

RS-2021-  
IP821064

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )  
기술사업화지원사업사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004763-01

# 매미나방 등 외래해충 생물적방제제 성페로몬 트랩 및 생화학 살충제 개발 상용화

2024.7.29.

주관연구기관 / (주)그린아그로텍  
공동연구기관 / 강원대학교 산학협력단  
공동연구기관 / 친환경농식품자재수출조합  
공동연구기관 / (주)센트럴바이오

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

매미나방 등 외래해충 생물적방제제  
성페로몬 트랩 및 생화학 살충제 개발

2024

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “메미나방 등 외래해충 생물적방제제 성페로몬·트랩 및 생화학 살충제 개발 상용화”(개발기간: 2021. 4. 1 ~ 23. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 7. 29.

주관연구기관명 : (주) 그린아그로텍 (대표자) 박만웅 (인)  
공동연구기관명 : 강원대학교 산학협력단 (대표자) 장철성 (인)  
공동연구기관명 : 친환경농식품자재수출조합 (대표자) 안인 (인)  
공동연구기관명 : 센트럴바이오 (대표자) 권민 (인)



주관연구책임자 : 최선희  
공동연구책임자 : 주진호  
공동기관책임자 : 안인  
공동연구책임자 : 권민

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		기술사업화 지원사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		
내역사업명 (해당 시 작성)		민간중심R&D사업화지원(융복합)			연구개발과제번호		821064-03
기술 분류	국가과학기술 표준분류	NC02	40%	NCO201	30%	LB0901	30%
	농림식품 과학기술분류	CL	40%	C504002	30%	AA02	30%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		-					
연구개발과제명		<b>매미나방 등 외래해충 생물적방제제 성페로몬 · 트랩 및 생화학 살충제 개발 상용화</b>					
전체 연구개발기간		2021. 04. 01 - 2023. 12. 31(2년 9개월)					
총 연구개발비		총 965,500 천원 (정부지원연구개발비 803,000천원 기관부담연구개발비 162,500천원 지방자치단체 천원 그 외 지원금 천원)					
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( ) 종료시점 목표( )	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)		-					
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)		-					
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		<input type="checkbox"/> <b>매미나방 등 외래해충 생물적방제제 성페로몬 트랩 및 생화학살충제 개발 상용화</b> ○ 매미나방 등 외래해충 생화학살충제 선발 복합 제형화 ○ 매미나방 등 외래해충 유인 성페로몬 합성(2종) ○ 외래해충 유인페로몬루어 및 LED광 탑재용 맞춤형 트랩 제작 시제품 상용화 (성페로몬, 트랩, 생화학살충제 2종) 특허출원 및 해충관리용 유기농자재로 등록				
	전체 내용		<input type="checkbox"/> <b>매미나방 외래해충 야외포장 유인효과 실증 유용 성페로몬 소재 선발</b> ○ 매미나방 성페로몬 선발 ○ 매미나방 성페로몬 선발 물질 유인력 야외 효과 시험 <input type="checkbox"/> <b>매미나방 유인물질 선발 및 야외포장 유인효과 시험</b> ○ 기 유인효과 확인된 Spearmint, Rose-absolute 등 활용 소재 선발 ○ 식물정유 후보물질 선발 야외포장 유인시험 <input type="checkbox"/> <b>매미나방 성페로몬 유인소재 최적 담체 선발</b> ○ 매미나방 페로몬 담체종류별 방출효과 시험 <input type="checkbox"/> <b>매미나방 등 외래해충 유인소재 선발 성페로몬 합성</b> ○ 성페로몬 합성기술 활용 및 페로몬 적용 가능성 검토 ○ 합성 유인소재 공정 개선보완 성페로몬 2종 유기합성 <input type="checkbox"/> <b>선발 합성 성페로몬 루어 및 LED광 탑재 맞춤형 트랩 제작 기술개발</b> ○ 성페로몬 루어 및 LED광 탑재 맞춤형트랩 야외 유인효과 평가 트랩선발 ○ 합성 성페로몬 맞춤형 트랩선발 <input type="checkbox"/> <b>매미나방 친환경 생화학살충제 유용소재 선발 복합 제형화</b> ○ 기선발 식물추출물 및 기능성정유 복합제형화 시제품 개발 2종 - 복합제형 시제품에 대한 약해약해 등록시험 및 양산기술개발 - 급성독성 안전성 확인시험: 꿀벌영양시험은 GLP 공인시험기관에 의뢰시험 - 3급이하 저독 안전한 총해관리용 유기농업자재로 등록 2종				
	1단계	목표	<b>매미나방 등 외래해충 페로몬합성 및 생화학살충제 소재선발 복합 제형화</b>				
	내용	1) 외래해충 실증용 유용 소재 탐색 선발기선발 식물추출물, 정유 20여종 활용 <b>1) 외래해충 유용소재 실내.포장 살충효과 실증시험 소재 선발</b>					

		 <p><b>2) 매미나방 외래해충 유인 성페로몬 합성(2종)</b></p>  <p>① 대상곤충 페로몬 성분 분석 증명 ② 유인물질 소재선발 ③ 지표물질 효능검정 ④ 합제형화 양산기술 ⑤ 인축생태 독성평가 ⑥ 유인제(루어) 트랩제작등록</p>
	<p>2단계</p>	<p><b>3) 선발 유인소재 지표물질 분석규명 및 선발소재 급성독성 시험</b>  <b>매미나방 생물적방제 성페로몬 LED 트랩 및 생화학살충제 개발 상용화</b></p> <p>○ 유인페로몬 탑재용 맞춤형 트랩 제작 상용화(성페로몬 2 및 트랩 2종과 친환경 생화학 살충제 2종) 특허출원 및 특허관리용 유기능업자제로 등록(4종)</p> <p>1) 매미나방 및 멸강나방 성페로몬 대량합성 기술개발  2) 매미나방 페로몬 탑재 유인효과 증진가능 트랩 개발  3) 매미나방 페로몬 LED 탑재 맞춤형트랩 개발</p>  <p>▲ 1-1 발생예찰용 트랩 ▲ 1-2 트랩 측면 ▲ 2-1 페로몬 트랩 ▲ 2-2 LED페로몬 트랩 ▲ 2-3 페로몬 트랩</p> <p>▲ 1-3 코미교란 방출기 A ▲ 1-4 코미교란 방출기 B ▲ 2-1 포획용 트랩 ▲ 2-2 유인제 방출 ▲ 2-3 LED방출 트랩 ▲ 2-4 LED방출 트랩</p> <p><b>4) 매미나방 친환경 살충소재 안전성 확인, 최적 제형화 및 양산기술 개발</b></p>  <p>① 식물성유·미생물 ⇒ ② 분리동정, 대량수출 ⇒ ③ 평균활성 스크리닝 ⇒ ④ 유용 지표성분 분석 규명 ⇒ 천연소재 탐색 선별</p>  <p>⑤ 최적조질 복원제형화 ⇒ ⑥ 포장실증 ⇒ ⑦ 양산기술개발 ⇒ ⑧ 독성 안전성확인 ⇒ ⑨ 특허관리비용 보관 등록(2종)</p> <p>5) 매미나방 페로몬트랩, 생화학살충제 사용메뉴얼 및 비즈니스모델 개발  <b>최종제형 보완 페로몬(2종) 및 맞춤형 트랩(2종), 생화학살충제(2종) 등록 상용화</b></p>

<p>연구개발성과</p>	<p>&lt;개발 시제품 모형&gt;</p>  <p>▶ 매미나방 등 외래해충 유인 성페로몬 유기합성(2종)  ▶ 매미나방 등 외래해충 유인 페로몬.루어 및 LED광 탑재 맞춤형 트랩 제작(2종)  ▶ 매미나방 등 외래해충 대량유인 포살용 친환경 생화학살충제 개발(2종)</p> 
---------------	---





연구개발성과  
활용계획 및  
기대 효과

**<기대 효과>**  
 ○ 잔류 위험이 없고 효과 우수한 친환경 유인페로몬 개발 능가 외래해충 방제애로 해소  
 외래해충 애벌레에 의한 피부 가려움증 및 혐오감 해소, 농약사용 저감 환경보호효과  
 ▶ 외래해충 친환경 생화학방제제 사용 우리농산물 안전성에 대한 신뢰도 제고  
 ○ 국내 매미나방 유인 성페로몬 합성 및 맞춤형 트랩 개발 보급  
 ▶ 과수 및 채소농가 외래해충 피해방지 및 농약 PLS시행에 따른 부작용 경감 대체제  
 ○ 친환경 페로몬+LED 탑재용 맞춤형트랩 제작 상용화(페로몬 및 트랩 4종) 농가보급 및  
 중국, 베트남, 태국 등 동남아에 수출 추진  
 ▶ 외래해충 '19 피해액절감 : '19년 6800억(농진청) → 1/3로 피해액 감축 기대

**<예상되는 연구개발성과 유형>**

구분	논문	학술 발표	특허	보고서 원문	기술요 약정보	현장기 술지원	시작품 제작	등록	홍보 성과
예상성과 (N/Y)	2	2	2	1	1	3	6	6	5

연구개발성과의  
비공개여부 및 사유

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								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)

친환경방제	갈색날개매미충	매미나방	성페로몬 (신호물질)	외래해충
-------	---------	------	----------------	------

영문핵심어  
(5개 이내)

Eco-friendly control	Brown winged lice	Gypsy moth	Sex-peromone (signal substances)	exotic pest
----------------------	-------------------	------------	----------------------------------	-------------

## 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 -----	8
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 -----	8
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 -----	112
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성) -----	119
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 -----	119
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 -----	119

최종보고서							보안등급				
							일반[ <input checked="" type="checkbox"/> , 보안[ <input type="checkbox"/> ]				
중앙행정기관명	농림축산식품부			사업명	사업명		2021년도 기술사업화지원사업				
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)	민간중심R&D사업화 지원(융복합)						
공고번호	농축2021-41호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)							
				연구개발과제번호	821064-03						
기술분류	국가과학기술 표준분류	NC02	40%	NCO201	30%	LB0901	30%				
	농림식품과학기술분류	CL	40%	C504002	30%	AA02	30%				
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문	-									
	영문	-									
연구개발과제명	국문	매미나방 등 외래해충 생물적방제제 성페로몬·트랩 및 생화학 살충제 개발 상용화									
	영문	Development and commercialization of eco-friendly pest control sex pheromone attractant and customized traps									
주관연구개발기관	기관명	㈜그린아그로텍			사업자등록번호	515-81-21108					
	주소	(우:38492) 경북 경산시 안량면 인안길 99 (인안리 196-2)			법인등록번호	174811-0028369					
연구책임자	성명	최선희			직위	연구소장					
	연락처	직장전화				휴대전화					
		전자우편				국가연구자번호	11076071				
연구개발기간	전체	2021. 04. 01 - 2023. 12. 31(2년 9개월)									
	단계	1단계	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)								
		2단계	2023. 01. 01 - 2023. 12. 31(1년)								
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계		연개발비 외 지원금	
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물		합계
총계	803,000	5,450	157,050	0	0	0	0	808,450	157,050	965,500	
1단계	1년차	219,000	-	53,500	0	0	0	0	219,000	53,500	272,500
	2년차	292,000	-	54,500	0	0	0	0	292,000	54,500	346,500
2단계	1년차	292,000	5,450	49,050	0	0	0	0	297,450	49,050	346,500
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고					
공동연구개발기관	강원대학교 산학협력단	주진호	교수			공동	대학	책임자			
	친환경농식품자재수출조합	안인	이사장			공동	중소	책임자			
	센트럴바이오	권민	대표이사			공동	중소	책임자			
연구개발담당자 실무담당자	성명				직위						
	연락처	직장전화				휴대전화					
		전자우편				국가연구자번호					

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024년 7월 29일

연구책임자: 최선희

주관연구개발기관의 장: ㈜그린아그로텍 박만웅 (직인)

공동연구개발기관의 장: 친환경농식품자재수출조합 안인 (직인)

공동연구개발기관의 장: 강원대학교 산학협력단 장철성 (직인)

공동연구개발기관의 장: ㈜센트럴바이오 권민 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

# 1. 연구개발과제의 개요

<p>목표</p>	<p>□ 매미나방 등 외래해충 페로몬합성 및 생화학살충제 소재선발 복합 제형화</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 매미나방 등 외래해충 성페로몬 합성 공정 개발 및 유인효과 실험 (주관연구기관 1세부)</li> <li>2) 매미나방 유인활성 실내 스크리닝 유용소재 선발 비휘발성 천연물과 복합제형화</li> <li>3) 매미나방 살충활성 실내 스크리닝 친환경 생화학소재 선발 복합제형화 (1 공동연구기관)</li> <li>4) 매미나방 등 외래해충 유인활성소재 지표물질 분석 및 유인활성 기작 규명 (2 공동연구기관)</li> <li>5) 선발 유인 및 살충 활성소재 급성 인축독성 및 어독성 등 기초 안전성 검토 (3 공동연구기관)</li> </ol>
<p>수행 내용 요약</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 매미나방 외래해충 살충용 유용 소재 탐색 선발(기선발 식물추출물 및 정유 20여종 활용)</li> <li>2) 실내.살충효과 실증시험 친환경살충소재 및 생화학살충소재 선발 : 2종</li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>3) 매미나방 외래해충 유인 페로몬 합성공정 및 유인효과 실험             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 매미나방 성페로몬 합성공정 개발</li> <li>○ 외래해충 멸강나방 선발 및 유인 성페로몬 합성공정 개발</li> </ul> </li> </ol> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 15%;"> <p>허브식물 소재탐색</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 15%;"> <p>유인물질 소재선발</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 15%;"> <p>지표물질 효능검정</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 15%;"> <p>합제형화 양산기술</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 15%;"> <p>인축생태 독성평가</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 15%;"> <p>유인제(루어) 트랩제작등록</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 15%;"> <p>대상곤충 페로몬 성분 분석 증명</p> <p>성충우화, 생식행동 조사, 성페로몬분비 생 추출 및 공기중 방출 성분포집 생물 검정 및 분석 증명</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 15%;"> <p>트랩자재 성형 (은은아, 지시대 등)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 점착형(원, 델타, 변형, 원통형)</li> <li>· 포획형(중엔이, 거세미, 노린재)</li> <li>· 수반형(나방류)</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 15%;"> <p>유인제 방출기 제작</p> <p>심지, 튜브, 용기 라미네트, 유공 성유, 멤브레인 폴리머릭시스템</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 15%;"> <p>조립 설치</p> <p>트랩간격 5m이상 지상 1.5m 이상 방출기교체 2~3월</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 15%;"> <p>발생예찰이용</p> <p>해충발생 파악 방제적기 결정 발생밀도 조사 방제효과 평가</p> </div> </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>4) 선발 유인소재 지표물질 분석규명 및 이용방법 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 매미나방 생리 생태 방제실태조사</li> </ul> </li> <li>5) 선발소재 급성독성 기본시험             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 급성 경구, 경피, 어독성, 안점막자극성, 피부자극성 시험</li> </ul> </li> </ol>

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 2-1. 주관연구기관((주)그린아그로텍)

#### [ 1차년도 ] [연구개발 목표]

- 1) 매미나방 성페로몬 합성 공정 개발
- 2) 매미나방 유인효과 2개월 이상 사용가능한 유인용 Lure 개발
- 3) 매미나방 선발 유인소재 및 합성페로몬 유인력 검증

#### [개발 내용 및 범위]

□ 매미나방 유인활성 유용물질 탐색 선발 및 합성 성페로몬 및 정유의 매미나방 유인효과

#### 1) 매미나방 유인활성 유용물질 탐색 선발

##### ① 식물추출물 및 식물정유 선발

기선발 유인물질 중 효과가 있었던 phenethyl alcohol, 스피아민트와 J Li et al, 2012, AC

McCormick et al, 2017 논문을 참고하여 매미나방 유인력에 효과가 있는 알파피넨을 선발하여 매미나방 유인활성에 대해 실험을 진행하였다.

② 매미나방 성유인 페로몬 탐색 및 선발

매미나방의 성유인 페로몬은 cis-7,8-epoxy-2-methyloctadecane 으로 동정되었고, 광학이성질체인 (+)-enantiomer 또는 (-)-disparlure가 성유인에 관여하는 것으로 밝혔다. (Bierl et al. 1970, Iwaki 1974). 특히 페로몬은 동종간의 통신 수단으로써 숙주특이성이 있으므로 생태친화적인 방법으로써 이를 응용한 방제에 관심이 모아지고 있다. 매미나방의 합성 페로몬인 disparlure는 유인 효과가 우수하기 때문에 밀도예찰(Taylor et al. 1991, Cater et al. 1994), 교미교란(Leonhardt et al. 1996) 등 방제를 목적으로 사용되고 있다. 이에 본 연구에서는 매미나방에 대한 페로몬을 유기 합성하는 한편 그에 대한 맞춤형 트랩을 개발하고자 외국산 매미나방 페로몬을 도입하여 페로몬 루어성분을 정성 정량 분석을 실시한 후 유효성분을 규명하는 연구를 수행하였다.

□ 세계적으로 널리 이용되는 성페로몬 루어 성분 분석 및 비율분석

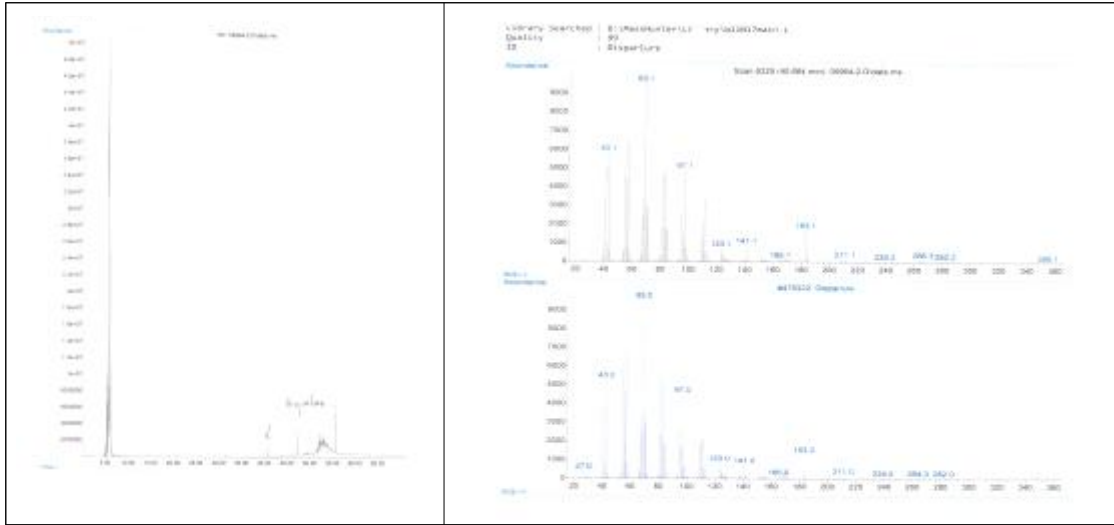
제조사 (국가)	담체 형태	분석 성분	분석 함량(mg)
미국 A사		disparlure	0.54
영국 B사			0.88

미국산, 영국산 수입 매미나방 페로몬 루어성분을 hexane에 희석하여 GC, GC-MS 분석기를 이용하여 정량, 정성 분석하였다. 수입매미나방 페로몬루어 GC-MS 분석결과 매미나방 루어 페로몬으로 알려져 있는 Disparlure 성분이 RT 40.664분에 확인되었다. 이어 매미나방 페로몬 유효성분인 disparlure을 절대검량선 방법을 이용하여 정성, 정량 분석하였다. 정량하려는 성분으로 된 순물질 disparlure을 단계적으로 취하여 크로마토그램을 기록하고 피크의 면적을 구하였다. 성분량(PPM)을 횡축에, 피크 면적을 종축에 취하여 검량선을 작성하였다. 이 시험 결과에 의하여 매미나방 페로몬 유효성분은 disparlure ((7R,8S)-cis-7,8-Epoxy-2-methyl octadecane)로 판명됨에 따라 향후 매미나방 성페로몬루어 개발을 위한 합성 공정을 진행한 후 발생현지 포장에서의 유인효과시험을 통하여 유인제 트랩에 탑재할 경우 매미나방 생물학적 방제제로서 과수 및 수목의 매미나방 피해 방지에 크게 기여할 것으로 판단된다.

○ GC-MS 분석 조건

Instrument	Agilent Technologies GC system
Split ratios	50:1
Column	DB-5MS column (60 m × 0.25 mm I.D., 0.25 μm)
Carrier gas	He
Flow rate	1.0 ml/min
Oven temp.	50°C (1min) -7°C/min-> 300°C (30min)
Injection temp.	250°C
Transfer line temp.	280 °C
Injection vol.	1 μL





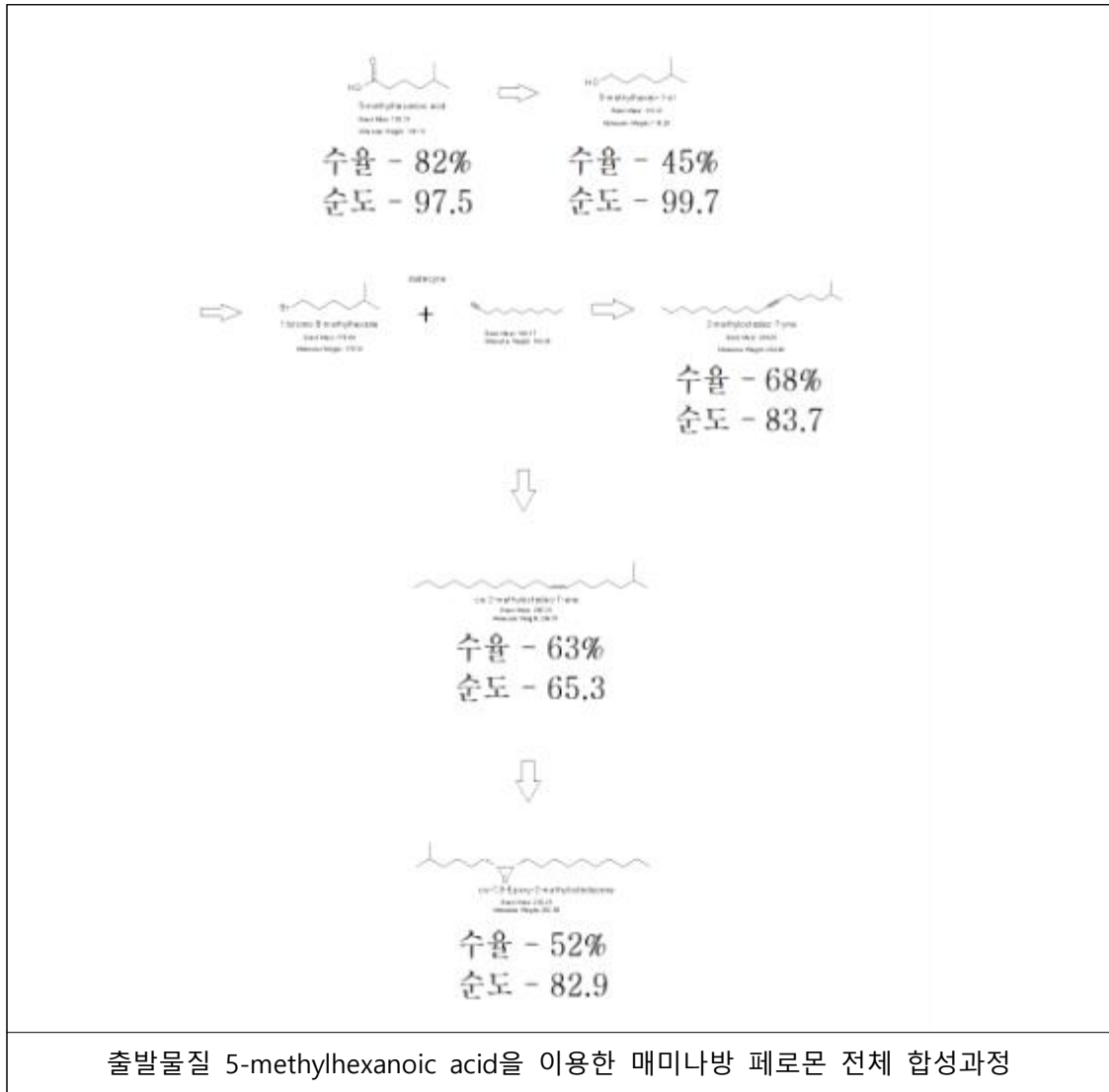
□ 매미나방 성페로몬 합성 공정 개발

1. 출발물질 5-methylhexanoic acid을 이용한 방법

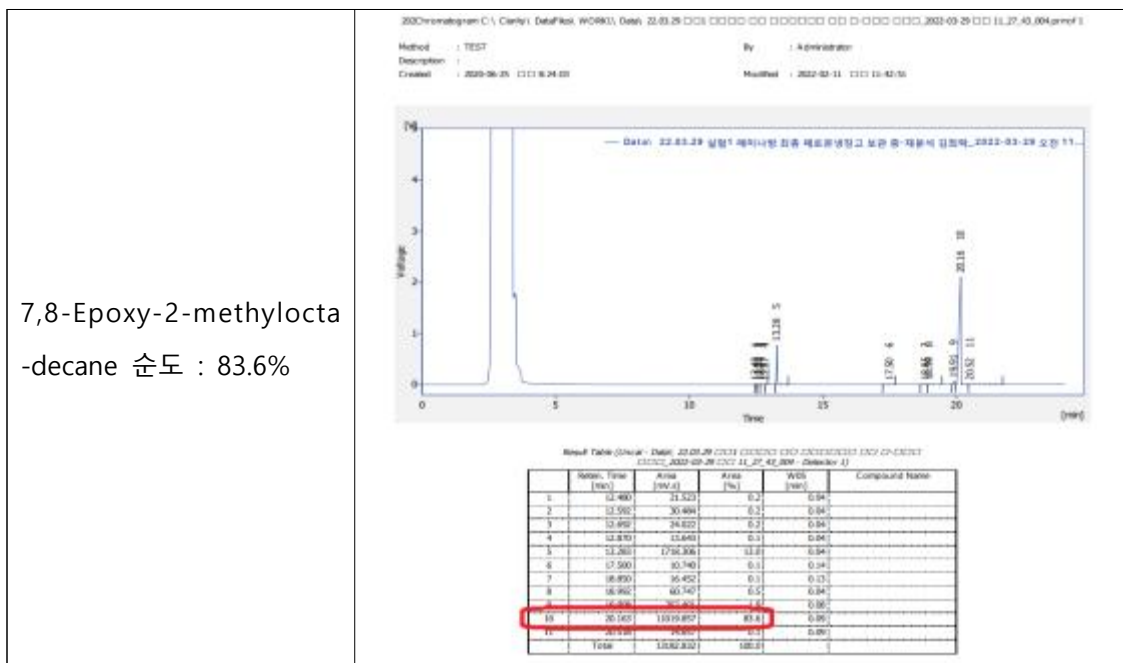
① 페로몬 합성과정

238,700원/100G 5-methylhexanoic acid 시약을 구입하여 Red-Al® sodium bis(2-methoxyethoxy)aluminum hydride solution 시약을 이용하여 알코올 5-methyl-hexenol 변환한 후 5-methyl-hexenol을 bromination 하여 1-bromo-5-methylhexane을 얻었다. dodecyne의 짝지움반응으로부터 alkyne 화합물 2-methyloctadec-7-yne을 합성하였다. 삼중 결합을 Z-이중결합으로 변환시키기 위하여 촉매 Ni(OAc)<sub>2</sub>를 사용하여 부분 수소화 시켜 cis-2-methyloctadec-7-ene를 합성한 후 mCPBA을 이용하여 sharpless epoxidation 시켜 순도 82.9% 최종화합물 cis-7,8-Epoxy-2-methyloctadecane을 합성하였다.

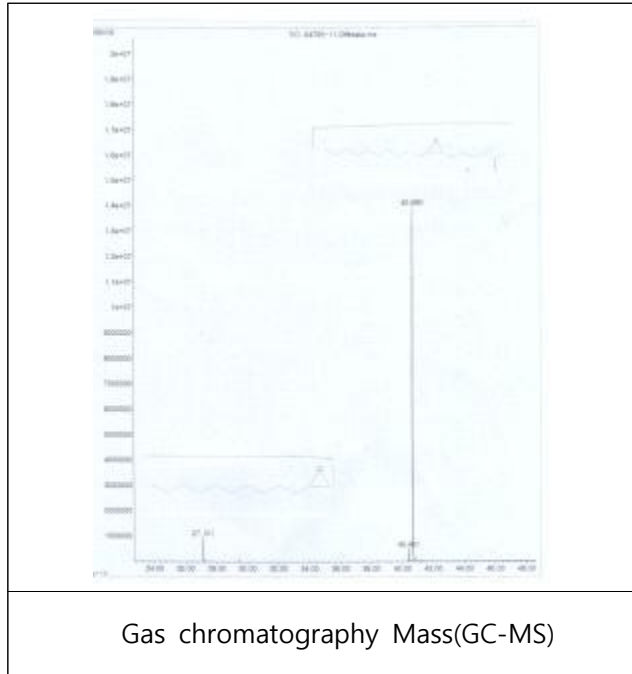




② 출발물질 5-methylhexanoic acid을 이용한 매미나방 페로몬 합성순도(83.6%)



③ 출발물질 5-methylhexanoic acid 을 이용한 매미나방 페로몬 GC-MS



1차년도에서 출발물질 5-methylhexanoic acid 을 이용한 (Z)-7,8-epoxy-2-methyloctadecane 합성법을 개발하여 야외 유인력 실험을 진행하였으나 그 효과가 수입제품과 비교하여 미비하여, 2차년도는 출발물질 3-butyn-1-ol을 이용한 새로운 합성법을 아래와 같이 진행하였다.



□ 매미나방 유인용 lure 개발

1. 정유 유인소재 루어 제작

● 유인제 함량

성 분	비고	함 량
Phenethyl alcohol	갈색날개매미충 기선발 유인물질 매미나방 기주식물 휘발성분	2 G
Spearmint Oil		
α-Pinene		

● 제작 타입 : 흡수제와 필터형 + LDPE소재

구 분		이미지	
방출기	필터		
	LDPE		

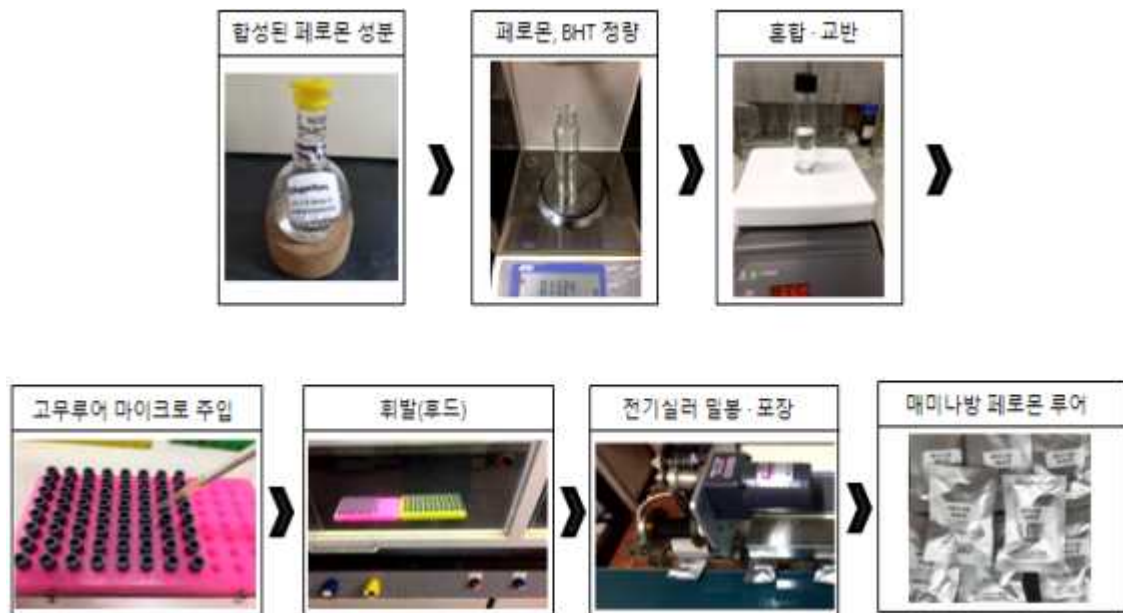
전자저울을 이용하여 정유 유인제를 각각 정량하고 용액은 전용주입기(Microlab dispenser)를 이용하여 담체인 필터안으로 정량을 주입한다. 유인제를 주입한 필터를 LDPE 포장지에 하나씩 넣은 다음 전기실러를 이용하여 밀봉한다. 정유 휘발을 막기 위해 저온냉장고(5°C이하) 또는 냉동고에 옮겨 보관한다. 위 과정을 통하여 매미나방 유인제 루어를 제작하였다.

## 2. 매미나방 페로몬 루어 제작

표 1. 시제품 제조조성비

성분	합량
disparlure	1mg
BHT	1mg

전자저울을 이용하여 페로몬(cis-7,8-epoxy-2-methyloctadecane )정량을 각각 측정하고, 냉각교반플라스크에 옮긴다. 빛에 의한 산화를 방지하고 페로몬 방출을 지속하기 위한 안정제로써 산화방지제( 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol)정량을 첨가하며, 동시에 위의 용액이 잘 용해(dissolve)되도록 극량의 용매(n-Hexane)를 페로몬이 들어있는 냉각교반플라스크에 첨가하고 교반(agitation)한다. 이상의 용액은 전용주입기(Microlab dispenser)를 이용하여 고무루어(Rubber septum)안으로 정량을 주입한다. 주입과 동시에 페로몬은 고무격막 안으로 서서히 스며들게 된다. 강한 휘발성을 가진 용매(n-Hexane)는 잔류가 없도록 일정시간 실온상태에서 두며, 시간이 경과 후 알루미늄 포장지에 하나씩 넣은 다음 전기실러를 이용하여 밀봉한다. 고무루어에 페로몬의 휘발을 막기 위해 저온냉장고(5°C이하) 또는 냉동고에 옮겨 보관한다. 위 과정을 통하여 매미나방 성페로몬 루어를 제작하였다.



### □ 합성 성페로몬 및 정유의 매미나방에 대한 유인효과

#### ① 시험 목적

- 매미나방 페로몬 트랩 효과 검증
- 매미나방 유인 선발 물질 효과 검증

#### ② 시험 개요

- 매미나방 페로몬 시험 \_ 산림 2곳(포항시 죽장면, 청송군 현서면)에 자사와 미국 A사 매미나방페로몬을 사용한 트랩을 처리별로 각각 3개씩 설치하여 매미나방 포획 확인
- 매미나방 유인 선발 물질 시험 \_ 청송군 현서면 산림지에 유인 선발 물질을 사용한 트랩을 처리별로 각각 3개씩 설치하여 매미나방 포획 확인

③ 시험 방법

③-1. 페로몬 트랩



사진1. 매미나방 트랩



사진2. 청송군 현서면 산림지에 설치한 트랩

③-2. 페로몬 및 유인 선발 물질 조성비

표1. 페로몬 성분 및 조성비




구분	성분	조성비	함량	방출기	
미국A사	(7R,8S)-cis-7,8-Epoxy-2-methyloctadecane	100	0.6mg		실 형태 섬유
GAT		100	1mg		고무 격막

표2. 유인 선발 물질 성분 및 조성비

성분	조성비	함량	방출기	
스피아민트	100	2g		흡수제 +LDPE
페네틸알콜	100	2g		

알파피넨	100	2g		
------	-----	----	--	--

③-3. 매미나방 페로몬 트랩 시험 장소(T;미국A사, G;GAT, S;스피아민트, PA;페네틸알콜, AI;알파피넨)



그림1. 포항군 죽장면 봉계리 272-1 일원



그림2. 청송군 현서면 수락리 502-8 일원

④ 시험 결과

④-1. 포항시 죽장면 매미나방 페로몬 트랩 시험 결과

시험 기간 동안 미국A사와 GAT페로몬을 사용한 3개의 트랩에 각각 총 40, 1마리의 매미나방이 포획되어 시험 트랩의 포획과 미국A사 페로몬의 포획이 확인됨. GAT페로몬을 사용한 트랩은 8월 5일 1곳에서 1마리만 포획되어 뚜렷한 유인효과를 볼 수는 없었음. (표3)

지역	루어	6/23	7/5	7/15	7/26	8/5	8/17	8/26	8/31	합
포항시 죽장면 봉계리	미국A1	설치	0	1	2	3	0	0	0	6
	미국A2	설치	0	0	1	1	0	0	0	2
	미국A3	설치	0	2	27	3	0	0	0	32
	합	설치	0	3	30	7	0	0	0	40
	GAT1	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	GAT2	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	GAT3	설치	0	0	0	1	0	0	0	1
	합	설치	0	0	0	1	0	0	0	1
비고						페로몬 교체			수거	

표3. 포항시 죽장면 매미나방 페로몬 트랩 포획 결과



④-2. 청송군 현서면 매미나방 페로몬 및 유인 선발 물질 트랩 시험 결과

매미나방 페로몬 트랩 시험 결과

시험 기간 동안 미국A사와 GAT페로몬을 사용한 3개의 트랩에 각각 총 31마리, 0마리의 매미나방이 포획되어 시험 트랩의 포획과 미국A사 페로몬의 포획이 확인됨. GAT페로몬을 사용한 트랩은 시험 기간 동안 포획된 매미나방이 없어 유인효과는 볼 수 없었음. (표4)

유인 선발 물질 트랩 시험 결과

시험 기간 동안 알파피넨, 페네틸알콜, 스피아민트를 사용한 3개의 트랩에 각각 총 0, 3, 0마리의 매미나방이 포획. 페네틸알콜을 사용한 트랩의 포획은 7월 26일 오직 한곳에서만 포획되어 꾸준한 유인효과는 나타나지 않았고, 그 외 알파피넨과 스피아민트를 사용한 트랩의 유인 효과는 볼 수 없었음. (표4)

지역	루어	6/24	7/5	7/15	7/26	8/5	8/17	8/26	8/31	합
청송군 현서면 수락리	미국A1	설치	0	0	5	1	0	0	0	6
	미국A2	설치	0	1	9	4	1	0	0	15
	미국A3	설치	0	2	7	2	0	0	0	11
	합	설치	0	3	21	7	1	0	0	31
	GAT1	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	GAT2	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	GAT3	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	합	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	알파피넨1	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	알파피넨2	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	알파피넨3	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	합	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	페네틸알콜1	설치	0	0	3	0	0	0	0	3
	페네틸알콜2	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	페네틸알콜3	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	합	설치	0	0	3	0	0	0	0	3
	스피아민트1	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	스피아민트2	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	스피아민트3	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
	합	설치	0	0	0	0	0	0	0	0
비고						페로몬 교체			수거	

표4. 청송군 현서면 매미나방 페로몬과 유인 선발 물질 트랩 포획 결과

⑤ 포획 사진



사진3. 트랩에 포획된 매미나방(7월 15일, 포항시 죽장면)





사진4. 트랩에 포획된 매미나방(7월 26일, 포항시 죽장면)



사진5. 트랩에 포획된 매미나방(2021년 7월 26일, 청송군 현서면)



사진6. 트랩에 포획된 매미나방(2021년 8월 5일, 청송군 현서면)

**[ 2차년도 ] [연구개발 목표]**

- 1) 매미나방 페로몬 합성 및 물질 규명
- 2) 매미나방 페로몬 담체에 따른 유인효과 검증 및 담체 선별
- 3) 매미나방 합성 페로몬 유인력 검증
- 4) 외래해충 페로몬 선별 및 합성 페로몬 유인력 검증

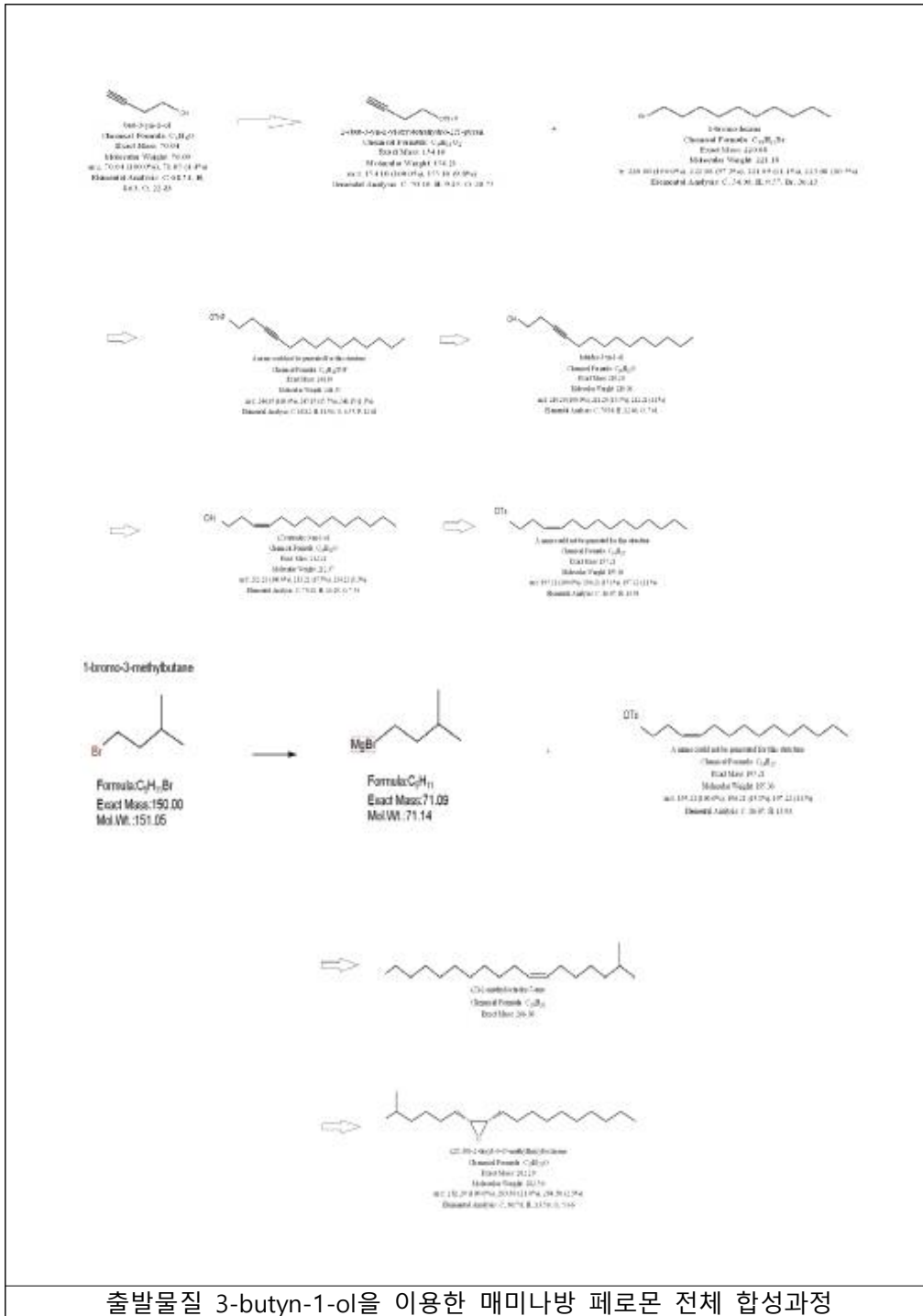
**[개발 내용 및 범위]**

**□ 매미나방 성페로몬 합성 공정 개발**

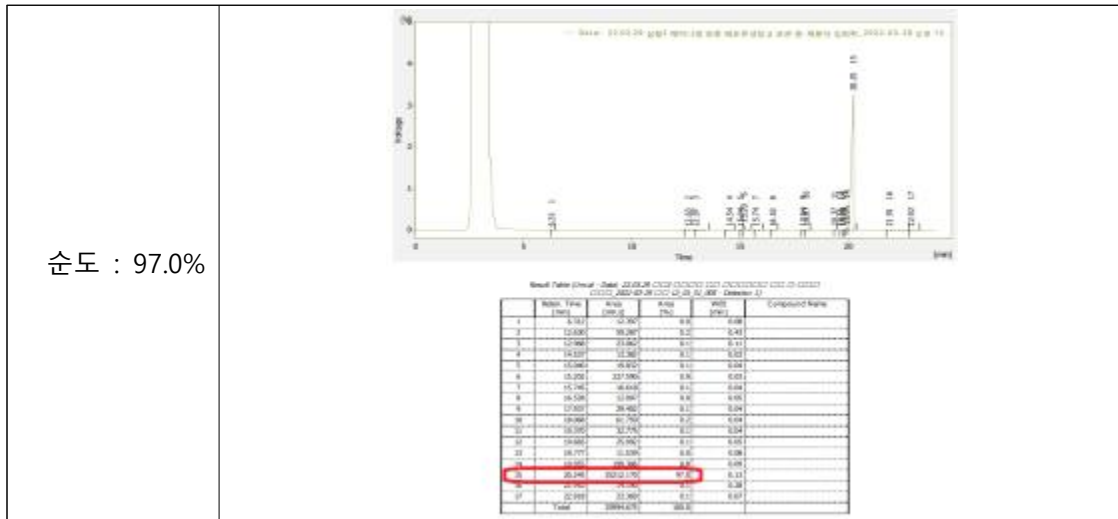
1. 출발물질 3-butyn-1-ol을 이용한 방법

① 페로몬 합성과정

출발물질 3-butyn-1-ol을 보호하여 보호기(OTHP)를 합성하고 -40°C로 냉각한 화합물 1-bromodecane에 coupling 하여 yne 화합물을 얻은 후, 보호기를 제거하여 3-tetradecynol을 합성하였다. 다음 삼중결합을 Z-이중결합으로 변환시키기 위하여 촉매 Ni(OAc)<sub>2</sub>를 사용하여 부분 수소화 시켜 cis-3-tetradecenol을 합성한 후 tosyl chloride를 이용하여 tosyl 화합물 만든 후 1-bromo-3-methylbutane을 그린냐드반응 후 합성하였다. mCPBA을 이용하여 sharpless epoxidation 시켜 순도 94.2% 최종화합물 7,8-Epoxy-2-methyloctadecane을 합성하였다.



