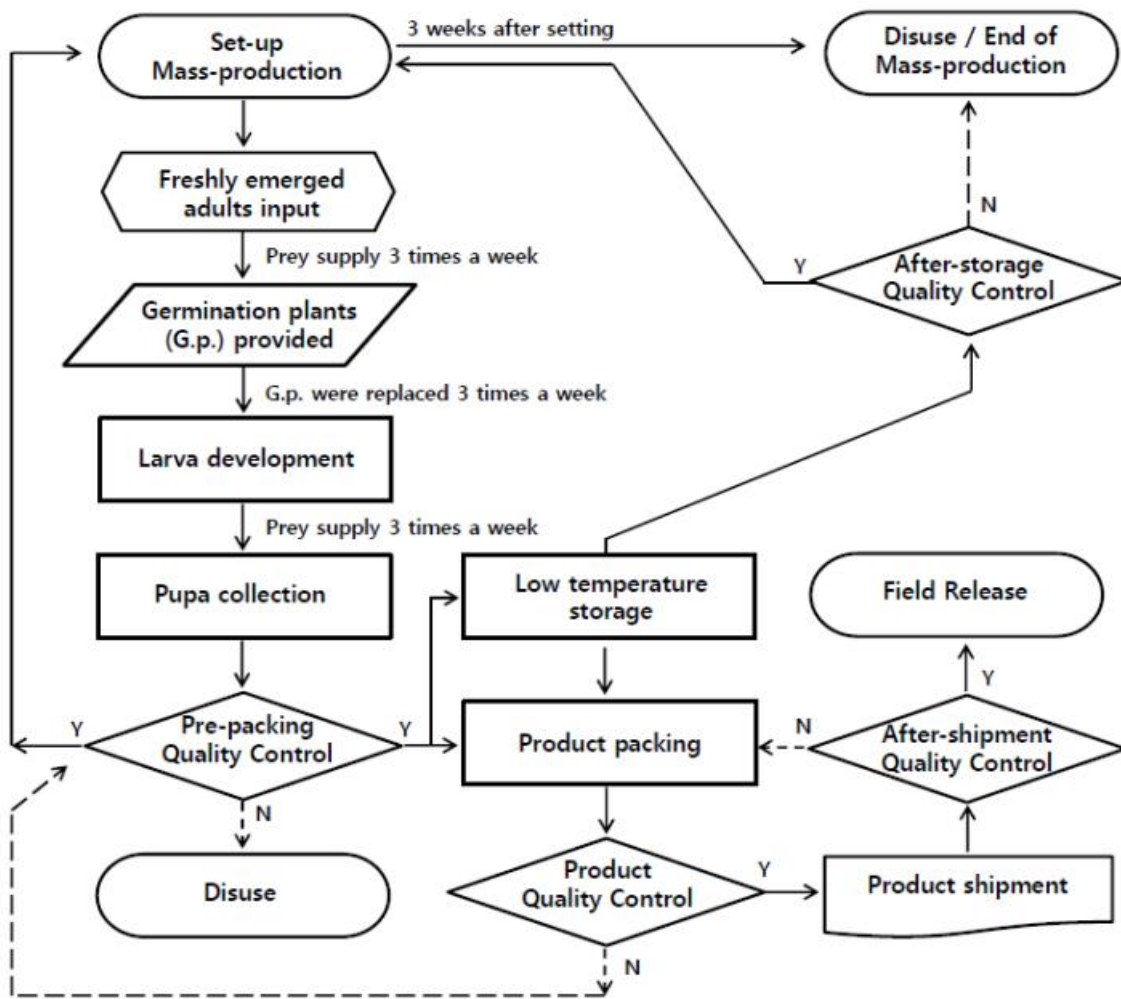


그림 2-9. 콜레마니진디벌의 품질관리체계도

나) 단위 생산성

- 발아율이 80% 이상일 때 보리 종자 200 ~ 250립 파종하면 160 ~ 200주의 보리가 발아함
- 식물 증식용 2,100 × 1,200 × 440mm 3단 선반에 9개의 재배상자(34 × 49 × 7 cm)를 적재할 수 있음.
- 보리 한 주당 진딧물 100여 마리가 접종되었다고 가정하였을 때 최소 16,000 ~ 20,000마리,

평균 18,000마리 존재

- 천적 우화율이 70%일 때 1개의 재배 상자 당 최대 28병(500마리/병) 생산 가능
- 제품 생산 시, Q.C 불량인 제품은 천적 접종실로 이동하거나 계대유지용으로 사용

라. 참멋애꽃노린재(포식성 천적) 서식처의 품질 표준화 방안 구축

가) 참멋애꽃노린재 서식처의 대량증식시스템 개발

본 연구에서는 농가에서도 쉽게 *Portulaca* sp.를 증식해 사용할 수 있도록 대량증식기법을 구축하였다(표 2-8, 그림 2-10)

표 2-8. 참멋애꽃노린재 서식처 품질 표준화를 위한 관리 방법

순서	누적 일수	재배단계	관리방법	비고
1	1	재료 준비 	<i>Portulaca</i> sp., 상토, 코코화이버, 케이지, 고정판, 재배상자 (34 × 49 × 7 cm)	15 ~ 35°C로 유지 pH 5.6 ~ 7.8 선호
2	1 ~ 2	껌꽃이 	- 상토(1):코코화이버(1) 비율로 배합 - 재배상자 당 포체리카 줄기(10cm) 10 ~ 15개 가식	적정온도: 25 ± 2°C
3	2 ~ 37	식물 증식 	망케이지에서 충분히 증식	- 500 lux LED 설치, 광주기 16L : 8D - 주 1회 복합비료 관주
4	37	식물 수확 	15cm 이상 자란 포체리카 줄기 수확	토양 건조하게 유지
5	37 ~ 39	천적 접종 	- 케이지(110 × 40 × 60 cm)에 천적 6,000마리 접종 - 15 cm 줄기 100개 공급	- 적정온도: 25 ± 1°C - 먹이: 나방알 1.2 g, 건조화분 0.4 g 제공 (2 ~ 3회/주)
6	40	채란 분리 	암막천으로 감싼 뒤 식물이 없는 곳에 LED ON → 20분 후, 빛이 없는 곳의 식물 분리	채란케이지에 기주식물 주 2 ~ 3회 교체 공급
7	40	뱅크 제작 	채란받은 식물 및 성충 포장	제품완성 후 2일 내에 배송

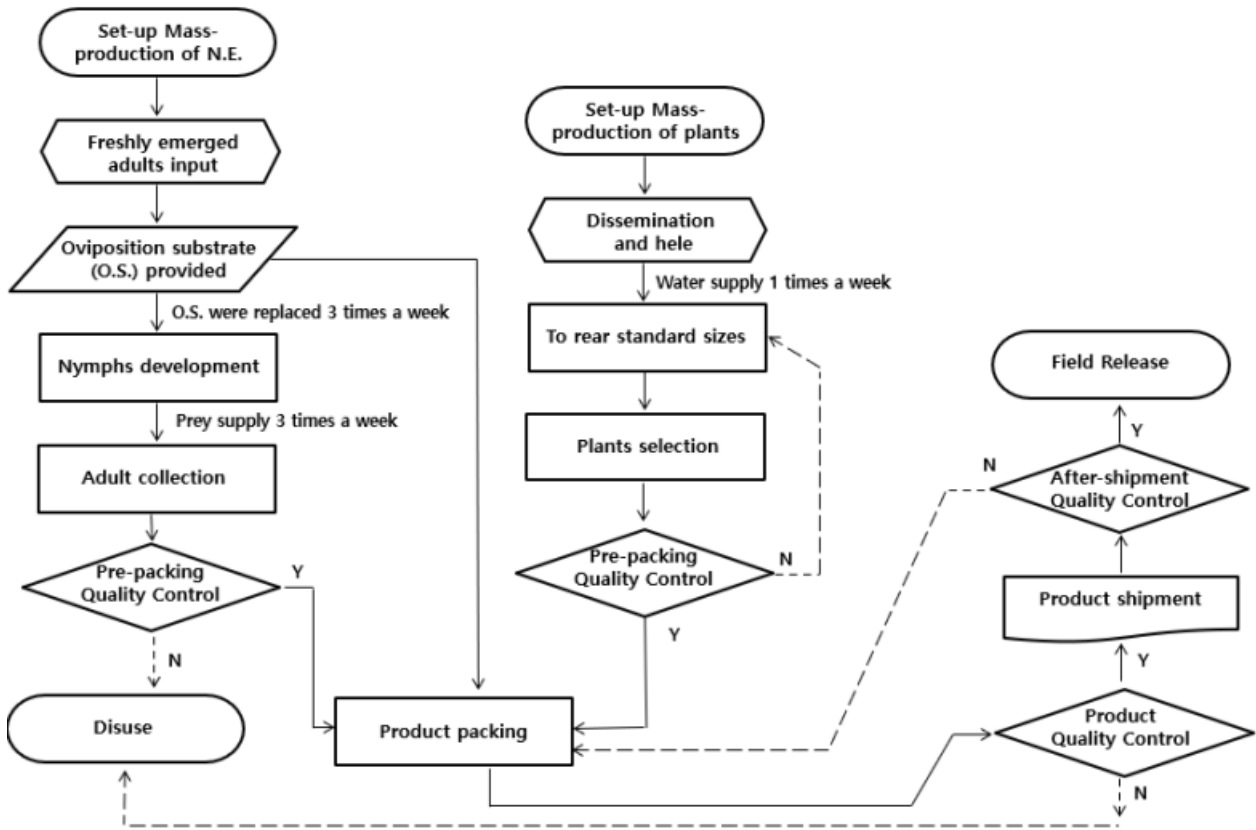


그림 2-10. 참멋애꽃노린재 서식처 품질관리체계도

나) 단위 생산성

- 재배상자(34 × 49 × 7 cm) 에 당 30 ~ 40 mm 간격으로 꺾꽂이해서 4 ~ 5주 재배하면 채란에 적당한 10 ~ 15 cm *Portulaca* sp. 줄기 수확 가능
- 식물 재배용 210 × 120 × 44 cm 3단 선반에 12개의 재배상자가 적재 가능하며, 재배상자 당 *Portulaca* sp. 약 120 ~ 140개 수확 가능. 하나의 선반에 12개의 재배상자 적재하므로 총 1,440 ~ 1,680 줄기 수확 가능
- 채란은 환기구가 있는 아크릴케이지(110 × 40 × 60 cm)에서 성충 6,000마리를 접종하여 최소 7회 이상 채란 받을 수 있음
- 재배상자에서 수확한 *Portulaca* sp. 줄기는 2 ~ 3일간 채란 받아 뱅커용기에 약 5 ~ 6개 포장
- 곤충 증식용 210 × 120 × 44 cm 2단 선반에 2개의 아크릴케이지가 적재 가능하며, *Portulaca* sp. 100개 접종 시, 암컷산란율이 80%이고(암수비율 1:1) 1일 평균 15개 산란했을 때, 케이지 당 참멋애꽃노린재 알 총 36,000개를 수확할 수 있음. 하나의 선반에 2개의 아크릴케이지를 적재하므로 1회 채란 시, 총 72,000개 알 채란 가능
- 식물 재배용 및 곤충 증식용 사육선반 당 참멋애꽃노린재 뱅커 최대 144개(알 500개 기준) 생산 가능

마. 콜레마니진디벌(기생성 천적) 서식처의 품질 표준화 방안 구축

가) 콜레마니진디벌 서식처의 대량증식시스템 개발

본 연구에서는 기존 벡터플랜트의 단점인 도복 위험율을 줄이기위한 방안을 추가해 콜레마니진디벌 서식처의 대량증식기법을 구축하였다(표 2-9, 그림 2-11)

표 2-9. 콜레마니진디벌 서식처 품질 표준화를 위한 관리 방법

순서	누적 일수	재배단계	관리방법	비고
1	1	재료 준비 	- 보리 종자, 상토, 코코화이버, 고정핀, 케이지, 재배상자 (34 × 49 × 7 cm)	- 15 ~ 30°C로 유지 - 건전한 보리 종자 선별
2	1	파종 	- 상토(2):코코화이버(1) 비율로 배합	- 기존 사육시스템 대비 도복율 100% 감소 - 단가 절감효과 - 파종일자 기록
3	1 ~ 5	보리 증식 	- 재배상자 당 보리 종자 50립 접종 후 고정핀으로 덮음	- 적정온도: 25 ± 2°C - 토양은 촉촉하게 유지
4	5	진딧물 접종 	- 주당 진딧물이 70 ~ 100여 마리 접종된 보리 약 3주 접종	- 진딧물 옮겨붙으면 접종한 보리줄기 제거 - 생산일지 작성
5	5 ~ 9	진딧물 증식 	- 철망 들어 올려 보리 제거 후 진딧물 밀도 조사	- 적정온도: 23 ± 2°C - 공정 간소화
6	9	천적 접종 	- 진딧물 및 천적 접종 밀도는 10:1 비율이 적당	- 천적 약 5마리 접종
7	16 ~ 17	제품 포장 	- 20% 정도 머미화가 되었을 때 수확	- 제품완성 후 2일 내에 배송

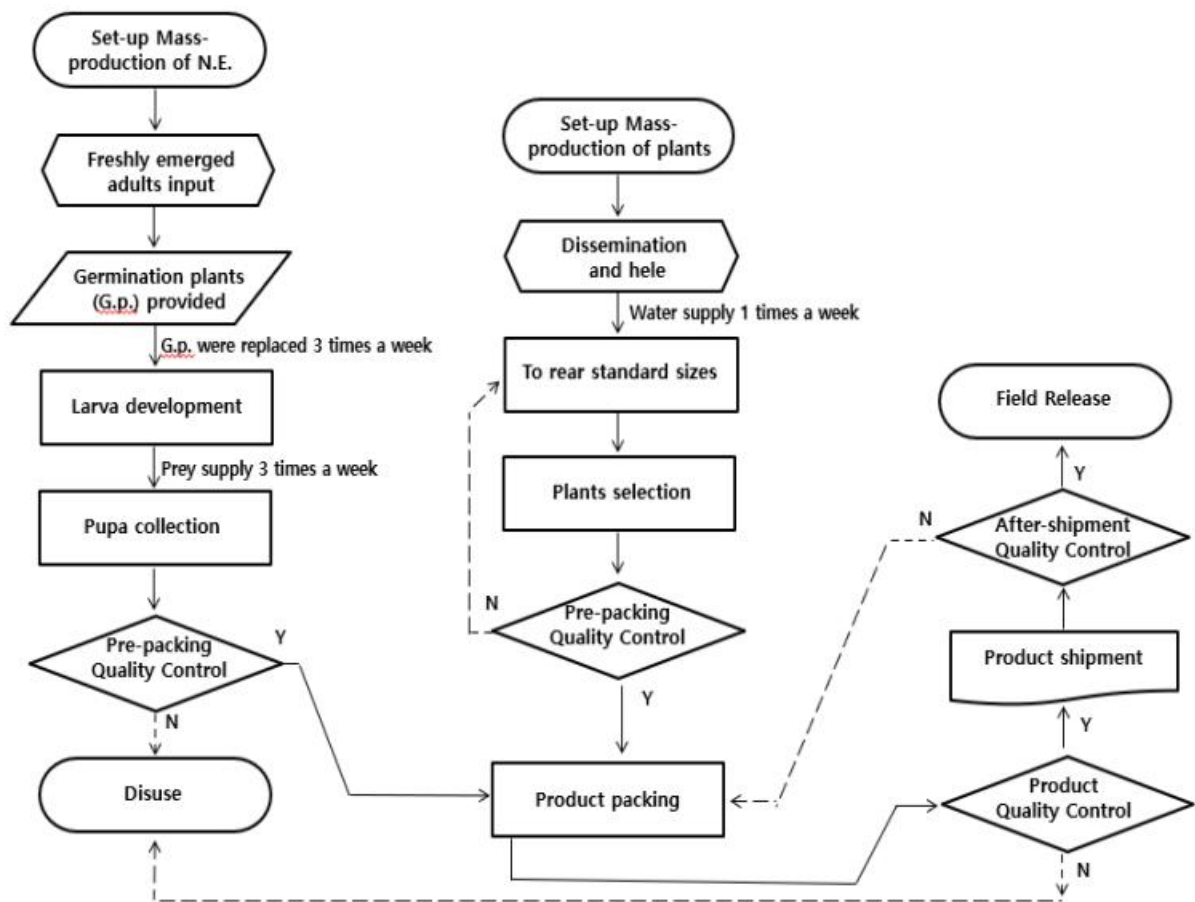


그림 2-11. 콜레마니진디벌 서식처 품질관리체계도

나) 단위 생산성

- 발아율이 80% 이상일 때 보리 종자 50 ~ 60립 파종하면 40 ~ 48주의 보리가 발아함
- 재배상자(34 × 49 × 7 cm) 당 제품 용기(외경: 11.5 × 11.5 × 10 cm; 내경: 10.5 × 10.5 × 10 cm인 사각 플라스틱) 12개 적재하여 재배상자 당 보리 480 ~ 576주 식재 가능
- 보리 한 주당 진딧물 30 ~ 35마리가 접종되었다고 가정하였을 때 최소 1,200 ~ 1,680마리, 평균 1,440마리 존재
- 제품 당 진딧물 1,000마리 및 머미 100개 이상 포장해야 하므로 재배상자 당 콜레마니진디벌 서식처 최대 12개 생산 가능
- 곤충 증식용 2,100 × 1,200 × 440 mm 9단 선반에 27개의 재배상자를 적재할 수 있으므로 사육선반 당 총 324개의 콜레마니진디벌 서식처 생산할 수 있음
- 제품 생산 시, Q.C 불량인 제품은 천적 접종실로 이동하거나 계대유지용으로 사용

바. 결합형 서식처의 품질 표준화 방안 구축

가) 결합형 서식처의 대량증식시스템 개발

참멋애꽃노린재와 콜레마니진디벌 서식처로 선발한 *Portulaca sp.* 와 보리의 대량증식기법을 구축하였다(표 2-10, 그림 2-12).

표 2-10. 결합형 서식처 품질표준화를 위한 관리방법

순서	누적 일수	재배단계	관리방법	비고
1	1	재료 준비 	- <i>Portulaca</i> sp., 보리, 상토, 코코화이버, 뱅커용기, 케이지, 재배상자 (34 × 49 × 7 cm)	- 15 ~ 30°C로 유지 - 건전한 <i>Portulaca</i> sp., 보리 종자 선별
2	1 ~ 2	깎꽂이 	- 상토(1):코코화이버(1) 비율로 배합 - 재배상자 당 포체리카 줄기(10cm) 10 ~ 15개 가식	- 적정온도: 25 ± 2°C - 토양은 촉촉하게 유지 - 단가 절감효과
3	2 ~ 37	식물 증식 	- 망케이지에서 <i>Portulaca</i> sp. 충분히 증식	- 500 lux LED 설치, 광주기 16L : 8D - 주 1회 복합비료 관주
4	24	보리 파종 	- 원형 뱅커 당 보리 종자 100 ~ 120립 접종	- 기존 사육시스템 대비 도복율 100% 감소 - 파종일자 기록
5	24 ~ 28	보리 증식 	- 파종 후 토양유실 방지망으로 덮음	- 적정온도: 25 ± 2°C - 토양은 촉촉하게 유지 - 배송 시, 물리적 충격 최소화
6	28	진딧물 접종 	- 주당 진딧물이 70 ~ 100여 마리 접종된 보리 약 10개 접종	- 진딧물 옮겨붙으면 접종한 보리줄기 제거 - 생산일지 작성
7	28 ~ 32	진딧물 증식 	- 철망 제거 후 진딧물 밀도 조사	- 적정온도: 23 ± 2°C - 공정 간소화
8	32 ~ 33	천적2 접종 	- 진딧물 및 천적 접종 밀도는 10:1 비율이 적당	- 천적 약 10여 마리 접종
9	37	식물 수확 	15cm 이상 자란 <i>Portulaca</i> sp. 줄기 수확	- 토양 건조하게 유지
10	37 ~ 39	천적1 접종 	- 케이지(110 × 40 × 60 cm)에 천적 6,000마리 접종 - 15 cm 줄기 100개 공급	- 적정온도: 25 ± 1°C - 먹이: 나방알 1.2 g, 건조화분 0.4 g 제공 (2 ~ 3회/주)
11	39	채란	- 채란 받은 <i>Portulaca</i> sp.	- LED 이용해 채란식물

		식물 교체		줄기 수거	수거
12	39 ~ 40	제품 포장		- 천적2의 머미화가 20% 정도 되었을 때 제품 포장	- 재배 시, 외부에서 병해충 유입되지 않도록 주의 - 2개의 유닛이 파손되지 않도록 고정에 유의 - 제품완성 후 2일 내에 배송

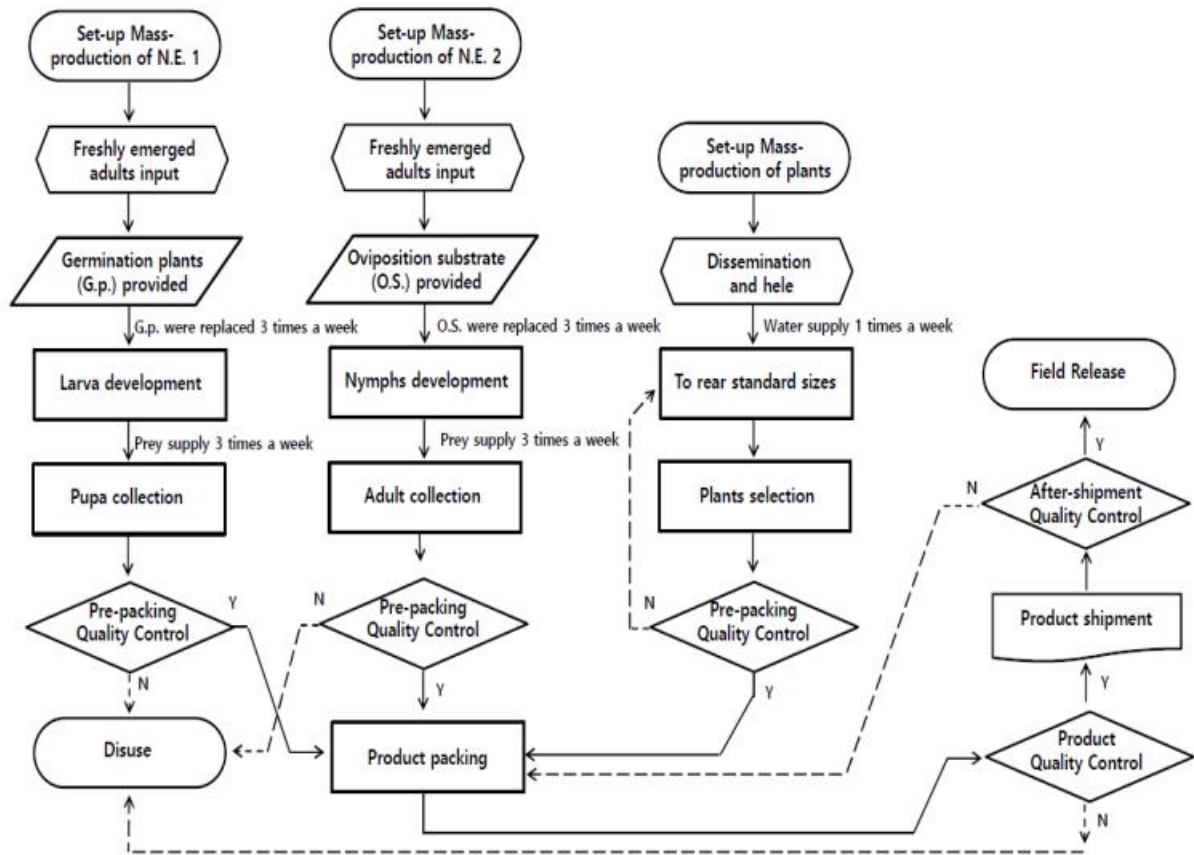


그림 2-12. 스마트-pack의 품질관리체계도

나) 단위 생산성

<포식성 천적>

- 재배상자(34 × 49 × 7 cm) 에 당 30 ~ 40 mm 간격으로 꺾꽂이하서 4 ~ 5주 재배하면 채란에 적당한 10 ~ 15 cm *Portulaca* sp. 줄기 수확 가능
- 식물 재배용 210 × 120 × 44 cm 3단 선반에 12개의 재배상자가 적재 가능하며, 재배상자 당 *Portulaca* sp. 약 120 ~ 140개 수확 가능. 하나의 선반에 12개의 재배상자 적재하므로 총 1,440 ~ 1,680 줄기 수확 가능

- 채란은 환기구가 있는 아크릴케이지(1,100 × 400 × 600 mm)에서 성충 6,000마리를 접종하여 최소 7회 이상 채란 받을 수 있음
- 재배상자에서 수확한 *Portulaca* sp. 줄기는 2 ~ 3일간 채란 받아 제 1유닛에 약 5 ~ 6개 포장
- 곤충 증식용 210 × 120 × 44 cm 2단 선반에 2개의 아크릴케이지가 적재 가능하며, *Portulaca* sp. 100개 접종 시, 암컷산란율이 80%이고(암수비율 1:1) 1일 평균 15개 산란했을 때, 케이지 당 참멋애꽃노린재 알 총 36,000개를 수확할 수 있음. 하나의 선반에 2개의 아크릴케이지 적재하므로 1회 채란 시, 총 72,000개 알 채란 가능
- 식물 재배용 및 곤충 증식용 사육선반 당 참멋애꽃노린재 뱅커 최대 144개(알 500개 기준) 생산 가능

<기생성 천적>

- 발아율이 80% 이상일 때 보리 종자 100 ~ 120립 파종하면 80 ~ 96주의 보리가 발아함
- 식물 재배용 210 × 120 × 44 cm 5단 선반에 총 55개의 뱅커 용기(Ø 17.5; 20 H cm) 적재 가능
- 보리 한 주당 진딧물 20마리가 접종되었다고 가정하였을 때 제품 당 최소 1,600 ~ 1,920마리, 평균 1,760마리 존재
- 뱅커 당 진딧물 1,000마리 및 머미 100개 이상 포장해야 하므로 재배상자 당 콜레마니진디벌 뱅커 최대 55개 생산 가능
- 기생성 천적 증식용 210 × 120 × 44 cm 5단 선반에서 최대 55개의 서식처, 포식성 천적 증식용 210 × 1200 × 44 cm 2단 선반에서 최대 144개 생산 가능하므로 사육선반 당 최대 55개의 결합형 뱅커 생산할 수 있음
- 제품 포장 후 여분의 *Portulaca* sp. 및 보리는 천적곤충 생산에 사용

사. 기존 천적 품질관리 지침서 분석 및 신규 지침서 발간

○ (2002 version) 18종의 천적에 대한 품질확인방안이 제시됨

- 제목: IOBC Quality Control Guidelines for natural enemies
- 홈페이지에서 자료 다운로드 가능(무료, 전체 31페이지)
- 저자: Coordinators: J. Vermeulen 등 17명
- 구성
 - 학명 명명자 (분류학적 위치), 그림
 - Test conditions: Temperature, RH, Light regime
 - Description of testing methods: 천적별 1~3페이지 분량

표 2-11. IOBC Quality Control Guidelines for natural enemies 대상종(2002 버전)

No.	학명	국명
1	<i>Amblyseius degenerans</i>	총채이리응애
2	<i>Aphidius colemani</i>	콜레마니진디벌
3	<i>Aphidius ervi</i>	어비진디벌
4	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	진디혹파리
5	<i>Dacnusa sibirica</i>	잎굴파리고치벌
6	<i>Diglyphus isaea</i>	굴파리좀벌
7	<i>Dicyphus hesperus</i>	-
8	<i>Encarisa formosa</i>	온실가루이좀벌
9	<i>Eretmocerus eremicus</i>	황온좀벌
10	<i>Leptomastix dactylopii</i>	굴가루깡충좀벌
11	<i>Macrolophus caliginosus</i>	-
12	<i>Orius spp.</i>	애꽃노린재류
13	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	칠레이리응애
14	<i>Neoseiulus californicus</i>	사막이리응애
15	<i>Neoseiulus cucumeris</i>	오이이리응애
16	<i>Trichogramma brassicae</i>	배추나방살이알벌
17	<i>Trichogramma cacoeciae</i>	-
18	<i>Trichogramma dendrolimi</i>	-

표 2-12. 천적별 품질관리 기준

No.	대상종	Quality control criteria						
		Quantity/ emergence	Sex- ratio	Fecundity	Mortality	Flight activity	Longevity	
1	<i>A. degenerans</i>	◎	◎	◎	-	-	-	
2	<i>A. colemani</i>	◎	◎	◎	-	-	-	
3	<i>A. ervi</i>	adult	◎	-	-	◎	-	-
		mummy	◎	◎	◎	-	-	-
4	<i>A. aphidimyza</i>	◎	◎	◎	-	◎	-	
5	<i>D. sibirica</i>	◎	◎	◎	◎	-	-	
6	<i>D. isaea</i>	◎	◎	◎	◎	-	-	
7	<i>D. hesperus</i>	◎	◎	◎	◎	-	-	
8	<i>E. formosa</i>	◎	◎	◎	-	◎	-	
9	<i>E. eremicus</i>	◎	◎	◎	-	-	-	
10	<i>L. dactylopii</i>	◎	◎	◎	◎	-	-	
11	<i>M. caliginosus</i>	◎	◎	◎	◎	-	-	
12	<i>Orius spp.</i>	◎	◎	◎	-	-	-	
13	<i>P. persimilis</i>	◎	◎	◎	-	-	◎	
14	<i>N. californicus</i>	◎	◎	◎	-	-	◎	
15	<i>N. cucumeris</i>	◎	◎	◎	-	-	-	
16	<i>T. brassicae</i>	◎	◎	◎	-	-	◎	
17	<i>T. cacoeciae</i>	◎	◎	◎	-	-	◎	
18	<i>T. dendrolimi</i>	◎	◎	◎	-	-	◎	
	%	100 (18/18)	94 (17/18)	94 (17/18)	33 (6/18)	11 (2/18)	28 (5/18)	

○ **(2003 version) 30종의 천적에 대한 품질확인방안이 제시됨**

- 제목: Quality Control and Production of Biological Control Agents: Theory and Testing Procedures (ed. J.C. van Lenteren)의 19장 Guidelines for quality control of commercially produced natural enemies.
- 구입 가능(\$243.05, 전체 352페이지, 19장 39페이지)
- 19장 저자: J.C. van Lenteren 등 5명
- Designers and Coordinators: J.C. van Lenteren 등 32명

표 2-13. Quality Control and Production of Biological Control Agents: Theory and Testing Procedures 대상종(2003 버전)

No.	학명	No.	학명
1	<i>Anthocoris nemoralis</i>	15	<i>Eretmocerus mundus</i>
2	<i>Aphelinus abdominalis</i>	16	<i>Hypoaspis miles</i>
3	<i>Aphidius colemani</i>	17	<i>Leptomastix dactylopii</i>
4	<i>Aphidius ervi</i>	18	<i>Macrolophus caliginosus</i>
5	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	19	<i>Neoseiulus californicus</i>
6-7	<i>Aphytis</i> spp. (<i>A. lingnanensis</i> , <i>A. melinus</i>)	20	<i>Neoseiulus cucumeris</i>
8	<i>Chrysoperla carnea</i>	21	<i>Neoseiulus (Amblyseius) degenerans</i>
9	<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	22- 25	<i>Orius</i> spp. (<i>O. laevigatus</i> , <i>O. insidiosus</i> , <i>O. majusculus</i> , <i>O. aldibipennis</i>)
10	<i>Dacnusa sibirica</i>	26	<i>Phytoseiulus persimilis</i>
11	<i>Dicyphus hesperus</i>	27	<i>Podisus maculiventris</i>
12	<i>Diglyphus isaea</i>	28	<i>Trichogramma brassicae</i>
13	<i>Encarisa formosa</i>	29	<i>Trichogramma cacoeciae</i>
14	<i>Eretmocerus eremicus</i>	30	<i>Trichogramma dendrolimi</i>

- 19장의 구성
 - 제목, 저자, 소속
 - Abstract
 - Introduction
 - Currently used quality control guidelines
 - Future additions to current quality control guidelines

- Description of quality control tests in alphabetical order
- Acknowledgements
- References

○ **(2017 version) 25종의 천적에 대한 품질확인방안이 제시됨**

- 제목: 천적 품질관리 매뉴얼 (발행: 전라북도농업기술원)

※ 농업인이 천적의 품질을 확인할 수 있도록 발간된 ‘Grower Guide : Quality Assurance of Biocontrol Products’의 번역서임

표 2-14. 천적 품질관리 매뉴얼 대상종(2007 버전)

No.	국명	No.	국명
1	진디면충좀벌	14	응애혹파리
2	콜레마니진디벌	15	흰목줄무당벌레
3	어비진디벌	16	굴가루깡충좀벌
4	진디혹파리	17	미끌애꽃노린재
5	어리줄풀잠자리	18	지중해이리응애
6	각지무당벌레	19	사막이리응애
7	앞굴파리고치벌	20	오이이리응애
8	갈색반날개	21	칠레이리응애
9	가루이무당벌레	22	곤충병원성선충
10	담배장님노린재	23	꼬마무당벌레
11	굴파리좀벌	24	마일즈응애
12	온실가루이좀벌	25	명충알벌
13	황온좀벌	-	-

○ **국내에서 적용되고 있는 천적에 대한 품질관리 지침서 발간**

- (발간방법) 21년 3월 2일 1차 회의 후, 지속적으로 천적연구회 회원들과 협력하여 아래의 안을 검토 후, 1안으로 결정 및 지침서 발간(166페이지, 발간등록번호: 11-1390802-001578-01, ISBN: 978-89-480-7174-7 93520).

- 1안 : 국내 실정에 맞게 새롭게 편찬
- 2안 : IOBC 기술서의 번역본 발간

※ (고려사항) IOBC 기술서는 현재 판매 중으로 판권 부분의 협의가 필요하며, 개정판 발간도 진행 중임(17년 전 구축)



천적 품질관리 지침서

Quality Control Guidelines for Natural Enemies



천적연구회
KNERF
Korean Natural Enemy
Research Forum

목 차 CONTENTS

발간사	4
천적연구회 동경	6
축사	7

제 1 장	제1절 연구배경	12
서론	제2절 천적 품질관리의 고려 사항	14
	제3절 천적 품질관리의 어려움	16
	1 대량사육의 방해 요소	16
	2 천적의 행동적 변이	17
	3 천적 행동의 다양성 조절	17
	제4절 천적의 전주기적 품질관리	18
	제5절 천적 품질관리의 연구방향	19

제 2 장	제1절 포식성 천적	22
천적별 품질관리 항목 및 기준	1 미꿀애꽃노린재 <i>Orius laevigatus</i> (Fieber)	22
	(노린재목: 꽃노린재과)	
	2 참맛애꽃노린재 <i>Orius minutus</i> (L.)	28
	(노린재목: 꽃노린재과)	
	3 담배장님노린재 <i>Nesidiocoris tenuis</i> (Reuter)	34
	(노린재목: 장님노린재과)	
	4 여러줄풀잡자리 <i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)	39
	(물장지러목: 풀잡자리과)	
5 깍지무당벌레 <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> Mulsant	43	
(박정벌레목: 무당벌레과)		
6 무당벌레 <i>Harmonia axyridis</i> Pallas	48	
(박정벌레목: 무당벌레과)		
7 꼬마남생이무당벌레 <i>Propylea japonica</i> Thunberg	55	
(박정벌레목: 무당벌레과)		
8 베달리아무당벌레 <i>Rodolia cardinalis</i> (Mulsant)	60	
(박정벌레목: 무당벌레과)		

9 꼬마무당벌레 <i>Stethorus punctillum</i> (Weise)	66
(박정벌레목: 무당벌레과)	
10 진디혹파리 <i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondani)	71
(파리목: 혹파리과)	
11 나팔이리응애 <i>Neoseiulus barkeri</i> (Hughes)	76
(응애목: 이리응애과)	
12 사막이리응애 <i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor)	84
(응애목: 이리응애과)	
13 오이이리응애 <i>Neoseiulus cucumeris</i> Oudemans	89
(응애목: 이리응애과)	
14 철레이리응애 <i>Phytoseiulus persimilis</i> Athias-Henriot	93
(응애목: 이리응애과)	
15 지중해이리응애 <i>Amblyseius swirskii</i> Athias-Henriot	98
(응애목: 이리응애과)	
16 총채가사응애 <i>Gaeolaelaps aculeifer</i> (Canestrini)	102
(응애목: 가사전드기과)	
17 후리이리응애 <i>Stratiolaelaps scimitus</i> (Womersley)	107
(응애목: 가사전드기과)	
제2절 기생성 천적	111
18 온실가루이좀벌 <i>Encarsia formosa</i> Gahn	111
(벌목: 연충좀벌과)	
19 황은좀벌 <i>Eretmocerus eremicus</i> (Rose)	117
(벌목: 연충좀벌과)	
20 굴파리좀벌 <i>Diglyphus isaea</i> Walker	122
(벌목: 좀벌과)	
21 알굴파리고치벌 <i>Dacnusa sibirica</i> Telenga	127
(벌목: 고치벌과)	
22 콜레아나진디벌 <i>Aphidius colemani</i> Vierek	132
(벌목: 고치벌과)	
23 어비진디벌 <i>Aphidius ervi</i> Haliday	138
(벌목: 고치벌과)	
제3절 병원성 천적	144
24 곤충병원성선충 <i>Entomopathogenic nematodes</i>	144
(방선충: 원충목)	

참고문헌	156
------	-----

그림 2-13. 발간된 천적 품질관리 지침서

제2절 천적 품질관리 장치 개발

1. 연구목표

본 연구는 대상 천적 곤충에 유인/기피 효과가 있는 LED 광원을 선별하여 천적 품질관리 장치를 개발하고자 수행하였다.

2. 연구내용

천적의 해충방제 효과는 방제제로서의 생물적 특성뿐만 아니라 최종 소비자에게 전달되는 생물의 품질에 의해서도 좌우된다(Garzon and Beitia, 2009). 국내에서도 관련 산학연과 농업 현장에서는 천적의 품질을 빠르고 간편하게 확인할 수 있는 방안을 모색하고자 하는 시도가 지속되어 왔다. 본 연구에서는 국내 농업 현장에서 사용 빈도가 높은 종에 대한 품질관리 장치를 개발하고자 한다.

가. 콜레마니진디벌에 대한 LED 광원의 유인 효과

가) 대상 천적

본 연구에 사용된 콜레마니진디벌은 1병에 500개 머미(mummy)가 들어있는 제품이다. 콜레마니진디벌 머미는 뚜껑에 환기망(\varnothing 4 cm)이 부착된 사용 용기(㈜에스피엘, 한국, 310102, 10 D × 4 H cm)에 100개씩 넣어 $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 5\%$, 16L: 8D로 설정된 실험실에서 우화를 유도하였다. 우화한 성충은 흡충기로 30마리씩 모아 사용하였다.

