

# 농작물 병해충 관리 및 검역 기술개발과 산업인력 양성

2024. 07. 03.

전북대학교  
경북대학교 전남대학교

농림축산식품부  
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “농작물 병해충 관리 및 검역 기술개발과 산업인력 양성”(개발기간 : 2021.01.27. ~ 2023.12.31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

납본일자 2024. 07. 03.

주관연구기관명 : 전북대학교 산학협력단 손정민 (인)

공동연구기관명 : 경북대학교 산학협력단 공성호 (인)

전남대학교 산학협력단 하준석 (인)

참여기관명 : (주)유비코스 홍두표 (인)

주관연구책임자 : 전북대학교 윤주연 (인)

공동연구책임자 : 경북대학교 권오석 (인)

전남대학교 양광열 (인)

참여기관책임자 : (주)유비코스 홍두표 (인)

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

## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	농식품기술융합창의인재양성사업						
연구개발과제번호	RS-2021-IP321001						
기술분류	국가과학기술 표준분류	OX0102	60%	LB0304	10%	LB0305	10%
	농림식품 과학기술분류	RA0304	40%	RA0401	20%	CA0302	20%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	농작물 병해충 관리 및 검역 기술개발과 산업인력 양성						
연구개발과제명	검역·농업 해충류 인공지능 영상판독 시스템 개발						
전체 연구기간	2021.01.27.~2023.12.31.						
해당 단계	2단계						
총 연구개발비	총 6,693,000천원 (정부지원연구개발비:6,000,000천원, 기관부담연구개발비(대학):453,000천원, 그 외 지원금:240,000천원)						
해당 단계	총 4,620,000천원 (정부지원연구개발비:4,000,000천원, 기관부담연구개발비(대학):302,000천원, 그 외 지원금:16,000천원)						
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]						
연구개발 목표 및 내용	<p>1) 특수대학원 인프라 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 컨소시엄: 전북대 (예찰), 경북대 (검역), 전남대 (방제)</li> <li>○ 온라인 강의 시스템, 연구실, 세미나실, 대학원생실 구축</li> <li>○ 사업협력기관 (농진청, 농림축산검역본부, 산업체)과의 현장적용 과정 세부내용 확정</li> </ul> <p>2) 교과과정 운영</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 교과과정 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 컨소시엄 3개 대학이 100% 공통과정 운영 (전북대-예찰, 경북대-검역, 전남대-방제)</li> <li>- 이론수업은 온라인 교육으로 진행하며, 현장실습 과정은 주말을 이용하여 수행 (사업협력기관인 농촌진흥청, 농림축산검역본부, 산업체와 공동 수행).</li> <li>- 온라인 강의 인프라 구축을 통하여, 전국적인 교육 수요를 반영할 계획임.</li> <li>- 교재개발을 1차년도에 진행하고, 2차년도부터 신규 특수대학원생을 대상으로 강좌 운영</li> </ul> </li> <li>○ 교육과 연구의 연계 강화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구프로젝트를 교과 프로그램의 문제해결 주제로 선정 (선순환 구조 확립)</li> <li>- 1차년도에는 일반대학원생을 중심으로 특수대학원생의 연구참여를 위한 기반구축 연구를 수행</li> <li>- 2차년도부터는 특수대학원생을 중심으로 산업화 특화 인력양성 및 재교육 프로그램을 운영하며, 일반대학원생이 지원하는 구조로 연구과제를 수행 (특수대학원생 양성)</li> </ul> </li> <li>○ 학위 배출 기준 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 논문 제출을 기준으로, 5학기 27학점 이수 필수(교과부 특수대학원운영 지침)</li> </ul> </li> </ul> <p>3) 자립화 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 중앙정부 및 지자체 지원 사업 수주 (식물병원 건립사업 추진)</li> <li>○ 농업기술원 및 시군 농업기술센터와의 연계 프로그램 지속성 유지</li> <li>○ 중앙 정부기관과의 학/연/산 프로그램 지속 강화</li> <li>○ 특수대학원 참여 교수의 기술개발 국가 및 민간 연구비 확보</li> </ul>						

연구개발성과	<b>1) 농작물 병해충 관리·검역 대학원 구축</b> ○ 양성 전문 인력: 특수대학원 석사학위 60명 배출 (사업 종료 후 2년 이내) 일반대학원 석사학위 30명 배출 (사업 3차년도) <b>2) 기술융합 연구 프로그램 성과 확보</b> ○ 논문: SCI 23편, 비SCI 19편, 특허출원 5건, 특허등록 1건 ○ 기타: 홍보전시 3건, 정책건의 2건, 고용창출 1명				
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<b>1) 병해충 관리 및 검역분야의 전문 지원인력 양성 및 지역농업 활성화</b> <b>2) 농작물 및 검역 병해충의 제어를 통한 사회·경제적 비용 절감</b> <b>3) 4차산업 융복합 교육 및 연구 인프라 구축 및 SI기반 4차 산업 경쟁력 강화</b>				
국문핵심어 (5개 이내)	특수대학원	인재양성	인공지능	병해충 검역	병해충 방제
영문핵심어 (5개 이내)	Special graduate school	Manpower training	Artificial intelligence	Quarantine pests	Control of plant diseases and pests

### <연구개발성과 목표 대비 실적>

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과지표	연구기반지표								사업화지표									
	학술성과			인력양성		정책활용 홍보		기타	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화				
	논문		SCIIF	석사*	취업 인력	정책 활용	홍보 전시		특허 출원	특허 등록	품종 등록	건수	기술 료	제품 화	매출 액	수출 액	고용 창출	투 자 유 치
	SCI	비 SCI						건										
단위	건	건	1<	명	명				건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원
가중치				55		10	15		10	5							5	
최종목표	23	19		60		2	3		5	1							1	
1차년도	1																	
2차년도	19	8				1	46		2									
1단계	20	8				1	46		2									
3차년도	12	13		39		1	26		2	1							1	
2단계	12	13		39		1	26		2	1							1	
소 계	32	21		39		2	72		4	1							1	
합 계	32	21		39		2	72		4	1							1	
달성도	139	110				100	2400		80	100							100	

※ 특수대학원 입학 석사 60명은 사업종료 후 2년 이내 배출 예정

(교과부 특수대학원 설립 및 운영 지침 반영)

※ 일반대학원생 30명은 사업기간내 배출 완료(2021~2023)

※ 특허출원 1건 2024년 달성 예정

# < 목 차 >

I. 연구 추진배경 및 필요성 .....	1
II. 연구 목표 .....	5
III. 연구 성과 .....	8
1. 특수대학원 설립 .....	8
가. 식물방역대학원 설립 .....	8
나. 특수대학원 인프라구축 .....	24
다. 교과과정 개발(커리큘럼 신설) .....	29
라. 교재개발 .....	34
마. 교과목 운영 .....	42
바. 학생 지원 및 장학제도 .....	43
사. 만족도 조사 .....	44
2. 특수대학원 우수 프로그램 .....	45
가. 식물방역대학원 컨퍼런스 개최 .....	45
나. 국내외 선진기관 견학 .....	50
다. 현장 예찰진단 및 실습프로그램 제공 .....	63
라. 학회참석 등 .....	81
3. 연구 과제(교육과 연구 연계강화) .....	97
가. 연구개발과제의 배경 .....	98
나. 연구개발과제의 수행과정 및 수행내용 .....	120
다. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 .....	195
1) 연구수행 결과 .....	195
가) 정성적 연구개발성과 .....	195
나) 정량적 연구개발성과 .....	404
2) 목표달성 수준 .....	441
IV. 목표 미달 시 원인 분석 .....	442
V. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여정도 .....	443
1. 농림축산검역본부 검역관 교육과 자격시험 위탁 시행 .....	443
VI. 연구개발성과의 관리 및 활용 .....	444
1. 식물방역대학원 자립화 계획 .....	444
가. 식물방역 인력의 전문화를 위한 식물의약사제도 법제화 공청회 개최 .....	444
나. 지역 유관기관과의 연구성과 교류회 .....	447
다. 중앙 정부기관과의 학/연/산 프로그램 지속 강화 .....	448

최종보고서							보안등급	
							일반[○], 보안[ ]	
중앙행정기관명	농림축산식품부		사업명	사업명		농식품기술융합 창의인재양성사업		
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)		(식물방역대학원)		
공고번호	농림축산식품부공고 제 농축2020-496호		연구개발과제번호			RS-2021-IP321001		
기술 분류	국가과학기술 표준분류	OX0102	60%	LB0304	10%	LB0305	10%	
	농림식품과학 기술분류	RA0304	40%	RA0401	20%	CA0302	10%	
연구개발과제명	국문	농작물 병해충 관리 및 검역 기술개발과 산업인력 양성						
	영문	Development of pest management and quarantine technology and industrial manpower training						
주관연구개발기관	기관명	전북대학교 산학협력단		사업자등록번호		402-82-15272		
	주소	(우)54896 전북 전주시 덕진구 백제대로 567						
연구책임자	성명		윤주연	직위		부교수		
	연락처	직장전화			휴대전화			
전자우편				국가연구자번호		10165608		
연구개발기간	전체	2021.01.27.~2023.12.31.						
	1단계	2021.01.27.~2022.12.31.						
	2단계	2023.01.01.~2023.12.31.						
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	민간부담금 (참여기업)			정부외출연금 (대학)		합계	
		현금	현금	현물	현금	현금	현물	합계
총계	6,000,000	24,000	216,000	453,000	6,477,000	216,000	6,693,000	
1단계	1년차	2,000,000	8,000	72,000	151,000	2,159,000	72,000	2,231,000
	2년차	2,000,000	8,000	72,000	151,000	2,159,000	72,000	2,231,000
2단계	1년차	2,000,000	8,000	72,000	151,000	2,159,000	72,000	2,231,000
공동연구개발기관	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편		비고	
		역할	기관 유형					
	공동연구 개발기관	전북대학교	윤주연	교수			주관대학	대학
		경북대학교	권오석	교수			참여대학	대학
	전남대학교	양광열	교수			참여대학	대학	
연구개발과제 실무담당자	성명		정지윤		직위		행정원	
	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 2월 29일

연구책임자: 윤 주 연 (인)

주관연구개발기관의 장: 손 정 민

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하



# I. 연구 추진배경 및 필요성

## 1. 거시 트렌드 분석(Mega Trend)

- 농축산식품분야와 관련된 정치, 경제, 사회, 기술 측면에서 트렌드를 거시적으로 분석하여, 중장기적으로 해결해야 할 사회문제를 분석할 필요가 있음.
- 정치적인 측면에서는 농업/농촌 일자리 지원대책 강구(스마트팜 확산, 해외 수출시장 다변화)와 공익직불제 안착 (농업의 공익적인 기능 강화)이 2020년도 핵심 정책방향으로 결정되었음 (농축산식품부 2020년 정책방향). 농업의 공익적인 기능 강화를 위하여, 보다 안전한 농산물 생산과 관련된 행정 및 연구 기반 확보가 필요함.
- 경제적인 측면에서는 농업 생산 증가(전년대비 0.8% 증가한 50조: 재배업 30조원, 축잡업 20조원)와 경지면적 감소 (전년대비 0.6% 감소한 160만 ha)가 큰 변화임 (농업전망, 2020). 단위면적 대비 생산성을 높일 수 있는 기술 개발이 중요하며, 농업의 공익적인 기능을 같이 고려하였을 때, 안전하고 고효율의 생산 기술 개발이 필요함.
- 사회적인 측면에서는 안전먹거리 확대와 농식품에 4차 산업혁명을 접목하는 노력들이 진행되고 있음 (농업전망, 2020). 새롭게 개발되는 ICT, BT 기술들이 농업 생산 기술과 결합되면서 생산성과 안정성을 높일 수 있는 기술개발이 가속화 되고 있으며, 농산물 식품의 안전성을 높일 수 있는 노력들이 생산, 가공, 유통의 모든 가치사슬 (value chain)에서 진행되고 있음 (농업전망, 2020).
- 기술적인 측면에서는 농업분야에 대한 R&D 투자가 매년 꾸준히 증가 (연평균 14% 증가, 9930억원/2019년 = 국가 전체 R&D의 4.8%)하고 있음 (농업전망, 2020). 연구주제는 1) 대내외 농업환경 변화 대응 R&D, 2) 현장 문제 해결형 R&D, 3) ICT/BT 기획 요인 기반 R&D에 대한 요구가 증가하고 있음 (한국농촌경제연구원, 2020).



<농축산식품 분야 트렌드 분석>  
 농축산식품부 2020, 농업전망 2020, 한국농촌경제연구원 2020 계획

- 기후변화 위기, 환경오염, 식량자급량 하락, 식품안전문제 등 현장 문제를 해결하기 위한 문제 해결형 R&D 요구가 주요하게 대두되고 있음. 특히 기후변화 위기는 농업 현장에서 매우 심각한 결과들을 초래하고 있음.

## 2. 기후변화와 농작물 생산에서의 병해충 위해요소 증가

- 올해 발간된 Global Risk Report 2020에서는 지구상에서 발생하는 10대 위기를 선정하였는데, 기후변화 대응실패, 감염 질병, 대량살상무기, 생물다양성의 감소, 가혹한 기후, 수자원 부족, 정보기반 붕괴, 자연재해, 사이버공격, 시설붕괴가 해당되며, 농업 생산측면에서 우리는 기후변화대응 실패, 감염 질병, 생물다양성의 감소에 많은 관심을 가져야 함.
- 특히 기후변화 대응실패는 도시구조의 변화, 농업 수확물 감소, 소비자 가격 상승, 질병 재해 증가, 수자원 부족, 자원경쟁 가속화, 노동력 감소의 심각한 문제를 초래하게 됨 (Social and economic impact of climate change, IBERDROA, 2019, WHO, 2018). 특히 병해충의 급격한 발생 및 이동은 농업 작물 생산에서의 수확물의 질과 양을 현저히 감소시키고 있음. 따라서 이러한 병해충의 관리 및 검역 시스템 구축이 안정적이고 안전한 농산물 생산을 위한 핵심 요소임.