② 출발물질 3-butyn-1-ol을 이용한 매미나방 페로몬 합성순도 (97.0%)



2차년도에 매미나방 페로몬 합성 순도를 높일 수 있는 위와 같은 합성법 연구를 진행하였고, 출발물질 3-butyn-1-ol을 이용한 매미나방 페로몬 합성 결과 97.0%의 순도를 확인하였다. 1차년도 출발물질 5-methylhexanoic acid 을 이용한 합성 순도 83.6% 비하여 13%이상의 높은 순도의 합성 방법을 개발하였다.

2. 합성 페로몬 물질 규명

① cis-7,8-Epoxy-2-methyloctadecane 물질 분석

- 유기분광학적 분석방법 및 최신 분석기기 등 이용

매미나방 페로몬의 성분 cis-7,8-Epoxy-2-methyloctadecane (1) 합성한 물질의 구조분석(탄소와 수소의 개수 및 위치 확인)을 위해 NMR(Nuclear Resonance Spectrometer) 분석 장비를 이용하였다.

가. 수소 핵자기 공명 (<sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR) 스펙트럼 측정

- cis-7,8-Epoxy-2-methyloctadecane (1)

수소 핵자기 공명 (<sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR) 스펙트럼은 Avance Digital 500MHz Spectrometer를 이용하였고 화학적 이동은 ppm 단위로 나타내었으며 다음과 같이 기록 하였다. 1개의 에폭시와 탄소수 19개 C, H, O로 구성되어 있으며 대체로 화합물로 구성되어 있는 유기화합물이다. 총 탄소 19개, 수소 38개, 산소 1개의 원소로 이루어져 분자량이 282.50 이다. 이러한 구조적인 특징을 이용하여 합성된 화합물의 구조를 확인하였다. 이들 화합물의 배열형태를 구체적으로 확인하기 위해 <sup>1</sup>H NMR 및 <sup>13</sup>C NMR 분석을 실시하여 말단 CH<sub>3</sub> 3개, CH<sub>2</sub> 13개, CH 3개, 에폭시 1개를 확인하였고, 에폭시기의 위치는 <sup>1</sup>H NMR 2.93 ~ 2.87 ppm의 수소 피크를 확인하였다. 아래의 스펙트럼 분석결과 수소의 종류와 개수확인 및 수소가 존재하는 주변 환경에 대한 직접적인 정보를 확인결과 cis-7,8-Epoxy-2-methyloctadecane (1) 성분임을 확인하였다.

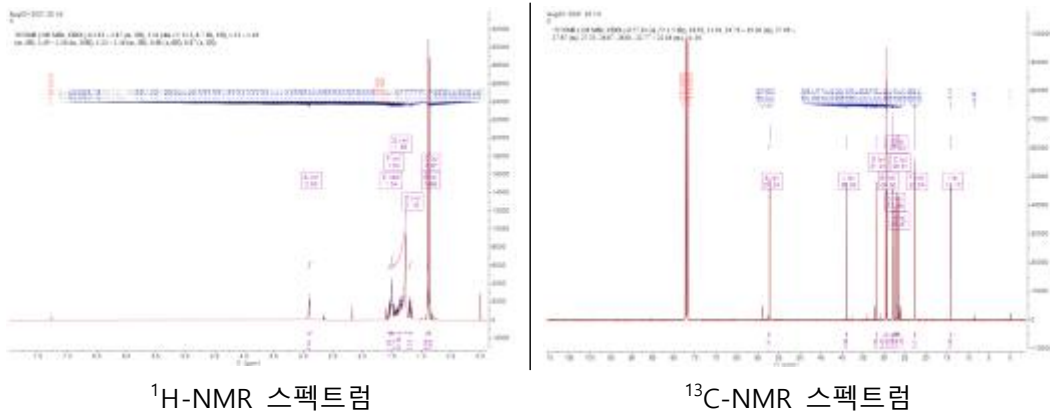


그림 1. cis-7,8-Epoxy-2-methyloctadecane (1)의 NMR 스펙트럼

□ 매미나방 성페로몬 유인소재 최적 담체 선발

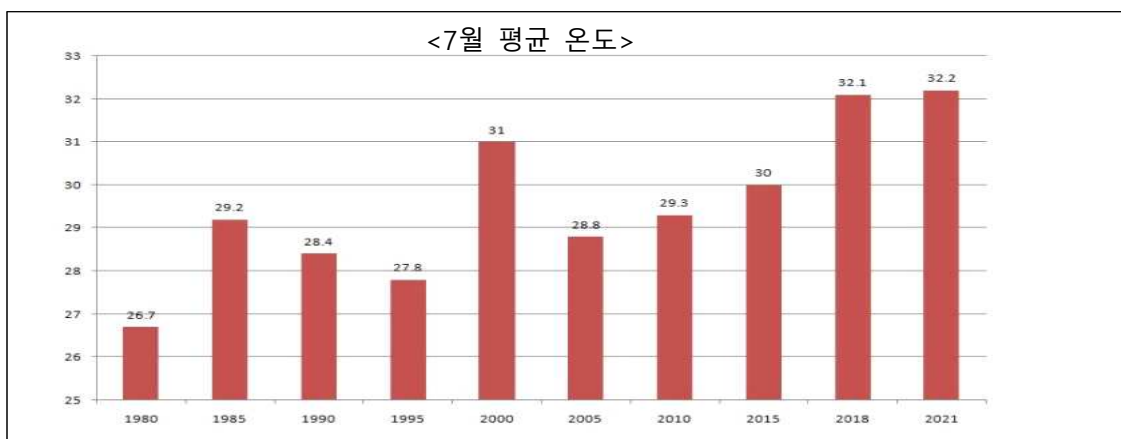
○ 담체 종류에 따른 잔류량(휘발량) 실험

1. 실험 기간

2021년 야외실험 결과 포항 7/15~8/5, 청송 7/15~8/17 기간(약 1달) 동안 매미나방이 유인되는 것을 확인.






2. 실험 온도

최근 7월 여름 평균온도를 기준으로 32°C로 설정



3. 담체 제작

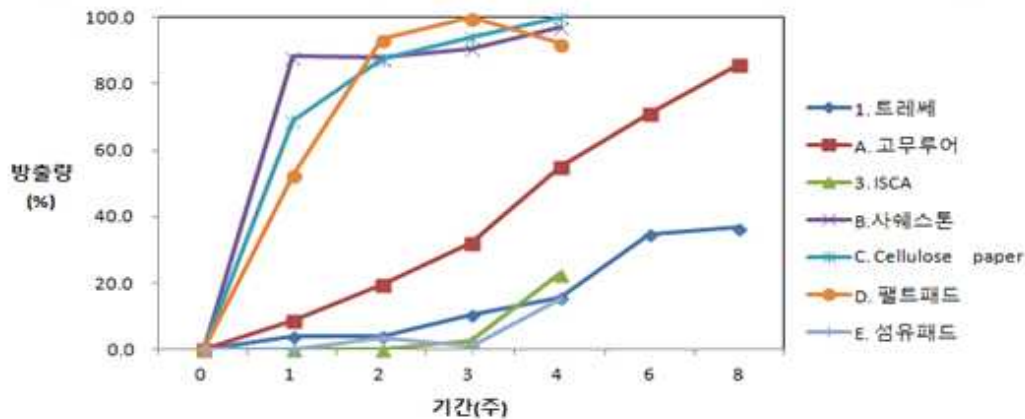
각 담체는 (주)그린아그로텍에서 제작하여 휘발성 테스트를 진행하였으며 각 담체는 아래와 같이 제작함.

	A	B	C	D	E
담체종류					
	고무루어	사웨스톤	Cellulose paper	펠트패드	섬유패드
페로몬 함량	1mg	1mg	1mg	1mg	1mg

#### 4. 페로몬 잔류함량 분석 결과

기간(주)	함량 (mg)				
	A (고무루어)	B (사웨스톤)	C (Cellulose paper)	D (펠트패드)	E (섬유패드)
0	0.942	1.057	1.185	1.273	1.234
1	0.862	0.124	0.366	0.605	1.259
2	0.759	0.128	0.147	0.083	1.194
3	0.640	0.100	0.069	0.000	1.223
4	0.425	0.031	0.000	0.100	1.046

#### 5. 페로몬 방출량 (%)



담체 선정을 하기 위해 5가지 담체 종류별 페로몬 방출 효과에 대해 실험을 진행하였다. 이 화학분석 경시변화 시험기준에 따라 오븐온도 32°C에서 약 4주간 페로몬 방출실험을 실시하였고, 매주 GC 분석하여 페로몬 함량을 측정하였다. 실험 결과 4주 동안 사웨스톤, Cellulose paper, 펠트패드는 방출량이 약 90% 이상이었으며, 고무루어 48%, 섬유패드 15%의 방출량을 보였다. 특히, 사웨스톤, Cellulose paper, 펠트패드는 페로몬의 약 80%가 2주 만에 방출되는 것을 확인 하였으며, 초기에 많은 양의 페로몬이 방출되어 적합하지 않음을 알 수 있었다. 매미나방 발생시기 (약1-2달)와 페로몬 사용유효기간(2달)을 고려하였을 때, 완전히 방출되는 고무루어가 장기적이면서 안정적인 유인효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되어, 야외유인효과 실험에 고무루어를 담체로 선정하여 실험을 진행하였다.

#### □ 매미나방 공시충 확보 및 사육

##### 1. 공시충 확보 및 사육 목적

매미나방은 연 1회 발생되므로 실외시험의 신뢰성을 확보하기 위해서 실내 유인효과 검증목적으로 2021년 6월, 7월경 경북 포항 및 칠곡 소재의 매미나방 성충을 채집하려 다녔으나 채집이 되지 않아 실내 유인효과실험을 진행하지 못하였다.

2022년 실내 유인효과 검증의 목적으로 알집을 채집하여 실내사육을 진행하였다. 2022년 3월 29일 칠곡하행 휴게소 소재에서 매미나방 알집을 채집하였다. 채집한 매미나방 알집을 사육용기 crystal grade polystyrene (PS)재질의 곤충 사육 상자(Insect BInsect Breeding Dish, Dish Style 100.00 mm x 40.00 mm)를 사용하였다. Frontier Scientific Services Agriculture사에서 판매하는 매미나방 전용 사료분말을 구입하여 제작 및 야외 나뭇잎을 공급하여 사육하였다. 각 사육용기에 나뭇잎 및 인공사료를 넣고 1주일에 3회씩 새로운 먹이를 교체하면서 3달동안 사육을 진행하였음.



### ① 매미나방 생활사

매미나방은 독나방과의 나방으로, 암컷은 짝짓기한 후 7월부터 숲이나 단단한 벽, 바위 틈 등 다양한 곳에 배의 털을 섞어서 알덩이를 붙여놓는다. 알은 1mm내외며, 이른 봄이면 이미 알껍데기 안에서 부화해 있다가 날씨가 따뜻하면 알을 깨고 나온다. 알은 공 모양으로 1.7mm정도이며 암컷의 노란 털로 덮여 있다. 난기간은 약 9개월이고 4월 중순경 부화한 유충은 4~5일간 난과 주위에 있다가 거미줄에 매달려 바람에 날려 분산한다. 유충은 기간은 45~66일로 기주식물에 따라 차이가 있으며 6월 중순 7월 상순에 수관에서 나뭇잎을 말고 번데기가 된다. 번데기 기간은 15일 내외이며 7월 상순에서 8월 상순에 우화한다. 성충의 수명은 7~8일이며 나무 줄기에서 약 8시간 동안 교미한 후 암컷은 10시간 이내에 줄기 또는 가지에 무더기로 산란한다. 암컷은 몸이 무거워 멀리 나지 못하나 수컷은 활발하게 날며 밤낮으로 활발히 암컷을 찾아 다닌다. 암컷은 지상 1~6m 높이의 수간에 80% 내외를 산란하며, 난과 당 알 수는 평균 500개이고 성충의 체모로 덮여 있다. 유충의 몸길이는 55mm 정도이며 머리는 황색이며 앞쪽에 검은 무늬가 있다. 등 위 앞쪽의 돌기는 암청색이고 뒤쪽의 것은 암적색인데 각 돌기에는 검고 긴 털이 많이 나 있다. 성충은 암수의 크기와 색깔이 다르다. 수컷 성충은 몸길이 17~21 mm, 날개 편 길이 41-54 mm이다. 더듬이는 닭털 모양으로 생겼으며 몸과 날개는 암갈색이고 날개 위에 구부러진 검은 무늬가 있다. 암컷 성충은 몸길이 20~40mm, 날개 편 길이 78~93 mm이다. 날개와 몸은 갈색을 띤 백색이고 더듬이와 다리는 흑색이다. 날개에는 담흑색의 가로 띠무늬가 4개로 조사되었다.

### ② 매미나방 사육용 사료 제작

블렌더 또는 믹서와 적절한 용기를 준비 한 후 819mL에 아가(20g)을 추가 한 후 계속 저어 주면서 100°C이상 끓입니다. 물처럼 흐물해지면 140.2g의 Dry Mix Pack, 20g의 지방 및 설탕, 1.6g의 비타민 믹스 및 0.8g의 Aureomycin을 첨가 한 후 교반한다. 덩어리가 생기지 않을 정도의 상태가 되면 50~60°C에서 페트리 디시에 분배 후 냉장보관 합니다.

#### 매미나방 사육용 사료 제작과정



### ③ 매미나방 사육과정

각 사육용기에 나뭇잎 및 인공사료를 넣고 1주일에 3회씩 새로운 먹이를 교체하면서 2022년 3월 29일에서 2022년 6월 18일까지 약 3개월 동안 사육을 진행하였다.

사육과정 중 애벌레의 경우 외부먹이로 인하여 바이러스, 곰팡이 세균 등으로 오염이 되어 3마리만 번데기로 변태하고 나머지 애벌레들은 모두 사멸하였다. 번데기 3마리 중 2 마리 수컷 성충으로 변태하였고, 나머지 1마리는 암컷 성충으로 변태하였다. 수컷성충과 암컷성충 동시에 우화할 경우 다음세대 알을 받을 수 있으나 수컷, 암컷 우화시기가 겹치지 않아 다음세대 알을 받을수가 없었다. 그리고 수컷 성충 2마리로만은 공시충 확보 수가 부족하여 페로몬 실내유인효과 실험을 진행할 수가 없었다.



## 매미나방 사육 제작과정



### □ 합성 성페로몬 매미나방에 대한 유인효과

#### 1. 시험목적

매미나방 유인 선발 페로몬 물질 효과 검증

#### 2. 시험 개요

매미나방 제조사별 페로몬 비교 시험 : 산림 5곳에 해외에서 유통되는 페로몬 4종과 자사에서 자체 합성한 페로몬 1종을 이용하여 경상북도 김천, 칠곡, 포항, 청송, 군위 5개지역 10실험군을 배치하여 조사하였다.

#### 3. 시험 방법

##### 1) 매미나방 페로몬 및 트랩 시험

##### 2) 장소 : 경상북도 칠곡군 왜관읍 아곡리 산 63

실험 조합 5개 시험구 트랩설치 - 설치 간격 트랩 당 20m 이격설치

경상북도 칠곡군 왜관읍 아곡리 350-6

실험 조합 5개 시험구 설치 - 설치 간격 트랩 당 20m 이격설치

경상북도 김천시 구성면 상좌원리 산 35

조성비실험 조합 5개 실험구 트랩 설치 - 설치 간격 트랩 당 20m 이격설치

경상북도 김천시 구성면 미평리 산 50

조성비실험 조합 5개 실험구 트랩 설치 - 설치 간격 트랩 당 20m 이격설치

포항지역의 죽방면 봉계리 272-1

실험 조합 5개 시험구 설치 - 설치 간격 트랩 당 20m 이격설치

포항지역의 죽방면 봉계리 384

실험 조합 5개 시험구 설치 - 설치 간격 트랩 당 20m 이격설치

청송 현서면 수락리 502-8

실험 조합 5개 시험구 설치 - 설치 간격 트랩 당 20m 이격설치

청송 현서면 갈천리 1078번지

실험 조합 5개 시험구 설치 - 설치 간격 트랩 당 20m 이격설치

군위 부계면 대울리 산 34-5

실험 조합 5개 시험구 설치 - 설치 간격 트랩 당 20m 이격설치

군위 부계면 춘산리 산 90

실험 조합 5개 시험구 설치 - 설치 간격 트랩 당 20m 이격설치

### 3-1 페로몬 및 유인 선발 물질 조성비

실험에 사용하는 페로몬은 총 5가지이며 이를 총 5개 지역에서 공시(본사 2021 사용 트랩 : 매미나방)을 사용하여 페로몬 제작사에 따른 유인력을 야외에서 검증하였으며, 페로몬은 각 20~30m 간격으로 동일한 일짜에 교체 하였다.

페로몬 조성비 실험의 목적은 자사에서 합성한 페로몬의 야외 유인력을 검정함과 동시에 해외에서 유통되는 매미나방 유인 페로몬과 자사 페로몬의 유인력을 검정하고자 실시하였으며, 총 5가지의 유인 선발 물질은 1. 자사(주)그린아그로텍 자체제작 페로몬, 2. 중국E사 완제품, 3. 미국C사 완제품, 4. 미국D사 완제품 5. 미국A사 완제품을 사용하였다. 또한 트랩은 2021년도에 사용한 자사의 매미나방 전용 트랩을 사용하였다.

### 3-2 매미나방 부화후 성충까지의 유효적산 온도

2022년도 4월 7일 경상북도 칠곡군 왜관읍 아곡리 산 63번지 일대에서 매미나방 난괴에서 부화한 1령 유충을 확인하여 칠곡의 4월 7을 일평균 기온을 기존 매미나방 논문에서 밝혀진 발육 영점온도인 9.25°C를 기준으로 조사기간 내의 유효 적산온도를 칠곡, 지역과 천 지역의 시험구를 대상으로 조사하였다. 각 지역의 일평균 온도는 기상청 파일 공유 사이트를 통해 다운 받아 유효적산온도를 계산하였다.

### 3-3. 매미나방 페로몬 트랩 시험 장소

#### 1) 칠곡 야외 조사 지역



칠곡군 조사지역 2022년 04년 07일 경상북도 칠곡군 왜관읍 아곡리 산63일대에서 매미나방 난괴에서 부화한 애벌레를 확인 장소(황색점)을 기준으로 2022년 6월3일 설치 하였다.

- 실험구역 1는 5개의 조사용 트랩을 설치 하였으며 5개 조사용 트랩은 조성비 시험용 5가지 (조성비 시험 : 조1,조2,조3,조4,조5 표시) 순서대로 설치하였으며, 트랩간의 이격은 각 20M의 거리를 두어 설치하였다.

- 실험구역 2는 황색점에서 동남방향으로 40M 떨어진 지방도 79번 도로의 접도 구역에 설치 하였으며, 5개의 조사용 트랩은 좌측에서 부터 트랩시험(T-5)을 시작으로 조성비 시험용 5가지 (조성비 시험 : 조5,조4,조3,조2,조1 표시)을 순서대로 설치하였으며, 트랩간의 이격은 각 20M의 거리를 두어 설치 하였다. 실험구 1과 역순으로 조사용 트랩을 설치한 이유는 동일한 조성비에 의한 페로몬 혼돈을 방지하기 위해서 역순으로 설치하였다.

#### 2) 김천 야외 조사 지역

김천시 조사지역 2022년 04년 07일 경상북도 칠곡군 왜관읍 아곡리 산63으로부터 직선거리로 약 40KM 이상 떨어졌으며, 최초 실험 설계획에는 없었으나, 2022년 6월 28일 경북 김천시 구성면 상좌원리 328-2번지에서 비행하는 매미나방을 발견하여 당일 긴급하게 트랩을 설치 하였다.



- 실험구역 1는 경상북도 김천시 구성면 상좌원리 산35번지에 5개의 조사용 트랩을 설치하였으며, 시험용 5가지 (조성비 시험 : 조2, 조1, 조5, 조4 조3 표시) 트랩을 설치하였다. 트랩간의 이격은 각 20M의 거리를 두어 설치하였다. 이 지역은 주변의 농경지와 임야로 이루어진 지역으로 매미나방이 유안으로 관측된 상좌원리 328-2번지와 약 100M이상 떨어진 지역이다.

- 실험구역 2는 경상북도 김천시 구성면 미평리 산30번지에 설치하였으며, 실험구역 1과 같이 조성비 시험 4개(조성비 시험 : 조1, 조2, 조4, 조5, 조3 표시)의 실험구역 1과 실험구역2 직선 거리로 약 1.3KM 거리를 두는 지역이며 주변 산지와 국도 3호선이 지나가며 김천시를 지나가는 감천이 지나가는 지역으로 트랩 설치 저녁 8시경에도 매미나방의 성충이 비행을 유안으로 확인한 지역이다.

### 3) 포항 야외 조사지역

#### ▶ 포항 A



#### ▶ 포항 B





- 포항지역의 야외조사는 죽방면 봉계리 2곳에서 실시하였으며, 실험구역 1은 죽방면 봉계리 272-1번지에서 진입도로를 기준으로 조1, 조2, 조3, 조4, 조5의 순으로 트랩을 설치하여 시험하였다. 실험구역2는 죽방면 봉계리384번지 일대의 임야 지대에 조5, 조4, 조3, 조2, 조1의 순으로 트랩을 설치하여 조사하였으며 트랩당 거리는 최소 20m 이상의 거리를 두고 주변 환경을 고려하여 설치하였다.

4) 청송 야외 조사지역

▶ 청송 A



▶ 청송 B



- 청송지역의 야외조사는 현서면 수락리와 갈천리 2곳에서 실시하였으며, 실험구역1은 현서면 수락리 502-8번지 일대에서 하천과 임야를 기준으로 조2, 조1, 조3 임야지에, 조4, 조5는 하천지대에 설치하였으며, 시험구역2 현서면 갈천리 1078일대에서 하천과 임야 경계부에 조1, 조2, 조3, 조4, 조5

순으로 트랩을 설치하여 조사하였으며 트랩 당 거리는 최소 20m 이상의 거리를 두고 주변 환경을 고려하여 설치하였다.

5) 군위 야외 조사지역

- 군위 지역의 야외조사는 부계면 대울리 와 춘산리 2곳에서 실시하였으며, 시험구역1은 부계면 대울리 산 34-5 일대 의 임야 지역에 조1, 조2, 조3, 조4, 조5 순으로 설치하였으며, 시험구역2 부계면 춘산리 산 90 조1, 조2, 조3, 조4, 조5 순으로 트랩을 설치하여 조사하였으며 트랩 당 거리는 최소 20m 이상의 거리를 두고 주변 환경을 고려하여 설치하였다.

▶ 군위 A



▶ 군위 B



4. 시험 결과

4.1 2022 매미나방 유인 포획 결과

- 2022년 매미나방 트랩은 최초 애벌레부가 확인 된 2022년 4월 7일 이후 약 2개월 후인 6월 3일 설치하였으며, 이는 2021년도 조사일보다 설치일 6월 23일보다 약 20일 앞당겨 설치 하였다. 설치를 당긴 이유는 매미나방의 개체수의 감소로 시험의 어려움을 예상, 매미나방의 포획이 없을 경우 강원 지역으로 이동을 염두하고 조사용 트랩을 설치하였다.

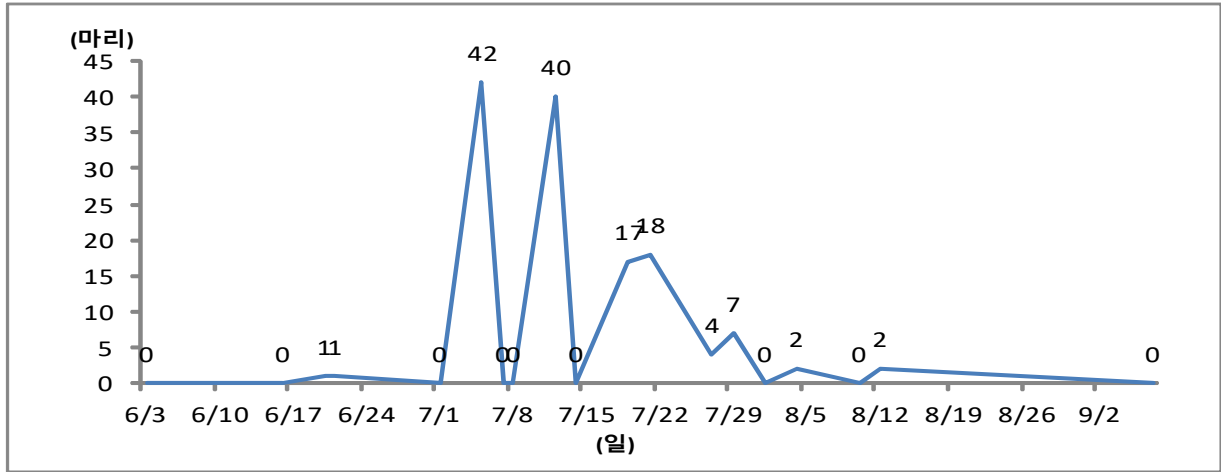


그림 1 . 2022 매미나방 경북지역 발생소장

설치지역은 크게 경상북도 김천시, 칠곡군, 포항, 청송, 군위 5개 시군에서 시험지역을 선적하여, 5개의 지역에 2개의 야외 조사지역을 선정하여 5개의 매미나방 페로몬 조성비를 시험하였다. 지역의 설치일은 다소 차이가 있지만, 6월3일 칠곡에서 페로몬 트랩을 설치후 9/7일까지 조성비 시험의 매미나방 포획 유인효과를 검정하였다. 총 기간 86일에 포획된 매미나방은 총 134마리 포획 되었다.

구역	일																			합계	
		6/3	6/8	6/16	6/20	6/21	6/22	6/27	6/28	6/29	7/5	7/8	7/12	7/19	7/27	7/29	8/1	8/10	8/12		8/17
칠곡1	1	설치	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	2	1	0	0	0	0	0	0	8
	2	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5		0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	3	1	0	0	0	0	0	0	9
칠곡2	1	설치	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	8
	2	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5		0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	2	3	0	0	0	0	0	0	9
김천1	1								설치	0	8	0	6	1	1	0	0	0	0	0	16
	2								"	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	3								"	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	4								"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5									0	9	0	7	2	0	0	0	0	0	0	18
김천2	1								설치	0	5	0	7	4	1	0	0	0	0	0	17
	2								"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3								"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4								"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5									0	5	0	7	3	2	0	0	0	0	0	17
합계			0	0	1	1	0	0	0	42	0	40	17	4	0	0	0	0	0	0	105

표 1. 김천, 칠곡 지역의 2022 매미나방 포획 조사 기록 야장.



지역	페로몬	6/10	6/24	7/1	7/7	7/14	7/21	7/29	8/4	8/12	8/19	8/26	9/7	합계
포항 A	①	설치	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	종료	2
	②		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	③		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	④		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	⑤		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		0
포항 B	①		설치	0	0	종료								0
	②			0	0		0							
	③			0	0		0							
	④			0	0		0							
	⑤			0	0		0							
청송 A	①	설치	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	종료	1
	②		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	③		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	④		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	⑤		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
청송 B	①		설치	0	0	종료								0
	②			0	0		0							
	③			0	0		0							
	④			0	0		0							
	⑤			0	0		0							
군위 A	①		설치	7	3	0	0	0	0	0	0	0	종료	10
	②			0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	③			0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	④			0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	⑤			8	4	0	0	0	0	0	0	0		0
군위 B	①		설치	1	0	0	0	0	0	0	0	0	종료	1
	②			0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	③			0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	④			0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	⑤			2	0	0	0	0	0	0	0	0		0
합계		0	0	0	0	0	18	7	2	2	0	0	29	

표 2. 포항, 청송, 군위 지역의 2022 매미나방 포획 조사 기록 야장

	6/3	6/16	6/20	6/21	7/1	7/5	7/7	7/8	7/12	7/14	7/19	7/21	7/27	7/29	8/1	8/4	8/10	8/12	9/7	합계
1	0	0	0	1	0	20	0	0	18	0	8	8	2	3	0	1	0	2	0	63
2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0	22	0	0	19	0	9	10	2	4	0	1	0	0	0	68
합계	0	0	1	1	0	42	0	0	40	0	17	18	4	7	0	2	0	2	0	134

표 3. 페로몬에 따른 기간별(6/3~9/7) 매미나방 포획 마리

- 표3.에서와 같이 경상북도 시험지 5곳에서 총 134마리의 매미나방이 2022년도 페로몬에 유인 포획되었다. 시험용 페로몬 시험구배치 번호는 1. 자사 - 그린아그로텍 자체 제작 페로몬에 총 63, 2. 중국E사 완제품 2마리, 3. 미국C사 완제품 1마리, 4. 미국D사 완제품 0마리, 5. 미국A사에서 68마리로 가장 많은 매미나방이 유인 포획되었다.

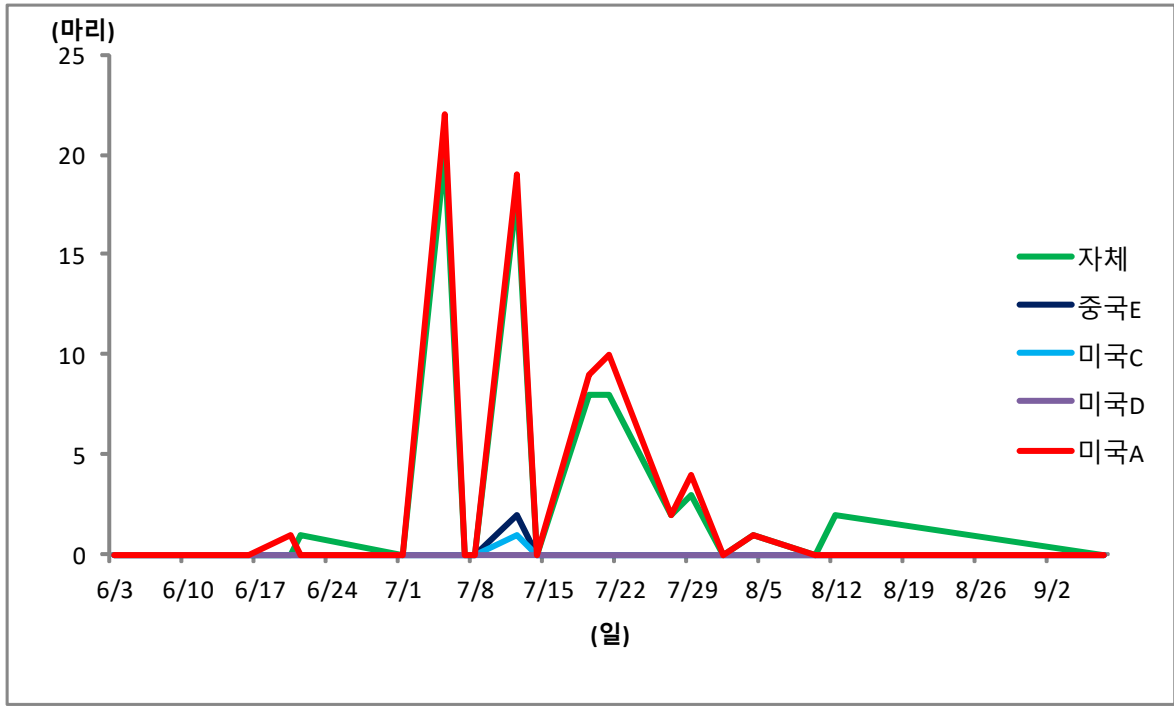


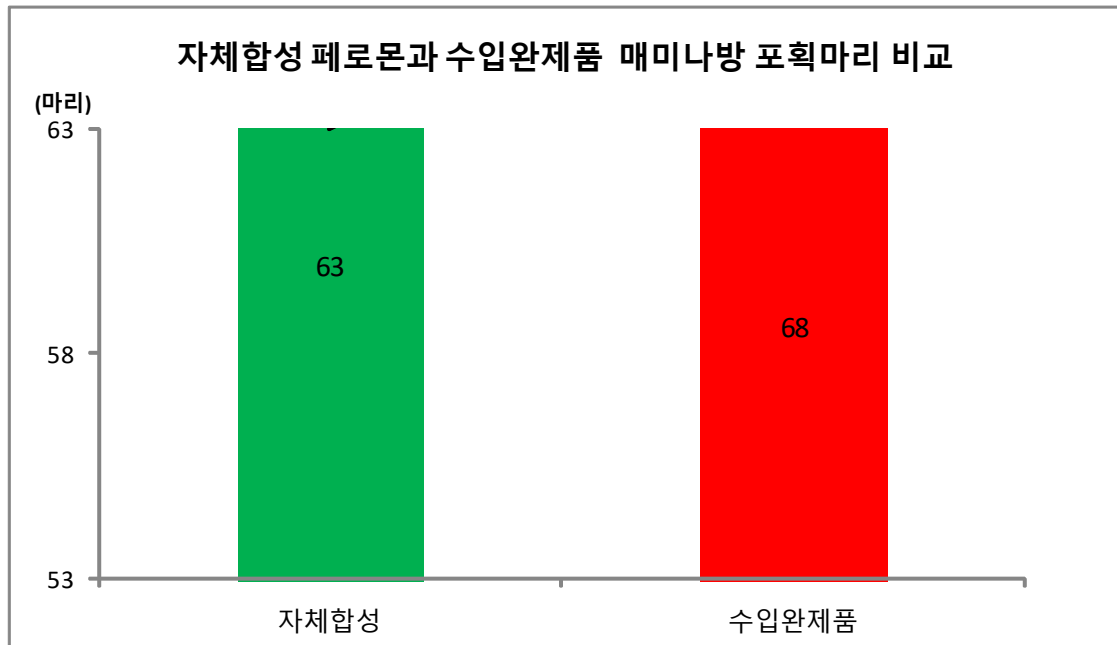
그림 2. 매미나방 조성비에 따른 2022 발생소장

총 134마리의 유인 포획된 매미나방 중에서 그린아그로텍 시험용 제품과 미국A사 완제품에서 전체 131마리, 전체 98%의 포획율을 나타냈다.

이를 좀더 세분화하여 비교하면 짧은 연구 기간 임에도 불구하고 자사(그린아그로텍)의 합성 페로몬과 이미 시중에 널리 유통되고 있는 미국A사와의 매미나방 유인을 비교하였다. 자사에서 합성하여 시험용으로 만든 매미나방의 페로몬에 유인된 매미나방은 총 63마리였으며, 해외 수입완제품에서 유인된 매미나방의 총 개체수는 68마리로 자사페로몬의 효과가 결코 수입 완제품에 뒤지지 않는 유인력을 확인하였다.

	6/3	6/16	6/20	6/21	7/1	7/5	7/7	7/8	7/12	7/14	7/19	7/21	7/27	7/29	8/1	8/4	8/10	8/12	9/7	합계
자체합성	0	0	0	1	0	20	0	0	18	0	8	8	2	3	0	1	0	2	0	63
수입완제품	0	0	1	0	0	22	0	0	19	0	9	10	2	4	0	1	0	0	0	68

또한, 자사가 자체 합성하여 시험한 페로몬 조성비에서 63마리의 매미나방이 포획되었으나, 미국A사를 제외한 나머지 제조사 3개가에서 유인포획된 매미나방의 총합은 3마리로 자사 페로몬에 비해 유인 효과가 매우 낮았다. 자사의 매미나방 페로몬이 우수한 것으로 조사되었으며, 미국A사 페로몬과는 동일한 성능이 있는 것으로 판단된다.



- 이로서 자사페로몬과 미국A사 페로몬과의 효과적인 차이가 없음을 확인하였다. 페로몬 자체의 문제가 없음을 확인하였고 내년에는 트랩 개발에 집중할 것이다.

#### 4.2 매미나방 유효적산온도와 성충 발생과의 상관관계

- 2022년 칠곡군 왜관읍 아곡리 산 63번지에서 관측된 갓 부화한 매미나방 애벌레를 기준으로 김천과 칠곡의 매미나방 유효 적산온도를 기상청 데이터를 다운받아 일별로 매미나방의 유효적산온도를 계산하였다. 매미나방의 유효적산온도는 국내외 논외의 평균값인 9.25°C를 매미나방의 발육영점온도 기준 값으로 설정하여 유효적산온도를 계산하였다.

연월일	김천			칠곡			연월일	김천			칠곡			연월일	김천			칠곡		
	온도	T-T'	누적	온도	T-T'	누적		온도	T-T'	누적	온도	T-T'	누적		온도	T-T'	누적	온도	T-T'	누적
4/7	11	2	2	13	4	4	5/21	20	10	263	23	13	356	7/4	28	19	864	29	19	1015
4/8	11	2	4	14	5	9	5/22	21	12	275	24	15	371	7/5	28	19	883	28	19	1034
4/9	15	6	9	17	8	17	5/23	22	12	287	24	15	385	7/6	29	20	902	29	20	1053
4/10	16	7	17	19	9	27	5/24	22	13	300	25	16	401	7/7	29	20	922	29	20	1074
4/11	18	9	26	20	11	37	5/25	22	13	313	23	14	416	7/8	28	18	940	29	19	1093
4/12	19	10	35	22	13	50	5/26	20	11	324	22	12	428	7/9	26	17	957	28	19	1112
4/13	12	3	39	14	5	55	5/27	19	10	334	22	13	441	7/10	28	19	977	29	19	1131
4/14	9	0	38	11	1	57	5/28	20	11	345	22	13	454	7/11	25	16	993	26	17	1148
4/15	12	2	40	13	4	60	5/29	21	12	357	23	14	468	7/12	26	17	1010	26	17	1165
4/16	11	1	42	13	4	64	5/30	21	12	369	23	14	482	7/13	24	15	1024	24	15	1181
4/17	11	2	44	14	4	68	5/31	22	13	382	24	15	496	7/14	27	18	1042	28	18	1199
4/18	14	5	48	16	7	75	6/1	22	12	395	24	15	511	7/15	26	16	1058	27	18	1217
4/19	14	4	53	17	7	83	6/2	22	12	407	24	15	526	7/16	25	15	1074	26	17	1234
4/20	14	4	57	16	7	90	6/3	23	14	421	25	15	541	7/17	25	16	1090	26	17	1251
4/21	10	1	58	13	4	94	6/4	22	13	434	23	14	555	7/18	21	12	1102	23	13	1264
4/22	16	6	64	18	9	103	6/5	17	8	441	18	9	564	7/19	25	16	1118	26	17	1282
4/23	19	10	74	20	11	113	6/6	18	9	450	19	10	574	7/20	27	17	1136	28	19	1300
4/24	19	9	83	20	11	124	6/7	16	7	457	17	8	582	7/21	24	15	1150	25	16	1316
4/25	18	9	92	21	12	137	6/8	17	8	464	18	9	590	7/22	26	16	1167	26	17	1333
4/26	17	8	100	18	9	145	6/9	18	8	473	20	11	601	7/23	25	15	1182	25	16	1349
4/27	17	7	107	18	9	154	6/10	20	11	484	22	13	615	7/24	25	16	1198	26	17	1366
4/28	15	6	113	16	7	161	6/11	22	12	496	23	13	628	7/25	28	18	1216	29	19	1385
4/29	11	2	115	12	3	164	6/12	20	11	508	22	12	640	7/26	27	18	1234	28	19	1404
4/30	13	3	118	14	5	169	6/13	20	11	519	21	12	652	7/27	26	17	1251	26	17	1421
5/1	12	3	122	14	5	175	6/14	16	7	525	17	8	660	7/28	26	17	1267	26	17	1438
5/2	11	1	123	13	4	178	6/15	18	9	534	19	10	670	7/29	29	19	1287	29	20	1458
5/3	12	3	126	14	4	182	6/16	21	12	546	23	13	683	7/30	27	17	1304	28	18	1476
5/4	15	6	131	17	8	191	6/17	23	14	559	24	15	699	7/31	26	16	1320	27	17	1494
5/5	17	7	139	19	10	200	6/18	26	17	576	27	17	716	8/1	26	17	1337	28	19	1512
5/6	18	9	147	20	11	211	6/19	26	16	593	27	18	734	8/2	28	19	1356	27	18	1530
5/7	18	8	156	20	11	222	6/20	27	17	610	28	19	753	8/3	29	20	1376	30	20	1551
5/8	16	7	162	17	8	230	6/21	28	18	629	28	19	771	8/4	28	19	1395	29	20	1571
5/9	15	6	168	16	7	237	6/22	29	19	648	29	20	791	8/5	28	19	1413	29	20	1590
5/10	12	3	171	17	8	244	6/23	25	16	664	26	17	808	8/6	29	20	1433	30	21	1611
5/11	22	13	184	20	11	256	6/24	28	19	683	27	18	826	8/7	29	20	1453	29	20	1631
5/12	20	10	194	21	12	267	6/25	26	17	700	26	17	843	8/8	28	18	1471	29	19	1650
5/13	16	7	201	17	8	275	6/26	27	18	717	27	18	861	8/9	28	18	1490	28	19	1669
5/14	15	6	208	18	8	283	6/27	26	17	734	27	17	878	8/10	25	16	1506	27	18	1687
5/15	15	6	214	17	7	291	6/28	28	19	753	28	19	897	8/11	24	15	1521	26	16	1703
5/16	14	5	218	17	8	298	6/29	28	19	772	28	19	916	8/12	28	18	1539	28	19	1723
5/17	16	7	225	19	9	308	6/30	27	18	790	29	19	935	8/13	26	16	1555	26	17	1740
5/18	19	10	235	21	12	320	7/1	27	17	808	29	19	955	8/14	28	19	1574	28	19	1758
5/19	18	9	244	21	12	331	7/2	28	19	826	29	20	975	8/15	28	19	1593	29	20	1778
5/20	18	9	253	21	11	343	7/3	28	19	845	30	21	995	8/16	25	15	1608	25	16	1794

표 5. 2022년 매미나방 김천, 칠곡 지역 일변 온도 데이터의 매미나방 유효적산온도

	6/8	6/16	6/20	6/21	6/22	6/27	6/28	6/29	7/5	7/8	7/12	7/19	7/27	7/29	8/1	8/10	8/12	8/17	합계
칠곡	마리	0	0	1	1	0	0	0	15	0	10	7	0	0	0	0	0	0	34
	온도			753	771				1034		1165	1282	1421						
김천	마리							0	27	0	30	10	4	0	0	0	0	0	71
	온도								883		1010	1118	1251						

표 6. 2022 매미나방 일별 유효적산온도와 포획마리

- 칠곡지역에서 포획된 2022 최초 매미나방은 부화일(2022.04.07) 유효적산온도로 753도 인 6/20일에 포획되었다 실험실 사육평균 온도 25도 가정할 경우 약 30일 만에 성충으로 탈피 되었으며, 칠곡의 매미나방 포획 최성기인 7/5일의 유효적산온도는 1034도 이었으며, 김천시의 매미나방 포획 최성기

인 7/12일의 유효적산온도는 1010도로 두지역의 날짜상의 차이는 있지만 표준 적산온도로 환산할 경우 온도에서의 차이는 24도로, 이정도 차이는 비슷한 수준으로 보아도 무방할 것 같다. 각 지역의 최성기 때의 유효적산온도를 실험실 사육 평균 온도 25로 가정하고 계산하면, 매미나방의 성충은 칠곡 41일, 김천 40일로 출현하는 것으로 나타났다. 이결과는 기존 실내사육의 실험 온도 25°C 조건에서 매미나방의 성충 출현이 암컷 46.7±2.2일, 수컷 43.2±2.4일의 범위 안에 들어 야외에서 알에서 부화 확인이 된다면 적산온도를 산정하여 적용 할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 매미나방이 유효적산온도를 좀 더 연구할 경우 성충 발생일 이전에 트랩을 설치하여 성충의 이동과 교미를 억제 하여, 매미나방의 밀도를 감소하거나 방제시기를 결정하는데 중요한 자료로 활용 할 수 있을 것으로 판단된다.