나) LED 광원에 대한 콜레마니진디벌의 반응

LED 광원에 대한 콜레마니진디벌의 반응은 하나의 stem에 두개의 arm을 20 cm의 길이 (arm 각도: 120°)로 제작한 Y자관(㈜Skycare, 한국, \varnothing 4.5 cm)에서 선택시험과 비선택시험으로 확인하였다(그림 2-14). LED 처리에는, 국제조명위원회 CIE 분류에 의해 장파장 영역 UV-A (315~400 nm)에 속하는 385 nm와 가시광선 영역(400~780 nm)에 속하는 405 nm (violet), 450 nm (blue)와 660 nm (red)로 4개 광원이 사용되었으며, 대조구로 5,000k 백색 LED를 사용하였다. Y자관 양 끝 부분에 황색의 종이 평판트랩(㈜그린아그로텍, 한국, 35 × 25 cm)을 높이 2.7 cm와 길이 15 cm로 잘라서 말아 넣고, LED 광원을 설치하였다. 방사 지점에 흡충기로 모은 콜레마니진디벌(≤ 2 days old) 30마리를 넣고, 30분 동안 각 광원을 조사하였다. 실험이 진행되는 동안 Y자관은 빛을 막아줄 수 있는 검은 천으로 덮어 다른 빛의 간섭을 최소화하였다. 광원 조사 후에 방사지점에 남아있는 진디벌은 무반응으로 계수하였고, Y자관의 중심부 통로에 위치해 있는 천적은 제외하고, 각 광원 쪽의 트랩에 부착된 개체만 광원

에 유인된 것으로 계수하였다. 본 실험은 12반복 수행하였다

비선택시험은 선택시험에서 유인 효과가 없었던 LED 광원은 제외하고 진행하였다. 대조구는 상기 실험과 동일하게 5,000k 백색 LED를 사용하였다. 천적 방사지점에서 17 cm가량의 통로는 검은 천으로 말아서 광원이 설치되어 있는 양쪽끝으로의 유인력을 최대화하였다. Y자관 양 끝 부분에는 황색의 종이 평판트랩(쥬그린아그로텍, 한국, 35 × 25 cm)을 높이 2.7 cm와 길이 15 cm로 잘라서 말아 넣고, 양 쪽끝에 동일한 LED 광원을 설치하였다. 방사 지점에 콜레마니진디벌(≤ 2 days old) 30마리를 넣고, 광원은 30분 동안 조사하였다. 이때, 외부 빛의 간섭을 제외시키기 위하여 Y자관은 빛이 투과되지 않는 검은 천으로 덮어두었다. 광원 조사 후에 방사지점에 머물러 있는 진디벌 개체수는 제외하고, 광원 쪽으로 이동한 개체만 광원에 유인된 것으로 계수하였다. 본 시험은 6반복 수행하였다.

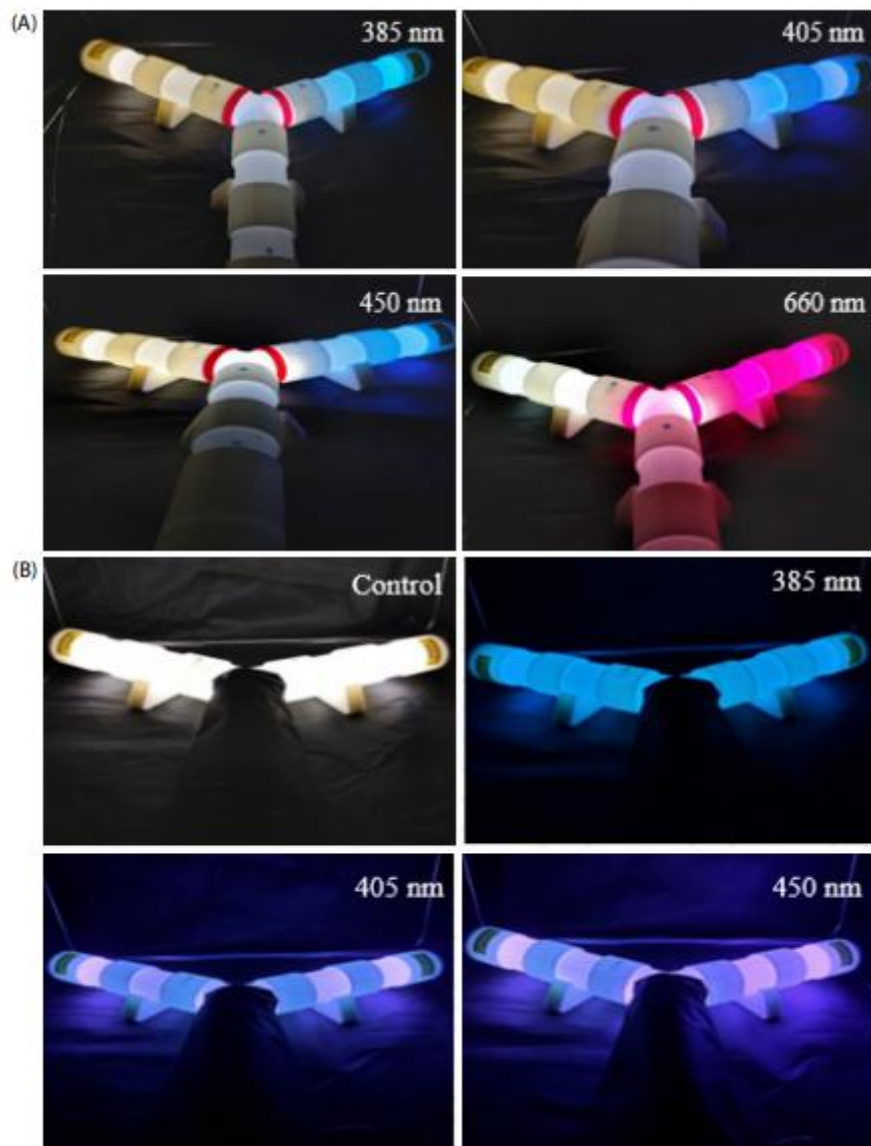


그림 2-14. Y-자관 실험: (A) 선택 실험, (B) 비선택 실험

다) 선발된 LED 광원을 적용한 우화 기구의 콜레마니진디벌 유인효과

상기 실험에서 선발된 광원을 적용한 우화 기구의 콜레마니진디벌 유인효과를 5,000k 백색 LED를 적용한 대조구와 광원을 적용하지 않은 무처리구와 비교하였다(그림 2-15). 흡충기 용기(높이 7 cm)가 우화 기구 하단부 아래에 위치할 수 있도록, 오아시스(한국스미더시오아시스(주), 한국, 23 × 11 × 8 cm)를 활용하였다. 흡충기 용기를 오아시스에 깊게 눌러 넣고, 위아래가 뚫린 투명한 원통형 용기(밑지름6 cm, 윗지름9 cm, 높이 10.5 cm)를 덮어두었다. 이때 원통형 용기의 상단에는 지름10 cm로 자른 황색점착트랩을 덮고, 트랩 상단 5 cm에 각 광원을 설치하였다. 본 실험에서는 높이 15.5 cm의 삼각대를 이용해서 광원과 원통 용기의 거리를 조절하였다. 원통형 용기는 상단부터 3.5 cm 간격으로 상/중/하를 구분하여 표시하였다. 이후 120분 동안 광원을 조사하면서, 5분 간격으로 용기 내부의 각 위치별 콜레마니진디벌 수를 확인하였다. 각 처리구마다 콜레마니진디벌 성충(≤ 2 days old) 30마리씩 10반복 수행하였다.

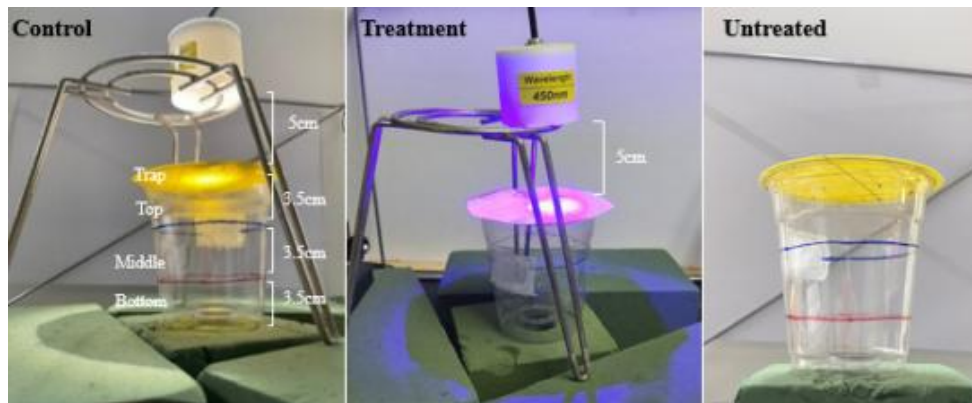


그림 2-15. 우화 기구 적용 실험

라) 통계분석

모든 실험결과는 one-way ANOVA test (SAS Institute, 2015)를 이용하여 분석하였으며, 각 분석 결과값의 통계적 차이는 Tukey's studentized range test로 검정하였다(Type I error = 0.05).

나. 포식성 천적의 품질관리장치 광원 효과 검증

포식성 천적인 참멋애꽃노린재(*Orius minutus*)의 LED 광원에 대한 반응을 확인하기 위하여, 아크릴케이지(80 × 45 × 40 cm)의 외부 상단 가로측 양 끝에 각 385nm LED 광원과 대조구(5,000 k) 광원을 가장 약하게 설정하여 올려두었다(그림 2-16). 실험은 각 광원 단독 처리와 광원의 서식처와 먹이원(보리:기장테두리진딧물=5:10)을 혼합한 처리구에서 진행하였다. 이때 서식처는 광원 아래에 위치시켰으며, 보리는 SPL(ø 5 × h 1.3 cm)에 키친타올을 얇게 깔고 그 위에서 발아된 5주만 남기고, 기장테두리진딧물을 주당 2마리씩 접종하여 사용하였다(그림 2-17). 케이지 바닥면과 동일 규격의 흰색 우드락(80 × 45 cm) 좌우 끝의 세로 중간(22.5 cm 부근)을 지점으로 반지름 10, 20, 30, 40 cm 지점을 표시하였다. 처리구 광원으로부터 10, 20, 30, 40 cm 지점과 대조구 광원으로부터

10, 20, 30, 40 cm 지점이 표시된 우드락을 케이지 아래에 위치시켰다. 우화 후 1~2일 된 참땃애꽃 노린재 성충 1마리를 가운데에 놓고 15분 동안의 움직임을 기록하였다(n=9). 실험은 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 와 $65 \pm 5\%$ 로 설정된 실험실에서 진행하였다.

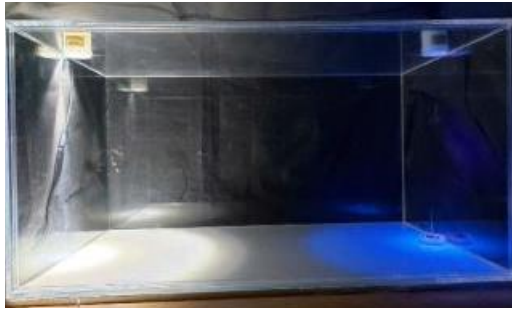


그림 2-16. 천적-LED 케이지실험 모습



그림 2-17. SPL에서 발아한 보리

다. 응애류 품질관리장치에 적용할 LED 광원 선발

마일즈응애(*Stratiolaelaps scimitus*) 품질관리장치에 적용할 LED 광원을 선발하기 위하여, 아크릴케이지($80 \times 45 \times 40$ cm)를 암막천으로 감싼 후, 케이지 내부에서 실험을 진행하였다. 광원을 지지할 수 있는 아크릴 컵($5.5 \times 7 \times 7$ cm)은 밑면이 역삼각형이 되도록 11개의 기둥을 재단하여 천적이 이동할 수 있는 통로를 만들어서 사용하였다. 컵 위에 LED 광원을 가장 약하게 조사한 후, 광원 중심에 천적을 방사하고 10분동안 천적이 머무는 시간을 확인하였다. 반지름 3 cm 원을 1구간으로, 3 ~ 6 cm를 2구간으로, 6 cm 밖을 3구간으로 구분하여 기록하였다(그림 2-18). 실험에 사용된 LED 광원은 5,000 k, 385 nm, 405 nm, 450 nm, 660 nm였으며, 9반복 진행하였다.



<5,000 k>

<385 nm>

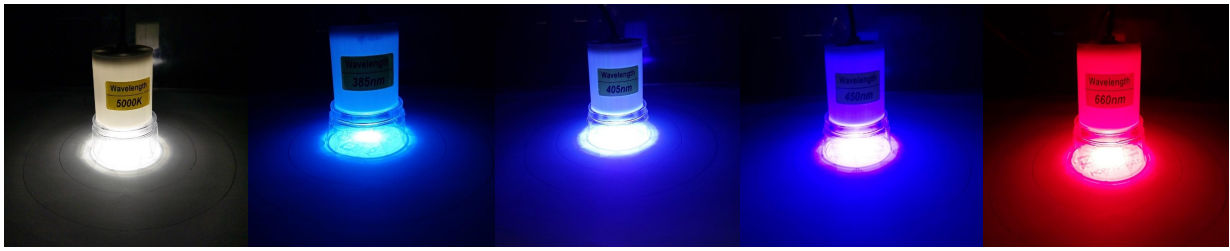
<405 nm>

<450nm>

<660nm>

그림 2-18. 응애류 품질관리장치에 적용할 LED선발(1차 실험: 광원 간격 7cm)

상기 실험에 사용된 아크릴 컵의 높이를 3 cm로 조정하여 2차 실험을 진행하였으며, 광원 중심에 천적을 방사하고 10분 동안 천적이 머무는 시간을 확인하였다. 반지름 3 cm 원을 1구간으로 3 cm 밖을 2구간으로 구분하여 기록하였다(그림 2-19).



<5,000 k> <385 nm> <405 nm> <450nm> <660nm>

그림 2-19. 응애류 품질관리장치에 적용할 LED선발(2차 실험: 광원 간격 3cm)

3. 연구 결과

가. 콜레마니진디벌에 대한 LED 광원의 유인 효과

가) LED 광원에 대한 콜레마니진디벌의 반응

LED 광원에 대한 콜레마니진디벌의 반응을 Y자관에서 선택시험으로 확인한 결과(그림 2-20), 385 nm의 LED 광원(UV-A)이 대조구인 5,000k 백색 LED보다 콜레마니진디벌을 더 많이 유인하는 것을 확인 할 수 있었다(df = 2,8; F = 109.1; P < 0.0001). 이에 반해 붉은색을 띄는 660 nm의 LED 광원은 대조구인 5,000k 백색 LED보다 낮은 유인 효과를 확인할 수 있었다(df = 2,8; F = 9.98; P = 0.0123). 푸른빛을 띄는 450 nm LED 광원과 보라빛의 405 nm LED 광원의 콜레마니진디벌 유인성은 대조구인 5,000k 백색 LED와 통계적인 유의차가 없었다(450 nm: df = 2,8; F = 3.09; P = 0.12, 405 nm: df = 2,8; F = 2.18; P= 0.1966)

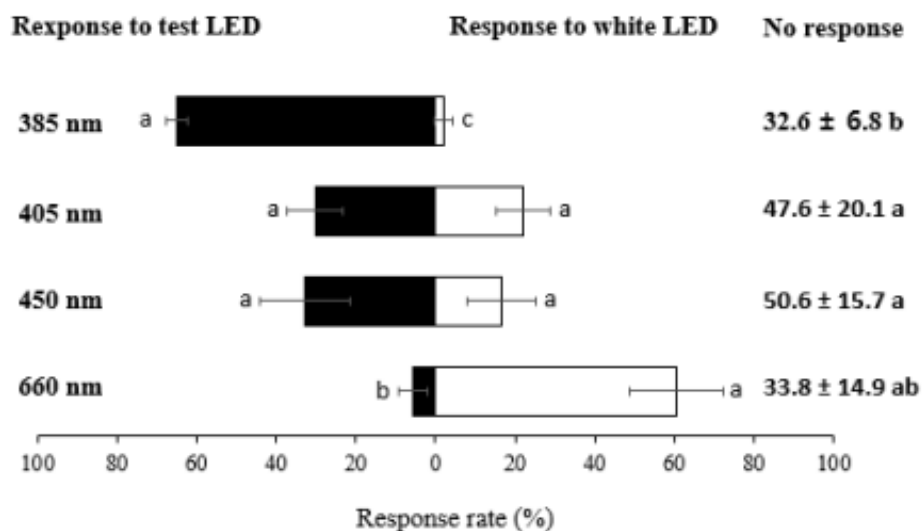


그림 2-20. Attraction (mean ± S.E.) of *Aphidius colemani* to LEDs of different wavelength and white LED light (5,000 K, control) in a Y-tube experiment (choice-test). For each wavelength, means of the test and control responses followed by the same lowercase letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$, as determined using Tukey's studentized range test

LED 광원에 대한 콜레마니진디벌의 반응을 Y자관에서 비선택시험으로 5,000k 백색 LED와 비교한 결과(표 2-15), 385 nm의 LED 광원(UV-A)과 푸른빛을 띄는 450 nm LED 광원에서 콜레마니진디벌에 대한 높은 유인 효과를 확인할 수 있었다(df = 3,15; F = 5.36; P = 0.0142).

표 2-15. The rate of *Aphidius colemani* attraction (mean ± S.E.) to LED light of three different wavelengths and white LED light (5,000 K, control) in a Y-tube experiment (no-choice test)

Attraction rate (%)	Wavelength*			
	Control	385 nm	405 nm	450 nm
	28.1 ± 9.9 b	54.2 ± 12.5 a	51.0 ± 12.0 ab	55.6 ± 9.9 a

*Means followed by the same lowercase letter for different wavelengths are not significantly different, as determined using Tukey's studentized range test ($\alpha = 0.05$).

나) 선발된 LED 광원을 적용한 우화 기구의 콜레마니진디벌 유인효과

상기 실험에서 선발된 450 nm LED 광원이 적용된 우화 기구를 이용하여 콜레마니진디벌에 대한 유인 효과를 확인한 결과, 처음 5분부터 무처리구나 대조구보다 10~16% 빠른 유인 효과가 확인되었다(그림 2-21). 무처리구와 대조구 우화 기구안의 성충들은 실험이 진행되는 동안 용기 내부의 상/중/하 부위를 구분없이 비행하였으나, 처리구에서는 광원을 종료한 120 분동안 광원에 유인되어 용기의 상단으로 이동한 개체는 다시 하단으로 이동하지 않았다. 실험 종료 후, 무처리구와 대조구의 방사지점에는 20~30%의 성충이 잔류하였으나, 처리구에서는 광원 조사 후 45분이 경과하였을 때 81.6%의 성충이 방사지점을 벗어났으며, 실험 종료시점에는 12.6%의 성충만 잔류하였다(표 2-15)

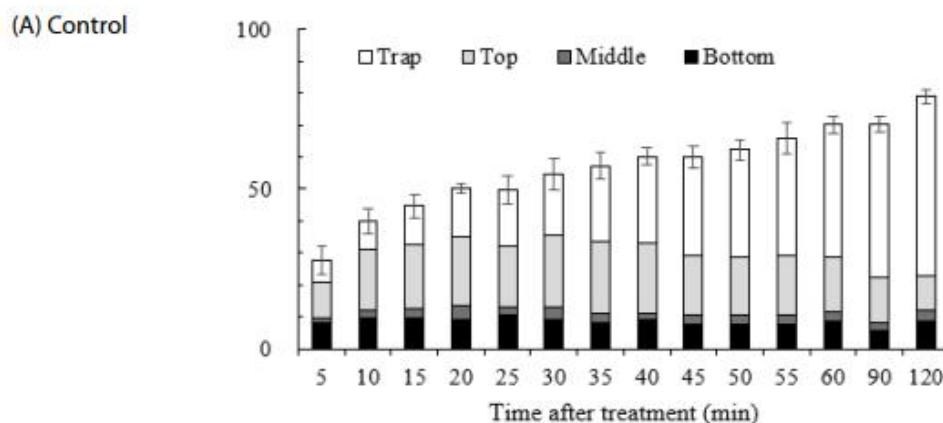


그림 2-21 (계속)

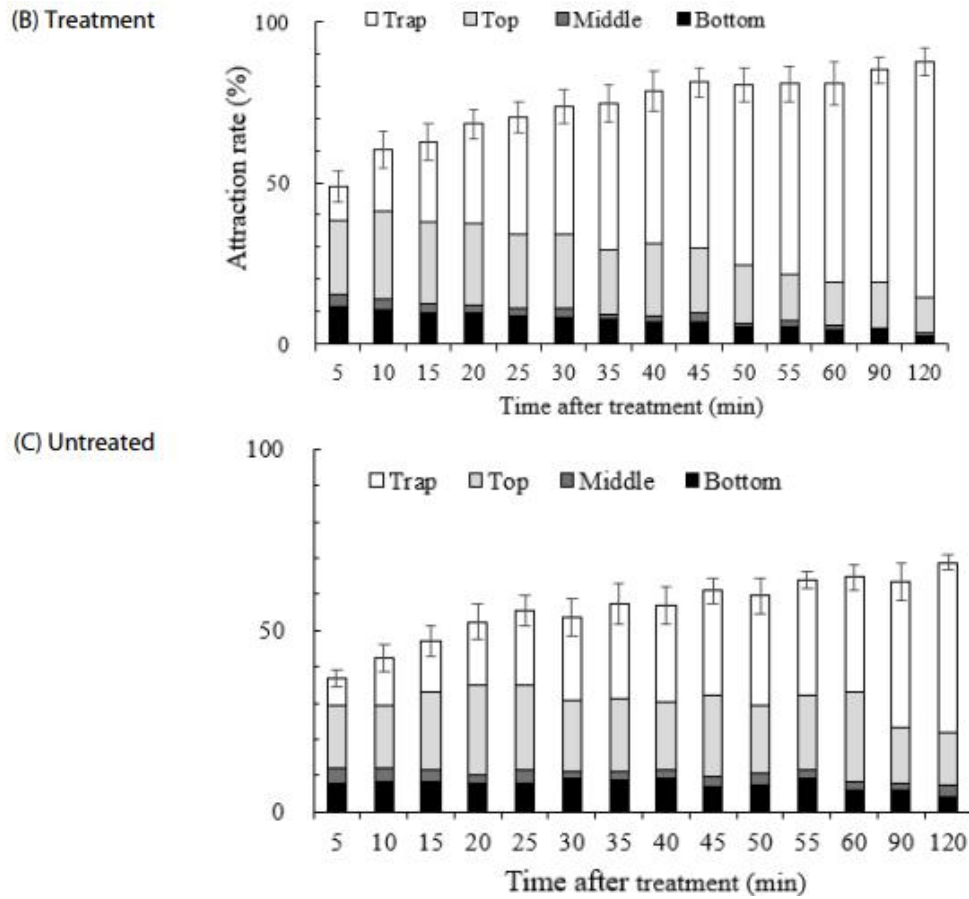


그림 2-21. Rate of *Aphidius colemani* attraction (%) to (A) white LED light (5,000 K, control), (B) 450 nm LED light (treatment), and (C) without LED light (untreated) according to exposure time and container location. Error bars represent standard deviations

표 2-16. Rate of *Aphidius colemani* attraction (mean \pm S.D.) to two LED light sources of different wavelength and without a light source (untreated) according to exposure time

Time examined (min)	Control (White)	Treatment (450 nm)	Untreated (without light source)	F value	P value
5	32.4 \pm 8.3 b	48.8 \pm 12.0 a	38.0 \pm 3.4 ab	4.66	0.0317
10	44.4 \pm 7.6 b	60.8 \pm 9.0 a	46.6 \pm 10.2 ab	4.87	0.0284
15	49.4 \pm 7.6 b	63.4 \pm 8.5 a	49.6 \pm 8.3 b	4.86	0.0285
20	53.2 \pm 4.0 b	69.0 \pm 6.9 a	54.0 \pm 10.8 b	6.61	0.0116
25	58.0 \pm 7.4 a	71.2 \pm 9.6 a	58.2 \pm 10.6 a	3.31	0.0717
30	61.0 \pm 5.9 ab	74.0 \pm 10.9 a	58.8 \pm 9.3 b	4.21	0.0413
35	62.0 \pm 7.6 ab	76.0 \pm 11.1 a	59.4 \pm 10.5 b	4.13	0.0431
40	64.2 \pm 5.5 ab	78.8 \pm 12.3 a	60.6 \pm 7.9 b	5.71	0.0181
45	64.6 \pm 4.7 b	81.6 \pm 9.6 a	63.6 \pm 7.8 b	8.75	0.0045
50	66.6 \pm 5.9 ab	81.0 \pm 9.7 a	63.0 \pm 11.2 b	5.34	0.0219
55	71.2 \pm 6.9 ab	81.0 \pm 9.9 a	65.6 \pm 5.6 b	5.15	0.0243
60	73.0 \pm 4.1 a	81.0 \pm 12.7 a	68.2 \pm 8.4 a	2.54	0.1205
90	72.0 \pm 3.7 b	85.4 \pm 6.5 a	67.0 \pm 11.0 b	7.62	0.0073
120	79.4 \pm 3.4 ab	87.4 \pm 9.5 a	70.4 \pm 6.7 b	7.41	0.008

다) 고찰

일반적으로 곤충은 붉은 빛이나 가시광선보다 파장이 긴 적외선은 인지하지 못하는 것으로 알려져 있으며(Lim and Ben-Yakir, 2020), 붉은색을 띄는 650 nm LED 광원근처에서 담배장님노린재의 유인력이 감소된다고 보고된 바 있다(Park and Lee, 2021). Y자관에서 진행된 본 연구의 선택시험에서도 대조구인 백색 LED에 비해 붉은색을 띄는 660 nm LED 광원에서 콜레마니진디벌의 유인되는 정도가 통계적으로 낮은 것이 확인되었다(Fig. 3). 같은 실험에서 푸른빛을 띄는 450 nm LED 광원과 보라빛의 405 nm LED 광원에서의 콜레마니진디벌 유인 효과는 대조구인 백색 LED와 통계적인 차이를 확인할 수 없었으므로(Fig. 3), 각 광원 단독 적용의 콜레마니진디벌 유인 효과를 확인하기 위하여 비선택시험을 진행한 결과 385 nm의 LED 광원(UV-A)과 푸른빛을 띄는 450 nm LED 광원에서 콜레마니진디벌에 대한 높은 유인 효과를 확인할 수 있었다(Table 1). UV는 파장에 따라 UV-A (315~400nm), UV-B (280~315nm)와 UV-C (100~280nm)로 분류되며, 오존층에서 대부분 흡수되는 UV-C와 달리 지표에 도달하여 표피까지 침투하는 UV-B와 진피까지 침투하는 UV-A는 피부 장벽 손상, 활성산소종 발생, 전염증성 사이토카인 생성의 촉진을 통한 피부 DNA 손상과 같은 광노화와 더불어 홍반, 우울과 눈의 결막에도 심각한 손상을 초래할 수 있다는 보고가 있다(Lee et al., 2021; Kim and Uh, 2021). 일부 연구에서 UV-LED를 방제 현장에 적용하여 해충의 밀도를 억제한 보고가 있으나, 이들은 모두 일몰시점의 일부 시간 동안 LED 광원을 적용하여, 농업 현장 작업자의 안정성이 문제시 되지 않았다(Ogino et al., 2016; Uehara et al., 2019; Park and Lee, 2021). 그러나 본 연구에서 선발된 광원은 천적의 품질을 확인하기 위한 장치에 적용되어 작업자에게 노출될 수 있기 때문에, 가시광선 영역에 속하는 푸른빛의 LED 광원(450 nm)을 콜레마니진디벌의 우화 기구에 적용할 최종 광원으로 선발하였다.

천적의 품질을 확인하기 위하여 광원을 활용한 사례는 이리응애류의 개체수 확인을 위한 ‘응애추출기’가 유일하다(van Lenteren, 2003). 천적의 품질관리를 위해 발간된 자료에서도 진디벌류의 수량 및 우화율, 성비와 번식력 등을 확인하는 방법들이 제시되어 있으나, 광원이 활용되지는 않았다(van Lenteren, 2003; Buitenbuis et al., 2017; KNERF, 2021). IOBC에서 제시한 진디벌류의 수량 및 우화율의 품질관리 항목 및 기준은 500개 머미를 대상으로 7일 동안 확인하였을 때, 45% 이상의 성충이 출현하여야 한다고 제시되어 있다(van Lenteren, 2003). 이때 우화율 확인은 환기가 가능한 지름 9 cm와 높이 15 cm의 용기에서, 머미와 충진재가 놓여 있는 하단을 매일 분리 및 새로운 용기를 결합시켜, 우화한 성충을 확인하는 방법으로 진행하고 있다. Vineland Research and Innovation Centre에서는 망으로 된 케이지 안에 천적 제품병을 열어 두고, 우화한 성충이 확인되면 일정 시간마다 흡충기로 성충을 수거하여 계수하는 방법을 제시한 바 있다(Buitenbuis et al., 2017). 상기에서 제시한 우화율 조사 시, 우화한 성충이 충진재 부근을 배회하고 있는 경우, 충진재와 성충의 분리가 곤란한 경우가 종종 있다. 이러한 현상을 회피하기 위하여, 천적연구회에서는 머미를 테이프에 부착해서 용기의 벽면에

세워, 머미와 성충을 손쉽게 분리하는 방법을 소개하였다(KNERF, 2021). 천적연구회에서 제시한 진디벌류의 수량, 우화율의 품질관리 항목 및 기준은 제품 3병 이상을 대상으로 하며, 7일 동안 우화한 성충의 수는 제품 라벨에 표기된 마리수 이상이면서 우화율은 45% 이상은 되어야 한다고 제시하였다(KNERF, 2021). 이때, 우화율 확인은 충전재와 분리한 머미를 테이프에 부착시켜 가로 세로 7.2 cm와 높이 10 cm의 용기에 세워 두고 7일 동안 우화를 유도한 다음 우화한 성충을 잠시 냉동고에 넣었다가 뺀 후, 성충을 테이프에 부착시켜계수한다고 제시하였다. 이렇듯 천적의 품질은 농업 현장의 해충방제 효과와 직결되므로 생산현장이나 농업현장에서의 천적의 품질 관리 및 확인을 위하여 다양한 방법들이 도출될 필요가 있다.

본 연구에서는 최종 선발된 LED 광원(450 nm)을 우화 기구에 세로로 적용하여 기존의 방법과 콜레마니진디벌에 대한 유인효과를 확인한 결과, 우화한 진디벌 70%를 유인하기 위해서 450 nm LED 광원을 조사하였을 때 20분, 백색 LED에서는 50분 이상, 및 무처리구에서 120분이 소요되었다(Table 2). 품질 관리를 위한 작업자의 노동시간을 단축하면서, 효과적으로 우화율을 확인할 수 있는 본 연구의 결과를 활용하여 우화한 성충과 하단의 머미를 분리할 수 있는 장치를 고안하여 ‘기생성 천적의 우화, 분리 및 비행 패턴 관리기’라는 기술명으로 특허를 등록(등록번호 제10-2408571호, 등록일자: 2022년 6월 9일)한 바 있다. 본 연구에서 선발된 LED 광원은 천적회사는 물론 농가 현장에서 천적의 품질 관리 및 확인을 위해 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

나. 포식성 천적의 품질관리장치 광원 효과 검증

참멋애꽃노린재 수컷이 선호하는 광원 파장에 따른 유인 효과 실험결과, 4종류의 처리구 간에 통계적 유의차는 없었으나 유지 시간은 385 nm + B.P vs only 5,000 k 에서 가장 길게 나타나 농업 현장에서 천적과 서식처 혼합 적용 시 천적의 유지 시간을 높여줄 것으로 예상됨(표 2-17). 반면 암컷의 경우 모든 처리구 간에 통계적 유의차가 없었음(표 2-18)

표 2-17. 참멋애꽃노린재 수컷이 선호하는 LED 광원 파장에 따른 유인 및 유지 효과확인 결과

	LED 광원 처리구	유인 및 유지 시간(초)	df	F	P
유인	385 nm + B.P + <i>Portulaca</i> vs only 5,000 k	169.66 ± 95.2 a	3,35	0.91	0.445
	only 385 nm vs only 5,000 k	197.66 ± 315.94 a			
	385 nm + B.P vs only 5,000 k	63.55 ± 49.69 a			
	385 nm + B.P vs 5,000 k+B.P	219.66 ± 277.71 a			
유지	385 nm + B.P + <i>Portulaca</i> vs only 5,000 k	673.66 ± 164.12 ab	3,35	5.31	0.004
	only 385 nm vs only 5,000 k	417.55 ± 315.38 b			
	385 nm + B.P vs only 5,000 k	834.33 ± 49.01 a			
	385 nm + B.P vs 5,000 k +B.P	573.44 ± 280.99 ab			

표 2-18. 참뿔애꽃노린재 암컷이 선호하는 LED 광원 파장에 따른 유인 및 유지 효과확인 결과

	LED 광원 처리구	유인 및 유지 시간(초)	df	F	P
유 인	385nm + B.P vs 5,000 k+B.P	166.11 ± 208.52 a			
	only 385 nm vs only 5,000 k	90.22 ± 82.1 a	2,26	1.42	0.2610
	385 nm+ B.P vs only 5,000 k	215 ± 157.71 a			
유 지	385 nm + B.P vs 5,000 k + B.P	702.55 ± 208.52 a			
	only 385 nm vs only 5,000 k	611.88 ± 275.2 a	2,26	0.39	0.6807
	385 nm + B.P vs only 5,000 k	600.44 ± 84.66 a			

다. 응애류 품질관리장치에 적용할 LED 광원 선발

응애류 품질관리장치에 적용할 LED 광원을 선발하기 위해 광원 별로 마일즈응애의 기피 효과를 확인하였다. 1차 실험인 광원과 천적 간 거리가 7 cm 일 때, 광원과의 거리가 멀어 마일즈응애가 빛을 인지하지 못해 모든 처리구 간 유의차가 없었던 것으로 사료된다(df = 4,44; F = 0.13; P = 0.9701). 이에 2차 실험에서는 광원 간격을 3 cm로 좁혀 진행한 결과, 1구간에서 405 nm와 450 nm에서 유지시간이 가장 짧았으나(df = 4,44; F = 6.93; P = 0.0002), 추후 제품화 시, 사용자들의 편의성을 고려해 기생성 천적 품질관리장치와 혼용할 수 있도록 기생성 천적 품질관리장치에서도 선발된 450 nm을 최종적으로 응애류 기피 광원으로 선발하였다(df = 4,44; F = 6.93; P = 0.0002).

표 2-19. 마일즈응애의 LED 광원 별 기피 효과

단위: 초(s)

구분	광원 간격 7 cm	광원 간격 3 cm
5,000 k	287.2 ± 223.4a	252.7 ± 133.8bc
385 nm	237.5 ± 154.9a	135.1 ± 100.1ab
405 nm	237.9 ± 116.5a	93.8 ± 66.4a
450 nm	247.8 ± 200.2a	78.2 ± 43.1a
660 nm	249.6 ± 127.7a	306.3 ± 179.2c

제3절 광식성 천적의 유인/유지를 위한 천적의 서식처-LED 플랫폼 개발

1. 연구목표

농업 현장의 해충방제 효과를 극대화하기 위하여 적용될 천적의 서식처와 먹이원에 선발된 LED 광원이 미치는 영향을 확인하고, 최적의 천적의 서식처-LED 플랫폼을 구축하고자 한다.

