

118065-2

보안 과제(), 일반 과제() / 공개(), 비공개()

발간등록번호

11-1543000-003118-01

곤충
후각
및
시각
기반
친환경
개발
최종
보고
서

곤충 후각 및 시각 기반 친환경 노린재 전용 유인등 개발 최종보고서

2019. 12. 31

주관연구기관 / (주)에이디

2019

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

농림축산식품부

농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “곤충 후각 및 시각 기반 친환경 노린재류 전용 유인등 개발”(개발기간 : 2018. 04. 26 ~ 2019. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 02. 15

주관연구기관명 : (주)에이디 권 기 봉



주관연구책임자 : 정 성 채

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	1108065-2	해 당 단 계 연 구 기 간	2차년도 (2019. 01. 01 ~ 12. 31)	단 계 구 분	(2)/(2)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	침단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	곤충 후각 및 시각 기반 친환경 노린재류 전용 유인등 개발			
연구책임자	정성채	해당단계 참여연구원 수	총: 5명 내부: 4명 외부: 1명	해당단계 연구개발비	정부: 100,000 천원 민간: 33,334 천원 계: 133,334 천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 5명 내부: 4명 외부: 1명	총 연구개발비	정부: 160,000 천원 민간: 53,334 천원 계: 213,333 천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)에이디			참여기업명 (주)에이디	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호		1	1								

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약

- 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재의 유인 파장(nm)과 빛의 세기(mW)를 구명하여 시각 기반 노린재 방제 방법 구현
- 시각을 기반으로 한 노린재 유인을 위해서는 시각정보로 전달되는 빛의 파장과 빛의 세기를 모두 알아야 하며 제반 사항들을 확인하고 제시함
- 집합페로몬 유인제의 방출기를 개선하여 후각 기반 방제 방법의 유인력을 향상시킴
- 노린재 마다 틀린 집합페로몬 방출속도를 균형 있게 방출시키는 집합페로몬 방출기 소재를 선정하고 구성 제작함
- 시각 기작인 LED 램프(광발생)와 후각 기작인 집합페로몬 등을 동시 적용한 2-way 유인 기작 방식의 노린재 전용 유인등 개발

보고서 면수
65 page

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>1. 연구목적</p> <ul style="list-style-type: none"> • 주요 노린재 유인 및 기피 파장 구명 • 집합페로몬 유인제 개선 • 유인 파장과 집합페로몬을 이용한 유인등 개발 <p>2. 연구내용</p> <p>가. 1차년도 주요 연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> • 노린재의 빛에 대한 반응 및 행동 습성 구명 • 집합페로몬 유인제 개선 • 노린재 전용 유인등 기초 설계 <p>나. 2차년도 주요 연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> • 노린재별 유인 파장에 따른 야외 유인·포획력 검정 • 개선 유인제 야외 유인·포획력 검정 • 노린재 전용 유인등 시제품 제작
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 썩덩나무노린재, 갈색날개노린재의 빛에 대한 행동 반응을 통해 시각 유인 기작을 구명함 • 빛을 통한 행동 반응을 유도하기 위해서는 빛의 파장과 적절한 빛의 세기가 조합되어야 하며, 이에 대한 시각 정보 범위를 구명함 • 노린재를 대상으로 한 기존 시각 기반 제품들의 문제점을 밝혀내고 이를 보완한 제품 개발 기술 확보 • 노린재별로 다른 집합페로몬 방출속도를 균형 있게 방출시키는 집합페로몬 방출기 소재를 선정하고 구성 제작함으로써 후각 기반 방제 방법에서의 성능을 향상함 • 시각 기작인 LED 램프(광발생)와 후각 기작인 집합페로몬 등을 동시 적용한 2-way 유인방식 노린재 전용 유인등을 개발

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 집합페로몬을 이용한 노린재 전용 트랩의 유인력 상승의 필요성이 요구되는 시점에 개선된 집합페로몬 유인제를 제공함으로써 예찰 및 방제 효율이 높아질 것 • 노린재 피해가 심각하고 매년 증가 추세를 보이는 현 상황에서 활용이 가능한 시각 기반 방제 방법을 제시함 • 고령화로 인한 노동력 부족은 노린재 약제 살포와 기존 트랩의 설치와 관리에도 어려움이 존재하였으나 노린재 전용 유인등을 통한 노린재 관리 노동력 부족 문제 일부 해결 기대 • 국내외적으로 매우 심각한 피해를 주는 노린재 방제 관리 기술과 제품군 선점을 할 수 있으며 농업 선·후진국을 막론하고 기술 수출의 효과를 기대할 수 있음 • 2-way(후각 및 시각) 유인 기작 방식의 노린재 유인등 개념은 기존에도 있었으나 구체적 기술 제시를 통한 현장 활용이 가능한 제품은 최초일 것으로 판단됨에 따라 향후 기술 우위와 제품 수출의 성과기대 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>노린재</p>	<p>방제</p>	<p>시각기작</p>	<p>후각기작</p>	<p>유인등</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>stink bug</p>	<p>control</p>	<p>visual mechanism</p>	<p>olfactory mechanism</p>	<p>light trap</p>

목 차

제1장 연구개발과제의 개요 -----	1
제1절 연구개발의 필요성 -----	1
제2절 노린재류 피해의 심각성 -----	2
제3절 연구개발의 범위 -----	5
제2장 연구수행 내용 및 결과 -----	6
제1절 노린재류의 빛에 대한 반응 연구 -----	6
제2절 집합페로몬 유인제 개선 및 개발 -----	21
제3절 노린재 전용 유인등 시제품 제작 -----	30
제4절 노린재 전용 유인등 디스플레이 설명 -----	49
제5절 연구개발의 성과 -----	52
제3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 -----	54
제1절 성과 목표 달성도 -----	54
제2절 성과지표에 따른 목표 달성도 -----	55
제3절 관련 분야 기여도 -----	60
제4장 연구결과의 활용 계획 -----	61
제1절 연구 개발 성과의 활용방안 -----	61
제5장 참고문헌 -----	63

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

과수에서 노린재류는 일반적으로 성충으로 월동에 들어가 다음 해 4월경 발생하며 이 시기에는 기주 식물이 많지 않아 먼 거리를 이동하지 않고 월동처 주변에서 연명 수준의 섭식 활동을 시작한다. 간혹 산지 인접 과원에서는 간간히 목격되기도 한다. 5월경에 들어서면 기주 식물(과수작물, 초본류 등)이 많아져 기주식물의 시기별 성장변화에 따라서 영양분을 흡즙하며 활발히 이동할 수 있게 되고 서서히 과수원을 포함한 농경지의 재배작물에서도 보이기 시작한다. 그리고 5월 중순부터는 작물을 본격적으로 가해하기 시작하여 6월 중순까지 월동성충에 의한 가해가 진행된다. 6월 중순부터 7월 중순까지의 발생밀도는 소강기를 거쳐 7월 중순부터는 그 해 1세대 성충과 월동성충이 과원으로 몰려들기 시작한다. 발생 소강기에는 성적 성숙을 이룬 암수가 교미를 하고 암컷이 산란을 하는 시기이다. 1세대 성충이 나올 때부터 10월 중순까지 개체수와 피해가 점차 증가하다 10월 중순을 기점으로 개체수와 피해가 줄어든다. 이후 과수의 수확이 끝나는 시기와 비슷하게 월동처를 찾아 이동한다(Son et al., 2000; Lee et al., 2004; Leskey and Hogmire, 2005).

노린재류는 작물이 재배되는 전 기간에 걸쳐 발생하며 반복적으로 피해를 준다. 더욱이 불완전변태로 부화한 약충은 1~2령 약충기를 지나 3령 약충기 부터는 성충과 같은 흡즙 행동을 함으로서 피해가 급격하게 증가하는 원인이 된다. 또한, 약충과 성충은 동일한 먹이를 흡즙하기 때문에 종내 먹이 경쟁이 심해진다. 먹이 경쟁은 노린재류의 분산을 자극하고 이동이 용이한 성충의 적극적인 과원유입을 야기한다.

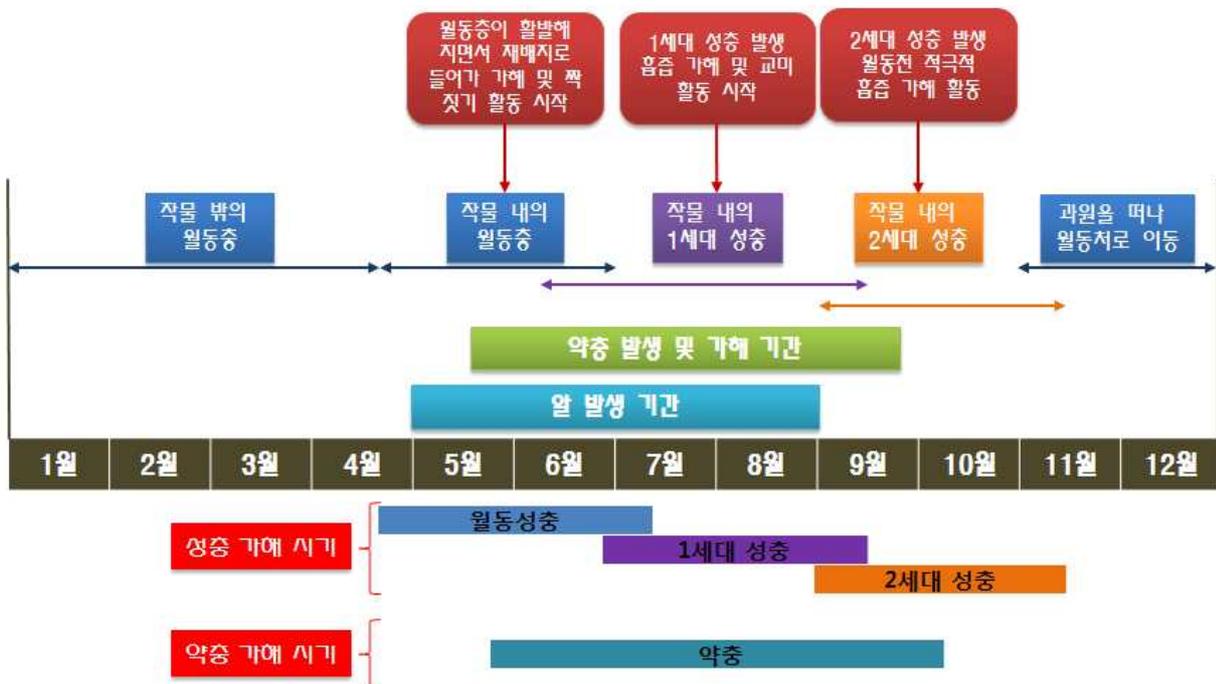


그림1. 과원에서의 노린재류 시기별 발생 및 유입

과수에 따라 차이가 있으나 피해의 경중에 있어서 노린재류는 다른 해충보다 더 심각하다. 6월 이전의 피해 과실(유과기/소과)은 적과(摘果)를 통해 제거가 되기 때문에 심각한 경제적 피해로 이어지지 않는다. 그러나 가을철의 수확직전 또는 수확전의 상품과 피해는 직접적 경제 손실로 이어지기 때문에 최대한 피해를 줄이는 노력이 필요하다. 나방류는 재배기간 초기에 적기 방제가 이뤄지면 후기에는 개체 밀도가 감소해 상품과에 대한 피해율을 현격히 낮출 수 있다. 하지만 노린재류는 재배기간 후기로 갈수록 즉, 상품과로 다가가거나 상품과일 때 개체 밀도가 급증하기 때문에 초기 방제(작물보호제, 살충제 등)의 효율이 작물재배 후기까지 이어지기가 어려워, 연중 예찰과 방제를 소홀히 할 수 없는 발생특성과 연속적 피해 유발의 특징을 가지고 있다. 또한, 나방류의 경우 외부 유입보다 내부 발생에 의한 피해가 크기 때문에 재배자의 기술과 노력 여하에 따라 관리가 가능하지만, 노린재류는 외부 유입이 대부분이며 비래(飛來)·비산(飛散)를 반복하기 때문에 재배자의 기술과 노력 외에도 기존 방제 방법에 새로운 방제 방법이 반드시 필요한 상황이기도 하다. 최근 콩, 귀리, 보리, 옥수수 등 식량작물의 국내 자급을 향상과 사과, 배, 복숭아, 포도 등 과수작물의 중농 정책에 따라 대단위 재배가 점차 증가하고 있으며, 한편으론 자급자족을 위해 작물보호제 사용을 최소화하는 소면적 재배도 곳곳에서 이루어지고 있다. 기후 변화와 작부형태의 변화에 따른 노린재류 발생과 피해가 증대되고 있어 생산량 증가에 큰 영향을 미치고 있다.

제 2 절 노린재 피해의 심각성

1. 국내 노린재류 피해의 심각성

- 노린재는 2000년 이전에는 각종 작물에서 일부 피해가 있었으나 큰 문제가 되지 않았다. 그러나 2000년 이후부터는 각종 작물에서 큰 피해를주고 있어, 적극적 관리가 필요한 주요 해충으로 인식하게 되었다(Bae et al., 2008; Kim et al., 2011; Lee et al., 2009)
- 국립원예특작과학원 사과시험장에서는 2000년도 사과 주산지 25개 사과원을 대상으로 노린재류 피해를 조사한 결과, 약 12% 사과원에서 노린재류 피해가 발생했다고 보고
- 2001년 이후에는 노린재류 발생과원율이 20% 이상 지속해서 피해가 발생함
- 2012~2015년 동안 사과 주산지 8개 시군의 22개 과원을 대상으로 노린재류 피해를 조사한 결과 2012, 2014년에는 50% 이상의 발생과원율을 보여 사과원의 심각한 문제 해충으로 인식함
- 2012년 평균 피해과율이 4%이었고, 심각한 과원은 10% 이상의 피해과율을 보였음
- 노린재류는 사과, 배, 복숭아, 자두, 감귤, 단감, 콩과, 벼, 약용작물에 이르기까지 다양한 작물에서 심각한 경제적 손실을 입히고 있음
- 국내 노린재류는 약 600여 종이 알려져 있으며 이 중 농작물에 피해를 주는 노린재류는 수십 종에 불과하지만 피해량은 심각함

✓국내 주요 노린재

* 갈색날개노린재(*Plautia stali*), 썩덩나무노린재(*Halymolpha halys*), 떡노린재(*Scotinophara lurida*)툽다리개미허리노린재(*Riptortus pedestris*), 풀색노린재(*Nezara antennata*), 알락수염노린재(*Dolycoris baccarum*), 기름빛풀색노린재(*Glaucias subpunctatus*), 가로줄노린재(*Piezodorus hybneri*) 등

2. 심각한 문제 해충화의 원인

- 지구온난화로 겨울철 기온상승에 따른 노린재류 월동 용이
- 산림내 낙엽활엽수 증가로 월동 조건 유리
- 다양한 작물의 재배로 섭식 환경 유리
- 친환경 농업 확대에 따른 약제 살포 감소로 노린재류 생존율 상승
(Bea et al., 2004, 2008; lee et al., 2004; Lim 2013).

3. 국외 노린재류 피해의 심각성

가. 미국

- 노린재류 피해 지역 및 규모, 작물의 종류가 기하급수적으로 증가하여 피해 금액도 대폭 증가 추세임(<http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn74169.html>, <http://pest.ceris.purdue.edu>)
- 2010년 미국 동부 연안의 복숭아, 사과 피해액이 약 400억 원에 달하였고, 2012년 미국전역 전 작물 대상으로 약 24조 6,330억 원으로 추정하였음(Dr. Tracy Leskey of the U.S.D.A.; Google and Youtube/<http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn74169.html>, <http://pest.ceris.purdue.edu>)
- 최근 미국 농무부(USDA)의 자료에 따르면 썩덩나무노린재류에 의한 잠재적 피해액이 수십억 달러가 될 것으로 전망
(http://www.usapple.org/PDF/Govt_Affairs/2014_USAppleSCRIBMSBRenewalSupportLetter.pdf)

나. 유럽

- 썩덩나무노린재류는 2007년 스위스에서 발견된 이후 이탈리아, 프랑스, 그리스, 헝가리, 세르비아, 루마니아에 확산 분포하여 있으며, 최근 불가리아, 러시아, 그루지야 등에서도 발견되고 있는 실정임
- 유럽 식물 목록에서 32과 51종의 식물이 썩덩나무노린재류 기주로 밝혀져 농작물뿐만 아니라 원예산업 전체의 피해 대책 마련을 하고 있는 실정임

다. 오세아니아

- 호주는 노린재류로 인하여 약 300종의 자국 작물 피해로 87억 달러 규모의 심각한 해를 입힐 수 있다고 판단하여, 외부로부터의 노린재류 반입을 통제하기 위해 방역·방제에 집중하고 있음
- 호주는 수출국에 대해 선적 컨테이너 청소 및 생물학적 안정성 확인, 물품의 항구 운송 시 덮개처리, 제조공장 내에 노린재류에 대한 예방 조치를 요구함
- 뉴질랜드는 외부로부터 노린재류 반입을 통제하기 위해 방역 방제에 집중하고 있으며, 최근 노린재류로 인한 통상마찰을 초래*하는 등 정부차원의 규제를 강화하고 있다.

*최근 뉴질랜드 통관 검사 중 일본 자동차 화물선에서 노린재류가 대량 발견되어, 반입 금지 결정

4. 노린재류 트랩을 이용한 친환경 방제방법의 필요성

가. 현황

- 노린재류는 강한 기아내성, 왕성한 번식력으로 작물의 종자, 열매, 과일 등을 직접 가해하여 치명적인 경제적 피해 초래함

나. 문제점

- 기주식물과 활발한 비래(飛來)와 비산(飛散)으로 약제 방제 시기 결정이 어려움
- 약제를 살포하면 비산하여 주변으로 이동한 후 시간이 흐른 뒤 비래하여 다시 가해하기 때문에 방제가 어려움

다. 필요성

- 노린재류 대량 포획과 모니터링에 가장 최적화된 친환경적 기술개발 필요
- 노린재류 약충과 성충의 경제 피해 직접성을 고려하여 대량포획 가능
- 정확한 모니터링을 통한 비래와 비산을 고려한 최적의 방제 시기 결정
- 소비자의 농산물 소비 조건이 품질과 농약 사용에 대해 안전성 확인의 요구도가 높아지면서 이에 대한 우려 불식을 위한 친환경기술 필요

5. 친환경 노린재류 페로몬 유인등 개발의 필요성

- 노린재류 피해 심각성을 생각할 때 방제 수단이 매우 부족함
- 노린재류에 대한 등록 약제가 다수 있으나 높은 방제 효과를 보이지 못함
- 집합페로몬을 이용한 노린재류 전용 트랩의 유인력 상승이 필요하며, 집합페로몬이 밝혀진 노린재류가 매우 한정적임
- 고령화로 인한 노동력 부족으로 노린재류 약제 살포와 트랩 설치 및 관리에도 어려움이 존재
- 노린재류 개체 수 대비 단방식 유인은 한계가 있으며 대상 해충의 생리·생태적 습성을 고려한 복합 유인구성의 제품이 필요함
- 노린재류 피해 심각성과 개체 확산의 상관성을 볼 때 새로운 개념의 대량포획 트랩의 개발이 필요
- 국내외적으로 매우 심각한 피해를 주는 노린재류 방제 관리 기술과 제품군 선점을 위해 필요하며, 선점된 기술과 제품군은 수출로 이어질 가능성이 매우 높음

제 3 절 연구개발의 범위

구분(연도)	세부연구목표	연구개발범위
1차년도 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> •노린재류의 빛에 대한 반응 및 행동 습성 구명 	<ul style="list-style-type: none"> · LED 광원 다중 파장기(FC-LED)을 이용한 노린재류 광반응(유인 및 기피) 조사
	<ul style="list-style-type: none"> •집합페로몬 유인제 개선 및 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ·집합페로몬 유인제용 방출기 소재 선정 ·집합페로몬 담지 후 소재별 방출율 조사
	<ul style="list-style-type: none"> •유인등 기초 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ·유인등 광발산 LED 보드개발 ·유인등 LED 제어 보드개발 ·노린재 전용 유인등 회형 디자인 ·전기충격부 제작 ·시작품 제작
2차년도 (2019)	<ul style="list-style-type: none"> •노린재류 유인 파장 및 집합페로몬 유인력 검정 	<ul style="list-style-type: none"> ·LED 광원 다중 파장기를 이용한 노린재류 광반응 (유인 및 기피) 조사 ·시작품 현장 유인력 확인 및 조사
	<ul style="list-style-type: none"> •집합페로몬 유인제 개선 및 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ·선정 소재의 야외 유인력 검정
	<ul style="list-style-type: none"> •노린재류 전용 유인등 시제품 제작 	<ul style="list-style-type: none"> ·시제품 유인등 광파장 결정 후 LED 보드개발 ·유인등 LED 보드 및 제어 보드 개발 ·노린재 전용 유인등 디자인 ·전기충격식 포집 장치 제작 ·시제품 제작

제 2 장 연구수행 내용 및 결과

제 1 절 노린재류의 빛에 대한 반응 연구

1. 서론

곤충과 같이 활동적인 동물은 다양성이 복잡하게 존재하는 환경에서 필요한 정보 및 사물 인지를 위해서는 시각 정보가 필요하다. 곤충의 시각 정보의 대표적인 것이 발산되는 빛을 활용하는 것이지만 단순히 빛 자체를 감지하는 것으로는 충분하지 않다. 시각 자극에 대한 감도는 곤충의 생태적 필요에 따라 다양한 여러 감각기에서 제공하는 정보의 집합을 통해 얻어진다. 빛에 대한 단순한 광감각기라도 시공간적 시각 정보가 함께 제공되어야 목적지로의 이동 방향 탐색에 도움이 된다. 많은 생물들이 복잡 다양한 환경을 인지하기 위해 눈을 진화시켜왔다. 곤충의 눈도 예외 없이 생태적 필요와 이용 적합도에 따라 진화되어왔다.

곤충의 눈은 대표적으로 홑눈(ocellus)과 겹눈(compound eye)으로 나누어진다. 홑눈은 다시 윗홑눈(dorsal ocellus)과 옆홑눈(lateral ocellus 또는 stemmata)으로 구분된다. 윗홑눈은 빛 감지 수용기중 가장 단순한 시각 복합체이며, 대부분 비행이동이 가능한 곤충의 성충과 노린재와 같은 불완전변태류 약충의 겹눈 사이에 1~3개가 존재한다. 윗홑눈은 형태인식 보다는 빛의 세기 감지에 중점을 두어 비행 이동시 방향성을 찾기 위한 기본적이고 일차적인 정보 제공 역할을 담당하는 것으로 보인다. 또한 자외선에 민감하여 균형 유지를 위한 수평 측정 역할도 하는데, 이동을 위해서는 받아들인 형태 인지를 바탕으로 겹눈에서 받아들인 감각 자극 처리와 상호작용하여 이동을 촉진한다.