<기후변화에 따른 농작물 생산에서의 병해충 관리 검역 인재양성 필요성>  
The Global Risk Report 2020

## 3. 병해충 관리 및 검역의 중요성 인식 확대

- 국가간 교류, 교역, 여행 증가는 국내 발생 이력이 없는 다양한 병해충의 국내 유입 가능성을 높이고 외래 병해충의 국내 토착화 가능성을 높이고 있음. 특히 국내 관리 병해충 및 금지병해충의 유입 가능성이 급증하였고, 금지 수준의 병원균인 과수 화상병균 등의 국내 발생사례가 증가하고 있음.
- 외래유입 해충의 경우 1900년 이후 47종의 해충이 국내로 유입되었으며, 2000년 ~ 2016년 기간동안 총 14종의 해충이 유입되는 등 유입속도가 급속히 증가하고 있음 (소나무재선충 (1988), 꽃매미 2006), 미국선녀벌레 (2009), 갈색날개매미충 2010), 깍지벌레류 (2015), 동백송깍지벌레 및 작은벌집딱정벌레 (2016) 등이 유입되어 21,000 ha 이상의 농업 재배지 및 산림 생태계에 피해를 유발하고 있음).



<국내 유입 외래 해충>

- 국가간 교역 확대에 따라, 검역수요가 지속적으로 증가하는 상황에서 작물 바이러스의 해외 유입가능성이 상존하는 상황임 (수입검역 건수: 2000년 7,594천건 → 2017년 9,917천건 (30.6% 증가). 식량 및 원예작물에 발생하는 식물바이러스로 인한 피해액은 연간 최소 1조원에 달함.



**<국내 유입 외래 식물바이러스>**

- 전 세계적으로 과실파리류, 코드린나방, 참나무역병균 및 수입 종자류에서 금지급 및 관리급 병해충들의 발생이 지속적으로 보고되어, 국내로 유입될 가능성이 높아지고 있으며, 종합적 피해를 야기하는 사회성 독성 곤충류의 침입 빈도 또한 지속적으로 증가하고 있음.
- 외래 및 고위험 병해충이 발생할 경우, 초기 대응에 실패하면 빠른 수평전파로 인하여 단기간에 전국적으로 확산되어 피해 규모 및 범위가 급격히 증가할 있음. 이러한 병해충 관리 및 검역을 통한 식량 안보를 확보하기 위해, 병해충을 진단·동정·방제할 수 있는 전문 인력양성 및 현장인력 재교육이 시급한 실정이며, 이를 지원할 수 있는 전문기관 (특수대학원)의 설립이 매우 중요함.

**4. 농작물 생산에서의 병해충 관리 검역을 위한 현장전문 인재양성 프로그램 필요**

- 본 특수대학원은 국내외 농업 생산에서 기후변화로부터 발생하는 병해충 문제를 사회적인 문제로 인식하고, 이러한 문제를 해결하는 인력을 양성하는, “농업병해충 관리·검역 특수대학원”의 운영이 절실하다고 판단되며, 본 특수대학원 프로그램을 통하여 기후변화 이슈가 야기하는 농업 작물생산의 불안정성과 안전문제를 해결하는 교육과 연구 방안을 제시하고자 함.



**<특수대학원의 비전과 방향 : 지역농업의 활성화>**

자문: 농촌진흥청 2020 농업발전방향

- 농업생산의 병해충 관리·검역 업무는 주로 국가 연구 및 지원기관과 민간기업에서 수행하고 있으므로, 이러한 기관들이 요구하는 실무인재를 양성하는 프로그램으로서의 역할을 할 계획임. 또한 선진 기관의 교육 및 연구 프로그램을 벤치마킹하여 세계 초일류 그룹을 따라가고, 본 특수대학원 프로그램을 통해 병해충 관리 및 검역 수준이 낮은 개도국에 우리의 역량을 전달하는 Two Track의 국제화 프로그램을 구상할 계획임.
- 본 특수대학원은 병해충 관리 및 검역 전문 커리큘럼을 운영하고 있는 전북대, 경북대, 전남대가 콘소시엄을 구축하여, 지역농업의 활성화라는 차별화 전략을 실질적으로 구현하기 위해, 지역 농업기술원 (전북, 경북, 전남), 농업기술센터 조직 (전북: 14개, 경북: 24개, 전남: 22개)의 인력양성 특수대학원 프로그램을 운영할 예정임.
- 본 특수대학원 운영에 참여하는 전북대, 경북대, 전남대학교는 다수의 교수진들이 병해충 검역과 관리 및 방제 분야에서 검증된 교육 학부 및 대학원 교과과정을 운영하고 있으며, 괄목할만한 연구개발 성과를 창출하고 관련 분야의 현장 문제 해결에 매진하고 있음. 전북대학교는 최근 인공지능 기반 농업병해충 이미지 구축사업에 주도적으로 참여하고 있으며 (과학기술정보통신부, 2020), 경북대학교는 검역분야의 국내 선도대학으로서, 전남대학교는 친환경 병해충 방제분야의 핵심 대학으로 인정받고 있음 (원천기술과 성공 스토리 보유).
- 최종적으로 본 특수대학원은 병해충 관리 및 검역 관련 원천기술과 성공스토리를 기반으로, 농업 생산의 병해충 관리 및 검역 현장문제를 one-stop으로 해결할 수 있는 특수대학원을 운영할 계획임.



<특수대학원의 병해충 관리·검역을 위한 총괄 추진 계획도>  
 주관기관: 전북대학교 (협동기관: 경북대, 전남대)

## II. 연구 목표

### 1. 특수대학원 비전과 목표

- 최종 목표는 특수대학원 운영을 통한 농작물 병해충 관리와 검역 기술 향상으로 확정하였음. 본 특수대학원은 one-stop 병해충 관리·검역 특수대학원을 비전으로 하여, 기후변화 대응 농업 병해충 관리 및 검역분야의 창의 인재를 양성을 통한 지역농업의 활성화를 미션으로 계획하였음. 본 특수대학원은 교육분야에서는 Integrated Knowledge for Society, 연구분야에서는 Productive & Effective R&D, 국제화 부분에서는 Reliable partnership을 세부 미션으로 확립하였음
- 본 특수대학원에서는 전북대-예찰, 경북대-검역, 전남대-방제 주제로 교육과 연구의 상호 연계를 통한 대학원 프로그램 운영할 목적으로 됨



- 농업병해충 관리·검역 특수대학원의 핵심 목표는 교육분야는 현장 전문 산업화 역량을 보유한 인재양성, 연구분야는 산업화 현장 적용 기술 개발이며, 정량적인



목표로 특수대학원 석사 60명 배출 (2024년부터 2년 이내 60명 배출), 일반대학원생 30명 배출 (2021-2023), 논문 42편, 특허 5건 출원을 목표로 함

## 2. 특수대학원의 운용 전략

- 본 특수대학원은 병해충 관리·검역분야에서의 원천기술과 성공스토리를 기반으로 하는 사회문제 해결형 대학원으로 운용 전략을 수립하였으며, 이러한 역량을 바탕으로 지역농업의 활성화를 실현하고자 함
- 지역농업의 활성화를 위해서는 1) 해외에서 국내로의 병해충 유입을 차단하는 검역 시스템의 효율적인 운영과 2) 지역 사회에서의 병해충 발생 모니터링 및 방제가 동시에 진행되어야 함
- 1차년도에는 일반대학원생을 중심으로 특수대학원생의 연구참여를 위한 기반구축 연구를 수행할 예정임 (일반대학원생 양성). 2차년도부터는 특수대학원생을 중심으로 산업화 특화 인력양성 및 재교육 프로그램을 운영하며, 일반대학원생이 지원하는 구조로 연구과제를 수행할 예정임 (일반대학원생+특수대학원생 양성). 연구주제는 특수대학원생들이 참여할 수 있는 산업현장에서 필요한 내용으로 포괄적으로 계획하여 운영하며, 참여학생들의 추가적인 연구수요를 반영할 예정임.

## 3. 특수대학원의 실행 방법

- 교육, 연구, 국제화 부분으로 요약하면, 교육은 On campus, Online campus, Open campus를 실행 방법으로 하였으며, 연구는 In-house lab, Satellite lab, Start-up을, 마지막으로 국제화는 Cooperative learning, Cooperative lab, Cooperative IP를 실행 방법으로 확정하였음
- 구체적으로, 교육은 시간과 공간의 제약을 받지 않는 열린 교육 프로그램을 개발하고, 연구는 자체개발과 공동연구를 통한 자생적인 연구모형을 구축하는 것이며, 국제화는 공동 연구를 통한 공동 학습과 공동 연구실 구축, 그리고 이를 바탕으로 한 공동의 지적재산권을 확보하는 것으로 실행 모델로 정립하였음
- 이러한 교육, 연구, 국제화 모델 수립은 미국의 UC Davis의 Food Safety Lab, 네델란드의 와게닝겐대학, 덴마크의 오후르스대학, 미국의 UCLA 시스템을 벤치마킹하여 계획하였음.
- 컨소시엄 3개 대학이 100% 공통과정으로 운영 예정임 (전체 교과과정을 각 대학이 1/3씩 나눠서 강의 진행). 이론수업은 온라인 교육으로 진행 예정이며, ○ 현장실습 과정은 주말을 이용하여 수행 예정임 (일부 과정은 사업협력기관인 농촌진흥청, 농림축산검역본부, 산업체와 공동 수행)
- 전북대-예찰, 경북대-검역, 전남대-방제 주제로 교과 과정을 담당할 예정이며, 일반대학원과의 차별성을 위해 현장 인력의 역량 강화를 위한 교과과정을 운영 예정임. 각 대학의 교과 과정 내실화를 위해 사업협력기관으로부터 전문 교육인력 제공에 대한 협조를 받을 예정임

## 4. 특수대학원의 핵심 추진사항

- 교육 분야는 병해충 및 검역 융복합 교육, 농진청/검역본부/산업체 공동 커리큘럼 운영, 수요기관 기반 현장 실무교육 프로그램 개발, 기술융합 프로그램 운영 (선순환 구조: 교육과 연구를 결합하여 운영), Industry CEO 강연 프로그램을 핵심 추진사항을 진행하여 본 특수대학원을 타 기관과 차별화하고자 함
- 연구 분야는 대학 주도 R&D와 산업체 주도 R&D의 융합, 현장 적용기술 중심 연구, Satellite lab 운영, 신진연구인력 지원 프로그램을 운영하여 전체적으로 기초

연구보다는 현장에서 개선 수요가 높은 문제점을 인식하고 융합적인 사고와 조직으로 해결하는 시스템 구축을 핵심 추진사항으로 수립하였음

- 산업 인력들이 요구하는 교과과정 운영 예정임(현장문제를 교육과 연결하는 기술융합 과정 운영). 특히 전북대-예찰 (드론기반 예찰 관리론, AI 예찰 방법론, 원예작물 병해충 현장진단기술 등), 경북대-검역 (검역실무 개론, 수출입검역인증 실습, AI 활용한 검역병해충 데이터 관리 등), 전남대-방제 (작물 진균병 방제학 및 현장실습, 유용미생물학 활용 실무, 유용미생물기반 해충방제학 등) 중심의 교과 및 연구과제 수행을 진행 예정임

	교육	연구
<b>핵심 추진 사항</b> <b>(Action plan)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전북대-예찰, 경북대-검역, 전남대-방제 중심의 특화 교과과정 운영</li> <li>• 컨소시엄 3개 대학 공통 과목 운영 (100%)</li> <li>• 일반대학원과의 차별화를 위한 산업화 교과과정 운영</li> <li>• 현장문제를 교육과 연결하는 기술융합과정 운영</li> <li>• 사업협력기관과의 협력기반 현장적용 과정 운영</li> <li>• 주말을 활용한 현장 실습 과정 운영</li> <li>• 온라인 화상강의 시스템 구축</li> <li>• 강의실, 세미나실, 대학원생실 공간 구축</li> <li>• 1차년도-교과과정 개발, 2차년도 이후 신규 특수대학원생 교육프로그램 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 특수대학원생 중심의 현장 문제해결 연구 수행</li> <li>• 1차년도-일반대학원생, 2차년도 이후 특수대학원생 참여형 산업화 특화인재 양성 및 재교육 프로그램 운영</li> <li>• 전북대-예찰, 경북대-검역, 전남대-방제 주제로 연구과정을 운영</li> <li>• 특수대학원 학위 취득학생들의 취업연계를 내실화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전북대 예찰 전공자: 농촌진흥청, 농업기술원, 농업기술센터에 취업</li> <li>- 경북대 검역 전공자: 농림축산검역본부, 지역본부 및 지역사무소에 취업</li> <li>- 전남대 방제 전공자: 작물보호 기업체인 팜한농, 경농, 동방아그로 등 산업체 취업</li> </ul> </li> </ul>