2. 연구내용

가. LED 광원에 의한 천적 서식처 2종의 생육 반응

- 실험광원: 5,000 k(대조구), 385 nm, 405 nm
- 환경조건: $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$, 16L:8D
- 천적 서식처: *Portulaca* sp., 보리
- 시험방법 1:
 - *Portulaca* sp. 줄기 60 - 70 mm 길이를 상온에 2일 건조 후, 각 포트(9 x 9 cm)에 9줄기씩 가식(n = 9)
 - 각 LED 광원을 *Portulaca* sp.가 가식된 셀트레이 위(가식된 포트 상단부터 광원까지 거리는 19 cm)에 설치. 이때, 다른 광원 차단을 위해 칸막이 설치
 - 가식 11일 후, 9 ~ 10일 간격으로 *Portulaca* sp. 줄기 및 뿌리 상태 확인
 - 실험 기간 동안 상토 건조 상태에 따라 관수, 주 1회 광원 위치 순환 이동
- 시험방법 2:
 - 보리 종자를 셀트레이 당 15립씩 파종(n = 3)
 - 각 LED 광원을 보리가 가식된 셀트레이(6 x 6 cm) 위(파종된 셀트레이 상단부터 광원까지 거리는 19 cm)에 설치. 이때, 다른 광원 차단을 위해 칸막이 설치
 - 파종 4일 후, 도복될 때까지 매일 발아율, 초장, 초폭 측정
 - 실험 기간 동안 상토 건조 상태에 따라 관수, 주 1회 광원 위치 순환 이동(그림 2-22)

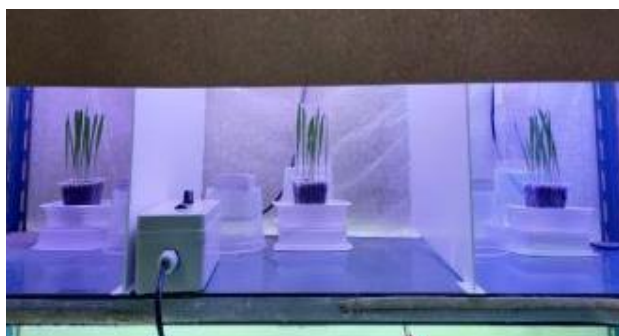


그림 2-22. LED 광원에서 천적 서식처 2종에 대한 성장 반응 비교

나. LED 광원에 의한 천적 먹이(진딧물)의 생육 반응

- 실험광원: 5,000 k(대조구), 385 nm, 405 nm
- 환경조건: $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$, 16L:8D
- 천적 먹이: 기장테두리진딧물(*Rhopalosiphum padi*)
- 시험방법:
 - 종이컵($\phi 4 \times h 3$ cm)에 보리 5주 접종 후 발아한 보리가 약 1.0~1.5cm가 되면 포트 당 기장테두리진딧물 15마리씩 접종(n=3)
 - 진딧물 관찰이 용이하도록 투명컵($\phi 9\text{cm} \times h 10.5$ cm, 환기구 5×3.5 cm)을 양방향으로 고정
 - LED 광원을 보리 종이컵 위(종이컵 상단부터 광원까지 거리는 21 cm)에 설치 후, 2일 간격으로 진딧물 밀도 확인(그림 2-23)



<일반광원>

<385nm>

<405nm>

그림 2-23. LED 광원에서 기장테두리진딧물의 생장 반응 비교

3. 연구 결과

가. LED 광원에 의한 천적 서식처 2종의 생육 반응

LED 광원이 천적 서식처 생장에 미치는 영향을 확인한 결과, 파종 후 8일부터 385 nm 와 405 nm 광원에서 보리 초장에 영향을 미침(파종 후 8일 $df = 2,70$; $F = 3.69$; $P = 0.0300$, 파종 후 11일 $df = 2,70$; $F = 3.94$; $P = 0.0241$, 파종 후 12일 $df = 2,70$; $F = 4.50$; $P = 0.0146$). 보리 초꼭은 385 nm 광원에서 파종 후 11일부터 영향을 미치는 것으로 확인됨(파종 후 11일 $df = 2,70$; $F = 3.37$; $P = 0.0291$, 파종 후 12일 $df = 2,70$; $F = 4.58$; $P = 0.0136$). 보리의 뿌리 성장에도 385 nm 광원에서 영향을 미치는 것으로 나타났고($df = 2,71$; $F = 2.25$; $P = 0.1126$), 발아율의 경우 처리구 간 통계적 유의차 없었음($df = 2,14$; $F = 1.98$; $P = 0.1802$)(그림 2-24, 2-25, 표 2-20)

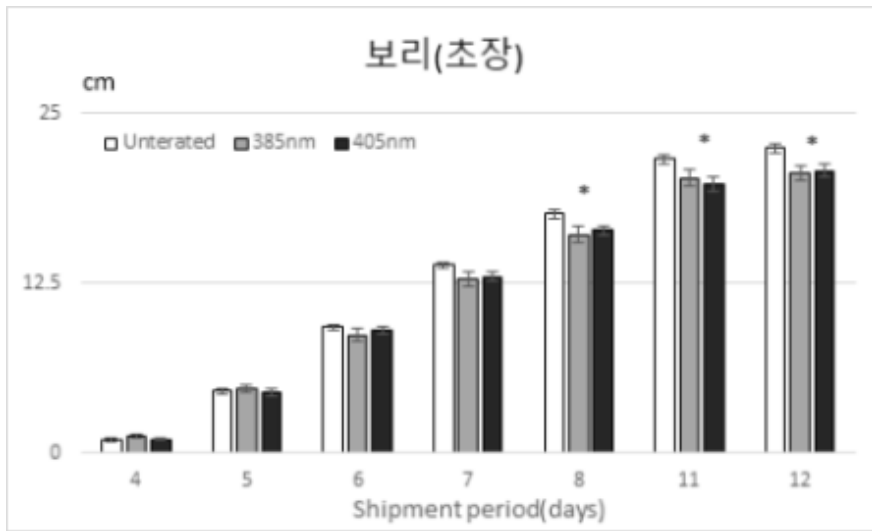


그림 2-24. LED 광원이 천적 서식처인 보리생장(초장)에 미치는 영향 변화

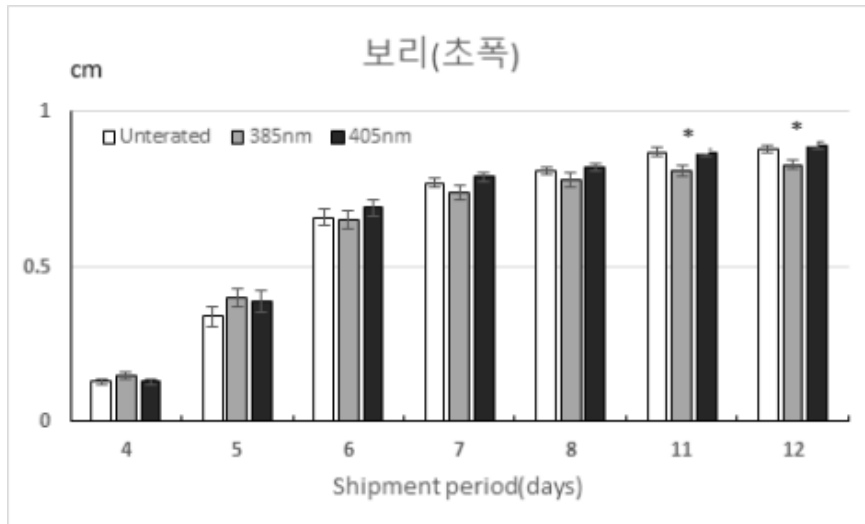


그림 2-25. LED 광원이 천적 서식처인 보리생장(초꼭)에 미치는 영향 변화

표 2-20. LED 광원이 천적 서식처(보리) 성장에 미치는 영향 확인 결과

구분	무처리	385 nm	405 nm
뿌리(cm, 파종 후 13일)	8.16 ± 1.49 a	7.41 ± 1.24 b	7.85 ± 0.81 ab
발아율(% , 파종 후 12일)	86.06 ± 9.25 a	73.39 ± 13.27 a	81.27 ± 6.89 a

LED 광원이 천적 서식처 성장에 미치는 영향을 확인한 결과, *Portulaca* 가식 후 31일에 385 nm 광원이 *Portulaca* 초장에 미치는 영향이 확인되었으며(df = 2,26; F = 3.7; P = 0.040), 가식 후 38일 이후에는 유의미한 차이가 없는 것으로 확인됨(df = 2,26; F = 1.05; P = 0.3644). *Portulaca* 뿌리 성장에는 가식 10일 후에 385 nm 광원에서 유의미한 차이가 확인되며(df = 2,26; F = 5.45; P = 0.0112), 10일 이후부터는 유의미한 차이가 없었음(그림 2-26, 2-27)

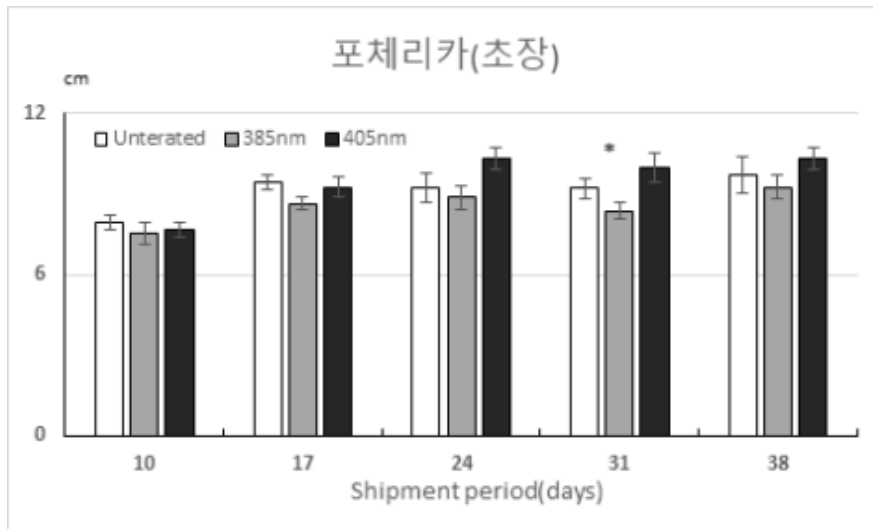


그림 2-26. LED 광원이 천적 서식처인 *Portulaca* sp.(초장)에 미치는 영향 변화(광 노출 16시간)

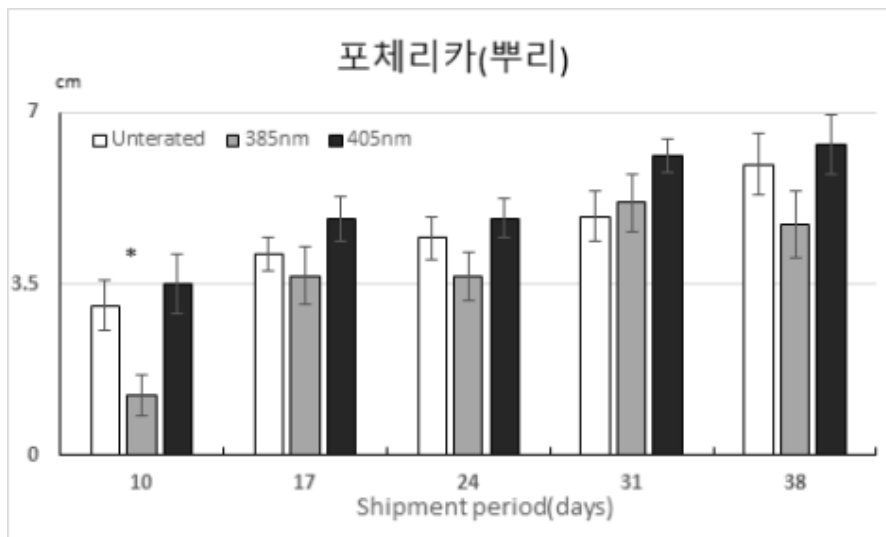


그림 2-27. LED 광원이 천적 서식처인 초체리카(뿌리)에 미치는 영향 변화(광 노출 16시간)

광 노출 시간(4시간)을 달리한 처리구에서 LED 광원이 천적 서식처 생장에 미치는 영향을 확인한 결과, 보리 파종 4일 후에서만 유의미한 영향이 있는 것으로 확인되고(df = 2,53; F = 3.75; P = 0.0302), 파종 후 12일까지는 유의차 없었음. 초꼭에서 나타나는 영향은 파종 6일, 12일 후에 유의미한 차이가 확인됨(6일 후: df = 2,53; f = 3.66; p = 0.0321; 12일 후: df = 2,53; F = 5.04; P = 0.0100)(그림 2-28, 2-29).

광 노출 시간(4시간)을 달리한 처리구에서 LED 광원이 천적 서식처인 *Portulaca* sp. 초장과 뿌리 생장에 미치는 영향을 확인한 결과 통계적 유의차는 확인되지 않음(표 2-21)

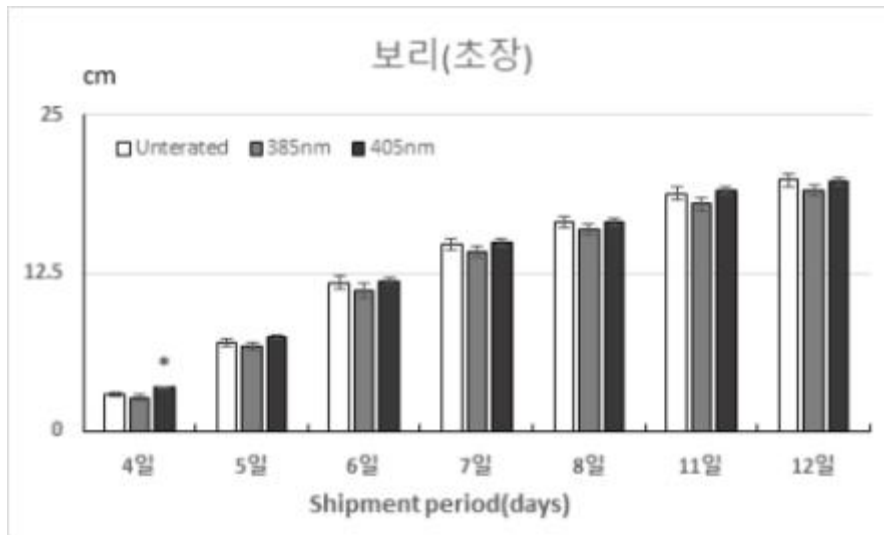


그림 2-28. LED 광원이 천적 서식처인 보리(초장)에 미치는 영향 변화(광 노출 4시간)

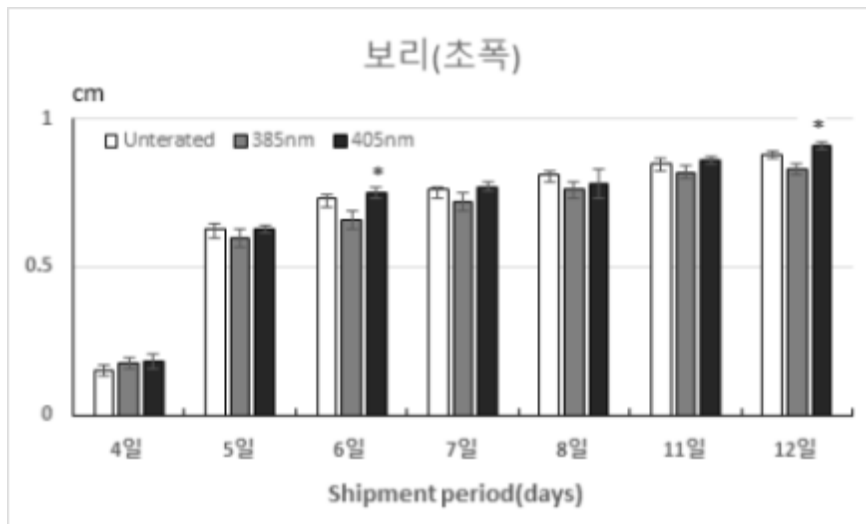


그림 2-29. LED 광원이 천적 서식처인 보리(초꼭)에 미치는 영향 변화(광 노출 4시간)

표 2-21. LED 광원이 *Portulaca*의 초장과 초꼭에 미치는 영향 변화(광 노출 4시간)

처리구	가식 후 경과일				
	11일	20일	30일	39일	
초장 (cm)	무처리	9.83 ± 1.41	10.3 ± 2.96	10.6 ± 2.44	10.9 ± 2.66
	385 nm	9.88 ± 1.47	11.1 ± 3.77	11.0 ± 2.44	10.9 ± 2.36
	405 nm	9.77 ± 1.87	10.9 ± 2.66	12.1 ± 4.59	11.8 ± 2.54
	df	2,26	2,26	2,26	2,26
	F	0.01	0.13	0.49	0.45
	P	0.9892	0.8806	0.6161	0.6449
	뿌리 (cm)	무처리	6.61 ± 3.05	7.94 ± 2.53	6.16 ± 1.9
385 nm		6.06 ± 2.35	6.0 ± 1.87	4.77 ± 1.46	4.77 ± 1.78
405 nm		7.55 ± 3.01	6.83 ± 2.46	5.88 ± 2.26	6.55 ± 2.18
df		2,26	2,26	2,26	2,26
F		0.65	1.61	1.34	2.19
P		5.314	0.2209	0.2803	0.1340

나. LED 광원에 의한 천적 먹이(진딧물)의 생육 반응

LED 광원이 천적의 먹이 증식에 미치는 영향을 확인한 결과, 405 nm 광원에서 진딧물 접종 8 일, 11일, 13일 후에 증식율이 높았으며(8일: $df = 2,17$; $F = 4.85$; $P = 0.0237$, 11일: $df = 2,17$; $F = 3.51$; $P = 0.0560$, 13일: $df = 2,17$; $F = 3.7$; $P = 0.0488$), 접종 15일, 18일, 20일 후에는 처리구 간 통계적 유의차는 없었지만 진딧물 밀도가 증가하다가 이후로는 감소하는 것을 확인함(그림 2-30)

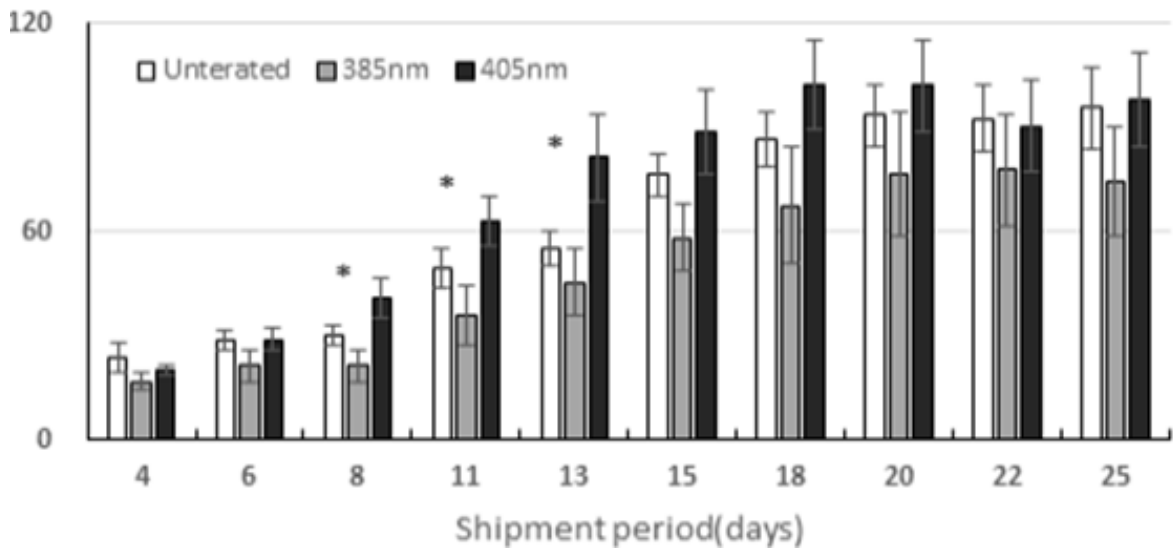


그림 2-30. LED 광원이 천적 먹이인 진딧물 증식에 미치는 영향 변화

제4절 시설 감귤과 고추에 대한 천적과 방제제 활용 표준화 모델 개발

1. 연구목표

지속 가능한 해충 관리를 위하여 최첨단 혁신 기술과 융합된 새로운 방제전략 수립이 중요해지고 있다. 이에 본 연구에서는 UV-LED 광원을 이용하여 시설 감귤과 시설 고추의 해충 관리 기술을 구축하고자 한다.

2. 연구내용

가. 시설 감귤에서 LED 플랫폼이 총채벌레와 참멋애꽃노린재에 미치는 영향(2차 진행)

- 실험광원: 385 nm
- 실험곤충: 참멋애꽃노린재(*Orius minutus*)
- 실험 대상 및 면적: 시설 만감류(청견), 1,045 m²(27.5 m × 38 m)
- 시험방법:
 - 하우스의 가로축을 기준으로, 양쪽 가장자리에서 4 m 떨어지 지점에 처리구(우측에서 4 m 지점)와 대조구(우측에서 24 m 지점) 설정, 화본과식물이 식재된 포트에는 각 300마리의 기장테두리진딧물을 천적 먹이원으로 접종
 - 처리구와 대조구의 감귤나무 아래에 천적의 서식처(다육식물, 화본과식물)를 각 3포트씩 (직사각화분 64.5 × 24 × 17 cm) 가식 및 설치
 - 처리구: 감귤나무 상위엽에서 평균 30 cm 위쪽에 LED 광원 설치
 - LED 점등시간: 6시간(오후 8시부터 새벽 2시)
 - LED와의 거리: 감귤나무 상단은 평균 30 cm 하단은 평균 100 cm, 보리상위엽은 167cm, *Portulaca* 상위엽은 202 cm, 지상부는 227 cm
 - 천적방사지점: 하우스 중간지점(우측에서 14 m 지점)의 감귤나무
 - 처리구, 대조구와 천적방사지점의 만감류 나무 4그루 선정 및 라벨 부착
 - 사전밀도조사: 3개 지점의 감귤나무 4면의 신초 4~7잎을 대상으로 총채벌레 밀도를 타락법으로 육안조사
 - 천적방사: 일몰 및 LED 점등 후, 천적방사지점의 라벨을 부착한 감귤나무에 우화한지 약 2주 된 참멋애꽃노린재 성충 2,000여 마리 방사
 - 밀도조사: 3개 지점의 감귤나무 신초 4 - 7잎을 타락법 및 육안조사로 확인. 천적의 서식처는 전수조사함(그림 2-31)



[LED 점등 모습]



[감귤원에 조성된 서식처]



[밀도 조사 모습]

그림 2-31. 현장 조사

나. 시설 감귤에서 LED 플랫폼이 귤굴나방과 천적에 미치는 영향

가) 귤굴나방 피해율과 천적의 기생률 확인

- 실험기간: 22. 4. 13. ~ 7. 13.
- 실험광원: 385nm LED 광원(점등시간: 7pm ~ 1am)
- 실험곤충: 참멋애꽃노린재(*Orius minutus*)
- 실험 대상 및 면적: 시설 만감류(청견), 1,045 m²(27.5 m × 38 m)
- 조사방법:
 - 시설 입구부터 5m 간격으로 30 m 지점 설정
 - 각 지점의 만감류 3그루 선발
 - 각 나무 당 30개 잎 무작위로 선발
 - 10배율 확대경으로 귤굴나방 피해 및 귤굴나방 천적의 밀도 조사



그림 2-32. 귤굴나방 밀도 확인을 위한 현장 조사

나) 귤굴나방 천적의 기생률 2차 확인

- 실험기간: 22. 7. 14. ~ 9. 9.
- 귤굴나방 접종기간: 22. 7. 14. ~ 8. 14.
 - ※ 접종기간동안 LED 광원 off, 전체 잎의 약 90%에 귤굴나방 접종 확인 후 실험 시작
- 적용광원: 385nm LED 광원(점등시간: 7pm ~ 1am)

- 대상작물: 시설 만감류(청견), 1,045 m²(27.5 m × 38 m)
- 처리구: 광원처리구, 무처리구
- 조사방법:
 - 시설 중앙에 광원 설치
 - 광원으로부터 0, 5, 10, 15m 지점 설정
 - 각 지점의 만감류 3그룹 선발
 - 각 나무 당 약 30개 잎 무작위로 선발(n=74~111)
 - 10배율 확대경으로 굴굴나방 천적의 기생률 조사
 - 통계분석: 굴굴나방 피해율과 천적의 기생률은 T-test로 분석하였고, 거리 별 천적의 기생률은 카이 제곱 검정으로 분석하였다(Type I error = 0.05).



그림 2-33. 감귤원 중앙에 설치된 LED 광원과 굴굴나방 천적의 기생률 2차 조사

다. 시설 감귤에서 LED 플랫폼이 진딧물 밀도에 미치는 영향

- 실험기간: 22. 4. 13. ~ 7. 13.
- 실험광원: 385nm LED 광원(점등시간: 7pm ~ 1am)
- 처리구: 천적-LED 플랫폼 처리구(천적+bp+LED), 대조구(천적+bp)
- 실험 대상 및 면적: 시설 만감류(청견), 1,045 m²(27.5 m × 38 m)
- 조사방법:
 - 온실 중간지점(15m 지점)의 감귤나무 상위엽에서 평균 30cm 위쪽에 LED 광원 설치
 - 천적 방사지점으로부터 5m간격(0, 5, 10, 15 m 지점을 대상으로)으로 4개 지점 설정 및 라벨 부착
 - 각 지점별 감귤 나무 3그룹 대상으로 실험을 진행(전체 12그룹)
 - 사전 밀도 조사: 각 지점, 나무 4방위의 각 30개 순을 대상으로 육안/타락법 조사로 해충 밀도 확인(4월 19일)
 - 2차 사전 밀도 조사 후 일몰 직전 천적 방사(4월 21일): 각 천적 방사 지점에 참멋애꽃노린재 성충(≤10 days old) 500마리 방사(처리구에 1,000마리, 대조구에 1,000마리 방사)
 - 서식처: 각 천적 방사 지점과 중앙에 천적 서식처(기장테두리진딧물이 접종된 보리 사각 포트와 채송화가 식재된 포트 5개) 조성

- 밀도조사: 7일 간격으로 사전밀도조사와 동일한 방법으로 조사. 단, LED 의 영향이 희석되지 않는 이른 오전에 실시함



그림 2-34. 시설 감귤에서 LED 플랫폼이 진딧물 밀도에 미치는 영향 조사

라. 시설 감귤에서 천적과 방제제 활용 표준화 모델 개발

- 상기 실험 결과를 참고하여, 시설 감귤에서 천적과 방제제 활용 표준화 모델 구축

마. 시설 고추에서 LED 플랫폼이 해충 밀도에 미치는 영향

- 실험기간: 22. 4. 15. ~ 7. 21.
- 실험광원: 385nm LED 광원(점등시간: 7pm ~ 1am)
- 조사지역: 강원 영월군의 시설 고추 3개 동(4월 초 정식)
- 처리구 설정: 천적 처리구, LED 처리구, 약제 처리구
 - 천적 처리구: 본 연구팀에서 구축한 천적 방사 기본 계획에 준하여 천적을 투입함(표 2-22)(마일즈응애 1회, 미끝애꽃노린재 1주 간격으로 3회). 단, 지중해이리응애는 단기적으로 수입에 어려움이 있어 적용하지 않았으며, 노린재/나방류 방제를 위하여 6월말과 8월중에 약제를 살포하였음
 - LED 처리구: 하우스 중간 위치에 380nm LED바를 4개 가로로 설치하였으며, 천적은 천적 처리구와 동일하게 적용하였음
 - 약제 처리구: 농장주의 관행적인 방제 방법으로 진행함(10일 간격 약제 살포)
- 조사방법
 - 4월 15일부터 7일 간격으로 5 m 간격으로 작물체에 라벨 부착, 각 지점의 식물체 당 상중하 3개 지점(꽃봉오리 포함)을 선정해서 10배율 확대경으로 직접 또는 타락법으로 확인
 - ※ 작기 종료 시점인 9월까지 조사를 진행하고자 하였으나, 조사가 진행되던 온실의 지역적 특성상 천둥 번개를 동반한 비소식이 잦았으며, 결국 7월 말 밤시간에 벼락을 맞고 LED 처리구의 콘센트 박스가 손상됨. 농장주와 협의 후 재설치를 하고자 하였으나, 시기상 한달 가량 지속적으로 벼락이 예상되어 결국 농장의 안전을 위하여 실험을 종료함



그림 2-35. 벼락에 맞아 손상된 LED처리구의 콘센트 박스

표 2-22. 시설 고추(660m²) 총채벌레 방제를 위한 천적 방사 기본 계획

적용 천적		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	
천적명	제품규격	상	중	하	상	중	하	상	중	하
작부시기			정식							작기종료
총채벌레 발생										
뿌리이리응애	10,000마리/병		▼							
			※ 표준 방사량: 2병/660m ² ※ 토양내 미소 해충뿐만 아니라 곰팡이나 식물부산물을 먹이로 생존이 가능하므로, 예방적 측면에서 사용함							
지중해이리응애	25,000마리/박스		▼	▼						
			※ 표준 방사량: 1박스/660m ² ※ 다양한 미소 해충뿐만 아니라 꽃가루를 먹이로 생존이 가능하므로, 예방적 측면 또는 해충발생 초기에 사용함							
미끌애꽃노린재	500마리/병		▼	▼	▼					
			※ 표준 방사량: 1병/660m ² ※ 7~10일 간격으로 연속 방사하면서 천적의 정착을 유도함(천적의 정착이 확인되면 방사중단)							

소발생 시기 (▼): 천적 방사
 밀도증가 시기 ※ 고온기 또는 해충의 밀도가 급격히 증가하는 시기에는 천적에 독성이 약한 약제 혼용 가능

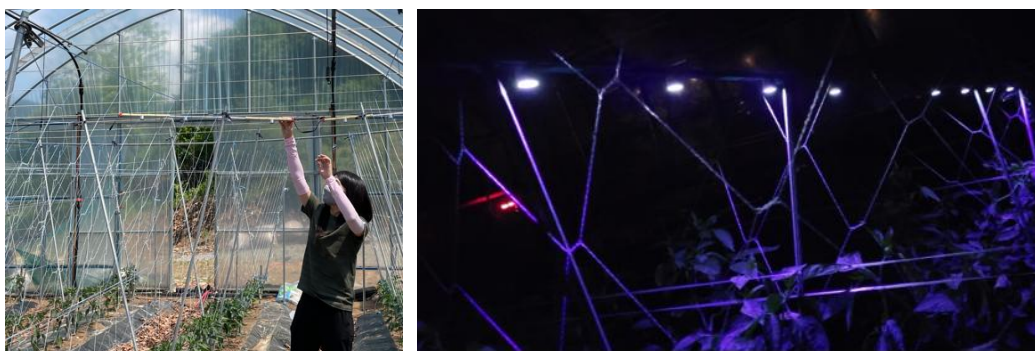


그림 2-36. 시설 고추에 설치된 LED 및 적용 모습

바. 시설 고추에서 천적과 방제제 활용 표준화 모델 개발

- 상기 실험 결과를 참고하여, 시설 고추에서 천적과 방제제 활용 표준화 모델 구축

3. 연구 결과

가. 시설 감귤에서 LED 플랫폼이 총채벌레와 참멋애꽃노린재에 미치는 영향

시설 감귤에서 LED-서식처 혼합 적용과 서식처 단독 적용에 대한 천적(참멋애꽃노린재)의 유인/유지 효과를 검증하였다. 1차 실험 결과 총채벌레의 밀도는 처리구별 유의차가 없었으며(7월9일: $df = 1,7; F = 0.65; P = 0.4517$), 천적의 밀도는 혼합 적용구에서 월등히 높게 확인되었다(7월7일: $df = 1,7; F = 36.1; P = 0.0039$)(그림 2-37).

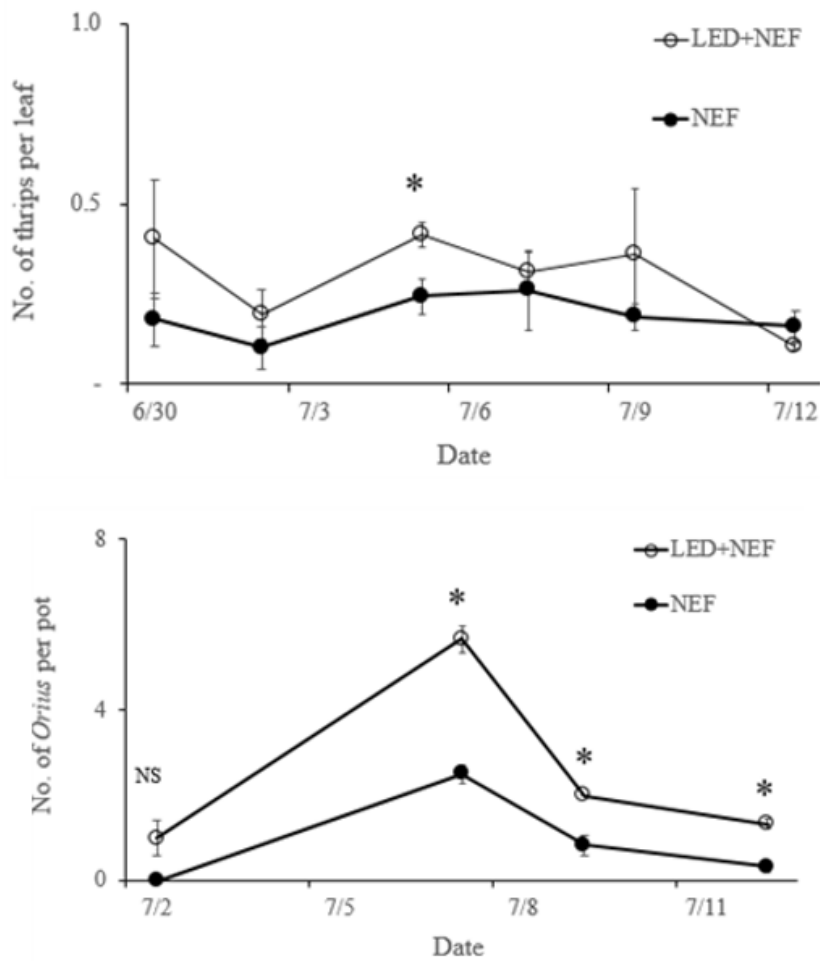


그림 2-37. (1차 실험) 감귤에서 LED 점등 후 총채벌레(왼쪽)와 천적(오른쪽) 밀도 변화

2차 실험 결과 천적 방사 전(8월 29일) 총채벌레의 밀도는 평균 0.8 ~ 0.9마리였으나 천적 방사(8월 30일) 후를 기점으로 감소하여 9월 6일에는 혼합 적용구와 서식처 단독 처리구에서 총채벌레 밀도가 평균 0.2 마리로 감소하였다(9월 6일: $F = 0.09; df = 1,7; P = 0.7683$). 천적의 밀도는 방사 직후 서식처 단독 처리구 내의 꽃이 더 많이 개화되어 유인된 것으로 보이나, 방사 1일 후부터 LED를 적용한 혼합 적용구에서 천적 밀도가 더 높아졌다. 그러나 천적의 먹이 부족으로 9월 6일에 천적의 밀도가 급격하게 감소하여 천적의 밀도도 동반 하락한 것으로 판단된다(9월1일: $F = 2.95; df = 1,7; P = 0.1366$)(그림 2-38).

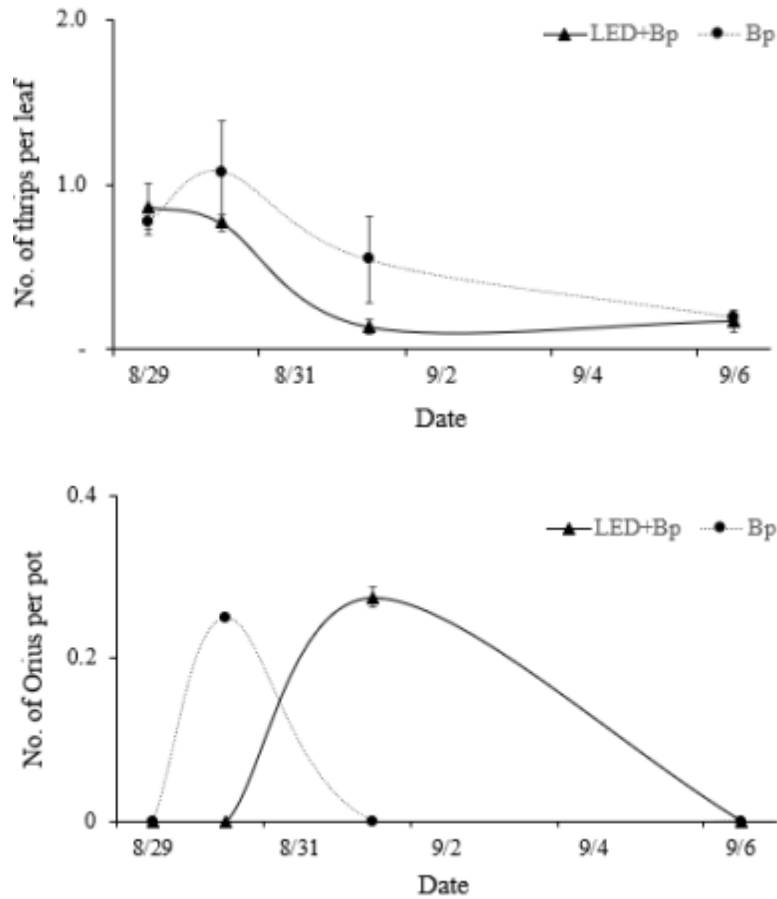


그림 2-38. (2차 실험) 감귤에서 LED 점등 후 총채벌레(왼쪽)와 천적(오른쪽) 밀도 변화

나. 시설 감귤에서 LED 플랫폼이 귤굴나방과 천적에 미치는 영향

가) 귤굴나방 피해율과 천적의 기생률 확인

시설 감귤에서 천적-LED 플랫폼이 귤굴나방과 귤굴나방 기생성 천적에 미치는 영향을 확인한 결과, UV-LED 광원 설치 3개월 후 감귤 잎의 귤굴나방 피해율은 무처리구의 57.8% 수준으로 낮게 유지되는 것을 확인할 수 있었다(t Value = 4.33; P = 0.001). 귤굴나방 기생성 천적의 밀도는 처리구별 통계적인 차이를 확인할 수 없었다(t Value = -2.02; P = 0.0662).

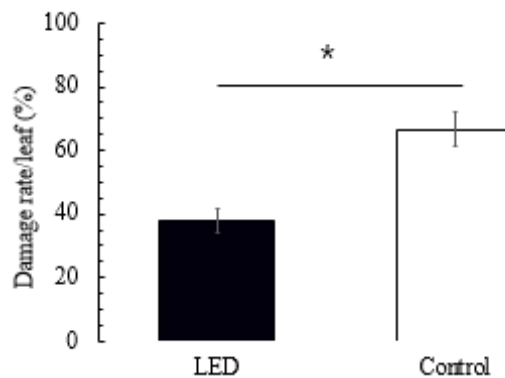


그림 2-39. 시설 만감류에서 처리구별 귤굴나방 피해율(t Value = 4.33; P = 0.001)

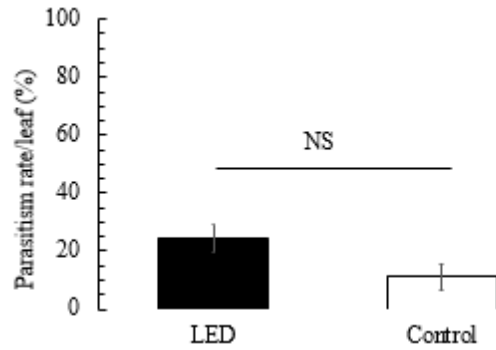


그림 2-40. 시설 만감류에서 처리구별 귤굴나방 천적 기생률(t Value = -2.02; P = 0.0662)

나) 귤굴나방 천적의 기생률 2차 확인

새순에 90% 수준으로 귤굴나방 피해를 유발한 후 UV-LED 광원을 설치한 후, 귤굴나방 기생성 천적의 기생률을 확인한 결과, 처리구의 천적 발생률(기생률)은 무처리구의 1.97배 수준으로 높게 확인되었다(t Value = -4.74; P = 0.002). 또한 광원 거리별 귤굴나방 천적 기생률을 확인한 결과, LED 광원으로부터 5 m 이상 멀어지면 천적의 기생률도 유의미하게 낮아지는 것을 확인 할 수 있었다(자유도3; 카이제곱값 35.0047; P < 0.0001). 본 연구 결과를 활용하여, UV-LED 광원과 더불어 귤굴나방 밀도억제에 효과적인 약제와 천적을 혼합 적용한다면, 시설 감귤에서 귤굴나방의 밀도를 안정적으로 관리할 수 있을 것으로 판단된다.

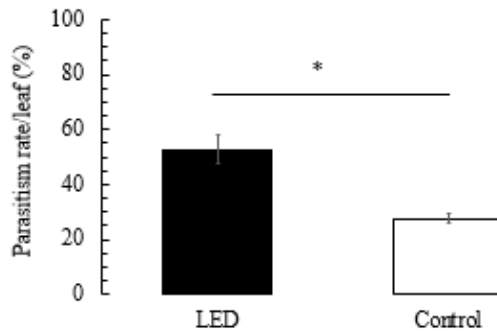


그림 2-41. 시설 만감류에서 처리구별 귤굴나방 천적 기생률(t Value = -4.74; P = 0.002)

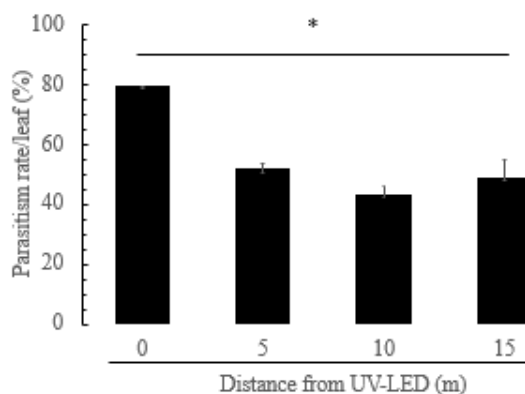


그림 2-42. 광원 거리별 굴굴나방 천적 기생률(자유도3; 카이제곱값 35.0047; P <0.0001)

라. 시설 감귤에서 LED 플랫폼이 진딧물 밀도에 미치는 영향

전체 처리구에서 진딧물의 밀도는 순 당 2마리 이하로 낮게 유지되었으며, LED 플랫폼 처리구에서 대조구보다 낮은 진딧물 밀도를 보였다(그림 2-43). 다만 통계적인 차이는 확인할 수 없었다(4월 28일: df=1,13; F=4.05; P=0.0672, 5월 5일: df=1,13; F=0.66; P=0.4307).

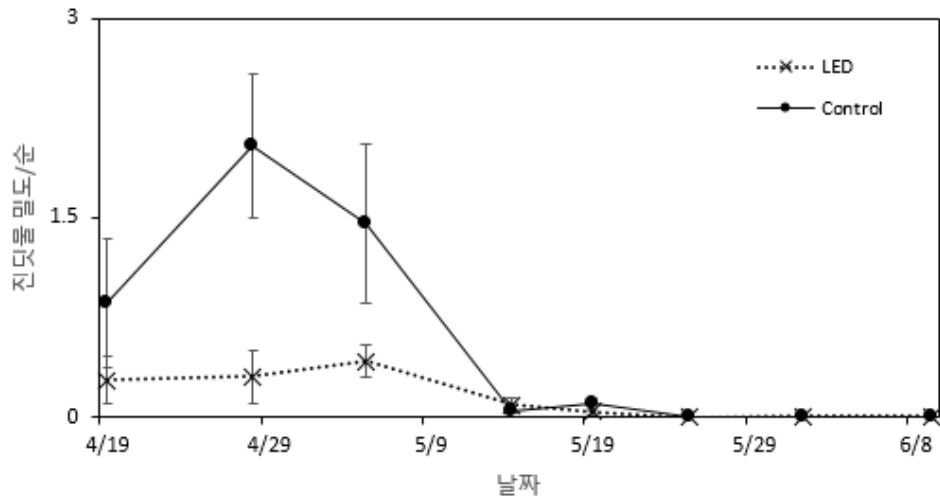


그림 2-43. 시설 감귤에서 처리구별 진딧물 밀도 변동

마. 시설 감귤에서 천적과 방제제 활용 표준화 모델 개발

본 연구를 통하여, 시설 감귤에서 LED 플랫폼이 해충의 밀도억제와 천적의 유인/유지에 긍정적인 영향을 주는 것을 확인할 수 있었으며, 나아가 시설 감귤 현장에서 LED 플랫폼을 적용할 수 있는 모델을 제시하고자 한다. 다만, 본 연구에서 제시하는 모델은 단기간에 구축된 바 있어, 지속적인 수정/보완이 필요할 것이다.