그림2. 썩덩나무노린재의 눈

비행이동이 가능한 곤충이 자외선 영역의 빛에 민감하게 반응하고 유사한 빛을 이용하는 유아 등 제품에 유인되는 이유 중 하나가 자외선에 민감한 윗홀눈의 생리적 역할 때문인 것으로 보인다. 윗홀눈은 완전변태류 유충에 존재하는 유일한 광감각기로 이동의 목적과 범위로 보았을 때 높은 해상도의 정보를 요구하지 않아 연관 수용기의 수가 매우 적다. 때문에 거친 모자이크 상만을 형성할 수 있다.

겹눈은 곤충 성충과 불완전변태류 약충에 존재하며 중요한 시각 감각기이다. 겹눈은 복합 시각 계로 구성되며 독립적 시각 단위인 낱눈(ommatidium)을 종에 따라 수 개에서 수 천 개를 보유하고 있다. 겹눈은 구조에 따라 연립상눈(apposition eye)과 중복상눈(superposition eye)으로 구분되어 진다. 두 구조는 외형적으로는 모두 낱눈이 불록하게 튀어나와 있어 구분이 어렵지만, 해부학적 구조를 보았을 때 크게 차이가 난다. 연립상눈은 주행성 곤충에서 주로 발견되며 특징은 각 낱눈 사이에 색소막으로 낱눈간 서로 분리되어 있어 감간체 자극이 개별 카메라들처럼 가지고 있는 것처럼 각각의 시각계로 구성하고 있다. 변형된 연립상눈인 신경중복상눈은 파리목과 매미목의 일부 곤충에서 효율적인 빛 수집을 위해 가지고 있다. 기본 구조는 연립상눈과 동일하나 수용체 부분이 다른 방식으로 구성되어 있다. 망막세포에 개별 감간소체가 부착되어 있는 전형적인 구조가 아닌 감간소체가 융합되어있지 않고 수용한 상을 개별적으로 전송해 신경적으로 재구성하는 것이다. 인지정보가 여러 낱눈에 의해 모여지고 신경적으로 겹쳐져 최종상을 만든다. 신경중복상눈을 가진 곤충은 황혼녘과 새벽녘 시간대에 비교적 시야를 잘 확보할 수 있다. 중복상눈은 어둠에 적합하도록 구성되어 있는데 수정체와 광수용체가 투명대에 의해 분리되어 있으며 여러개의 낱눈으로 들어오는 정보가 하나의 공통 수용기에 맺히게 된다.

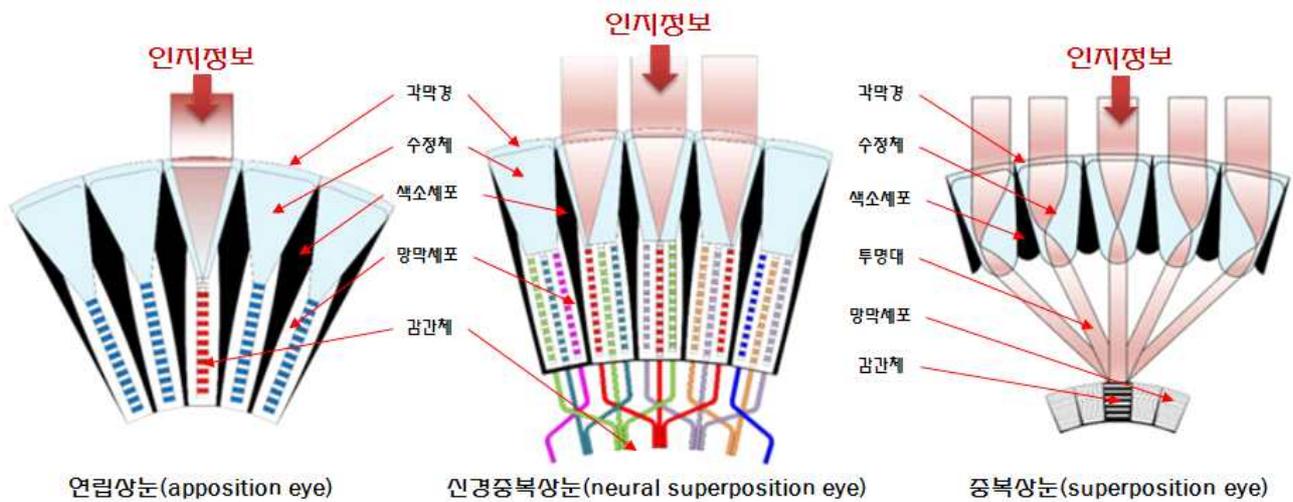


그림3. 겹눈의 구분과 해부학적 구조

2. 재료 및 방법

가. 대상 노린재

본 연구에 사용된 썩덩나무노린재, 갈색날개노린재는 모두 노린재트랩(쭈에이디, 안동)을 이용하여 수거한 야외 개체군이다. 방출기는 아세테이트 섬유에 썩덩나무노린재 집합페로몬

10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol과 갈색날개노린재 집합페로몬 Methyl(E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate가 각각 흡착되어 PE 파우치 형태 방출기에 담긴 형태이다. 갈색날개노린재 집합페로몬은 파우치에 PP 보호튜브에 한 번 더 담긴 구조이다.

나. 빛에 대한 노린재의 반응

LED 광원 다중 파장기(Prizmatix FC5-LED, Prizmatix Ltd., 이스라엘)을 이용하여 5가지 파장의 광원으로 진행하였다. LED 파장은 365nm, 395nm, 430nm, 465nm, 535nm를 사용하였다. 각 파장은 100mW부터 990mW까지 세기를 조절이 가능하여 반응 상자에 따라 30mW 또는 100mW 간격으로 변화를 주면서 행동 반응 조사를 진행하였다. 행동 반응을 위한 케이지는 3D 프린터를 이용하여 직선백막상자, 직선흑막상자, 원형암막상자를 제작하였고 사각투명사육케이지를 이용하였다. 반응의 측정 시간은 15분으로 하였으며, 직선백막상자와 직선흑막상자는 광원 5cm에 접근 후 근처 배회 또는 정지 시를 반응으로 간주하였고, 원형암막상자는 광원 주변으로 이동하였을 경우를 반응으로 간주, 사각투명사육케이지는 광원 주변에 모이거나 배회, 정지 시 반응으로 간주하였다. 반응 정도는 시간에 따라 네 가지로 구분하였으며, 5분 이내 이동은 ‘빠른 반응’, 10분 이내 이동은 ‘반응’, 15분 이내 이동은 ‘느린 반응’ 그리고 ‘무반응’으로 구분하였다. 또한, 광원에서 멀어지려는 행동의 상태 및 적극성 척도에 따라 기피 또는 회피 반응으로 판단하였다.

Channel	Wavelength	Peak	Width	Centroid
ch.1	365	367.92	9.64	370.68
ch.2	395	395.52	12.05	396.70
ch.3	430	426.97	18.98	427.39
ch.4	465	466.21	26.90	465.42
ch.5	535	534.35	28.30	535.52

그림 4. LED 광원 다중 파장기의 주 파장 및 파장 범위

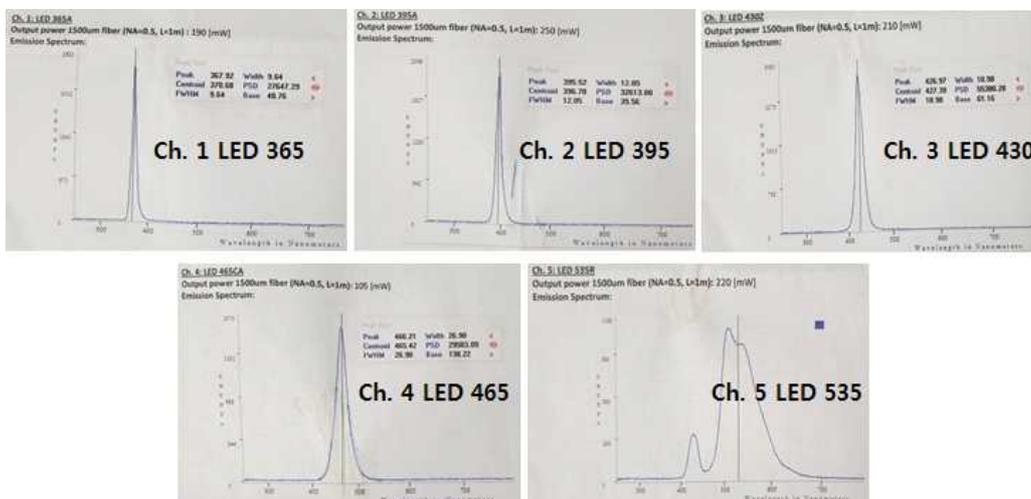


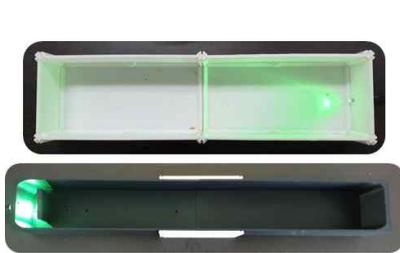
그림 5. LED 광원 파장별 스펙트럼



• LED 광원 다중 파장기



• LED 광원 다중 파장기 광원 발생



• 직선백막/흑막 상자



• 원형암막상자



• 투명사육케이지

그림 6. 빛에 대한 노린재류의 반응 실험용 파장 발생기 및 반응 상자

3. 결과

썩덩나무노린재와 갈색날개노린재를 대상으로 직선백막/흑막상자는 365nm, 395nm, 430nm, 465nm, 535nm 광파장을 선정하고, 100mW ~ 990mW의 세기의 범위에서 100mW에서부터 30mW씩 증가시키면서 대상충의 반응을 확인하였다. 원형암막상자는 5개의 파장은 동일하고 광 세기에의 증가 범위를 100mW로 진행하였다. 증가 범위를 100mW로 한 것은 원형암막상자의 광 방출 방식이 반사광(확산광)을 유도하고 있어 좁은 범위의 변화에는 변별력이 없었기 때문이다. 파장 시간은 15분간 유지하며 5분 간격으로 상황을 확인한 후 70%이상이 광원 주변으로 모였을 때 유인으로 판정하였다. 기피 반응은 15분 후 확인 판단하였다. 투명사육케이지를 이용한 반응 실험은 직선백막/흑막상자와 원형암막상자를 통해서는 확인된 활발한 반응(빠른 반응)을 보인 광 세기를 선정하고, 투명사육케이지에 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재를 각각 20마리씩 총 40마리를 넣고 유인 및 기피와 같은 행동 반응을 관찰하였다. 파장 유지는 10분간으로 하였으며, 1회 반응 실험이 끝나면 공시충의 민감도 저하 또는 스트레스로 인한 실험적 오류를 줄이기 위해 노린재가 들어있는 3개의 케이지를 준비하고 교체하며 실험을 이어갔다. 1회 실험 후 30분간 자극을 주지 않도록 했다. 실험과 상자의 차이는 직선백막/흑막상자는 직접광에 대한 반응, 원형암막상자는 반사광(확산광)에 대한 반응, 사각투명사육케이지는 넓은 공간에서의 직접광(일부 산란광)에 대한 반응을 조사하기 위해 형태와 방법에 차이를 두고 실험하였다.

가. 직선백막/흑막상자

직선백막상자와 흑막상자는 배경색상과 넓이, 길이의 차이를 두어 변화에 대한 미세한 반응을 관찰하였다. 그러나 별다른 특이점 없이 파장에 대한 반응만을 보일 뿐 반응 상자의 변화에

는 둔감하였다. 실험은 대상충 20마리를 각 반응 상자에 넣고 진행하였으며, 1회 반응 실험이 끝나면 대상충의 민감도 저하 또는 스트레스로 인한 실험적 오류를 줄이기 위해 새로운 대상충으로 교체하여 실험을 이어갔다.



그림 7. 백막 반응 상자(위)와 흑막 반응 상자 안에서 노린재류의 반응

(1) 썩덩나무노린재의 광반응

(가) ch. 1 - 365nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태							
파장세기	100	130	160	190	200	230	260	290
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	300	330	360	390	400	430	460	490
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	반응	반응
파장세기	500	530	560	590	600	630	660	690
반응유무	반응	반응	반응	반응	반응	빠른반응	빠른반응	빠른반응
파장세기	700	730	760	790	800	830	860	890
반응유무	빠른반응	빠른반응	빠른반응	빠른반응	느린반응	느린반응	느린반응	무반응
파장세기	900	930	960	990				
반응유무	무반응/기피	기피	기피	기피				

✓ 365nm 광원에서는 460mW부터 반응을 시작해 860mW까지 반응을 보였고, 활발한 행동은 630mW부터 790mW까지였다. 900mW 이후 세기에서는 몸을 돌리는 기피행동을 보였다.

(나) ch. 2 - 395nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태							
파장세기	100	130	160	190	200	230	260	290
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	300	330	360	390	400	430	460	490
반응유무	무반응	무반응	느린반응	느린반응	느린반응	느린반응	반응	반응
파장세기	500	530	560	590	600	630	660	690
반응유무	반응	반응	반응	반응	반응	빠른반응	빠른반응	빠른반응
파장세기	700	730	760	790	800	830	860	890
반응유무	빠른반응	반응	느린반응	느린반응	무반응	무반응	무반응	무반응/기피
파장세기	900	930	960	990				
반응유무	기피	기피	기피	기피				

✓ 395nm 광원에서는 400mW부터 반응을 시작해 790mW까지 반응을 보였고, 활발한 행동은 630mW부터 700mW까지였다. 365nm와 반응 행동이 유사하였고, 900mW 이후부터의 빛 세기에서도 몸을 돌리는 동일한 기피행동을 보였다.

(다) ch. 3 - 430nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태							
파장세기	100	130	160	190	200	230	260	290
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	300	330	360	390	400	430	460	490
반응유무	무반응	반응						
파장세기	500	530	560	590	600	630	660	690
반응유무	빠른반응	빠른반응	빠른반응	빠른반응	빠른반응	빠른반응	빠른반응	빠른반응
파장세기	700	730	760	790	800	830	860	890
반응유무	빠른반응	반응	반응	느린반응	느린반응	느린반응	무반응	무반응
파장세기	900	930	960	990				
반응유무	느린반응	무반응	무반응	무반응				

✓ 430nm 광원에서는 330mW부터 반응을 시작해 830mW까지 반응을 보였고, 활발한 행동은 500mW부터 700mW까지였다. 430nm에서 가장 넓은 범위의 세기에서 반응을 보임으로서 가장 높은 행동 반응을 보였다. 기피행동은 보이지 않았다.

(라) ch. 4 - 465nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태							
	100	130	160	190	200	230	260	290
파장세기	100	130	160	190	200	230	260	290
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	300	330	360	390	400	430	460	490
반응유무	반응	반응	반응	반응	반응	반응	반응	반응
파장세기	500	530	560	590	600	630	660	690
반응유무	반응	반응	반응	반응	빠른반응	빠른반응	빠른반응	반응
파장세기	700	730	760	790	800	830	860	890
반응유무	반응	반응	무반응	무반응	무반응/기피	무반응/기피	무반응/기피	기피
파장세기	900	930	960	990				
반응유무	기피	기피	기피	기피				

✓ 465nm 광원에서는 300mW부터 반응을 시작해 730mW까지 반응을 보였고, 활발한 행동은 600mW부터 660mW까지였다. 800mW 이후 세기부터는 기피행동을 보였다.

(마) ch. 5 - 535nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태							
	100	130	160	190	200	230	260	290
파장세기	100	130	160	190	200	230	260	290
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	반응	반응
파장세기	300	330	360	390	400	430	460	490
반응유무	반응	반응	반응	느린반응	반응	반응	느린반응	느린반응
파장세기	500	530	560	590	600	630	660	690
반응유무	느린반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	700	730	760	790	800	830	860	890
반응유무	무반응	무반응/기피	무반응/기피	무반응/기피	기피	기피	기피	기피
파장세기	900	930	960	990				
반응유무	회피	회피	회피	회피				

✓ 535nm 광원에서는 260mW부터 반응을 시작해 500mW까지 반응을 보였고, 활발한 행동은 보이지 않았다. 가장 좁은 범위의 행동 반응을 보였고, 불규칙한 반응과 세기가 강해지면서 무반응이 매우 빠르게 나타났다. 700mW 이후 세기부터는 기피행동을 보였다.

(2) 갈색날개노린재의 광반응

(가) ch. 1 - 365nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태							
	100	130	160	190	200	230	260	290
파장세기	100	130	160	190	200	230	260	290
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	300	330	360	390	400	430	460	490
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	500	530	560	590	600	630	660	690
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	반응	반응	느린반응
파장세기	700	730	760	790	800	830	860	890
반응유무	느린반응	반응	느린반응	무반응	느린반응	느린반응	반응	반응
파장세기	900	930	960	990				
반응유무	반응	무반응	무반응	무반응				

✓ 365nm 광원에서는 630mW부터 반응을 시작해 900mW까지 반응을 보였지만, 범위 중간에 무반응도 있었다. 활발한 행동은 보이지 않았으며 광원의 세기의 증감과 상관없이 불규칙하게 나타났다.

(나) ch. 2 - 395nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태							
	100	130	160	190	200	230	260	290
파장세기	100	130	160	190	200	230	260	290
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	300	330	360	390	400	430	460	490
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	500	530	560	590	600	630	660	690
반응유무	무반응	무반응	느린반응	반응	무반응	반응	반응	느린반응
파장세기	700	730	760	790	800	830	860	890
반응유무	느린반응	반응	느린반응	무반응	반응	무반응	무반응	반응
파장세기	900	930	960	990				
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응				

✓ 395nm 광원에서는 560mW부터 반응을 시작해 890mW까지 반응을 보였으나, 범위 중간에 무반응을 보이는 등 불규칙한 상황이 발생했다. 무반응이 많았고, 활발한 행동은 없었으며 기피 행동도 나타나지 않았다.

(다) ch. 3 - 430nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태							
	100	130	160	190	200	230	260	290
파장세기	100	130	160	190	200	230	260	290
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	300	330	360	390	400	430	460	490
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	500	530	560	590	600	630	660	690
반응유무	무반응	느린반응	반응	반응	무반응	무반응	반응	반응
파장세기	700	730	760	790	800	830	860	890
반응유무	느린반응	무반응	반응	무반응	반응	무반응	무반응	반응
파장세기	900	930	960	990				
반응유무	반응	무반응	무반응	무반응				

✓ 430nm 광원에서는 400mW부터 반응을 시작해 900mW까지 반응을 보였으나, 범위 내에 무반응이 있는 등 매우 불규칙한 광반응 행동을 보였다.

(라) ch. 4 - 465nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태							
	100	130	160	190	200	230	260	290
파장세기	100	130	160	190	200	230	260	290
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	300	330	360	390	400	430	460	490
반응유무	무반응	느린반응	느린반응	느린반응	반응	반응	무반응	무반응
파장세기	500	530	560	590	600	630	660	690
반응유무	무반응	느린반응	반응	반응	무반응	무반응	반응	반응
파장세기	700	730	760	790	800	830	860	890
반응유무	느린반응	무반응	무반응	무반응	반응	반응	무반응	무반응
파장세기	900	930	960	990				
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응				

✓ 465nm 광원에서는 330mW부터 반응을 시작해 830mW까지 반응을 보였고, 광 세기와 상관없이 불규칙한 행동 반응을 보였다. 활발한 행동도, 기피행동도 보이지 않았다.

(바) ch. 5 - 535nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태							
	100	130	160	190	200	230	260	290
파장세기	100	130	160	190	200	230	260	290
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응	반응	반응
파장세기	300	330	360	390	400	430	460	490
반응유무	반응	반응	반응	반응	반응	반응	느린반응	느린반응
파장세기	500	530	560	590	600	630	660	690
반응유무	느린반응	반응	반응	반응	반응	빠른반응	빠른반응	반응
파장세기	700	730	760	790	800	830	860	890
반응유무	반응	빠른반응	빠른반응	무반응	무반응/기피	무반응/기피	기피	기피
파장세기	900	930	960	990				
반응유무	회피	회피	기피	기피				

✓ 535nm 광원에서는 260mW부터 반응을 시작해 760mW까지 반응을 보였고, 활발한 행동은 630mW에서 760mW까지였다. 다른 파장대 보다 비교적 규칙적인 반응 행동을 보였다. 800mW 이후의 세기에서는 기피행동도 보였다.

나. 원형암막상자

원형암막상자는 하단부와 상단부, 덮개부로 구성하고 있다. 하단부는 노린재 반응실험 시작 공간으로 다섯칸으로 나뉘어져 있고 중앙 부분이 돌출되어 있다. 돌출부분은 속이 비어있어 외부에서 광방출케이블이 들어온다. 돌출부분 중앙은 구멍이 있고 빛이 밝혀지는 부분이다. 상단부는 하단부를 덮어 암막 역할을 하고 중앙은 원형으로 큰 구멍이 있다. 덮개부는 반사판이 있어 하단부 중앙에서 올라오는 광원을 반사시키고 암막으로 빛이 퍼지게 하고, 상단부 중앙 구멍을 막아서 전체적으로 암막 상황을 만든다. 덮개부는 반응 확인을 쉽게 하도록 상단부와 분리시켜 제작하였다. 실험은 대상충 10마리를 반응 상자에 넣고 진행하였으며, 1회 반응 실험이 끝나면 대상충의 민감도 저하 또는 스트레스로 인한 실험적 오류를 줄이기 위해 새로운 대상충으로 교체하여 실험을 이어갔다.



그림 8. 원형 암막 반응 상자 안에서 노린재류의 반응

(1) 썩덩나무노린재의 광반응

(가) ch. 1 - 365nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태				
파장세기	100	200	300	400	500
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	600	700	800	900	990
반응유무	무반응	무반응	반응	반응	반응

✓ 365nm 광원에서는 800mW부터 반응을 시작해 최대 세기인 990mW까지 반응 하였다. 강한 세기에만 반응을 보였고 활발한 행동은 없었다.

(나) ch. 2 - 395nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태				
파장세기	100	200	300	400	500
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	600	700	800	900	990
반응유무	무반응	반응	반응	반응	무반응

✓ 395nm 광원에서는 700mW부터 반응을 시작해 900mW까지 반응 하였다. 990mW에서도 반응을 보였으나 최종적으로 7마리 중 5마리가 암막상자 구석 또는 벽면을 향해 있었다. 2마리가 벽면을 기어오르고 있었는데 기피반응일 가능성 있다. 유인되었다 회피하는 등 특이한 행동이 있었다.

(다) ch. 3 - 430nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태				
파장세기	100	200	300	400	500
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	600	700	800	900	990
반응유무	무반응	무반응	반응	빠른반응	빠른반응

✓ 430nm 광원에서는 800mW부터 반응을 시작해 최대 세기인 990mW까지 반응 하였다. 활발한 반응은 강한 세기인 900mW, 990mW에서 나타났다.

(라) ch. 4 - 465nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태				
파장세기	100	200	300	400	500
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	600	700	800	900	990
반응유무	반응	반응	반응	무반응	무반응

✓ 465nm 광원에서는 600mW부터 반응을 시작해 800mW까지 반응 하였다. 900mW 세기에서는 대부

분 원형외각을 배회하거나 멈춤 상태로 있었다. 강한 세기에서는 회피 또는 기피 반응을 보이는 것으로 판단된다.