- 컨소시엄 각 대학에 온라인 화상강의 시스템을 구축할 예정이며, 교육을 위한 강의실, 세미나실, 대학원 연구생실을 구축할 예정임. 온라인 강의 인프라 구축을 통하여, 3개 대학 인근 인력 뿐 만아니라, 전국적인 교육 수요를 충족시킬 수 있도록 할 예정임. 교과과정 운영을 위한 교재개발을 1차년도에 진행하고, 2차년도부터 신규 특수대학원생을 대상으로 강좌를 운영할 예정임

### III. 연구 성과

#### 1. 특수대학원 설립

##### 가. 식물방역대학원 설립

##### 1) 특수대학원 운영체계(위원회) 구성 및 운영 등과 관련 운영 실적

대학명	운영 실적		
	일자	내용	위원명단
전북대학교	21.04.14	식물방역 특수대학원 설립 관련 회의 (특수대학원 전임교원 초빙 학내심사위원 추천)	단장: 이귀재 참여교수: 주호중, 김재수, 최인영, 신태영, 홍용
	21.05.10	식물방역 특수대학원 전임교원 초빙 심사 진행여부 및 커리큘럼 확정, 교재개발 TF 구성 관련 회의	
	21.05.31	2022학년도 전북대학교 식물방역 특수대학원 신설계획서 제출 관련 회의	
	21.07.08	특수대학원 교재개발, 교육인프라 구축 회의, 전임교원 공개초빙 심사위원 추천 등	
경북대학교	21.06.03	특수대학원 강의교재개발 회의	권오석, 김동훈, 성건목, 김영호, 최광식
	21.07.07	특수대학원 운영회의	
전남대학교	21.04.21	특수대학원 공통과목, 교류과목, 고유과목에 대한 각 과목 TF팀 구성 및 교재 개발 방법 논의	양광열, 정우진, 정래동, 한연수, 구연종
	21.05.10	특수대학원 신설 및 정원 조정 절차 협의	
	21.05.14	특수대학원 4차 운영회의 관련 회의	
	21.05.31	특수대학원 교재개발 협의(전라남도농업기술원)	정우진, 최덕수, 김현지, 김명석, 김효정

2) 각 대학 설립 과정

대학명	설립 과정
전북대학교	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신설 및 정원 조정: 신설계획서 제출(21.6.3. 대학원 교학부) → 의견수렴→ 특수대학원위원회 심의(21.7.9. 정원 10명 확보 완료)→ 학사운영위원회 심의(21년 7월 말 예정)→ 학무회의 심의</li> <li>- 학칙반영: 예고(10일)→학사운영위원회심의→규정심의위원회심의(월2회)→ 교수회 심의(월1회)→학무회의 심의→대학평의회 심의(월1회)</li> <li>- 특수대학원 설치 2021. 9. 17. (전북대학교 특수대학원 학칙 참고)</li> <li>- 식물방역대학원 운영위원회 발족</li> <li>- 입학사정원칙, 학사운영규정 제정</li> <li>- 온라인학위과정 신청 (교육부)</li> <li>- 신입생 선발 공고 (21. 10.)</li> <li>- 신입생 모집 (21.11.15~19.), 특별전형(모집인원 10명)</li> <li>- (접수) 국공립연구소, 산업체 인력 15명 지원</li> <li>- 신입생 모집 절차: 면접(12.9.), 합격자발표(22.1.6.), 등록(1.26.~28.)</li> </ul>
경북대학교	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 특수대학원 신설계획서 제출 2021. 05. 27.</li> <li>- 특수대학원 정원조정 신청 2021. 06. 02.</li> <li>- 식물방역대학원 설립 / 2021. 8월 학칙 공포</li> <li>- 입학사정원칙 제정</li> <li>- 식물방역대학원 학사운영규정 제정</li> <li>- 신입생 선발 공고 (21. 10.)</li> <li>- 신입생 모집 (21.11.15~21, 특별전형(모집인원 10명)</li> <li>- (접수) 국공립연구소, 산업체 인력 등 13명 지원</li> <li>- 신입생 모집 절차: 면접(21.12.22.), 합격자발표 (2022.01.14.), 등록 (2022.01.24.~25.)</li> </ul>
전남대학교	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 식물방역대학원 신설 계획서 농생대 제출 및 교무처 발송 (5월 31일)</li> <li>- 정원 조정 확정 (21.6.10. 대학원위원회)</li> <li>- 규정심의 통과 (21.6.28. 규정심의위원회)</li> <li>- 평의회 1차 심의 (21.7.6. 평의회 분과위원회)</li> <li>- 평의회 2차 심의 (21.7.8. 평의회 상임위원회)</li> <li>- 평의회 3차 심의 통과 (21.7.15. 평의회 본회의)</li> <li>- 학무회의 개최 예정 (21.7.22.)</li> <li>- 특수대학원 설치 2021. 09.</li> <li>- 식물방역대학원 교학규정 제정(21.12..)</li> <li>- 입학사정원칙 제정</li> <li>- 식물방역대학원개원준비단 설립(21.10.29.)</li> <li>- 신입생 모집(21.11.15~19.)</li> <li>- 전기 식물방역대학원 신입생 원서접수 지원자 23명</li> <li>- 신입생 모집 절차: 면접(21.12.9.), 합격자발표(22.1.6.), 등록(22.1.26.~28.)</li> </ul>

### 3) 전북대학교 설립과정

#### (1) 신설 및 정원 조정

(가) 신설계획서 제출(21.6.3. 대학원 교학부)

(나) 1차 의견수렴 : 교내 위원회 및 특수대학원 의견 수렴

(다) 특수대학원위원회 심의((21.7.9.)

정원 10명 확보, 교내 타 특수대학원 정원 감원 후 식물방역 특수대학원 정원 증원)

(라) 학사운영위원회 심의(21년 7월 말) 후 학무회의 심의 통과

(마) 학칙반영: 예고(10일)

(바) 학사운영위원회심의, 규정심의위원회심의(월2회 운영 중 심의 통과)

(사) 교수회 심의(월1회 운영 중 심의 통과)

(아) 최종 학무회의, 대학평의원회 심의 통과

(자) 특수대학원 설치 2021. 9. 17. (전북대학교 특수대학원 학칙 참고)

특수대학원명	캠퍼스	과정	학위과정	계열	학과명	전공명	영문학과명	입학 예정인원
식물방역대학원 (Graduate School of Plant Protection and Quarantine)	전주 캠퍼스	일반과정 (특수대학원)	석사과정	자연과학	식물방역학과	식물방역학	Department of Plant Protection and Quarantine	특수대학원 (석사 10명)

학위과정	수업연한	학기운영	수업형태	이수학점	학위종별 (수여학위)	비고
석사	2.5년 (5학기)	학기제	이론: 온라인 현장실습: 주말	27학점	농학석사 (식물방역학)	

대학평의원회 심의를 거친 전북대학교 특수대학원 학칙 일부개정학칙을 공포합니다.

### 전북대학교 총장

2021년 9월 17일  
전북대학교학칙 제256호

**제안 이유**

2022학년도 특수대학원 학생정원 조정에 따른 후속조치

- 교무처 교무과 -

#### 전북대학교 특수대학원 학칙 일부개정학칙

전북대학교 특수대학원 학칙 일부를 다음과 같이 개정한다.

제1조 중 “수의방역대학원”을 “수의방역대학원, 식물방역대학원”으로 한다.

별표1을 별지와 같이 한다.

별표2를 별지와 같이 한다.

#### 부 칙

제1조(시행일) 이 학칙은 공포한 날부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 개정 학칙 제4조제1항의 [별표 1]과 제34조제1항의 [별표 2]는 2022학년도 입학자부터 적용한다.

전북대학교 특수대학원 학칙 17

별표 1] <개정 2021. 9. 17.>

특수대학원 학과, 전공 및 학생정원

대학원명	2022학년도 입학정원	석사학위과정 학과	전공
경영대학원	72명	경영학과 경영학과 경영학과 경영학과	생산·경영정보, 인사·조직, 마케팅, 재무관리, 영어교육, 일어교육, 일반사회교육, 역사교육, 지리교육, 관리교육, 유아교육, 불리교육, 회계교육, 생물교육, 지구과학교육, 수학교육, 컴퓨터교육, 음악교육, 체육교육, 미술교육, 스포츠인재교육, 청소년교육, 유아중급교육, 사서교육, 영유아교육, 유아교육, 평생교육 및 HFD, 진로진학상담, AI기반융합교육
교육대학원	224명	교육학과	교육행정, 교육심리, 교육과정 및 평가, 유아교육, 영어교육, 일어교육, 일반사회교육, 역사교육, 지리교육, 관리교육, 유아교육, 불리교육, 회계교육, 생물교육, 지구과학교육, 수학교육, 컴퓨터교육, 음악교육, 체육교육, 미술교육, 스포츠인재교육, 청소년교육, 유아중급교육, 사서교육, 영유아교육, 유아교육, 평생교육 및 HFD, 진로진학상담, AI기반융합교육
생명정보과학원	14명	생명자원과학과	생명자원경제학, 지역자원개발학, 식품산업학, 원예치료학
법무대학원	27명	법학과	부동산법, 노동·복지법, 기업법, 형사사법, 지방자치법, 민사법, 인권법, 국제거래통상법, 중구법
보건대학원	12명	보건학과	
산업기술대학원	40명	산업기술학과 정보기술학과	건축공학, 금속공학, 기계공학, 산업공학, 섬유공학, 지원공학, 재료공학, 토목공학, 화학공학, 전기및시스템공학, 전자공학, 정보통신공학, 컴퓨터공학, 제어계측공학
정보과학대학원	8명	정보과학과	경영정보, 컴퓨터정보(정보처리, 기능정보시스템), 문헌정보, 통계정보, 스포츠과학정보
행정대학원	70명	행정학과	행정학
		미디어E과	미디어E학
		지방자치학과	지방자치학
		사회복지학과	사회복지학
		심리학과	심리학
사회학과	사회학		
환경대학원	25명	건설환경공학과 환경공학과 환경계획학과 건축학과	환경공학, 도시 및 부동산, 건축설계, 환경조경, 건축
수의방역대학원	10명	수의방역학과	수의방역학
식물방역대학원	10명	식물방역학과	식물방역학
계	512명		

#### 4) 경북대학교 설립과정

##### (1) 신설 및 정원 조정

- (가) 신설계획서 제출(2021. 06. 03. 대학원 교학부)
- (나) 특수대학원 정원조정 신청(2021. 06. 02)
- (다) 특수대학원 설치 예정 및 학칙 공포(2021. 08)
- (라) 특수대학원 신설 및 전공 신설 2021.08.17.(경북대학교 학칙 참고)
- (마) 신입생 모집 (21.11.15~21, 특별전형(모집인원 10명))
- (바) (접수) 국공립연구소, 산업체 인력 등 13명 지원
- (사) 특수대학원 신설 및 전공 신설 2021.08.17.(경북대학교 학칙 참고)
- (아) 신입생 모집 절차: 면접(21.12.22.), 합격자발표(2022.01.14.), 등록(2022.01.24.~25.)

특수대학원명	캠퍼스	과정	학위과정	계열	학과명	전공명	영문학과명	입학예정인원
식물방역대학원 (Graduate School of Plant Protection and Quarantine)	대구 캠퍼스	일반과정 (특수대학원)	석사과정	자연과학	식물방역학과	식물방역학	Department of Plant Protection and Quarantine	특수대학원 (석사 10명)

학위과정	수업연한	학기운영	수업형태	이수학점	학위종별 (수여학위)	비고
석사	2.5년 (5학기)	학기제	이론: 온라인 현장실습: 주말	27학점	농학석사 (식물방역학)	

새로운 100년, 시대를 선도하는 KNU

**경북대학교**

수신자 수신자 참조  
(경 유)  
제 목 개정 학칙 공포 알림

1. 관련: 총무과-15922(2021.08.17.) '개정 학칙 공포(안),

2. 위와 관련하여 「경북대학교 학칙」이 개정 공포되었음을 알려드리오니, 관련 업무에 참고하시기 바랍니다.  
 공포 규정

구분	구 명 명	공포번호	소관부서
개정	경북대학교 학칙	규정 제2451호	교 무 과

3. 공포된 규정은 우선 대학 홈페이지 「대학소개」 → 「규정집/예규집」 및 「Hi-Knu (업무포털)」 → 「서비스 목록」 → 「규정집/예규집」 등에 게시되었음을 알려드리며, 대학원학 홈페이지에서는 공포된 규정을 소식지에 게재하여 홍보에 주시기 바랍니다.

붙임 1. 「경북대학교 학칙」 개정 전문 1부,  
2. 개정사유 및 주요내용 1부. 끝.