표 2-23. 시설 감귤 해충방제를 위한 천적-LED 플랫폼 적용 모델(안)

대상해충	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월~
진딧물류	▽				▽			
	♣				♣	▶		
총채벌레류	▽				▽	▽		
	★					▶		
굴굴나방류	▽				▽	▽		
	★					▶		

Occurrence periods Increase periods

* (★): 해충유인·기피 물질 및 LED광원(일몰 후부터 4~6시간 적용) 설치, (▽): 천적방사, (♣): 서식처 적용, (▶): 해충이 급증하는 시기에 필요 시, 친환경자재 적용

바. 시설 고추에서 LED 플랫폼이 해충 밀도에 미치는 영향

본 연구를 통하여, 시설 고추에서 LED 플랫폼이 해충의 밀도 억제와 천적의 유인/유지에 미치는 영향을 확인하였다. 작기 전반에 걸쳐 LED 처리구에서 천적처리구와 약제처리구에 비해 총채벌레의 밀도가 낮게 유지되었다(그림 2-44)(5월 13일: $df=2,11$; $F=7.02$; $P=0.0146$, 6월 7일: $df=2,11$; $F=8.33$; $P=0.009$, 7월 6일: $df=2,11$; $F=134.4$; $P\leq 0.00001$). 천적의 밀도는 천적처리구에 비해 조금은 높게 확인되었으나(그림 2-45), 통계적인 차이는 없었다(5월 26일: $df=1,7$; $F=1$; $P=0.356$, 5월 30일: $df=1,7$; $F=0.86$; $P=0.39$, 6월 20일: $df=1,7$; $F=0.24$; $P=0.642$, 7월 15일: $df=1,7$; $F=3$; $P=0.134$).

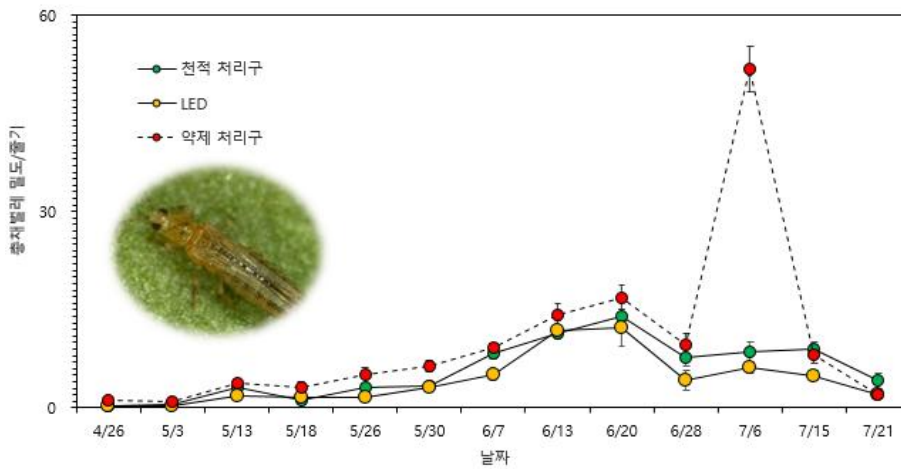


그림 2-44. 처리구별 총채벌레의 경시적인 밀도변동

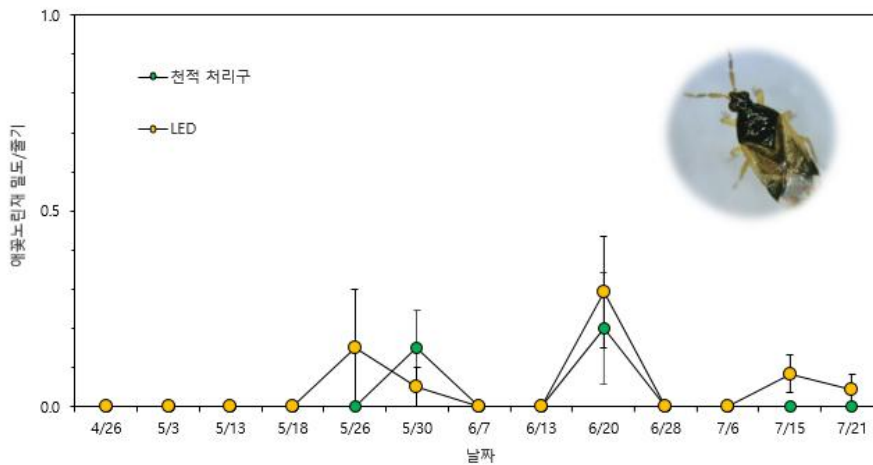


그림 2-45. 처리구별 애꽃노린재의 경시적인 밀도변동

진딧물과 잎응애류의 밀도는 전체 처리구에서 2마리 이하로 낮게 유지되었다(그림 2-46). 다만 6월 20일경 천적 처리구에서 다른 처리구에 비해 진딧물의 밀도가 다소 높게 확인되었으나 1주일 후 천적에 의해 진딧물의 밀도가 잘 억제되는 것을 확인할 수 있었다($df=2,11$; $F=5.78$; $P=0.0243$).

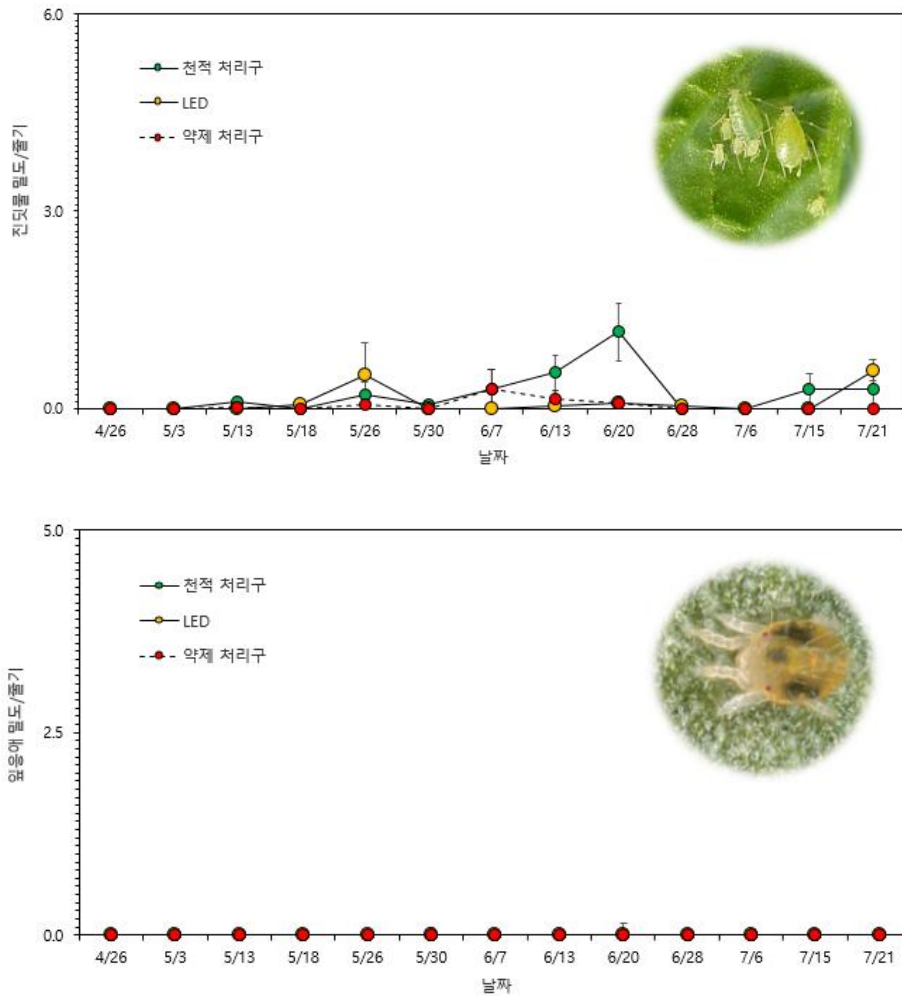


그림 2-46. 처리구별 진딧물과 알의 경시적인 밀도변동

사. 시설 고추에서 천적과 방제제 활용 표준화 모델 개발

본 연구를 통하여, 시설 고추에서 LED 플랫폼이 해충의 밀도억제와 천적의 유지에 긍정적인 영향을 주는 것을 확인할 수 있었으며, 시설 고추에서 LED 플랫폼 적용모델을 제시하고자 한다. 다만, 본 연구에서 제시하는 모델은 단기간에 구축된 바 있어, 지속적인 수정/보완이 필요할 것이다.

표 2-24. 시설 고추 해충방제를 위한 천적-LED 플랫폼 적용 모델(안)

대상해충		4 월	5 월	6 월	7 월	8 월	9 월	10 월	
총채벌레류	★		▽	▽	▽				
	♣								
진딧물류	★		▽	▽					
	♣								
Occurrence periods		Increase periods							

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

제3장 주요 천적별 유인/유지 효과가 있는 LED 선발을 통한 LED 광원 이용 천적과 해충에 대한 제어 기술 고도화(임언택, 안동대학교)

제1절 LED 광원 이용 천적과 해충에 대한 제어 기술 고도화

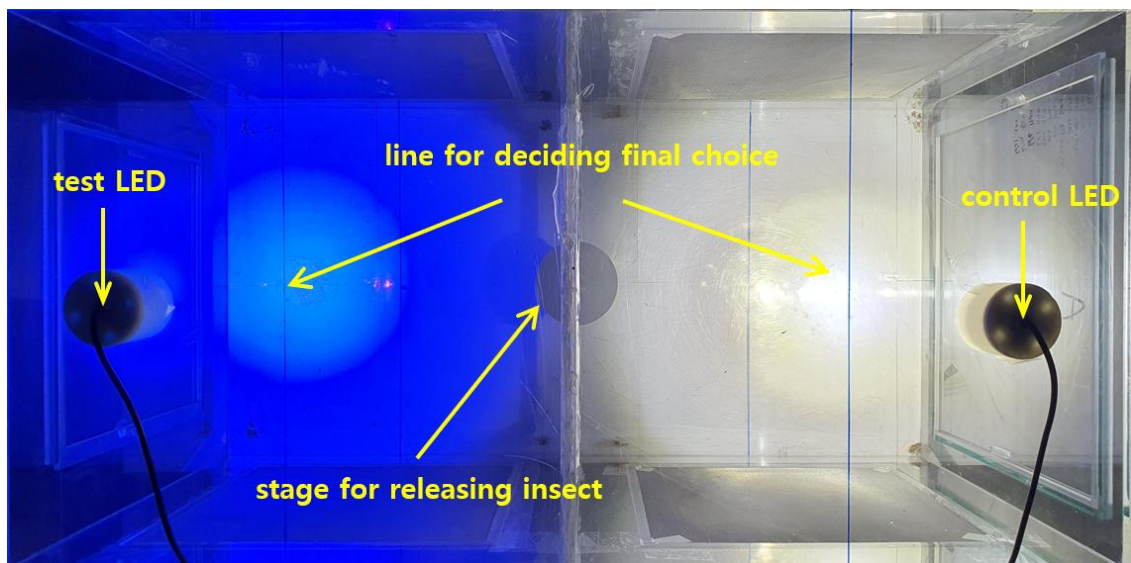
1. 연구목표

- 현재 판매되고 있는 천적 종에 대한 LED 파장별 유인효과 규명
- 선발된 LED 파장과 천적조합을 하우스 작물 혹은 포트에서 실증
- 작물 2종 이상에 대한 천적과 방제제 활용 표준화 모델 구축(하우스)

2. 연구내용

가. 현재 판매되고 있는 천적 종에 대한 LED 파장별 유인효과 규명

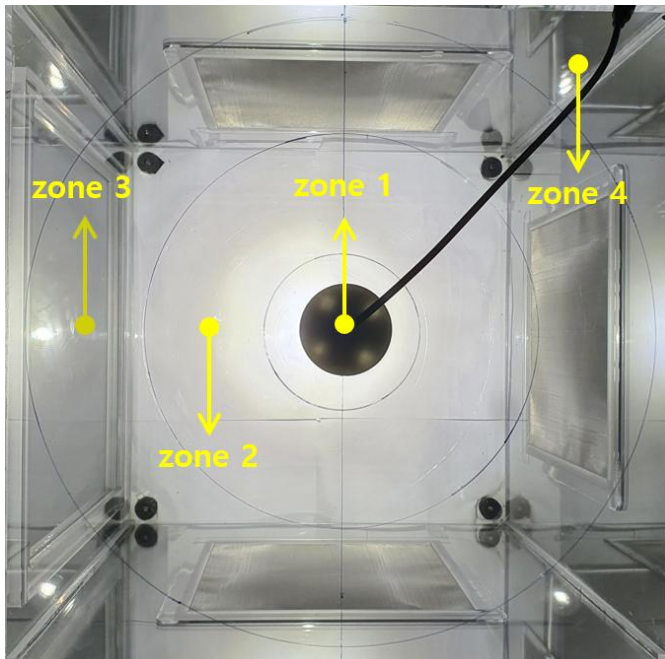
- 천적별 가장 큰 유인 효과가 있는 후보 LED 파장에 대한 선택 실험을 통해 검증 및 분석 후 선발
- 두 개의 아크릴 곤충 사육 상자(40 L × 40 W × 40 H cm, 그림 3-1)를 이어 붙이고 중간지점에 곤충을 방사한 후, 곤충이 첫 번째로 향하는 상자의 선택률(최초반응률)과 선택된 상자에서 중간지점을 넘어 2분 이상 머무르는 비율(최종선택률)을 기록하였다. 처리구와 대조구 간의 최초반응률과 최종선택률 비교는 두 비율을 z 검증법을 사용함



< 그림 3-1. 천적의 LED 파장에 대한 선택 실험 장치. 왼쪽은 검증대상 LED 파장을 비추는 처리구이고 오른쪽은 일반 백색 LED를 비추는 대조구임 >

나. 현재 판매되고 있는 천적 종에 대한 LED 파장별 유지효과 규명

- 가장 큰 유인 효과가 있는 후보 LED 파장별 유지효과를 평가함
- 아크릴 곤충 사육 상자(40 L × 40 W × 40 H cm³, 그림 3-2)에 LED를 조사하고 곤충이 광원에서 거리별로 머무는 시간을 1시간 동안 기록함

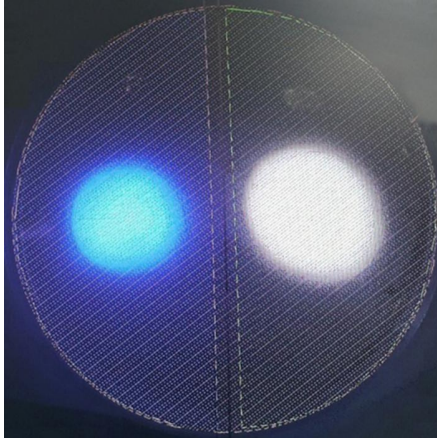


< 그림 3-2. 천적의 LED 파장에서의 유지효과 시험 장치. 광원 조사 구역을 기준으로 4개의 구역으로 나누어 천적의 머무는 시간을 기록함 >

다. 행동측정기 EthoVision을 이용한 385 nm LED에 대한 천적의 유인 및 유지 효과 비교

- 시험기간: 2021년 1월 - 6월
- 시험대상: 참멋애꽃노린재(*Orius minutus*), 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*)
- 시험방법:
 - 지름 9 cm의 페트리디시에 385 nm LED와 5000k LED를 30분 동안 조사한 후 성충 천적 곤충의 행동을 녹화 함(n = 10, 그림 3-3)
 - LED 광원은 표면으로부터 20 cm 위에서 조사하였으며, 조도계(HD2101.1, Delta OHM, Padua, Italy)로 측정된 결과 그 세기는 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이었음
 - 전체 30분의 조사시간은 10분씩 3회로 나누어 시험하였으며 각 10분 관찰 후에는 1시간의 휴식시간을 둠
 - 참멋애꽃노린재는 12시간 굶긴 암컷을 사용하였고, 콜레마니진디벌은 포식 및 교미한 암컷을 사용함

- EthoVision (그림 3-4)을 이용해서 페트리디시 중앙선 기준 좌우측에서의 전체 이동 거리 (total distance moved), 평균 속도(mean velocity), 평균 기간(mean duration), 누적 기간 (cumulative duration), 평균 방향전환 각도(mean turn angle), 평균 각속도(mean angular velocity)를 분석함



< 그림 3-3. 페트리디시내 385 nm LED(좌)와 5000k LED(우)를 조사한 실험 장면 각각의 LED가 포함된 점선 내 영역에서의 곤충행동을 녹화 및 분석함 >



< 그림 3-4. LED에 의한 곤충행동의 변화 측정에 사용한 EthoVision 시스템 >

라. 소규모 딸기와 참외 하우스에서의 385 nm LED 설치 후 해충과 천적 밀도 변화 비교

1) 딸기하우스 검증

- 정식일: 2021년 9월 24일
- 천적 방사 일시: 2021년 5월 7일 일몰 시간(19시 19분)
- 천적 방사 밀도: 시험구당 200마리
- LED(385 nm) 사용 시간: 일몰 시간부터 6시간 동안 점등함(그림 3-5, 그림 3-6)
- 잎응애류(*Tetranychus* sp.) 조사방법
 - 시험구 당 8개 식물 조사함
 - 각 식물에서 임의로 선택한 잎 3개를 사진촬영 한 후 실험실에서 응애 마릿수를 기록함
 - 5월 7, 8, 9, 10, 11일 오전 7시에 사진을 촬영함
- 참멋애꽃노린재(*Orius minutus*) 조사방법
 - 각 시험구 내 8개 식물에 있는 참멋애꽃노린재 마릿수를 기록함
 - 5월 10, 11, 13일 오전 7시에 조사함



< 그림 3-5. 시험을 실시한 소규모 딸기 하우스내 설치된 LED 조사 장치 >



< 그림 3-6. 딸기 하우스내 설치된 LED를 점등한 모습 >

2) 참외하우스 검증 (1차)

- 정식일: 2021년 6월 25일
- 천적 방사: 2021년 8월 26일 일몰시간(19시 03분)
- 천적 방사 밀도: 시험구당 200마리
- LED(385 nm) 사용 시간: 일몰시간부터 6시간 동안 점등함
- 해충류(가루이류, 잎응애류, 진딧물류) 조사방법
 - 시험구 당 8개 식물을 조사함(1 m 간격으로 1줄당 4개체를 임의선택)
 - 각 식물에서 임의로 선택한 잎 3개(각 5 x 5 cm²)를 사진촬영 후 실험실에서 해충 마릿수를 기록함
 - 8월 25, 26, 27, 28, 29일 오전 9시에 사진을 촬영함
- 참땀애꽃노린재(*Orius minutus*) 조사방법
 - 각 시험구 내 8개 식물(1 m 간격으로 1줄당 4개체를 임의선택)에 있는 참땀애꽃노린재 마릿수 개수
 - 8월 27, 28, 29일 오전 9시에 조사함

3) 참외하우스 검증 (2차)

- 정식일: 2021년 6월 25일
- 천적 방사: 2021년 9월 9일 일몰시간(18시 43분)
- 천적 방사 밀도: 시험구당 200마리(그림 3-7)
- LED(385 nm) 사용 시간: 일몰시간부터 6시간 동안 점등함(그림 3-8, 그림 3-9)
- 가루이류 조사방법
 - 시험구 당 4개의 식물을 조사함

- 각 식물에서 임의로 선택한 잎 3개(각 5 x 5 cm²)를 사진촬영 후 실험실에서 가루이 약충 마릿수를 기록함

- 9월 9, 10, 11, 12, 13일 오후 4시에 사진을 촬영함

○ 참뿔애꽃노린재(*Orius minutus*) 조사방법

- 각 Plot내 4개 식물에 있는 참뿔애꽃노린재 마릿수를 기록함

- 9월 9, 12, 13, 15, 18, 22, 27일은 오후 4시에 조사; 10월 4, 11, 18일은 오후 3시에 조사함



< 그림 3-7. 참외 하우스내 천적인 애꽃노린재를 방사하는 모습 >



< 그림 3-8. 시험을 실시한 소규모 참외 하우스내 설치된 LED 조사 장치 >



< 그림 3-9. 참외 하우스내 설치된 LED를 점등한 모습 >

마. 개발된 천적-LED 플랫폼을 2개 이상의 하우스 작물(딸기, 참외)에서 실증

1) 딸기하우스 검증

○ 정식일: 2022년 3월 14일

○ 천적 방사: 2022년 5월 9일 일몰시간(19시 20분)

○ 천적 방사 밀도: 시험구당 100마리(그림 3-10)

○ LED(385 nm) 사용 시간: 일몰시간부터 6시간 동안 점등함(그림 3-11)

○ 해충류(잎응애류) 조사방법

- 시험구는 총 8개로 처리구와 무처리구를 각각 4개씩 배치함
- 시험구 당 6개의 식물을 조사함
- 각 식물에서 임의로 선택한 잎 3개를 육안으로 조사함
- 5월 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 22일 오전 7시에 조사함

○ 참멋애꽃노린재(*Orius minutus*) 조사방법

- 응애를 조사한 식물의 전체부위를 조사함
- 5월 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 22일 오전 7시에 조사함

○ 선발된 LED 파장(385 nm)과 천적(참멋애꽃노린재), 뱅커플랜트(*Portulaca* sp. + 보리)의 패키지를 하우스 딸기에서 2022년 5월에 실증함(처리별 4개 시험구를 배치하였고 LED처리구에서는 일몰 후 6시간 동안 점등함)

- 패키지 유무에 따른 해충방제 효과를 비교함(시험구 당 6개 식물에서 각각 3개의 잎을 조사함)
- 패키지 유무에 따른 천적유지 효과를 비교함(시험구 당 6개 식물을 임의로 선정하여 전체 식물 부위를 조사함)



< 그림 3-10. 딸기하우스에 설치한 LED-천적-뱅커플랜트 패키지 >



< 그림 3-11. 딸기하우스내 설치된 LED를 점등한 모습 >

2) 참외하우스 검증

○ 정식일: 2022년 6월 23일

○ 천적 방사: 2022년 9월 1일 일몰시간(18시 54분)

○ 천적 방사 밀도: 시험구당 50마리 방사함

○ LED(385 nm) 사용 시간: 일몰시간부터 6시간 동안 점등함

○ 선발된 LED 파장(385 nm)과 천적(담배장님노린재), 뱅커플랜트(메밀 + 보리)의 패키지를 처리함(그림 3-12, 그림 3-13)

- 시험구는 총 8개로 처리구와 무처리구를 각각 4개씩 배치함

○ 육안 조사

- 시험구 당 10개의 잎을 임의로 선택하여 육안으로 조사함

- 8월 26, 31, 9월 2, 3, 5, 7, 11, 18일 오전 7시에 조사함

- 담배가루이 성충, 담배장님노린재, 애꽃노린재류의 수를 기록함

○ 현미경 조사

- 시험구 당 20개의 잎을 임의로 선택하여 현미경을 이용해서 조사함

- 8월 26, 31, 9월 2, 3, 5, 7, 11, 18일 오전 7시에 조사함

- 담배가루이 약충, 잡아먹힌 담배가루이 유충, 애꽃노린재류의 수를 기록함



< 그림 3-12. 참외하우스에 설치한 LED-천적-뱅커플랜트 패키지 ▲ >

< 그림 3-12. 참외하우스에 설치한 LED-천적-뱅커플랜트 패키지의 보리에 서식중인 담배장님노린재 성충 ▶ >

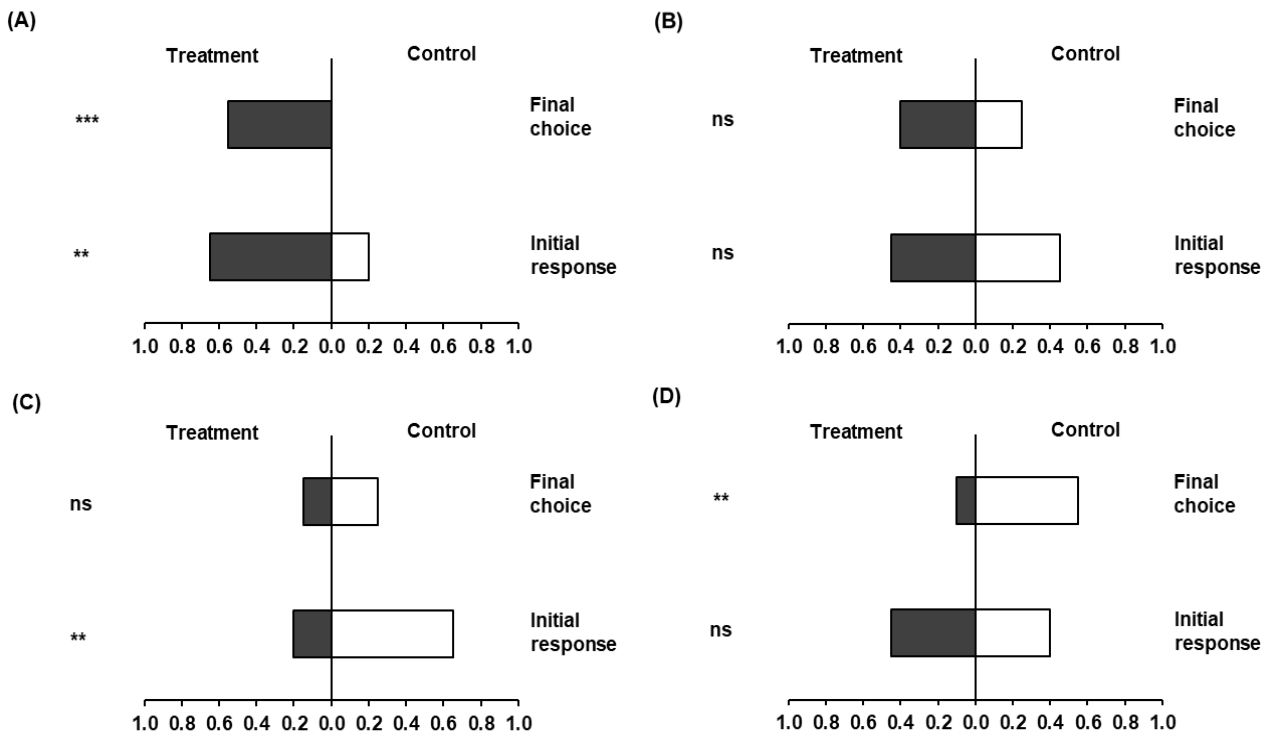


3. 연구 결과

가. 현재 판매되고 있는 천적 종에 대한 LED 파장별 유인효과 규명

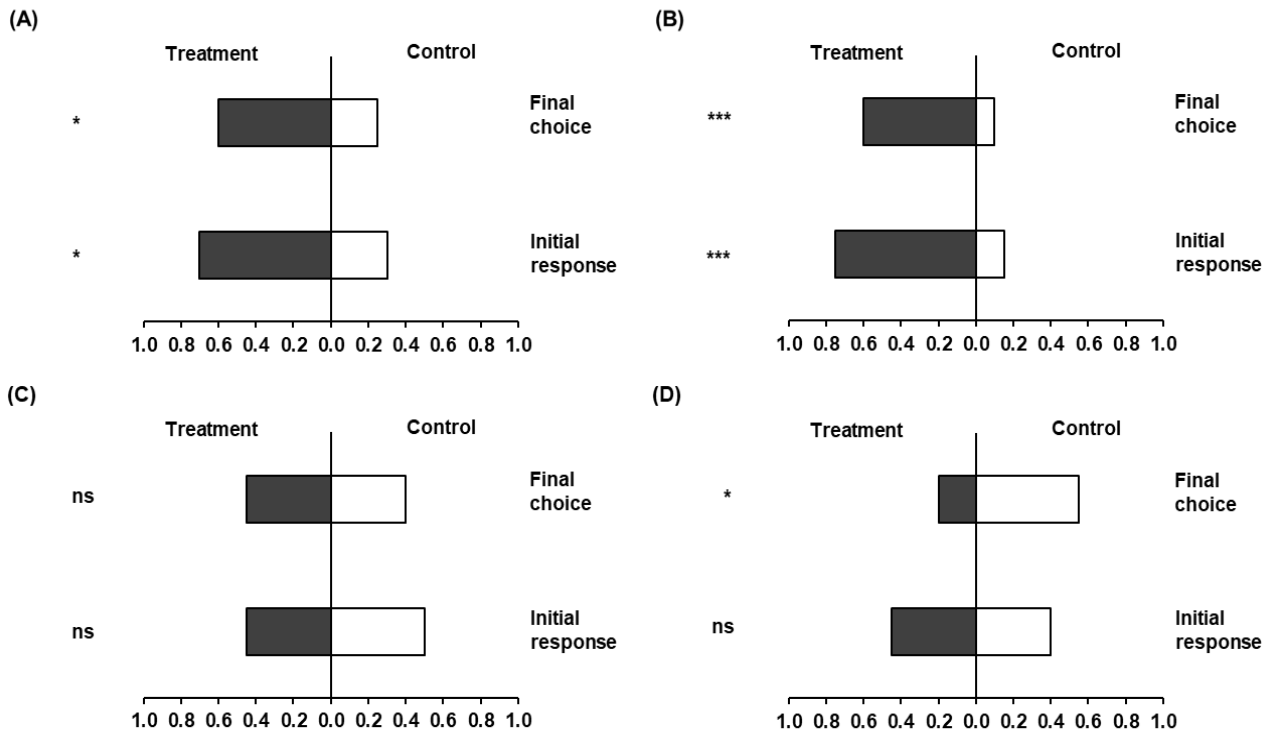
1) 참멋애꽃노린재 *Orius minutus* (L.) (Hemiptera: Anthocoridae)

○ 참멋애꽃노린재 암컷 성충의 경우 385 nm에 대한 최초반응률과 최종선택률에서 모두 통계적으로 유의하게 높아 유인효과가 있었고, 450과 660 nm에서는 각각 최초반응률과 최종선택률이 대조구에서 더 높아 기피효과가 있었음(그림 3-13)



< 그림 3-13. 참멋애꽃노린재 *Orius minutus* (L.) 암컷 성충의 LED 파장(A, 385 nm; B, 405 nm; C, 450 nm; D, 660 nm)에 대한 반응. 대조구에는 일반 백색 LED를 사용함. ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, not significant; n = 20 >

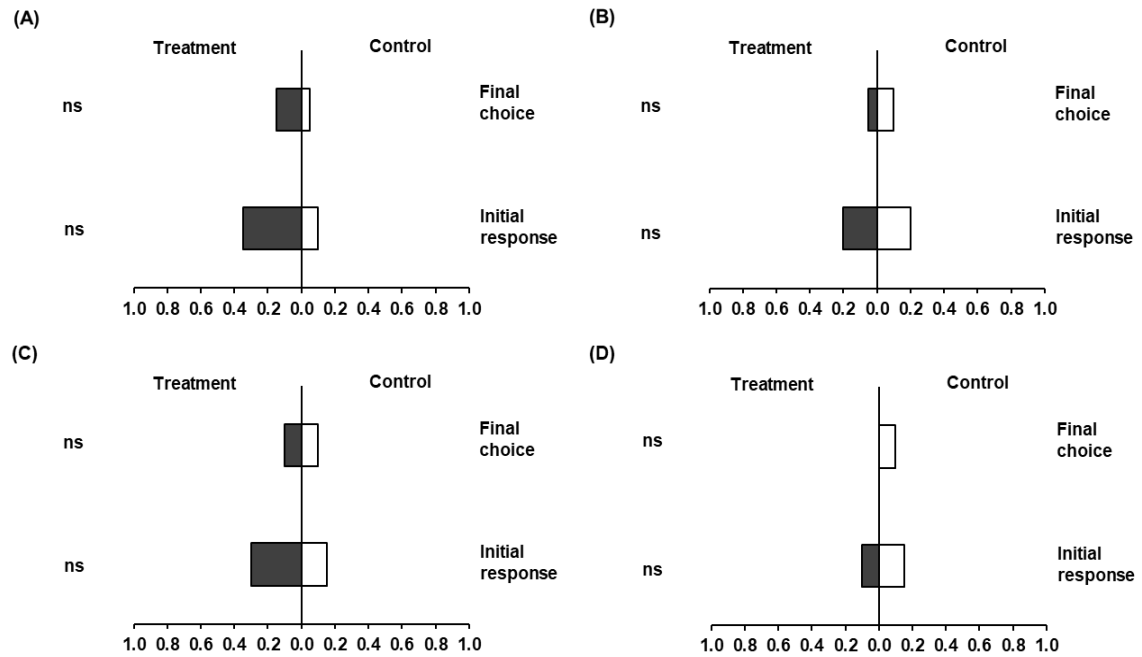
○ 참멋애꽃노린재 수컷 성충의 경우 385와 405 nm에 대한 최초반응률과 최종선택률이 모두 통계적으로 유의하게 높아 유인효과가 있었으나, 660 nm에서는 각각 최종선택률이 대조구에서 더 높아 기피효과가 있었음(그림 3-14)



< 그림 3-14. 참멋애꽃노린재 *Orius minutus* (L.) 수컷 성충의 LED 파장(A, 385 nm; B, 405 nm; C, 450 nm; D, 660 nm)에 대한 반응. 대조구에는 일반 백색 LED를 사용함. ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, not significant; n = 20 >

2) 긴날개췌기노린재 *Nabis stenoferus* Hsiao (Hemiptera: Nabidae)

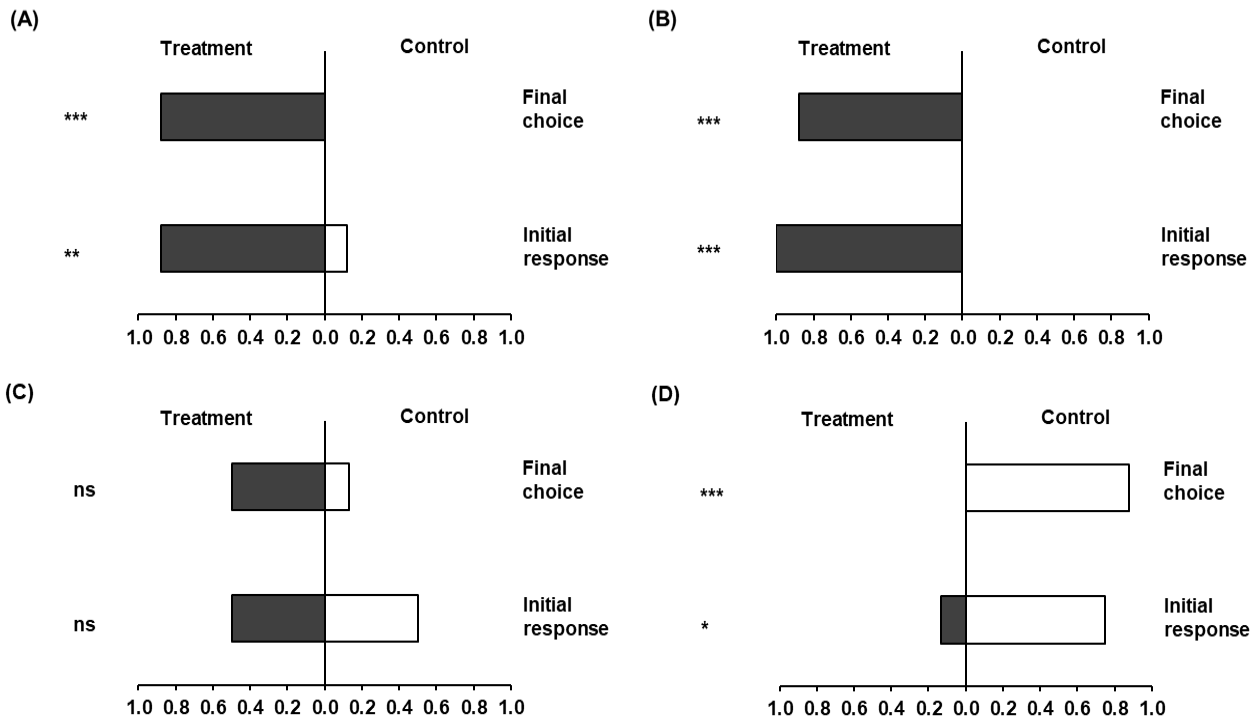
○ 긴날개췌기노린재 암컷 성충의 경우 모든 파장에 대해 유의한 반응을 보이지 않아 LED 파장이 그들의 행동에 영향을 미치지 않았음(그림 3-15)



< 그림 3-15. 긴날개췌기노린재 *Nabis stenoferus* Hsiao 암컷 성충의 LED 파장(A, 385 nm; B, 405 nm; C, 450 nm; D, 660 nm)에 대한 반응. 대조구에는 일반 백색 LED를 사용함. ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, not significant; n = 20 >

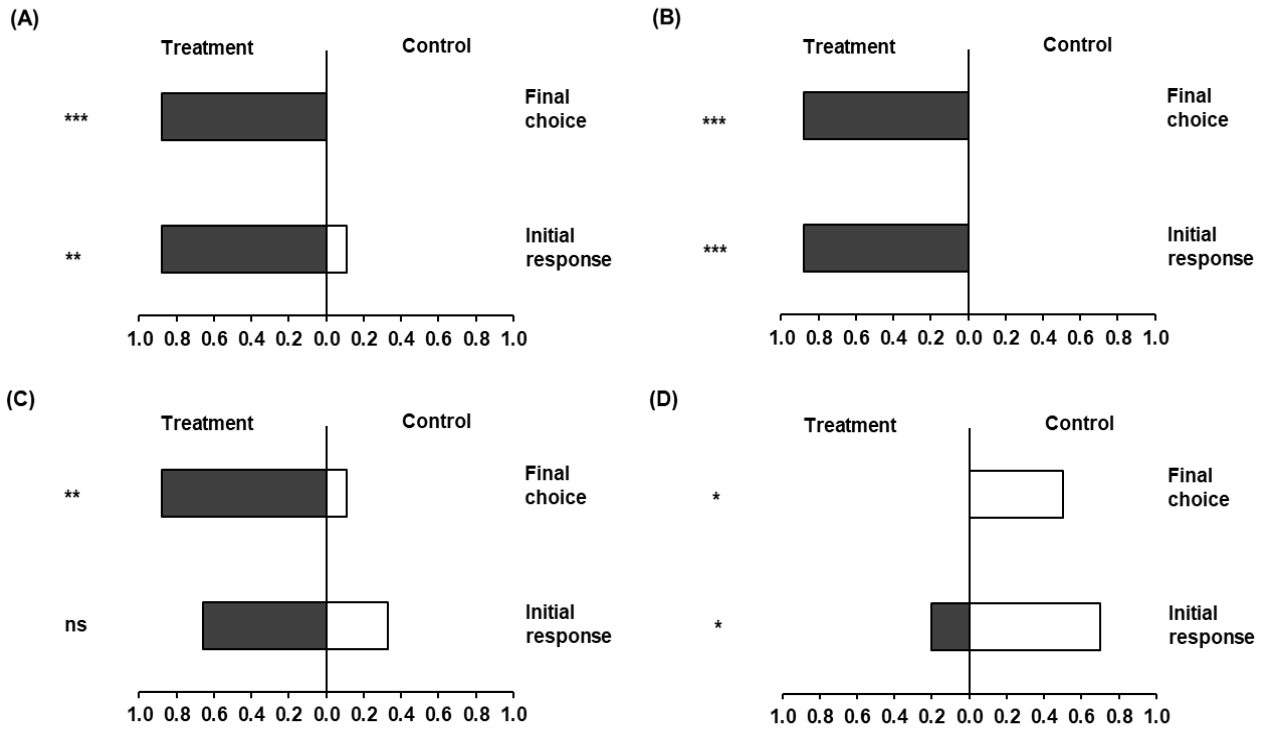
3) 무당벌레 *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae)