(마) ch. 5 - 535nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태				
	100	200	300	400	500
파장세기	100	200	300	400	500
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	600	700	800	900	990
반응유무	빠른반응	빠른반응	반응	무반응	무반응

✓ 535nm 광원에서는 465nm 광원에 유사하게 반응하였는데 600mW부터 반응을 시작해 800mW까지 반응 하였다. 600mW, 700mW에서는 활발한 반응을 보였으며 900mW, 990mW에서는 매우 심하게 회피 및 기피 행동을 보였다. 강한 세기의 빛에서는 대부분 원형외각을 분주하게 배회하거나 구석에 꼼짝하지 않고 멈춤 상태로 있었다.

(1) 갈색날개노린재의 광반응

(가) ch. 1 - 365nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태				
	100	200	300	400	500
파장세기	100	200	300	400	500
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	600	700	800	900	990
반응유무	무반응	무반응	무응	무반응	무반응

✓ 365nm 광원에서는 모든 세기에서 반응을 보이지 않았다. 대상층 일부는 광원과 상관없는 움직임 보였고, 일부는 구석에서 움직이지 않았다.

(나) ch. 2 - 395nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태				
	100	200	300	400	500
파장세기	100	200	300	400	500
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	600	700	800	900	990
반응유무	무반응	무반응	느린반응	느린반응	반응

✓ 395nm 광원에서는 800mW부터 반응을 시작해 최대 세기인 990mW까지 반응을 보였다. 800mW과 900mW의 세기에서는 덮개부 반사판 부분과 바로 아래에 모여 있었다. 990mW에서는 하단 돌출부 아래에 모여 있거나 배회하고 있었다. 전혀 반응하지 않는 개체는 구석에서 움직이지 않았고 반응을 보인 개체는 빛이 집중되는 부분에 모여 있었다.

(다) ch. 3 - 430nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태				
파장세기	100	200	300	400	500
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	600	700	800	900	990
반응유무	무반응	무반응	무반응	느린반응	무반응

✓ 430nm 광원에서는 900mW의 세기에서만 반응을 나타내었다. 대부분의 세기에서 큰 움직임이 없었으며 활발한 배회도 보이지 않았다. 900mW의 세기에서도 반응과 무반응이 애매한 위치에 모여 있었다.

(라) ch. 4 - 465nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태				
파장세기	100	200	300	400	500
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	무반응
파장세기	600	700	800	900	990
반응유무	무반응	무반응	느린반응	무반응	느린반응

✓ 465nm 광원에서는 800mW, 990mW에서 반응을 나타내었다. 활발하고 능동적인 움직임은 없었고 대체로 배회를 하다 광원 근처로 모이는 것으로 보인다.

(마) ch. 5 - 535nm에 대한 반응

구분	광원의 세기 및 반응상태				
파장세기	100	200	300	400	500
반응유무	무반응	무반응	무반응	무반응	느린반응
파장세기	600	700	800	900	990
반응유무	반응	반응	무반응	무반응	무반응

✓ 535nm 광원에서는 500mW부터 반응을 시작해 700mW까지 반응을 보였다. 활발한 반응은 없었다. 특이한 점은 900mW과 990mW에서는 굉장히 활발한 배회 움직임과 기피 반응을 10분 이상을 보이다가 한 참 후 2마리 정도만 움직임을 보이고 나머지는 멈춰있었다.

다. 투명사육케이지

ch. 1은 365nm에서는 700mW의 세기를 선정하였고 10분간 진행한 결과 썩덩나무노린재 대부분이 활발한 움직임과 유인 반응을 보였고, 갈색날개노린재는 일부 개체만 광원으로 접근하고 나머지는 반응을 보이지 않던지 반대로 움직이는 등 여러 행동을 보였다. 썩덩나무노린재는 광원에 멈춰있는 개체와 유인 반응 후 멈추지 않고 빠른 움직임으로 광원을 지나쳤다가 다시 광원에 모이는 등 쉴 새 없는 움직임을 보였다. 반면, 갈색날개노린재는 일부만 적극적 움직임을 보였는데, 그마저도 실험 종료 전에 멈췄다.

ch. 2는 395nm에서는 670mW의 세기를 선정하였다. 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재 모두 365nm와 유사한 패턴과 반응을 보였다. 썩덩나무노린재는 일부는 광원에 모여 멈춰있고, 일부는 빠르게 모였다가 빠르게 지나쳤다가 다시 모였다가를 일정시간 반복하였다. 실험 종료 시에도 일부가 동일한 행동을 보이고 있었다. 갈색날개노린재는 일부만 광원으로 모였고, 광원 방향으로 모이지 않는 개체는 광원을 중심으로 오른편, 왼편, 반대편 여러 방향으로 이동하는 움직임을 보였다.



그림 9. 선정 파장에 대한 투명사육케이지 내의 노린재 반응

ch. 3은 430nm에서는 700mW의 세기를 선정하였고, 10분간 진행한 결과 썩덩나무노린재는 활발한 움직임을 보였으나 365nm, 395nm 파장보다는 확실히 소극적인 움직임을 보였다. 그러나 광원에 모인 개체는 움직임을 멈췄고 다른 개체도 천천히 주변으로 모여들었다. 주변에 모인 개체는 적극적으로 광원으로 접근하지는 않았지만 일정 간격에서 배회하는 행동을 하였다. 갈색날개노린재는 앞선 두 파장보다 적극적인 움직임을 보이는 개체가 많았고 광원에 집중하는 움직임도 보였다. 일부 개체는 여전히 광원과 무관한 움직임을 보였다.

ch. 4는 465nm에서는 630mW의 세기를 선정하였다. 썩덩나무노린재는 3~5마리 정도만 광원에 유인되었고 나머지는 광원과 무관한 움직임을 보이거나 기피하는 행동을 보이기도 하였다. 갈색날개노린재는 광원에 집중하는 움직임을 보였다. 두 공시충의 공통적인 움직임은 케이지 천장 쪽에서 멈춰있는 현상을 보였다.

ch. 5는 535nm에서는 650mW의 세기를 선정하였고, 10분간 진행한 결과 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재가 공통적인 행동을 보였다. 두 공시충 모두 활발하고 바쁜 움직임을 보였으나, 광원에 접근하는 움직임이 아니라 빛을 기피하거나 회피하는 듯한 행동을 보였다. 벽을 타고 움직이다가 광원 근처로 접근하면 바로 방향을 틀거나 멈췄다가 광원과 멀어지는 움직임을 보였다.

4. 결론 및 고찰

본 연구 결과로 특정 파장이 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재를 유인 반응을 일으킨다는 것을 확인할 수 있었다. 때로는 기피나 회피 반응을 일으키기도 하였다.

이전에도 노린재를 대상으로 기성 램프를 이용한 유인·포획 연구가 많이 있었다. 그러나 연구 결과에 대해 실효적인 성과를 얻은 결과는 없었다. 관련된 제품이나 친환경 사업으로 농가에 보급된 사례가 없다는 것이 실효성 실패를 반증한다. 비단 국내뿐만 아니라 국외에서도 관련된 노린재 연구가 있었으나 모니터링 이상의 실효적 성과를 얻지는 못하였다. 다만, 모니터링용으

로는 충분히 가능성이 있다고 하였다(Anne L. Nielsen et al).

썩덩나무노린재와 갈색날개노린재가 빛에 대해 반응하는 것은 대상해충이 야행성 곤충이기 때문이다(Cullen and Zalom 2000). 두 노린재는 낮에도 쉽게 찾을 수 있지만 황혼녘과 저녁에 더 적극적이고 활발한 활동을 보인다(Leskey and Hamilton 2010).

노린재의 눈은 홑눈과 겹눈으로 구성되어 있다. 홑눈은 윗홑눈을 가지고 있는데 머리 위쪽 겹눈 사이에 2개를 가지고 있는 것이 보통이다. 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재도 머리 위쪽 겹눈 사이 2개의 윗홑눈을 가지고 있다. 윗홑눈은 시각 정보 중 명암의 차이와 단순한 움직임 인지를 역할을 수행하고 자외선에 민감하다. 행동에 강약이 있었지만 두 노린재가 자외선 영역의 파장에 유인 반응을 보인 것은 자외선에 민감한 윗홑눈을 가지고 있는것이 일차적 이유로 판단된다. 빛의 자극에 대해 목적하는 행동을 하기 위해서는 윗홑눈의 단순한 시각정보만으로는 불가능하다. 더욱 고도로 발달하고 주된 시각 감각기인 겹눈의 시각정보와 상호작용을 이뤄야만 목적하는 행동의 성공을 보장할 수 있다. 야행성 곤충의 겹눈은 중복상눈의 구조를 가지고 있다. 중복상눈은 광학적으로 어두운 환경에서 더 밝은 이미지를 얻을 수 있는 구조를 가지고 있는데, 야행성인 꼬마꽃벌류(*Megalopta genalis*)는 주행성 꿀벌보다 약 30배에 높은 광수집 능력을 보인다. 야행성으로 밝혀진 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재의 겹눈은 중복상눈일 가능성이 높다. 낮 활동과 저녁 활동을 모두 가능한 것으로 보아 연립상눈에서 변형된 신경중복상눈으로 판단된다. 생태적 필요에 의한 생리적 눈의 구조가 빛 정보에 대한 유인 및 기피 또는 회피 반응을 만들어 낸다고 판단된다.



그림 10. 갈색날개노린재와 썩덩나무노린재의 윗홑눈과 겹눈

썩덩나무노린재와 갈색날개노린재의 빛 자극에 대한 행동의 차이는 윗홑눈과 겹눈의 크기와 구성에 따른 광감각 민감도와 시각 색소의 흡수 스펙트럼에 따른 광감각기의 민감도, 세포막 단백질 가운데 하나인 옵신(opsin)이 광감각수용 신경세포 안에서 어떠한 파장을 흡수하는가에 기인한 것으로 보인다.

결론적으로 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재는 365nm, 395nm, 430nm, 465nm, 535nm 의 파장과 100mW부터 990mW 범위 안의 빛 세기에 반응을 보였다. 썩덩나무노린재는 자외선 영역에 가까울수록 높은 유인 행동 반응을 보였고, 여기에 빛의 세기가 강해질수록 유인 행동 반응이 상승하였다. 하지만 일정 수준 이상의 강한 빛의 세기는 오히려 기피 또는 회피 행동 반응을 보였다. 썩덩나무노린재는 유인등 고안할 때는 자외선 영역때의 파장 선정이 가장 중요하고 다음은

적정한 빛의 세기를 결정해 주어야 한다. 갈색날개노린재는 대체적으로 불규칙한 유인 반응을 보였고 비교적 일률적인 기피 또는 회피 반응을 보였다. 파장이 가시광선 영역에서 유인 행동 반응을 보였고 자외선 영역에서도 반응을 보였는데 빛의 세기가 강할 때 유인 행동 반응을 보였다. 갈색날개노린재 유인등을 고안할 때는 기피 또는 회피 행동 반응을 보이지 않는 강한 빛의 세기를 결정하고 적정한 파장 때를 결정하는 것이 효과적이다. 파장과 세기 모두에서 불규칙한 유인 행동을 보였으나 파장에 관계없이 빛의 강한 세기에서는 비교적 일률적인 유인 행동 반응을 보였다.

제 2 절 집합페로몬 유인제 개선 및 개발

1. 서론

생물상호작용화합물(semiochemicals)은 개체 간 행동유기물로 페로몬(pheromone)과 카이로몬(kairomone), 알로몬(allomone), 시노몬(synomone)을 포함한다. 이 가운데 페로몬과 카이로몬이 농업 해충 방제에 이용되고 있으며, 특히 페로몬은 동종 간의 교신물질로서 성페로몬과 집합페로몬이 나비목과 노린재목, 딱정벌레목을 대상으로 국내외적으로 널리 사용되고 있다. 곤충 페로몬을 이용하는 방법에는 야외 해충 개체군의 집단변동을 탐지하는 예찰(monitoring), 대상 해충을 직접 대량 포획하여 현세대 밀도 감소와 차세대 밀도 감소를 유도하는 대량포획(mass trapping), 대상 해충의 암수 교미교신 저지로 교미를 저해시킴으로써 밀도를 감소시키는 교미교란(mating disruption) 등이 있다.



그림 11. 곤충페로몬의 분류와 이용 방법(예찰, 대량포획, 교미교란제)

국내외적으로 친환경 농업의 중요성과 필요성이 커지면서 곤충 페로몬의 이론적 배경을 바탕으로 해충 방제에 직접 적용 노력이 이어져 왔고, 이는 산업적 단계로 발전하였다. 곤충페로몬과 이를 이용한 제품은 종(種) 특이적으로 작용하기 때문에 생태계 피해가 없으며, 자연 저항성이 발현되지 않는 완벽한 친환경 제제로 해충 관리를 위한 새로운 대안이 되고 있다. 예찰, 대량포획, 교미교란 등 각각의 방법은 명확한 역할로 상업화되어 효과적인 해충관리의 중요한 요소 활용되고 있다.

이러한 곤충페로몬이 목적하는 유인력을 확보하기 위해서는 사용하는 페로몬의 자체안정성, 방출기의 성능, 기상 및 지형과 같은 환경 요인 등을 확인하여야 한다. 여기서 목적하는 유인력 확보라는 것은 곤충페로몬이 안정적이고 균일하게 긴 시간 동안 방출하는 것을 말한다.

곤충페로몬의 자체 안정성은 구조에 따라 다르지만, 불안정할 경우 이성화·중합·산화 등에 의해 구조변성이나 구조 파괴가 일어날 수 있다. 이러한 구조변성이나 파괴가 일어날 경우 페로몬의 유인력 감소는 물론 상실(소멸)에 이르게 되고 이는, 제품의 문제로 나타난다. 그래서 구조가 안정성을 갖도록 하는 좋은 방출기가 필요하다.

썩덩나무노린재 집합페로몬은 구조적으로 매우 안정적인 반면, 갈색날개노린재의 집합페로몬은 이중구조가 있어 자외선에 매우 불안정한 구조이다. 하지만 안정적 구조의 썩덩나무노린재 집

합페로몬은 자연 방출율을 높여 줘야 하는 또 다른 숙제가 있다. 안정적인 유인력을 확보하기 위해서는 집합페로몬 구조의 변성과 파괴를 막아야 하고 해충이 인지할 수 있는 충분한 양의 페로몬이 자연방출해야 한다.

또한, 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재의 유인력을 높이기 위해서는 두 종의 집합페로몬 10, 11-epoxy-1-bisabolen-3-ol(썩덩나무노린재)와 Methyl(E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate(갈색날개노린재)을 같이 사용해야 한다. 두 종에 대해 각각의 집합페로몬을 사용할 때 보다 월등히 높고 확실한 유인력을 보여준다(Donald C. weber et al., 2014).

본 연구에서는 상이한 특징의 두 노린재 집합페로몬의 방출기 문제점을 해결하고 개선을 통한 유인제 성능 향상에 목적을 두었다.

2. 재료 및 방법

가. 실내 실험 방출기 구성 및 방법

썩덩나무노린재 집합페로몬 10, 11-epoxy-1-bisabolen-3-ol(이하 Epoxy)과 갈색날개노린재 집합페로몬 Methyl(E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate(이하 EEZ)을 선발한 방출기 소재에 담지하고 실내 상온에서 방출 시켰다.

방출기 소재로는 PE(폴리에틸렌)필름 0.1T와 0.06T, TPU(열가소성 폴리우레탄), APF(통기성섬유)를 선발하였다. 방출 실험에 사용될 유인제와 방출기 소재를 조합하였다.

집합페로몬	방출기 소재 조합			
Methyl(E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate				
	① PE 0.1T + 보호관 + 흡착필터 ② PE 0.06T + 보호관 + 흡착필터 ③ TPU + 보호관 + 흡착필터 ④ 통기성섬유(APF) + PE 0.1T + 보호관 + 흡착필터			
10, 11-epoxy-1-bisabolen-3-ol				
	① PE 0.1T + 흡착필터 ② PE 0.06T + 흡착필터 ③ TPU + 흡착필터 ④ 통기성섬유(APF) + 흡착필터			

그림 12. 실내 방출기 실험을 위한 소재 조합

각 방출기 소재 조합에 썩덩나무노린재 집합페로몬 0.05g을 흡착필터를 통해 담지 하였고

갈색날개노린재 집합페로몬은 0.1g을 흡착필터를 통해 담지하였다. 측정은 전자저울을 이용하여 주 1회 실시하였으며 총 측정 기간은 3개월이었다.

나. 집합페로몬 유인제 개선 실외 검정 방법

실내 실험에서 선정된 방출기 소재 조합을 노린재 발생이 많은 경북 안동시 풍산읍 신양리 사과 과원 주변에서 유인력 검정 실험을 진행하였다. 실험지인 풍산읍 신양리 사과 과원은 15~20°의 경사가 있는 낮은 산 중턱에 위치하고 있으며 주변 환경은 키작은 활엽수와 잡목이 주를 이루며 듅성듅성 아까시나무와 소나무, 뽕나무가 자라고 있다. 아까시나무와 뽕나무는 노린재에게 성적성숙과 성장에 매우 좋은 기주 식물이다. 사과 외에 주변 재배작물은 노린재가 좋아하는 콩이 있다. 방향은 남향으로 연중 햇볕을 잘 받는 곳이다. 산의 식생과 재배 작물의 종류, 남향이라는 조건으로 매년 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재가 5월부터 10월까지 지속해서 발생하는 곳이다.



그림 13. 실외 실험지 위치 및 트랩 설치

방출기 소재 조합은 썩덩나무노린재는 통기성섬유(APF) + 흡착필터를 갈색날개노린재는 통기성섬유(APF) + PE 0.1T + 보호관 + 흡착필터를 선정하였다. 대조구로는 상용 제품(㈜에이디, 안동)을 이용하였다. 노린재 트랩(㈜에이디, 안동)은 2개의 방출기 소재 조합과 대조구를 합쳐 3개를 사용하였다. 비교는 ①Fix lure : test lure, ②test lure : commercial lure 로 구분하여 진행했다. Fix lure, test lure는 모두 개발 중인 동일한 유인제로 비교 편의상 이름을 구분하였다. ①번 비교는 곤충 대상 유인제 개발에 적용하는 연구방법(fixing and rotation)으로, 개발 중인 동일 유인제 간에 연중 고정과 주마다 위치 변경을 통해 고정 위치로 나타날 수 있는 효과 및 성능의 오차 문제를 줄이기 위한 방법이다. 야외에서 노린재의 분포 위치와 위치 이동을 확실하게 알 수 없기 때문에 실험 위치에 따른 효과 및 성능이 지나치게 높게 또는, 지나치게 낮게 나타날 수도 있다. 지나치게 높은 경우는 개발품의 효과 및 성능을 오판하게 만들어 미완성 제품을 만들게 한다. 지나치게 낮은 경우는 불필요한 추가 연구 및 실험을 유발 할 수 있어 심

할 경우 개발 중지를 초래할 수 있다. 이러한 불상사를 막기 위해 고정과 동일한 개발품을 불특정하게 고정 주변을 위치 이동시킴으로써 환경에 따른 효과 및 성능의 오차를 줄여 개발품의 상태를 정확히 확인할 수 있다. 고정 대비 상하 50% 이내 수치를 기본으로 한다.

②번 비교는 상품과 비교를 통해 유인력 개선 효과를 확인하기 위함이다. 조사는 5월 2일부터 11월 5일까지 주 1회 실시하였으며 조사 때마다 test lure 트랩의 위치를 시계 방향으로 변경하였다.

3. 결과

가. 집합페로몬 유인제 개선 실내 실험

집합페로몬 유인제의 성능은 방출기의 성능에 의해 좌우되고, 방출기의 성능에 관여하는 요소는 재질, 형태, 구성 등이다. 다양한 선택과 구성이 필요한 이유는 사용되는 페로몬의 끓는점(boiling point)과 분자량(molecular weight)이 달라 기화성질 또한 다르기 때문이다.

기화순서	물질명	끓는점(bp)	분자량(mw)	비고
②	(E)-2-hexenyl (E)-2-hexenoate	259.0 °C	196.29 g/mol	가로줄노린재
④	Myristyl isobutyrate	326.5 °C	284.48 g/mol	톱다리개미허리노린재
⑤	Octadecyl isobutyrate	381.5 °C	340.58 g/mol	
①	Methyl(E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate	257.6 °C	178.27 g/mol	갈색날개노린재
③	10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol	306.0 °C	238.37 g/mol	썩덩나무노린재

그림 14. 주요 노린재 집합페로몬 기화속도 순서

본 연구에서는 썩덩나무노린재 집합페로몬 Epoxy와 갈색날개노린재 집합페로몬 EEZ를 대상으로 구성한 방출기의 실내방출 실험을 진행하였다. 갈색날개노린재 집합페로몬 EEZ는 휘발성이 강하고 환경요인에 쉽게 구조가 변성되는 불안정고 까다로운 집합페로몬이다. 그래서 기본적으로 흡착필터에 집합페로몬을 흡착시키고 보호관(vial tube)을 같이 구성하였다. 반면, 썩덩나무노린재 집합페로몬 Epoxy는 휘발성이 약하고, 매우 안정적인 구조를 갖고 있어 환경요인에 의한 구조 변성이나 파괴가 잘 일어나지 않는다. 그래서 보호관(vial tube)을 같이 구성하지 않았다. 두 집합페로몬을 같이 사용하기 위해서는, EEZ는 환경 요인에 대해 보호하면서 강한 휘발성을 약하게 조절해야하고, Epoxy는 약한 휘발성을 조절해 방출율을 높여 주어야 한다.

나. 썩덩나무노린재 및 갈색날개노린재 집합페로몬 방출기 실험

썩덩나무노린재의 Epoxy는 PE0.1T + 흡착필터 > TPU + 흡착필터 > PE0.06 + 흡착필터 > APF + 흡착필터 순으로 방출 유지 기간이 길게 나타났다. 방출 유지 기간으로 선택하면 PE0.1T + 흡착필터를 선택하여야 하지만 Epoxy의 특성상 방출을 빠르게 유도시켜야하기 때문에 유지 기간이 긴 것이 적절하지는 않는다. 더욱이 APF + 흡착필터를 제외한 세가지 소재는 일관성 없이 불규칙한 방출량을 보였고, 이러한 느린 방출속도는 적정 필요 양만큼 방출을 시

키지 못하는 결과를 보였다.