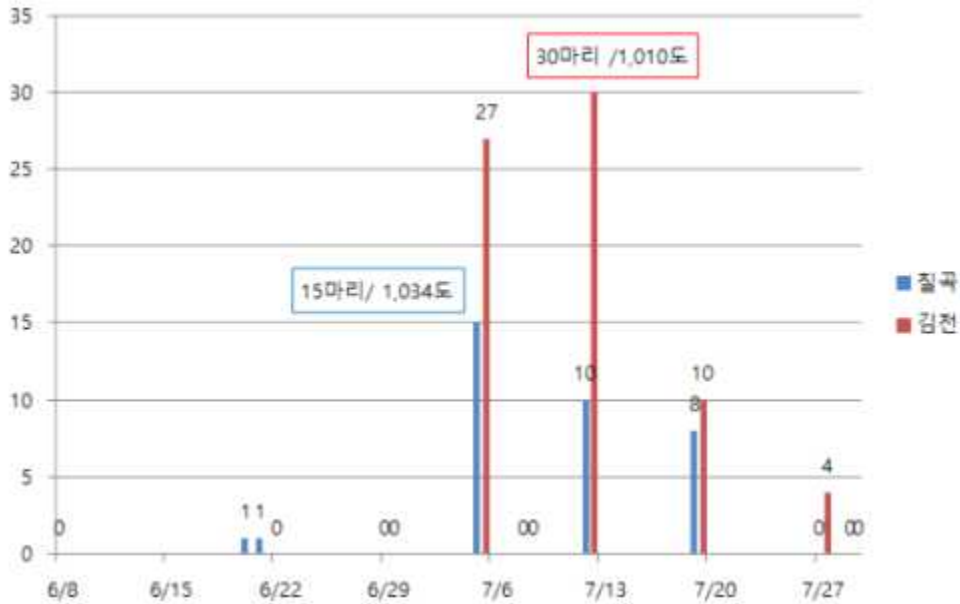


그림 3. 2022 김천, 칠곡 지역의 매미나방 포획 초성기 유효적산온도

### 5. 고찰

2022년의 매미나방 조사의 경우 매미나방의 다양한 밀도 개체군의 감소로 실험에 어려움이 많았으나, 자사페로몬이 시중 유통되는 일부 제품 보다는 유인포획 효과가 유사하다. 오랜 역사와 기술을 가진 미국A사 제품과 동일한 성능을 발휘하여, 페로몬 자체보다는 2023년에는 페로몬 트랩 연구를 병행하여 할 경우 미국A사 제품을 뛰어넘는 제품으로 발전할 수 있을 것으로 판단된다.



천적 해충에 의한 매미나방 알집 피해 사진(추정)



천적 바이러스 or 균에 의한 매미나방 알집 피해 사진 (추정)



그림 4. 다양한 매미나방의 천적 발생으로 인한 밀도 감도(추정)





그림 5. 2022 4월07일 발견한 난괴에서 갓 부화한 매미나방



그림 6. 산림청 국립산림과학원 매미나방 예상 유충 부화일



그림 7. 2022 06.03일 칠곡 트랩 설치 사진



그림 8. 2022. 6.28 김천지역 설치 사진



그림 9. 2022. 07.19 포획 트랩에 포획된 매미나방

□ 매미나방 외 외래해충 생물적방제제 성페로몬 및 트랩 개발

1. 멸강나방 성유인 페로몬 탐색 및 선발



멸강나방 유충 및 성충 사진

멸강나방은 주로 중국에서 우리나라 서해안으로 날아들어 옥수수, 목초, 벼 등에 피해를 준다. 한 마리의 암컷 성충은 실내 조건에서 약 700개의 알을 낳고, 부화유충은 자벌레처럼 운동하며 심부의 잎을 갉아먹는다. 4령 이후에는 야행성이 되며 폭식하므로 그 피해가 크다. 지구온난화로 멸구, 나방 등 외국에서 국내로 날아오는 해충의 발생 시기가 점점 빨라지고 있다.

멸강나방 발생도 예년보다 빨라질 것으로 예상이 되며, 옥수수, 목초류 등 재배포장 조기에찰과 신속한 방제가 필요하다.

① 멸강나방 타사제품 성페로몬 정성 및 정량 분석

○ 제조사 : 네덜란드A사



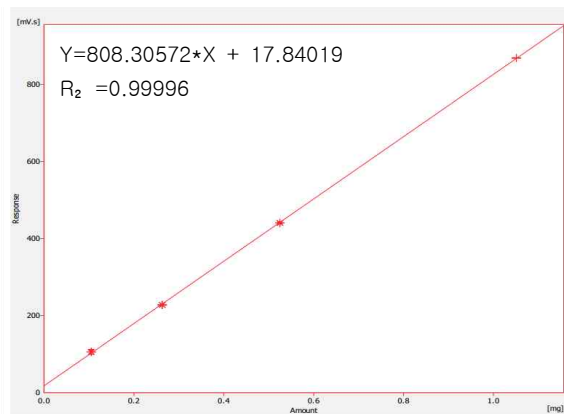
○ GC 분석 조건

Instrument	Thermo Scientific FOCUS GC system
Inlet mode	splitless
Column	TG-5Ms (30 m × 0.25 mm I.D., 0.25 μm)
Carrier gas	N2
Detector	Flame Ionized Detector
Flow rate	1.0 ml/min
Oven temp.	50°C (1min) - 10°C/min-> 230°C (5min)
Injection Temp.	250°C
Detector Temp.	250°C
Injection vol.	1 μL

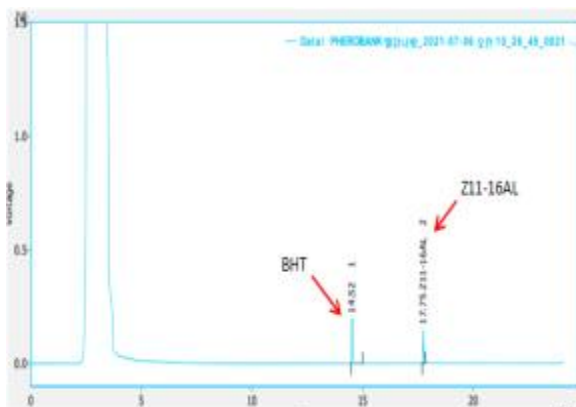
○ 분석방법

- ① vial(루어)을 10ml vial에 넣은 후 헥산 10ml 부가
- ② 배양기에 넣고 2hr shaking(28°C, 180rpm) 후 GC 분석

○ 검량선



○ 결과



성분	RT(min)	분석함량(mg)
Z11-16AL	17.748	0.45
BHT	14.345	0.8

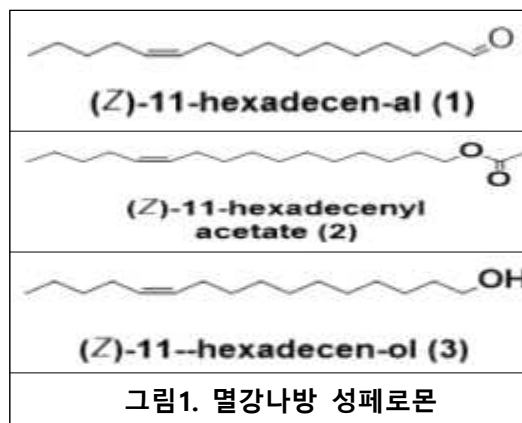
- 네덜란드A사 제품은 담체로 vial을 사용하였으며, 성분 확인 결과 Z11-16AL 성분만 확인되었으며 함량은 area 값을 비교하여 약 0.5mg 일 것으로 예상이 됨.

멸강나방은 Z11-16Al 또는 Z11-16AC를 주요 성분으로 하는 지리적 집단 특이적으로 성페로몬을 방출하는 것으로 알려졌다. 페로몬 혼합의 구성 물질과 비율은 집단마다 다르다. (Jiang et al., 2019) 멸강나방은 지리적 집단에 따라 성페로몬의 혼합비율은 큰 차이로 보이며 대략 두 가지로 주요성분이 분류된다. 하나는 Z11-16AC 성분이며 (Fónagy et al., 2011; Kou et al., 1992; Takahashi et al., 1979) 또 다른 하나는 Z11-16AL 성분이다. (Lebedeva et al., 2000; Zhu et al., 1987). 주성분인 Z11-16Al 단독으로 야외실험을 진행하였을 때, 멸강나방 유인력이 높음을 확인하였다. (Zhu et al., 1987 Wei et al., 1985) 또한 국내에서 검토된 결과(Uhm et al., 2006) 구성 화합물인 (Z)-11-hexadecenal, (Z)-11-hexadecenyl acetate, (Z)-11-hexadecenol 성분을 5:5:0.1의 비율로 야외실험을 진행하였을 때, 멸강나방이 유인되는 것을 확인하였다.

이러한 선행연구를 바탕으로 Z11-16Al, Z11-16AC, Z11-16OH를 성페로몬으로 선정하여 합성 공정 개발을 진행하였으며, 국내 최적 적합 비율에 대한 유인력 실험을 진행하였다.

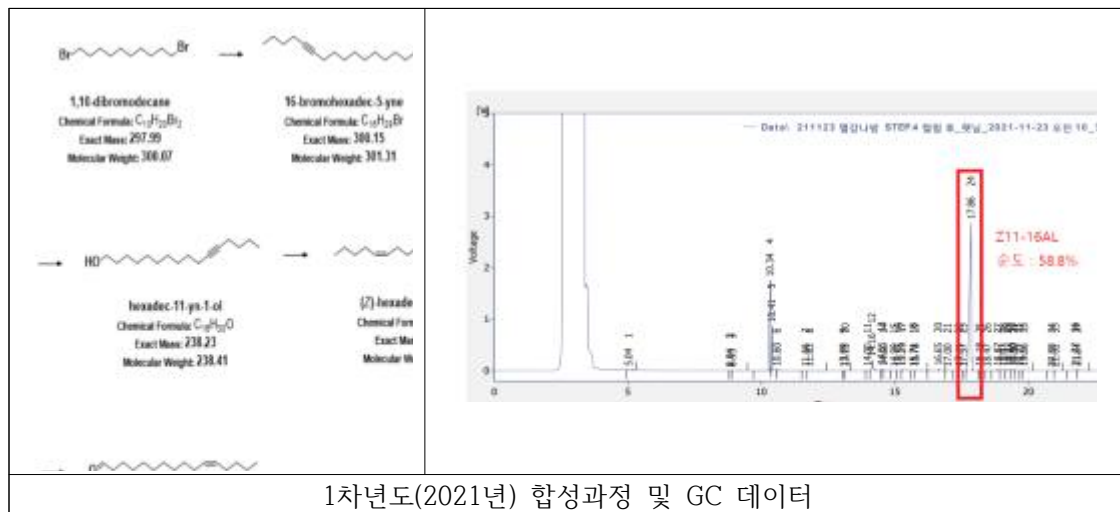
## 2. 멸강나방 페로몬 합성 공정 개발

- 멸강나방 성페로몬은 성분: (Z)-11-hexadecen-1-al, (Z)-11-hexadecenyl acetate, (Z)-11-hexadecenol
- 멸강나방 학명 및 영명 *Mythimna separata*, the Ear-cutting caterpillar
- 페로몬 구성비 및 구조 : (Z)-11-hexadecen-1-al, (Z)-11-hexadecenyl acetate, (Z)-11-hexadecenol



### ① 출발물질 1,10-dibromdecane 합성방법

1,10-dibromdecane을 출발물질로 하여 1-hexyne과 couplig 한 후, Ni 환원하여 Z-이성질체를 도입하여 마지막으로 acetylation하여 목적화합물 멸강나방 성페로몬의 주성분 **(Z)-11-hexadecen-1-al** 을 합성하였다.



1차년도(2021년) 합성과정 및 GC 데이터

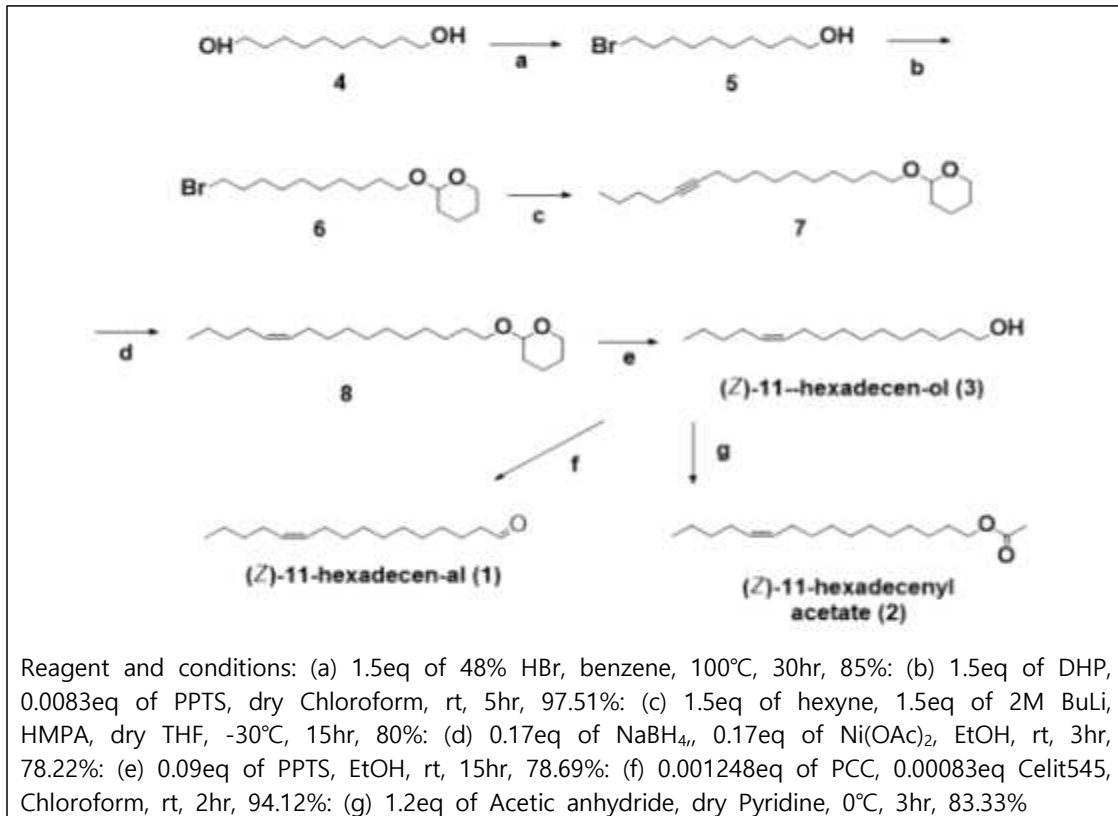
1차년도 연구된 합성방법은 1,10-decanediol을 출발 물질로 하는 방법이다. 합성단계는 짧으나 각 단계마다 불순물이 생성되어 정제를 하여도 최종 순도가 낮아 2차년도에는 1,10-decanediol을 출발 물질로 하는 방법을 개발하였다.

## ② 출발물질 1,10-decanediol을 이용한 합성방법

2차년도 연구된 합성방법은 1,10-decanediol을 출발 물질로 하는 방법이다. 먼저 diol 을 HBr 로 monobromination 시켜 합성된 **10-bromodecane-1-ol**의 hydroxy기를 pyridine *p*-toluenesulfonate (PPTS) 촉매 하에 3,4-dihydro-2-H-pyran (DHP)으로 보호한다. 계속해서 1-hexyne과 coupling 하고 Ni 촉매로 환원시켜 (Z) 화합물을 만든 뒤 PPTS 로 보호기를 제거하여 (Z)-11-hexadecen-1-ol (3)을 합성하였다.

(Z)-11-hexadecen-1-ol(3)에 pyridine과 acetic anhydride를 반응시켜 (Z)-11-hexadecen-1-yl acetate(2) 물질을 합성하였으며, 또한 (Z)-11-hexadecen-1-ol에 PCC를 반응시키면 (Z)-11-hexadecen-1-al (1)을 합성하였다.





### 3. 합성 페로몬 물질 규명

① (Z)-11-hexadecen-1-al, (Z)-11-hexadecenyl acetate, (Z)-11-hexadecenol 물질 분석

- 유기분광학적 분석방법 및 최신 분석기기 등 이용

멸강나방 페로몬의 성분 (Z)-11-hexadecen-1-al, (Z)-11-hexadecenyl acetate, (Z)-11-hexadecenol 합성한 물질의 구조분석(탄소와 수소의 개수 및 위치 확인)을 위해 NMR(Nuclear Resonance Spectrometer)과 GC(Gas chromatography) 및 GC-MS 분석 장비를 이용하여 각 성분의 물질을 동정하였다.

가. 수소 핵자기 공명 (<sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR) 스펙트럼 측정

- (Z)-11-hexadecen-1-al(1)

수소 핵자기 공명 (<sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR) 스펙트럼은 Avance Digital 500MHz Spectrometer 를 이용하였고 화학적 이동은 ppm 단위로 나타내었으며 다음과 같이 기록 하였다. 1개의 알데하이드와 탄소수 16개 C, H, O로 구성되어 있는 유기화합물이다. 총 탄소 16개, 수소 30개, 산소 1개의 원소로 이루어져 분자량이 238.41 이다. 이러한 구조적인 특징을 이용하여 합성된 화합물의 구조를 확인하였다. 이들 화합물의 배열형태를 구체적으로 확인하기 위해 1H NMR 및 13C NMR 분석을 실시하여 말단 CH<sub>3</sub> 3개, CH<sub>2</sub> 24개, 알데하이드 위치 1H NMR 9.77 ppm확인하였고, 이중결합의 위치는 1H NMR 5.40-5.30 ppm의 수소 피크를 확인하였다. 아래의 스펙트럼 분석결과 수소의 종류와 개수확인 및 수소가 존재하는 주변 환경에 대한 직접적인 정보를 확인결과 (Z)-11-hexadecen-1-al 성분임을 확인하였다.



ppm확인하였고, 이중결합의 위치는  $^1\text{H}$  NMR 5.40-5.30 ppm의 수소 피크를 확인하였다. 아래의 스펙트럼 분석결과 수소의 종류와 개수확인 및 수소가 존재하는 주변 환경에 대한 직접적인 정보를 확인결과 (Z)-11-hexadecen-1-ol 성분임을 확인하였다.

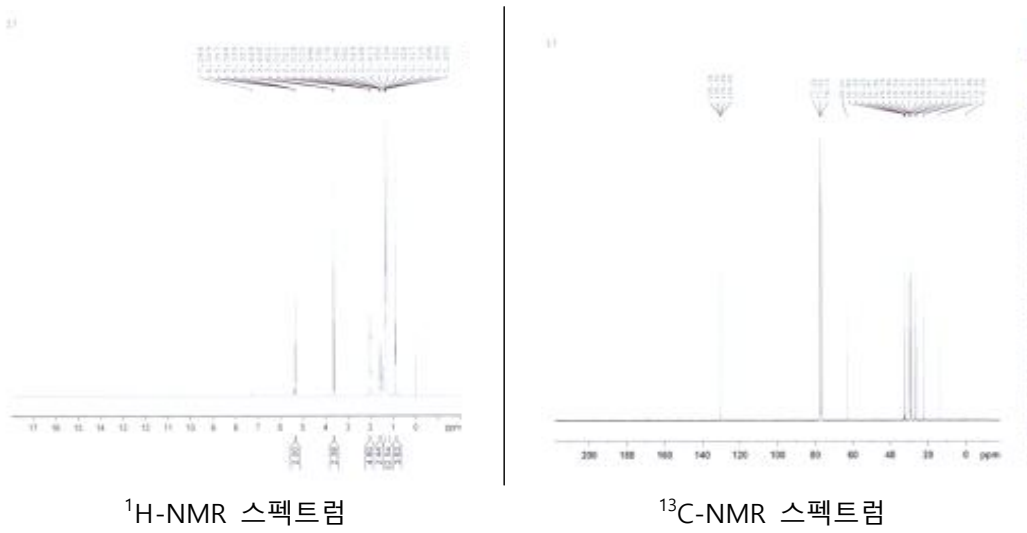


그림 2. (Z)-11-hexadecen-1-ol (3)의 NMR 스펙트럼

나. GC(Gas chromatography) 분석

<p><b>Z11-16Al</b> <b>(1)</b></p>	<p>Chromatogram showing Voltage vs Time [min]. Major peak at 17.80 min. Purity: 93.6%.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Retention Time [min]</th> <th>Approx. Voltage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10.27</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>13.71</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>14.25</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>14.52</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>16.65</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>17.53</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>17.80</td><td>3.8</td></tr> <tr><td>18.89</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>19.22</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>19.88</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>19.91</td><td>0.8</td></tr> </tbody> </table>	Retention Time [min]	Approx. Voltage	10.27	0.8	13.71	0.8	14.25	0.8	14.52	0.8	16.65	0.8	17.53	0.8	17.80	3.8	18.89	0.8	19.22	0.8	19.88	0.8	19.91	0.8
Retention Time [min]	Approx. Voltage																								
10.27	0.8																								
13.71	0.8																								
14.25	0.8																								
14.52	0.8																								
16.65	0.8																								
17.53	0.8																								
17.80	3.8																								
18.89	0.8																								
19.22	0.8																								
19.88	0.8																								
19.91	0.8																								
<p><b>Z11-16Ac</b> <b>(2)</b></p>	<p>Chromatogram showing Voltage vs Time [min]. Major peak at 19.68 min. Purity: 99%.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Retention Time [min]</th> <th>Approx. Voltage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>17.90</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>18.09</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>18.17</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>18.69</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>19.68</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>20.11</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>20.19</td><td>0.8</td></tr> </tbody> </table>	Retention Time [min]	Approx. Voltage	17.90	0.8	18.09	0.8	18.17	0.8	18.69	0.8	19.68	2.2	20.11	0.8	20.19	0.8								
Retention Time [min]	Approx. Voltage																								
17.90	0.8																								
18.09	0.8																								
18.17	0.8																								
18.69	0.8																								
19.68	2.2																								
20.11	0.8																								
20.19	0.8																								
<p><b>Z11-16OH</b> <b>(3)</b></p>	<p>Chromatogram showing Voltage vs Time [min]. Major peak at 18.40 min. Purity: 96.9%.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Retention Time [min]</th> <th>Approx. Voltage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>14.10</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>17.73</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>18.40</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>19.08</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>19.28</td><td>0.8</td></tr> </tbody> </table>	Retention Time [min]	Approx. Voltage	14.10	0.8	17.73	0.8	18.40	2.2	19.08	0.8	19.28	0.8												
Retention Time [min]	Approx. Voltage																								
14.10	0.8																								
17.73	0.8																								
18.40	2.2																								
19.08	0.8																								
19.28	0.8																								

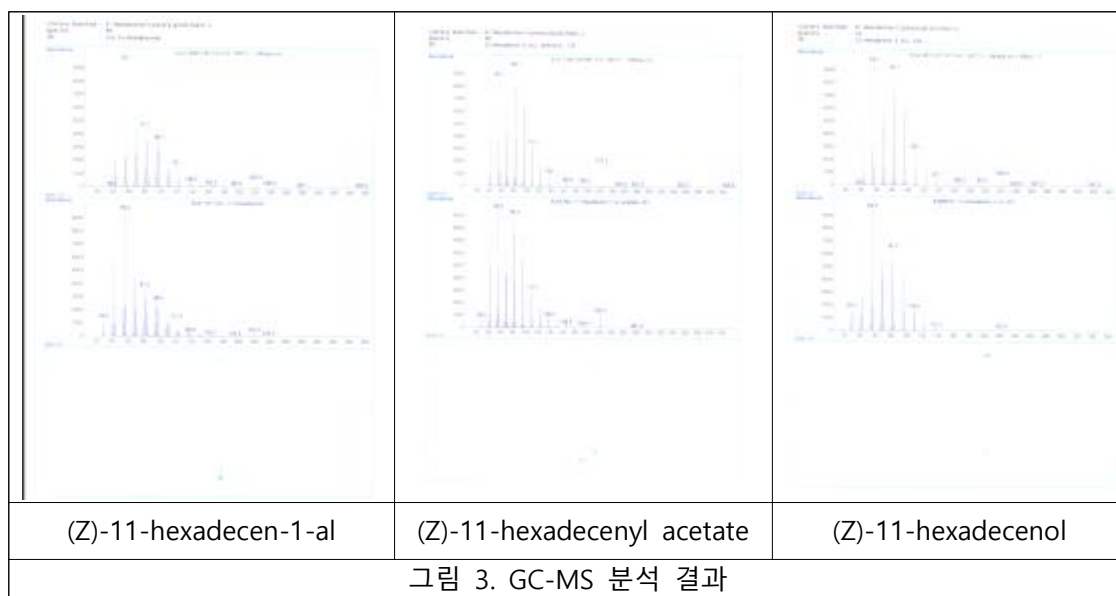
다. 가스 크로마토그래프 질량분석계 분석

GC/MS는 GC와 질량분석계(Mass Spectrometry)를 연결한 장치로서 GC에서 나온 피크를 질량분석법으로 그 물질의 분자량과 분자이온은 결정하여 분자의 구조를 결정할 수 있는 것이다. 질량분석법의 원리는 다음과 같다. 기체상태의 유기화합물 시료를 그 화합물의 이온화 전위를 증가하는 충분한 에너지를 가진 전자로 충격시키면 그 분자에서 전자가 한 개 떨어

저 나가고 유기이온을 형성하게 된다. 고에너지 전자충격에 의해 생성된 유기이온들은 불안정하여 자유라디칼이나 다른 이온들의 보다 작은 조각들로 쪼개진다 그래서 질량 스펙트럼 (mass spectrum)은 그 조각의 질량대 하전 비(m/e) (mass-to-charge ratio)에 대한 존재비 (abundance, 양전하 조건들의 상대적인 양)를 그림으로 표시한 것이다. 질량분석기에 검출되는 대부분 입자의 이온전하는 +1이기 때문에 이 이온에 대한 m/e값은 질량과 같다. 실제로 질량 스펙트럼은 그 입자의 상대 존재비에 대한 입자질량의 기록이다. 분자 또는 이온이 어떻게 양전하 조각들로 쪼개어지는가는 탄소골격과 존재하는 작용기들에 좌우된다. 그 조각의 구조와 질량은 본 화합물의 구조에 대한 정보를 주며 아울러 질량스펙트럼으로부터 그 화합물의 분자량을 결정할 수 있다. GC/MS에서 얻은 스펙트럼과 내장되어 있는 MS library data를 이용하여 합성된 (Z)-11-hexadecen-1-al, (Z)-11-hexadecenyl acetate, (Z)-11-hexadecenol 각 성분을 동정하였다.

<표 3> GC - MS 분석 조건

Instrument	Agilent Technologies GC system
Split ratios	50:1
Column	DB-5MS column (60 m × 0.25 mm I.D., 0.25 μm)
Carrier gas	He
Flow rate	1.0 ml/min
Oven temp.	50°C (1min) -7°C/min-> 300°C (30min)
Injection temp.	250°C
Transfer line temp.	280 °C
Injection vol.	1 μL





## □ 멸강나방 페로몬에 대한 유인효과

### 1. 시험목적

멸강나방 페로몬 트랩 효과 검정

### 2. 시험 개요

매미나방 페로몬 조성비에 따른 유인 효과 시험 : 멸강나방 페로몬 페로몬 조성비는 Z11-16Al , Z11-16Al + Z11-16AC + Z11-16OH 각 2가지 조성비를 멸강나방 비레유입이 용이하고 피해기록 있는 지역 전북 부안군 계화면 일대에서 실시하였다.

### 3. 시험 방법

- 1) 장소 : 계화 1 전라북도 부안군 계화면 계화리 2178-1  
계화 2 전북 부안군 계화면 의복리 1836-11  
계화 3 전북 부안군 계화면 창북리 3968-1

#### 2) 매미나방 페로몬 조성비 및 트랩 시험

- 조성비 시험 : 공시페로몬 2종 유인력 검정 시험, 조사용 트랩 : 델타트랩 사용  
Z11-16Al - 100%  
Z11-16Al : Z11-16AC 5 : Z11-16OH - 5: 5: 0.1

- 트랩설치 : 시험페로몬Z11-16al 시험 트랩 Funnle 트랩 사용

#### 3-1 멸강나방 페로몬 조성비에 의한 유인효과 시험

시험에 사용하는 멸강나방 페로몬 조성비 조합은 총 2가지이다. 2개의 멸강나방 페로몬 조성비는 Z11-16Al - 100% 하는 것과 Z11-16Al : Z11-16AC 5 : Z11-16OH - 5: 5: 0.1

2가지의 조성비의 멸강나방 페로몬 주성분은 모두 자사(그리안그로텍)에서 자체 합성한 성분을 페로몬 주입 공정을 거쳐 이중 고무격막 루에 주입한 담채를 이용하여 야외의 효과 시험을 전북 부안군 계화면 일대 3개 지역에서 실시하였다.

멸강나방 페로몬 유인력을 확인하는 조성비 시험에 사용하는 포획트랩은 곤충 예찰트랩으로 널리 이용중이 델타트랩을 이용하였으며, 페로몬 교체주기는 약 30~45일, 조사간격을 15일 이내로 기간을 설정하였다. 시험 트랩 2022년 5월 24일 부안군 계화면 일대 3곳에 설치하였다.

#### 3-2 멸강나방 유인효과 트랩 시험

시험에 사용하는 멸강나방 페로몬은 2021년도 멸강나방 유인효과 시험과 트랩시험에 사용한 멸강나방 페로몬 단일성분인 Z11-16Al을 이용하여 야외 유인효과 트랩시험을 실시하였다. 사용한 멸강나방 유인트랩으로는 역시 2021년도 포획 확인된 깔때기 형태의 황색 펀넬(Funnle) 트랩을 이용하여 트랩 유인 효과 시험을 진행하였다.

상대적 비교대상은 멸강나방 페로몬 조성비에 사용하는 동일한 Z11-16Al 성분을 사용하는 조성비 실험에사용하는 델타트랩과 상호 비교하여 트랩의 유인효과를 확인하였다.

3-3. 멸강나방 페로몬 조성비 및 트랩 시험 지역

1) 계화 1 전라북도 부안군 계화면 계화리 2178-1



그림 1. 2022 멸강나방 야외 유인력 시험 장소(계화1)

멸강나방 조사지역 1(계화 1)는 전라북도 부안군 계화면 계화리 2178-1 위치 수도작 주변에 설치하였다. 페로몬 조성비 시험은 A는 Z11-16AI, B는 Z11-16AI : Z11-16AC : Z11-16OH 조성비로 표기 2반복으로 설치하여 그림1. 같이 A-1, B-1, A-2, B-2 순으로 설치하였다. 트랩시험은 공시페로몬 Z11-16AI 성분을 이용한 편넬트랩을 F-1, F-2로 나누어 설치하였으며, 트랩간의 거리는 8m 이상으로 설정하여 설치하였다.

2) 계화2 전북 부안군 계화면 의북리 1836-11

멸강나방 조사지역 2(계화 2)는 전라북도 부안군 계화면 의북리 1836-11 위치 수도작 주변에 설치하였다. 페로몬 조성비 시험은 A는 Z11-16AI, B는 Z11-16AI : Z11-16AC : Z11-16OH 조성비로 표기 2반복으로 설치하여 그림2. 같이 A-1, A-2, B-2, B-1 순으로 설치하였다. 트랩시험은 공시페로몬 Z11-16AI 성분을 이용한 편넬트랩을 F-2, F-1로 나누어 설치하였으며, 트랩간의 거리는 8m 이상으로 설정하여 설치하였다.



그림 2. 2022 멸강나방 야외 유인력 시험 장소(계화2).

3) 계화3 전전북 부안군 계화면 창북리 3968-1

멸강나방 조사지역 3(계화 3)는 전북 부안군 계화면 창북리 3968-1 위치 수도작 주변에 설치하였다. 페로몬 조성비 시험은 A는 Z11-16AI, B는 Z11-16AI : Z11-16AC : Z11-16OH 조성비로 표기 2반복으로 설치하여 그림3. 같이 B-1, B-2, A-1, A-2 순으로 설치하였다. 트랩시험은 공시페로몬 Z11-16AI 성분을 이용한 펀넬트랩을 F-2, F-1로 나누어 설치하였으며, 트랩간의 거리는 8m 이상으로 설정하여 설치하였다.



그림 3. 2022 멸강나방 야외 유인력 시험장소(계화3).

4. 시험 결과

4.1 2022 멸강나방 유인 포획 결과

		5/24	6/8	6/15	6/24	7/5	7/21	8/5	8/26	9/16	합계
계화1	A-1	설치	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	A-2	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B-1	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B-2	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F-1	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F-2	"	0	0	0	0	0	0	1	0	1

계화2	A-1	설치	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	A-2	"	0	0	0	1	0	1	0	0	2
	B-1	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B-2	"	0	0	0	1	0	1	0	0	2
	F-1	"	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	F-2	"	0	0	0	0	0	1	0	0	1

계화3	A-1	설치	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	A-2	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B-1	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B-2	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F-1	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F-2	"	0	0	0	1	0	0	0	0	1

표 1. 2022 멸강나방 유인 포획 조사표

- 2022년 멸강나방 트랩은 2022년 5월 24일 최초 설치하여 약 15일 내외로 조사하였다. 5/24일 설치 이후 9/16일(현재) 까지 총 9마리의 멸강나방이 유인 포획 되었다. 2021년도 5마리 포획되었지만 4마리가 증가되어 유인 포획되었다. 조사일 기준으로 6/24~7/5일 발생하여 약 22~30일 후인 7/22~8/5일 추가 유입 이전과 이후에는 멸강나방의 페로몬 조성비와 트랩에서의 포획은 없었다(그림 4).

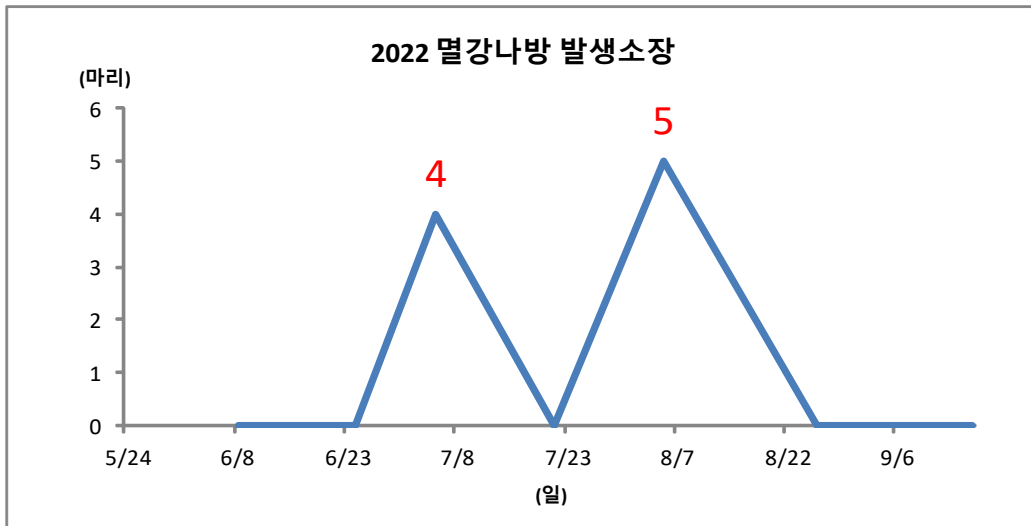


그림 4. 2022 멸강나방 전라북도 부안군 계화면 발생소장.

#### 4.2 멸강나방 조성비에 따른 포획 비교

조성비	5/24	6/8	6/15	6/24	7/5	7/21	8/5	8/26	9/16	합계
<b>A</b> Z11-16AI	0	0	0	0	3	0	4	0	0	7
<b>B</b> Z11-16AI : Z11-16AC : Z11-16OH	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2

표 2. 2022 멸강나방 조성비에 의한 유인 포획 비교.

- 표2와 같이 전라북도 부안군 계화면 3개 지역에서 조성비 시험에서 멸강나방 페로몬 Z11-16AI 을 사용한 트랩에서는 총 7마리의 멸강나방이 포획 되었으며, 멸강나방 페로몬 3종을 조합한 Z11-16AI: Z11-16AC : Z11-16OH 의 조성비에서의 멸강나방은 2마리포획 되었다. 시험에 사용한 두가지 조합의 멸강나방 페로몬은 자사에서 자체 합성 제작한 페로몬으로 해외에서 판매되는 Z11-16AI: Z11-16AC : Z11-16OH 조성비 3종 보다 자사의 단일 물질 페로몬 Z11-16AI의 멸강나방 포획이 우수한 것으로 조사되었다.

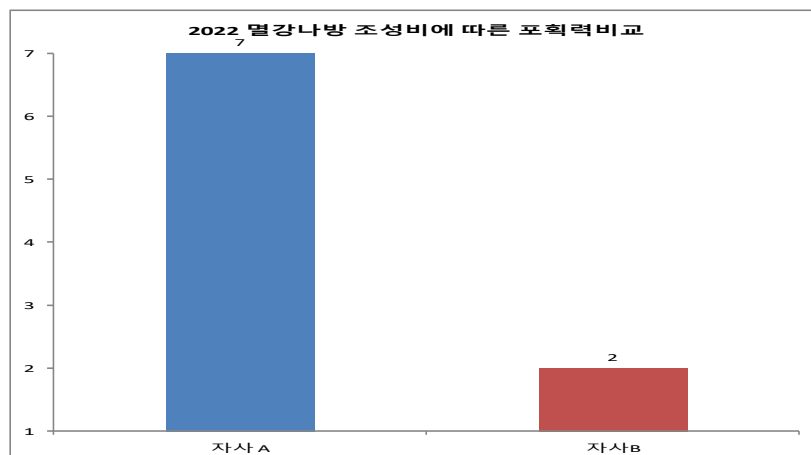


그림 5 . 2022 멸강나방 조성비 자사A(Z11-16AI), 조성비 자사B(Z11-16AI: Z11-16AC : Z11-16OH)의 포획력 비교

#### 4.4 멸강나방 트랩에 따른 유인 효과

표 3. 같이 2022 멸강나방 유인페로몬 성분 Z11-16Al을 이용하여, 두가지의 대표적인 해충 예찰 트랩인 델타트랩, 펀넬트랩을 이용하여 멸강나방의 트랩에 따른 유인 효과를 검증하는 시험을 시행하였다. 총기간중 Z11-16Al 성분을 이용한 두가지 트랩에서 포획된 멸강나방의 총합은 7마리이다. 이중 델타트랩에서 3마리, 펀넬트랩에서 4마리로 펀넬트랩에서 1마리 많이 유인되었다. 비록 표본의 수가 적어 어느것이 더 효과적이라고 판단할 순 없지만 2021년의 멸강나방 트랩에 따른 유인 효과에서도 펀넬트랩이 많이 유인되었다. 이로서 멸강나방의 예찰에 사용하는 트랩은 펀넬트랩이 효과이라 판단됨.

조성비 Z11-16Al	5/24	6/8	6/15	6/24	7/5	7/21	8/5	8/26	9/16	합계
<b>Delta트랩</b>	0	0	0	0	1	0	2	0	0	3
<b>Funnle 트랩</b>	0	0	0	0	2	0	2	0	0	4

표 3. 2022 멸강나방 트랩에 따른 유인효과 비교



그림 6. 2022 멸강나방 조성비 조사용 델타트랩.



그림 7. 2022 멸강나방 트랩 조사용 펀넬트랩.





그림 9. 델타트랩에 포획된 멸강나방.



그림 8. 펀넬트랩에 포획된 멸강나방 성충.