**경북대학교 총장**

수신자 전기(학과,교실포함),

총무과 과미숙 부무과사정장 이수오 총무과장 2021.08.17. 20:00

첨초자

시 별 총무과-15959 | 2021.08.17. | 전 수 동물생물학전공-2743 | 2021.08.17. |  
우 41981 대구광역시 북구 대학로 82 | http://www.knu.ac.kr  
전화번호 963-950-2163 팩스번호 963-954-6306 | dks4471@knu.ac.kr | 공과

- (교무처 교무과) 2022학년도 대학원 학생정원 조정결과 반영안 [별첨 4, 5, 6, 6-2] 가. 정원표의 학년도 변경
- 나. 학과 신설
- 일반대학원(대구) 국제물류학과(석사) 신설
  - 일반대학원(대구) 식량안보 및 농업개발학과(박사) 학과간협동과정 신설
  - 일반대학원(대구) 응용생물학과(석박사) 신설
  - 일반대학원(대구) 응용화학(석박사), 화학공학(석박사), 고분자공학(석박사) 신설
  - 일반대학원(상주) 디지털제조학과(석박사) 신설
  - 일반대학원(상주) 관광학과(석사) 신설
  - 일반대학원(상주) 치위생학과(석사) 신설
- 다. 학과 폐지
- 일반대학원(대구) FTA통상학과 학과간협동과정 폐지
  - 일반대학원(대구) 응용화학학부(응용화학전공, 화학공학전공, 고분자공학전공) 폐지
  - 과학기술대학원 치위생학전공 폐지
- 라. 특수대학원 신설 및 전공신설
- 식물방역대학원 신설(입학정원 10명)
  - 식물방역대학원 식물방역학과(석사) 신설

5) 전남대학교 설립과정

- (가) 식물방역대학원 신설계획서 농생대 제출 및 교무처 발송 (5월 31일)
- (나) 정원 조정 확정 (6월 10일, 대학원위원회)
- (다) 규정심의 통과 (6월 28일, 규정심의위원회)
- (라) 평의원회 1차 심의 (7월 6일, 평의원회 분과위원회)
- (마) 평의원회 2차 심의 (7월 8일, 평의원회 상임위원회)
- (바) 평의원회 3차 심의 통과 (7월 15일, 평의원회 본회의)
- (사) 식물방역대학원 신설을 위한 학무회의 개최 (7월 22일)
- (아) 특수대학원인 '식물방역대학원' 신설 반영 및 식물방역대학원간 석사학위 정원 조정 관련 학칙 개정(21년 8월 5일)

특수대학원명	캠퍼스	과정	학위과정	계열	전공명	영문학과명	입학예정인원
식물방역대학원 (Graduate School of Plant Protection and Quarantine)	광주 캠퍼스	일반과정 (특수대학원)	석사과정	자연과학	식물방역학	Department of Plant Protection and Quarantine	특수대학원 (석사 10명)

학위과정	수업연한	학기운영	수업형태	이수학점	학위종별 (수여학위)	비고
석사	2.5년 (5학기)	학기제	이론: 온라인 현장실습: 주말	27학점	농학석사 (식물방역학)	



**전남대학교**

수신자 수신자 참조 (경유)  
제목 규정 공포

1. 관련: 교무과-1904(2022.2.3.), 총무과-2405(2022.02.07.)  
2. 전남대학교 규정을 붙임과 같이 개정하고 이를 공포합니다.

규정 공포 목록

구분	공포호수	규정명	공포일자
개정	1859호	전남대학교 학칙	2022. 2. 8.
제정	1860호	전남대학교 데이터사이언스대학원 교학규정	
제정	1861호	전남대학교 식물방역대학원 교학규정	
개정	1862호	전남대학교 조직 설치 규정	
개정	1863호	전남대학교와 국내외 대학 간 공동복수학위과정 운영에 관한 규정	
개정	1864호	전남대학교 조교 임용 규정	
개정	1865호	전남대학교 당직 및 비상근무규정	
개정	1866호	전남대학교 광주전남권역 대학원격교육지원센터 운영 규정	
개정	1867호	전남대학교 대학평의원회 규정	

※ 상기 규정 소관 부서(기관)에서는 공포된 자료를 최종 편집(대학홈페이지-규정 보기 자료 참고)하여 코र्स 메일로 2022. 2. 8.(화)까지 제출

붙임 규정 공포 목록 1부. 끝.

### 신·구조문 대비표

현행	개정	비고
제65조(교과이수) ①~③ (생략) ④ 특수대학원의 석사학위과정 이수에 필요한 학점은 다음 각 호와 같다. 1. 교육대학원 : 27학점 이상 ⑤ 신설	제65조(교과이수) ①~③ (현행과 같음) ④ (현행과 같음) 1. 교육대학원·식물방역대학원 : 27학점 이상 ⑥ 데이터사이언스대학원의 전문석사학위과정 이수에 필요한 학점은 30학점 이상으로 한다. 다만, 졸업 논문을 작성하는 경우 24학점 이상을 취득하여야 한다.	교과 이수 요건 신설
제66조(학점취득) ①~⑤ (생략) <신설> ⑥ 원격수업을 통한 학점 취득에 관하여는 지침으로 따로 정한다.	제66조(학점취득) ①~⑤ (현행과 같음) ⑥ 데이터사이언스대학원의 학생은 매 학기 9학점까지 취득함을 원칙으로 한다. 다만, 재수강과목이 있을 경우 12학점까지 취득할 수 있다. ⑦ 원격수업을 통한 .....	학점 취득 요건 신설 제6항→제7항 변경
제67조(평가) ① 일반대학원, 특수대학원의 학위과정과 경영전문대학원 전문석사학위과정, 치의학전문대학원 전문박사학위과정 및 복합학위과정(박사학위과정)의 교과목별 학업성적평가의 등급, 점수 및 평점은 다음과 같다.	제67조(평가) ① 일반대학원, 특수대학원의 학위과정과 경영전문대학원 전문석사학위과정, 데이터사이언스대학원 전문석사학위과정, 치의학전문대학원 전문박사학위과정 및 복합학위과정(박사학위과정)의 교과목별 학업성적평가의 등급, 점수 및 평점은 다음과 같다.	

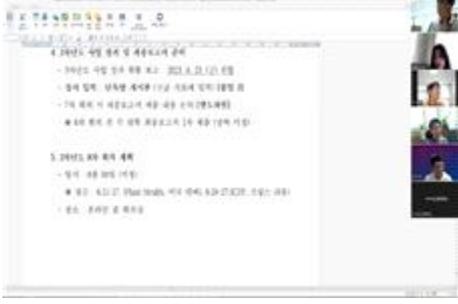
6) 설립 및 설립 이후 사업(식물방역대학원) 운영 회의 실적

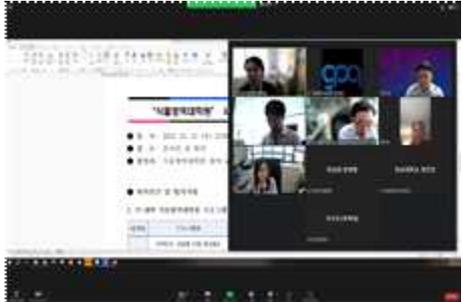
연번	운영 실적		
	제목	일시/장소	사진
1차년도	1 PI 회의	21.02.02 15:00-17:00/ 전북대학교 농생대 본관 206호	<p><b>“농작물 병해충 관리 및 김역대학원” 사업 PI 회의</b></p> <p>일시 : 2021.02.02. 15:00 - 17:00 장소 : 전북대학교 본관2층 세미나실 참석자 : 이귀재, 김재수, 권오석, 양광열, 홍기정, 신태영, 최인영</p> <p><u>회의 안건 및 회의 사항</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 특수대학원 명칭 최종 결정 기존: 농작물 병해충 관리 및 김역 대학원 변경: 농림방역대학원, 농생병의학대학원, 식물의학대학원 명칭을 IPET과 추후 협의 (농림방역대학원에 무게 중심)</li> <li>2. 특수대학원 설립 관련 프로세스 점검 각 대학이 통일성 있게 통일 신청서 작성하여 교과부 제출</li> <li>3. 공통 교과목 개설 및 학점 상호인정 관련 업무 확인 100% 공유 커리큘럼 A 대학에 개설되는 과목이 타 대학의 커리큘럼에 들어가지도록 → 대학간 업무협약 필요! 교무처 실무 담당 - 3개 대학 management</li> </ol>
	2 커리큘럼 운영 회의	21.02.19 10:00-12:00 / 비대면 온라인 ZOOM	<p><b>“식물방역 특수대학원” 커리큘럼 운영 회의</b></p> <p>일시 : 2021.02.19. 10:00 - 12:00 장소 : 비대면 온라인 zoom 참석자 : 김재수, 권오석, 양광열, 정우진 교수, 참여 대학 교무 및 학사 담당 직원 (남은희 팀장 외 3명)</p> <p><u>회의 안건 및 회의 사항</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 교육부 특수대학원 공통과목 운영 지침 리뷰 - 타 대학 수강학점은 학기당 6학점 이내, 총 12학점 이내로 수강 가능함(교과교육원 시행령 및 전북대 학칙) - 국립대간 학점 교류 업무 협약으로, 학점 교류 관련 추가 행정 사항은 필요 없음.</li> <li>2. 공통과목 운영 방안 - 1) 공통과목, 2) 학점 교류과목, 3) 대학 고유과목으로 구분하여 운영하기로 함. - 공통과목은 하나의 통일 과목이 3개 대학에 각각 개설되는 개념으로, 총 3과목을 운영하기로 함. - 학점교류가 가능한 교차수강 과목은 각 대학별로 4과목을 운영하기로 함. - 각 대학 고유 과목으로 2과목을 운영함.</li> </ol>
	3 Kick-off 회의	21.02.24 15:00-18:00/ 전북대학교 농생대 본관 206호	<p><b>“식물방역 특수대학원” kick-off 회의</b></p> <p>일시 : 2021.02.24. 15:00 - 18:00 장소 : 전북대학교 농생대 본관2층 회의실 참석자 : 이귀재, 신태영, 권오석, 이동은, 정희영, 양광열, 정우진, 김재수, 이수연, 최문보</p> <p><u>회의 안건 및 회의 사항</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 식물방역 대학원 최종 사업 설명 - 사업 청사진 목표 - 식물방역 특수대학원에 대한 IPET 추진 방향</li> <li>2. 식물방역 대학원 진행상황 - 대학원 명칭 - 신설 계획서 준비 - 교과목 운영 방안</li> </ol>

1차년도	4	PI 회의	21.04.09 15:00~17:00/ 경북대학교 농생대 2호관 211호	<p align="center"><b>“식물 방역 특수 대학원” 사업 PI 회의 안건</b></p> <p>일 시 : 2021. 04. 09. 15:00 - 17:00 장 소 : 경북대학교 농생대 2호관 211호 참석자 : 김재수, 정재용, 구연홍, 이정철, 안오익, 장희영, 이승철, 최문보, 박성훈, 예희재, 조하영</p> <p><b>회의 안건 및 회의 사항</b></p> <p><b>1. 특수대학원 설립 관련 프로세스 최종 점검</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 각 대학이 통일성 있게 동일 신청계획서 내용 확립(에피토폴리 최종 결성)</li> <li>- 5월 중 교육부 공문 확인 후 각 대학 신청계획 제출, 정원조형 사전 논의 <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 공통과목 각 대학 담당 교수명 변경</li> <li>→ 고유과목 전체 대학 1과목</li> <li>→ 고유과목 각 대학 2개 과목</li> </ul> </li> <li>- 공통과목과 고유과목은 필수과목으로 지정하여 각 대학 학생들이 본교 강의를 수강하도록 할 것</li> <li>- 각 대학 특수대학원 입학 예정 인원(10명)</li> </ul> <p><b>2. 교재개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 식물방역 특수대학원의 입학 예정 학생들은 국가 연구 및 지원기관과 민간 기업에서 업무를 수행하는 직장인들이 많을 것으로 예상하고 있으므로, 학생들이 원하는 수료를 맞춰줄 수 있는 실무 위주의 커리큘럼이 필요함.</li> </ul>
	5	4차 회의	21.05.13 15:00~17:00/ 전남대학교 농생대 6호관 친환경농업연구소 214호	
	6	5차 회의 (워크숍)	21.06.24-25/ 제주지역 농업관련 기관 등	
	7	6차 회의	21.07.21 14:00~16:00/ 전북대학교 농생대 본관 206호	
	8	1차 회의	22. 1. 18-19 소노벨 제주 회의실	

2차년도	9	2차 회의	2022. 3. 24 16:00-18:00 경북대학교	
	10	3차 회의	22. 4. 15 16:00-18:00 전남대학교 친환경농업연구소 214호	
	11	4차 회의	22. 5. 27-28 16:00-18:00 제주도 롯데시티호텔 회의실	
	12	5차 회의	22. 6. 30 16:00-18:00 전북대학교 농업생명과학대학 3호관 115호	
	13	6차 회의	22. 7. 29. 16:00-18:00 비대면 온라인 ZOOM	
	14	7차 회의	22. 8. 23 6:00-18:00 전남대학교 농업생명과학대학 6호관 214호	

2차년도	15	8차 회의	22. 9. 17 12:30 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실4	
	16	9차 회의	22. 10. 21 11:30 순천대학교 70주년기념관 초석홀	
	17	10차 회의	22. 11. 25 11:00-12:00 전북대학교 농업생명과학대학 본관 206호 회의실	
	18	11차 회의	22. 12. 15 12:00-13:00 니주 농림식품기술기획평가원	
3차년도	19	1차 회의	23.1. 13-14 제주 썬호텔	
	20	2차 회의	23. 2. 18. 16:00-17:00/ 경북대학교	

3차년도	21	3차 회의	23. 3. 31 16:00-18:00/ 전남대학교 농업생명과학대학 6호관 214호	
	22	4차 회의	23. 4. 20 11:30/ 전북대학교 농업생명과학대학 3호관 115호	
	23	5차 회의	23. 5. 27 19:00/ 대만 Taipei101	
	24	6차 회의	23. 6. 12 14:00-16:00/ 비대면 온라인 ZOOM	
	25	7차 회의	23. 7. 27 14:00~15:00/ 비대면 온라인 ZOOM	
	26	8차 회의	23. 8. 30 14:00-18:00/ 경북대 농업생명과학대학 2호관 410-2호 23. 8. 31 10:00-11:00/ 비대면 온라인 ZOOM	