질량 날짜	Epoxy 0.05g							
	PE0.1T (총무게)	휘발량	PE0.06T (총무게)	휘발량	TPU (총무게)	휘발량	APF (총무게)	휘발량
07/04	0.3917	-	0.2712	-	0.5688	-	0.1920	-
07/11	0.3910	0.0007	0.2723	-0.0011	0.5679	0.0009	0.1878	0.0042
07/18	0.3911	-0.0001	0.2704	0.0019	0.5672	0.0007	0.1844	0.0034
07/25	0.3912	-0.0001	0.2687	0.0017	0.5673	-0.0001	0.1801	0.0043
08/01	0.3910	0.0002	0.2694	-0.0007	0.5670	0.0003	0.1761	0.0040
08/08	0.3909	0.0001	0.2682	0.0012	0.5671	-0.0001	0.1739	0.0022
08/16	0.3910	-0.0001	0.2684	-0.0002	0.5668	0.0003	0.1707	0.0032
08/22	0.3912	-0.0002	0.2683	0.0001	0.5669	-0.0001	0.1662	0.0045
08/29	0.3912	0.0000	0.2682	0.0001	0.5668	0.0001	0.1638	0.0024
09/05	0.3911	0.0001	0.2684	-0.0002	0.5665	0.0003	0.1616	0.0022
09/12	0.3909	0.0002	0.2681	0.0003	0.5662	0.0003	0.1588	0.0028
09/19	0.3907	0.0002	0.2680	0.0001	0.5663	-0.0001	0.1563	0.0025
09/27	0.3906	0.0001	0.2680	0.0000	0.5663	0.0000	0.1551	0.0012
10/04	0.3906	0.0000	0.2682	-0.0002	0.5663	0.0000	0.1523	0.0028
총휘발량	불규칙방출 0.0011		불규칙 방출 0.0030		불규칙 방출 0.0025		0.05g→0.0397g/3m	

그림 15. 싹덩나무노린재 집합페로몬을 대상으로 한 방출기 소재 조합 방출 실험

질량 날짜	EZZ 0.1g							
	PE0.1T (총무게)	휘발량	PE0.06T (총무게)	휘발량	TPU (총무게)	휘발량	APF+PE0.1T (총무게)	휘발량
07/04	0.9772	-	0.8567	-	1.1543	-	1.1223	-
07/11	0.9586	0.0186	0.8326	0.0241	1.1225	0.0318	1.1103	0.0120
07/18	0.9487	0.0099	0.8117	0.0209	1.1002	0.0223	1.1007	0.0096
07/25	0.9379	0.0108	0.7989	0.0128	1.0787	0.0215	1.0889	0.0118
08/01	0.9291	0.0088	0.7897	0.0092	1.0558	0.0229	1.0829	0.0060
08/08	0.9219	0.0072	0.7818	0.0079	1.0553	0.0005	1.0767	0.0062
08/16	0.9151	0.0068	0.7747	0.0071	1.0554	-0.0001	1.0715	0.0052
08/22	0.9098	0.0053	0.7678	0.0069	1.0552	0.0002	1.0648	0.0067
08/29	0.9037	0.0061	0.7615	0.0063	1.0553	-0.0001	1.0601	0.0047
09/05	0.8992	0.0045	0.7568	0.0047	1.0552	0.0001	1.0552	0.0049
09/12	0.8945	0.0047	0.7566	0.0002	1.0553	-0.0001	1.0511	0.0041
09/19	0.8925	0.0020	0.7567	-0.0001	1.0552	0.0001	1.0464	0.0047
09/27	0.8882	0.0043	0.7568	-0.0001	1.0551	0.0001	1.0433	0.0031
10/04	0.8841	0.0041	0.7569	-0.0001	1.0552	-0.0001	1.0389	0.0044
총휘발량	0.1g→0.0931g/3M		0.1g→0.0998g/2M		0.1g→0.0991g/1M		0.1g→0.0834g/3M	

그림 16. 갈색날개노린재 집합페로몬을 대상으로 한 방출기 소재 조합 방출 실험

이 결과는 유인력 저하로 이어질 가능성이 매우 높아 문제가 될 수 있다. 반면, APF + 흡착필

터는 일관성 있는 방출을 보이면서 3개월 이상의 이상적인 방출 기간을 확인할 수 있었다. 갈색날개노린재의 EEZ 방출기 소재 조합에서는 APE + PE0.1T + 보호관 + 흡착필터 > PE0.1T + 보호관 + 흡착필터 > PE0.06T + 보호관 + 흡착필터 > TPU + 보호관 + 흡착필터 순으로 방출 유지 기간이 길었다. 구체적으로 TPU + 보호관 + 흡착필터는 약 1개월, PE0.06T + 보호관 + 흡착필터는 약 2개월, PE0.1T + 보호관 + 흡착필터와 APE + PE0.1T + 보호관 + 흡착필터는 3개월 이상의 방출 기간을 유지하는 결과를 보였다. 가장 오랜 시간 유지 시킨 것은 APE 소재를 사용한 것이었다. EEZ의 특성상 보호 구성을 여러 겹으로 사용하거나 같은 소재일 경우 두꺼운 재질을 사용하는 것이 방출 유지에 유리하였다.

다. 집합페로몬 유인제 개선 실외 검증 실험

2019년 5월부터 11월까지 노린재류 집합페로몬-트랩을 이용하여 3가지 트랩유형별로 조합하여 발생밀도 및 포획량 변동 패턴을 총27회에 걸쳐 조사/분석하였다. 이 기간동안 썩덩나무노린재 포획량은 T-1(498마리) > T-2(350마리) > T-3(224마리) 트랩 순으로 포획량이 많았으며, 갈색날개노린재는 T-2(272마리) > T-1(226마리) > T-3(194마리)순이며, 툽다리개미허리노린재는 T-3(1165마리) > T-1(486마리) > T-2(212마리) 트랩 순으로 조사되었다. 트랩유형별로 보면 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재는 발생최성기에서의 피크에는 차이가 있었으나, 발생변화를 나타내는 패턴에서는 유사한 양상을 나타내었다. 썩덩나무노린재의 경우 3개 유형의 트랩 모두에서 10월1일의 피크가 높게 나왔으며, 9월 하순경부터 시작된 증가기 및 10월 중순경 감소기까지의 패턴 또한 유사한 경향을 보였다.

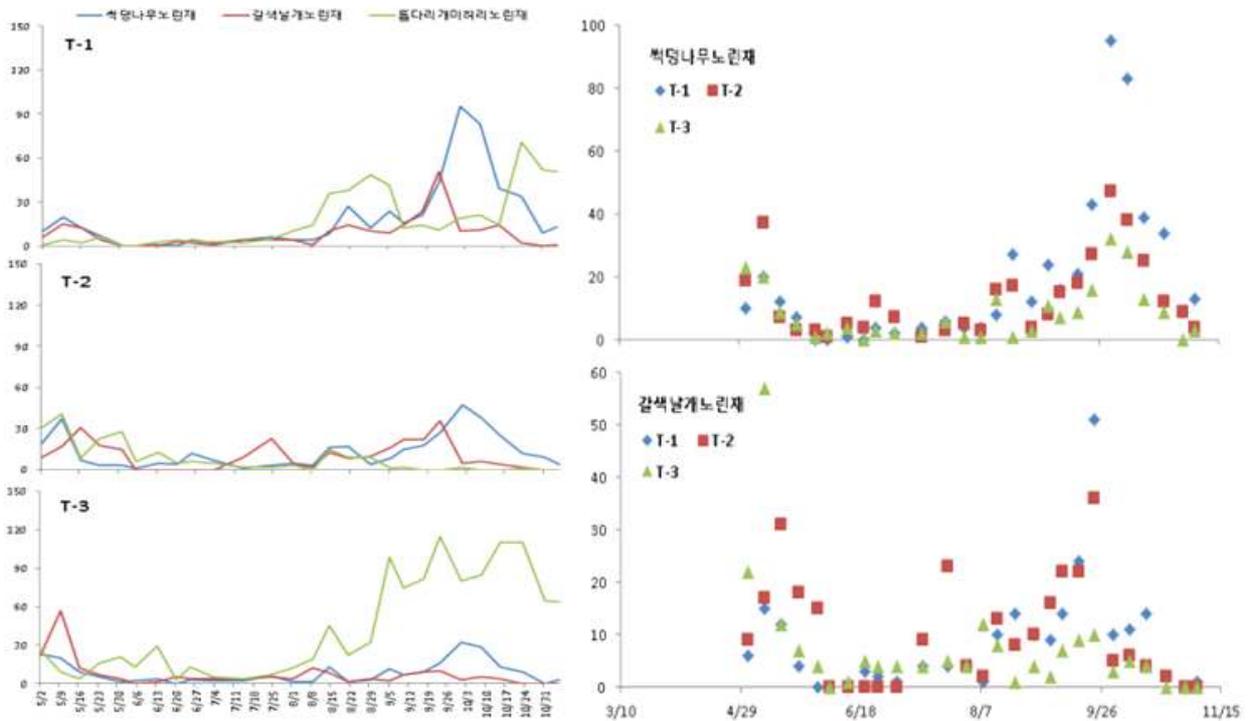


그림 17. 주요 노린재류 3종에 대한 처리구별 발생소장 및 썩덩나무노린재 및 갈색날개노린재에 대한 트랩 유형별 산포량 변화

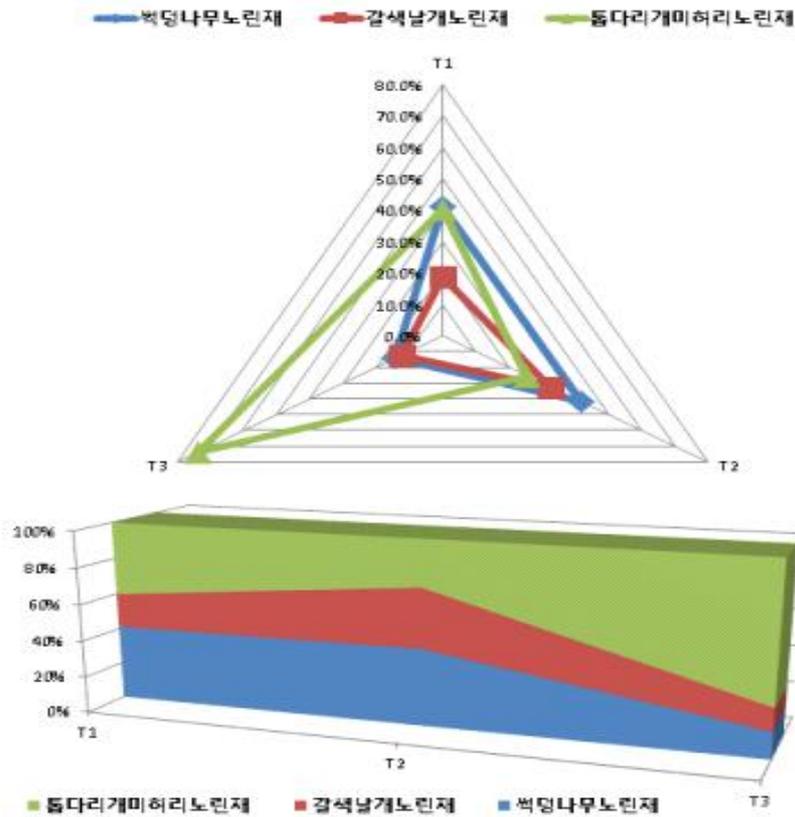
그러나 톱다리개미허리노린재의 경우에는 T-3 트랩에서의 포획량이 가장 많았으며, 트랩 유형별 피크기 패턴에서도 차이가 보였다. 트랩 유형별로 구분된 T-1, T-2 T-3에서의 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재의 총 포획량을 합하여 시기별 포획량과 트랩별 유형에서의 조합 조건과의 상관정도를 보면, 썩덩나무노린재의 경우 3가지 유형별 트랩 조합이 모두 거의 유사한 패턴을 보이는 것을 확인할 수 있으며, 이는 썩덩나무노린재의 집합페로몬 물질이 트랩 유형의 조합에 따라서 포획량에는 조금 차이가 있을 수 있으나, 발생경향과 변화 패턴에는 거의 차이가 없음을 알 수 있다. 이는 물질의 안정성과 안정적 방출에 기인한 면과 트랩 유형별 조합이 가지는 특성들이 부합된 부의 조건으로 판단된다. 갈색날개노린재의 경우 9월 T-2 > T-1 > T-3 순으로 트랩 유형별로 차이가 있었다. 그러나 7월 중순 이후의 후반기에의 패턴은 증감을 반복하며, 유사한 패턴으로 발생변화가 전개되었다.

조사일	트랩별 유형									
	(1) 개발 방출기(고정비교)			(2) 개발 방출기(이동비교)			(3) 상품(고정, 이동비교)			
	T-1			T-2			T-3			
	썩덩	갈색	톱다리	썩덩	갈색	톱다리	썩덩	갈색	톱다리	
5	2	10	6	1	19	9	31	23	22	26
	9	20	15	4	37	17	41	20	57	9
	16	12	12	2	7	31	8	9	12	4
	23	7	4	6	3	18	23	5	7	16
	31	0	0	0	3	15	28	1	4	21
6	5	0	0	0	1	0	6	2	0	13
	13	1	0	3	5	0	13	4	1	29
	20	0	3	4	4	0	5	0	5	3
	25	4	2	3	12	0	6	3	4	13
7	3	2	1	3	7	0	5	2	4	5
	14	4	4	2	1	9	2	2	4	4
	24	6	4	5	3	23	2	6	5	7
8	1	4	4	10	5	4	3	1	4	12
	8	4	1	14	3	2	0	1	12	19
	14	8	10	36	16	13	15	13	8	45
	21	27	14	38	17	8	9	1	1	22
	29	12	10	49	4	10	9	3	4	32
9	5	24	9	41	8	16	1	11	2	99
	10	16	14	12	15	22	2	7	7	75
	17	21	24	14	18	22	0	9	9	82
	23	43	51	11	27	36	0	16	10	115
10	1	95	10	19	47	5	2	32	3	80
	8	83	11	21	38	6	0	28	5	85
	15	39	14	14	25	4	0	13	4	110
	23	34	2	71	12	2	1	9	0	110
	31	9	0	52	9	0	0	0	0	65
11	5	13	1	51	4	0	0	3	0	64

그림18. 주요 노린재류 3종에 대한 처리구별 유형 및 시기별 포획량 변화 조사

트랩 유형별로 총포획량에 대비하여 썩덩나무노린재/총포획량, 갈색날개노린재/총포획량, 톱다리개미허리노린재/총포획량 순서로 각각의 비율을 백분율로 분석해보면 T-1의 경우 41.2%,

18.7%, 40.2%로 비교적 안정적이거나, 갈색날개노린재의 비율이 상대적으로 작았으며, T-2의 경우에는 42.0, 32.6, 25.4로써, 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재가 안정적으로 일정비율로 포획되는 경향을 볼 수 있었으며, T-3의 경우에는 톱다리개미허리노린재의 비율과 비교해 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재의 비율이 상대적으로 낮게 분석되었다. 그래프를 통한 데이터 분석에서도 T-3의 경우에는 톱다리개미허리노린재의 차지 비율이 상대적으로 컸으며, T-2에서는 안정적인 비율로 3종의 주요 노린재류가 포획되었으나, 총 포획량은 T-1과 비교해 낮았다.



트랩	썩덩나무노린재	갈색날개노린재	톱다리개미허리노린재	총포획량
T-1	498	226	486	1210
T-2	350	272	212	834
T-3	224	194	1165	1583

전체 노린재 포획량 대비 3종 노린재류별 포획비율 분석			
트랩	썩덩나무노린재	갈색날개노린재	톱다리개미허리노린재
T-1	0.412	0.187	0.402
T-2	0.419	0.326	0.254
T-3	0.142	0.123	0.736

전체 노린재 포획량 대비 3종 노린재류별 백분율(%)			
T-1	41.2	18.7	40.2
T-2	42.0	32.6	25.4
T-3	14.2	12.3	73.6

그림 19. 주요 노린재류 3종에 대한 처리구별 포획비율에 따른 유인 특성 분석

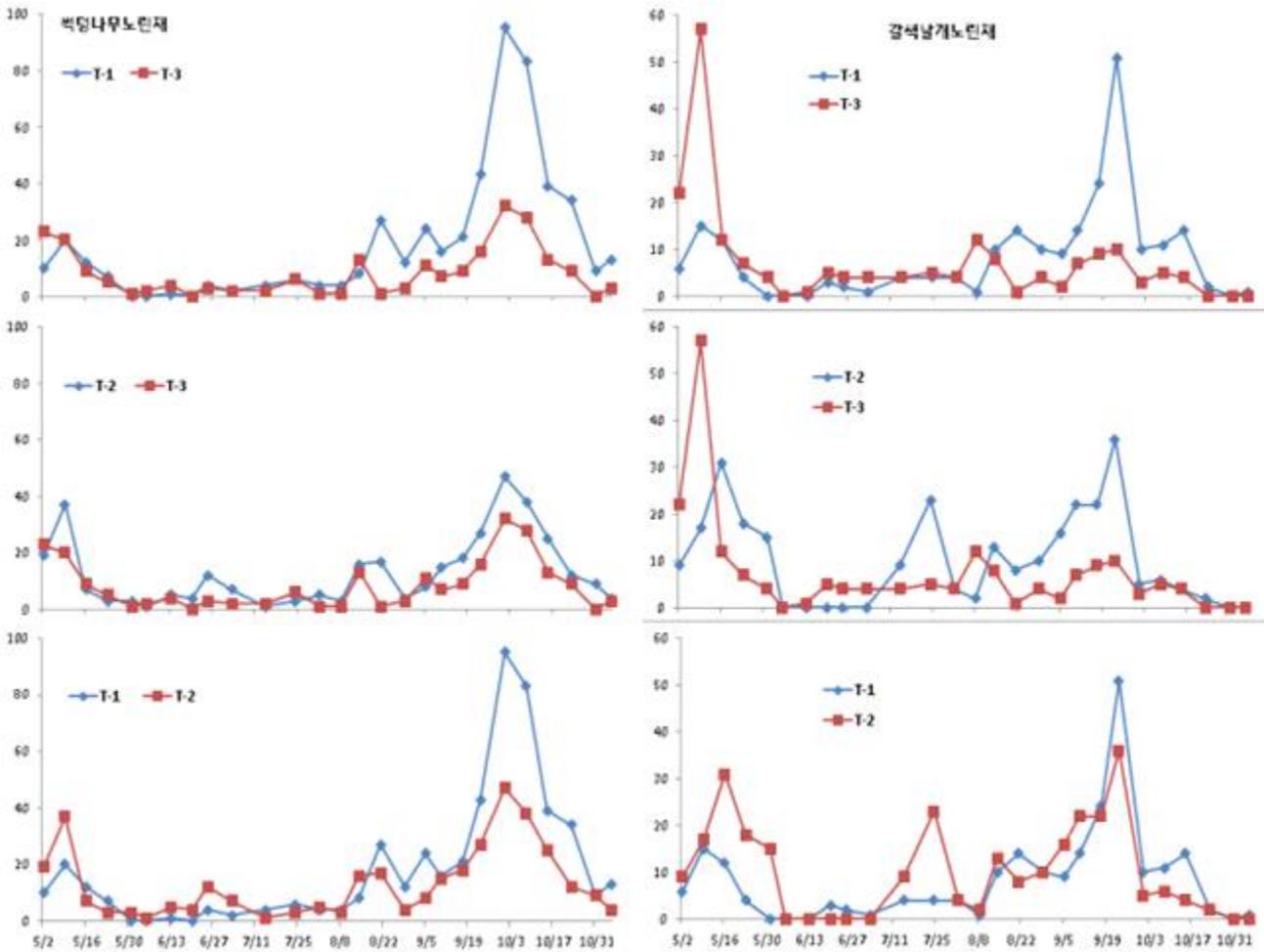


그림 20. 썩덩나무노린재 및 갈색날개노린재에 대한 처리구별 유형에 따른 발생 밀도 및 패턴 변화 비교

썩덩나무노린재의 경우 T-1과 T-3는 유사한 발생변화 패턴을 보였으나, T-1의 트랩 유형별 조합에서 더 높은 포획량 변화 패턴을 보였다. 그리고 T-2와 T-3의 경우에는 매우 유사한 발생 패턴을 보였으나 포획량은 상대적으로 낮은 수준이다. T-1과 T-2도 패턴 변화는 유사하나, 트랩 조합에서의 포획량은 T-1에서 높은 수치를 확인할 수 있었다. 썩덩나무노린재에서의 집합페로몬은 처리구별 유형에 따라서 밀도변화에는 증감이 있었으나, 발생변화의 패턴은 유사한 형태로 전개되었다. 갈색날개노린재의 경우 T-1과 T-3의 경우 초기 포획량은 T-3가 우수하였으나, 후반기 포획량은 T-1에서 더 우수하게 나타났다. T-2와 T-3의 경우에도 T-3는 T-2보다 초기 포획량은 많았으나, 후기 포획량은 T-2에서 더 많았다. 그리고 T-1과 T-2에서의 패턴 변화는 매우 유사하였으나, 피크 크기에서 초반기에는 T-2, 후반기에는 T-1에서의 트랩 조합에서 높은 피크를 확인할 수 있었다. 이는 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재의 집합페로몬을 비교하면, 썩덩나무노린재 집합페로몬이 안정적으로 방출되고 있으며, 물질의 안정성과 방출기의 항상성 기능에 대한 개발 및 개선 효과가 좀 더 뚜렷히 확인되었다.

제 3 절 노린재 전용 유인등 시제품 제작

1. 노린재 전용 유인등 기초 설계

가. 노린재 유인등 LED 보드 제작

유인등 LED 램프는 노린재의 빛에 대한 반응과 행동 습성을 토대로 구성하였다. 현재 상용화 램프는 LED 광원 다중 파장기에서 발산하는 파장과 일치하는 제품이 없어 가장 근접한 제품을 사용하였다. 노린재의 광반응 실험의 결과를 확인하기 위해 육안 식별상 퍼플(380~430nm), 블루(430~470nm), 그린(470~530nm) 램프와 국내외 노린재 실험에서 사용했었던 주광색(백색) 램프까지 네 가지로 LED 램프를 구성하였다. 블랙(365~380nm) 램프의 경우 원하는 파장을 갖는 상용 LED 램프가 없어 제외하였다. 블랙(365~380nm) 램프의 경우 주로 의료용 제품으로 주문 제작 되는 경우가 많아 구입이 불가능 했다.



그림 21. LED 램프 구성 및 크기

나. 노린재 유인등 LED 제어 보드 제작

광 발생과 광의 세기별 유인효과를 확인하기 위해 LED 램프 제어 보드를 제작하였다. LED 램프 제어 보드는 광원별 단독 또는 복합 발산 조절, 광 발산 시 광세기 조절, 주야간 인식을 위한 조도센서, 타이머 기능, 전기 충격기 전원 관리, 전체 전원 관리 등의 기능을 구성하였다.