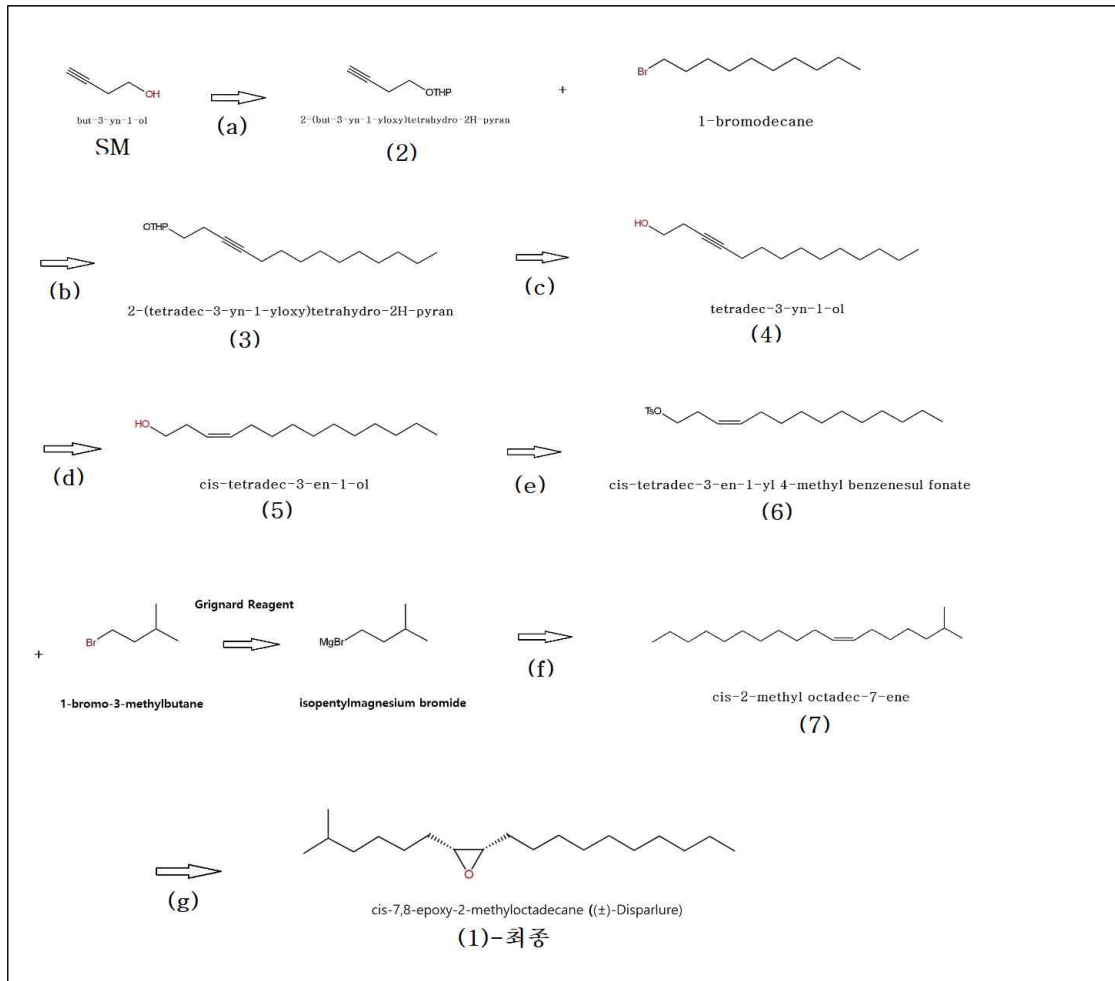
### [ 3차년도 ] [연구개발 목표]

- 1) 매미나방 성페로몬 대량합성 기술개발
- 2) 매미나방 페로몬 탑재 유인효과 증진가능 트랩, LED광 트랩 개발
- 3) 멸강나방 성페로몬 대량합성 기술개발

### [개발 내용 및 범위]

#### □ 매미나방 성페로몬 대량합성 기술개발

1. 출발물질 3-butyn-1-ol을 이용한 매미나방 성페로몬 대량합성 기술개발



Reagent and conditions: (a) 1eq of 3-butynol, 0.0083eq of PPTs, 1.5eq of DHP, MC, rt, 4hr, 81%; (b) 1.3eq of 1-bromodecane, 1.25eq of 1.6M BuLi, HMPA, THF, rt, 15hr, 61%; (c) 0.1eq of PTSA, MeOH, NaHCO<sub>3</sub>, rt, 2hr, 71.3%; (d) 0.1667eq of NaBH<sub>4</sub>, 0.1667eq of Ni(oAc)<sub>2</sub>, 95%EtOH, 0.42eq of Ethylenediamine, rt, 5hr, 78%; (e) 1.5eq of P-toluensulfony chloride, Pyridine, rt, 5hr, 87%; (f) Grignard reagent - 5eq of 1-bromo-3-methylbutane, 7.5eq of Mg, I<sub>2</sub>, THF, 0.01eq of 0.1M Li<sub>2</sub>CuCl<sub>4</sub>, THF, rt, 3hr, 80%; (g) 1.22eq of MCPBA, MC, rt, 6hr, 76%

**cis-7,8-epoxy-2-methyloctadecane ((±)-Disparlure) - (1)-최종**

2차년도 특허출원을 진행한 출발물질 3-butyn-1-ol을 이용한 방법을 대량합성을 진행하였다. 시약은 Sigma-Aldrich(Merck KGaA, Darmstadt, Germany)와 Sejin-Ci(Tokyo chemical industry, Tokyo, Japan) 정제없이 사용하였으며, 용매는 정제하지 않고 사용하거나 증류 정제하여 사용하였다. 합성된 페로몬 성분의 가스 크로마토그래피 분석은 YL 6500 GC(Youngin Chromass, Gyeonggi-do, Korea)와 TG-5Ms(30 m × 0.25 mm I.D., 0.25 μm), (Thermo scientific, United States of America)을 이용하여 오븐 온도 125°C 흐름 속도 1.0 mL/min, 주입 시료량 1 μL로 분석되었다. NMR, IR, GC 및 GC-MS 기기를 통해 합성한 물질의 구조분석 완료하였다. 구조분석(탄소와 수소의 개수 및 위치 확인)을 위해 NMR(Nuclear Resonance Spectrometer)과 화합물의 작용기 확인하기 위해 IR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy)과 GC(Gas chromatography) 및 GC-MS 분석장비를 이용하여 순도를 확인하였다. 핵자기 공명 스펙트럼은 Avance Digital 500 MHz Spectrometer(Bruker, Ettlingen, Germany)를 이용하였다. 관 크로마토그래피는 Silica gel 60 (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)을 사용하였다.

**2-(but-3-yn-1-yloxy)tetrahydro-2H-pyran (2)**

장치한 flask에 3-butynol (10.74g, 0.153mol)에 용매 methylene chloride 107.4ml을 부가하여 약 10min 동안 교반한다. flask의 온도를 0°C로 유지하여 Pyridinium p-toluenesulfonate (0.32g, 0.001mol)와 3,4-Dihydro-2H-pyran (20.85ml, 0.191mol)를 부가 하여 실온에서 약 4hr동안 교반하여 반응시킨다.

TLC (Thin-Layer Chromatography)로 반응 진행정도를 확인하여 종료 후 용매를 감압하고, EtoAc / H<sub>2</sub>O / NaHCO<sub>3</sub> / NaCl로 추출, 유기층을 세척하고 농축한 잔여물을 silica gel column (hexane : ether - 4 : 1)으로 정제하여 화합물 (2) (19.14 g, 81%)를 얻었다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500MHz) δ 4.65 (dd, J=4.2, 3.0Hz, 1H), 3.93-3.80 (m, 2H), 3.62-3.48 (m, 2H), 2.50 (td, J=7.0, 2.6Hz, 2H), 1.98 (d, J=5.3Hz, 1H), 1.89-1.78 (m, 1H), 1.77-1.67(m, 1H), 1.66-1.47(m, 4H) ; <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 126MHz) δ 98.79, 69.18, 65.53, 62.24, 30.55, 25.43, 19.96, 19.41

**2-(tetradec-3-yn-1-yloxy)tetrahydro-2H-pyran (3)**

장치한 flask에 (but-3-yn-1-yloxy)tetrahydro-2H-pyran (2) (19.14g, 0.124mol)와 THF 478.52ml를 혼합 후, Hexamethylphosphoramide 28.54ml을 부가하여 약 10min 동안 교반한다. flask의 온도를 -40°C로 장치시켜 유지한 후 1.6M n-butyllithium (97mL, 0.155mol)을

가하고 약 10min 동안 교반한다. 교반시킨 flask의 온도를 0°C로 올려 유지시켜 30min 동안 교반한 후, -40°C로 다시 냉각시킨 다음 1-bromodecane (35.68g, 0.161mol) 을 부가하여 실온에서 약 15hr 동안 반응 교반시킨다. TLC (Thin-Layer Chromatography)로 반응 진행정도를 확인하여 종료 후 적당량의 H<sub>2</sub>O를 천천히 부가하여 EtoAc / H<sub>2</sub>O / H<sub>2</sub>O / NaCl로 추출, 유기층을 세척하고 농축한 잔여물을 silica gel column (hexane : ether - 20 : 1)으로 정제하여 화합물 (3) (18.52g, 61%)를 얻었다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500MHz) 4.65 (dd, *J*=4.2, 3.0Hz, 1H), 3.89 (ddd, *J*=11.2, 8.2, 3.1Hz, 1H), 3.79 (dt, *J*=9.6, 7.2Hz, 1H), 3.57-3.47 (m, 2H), 2.46 (tt, *J*=7.3, 2.4Hz, 2H), 2.13 (tt, *J*= 7.1, 2.4Hz, 2H), 1.83 (dtt, *J*=13.2, 5.6, 2.6Hz, 1H), 1.76-1.67(m, 1H), 1.64-1.58 (m, 2H), 1.58-1.54 (m, 1H), 1.54-1.49 (m, 2H), 1.49-1.42 (m, 2H), 1.37 (dd, *J*=10.7, 5.3 Hz, 1H), 1.35-1.24 (m, 13H), 0.88(t, *J*=7.0Hz, 3H) ; <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 126MHz) δ 98.72, 81.41, 76.72, 66.27, 62.17, 31.92, 30.61, 29.59 (d, *J*=5.9Hz), 29.27 (d, *J*=17.7Hz), 28.95 (d, *J*=19.3Hz), 25.48, 22.70, 20.26, 19.45, 18.77, 14.12

#### **tetradec-3-yn-1-ol (4)**

장치한 flask에 2-(tetradec-3-yn-1-yloxy)tetrahydro-2H-pyran (3) (18.52g, 0.062mol)와 용매 methanol 277.5ml을 혼합한 후 실온에서 약 10min 동안 교반하여, p-Toluenesulfonic acid (1.44g, 0.007mol)를 부가, 실온에서 약 2hr 동안 교반한다. TLC (Thin-Layer Chromatography)로 반응 진행정도를 확인하여 종료 후 NaHCO<sub>3</sub> 16.66g을 부가, 용매를 감압한다. ether / H<sub>2</sub>O / NaCl 추출, 유기층을 세척하고 농축한 잔여물을 silica gel column (hexane : EtOAc - 9 : 1)으로 정제하여 화합물 (4) (11.36g, 71.3%)를 얻었다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500MHz) δ 3.68 (t, *J*=6.2, 2H), 2.43 (tt, *J*=6.2, 2.4 Hz, 2H), 2.16 (tt, *J*=7.2, 2.4Hz, 2H), 1.53-1.44 (m, 2H), 1.41-1.33(m, 2H), 1.33-1.23(m, 13H), 0.91-0.85 (m, 3H) ; <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 126MHz) δ 82.84, 76.25, 61.40, 31.92, 29.69-29.25(m), 29.25-28.83(m), 23.22, 22.70, 18.75, 14.12

#### **cis-tetradec-3-en-1-ol (5)**

각각의 flask에 Ni(oAc)<sub>2</sub> (1.96g, 0.008mol)에 EtOH 50.4ml를 부가하여 녹인 후, NaBH<sub>4</sub> (0.3g, 0.008mol)를 EtOH 10.8ml로 녹인 용해물을 혼합하여 2-neck flask에 장치하고 약 5min 정도 교반 시킨다. 혼합된 2-neck flask에 Ethylenediamine (1.34ml, 0.022mol)과 tridec-5-yne (10.08g, 0.048mol)를 부가 한 후, 수소(H<sub>2</sub>)를 주입하여 반응 시켰다. 반응은 TLC (Thin-Layer Chromatography)로 진행정도를 확인한다. 실온에서 약 5hr 교반 후 종료 하여 celite545를 사용하여 ether로 여과(filter)시킨 후 용매를 제거하여 Ether / H<sub>2</sub>O / NaCl 로 추출한 유기층을 세척하고 감압하여 농축한 잔여물을 silica gel column (hexane : ether - 4 : 1)로 정제하여 화합물 (8g, 78%)를 얻었다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500MHz) δ 5.61-5.51 (m, 1H), 5.41-5.31 (m, 1H), 3.64 (t, *J*=6.5, 2H),

2.37-2.29 (m, 2H), 2.06 (qd,  $J=7.3, 1.6\text{Hz}$ , 2H), 1.38-1.29(m, 4H), 1.29-1.27(m, 4H), 1.27 (d,  $J=4.4\text{Hz}$ , 9H), 0.91-0.85 (m, 3H) ;  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 126MHz)  $\delta$  133.57, 124.94, 62.36, 31.93, 30.83, 29.81-29.26 (m), 27.40, 22.70, 14.12

#### **cis-tetradec-3-en-1-yl 4-methylbenzenesulfonate (6)**

장치한 flask에 cis-tetradec-3-en-1-ol (5)(8g, 0.036mol)에 Pyridine 48ml을 혼합하여 P-toluensulfonyl chloride(10.76g, 0.056mol)를 부가한다. 실온에서 약 5hr 동안 교반하여 반응시킨다. TLC (Thin-Layer Chromatography)로 반응 진행정도를 확인하여 반응이 종료 되면 용매를 감압하여 용매를 제거한 뒤 ether /  $\text{H}_2\text{O}$  /  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 로 추출한 유기층을 세척하고 감압하여 농축한 잔여물을 silica gel column (hexane : EtOAc - 9 : 1)로 정제하여 화합물 (12g, 87%)를 얻었다.

$^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 500MHz)  $\delta$  7.82-7.76 (m, 2H), 7.37-7.31 (m, 2H), 5.52-5.43 (m, 1H), 5.26-5.17 (m, 1H), 4.00 (t,  $J=7.0\text{Hz}$ , 2H), 2.45 (s, 3H), 2.39 (qd,  $J=7.1, 1.5\text{Hz}$ , 2H), 1.95 (qd,  $J=7.2, 1.7\text{Hz}$ , 2H), 1.34-1.27(m, 3H), 1.25 (d,  $J=3.0\text{Hz}$ , 12H), 0.91-0.85 (m, 3H) ;  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 126MHz)  $\delta$  144.65, 134.01, 133.30, 129.80, 127.95, 122.57, 69.81, 31.92, 29.72-29.19 (m), 27.32, 27.10, 22.69, 21.63, 14.12

#### **cis-2-methyloctadec-7-ene (7)**

2-neck flask에 Mg (12g, 2.302mol)과 적당량의  $\text{I}_2$ 을 넣어 가열교반기에 장치하고 다른 flask에는 1-bromo-3-methylbutane (46.4g, 0.306mol)과 THF 144ml을 혼합하여 가열교반기에 장치된 flask에 혼합물을 서서히 가하며 끓고 변색이 될 때까지 가열·교반시킨다.

이렇게 만들어진 그리냐르 시약(Grignard Reagent)을 cis-tetradec-3-en-1-yl 4-methylbenzenesulfonate (6) (12g, 0.032mol)와 THF 84ml를 혼합하여  $-10^\circ\text{C}$ 의 온도에 장치되어진 flask에 서서히 부가하여 약 10min 동안 교반시킨 후 0.1M  $\text{Li}_2\text{CuCl}_4$  (3.96g, 0.0002mol)을 부가하여 실온에서 약 3hr 동안 교반시켜 반응시킨다. TLC (Thin-Layer Chromatography)로 반응 진행정도를 확인하여 반응 종료 후, 적당량의  $\text{NH}_4\text{Cl}$ (수용액)을 푸른빛이 될 때까지 부가하여 ethyl ether /  $\text{NH}_4\text{Cl}$  /  $\text{NaCl}$ 로 추출한 유기층을 세척하고 감압하여 농축한 잔여물을 silica gel column (hexane 100%)로 정제하여 화합물 (13.03g, 80%)를 얻었다.

$^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 500MHz)  $\delta$  5.35 (ddd,  $J=5.5, 4.4, 1.1\text{ Hz}$ , 2H), 2.06-1.98 (m, 4H), 1.51 (dq,  $J=13.2, 6.6, 2.5\text{ Hz}$ , 2H), 1.37-1.31 (m, 3H), 1.31-1.22 (m, 22H), 1.21-1.11 (m, 4H), 0.87 (ddd,  $J=6.6, 5.3, 1.5\text{Hz}$ , 16H) ;  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 126MHz)  $\delta$  129.91 (d,  $J=5.8\text{Hz}$ ), 39.12, 38.93, 31.60, 30.05, 29.89-29.50 (m), 29.35 (d,  $J=4.3\text{Hz}$ ), 27.99, 27.69, 27.34-27.01 (m), 22.79-22.56(m), 14.11

#### **cis-7,8-epoxy-2-methyloctadecane ((±)-Disparlure) - (1)-최종**

cis-2-methyloctadec-7-ene (7)(30g, 0.07 mol)에 methylene chloride 780ml을 부가하여 약

10min 동안 교반한다. 0°C로 온도를 설정하여 MCPBA(18.15g, 0.135mol)를 methylene chloride 471ml와 같이 부가하여 실온에서 약 6hr 동안 교반하여 반응시킨다. TLC (Thin-Layer Chromatography)로 반응 진행정도를 확인한다. 반응 종료 후 NaHCO<sub>3</sub> 수용액을 부가하여 약 10~20min 동안 교반하여 NaHCO<sub>3</sub> 부가된 상태 그대로 추출하여 유기층을 세척하고 감압하여 농축한 잔여물을 silica gel column (hexane : EtOAc - 20 : 1)로 정제하여 화합물 (12g, 76%)를 얻었다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500MHz) δ 2.91 (td, J=4.6, 3.0Hz, 2H), 1.59-1.46 (m, 7H), 1.46 -1.37 (m, 3H), 1.36(d, J=7.8Hz, 3H) 1.32-1.25 (m, 12H), 1.19 (dt, J=10.7, 7.1 Hz, 2H), 0.88 (t, J=6.9Hz, 10H), ; <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 126MHz) δ 57.25 (d, J=1.6Hz), 38.93, 31.92, 29.71-29.27 (m), 28.01-27.69(m), 27.34, 26.88, 26.62, 22.78-22.54 (m), 14.12



## 2. 페로몬 합성량 및 합성단가

### ① 페로몬 합성량

1. 합성량 13G  
 2. 합성량 9G  
 3. 합성량 8G  
 : 총합성량 30G  
 : 페로몬 제작가능루어 수량 15,000개

### ② 매미나방 페로몬 합성단가

해충명	출발물질	합성가격(원)	생성량	1그램당 합성단가 (원)
매미나방	3-butyn-1-ol	74,436원	1.48g	50,294

매미나방 출발물질 3-butyn-1-ol을 이용하여 1G당 50,294 저렴하게 합성할 수 방법을 개발하였다.

## □ 매미나방 성페로몬의 물리 화학적 안전성 및 분석법 검토

### 1. 선발 후보물질의 물리 화학적 안정성

#### ① cis-7,8-epoxy-2-methyloctadecane

형태	액체
색	없음 또는 옅은노란색
냄새	과일향
끓는점	365.11 °C at 760mmHg
인화점	61 °C
안정성	정상적인 조건에서 안정함

#### ② 페로몬의 지속기간 늘리는 방안 및 환경적 요인에 의한 효과저감 대책

페로몬의 지속기간 늘리는 방안 및 환경적 요인에 의한 효과저감 대책으로 페로몬 성분을 hexane에 녹여 사용하였으며 산화방지제로 BHT (butylated hydroxytoluene)를 이용하였다. 성페로몬 성분의 산화를 방지하기 위한 항산화제를 첨가해야한다. 성페로몬 성분 대부분 이중결합을 가지고 있는 탄화수소나 지방산 유도체로 이중결합의 파괴를 방지할 필요가 있고 성페로몬 성분의 작용기가 알콜 또는 알데히드인 경우 대기 중에서 산화되어 변성될 가능성이 높아 산화방지제를 첨가할 필요가 있다. 범용적으로 쓰이는 산화방지제는 BHT(butylated hydroxy-toluene)나 vitamin E( $\alpha$ -tocopherol)로 이 중 BHT가 사용편리성과 경제적인 측면에서 효과적으로 판단되어 사용하였다.

### 2. 매미나방 루어 제작 및 분석법 검토

#### 2-1. 매미나방 1mg 함량 분석

##### ○ 분석 조건

Instrument	YL 6500 GC
Inlet mode	splitless
Column	TG-5Ms (30 m × 0.25 mm I.D., 0.25 $\mu$ m)
Carrier gas	N2
Detector	Flame Ionized Detector
Flow rate	1.0 ml/min
Oven temp.	50°C (1min) - 10°C/min-> 230°C (5min)
Injection Temp.	250°C
Detector Temp.	250°C
Injection vol.	1 $\mu$ L



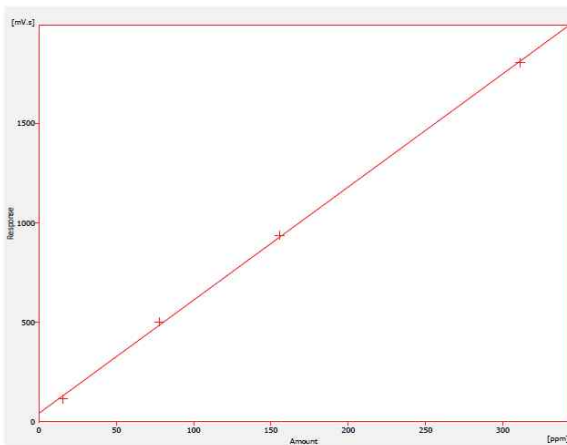
○ 정량분석

정량하려는 cis-7,8-epoxy-2-methyloctadecane를 hexane에 녹여 200 ppm(2 mg/10 ml)으로 제조한 표준용액을 만든다. 표준용액을 2배, 4배, 20배로 희석하여 제조한 용액을 GC로 분석하여 검량선을 작성한다. 시험물질을 추출한 후, 물질의 면적값을 검량선에 대입하여 함량을 측정한다.

○ 결과

① cis-7,8-epoxy-2-methyloctadecane

검량식은  $y = 5.6927x + 43.10011$  이었으며, 상관계수는 0.9997818이었다. 검량선과 검량선에 사용한 면적값은 아래와 같다.



Compound	Level	Amount	Area
disparlure	1	311.1500	1806.7872
	2	155.5750	937.6925
	3	77.7875	501.8694
	4	15.5575	114.3629

② 분석함량

성분명	함량 (mg)		
	Sample 1	Sample 2	Sample 3
<b>Disparlure</b>	0.935	0.946	0.972
<b>평균</b>	<b>0.951</b>		

매미나방 샘플을 랜덤으로 각각 3개씩 뽑아낸 루어를 잘게 잘라 10 ml의 vial에 넣은 후 shaking incubator로 교반하였다. GC 분석 후 검량선에 대입하여 함량을 측정하였다. 분석결과 유효성분 평균값은 0.951 mg으로 양호한 결과값을 얻을 수 있었다.

2-2. 매미나방 2mg 함량 분석

○ 분석 조건

---

Instrument	YL 6500 GC
Inlet mode	splitless
Column	TG-5Ms (30 m × 0.25 mm I.D., 0.25 μm)

Carrier gas	N2
Detector	Flame Ionized Detector
Flow rate	1.0 ml/min
Oven temp.	50°C (1min) - 10°C/min-> 230°C (5min)
Injection Temp.	250°C
Detector Temp.	250°C
Injection vol.	1 µL

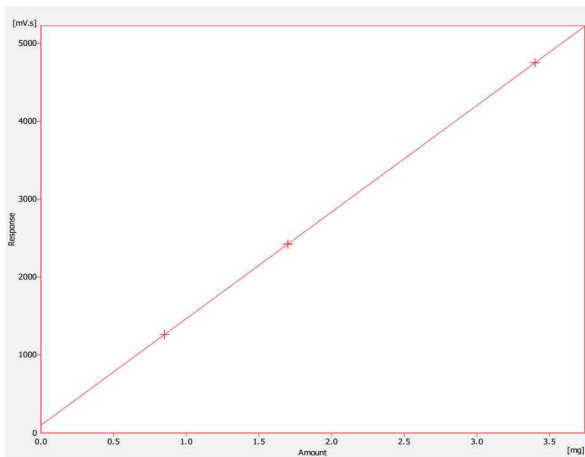
○ 정량분석

정량하려는 cis-7,8-epoxy-2-methyloctadecane를 hexane에 녹여 400 ppm(4 mg/10 ml)으로 제조한 표준용액을 만든다. 표준용액을 2배, 4배로 희석하여 제조한 용액을 GC로 분석하여 검량선을 작성한다. 시험물질을 추출한 후, 물질의 면적값을 검량선에 대입하여 함량을 측정한다.

○ 결과

① cis-7,8-epoxy-2-methyloctadecane

검량식은  $y = 1368.4531x + 98.93354$  이었으며, 상관계수는 0.9999997이었다. 검량선과 검량선에 사용한 면적값은 아래와 같다.



Compound	Level	Used Level	Ret. time	Amount	Area
7,8-epoxy-2-methyloctadecane	1	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	20.0833	3.4000	4752.1658
	2	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	20.0583	1.7000	2423.8289
	3	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	20.0333	0.8500	1263.1019

② 분석함량

성분명	함량 (mg)		
	Sample 1	Sample 2	Sample 3
<b>Disparlure</b>	1.9082	1.8956	1.9105
<b>평균</b>	<b>1.9048</b>		

매미나방 샘플을 랜덤으로 각각 3개씩 뽑아낸 루어를 잘게 잘라 10 ml의 vial에 넣은 후 shaking incubator로 교반하였다. GC 분석 후 검량선에 대입하여 함량을 측정하였다. 분석결과 유효성분 평균값은 1.9048 mg으로 양호한 결과값을 얻을 수 있었다.

## □ 매미나방 페로몬 탐재 유인효과 증진가능 트랩, LED광 트랩 개발

### 1. 시험 목적

매미나방 페로몬 유인 트랩 함량 증가에 따른 포획 효과 검증  
포충유아등(LED광 트랩)을 활용한 매미나방 대량 포획 효과 검증

### 2. 시험 개요

2-1. 매미나방 페로몬 주성분 함량 증가에 따른 매미나방의 포획 효과검증을 위해 매미나방 알집 탐색후 선정된 총 24곳에서 시험을 진행

2-2. 포충유아등을 활용한 매미나방 대량 포획 효과 검증을 위해 매미나방 출현일을 기준으로 전국 3개소를 선정하여, 파장별에 따른 포획량 검증

### 3. 시험 방법

#### 3-1. 알집 탐색 장소 및 조사지역 선정

매미나방의 발생이 전국적으로 매년 감소하였으며, 특히 2022년도에는 전국적으로 매미나방의 피해가 무해 했다는 보도자료 및 보고서가 많이 출간되었다. 본 과제 시험을 시작한 2021년도 이후 페로몬 유인트랩에 포획된 매미나방의 총 마리는 2021년 153마리, 2022년 131마리로 2년 연속 매미나방의 포획이 낮았다. 이는 매미나방의 개체군환의 시기에 접어들었음을 의미하지만, 매미나방의 피해 발생을 우려해 전국 적으로 알집제거 및 방제가 광범위하게 이루어져 매미나방의 밀도가 급격하게 낮아진 이유도 있었다. 이렇게 매년 매미나방의 발생이 감소하고 발생에 따른 피해보고가 많지 않은 상황에서 과제 수행 연구를 안정적으로 진행하기 어려웠다. 본 3년차 과제 시험에서의 시험 장소가 대량 포획을 위한 포충등(유아등) 시험을 함께 진행하여야 하기 때문에 대량 발생 지역이 필요하였다. 하지만 매미나방의 대량발생 지역을 예측하기는 환경적 기술적으로 매우 어려웠다. 그래서 2022년의 매미나방의 전국적 발생 및 피해가 매미나방 개체순환의 무해기로 결정한 후 매미나방의 밀도가 높을 것으로 생각되는 지역을 조사하여 시험 장소를 선정하기로 하였다. 이에 매미나방의 대발생한 과거 지역과 조사가 가능한 지역을 고려해 2022년 2월 ~ 5월 까지 산란난괴를 조사하여, 이중 가장 밀도가 높을 것이라고 추측 되는 24개 지역을 선정하여, 전체 연구팀이 지역을 권역별로 구분하여 전국 8개 시도를 중심으로 조사를 진행하였다.

전국 8개 시도는 서울특별시, 대구광역시, 강원도 경상북도, 경상남도, 충청북도, 충청남도, 전라남도 직역의 매미나방의 주요 발생 이력이 있거나 기존 시험 지역을 중심으로 2월 ~ 5월까지 총 90일간 조사하였다. 알집 및 시험 장소를 확인 한 지역은 총 108개 지역 중 매미나방 월동 알집을 확인한 지역은 총 3곳이었다. 매미나방 월동 알집을 확인 한 3곳은 충청남도 논산시 벌곡면 사정리(사정유원지), 충청남도 금산군 부리면 현내리, 경상남도 합천군 가야면 야천리에서 2022년 산란한 매미나방 알집을 확인하였다. 사정리와 현내리의 알집은 과제 연구에 필요한 실내사육 개체를 위해 알집을 채집 후 과제 1협동(한수협)에 제공하였다.

경상남도 합천군 가야면 야천리의 알집은 부화 산란일을 확인하기 위해 현장에 두고 주기적으로 조사를 진행하였다. 총 108개의 산란알집 조사지역중 본 과제의 시험 여건과, 알집 산란 밀도가 높은 지역 중심으로 페로몬 유인 함량 트랩 시험 총 24개소, 포충유아등 시험 3개소를 선정하여 시험을 실시하였다.

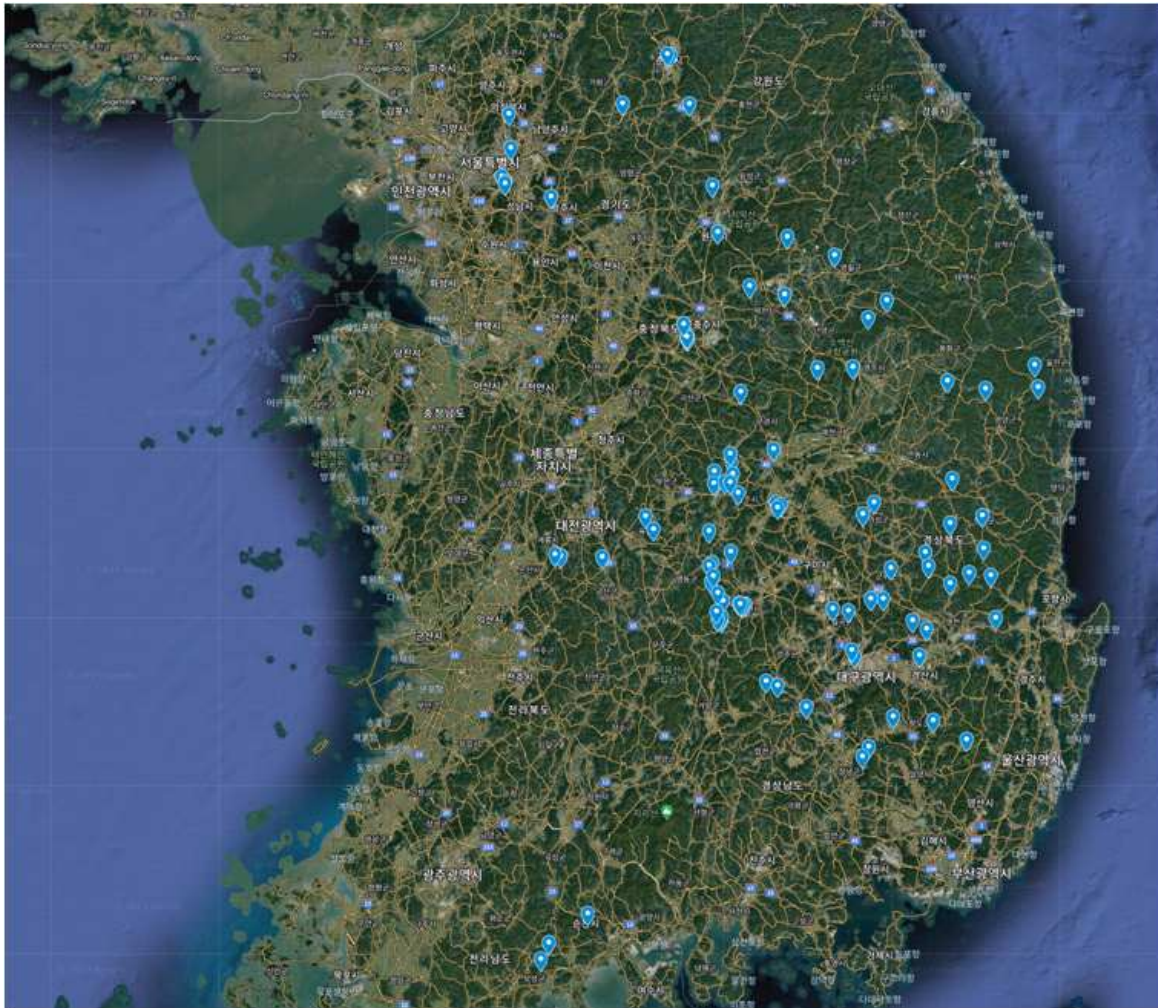


그림 15. 매미나방 알집 및 시험 장소 탐색 위치(전국 108개소의 조사지역 중 대표 지역 표시)

### 3-2 개체군 밀도 및 피해조사

매미나방 개체군환의 각 단계는 유충의 밀도, 난괴 밀도, 숙주식물피해 등에 대한 정보를 매년 지속적으로 조사하여 개체군 발생의 변화 추세를 구분하는 개체군환은 무해기(innocuous phase), 증가기(release phase), 폭발기(outbreak phase), 감소기(decline phase)등으로 Elkinton and Liebhold의 구분체계를 따랐다. 난괴 조사는 5분 보행 관찰법과 직접 조사법을 활용하여 조사하였다. 그러나 매미나방의 난괴가 일반적으로 수고 3m이상의 높이에 산란하여 2022년도에 산란한 매미나방의 난괴인지 2022년이전에 산란한 난괴인지의 구분이 쉽지 않았다. 그래서 다양한 방법과 기구를 활용하여 알집을 구분하였지만 이 역시 쉬운 탐색은 아니었다. 매미나방 국내 발생량을 기준으로 매미나방의 개체군환의 구분법으로 볼 때 매미나방 개체 폭발기(2019~2020), 감소기(2021년), 무해기(2022년)로 가정하였다. 2022년 시험에서 발생한 매미나방의 지역을 증가기로 가정하고 조사지역을 선정하여 트랩 시험조사 대상지 크게 24개소를 선정하여 시험을 실시하였다. 또한 조사지역 확대를 위해 주관, 1협동, 2협동의 권역을 나누어 설정하여 조사지역을 구분 하였다. 이렇게 구분한 조사지역은 총 5권역으로 구분하였다. 나누어진 권역은 표1과 같다.

구분	조사 책임 구분	담당지역
권역1	주관 책임 연구팀 1	괴산, 제천, 의성, 영천, 군위
권역2	주관 책임 연구팀 2	합천, 논산, 상주, 김천, 칠곡, 경산
권역3	주관 책임 연구팀 3	원주, 영월, 영주
권역4	1협동(한수협) 연구팀	서울 경기권
권역5	2협동(강원대학교) 연구팀	강원 춘천권

표 13. 매미나방 페로몬 유인 트랩 함량 비교 시험 조사 권역 구분



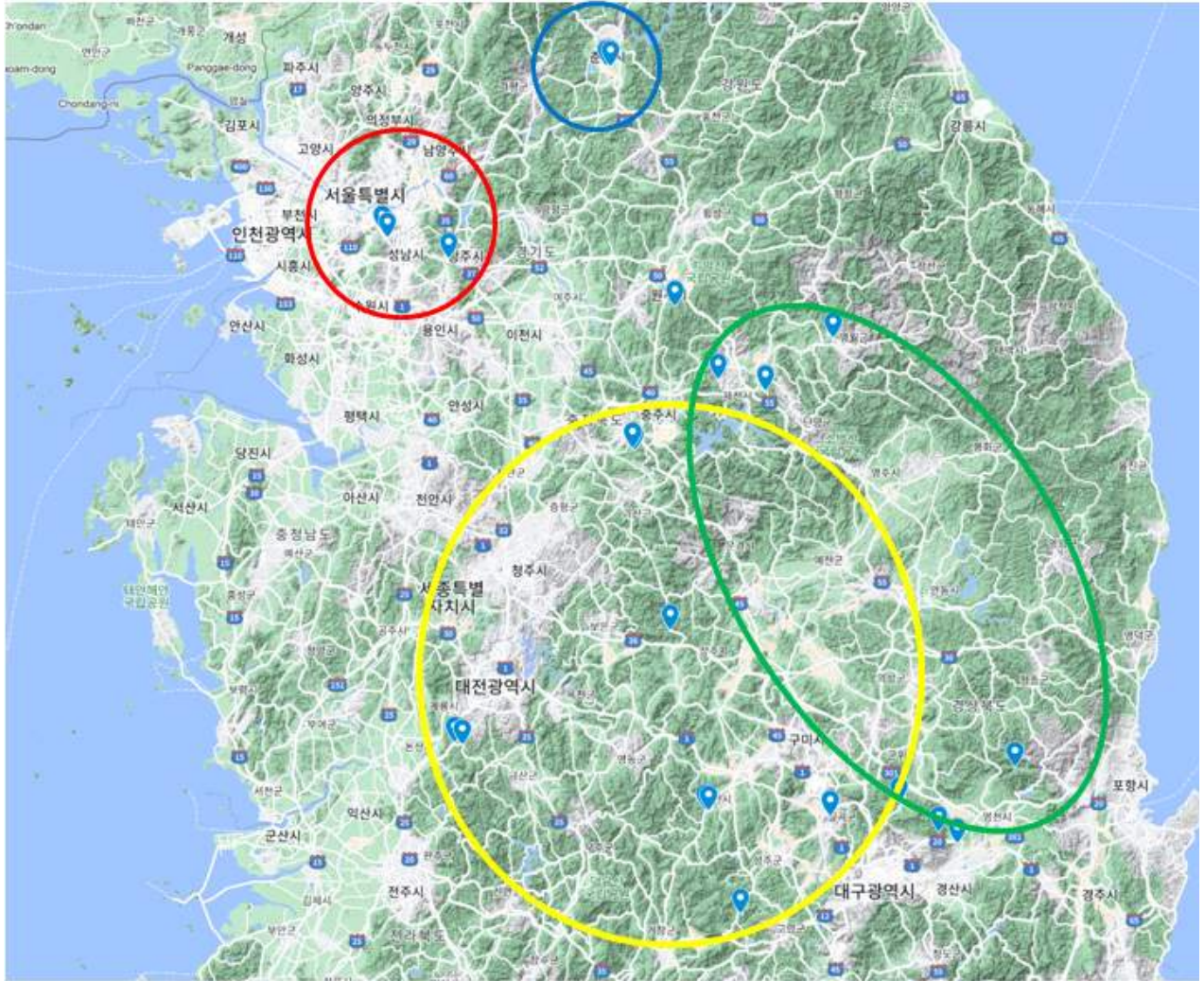


그림 16. 매미나방 트랩 시험 조사 권역 구분 (권역1-녹색, 권역2,3-노란색, 권역4-적색, 권역5-청색)  
 나누어진 권역을 바탕으로 경상남도 합천군 가야면 야천리에서 확인 한 매미나방 알집을 주기적으로  
 조사대상 알을 확인하여 부화가 이루어지는 시기를 기준일로 정하여, 2021년도 2022년도 매미나방  
 성충 기준 비교하여 각 권역의 트랩을 해당 조건에 부합할 때 트랩 시기를 결정하여 권역 연구팀에  
 설치하여 조사하였다.

### 3-2 매미나방 알집의 부화 유충 확인



그림 17. 발견된 매미나방 알집위치위치와 알집사진  
 매미나방 난괴를 조사 중 2023년 3월 24일(julian 83d)경상남도 합천군 가야면 야천리 280(E35°46'

39", N128°08'34", Altimeter 334.16m) 지역의 마을회관에 위치한 참나무속(Quercus) 나무 지면에서부터 약 4m 높이에 위치한 매미나방의 알에서 부화하는 1령의 매미나방 유충을 확인 하였다. 이 일자는 매미나방 2년차(2022)년에 확인 한 경상북도 칠곡군 왜관읍 아곡리 산 63에 위치한 밤나무속(Castanea) 나무(E36°01'00", N128°25'31", Altimeter 68.89m)에서 2022년 4월 7일 (julian 97d) 애벌레 부화일 보다 14d일이 빨리 확인되었다. 두 지역의 직선거리 약 37km 거리를 두고 있으며, 해발고도 차는 약 265m 이었다. 기상청 공공데이터 자료를 기반으로 하여 2지역의 1-4월 평균 온도를 조사한 결과 칠곡군 지역은 22년도에 비해 23년도가 약 0.8도 상승하였으며, 합천군 지역은 22년도에 비해 23년도가 약0.6도 온도가 상승하였다.

유충부화가 확인된 서로 다른 두지역의 유충발생 확인 연도의 1-4월 평균온도의 비교에서는 23년

지역 월	칠곡		합천	
	22년 월평균 온도	23년 월평균온도	22년 월평균 온도	23년 월평균온도
1월	0.2	0.1	0.1	-0.1
2월	1.1	3.5	1.2	3.4
3월	9.1	11	9.2	10.5
4월	15.3	14.3	14.9	14
평균온도	6.425	7.225	6.35	6.95
	0.8 (칠곡23-22평균온도차)		0.6(합천23-22평균온도차)	
	0.525(23합천 - 22년 칠곡 평균온도차)			

표 14. 기상청 공공데이터 칠곡, 합천 지역의 22-23년 온도 데이터

합천지역의 평균 온도가 22년도 칠곡 지역에 비해 약 0.525도 상승으로 유충의 부화일이 14일 빨라진 이유로 추정된다. 지구 온난화에따라 겨울철 평균기온이 증가하였고, 이후 장기에보에서 온도가 1~2도 평균 온도가 오른다는 예측보고가 있어, 2023 부화한 매미나방의 유충의 발육 조건에서 온도 상승이 계속 적으로 일어난다면 매미나방의 출현일이 다른 조사기간의 해보다 매우 빠를 것으로 추측하여, 트랩 설치 시점과 성충의 출현일을 22년도 출현일보다 14일 이전일 것으로 가정 하였다. 그래서 22년도 2년차 시험 보다 14일 빠른 2023년 5월 19일 매미나방 산란을 확인한 충청남도 논산시 논산읍 사정리 지역을 시작하여, 6월8일 강원지역을 마지막 트랩 설치 트랩을 순차적으로 설치하였다. 2022년도 보다 설치를 앞당긴 이유는 전체적인 온도상승으로 22년 2년차 시험에서 확인 부화일 보다 23년 3년차 시험의 매미나방의 부화 확인일이 14일이나 빨라져 매미나방 성충의 출현이 22년 최초 출현일 6/20일 보다 빠를 수 있다는 예상이 되었기 때문이다. 설치 지역은 서울특별시 8개, 강원도 10개, 충청북도 6개, 경상북도 12개, 경상남도 2개설치하여 조사를 진행하였다. 3년차 시험에서는 대량포획을 위한 포충유아등 활용 효과 검증 시험을 동시에 진행 필요하여 설치 시기로 밀도가 높은 지역에 포충유아등 시험이 가능하기때문이다. 포충유아등은 한번 설치할 경우 이동이 쉽지 않아 페로몬 트랩에 가장 빨리 성충이 출현 하는 지역을 선정하여 트랩을 설치 후 조사를 진행 하였다.

### 3-3 페로몬 트랩 유인 함량 시험

본과제 2년차인 2022년도 매미나방 페로몬 유인력 시험은 매미나방 페로몬 함량 주성분을 100%로 1mg/ 2mg으로 구별 하여 시험을 실시하였다. 2년차의 결과로 외국산 제품과 동등한 효력을 나타내는 국내산 매미나방 유인페로몬을 자사에서 합성하여 비교 테스트를 거친 제품을 생산하였다. 2022년 2년차 시험중 충분히 효과가 인정 되었지만 당시 함량을 증가한 시험을 진행하지 못하였다.

2022년도 2년차 시험에서 자체 생산한 제품과 외국산 제품과의 성능비교에 초점을 맞추어 시험을 하여 함량 추가의 효과 시험을 비교하지 않았다. 2년차 과제이후 본 과제 연구팀 내외부에서 함량을 추가로 진행하자는 의견이 있어 2023년 3년차 시험에서는 주성분의 함량을 2mg 으로 증가하여 매미나방 유인력 시험 계획하였다. 매미나방의 유인페로몬을 판매하고 있는 외국의 경우 함량을 최대 3mg 까지 사용한 제품이 있었지만, 연구 문헌에서도 3mg 이상의 시험을 시행한 문헌은 극히 드물어





그림 18. 경상남도 합천군 가야면 야천리 280 지역에서 2023년 3월 24일 부화를 시작한 매미나방 유충

3mg까지는 진행하지 않고 매미나방 주성분 1mg과 2mg의 포획력을 비교하였다.