3차년도	27	9차 회의	23. 10. 12 13:00-15:00/ 비대면 온라인 ZOOM	
	28	10차 회의	23. 11. 15 10:00-12:00/ 비대면 온라인 ZOOM	
	29	11차 회의	23. 12. 21-22/ 전주 왕의 지밀 정음관	

7) 설립 및 운영현황

(1) 학생모집

(가) 연간 20명 이상의 석사 배출 계획 수립 및 이행 사항

연도	식물방역 특수대학원 (단위: 명)			
	특수대학원생 양성 목표		일반대학원 석사 양성 목표 (본 사업 연구과제 참여 대학원생/ 특수대학원)	목표 합계
	입학(예정)인원	수료 목표 인원		
2022	30			
2023	30		30	60
2024	30	30		30
2025	30	30		30
2026	30	30		30
2027	30	30		30
2028	30	30		30

(나) 일반대학원생 석사 배출

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	전북대 석사	2021		4			2	2				4	
2		2022		4			2	2				4	
3		2023		2			1	1				2	
4	경북대 석사	2021		2			1	1			2		
5		2022		8			5	3			8		
6		2023		1			1				1		
7	전남대 석사	2021		1			1					1	
8		2022		2			1	1				2	
9		2023		8			3	5				8	
합계				32			17	15			11	21	

(다) 학생명단 (식물방역대학원 재학생)

대학명	학생 명단			
	연번	입학년도	이름	소속
전북 대학교	1	2022	김○정	한국생명과학고등학교
	2		박○현	진안군 농업기술센터
	3		윤○현	전북대학교
	4		이○일	농촌진흥청
	5		장○호	진안군 농업기술센터
	6		남○원	농림축산검역본부
	7		송○오	팜한농
	8		심○우	식물보호연구소
	9		안○환	(주)대유
	10		임○홍	진안군 농업기술센터
	11	2023	방○영	익산시 농업기술센터
	12		유○	농촌진흥청
	13		양○훈	(주)팜한농
	14		김○희	(재)전주농생명소재연구원
	15		안○희	SG한국삼공
	16		신○현	농림축산검역본부
	17		박○현	한국농수산대학
	18		성○영	세종시 농업기술센터
	19		정○도	농림축산검역본부
	20		한○운	부자컨설팅팜
	21	2024	박○현	정읍시 농업기술센터
	22		김○균	농협 전주덕진지점
	23		나○혁	(주)코씰

경북 대학교	연번	입학년도	이름	소속
	1	2022	권○기	서원밸리컨트리클럽
	2		김○현	SOKN생태보전연구소
	3		김○호	칠곡군 농업기술센터
	4		반○호	농림축산검역본부
	5		손○진	달성군 농업기술센터
	6		손○희	경북대학교
	7		유○조	울산시청 환경정책과
	8		이○미	(주)스파밸리
	9		이○순	알찬연근팜
	10		이○연	칠곡군 농업기술센터
	11	2023	강○희	국립생물자원관
	12		강○우	(주)케어원
	13		김○환	(주)청솔나무병원
	14		김○구	사과나무
	15		안○숙	고려대학교 한국곤충연구소
	16		장○욱	경주시 농업기술센터
	17		정○준	난인난향
	18	2024	유○공	한국진능정보사회진흥원
	19		이○호	예천군 농업기술센터
	20		이○곤	나무의사(주)서진손해사정, 영주나무병원)

전남 대학교	연번	입학년도	이름	소속
	1	2022	김○지	(주)현농
	2		김○희	장성군 농업기술센터
	3		송○영	장성군 농업기술센터
	4		송○민	담양군 농업기술센터
	5		이○표	인바이러스테크
	6		이○근	제주특별자치도농업인단체협의회
	7		이○현	나주배원에농업협동조합
	8		정○경	고창군 농업기술센터
	9		이○솔	(주)분석기술과미래
	10		이○현	신젠타코리아(주)
	11	2023	김○진	전라남도 산림자원연구소
	12		김○경	광산구청
	13		김○희	고창군 농업기술센터
	14		나○석	(주)경농
	15		문○린	국립농산물품질관리원 전남지원
	16		윤○웅	(주)마이크로자임
	17		정○위	(주)엠씨바이오텍
	18		정○라	고창군 농업기술센터
	19	2024	이○근	봉황농협
	20		송○근	(주)경농
	21		박○순	기아(주)
	22		성○열	농업(블루베리)
	23		최○진	농업(토마토)
24	조○만		농업(수도작/백향과)	

(2) 교원 확보

대학명	현황						
전북대학교	<p>- 전임교원 2명 임용 완료(21년 9/1일자 임용)</p> <table border="1" data-bbox="440 338 1158 488"> <thead> <tr> <th>전임교원</th> <th>전공</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>윤주연 교수</td> <td>식물바이러스</td> </tr> <tr> <td>김소라 교수</td> <td>곤충계통진화</td> </tr> </tbody> </table> <p>- 전공주임 교수: 김재수 교수(식물방역학과장)</p> <p>- 겸임교수 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 생명공학부 이귀재 교수 (식물병리)</li> <li>· 농생물학과 주호종 교수 (식물바이러스)</li> <li>· 농생물학과 최인영 교수 (식물병리)</li> <li>· 농생물학과 신태영 교수 (곤충병리)</li> <li>· 농생물학과 홍 용 교수 (곤충학)</li> <li>· 생물환경화학과의 박민구 교수 (농업환경독성학)</li> </ul>	전임교원	전공	윤주연 교수	식물바이러스	김소라 교수	곤충계통진화
전임교원	전공						
윤주연 교수	식물바이러스						
김소라 교수	곤충계통진화						
경북대학교	<p>- 전임교원 1명 임용 완료(9/1일자 임용)</p> <table border="1" data-bbox="440 943 1158 1048"> <thead> <tr> <th>전임교원</th> <th>전공</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>박익주 교수</td> <td>해충방제</td> </tr> </tbody> </table> <p>- 전공주임 교수: 권오석 교수 (식물방역학과장)</p> <p>- 겸임교수 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 응용생명과학부 서상재 교수 (곤충분류)</li> <li>· 응용생명과학부 이경열 교수 (곤충생리)</li> <li>· 응용생명과학부 정희영 교수 (식물병리)</li> <li>· 응용생명과학부 이수현 교수 (식물병리)</li> <li>· 응용생명과학부 이승열 교수 (식물병리)</li> <li>· 생태환경관광학부 박종균 교수 (곤충분류)</li> <li>· 생태환경관광학부 이동운 교수 (응용곤충)</li> <li>· 생태환경관광학부 장덕진 교수 (신경생물)</li> <li>· 생태환경관광학부 김영호 교수 (곤충생리)</li> <li>· 생태환경관광학부 김동흔 교수 (곤충생태)</li> </ul>	전임교원	전공	박익주 교수	해충방제		
전임교원	전공						
박익주 교수	해충방제						
전남대학교	<p>- 겸임교수 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 응용생물학과 양광열 교수 (식물분자병리)</li> <li>· 농생명화학과의 정우진 교수 (식물자원)</li> <li>· 응용생물학과 김영철 교수 (식물병리)</li> <li>· 응용생물학과 한연수 교수 (곤충면역병리)</li> <li>· 응용생물학과 김익수 교수 (곤충분자생태)</li> <li>· 응용생물학과 정래동 교수 (식물바이러스)</li> <li>· 농생명화학과의 김길용 교수 (토양미생물)</li> <li>· 농생명화학과의 이향범 교수 (환경미생물)</li> <li>· 농생명화학과의 구연종 교수 (생물비료)</li> <li>· 농생명화학과의 조은혜 교수 (농업환경)</li> </ul>						

**나. 특수대학원 인프라구축**

- 1) 특수대학원 설립 예정 또는 신입생 선발 시기에 맞게 적정한 장비 및 재료 등을 적시에 확보할 수 있도록 구축함
- 2) 전북대 : 교육 인프라구축, 실시간 강의용 장비구축 (온라인 강의 시스템 구축)

내역	구축 호실
병해모니터링 교육연구실 구축	농생대 3호관 114,114-1호
병해진단 교육연구실 구축	농생대 3호관 113,113-1호
강의 준비실 구축	농생대 3호관 103호
영상회의실 구축	농생대 3호관 115호
충해모니터링 교육연구실 구축	농생대 3호관 221호
충해진단 교육연구실 구축	농생대 3호관 415호
온라인 영상 강의 스튜디오 구축	농생대 3호관 408, 410호

- 3) 경북대 : 교육연구실과 영상강의실 구축

내역	구축 호실
식물방역대학원 전임인력연구실 (대학원생)	농생대 2호관 4층 405-2호/ 기존 활용
식물방역대학원 공동실험실	농생대 2호관 4층 405-3호/ 기존 활용
식물방역대학원 전임인력연구실(교수)	농생대 2호관 4층 409-1호/ 기존 활용
식물방역대학원 사업단장실	농생대 2호관 2층 210호/ 기존 활용
식물방역대학원 대학원세미나실	농생대 2호관 2층 208호, 222호/ 기존 활용
식물방역대학원 행정실/검역해충방제 교육연구실	농생대 2호관 4층 410-2호/ 신규 구축
식물방역대학원 온라인 영상강의 스튜디오	농생대 2호관 4층 411호/ 신규 구축

- 4) 전남대 : 화상수업 원격시스템 설치를 위한 최적 시스템 구축, 공동강의실 구축

내역	구축 호실
식물방역대학원 공동강의실	농생대 6호관 214호
식물방역대학원 스마트영상강의실	농생대 6호관 501호

전북대학교 인프라 구축

구축 전

구축 후



온라인 영상 강의 스튜디오 구축

온라인 영상 강의 스튜디오 구축



온라인 영상 강의 스튜디오 구축

온라인 영상 강의 스튜디오 구축



총해진단 교육연구실 구축

총해진단 교육연구실 구축



총해진단 교육연구실 구축

총해진단 교육연구실 구축

전남대학교 스마트 영상 강의실



스마트영상강의실 외부  
(ON-AIR 시스템, 방음문)



방음벽, 음향장비 설치



카메라 및 녹화 장비 설치



스마트 티비, 크로마키 스크린 등 설치

전남대학교 식물방역대학원 공동강의실

구축 전

구축 후



병해충 방제 기술 교육연구실 구축

경북대학교 검역병해충방제 교육연구실



행정실



교육연구실



세미나실/회의실



인터랙티브화이트보드, 크로마키스크린



경북대학교 온라인 영상강의 스튜디오



온라인 영상강의 스튜디오



음향장비



카메라 및 녹화장비



크로마키스크린



인터랙티브화이트보드



시놀로지 나스



데스크탑 및 가상스튜디오 프로그램

## 다. 교과과정 개발(커리큘럼 신설)

- 1) 컨소시엄 3개 대학이 100% 공통과정으로 운영  
(전북대-예찰, 경북대-검역, 전남대-방제)
  - 2) 일반대학원과의 차별성을 위해 현장 인력의 역량 강화를 위한 교과과정 개발
  - 3) 산업 인력들이 요구하는 교과과정 개발  
(현장문제를 교육과 연결하는 기술융합 과정 운영)
  - 4) 사업의 목적성에 맞는 현장 중심의 교재개발 요청
  - 5) 사업협력기관 공동수행, TF팀 구성하여 교재개발 진행
  - 6) PPT 양식 통일, 양식 제작하여 강의 담당 교원 전체 통일함
- 
- 7) 현장 전문 인력 수급 및 공급 등을 위한 대외 협력체계 구축 및 운영
    - 가) 전북대학교
      - 농촌진흥청 연구정책과 협의 : 식물방역대학원 신설 및 재직자 지원 홍보
      - 국립농업과학원 원장 : 대학원 전문 강의 인력 요청 및 재직자 참여 홍보
      - (주)팍한농 신사업팀 및 인사팀: 식물방역대학원 직원 참여 및 현장학습 인프라 제공
      - 전북농업기술원 : 식물방역 특수대학원 전문 강의 인력 요청
    - 나) 경북대학교
      - 농림축산검역본부 및 식물검역기술개발센터, 농업기술원 소속의 인력 참여
      - 검역기관의 협조를 받아 교과목의 목적에 부합하는 실내강의 및 현장강의 진행
    - 다) 전남대학교
      - 작물보호제 회사에 근무하고 있는 전문 인력 교재개발 참여
      - 특수대학원 강의 교재 개발을 위한 현장 중심의 교수, 연구사, 및 전문가 협력체계 구축
- 
- 8) 과목 구분
    - 가) 공통과목 : 전공필수 과목으로서 병해충 문제해결을 위한 전문 인력 양성에 필요한 필수 과목
    - 나) 교류과목 : 전북대-경북대-전남대 교육목표에 따른 과목으로 학생들이 모두 수강이 가능하며 각 대학별 4개 과목 개발
    - 다) 고유과목 : 각 대학의 재학생들만 수강이 가능한 고유한 과목으로서 각 대학별 2개 과목 개발