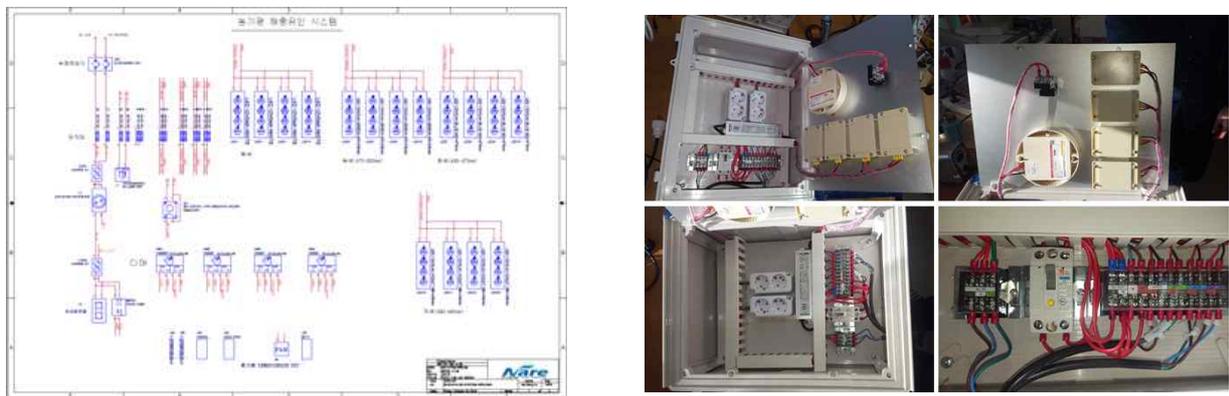


그림 22. LED 램프 제어 보드 설계 및 제작

다. 노린재 유인등 외장 및 전기충격부 제작

LED 램프의 광(집합페로몬) 확산과 반응 하는 노린재 유인 및 포집에 적합하도록 직관적이고 단순하게 기능에 충실하도록 설계하였다. 유인 후 포집하는 방식은 전기충격 방식을 선택하였다. 이동성(보행 및 비행, 비산 및 비레)이 매우 강한 노린재의 특성상 전기충격 방식이 적합하다고 판단하였다. 노린재를 포획트랩으로 유인·포집 할 때에 가장 큰 문제점이 트랩까지 접근한 노린재가 바로 포획되지 않고, 주변을 보행하다 트랩에서 떠나 주변으로 이동하는 것이다. 이동한 노린재는 작물 피해를 입힐 가능성이 매우 높다. 그렇기 때문에 트랩으로 유인했을 때 확실하게 포집을 완성해야 한다.

시제품의 정격전압은 220V, 60Hz이고 정격소비전력은 43W이다. 전기충격의 순간 전력은 1400V이다.

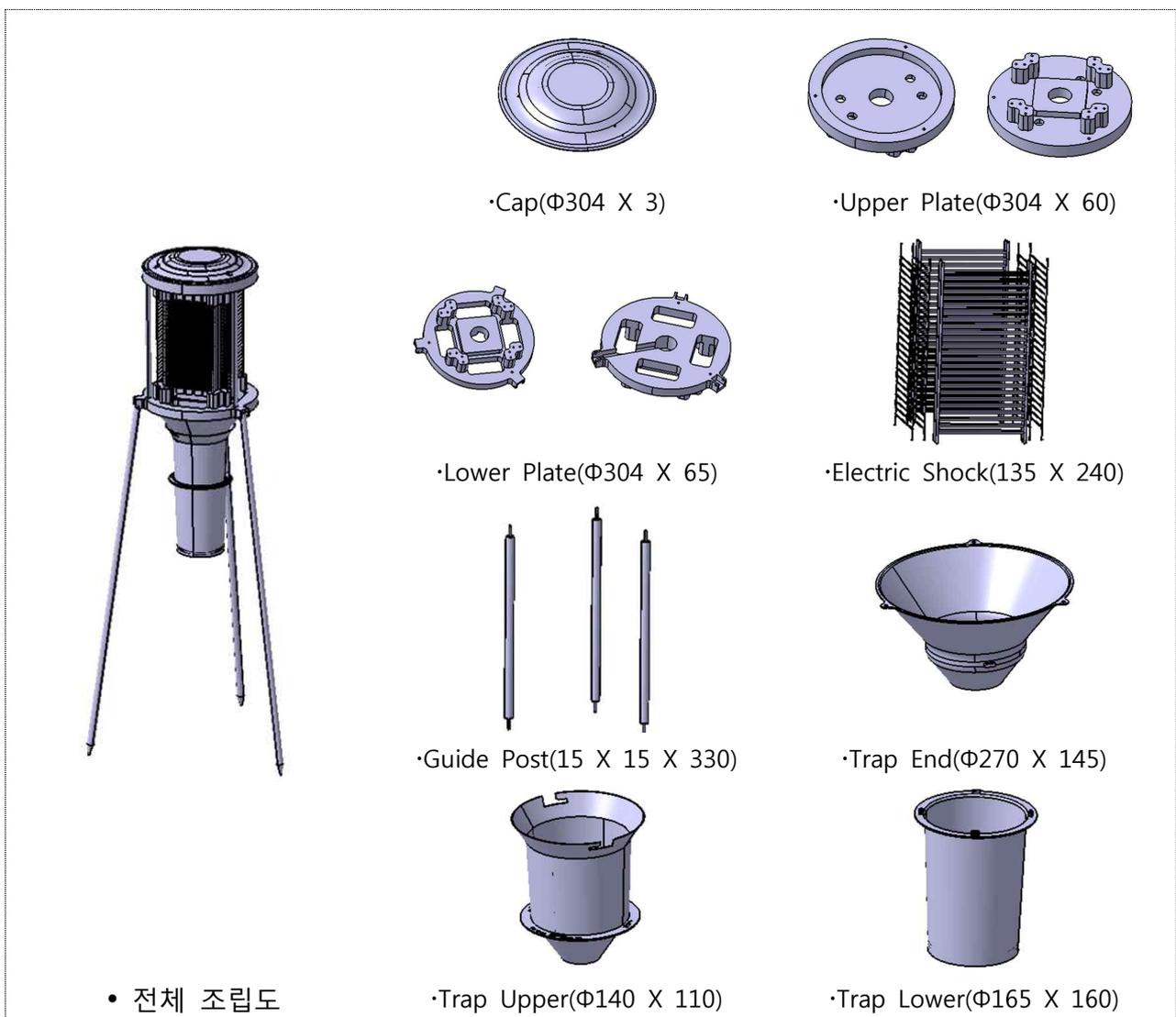


그림 23. 노린재 전용 유인등 디자인



- 부품제작
- 전기충격기 조립
- LED 램프 조립
- 각 부품 조립
- 조립 완료

그림 24. 노린재 전용 유인등 전기충격부 제작

라. 노린재 유인등 시제품 제작

노린재 전용 유인등 시제품을 제작하였다. 유인·포집 부분와 제어시스템 부분으로 나누어 설계하고 제작하였다. 유인·포집부는 유인과 포집(전기충격 방식)만 충실하고 제어시스템은 제어관리가 쉽도록 독자적으로 구성을 하였다.



그림 25. 노린재 전용 유인등 시제품

2. 노린재 전용 유인등 시제품 제작

가. 노린재 전용 유인등 LED 제어 시스템 제작

노린재 전용 유인등 외장 상단부에 LED 제어 보드 장착 공간을 만들었다. 2018년도 시제품은 별도의 박스에 LED 제어 시스템을 만들었다. 사용상에 불편함이 크고, 향후 상업화에도 적합하지 않아 디자인을 변경하여 일체형으로 제작하였다.

노린재 전용 유인등 LED 제어 시스템은 LED 컨트롤 기능과 조도 및 우적 감지 기능을 갖추고 있다. 기능을 간단히 살펴보면 LED 컨트롤 기능은 4가지 시스템 전원관리, LED 램프On/Off, LED 광세기 조절, LED 램프 개별 또는 복합 설정 On/Off를 설정 할 수 있다. 조도 감지 기능은 빛에 반응 하면 LED 램프 전원을 Off 시키고, 우적 감지 기능은 우천 시 모든 기능을 Off 시킨다.

(1) 정격사양

입력사양은 AC220VAC/0.5A 이하이고 보드 사용전원은 24V/3.5A 이다. 출력사양은 LED 램프 출력은 0~12V/3A, 4채널이다. 보조전원은 5V/0.5와 12V/0.5A 이다. AC 접점 1채널은 우적 감지(비상 상황)일 때, 전기충격 장치 부분, 내부 공기순환 팬, LED 램프 등의 전원을 차단한다. 내부 공기순환(제어보드 쿨링) AC 팬은 220VAC/60Hz의 사양을 가지고 있다.

(2) 기능

LED 제어 시스템 의 LED 광세기 조절 기능은 개별적으로 4채널의 LED 광세기 제어 기능을 가지고 있으며 필요에 따라 LED 램프를 독립적으로 Off 시킬 수 있다. LED 제어는 전면의 명판의 버튼 조작을 통해 설정하며 그 상태를 디스플레이를 통해 확인할 수 있다.

조도 감지 기능은 밤과 낮의 태양광 조도를 감지하여 밤 시간에만 동작하게 한다. 조도 센서가 빛을 감지하여 낮으로 인식하면 명판의 LED가 점등되고 백색, 녹색, 청색, UV LED 램프는 소등된다. 우적 감지 기능은 우천 상황을 감지하여 살충용 고압발생기, LED 램프, AC 팬 등에 공급되는 AC 전원을 차단한다. 우적 센서가 빗물을 감지하였을 경우 명판의 LED는 점등된다. 또한, 우적센서 센서부의 물기가 마르면 차단되었던 모든 전원이 다시 공급되어 고압 발생기, LED 램프, AC 팬 등이 모두 On 상태가 된다. 우적 센서는 외부에 별도로 배치되어 있다.

(3) H/W 개발

회로 설계는 LED 제어 보드를 메인 제어부와 조도 감지 보드로 구분하여 설계하였다. 메인 제어부 전원 입력부는 입력라인에 실려 들어오는 노이즈를 제거하기 위해 common mode filter 를 사용하였다.

DC-DC converter는 LM2679T-ADJ IC를 사용하여 24V DC전원을 원하는 DC 출력전압으로 변환한다. 파워 토폴러지는 buck 컨버터이다. 출력효율을 높이기 위해서는 D5, D6의 다이오드는 쇼트키 다이오드를 사용해야 한다. 일반 정류 다이오드 사용시에는 출력전류에 문제가 발생하며 LM2679의 동작에 문제가 발생하여 고출력 전류를 낼 수 없다.

출력전압을 센싱하여 버퍼 회로를 거쳐 MCU로 보내고 그 출력 전압을 판단하여 DAC를 통해 피드백 전압을 결정해 보내준다. OVP회로는 출력전압이 3V를 넘는 순간 출력전압은 12V 이상

상승한 것이므로 FB단에 5V출력전압을 인가한다.

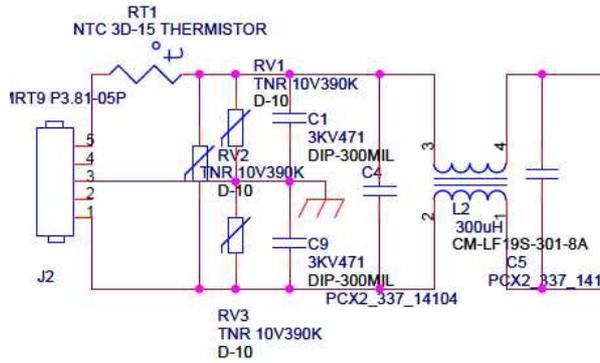


그림 26. 입력 노이즈 필터 회로

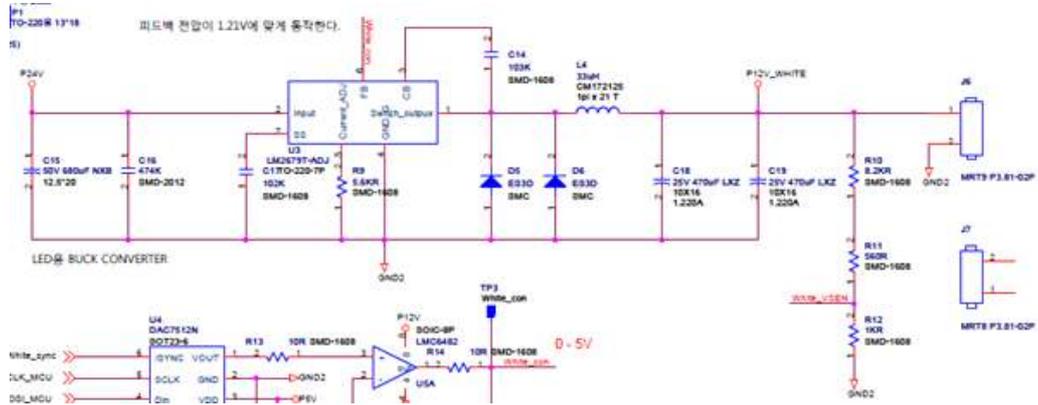


그림 27. Buck 컨버터 회로

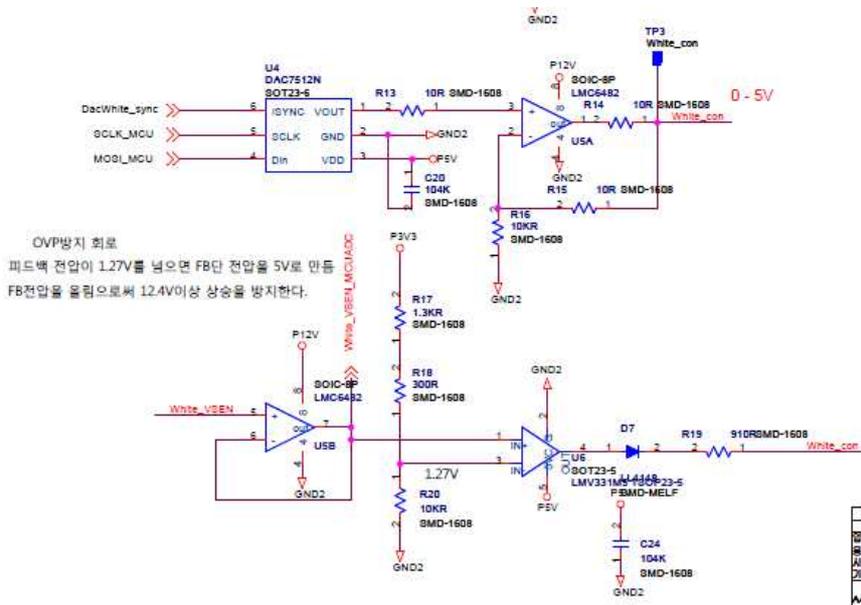


그림 28. 제어부 회로

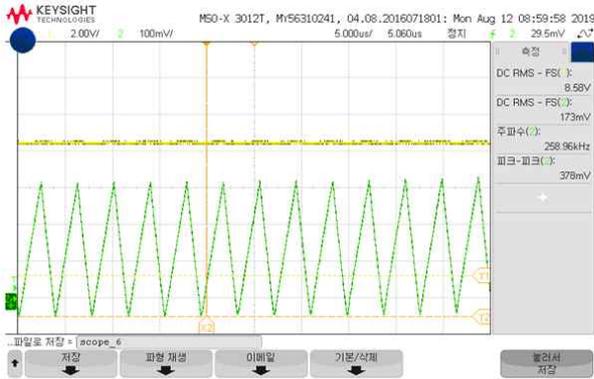


그림 29. 출력전압(노란색) 출력전류 파형

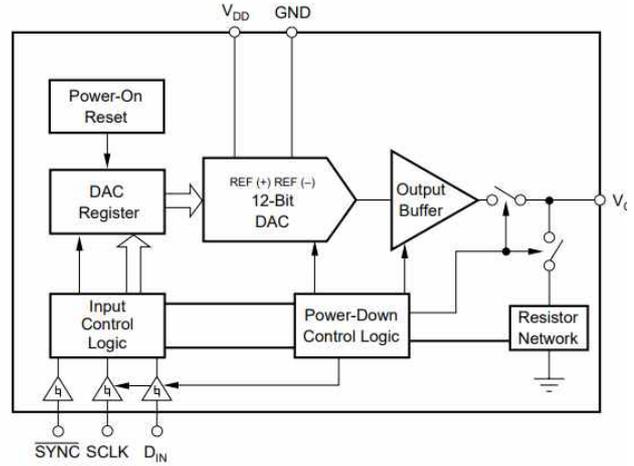


그림 30. DAC7512N 내부 제어 흐름도

제어의 개념은 초기에 FB단에는 임의로 0.3V를 MCU에서 출력한다. FB 전압이(1.2V) 보다 낮으므로 파워가 동작을 시작한다. 출력전압이 상승하여 0.3V가 되면 FB단 전압을 1.2로 만든다. 그러면 출력전압은 1V에서 유지된다. 이때부터 셋팅 한 전압에 맞게 전압을 내준다. 예를 들어 5V출력에 셋팅을 하면 피드백 되는 전압이 1.53V가 되면 F/B단 전압을 1.21V로 만들어 출력전압을 제어한다. 제어의 빈도는 최대한 빠르게 이뤄져야 출력 리플을 줄일 수 있다. 명판에 LED 제어 상태를 표시하기 위해 77세그먼트를 이용하였다. LED 출력전압의 단계를 10단계로 제어하며 그 단계를 표시한다.



그림 31. 77세그먼트 회로도

Push 버튼은 WHITE, GREEN, BLUE, UV 등을 선택하는 버튼이 4개로 설정 제작하였고, LED 출력을 설정하는 버튼은 SET UP, UP, DOWN, ENTER 등 4개의 설정 버튼을 설계하고 제작하였다.

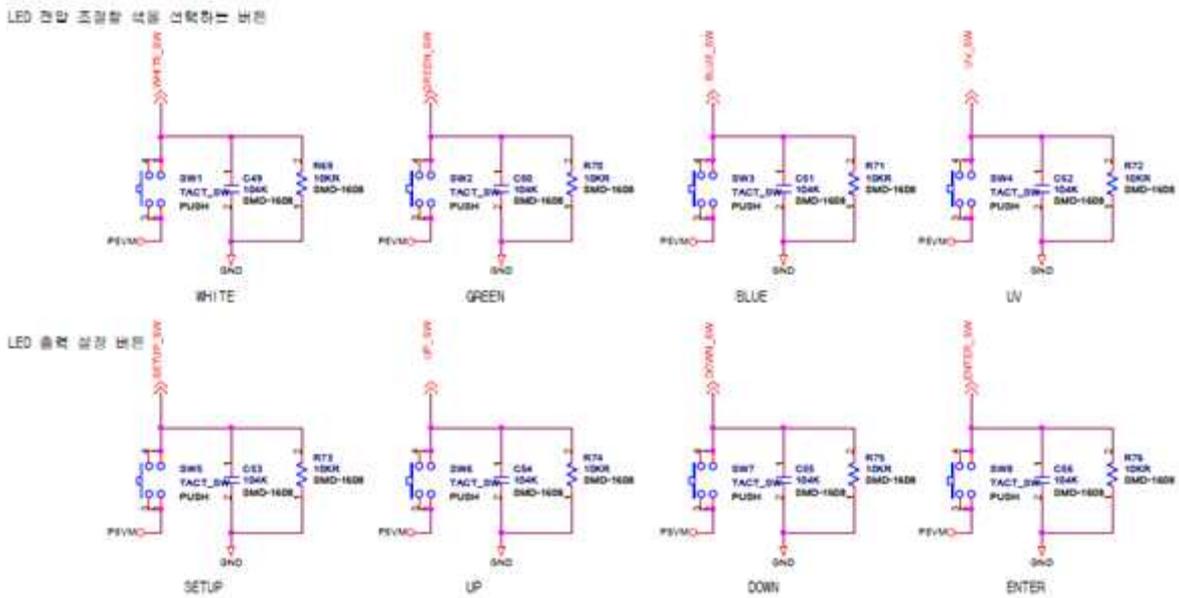


그림 32. Push 버튼 회로

우적센서는 우적 감지 동작을 위한 24V를 우적센서에 공급하고 빗물이 감지되면 우적센서의 릴레이가 붙어서 Rain_Sen을 High로 만들어 MCU에 신호를 전달한다.

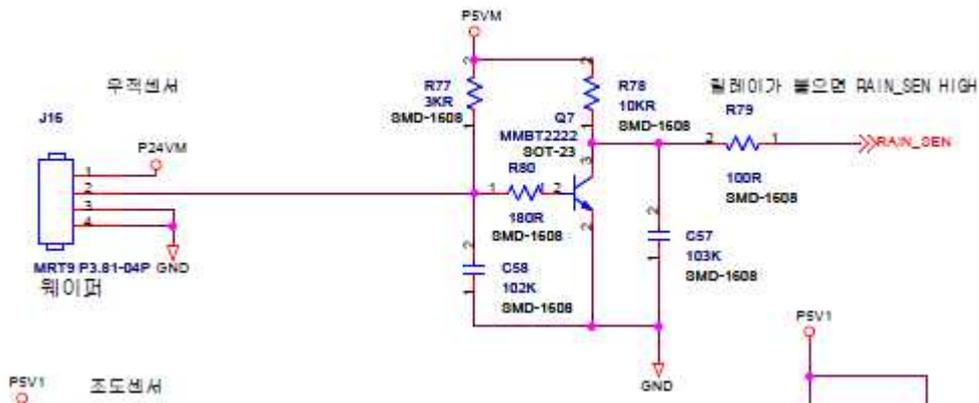


그림 33. 우적센서 회로

조도센서는 2개를 사용하여 둘 중 하나만 동작하면 동작하도록 한다. 좌측회로는 조도센서에 I2C 기능이 있고, 우측 회로는 CDS CELL을 이용한 회로이다. VR1 볼륨 저항은 원하는 조도에 맞출 때 세팅 하는 용도이다. 제품 적용 시 환경 상태를 감안하여 조도의 감도를 조절한다.

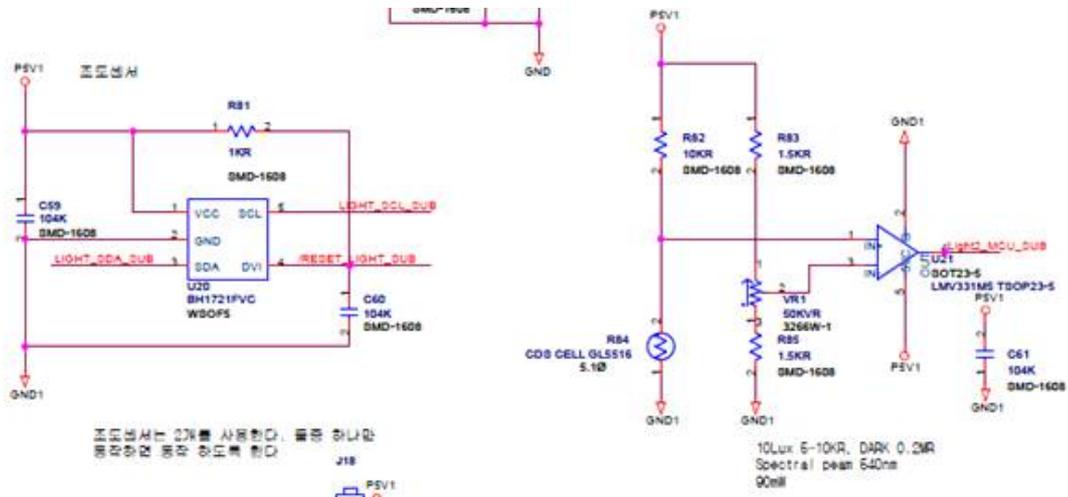


그림 34. 조도센서 회로

MCU는 M452-RG6AE 뉴보턴 제품을 사용하였다. MCU에 F/W를 넣고자 할 때 쉽게 이용하기 위해 USB 단자를 사용하였다.