종류	방출기	함량
자사합성 페로몬(2023년 합성)	고무 격막	2mg
		1mg

### 3-4 페로몬 트랩

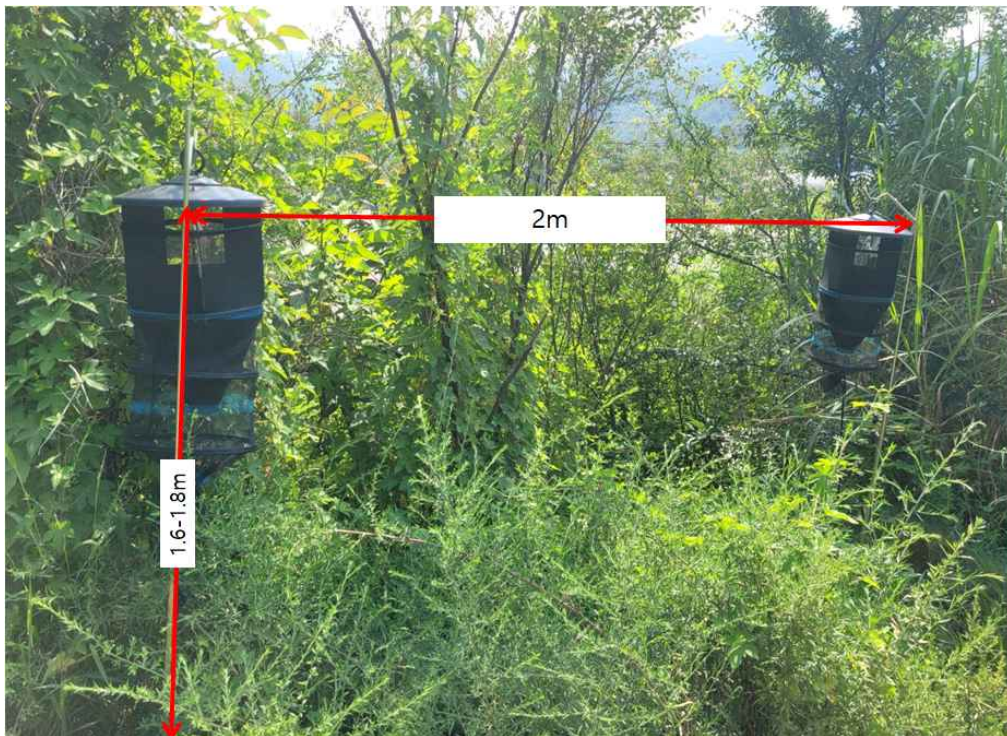


그림 19. 매미나방 페로몬 유인 함량에 따른 포획 트랩 설치

페로몬 유인시험에 사용한 트랩은 본 과제의 1,2차년도에서 사용한 매미나방 전용 트랩을 사용하였

다. 설치 장소의 환경에 따라 차이는 있지만, 트랩설치 높이는 1.6~1.8m 사이 높이에 페로몬 유인 트랩을 설치하였다. 트랩을 설치하는 지역의 특성을 고려하여 수도권 권역과 강원도 춘천 권역의 유인력 시험은 지역내에 넓게 설치하여 페로몬 함량을 달리하여 최대한 트랩을 최소 1km 이상 거리를 두고 설치하였다.

주관 1 지역(괴산, 제천, 의성, 영천,군위)은 각 시험구당 20m 안쪽에 설치하였으며 1mg과 2mg을 임의 배치로 진행하여 조사 하였다.

주관 2지역(합천, 김천, 상주, 경산, 논산, 원주, 영월, 영주)지역의 경우 각 시험구당 트랩을 1mg/2mg 두 개의 트랩을 설치하고 각 지역이 트랩의 거리는 2m 안쪽으로 설치하였다. 주관 2지역 중 경북 상주 지역의 동관리(2mg), 상오리(1mg)의 경우 산림지역의 특성을 고려하여 트랩간의 거리를 1km 두고 설치하였다. 매미나방의 유인트랩의 인접거리에서의 매미나방의 페로몬 함량에 따른 유인력 비교와 일정거리 이상에서의 유인력 차가 있는지 확인하고자 페로몬 트랩의 설치 거리를 지역 별로 차이를 두어 설치하였다.

### 3-5 페로몬 유인 트랩 설치 및 조사 종료

3년차 매미나방 페로몬 유인 트랩조사에 설치한 트랩은 서울, 강원, 충북, 충남, 경북 5개 지역에서 본과제의 주관, 협동1, 협동2 협업으로 58개의 매미나방 유인 트랩을 설치 조사하였다. 매미나방 페로몬 유인트랩의 설치는 2023년 5월 19일 충청남도 논산시 벌곡면 사정리(매미나방 난괴 최초 발견 장소)리 지역을 시작하여 2023년 7월 10일 수도권 권역을 마지막으로 트랩 설치를 완료 후 지역별을 분담하여 조사하였다. 대부분의 지역은 주 1회 조사를 원칙으로 진행하였으나, 주관2 지역 중 일부(영원, 영주, 원주)지역은 페로몬트랩 설치 후 주기적(평균 30일 이내)으로 페로몬 교체만 하고 개체조사는 최종 트랩에 포획된 개체를 합산하여 조사하였다. 매미나방 유인트랩의 조사종료는 8월 30일 모든 트랩 조사를 종료하였다.

### 4-1 페로몬 함량에 따른 매미나방 유인트랩 조사 결과

	지역	페로몬	05/24	06/09	06/21	06/30	07/06	07/12	07/19	07/28	08/03	08/16	08/18	08/22	합계
			설치												
주관 (그린트랩) - 1면적	괴산	1mg-A	설치	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	종료	1
		2mg-A		0	0	4	39	32	37	2	2	0	0		116
	제천	1mg-A	설치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	종료	0
		2mg-A		0	0	0	1	2	1	2	0	0	0		6
		1mg-B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
		2mg-B		0	0	0	0	1	2	0	0	0	0		3
	지역	페로몬	05/25	06/07	06/14	06/22	06/29	07/07	07/13	07/18	07/25	08/04	08/11	08/21	합계
	의성	1mg-A	설치	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	종료	5
		2mg-A		0	0	0	0	4	19	7	2	2	0		34
		1mg-B		0	0	0	0	0	2	0	1	0	0		3
		2mg-B		0	0	0	0	10	5	0	3	0	0		18
	영천	1mg-A	설치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	종료	0
		2mg-A		0	0	0	0	2	3	1	5	4	0		15
		1mg-B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
		2mg-B		0	0	0	0	1	2	0	0	0	0		3
	군위	1mg-A	설치					0	0	1	0	0	0	종료	1
		2mg-A		2	4	6	9	4	2				27		
		1mg-B		0	1	0	0	0	0				1		
		2mg-B		3	2	8	11	6	0				30		
	총포획마리			263마리									1mg	11	
												2mg	252		

구역		일	5/19	05/23	5/22 ~5/26	5/30 ~6/2	6/05 ~6/09	6/12 ~6/16	6/19 ~6/23	6/26 ~6/30	7/03 ~07/07	7/10 ~7/14	7/17 ~21	7/24 ~7/28	7/31 ~8/04	8/7 ~8/11	8/14 ~8/18	8/21 ~8/25	8/28 ~9/01	합계	
주관(그린프로텍) · 2면제	합천	야천리 2mg		설치		0	0	0	0	1	0	3	16	2	8	0	0	0	종료	30	
		야천리 1mg		설치		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	종료	0
	칠곡	아곡리 2mg		설치		0	0	0	0	0	1	0	2	12	0	0	0	0	0	종료	15
		아곡리 1mg		설치		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	종료	1
	김천	상좌원리 2mg		설치		0	0	0	0	0	0	0	1	14	0	0	0	0	0	종료	15
		상좌원리 1mg		설치		0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	종료	7
		미평리 2mg		설치		0	0	0	0	0	1	0	2	12	0	0	0	0	0	종료	15
		미평리 1mg		설치		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	종료	0
	상주	동관리 2mg	설치			0	0	0	0	0	0	0	1	5	1	2	0	0	0	종료	9
		상오리 1mg	설치			0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	종료	4
	경산	소월리 2mg					0	0	0	0	0	0	1	4	2	0	0	0	0	종료	7
		소월리 1mg					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	종료	0
		대한리 2mg					0	0	0	0	0	0	0	종료						종료	0
		대한리 1mg					0	0	0	0	0	0	0	종료						종료	0
	논산	사정리 2mg	설치			0	0	0	0	0	0	0	종료							종료	0
		사정리 1mg	설치			0	0	0	0	0	0	0	종료							종료	0
		한삼천리 2mg	설치			0	0	0	0	0	0	0	종료							종료	0
		한삼천리 1mg	설치			0	0	0	0	0	0	0	종료							종료	0
	<b>총포획마리</b>					<b>103마리</b>												1mg		6	
																		2mg		91	

구역		일	5/19일	05/23	5/22 ~5/26	5/30 ~6/2	6/05 ~6/09	6/12 ~6/16	6/19 ~6/23	6/26 ~6/30	7/03 ~07/07	7/10 ~7/14	7/17 ~21	7/24 ~7/28	7/31 ~8/04	8/7 ~8/11	8/14 ~8/18	8/21 ~8/25	8/28 ~9/01	합계			
주관(그린프로텍) · 1면제	영월	솔치재 2mg				설치													0	0			
		솔치재 1mg				설치														0	0		
		선돌 2mg				설치															0	0	
		선돌 1mg				설치																0	0
	영주	남대리 2mg				설치															2	2	
		남대리 1mg				설치																0	0
		좌석리 2mg				설치																5	5
		좌석리 1mg				설치																1	1
	원주	판부리 2mg				설치																17	17
		판부리 1mg				설치																5	5
<b>총포획마리</b>			30마리			1mg												6					
						2mg												24					

구역		일	6/1	6/7	6/12	6/17	6/21	6/22	6/26	6/27	6/28	6/30	7/3	7/10	7/14	7/17	7/24	7/28	8/4	8/16	합계	
1협동 (한수협)	한친-1 2mg	설치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	2	0	0	0/종료	8	
	한친-2 1mg	설치	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0/종료	5
	한친-3 1mg	-	설치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2/종료	2
	한친-4	-	-	-	-	-	-	-	설치	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0/종	7

	2mg																		료		
	한친-5 2mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	설치	0	2	0	0	0	0	0/종 료	2	
	한친-6 1mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	설치	1	0	0	0	0	0	0/종 료	1	
	한친-7 2mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	설치	0	0	0	0	0	0	0/종 료	0
	한친-8 1mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	설치	0	0	0	0	0	0	0/종 료	0
총포획마리 합		25마리										2mg							17		
												1mg							8		

일		6/8	6/11	6/14	6/17	6/20	6/23	6/27	6/30	7/3	7/7	7/10	7/14	7/19	7/24	7/31	08월 08일	합계	
티와도(2개)	knu1 2mg	설치	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	5	0/종 료	10	
	knu2 1mg	"	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0/종 료	4	
	knu3 1mg	"	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0/종 료	4	
	knu4 2mg	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0/종 료	7	
총 포획마리		25마리										1mg							8
												2mg							17

2023년 페로몬 유인트랩 시험에 포획된 매미나방은 총 446마리가 포획이 되었다. 본 과제기간 1년차인 2021년도에 총 포획된 매미나방의 개체는 153마리였다. 2년차인 2022년에는 매미나방의 개체가 다소 감소하여 총 131마리가 포획되었다. 하지만, 3년차인 2023년도 총 포획 마리는 총 446마리로 급증한 것으로 나타났다. 2022년 부화를 확인한 일자는 4월 7일이었으나, 2023년도에는 동일 지

### 매미나방 연도(2021~2023)별 유살수 비교

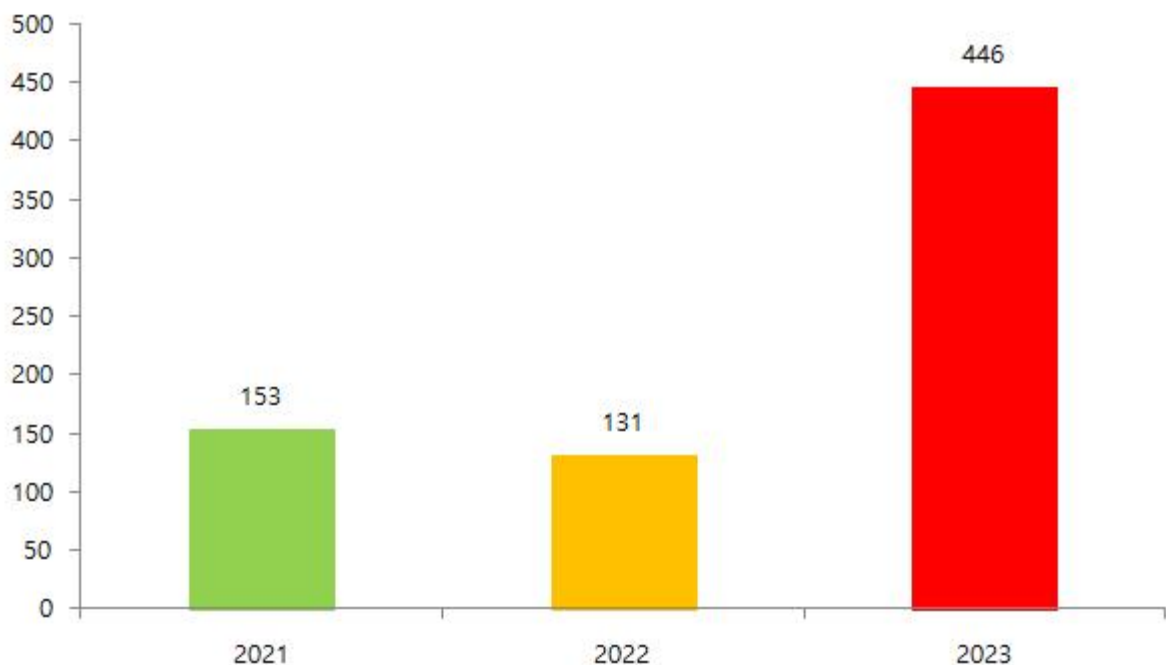
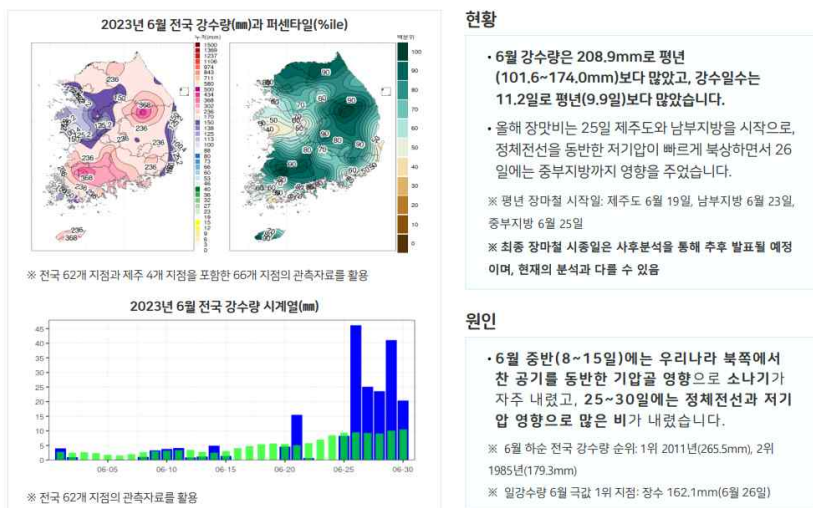


그림 20. 연도별(2021~2023) 매미나방 유살수 비교



역은 아니지만 고도가 2022년도 보다 높은 지역에서 3월 24일이 발견되어 약 14일 먼저 매미나방의 애벌레가 난괴에서 부화는 것을 확인하여 2022년 최초 개체 포획일인 6월 20일보다 매미나방의 성충의 출현일이 빠를 것으로 가정하고 매미나방출현일이 전년도 출현 일보다 최대 14일이 전에 출현할 것으로 예상 되어 트랩을 5월 19일 충남 논산시 벌곡면 사정리(2023년 매미나방 산란알을 확인후 실내사육을 위해 알집 제거 지역) 사정유원지를 시작으로 트랩을 설치하였다. 하지만 예상과 달리 6월 강수량은 208.0mm로 평년(101.6~174.0mm)보다 많았고 강수일수는 11.2일로 평년(9.9일)보다 많았다. 이 때문인지 원인은 불분명하지만 예상한 매미나방의 출현일은 2년차와 비슷한 시기에 매미나방의 성충이 유인이 되었다. 매미나방의 최초 출현일은 2023년도 6월 21일 1협동에서 서울 서초구 강남대로 27인근에 설치한 2번트랩에 포획이 되었다. 매미나방 부화 유충을 확인한 경상남도 합천군 가야면 야천리 일대에 설치한 트랩에서 6월 26일에 트랩에 유인확인 하였다. 부화기간은 겨울철 온도 상승으로 매미나방의 부화기간은 빨라졌지만 그에 비해 성충 출현일은 2년차와 비슷함 수 있었다.

2023년도 페로몬 트랩에 유인된 매미나방의 총 446마리중 주관 권역1(괴산,제천,의성,영천, 군위) 지역에서 총 263마리, 주관 권역2(합천, 칠곡, 김천, 경산, 상주, 논산)지역에서 총 103마리, 주관 권역



강수량 관련 기상요소별 순위 (1973년 이후 전국평균)

구분	2023년 6월		
	값	퍼센타일(강수량)/평년편차(강수일수)	순위(상위)
강수량	208.9mm	84.2%ile	11위
강수일수	11.2일	+1.3	17위

※ 전국평균: 1973년 이후부터 연속적으로 관측한 전국 62개 지점의 관측자료를 활용(1973~1989년) 56개 지점, (1990~2023년) 62개 지점  
※ 평년값: 1991~2020년 적용

그림 21. 2023년 기상청 공공데이터 자료에 따른 6월 강수량 비교

3(영월, 원주, 영주)지역에서 총 30마리, 1협동(한수협) 권역인 서울 경기 권역에서 총 25마리, 2협동(강원대학교) 권역인 춘천 권역에서 총 25마리가 유인 포획되었다.

포획된 매미나방의 조사권역중 가장 많은 매미나방의 포획한 지역은 주관 권역 1지역의 263마리로서 가장 많이 포획 되어 전체 포획 446마리중 58.97%로 가장 높은 비중을 차지하였다. 전체 매미나방 트랩 조사 권역의 매미나방 유인 포획량 지역을 살펴보면 괴산 117 > 의성 60 > 군위 59 > 김천 37 > 합천 30 순으로 나타났다. 이중 괴산은 2020년도 이전에 괴산지역에 매미나방의 피해 면적이 약 20ha 이상이었다는 일부 자료를 근거로 해석한다면 괴산지역 및 충청권 지역의 경우 내년도(2024년도) 밀도가 증가가 예상된다.

2년차 과제 매미나방의 포획량이 2021년 1년차에 비해 감소하여, 매미나방 페로몬 주성분에 대한 함량을 높여 추가적으로 시험을 진행하자는 내외부의 의견이 있어 3년차인 2023년에는 주성분 페로몬 함량을 1mg 과 2mg 으로 차이를 두고 페로몬 함량차이에 따른 매미나방의 유인력을 확인한 결과 총 446마리의 유인된 매미나방의 성충 개체의 대부분이 주성분 2mg 에 유인되었으며 그 개체수의 합은 401마리이다. 반면, 매미나방 주성분 1mg으로 한 유인트랩에서 포획된 매미나방의 성충 개

## 2023 권역별 매미나방 유살수

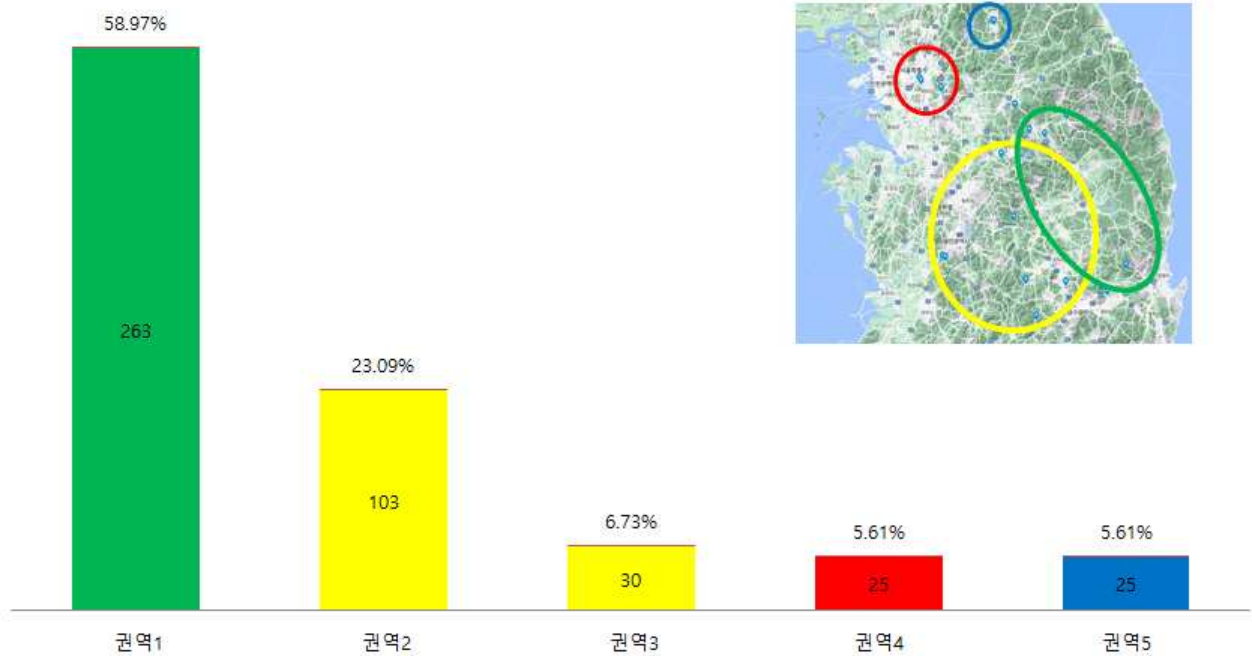


그림 22. 2023년도 매미나방 유인페로몬 권역별 포획 마리 비교

## 매미나방 유인페로몬 함량비에 따른 유인 비교

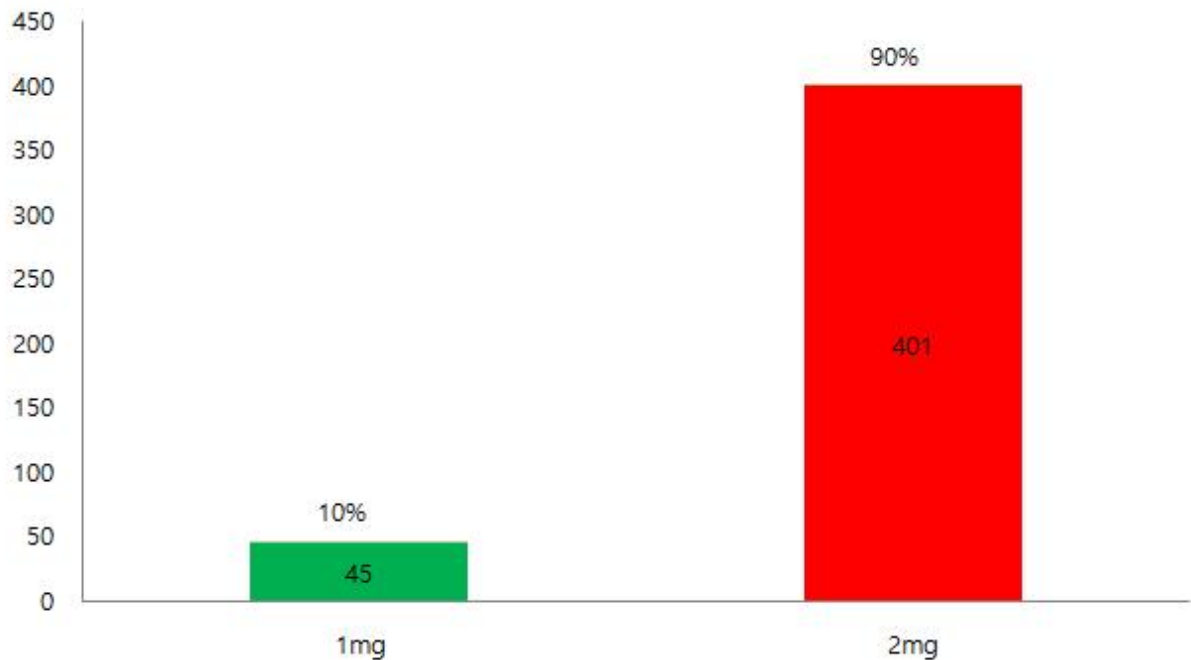


그림 23. 매미나방 유인페로몬 함량비(1mg/ 2mg)에 따른 유인력 비교

체 합은 45 마리가 포획되었다.

비율적으로는 전체 90%의 매미나방이 2mg에 유인 되었으며, 약 10% 1mg에 유인이 된 것으로 확인되었다. 이 중 전체 권역중 주관 2권역 상주지역과, 1협동(한수협), 2협동(강원대학교)의 경우 1mg과



2mg의 유인트랩을 직선거리로 1km 이상 차이가 나는 지역에서의 결과는 다르게 나타났다. 주관 권역2 상주지역에 13마리 중에서는 1mg 4마리, 2mg 9마리로 나타났다. 1협동과 2협동의 경우에는 동일한 개체가 포획 되었으며 각각 총 25마리 중 1mg 8마리, 2mg 17마리가 포획되었다. 표본의 수가 적고 잡힌 개체의 전체수가 63마리로 전체 446마리중 14%밖에 차지하지 않고 있지만 1mg에 포획된 수가 총 20마리, 2mg에 포획 총마리는 43마리가 포획되어 1mg 30%, 2mg 70%의 차지하였다.

이러한 결과로 2mg이 1km 이상 거리가 있는 지역에서는 1mg 보다 약 2.15배 높게 나왔으며, 트랩 간의 거리가 짧은 지역에서는 2mg의 효과가 1mg에 약 9배의 효과를 발휘하는 것으로 나타났다.

매미나방의 개체순환기로 본다면 폭발기이거나 밀도가 높은 지역의 경우 1mg을 사용해도 충분할 것으로 판단되지만, 매미나방의 밀도가 낮고 개체순환기로 볼 때 감소기, 무해기 및 증가기에는 오히려 2mg의 고 함량의 주성분을 주입한 페로몬을 사용하여 매미나방의 개체 밀도확인 용으로 사용하는 것에 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

2023년도 조사를 기반으로 이전 년차의 매미나방 포획 트랩의 수를 비교할 경우 매미나방 개체군 환은 연도별로 2020이전은 폭발기(outbreak phase), 2021년도는 감소기(decline phase), 2022년도는 무해기(innocuous phase), 2023년도는 증가기(release phase)로 우리나라도 매미나방의 개체군환에 접어들었다고 가정할 경우 2024년도에는 매미나방의 폭발적 증가가 우려된다. 이에 추가적인 매미나방의 조사가 필요 할 것으로 생각한다.

##### 5. 파장범위가 다른 램프 이용한 포충유아등을 활용한 매미나방 대량 포획 효과 시험

매미나방 및 돌발 해충이 빈번하게 나타나는 이유로 가장 먼저 기후변화를 꼽는다. 겨울철 이상 고온으로 곤충에게 좋은 월동 서식 환경을 갖춰줬다는 것이다. 하지만 단순히 기후 변화만으로 갑작스럽게 대대적인 곤충 번식이 이뤄졌다고만 볼 수 없다. 매미나방의 경우 월동난과 상태에서 겨울철 온도 상승의 원인으로 부화 속도 부화율이 증가하는 이를 설명하는 자료이다. 하지만 근본적으로 매미나방의 개체를 줄이기 위해서는 천적등 다양한 방법으로 생태계 내에서도 밀도를 조절하는 역할을 하는 요인들의 감소로 인해 밀도가 증가된다고 볼 수 있다.

본 과제에서 매미나방의 페로몬 유인제를 이용하여 대량 포획하는것도 한 방법. 아시아매미나방 (*Lymantria dispar* (Linne))은 2020년(폭발기) 이전 국내에서 대발생하여 대규모의 피해 면적을 양산 이후 2021년(감소기) 이후 감소하여 2022년(무해기)에는 그동안의 방제 효과로 원인 때문인지 현재 대한민국내의 매미나방의 광범위한 피해는 없었다.

매미나방의 이동과 산란 개체를 줄이기 위해서는 페로몬을 이용하여 매미나방 수컷의 밀도를 감소시키고 발생 시기를 예측하여 이에 맞는 방제 프로그램을 만들어 밀도를 감소 시키는 것도 중요하다.

하지만, 본 연구팀은 직접적으로 교미 후 이동하는 암컷을 효과적으로 유인 유살하는 것이 매미나방의 발생밀도를 감소하는 가장 빠른 방법이라고 생각하였다. 이런 의견과 고민에서 매미나방의 주요 산란처가 고속도로를 기반으로 주변, 도시 내 공원 인근 등 기주식물이 존재하고 이런 지역들의 공통은 일정한 빛이 존재 하며, 빛의 일부 파장이 매미나방 암컷을 유인된다는 가정하고 하였다.

현재 암컷을 유인하는 카이로몬이나 페로몬은 연구 되어 있지 않다. 빛의 특정 파장에 의해 매미나방의 암컷이 유인된다는 가정으로 볼 때 가장 매미나방의 암컷을 유인하는 방법은 포충유아등을 이용한다면, 교미 후 이동하는 암컷을 충분히 포획하여 매미나방의 산란을 억제 하여 차후 밀도를 감소시킬 것으로 판단하였다.

매미나방의 생태와 비행 능력을 관련된 논문에 의하면 암컷은 수컷에 비행 체중이 2.9배 무거운 것으로 나타났고, 길이는 12mm 정도 길고, 폭도 7mm 정도 큰 것으로 나타났다. 교미한 암컷성충의 최대비행거리는 5903.26m(약6km내)로 교미하지 않은 암컷(2382.76m)보다 훨씬 먼 거리를 비행하였다. 암컷 매미나방 성충은 20:00시경에 가장 많은 개체가 비행하였으며, 우화 불량으로 날지 못하는 개체들은 기어서 이동하는 것으로 알려져있다. 매미나방 암컷은 1번 교미를 하였지만 수컷은 2번 이상 교미하는 개체도 있었다. 교미시간은 42~88분으로 평균 1시간 내외였고, 교미 후 암컷성충은 멀지 않은 장소로 이동하여 산란한다고 알려 졌다.

이에 본 과제 연구팀은 파장범위가 서로 다른 6개의 유인 램프를 이용하여 매미나방의 수컷이 확인

된 지역 중 시험의 조건이 맞는 지역 3지역을 선정하여 3가지 타입의 포충유아등을 이용하여 암컷을 유인유살 하고 효과적인 유인 유살이 가능한 파장을 선정하여 암컷의 대량 유살을 목표로 시험에 진행하였다.

### 5-1. 대량포획용 포충유아등

포충유아등은 자사에서 사용하고 있는 포충유아등 3개 종류를 이용하여 시험하였다. 3가지 종류의 포충유아등의 자체 명칭은 시설형유아등, 과수형유아등, 태양광형유아등으로 지칭한다. 먼저, 시설형유아등은 시설하우스, 노지에 높은 곳에 매달아 놓고 사용하는 포충유아등이다. 두 번째 과수형유아등은 과수작물이나 노지 작물에 이용하는 포충유아등으로 다리가 있어 지지하거나 매달 수 없는 곳에서 사용이 용이하게 하기 위해 고안된 유아등이다. 포충유아등의 사용 전원은 시설형, 과수형 유아등의 경우 어댑터(SMPS) 장치를 사용하여 DC12V 1.5A의 전원공급으로 작동이 되는 포충유아등이다. 주전원을 220v(교류)를 이용하지 않고 DC(직류)전원을 변환하여 이용하는 이유로는 포충유아등의 설치 특성상 주로 농작물 혹은 임야지역에 설치한다. 작물생육을 위해 농약살포, 잡초제거 및 관수 등의 위험으로부터 노출된 기계와 이를 이용하는 작업자의 안전이 고려되어야 한다. 하지만 교류전류인 220v의 경우 기계의 안정적 작동과 전구등의 파장이 일정하여 기계적인 효율성 면에서는 높아 다량의 해충을 유인할 수 있겠지만, 만약에 발생하는 단선 및 누전에 따른 감전사고시 사용자의 안전을 심각하게 위협할 수 있다. 이런 이유로 포충유아등의 경우에는 야외에 설치하는 특성으로 비를 맞아도 안전하고 안정적으로 작동되고 또한 이상 유무를 위해 작업자가 전원이 켜진 상태에서 점검을 하여도, 감전 사고나, 절단 사고부터의 안전을 위해 기계적 효율이 떨어져 해충의 포획 양이 감소하여도 작업자의 안전을 우선한 DC12V의 전원을 사용하여 시설형, 과수형 유아등의 작동하였다. 태양광유아등의 경우 전원 공급이 원활 하지 않는 농경지 또는 임야에 설치가 용이하도록 전원 공급이 필요 없이 자체 발전이 가능한 태양광을 적용하였으며, 내부에 장착된 배터리(DC12V14A)를 이용하여 태양(솔라셀)에서 주간에 발전된 전기에너지를 저장하여 야간에 사용하는 방식으로 작동된다. 이러한 태양광을 이용한 형태의 유아등의 경우 전기 공급이 어려운 지역에서의 충을 포획하기 위한 장치로 활용하다.

이 3가지 유아등을 이용하여 매미나방의 암컷을 유인하는 포충유아등으로 사용하여 시험 하였다.

시설형포충유아등	과수형포충유아등	태양광형포충유아등
		

표 21. 매미나방 유인 포충유아등3종 비교

3가지 유아등의 특성은 빛이 멀리 갈 수있게 주변의 벽이 투명으로 만들어져 보다 많은 빛량을 발산하는 장점을 가진 제품이지만, 유입구가 크다고 포획 범위가 매미나방을 대상으로 하지 않을 수 있고 또한 단점 있어 매미나방의 유입에는 문제가 없고 타 개체의 유입을 줄이기 위해 외주 기관과 협력하여 유입구 면에 부착이 가능한 보조 유입구를 장착하였다. 새로 고안된 보조 유입구는 3가지 타입의 유아등중 과수형, 태양광형의 포충유아등만 부착하였다. 보조유입구를 부착하지 않은 시설유아등은 대조구로 설정하고 나머지 2종류와 비교하기 위해 시험을 진행하였다.

### 5-2. 매미나방 유인 램프 파장 대역

시험에 사용하는 포충유아등에 사용되는 유인램프는 파장범위가 다른 6종류의 램프를 사용하였다. 각 램프의 광색상의 순서는 청색1, 청색2, 녹색, 형광녹색, 황색1, 황색2이다. 이를 다시 파장범위대역은 1.광색 청색 파장 365~370nm, 2. 광색 청색 파장 395~405nm, 3. 광색 녹색 파장 520nm~550, 4. 형광 녹색 청색 파장 550~570nm 5. 황색 파장580~590nm , 6. 황색 파장 580 nm 이다. 일반적으로 해충 유인 포충유아등의 유인에 활용하는 빛 파장대역은 360nm~460nm를 주로 이용한다. 이중 365nm~400nm가 전 세계적으로 가장 많이 사용하는 유인램프의 파장 대역이다.

매미나방 3종(Lymantria dispar asiatica Vnukovskij, Lymantria dispar japonica Motschulsky, Lymantria dispar dispar L.)의 매미나방의 겹눈의 스펙트럼 감도를 300-700nm 파장 영역에서 전기생리학적으로 활성화 된다고 알려져 있다. 이들 파장범위 중에서 최대반응을 나타내는 파장의 범위는 480-520nm 범위(청록색 영역)에서 발생하고 짧은 파장 피크는 460nm에서 발생했습니다. 340-380nm 범위에서 암수 모두 2차 피크에서 관찰되고 있다. 매미나방의 야간의 비행시 이 영역대의 파장을 이용하는 것으로 알려져 있다. 또한 매미나방의 유입을 억제 하기 위해 해외에서는 500nm 가까운 파장을 차단하는 필터를 이용하여 매미나방에 유입을 억제하는 한 가지 방법으로도 이용되고도 있다.

반면 이번 시험에서는 백색광(주광색)등을 사용하지 않은 이유로는 재배작물 중 일부의 작물에서 백색광에 작물이 장시간 노출되면 화아분화가 억제되어 작물의 결실이 이루어지지 않는 연구 자료가 있었으며, 또한 포충 유아등의 특성상 익충과 해충을 구별하지 않고 포획되는 문제점이 있었으며, 본 시험의 주요 해충인 매미나방의 경우 300nm~600nm 포획되는 연구자료를 바탕으로 효과적인 매미나방 포획과 야간에 이동하는 것으로 알려진 매미나방의 암컷을 포획하여 차후 밀도는 감소 시키는 효과를 확인하고자 백색광원을 사용하지 않았다.

본 시험에서 사용하는 6가지의 램프의 전구는 표 10.과 같으면 트랩간의 간격은 5m이며, 유인에 사용되는 페로몬 함량은 모두 2mg을 사용하였다. 각 파장의 유형별로 유인마리를 조사하였다.

	청색1 365~370nm	청색2 395~405nm	녹색 520~550nm	형광레몬 550~570nm	주황1 580~590nm	주황2 580 nm~
전구 사진						

표 22. 매미나방 유인 포충유아등에 사용하는 램프 비교

### 5-3 유인 조사 방법

매미나방 페로몬 유인 시험에서 포획이 시작되는 시점에서 이후 포획되는 장소 중 3곳을 선정하였다.

순번	주소	형태	보조입구부착	전기공급 전원
1	경상북도 김천시 구성면 미평리 산 146	시설형	미부착	DC12V/ 1.5A
2	충청북도 괴산군 불정면 외령리 404-11	과수형	부착	DC12V/ 1.5A
3	경상북도 김천시 구성면 상좌원리 산 49	태양광형	부착	배터리 충전형(DC12V/14A)

위의 3곳의 선정은 매미나방 개체 포획 상황을 보고 결정하였으며, 설치일은 7월5일 7월6일 7월7일

3일간에 걸쳐 모두 설치하였다. 조사방법은 최소 주1회 이상 조사하는 것을 원칙으로 하였으며, 잦은 강우로 인해 태양광형 포충유아등의 배터리는 충전 유무와 관계없이 주기적으로 교체하였다. 태양광형 포충유아등의 작동 원리상 배터리가 방전될 경우 작동이 되지 않는다. 이러한 이유의 원인으로 시험에 지장이 없도록 주기적으로 배터리를 교환 하여 진행하였다.

5-4 유인전구에 따른 포충유아등의 매미나방 유인 포획 결과

구분 \ 일	7/10~7/14			7/17~21			7/24~7/28			7/31~8/04			8/7~8/11			8/14~8/18			8/21~8/25			합계			
	시	태	과	시	태	과	시	태	과	시	태	과	시	태	과	시	태	과	시	태	과				
유인전구1	0	0	0	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
유인전구2	0	0	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
유인전구3	0	0	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
유인전구4	0	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
유인전구5	0	0	0	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
유인전구6	0	0	0	5	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
합계	0	0	0	28	2	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52

3가지 형의태의 포충유아등을 7월 5일부터 설치하여 7월8일 설치 완료 후 부터 7월 10부터 8월25 일 까지 총 조사기간 중 포충유아등에 유인된 개체는 총 52마리의 수컷 매미나방이 포획되었다. 반면, 암컷은 단한 마리도 포획되지 않았다.

이중 전기를 사용하는 포충유아등의 2종류 시설형포충유아등, 과수형포충유아등에서 유아등에 포획된 매미나방의 수컷 개체수는 총 50마리로 전체 포획된 개체의 96%가 전기형 포충유아등에 의해 포

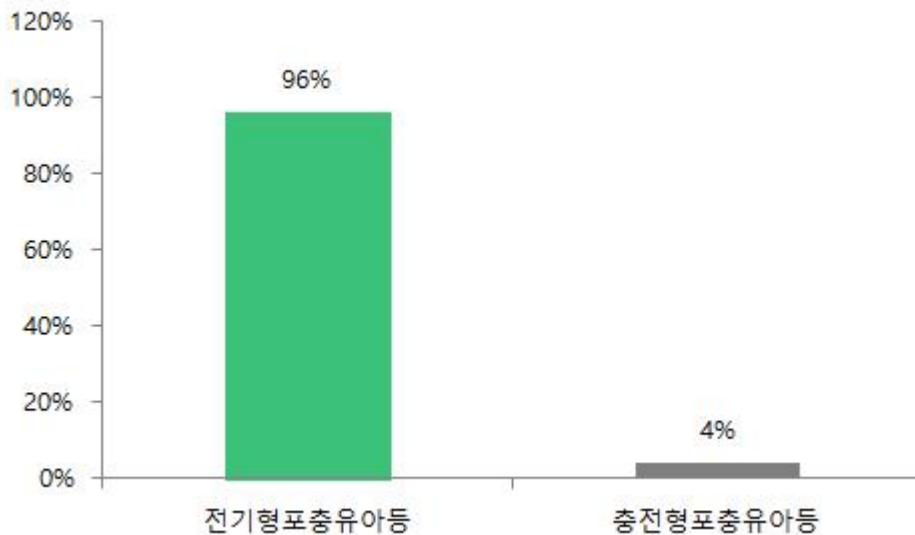


그림 10. 포충유아등의 사용 전력에 따른 매미나방 포획 마리 비율

획되었다. 충전형 포충유아등인 태양광형에는 단 2마리의 매미나방이 유인 포획되었다.

태양광형 포충유아등에 비해 전기형 포충유아등에 전체 개체의 96%가 포획된 이유는 매미나방의 겹눈에서 비추어 지는 전구의 파장이 전원공급원에 따른 안정적, 파장이 일정하게 나오는 전기형 포충유아등에 유살된 개체수가 50마리로 판단된다. 반면, 배터리 충전으로 운용되는 태양광형 유아등에 유살된 매미나방의 개체는 2마리였다. 배터리 충전을 사용하여 전원이 공급되는 충전형 포충 유아등의 경우 전기형 포충유아등에 비해 배터리 용량에 따라 전구의 파장이 안정적으로 파장의 형성이 이루어지지 않은 이유로 판단된다. 이는 충전형 포충유아등의 램프 파장중 파장이 상대적으로 긴파장의 형태인 전구 5,전구 6의 경우 황색 전구에서 각 각 1마리 포획된 것으로 확인 했을 때 좀더 연구가 진행되어야 하겠지만 580nm 가 400nm 보다 파장이 길고 이로 인해 충전형 포충유아등에 매미나방

이 각각 1마리씩 포획된 결과로 볼 수 있을 것으로 판단된다.



그림 11. 전기형 포충유아등의 전구색 비교

전기형 포충유아등 2종류의 6개의 다른 전구 파장대역에서 유살의 수에서 차이는 있지만 유입되어 매미나방은 300~600nm 대역에 모두 영향을 받고 있다는 것을 다시 확인하였다. 그중에서 580nm의 전구 파장에서 가장 많은 개체가 포획되었다. 이 결과로 볼 때 매미나방의 해외 유입이 예상 되는 지역의 조명에는 500~590nm 이상의 빛을 방출하는 방지하는 필터를 사용하여 매미나방에 확산을 억제 할 수 있을 것으로 생각한다.

포충유아등 유입구에 추가로 설치한 보조유입구의 경우 대조구로 사용한 시설형 포충유아등에서 총 28마리, 시험구로 사용된 과수형 포충유아등에서 22마리의 매미나방이 포획 되었다. 보조 유입구를 설치한 과수형에서 시설형에 비해 6마리 적게 포획되었다. 보조 유입구가 매미나방의 유입에 일부 영향을 주는 것으로 나타났거나, 매미나방외 타개체 유입은 과수형 포충유아등이 시설형 포충아등에 비해 육안 관찰시 감소되었다.

비록 설치 장소가 고 설치된 포충유아등의 형태의 차이는 있지만, 향후 보조유입구의 개선이 이루어 진다면 대상 해충인 매미나방의 개체 유입에는 영향이 적고 타개체의 유입을 적게 하여 무문별한 개체 유살을 막을 수 있을 것이다.

이번 시험에서는 수컷 매미나방 만 포획되었으며, 기대한 암컷 매미나방은 전혀 포획되지 못하였다. 암컷 매미나방이 포충유아등에 유입되지 않은 이유는 현재 확인된 근거는 없지만 다음과 같이 두 가지 이유를 추정 가능하다.

첫째. 매미나방의 암컷은 산란처 조사당시 대부분의 매미나방 산란난괴가 확인된 기주식물의 지름이 40cm 이상이며, 산란의 위치가 보통 3m이상의 위치에 산란한 것을 확인할 수 있었다. 관찰된 매미나방의 산란 위치로 볼 때 포충유아등의 포획 설치 높이가 산란처의 높이보다 낮아 암컷의 포획이 이루어지지 않았을 것으로 추정된다.