○ 무당벌레 암컷 성충의 경우 385와 405 nm에 대한 최초반응률과 최종선택률 모두 통계적으로 유의하게 높아 유인효과가 있었고, 660 nm에서는 최초반응률과 최종선택률이 모두 대조구에 더 높아 기피효과가 있었음(그림 3-16)



< 그림 3-16. 무당벌레 *Harmonia axyridis* Pallas 암컷 성충의 LED 파장(A, 385 nm; B, 405 nm; C, 450 nm; D, 660 nm)에 대한 반응. 대조구에는 일반 백색 LED를 사용함. ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, not significant; n = 8 >

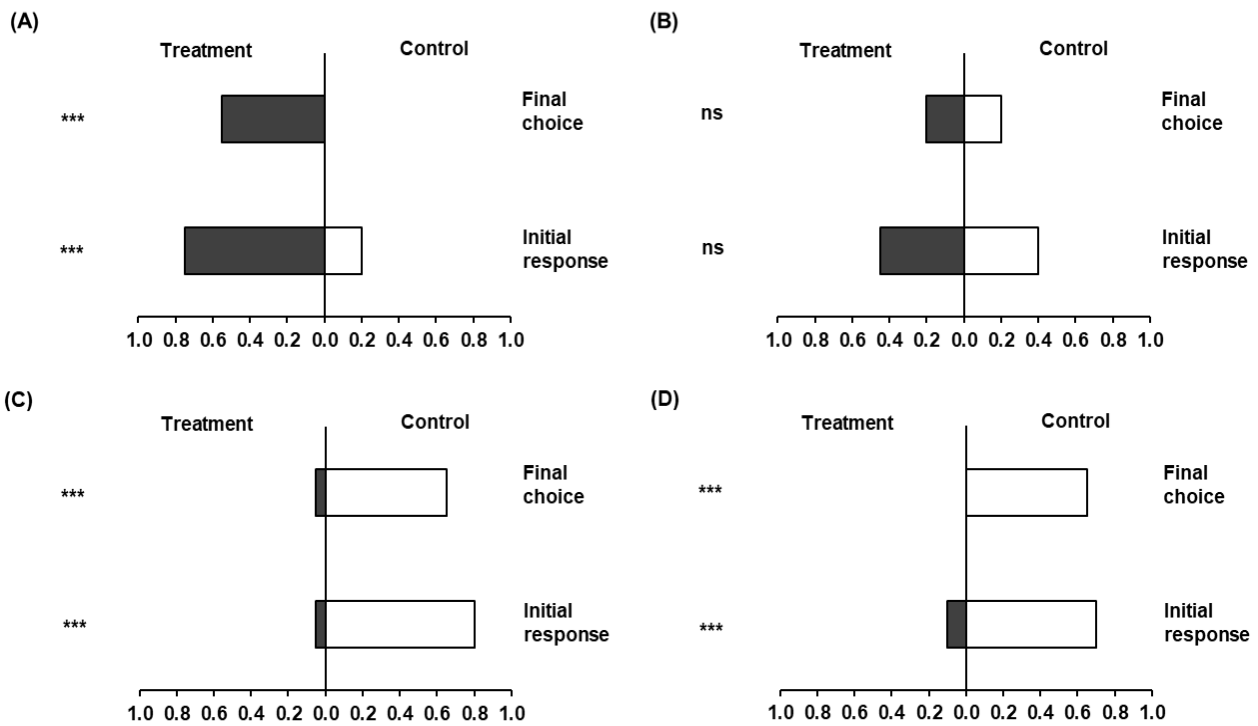
○ 무당벌레 수컷 성충의 경우 암컷 성충과 유사하게 385와 405 nm에 대한 최초반응률과 최종 선택률 모두 통계적으로 유의하게 높아 유인효과가 있었고, 암컷 성충과 다르게 450 nm에서도 최종선택률이 유의하게 높아 유인효과가 있었음. 660 nm에서는 암컷 성충과 유사하게 최초반응률과 최종선택률 모두 대조구에서 더 높아 기피효과가 있었음(그림 3-17)



< 그림 3-17. 무당벌레 *Harmonia axyridis* Pallas 수컷 성충의 LED 파장(A, 385 nm; B, 405 nm; C, 450 nm; D, 660 nm)에 대한 반응. 대조구에는 일반 백색 LED를 사용함. ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, not significant; n = 9 >

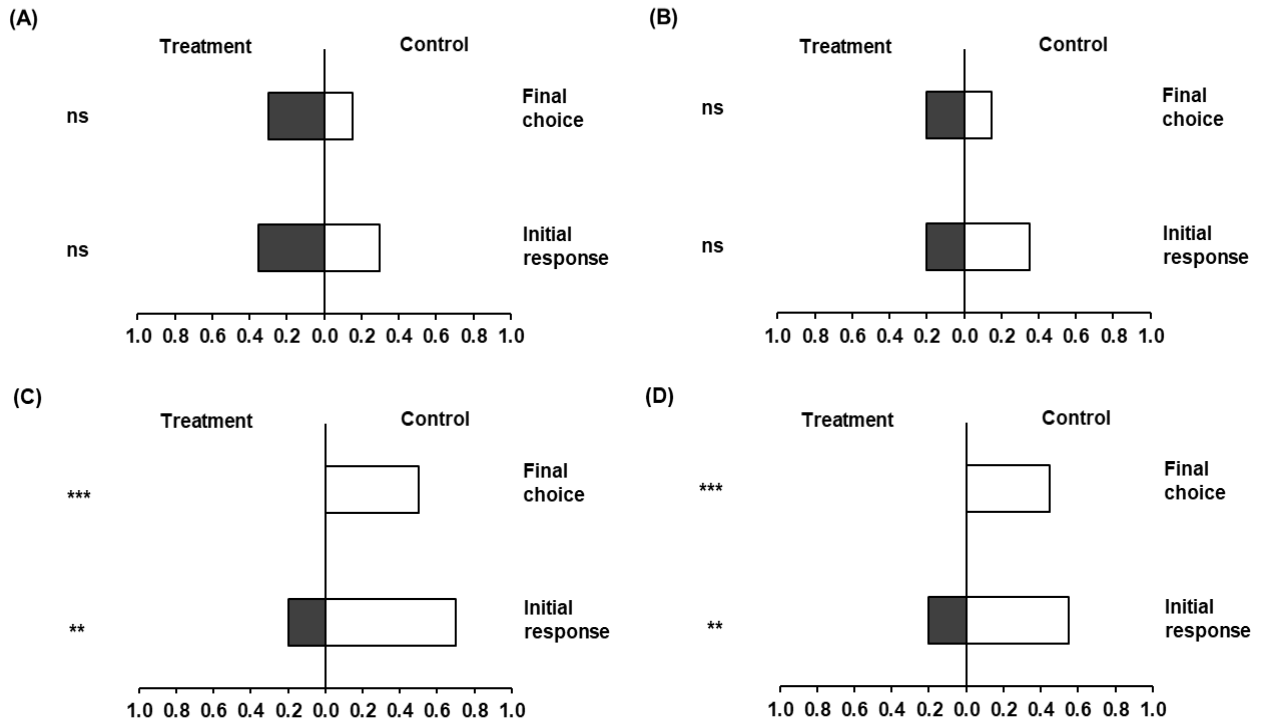
4) 콜레마니진디벌 *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae)

○ 콜레마니진디벌 암컷 성충의 경우 385에서만 대한 최초반응률과 최종선택률 모두 통계적으로 유의하게 높아 유인효과가 있었고, 450과 660 nm에서는 최초반응률과 최종선택률 모두 대조구에서 더 높아 기피효과가 있었음(그림 3-18)



< 그림 3-18. 콜레마니진디벌 *Aphidius colemani* Viereck 암컷 성충의 LED 파장(A, 385 nm; B, 405 nm; C, 450 nm; D, 660 nm)에 대한 반응. 대조구에는 일반 백색 LED를 사용함. ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, not significant; n = 20 >

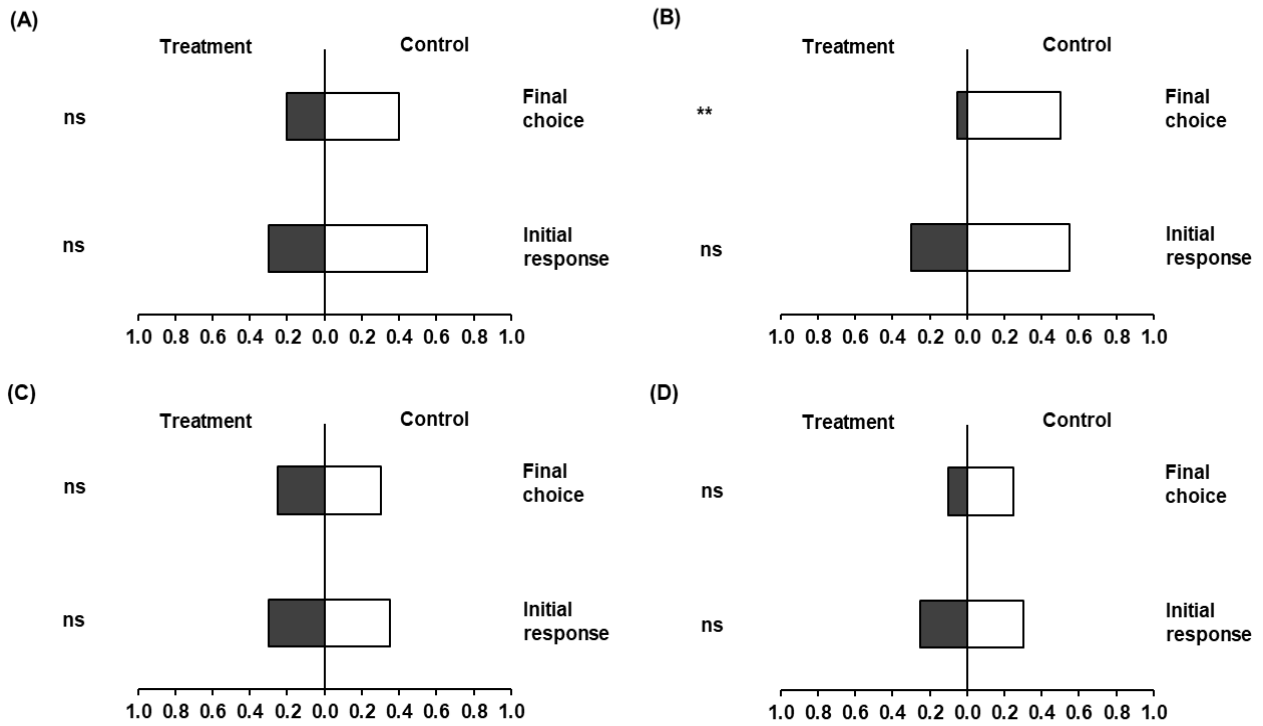
○ 콜레마니진디벌 수컷 성충은 암컷 성충과 달리 어떤 파장에도 유인이 되지 않았고, 450과 660 nm에서는 최초반응률과 최종선택률 모두 대조구에 더 높아 기피효과가 있었음(그림 3-19)



< 그림 3-19. 콜레마니진디벌 *Aphidius colemani* Viereck 수컷 성충의 LED 파장(A, 385 nm; B, 405 nm; C, 450 nm; D, 660 nm)에 대한 반응. 대조구에는 일반 백색 LED를 사용함. ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, not significant; n = 20 >

5) 어리줄풀잠자리 *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae)

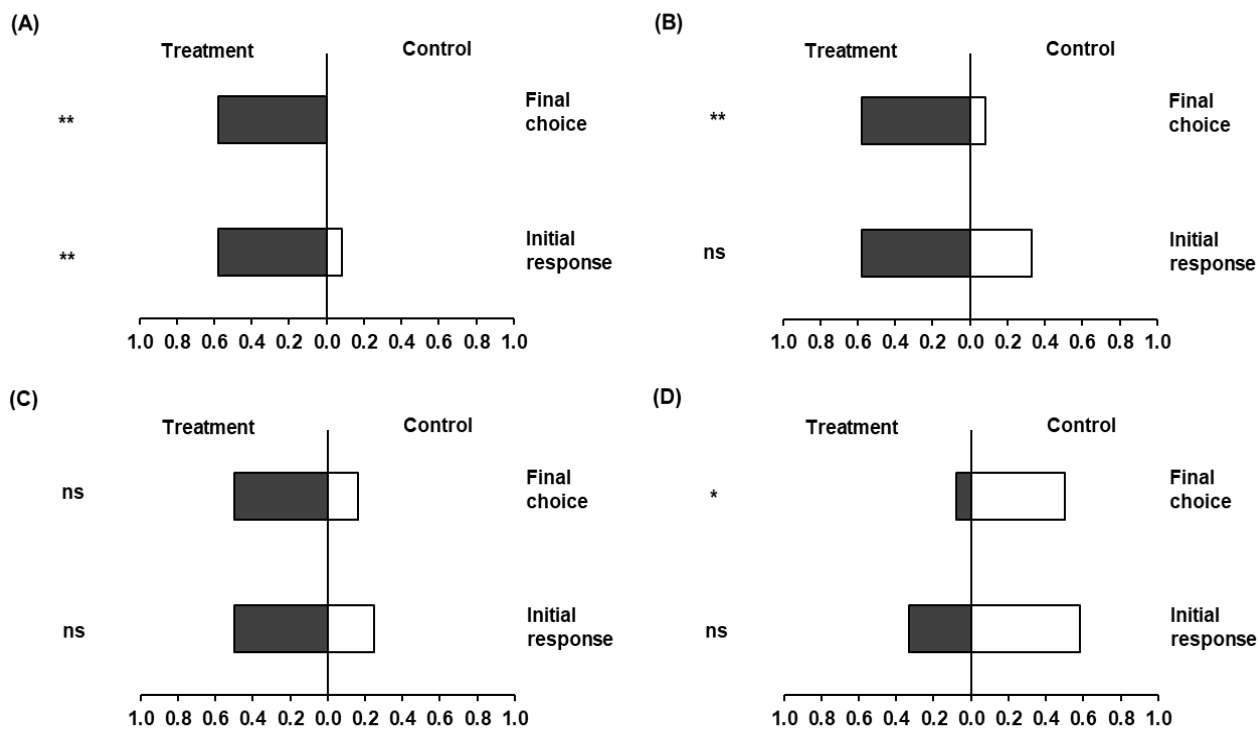
○ 어리줄풀잠자리 말령 유충은 어떤 파장에도 유인이 되지 않았고, 405 nm에서는 최종선택률이 대조구에서 더 높아 기피효과가 있었음(그림 3-20)



< 그림 3-20. 어리줄풀잠자리 *Chrysoperla carnea* Stephens 말령 유충의 LED 파장(A, 385 nm; B, 405 nm; C, 450 nm; D, 660 nm)에 대한 반응. 대조구에는 일반 백색 LED를 사용함. ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, not significant; $n = 20$ >

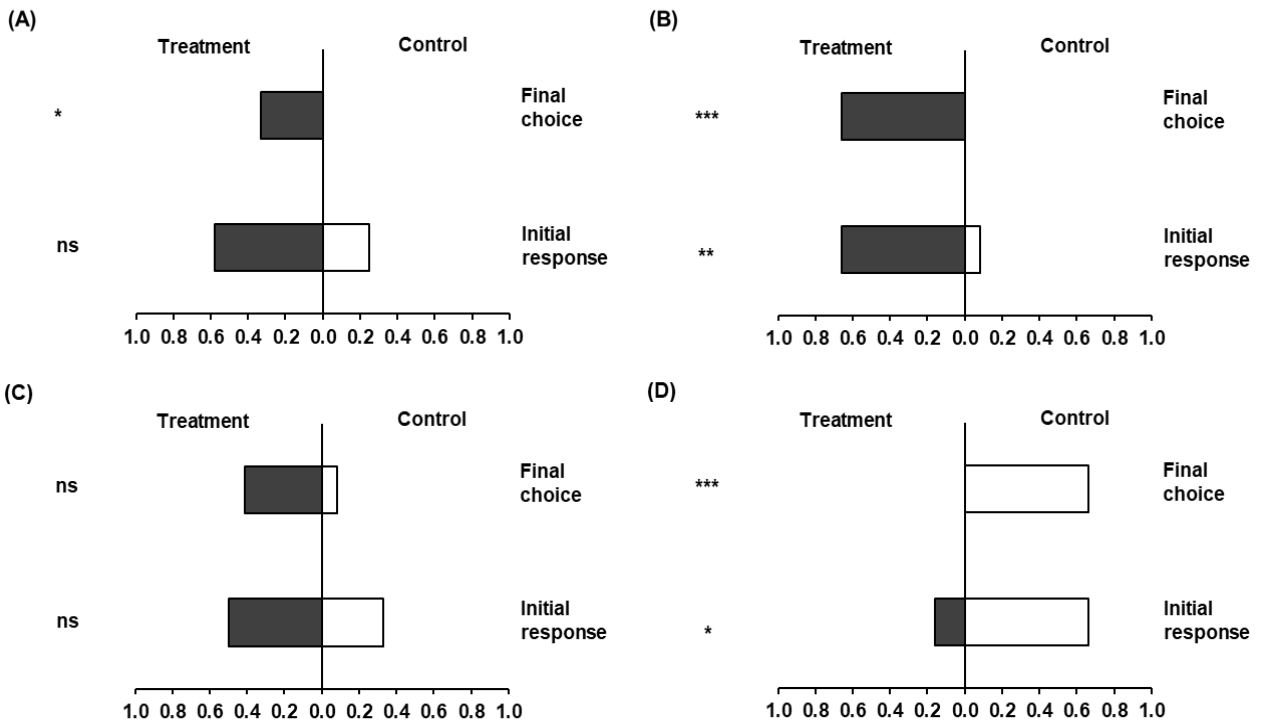
6) 노랑무당벌레 *Illeis koebelei* Timberlake (Coleoptera: Coccinellidae)

○ 노랑무당벌레 암컷 성충의 경우 385와 405 nm에서 모두 유인이 되었으며, 385 nm에서는 최초반응률과 최종선택률 모두에서, 405 nm에서는 최종선택률만 통계적으로 유의하게 높았음. 660 nm에서는 최종선택률이 대조구에서 더 높아 기피효과가 있었음(그림 3-21)



< 그림 3-21. 노랑무당벌레 *Illeis koebelei* Timberlake 암컷 성충의 LED 파장(A, 385 nm; B, 405 nm; C, 450 nm; D, 660 nm)에 대한 반응. 대조구에는 일반 백색 LED를 사용함. ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, not significant; $n = 12$ >

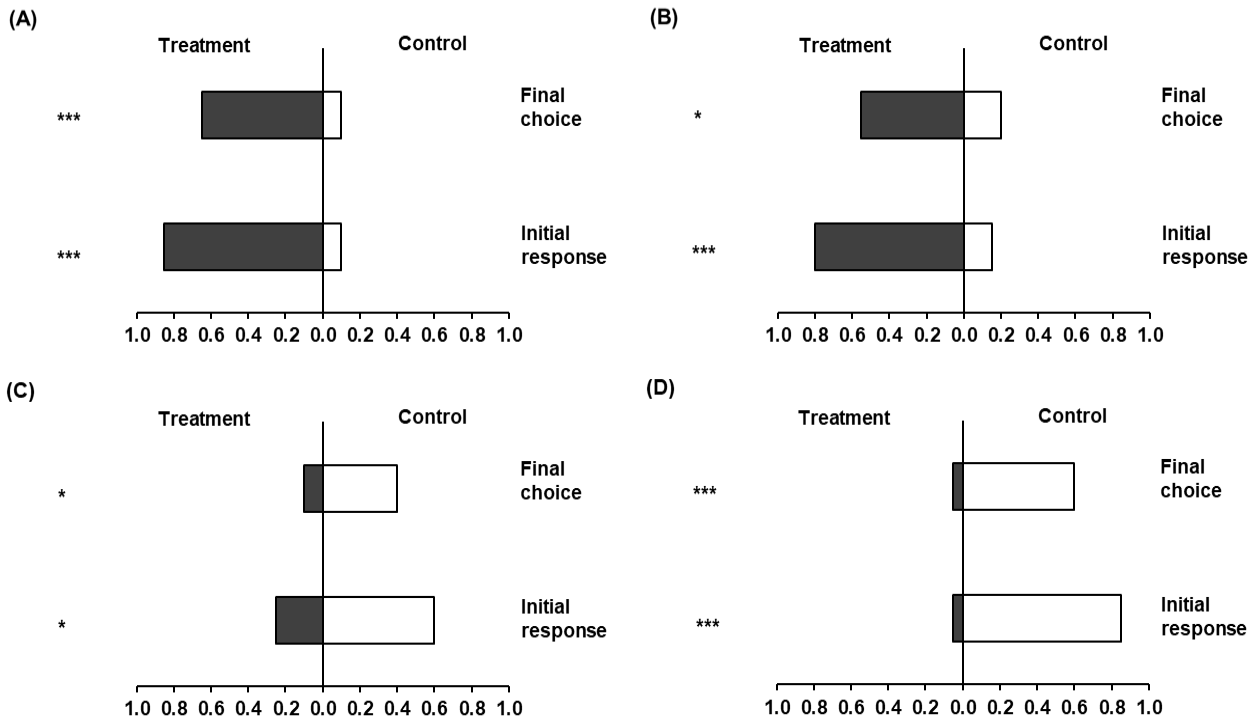
○ 노랑무당벌레 수컷 성충의 경우 385와 405 nm에서 모두 유인이 되었으며, 385 nm에서는 최종선택률에서만, 405 nm에서는 최초반응률과 최종선택률 모두가 통계적으로 유의하게 높았음. 660 nm에서는 최초반응률과 최종선택률 모두 대조구에서 더 높아 기피효과가 있었음(그림 3-22)



< 그림 3-22. 노랑무당벌레 *Illeis koebelei* Timberlake 수컷 성충의 LED 파장(A, 385 nm; B, 405 nm; C, 450 nm; D, 660 nm)에 대한 반응. 대조구에는 일반 백색 LED를 사용함. ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, not significant; $n = 12$ >

7) 벚초파리기생벌 *Asobara japonica* Belokobylskij (Hymenoptera: Braconidae)

○ 벚초파리기생벌 암컷 성충의 경우 385와 405 nm에서 모두 유인이 되었으며, 최초반응률과 최종선택률 모두가 통계적으로 유의하게 높았음. 450과 660 nm 모두에서 최초반응률과 최종 선택률이 대조구에서 더 높아 기피효과가 있었음(그림 3-23)



< 그림 3-23. 벚초파리기생벌 *Asobara japonica* Belokobylskij 암컷 성충의 LED 파장(A, 385 nm; B, 405 nm; C, 450 nm; D, 660 nm)에 대한 반응. 대조구에는 일반 백색 LED를 사용함. ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, not significant; $n = 20$ >

8) 전체 요약

○ 7종의 천적에 대한 유인력 종합 평가에서 385 nm가 가장 유인력이 높았으며 660 nm에서는 기피효과가 가장 높았음. 긴날개췌기노린재는 어떤 광원에도 유의한 반응을 보이지 않음(표 3-1)

< 표 3-1. 천적 7종에 대한 LED 파장별 유인효과 규명 결과 요약표. (+), significantly attracted to LED; (-), significantly attracted to control white light; ns, non-significant >

Name of insect	Stage	Sex	n	Preferred wavelength			
				385 nm	405 nm	450 nm	660 nm
<i>Orius minutus</i> (참땃애꽃노린재)	Adult	Male	20	(+)	(+)(+)(+)	ns	(-)
		Female	20	(+)(+)(+)	ns	ns	(-)(-)
<i>Nabis stenoderus</i> (긴날개췌기노린재)	Adult	Female	20	ns	ns	ns	ns
<i>Harmonia axyridis</i> (무당벌레)	Adult	Male	9	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)	(-)
		Female	8	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	ns	(-)(-)(-)
<i>Aphidius colemani</i> (콜레마니진디벌)	Adult	Male	20	ns	ns	(-)(-)(-)	(-)(-)(-)
		Female	20	(+)(+)(+)	ns	(-)(-)(-)	(-)(-)(-)
<i>Asobara japonica</i> (벚초파리기생벌)	Adult	Female	20	(+)(+)(+)	(+)	(-)	(-)(-)(-)
<i>Illeis koebelei</i> (노랑무당벌레)	Adult	Male	12	(+)	(+)(+)(+)	ns	(-)(-)(-)
		Female	12	(+)(+)	(+)(+)	ns	(-)
<i>Chrysoperla carnea</i> (어리줄풀잠자리)	Larvae	N/A	20	ns	(-)(-)	ns	ns

나. 현재 판매되고 있는 천적 종에 대한 LED 파장별 유지효과 규명

1) 참멋애꽃노린재 *Orius minutus* (L.)

○ 참멋애꽃노린재 암컷 성충은 대조구에 비해 385 nm LED의 1 구역에 가장 오랫동안 머물렀음(표 3-2)

< 표 3-2. 참멋애꽃노린재 암컷 성충의 385 nm LED 파장에서의 유지효과 시험 결과 >

Treatment	n	Arrestment time (\pm sec)			
		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
385 nm	5	1980.6 \pm 361.47a	157.6 \pm 29.19a	196.2 \pm 87.77a	1207.6 \pm 337.49a
5000k	5	615.4 \pm 246.06b	640.8 \pm 276.15a	533.4 \pm 291.5a	1810.4 \pm 464.01a

2) 벚초파리기생벌 *Asobara japonica* Belokobylskij

○ 벚초파리기생벌 암컷 성충은 대조구에 비해 모든 구역에서 머문시간에서의 통계적 유의성은 없었음(표 3-3)

< 표 3-3. 벚초파리기생벌 암컷 성충의 385 nm LED 파장에서의 유지효과 시험 결과 >

Treatment	n	Arrestment time (\pm sec)			
		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
385 nm	5	1,237.8 \pm 609.54a	403.4 \pm 371.33a	125.4 \pm 123.16a	1,790.8 \pm 640.39a
5000k	5	834.6 \pm 700.19a	96.6 \pm 96.6a	50.8 \pm 50.8a	2,618 \pm 671.19a

다. 행동측정기 EthoVision을 이용한 385 nm LED에 대한 천적의 유인 및 유지 효과 비교

○ EthoVision을 이용한 LED처리에 따른 참멋애꽃노린재의 행동패턴 비교 결과 참멋애꽃노린재 암컷과 수컷 모두 385 nm LED에서 각각 1.8배와 2.2배 긴 거리를 이동했으며, 전체 머문 시간도 각각 3.6배와 3.0배 길었음(표 3-4)

< 표 3-4. EthoVision을 이용한 LED처리에 따른 참멋애꽃노린재의 행동패턴 비교 결과 (n= 10) >

Sex	Light	Total distance moved (cm)	Mean velocity (cm/s)	Mean duration (s) (±SE)	Cumulative duration (s)	Mean turn angle (deg) (±SE)	Mean angular velocity (deg/s) (±SE)
Female	385nm	62.7±10.3a	0.2±0.0a	144.8±34.6a	444.0±32.8a	55.55±4.2a	1574.8±124.5a
	5000k	34.4±6.4b	1.4±0.7a	22.0±4.4b	124.7±25.9b	26.5±3.8b	795.5±113.8b
Male	385nm	52.0±8.0a	12.5±10.4a	213.6±38.0a	444.1±54.2a	49.4±5.1a	1498.1±148.2a
	5000k	24.0±6.1b	4.4±1.8a	43.3±20.9b	148.9±54.3b	28.8±5.8b	895.3±174.5b

○ EthoVision을 이용한 LED처리에 따른 콜레마니진디벌의 행동패턴 비교 결과 참멋애꽃노린재와 달리 이동거리에서는 통계적 유의성이 없었으나, 전체 머문 시간은 385 nm LED에서 2.5 배 길었음(표 3-5)

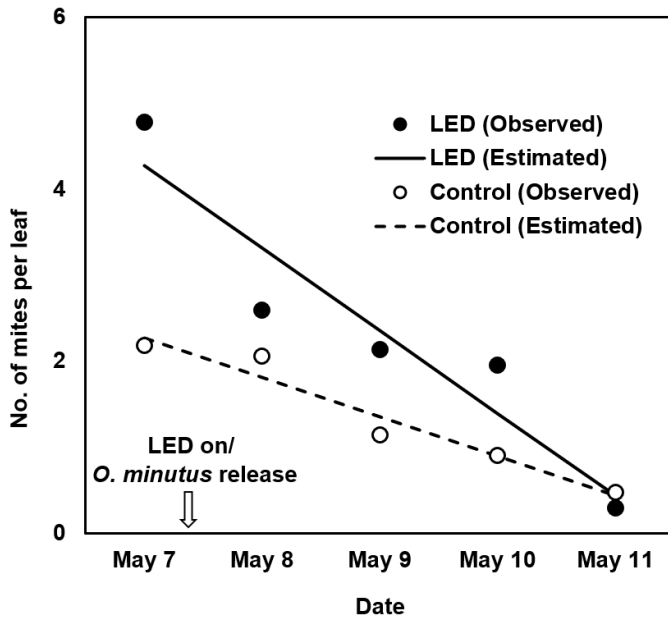
< 표 3-5. EthoVision을 이용한 LED처리에 따른 콜레마니진디벌의 행동패턴 비교 결과 (n= 10) >

Sex	Light	Total distance moved (cm)	Mean velocity (cm/s)	Mean duration (s) (±SE)	Cumulative duration (s)	Mean turn angle (deg) (±SE)	Mean angular velocity (deg/s) (±SE)
Female	385nm	77.9±15.1a	0.2±0.0a	132.1±22.6a	435.2±34.0a	58.5±3.3a	1687.2±127.3a
	5000k	53.9±9.5a	2.5±1.3a	58.0±30.7a	173.0±41.9b	44.1±5.2b	1320.4±157.4a

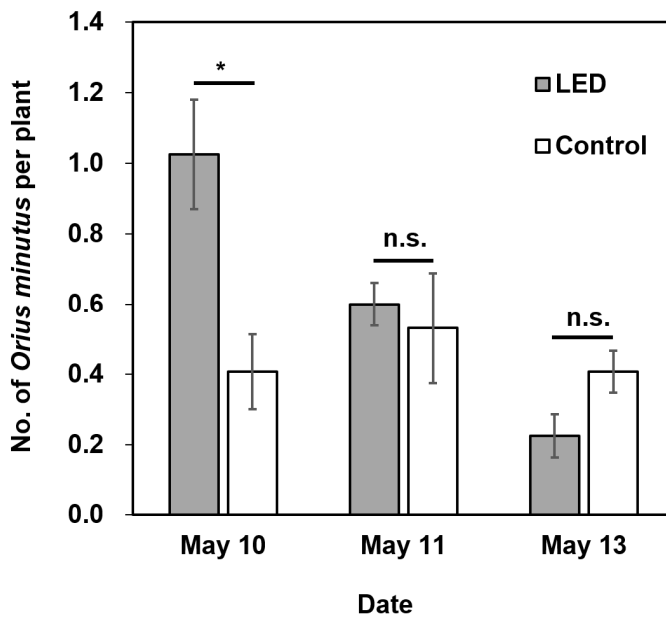
라. 소규모 딸기와 참외 하우스에서의 385 nm LED 설치 후 해충과 천적 밀도 변화 비교

1) 딸기하우스 검증

○ 딸기에서 LED 점등 후 천적에 의한 해충방제 효과를 비교한 결과 LED 처리구에서 잎응애류의 밀도 감소 기율기가 대조구에 비해 더 높았음($F = 6.01$; $df = 1, 6$; $P = 0.050$)(그림 3-24). 또한 처리 후 3일 차까지 LED 처리구에서 천적의 밀도가 더 높게 나타남($t = 3.10$; $df = 7$; $P = 0.017$) (그림 3-25)



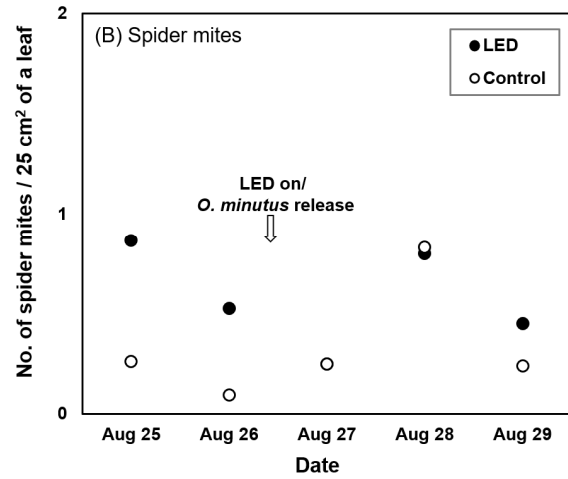
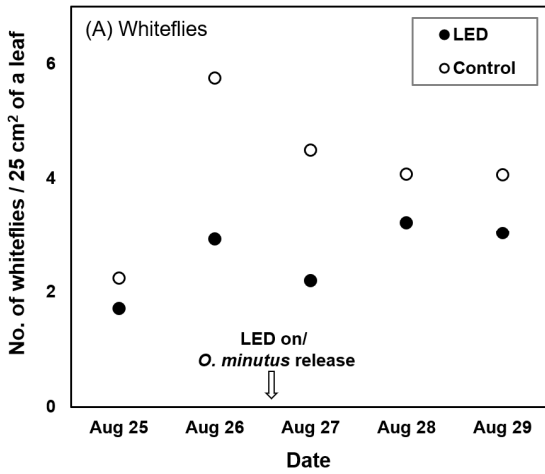
< 그림 3-24. 딸기에서 LED 점 등 후 잎응애류의 밀도 변화 >



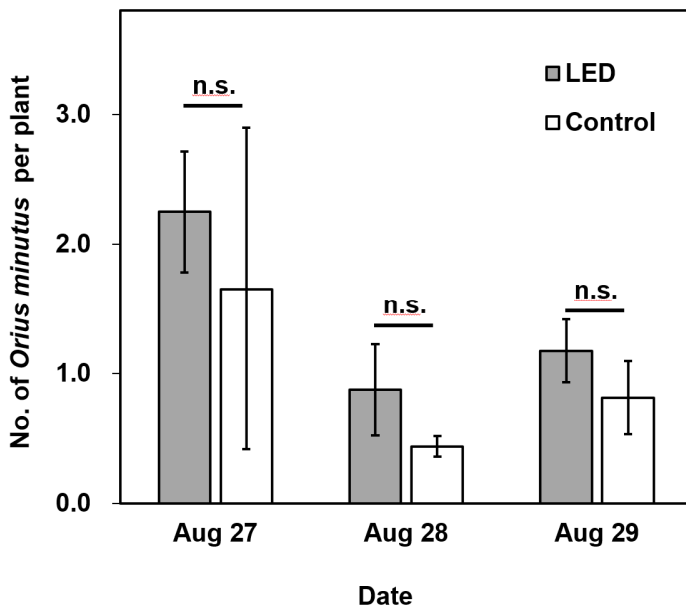
< 그림 3-25. 딸기에서 LED 점 등 시작 후 천적의 밀도 변화 >

2) 참외하우스 검증 (1차)

- 참외에서 LED 점등 후 천적에 의한 해충방제 효과를 비교한 결과 가루이류와 잎응애류 모두에서 유의한 차이는 발견되지 않음(그림 3-26). 또한 천적의 밀도도 방사 후 3일까지 통계적 유의성은 없었음(그림 3-27)



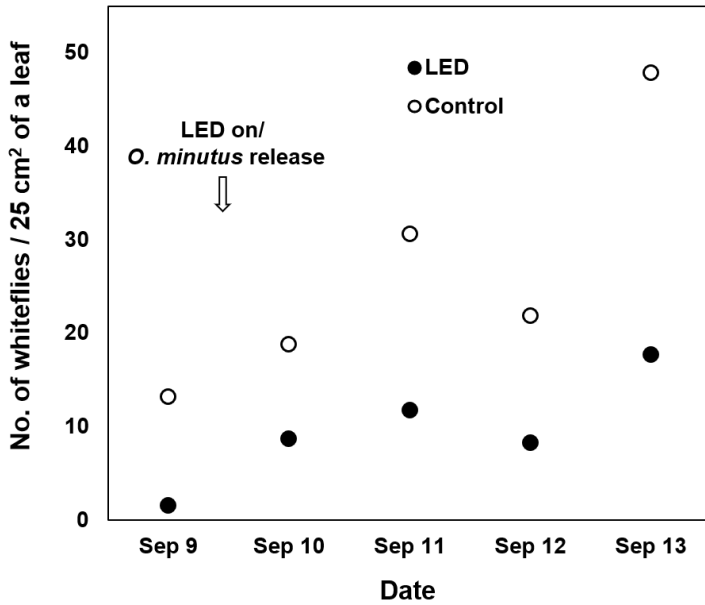
< 그림 3-26. 참외에서 LED 점등 후 가루이류(좌)와 잎응애류(우)의 밀도 변화 >



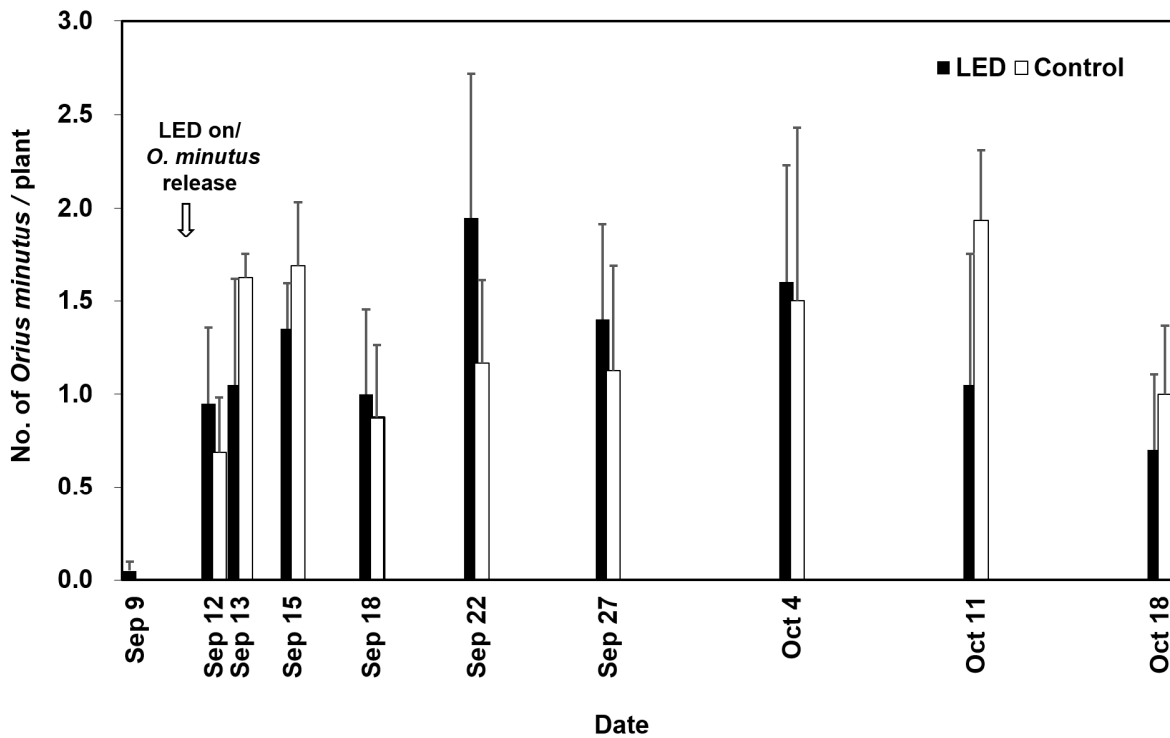
<그림 3-27. 참외에서 LED 점 등 시작 후 천적의 밀도 변화>

3) 참외하우스 검증 (2차)