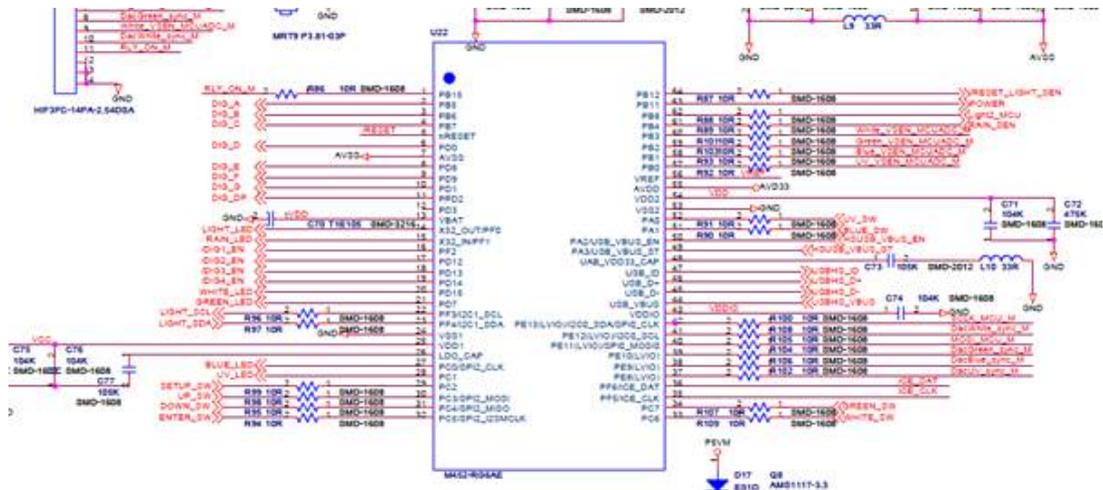


그림 35. MCU 회로

U23은 USB 단자에 전원이 없을 때 본체 쪽에 전원을 주기 위해 설치하는 것으로 본체 전원과 USB 전원과의 충돌을 막아 준다.

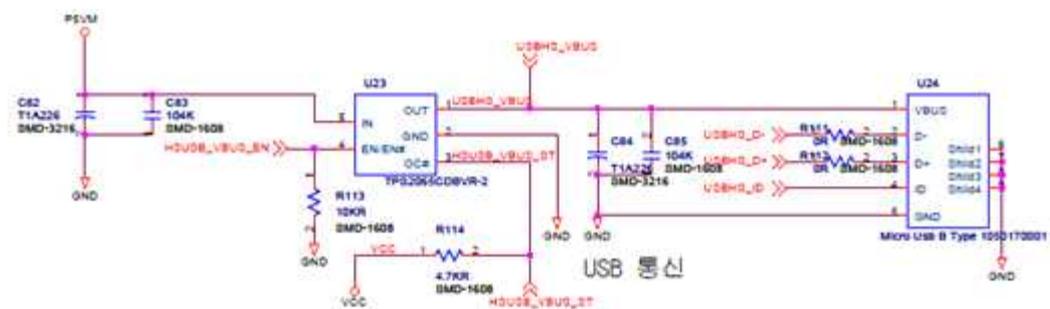


그림 36. USB 통신 회로

전원제어 릴레이는 우적 감지시 감전 사고 예방을 위해 살충용 고압 발생기 부분의 전원을 차단한다.

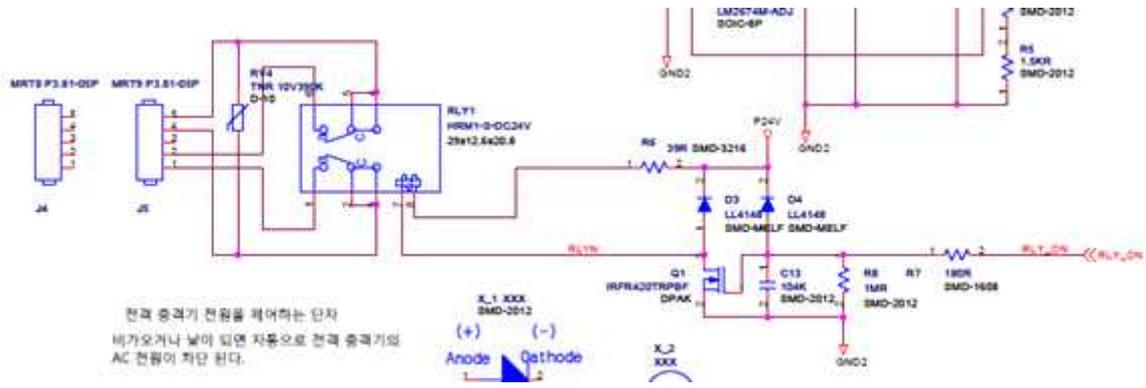


그림 37. 릴레이 동작 회로

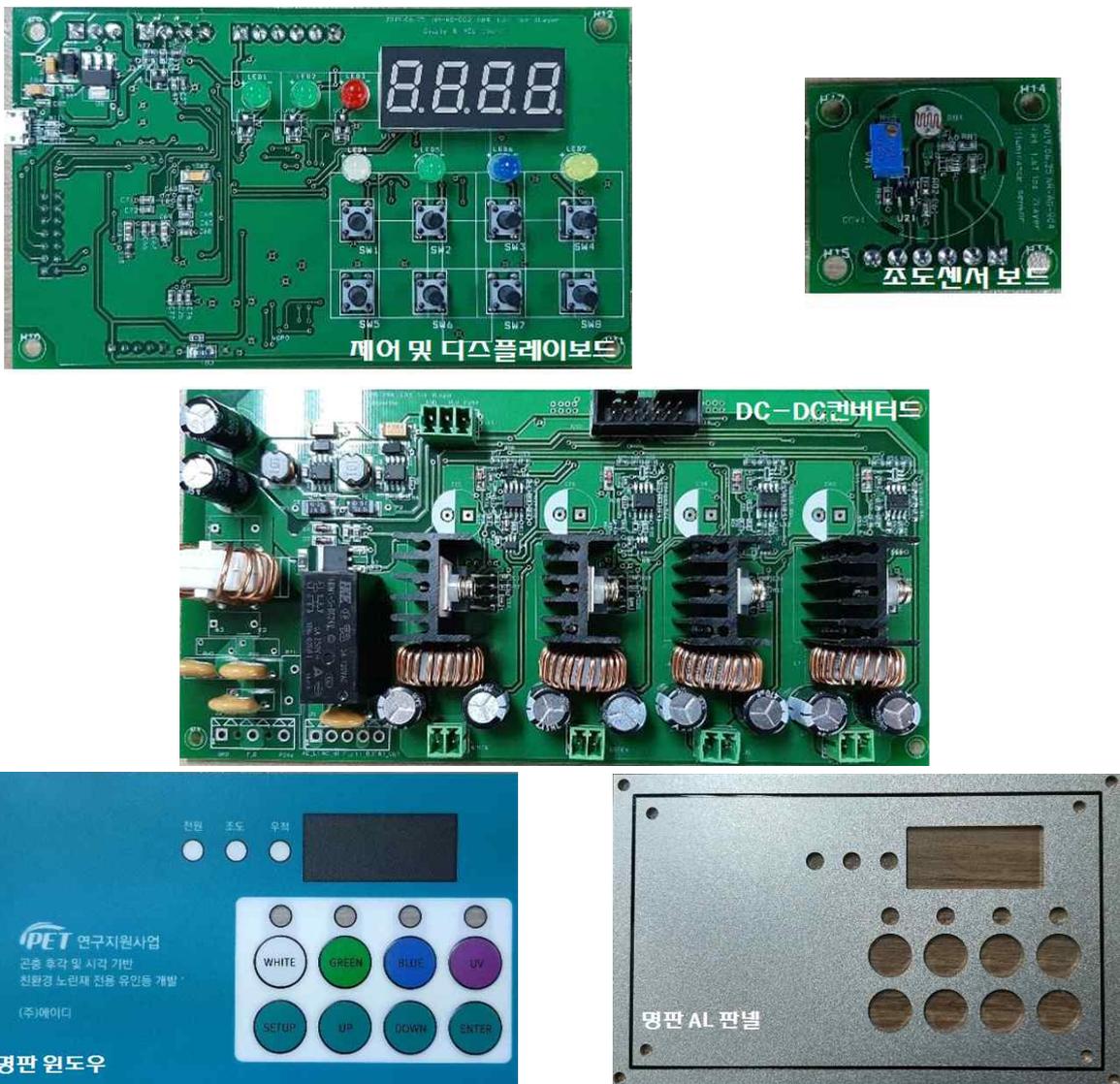


그림 38. 개발 제작된 각종 보드 및 디스플레이 장치
(제어 및 디스플레이보드, 조도센서 보드, DC-DC 컨버터보드, 명판 윈도우, 명판 AL 판넬)

나. 노린재 전용 유인등 외형 및 전기충격부 제작

노린재 전용 유인등 트랩의 외형은 2018 유인·포획 부분과 LED 제어 시스템 부분으로 나누었던 것을 일체형으로 재설계하였다. 작동 방법과 설정의 직관성과 사용상 편리를 고려하였을 때 일체형이 분리형 보다 더 유용할 것으로 판단하였다.

새로운 디자인을 스케치한 후 가공 전 3D 이미지 제작하여 PCB 하우스 크기, 보드 장착 방법 및 위치, LED 고정부 크기 및 위치, 전기충격부 부착 크기 및 위치, 우적 센서 지지봉 등 외형적으로 결합되는 부분을 검토하고 수정하여 최종 디자인을 고안했다. 디자인 확정 후 알루미늄 가공을 통해 제작하였다.

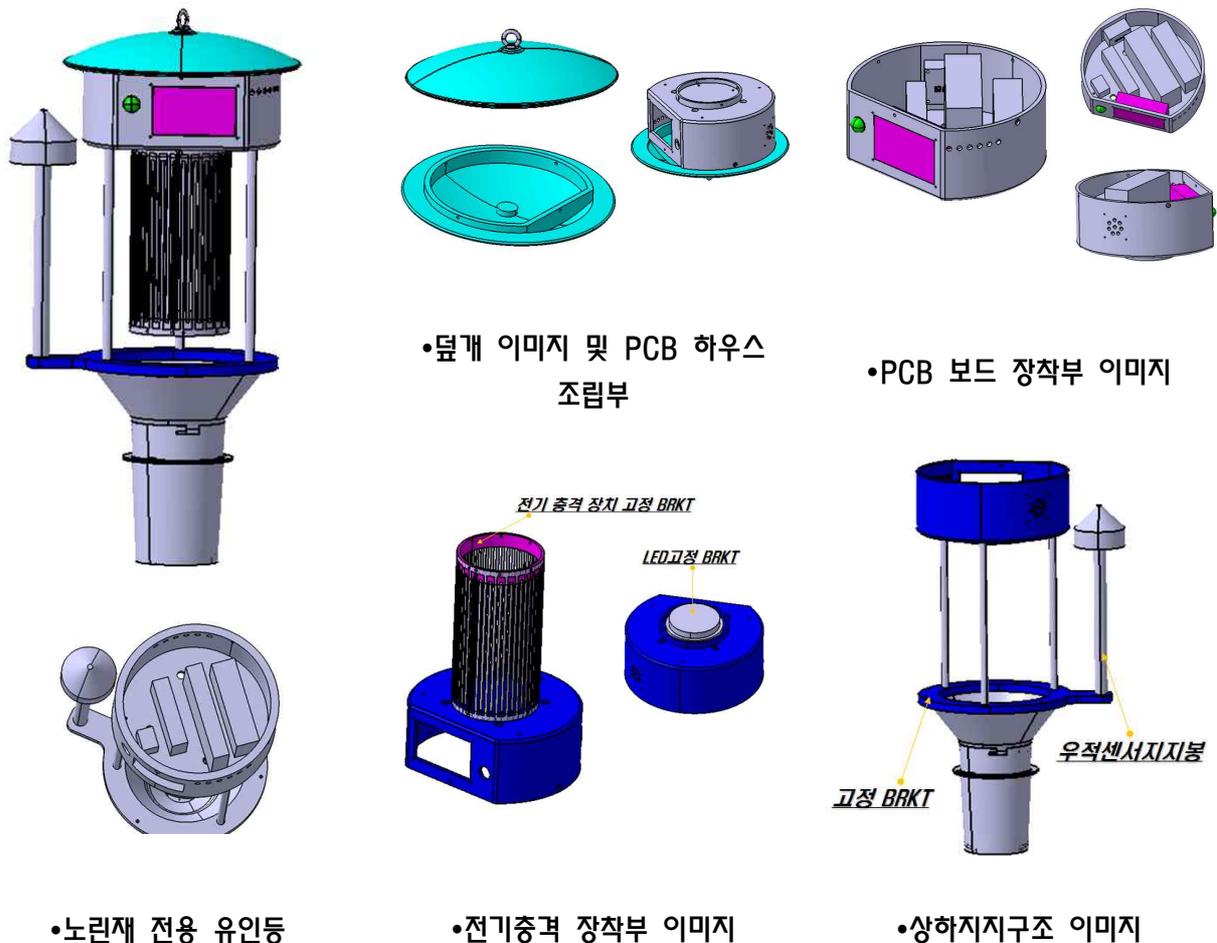


그림 39. 노린재 전용 유인등 디자인

주요 부분의 결합만큼이나 중요한 부분은 포집 방식이 전기충격을 일으키는 고압방출로 절연 처리가 완벽하게 되어야 한다는 것이다. 그래서 표면처리 방법으로 아노다이징 처리 방법을 사용하여 내마모성과 내식성, 전기적 절연성 등의 기능적 특성을 극대화 하였다.

덮개부, PCB 보드 장착부, 상하지지부, 포획부로 구분된 노린재 전용 유인등 외형을 파트 순서에 맞게 조립을 하였다. PCB 보드 장착부와 상하지지부를 우선 연결하였다. 이어서 전기충격부를 결합하였다. 다음은 LED 램프를 고정 브라켓에 돌려가며 12개를 부착시켰다. LED 램프

가 부착된 고정 브라켓을 전기충격부 내에 부착하고 고정시켰다. PCB 보드 장착부에 각종 보드를 순서에 맞게 장착하고 각종 전선을 이어주었다. 덮개를 덮고 고정나사로 단단히 조여 마무리 하였다.



•덮개, PCB 장착부



•상하지지대로 상하연결



•전기충격부



•전기충격부 부착



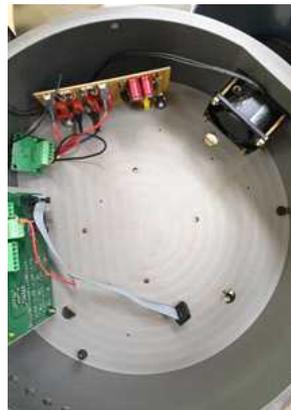
•브라켓에 LED 램프 부착



•브라켓에 12개 LED 램프 부착



•브라켓을 전기충격부 내부에 부착



•PCB 장착부에 보드 장착



•각종 연결선 연결 및 확인

그림 40. 노린재 전용 유인등 조립

3. 시제품 현장 평가

가. 2018년 시제품 현장 평가

2018년 제작한 시제품을 경북 영천 화남면 안천리 사과 과원에서 유인·포획 실험을 진행하였다. 본 실험의 목적은 후각+시각(2-way) 유인 기작을 가진 노린재 전용 유인등을 상용품(후각(1-way))과 유인력을 비교함으로써 성능을 확인하고 개선 및 보완점을 찾는 것에 큰 의미가 있다. 또한, 각 파장별 노린재 유인력을 확인하고 노린재 이외의 유인된 곤충을 확인함으로써 노린재 전용 유인등의 성능 향상에 기초자료 수집의 부가적 의미가 있다. 노린재 유인등에서는 광발생, 전기충격부, 제어 보드 등의 작동 상태, 내구력, 문제점, 보완점 등을 확인하였다. 실험지인 화남면 안천리 사과 과원 평지에 위치하고 있으며 주변 환경은 아까시나무와 소나무림이 있는 산에 인접해 있으며, 주변 재배 작물은 자두와 사과가 연속된 과원으로 재배되고 있다. 방향은 남서향으로 햇볕은 잘 받는 곳이며, 산과 인접하고 사과 과원과 자두 과원이 연속해서 재배되고 있는 조건으로 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재가 늘 발생하는 곳이다.



그림 41. 실험지 위치 및 트랩 설치

5월 11일부터 7월 26일까지 시각+후각 기작에 대한 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재를 대상으로 유인·포획력을 조사 하였다. 대조구로는 상용품(트랩, 루어(쭈에이디, 안동))을 사용하였다. 조사는 주 1회 간격으로 진행하였다. 후각 기작인 집합페로몬은 설치 후 계속 유지하였고, 시각 기작인 광발생은 유인등 작동이 가능한 모든 날에 파장을 바꿔가며 진행하였다. 시제품에 사용한 LED 램프는 기성품을 사용하였다. 비록 기성품에서는 ‘노린재류의 빛에 대한 반응 연구’에 사용했던 정밀한 파장 365nm, 395nm, 430nm, 465nm, 535nm를 발산하는 동일한 LED 램프를 구할 수 없었지만 가장 근접한 파장의 LED 램프를 사용하였다. 시제품에는 390nm (365nm, 395nm), 440nm(430nm), 480nm(465nm,535nm), 570nm의 중심피크의 파장을 갖는 LED 램프를 사용하였다. 시제품의 광세기는 범위는100~500mW까지 이었으며, 부족한 광세기는 LED 15개를

이용함으로써 보충하였다. 파장별 작동 순서는 WHITE(W) → BLUE(B) → UV(UV) → GREEN(G) → 작동중지 → 4가지(ALL) 파장 모두 작동 순으로 5월 11일부터 6월 4일까지 진행하였고, 6월 10일부터 7월 26일까지는 4가지 파장을 모두 작동하는 방법으로만 유인·포획력을 조사 하였다. 대조구 집합페로몬도 설치 후 계속 유지 하였다. 실험 기간 동안 짙은 안개와 비가 오는 날이 많고 기온이 예년 기온 보다 낮은 날이 많아 전체적으로 실험지의 컨디션이 좋지 않았다. 실험지 컨디션이 나쁘다 보니 발생 개체 수도 예년 보다 상당히 떨어지는 상태였다. 유인등의 경우 짙은 안개와 비에 대해 절연 기능이 없어 작동 일이 불규칙하게 진행되었다. 또한, 1가지 파장을 순서대로 진행하던 방식을 비교적 빠르게 중지하고 4가지 파장 모두 작동 시키는 방법으로 바꾼 것은 낮은 개체수 발생으로 인한 파장별 유인 조사가 힘들 것으로 판단하여 시각+후각 vs. 후각 비교 실험만을 진행하였다.

조사일	파장	후각+시각		후각		조사일	파장	후각+시각		후각			
		씩덩	갈색	씩덩	갈색			씩덩	갈색	씩덩	갈색		
		나무	날개	나무	날개			나무	날개	나무	나무		
5	11	W	2	3	0	2	6	14	ALL	0	1	1	0
	13	B	0	0	1	1		15	ALL	2	0	0	0
	14	UV	2	1	1	5		17	ALL	2	3	2	3
	17	G	1	4	0	3		18	ALL	4	5	0	1
	21	없음	0	0	0	4		19	ALL	6	12	2	5
	22	ALL	2	2	7	4		20	ALL	8	13	5	6
	23	W	3	6	4	1		22	ALL	7	12	4	8
	25	B	2	2	4	0		24	ALL	7	9	6	7
	26	UV	7	2	1	3		30	ALL	11	8	3	4
	28	G	1	0	0	2		1	ALL	8	15	0	2
	29	없음	2	2	2	3		2	ALL	1	0	0	4
6	30	ALL	3	3	0	2	3	ALL	4	8	5	0	
	31	W	2	7	0	0	4	ALL	7	3	0	2	
	1	B	0	0	0	0	8	ALL	4	2	1	3	
	2	UV	3	1	0	0	9	ALL	1	1	5	4	
	3	G	0	0	0	3	10	ALL	0	0	3	6	
	4	없음	0	0	1	0	12	ALL	1	5	4	3	
	5	ALL	0	2	2	0	14	ALL	5	4	3	1	
	9	없음	0	0	1	2	17	ALL	2	3	2	2	
10	ALL	0	0	0	1	24	ALL	2	1	1	2		
11	ALL	1	3	0	1	26	ALL	0	0	0	0		
13	ALL	2	3	0	2								

그림 42. 노린재 전용 유인등(후각+시각) vs 상용유인트랩(후각) 비교실험(W=white, B=blue, G=green, UV=UV)

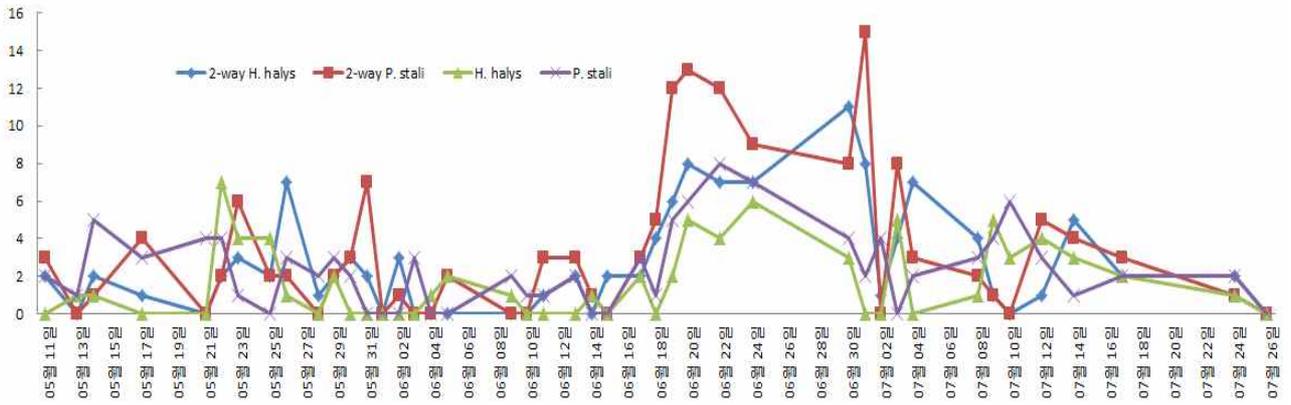


그림 43. 노린재 전용 유인등과 상용유인트랩에서의 포획량 변화

5월 11일부터 7월 26일까지의 실험결과 후각+시각(2-way) 기작에 유인된 썩덩나무노린재는 115마리, 갈색날개노린재는 146마리, 후각(1-way) 기작에 유인된 썩덩나무노린재는 71마리, 갈색날개노린재는 102마리가 포획되었다. 포획량을 비교하면 썩덩나무노린재의 경우 2-way 기작이 1-way 기작보다 38% 이상 더 많이 포획되었고, 갈색날개노린재는 2-way 기작이 1-way 기작보다 30% 이상 더 많이 포획되었다. 발생 상승 하강 곡선이 2-way 기작과 개선된 집합페로몬 유인제가 유인력 상승을 가져온 것을 보인다. 구체적으로 썩덩나무노린재는 2-way 기작과 확실한 변화가 있는 유인제에 의해, 갈색날개노린재는 2-way 기작에 의해 유인력 상승을 보였다고 판단된다.