둘째. 산란 조사에서 확인된 매미나방의 기주식물들은 평균 수령이 많고, 수고가 높은 내부에 바람이 잘 들지 않는 곳이 많았다. 바람이 많이 불어오거나, 나무가 바람에 심하게 흔들리는 나무에 산란 흔적을 찾기 어려웠다. 이를 바탕으로 포충형 유아아등이 기주 식물이라고 가정하였을 때, 포충형 유아등의 작동원리는 상부의 전구에 유인되는 대상해충을 하부에 팬이 일정한 속도로 돌아가면서 대상해충을 흡입하는 형태인데, 이 경우 바람이나 진동이 발생하여 매미나방이 유인되 파장에 유인되더라도 바람이나 진동이 일부 존재하는 포충형 유아등을 기피했을 것으로 추정한다.

향후 두 가지 추정을 근거로 개선하여 매미나방 암컷을 유인하여 직접적 개체 감소가 가능한 포충형 유아등을 개선할 계획이다.

6. 고찰

올해 매미나방 개체 포획량이 증가한 원인으로는 겨울철 (1월~3월) 평균 기온이 전년 보다 약 1.5°C 높은 3.8°C이었다. 이는 매미나방이 대발생한 2019~2020년도 평균값(3.75°C)과 비슷한 수준으로 알이 월동 후 유충(애벌레)으로 부화하는 비율이 높았을 것으로 판단하고 있다.

또한 이러한 이유 외에 매미나방의 개체군환 무해(innocuous), 증가(release), 폭발(outbreak), 감소기(decline phase)등으로 구분되어 일부는 맞아 가는 경향이 있다는 것이다.

만약 매미나방 개체군환에 접어들었다면 2020년 발생 폭발 -> 21년 발생 감소 -> 22년 무해 -> 23년 증가이며 동계철 기온 상승이 이루어진다면 2023년의 매미나방은 다시 폭발기(outbreak)가 예상되는 매우 우려스러운이다.

매미나방의 유인 페로몬의 주성분은 1mg, 2mg 모두 효과가 있지만 함량이 높은 2mg의 효과가 1mg에 비교할 경우 매우 우수하지만 비용이 증가하는 문제가 있다. 그러므로, 밀도가 감소하거나 예찰을 우선하는 경우에는 2mg을 사용하는 하는 것 좋으며, 대량의 면적에 다수의 매미나방 트랩을 설치하는 경우에 1mg이 좋을 것 이다.

매미나방을 대량으로 포획하기 위해 사용하는 포충유아등의 경우 페로몬을 같이 사용하여도 기대의 효과를 발휘하기 어려우며, 비용적인 측면으로 볼 때 매미나방의 전용 트랩을 사용하는 것이 효과적 일것으로 판단된다. 또한, 향후 추가적 연구를 통해 매미나방의 암컷을 유인포획 장치를 개발하여 산란개체군의 직접적 감소가 이루어지길 기대한다.

매미나방 알집 및 시험 장소 탐색 위치(전국 108개소의 조사지역)

2023 매미나방 알집 조사 지역	트랩 설치 지역
강원도 동내면 고운리 317	트랩 조사 지역 /2mg(knu1)
강원도 영월군 대강면 울산리	
강원도 영월군 영월읍 선돌 관광지 인근	<b>트랩 조사 지역 1mg/2mg</b>
강원도영월군주천면솔치재정상부근	트랩 조사 지역 1mg/2mg
강원도 원주시 판부면 서곡리 11591	<b>트랩 조사 지역 1mg/2mg</b>
강원도 원주시 호저면 옥산리 일대	
강원도 춘천시 강원대학 1길	트랩 조사 지역 1mg(knu2)
강원도 춘천시 소전길 32	<b>트랩 조사 지역 1mg(knu1)</b>
강원도 춘천시 신복읍 배후령길 8110	트랩 조사 지역 2mg(knu4)
강원도 홍천군 북방면 소매곡리 일대	
경기도 가평군 설악면 미사리	
경기도 광주시 순암로 36번길	트랩 조사 지역 1mg
경기도 광주시 순암로 36번길	트랩조사 지역 1mg
경상남도 밀양시 산내면 남명리 산 952	
경상남도 창녕군 고암면 감리 488	
경상남도 창녕군 창녕읍 계성화왕산로 597	
경상남도 합천군 가야면 야천리 277	트랩 조사 지역 1mg/2mg / 알
경상북도 경산시 압량읍 인안리 122-2	
경상북도 경산시 와촌면 대한리	트랩 조사 지역 1mg/2mg
경상북도 경산시 와촌면 소월리	<b>트랩 조사 지역 1mg/2mg</b>
경상북도 고령군 우곡면 속리길 72	
경상북도 군위군 부계면 남산리 산 12	트랩 조사 지역 1mg/2mg
경상북도 군위군 삼국유사면 낙전리 산 975	
경상북도 군위군 삼국유사면 삼국유사로 986	
경상북도 군위군 우보면 모산리 산 1021	
경상북도 김천시 구성면 마산리 산613	
경상북도 김천시 구성면 미평리 산 146	유아등 조사 시설
경상북도 김천시 구성면 미평리 산 50	트랩조사 지역 1mg/ 2mg
경상북도 김천시 구성면 상좌원리 364	유아등 조사 태양광
경상북도 김천시 구성면 상좌원리 산 34	트랩조사 1mg/2mg
경상북도 김천시 부항면 사들리	
경상북도 김천시 부항면 안간리 3681	
경상북도 김천시 부항면 월곡리 182	



경상북도 김천시 부항면 파천리 251	
경상북도 문경시 문경읍 각서리 산407	
경상북도 봉화군 명호면 청량산길 113	
경상북도상주시거동동산983번지일대	
경상북도상주시경상북도상주시낙동면선상서로2177번지일대	
경상북도상주시낙동면내곡리509123일대	
경상북도상주시낙동면승곡리2083일대	
경상북도상주시낙동면신상리5271일대	
경상북도상주시내서면낙서리27819일대 가장동 산52 일대	
경상북도상주시외서면대전리3691일대	
경상북도상주시외서면대전리산3421일대	
경상북도 상주시 외서면 예의리 산 114번지 일대	
경상북도상주시은척면황령리576번지일대	
경상북도상주시청리면학하리280번지일대 흥각동 2472번지 일대	
경상북도 상주시 함창읍 오사리 일대 > 함창읍 이안리 일대	
경상북도 상주시 화남면 동관리 산 23	트랩조사 지역 2mg
경상북도 상주시 화북면 상호리 산 20	트랩조사 지역 1mg
경상북도상주시화서면거동리일대 화서면 달천리 일대	
경상북도 상주시 화서면 상용리 678	
경상북도 안동시 길안면 길안청송로 342	
경상북도 안동시 길안면 충효로 257	
경상북도 영양군 수비면 반딧불이로 227	
경상북도 영양군 수비면 본신리 산 241	
경상북도 영양군 청기면 당리 산 1532	
경상북도 영주시 단산면 좌석리 산161 인근	
경상북도 영주시 부석면 남대리 산 3 인근	
경상북도 영주시 풍기읍 한천리	
경상북도 영천군 화북면 자천리 1421-1	
경상북도 영천시 고경면 청정리	
경상북도 영천시 화북면 정각길 22	트랩 조사 지역 1mg/2mg
경상북도 의성군 비안면 교화길 1018	
경상북도 의성군 사곡면 토현리 2501	트랩 조사 지역 1mg/2mg
경상북도 의성군 안평면 괴산1길 575	
경상북도 청도군 매전면 호화리 648	
경상북도 청도군 이서면 자계서원길 177	
경상북도 칠곡군 왜관읍 아곡리 산63	트랩 조사 지역 1mg/ 2mg
경상북도 청송군 부남면 대전리 833-4	
경상북도 칠곡군 가산면 가산로 11552	
경상북도 칠곡군 지천면 백운리	
경상북도 포항시 북구 죽장면 새마을로 3088	
경상북도 포항시 북구 죽장면 새마을로 4590	
경상북도화서면상곡리산881일대 경상북도 상주시 내서면서원리 산 1691번지 일대	
고령군 덕곡면 옥계리 산 180번지	
대구광역시 달서구 이곡동 장미공원	
대구광역시 달성군 다사읍 서재리 산3	
서울특별시 광진구 중곡동 680-9	
서울특별시 서초구 강남대로	트랩 조사 1mg
서울특별시 광진구 중곡동 노원구 상계동	
서울특별시 서울 서초구 강남대로	트랩 조사 1mg
서울특별시 서초구 강남대로 27 화훼공판	트랩조사 1mg
서울특별시 서초구 강남대로 양재천 부근	트랩조사 지역2mg
서울특별시 서초구 신원동 225 (청계산 부근)	트랩조사지역 2mg
서울특별시 서초구 원지동 산 33	트랩조사지역 2mg
전라남도 보성군 검백면 윤림리 5221	
전라남도 보성군 율어면 시목길 50	
전라남도 순천시 상사면 미곡길 95	
충청남도금산군부리면현내리4012	알

충청남도 금산군 추부면 마전리 66424	
충청남도 논산시 벌곡면 사정리 482	트랩 조사 지역 1mg/2mg / 알
충청남도 논산시 벌곡면 한삼천리 144-1	트랩 조사 지역 1mg/2mg
충청북도 괴산군 불정면 외령리 404-1	유아등 과수
충청북도 괴산군 불정면 외령로1길 25	트랩 조사 지역 1mg/2mg
충청북도 괴산군 불정면 외령로4길 71	트랩 조사 지역 1mg/2mg
충청북도 영동군 매곡면 수원리 623	
충청북도 영동군 상촌면 궁촌리 385	
충청북도 영동군 상촌면 돈대리 3939	
충청북도영동군상촌면유곡리	
충청북도 영동군 상촌면 흥덕리 272	
충청북도 영동군 추풍령면 추풍령리	
충청북도 영동군 황간면 우매리 산3(반야사)	
충청북도 옥천군 동이면 석탄리 산 101	
충청북도 옥천군 동이면 조령리	
충청북도 제천시 금성면 대장리 212	트랩 조사 지역 1mg/2mg
충청북도 제천시 봉양읍 의암로8길 81	트랩 조사 지역 1mg/2mg
충청북도 충주시 주덕읍 화곡리 산1086	

### 매미나방(*Lymantria dispar*) 유인 포획 트랩 한.미.중 비교

- 본과제의 매미나방 유인 트랩을 개발을 위해 미국, 중국에서 사용하는 매미나방의 트랩과 본 과제에서 제작한 주)그린아그로텍의 매미나방 트랩과 비교하였다.



#### 1. 3개국 트랩의 설명

1) 자체 제작 매미나방 트랩 (대한민국) - 트랩의 전체 트랩의 크기는 높이 60cm, 폭 30cm 의 원기둥 형의 트랩으로 매미나방의 국내에서 활동하는 시기인 6월부터 8월 초의 기상 상태를 고려하여, 비를 맞지 않는 갓형의 상부 구조와 태풍과 돌풍에도 견디어 낼수 있는 PP 플라스틱 성형 흑색 사출물

을 이용하여 기상상태에도 견디어 낼수 있는 강도와 포획된 매미나방을 수거 및 페로몬 분상을 용이하게 하는 망으로 외부를 피복하였으며, 망 하단부에 포획된 매미나방을 수거하거나, 이물질이 포획망 안에 들어 갈 경우 쉽게 분리 할 수 있도록 조임 장치를 추가하였다. 매미나방의 페로몬을 받아 비행하여 쉽게 트랩 내부로 들어 올수 있게 상단 약 5cm를 불리하여 매미나방이 원활한 비행으로 트랩내부로 쉽게 들어 올수 있으며, 페로몬의 위치가 유입 상단보단 약 3cm 정도 낮게 되어 들어온 매미나방이 외부로 다시 나가지 못하도록 고안 하여 제작 하였다.

2)미국 밀크트랩 - 북미(미국, 캐나다) 지방에서 매미나방 유인트랩으로 대량으로 사용하는 매미나방 트랩으로 재질은 종이팩으로 만들어 저있으며 형태적으로는 우유 1L크기의 용기와 유사하며 종이팩이 전개된 상태에서 트랩의 형태를 맞추어 가며 사용 하는 트랩이다. 외형의 색은 녹색으로 식물을 표현한 색상으로 판단된다. 유입구의 크기는 가로 9.5cm 세로 9.5cm 높이 25cm로 매미나방이 비행 후 밀크트랩 측면에 착지 후 4면의 유입구 구멍으로 들어가는 형태로 되었다. 재질이 종이팩 재질이어서 가볍지만 내구성이 약한 단점이 있으며, 조립이 불편한 단점이 있다.

3)중국 윈트랩 - 중국 에서 매미나방 유인트랩으로 윈트랩을 많이 사용한다. 윈트랩은 판pp플라스틱 1mm~0.5mm를 이용하여 가로 27cm 세로 22cm 높이 14cm의 크기로 만들어 졌으며, 윈트랩이라는 말처럼 비행기의 날개를 형상하여 상부판과 하부판이 떨어져있으며, 이를 지지하기 위해 상부와 하부를 철사와 고정 지지대를 연결하여 트랩을 고정시켜 사용한다. 상부트랩에는 끈끈이 접착판이 붙어있지 않으며, 하부트랩에 끈끈이 접착판이 부착되어있어 유인된 매미나방이 트랩에 붙을 경우 도망을 가지 못하는 장점이 있다. 하지만 매미나방의 밀도가 높은 경우 트랩의 하판은 분리하여 자주 교체해야 하지만 윈트랩의 특성상 한번 조립하면 분리후 재조립이 쉽지 않고, 재질의 특성상 시간이 지나면 경화하여 트랩 절곡면이 부러지는 단점등이 있다.

## 2. 환경에 따른 3개국 트랩 비교

- 국내 매미나방의 활동시기인 6월 중순~ 8월 중순 까지는 장미철가 혹서기 및 때에 따라 태풍의 영향을 받는 계절이다. 매미나방 활동시에 있는 발생할 것으로 예상되는 비, 바람, 외부 돌풍에 의한 먼지 등을 각 트랩에 테스트하여 비교하였다.

### 1) 비에 따른 3개국 트랩 비교



비로 인한 각 트랩의 형태 변형 및 트랩의 특성 비교



중국산 트랩	자체 제작 트랩- 국내	미국산 트랩
		
<p>비로 인해 내부 해충 유인 포획 끈끈이 가 물에 젖어 끈끈이 점착력이 약해 지고 트랩의 형태상 하단 중앙 부위에 물고임 현상이 발생한다.</p>	<p>상부의 원형 샷가에서 위에서 떨어지는 빗물을 막고 측면으로 들어 치는 비에도 외부망으로 빗물이 고이지 않으며, 쉽게 물에서 물이 분리 되어 트랩과 유인된 개체의 형태를 유지 시켜 준다.</p>	<p>트랩의 재질인 종이팩 재질의 특성 때문에 비에 취약한 형태로, 강수량이 많을 경우 트랩의 형태를 유지 하지 못하고 트랩이 쉽게 찢어지는 현상이 쉽게 발생한다.</p>

2) 외부 기타 물질(먼지, 낙엽등)에 따른 3개국 트랩 비교

중국산 트랩	자체 제작 트랩- 국내	미국산 트랩
		
<p>외부 이물질이 트랩내부로 유입될 경우 하부 끈끈이에 접촉되는 현상이 발생하고, 이 경우 접촉면 전체에 외부물질이 부착될 경우 페로몬에 유인된 매미나방이 하부 끈끈이에 붙지 않아 트랩의 원래의 기능을 상실하여 트랩을 교체해야 한다.</p>	<p>외부 이물질이 상부에서 들어올 경우 상부의 갯형태의 구조로 트랩 내부로 들어오기 어려우나, 외부이물질이 바람을 타고 상부 열린 공간으로 일부 들어 올수 있지만, 망 하부에 이물질이 들어오면 분리하수있는 하단 조임 장치가 설치되어 쉽게 이물질 제거를 할 수 있다.</p>	<p>트랩의 형태상 4면의 유입구가 작아 외부의 이물질이 유입구 내부로 들어오기 어려운 구조이다.</p>

3) 바람에 따른 3개국 트랩 비교



- 풍향 테스트

- 사용 설비 및 기준

공기압력 콤프레서를 이용하여 풍속을 초속 33m/s 기준으로 설정

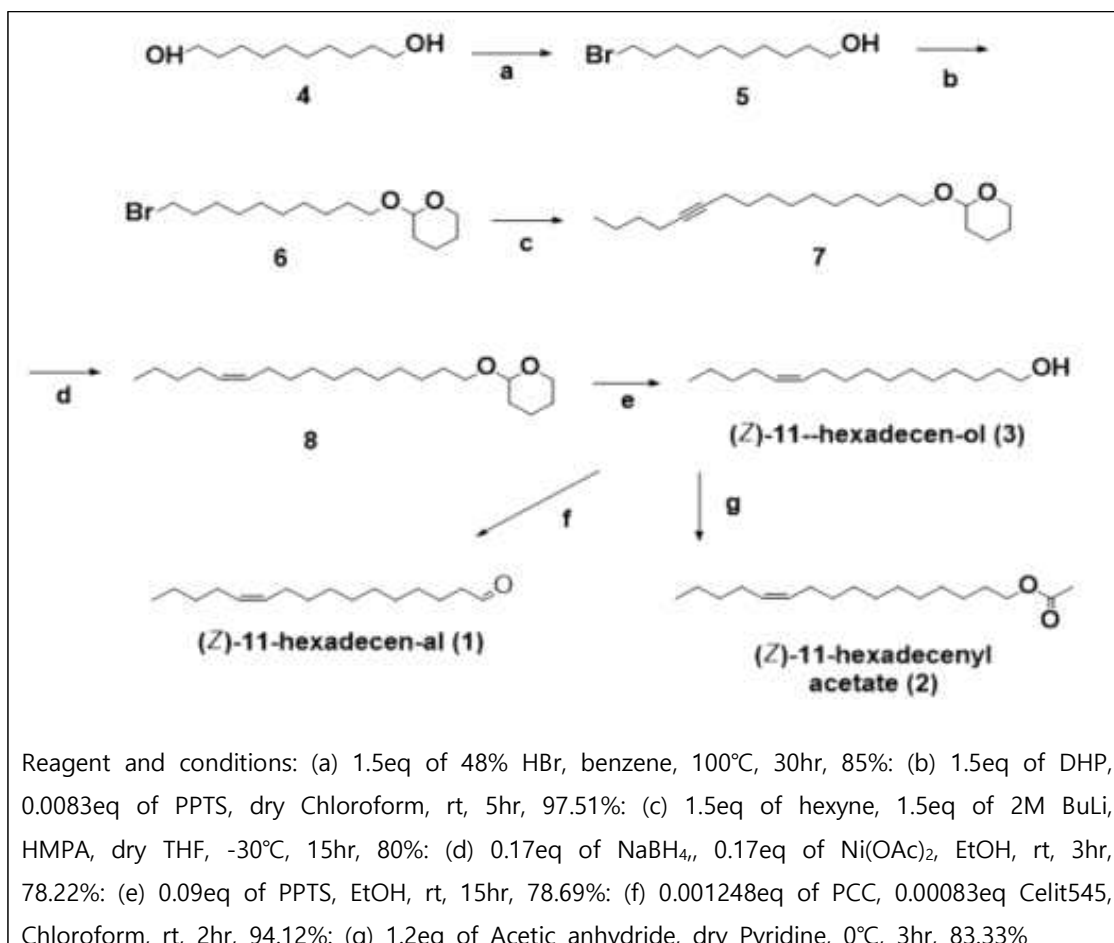
- 가혹 시간 : 1분 동안의 상태 변화 확인

위 비, 바람, 외부유인물질(뉘엿, 먼지)등을 테스트한 결과 재질과 트랩의 강도 및 환경에 대한 내구성이 매우 높았으며, 어떠한 환경에서도 트랩의 본의 기능이 잃어버리지 않았다. 3개국 중 자체 제작한 트랩이 우수함을 다시 확인 할 수 있었다.

중국산 트랩	자체 제작 트랩- 국내	미국산 트랩
		
<p>테스트 풍압 초속 33m/s를 1분 동안 가혹 하였을 때 중국산트랩은 트랩의 재질과 구조 때문에 바람의 영향을 받아 트랩이 심하게 흔들릴 뿐만 아니라 몇 차례 반복을 할 경우 트랩을 고정하는 철사가 피로 파괴되어 단선이 되어 트랩이 떨어 지는 경우도 발생하여 지면에 떨어져 트랩 더 이상 사용할수 없게 되는 단점이 있다.</p>	<p>테스트 풍압 초속 33m/s를 1분 동안 가혹 하였을 때 자체 제작 트랩의 변화는 없었다. 변화가 없는 것은 페로몬을 분산하는 격막판의 중앙부가 분리되어 바람이 분리된 중앙부로 바람이 빠지며, 하부의 망 구조로 되어 바람의 풍속이 감소되어 트랩이 흔들리거나 파손되지 않았다. 이것으로 볼 때 바람의 영향을 전혀 받지 않는 장점을 다시 한번 더 확인할 수 있었다.</p>	<p>테스트 풍압 초속 33m/s를 1분 동안 가혹 하였을 때 미국산 트랩의 경우 재질의 특성상 바람의 영향을 많이 받았다. 테스트 중 재질 때문인지 트랩이 일부 찢어지는 현상이 발생하여 바람이 많은 지역에서의 트랩 설치와 유지가 불가능한 단점이 있다. 또한 바람의 영향을 받은 부위의 형태가 찌그러들어 트랩의 원래 모양으로 복귀가 되지 않는 단점도 확인 되었다.</p>

## □ 멸강나방 성페로몬 대량합성 기술개발

2차년도 진행한 출발물질 1,10-decanediol을 이용한 방법을 대량합성을 진행하였다. 시약은 Sigma-Aldrich(Merck KGaA, Darmstadt, Germany)와 Sejin-Ci(Tokyo chemical industry, Tokyo, Japan) 정제없이 사용하였으며, 용매는 정제하지 않고 사용하거나 증류 정제하여 사용하였다. 합성된 페로몬 성분의 가스 크로마토그래피 분석은 YL 6500 GC(Youngin Chromass, Gyeonggi-do, Korea)와 TG-5Ms(30 m × 0.25 mm I.D., 0.25 μm), (Thermo scientific, United States of America)을 이용하여 오븐 온도 125°C 흐름 속도 1.0 mL/min, 주입 시료량 1 μL로 분석되었다. NMR, IR, GC 및 GC-MS 기기를 통해 합성한 물질의 구조분석 완료하였다. 구조분석(탄소와 수소의 개수 및 위치 확인)을 위해 NMR(Nuclear Resonance Spectrometer)과 화합물의 작용기 확인하기 위해 IR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy)과 GC(Gas chromatography) 및 GC-MS 분석장비를 이용하여 순도를 확인하였다. 핵자기 공명 스펙트럼은 Avance Digital 500 MHz Spectrometer(Bruker, Ettlingen, Germany)를 이용하였다. 관 크로마토그래피는 Silica gel 60 (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)을 사용하였다.



### 10-Bromodecanol (5)

Dean-Stark Trap을 준비 후 **1,10-Decanediol 4** (20g, 0.115mol)을 장치되어 있는 flask에 부가, 용매인 benzene (300ml)을 가하여 90~100°C에서 약 5min 교반하여 diol을 녹인다. diol이 완전 용해되면 서서히 48% HBr (20ml, 0.172mol)을 가하여 30hr 동안 교반하여 반응



시킨다. 반응은 TLC (Thin-Layer Chromatography)로 진행정도를 확인한다. 반응이 종료되면 용매 (Benzene)을 제거하고, EtOAc / H<sub>2</sub>O / 6N NaOH / 10% HCl / NaCl로 세척한 후 MgSO<sub>4</sub>로 건조, 용매를 감압했다. silica gel Column (hexane/ether : 4/1)로 정제하여 **화합물 5** (23.2g, 85%)을 얻었다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500MHz) δ 3.63 (t, 2H), 3.41 (t, 2H), 1.90-1.81 (m, 2H), 1.59-1.52 (m, 3H), 1.42 (p, 2H), 1.30 (d, 10H) ; <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 126MHz) δ 63.00, 33.94, 32.80, 29.60-28.80, 28.72, 28.15, 25.72

### **2-(10-bromodecyl)oxy)tetrahydro-2H-pyran (6)**

**10-Bromodecanol 5** (30g, 0.126 mol)에 용매인 Chloroform (300 ml)을 부가하여 Magnetic Spin Bar를 이용하여 0°C에서 교반시킨다. 0°C를 유지한 상태에서 Pyridinium p-toluenesulfonate (0.26g, 1.05 mmol)을 부가한 후에 3,4-Dihydro-2H-pyran (17.1ml, 0.189 mol)을 가하여 실온에서 5hr 동안 교반하여 반응시킨다. 반응은 TLC (Thin-Layer Chromatography)로 진행정도를 확인한다. 반응이 종료되면 용매 Chloroform를 제거 후 EtOAc / H<sub>2</sub>O / NaHCO<sub>3</sub> / NaCl로 세척한 후 MgSO<sub>4</sub>로 건조, 용매를 감압했다. 잔여물을 silica gel Column (hexane/ether : 9/1)로 정제하여 **화합물 6** (38g, 97.51%)을 얻었다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500MHz) δ 4.57 (d, 1H), 3.87 (d, 1H), 3.73 (d, 1H), 3.54-3.46 (m, 1H), 3.43-3.34 (m, 3H), 1.90-1.76 (m, 3H), 1.76-1.65 (m, 1H), 1.65-1.56 (m, 3H) 1.54 (d, 2H), 1.53-1.47 (m, 1H), 1.41 (q, 2H), 1.34 (d, 10H) ; <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 126MHz) δ 98.87, 67.67, 62.35, 33.94, 32.87, 30.83, 29.78, 29.56-29.30, 28.76, 28.19, 26.24, 25.56, 19.73

### **2-(hexadec-11-yn-1-yloxy)tetrahydro-2H-pyran (7)**

THF (42.7mL)에 녹인 1-Hexyne (10.7ml, 0.093 mol)을 -18~30°C로 냉각한 후 2M n-butyllithium (42.7mL, 0.093 mol)을 가하고 10min 동안 교반하였다. 여기에 HMPA (22mL)에 녹인 **2-(10-bromodecyl)oxy)tetrahydro-2H-pyran 6** (20g, 0.062 mol)를 부가한 후 0°C에서 15hr 교반하여 반응시켰다. 반응은 TLC (Thin-Layer Chromatography)로 진행정도를 확인한다. 반응이 끝난 후 용매 THF를 제거하고, EtOAc / H<sub>2</sub>O / H<sub>2</sub>O / NaCl로 세척한 후 MgSO<sub>4</sub>로 건조, 용매를 감압했다. 농축한 잔여물을 silica gel column (hexane/ether : 9/1)으로 정제하여 **화합물 7** (15.4g, 80%)를 얻었다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500MHz) δ 4.57 (d, 1H), 3.87 (d, 1H), 3.73 (d, 1H), 3.54-3.46 (m, 1H), 3.38 (d, 1H), 2.14 (d, 4H), 1.83 (d, 1H), 1.77-1.66 (m, 1H) 1.66-1.56 (m, 4H), 1.55-1.49 (m, 3H), 1.47-1.43 (m, 3H), 1.42-1.35 (m, 4H), 1.29 (d, 10H), 0.90 (t, 3H) ; <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 126MHz) δ 98.87, 80.20, 67.70, 62.33, 31.32, 30.84, 29.80, 29.53, 29.44-28.67, 26.28, 25.57, 21.94, 19.73, 18.79, 18.47, 13.62

### **(Z)-2-(hexadec-11-en-1-yloxy)tetrahydro-2H-pyran (8)**

2-neck flask를 장치하여 ①-Ni(oAc)<sub>2</sub> (1.2g, 5.14 mmol)에 EtOH (100ml)를 부가하여 녹인 후, ②-NaBH<sub>4</sub> (0.195g, 5.14 mmol)를 EtOH (10ml)로 녹인 용해물을 ①에 혼합하여 약

5min 정도 교반시켰다. ④과 ②가 혼합된 2-neck flask에 Ethylenediamine (0.8mg, 0.013 mol)과 **2-(hexadec-11-yn-1-yloxy)tetrahydro-2H-pyran 7** (10g, 0.031 mol)를 부가 한 후, 수소(H<sub>2</sub>)를 주입하여 반응시켰다. 반응은 TLC (Thin-Layer Chromatography)로 진행정도를 확인한다. 약 5hr 교반 후 종료 하여 celite545를 사용하여 ether로 여과(filter)시킨 후 용매를 제거하여 Ether / H<sub>2</sub>O / NaCl로 세척한 후 MgSO<sub>4</sub>로 건조, 용매를 감압했다. 농축한 잔여물을 silica gel column (hexane/ether : 9/1)로 정제하여 **화합물 8** (7.9g, 78.22%)를 얻었다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500MHz) δ 5.40-5.30 (m, 2H), 4.57 (d, 1H), 3.87 (d, 1H), 3.73 (d, 1H), 3.54-3.46 (m, 1H), 3.38 (d, 1H), 2.02 (t, 4H), 1.83 (d, 1H) 1.76-1.68 (m, 1H), 1.64-1.48 (m, 6H), 1.34-1.24 (m, 18H), 0.94-0.85 (m, 3H) ; <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 126MHz) δ 129.89, 98.86, 67.71, 62.32, 32.00, 30.84, 29.88-29.28, 27.23, 26.94, 26.28, 25.57, 22.36, 19.72, 13.99

### **(Z)-11-hexadecenol (3)**

장치되어진 flask에 **(Z)-2-(hexadec-11-en-1-yloxy)tetrahydro-2H-pyran 8** (7.9g, 0.025 mol)를 담아 용매 Ethanol (85ml)을 부가 후 교반 시키며 Pyridinium p-toluenesulfonate (0.57g, 2.3 mmol)을 부가하였다. 반응은 TLC (Thin-Layer Chromatography)로 진행정도를 확인한다. 약 15hr 반응 종료 후, 용매 Ethanol을 제거하였다. Ether / 5N HCl / H<sub>2</sub>O / NaCl로 세척한 후 MgSO<sub>4</sub>로 건조, 용매를 감압했다. 농축한 잔여물을 silica gel column (hexane/ether : 9/1)으로 정제하여 **화합물 3** (4.8g, 78.69%)를 얻었다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500MHz) δ 5.41-5.30 (m, 2H), 3.64 (t, 2H), 2.07-1.94 (m, 4H), 1.56 (d, 2H), 1.40-1.34 (m, 2H), 1.34-1.24 (m, 17H), 0.93-0.86 (m, 3H) ; <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 126MHz) δ 129.87, 63.07, 32.82, 31.97, 29.85-29.00, 27.19, 26.91, 25.74, 22.33, 13.96

### **(Z)-11-hexadecen-1-ol (1)**

0°C에서 Pyridinium chlorochromate (30.5g, 0.145 mol)이 담긴 flask에 celite (30.5g)과 Methylene Chloride (215ml)을 부가하여 약 5min동안 교반하였다. 여기에 **(Z)-11-hexadecenol 3** (21.5g, 9.5 mmol)과 Methylene Chloride (430ml)을 부가한 후, R.T(15 ~ 25 °C)에서 2hr 동안 교반시켜 반응시켰다. 반응은 TLC (Thin-Layer Chromatography)로 진행정도를 확인한다. 약 2hr 교반 후 종료 하여 celite545를 사용하여 ether로 여과(filter)시킨 후 용매를 제거하여 Ether / H<sub>2</sub>O / NaCl로 세척한 후 MgSO<sub>4</sub>로 건조, 용매를 감압했다. 농축한 잔여물을 silica gel column (hexane : 100)로 정제하여 **화합물 1** (19.25g, 94.12%)를 얻었다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500MHz) δ 9.77 (t, 1H), 5.40-5.30 (m, 2H), 2.42 (t, 2H), 2.01 (d, 4H), 1.62 (d, 2H), 1.34-1.27 (m, 16H), 0.91-0.88 (m, 3H) ; <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 126MHz) δ 202.97, 130.14-129.77, 43.93, 31.98, 29.89-28.82, 27.19, 26.93, 22.23, 14.00

### **(Z)-11-hexadecenyl acetate (2)**

장치되어진 flask에 **(Z)-11-hexadecenol 3** (10g, 0.042 mol)를 담아 질소치환 후, Pyridine (50ml)을 부가 후 교반 시키며 Acetic anhydride (4.8mL, 0.05 mol)을 부가하였다. 반응은 TLC (Thin-Layer Chromatography)로 진행정도를 확인한다. 약 3hr 반응 종료 후, 0°C에서 화합물들이 맑아질 때까지 H<sub>2</sub>O를 부가용매 Ethanol을 제거하였다. Ether / 5% HCl / NaHCO<sub>3</sub> / H<sub>2</sub>O / NaCl로 세척한 후 MgSO<sub>4</sub>로 건조, 용매를 감압했다. 농축한 잔여물을 silica gel

column (hexane/EtOAc : 4/1)으로 정제하여 **화합물 2** (9.8g, 97.03%)를 얻었다.

$^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 700MHz)  $\delta$  5.35-5.34 (m, 2H), 4.01 (t, 2H), 2.03-2.02 (m, 3H), 2.02-2.00 (m, 4H), 1.62 (d, 2H), 1.33-1.24 (m, 22H), 0.93-0.86 (m, 3H) ;  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 176MHz)  $\delta$  171.26, 129.88, 77.42, 77.19, 11.01, 76.03 64.67, 31.97, 29.76, 29.53, 29.51, 29.29, 29.26, 28.61, 27.19, 26.92, 25.92, 22.35, 21.03, 14.00

## □ 멸강나방 성페로몬의 물리 화학적 안전성 및 분석법 검토

### 1. 선발 후보물질의 물리 화학적 안전성

#### ① (Z)-11-hexadecen-1-al

형태	액체
색	없음
냄새	과일향
끓는점	132 °C at 1mmHg
인화점	142 °F
안정성	정상적인 조건에서 안정함

#### ② (Z)-11-hexadecenyl acetate

형태	액체
색	없음 또는 옅은노란색
냄새	과일향
끓는점	384.7 °C at 760mmHg
인화점	88.3 °C
안정성	정상적인 조건에서 안정함

#### ③ (Z)-11-hexadecenol

형태	액체
색	없음
냄새	과일향
끓는점	309°C at 760mmHg
인화점	96.5°C
안정성	정상적인 조건에서 안정함

### 2. 멸강나방 루어 제작 및 분석법 검토

#### ○ 분석 조건

Instrument	YL 6500 GC
Inlet mode	splitless
Column	TG-5Ms (30 m × 0.25 mm I.D., 0.25 $\mu\text{m}$ )
Carrier gas	N2
Detector	Flame Ionized Detector

Flow rate 1.0 ml/min  
 Oven temp. 50°C (1min) - 10°C/min-> 230°C (5min)  
 Injection Temp. 250°C  
 Detector Temp. 250°C  
 Injection vol. 1 µL

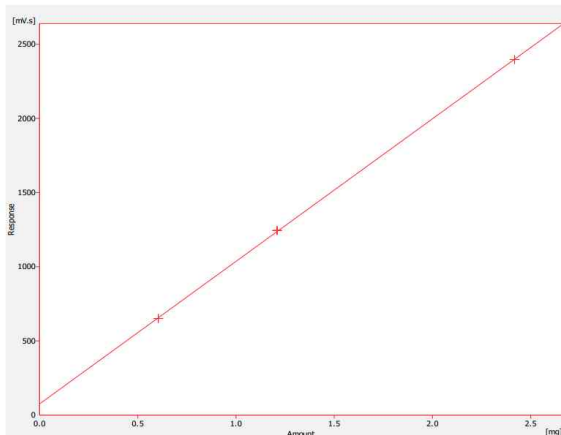
---

○ 정량분석

정량하려는 (Z)-11-hexadecenal (순도 : 93 %) 2.6 mg을 10 ml hexane에 녹여 순도 보정한 2.418 mg/10ml 표준용액을 제조한다. 표준용액을 2배, 4배 희석하여 제조한 용액을 GC 장비를 이용하여 검량선을 작성한다. 추출한 시험물질의 면적값을 검량선에 대입하여 함량을 측정한다.

○ 결과

① (Z)-11-hexadecenal



Compound	Level	Used Level	Ret. time	Amount	Area
Z11-16AL	1	<input checked="" type="checkbox"/>	17.7650	2.4180	2397.2761
	2	<input checked="" type="checkbox"/>	17.7533	1.2090	1244.8280
	3	<input checked="" type="checkbox"/>	17.7400	0.6045	651.4741

② 분석함량

성분명	함량 (mg)		
	Sample 1	Sample 2	Sample 3
<b>Z11-16Al</b>	0.9760	0.9414	0.9841
<b>평균</b>	<b>0.967</b>		

멸강나방 샘플을 랜덤으로 각각 3개씩 뽑아낸 루어를 잘게 잘라 10 ml의 vial에 넣은 후 shaking incubator로 교반하였다. GC 분석 후 검량선에 대입하여 함량을 측정하였다. 분석결과 유효성분 평균값은 0.967 mg으로 양호한 결과값을 얻을 수 있었다.

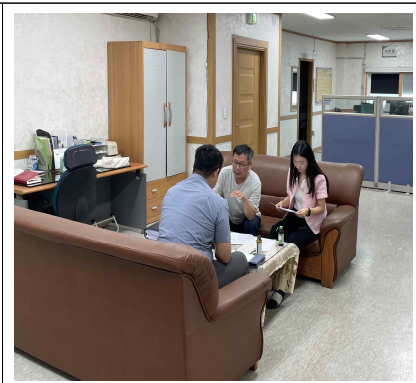
3. 멸강나방 루어 제품화

저렴한 1,10-decanedioldiol 을 HBr로 monobromination 시켜 합성된 10-bromodecane-1-ol의 hydroxy기를 pyridine *p*-toluenesulfonate (PPTS) 축매 하에



3,4-dihydro-2-H-pyran (DHP)으로 보호하여 1-hxeyne과 coupling 하고 Ni 촉매로 환원시켜 (Z) 화합물을 만든 뒤 PPTS로 보호기를 제거하여 (Z)-11-hexadecen-1-ol 을 합성하였다. 마지막으로 (Z)-11-hexadecen-1-ol 에 PCC를 반응시키면 (Z)-11-hexadecen-1-al (1)을 합성하여 경제적으로 대량 합성할 수 있는 길을 열었다. 야외포획실험 결과 (Z)-11-hexadecen-1-al 의 조성비 100%, 편넬트랩에서 효과적인 것을 확인하였다. 합성된 멸강나방 페로몬에 편넬트랩을 이용하여 field에서 보다 쉽게 발생 예찰을 실시하고, 이를 바탕으로 농가 등에 보급하면 환경 친화적 해충방제에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

<주요 수행장면>



매미나방 페로몬 트랩(1지역)



매미나방 페로몬 트랩(2지역)



매미나방 페로몬 트랩(2지역)



매미나방트랩 유인마리수 조사



매미나방트랩 유인마리수 조사



매미나방트랩 유인시험(청계산)



## 2-2. 제1공동연구기관(친환경농식품자재수출조합)

### [ 1년차도 ] [연구개발 목표]

- 1) 매미나방 살충효과 실내 스크리닝 살충활성 친환경소재 선발
- 2) 매미나방 살충활성 친환경소재 선발 비휘발성 기능성 식물정유와 조합 복합 제형화

### [연구개발 내용 및 범위]

#### □ 매미나방 살충활성 식물추출물 및 식물성정유 소재 선발

##### ○ 수입 허브식물추출물 중 살충활성 친환경 소재선발

- 빈랑자, 파극천, 유칼립투스, 타임, 제충국, 님, 쿠아시아, 사바딜라, 씨트로넬라 등 수입 허브식물 선발



빈랑자 파극천 유칼립투스 Thyme 제충국 멀구슬 쿠아시아 사바딜라 씨트로넬라

##### ○ 국내산 기선발 허브식물 소재 활용

- 바질, 오미자, 정향, 은행, 계피, 피마자, 녹차, 편백, 돼지감자, 백두옹, 옷, 자리공 등 국산소재 선발



##### ○ 잣나무 구과추출 Phytoncide(피톤치드) 친환경 생화학 살충소재 선발



##### ○ 식물추출물 정유추출법 및 살충활성 검정방법 확립

###### ① 실내 살충활성 스크리닝 Filter paper method 방법 개발



###### ② 실내 살충활성 스크리닝 엽 침지법 및 성충체 분무법 확립



<꽃배니>



<포도 가루깍지벌레>



④ 매미나방 및 돌발해충 블루베리 및 고추포장 접종시험 기술 확보



⑤ 선발 허브추출물의 매미나방 살충활성 검정절차 확립

- *In-vitro* 또는 *In-vivo* 스크리닝 1차 후보물질 선발
- 매미나방 등 실내 시험법 검토, 후보 추출물의 기준 및 배농도에서의 효과 스크리닝
- 살충활성 효과시험 천연물 선발 추출물의 유효농도 결정(250, 500, 1000배 등)



※ 4월 초 매미나방 알집을 채집 28±3°C에서 부화시켜 2-3령기에 *In vitro*로 실내약효시험 수행

⑥ 매미나방 등 돌발해충 방제가능 허브 대상추출물 선발



주요식물추출물		유효성분	작용특성	대상 외래해충
제충국		Pyrethrin I, II Cinerin I, II	접촉독, 신경마비	꽃매미, 갈색날개매미충 등 매미목 해충에 님오일 등과 1,000배로 혼용살포시 효과증대 사과굴나방, 잎말이, 굴굴나방, 흰나비등 효과
데리스		Rotenone Deguelin	지효성 접촉독 소화중독	꽃매미, 갈색날개매미충, 선녀벌레 등 외래해충에 1,000배로 님, 파라핀오일과 혼용살포시 효과증대 *응애, 흰나비, 총채벌레, 진딧물, 가루이 등에도 효과
고삼		Matrine, Sophoridine	섭식, 기피 성장저해	꽃매미, 갈색날개매미충, 선녀벌레 등 외래해충에 500-1000배로 *계피, 님오일 등과 혼용살포시 효과증대 *각지벌레, 진딧물, 응애 등 다양한 해충에 효과
멸구슬		Azadirachtin Toosendanin	섭식, 기피, 성장저해	꽃매미, 갈색날개매미충, 선녀벌레에 500~ 1000배로 양명아주+회화나무+님오일과 혼용시 효과증대 *각지벌레, 진딧물, 응애 등에도 효과
양명아주		Matrine, geraniol+ Sophoridine	섭식, 기피 성장저해	꽃매미, 갈색날개매미충, 선녀벌레 등 외래해충에 1000배로 희석사용 *고삼대용 양명아주+회화+먹구슬 +님 합제 살포시 효과증대
회화나무		Matrine Sophoridine	섭식, 기피 성장저해	꽃매미, 갈색날개매미충, 선녀벌레 등 외래해충에 1000배로 희석사용 *고삼대용 양명아주+회화+먹구슬 +님 합제 살포시 효과증대
계피오일		Cinnamon oil	섭식, 기피 성장저해	꽃매미, 갈색날개매미충, 미국선녀벌레에 고삼추출물과 혼용시 효과증대, 500~1000배로 희석살포
님오일 또는 파라핀오일		Azadirachtin Salannin 등	섭식, 기피 성장저해	님(3000ppm이상)+고삼, 계피 또는 데리스 등과 혼용살포시 효과 증대, 500배로 희석사용 *진딧물, 응애, 나방 등 다양한 해충에 효과
시트로넬라 오일		Geraniol Cymbopogon	기피효과	대표적 해충 기피물질로 고삼, 데리스 추출물 등과 혼용살포시 외래해충 방제가능
※ 기타 허브 소재	피마자, 차, 마늘, 박하, 은행잎, 솔잎, 편백 잎, 페퍼민트, 자리공, 돼지감자, 울금, 감초, 두충, 동백, 측백, 고련피, 고수, 백부, 금협, 청호, 애호, 옷 등을 상기 허브식물과 합제로 이용시 효과증진			

## (2) 주요 식물추출물 소재 유효성분 분석

### ① Neem 추출물 유효성분 분석

님 추출물의 유효성분인 Azadirachtin의 HPLC 크로마토그램은 Fig.1과 같으며 Azadirachtin-A는 10.309 min에 Azadirachtin-B는 10.522 min에 peak를 보였고, Azadirachtin-A+B의 함량을 분석하여 계산한 결과, 0.377% ± 0.047 함유되어 있는 것을 확인함

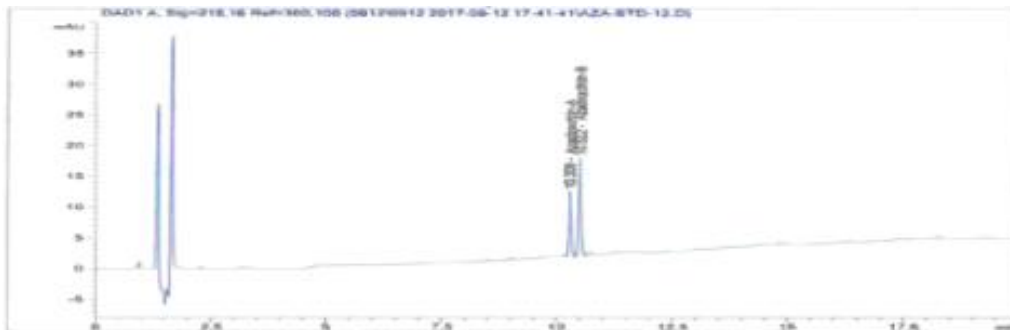


Fig1. Neem추출물(Azadirachtin)의 HPLC chromatogram

### ② 데리스 추출물 유효성분 분석

데리스 추출물의 유효성분인 Rotenon을 분석한 HPLC 크로마토그램은 Fig.2와 같으며 8.325min에 peak를 보였고, 그 함량을 계산한 결과 7.80 ± 0.619% 함유되어 있는 것을 확인함

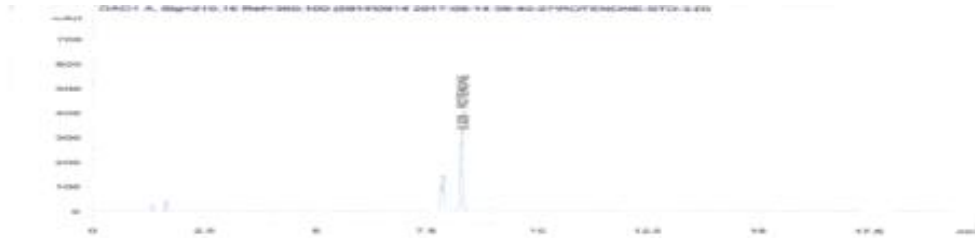


Fig.2 데리스추출물(Rotenone)의 HPLC chromatogram

③ 시트로넬라 추출물 유효성분 분석

시트로넬라 추출물의 유효성분인 Geraniol을 분석한 HPLC 크로마토그램은 Fig.3와 같으며 7.763 min에 peak를 보였고, 그 함량을 계산한 결과  $23.857 \pm 0.096\%$  함유되어 있는 것을 확인함

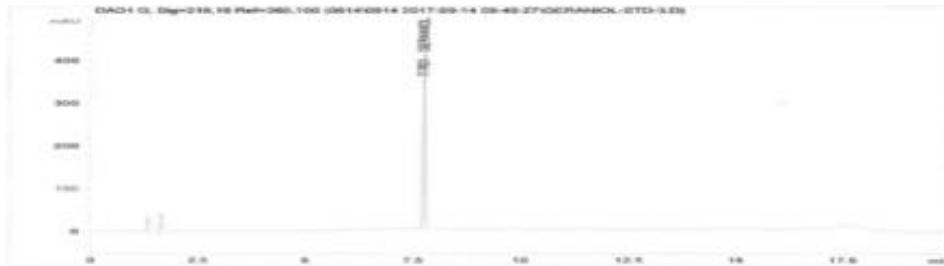


Fig.4 시트로넬라추출물(Geraniol)의 GC chromatogram

④ 고삼 추출물 유효성분 분석

고삼 추출물의 유효성분인 Matrine을 분석한 GC 크로마토그램은 Fig.4와 같으며 11.370min에 peak를 보였고, 그 함량을 계산한 결과  $1.079 \pm 0.046$  함유되어 있는 것을 확인함.