나. 커리큘럼 목록

연번	구분	과목명	학점
1	전공필수	식물병 예찰 진단학(Monitoring and Diagnosis of Plant Diseases)	3
2	전공필수	현장적용 해충관리학(Field Applied Pest Management)	3
3	전공필수	스마트방역실무(Practice of Advanced Plant Quarantine)	3
4	전공선택	현장 농약학(Applied Pesticide)	3
5	전공선택	식물 환경 생리학(Plant Environmental Physiology)	3
6	전공선택	해충 예찰 및 진단학(Eco-friendly agriculture & Monitoring)	3
7	전공선택	식물병해 분류·동정학(Identification of Plant Diseases)	3
8	전공선택	글로벌 병해충관리학(Global Pest Management)	3
9	전공선택	검역병해충 분자진단기법(Molecular diagnostic technique for quarantine pest)	3
10	전공선택	검역병해충 데이터관리(Comprehensive data management for quarantine pests)	3
11	전공선택	검역데이터 AI모델링(AI Modeling on Quarantine Data)	3
12	전공선택	병원균의 분자분류학적 동정 실무 (Practical molecular identification of phytopathogens)	3
13	전공선택	현장적용 바이오해충방제학(On-site application of biopesticides)	3
14	전공선택	유기농자재 활용 실무(Application Practice of Organic Materials)	3
15	전공선택	농업환경관리 실무(Practice of Agricultural Environment management)	3
16	전공필수	친환경 농업과 예찰론(Eco-friendly agriculture & forecasting)	3
17	전공필수	병해충 위험 분석론(Plant Pest Risk Analysis)	3
18	전공필수	검역병해충 생물검정(Bioassay for quarantine pests)	3
19	전공필수	검역병해충 위험평가 (Pest and Disease Risk Analysis for Quarantine)	3
20	전공필수	유용미생물학 활용 실무(Application of beneficial microorganisms)	3
21	전공필수	작물 세균병방제학(Crop bacterial disease control)	3

다. 커리큘럼 소개

구분	과목명	과목설명
공통과목	식물병 예찰진단학	<p>본 교과목에서는 4차 산업혁명기술을 활용한 식물병해의 효율적 예찰방법에 대해 소개하고, 농업현장과 관련하여 병해 현장진단기술, 병과 해충에 의한 피해의 차이점과 약해 및 생리장해와 구별법, 실험실에서 병해 시료 관찰 및 진단기술, 약제방제 기술 등에 대한 실용적인 강의 및 실험에 관한 내용을 포함하고 있어, 농업관련기관에 근무하거나 농업컨설팅 회사, 농약관련 회사에 근무하는 분들에게 유용함.</p> <p>식물 생산량 및 품질 저하의 요인인 식물병을 효과적으로 방제하기 위해서 농업현장에서 피해가 심한 진균병 위주로 식물병 진단방법과 발생예찰 및 현장중심의 경종적, 생물학적, 물리학적 및 화학적 방제 방법을 포함한 종합적인 방제 방법의 이해를 넓힘으로써 현장실무를 습득하게 함.</p> <p>식물병 발생의 기본 요소인 병원체, 환경, 기주의 상호관계, 발생 생태 및 원인을 파악함으로써, 검역 현장에서 확인되는 검역병해의 발생을 이해하고 식물병 예찰 및 진단의 중요성을 인식. 식물병에 대한 기본 지식을 바탕으로 주요 병원균의 예찰 및 진단법의 전문성을 함양하고 검역 현장에서 실무적으로 활용</p>
	현장적용 해충관리학	<p>본 교과목은 농업 현장에서 적용할 수 있는 다양한 해충관리 방법(화학적, 생물적, 재배적, 물리·기계적 등)의 개념 및 원리에 대해서 습득하고, 최종적으로 해충의 속성과 주변 환경 상황을 고려하여 해충의 밀도를 경제적인 피해를 일으키지 못할 수준으로 억제하는 종합적 해충 관리(Integrated Pest Management, IPM)에 대한 현장 방법론 배운다.</p> <p>식물 및 주요 소득 자원 식물(식량작물, 원예작물, 특용작물, 저장작물)의 주요 해충에 대한 기주범위, 분포, 피해, 형태학적, 생태학적인 특성과 이들의 방제를 위한 현장 적용 가능 방안에 대하여 기초 이론과 실무에 대하여 체계적으로 습득하도록 함.</p> <p>수출입 농산물에 경제적 피해를 일으키는 검역해충의 관리 방법 및 종류에 대해 강의. 주요 검역해충의 분류학적 위치, 생태·생리적 특성, 및 관리법에 대해 이해함. 근무 현장에서 주요 해충 발생 시 즉각적인 관리 방안 및 예방법 제시가 가능한 실무중심의 강의</p>
	스마트 방역실무	<p>농과계 대학의 잠재적인 전문 인력들에게 식물검역(생물안보)의 중요성, 국경 이전·국경·국경이후의 식물검역프로그램, 병해충 위험분석, 병해충 예찰감시 및 위기관리, 병해충 진단동정, 검역병해충의 생물학, 종합적 해충군 관리 등 전문지식을 습득하도록 함으로써 농림업 및 자연 생태계 보전 및 농림축산검역본부의 식물검역관련 맞춤형 전문 인재를 육성 기후이상 변화와 무역다변화로 인한 국내 고위험 병해충 유입 가능성에 대응하고자 스마트 예찰 및 실험실 정밀 방역 실무에 대한 교과목이다.</p> <p>스마트 기술을 기반으로 한 신속하고 정밀한 식물방역(예찰 및 실험실 방역)을 학습함으로써 방역실무에 적용하고자 함. 국내 침입 시 잠재적으로 큰 경제적 피해가 우려되는 검역해충의 방역을 위한 현장적용이 가능한 스마트방역에 대해 강의.</p> <p>국외 선진 검역해충 방역 기술을 이해하고 국내 검역해충 방역에 새로운 패러다임을 제시하는 실무중심교육</p>

교류과목	현장 농약학	기후변화로 발생량이 증가하는 병, 해충, 잡초의 효과적인 방제를 위해 사용되는 작물보호제(농약)의 정의, 개발 역사, 농약 시장, 농약의 분류, 농약의 제형화 방법 및 종류, 사용법, 농약의 독성 및 안정성, 농약에 대한 병해충잡초의 저항성 및 선택성, 작용기작, 대사, 방제 및 등록에 대한 전반적인 이론 및 현장 적용 강의
	식물 환경 생리학	식물의 개체 수준의 생명 현상 중 식물 특유의 생리적 작용 및 기능들에 대한 이해, 식물외부 환경 특히 병원체와 상호 작용에 의한 식물체내의 생리현상에 원리를 세포, 조직, 기관 및 식물체 수준에서 이해
	해충예찰 및 진단학	예찰을 통한 해충에 관한 사전 정보를 획득하는 진단
	식물병해 분류·동정학	식물에 발생하는 병해를 현장에서 육안으로 진단하고, 현장진단을 확인하기 위하여 실험실에서 형태적, 분자생물학적 특성을 파악하여 정확하게 병원균을 분류하고 동정하는 학문
	글로벌 병해충관리학	농작물 생산의 위해요소인 해충의 효과적인 방제 및 관리를 위하여 기본적인 해충의 방제 기법 및 종합적인 해충관리법을 교육
	검역병해충 분자진단기법	증상이 나타나지 않았거나, 증상으로 구별이 힘든 검역 대상 식물 병과 형태 동정이 힘든 미소해충 및 형태 동정을 위한 데이터가 부재한 검역 해충의 유전자 서열 분석을 통한 분자진단 기법 교육
	검역병해충 데이터관리	식물검역상 수출입식물 검역정보와 목재포장 검역정보의 수집 및 분석하는 절차를 교육
	검역데이터 시모델링	국내 침입 시 잠재적으로 큰 경제적 피해가 우려되는 검역해충의 효과적인 방역을 위한 인공지능 (AI) 모델링의 기초와 적용 가능한 기법을 학습하고 적용하는 방법을 강의
	병원균의 분자분류학적 동정 실무	다양한 작물병 특히 균류병의 종류와 발생양식을 이해하고 원인균의 분자분류학적 동정법 강의
	현장적용 바이오해충 방제학	유용미생물을 기반으로 해충방제는 물론 작물의 생육 촉진에 관한 최근 연구동향에 초점을 맞추어 강의
	유기농자재 활용 실무	교과목은 친환경농업에 활용할 수 있는 토양개량용, 작물생육용, 병해충관리용인 유기농자재를 소개하고, 유기농자재별 성분 특성을 설명하고, 농가 현장에 효율적인 활용방법을 이해할 수 있도록 한다. 유기농자재에 허용 가능한 물질과 허용 규정, 공시신청과 심사절차를 설명하고, 농가에서 실제 많이 사용하고 있는 공시유기농자재의 적용사례 및 병해충 방제원리에 관한 이해를 넓히고자 한다.
	농업환경관리 실무	농업환경관리 실무는 유전자 환경오염(파트1)과 토양개량제 활용 친환경 방제(파트2)로 구성되어 있음(신종 LMO 작물 검역법 및 LMO 작물 재배와 유전자 오염 검출 실무), 양개량제 활용 친환경 방제(조은혜 교수)는 미생물 개량제를 포함한 토양개량제가 토양 미생물 군집에 미치는 영향과 토양-식물 간 미생물 군집 관계에 미치는 영향에 대한 기본 원리를 익히고, 이를 바탕으로 토양개량제를 활용한 친환경 방제 적용 방안에 대해 살펴보도록 함

<b>고유과목</b>	<b>친환경농업과 예찰론</b>	화학비료, 유기합성농약 등, 일체의 합성 화학물질을 사용하지 않는 친환경농업 현장에서는 해충의 발생 시기 및 규모에 관한 예찰의 과학적인 중요성 강의
	<b>병해충 위험 분석론</b>	농과계 대학의 잠재적인 전문 인력들에게 검역병해충의 유입 및 확산을 예방하고, 이들의 공적방제를 위해 고안된 모든 법적방제 활동들을 올바르게 지원하는 식물위생조치의 강도를 결정하기 위해서 생물학적 및 여타의 과학적 경제적 증거를 평가하는 절차에 관한 전문지식을 습득
	<b>검역병해충 생물검정</b>	검역 상 문제시 되는 식물기생선충의 분리 및 표본제작, 측정치 조사 및 분류 동정에 대한 실무적 실행방법과 식물기생선충의 분류와 생태 및 주요국 및 주요 작물별 피해선충의 종류에 관한 최신의 내용을 교육하여 검역 현장에서 실무적으로 활용할 수 있는 이론과 실무를 교육
	<b>검역병해충 위험평가</b>	지속적인 기후변화와 급증하는 농산물의 국제교역으로 인하여 다양한 외래병해충의 국가 간 이동이 지속적으로 증가하고 있으며 이로 인하여 농작물 생산, 가공 및 유통 등 전반적인 농산품 관리에 영향을 끼친다. 그러나, 병해충마다 그 위해성, 즉, 량, 시기, 작물, 발생 및 유입국가, 심각성, 확산성, 잠재성 등이 다양한 요인이 복잡한 패턴으로 나타나기 때문에 이에 대한 위해성 평가가 철저히 분석되어야 피해를 최소화 할 수 있다. 검역병해충 위해평가는 이 분야의 국내외 전문가를 초빙하여 보다 실질적이고 현장중심의 교육을 시행
	<b>유용미생물학 활용 실무</b>	토양에 서식하고 있는 미생물의 기능 및 생리활성 이해하고, 특히 병원균의 서식, 병 발생 시기, 병 발생 예방 및 병 방제에 대하여 강의
	<b>작물 세균병방제학</b>	작물생산의 저해 요인 중 하나인 세균병원세균 분류의 기본적인 개념, 식물세균병에 관련된 식물-병원세균의 상호작용, 병원세균의 생태, 식물세균병 방제에 활용되는 실용적이고 혁신적인 방제 방법 및 실무 강의

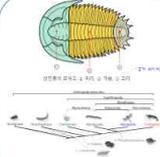
## 라. 교재개발

### - 전체 과목 교재개발 자료 제출

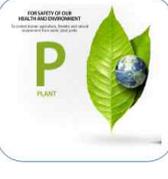
#### 1) 공통과목 : 식물병 예찰 진단학(Monitoring and Diagnosis of Plant Diseases)

<p>농식품 부처중 연구 및 성과 확산사업</p> <p><b>식물병 예찰 진단학</b></p> <p>강준희</p> <p>최인연 (전북대학교) 박종환, 홍유경, 최옥선 (국립현대미술관) 장영민(건국대학교) 이승훈(국립과천대학교) 전영민(건국대학교)</p>	<p><b>목차</b></p> <p>01. 식물병의 원인 02. 식물병의 발생</p> <p>1) 식물병원체의 전염원 2) 식물병원체의 침입 3) 식물병 발생에 좋은 조건</p>	<p><b>목차</b></p> <p>04. 식물병의 진단</p> <p>1) 진단의 정의 2) 병징 및 표징 3) 식물병의 진단법 (1) 육안관찰법, 면미경적 진단... 등 ... 4) 교묘의 법칙</p>
<p><b>01</b></p> <p><b>식물병의 원인</b></p> <p>최인연(문주연 (건국대학교))</p> 	<p><b>식물병의 원인</b></p> <p>식물병의 원인</p> <p>식물병이란?</p> <p>1) 병원균의 침입으로 식물에 정상적인 생리기능에 이상이 생기 - 병원기 세균이나 진균의 경우 병해 증상이 발생 그리고 식물이나 기타동물의 경우 병해가 발생하고 할 2) 새로운 병에 걸리면 죽게되지만, 식물에 병적 생리 기능을 유발하여 동적의 생리적 손상을 야기시킴</p> <p>식물병의 원인</p> <p>1) 식물에 병을 일으키는 원인을 병원체(병원자)라 함. - 병원기 세균이나 진균의 경우 병해 유발자로 함 그리고 동물이나 기타동물의 경우 병해 유발자로 함 2) 새로운 병해충의 침입보다 더 넓은 범위에 퍼져서 초적의 병해가 일어나고 병해 발생 후부터는 병해가 계속 되어 죽어 가는 단계가 된다. 이러한 식물 새로운 개체적 또는 개체사멸의 병원의 병균과 병충을 조사하여 함</p> 	<p><b>02</b></p> <p><b>식물병의 발생</b></p> <p>최인연(문주연 (건국대학교))</p> 