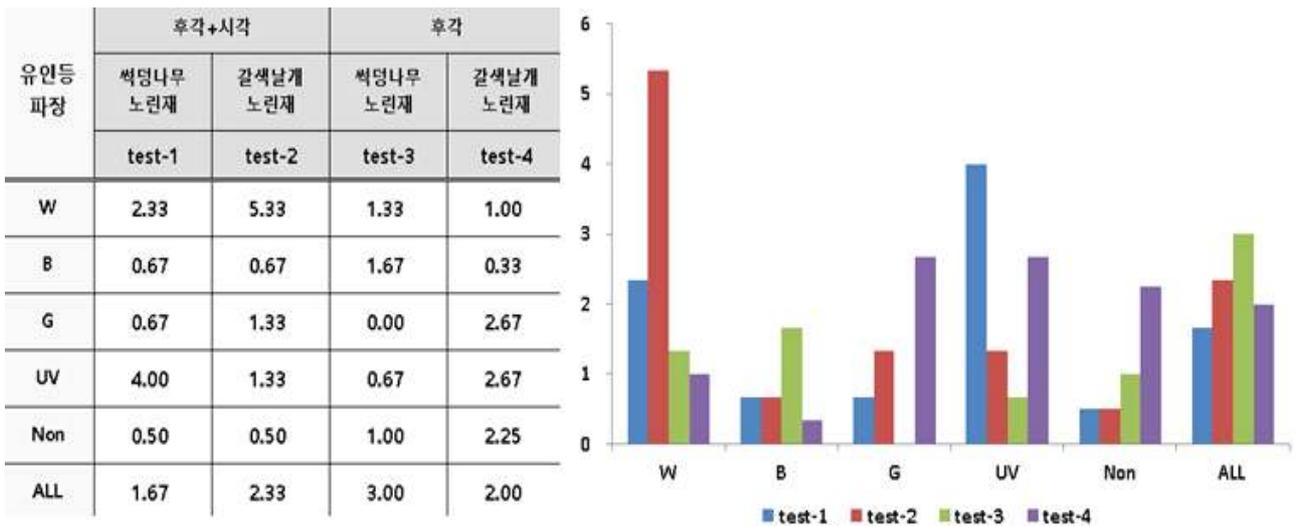


그림 44. 각 파장대별 평균 유인력에 대한 비교분석(W=white, B=blue, G=green, UV=UV)

5월부터 6월까지 총19회에 걸쳐 각 파장대별로 매회 포획량을 조사하였다. 유인등 파장별로 구분하였으며, 작용기작별로는 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재로 구분하였다. 갈색날개노린재의 경우는 W(white)에서 그리고 test-2(후각+시각)에서의 평균값이 가장 높았으며, 썩덩나무노린재는 UV에서 그리고 test-1(후각+시각)에서의 평균값이 가장 높았다.

유인등 파장	후각+시각		후각	
	썩덩나무 노린재	갈색날개 노린재	썩덩나무 노린재	갈색날개 노린재
	test-1	test-2	test-3	test-4
ALL	3.54	4.63	1.96	2.79

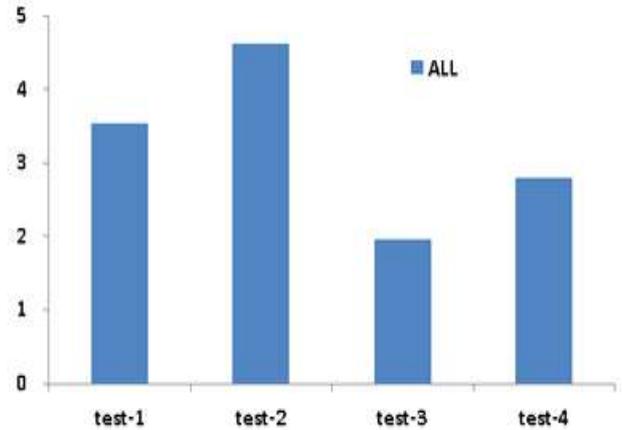


그림 45. 파장대를 동시에 이용한 경우의 평균 유인력 분석(All=white+blue+green+UV)

실험에서 All 경우에는 4종의 파장인 white+blue+green+UV를 동시에 방출하는 형태이며, 6월부터 7월까지 총24회에 걸쳐 포획량을 조사하였다. 썩덩나무노린재는 test-1에서 평균 유인(포획)량이 가장 높았으며, 갈색나무노린재는 test-2에서 평균 유인량이 가장 높았다. 그리고 썩덩나무노린재의 경우 5월~6월달의 경우 All보다 UV 단독파장, 갈색날개노린재는 white 단독파장일 때의 유인률이 다소 높게 조사되었으며, 6월~7월달 All에서의 평균 유인량은 5~6월달보다 높게 조사되었다. 그리고 갈색날개노린재는 유인제에 큰 변화가 없었으며, Blue와 Green은 특징이 없었다.

실험을 진행하면서 여러 가지 문제점을 확인하였다. 상품화로 진행하기 위해서는 반드시 보완 해결해야 하는 문제점이다. 첫 번째는 환경 내구성을 키우는 것이다. 상품화 시 연중 야외 농업환경에서 사용해야 하는 제품임으로 자외선, 비, 농약, 강풍 등에 의한 부식, 파손 등이 없어야 한다. 두 번째는 짙은 연무와 우천에 대한 대비가 필요하다. 전기를 사용하고 전기충격부에는 전기가 흐르고 있는 만큼 안개와 비 등에 의한 기기 파손을 막아야 한다. 세 번째는 유인등 빛에 유인되는 곤충에 대한 대비가 필요하다. 특히, 전기충격부에 달라붙는 나방류는 반드시 대책이 필요하다. 전기충격부에 곤충이 붙어 있으면 성능 하락은 물론 기기 파손의 원인이 되기 때문이다. 네 번째는 전기살충기의 사고예방에 대한 대책이다. 고압의 전기 제품으로 사람의 손이 닿지 않도록 해야 하고 강풍이나 다른 물리적 힘에 넘어지지 않아야 한다. 2019년 시제품은 문제점과 보완점을 해결하면서 제작하였다.



그림 46. 전기충격부에 붙어 있는 나방류

나. 2019년 시제품 현장 평가

2018년 시제품 현장 평가에서 나온 문제점과 보완점을 수용하고 사용상 편리성과 유인·포획 성능을 향상하게 시킬 수 있는 기능과 디자인을 갖춘 2019년 시제품을 제작하였다.

시제품의 본체는 알루미늄 가공을 통해 제작하였다. 가공 후 아노다이징 처리 방법을 사용하여 내마모성과 내식성, 전기적 절연성 등의 기능적 특성을 극대화하여 환경 내구성을 키웠다. 질은 연무나 우천에 대해서는 우적센서를 적용하면서 해결하였다. 우적센서 감지부에 물기가 맺히면 노린재 전용 유인등의 모든 기능이 정지하여 기기보호와 예측할 수 없는 사고에 대비하였다. 노린재를 제외한 곤충의 유인으로 인해 전기충격부에 심각한 오염을 일으키는 문제는 전기충격부 창살의 방향을 가로에서 세로로 바꾸고, 창살의 넓이를 넓혔으며 창살과 창살 사이 간격을 좁혀줌으로써 해결하였다.



그림 47. 2019년 시제품 현장 설치

강풍이나 물리적 충격에 유인등이 쓰러지는 문제는 세움 방식을 변경함으로써 해결하였다. 2018년 시제품은 다리를 이용한 세움 방식이었지만 2019년 시제품은 튼튼한 고정축을 두고 매다는 걸이식을 선택하였다. 걸이식을 선택한 것에는 또 다른 이유가 있다. 한국전기안전공사의 원예용 전기설비 점검 지침(SPS-KESG-V-P-6-0838)에 따르면 안전사고에 예방하기 위해 원예용 전격 살충기는 설치 조건을 지표면에서 3.5m 이상의 높이가 되도록 시설할 것을 말하고 있다. 다만 2차측 개방 전압이 7kV 이하인 절연변압기를 사용하고 보호격자가 있으며, 보호격자 내에 사람의 손이 접촉하였을 때는 절연변압기의 1차측 전로를 자동적으로 차단하는 보호장치가 있다면 지표상에서 1.8m 높이까지 감할 수 있다고 기준을 정하고 있다. 전기충격을 주는 전격 살충기의 위험함과 예측할 수 없는 사고에 대한 예방 차원의 조치로 보인다. 2019년 시제품은 실험 관계로 기준처럼 높게 달지 못하지만(대신 실험 관계자가 접근하지 못하는 곳을 실험장소로 선택하였음) 안전을 생각하여 감안조치 사항들을 충족하려 한다. 한 가지 우리의 시제품이 안전을 위한 부분이 있는데, 2차 개방 전압이 1.4kV로 중저압용 전압을 사용하고 있다

는 것이다. 그래서 아주 작거나 얇은 미소 곤충이 아닌 이상 전기 충격에 즉사하지 않고, 화상을 입거나 기형이 될 뿐이다. 이는 사람에 대한 안전을 생각하면서 곤충을 충분히 포획할 수 있는 전압을 생각하고 결정한 것이다. 화상이나 기형이 되어 포획된 노린재나 나방은 하루 이상을 버티지 못하고 자연사하게 된다. 유인·포집하기에는 충분한 전압량이라 생각된다. LED 램프는 시작품 제작 시 사용했던 제품을 사용했다. 다만 성능향상을 위해서 파장의 거리와 범위가 더 넓은 LED 램프를 사용하였다. 또한, 고휘도 LED를 사용하여 빛의 선명함을 더욱 높였다. 구성방식은 LED 램프를 원형으로 연결하여 사각지대 없이 동일한 세기의 광을 발산하도록 하였다. 조도센서를 사용하여 효율적인 광 관리를 시도했고, 버튼식 디스플레이로 사용을 쉽게 하였다.

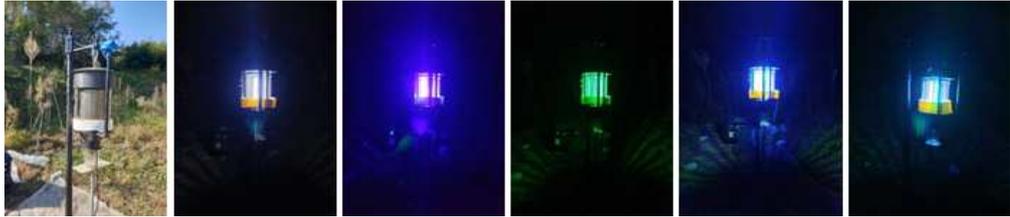
경북 안동시 북후면 신전리에서 2019년 시제품 현장 평가를 진행하였다. 시제품 부품 제작 및 조립, 기능 작동 점검 후 시험지에 2019년 10월 18일 설치하였다. 시험지는 동남 방향으로 산 중턱에 위치하고 있는 공터였다. 주변 환경은 산과 사과 과원이 둘러싸고 있고 산에는 활엽수로 추정되는 각종 잡목과 아까시나무, 소나무로 구성되어 있다.

현장 평가는 기기의 기능적인 면을 중점적으로 확인하고 문제점과 보완점을 찾는 것에 집중하였다.



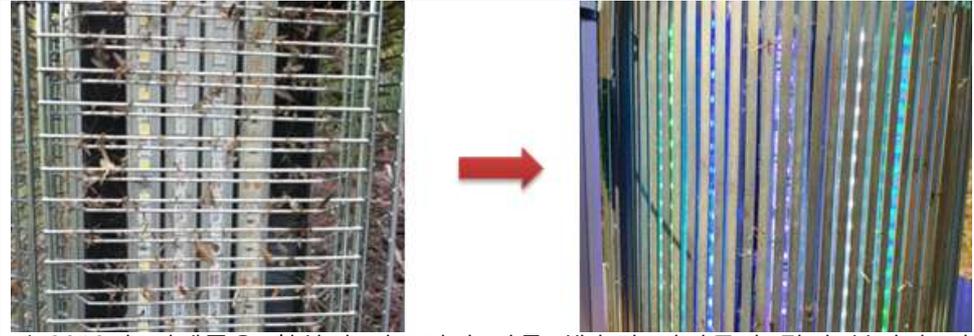
그림 48. 노린재 전용 유인등 외형 및 명칭

다. 2019년 시제품 현장 평가 항목 및 평가결과

평가 항목	평가 결과 및 개선 사항
<p>시각 기작 작동 여부</p>	 <p>✓ White, UV, Green, Blue 등 4가지 파장에 대한 광발생이 정상적으로 작동하였다. 개별 파장 및 복수 파장, 전체 파장 발산 등 모두 문제가 없었다.</p>
<p>후각+시각(2-way) 유인 여부</p>	 <p>✓ 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재, 나방류(소형, 중형, 대형)도 포획되었다. 소형 나방류를 제외한 포획된 노린재와 곤충은 즉사 또는 기절상태로 포획통에 포집된다. 노린재를 비롯한 기절한 곤충들은 기절이 풀려 이동하지만 모두 몸통이나 다리 부분에 고압전력에 의한 상처가 있고 움직임에 상당한 제약을 받으며 이동한다. 기형 상태에서 하루 이상 생존해 있지 못했다.</p>
<p>전기충격부 작동 여부</p>	 <p>✓ 노린재 전용 유인등에 포획된 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재는 전기충격부의 고압전력에 의해 다리부위가 통째로 떨어져 나가거나, 마디가 떨어져 나가 다리부위가 기형상태이다. 또는 몸통과 다리 연결마디 부위가 타있다.</p>

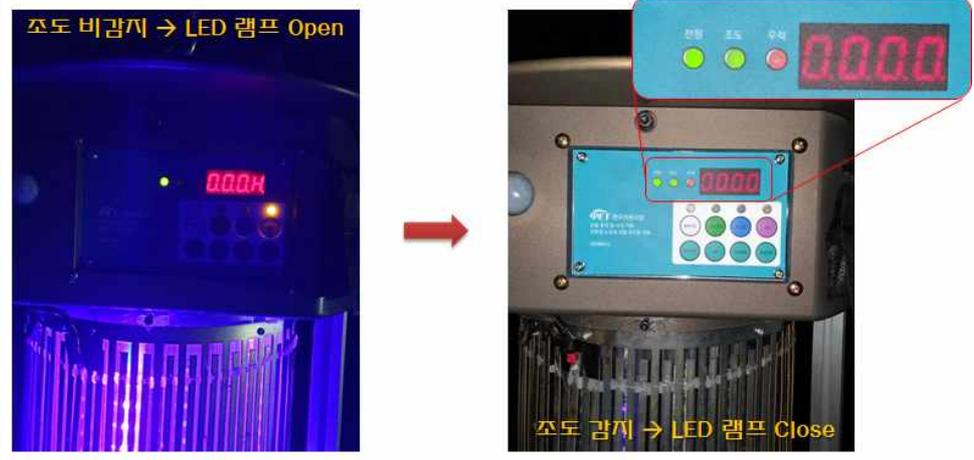
평가 항목	평가 결과 및 개선 사항
-------	---------------

전기충격부 오염문제



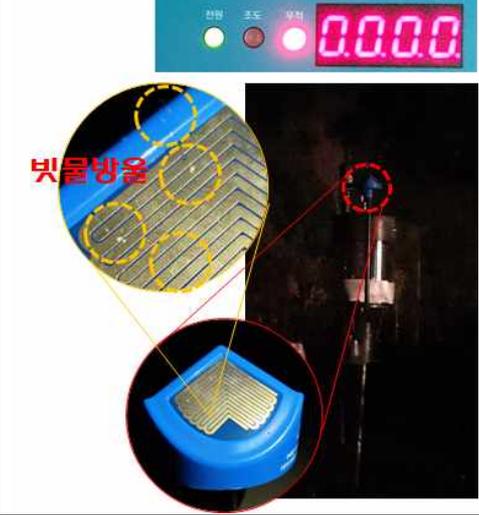
✓ 2018년 시제품은 창살이 가로여서 다른 해충과 나방류가 많이 붙거나 걸려있었다. 또한, 창살의 굵기가 얇아 더욱 잘 걸렸고, 창살과 창살 사이 간격이 멀어 전기 단락(short)을 일으킬 수 없어 계속 쌓이는 형국이 발생했다. 2019년 시제품은 창살을 세로로 만들어 걸림을 최소화 하였고, 창살의 굵기를 굵게 해서 해충과 접촉면을 증가시켰다. 창살과 창살 간격을 좁혀 전기 단락에 유리한 형태가 되어 해충과 나방류가 붙거나 걸리지 않아 오염문제를 해결하였다.

조도센서 작동여부



✓ 조도센서는 조도 감지를 하면 디스플레이의 조도램프에 불이 들어오고, LED 램프 전원을 닫아 LED 램프의 광발생 작동을 정지 시킨다. 다시, 조도센서는 조도 감지를 못하게 되면 LED 램프가 광발산하는 정상 작동을 한다. 확인 결과 조도센서가 정상적으로 작동했다.

우적센서 작동여부



✓질은 안개나 우천 시 우적 센서 감지부에 물기가 맺혀 흐를 경우 센서가 작동하여 노린재 전용 유인등의 모든 기능을 정지시킨다. 우적 센서의 감지부에 물기가 없으면 정지되었던 기능들이 회복한다. 우적센서가 발동하면 디스플레이의 우적 램프에 불이 켜진다.

제 4 절 노린재 전용 유인등 디스플레이 설명

가. 각 부의 명칭



1번	상태 LED	
2번	7-segment 화면	
3번	ON/OFF 표시 LED	
4번	LED ON/OFF 스위치	
5번	설정 스위치	

그림 49. 노린재 전용 유인등 디스플레이 명칭

나. 각 부의 기능

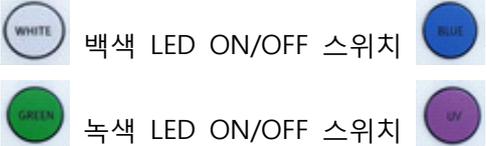
	명칭	기능
1번	상태 LED	 <p>전원이 인가되면 점등한 조도센서가 빛을 감지하였을 경우 점등</p> <p>조도 LED가 점등되었을 경우 백색, 녹색, 청색, UV LED가 소등</p> <p>우적 센서가 비를 감지하였을 경우 점등</p>
2번	7-segment 화면	 초기화면으로 각 LED 불빛의 강도를 나타냄 왼쪽에서부터 (우적 LED가 있는 방향) 백색, 녹색, 청색, UV LED의 단계를 나타냄. LED 불빛의 강도는 총 2단계로 OFF, LOW, HIGHT로 나뉨  SETUP 화면으로 설정할 LED(점등된 LED)가 점멸함 왼쪽에서부터 (우적 LED가 있는 방향) 백색, 녹색, 청색, UV LED의 단계를 나타냄. L4는 빛의 강도 4단계를 뜻하며 L1~L4까지 있음
3번	ON/OFF 표시 LED	 <p>WHITE GREEN BLUE UV LED ON/OFF 스위치를 이용하여 LED를 점등시킬 경우 점등되고 소등시킬 경우 소등됨</p>
4번	LED ON/OFF 스위치	 <p>백색 LED ON/OFF 스위치 청색 LED ON/OFF 스위치</p> <p>녹색 LED ON/OFF 스위치 UV LED ON/OFF 스위치</p>
5번	설정 스위치	 <p>화면 전환 스위치</p> <p>LED 및 LED 빛의 강도 변경 스위치</p> <p>LED 선택 및 설정 저장 스위치</p>

그림 50. 노린재 전용 유인등 디스플레이 각 부의 기능

다. LED 강도 설정

 <p>LED 전체 소등 LED 전체 점등</p>	<p>현재 각 LED 빛의 강도 표시</p>
	<p>SETUP 키를 누름</p>
	<p>켜져 있는 LED의 강도 표시 문자 점멸 (백색, 청색이 켜져 있을 경우 L 문자 점멸)</p>

라. LED 빛의 강도 조절

 <p>LED 전체 선택</p>	<p>선택된 LED의 빛의 강도가 다르면 UP, DOWN 버튼을 누를 시 우선적으로 LED의 빛의 강도를 통일시킴</p>
	<p>ENTER 키를 누름</p>
	<p>점멸 안함 현재 각 LED 빛의 강도 표시</p>

제 5 절 연구개발의 성과

1. 기술적 성과

가. 노린재 유인 및 기피 반응 광파장 및 광세기 구명

- 곤충의 시각 자극에 의한 유인 반응을 유도하여 포획하는 유아등은 이미 시장에 많이 나와 있으나, 유인 반응을 유도하는 광파장에 대한 구체적 구명 연구는 없었음
- 곤충의 시각 감각기관인 홑눈과 겹눈이 광(특히, 근자외선 영역(380~430nm))에 대해 민감하게 반응 하는 실증 현상만으로 제품이 제작되었음
- 본 연구에서는 광파장을 세분화(365nm, 395nm, 430nm, 465nm, 535nm)하여 썩덩나무노린재와 갈색날개노린재 등 두 노린재에 대해 유인 및 기피 반응을 구명하였으며, 근자외선 영역뿐만 아니라 가시광선 영역의 파장에서도 유인 및 기피 반응을 보이는 결과를 얻었음
- 특히, 유인 및 기피 반응에는 광파장과 더불어 광세기(mW)가 매우 중요한 요소로 작용하며, 광세기에 따라 유인 반응을 일으키는 광파장이 기피 반응도 보인다는 연구 결과를 얻었음
- 따라서, 높은 유인 반응을 유도하는 광파장과 광세기를 이용하는 기술을 확보함

나. 집합페로몬 유인제 소재 선별 및 구성 기술의 개발

- 집합페로몬을 이용해 갈색날개노린재(EEZ)와 썩덩나무노린재(epoxy)를 유인·포획하기 위해서는 두 종의 집합페로몬을 병용하였을 때 가장 높은 효과를 보임
- 집합페로몬은 끓는 점(boiling point)과 분자량(molecular weight) 등 화학적 특성에 따라 기화 성질이 달라 소재 선택과 구성이 필요하며, 이를 위한 선별 기술을 개발함
- 두 종의 집합페로몬을 병용하여 사용하기 위해서는 방출기의 성능이 두 집합페로몬의 특성을 모두 수렴해야 하며 이를 해결하는 재질, 형태, 구성 등의 기술을 확보함

다. 노린재 전용 유인등 개발

- 후각 및 시각 기작을 이용한 실용 가능한 신개념 2-way 유인 기작 유인등 개발
- 집합페로몬을 이용한 후각 기작 유인포획 방식의 문제점은 스펠오버 효과(spillover effect)가 나타난다는 것이며, 이를 해결하기 위해서는 강력한 유인원 유도 작용과 트랩 접근 시 살충하는 방법이 필요함
- 강력한 유인원 유도 작용(유인 반응을 유도하는 광파장과 광세기, 개선된 집합페로몬 유인제)과 전기충격 방식 포획 방법을 사용하여 후각 단일 기작의 문제점을 해결하고 예찰 및 대량 포획 효과를 높인 노린재 전용 유인등을 개발함

• 특허출원

출원번호: 10-2019-0173691

출원인: 주식회사 에이디

출원명: 투-웨이 유인기작 유인등 트랩

지원부처: 농림축산식품부 농림식품기술기획평가원

출원번호통지서

출원일자 2019.12.24
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2019-0173691 (접수번호 1-1-2019-1333652-52)
 출원인명칭 주식회사 에이디(1-2017-030142-9)
 대리인성명 유병선(9-1999-000235-9)
 발명자성명 권기봉 백경규 김영운 이신동 정성채 김영일
 발명의명칭 투-웨이 유인기작 유인등 트랩

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 1108064-2
 【부처명】 농림축산식품부 농림식품기술기획평가원
 【연구관리 전문기관】 농림식품기술기획평가원
 【연구사업명】 첨단생산기술개발사업
 【연구과제명】 곤충 후각 및 시각 기반 친환경 노린재 전용 유인등 개발
 【기여율】 1/1
 【주관기관】 (주)에이디
 【연구기간】 2018.04.26 ~ 2019.12.31
 【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

특 허 청 장

2. 경제적 성과

가. 노린재류 피해 및 개체 확산 방지에 대한 새로운 개념의 트랩 국내외 시장 개척

- 국내외적으로 매우 심각한 피해를 주는 노린재 방제 관리 기술과 제품군 선점을 통한 국내 및 유럽, 북미, 일본 등 농산업 선진국에 기술이전 및 자체 수출

나. 노린재류의 효율적 관리로 인한 수확량 증진으로 농가의 수익 향상에 기여

- 효과적인 유인과 효율 높은 포획을 통한 노린재 살충제 및 관리 비용 경감을 통한 농가 생산비 절감
- 농작물 품질 향상 및 경쟁력 확보를 통한 재배농가 소득 창출

다. 현장 적용 가능한 2-way 노린재 유인기작 전용 유인등 기반 농업 분야의 고효율 저인력 장비의 시장 및 기술 확대

- 후각 및 시각을 동시에 사용하는 기작의 유인 및 기피 반응은 노린재류에서만 국한된 것이 아니라 나방류, 딱정벌레류 등 다양한 해충에서 응용 및 적용이 가능함
- 따라서, 향후 기술연구를 통해 다양한 해충에 대한 기술 개발과 시장성 확대가 기대됨

제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제 1 절 성과 목표 달성도

본 연구에서 후각과 시각을 동시에 이용하는 2-way 기작 노린재 전용 유인등 개발을 진행하였다. 결과로 시각 자극에 대한 노린재의 유인 반응과 기피 반응을 구명하였고, 집합페로몬 기화 특성을 고려한 소재와 조합을 개발하였다. 또한, 노린재 전용 유인등 시제품을 제작함으로써 애초 계획했던 연구개발 목표를 달성하였다.