- 참외에서 LED 점등 후 천적에 의한 해충방제 효과를 비교한 결과 가루이류에서 유의한 차이는 발견되지 않음(그림 3-28). 또한 천적의 밀도 또한 방사 후 처리 후 47일 차까지 LED처리 구와 대조구 사이에 통계적 유의성이 없었음(그림 3-29)



< 그림 3-28. 참외에서 LED 점 등 후 가루이류의 밀도 변화 >



< 그림 3-29. 참외에서 LED 점등 시작 후 천적의 밀도 변화 >

마. 개발된 천적-LED 플랫폼을 2개 이상의 하우스 작물(딸기, 참외)에서 실증

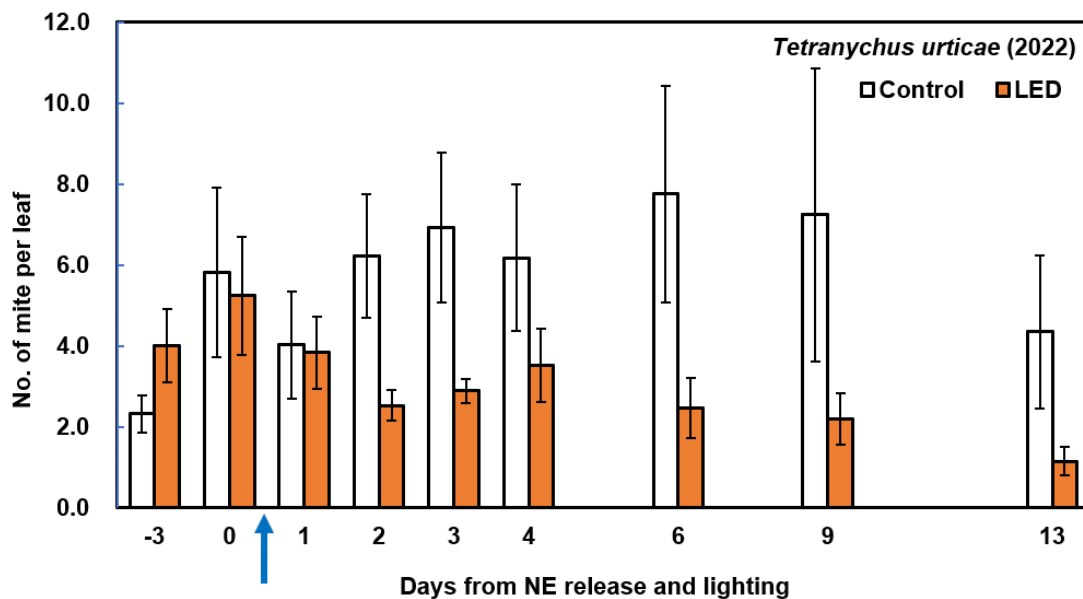
1) 딸기하우스 검증

○ 패키지 처리 후 점박이응애(*Tetranychus urticae*)의 잎당 밀도는 4마리 이하로 유지되었으나 대조구에서는 그 이상으로 유지되었다. Repeated Measure ANOVA 분석에서는 처리($F = 2.45$;

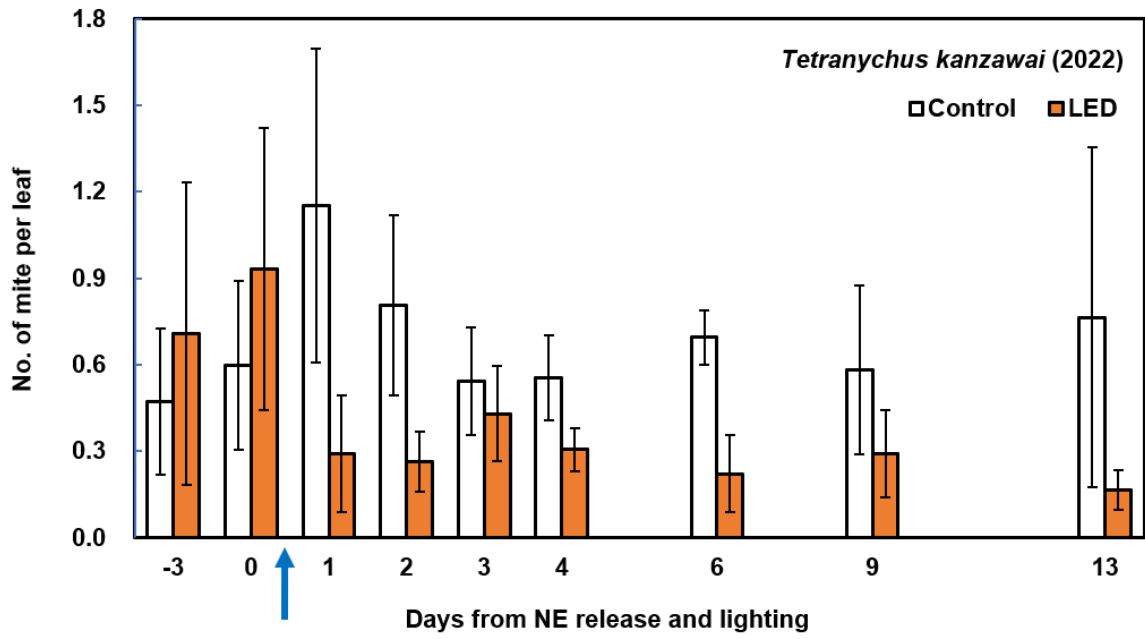
df = 1, 6; $P = 0.169$)와 시간 요인($F = 1.29$; df = 8, 48; $P = 0.271$)은 유의하지 않았지만 처리와 시간의 상호작용($F = 2.14$; df = 8, 48; $P = 0.050$)이 유의하게 작용하여 패키지 처리가 점박이응애의 밀도를 낮춘 것을 알 수 있음(그림 3-30)

○ 패키지 처리 후 차응애(*Tetranychus kanzawai*)의 잎당 밀도는 0.5마리 이하로 유지되었으나 대조구에서는 그 이상으로 유지되었다. Repeated Measure ANOVA 분석에서는 처리($F = 1.12$; df = 1, 6; $P = 0.330$)와 시간 요인($F = 0.48$; df = 8, 48; $P = 0.867$), 상호작용($F = 1.17$; df = 8, 48; $P = 0.347$) 모두 유의하지 않아 패키지 처리가 차응애의 밀도를 유의하게 낮추지 못하였음(그림 3-31)

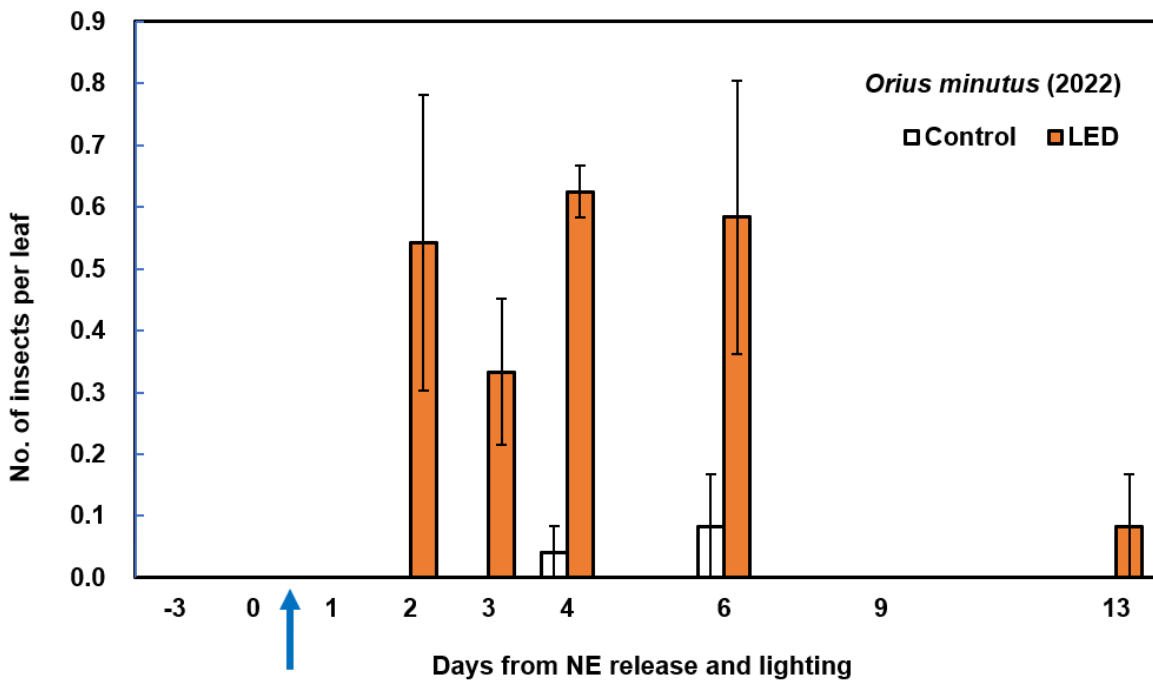
○ 패키지 처리 후 참땀애꽃노린재의 잎당 밀도는 0.04 - 0.24의 변동을 보여 주었고 대조구에서는 0.00 - 0.08의 밀도 변동을 보여 주었다. Repeated Measure ANOVA 분석에서 처리($F = 29.64$; df = 1, 6; $P = 0.002$)와 시간 요인($F = 5.90$; df = 8, 48; $P < 0.001$), 상호작용($F = 4.43$; df = 8, 48; $P < 0.001$) 모두 유의하여 패키지 처리 후 참땀애꽃노린재의 밀도가 처리구에서 높게 유지되었음(그림 3-32)



< 그림 3-30. 딸기하우스에서 LED 파장(385 nm)과 천적(참땀애꽃노린재), 뱅קר플랜트(*Portulaca* sp. + 보리)의 패키지 설치 후 점박이응애의 밀도 변화 >



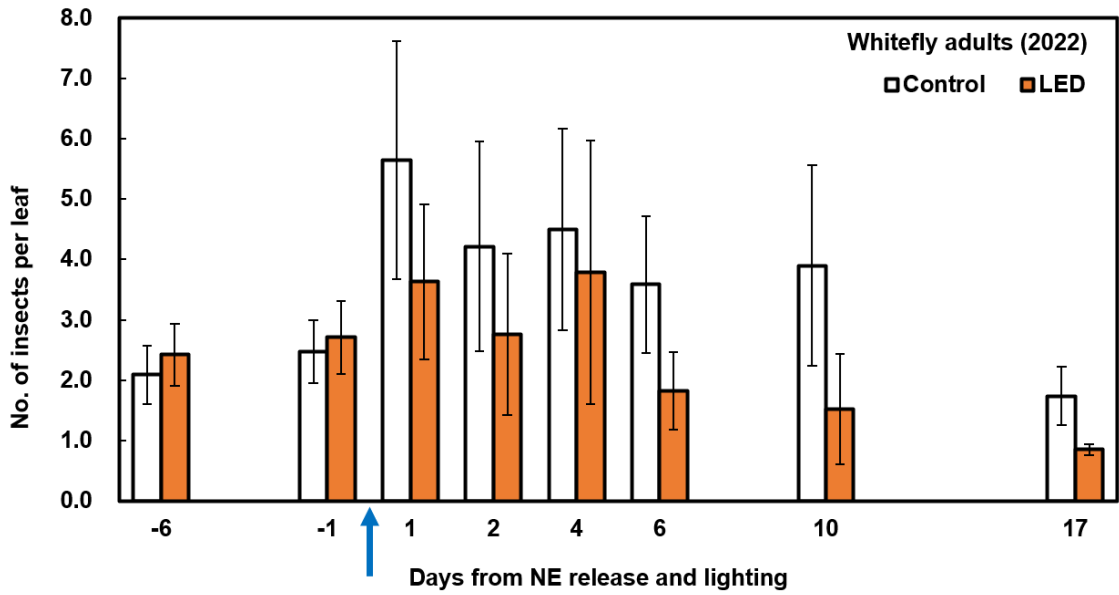
< 그림 3-31. 딸기하우스에서 LED 파장(385 nm)과 천적(참멋애꽃노린재), 벵커플랜트(*Portulaca* sp. + 보리)의 패키지 설치 후 차응애의 밀도 변화 >



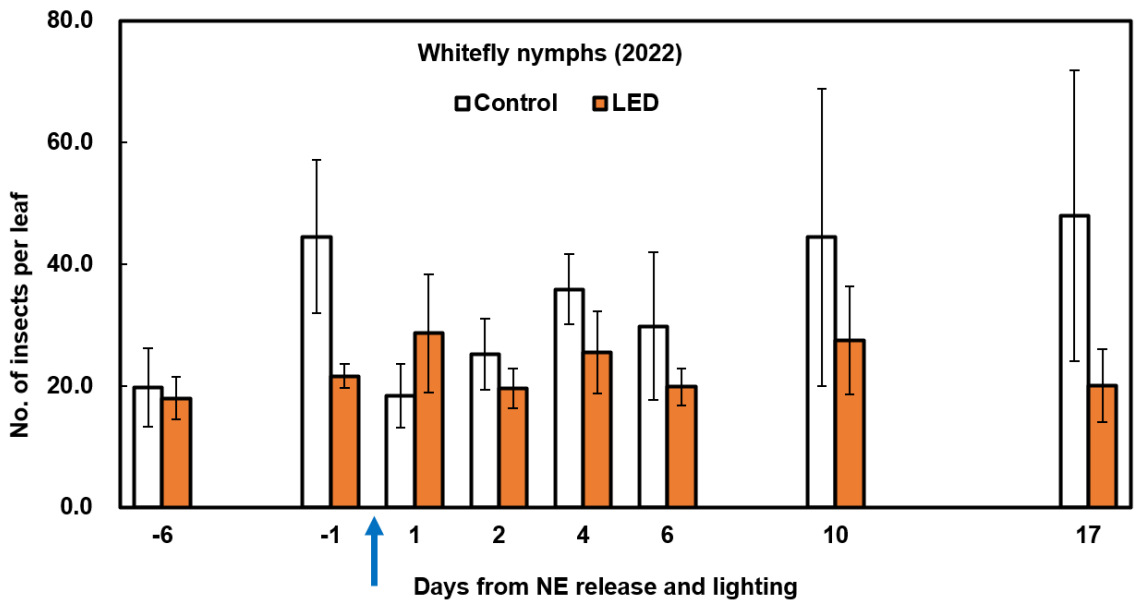
< 그림 3-32. 딸기하우스에서 LED 파장(385 nm)과 천적(참멋애꽃노린재), 벵커플랜트(*Portulaca* sp. + 보리)의 패키지 설치 후 참멋애꽃노린재의 밀도 변화 >

2) 참외하우스 검증

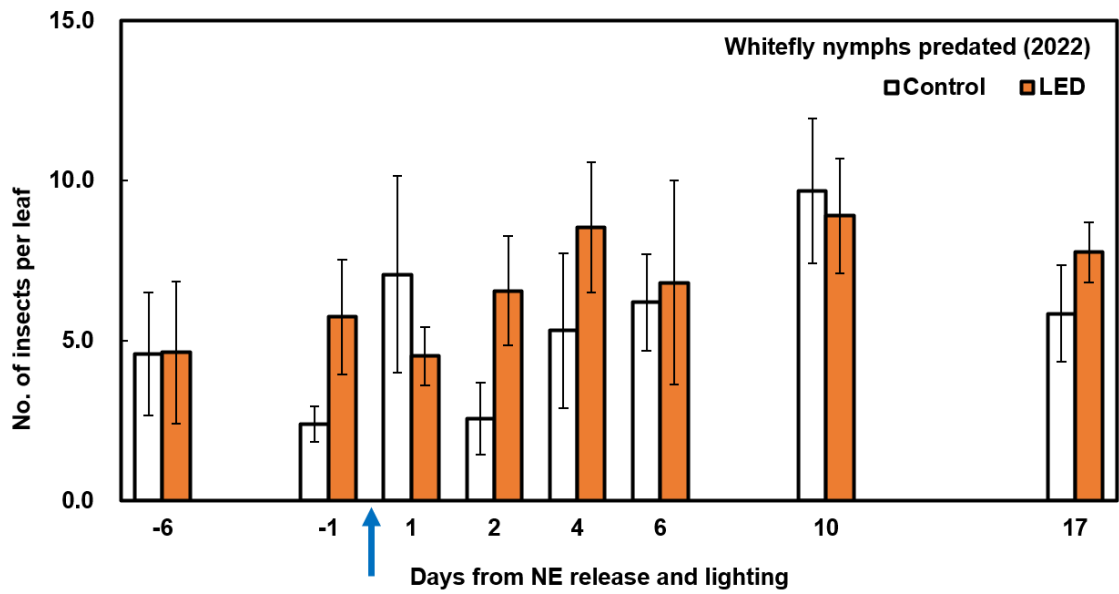
- 패키지 처리 후 가루이류 성층의 잎당 밀도는 0.9 - 3.8의 변동을 보여 주었고 대조구에서는 1.7 - 5.6의 밀도 변동을 보여 주었다. 하지만, Repeated Measure ANOVA 분석에서 처리($F = 0.62$; $df = 1, 7$; $P = 0.458$)와 시간 요인($F = 3.59$; $df = 7, 49$; $P = 0.003$), 상호작용($F = 0.79$; $df = 7, 49$; $P = 0.599$) 모두 유의하지 않아 패키지 처리가 가루이류 **성층의 밀도**를 유의하게 낮추지 못하였음(그림 3-33)
- 패키지 처리 후 가루이류 약층의 잎당 밀도는 19.6 - 28.6의 변동을 보여 주었고 대조구에서는 18.3 - 48.0의 밀도 변동을 보여 주었다. 하지만, Repeated Measure ANOVA 분석에서 처리($F = 4.57$; $df = 1, 7$; $P = 0.070$)와 시간 요인($F = 0.79$; $df = 7, 49$; $P = 0.602$), 상호작용($F = 0.73$; $df = 7, 49$; $P = 0.648$) 모두 유의하지 않아 패키지 처리가 가루이류 **약층의 밀도**를 유의하게 낮추지 못하였음(그림 3-34)
- 패키지 처리 후 포식당한 가루이류 약층의 잎당 밀도는 4.5 - 8.9의 변동을 보여 주었고 대조구에서는 2.6 - 9.7의 밀도 변동을 보여 주었다. Repeated Measure ANOVA 분석에서 처리($F = 0.41$; $df = 1, 7$; $P = 0.544$)와 시간 요인($F = 2.47$; $df = 7, 49$; $P = 0.030$), 상호작용($F = 1.11$; $df = 7, 49$; $P = 0.370$) 모두 유의하지 않아 패키지 처리가 가루이류 **약층의 포식량**에 영향을 주지 못하였음(그림 3-35)
- 패키지 처리 후 담배장님노린재 잎당 밀도는 매우 낮게 나타났으나 대조구에서는 발견되지 않았음(그림 3-36)



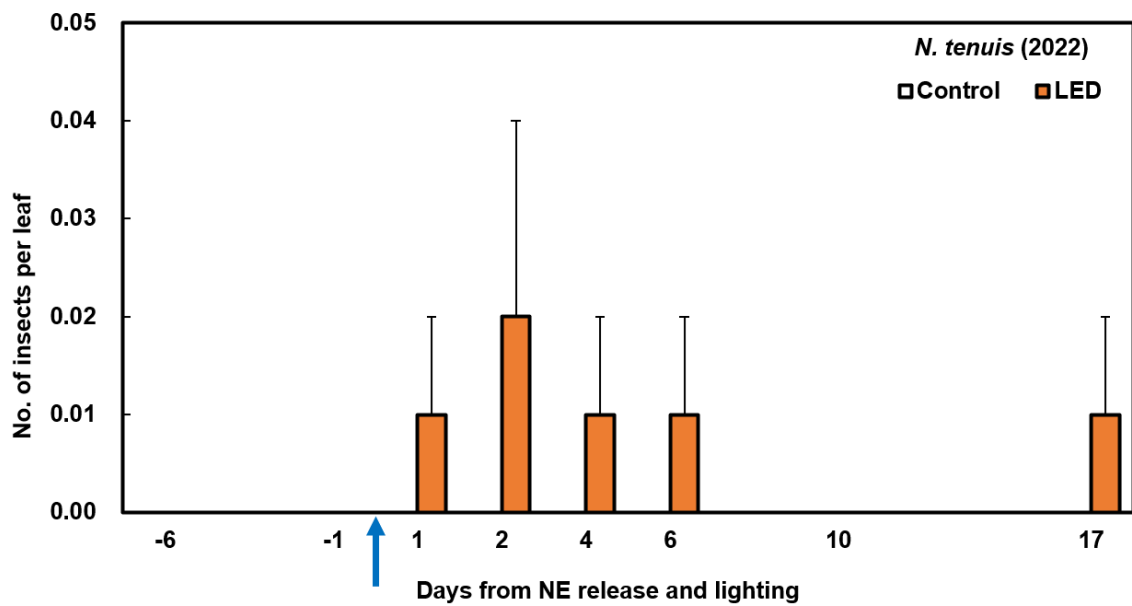
< 그림 3-33. 참외하우스에서 LED 파장(385 nm)과 천적(담배장님노린재), 벙커플랜트(메밀 + 보리)의 패키지 설치 후 가루이류 성충의 밀도 변화 >



< 그림 3-34. 참외하우스에서 LED 파장(385 nm)과 천적(담배장님노린재), 벙커플랜트(메밀 + 보리)의 패키지 설치 후 가루이류 약충의 밀도 변화 >



< 그림 3-35. 참외하우스에서 LED 파장(385 nm)과 천적(담배장님노린재), 벙커플랜트(메밀 + 보리)의 패키지 설치 후 포식당한 가루이류 약충의 밀도 변화 >



< 그림 3-36. 참외하우스에서 LED 파장(385 nm)과 천적(담배장님노린재), 벙커플랜트(메밀 + 보리)의 패키지 설치 후 포식당한 담배장님노린재의 밀도 변화 >

제4장 LED 등 해충 방제용 농자재의 방제 효과 및 현장 적용성 검증 을 통한 활용 매뉴얼 개발(이영수, 경기도농업기술원)

제1절 LED 광원에 의한 주요 해충 및 작물의 생육에 미치는 영향 구명

1. 연구목표

곤충의 시각 체계는 외부의 빛 자극을 감지하며 곤충의 의사소통, 구애, 천적 회피 등 중요한 역할을 한다(Chapman, 1998). 곤충의 민감한 시각 스펙트럼은 대부분 253-700nm의 파장 범위에 집중되어 있고, 동일한 분류군의 곤충은 일반적으로 빛의 파장에 유사한 반응을 보인다(Briscoe & Chittka, 2001). 이러한 곤충의 광에 대한 특성을 이용한 포획 기술은 해충의 모니터링과 조기 경보 시스템 구축 등에 널리 이용되어왔는데(Song 등 2005; Shimoda & Honda, 2013), 화학농약 사용을 줄이기 위한 종합적 해충 관리(Integrated pest management, IPM) 측면에서 더욱 주목받고 있다. 특히 2000년대 이후 발광효율이 높고 단파장을 발산할 수 있는 발광다이오드(LED)의 개발로 해충방제 가능성 또한 높아지고 있다(Shimoda & Honda, 2013). 따라서 본 연구는 LED 광원이 원예작물 주요 해충 및 작물에 대한 영향을 평가하여 LED를 이용한 종합 패키지 기술 수립에 적합한 광원 처리조건을 수립하고자 하였다.

2. 연구내용

가. LED 광원 장기노출이 주요 해충 번식력에 미치는 영향 평가

시판되고 있는 LED 광원(450, 520, 660, 450+520+660nm)의 장기간 노출이 해충 4종(담배가루이, 목화진딧물, 꽃노랑총채벌레, 점박이응애)의 번식력 등에 미치는 영향을 평가하였다. 광원 처리는 외부로부터 빛이 차단된 실험실 조건(25±2℃, 상대습도 50~60%)에서 광주기 16L:8D로 수행하였다(그림 4-1).

나. LED 광원이 주요 작물 생육에 미치는 영향 평가

LED 광원의 장기간 노출이 작물의 생육에 미치는 영향을 평가하기 위해 발아 후 10일 경과한 오이(백다다기) 유묘를 동일 조건에서 재배하였다. 외부로부터 빛이 차단된 실험실 조건(25±2℃, 상대습도 50~60%)에서 광주기 16L:8D로 LED 광원(450, 520, 660, 450+520+660nm)별로 5개의 유묘를 처리하였으며, 처리 21일 경과 후 생체중과 근장, 경장, 경직경 및 SPAD를 조사하여 평균값을 산출하였다. 또한 LED 광원 노출시간의 최소화에 따른 작물의 영향 평가는 오이(백다다기)와

토마토(슈퍼도테랑)을 식재한 하우스 조건에서 실시하였다. 385nm의 LED 광원을 180cm의 높이에 작물이 식재된 방향으로 고정시켜 일몰 후 3시간(18:00~21:00)만 점등하였다. 오이는 초장과 마디수, 줄기굵기, 엽장, 엽폭, 엽수, 열매개수를 조사하였으며, 토마토의 경우 초장, 엽수, 엽길이, 엽폭, 줄기굵기, 화방 높이를 조사하였다. 작물별 생육특성은 처리별로 20주를 조사하여 평균값을 산출하였다.

다. LED 광원별 주요 해충의 유인/기피 효과 구명

LED 광원별 주요 해충의 유인/기피 효과 구명을 위해서는 Y-tube olfactometer를 이용해(Shah, 2021) LED 광원(385, 405, 450, 660, 450+520+660nm)간 유인되는 개체수 조사를 조사하였는데(그림 4-1), 이때 450+520+660nm(5,000K) 광원을 대조로 외부로부터 빛이 차단된 실험실 조건(24D, 25±2℃, RH 50~60%)에서 수행하였다. 대상 해충은 5종(담배가루이, 목화진딧물, 배추좀나방, 큰28점박이무당벌레, 꽃노랑총채벌레)이었고, 처리시간은 30분이었으며 총 3반복으로 수행하였다.



그림 4-1. LED 파장대별 해충과 작물의 발육특성 및 해충의 행동반응 분석 모습.

3. 연구 결과

가. LED 광원 장기노출이 주요 해충 번식력에 미치는 영향 평가

대상 해충별로 특정 광원에 장기 노출될 경우 번식력에 미치는 영향은 다소 상이하였으나, 공통적으로 450nm의 단파장에 대해서는 번식력이 억제되는 경향을 보였다. 담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 520nm 파장에 장기 노출됨에 따라 번식률이 증가하는 반면, 660nm나 특히 450nm 파장에 장기 노출될 경우는 번식률이 오히려 억제되는 경향을 보였다(그림 4-2). 목화진딧물(*Aphis gossypii*)은 660nm 파장에 노출될 경우 번식률이 높아지는 경향을 보였으며, 그 외 파장대(520, 450, 520+450+660nm) 간에는 큰 차이를 보이지 않았다(그림 4-3).

꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)는 520nm 파장에 노출되면 번식률이 높아지고, 450nm 파장에 노출되면 번식률이 억제되는 경향을 보였다(그림 4-4). 점박이응애(*Tetranychus urticae*)는 520+450+660nm 파장에 노출될 경우 번식률이 높아지고, 520, 450nm 파장에 노출될 경우 번식률

이 억제되는 경향을 보였다(그림 4-5).

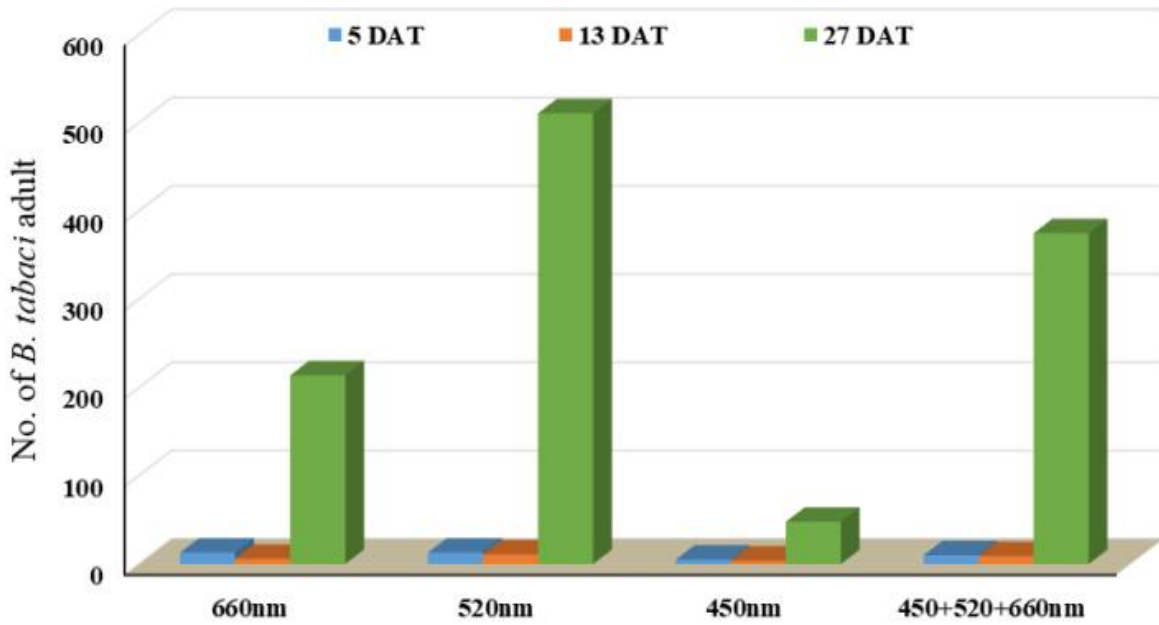


그림 4-2. LED 파장대별 담배가루이(*B. tabaci*) 번식력 비교 초기 접종 밀도 20마리/처리.

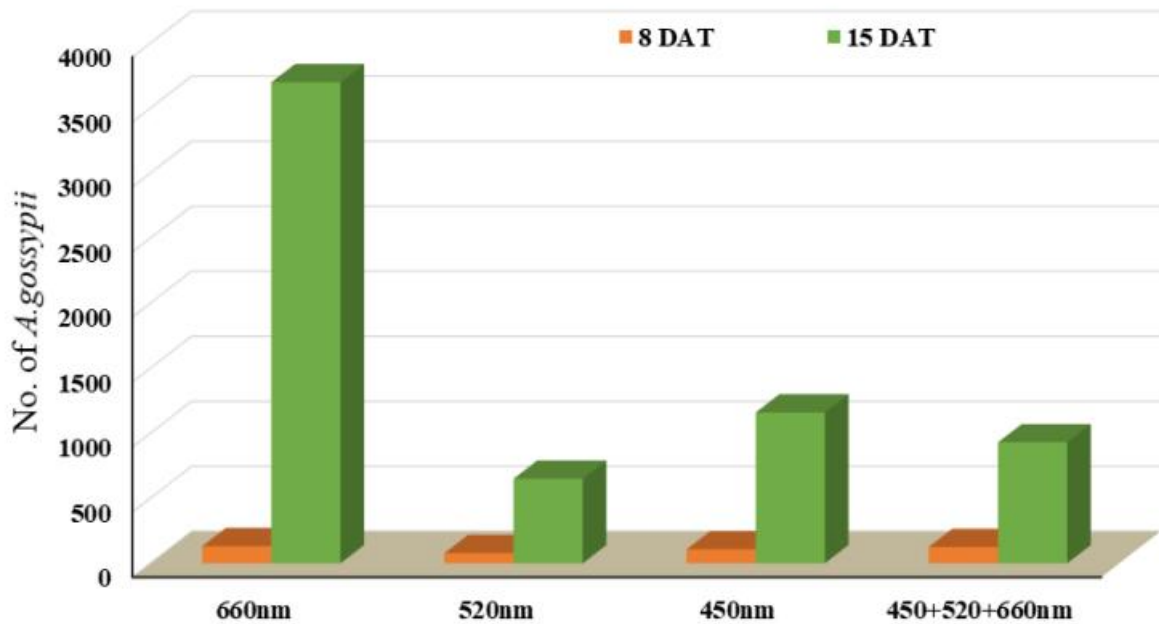


그림 4-3. LED 파장대별 목화진딧물(*A. gossypii*) 번식력 비교 초기 접종 밀도 5마리/처리.

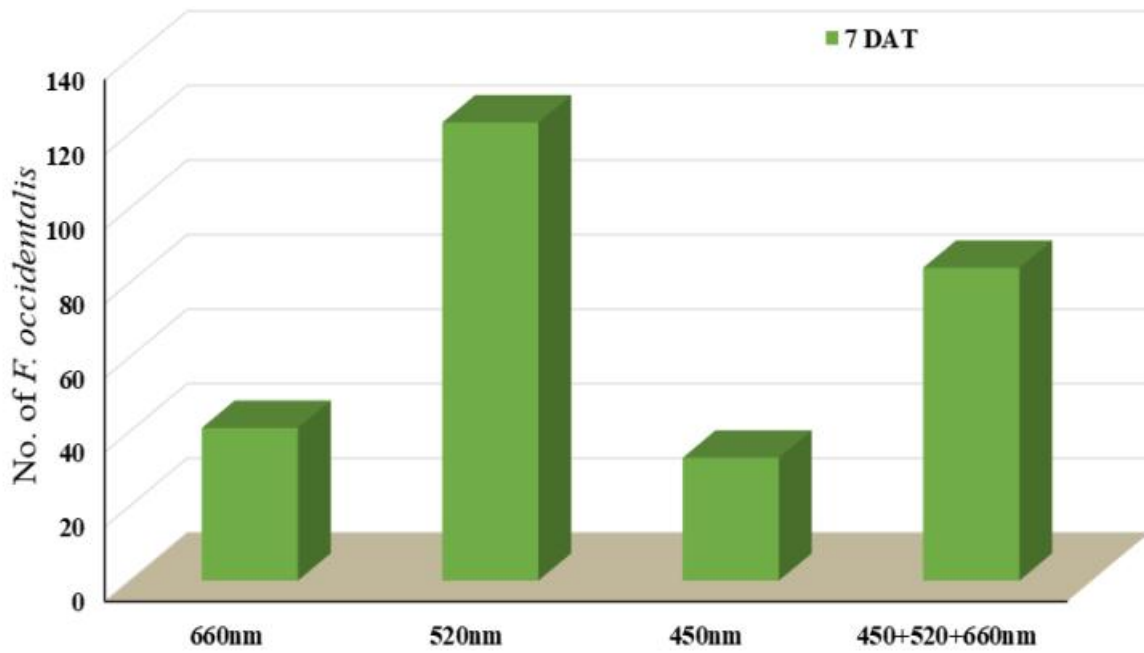


그림 4-4. LED 파장대별 꽃노랑총채벌레(*F. occidentalis*) 번식력 비교 초기 접종 밀도 10마리/처리.

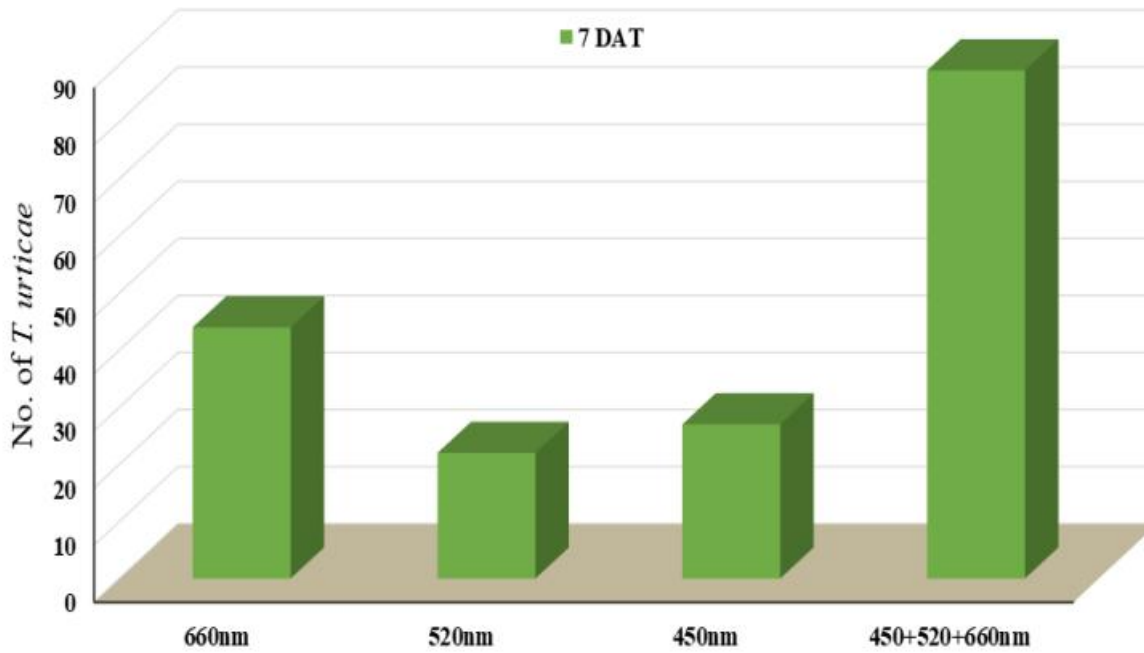


그림 4-5. LED 파장대별 점박이응애(*T. urticae*) 번식력 비교 초기 접종 밀도 10마리/처리.

나. LED 광원이 주요 작물 생육에 미치는 영향 평가

오이 유묘는 대조 광원(450+520+660nm) 대비 생체중과 근장, 경직경 및 SPAD가 감소하며, 경장은 660, 520, 450nm 광원에 대해 2~4배 증가하여 웃자라는 경향을 보였다(그림 4-6). 특히 520nm 파장에 장기 노출될 경우 대조 광원 대비 생체중, 근장, SPAD가 각각 70.7, 69.5, 41.4% 감소하는 등 생육이 억제되는 경향을 보였다(표 4-1). 따라서 시험에 이용한 LED 광원을 오이 생육 초기에

장기 노출시킬 경우 웃자라는 등 묘소질이 떨어지기 때문에 해충 제어에 최적인 시간대에 최소한의 노출을 통해 작물에 영향은 미치지 않으면서 해충을 유인/기피할 수 있는 조건을 설정하는 것이 중요할 것으로 판단되었다. 하지만, LED 광원(385nm)을 일몰 후 3시간(18:00~21:00)으로 최소화하여 점등했을 경우에는 오이와 토마토 생육은 무처리 대비 차이를 보이지 않아(표 4-2, 3), 해충 유인포살용 LED 광원(385nm)은 일몰 후 3시간(18:00~21:00)으로 최소화하여 점등하는 방법이 에너지 절감과 작업자의 편리 등을 고려할 때 가장 적정할 것으로 판단되었다.