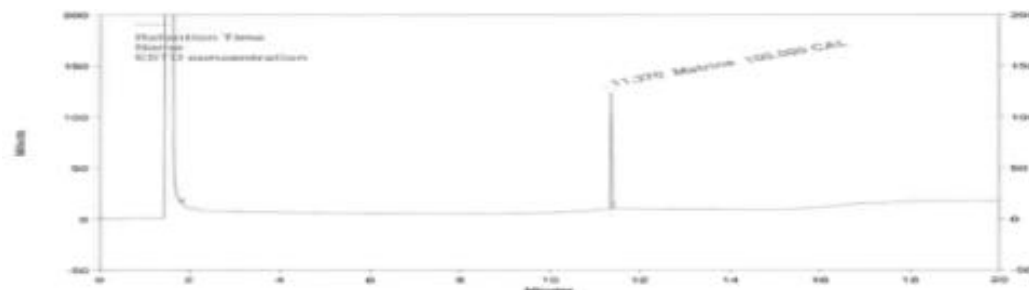


Fig.5 고삼추출물(Matrine)의 GC chromatogram

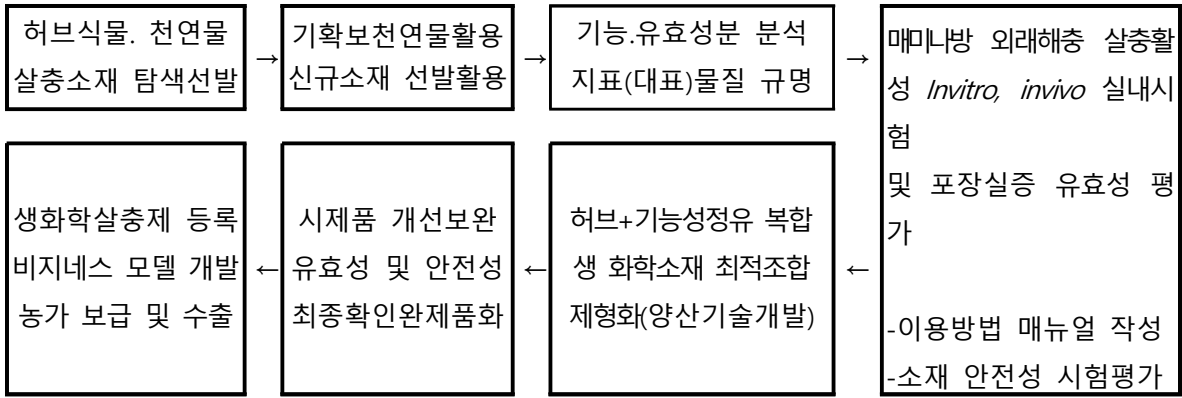
[ 2년차도 ] [연구개발 목표]

[연구목표]

- 1) 외래해충 매미나방 살충활성 친환경소재 선발 복합 제형화
- 2) 매미나방 살충활성 친환경소재 선발 비휘발성 기능성 식물정유와 복합제형화

[연구방법 및 범위]

□ 천연허브식물 신소재 선발 및 제형화.제제화 연구방법



**[연구개발 내용]**

**□ 매미나방 살충활성 식물추출물+식물성정유 소재 추가선발 제형화**

- 데리스(Rotenone)+정향(Clove)+파라핀(Parapin)+돼지감자(Inulin)+백두옹(Saponin)+보조제  
- 시료 제조처방 : 95(10+20+25+30+10)+효력증진제 Castor-oil 5%)
- ※ 잣나무구과추출물(Pytoncide)+고삼(Matrine)+Neem-oil 등으로 추가제형 선발
- 기타 은행, 솔잎, 편백잎, 측백잎, 페퍼민트, 미국자리공, 울금, 감초, 두충, 동백, 고련피, 고수, 백부, 금협, 청호, 애호, 황칠꽃 등을 상기 허브 식물소재와 합제로 이용 약효증진 효과 검토 중



**□ 선발 허브추출물의 매미나방 살충활성 검정**

- *In-vivo* 스크리닝 1차 후보살충물질 선발 제형화  
- 매미나방 실내 시험법으로 엽침지법으로 검토, 추출물의 기준 및 배농도에서의 효과 스크리닝



**① 매미나방 친환경살충 소재선발 제형화 실내약효시험**

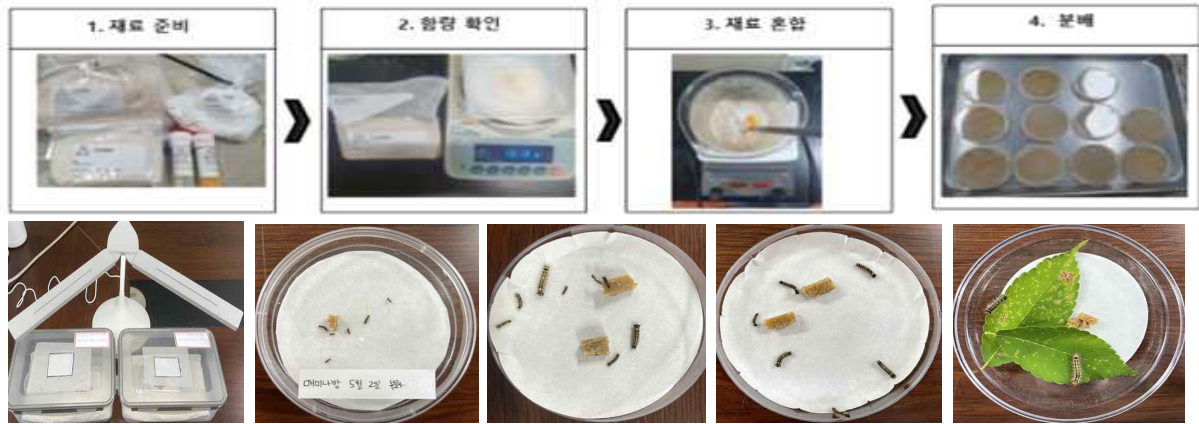
- 살충활성 효과시험 천연허브소재 선발 추출물의 유효농도 결정(100, 250, 500, 750, 1000배)
- 생물농약 시험기준에 의거 실시하되 엽침지법으로 *In vitro* 실내 접종시험 수행





※ 시제품 실내검정결과 100, 250, 500, 750배에서는 36시간후 모두 사멸하였으나 1000배에서는 72시간 후 사멸됨에 따라 1000배가 가장 합당하다고 사료되어 1000배로 포장시험 수행

○ 매미나방 사육용 사료조제



② 매미나방 친환경살충 소재 선발 제형화 유효성 포장 약효시험

- 선발 살충소재 고추농가 현장에 TEST-BED 설치, 약효.약해 지역적응성시험
- 약효 현장평가 처리약량. 처리시기, 사용방법 등 최적 제품화 기술개발





**4. 매미나방 친환경방제시제품 KEFAMA8(매미자바) 포장약효 시험결과(22.5-10월)**

- 고추 매미나방에 대한 약제방제 효과(약제처리 3일 후)

시 험 약 제	사전밀도 (마리/구)	생충률 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
		I 반복	II 반복	III 반복	평 균		
KEFAMA 8 무처리	60.0	30.0	36.7	20.0	28.9	b	71.1
	60.0	100.0	100.0	100.0	100.0	a	-

C.V.(%)----- 9.2

- 고추 매미나방에 대한 약제방제 효과(약제처리 7일 후)

시 험 약 제	사전밀도 (마리/구)	생충률 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
		I 반복	II 반복	III 반복	평 균		
KEFAMA 9 무처리	60.0	28.3	33.3	18.3	26.6	b	73.2
	60.0	100.0	98.3	100.0	99.4	a	-

C.V.(%) ----- 9.4

※ 시제품인 KEFAMA 8은 고추(단고추류 포함) 매미나방에 대해 우수한 방제효과를 보였고 외관상 약해가 없어 원예작물 및 수목 등 매미나방 친환경방제제로 충분한 실용성이 있다고 판단됨.

**③ 유기농업자재 등록을 위한 선발소재에 대한 약해시험**

<무 우> 기준량 및 배량에서 약해없음



Fig.1. 기준량 7일차



Fig.2. 배량 7일차



Fig.2. 무처리 7일차

<배 추> 기준량 및 배량에서 약해없음



Fig.4. 기준량 7일차



Fig.5. 배량 7일차



Fig.6. 무처리 7일차

<토마토> 기준량,배량에서 약해 없음



Fig.7. 기준량 7일차



Fig.8. 배량 7일차

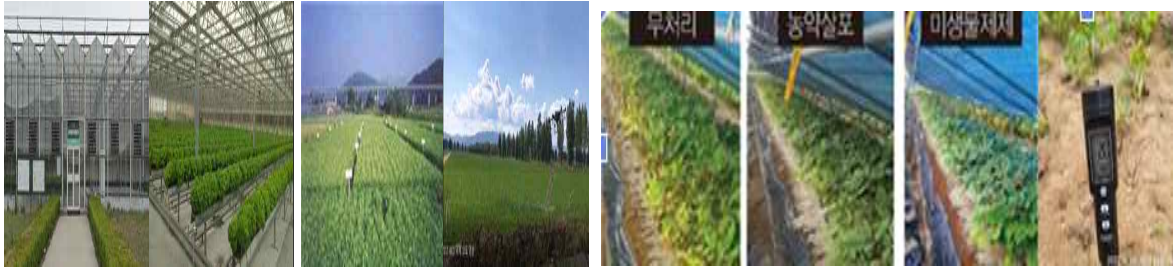


Fig.9. 무처리 7일차



□ 최종 제품화 시 해외수출 사업화를 위한 해외 TEST-BED 구축 해외 현지적응성 시험 중

- 해외 TEST-BED 설치 : 1차로 중국 산둥성, 안휘성 및 호남성에 설치 현지적응성 시험
  - 코로나19로 중국입국 어려워 현지대리인 선정 : 절강보영유한공사 및 UNITETOP CHEMICAL



- TEST-BED 현지에서 중국바이어 10인 및 중국농민 40인 초청 한중 세미나 개최('22.9/23)



- 2차로 나이지리아 및 인도네시아 수출시장 개척 위한 현지 맞춤형 제품으로 보완 TEST-BED 운영

- 현지 TEST-BED 설치 적응성 평가 후 수출키로 MOU 체결(나이지리아 및 인지 보고르대학)
- 현지 유망바이어 교섭 현지 TEST-BED 설치 (중국 3개소, 나이지리아 2, 인지 보고르대학 1)

◆ 중국 허난성, 쓰촨성 및 연태시 농업과학원과 TEST-BED 운영 MOU('22-'23)



◆ 베트남 동나이성 및 달랏지역에 용과 및 바나나 TEST-BED 운영 MOU('22)



◆ 인도네시아 보고르대학내 TEST-BED 운영('22)



**[ 3년차도 ] [연구개발 목표]**

- 매미나방 친환경살충 소재 선발 제형 유효성시험
- 선발 천연물 복합 제형화 및 대량양산 기술개발
- 허브추출물, 천연미네랄, 약효증진보조제 활용 친환경복합제 대량양산 기술개발

**[연구개발 범위]**

- 약효증진용 천연보조제, 유화제.현탁제, 확산제.안정제 등 부자재 선발
- 선발 살충소재 농가현장 TEST-BED 설치, 약효.약해 지역적응성시험
- 약효 현장평가 처리약량·처리시기, 사용방법 등 생화학 살충소재의 최적화 기술개발

**□해충관리용 유기농업자재(KEFAMA 8,9)에 대한 땅두릅 포장에서의 매미나방 방제효과시험**

**1. 시험방법**

- 가. 시험작물(품종) : 수목땅두릅나무
- 나. 시험대상 : 매미나방(Lymantria dispar)
- 다. 처리약제 및 처리내용

시험약제	원료 %	처리시기 및 방법	약제사용 방법	
			희석배수	살포약량
KEFAMA 8 (매미자바)	식물추출물+식물성정유 (데리스 10, 정향20, 파라핀오일25 돼지감자30, 백두옹10 보조제 5%)	유충부화초기 ~유충4령기 경엽분무처리	1000배 (2L/ha)	약액이흐를 정도
KEFAMA 9 (매미싹)	차종실 추출물, 님 오일 PARAPIN-OIL, 목초액, 보조제	유충부화초기 ~유충4령기 경엽분무처리	1000배 (2L/ha)	약액이흐를 정도
대조(공시유기농자재)	식물추출물 혼합제	유충부화초기 ~유충4령기 경엽분무처리	1000배 (2L/ha)	약액이흐를 정도
무처리	-	-	-	-

**1) 시제품 조성비 1 (KEFAMA8, 매미자바)**

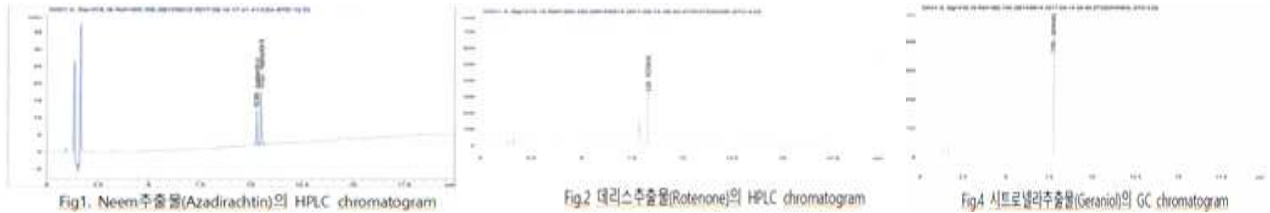
매미자바 (KEFAMA 8)		주성분
데리스 추출물	10	Rotenone
정향 추출물	20	Eugenol
백두옹 추출물	10	조사포닌
파라핀 오일	25	Paraffin oil
돼지감자 추출물	30	Total Flavonoids
계면활성제	5	
계	100.0	

**2) 시제품 조성비 2 (KEFAMA9, 매미싹)**

매미싹 (KEFAMA 9)		주성분
차종실 추출물	30.0	MATRINE
님 오일	15.0	Azadiractine
PARAPIN-OIL	15.0	PARAPIN
목초액	35.0	Acetic-acid
보조제	5.0	Zinc sulfate 등
계	100.0	

□ 친환경 방제제(KEFAMA8-9)의 GC-MS 성분분석 결과

친환경 방제제의 GC-MS 화학적 성분분석 결과 총 167개의 화합물이 검출되었으며, 그 중 Area 값을 1.0% 이상 나타내는 주요화합물은 총 37개로 나타났다. 본 연구에서 개발한 친환경 방제제는 고삼추출물, 님오일, 목초액, 계면활성제로 이루어져 있는데, 목초액의 경우 대부분 유기산으로 이뤄져 있으며, 주요 화합물은 아세트산(Acetic acid)으로 알려져 있는데 본 연구 결과에서도 2.48% Area 값을 나타내며 아세트산이 확인되었음.



LC-MS/MS를 통한 친환경방제제(KEFAMA8-9)중 님오일에 대한 주성분 분석

친환경방제제 중 님오일에 대한 주성분 성분분석 결과 Azadirachtin-B 함량은 Retention Time(RT) 6.10분에 133.08±1.94 ppm이 검출되었으며, Azadirachtin-A의 경우 6.25분에 65.97±1.68 ppm 검출된 것을 확인하였다(Table.5, Fig. 3). 님오일의 살충활성의 주성분인 Azadirachtin은 4가지 형태(A, B, C, D)를 갖고 있으며, 그 중에서 살충활성을 나타내는 Azadirachtin A와 B는 섭식 저해, 산란억제, 곤충생장 조절 등 다양한 작용 기작을 통해 광범위한 해충에 대해 우수한 살충활성을 보유

라. 경증개요

하우스시설재배 또는 노지재배, 시험기간중 타 농약 또는 친환경자재를 처리하지 않으며, 기타사항은 농가 일반관행에 준하여 재배

마. 시험구배치 및 면적 : 난괴법 3반복

구 분	처리수	반복수	총구수	구당면적	총소요주수
약효	3	3	9	1주	9주 이상

바. 약제처리 전후 기상 상황 : 약효약해시험에 영향을 줄 만한 경우 없었음

3. 조사방법

구 분	조사항목	조사 횟수	조사일자	조사방법
약효시험	이병과율	2회	처리 후 7, 14일후	경엽에 대한 피해유무 달관조사

4. 땅드름포장에서의 매미나방에 대한 약제방제효과시험

시 험 약 제	사전밀도 (마리/구)	생충률 (%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
		I 반복	II 반복	III 반복	평 균		
KEFAMA 8	30.0	18.1	14.4	22.2	18.2	b	81.8
KEFAMA 9	30.0	18.3	13.3	28.3	20.0	b	80.0
무처리	30.0	100.0	100.0	100.0	100.0	a	

5. 시험 결과요약

땅드름 포장에서 친환경 방제제의 매미나방 약제 방제효과 시험연구 결과 무처리구의 경우 100% 유충 생충율을 나타내 방제효과를 검토하기에 충분하였음

KEFAMA8은 1000배 희석 시 18.2% 생충률을 보이며 무처리구 대비 81.8%높은 방제가를 보여주었으며, KEFAMA9는 1000배 희석 시 20.0% 생충률을 보이며 무처리구 대비 80.0%높은 방제가를 보여주는 우수한 살충률을 나타내었음



Kim등(2009)에 의하면 고삼추출물과 멀구슬나무의 혼합추출물로 이뤄진 친환경 방제제가 배추좀나방 유충을 95% 이상의 우수한 살충활성을 보여주었는데 이는 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타냈음 (Kim et al., 2009). 이에 따라 약해시험, 독성시험, 잔류농약 분석 및 꿀벌 독성시험,이화학 분석, 주성분 검사 성적서 발급 받아 공시 신청(9월중)

□ 허브소재 및 효력증진보조제 추가선발

과망가니산칼륨, 4Quaternary Ammonium Salt, 황산아연, Neem, Parapin, Castor oil 등

생화학 허브소재	추출이용부위	지표성분(추정)	효과	방제가(%)
정향 추출물	잎, 꽃	Eugenol	살균	60~80%
오미자 추출물	열매, 줄기	Shizandrin	항균	50~60%
어성초 추출물	전체	Quercetin	살균	50-60
계피 추출물	껍질	Cinnamomum	살균	40-50
은행 주정추출액	잎	Ginkgomim	살균.살충	40-50
솔잎 주정추출물	잎, 줄기	Pinus massoniana	살균.살충	50-60
미국자리공 열수추출물	뿌리	hytolaacosome, Esculentoside	살균.살충	50-60
할미꽃 주정추출물	뿌리	Anemonin	살균, 살충	40-50
돼지감자 주정추출물	덩이뿌리	Inulin	살균, 살충	40-50
황칠 옷 추출물	잎, 줄기	Urusiol	살균, 살충	60-70
Neem Seed오일	열매,껍질	Azadirachtin	살균, 살충	50-60
Paraffinic오일	정제정유	Paraffin	살균, 살충	60-70
Caster 오일	아주까리 씨	Ricin	살균	70-80
소리쟁이 주정추출물	잎, 뿌리	emodin, chrysophanol	살균	60-80
목초액	훈연액	Acetic-acid	살균, 살충	30-40
Moringa 추출물	잎, 씨	Quercetin, Niazirin	살균, 항염	80-90
Tee tree 추출물	잎	Terpinene	살균, 항염	70-80
Effective Promoter 1	효력증진제	음이온계면활성제	살균	50~70%
Effective Promoter 2	효력증진제	미산성차아염소산수	살균	90% UP
Effective Promoter 3	효력증진제	과망가니산칼륨	살균	95%UP
Effective Promoter 4	효력증진제	황산 아연	살충	50%
Effective Promoter 5	효력증진제	4Quaternary Ammonium Salt	살균	90%UP

□ 확산안정제, 유화제 등 부제선발

- POLYOXYETHYLENE SORBITAN MONOOLEATE;; Ethoxylated, Methyl oleate, Na-benzoate, Citric acid 등 선발 시제품에 사용
- 부자재별 최적 처방 검토, 효과 우수 제조처방 선발 합제형화

□ 최종 시제품화

○ KEFAMA 8은 포장약효시험결과 1000배 희석 시 81.8% 높은 방제가를 보여 “매미자바”로 상표명을 붙였으며, KEFAMA9는 포장약효시험결과 1000배 희석 시 80.0% 높은 방제가를 보여 “매미씩”으로 상표명을 부여하여 인증기관(순천대)에 9월초 인증 신청, 2023년 11월 26일 공시인증 받음





□ 시제품 수출을 위한 해외 TEST-BED 설치 운영

- ① 중국 산둥성 연태시 농과원에서 옥수수거세미나방류(매미나방 무발생) 시제품 효과시험 수행
- ② 나이지리아 아부자 농가포장에서 옥수수거세미나방류(매미나방 무발생) 시제품 효과시험 수행



③ 약제처리: 드론, 고압분무기로 약제처리 한국제품과 현지제품 비교시험

Test sample	Ingredient content (%)	Treatment concentration	Dilution method
KEFAMA 1	4 kinds of herbs	500 1000	
KEFAMA 2	4 kinds of herbs	500 1000	
China BT (contrast)	20%	500 1000	
China BT (contrast)	25%	1000	
Non treatment			

④ 나방류에 대한 한국산시제품 친환경살충제를 3회 살포한 후 방제효과조사 결과, 중국 및 나이지리아 BT 제품에 비해 한국산 시제품 KEFAMA 8의 방제효과가 2지역 모두 평균 30% 정도로 효과가 높아 우수하다고 평가받음



⑤ TEST-BED 시제품개발 마켓테스트 결과→한국제품 인기 고조→ 수출성과 기대

□ '23.5/22-25 마켓테스트 - 중국 상해 국제농기자재박람회(CAC)  
(장소 : 상하이 국립전시컨벤션센터National Exhibition and Convention Center),

□ '23.8/29-30 마켓테스트 -중국농민.대리점 초청 한국친환경농자재 시제품 설명회  
(장소 : 신장자치구 석하자시 경제개발구 신장중농홍원비료유한공사)

□ '23. 9/23-25 마켓테스트- 중국 바이어 초청 신제품 전시행사 개최  
(장소 : 산둥성제남시 Exhibition and Convention Center)

⑥ 23년 TEST-BED결과 중국2, 나이지리아1 수출약정 120만불('23.10)











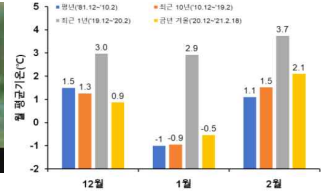


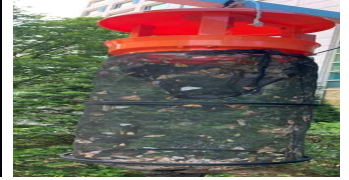
### 2-3. 제2공동연구기관(강원대산학협력단)

#### [ 1년차도 ] [연구개발 목표]

1) 국내외 매미나방 생리,생태 및 발생 피해상황 실태조사

#### [연구방법 및 범위]

#### ○ 국내외 매미나방 생리,생태 및 발생 피해상황 실태조사 결과

개 요	<ul style="list-style-type: none"> <li>● (국명) 매미나방(Gypsy Moth) (학명) <i>Lymantria dispar</i> (Linnaeus)</li> <li>● (분류군) 나비목 / 독나방과(Lymantridae)</li> </ul>
형 태	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">      </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 수컷의 몸길이는 17~21mm이고, 날개를 편 길이는 41~54mm이다.</li> <li>● 암컷의 몸길이는 20~40mm이고 날개를 편 길이는 78~93mm 정도이며, 날개와 몸은 갈색을 띤 백색이고 더듬이와 다리는 검은색이다.</li> <li>● 알은 둥근형으로 1.7mm 정도이고, 암컷의 노란털로 덮여 있다.</li> <li>● 다 자란 유충은 55mm이고 머리는 황색, 앞쪽에八字형의 검은 무늬가 있다.</li> </ul>
피 해	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 산림이나 과수 해충으로 때때로 대발생(2020년 발생면적 : 6800ha)</li> <li>● 유충이 여러가지 활엽수와 침엽수의 잎을 식해하며 유충 1마리가 1세대 동안 수컷이 700~1,100cm<sup>2</sup>, 암컷이 1,100~1,800cm<sup>2</sup>의 참나무류 잎을 먹는다.</li> <li>● 북미에 비해 우리나라에선 크게 문제가 되지 않으나 지역에 따라 돌발적으로 대발생</li> <li>● 매미나방은 우리나라와 미국 등에 광범위하게 분포하고 있으며, 애벌레의 털이나 성충에 접촉하면 사람에게 따라 두드러기나 피부염을 일으킨다. 매미나방은 5월에 애벌레 시기와 6~7월 번데기 시기를 거쳐 성충이 된 후 8월 중순까지 산란을 하며, 다음해 4월까지의 알집 상태로 월동</li> <li>● 매년 급증하고 있는 매미나방을 성페로몬 선발 맞춤형 트랩으로 방제함으로써 막대한 과수농가 및 수목 피해를 효과적으로 방지하는 한편 피부 가려움증 및 국민 혐오감 예방 가능</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <div style="text-align: right;">  </div>
생 태	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 연 1회 발생하며 알로 나무줄기에서 월동한다.</li> <li>● 난기간은 약 9개월이고 4월 중순경 부화한 유충은 4~5일간 난과 주위에 있다가 거미줄에 매달려 바람에 날려 분산한다. 유충기간은 45~66일로 기주식물에 따라 차이가 있으며 6월 중순~7월 상순에 수관에서 나무잎을 말고 번데기가 된다. 번데기 기간은 15일 내외이며 7월 상순~8월 상순에 우화한다.</li> <li>● 성충의 수명은 7~8일이며 나무줄기에서 약 8시간 동안 교미한 후 암컷은 10시간 이내에 줄기 또는 가지에 무더기로 산란한다. 암컷은 몸이 무거워 멀리 날지 못하나 수컷은 활발하게 날며 밤낮으로 활발히 암컷을 찾아다니므로 집시나방이라고도 한다. 산란은 지상 1~6m 높이의 수간에 80% 내외를 산란하며 난과당 알 수는 평균 500개이고 성충의 체모로 덮여있다.</li> </ul>
친환경 방제 사례	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div>



- 매미나방 성충을 청색광으로 유인해 포살하는 포충기 이용(일부 농가 사례)
  - 경기 농기원이 개발한 친환경 살충제 계피, 오렌지오일 등 천연물 조성물 특허출원 예정 곤충병원성미생물인 Bt균(Bacillus thuringiensis)이나 다각체바이러스를 살포
  - 포식성 천적인 풀색딱정벌레, 검정명주딱정벌레, 청노린재 등을 보호
  - 기생성 천적인 무늬수중다리좀벌, 긴등기생파리, 나방살이납작맴시벌 보호

□ 매미나방 유인 활성 및 살충소재 최적 고수율 대량추출법 선발

- 초임계, 열수 추출(HWE) 및 에탄올(또는 메탄올) 추출법 등 허브식물 종류별 추출법 확립
- 식물추출물 추출용매 및 추출방법
- 용매의 선택조건 : 용해도 ↑, 무효성분 ↓, 안전, 무독성, 가격 저렴, 구입용이
- 용매의 종류 : 물, 에(메)탄올, 지방유, 글리세린, Hexane, 에테르, BuOH, EtOAc 등
- 추출방법의 종류 : 냉침, 온침, 열수, 여과, 미생물 발효, 가압용매, 초임계, 초음파추출 등
- 민간농법추출사례 : 물 추출, 열수 추출, 생즙 추출, 알코올 추출, 탄화기추출 등
- 식물체 200g에 알코올 1ℓ(또는 주정)에 담가 추출, 목초액. 현미식초에 담가 추출
- 장기보관용은 酒精(Ethanol) 98%나 알코올(35%이상)에 담가 1~3개월 보관
- 희석배수 : 생즙액 500배 \* 주정이나 목초액발효일 경우 : 800~1000배.2~3종 혼용 사용



열수추출



탄화기추출



압착추출



알코올추출



발효추출

※ 검토결과 친환경방제 KEFAMA 8 소재 중 주성분인 데리스(Rotenone) 및 정향(Eugenol)은 초임계나 초음파 추출방법이 수율이 높고, 백두옹과 돼지감자 추출은 민간추출방법인 열수나 주정추출이 타당하며, 파라핀 오일은 정유공장 정제 원료를 그대로 사용할 필요가 있음

○ 기타 추출방법



진공추출

에탄올추출

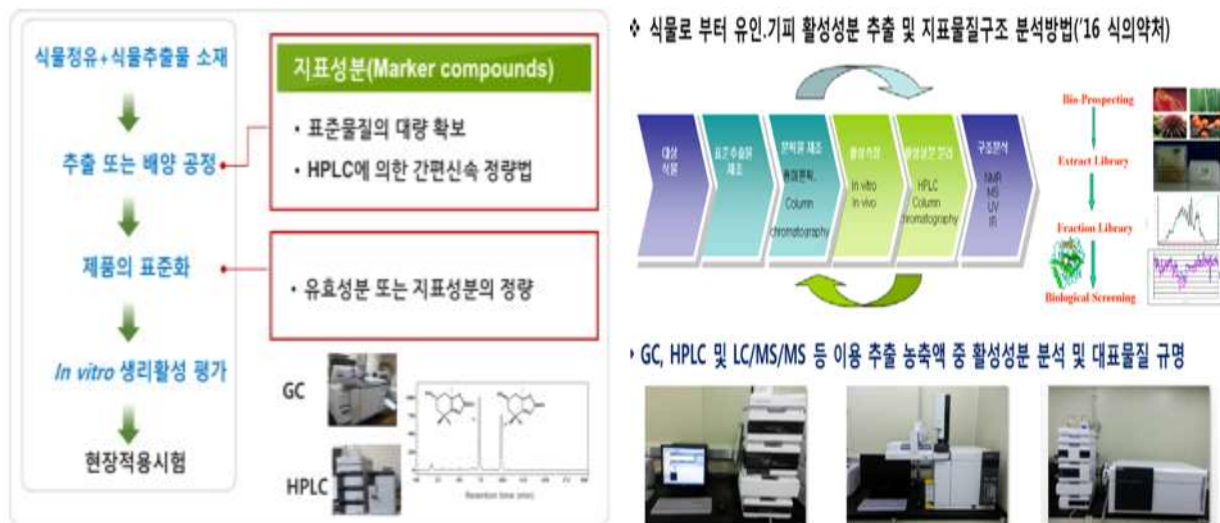
[ 2년차도 ] [연구개발 목표]

- 1) 선발 유인활성 소재 적정제형, 처리방법, 처리농도 등 적정 이용방법 검토
- 2) 매미나방 선발소재 지표성분(대표물질) 규명

[연구방법 및 범위]

□ 매미나방 등 외래해충 유인 활성 및 살충소재 지표물질 분석

- 유용 허브식물 정유의 살충활성 발현 주성분 및 기능성분 분석방법(식약처 고시방법)



□ 선발 복합제형 매미자바(KEFAMA 8) 지표성분 분석

- 선발복합제형 주성분: 정향(Eugenol), 데리스(Rotenone)

친환경방제제 매미자바 (KEFAMA 8)	
데리스 추출물	10
정향 추출물	20
백두옹 추출물	10
파라핀 오일	25
돼지감자 추출물	30
계면활성제	5
합계	100

- 유기농자재 지표성분 분석법 확립

1. Eugenol 주성분 분석

- 1.1. 시험법 적용범위 - 유기농업자재 제품 분석에 적용한다.
- 1.2. 분석원리 - 검체를 Methanol로 추출한 후 액체크로마토그래프로 측정한다.
- 1.3. 장치 - 액체크로마토그래프 : (UV detector, UVD)를 사용한다.
- 1.4. 시약 및 시액 1) Eugenol 표준품 2) Methanol(GR급)
- 1.5. 분석방법

1) 표준용액 조제

표준품 0.01g을 정확히 달아 10 mL volumetric flask에 넣고 Methanol로 정용 후 희석하여 사용한다.

2) 시료용액 조제

시료 5.0 g을 정확히 달아 50 mL volumetric flask에 넣고 Methanol 25 mL를 가한 후 2500 rpm에서 10분간 진탕한 뒤 Methanol로 표선하여 HPLC/UVD 분석한다.

2. Rotenone 주성분 분석

- 2.1. 시험법 적용범위 - 유기농업자재 제품 분석에 적용한다.



2.2. 분석원리 - 검체를 Methanol로 추출한 후 액체크로마토그래프로 측정한다.

2.3. 장치 - 액체크로마토그래프 : (UV detector, UVD)를 사용한다.

2.4. 시약 및 시액 1) Rotenone 표준품 2) Methanol(GR급)

2.5. 분석방법

1) 표준용액 조제 : 표준품 0.01g을 정확히 달아 10 mL volumetric flask에 넣고 Methanol로 정용 후 희석하여 사용한다.

2) 시료용액 조제 : 시료 5.0 g을 정확히 달아 50 mL volumetric flask에 넣고 Methanol 25 mL를 가한 후 2500 rpm에서 10분간 진탕한 뒤 Methanol로 표선하여 HPLC/UVD 분석한다.

## □ 분석조건

### 1. Eugenol 분석조건

HPLC/UVD operation conditions for Eugenol

Instrument	Agilent US / 1200		
Detector	UV detector (UVD)		
Column	Phenomenex knetex 5 $\mu$ m c18 150 × 4.6 mm		
Temperature	Column Oven 40°C		
Flow Rate	Column flow : 1 mL min <sup>-1</sup>		
	mi n	B(%) : ACN	A(%) : Water
Gradient	2	20	80
	7	90	10
	15	90	10
	17	20	80
	20	20	80
Wavelength range	210 nm		
Retention Time	Eugenol : 7.04		
Injection Volume	10.0 mL		

## 2. Rotenone 분석조건

### HPLC/UVD operation conditions for Rotenone

Instrument	Agilent US / 1200		
Detector	UV detector (UVD)		
Column	Phenomenex knetex 5 $\mu$ m c18 150 × 4.6 mm		
Temperature	Column Oven 40°C		
Flow Rate	Column flow : 1 mL min <sup>-1</sup>		
	min	B(%) : ACN	A(%) : Water
Gradient	2	20	80
	7	90	10
	11	90	10
	13	20	80
	15	20	80
Wavelength range	230 nm		
Retention Time	Rotenone : 8.15		
Injection Volume	10.0 mL		

### □ 매미나방 선발소재 지표성분(대표물질) 규명 분석결과

○ 매미자바 및 매미싹(KEFAMA 8-9) HPLC/UVD를 이용한 정량 분석 결과

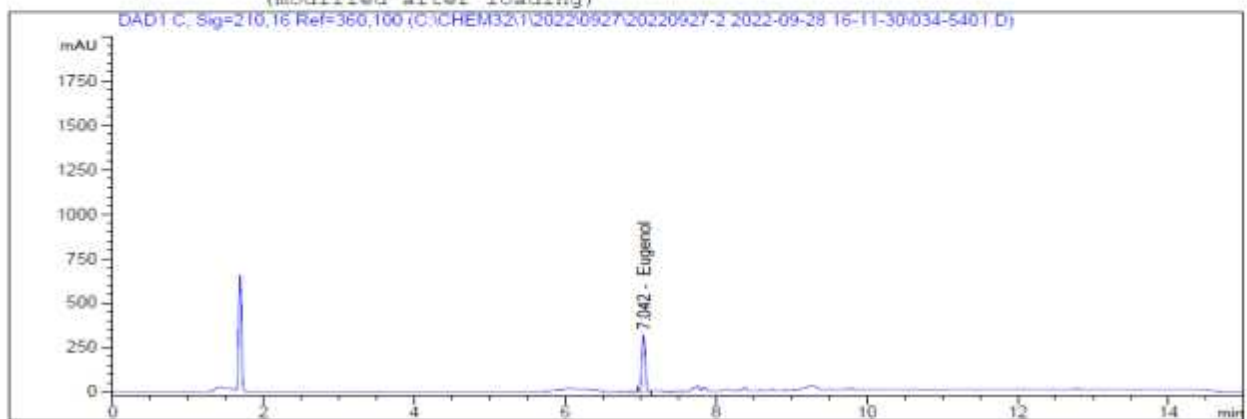
No	Eugenol (%)	Rotenone (%)
1	1.699	0.173
2	1.740	0.179
3	1.733	0.172
평균	1.71±0.02	0.17±0.00

### ○ Law data

#### - Eugenol

```

Acq. Operator   : EFAP                               Seq. Line : 54
Acq. Instrument : Instrument 1                       Location  : Vial 34
Injection Date  : 2022-09-29 11:11:42                Inj       : 1
                                                    Inj Volume: 10  $\mu$ l
Acq. Method    : C:\CHEM32\1\2022\0927\20220927-2 2022-09-28 16-11-30\EUGENOL-GON.M
Last changed   : 2022-09-07 2:46:13 by EFAP
Analysis Method : C:\CHEM32\1\METHODS\EUGENOL-GON.M
Last changed   : 2022-09-29 1:24:56 by EFAP
                (modified after loading)
    
```









Effective Promoter4	(과산화제) Potassium permanganate/ 99.3%(0.2M)	70%(인삼병해충)
Effective Promoter5	(양이온성세정제) 4Quaternary Ammonium Salt	72%(인삼병해충)
Effective Promoter6	(아연제) 0.1mol Zinc sulfate standard solution	50%(저항성병해충)
Effective Promoter7	(산화제) 차아염소산나트륨	60%(고추진딧물)
Effective Promoter9	(모노테르펜제) 피톤치드(dl-limonene, $\alpha$ - $\gamma$ -terpinene)	60%(소독.진드기)
Effective Promoter10	(과초산계) Perosan과산화초산기반 살균소독제	80%(병해충방제효과)
Effective Promoter11	(중탄산칼륨) Potassium hydrogen carbonate/KHCO <sub>3</sub>	60%(병해충방제효과)
Effective Promoter12	(중탄산나트륨) NaHCO <sub>3</sub> : sodium bicarbonate	60%(병해충방제효과)
Effective Promoter13	(살균소독제) Peracetic-Acid( 과초산+과산화수소)	세균.바이러스 99%

○ 선발유용물질과 비휘발성 에센셜오일 선발 최적조합 및 적정 이용방법 검토

- 선발 친환경살충제 농도별 이용방법 개발
- 선발 복합 제형화에 따른 처리방법, 처리농도 등 적정 이용방법 검토
- 확대시험을 통한 상온 및 저온 보관성 등 경시 변화 안정성 검토
- 경시 변화 안정성 시험을 통하여 실온에서 3년 이상 보존 가능토록 제형 개선
- 선발 추출물의 제형화를 위한 온도, 열, pH 등 안정성 및 물리화학적 특성 조사
- 현탁.유화.동결방지제 선발  
메틸올레이트, 폴리에틸렌 모노올레이트, 트윈80, 글리콜류(폴리에틸렌 글리콜)  
polyoxyethylene dodecyl mono ether, Sodium bis(2-ethylhexyl, sulfosuccinate 등

○ 매미나방 친환경방제 소재선발에 관한 논문작성

- 매미나방 살충제살포 문제점 및 허브.천연물소재 복합제형 선발 방제효과 논문

[ 3차년도 ]

□ 연구개발 목표

- 1) 선발 친환경살충제 처리방법, 처리농도 등 적정 이용방법 확립
- 2) 매미나방 선발 시제품에 대한 안전사용 메뉴얼 작성 정립

□ 개발 내용

- 선발 친환경살충제 시제품 표준분석법 확립
  - 선발 친환경살충제 시제품 천연물원료별 대량추출법, 지표성분 및 분석법 확립
- 유용 허브식물 정유의 살충활성 발현 주성분 및 기능성분 분석방법
  - 2016 식약처 고시방법대로 분석
- 천연물원료별 대량추출법
  - 검토결과 친환경방제 KEFAMA 8 소재 중 주성분인 데리스(Rotenone) 및 정향(Eugenol)은 초임계나 초음파 추출방법이 수율이 높고, 백두옹과 돼지감자 추출은 민간추출방법인 열수나 주정추출이 타당 하며, 파라핀 오일은 정유공장 정제 원료를 그대로 사용할 필요가 있음
- 매미나방 처리방법, 처리농도 등 적정 이용방법 확립
  - 매미나방 등 외래해충별 적정사용농도 규명, 효과범위 설정
  - 매미나방에 대한 적정 사용농도 규명, 효과범위 및 고효율 사용방법 설정
- ※ 시제품 실내검정결과 100, 250, 500, 750배에서는 36시간후 모두 사멸하였으나 1000배에서는 72시간 후 사멸됨에 따라 1000배가 가장 합당하다고 사료되고 1000배로 포장시험 수행한 결과에서도 효과가 인정되므로 적정 사용농도는 1000배라고 판단됨

○ 매미나방 등 선발 시제품 안전사용 메뉴얼 작성

- 선발 친환경살충제 시제품 농가현장 사용시 주의사항, 안전사용 등 메뉴얼 작성
- 독성 및 작물 잔류 시험결과에 의한 안전사용기준 설정(예시)

시제품 1 (매미자바) 안전사용기준 설정

천연식물보호제	적용작물	적용대상병해	안전사용기준	
			사용시기(~까지)	횟수(~이내)
허브추출물+기능성	사과	매미나방	수확10일 전까지	3회 이내
천연물 복합살충제	고추	매미나방	수확 3일 전까지	5회 이내

주성분(원료)의 종류 및 함량(%)

- 주 성분: 로테논, 유계놀, 조사포닌, 파라핀오일, 총플라보노이드
- 원료함량: 데리스추출물 10, 정향추출물 20, 백두옹추출물 10, 파라핀오일 25  
돼지감자추출물 30, 보조제 5

시제품 2 (매미쌈) 안전사용기준 설정

천연식물보호제	적용작물	적용대상병해	안전사용기준	
			사용시기(~까지)	횟수(~이내)
허브추출물+기능성	사과	매미나방	수확10일 전까지	3회 이내
천연물 복합살충제	고추	매미나방	수확 3일 전까지	5회 이내

주성분(원료)의 종류 및 함량(%)

- 주 성분: Matrine, Azadirachtin, Acetic acid
- 원료함량: 목초액 33.3, 님오일 31.6, 고삼추출물 34.9, 보조제 0.2

<공통 주의사항>

1. 적용대상 농작물(사과,고추,인삼) 및 매미나방 등 나방류에만 사용할 것
2. 적용대상 농작물과 병해충별로 정해진 사용방법, 사용량 1000배를 지켜 사용할 것
3. 알카리성 약제인 석회보르도액 및 유황합제와는 혼용 사용하지 말 것
4. 적용대상 농작물에 대하여 위 사용시기 및 사용가능횟수를 지켜 사용할 것
5. 친환경제제로서 안전하더라도 어린이 손이 닿지 않는 곳에 보관할 것

○ 해외 수출 비즈니스모델 개발위한 수출 벨류체인 분석

구분	투입	생산	유통	소비
하부 구조	[원료 품질관리] -허브추출물 균일 품질관리체계 마련 -허브기초추출물 신물질탐색개발 필요 -환경오염 최소화 친환경저제 -친환경 기능성농약 원료탐색	[생산 관리] 유기인증제품 생산관리방안 마련 유통 효율 위한 생산단위 고려 친환경 생산관련 방안 마련 유통에 효율적 생산단위 고려	[유통문제 해결] 중국 등 국가별로 비료 등록 수출국까지의 유통 인프라를 마련하여 유통 마진 최소화	[마케팅 창출] 시험전시포(TEST-BED)설치 한국산 차별화 고품질 마케팅 강화 차별법적용 방법 현지화 고려 생산-상품화-물류-농가 품질관리
R & D	[원료 확보] 고품질의 균일 저렴한 원료 확보 원료의 진류능 등 안정성 확인 원료 공동구매방안 탐색	[제형개발] 친환경고분입상형태 개발 친환경 농약 유제 수화제 등 적용이 용이한 제형을 개발	[다양한 처리법 개발] 기계 적용 처리시기 고려 공략 목표 병해충에 따라 살포매뉴얼 개발 및 방제 스펙트럼 파악	[현지 환경 고려] 수출국의 재배환경 농업기술력 고려한 맞춤형 친환경농약 개발
정책	[수출 지원] 안정적 마케팅 활동 상설전시장 바이어초청 수출상담회 전사회 수출사유기인증 및 비료등록	[기술지원] 해외 전시포(테스트베드)시험 시 환경 여건 고려 최적 처리 방안 등 컨설팅 제공	[유통구조 강화] -현지 창고운영 등유통구조 강화 -도착지가 같은 수출건 혼적 으로 유통 마진 최소화	[전략지역 공략] 수출국을 성숙 성장-초기로 구분 맞춤형 공략통해 포지셔 닝 제고

## 2-4. 제3공동연구기관(센트럴바이오)

### [ 1차년도 ] [연구개발 목표]

#### □ 연구개발 목표

1) 매미나방 선발 살충 활성소재 급성 경구, 경피 독성 및 어독성 등 기초 안전성 검토

#### □ 개발 내용 및 범위

○ 선발소재 기초 안전성 검토

- 선발 친환경 살충활성소재 급성 경구, 경피 독성 시험 평가

### <시제품의 랫드에 대한 급성경구 독성시험>

본 시험은 시험물질 KEFAMA-8의 암컷 SD계 랫드에 급성경구 투여 시 나타나는 독성반응을 관찰하고, 치사량 및 GHS의 Category를 알아보고자 수행하였다.