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차년도 (2018.4~ 2018.12)	노린재의 빛에 대한 반응 및 행동습성 구명	100%	LED 광원 다중 파장기를 이용하여 5가지 파장(365nm, 395nm, 430nm, 465nm, 535nm)과 100~990mW의 광세기를 통해 노린재 유인 및 기피 반응 연구 수행
	집합페로몬 유인제 개선	100%	노린재류의 집합페로몬 기화성질을 고려한 다양한 소재를 조합하여 병용 방출기에 적합한 소재 및 조합 연구 수행
	노린재 전용 유인등 기초 설계	100%	후각 및 시각 기반 유인등의 야외 실험용 시작품 설계 및 제작 수행
2차년도 (2019.1~ 2019.12)	노린재 유인 파장 구명 및 실내·외 검정	100%	LED 광원 자중 파장기를 이용해 추가적 유인 및 기피 반응 광파장 및 광세기 연구 수행 노린재 전용 유인등 시작품을 이용해 야외에서 유인·포획 연구 수행
	방출기 선발 소재 야외 유인력 검정	100%	선발된 소재 및 조합을 통해 집합페로몬 유인제를 제작하여 야외 평가 연구를 수행
	노린재 전용 유인등 시제품 제작	100%	노린재 전용 유인등 시제품 설계 및 제작 수행 (유인파장(380nm, 430nm, 470nm, 570nm)가 peak인 파장 선정) 발산, 광세기 조절, 전기충격식 포집장치, 조도센서, 우적센서 등 구축)

제 2 절 성과지표에 따른 목표 달성도

1. 성과 지표

성과지표명	측정방법	목표	가중치
1. 노린재 포획 평가	기존 후각 트랩과 비교 평가 (포획량 및 주변 분포량 달관조사)	기존 대비 포획 집중도 30% 이상 상승	20%
	유아등과 비교 평가 (달관조사)	기존 대비 포획량 50% 이상 상승	
2. 노린재 선택성 평가	유아등과 비교 평가 (포획된 노린재류 속 분류 조사)	유아등 대비 노린재 비율 50% 이상	15%
3. 유인제 개선	기존 제품과 비교 평가 (달관조사)	기존 대비 포획량 30% 이상 상승	15%
4. 기능 내구성	농업환경에서 기능 작동 유무 월 2회 전문가 측정(제작 업체)	작동 이상 없음 (구체적 범위 설정)	20%
5. 유인등 내구성	외형 변화 및 파손 전문가 측정 (제작 업체)	외형 변화 및 파손 등 이상 없음(변색 제외)	15%
6. 유인등 조작 편리성	판매업체 및 농가 평가 (조작난이도 '상'~'중'~'하' 구분)	조작 난이도 '하' 인정	15%
계			100%

2. 성과 지표 달성도

가. 노린재 포획 평가-1

후각+시각(2-way)		후각(1-way)	
			
	썩덩나무노린재: 482마리 갈색날개노린재: 52마리 합: 534마리		썩덩나무노린재: 327마리 갈색날개노린재: 42마리 합: 369마리

- 2020년 4월 21~5월 30일까지 경북 안동시 북후면 신전리(664-1) 사과 과원 주변 노지
- 2-way 방식이 1-way 방식 보다 약 30% 더 많은 노린재류를 포획 하였음

→ 가중치 10% 달성 (성과지표 100% 달성)

나. 노린재 포획(유아등과 비교) 및 노린재 선택성 평가

후각+시각(2-way)	유아등
	

- 2020년 5월 18~19일까지(24시간) 안동시 북후면 신전리(664-1) 사과 과원 주변 노지
- 유아등과 유사한 블루라이트 이용

	<p>노린재: 87마리 나방: 279마리 합: 366마리</p>		<p>노린재: 18마리 나방: 321마리 합: 339</p>
---	---	--	---

- 유아등 대비 포획율은 약 7.4% 더 많은 포획율을 보였음
- 유아등 대비 노린재 선택성은 79% 더 높은 선택을 보였음
- 2-way 방식이 1-way 방식 보다 약 30% 더 많은 노린재류를 포획 하였음
- ➔ 유아등 대비 포획율 가중치 1.5% **달성 (성과지표 달성도 15% 달성)**
- ➔ 유아등 대비 선택성 가중치 15% **달성 (성과지표 달성도 100% 달성)**

다. 유인제 개선 평가

• 실험 위치 및 트랩 설치



- ✓ 개발 루어: 석덩나무노린재와 갈색날개노린재 루어를 각각 구성 후 일체형화
 - 석덩나무노린재 루어 구성: 통기성섬유(APF) + 흡착필터
 - 갈색날개노린재 루어 구성: 통기성섬유(APF) + PE0.1T + PE 보호관 + 흡착필터
- T1 (T3와 비교하여 유인력 개선 효과 검증)
- T2 (이동형으로 T1(고정형)과 비교하여 유인·포획에 대한 실험적 오차를 줄이는 목적)
- T3 (대조 루어: 상용 제품(썬에이디, 안동))
- 트랩 (상용 제품(썬에이디, 안동))

• 트랩별 포획 상황

트랩	석덩나무노린재	갈색날개노린재	총포획량
T-1	498	226	724
T-2	350	272	622
T-3	224	194	418

- T1(개발루어)이 T3(상용 제품)보다 약 42% 더 많은 노린재류를 유인·포획 하였음
- ➔ **가중치 15% 달성(성과지표 100% 달성)**

라. 기능 내구성 및 유인등 내구성 평가

설치 시점	설치 후 3개월
	

- 2019년 10월 18일 설치하였고, 설치 후 월 2회 기능 및 유인등(외형) 내구성을 평가함
- 2020년 1월 중순까지 3개월 동안 확인함. 모든 기능이 정상적으로 작동하였으며 외형의 변화나 파손이 없었음
- ➔ 기능 내구성 가중치 20% (성과지표 달성도 100% 달성)
- ➔ 유인등 내구성 가중치 15% (성과지표 달성도 100% 달성)

마. 유인등 조작 편리성 평가

• 노린재 전용 유인등 디스플레이



1번	상태 LED	
2번	7-segment 화면	
3번	ON/OFF 표시 LED	
4번	LED ON/OFF 스위치	
5번	설정 스위치	

• 노린재 전용 유인등 조작 방법

- 전원을 연결하면 7-segment 화면에 "0000" 네 개가 표시됨
- "0000"은 앞에서부터 화이트, 그린, 블루, 유브이 램프의 작동 상태 및 광도(빛의 세기)를 표시함
- 광도는 Low와 High 2단계로 설정할 수 있음(7-segment 화면: "L"-Low / "H"=High)
- 전원 연결 후 "0000" 표시가 확인되면 setup 누르고 파장별 LED on/off 스위치를 누르면 LED가 작동되고 enter를 누르면 설정 완료
- LED는 각각 독립적인 on/off 방식이 적용되어 1개 LED, 2개 LED, 3개 LED, 4개 LED 등 선택적으로 작동 설정이 가능함
- 광도를 높이거나 낮출 때에는 먼저, setup를 누르고 현재 원하는 파장의 광도가 "L"일 경우 up을 누르고 "H"일 경우 down을 눌러 선택 변경하고 enter를 누르면 설정 완료
- 조도 센서와 우적 센서는 자동 작동으로 설정하지 않음

- 실험 포장 주변 사과 과원 농가 4인(여성2, 남성2(1분은 70세가 넘었음))과 판매업체 직원 1인(남성 1)을 대상으로 작동 및 조작 편리성을 확인함
- 조작 편리성 평가는 전원 연결 후 단독 파장 켜기, 복수 파장 켜기, 전체 켜기, 광도 조절 등으로 확인하였음
- 1회 설명으로 3명이 무리 없이 조작하였고, 2명은 광도 조절에서 2회 추가 설명 후 무리 없이 조작하였음
- 별도 설명서 없이 3회의 구두 설명으로 고령자와 여성까지 모두 능숙하게 조작함
- 조작 난이도 '상' '중' '하'를 확인한 결과 모두 '하'를 선택함

➔ 유인등 조작 편리성 가중치 15% (성과지표 달성도 100% 달성)

제 3 절 관련 분야 기여도

1. 실용화 가능한 2-way 유인 기작 노린재 전용 유인등을 개발함으로써 노린재류 방제 및 기술적 분야에서 실질적 이바지함

빛과 신호화학물질을 동시에 이용하여 노린재를 방제하는 연구는 찾아보기 힘들며, 특허와 실용신안 부분에서 몇 건이 등록되어있다. 그러나 실용화된 사례는 없으며 개념적인 수준에 머물러 있을 뿐이다. 실용화를 위해서는 노린재의 생리·생태적 습성과 행동을 알아야 하며, 후각 기작인 집합페로몬에 대한 깊은 이해가 필요하다. 더욱이 방출기의 곤충페로몬 방출 제어 기술은 매우 높은 수준의 기술로 국내외적으로 구현해 내는 기관·업체가 많지 않다. 또한, 노린재에 대한 트랩 방제 시, 문제점을 파악하고 해결책을 모색할 수 있는 현장 경험이 동반되어야 한다. 2-way 유인 기작 노린재 전용 유인등은 이러한 필요조건을 충족하고 현상을 직시하면서 연구·개발한 것으로 관련 분야 중 작물보호 시장에서 방제 관리 기술에 실질적 기여가 기대된다.

후각, 시각 유인 기작 연구를 통해 기타 해충 방제 기술 분야에도 새로운 방제 개념과 응용 기술적 분야에서 실질적 기여가 가능하다.

2. PLS 시행에 따른 노린재 방제의 새로운 친환경 방제 수단으로서 기여

PLS 전면 시행에 따라 농약 사용의 제약으로 새로운 방제 수단이 필요한 실정이다. 농약사용의 대체재로서 작물보호 시장 분야에 이바지할 수 있다. 본 연구의 결과는 모두 친환경적 방법으로 기본적으로 환경에 해가 없어 재배 작물에 대한 안정성을 담보할 수 있다. 새로운 방법으로서 안전한 작물 재배, 친환경 작물보호 분야에 일조할 수 있다.

제 4 장 연구결과의 활용 계획

제 1 절 연구 개발 성과의 활용방안

1. 상업화 방향

가. 집합페로몬 유인제

- 2019년 집합페로몬 유인제 개발 단계에서 거래처 대상으로 효과 시범 사업 진행함
- 2020년은 연구 결과를 바탕으로 소량 제작하여 일부 지역 상품화 진행
- 연구결과물에 대한 제작 시스템은 기 보유한 당사 시스템에서 연동가능
- 2021년은 시장 평가 확인 후 생산량을 늘리고 기존 제품 대체
- 향후, 시장 환경에 따라 대량 생산 시스템 구축

나. 2-way 기반 노린재 전용 유인등

- 2020년은 시제품을 이용하여 최종형태 상품화로 가기 위한 단계별 추가 연구 진행
- 2021년도 단계별 추가 연구 진행 후 최종형태 도출 및 제작 관련 기반 모색
- 2022년도는 제작 관련 기반 구축 진행 및 상품화 점검 및 판매 기반 마련, 소규모 판매 진행
- 소규모 판매는 거래처(판매처) 영업망을 중심으로 평가를 겸한 판매(마케팅) 진행
- 2023년 본격적인 제품 생산 및 판매 진행

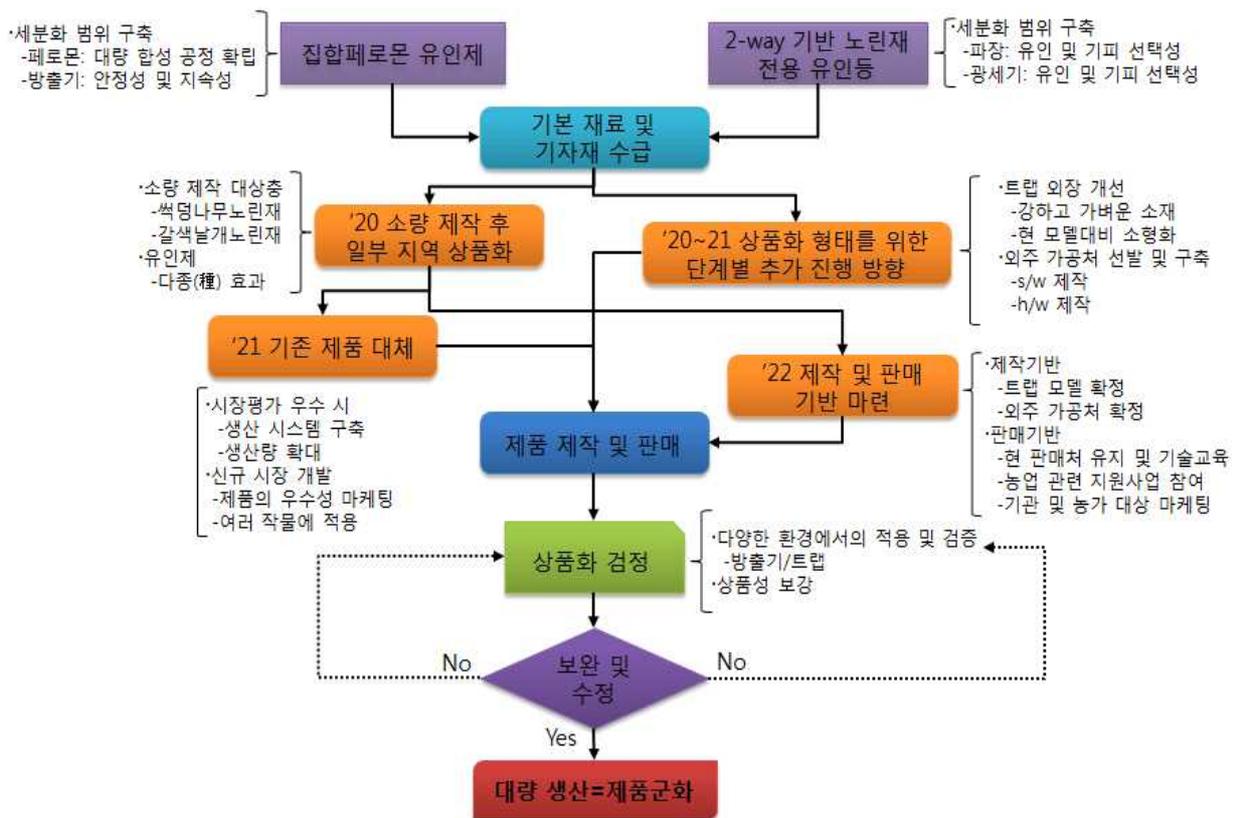


그림 51. 집합페로몬 유인제 및 2-way 기반 노린재 전용 유인등 상품화 방향

2. 상업화 전략

- 거래처(판매업체) 대상 자체 시범 사업 추진
- 거래처에 대상 효과 증명으로 제품 신뢰도 제고 및 빠른 거래 성사 유도
- 전국 과수 주산지 농업기술센터 연계 농가 보급사업 참여
- 기존 유아등 보조사업 및 노린재 방제 친환경 농자재 시범 및 보급 사업에 참여
- 가정용 판매
 - 강원도 경우 노린재가 월동을 위해 가정으로 침입하여 불쾌감 및 생활 불편을 유발
 - 산과 인접한 주택 및 목조 주택 대상 마케팅

3. 추가연구 필요성

- 2019년 제작한 시제품에 대한 연중 연구가 필요하며, 단파장, 복합파장, 전체파장의 효율과 연중 시기별 유인된 개체 확인 및 도감화 등 매뉴얼 제작이 필요함
- 현재 시제품은 유인·포획 효율을 높이기 위해 비교적 대형 LED 램프를 사용함으로써 기기 전체 크기와 내부 사양이 중량급의 형태가 되었음
- 농업 환경의 다양성으로 비취볼 때 중량급의 고정형 보다는 경량급의 이동형이 더 효과적일 것으로 판단되며, 경량의 이동형을 위한 디자인, 고효율 LED 또는 유도장치 등에 대한 연구 개발 필요
- 구멍한 파장에 대한 LED 램프 개발을 통한 시각 기반 원천기술과 다른 해충에 대한 시스템 개발 및 적용 범위 확대에 필요한 새로운 원천기술 확보 필요
- 농업 환경에만 적용되는 제품이 아닌 가로등과 같은 생활 병행 제품에 대한 연구 개발의 가치가 있을 것으로 판단됨

제 5 장 참고문헌

- Anne L. Nielsen , Kristian Holmstrom , George C. Hamilton , John Cambridge and Joseph Ingerson-Mahar (2013) Use of Black Light Traps to Monitor the Abundance, Spread, and Flight Behavior of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 106(3):1495-1502.
- Bae, S. D., H. J. Kim, G. H. Lee and S. T. Park (2007) Development of observation methods for density of stink bugs in soybean field. *Korean J. Appl. Entomol.* 46:153-158.
- Cullen, E. M., and F. G. Zalom (2000) Phenology-based field monitoring for consperse stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in processing tomatoes. *Environ. Entomol.* 29:560-567.
- Donald C. Weber, Tracy C. Leskey, Guillermo Cabrera Walsh, Ashot Khimian (2014) Synergy of Aggregation Pheromone With Methyl (E,E,Z)-2,4,6-Decatrienoate in Attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) *Journal of Economic Entomology*, Volume 107, Issue 3, 1 June 2014, Pages 1061-1068, <https://doi.org/10.1603/EC13502>
- Kim, H. M., I. Jang, K. H. Choi, J. H. Song, B. S. Seo and S. W. Lee (2011) Occurrence status of fruit infesting stink bugs by year and by host. *Proceedings on annual meeting of Korean Journal of Applied Entomology*.
- Kuhar, T. P., K. L. Kamminga, J. Whalen, G. P. Dively, G. Brust, C.R.R. Hooks, G. Hamilton, and D. A. Herbert. (2012) The pest potential of brown marmorated stink bug on vegetable crops. *Plant Health Progress* (doi:10.1094/PHP-2012-0523-01-BR).
- Lee, H. S., B. K. Chung, T. S. Kim, J. H. Kwon, W. D. Song and C. W. Rho (2009) Damage of sweet persimmon fruit by the inoculation date and number of stink bugs, *Riptortus clavatus*, *Halyomorpha halys* and *Plautia stali*. *Korean J. Appl. Entomol.* 48:485-491.
- Leskey, T. C. and H. W. Hoggire (2005) Monitoring stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in mid-Atlantic apple and peach orchards. *J. Econ. Entomol.* 98:143-153.
- Leskey, T. C., and G. C. Hamilton (2010) Brown marmorated stink bug working group progress report. (http://projects.ipmcenters.org/Northeastern/FundedProjects/ReportFiles/Pship2010/Pship2010_Lesky_ProgressReport_237195_meeting2010_11_17.pdf).

- Leskey, T. C., B. D. Short, B. R. Butler, and S. E. Wright (2012) Impact of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stal), in mid-Atlantic tree fruit orchards in the United States: case studies of commercial management. *Psyche* 2012: 1-14.
- Nielsen, A. L., and G. C. Hamilton (2009) Life history of the invasive species *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Northeastern United States. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 102: 608-616.
- Nielsen, A. L., G. C. Hamilton, and P. W. Shearer (2011) Seasonal phenology and monitoring of the non-native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. *Environ. Entomol.* 40: 231-238.
- Seetin, M (2011) News release: losses to mid-Atlantic apple growers at \$37 million from brown marmorated stink bug. U.S. Apple Association, Vienna, VA.
- Son, C. K., S. G. Park, Y. H. Hwang and B. S. Choi (2000) Field occurrence of stink bug and its damage in soybean. *Korean J. Crop Sci.* 45:405-410.
- 이길주, 유영진, 송영민 (2016) 겹눈 구조의 이해와 응용(Understanding compound eye structures and their applications) *고분자 과학과 기술 제 27권 6호*
- 김용균 (2018) 곤충생리학 개론. *홍릉과학출판사*
- 부경생 (2005) 곤충의 호르몬과 생리학. *서울대학교출판부*
- 한국전기안전공사 원예용 전기설비 점검 지침 (2016. 01. 29 제정) SPS-KESG-V-P-6-0838
- Google image 인용 사용 - 그림 2. 썩덩나무노린재의 눈

주 의

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