표 4-1. LED 광원 장기노출에 따른 오이(유묘) 생육 특성 비교(실내검정)

처리내용	생체중(g)	근장(cm)	경장(cm)	경직경(cm)	SPAD
660nm	6.99(96.6)	12.8(76.5)	3.4(226.7)	0.4(80.0)	44.75(90.9)
520nm	2.12(29.3)	5.1(30.5)	6.3(420.0)	0.3(60.0)	28.85(58.6)
450nm	4.18(57.7)	12.9(77.3)	4.4(293.3)	0.4(80.0)	41.65(84.6)
450+520+660nm	7.24(100)	16.7(100)	1.5(100)	0.5(100)	49.25(100)

※ 16L:8D, 25±2℃, 10일묘 투입 후 21일 경과 후 조사.

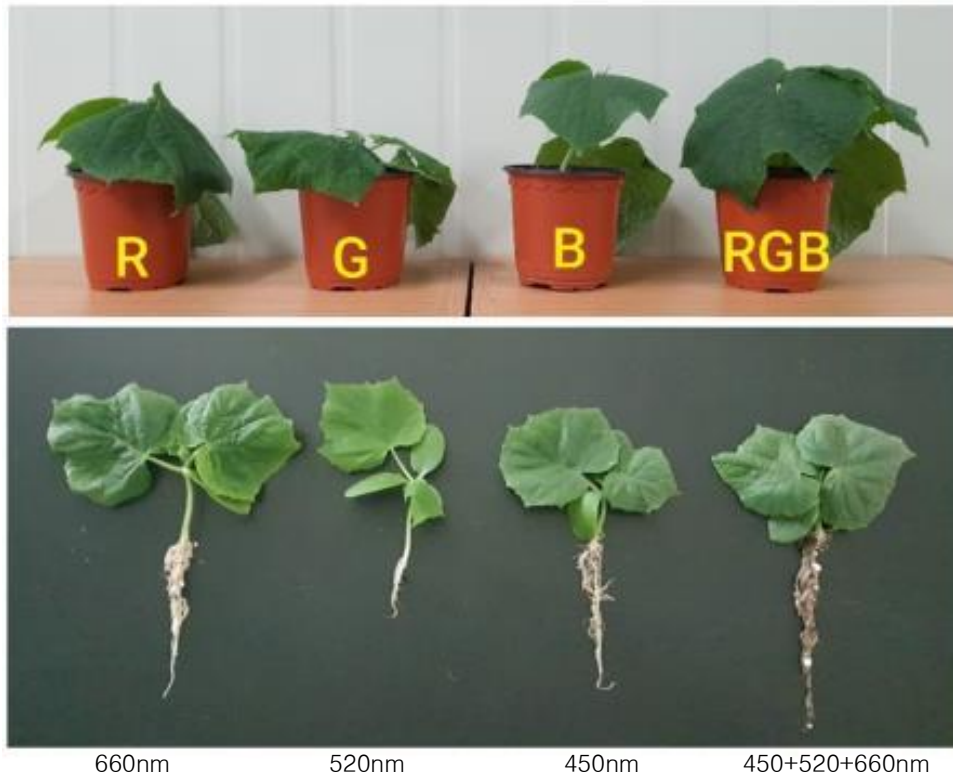


그림 4-6. LED 파장대별 노출에 따른 오이 유묘 생육량 비교(21DAT).

표 4-2. LED 광원(385nm) 최소노출에 따른 오이 생육 특성 비교(포장검정)

구분	초장 (cm)	마디수 (개)	줄기굵기 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개)	열매수 (개)
처리	236.6ns	27.2ns	8.9ns	26.0ns	35.1ns	17.3ns	8.3ns
무처리	237.2	27.1	8.8	26.1	35.0	17.4	8.2

표 4-3. LED 광원(385nm) 최소노출에 따른 토마토 생육 특성 비교(포장검정)

구분	초장 (cm)	엽수 (개)	엽길이 (cm)	엽폭 (cm)	줄기굵기 (mm)	화방높이 (cm)
처리	230.6ns	12.0ns	40.2ns	34.0ns	8.4ns	29.5ns
무처리	231.1	12.1	40.1	39.8	8.5	29.7

다. LED 광원별 주요 해충의 유인/기피 효과 구명

담배가루이, 복숭아혹진딧물, 배추좀나방 성충은 대조 광원(450+520+660nm, 5000K) 대비 385, 405nm의 단파장 LED 광원(UV)에 유인되는 특성이 뚜렷하였다. LED 파장대별 담배가루이 성충에 대한 유인효과는 385nm > 405nm > 450nm > 660nm > 5,000K 순으로 높아(그림 4-7) 385nm의 단파장 광원이 담배가루이 성충 유인용으로 가장 적합한 것으로 판단되었다. 목화진딧물 유시충에 대한 유인효과는 385nm > 405nm > 450nm > 5,000K 순으로 높았으며 660nm에서는 대조 광원 대비 유인효과가 50% 이하로 낮아지는 경향을 보였다(그림 4-8).

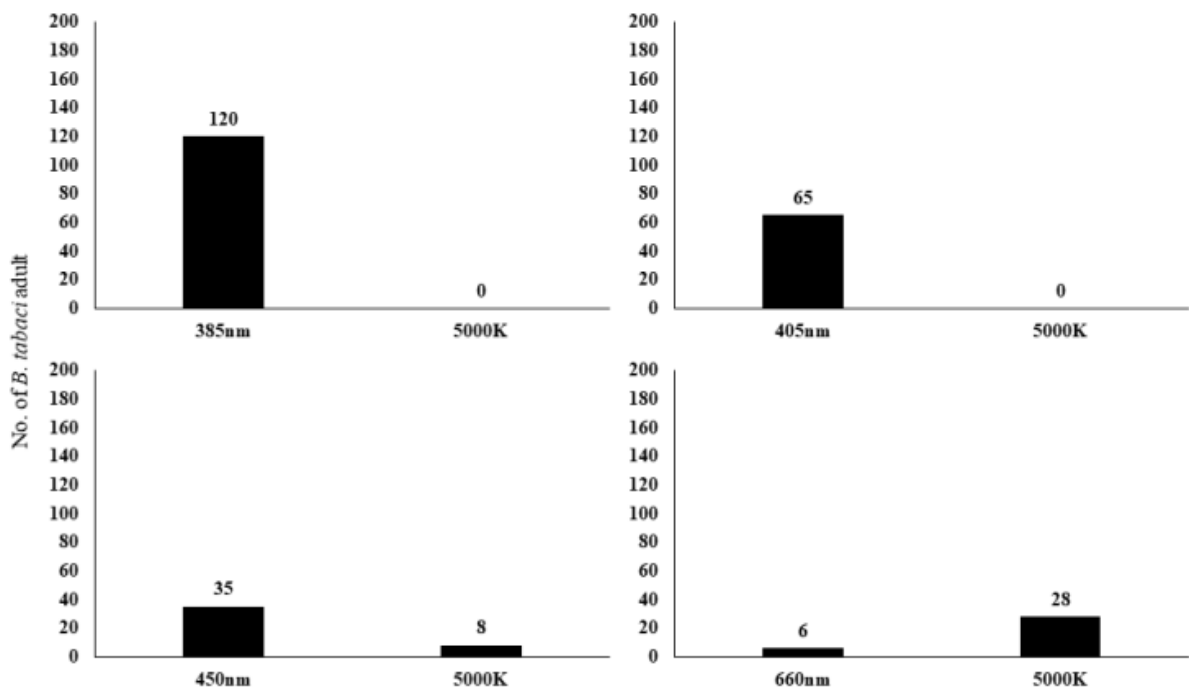


그림 4-7. LED 파장대별 담배가루이(*B. tabaci*) 유인 반응 비교.

따라서 목화진딧물 유시충의 유인광원으로 385nm의 광원이 가장 적합한 것으로 판단되었다. 나비목 해충인 배추좀나방 성충의 경우도 목화진딧물 유시충과 유사한 경향을 보여(그림 4-9), 배추좀나방 성충의 유인광원으로 385nm의 광원이 가장 적합한 것으로 판단되었다. 딱정벌레목 해충인 큰28점박이무당벌레 성충과 총채벌레목 해충인 꽃노랑총채벌레는 본 시험에 이용한 LED 광원의 파장대별 특이 반응을 보이지 않아(데이터 미제공), 향후 광원이 아닌 다른 유인소재 개발 연구가 필요할 것으로 생각된다.

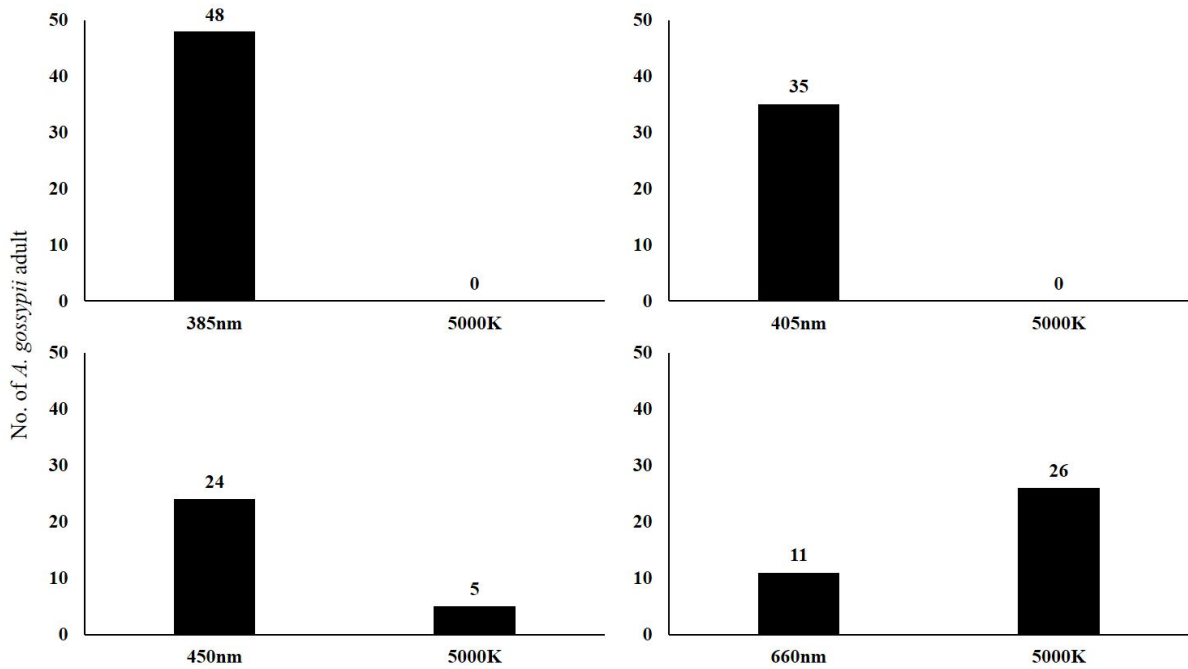


그림 4-8. LED 파장대별 목화진딧물(*A. gossypii*) 유인 반응 비교.

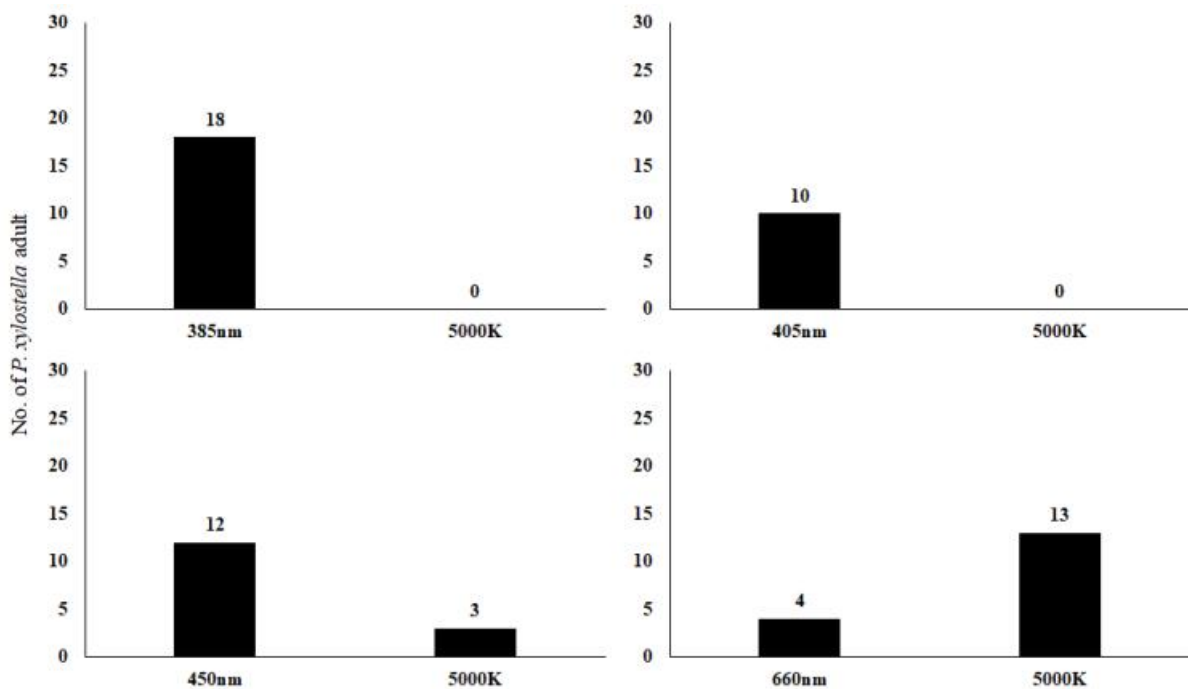


그림 4-9. LED 파장대별 배추좀나방(*P. xylostella*) 유인 반응 비교.

제2절 LED 광원 이용 주요 해충방제 검증

1. 연구목표

동일한 분류군에 속한 곤충은 일반적으로 다양한 파장의 빛에 유사한 반응을 보이는 가운데, 나비목, 노린재목, 딱정벌레목 해충들은 장파장 대비 395nm와 같은 단파장에 강하게 유인되는 것으로 알려져 있다(Pan 등 2021). 또한 곤충들은 색에도 특이적 선호성을 보이는데, Hodge 등 (2019)은 황색끈끈이트랩과 UV광원(350~365nm)를 혼용하여 토마토 해충의 일종(tomato potato psyllid) 방제효율을 높일 수 있음을 보고하였다. 따라서 본 연구는 원예작물 주요 해충 방제를 위한 수단으로 LED 광원의 처리조건을 평가함은 물론 색과 광원을 혼합처리할 수 있는 장치를 제작하여 방제효율을 평가하고자 하였다.

2. 연구내용

가. 선발 LED 광원(385nm)의 해충 제어 효과 평가

선발 LED 광원(385nm)의 주요 해충에 대한 제어 효과는 오이와 토마토의 공통 해충인 꽃노랑총채벌레를 대상으로 했으며, 오이 하우스에서 수행하였다(그림 4-10). 오이 하우스 출입구에 LED 광원(385nm)을 작물 방향으로 설치하고 일몰 후 3시간(18:00~21:00) 점등하고 LED 광원으로부터의 거리별로 트랩에 포획된 총채벌레의 밀도를 조사하였다. 처리별로 식물체 20cm 높이 상단에 황색끈끈이트랩을 광원으로부터 1.5m 간격으로 총 12지점에 3개씩 설치하여 트랩당 포획된 성충의 밀도를 조사하였으며, 총채벌레의 활동시간을 고려하여 주간(17:00)과 야간(22:00)으로 나누어 조사하였다. 처리효과는 트랩당 포획된 성충 밀도의 평균값을 산출하여 비교하였다. 또한, LED 광원(385, 405, 450, 660, 520+450+660nm)의 유효거리를 구명하기 위해 각 광원으로부터 20, 30, 40cm의 거리별로 광도를 측정하였다.

나. LED 광원(385nm) 이용 해충 방제용 배너형 트랩 개발

선발 LED 광원(385nm)과 황색끈끈이트랩을 결합하여 이동형으로 해충을 유인 포살할 수 있는 배너형 트랩을 제작하였다(그림 4-11). 트랩의 효과 검증 시험은 오이와 토마토 공통해충인 담배가루이를 대상으로 토마토 하우스에서 수행하였으며, 광원 없이 황색끈끈이트랩만으로 제작된 트랩을 대조로 트랩당 포획된 밀도를 조사하였다. LED 광원이 트랩 상단부에 설치된 점을 고려하여 광원으로부터 하부로 30cm 간격으로 6 부위별 밀도를 구분하여 조사하였다. 유인효과는 처리구(LED+황색끈끈이트랩)의 포획수를 대조구(황색끈끈이트랩)의 포획수로 나누어 산출하였다.



그림 4-10. 선발 LED 광원(385nm)의 해충 제어 효과 평가 모습.

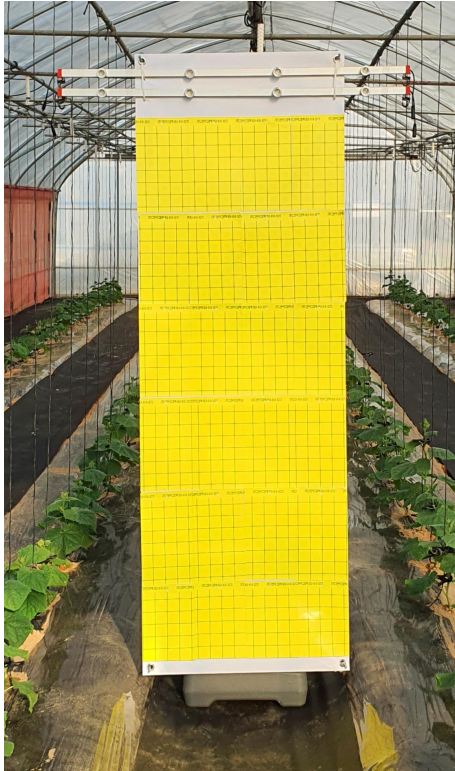


그림 4-11. 해충 방제용 배너형 LED 광원+끈끈이트랩의 설치 모습.

한편 제작한 트랩이 시판되고 있는 천적곤충에 대한 영향을 평가하기 위해 미끝애꽃노린재와 콜레마니진디벌, 담배장님노린재를 각각 1,500, 2,000, 750마리씩 방사하고 24시간 경과 후 트랩 모든 부위에 포획된 마리수를 조사하였다. 시험은 총 3회 반복하였으며, 반복당 평균값을 산출하여 처리간 효과를 비교하였다.

3. 연구 결과

가. 선발 LED 광원(385nm)의 해충 제어 효과 평가

오이 하우스 출입구에 설치한 LED 광원(385nm)으로부터의 거리별로 트랩에 포획된 총채벌레의 밀도를 조사한 결과, 꽃노랑총채벌레는 LED 광원과의 거리와는 상관없이 하우스 내부에 밀도가 높게 나타났다(그림 4-12, 13).

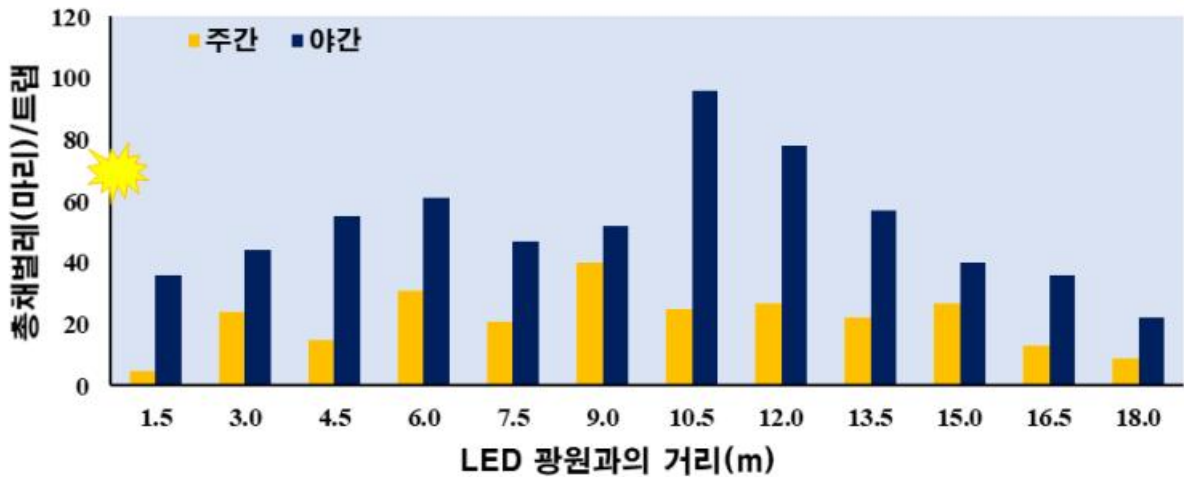


그림 4-12. 오이 하우스에서 LED 광원 처리에 따른 종간 총채벌레 밀도 비교

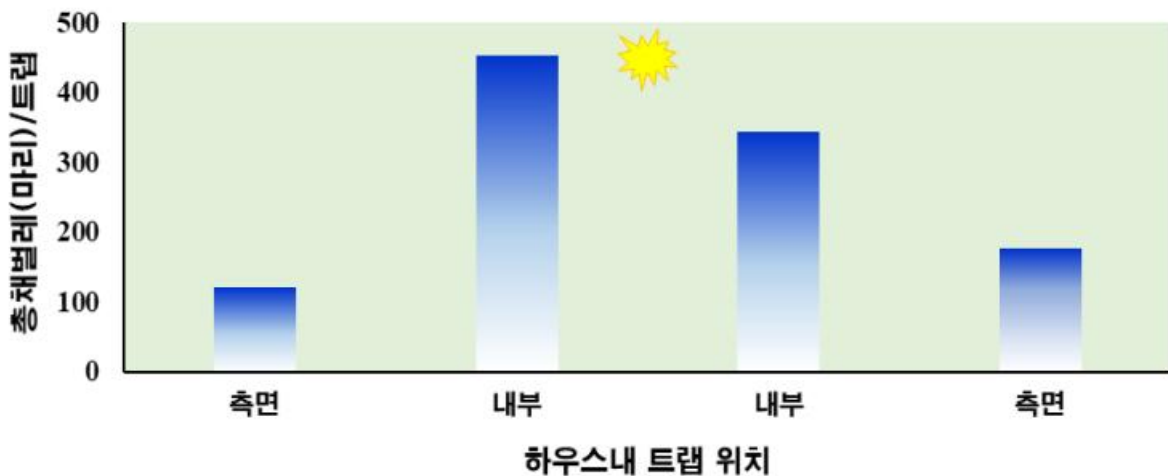


그림 4-13. 오이 하우스에서 LED 광원 처리에 따른 횡간 총채벌레 밀도 비교.

이는 Y-tube olfactometer를 이용한 실내검정에서 특정 광원에 유인되지 않았던 선행연구 결과와 유사한 결과로 꽃노랑총채벌레는 385nm의 LED 광원에 영향을 크게 받지 않았거나, 이는 LED 광원의 유효거리를 측정해 본 결과 LED 광도는 광원으로부터의 거리가 20cm에서 40cm로 멀어질 경우 광도는 36.6~69.8%로 크게 감소됨에 따라(표 4-4), LED 광원이 꽃노랑총채벌레의 서식 지점까지 유효하게 도달하지 않았을 가능성도 있다고 생각되었다. 한편 꽃노랑총채벌레의 경우 주간보다는 야간에 트랩에 포획된 밀도가 확연히 높은 것을 볼 때 주 활동시간은 일몰 후 3시간(18:00~21:00) 전후이며, 효율적인 해충 포획을 위해서는 작물(해충 서식처)과 더욱 가까운 지점에 처리되어야 할 것으로 생각된다.

표 4-4. LED 광원과의 거리별 광도(light intensity) 비교

거리(cm)	LED 광원(nm)				5,000K ^a
	385	405	450	660	
20	289.7(100)	316.2(100)	312.1(100)	300.4(100)	303.1(100)
30	164.1(56.6)	142.1(44.9)	157.4(50.4)	142.5(47.4)	159.8(52.7)
40	102.9(35.5)	95.6(30.2)	107.8(34.5)	109.2(36.4)	110.4(36.4)

^a450+520+660nm.

나. LED 광원(385nm) 이용 해충 유인 포살 트랩 개발

토마토 하우스에서 배너형 LED 트랩(385nm+황색끈끈이트랩)의 담배가루이 유인포획 효과를 조사한 결과 LED 광원이 부착되지 않은 무처리 대비 유인효과는 1.1배로 크게 높지 않았다(표 4-5). LED 광원이 설치된 상단부로부터 트랩 높이별 담배가루이의 밀도도 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 실내검정에서 385nm의 LED 광원에 담배가루이가 크게 유인되었던 것을 감안할 때 광원의 유효거리가 짧기 때문으로 생각되며, 또한 LED 광원보다 끈끈이트랩의 황색에 강하게 유인됨에 따라 큰 차이를 보이지 않았을 가능성도 배제할 수 없다. 따라서, 추후 투명 끈끈이트랩을 이용해 황색에 대한 영향을 배제하여 광원의 유인효과를 측정할 필요가 있으며, 또한 토마토 하우스에서 담배가루이 유인포획을 위한 LED 트랩 또한 작물(해충 서식처)과 30cm 이내의 더욱 가까운 거리에 설치되어야 할 것으로 생각된다. 또한, 배너형 LED 트랩(385nm+황색끈끈이트랩)의 설치 및 점등은 토마토 주요 해충 방제를 위해 상용화되어 있는 미끌애꽃노린재와 담배장님노린재에 매우 영향이 적었다(표 4-6). 이와 같은 시험결과를 종합해 볼 때, 유효거리가 짧은 LED 광원을 이용한 해충의 유인효과를 높이기 위해서는 LED 광원이 장착된 유인트랩이 이동성을 갖고 작물 군락 내부로 매우 가깝게 접근하는 방식으로 개선된다면 천적곤충과 함께 친환경 해충 방제용으로 활용이 가능할 것으로 생각된다.

표 4-5. 토마토 하우스에서 배너형 트랩 종류별 담배가루이 포획량 비교

광원으로부터의 거리(cm)	성충 평균 밀도(마리/트랩)		유인효과 (A/B)
	LED+끈끈이트랩(A)	끈끈이트랩(B)	
10~30	4.3	2.5	1.7
31~50	2.8	2.3	1.2
51~70	1.8	2.8	0.6
71~90	2.5	2.5	1.0
91~110	3.3	3.3	1.0
111~130	2.0	1.8	1.1
평균	2.8	2.5	1.1

표 4-6. 배너형 트랩의 천적곤충류에 대한 영향

천적곤충	사전밀도 (마리)	평균 밀도(마리/트랩)		포획율 (A/B)
		LED+끈끈이트랩(A)	끈끈이트랩(B)	
미끌애꽃노린재	1,500	2.5	1.5	1.7
	(100)	(0.2)	(0.1)	
콜레마니진디벌	2,000	3.8	2.6	1.7
	(100)	(0.2)	(0.1)	
담배장님노린재	750	3.0	3.5	0.9
	(100)	(0.4)	(0.5)	
평균		3.2	2.1	1.4

제3절 LED+천적+유기농업자재 패키지 기술 개발

1. 연구목표

화학농약의 생태계에 대한 부작용에 대한 대안으로 식물 성분을 기반으로 하는 유기농업자재를 이용한 생물농약의 필요성이 대두되고 있으며, 실제로 해충 방제용을 포함해 병해 방제용과 제초용으로 다양하게 이용되고 있다(Campolo 등, 2018; Giunti 등, 2022; Ferraz, 2022). 세계적으로 3,000년전부터 17,000여종의 식물에서 추출한 성분들(esstential oils)이 딱정벌레목 85.4%, 나비목 11.5%의 해충 방제용으로 살충기작과 제형화에 대한 연구가 이루어지고 있다(Campolo 등, 2018). 따라서 본 연구에서는 LED+천적+천적유지식물 패키지 기술의 일환으로 LED 광원에 대한 유인/기피 효과가 낮거나 피해허용수준 이상으로 높은 밀도의 해충들에 대해서 방제용 유기농업자재 적용을 통해 방제 효율을 높이고자 하였다.

2. 연구내용

가. LED+천적+천적유지식물 패키지 기술 이용 해충 방제

LED+천적+천적유지식물 패키지 기술을 오이와 토마토 하우스에서 실시하였다. 오이 해충인 목화진딧물 방제를 위해서 천적으로 콜레마니진디벌(2,000마리/하우스)과 천적 유지식물로 옥수수 유묘를 이용하였다(그림 4-14). 옥수수는 트레이(50공)에 파종 15일 경과한 후 보리수염진딧물 구입 및 접종하였으며, 오이 정식 직후 하우스 입구 측면에 옥수수를 육묘판 채로 식재(2판/330m²)하였다. 토마토 해충인 담배가루이 방제를 위해서 천적으로는 담배장님노린재(750마리/하우스)와 천적 유지식물로 참깨 유묘를 이용하였다(그림 4-15). 참깨는 트레이(50공)에 파종 30일 경과한 후 보리수염진딧물 구입 및 접종하였으며, 토마토 정식 직후 하우스 입구 측면에 옥수수를 육묘판 채로 식재(20주×2지점/330m²)하였다. LED 광원(385nm)은 하우스 입구 측면 지상으로부터 약 1m 높이에 일몰 후 3시간(19:00~22:00) 천적 유지식물 방향으로 점등하도록 하였다. 시험 완료 후에는 농업현장에 쉽게 이용할 수 있도록 농업인에 대한 만족도 조사 및 이용 매뉴얼을 제작하였고, 기술 투입에 따른 경제성을 분석하였다(농촌진흥청, 2022).



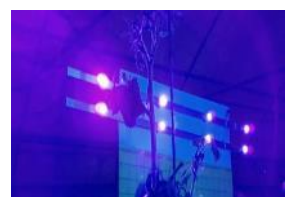
[옥수수 묘판 식재]



[보리수염진딧물 증식]



[콜레마니진디벌 제품]



[일몰 후 LED 점등]

그림 4-14. 오이 목화진딧물 방제용 LED+천적+천적유지식물 패키지 기술 이용 모습.



[LED+천적+참깨 세팅]



[담배장님노린재 제품]



[담배장님노린재 정착]



[일몰 후 LED 점등]

그림 4-15. 토마토 담배가루이 방제용 LED+천적+천적유지식물 패키지 기술 이용 모습.

나. LED+천적+천적유지식물 패키지 기술 향상을 위한 유기농업자재 선발

LED+천적+천적유지식물 패키지 기술 투입에 따른 방제효과를 높일 수 있도록 패키지 기술과 병행할 수 있는 해충 방제용 유기농업자재를 선발하였다. 시험용 유기농업자재로는 식물 추출물 기반의 해충 방제제로서 계피 추출물+데리스 추출물+시트로넬라 오일+보조제 1종과 고삼 추출물+님 추출물+보조제 1종으로 총 2종을 이용하였다. 대상 해충은 오이와 토마토의 주요 해충인 목화진딧물, 담배가루이 등으로 해충별 특성을 고려하여 직접 분무법(spraying method)과 식물체 침지법(dipping method)으로 살충활성을 검정하였다.

다. LED+천적+유기농업자재 패키지 기술 만족도 조사 및 활용 매뉴얼 제작

LED+천적+유기농업자재 패키지 기술의 완성도 제고를 위해 용인과 평택지역 경기도친환경농업인연합회원 20명을 대상으로 기술설명회 및 기술 만족도를 설문조사를 통해 실시하였다(그림 4-16). 또한 오이와 토마토 주요 해충인 목화진딧물과 담배가루이 친환경 방제를 위한 LED+천적+유기농업자재 패키지 활용 매뉴얼을 제작하였다.

ID -

천적+LED+유기농업자재 활용 기술 설문 조사

안녕하십니까?

어려운 농촌의 현실에도 불구하고 열심히 수고하고 계시는 농업인 여러분의 노고에 감사드립니다.

농림축산식품부와 농림식품기술기획평가원에서는 친환경 농업의 활성화를 위해 「작물바이러스 및 병해충대응산업화 기술개발사업」을 지원하고 있으며, 본 조사는 「주요 시설품종의 해충 방제용 천적 품종관리 기술과 천적-LED 플랫폼 개발」 연구에 반영하기 위해 기획되었습니다.

설문지 작성에는 약 3분 정도가 소요됩니다. 귀하의 정보와 귀하께서 응답하여 주신 모든 내용은 통계법 제7조에 의거하여 비밀이 절대 보장되며, 익명으로 통계 처리되어 농업 기술개발·보급 계획 수립과 정책 입안 자료로만 활용될 것입니다.

바쁘시더라도 잠시 시간을 내어 협조에 주시기 바라며, 여러분의 귀중한 자료가 향후 연구방향 설정에 반영될 수 있도록 해당 문항을 정확히 보시고 답해주시기 바랍니다.

2022년 10월 7일

천적+LED+유기농업자재 활용 기술 설문 조사표

【기초조사】

이름	제배작물	경력	연락처

【1번】 천적곤충을 이용해 보실 의향이 있으십니까?
 ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 아니다 ⑤ 매우 그렇지 않다

【2번】 비용이 발생해도 LED 광원을 이용해 보실 의향이 있으십니까?
 ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 아니다 ⑤ 매우 그렇지 않다

【3번】 병해충 방제용 유기농업자재를 이용해 보실 의향이 있으십니까?
 ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 아니다 ⑤ 매우 그렇지 않다

【4번】 천적+LED+유기농업자재 패키지 기술을 현장에 적용해 보실 의향이 있으십니까?
 ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 아니다 ⑤ 매우 그렇지 않다

【5번】 친환경 방제가 어려운 병해충 등 소중환 의견을 자유롭게 기술해 주세요.

※ 설문에 응해 주셔서 대단히 감사드립니다.

1) 주관연구기관: 농업회사법인(주)오상인젝트 (연구책임자: 황은혜, ☎ 031-585-7448)
제1 협동연구기관: 안동대학교 (연구책임자: 임연태)
제2 협동연구기관: 경기도농업기술원 (연구책임자: 이영수)

그림 4-16. LED+천적+유기농업자재 패키지 기술 설문 조사표.

3. 연구 결과

가. LED+천적+천적유지식물 패키지 기술 이용 해충 방제

LED(385nm)+콜레마니진디벌+옥수수 종합처리시 오이 목화진딧물 방제효과는 94.7%로 높게 나타났다(그림 4-17). 오이 정식 20일 경과 후 목화진딧물 밀도는 무처리 대비 패키지 기술 투입시 70% 이상으로 억제되었는데, 천적 유지식물 환경 조성을 위해 옥수수 유묘에 보리수염진딧물과 콜레마니진디벌의 정착이 잘 되어 정식 후 증가하는 진딧물의 방제에 효과를 보인 것으로 보인다. 또한 목화진딧물의 밀도가 급격히 증가하는 정식 20일 경과 후 콜레마니진디벌만 추가로 투입했을 경우 목화진딧물의 밀도는 확연히 감소하는 것으로 조사되었다.

LED(385nm)+담배장님노린재+참깨 종합처리시 토마토 담배가루이 방제효과는 50.9%로 조사되었다(그림 4-18). 오이 목화진딧물 방제효과 보다는 다소 낮은 결과를 보였는데, 이는 천적 유지식물을 정식하고 약 30일 경과 후에 천적이 투입됨에 따라 담배가루이 발생 초반인 9월 상순에 담배가루이 밀도를 효율적으로 억제 못한 결과로 생각된다. 천적이 투입된 9월 하순부터는 무처리 대비 패키지 기술 투입시 담배가루이의 밀도가 억제되는 양상을 확인할 수 있었는데, 천적 유지식물과 동시에 천적을 투입한다면 방제효과는 더욱 높아질 것으로 생각된다.

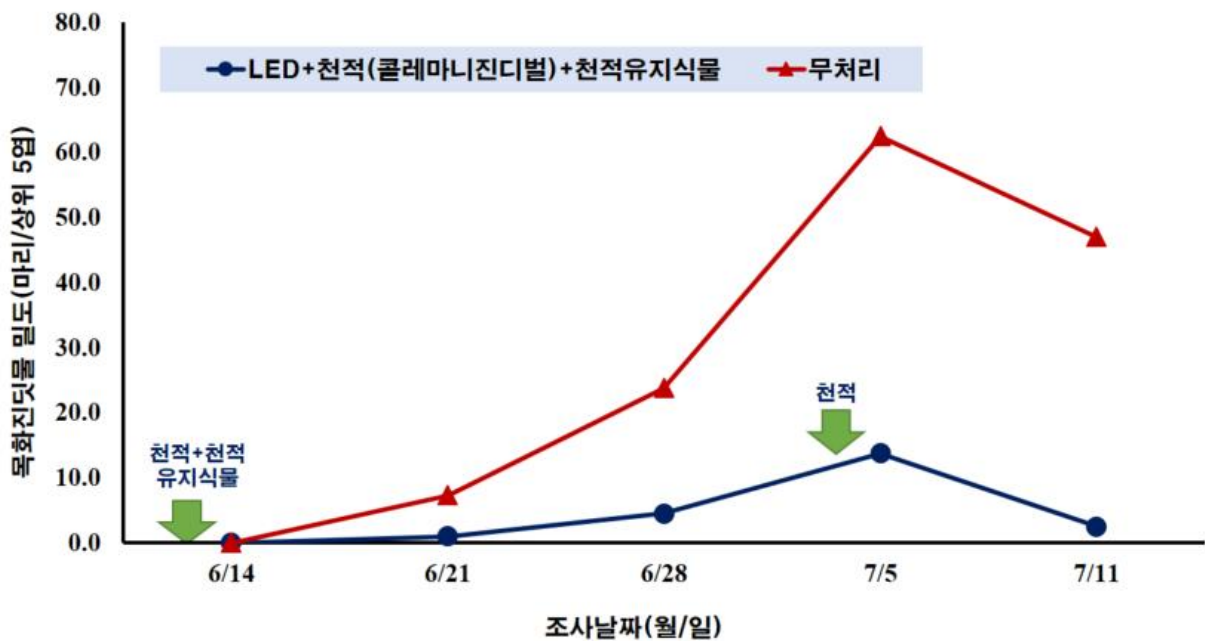


그림 4-17. LED+천적+천적유지식물 패키지 기술 투입에 따른 오이 목화진딧물 밀도 변화.

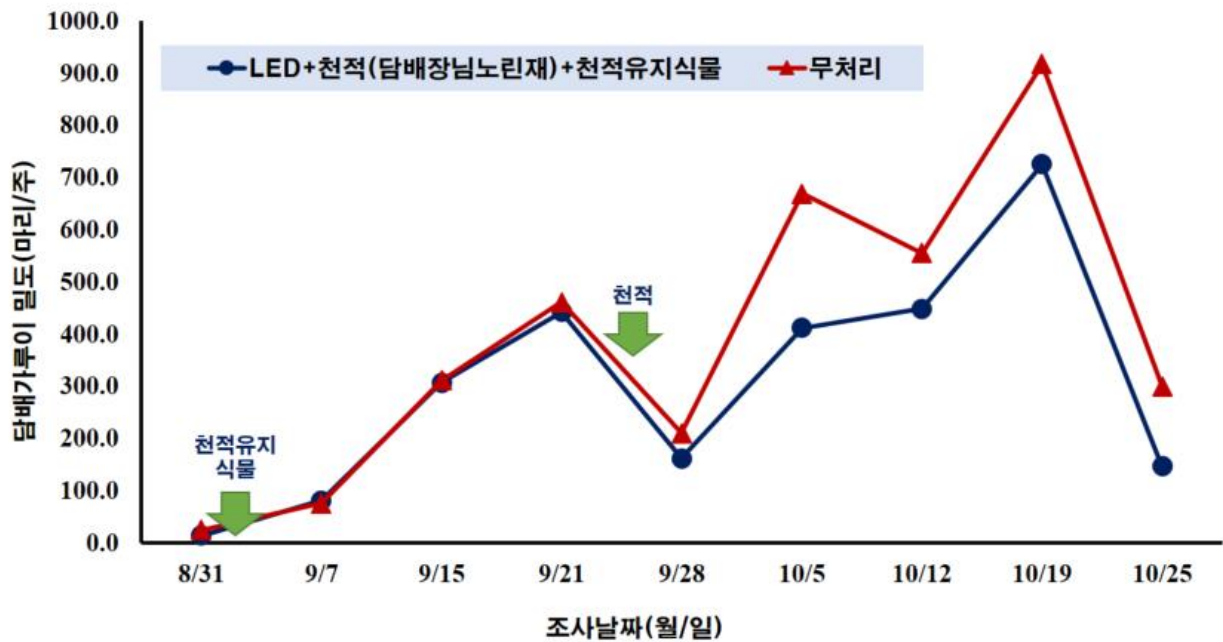


그림 4-18. LED+천적+천적유지식물 패키지 기술 투입에 따른 토마토 담배가루이 밀도 변화.