본 시험은 다음의 시험기준을 근거하여 실시하였다. “농약 및 원제의 등록기준; [별표 12] 인축 독성 시험기준과 방법 급성경구독성시험 급성독성등급법” 농촌진흥청고시 제 2017-21 호)

가. 시험계 : 종 및 계통 : NSam:SD 랫드, SPF

나. 시험군 구성

시험물질	군	투여량	투여액량	성별	동물수	동물번호
KEPAMA8 -시제품	1단계	2000	10	암컷	3	2101 ~ 2103
	2단계	300	10	암컷	3	2201 ~ 2203
	3단계	300	10	암컷	3	2301 ~ 2303

다. 투여방법 : 투여하기 전 하룻밤 정도 먹이를 주지 않았고 랫드용 경구 투여용 주사기를 이용하여 경구투여 경로를 이용하여 위내에 1회 강제 투여하였다.



라. 결과 및 고찰

본 시험은 시험물질 KEPAMA-8시제품을 암컷 SD계 랫드에 급성경구 투여시 나타나는 독성 관찰하고, 치사량 및 GHS의 Category를 알아보고자 수행하였다. 투여량은 2000 mg/kg B.W.(1단계) 및 300 mg/kg B.W.(2 단계 및 3 단계)로 설정하였고, 군당 3 마리를 사용하여 투여한 후 14 일간의 사망률, 일반증상, 체중변화 및 부검소견을 관찰하였다.

시제품 KEPAMA-8 2000 mg/kg B.W. (3 단계)시험물질 투여군 전례에서 약물혼입변 및 하복부 / 회음부 및 항문주위의 오염이 관찰되었고, 1 일째에 모두 사망하였다. 나머지 300 mg/kg B.W.(2단계 ~ 3 단계) 시험물질 투여군에서는 시험물질 투여에 의한 일반증상은 관찰되지 않았다. 그리고 시험물질 투여군에서는 시험물질 시제품 투여에 의한 사망동물 및 일반증상은 관찰되지 않았다. 이상의 결과로 보아 본 시험조건에서 국제적으로 공인되고 조화된 화학물질 및 혼합물의 분류 시스템 GHS(Globally Harmonized Classification System for Chemical Substances and Mixtures)의 분류에서 KEPAMA-8 시제품은 Category 5(LD<sub>50</sub> Cut-off value : 2000 mg/kg 이상으로 분류하였다.

▶ 시제품 KEFAMA 8(22-0278) 급성경구 결과 요약

매미자바 (KEFAMA 8)	급성경구	증상	300 mg/kg b.w.(1 단계 및 2 단계): 증상없음
			2,000 mg/kg b.w.(3 단계): 설사, 항문주위 오염
		체중	특이사항 없음
		결과	개략의 반수치사약량(LD <sub>50</sub> cut-off): 2,000 mg/kg b.w. 독성정도: IV급 적독성[액체(2,000 mg/kg 이상)]

<시제품의 랫드에 대한 급성경피 독성시험>

마. 시험목적

본 시험은 시험물질 KEFAMA-8을 암수 SD계 랫드에 급성경피 투여시 나타나는 독성반응을 관찰하고, 치사량을 알아보려고 수행하였다.

바. 시험기준

본 시험은 다음의 시험기준을 근거하여 실시하였다. “농약 및 원제의 등록기준” [별표 12] 인축 독성 시험기준과 방법 12-1-2, 급성경피독성시험 농촌진흥청고시 제 2017-21호(2017년 09 월)

사. 시험계

투여물질	군	투여량 (mg/kg B.W.)	투여액량 (ml/kg)	성별	동물	동물번호
관류용 멸균생리식염수	G1	0	5	수컷	5	1101-1105
				암컷	5	2101--2105
시제품 KEFAMA-8	G2	4000	5	수컷	5	1201-1205
				암컷	5	2201-2205

아. 투여방법

시험물질 투여 전 실험동물의 등 부위에 체모를 피부가 손상되지 않도록 넓게 제모하였다. 제모부위의 4 cm × 4 cm 넓이를 투여부위로 하였다. 시험물질을 거즈에 도포한 후, 투여부위에 부착하였다. 시험물질의 유실을 막기 위해 비자극성 테이프(Tegaderm, 3M)와 탄력붕대(Coban, 3M)로 24 시간 고정하였다. 시험물질 노출 종료 후 도포물을 제거한 후 피부에 남아 있는 시험물질을 관류용 멸균생리식염수로 잘 닦아 주었다.

자. 결과 및 고찰

시험물질 KEFAMA 8에 대해 암컷 SD계 랫드에 급성경구투여시 나타나는 독성반응을 관찰하고, 치사량 및 GHS의 Category를 알아보려고 수행하였다. 투여량은 2000 mg/kg B.W.(1 단계 ~2 단계) 로 설정하였고, 군당 3 마리를 사용하여 투여한 후 14 일간의 사망률, 일반증상, 체중변화 및 부검소견을 관찰한 결과, 시험물질 투여에 의한 사망동물, 일반증상 및 체중변화에서의 변화가 관찰되지 않았다. 이상의 결과로 보아 본 시험조건에서 SM-5의 국제적으로 공인되고 조화된 화학물질 및 혼합물의 분류 시스템 GHS(Globally Harmonized Classification System for Chemical Substances and Mixtures)의 분류는 Category 5 로 분류되었다.



그림1 SPF 랫드 선발



그림2 급성 경구독성시험



그림3 급성 경피독성시험



<시제품의 어류(잉어, *Cyprinus carpio*)를 이용한 급성독성시험>

1.10. 시험방법

1.10.1. 시험종 : 잉어(*Cyprinus carpio*)

1.10.2. 시험약제 : KEFAMA 8

1.10.3. 시험물질 조제

1.10.4. 시험물질 Ares를 주성분 및 함량(85 %) 기준으로 0.5882 g 을 시험용수(사육수)와 시험물질을 전자저울로 칭량하여 500 mL volumetric flask에 넣고, 1000 mg/L 의 stock solution을 조제하였다.

1.10.5. 시험농도 설정

예비시험의 결과, 잉어의 치사율이 10 mg/L에서 100 %, 0.50,1.0 및 5.0 mg/L 에서 0 % 였다. 따라서 10 mg/L 를 최고농도로 하고, 이하 1.8로서 1.0, 1.8, 3.2, 5.8 및 10mg/L 의 총 5 농도로 설정하였다. 또한, 음성대조군을 설정하였다.

차. 노출조건

각 시험수조(Φ210 x 220mm)의 시험용액량은 시험군당 10 L 로 하였다. 시험용액의 수온 [21~ 23 °C(음성대조군의 초기온도 ± 1 °C)], 용존산소농도(포화농도의 60 % 이상) 및 pH(6.0 ~ 8.5) 를 확인하였다. 공시어는 음성대조군 및 모든 시험물질 처리군에 10 마리씩 사용하고, 지수식으로 96 시간 노출하였다. 어류의 밀도는 1.0 g (평균어체중량)/L를 넘지 않았다. 조명은 실내광으로 하고 16 시간 점등/8 시간 소등으로 하였다. 노출 24 시간 전부터 노출종료 시까지 급이 하지 않았다.

카. 관찰 및 측정

1) 일반증상

2) 노출 3, 6, 24, 48, 72 및 96 시간 후에 음성대조군 및 시험물질 처리군의 모든 시험농도에 대하여 어류의 일반증상(치사, 유영, 외관 및 기능)을 관찰하여 치사개체를 기록하였다.

3) 어체검사

노출 96 시간 후 음성대조군에서 어체에 묻어 있는 물기를 티슈페이퍼로 제거하고 전장은 버니어 캘리퍼스로 측정된 후, 각 개체의 무게는 전자저울로 측정하였다.

4) 수온, 용존산소농도 및 pH

노출개시 전, 노출개시 후 24, 48, 72 및 96 시간 후에 음성대조군 및 모든시험물질 처리군에서 수온, 용존산소농도 및 pH를 pH/DO 측정기로 이용하여 측정하였다.

5) 시험용액의 상태

노출개시 전, 노출 24, 48, 72 및 96 시간 후에 음성대조군 및 모든 시험물질 처리군에 대하여 시험 용액의 상태(투명, 혼탁, 침전, 수면부유, 응집 등)를 관찰하였다.

타. 결과 및 고찰

1) 어류(잉어, *Cyprinus carpio*)에 시험물질은 지수식으로 10 mg/L 시험물질 처리군과 음성대조군을 설정해 96시간 노출시켜, 급성영향을 평가하고, 반수치사농도 (Median lethal concentration, LC<sub>50</sub>)를 산출하였다. LC<sub>50</sub>는 노출 48 시간 후에 6.8 mg/L(95 % 신뢰한계: 5.9 ~ 7.9 mg/L), 노출 96 시간 후에 5.6 mg/L(95 % 신뢰한계: 4.4 ~ 7.2 mg/L) 였으며, 무영향 농도는 노출 48 및 96 시간 후에 ≥ 10mg/L였다.

▶ 시제품(KEFAMA 8)(22-0278) 에 대한 급성어독성 결과요약

매미자바 (KEFAMA 8)	어류( <i>Cyprinus carpio</i> ) 급성어독성	무영향 농도는 노출 48 및 96 시간 후에 ≥ 10mg/L로 영향 없음
--------------------	------------------------------------	---

**[ 2차년도 ] [연구개발 목표]**

□ 연구개발 목표

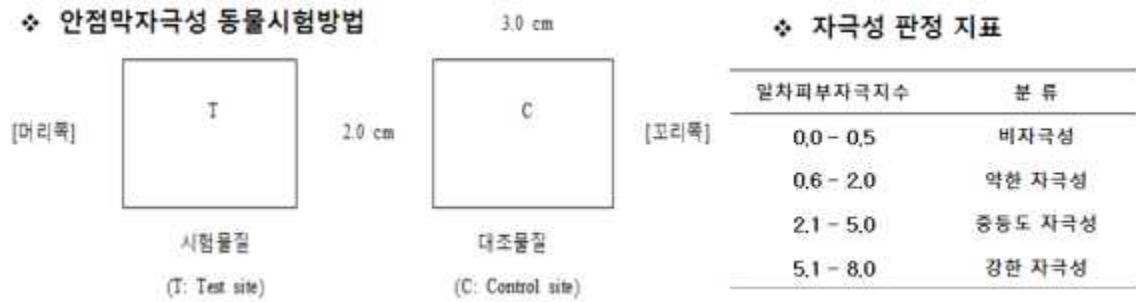
1) 복합제형 친환경살충제(KEFAMA8-9) 급성 인축독성 및 생태독성 시험

□ 개발 내용 및 범위

○ 선발 친환경살충제 급성 인축독성 및 환경생태독성 시험

- 급성 인축독성 시험항목 : 급성경구, 안점막자극성, 피부자극성 시험

**<시제품의 토끼에 대한 안점막 자극성시험>**



시험물질 KEFAMA 8의 안점막자극성을 조사하기 위하여 암컷 NewZealand White계 토끼의 안점막에 투여한 후 사망률, 일반증상, 체중변화 및 안점막자극성을 평가하였다. 실험기간 중 시험물질 투여에 의한 사망동물 및 이상반응은 관찰되지 않았다. 체중변화는 모든 동물에서 정상적인 체중 증가가 관찰되었다. 투여 1 시간 후, 시험물질 투여부위를 관찰한 결과 심한 눈 손상이 관찰되지 않았다.

초기시험 및 확인시험에서 시험물질 투여 후 1, 24, 48 및 72 시간째에 안점막자극성을 평가한 결과, 결막의 발적, 부종 및 배출물의 안점막자극성이 관찰되었다. Draize의 평가방법에 따라 시험물질 투여 후 1, 24, 48 및 72시간의 안점막자극지수(M.O.I.)는 각각 "10.0", "8.7", "2.7" 및 "0.0" 으로 산출되었고, 급성안점막자극지수(A.O.I.)는 "10.0" 으로 산출되었다. 각막의 혼탁, 홍채 이상은 없었고, 대조부위인 좌안의 경우 각막, 홍채 및 결막의 특이한 증상이 관찰되지 않았다.

이상의 결과로 보아 본 시험 조건 하에서 시험물질 KEFAMA 8의 암컷 NewZealand White계 토끼의 안점막에 대한 안점막자극성시험 결과 자극성이 없는 물질로 판단되었다.

▶ 매미자바(KEFAMA 8)(22-0280) 안점막자극성 결과 요약

매미자바 (KEFAMA8)	안점막자극성시험	결막부종 전례 "0.3" 각막, 홍채 및 결막 "0.0" 안점막 자극 정도 "없음"
-------------------	----------	--

**<시제품의 토끼에 대한 피부 자극성시험>**

본 시험은 시험물질인 KEFAMA 8-9의 피부자극을 평가하기 위하여 시험물질을 암컷 New Zealand White계 토끼의 피부에 투여한 후 사망률, 일반증상, 체중변화 및 피부자극평가를 한 결과는 다음과 같다.

- 1) 시험기간 동안 모든 동물에서 사망동물은 관찰되지 않았다.
- 2) 일반증상 관찰 결과, 시험물질 투여에 인한 이상증상은 관찰되지 않았다.
- 3) 체중변화는 시험기간 동안 모든 동물에서 정상적인 체중 증가가 관찰되었다.
- 4) 시험물질 투여부위를 관찰한 결과, 시험물질 투여부위와 대조부위 모두, 모든 동물에서 이상반응이 관찰되지 않았다.
- 5) Draize의 평가방법에 따라 피부자극성의 평가결과 일차자극지수(P.I.)는 "0.0" 으로 산출되었다. 이상의 결과로 보아 본 시험의 조건에서 SM-5의 암컷 NewZealand White계 토끼의 피부에 대한 피부자극성시험 결과 자극성이 없는 물질로 판단되었다.

▶ KEFAMA 8(매미자바-0279) 피부자극성 결과요약

KEFAMA8	피부자극성시험	3 마리 중 3 마리에서 14 일까지 표피박리 지속됨 3 마리 중 2 마리에서 8 일까지, 1 마리에서 9 일까지 가 피형성이 관찰됨 피부 자극 정도 "중도"
---------	---------	---

<시제품의 어류(잉어, *Cyprinus carpio*)에 대한 급성독성시험>

파. 시험방법

- 1) 시험종 : 잉어(*Cyprinus carpio*)
- 2) 시험약제 : KEFAMA 8-9
- 3) 시험물질 조제
- 4) 시험물질 Ares를 주성분 및 함량(85 %) 기준으로 0.5882 g 을 시험용수(사육수)와 시험물질을 전자저울로 칭량하여 500 mL volumetric flask에 넣고, 1000 mg/L의 stock solution을 조제하였다.
- 5) 시험농도 설정  
예비시험의 결과, 잉어의 치사율이 10 mg/L에서 100 % 0.50, 1.0 및 5.0 mg/L 에서 0 % 였다. 따라서 10 mg/L 를 최고농도로 하고, 이하 1.8로서 1.0, 1.8, 3.2, 5.8 및 10 mg/L 의 총 5 농도로 설정하였다. 또한, 음성대조군을 설정하였다.

하. 노출조건

- 1) 각 시험수조(Φ210 x 220mm)의 시험용액량은 시험군당 10 L 로 하였다. 시험용액의 수온[21 ~ 23 °C(음성대조군의 초기온도 ± 1 °C)], 용존산소농도(포화농도의 60 % 이상) 및 pH(6.0 ~ 8.5) 를 확인하였다. 공시어는 음성대조군 및 모든 시험물질 처리군에 10 마리씩 사용하고, 지수식으로 96 시간 노출하였다. 어류의 밀도는 1.0 g (평균 어체중량)/L를 넘지 않았다. 조명은 실내광으로 하고 16 시간 점등/8 시간 소등으로 하였다. 노출 24 시간 전부터 노출종료 시까지 급이 하지 않았다.

거. 관찰 및 측정

- 1) 일반증상 : 노출 3, 6, 24, 48, 72 및 96 시간 후에 음성대조군 및 시험물질 처리군의 모든 시험농도에 대하여 어류의 일반증상(치사, 유행, 외관 및 기능)을 관찰하여 치사개체를 기록
- 2) 어체검사 : 노출 96 시간 후 음성대조군에서 어체에 묻어 있는 물기를 티슈페이퍼로 제거하고 전장은 버니어 캘리퍼스 측정 후, 각 개체의 무게는 전자저울로 측정함
- 3) 수온, 용존산소농도 및 pH : 노출개시 전, 노출개시 후 24, 48, 72 및 96 시간 후에 모든 시험물질 처리군에서 수온, 용존산소농도 및 pH를 pH/DO 측정기로 이용하여 측정하였다.
- 4) 시험용액의 상태  
노출개시 전, 노출 24, 48, 72 및 96 시간 후에 음성대조군 및 모든 시험물질 처리

군에 대하여 시 험 용액의 상태(투명, 혼탁, 침전, 수면부유, 응집 등)를 관찰하였다.

너. 결과 및 고찰

- 1) 어류(잉어, *Cyprinus carpio*)에 시험물질은 지수식으로 10 mg/L 시험물질 처리군과 음성대조군을 설정해 96시간 노출시켜, 급성영향을 평가하고, 반수치사농도 (Median lethal concentration, LC<sub>50</sub>)를 산출하였다. LC<sub>50</sub>는 노출 48 시간 후에 6.8 mg/L(95 % 신뢰한계: 5.9 ~ 7.9 mg/L), 노출 96 시간 후에 5.6 mg/L(95 % 신뢰한계: 4.4 ~ 7.2 mg/L) 였으며, 무영향농도는 노출 48 및 96 시간 후에 ≥ 10mg/L였다.

<시제품 “매미자바”의 꿀벌 급성접촉독성시험>



매미자바의 꿀벌에 대한 급성적 영향을 평가하고, 반수치사약량(LD<sub>50</sub>)을 산출하기 위해 48시간동안 급성접촉독성시험을 수행하였다. 시험의 약량은 무처리군과 음성대조군(distilled water+acetone(5:5), 1μL/bee) 및 제품(100%) 기준 100.000 μg/bee로 설정하였다. 시험생물은 무처리군과 음성대조군 및 시험물질 처리군 당 각각 10마리씩 3반복으로 노출시켰다.

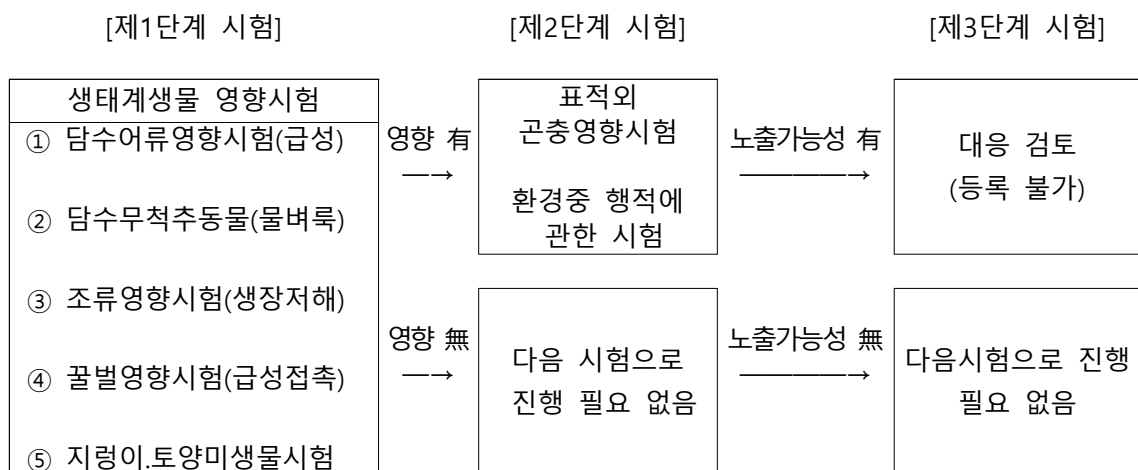
시험물질 노출 후 48시간동안 관찰한 결과, 무처리군과 음성대조군의 모든 개체는 정상으로 관찰되었다. 시험물질 처리군에서는 48시간 관찰 시에 치사 개체 2마리가 관찰되었으며, 이 외에 다른 이상증상을 보인 개체는 관찰되지 않았다. 본 시험의 결과는 아래와 같이 요약할 수 있다.

Observation time (hr)	LD <sub>50</sub> <sup>a</sup> (μg/bee)
24 & 48	> 100.000

a: Based on product-nominal dose

매미자바의 꿀벌에 대한 24, 48시간 반수치사약량(LD<sub>50</sub>)은 제품 기준 모두 100.000μg/bee 초과 이었다.

\* 환경생물에 미치는 영향 검토시 단계별 시험 및 평가절차



※ 환경 생태 독성 평가항목 : 어독성, 물벼룩,지렁이,꿀벌 급성독성 4종 중 2종 수행

○ 선발 매미나방 친환경소재 3종에 대한 국소독성 및 급성독성 시험 결과

- 안점막,피부자극성 급성경구, 급성경피, 급성어독성 및 꿀벌급성접촉독성시험결과 3종 모두 저독성에 해당됨

[ 3차년도 ]

□ 연구개발 목표

1) 매미나방 복합친환경살충제 KEFAMA 9 급성 인축독성 및 생태독성 시험

□ 개발 내용 및 범위

○ 선발 친환경살충제 급성 인축독성 및 환경생태독성 시험

- 급성 인축독성 시험항목 : 급성경구, 안점막자극성, 피부자극성 시험

□ 시험방법

○ 1-2년차와 동일 생략

□ 시험결과

○ KEFAMA 9 급성독성 시험성적

-안점막자극성,피부자극성 급성경구, 급성경피독성 : 저독성에 해당됨

-어독성 : LC<sub>50</sub>는 노출 48 시간 후에 6.8 mg/L(95 % 신뢰한계: 5.9 ~ 7.9 mg/L), 노출 96 시간 후에 5.6 mg/L(95 % 신뢰한계: 4.4 ~ 72 mg/L) 였으며, 무영향농도는 노출 48 및 96 시간 후에 ≥ 10mg/L이어 저독성에 해당됨

-꿀벌 급성접촉독성 등 생태독성 시험결과 모든시험에서 저독성에 해당됨

Observation time (hr)	LD <sub>50</sub> <sup>a</sup> (µg/bee)
24 & 48	> 100.000

<독성시험 시험장면>



그림1 SPF 랫드 선발



그림2 급성 경구독성시험



그림3 급성 경피독성시험



그림4. KEFAMA 9(매미쌩) 안점막 자극성시험



어류 급성독성시험



물벼룩 급성독성시험



지렁이 급성독성시험



꿀벌 급성독성 시험

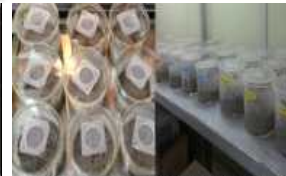


그림5. KEFAMA 9(매미쌩) 환경생태독성시험

○결과 요약

선발 시제품 KEFAMA 9(매미쌩)에 대한 급성독성(경구, 경피, 안점막,피부자극성 및 생태독성) 8종 급성독성 시험결과 독성 문제 안된 3급 이하 저독성물질로 판단되어 천연물 병해충관리용 유기농업자재 제품등록용 제품 1종 선발



### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

---

###### [1차년도(2021)]

- 1) 매미나방 등 외래해충 성페로몬 합성 공정 개발 및 유인효과 실험
  - 매미나방 생물학적 방제 성페로몬 소재 선발
  - 매미나방 성페로몬 합성법 개발
  - 매미나방 성페로몬 및 유인선발 물질 야외 포장시험
  - 외래해충 멸강나방 선발 및 페로몬 합성법 개발
- 2) 매미나방 살충활성 친환경 생화학소재 선발
- 3) 매미나방 등 외래해충 유인활성소재 지표물질 분석
- 4) 살충 활성소재 급성 인축독성 및 어독성 등 기초 안전성 검토

###### [2차년도(2022)]

- 1) 선발페로몬 루어 및 트랩 유인효과
  - 매미나방 성페로몬 합성법 개발
  - 합성 성페로몬 매미나방에 대한 유인효과 확인
- 2) 페로몬 매미나방 등 외래해충 유인활성 효과검증 적용 가능성 검토
- 3) 매미나방 살충활성 친환경 생화학소재 선발 복합 제형화
- 4) 살충제 복합제형화 급성 인축독성 및 생태독성 시험
- 5) 생화학 살충소재 추출방법 확립

###### [3차년도(2023)]

- 1) 매미나방 및 멸강나방 성페로몬 대량합성 기술개발
  - 2) 매미나방 페로몬 탑재 유인효과 증진가능 트랩, LED광 트랩 개발
  - 3) 매미나방 살충활성 친환경살충제 개발 유기농업자재로 등록 : 2종
  - 4) 매미나방 살충활성 친환경살충제 시제품 개발 해외 테스트-베드 운영
  - 5) 매미나방 살충활성 친환경살충제 시제품 대량추출방법 확립
  - 6) 매미나방 살충활성 친환경살충제 시제품 안전사용 매뉴얼 작성
  - 7) 매미나방 복합제형 친환경살충제 시제품 급성 인축독성 및 생태독성 시험
- 

##### (2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능)

---

- 학술발표 2건
  - 특허출원 2건
  - 기술인증 4건
  - 기술실시 6건
  - 고용창출 3건
  - 교육지도 3건
  - 홍보전시 5건
  - 정책활용 1건
  - 제품화 6건
  - 논문 2건
  - 매출액 500만원
-

**< 정량적 연구개발성과표 >**

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계	2단계	계	가중치 (%)
			(2021~2022)	(2023)		
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	특허	목표(단계별)	1	1	2	20
		실적(누적)	2		2	
	논문	목표(단계별)		2	2	
		실적(누적)	1	1	2	
	학술발표	목표(단계별)	2		2	10
		실적(누적)	2		2	
	교육지도	목표(단계별)	3		3	10
		실적(누적)	3		3	
	홍보전시	목표(단계별)	2	3	5	15
		실적(누적)	2	3	5	
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>	제품화	목표(단계별)	1	5	6	20
		실적(누적)	2	4	6	
	기술실시	목표(단계별)				
		실적(누적)	2	4	6	
	고용창출	목표(단계별)	1	1	2	10
		실적(누적)	3	0	3	
	정책활용	목표(단계별)		1	1	
		실적(누적)		1	1	
	기술인증	목표(단계별)	1	3	4	10
		실적(누적)	1	3	4	
	매출액 (백만원)	목표(단계별)		5	5	5
		실적(누적)		5	5	
계		목표(단계별)	11	21	32	100
		실적(누적)	18	21	39	100

**< 연구개발성과 성능지표 >**

평가 항목 (주요성능 <sup>1)</sup> )	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 <sup>2)</sup> (%)	세계 최고		연구개발전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준		1단계 (2021~2022)	2단계 (2023)	
1 페로몬 유인효과	%	30	미국/아메리칸인섹터리	85	70	75	85	'22, 23 시험결과
2 생화학살충제 방제가	%	30	미국	85	80	70	80	'22 시험결과
3 시제품안전성	1-4 등급	30	미국	4등급	3등급	4등급	4등급	유기농업자재 공시기준

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	멸강나방 환경친화적 방제를 위한 성페로몬 합성 방법의 개선	Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences	최선희				비SCIE	2023-09-30		
2	해충관리용 유기농업자재매미나방 유충에 대한 방제 효능 평가	Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences	이영돈				비SCIE	2023-12-31		

### □ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	매미나방 생물학적 방제를 위한 성페로몬 소재선발에 관한 연구	안 인 외 7인	2021. 7.1-2	한국환경농학회 (여수 소노캄호텔)	대한민국
2	매미나방 페로몬 담체 종류에 따른 휘발성 및 유인력	최선희 외 8인	2022. 7.7-8	한국환경농학회 (양양 솔비치)	대한민국

### [기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일		
1	매미나방의 성페로몬인 시스-7,8-에폭시-2-메틸옥타데칸의 합성방법	대한민국	주식회사 그린아그로텍 농업회사 법인	2022.09.05	10-2022-0112069	-	-	-	-	제품화
2	식물 추출물의 혼합물을 이용한 매미나방 방제용 조성물 및 이를 이용한 매미나방의 방제방법	대한민국	한국 친환경농식품 자재수출조합	2022.11.11	10-2022-0150224	-	-	-	-	제품화

### □ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	유기농업자재 공시	강원대학교 산학협력단 친환경농산물안전성센터장	그린멸강모아 성페로몬 트랩	제 공시-2-5-294호	2022.11.24	대한민국
2	유기농업자재 공시	강원대학교 산학협력단 친환경농산물안전성센터장	그린매나모아 플러스 성페로몬 트랩	제 공시 2-5-310호	2023.9.21	대한민국
3	유기농업자재 공시	순천대학교 유기농업자재 인증센터장	매미자바	제 공시 3-5-098호	2023.11.23	대한민국
4	유기농업자재 공시	순천대학교 유기농업자재 인증센터장	매미쌈	제 공시 3-6-084호	2023.11.23	대한민국

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	매미나방 페로몬	2022.11.10	(주)그린아그로텍 농업회사법인	국내	친환경방제	2	특허	22.11.10
2	매미자바	2022.11.14	한국친환경 농식품자재 수출조합	국내	생화학방제	2	특허	22.11.11
3	그린멸강모아	2023.10.10	(주)그린아그로텍 농업회사법인	국내	친환경방제	2	-	-
4	매미나방 트랩	2023.10.10	(주)그린아그로텍 농업회사법인	국내	친환경방제	2	특허	22.11.10
5	매미나방 유아등	2023.10.10	(주)그린아그로텍 농업회사법인	국내	친환경방제	2	특허	22.11.10
6	매미쌩	2023.11.22	한국친환경 농식품자재 수출조합	국내	생화학방제	2	-	-

□ 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	직접실시	매미나방의 성페로몬 및 트랩개발	(주)그린아그로텍 농업회사법인	22.11.10	0	0
2	직접실시	식물추출물 혼합물을 이용한 매미나방 친환경방제제 개발	한국친환경농식품자재수출조합	22.11.11	0	0
3	직접실시	멸강나방 성페로몬	(주)그린아그로텍 농업회사법인	23.11.10	0	0
4	직접실시	매미나방의 성페로몬 트랩	(주)그린아그로텍 농업회사법인	23.11.10	0	0
5	직접실시	매미나방의 성페로몬 유아등 트랩	(주)그린아그로텍 농업회사법인	23.11.10	0	0
6	직접실시	식물추출물 혼합물을 이용한 매미나방 친환경방제제 개발	한국친환경농식품자재수출조합	23.11.22	0	0

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	기술이전	신제품 개발	국내	매미나방 페로몬	매미나방 발생유무 확인 및 대량포획 용도	(주)그린 아그로텍 농업회사법인	5,040,000	0	2023	-
2	기술이전	신제품 개발	국내	식물추출물 혼합물 매미나방 친환경방제제	식물추출물 혼합물을 이용하여 매미나방 등 외래해충 친환경방제	한국친환경농식품자재수출조합	0	0	0	-
3	기술이전	신제품 개발	국내	그린멸강모아	매미나방 발생유무 확인 및 대량포획 용도	(주)그린 아그로텍 농업회사법인	0	0	0	-
4	기술이전	신제품 개발	국내	매미나방 트랩	매미나방 발생유무 확인 및 대량포획 용도	(주)그린 아그로텍 농업회사법인	0	0	0	-
5	기술이전	신제품 개발	국내	매미나방 유아등	매미나방 발생유무 확인 및 대량포획 용도	(주)그린 아그로텍 농업회사법인	0	0	0	-
6	기술이전	신제품 개발	국내	매미쌈	식물추출물 혼합물을 이용하여 매미나방 등 외래해충 친환경방제	한국친환경농식품자재수출조합	0	0	0	-

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		해외수출위한 현지 TEST-BED 구축			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	5년			
	소요예산(천원)	1억5천만원			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
			30만불	50만불	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
			국내	5%	10%
국외			1%	2%	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
			30만불	50만불	
	수출		30만불	50만불	



□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)	
			2021년	합계
1	매미나방 등 외래해충 생물적방제제 성페로몬 트랩 및 생화학 살충제 개발 상용화	(주)센트럴바이오	1	1
2		(주)센트럴바이오	1	1
3		(주)그린아그로텍 농업회사법인	1	1
합계			3	3

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	-
		생산인력	-
	개발 후	연구인력	선발소재 인축 및 생태독성 시험 및 안전성 종합 검토 (2명)
		생산인력	매미나방 등 판매 (1명)

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
1	매미나방 등 외래해충 친환경방제기술	2021.11.26	농업인 (산림아카데미회원)	공주 소랭이마을 활성화센터	40
2	식물추출물 및 식물성정유 소재활용 외래해충 친환경방제기술	2022. 4. 21	농업인 및 위드크롭스 연구원	경기도 안성시 일죽면 죽화로 517	25
3	식물추출물 및 식물성정유 소재활용 매미나방 등 외래해충 친환경방제 기술지도	2022. 6. 28	농업인	남양주시 농업기술센터 회의실	41

[사회적 성과]

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전문지 홍보	한국농어민신문	‘매미나방’ 생물학적 방제 성페로몬 개발	21. 12. 3
2	전문지 홍보	영농자재신문	돌발해충 매미나방 생물학적 방제 성페로몬 개발	21. 12. 3
3	전문지 홍보	한국농어민신문	매미나방 친환경 방제제 개발됐다	23. 11. 7
4	전문지 홍보	영농자재신문	돌발해충 매미나방 생물학적 방제제 성페로몬 개발	23. 11. 2
5	전문지 홍보	원예산업신문	한국친환경농식품소재수출조합, 페로몬 디스파루어 합성 및 생화학 방제제 개발	23. 11. 8

□ 정책 제안

제 목	산림병해충 방제 규정에 화학적방제 외 「생물학적 방제분야」추가
활용가능서부	국립산림과학원 산림병해충연구과 김 ○ ○ 주무관
건의분야	산림 해충 생물학적 방제
제안내용요약	<p><b>&lt;현황 및 문제점&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과수 및 수목에 매미나방이 발생하여 2020년 피해면적은 2019년의 3배 수준인 10개 시도(89개 시군), 6,183ha에 매미나방이 대 발생하여 과수 및 수목에 심한 피해를 줄 뿐만 아니라 애벌레가 사람에게 피부 가려움증을 유발하는 한편 등산객에게 혐오감을 유발하는 등 산림과 생활권에 큰 피해를 준 해충이나, 최근 2022년 ~2023년에는 발생이 줄어들고 있으나 언제든 발생 환경여건이 좋아 지면 돌발적으로 대발생할 우려가 있는 문제해충임</li> <li>○ 산림청은 최근 매미나방 피해를 줄이기 위해서 전국 지방자치단체 및 산하기관과 협력하여 매년 많은 인력과 예산을 투입해 매미나방 알집 제거 등 방제 사업을 추진하는 한편 「매미나방 예찰 및 방제요령」을 제작 관계 기관에 배포 매미나방 피해예방과 방제에 노력하고 있음</li> <li>○ 그러나, 매미나방 방제는 화학적 방제에 의존하고 있는 바 등록된 살충제 농약으로는 프레바톤 및 Bt균 등 10여개 품목으로 적을 뿐만 아니라 꿀벌 농가나 등산객 등에게 냄새가 심하고 인근 주택가 수목에 살포할 경우 자동차 얼룩 등 여러 부작용이 나올 수 있어 매미나방 예찰 및 방제시 생물학적 방제방법을 도입할 필요가 있음</li> </ul> <p><b>&lt;제안&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>산림병해충 방제 규정에 화학적방제 외 「생물학적 방제분야」추가</b>              -제3장. 병해충 발생상황 조사, 제1절 예찰조사에 페로몬 사용조항 추가              -제 7 장 농약의 구입과 관리 조문에 생물적 방제제 추가              제37조(선정기준) 방제용 농약의 선정기준은 다음 각 호와 같다.              1. 살충.살균율이 높은 농약 2. 입목에 대한 약해가 적은 농약 3. 사람 또는 동물 등에 독성이 적은 농약 또는 생물적 방제제(페로몬, 천연물 등 생물농약) ... 이하 생략</li> <li>○ <b>발간된「매미나방 예찰 및 방제요령」책자에 「생물학적 방제분야」포함 요망</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 예찰.방제에는 매미나방 페로몬 디스파루어(Disparlure)「Cis-7,8-Epoxy-2-methyloctadecane」을 성충이 나타나는 7월초부터 8월말까지 주요 발생지점 수목에 설치 예찰할 수 있다</li> <li>■ 친환경방제는 식물추출물인 정향(20% Eugenol), 데리스(5% Rotenone), 님오일(Azadiractin)을 혼합하여 1,000배로 희석 사용 6월 초순부터 7월 상순까지 약충기에 중점 방제한다(관련제품: 「매미쌩 또는 매미자바」)</li> </ul> </li> </ul>
연구개발자	친환경농식품자재수출마케팅조합이사장 농학박사 안 인

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 페로몬루어 및 트랩 유인효과시험	○ 유인효과시험 후 페로몬 합성법 개발	○ 100
○ 친환경 생화학소재 선별	○ 생화학소재 선별 복합 제형화	○ 100
○ 생화학 살충소재 지표물질분석	○ 생화학 살충소재 지표물질분석 이용방법 개발	○ 100
○ 시제품 인축 및 생태독성 시험	○ 시제품 인축 및 생태독성 시험	○ 100

## 4. 목표 미달 시 원인분석 : 100% 목표달성

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 국내 최초 매미나방 유인성페로몬제 및 맞춤형트랩 개발과 우수 생화학살충제 개발 보급 매미나방 등 외래해충 피해경감, 애벌레로 인한 피부가려움증 및 국민 혐오감 해소는 물론 농약 PLS 시행에 따른 대체제 역할로 화학농약 사용량 저감 농가 편익 제공
- 국제경쟁력 있는 외래해충방제 페로몬.트랩.생화학살충제 4종이상 개발시 직.간접적 파급효과
  - 외래해충 연간 피해액('19 농진청) : 6,880억원 → 1/3로 피해 절감 기대
  - 농약 PLS시행에 따른 외래병해충 친환경방제제 개발 농약 대체효과 : 약 1000억원

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 상용화 형태
  - 매미나방 등 외래해충 생물적유인제 성페로몬 및 맞춤형 트랩과 유인포살용 생화학살충제 액상제형 4종이상 개발 특허 및 유기농업자재로 등록 출시 농가보급
- 수요처
  - 농협중앙회 및 산림조합 계통계약, 지역농협, 농자재 시판상, 친환경단체 및 작목반/ 친환경농가
  - 해외바이어 확보 수출 : 중국 등 동남아

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
국내논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
특허출원	국내		
	국외		
	계		
특허등록	국내	2	
	국외		
	계	2	
인력양성	학사		
	석사		
	박사		
	계		
사업화	상품출시		
	기술이전		
	공정개발		
제품개발	시제품개발		
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
	의료기기		
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보			
포상 및 수상실적			
정성적 성과 주요 내용			

주 의

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