#### 2) 공통과목 : 현장적용 해충관리학(Field Applied Pest Management)

<p>농식품 부처중 연구 및 성과 확산사업</p> <p><b>현장적용해충관리학</b></p> <p>강준희</p> <p>김기우 (건국대학교)    최학우 (경남과학기술대학교) 김종민 (건국대학교)    손정기 (KARI) 신재현 (전북대학교)    조영식 (국립현대미술관/국립현대미술관 사경관수사)</p>	<p><b>목차</b></p> <p>01. 일반 곤충-1(저자: 최득수) 02. 일반 곤충-2(저자: 최득수) 03. 검역해충 진단(저자: 최득수) 04. 일반 선충-1(저자: 전재홍) 05. 일반 선충-2(저자: 전재홍) 06. 일반 선충-3(저자: 전재홍) 07. 곤충 생리(저자: 김동현)</p>	<p><b>목차</b></p> <p>08. 곤충 병리(저자: 신태영) 09. 곤충 생태-1(저자: 이두형) 10. 곤충 생태-2(저자: 이두형) 11. 연재류 해충방제-1(저자: 손봉기) 12. 연재류 해충방제-2(저자: 손봉기) 13. 과수 해충방제-1(저자: 조영식) 14. 과수 해충방제-2(저자: 조영식)</p>
<p><b>01</b></p> <p><b>곤충의 일반형태-1</b></p> <p>최득수(농촌진흥청(전북본부))</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>01 곤충과 절지동물</li> <li>02 곤충의 기원과 변성</li> <li>03 곤충의 외부구조와 특징</li> <li>04 곤충의 내부구조와 기능</li> <li>05 곤충분류학 기초 이론</li> <li>06 곤충의 분류체계</li> <li>07 검색표(Key)</li> <li>08 표본의 제작</li> <li>09 표본의 보관</li> </ul>	<p><b>01</b></p> <p><b>곤충의 일반형태-1</b></p> <p>곤충의 일반형태-1</p> <p>곤충의 생리</p> <p>곤충의 생리</p> <p>곤충의 생리</p> <p>곤충의 생리</p> 	<p><b>01</b></p> <p><b>곤충의 일반형태-1</b></p> <p>곤충의 일반형태-1</p> <p>곤충의 생리</p> <p>곤충의 생리</p> <p>곤충의 생리</p> 

#### 3) 공통과목 : 스마트방역실무(Practice of Advanced Plant Quarantine)

<p>농식품 부처중 연구 및 성과 확산사업</p> <p><b>스마트 방역 실무</b></p> <p>강준희</p> <p>박종환 (건국대학교) 김지현 (건국대학교) 홍기영 (순천대학교) 김소라 (전북대학교)</p>	<p><b>목차</b></p> <p>01. 식물 생물안전 입문: 과거, 현재, 그리고 미래 02. 식물 생물안전 국제 규제 체계 03. 식물검역병해충 특성 04. 생물안전: 국경 이전 검역 05. 생물안전: 국경 검역 06. 생물 안전: 국경 이후 검역 07. 병해충위험분석</p>	<p><b>목차</b></p> <p>08. 식물위생 소독처리 09. 식물병해충 예찰 10. 식물검역 디지털 플랫폼 11. 식물병해충 분자진단 및 생명공학 12. 생물안전 잡초의 중요성 13. 식물 생물안전 집입 병원해: 사례연구 14. 식물 생물안전 집입 해충: 사례연구 15. 기후변화와 식물 생물안전</p>
<p><b>01</b></p> <p><b>식물 생물안전 입문: 과거, 현재, 그리고 미래</b></p> <p>김지현 (건국대학교) 김소라 (전북대학교)</p> 	<p><b>01</b></p> <p><b>식물 생물안전 입문: 과거, 현재, 그리고 미래</b></p> <p>김지현 (건국대학교) 김소라 (전북대학교)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>01 검역이란</li> <li>02 식물검역 국가기관</li> <li>03 식물검역의 이념</li> <li>04 식물검역 국제기준</li> <li>05 식물검역 대상</li> <li>06 수출입식물 검역</li> <li>07 격리재배 검사</li> <li>08 외래병해충 예찰조사</li> <li>09 국내 검역병해충 사례</li> <li>10 생물안전 전망</li> </ul>	<p><b>01</b></p> <p><b>식물 생물안전 입문</b></p> <p>검역이란?</p> <p>1. 목적</p> <p>2. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>3. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>4. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>5. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>6. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>7. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>8. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>9. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>10. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>11. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>12. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>13. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>14. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>15. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>16. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>17. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>18. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>19. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>20. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>21. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>22. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>23. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>24. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>25. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>26. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>27. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>28. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>29. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>30. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>31. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>32. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>33. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>34. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>35. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>36. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>37. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>38. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>39. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p> <p>40. 검역의 어원은 숫자 40에서 기원?</p>

#### 4) 교류과목 : 현장 농약학(Applied Pesticide)

<p>농생명 환경농업 분야 및 관련 특수대학원</p> <h2>현장농약학</h2> <p>교류과목</p> <p>김재수 (전북대학교) 김소라 (전북대학교) 김진원 (서울시립대학교) 김원준 (추천대학교) 김희은 (추천대학교) 이시원 (순천대학교)</p> <p>농생명특수대학원 농생명특수대학원 농생명특수대학원</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p><b>목차</b> (전반부)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>01. 작물보호제 (농약) 정의/김소라</li> <li>02. 작물보호제 역사/이세진</li> <li>03. 작물보호제 분류/김소라</li> <li>04. 작물보호제 제제/김소라</li> <li>05. 작물보호제 사용법/김소라</li> </ul>	<p>3</p> <p><b>목차</b> (후반부)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>06. 작물보호제 특성/이세진</li> <li>07. 작물보호제 안정성/이세진</li> <li>08. 작물보호제 작용기작 (살균, 살충, 제초)/김재수</li> <li>09. 작물보호제 대대/김재수</li> </ul>
<p>4</p> <p><b>01</b></p> <h3>작물보호제(농약)의 정의</h3> <p>김소라 (전북대학교)</p> 	<p>5</p> <p><b>01</b></p> <h3>작물보호제(농약)의 정의</h3> <p>김소라 (전북대학교)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>01 작물보호제의 범위</li> <li>02 작물보호제의 영향범</li> <li>03 작물보호제의 역할</li> <li>04 작물보호제의 구분조건</li> </ul>	<p>6</p> <h3>작물보호제 (농약)의 정의</h3> <p>1. 작물보호제의 범위</p> <p>농약은 작물을 해치는 해충, 질병, 잡초 등을 방제하기 위해 사용되며, 작물 보호를 위해 사용된다. 작물 보호제는 작물의 생장, 발달, 수확에 영향을 미치지 않도록 설계된다. 작물 보호제는 작물의 생장, 발달, 수확에 영향을 미치지 않도록 설계된다. 작물 보호제는 작물의 생장, 발달, 수확에 영향을 미치지 않도록 설계된다.</p>

#### 5) 교류과목 : 식물 환경 생리학(Plant Environmental Physiology)

<p>농생명 환경농업 분야 및 관련 특수대학원</p> <h2>식물 환경 생리학</h2> <p>교류과목</p> <p>이규재(부산대학교)</p> <p>농생명특수대학원 농생명특수대학원 농생명특수대학원</p>	<p>2</p> <p><b>목차</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>01. 식물세포의 구조와 기능</li> <li>02. 수분생리</li> <li>03. 식물의 무기영양생리</li> <li>04. 광합성</li> <li>05. 호흡작용</li> <li>06. 탄소회로의대사</li> </ul>	<p>3</p> <p><b>목차</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>07. 전류물질의 운반과 저장</li> <li>08. 질소회합물의 대사</li> <li>09. 지질의 대사</li> <li>10. 2차대사물질 대사</li> <li>11. 식물의 발아와 휴면</li> <li>12. 식물의 생장과 발육</li> </ul>
<p>4</p> <p><b>목차</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>13. 식물생장호르몬</li> <li>14. 식물의 개화 및 결실</li> <li>15. 재배환경과 작물수량</li> <li>16. 이상환경과 작물생육</li> </ul>	<p>5</p> <p><b>01</b></p> <h3>식물세포의 구조와 기능</h3> <p>이규재(부산대학교)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>01 식물세포의 기본구조</li> <li>02 세포분열과 세포주기</li> </ul>	<p>6</p> <h3>식물세포의 구조와 기능</h3> <p>11 식물세포의 기본구조</p> <p>1. 동물 세포 1. 동물 세포 2. 식물 세포 3. 식물 세포 4. 식물 세포 5. 식물 세포</p> 

#### 6) 교류과목 : 해충 예찰 및 진단학(Eco-friendly agriculture & Monitoring)

<p>농생명 환경농업 분야 및 관련 특수대학원</p> <h2>해충예찰과 진단학</h2> <p>교류과목</p> <p>홍동 (전북대학교)</p> <p>농생명특수대학원 농생명특수대학원 농생명특수대학원</p>	<p>2</p> <p><b>목차</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>01. 농생태계 해충 생물학</li> <li>02. 해충관리 개요</li> <li>03. 해충 예찰법</li> <li>04. 해충종합관리 이해</li> <li>05. 해충과 진단</li> </ul>	<p>3</p> <p><b>01</b></p> <h3>농생태계 해충 생물학</h3> 
<p>4</p> <p><b>01</b></p> <h3>농생태계 해충 생물학</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>01 해충</li> <li>02 곤충</li> <li>03 해충 외부형태</li> <li>04 해충 생철사</li> <li>05 병해충 감수술</li> </ul>	<p>5</p> <h3>농생태계 해충 생물학</h3> <p>1. 해충</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 곤충의 특징</li> <li>2. 곤충의 생애주기</li> <li>3. 곤충의 생태</li> <li>4. 곤충의 생리</li> <li>5. 곤충의 생장</li> <li>6. 곤충의 생식</li> <li>7. 곤충의 행동</li> <li>8. 곤충의 분포</li> <li>9. 곤충의 다양성</li> <li>10. 곤충의 진화</li> <li>11. 곤충의 적응</li> <li>12. 곤충의 멸종</li> <li>13. 곤충의 보전</li> <li>14. 곤충의 이용</li> <li>15. 곤충의 관리</li> <li>16. 곤충의 방제</li> <li>17. 곤충의 예방</li> <li>18. 곤충의 진단</li> <li>19. 곤충의 치료</li> <li>20. 곤충의 예후</li> <li>21. 곤충의 경과</li> <li>22. 곤충의 결론</li> </ul>  	<p>6</p> <h3>농생태계 해충 생물학</h3> <p>1. 곤충</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 곤충의 특징</li> <li>2. 곤충의 생애주기</li> <li>3. 곤충의 생태</li> <li>4. 곤충의 생리</li> <li>5. 곤충의 생장</li> <li>6. 곤충의 생식</li> <li>7. 곤충의 행동</li> <li>8. 곤충의 분포</li> <li>9. 곤충의 다양성</li> <li>10. 곤충의 진화</li> <li>11. 곤충의 적응</li> <li>12. 곤충의 멸종</li> <li>13. 곤충의 보전</li> <li>14. 곤충의 이용</li> <li>15. 곤충의 관리</li> <li>16. 곤충의 방제</li> <li>17. 곤충의 예방</li> <li>18. 곤충의 진단</li> <li>19. 곤충의 치료</li> <li>20. 곤충의 예후</li> <li>21. 곤충의 경과</li> <li>22. 곤충의 결론</li> </ul> 



10) 교류과목 : 검역병해충 데이터관리(Comprehensive data management for quarantine pests)



11) 교류과목 : 검역데이터 AI모델링(AI Modeling on Quarantine Data)



12) 교류과목 : 병원균의 분자분류학적 동정 실무(Practical molecular identification of phytopathogens)



13) 교류과목 : 현장적용 바이오해충방제학(On-site application of biopesticides)

1

2

3

4

5

6

14) 교류과목 : 유기농자재 활용 실무(Application Practice of Organic Materials)

1

2

3

4

5

6

15) 교류과목 : 농업환경관리 실무(Practice of Agricultural Environment management)

1

2

3

4

5

6

16) 고유과목 : 친환경 농업과 예찰론(Eco-friendly agriculture & forecasting)

1

2

**목차**

- 01. 친환경농업 개요
- 02. 해충 예찰법
- 03. 정적자원
- 04. 해충통합관리 원리
- 05. 친환경농업을 위한 유기농업지재
- 06. 친환경농업 병해충관리

3

**01**

**친환경농업 개요**

4

**01**

**친환경농업 개요**

- 01 친환경유기농업
- 02 유기농산물 생산
- 03 검증신청 및 유기 인증
- 04 작부체계
- 05 토양비옥도 관리
- 06 병해관리
- 07 해충관리
- 08 잡초관리
- 09 친환경유기농업 추진