표 4-7은 오이 시설재배시 패키지 기술의 투입에 따른 경제성을 분석한 결과이다. 손실적 요소로는 LED 광원 설치비와 천적유지식물 조성비용이었으며, 이익적 요소는 천적구입비와 인건비의 절감이었다. 10a 기준 기술 투입시 추정 수익액(이익적 요소 - 손실적 요소)은 -84,680원이었으나, LED 광원을 기존 설치물을 교체하거나 제품화에 따른 대량판매로 설치비가 절감된다면 손실적 비용의 감소로 인해 추정 수익액은 증가할 것으로 생각된다.

표 4-7. 패키지 기술 투입에 따른 경제성 분석 결과(단위: 원/10a)

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
<ul style="list-style-type: none"> o 증가되는 비용 - LED 광원 설치비: 335,000원 · 유인용(2개, 출입구): 320,000원 · 타이머(2개, 출입구): 15,000원 - 천적유지식물 조성비: 3,500원 · 옥수수(종자, 100립): 3,500원 - 전기료(농용전기): 제외 - 계(A): 338,500원 	<ul style="list-style-type: none"> o 증가되는 이익 - 천적 구입비(4회; 1→5회): 240,000원 · 콜레마니진디벌: 60,000원×4회=240,000원 - 인건비(천적 살포): 13,820원 · 110,520원(남자, 1일)×1/8시간=13,820원 - 계(B): 253,820원
<ul style="list-style-type: none"> o 추정 수익액(B-A): 253,820 - 338,500 = -84,680원 	

나. LED+천적+천적유지식물 패키지 기술 향상을 위한 유기농업자재 선발

시판 유기농업자재(진독)의 경우 2,000배 희석액의 경우 목화진딧물과 담배가루이에 대해 100%의 높은 살충활성을 보였던 반면, 꽃노랑총채벌레와 점박이응애에 대해서는 15% 이하의 낮은 살

충활성을 보였다(표 4-8). 하지만 주요 천적곤충 3종에 대해서도 높은 살충활성을 보여(표 4-9) 대상 해충의 밀도가 매우 높은 경우에만 사용하는 등 주의가 필요할 것으로 생각된다. 병해충 동시 방제용으로 개발된 유기농업자재(뉴응칠이)의 1,000배 희석액의 경우 목화진딧물과 담배가루이에 대해 각각 79.8%, 82.4%의 살충활성을 보여(표 4-10), 농가의 선택적 사용이 가능할 것으로 생각된다.

표 4-8. 유기농업자재(진뚝)의 흡즙성 해충 13종에 대한 살충활성

종명	령기	샘플수	보정 살충률(%)±SD	
			2,000×	4,000×
목화진딧물	성충	60	100	-
담배가루이	성충	60	100	98.3±2.89
꽃노랑총채벌레	성충	60	< 15%	-
점박이응애	성충	60	< 15%	-

※ 진뚝 유효성분: 데리스 추출물 30%+시트로넬라 오일 20%+계피 추출물 10%.

※ 실내검정 조건: 25±1℃, 60~70 RH, 16L:8D.

표 4-9. 유기농업자재(진뚝)의 천적곤충 3종에 대한 살충활성

종명	령기	샘플수	보정 살충률(%)±SD
			2,000×
무당벌레	성충	30	100
미끌애꽃노린재	성충	60	100
담배장님노린재	성충	60	100

※ 뉴응칠이 유효성분: 고삼 추출물 50%+유칼립투스 오일 30%.

※ 실내검정 조건: 25±1℃, 60~70 RH, 16L:8D.

표 4-10. 유기농업자재(뉴응칠이)의 목화진딧물과 담배가루이에 대한 살충활성

대상해충	처 리	생충률(%)					방제가 (%)
		1반복	2반복	3반복	Mean	SD	
목화진딧물	뉴응칠이	27.3	12.5	16.0	18.6	7.72	79.8
	무처리	90.9	95.7	91.7	92.7	2.55	-
담배가루이	뉴응칠이	10.0	23.8	15.0	16.3	6.99	82.4
	무처리	91.7	95.0	90.0	92.2	2.55	-

※ 실험조건: 25±1℃, RH 60~70%, 16L:8D.

다. LED+천적+유기농업자재 패키지 기술 만족도 조사 및 활용 매뉴얼 제작

LED+천적+유기농업자재 패키지 기술의 경기도친환경농업인연합회원 대상 기술 만족도를 조사한 결과는 그림 4-19와 같다. 해충 방제 수단으로서 천적곤충과 유기농업자재, 천적+LED+유기농업자재의 이용은 모두 85%의 긍정적인 평가를 받았으며, LED 광원은 75%가 이용할 의향이 있는 것으로 조사되었다. 천적곤충의 부정적 요인으로는 품질, 비싼 가격 등이었으며, LED 광원과 유기농업자재의 부정적 요인 또한 경제적 부담이었다. 따라서 향후 저렴하면서 효과는 유지할 수 있는 LED 광원과 유기농업자재의 개발이 필요할 것으로 생각된다. LED+천적+유기농업자재 패키지 기술의 활용 매뉴얼은 오이와 토마토 재배시 주요 해충(목화진딧물, 담배가루이)의 발생과 피해, 주요 천적곤충의 특성, 해충 방제용 친환경 농자재, 작물별 주요 해충 방제사례 등으로 구성하여 제작하였다(그림 4-20).

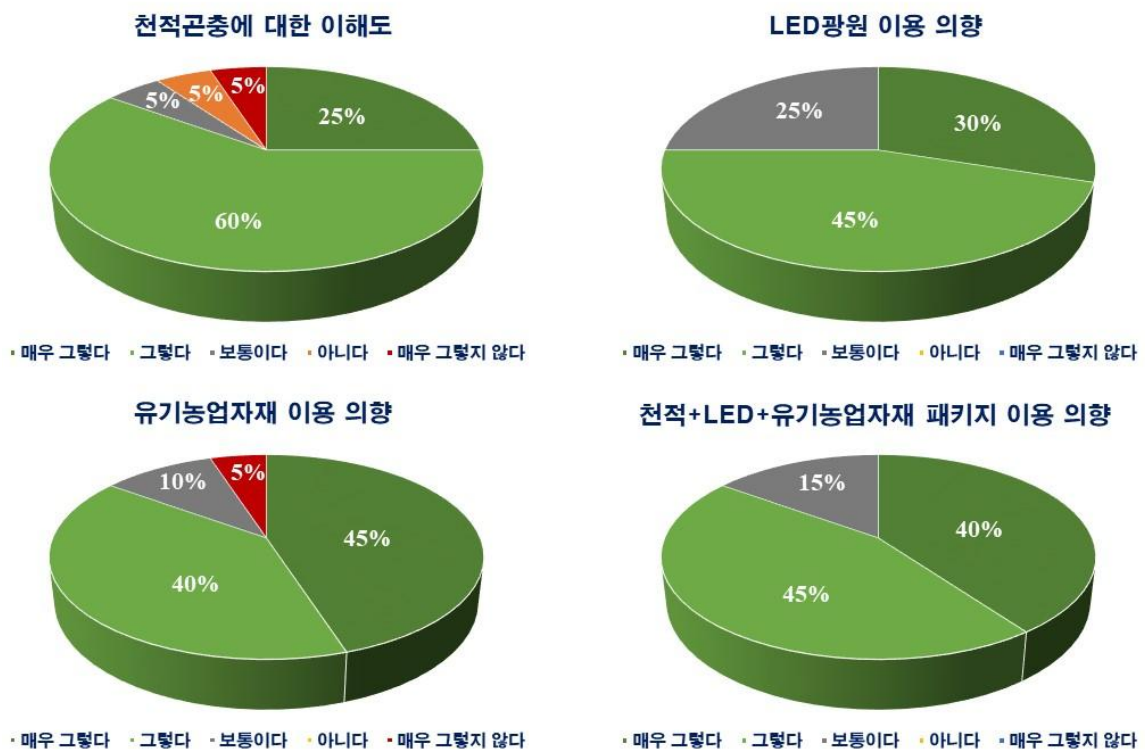


그림 4-19. LED+천적+유기농업자재 패키지 기술 만족도 조사 결과(초록색은 매우 그렇다, 붉은색은 매우 그렇지 않다).

작물별 천적과 방제제 활용
주요 해충 방제 표준화 모델



오상킨섹트(주)/국립안동대학교/경기도농업기술원

[4장]

작물별 주요 해충 방제 사례

[오이 목화진딧물 방제]

○ 활용기술

◆ 천적곤충: 콜레마니진디벌

- 목화진딧물 발생전 또는 발생초기에 천적 유지식물에 집중

◆ 천적유지식물: 옥수수

- 육묘관(50구)에 파종 15일 경과 후 보리수염진딧물을 접종하고 하우스 입구 측면에 육묘관 체로 식재

◆ LED 광원: 385nm, 3시간 점등(19:00~22:00)

- 천적유지식물을 향하게 설치함. 목화진딧물과 천적인 콜레마니진디벌을 유인하며, 작물 생육에는 영향이 없음.



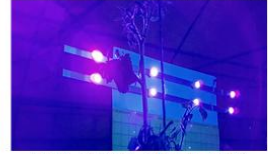
<천적유지식물(옥수수) 식재>



<옥수수에 발생한 보리수염진딧물>



<콜레마니진디벌 살포>



<LED 광원을 점등한 모습>

그림 4-20. LED+천적+유기농업자재 패키지 기술 활용 매뉴얼 예시.

제5장 연구개발성과 및 목표 달성도

제1절 연구목표 달성 수준

1. 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 주요 천적 5종 이상에 대한 품질 표준화 방안 마련	○ 3종의 천적과 3종의 천적 서식처에 대한 품질 표준화 방안 마련 및 천적연구회와 협력하여 주요 천적 24종에 대한 품질관리 지침서 발간 완료	○ 100
○ 천적 품질관리 장치 2건 개발 및 매뉴얼 구축	○ 기생성 천적과 이리응애류의 품질을 확인 및 관리 할 수 있는 장치 2건 개발(특허 등록 완료) 및 기술 이전 완료	○ 100
○ 광식성 천적의 유인/유지를 위한 천적의 서식처-LED 플랫폼 개발	○ LED 광원이 천적 서식처 2종과 다수 천적의 먹이원으로 활용되는 진딧물에 미치는 영향을 확인하여, 서식처-LED 플랫폼의 기본틀 구축	○ 100
○ 시설 감귤과 고추에 대한 천적과 방제제 활용 표준화 모델 구축	○ LED 플랫폼이 시설 감귤과 고추의 해충에 미치는 영향 확인 및 이용 모델 구축	○ 100
○ 현재 판매되고 있는 천적 종에 대한 LED 파장별 유인효과 규명	○ 7종의 천적에 대한 LED 파장별 유인효과 평가 완료함. 유인력은 385nm가 가장 유인력이 높았으며 660nm에서는 기피효과가 가장 높았음. 긴날개췌기노린재는 어떤 광원에도 유의한 반응을 보이지 않음	○ 100
○ 선발된 LED 파장과 천적조합을 하우스 작물 혹은 포트에서 실증	○ LED 파장과 천적조합을 딸기하우스와 참외하우스에서 평가 완료함. 딸기에서는 잎응애류에 대해서 방제효과가 있었으나, 참외에서는 2회의 시도 모두 가루이류 혹은 잎응애류에 대한 방제효과가 없었음	○ 100
○ 작물 2종 이상에 대한 천적과 방제제 활용 표준화 모델 구축(하우스) - 천적-LED 플랫폼을 2개 이상의 하우스 작물(딸기, 참외)에서 실증	○ 천적-LED 플랫폼(천적-LED-뱅크플랜트)을 딸기하우스와 참외하우스에서 평가 완료함. 딸기에서는 잎응애류에 대해서 방제효과가 있었으나, 참외에서는 2회의 시도 모두 가루이류 혹은 잎응애류에 대한 방제효과가 없었음	○ 100
○ LED 광원에 의한 주요 해충 및 작물의 생육에 미치는 영향 구명	○ LED 광원(450, 520, 660, 450+520+660nm)이 해충 6종(담배가루이, 목화진딧물, 꽃노랑총채벌레, 배추좀나방, 큰28점박이무당벌레, 점박이응애)과 작물(오이)에 미치는 영향 확인	○ 100
○ LED 광원 이용 주요 해충 방제 검증	○ 선발된 LED 파장(385nm)에 오이와 토마토에서 꽃노랑총채벌레에 미치는 영향 확인 및 배너형 트랩 개발	○ 100
○ LED+천적+유기농업자재 패키지 기술 개발	○ LED+천적+유기농업자재 패키지 기술 개발, 농업인에 대한 만족도 조사 및 이용 매뉴얼 제작과 더불어 기술 투입에 따른 경제성 분석 완료	○ 100

제2절 정성적 연구개발성과

세부과제명	연구개발성과
주요 시설작물의 해충 방제용 천적 품질관리 기술과 천적-LED 플랫폼 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 천적연구회와 협력하여 주요 천적 24종에 대한 품질기준안 설정 및 품질 검사방법 제시와 더불어 『천적 품질관리 지침서』 발간 및 배포 ○ 한국형 천적 제품 3종과 서식처 3종에 대한 품질 표준화 방안 마련 ○ LED 광원을 활용하여 주요 천적의 품질을 확인 및 관리할 수 있는 기술 개발, 특허 등록 및 기술 이전 완료 ○ 3년간이 현장 실증을 통해 천적-LED 적용기술을 시설 감귤과 고추에 적용 및 해충의 밀도 감소효과와 천적의 유인/유지 효과를 검증함
주요 천적별 유인/유지 효과가 있는 LED 선발을 통한 LED 광원 이용 천적과 해충에 대한 제어기술 고도화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 7종의 천적에 대한 LED 파장별 유인효과 평가를 통해 기존에 알려지지 않았던 천적들의 LED 파장별 유인효과를 최초로 밝혔으며 현재 국제 학술지인 Biological Control (IF: 3.857)에 게재 수락을 받았음 ○ 2년간의 현장 실증을 통해 LED 파장과 천적조합과 천적-LED 플랫폼(천적-LED-뱅크플랜트) 모두 딸기하우스에서 잎응애류에 대해서 방제효과가 있음을 밝힘. 다만, 참외에서는 모두 가루이류에 대한 방제가 효과가 없음을 밝힘
LED 등 해충 방제용 농자재의 방제 효과 및 현장 적용성 검증을 통한 활용 매뉴얼 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ LED 광원에 의한 주요 해충 및 작물의 생육에 미치는 영향 구명 및 주요 해충의 방제가능성 검증 ○ LED+천적+유기농업자재 패키지 기술 개발 및 개발 기술에 대한 농업인 만족도 조사와 더불어 기술 투입에 대한 경제성 분석 완료

제3절 정량적 연구개발성과

< 정량적 연구개발성과표(예시) >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계 (2020-2022)		계	가중치 (%)	
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	논문	목표(단계별)	3				
		실적(누적)	3				
	특허	목표(단계별)	3			20	
		실적(누적)	3				
	학술발표	목표(단계별)	3			5	
		실적(누적)	6				
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	기술실시 (이전)	목표(단계별)	2			10	
		실적(누적)	3				
	사업화	목표(단계별)	2			20	
		실적(누적)	2				
	기술인증	목표(단계별)	1			10	
		실적(누적)	1				
	기술지도	목표(단계별)	13			5	
		실적(누적)	29				
	인력양성	목표(단계별)	1			5	
		실적(누적)	1				
	타연구활용	목표(단계별)	-			10	
		실적(누적)	1				
	홍보(전시)	목표(단계별)	5			5	
		실적(누적)	22				
	포상	목표(단계별)	-				
		실적(누적)	1				
	계						

* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신제품 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다
(연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

제4절 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	천적 곤충 포장 표준화에 관한 연구	한국응용곤충학회지	함은혜	60	대한민국	한국응용곤충학회	비SCIE	2021.4.29	1225-0171	100
2	Comparison of attraction to LED wavelengths between two strains of <i>Orius laevigatus</i> (Fieber) (Hemiptera: Anthoridae)	Journal of Asia-Pacific Entomology	Young-gyun Park	24	Republic of Korea	Korean Society of Applied Entomology	SCIE	2021.7.21	1226-8615	100
3	콜레마니진디벌에 대한 LED 광원의 유인효과	한국응용곤충학회지	함은혜	61	대한민국	한국응용곤충학회	비SCIE	2022.1.2.01	1225-0171	100

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2020 Fall Conference of Korean Society of Applied Entomology	이영수	2020.10.28	화성	대한민국
2	2020 Fall Conference of Korean Society of Applied Entomology	전혜정	2020.10.28	화성	대한민국
3	2020 Fall Conference of Korean Society of Applied Entomology	Md. Arefur Rahman	2020.10.28	화성	대한민국
4	Spring International Conference of KSAE	Md. Arefur Rahman	2021.4.29	천안	대한민국
5	Second International Congress of Biological Control	함은혜	2021.4.29	on-line	스위스
6	Spring International Conference of KSAE	전혜정	2021.4.29	천안	대한민국
7	Spring International Conference of KSAE	함은혜	2021.4.29	천안	대한민국
8	Fall International Conference of KSAE	이영수	2021.10.28	삼척	대한민국
9	Fall International Conference of KSAE	Young-gyun Park	2021.10.28	삼척	대한민국
10	2022 Spring International Conference of KSAE	Tong Ju Jang	2022.4.28	변산	대한민국
11	한국유기농업학회 2022 하계학술대회	이영수	2022.07.21	단국대학교	대한민국
12	2022 Fall International Conference of KSAE	이영수	2022.10.26	경주	대한민국
13	2022 Fall International Conference of KSAE	이희아	2022.10.26	경주	대한민국
14	2022 Fall International Conference of KSAE	오창학	2022.10.26	경주	대한민국
15	2022 ESA, ESC, and ESBC Joint Annual Meeting	Young-gyun Park	2022.11.16	밴쿠버	캐나다

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	기생성 천적 우화, 분리 및 비행 패턴 관리기	KR	(주)오상킨 섹트	20.04.17	10-2020-004 6474		(주)오상킨 섹트	22.06.09	10-240857 1	100	O
2	외부유출이 없는 이리응애 품질 관리기	KR	(주)오상킨 섹트	20.06.10	10-2020-007 0152		(주)오상킨 섹트	22.10.20.	10-245848 8	100	O
3	해충예찰용 표시지	KR	(주)오상킨 섹트	22.09.328.	30-2022-003 9762						

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√			√						√

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	신기술인증	산업통상자원부	원예작물 5종 해충 방제를 위한 천적과 보존식물 결합형 스마트팩 개발 기술	제1295호	2020.12.16	대한민국

[경제적 성과]

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	통상실시	기생성 천적의 우화, 분리 및 비행 패턴 관리기	키토나이스	22.08.23.	5,000,000	-
2	통상실시	외부유출이 없는 이리응애 품질 관리기	키토나이스	22.08.23.	5,000,000	-
3	자체실시	해충예찰용 표시지	자체실시	22.09.28.	-	-

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	제품 개발	경기	천적 QC 450	천적 제품의 우화율을 관리할 수 있는 450nm 광원 세트	-	5,000	-	2022	5년
2	자기실시	제품 개발	경기	진딧물 믹스	뱅크플랜트 제작을 위한 진딧물 접종 및 천적의 먹이원 추가 공급용 제품	-	12,000	-	2022	5년

- * 1」 기술이전 또는 자기실시
- * 2」 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- * 3」 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
제품개발	2022	12,000	-	12,000	계산서 확인
합계		12,000			

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2021년	2022년	
1	고용 창출	경기도농업기술원	2	1	3
2	고용창출	오상킨섹트	-	1	1
합계			2	2	4

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	2
		생산인력	2
	개발 후	연구인력	3
		생산인력	5

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
1	경기농업대학 곤충산업과 교육	2020.07.02	농업인	경기도농업기술원 경기농업기술교육센터 2층	25
2	해충방제와 천적 이용	2020.07.09	귀농 귀촌 농업인	수원시 농업기술센터	20
3	경북농민사관학교 친환경천적과정	2020.07.14	농업인	경북대학교 친환경농업교육연구센터	20
4	천적을 이용한 해충방제	2020.07.15	이천농업생명대학 친환경농업과	이천농업기술센터 2층 회의실	31
5	해충방제 실무교육	2020.10.29	미래전문농업경영인	공주대학교 스마트온실 세미나실	25
6	원예식물 주요 해충관리	2020.12.04	인천 도시농업 전문가과정	인천광역시 농업기술센터 도시농업체육교육관	19
7	원예작물 주요 해충관리	2021.05.07.	도시농업인	인천광역시농업기술센터	15
8	곤충산업 전문인력 양성교육	2021.05.20.	곤충산업관련종사자	서울특별시농업기술센터	25
9	포식성 및 식균성 천적의 활용 이론, 포식성 천적의 사육 및 이용 실습	2021.07.27.	농업인	경북대학교 친환경농업교육 및 연구센터	25
10	친환경 농자재 병해충 방제관리	2021.08.12	포천환경대학원	포천시농업기술센터 2층	20

	작물 해충 관리			2강의실	
11	천적을 이용한 해충방제	2021.08.17	화성시 그린농업기술대학 학생	화성시 농업기술센터	25
12	농작물 해충 관리요령	2021.09.01	청년농업인	안성시농기계임대사업소	10
13	친환경 천적 과정	2021.9.28.	경북농민사관학교 교육생	경북대학교 친환경농업연구교육센터 204호	25
14	시설 고추 내 천적 서식처 조성에 관한 현장기술지도	2022.04.15	농업인	강원도 영월군	2
15	탄소중립형 농업농촌 실현을 위한 온라인세미나	2022.05.12	탄소중립농업에 관심있는 농업인/공무원	온라인	20
16	도시농업전문가과정	2022.05.13	도시농업실천인	인천농업기술센터	20
17	신규농업인 기초영농기술교육	2022.05.27	신규농업인	포천농업기술센터	30
18	농협대학교 경기창업준비농장과정	2022.06.09	예비창업농인	농협대학교	30
19	아침해철곡 농업인대학 토양 병해충	2022.06.24	농업인대학 학생	철곡농업기술센터	30
20	연천농업대학 스마트팜	2022.07.05	농업대학 학생	연천군농업기술센터	30
21	진주시 품목별 상설교육	2022.07.08	농업인	진주농업기술센터	30
22	포천환경농업대학원 친환경농업	2022.07.15	대학원 학생	포천농업기술센터	30
23	경북농민사관학교 친환경천적과정	2022.08.02	농업인	경북대학교친환경농업연구센터	30
24	양주시 생활원예과 화훼 해충관리	2022.08.30	대학학생	양주농업기술센터	30
25	경기귀농귀촌 대학 시설채소 충해관리	2022.09.17	농업인	농협대학교	35
26	도시농업 원예식물 주요 해충관리	2022.09.29	도시농업 대상자	인천농업기술센터	30
27	경기도 친환경 학교급식 생산농가 대상 천적의 활용에 대한 교육	2022.10.07	친환경농업인	남사읍 행정복지센터	30
28	천적+LED+유기농업자재 이용 친환경 해충 방제	2022.10.07	친환경농업인	남사읍 행정복지센터	30
29	경기귀농귀촌 대학 발작물 해충 관리	2022.10.15	귀농귀촌인	농협대학교	35

[사회적 성과]

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
		2022		1				1			1		

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비
1	농촌진흥청	지속가능한농업연구	생태공학적 기법 활용 지역특화작물의 천적 적용 모델 개발	함은혜	75,000,000

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	제품설명회	2020년 농식품 R&D 유망기술 발표회	다양한 해충에대한방제 효과를 보유한 생태공학적 해충방제 모델	2020.12.09
2	월간잡지	경기농업21	고무나무 잎이 병들었어요!	2021.04.01

3	월간잡지	경기농업21	LED를 이용해 해충을 방제할 수 있나요?	2021.08.01
4	Newsletter	곤충마당	천적 곤충 품질관리 지침서 발간	2021.10.28
5	제품설명회	2021년 농식품 R&D 유망기술 발표회	기생성 천적의 우화, 분리 및 비행 패턴 관리기	2021.12.16
6	중앙일간지	농업경제신문	농진청, 친환경 농업 위한 ‘천적 품질관리지침서’ 발간	2022.07.23
7	지방일간지	부산일보	농촌진흥청 ‘천적품질관리지침서’ 발간, 친환경 농업에 뚝수	2022.07.24
8	Internet	세계시사뉴스통신	농촌진흥청, 이달의 신간 천적 품질관리 지침서	2022.07.25
9	Internet	종합뉴스통신	농촌진흥청, 이달의 신간 천적 품질관리 지침서	2022.07.25
10	Internet	농촌진흥청	농촌진흥청, 이달의 신간	2022.07.25
11	Internet	대한민국 정책브리핑	농촌진흥청, 이달의 신간	2022.07.25
12	지방일간지	충청일보	충주, 시설과채류에 천적 활용 해충 방제	2022.07.28
13	지방일간지	농축유통신문	천적 활용으로 안정적인 농산물 생산성 쑥쑥	2022.08.11
14	중앙TV방송	연합뉴스TV	천적활용 친환경 농법, 농가 소득에 큰 보탬	2022.08.27
15	지방TV방송	전주MBC	천적써더니 일손줄고 소득은 쑥쑥	2022.08.28
16	지방TV방송	OBS뉴스	천적으로 해충 잡으니 일손 덜고 소득 늘고	2022.08.28
17	월간잡지	경기농업	황색로끈끈이트랩을 이용한 고추충채벌레 친환경 방제	2022.09.01
18	중앙TV방송	YTN	해충도 잡고 소득도 올리고, 천적 곤충 활용 농법	2022.09.11
19	지방TV방송	안동MBC	해충 잡는 천적 농법, 일손 덜고 소득 늘고	2022.09.12
20	전시회	2022 괴산 세계유기농산업	천적곤충 2종, 영상 2점 전시	2022.09.30
21	월간잡지	경기농업	천적을 하우스에 머무르게 할 순 없을까요	2022.10.01
22	기술설명회	농식품 R&D 유망기술 발표회	UV-LED 광원 기술	2022.11.29

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	산업기술진흥유공	국무총리 표창	신기술실용화 진흥	(주)오상킨섹트 함은혜	2021.12.07	산업통상자원부

제5절 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여 사항

- 본 연구로 도출한 기술을 적용하여 다른 국가연구개발사업에 활용함으로써 천적을 활용한 해충방제기법의 활성화에 기여
- 또한, 산업통상자원부로부터 신기술(제1295호, 2020년 12월 16일)로 인증받은 ‘원예작물 5종 해충 방제를 위한 천적과 보존식물 결합형 스마트팩’ 기술개발로 21년 산업기술진흥유공 신기술실용화진흥 부문 유공자로 선정되어(2021년 11월 2일), 관련 분야에 적극적으로 기술을 보급할 수 있는 기틀을 마련함

제6장 연구개발성과의 관련 분야 기여도

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구 개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
주요 시설작물의 해충 방제용 천적 품질관리 기술과 천적-LED 플랫폼 개발	주요 시설작물의 해충 방제용 천적 품질관리 기술과 천적-LED 플랫폼 개발	오상 킨섹트	중소기업 (영리)	559	447	0.79	신규 기술개발	해당 없음	-
	주요 천적별 유인/유지 효과가 있는 LED 선발을 통한 LED 광원 이용 천적과 해충에 대한 제어기술 고도화	안동 대학교	대학 (비영리)	235	235	1.000	신규 기술개발	해당 없음	-
	LED 등 해충 방제용 농자재의 방제효과 및 현장 적용성 검증을 통한 활용 매뉴얼 개발	경기도 농업 기술원	기관 (비영리)	235	235	1	신규 기술개발	해당 없음	-
계									

제7장 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2023	2024	2025	2026	2027
국외논문	SCIE	1				
	비SCIE					
국내논문	SCIE					
	비SCIE					
특허출원	국내					
	국외	1				
특허등록	국내					
	국외					
인력양성	학사					
	석사					
	박사					
사업화	시제품개발					
	상품출시					
	기술이전					
	공정개발					
	매출액(단위 : 천원)	10,000	15,000	20,000	25,000	30,000
	기술료(단위 : 천원)					
비임상시험 실시						
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상				
		2상				
		3상				
	의료기기					
진료지침개발						
신의료기술개발						
성과홍보						
포상 및 수상실적						
정성적 성과 주요 내용						

참고 문헌

- Alsanius, B.W., Bergstrand, K., Hartmann, R., Gharaie, S., Wohanka, W., Dorais, M., & Rosberg, A.K., 2017. Ornamental flowers in new light: Artificial lighting shapes the microbial phyllosphere community structure of greenhouse grown sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Sci. Horticult.* 216, 234-247.
- Aphalo, P.J., Albert, A., Bjorn, L.O., Mcleod, A.R., Robson, T.M., 2012. Beyond the visible; A handbook of best practice in plant UV photobiology. European Cooperation in Science and Technology. 52pp.
- Briscoe, A.D.; Chittka, L. 2001. The evolution of color vision in insects. *Annu. Rev. Entomol.* 46, 471-510.
- Buitenbuis, R., Choi, S.U., Seo, G.W., Mun, Y.H., Lee, G.J., Lee, C.G., Ahn, M.S., 2017. Quality Assurance of Biocontrol products. Jeonbuk Agricultural Research & Extension Services. Iksan.
- Campolo, O., Giunti, G., Russo, A., Palmeri, V., Zappalà, L. 2018. Essential oils in stored product insect pest control. *J. Food Qual.* 18pp.
- Cannon R.J.C., Matthews, L., Collins, D.W., 2007. A review of the pest status and control options for *Thrips palmi*. *Crop Protect.* 26, 1089-1098.
- Castresana, J., & Puhl, L., 2017. Comparative study among a variety of solar-powered LED traps to capture tomato leafminers *Tuta absoluta* adults by mass trapping in tomato greenhouses in the province of Entre Rios, Argentina. *Idesia*, 35(4), 87-95.
- Cho, S.W., Kyung Y., Cho, S-R., Shin, E., Jeong D.H., Kim, S.I., Park, G-H., Lee, S-J., Lee, Y-S., Kim, M-K., Jo, I-J., Koo, H-N., Kim, H.K., & Kim, G-H., 2018. Evaluation of susceptibility of Western Flower Thrips (*Frankliniella occidentalis*) and arden Thrips (*F. intonsa*) to 51 insecticides. *Korean J. Appl. Entomol.* 57(3), 221-231.
- Ferraz, C.A., Pastorinho, M.R., Palmeira-de-Oliveira, A., Sousa, A.C.A., 2022. Ecotoxicity of plant extracts and essential oils: A review. *Environ. Pollut.* 292, 118319.
- Garzon, E., Beitia, F., 2009. Quality control in the production of beneficials used in biological control of pests: is it a real need? *Pest Technol.* 3, 22-24.
- Gidske, R., 2020. The effect of UV radiation on *Myzus persicae* and the biological control agent *Aphidius colemani*. Master's thesis. Norwegian University of Life Sciences, Ås, Norway. p. 48.
- Giunti, G., Benelli, G., Palmeri, V., Laudani, F., Ricupero, M., Ricciardi, R., Maggi, F., Lucchi, A., Guedes, R.N.C., Desneux, N., Campolo, O. 2022. Non-target effects of essential oil-based biopesticides for crop protection: Impact on natural enemies, pollinators, and soil invertebrates. *Biol. Control.* 176, 105071.
- Ham, E., 2018. A study on the selection and application methods of suitable natural enemies for the domestic agricultural environment in Korea. Kyungpook National University. 165pp.
- Ham, E., Jun, H., Lee, J., Lim, U., Lee, Y., & Park, J., 2019. Biological control of *Tetranychus urticae* Koch on strawberry using 'Natural Enemy in First (NEF)' method. *Korean J. Appl. Entomol.*

58(4), 319-320.

- Ham, E.H., Yun, S.H., 2021. Report on the development of mass production and field application system for natural enemies being used to control insect pests. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong.
- Harun, A. N., Ani, N. N., Ahmad, R., & Azmi, N. S., 2013. Red and blue LED with pulse lighting control treatment for *Brassica chinensis* in indoor farming. Paper presented at the 2013 IEEE Conference on Open Systems, ICOS 2013, 231-236.
- Herron, G. A., Wilson, L. J., 2011. Neonicotinoid resistance in *Aphis gossypii* Glover (Aphididae: Hemiptera) from Australian cotton. Australian J Entomol 50, 93-98.
- Hodge, S., Bennett, J., Merfield, C.N., Hofmann, R.W. 2019. Effects of sticky trap colour, UV illumination and within-trap variation on tomato potato psyllid captures in glasshouses. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 47, 48-62.
- Herron, G.A., Wilson, L.J., 2011. Neonicotinoid resistance in *Aphis gossypii* Glover (Aphididae: Hemiptera) from Australian cotton. Australian J. Entomol. 50, 93-98.
- Katai, Y., Ishikawa, R., Doi, M., & Masui, S., 2015. Efficacy of red LED irradiation for controlling *Thrips palmi* in greenhouse melon cultivation. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 59(1), 1-6.
- Kay, I.R., Herron, G.A., 2010. Evaluation of existing and new insecticides including spirotetramat and pyridalyl to control *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on peppers in Queensland. Australian J. Entomol. 49(2), 175-181.
- KREI, 2015. Activation plan of insect industry for the future agriculture. KERI. 149pp.
- Kim, T.H., Uh, J.S., 2021. A study on the effect on UV exposure in coastal buildings. J. Korean Soc. Dis. Inf. 17, 195-205.
- Kleis, R., 2019. Wageningen World 04 219; Luring pests with LED lamps. Wageningen University & Research. 32-33.
- KNERF, 2021. Quality control guidelines for natural enemies. Korean Natural Enemy Research Forum, Wanju.
- Lee, J.H., Chae, M.J., Choi, J.K., Kim, W.G., Park, M.Y., 2021. Photo-protective effect of AP collagen peptides on UV-induced skin aging. J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr. 50, 119-127.
- Lee, Y.S. 2014. Development of native natural enemies for the control of hard control insect pests occurring at pear and rape orchard in Gyeonggi province. RDA. 30pp.
- Lee, Y-S., Lee, H-J., Hong, S-S., Kang, C-S., Choi, Y-S., Kim, H-H., & Jang, M-J., 2017. Insecticide susceptibility of Western Flower Thrip, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on horticultural crops in Gyeonggi Area. Korean J. Appl. Entomol. 56(2), 179-186.
- Leppla, N.C., 2003. The history and mission of AMRQC. Proceeding of the 10th workshop of the IOBC global working group on arthropod mass rearing and quality control. Montpellier, France.
- Leppla, N.C., De Clercq, P., 2019. History of the international organization for biological control global working group on mass rearing and quality assurance. J. insect Sci. 19. 1-12.
- Lim, U.T., Ben-Yakir, D., 2020. Visual sensory systems of predatory and parasitic arthropods. Biocontrol Sci. Technol. 30, 728-739.
- Minesotor, R., 2018. LED grow lights technology in commercial greenhouses. Foreign Policy. Article.

<https://foreignpolicyi.org/led-grow-lights-technology-in-commercial-greenhouses/>

- Ogino, T., Uehara, T., Yamaguchi, T., Maeda, T., Yoshida-Noro, C., Shimoda, M., 2015. Spectral preference of the predatory bug *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae). *Jap. J. Appl. Entomol. Zool.* 59(1), 10-13.
- Ogino, T., Uehara, T., Muraji, M., Yamaguchi, T., Ichihashi, T., Suzuki, T., Shimoda, M., 2016. Violet LED light enhances the recruitment of a thrip predator in open fields. *Sci. Rep.* 6, 32302.
- Otieno, J. A., Stukenberg, N., Weller, J., & Poehling, H., 2018. Efficacy of LED-enhanced blue sticky traps combined with the synthetic lure lurem-TR for trapping of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). *Journal of Pest Science*, 91(4), 1301-1314.
- Pan, H., Liang, G., Lu, Y. 2021. Response of different insect groups to various wavelengths of light under field conditions. *Insects.* 12, 427.
- Park, Y.G., Lee, J.H., 2021. UV-LED lights enhance the establishment and biological control efficacy of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae). *PLoS ONE.* 16, 1-13.
- Park, Y.G., Lee, J.H., Lim, U.T., 2021. Comparison of attraction to LED wavelengths between two strains of *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae). *J. Asia-Pac. Entomol.* 24, 889-892.
- Parker, A.G., Vreysen, M.J.B., Bouyer, J., Calkins, C.O., 2021. Sterile insect quality control/assurance, in: Dyck, V.A., Hendrichs, J., Robinson, A.S. (Eds.), *Sterile insect technique: principles and practice in area-wide integrated pest management*. Second Edition. CRC Press, Florida, USA, pp. 400-405.
- RDA, 1998. *Natural enemy: understanding and utilizing*. Rural development administration. Suwon.
- RDA, 2018. *Set up meeting report of council for the development of natural enemy industry*. NAAS. 43pp.
- RDA. 2022. *2022 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집*. 137pp.
- Shah, M.M.R. 2021. Influence of host plants on longevity, fecundity and Y-tube olfactometer response of *Bemisia tabaci* B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Asian J. Appl. Sci. Eng.* 10, 9-17.
- Shimoda, M., Honda, K.-I. 2013. Insect reactions to light and its applications to pest management. *Appl. Entomol. Zoöl.* 48, 413-421.
- Song, X.Y., Zhang, G.X., Li, X.J. 2005. Application of frequency-vibrancy pest-killing lamp in controlling agricultural pests. *Crops.* 1, 30-31.
- Suk, K.H., Lee, J.H., 2019. The effects of asymmetric loss aversion of price and quality on the price order effect. *J. Consumer Studies* 30, 1-19.
- Uehara, T., Ogino, T., Nakano, A., Tezuka, T., Yamaguchi, T., Kainoh, Y., & Shimoda, M., 2019. Violet light is the most effective wavelength for recruiting the predatory bug *Nesidiocoris tenuis*. *Biocontrol* 64(2), 139-147.
- van Lenteren, J.C., 2003. Need for quality control of mass-produced biological control agents, in: van Lenteren, J.C. (Ed.), *Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures*. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK, pp. 1-18.
- van Lenteren, J.C., 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *Biocontrol.* 57, 1-20.
- Yang, Y., Lee, H.S., 2017. The influence of self-construal, thinking style, and the temporal distance on

price-quality judgment. Korean J. Consumer and Advertising Psychol. 18, 67-92

Zhang, J., Li, H., Liu, M., Zhang, H., Sun, H., Wang, H., Qin, Q., 2020. A greenhouse test to explore and evaluate light-emitting diode (led) insect traps in the monitoring and control of *Trialeurodes vaporariorum*. Insects, 11(2)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 작물바이러스 및 병해충대응산업화 기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 작물바이러스 및 병해충대응 산업화 기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.