5

**친환경농업 개요**

**친환경유기농업**

- ▶ 친환경농업의 개념
- ▶ 친환경농업의 필요성
- ▶ 친환경농업의 생산과정
- ▶ 친환경농업의 인증제도
- ▶ 친환경농업의 소비시장
- ▶ 친환경농업의 전망

6

**친환경농업 개요**

**친환경유기농업**

- ▶ 농업의 역사
- ▶ 농업의 발전
- ▶ 농업의 위기
- ▶ 농업의 미래
- ▶ 농업의 역할
- ▶ 농업의 가치
- ▶ 농업의 중요성
- ▶ 농업의 발전
- ▶ 농업의 위기
- ▶ 농업의 미래
- ▶ 농업의 역할
- ▶ 농업의 가치
- ▶ 농업의 중요성

17) 고유과목 : 병해충 위험 분석론(Plant Pest Risk Analysis)

1

2

**목차**

- 01. 병해충 위험분석(PRA)
- 02. 식물방역법상 병해충위험분석
- 03. 수입금지식을 병해충위험분석 (IRA)

3

**01**

**병해충위험분석 (PRA)**

- 01 필요성
- 02 국제적 상인 관계 국제식물보호협약 (IPPC) 위생 및 식물 위생(NPS) 생물다양성 협약(CBD) 바이오안전성위성서약
- 03 병해충위험분석(PRA) 정의 원칙 절차

4

**병해충위험분석 (PRA)**

**1. 필요성**

5

**병해충위험분석 (PRA)**

**2. 국제적 상인 관계-국제협약**

6

**병해충위험분석 (PRA)**

**2. 국제적 상인 관계**

18) 고유과목 : 검역병해충 생물검정(Bioassay for quarantine pests)

1

2

**목차**

- 1. 생물검정과 농약
- 2. 시험설계 및 보고서 작성
- 3. 약제 살포법
- 4. 해충 생물검정법
- 5. 식물병 생물검정

3

**1. 생물검정과 작용보호제**

- 1.1 농업과 작용
- 1.2 작용보호의 개념
- 1.3 작용보호제
- 1.4 생물검정 개념
- 1.5 농약의 생물검정

3

**2. 시험설계 및 보고서 작성**

- 2.1 실험개요
- 2.2 야외(포장)시험 개요
- 2.3 시험설계
- 2.4 시험포장 설정
- 2.5 시험구 배치
- 2.6 표본추출
- 2.7 약해조사
- 2.8 약해조사법
- 2.9 보고서 작성법

19) 고유과목 : 검역병해충 위험평가(Pest and Disease Risk Analysis for Quarantine)

**병해충위험평가**

교재명: 홍기환 (순천대학교)

**목차**

- 01. 서론
- 02. 병해충 위험분석 기준
- 03. 병해충 위험분석 사례
- 04. 결론

**I. 서론**  
Risk(위험) and Opportunity(기회)

불확실성 (uncertainty)!!!

기회! (Opportunity) (Risk) 위험!

**I. 서론**  
Risk(위험) and Opportunity(기회)

위험! 기회! 위험! 기회! 위험! 기회! 위험! 기회! 위험! 기회! 위험!

**I. 서론**  
Risk(위험) and Opportunity(기회)

포도바이러스를 찾아라!

- A 박신(효과) = 67%, B 박신(효과) = 67%

**I. 서론**  
Risk(위험) and Opportunity(기회)

- 불확실성(Uncertainty)!
- 추정하고 하는 량(quantity)이 기본적으로 대표하고 있는 불확실성(일반적인 오차)
- 무작위적인(randomness) 사건(재식의 결합)
- 기회 vs. 위험!
- 긍정적 사건 51% 이상?

20) 고유과목 : 유용미생물학 활용 실무(Application of beneficial microorganisms)

**유용미생물학 활용 실무**

교재명: 김장용 (순천대학교)

**목차**

- 01. 작물의 병 발생
- 02. 유용 미생물
- 03. 유용 미생물의 응용
- 04. 매충 방제 미생물
- 05. 유용미생물에 의한 곰팡이병 방제
- 06. 유용미생물 활용 친환경 방제 사례
- 07. 유용미생물용 이용만 기능성 토제

**01**

**작물의 병 발생**

김장용 (순천대학교)

**작물의 병 발생**

**식물병의 발생**

- 01 식물병의 발생
- 02 연삭장애
- 03 영양적적과 심부현상
- 04 농약내성균
- 05 잔류독성과 환경오염

**작물의 병 발생**

**식물병의 발생**

식물병의 발생

식물병의 발생

21) 고유과목 : 작물 세균병방제학(Crop bacterial disease control)

**작물 세균병방제학**

교재명: 김홍철 (순천대학교) / 남호철(김포대학교) / 한희경(경남연구원)

**목차**

- 01. 작물병원세균 특징
- 02. 작물세균병 원리
- 03. 주요 작물 세균병
- 04. 작물 세균병 방제 방법

**01**

**식물병원세균 특징**

남호철 (순천대학교) / 한희경(경남연구원)

- 01 식물병원세균 소개
- 02 식물병원세균 형태
- 03 분류와 등장
- 04 세균 생활
- 05 세균 대사
- 06 세균 유전

**1. 식물병원세균의 특징**

**식물병원세균 (Bacterial Plant Pathology)**

병원(Disease cycle)

어떤 행이 다시 되풀이되어 발생하는 과정

침투 (inoculation)

침입 (penetration)

감염 (establishment of infection)

정착 또는 침투 (colonization or invasion)

병원균의 성장과 번식(growth and reproduction of the pathogen)

병원균의 전파 (dissemination of the pathogen)

침투 또는 침입 (over-wintering or over-summering of the pathogen)

**1. 식물병원세균의 특징**

침투 (inoculation) 병원균이 식물체에 침투하는 것

침입 (penetration) - 병을 일으킬 수 있는 병원균의 모든 부분

감염 (infection) - 포자 (spore), 균사 (mycelium), 균핵 (sclerotia - a compact mass of mycelium)

세균, 콜리포르, 황색홍류, 버티리움, 버티리움 - 관 개의 개체

※ 참고: 식물방역대학원 1차년도 교재개발 완료 공문

"알찬 대학 따뜻한 동행"



## 전북대학교 식물방역대학원

수신자 농림식품기술기획평가원장  
(경유)

제목 식물방역대학원 1차년도 교재개발 완료

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 농림식품부가 지원하고 우리 대학이 주관으로 수행하는 농식품기술융합창의인재양성사업(식물방역대학원)의 1차년도 교재개발 완료 내역을 알려드립니다.

가. 사업명: 농식품기술융합창의인재양성사업(식물방역대학원)

나. 사업책임자: 전북대학교 이귀재 교수

다. 교재개발 기간: 2021. 01. 27. ~ 2021. 12. 31. (1차년도)

라. 목 적: 식물방역대학원 교육과정 교재개발

마. 활 용: 2022학년도 1학기부터 개설되는 수업 자료로 활용

바. 과목명: 식물병 예찰 진단학 외 20개 과목(붙임1. 교과목 명단 참고)

붙임 1. 교과목 명단 1부.

2. 교재개발 자료(별도송부) 1부. 끝.

전북대학교 식물방역대학원장



연구원	조하영	조교수	김소라	식물방역학과 전공주임	2021.12.08.	식물방역대학 원 원장
				김재수		

합조자

시 행 식물방역대학원-48 ( 2021.12.08. ) 접 수 ( )

우 / www.jbnu.ac.kr

전화번호 063-270-4186 팩스번호 063-270-2531 / /공계

**마. 교과목 운영**

1) 교과목 운영

- 가) 1-2학기 : 전북대 담당 교과목 개설하여 집중 교육
- 나) 3-4학기 : 대학원생들의 다양한 교류과목 수강 독려
- 다) 5학기 : 학위논문 연구를 위한 맞춤 교육

2) 설강 교과목명

개설학기	전북대	경북대	전남대
2022학년도 1학기	식물병예찰진단학	현장적용 해충관리학	식물병예찰진단학
	해충예찰및진단학	식물병 예찰 진단학	병원균의분자분류학적 동정실무
	현장적용해충관리학		농업환경관리실무
2022학년도 2학기	스마트 방역실무	스마트 방역실무	스마트방역실무
	친환경농업과 예찰론	검역병해충 데이터관리	유기농자재 활용실무
	식물병해 분류 동정학		유용미생물학활용실무
			작물세균병방제학
2023학년도 1학기	식물병예찰진단학	검역병해충분자진단기법	식물병예찰진단학
	해충예찰및진단학	글로벌병해충관리학특론	병원균의분자분류학적 동정실무
	현장적용해충관리학		유용미생물학활용실무
	식물환경생리학		현장적용해충관리학
2023학년도 2학기	글로벌병해충관리학	검역데이터시모델링	유기농자재 활용실무
	스마트방역실무	검역병해충생물검정	작물세균병방제학
	식물병해분류동정학		현장적용바이오해충방제학
	유용미생물학활용실무		

**라. 학생 지원 및 장학제도**

- 2차년도 신입생 지원을 위한 연구 장려금 지급 기준

지급항목(계획)	장려금
연구 개발비(연구계획서 형식으로 작성 시 지급)	100 만원
연구 레포트 제출	100 만원
연구 레포트 발표 (제출한 레포트에 대한 발표)	20 만원
학회 발표 (구두 및 포스터)	50 만원
학회 참가	30 만원

- 연구장려금은 성과에 따른 평가 후 등록금 80% 이내로 지원

- 연구장려금 지급 내역

대학명	지급인원			
	2022학년도 1학기	2022학년도 2학기	2023학년도 1학기	2024학년도 2학기
전북대	10명	10명	20명	19명
경북대	10명	10명	16명	15명
전남대	9명	10명	16명	16명

## 사. 만족도 조사

### - 식물방역대학원 3개대학 재학생 평가(2회)

Q1. 식물방역대학원 석사과정이 나의 역량 증진에 도움이 되었다.

매우만족 66.7%, 만족 26.7%

Q2. 식물방역대학원 수업 과정이 석사학위과정 이수에 필요한 과목이라 생각한다.

매우만족 53.3%, 만족 26.7%

Q3. 식물방역대학원 커리큘럼이 학습에 도움이 되었다.

매우만족 60%, 만족 20%

Q4. 대학원 프로그램 중에 가장 기억에 남는 프로그램은 무엇입니까?

- 1위: 국내의 견학 프로그램 50%
- 2위: 식물병해충 발생조사(채집) 42.9%
- 3위: 국내학회참석 7.1%

Q5. 현재까지 대학원 수업을 통하여 본인의 업무에 긍정적인 영향을 준 사례가 있다면 서술해주시기 바랍니다.

- 신규정보, 대응방향, 관련정보를 빠르게 습득할 수 있었음
- 본인 업무 이외의 분야도 알게 되고, 산업에 대한 이해가 생김
- 실형 실습을 통해 이해도가 높아짐
- 업무에 전문성 향상

Q6. 주변에 식물방역대학원을 추천한다면 어떤 이유로 추천하고 싶은지, 아니라면 어떤 이유 때문에 추천하고 싶지 않은지 서술하여 주시기 바랍니다.

- (추천) 전공과 관련된 다양한 분야와 인적 네트워크 형성
- (추천) 온라인 강의, 다양한 활동, 업무와 병행가능, 직장인을 위해 강주
- (추천) 교육내용, 커리큘럼이 많이 도움이 됨
- (비추천) 학문적 지식습득은 추천하지만, 농업의 현장업무는 조금 부족함

☞ 개선사항 : 농업현장 실습의 기회제공 확대

### - 대학원생 재직기관(상위 직급자)평가 (2회)

Q1. 설문대상 직원의 역량 증진을 위한 2023년 특수대학원 교육·연구 일정은 적절하였습니까?

매우만족 93.7%, 만족 6.3%

Q2. 2023년 특수대학원 교육·연구 내용이 기관·기업 현장의 니즈를 충분히 반영하였습니까?

매우만족 92.1%, 만족 7.9%

Q3. 2023년 특수대학원 교육·연구 내용이 설문대상 직원의 역량 증진에 기여를 하였습니까?

매우만족 93.7%, 만족 6.3%

Q4. 설문대상 직원이 2023년 특수대학원 교육·연구를 통한 전문성 강화 성과를 본 기업·기관 현장에서 충분히 발휘하고 있습니까?

매우만족 93.7%, 만족 6.3%

Q5. 특수대학원 교육·연구가 향후 관련 산업현장의 전문인력 수급 및 미래 인재양성에 도움이 될 것으로 전망하십니까?

매우만족 93.7%, 만족 6.3%

Q6. 기타 특수대학원(교육훈련) 운영에 원하는 점이 있다면 자유롭게 말씀해주시기 바랍니다.

- 현장중심의 견학, 방문 등의 과정을 늘렸으면 합니다.
- 주말 현장실습이 많았으면 좋겠습니다.
- 교육비 지원의 다양한 혜택이 필요
- 현장 실형 위주의 교육을 했으면 합니다.
- 학위(박사), 연구지원 등의 추가적인 지원이나 관리가 연결되면 좋겠습니다.
- 지역농업 현장에 알맞은 인재양성 프로그램으로 장기적인 특수 대학원 교육 훈련이 이어지면 좋겠다.
- 현장 교육 및 실무 교육 강화
- 주요 작물별 현장교육 증진 (활성)
- 전남 지역 농업과 MOU제결하여 지도 인력을 위한 프로그램 개발 및 교육
- 현장 적용 교육 강화(현장출장, 현장실습 등)
- 미래 농업에 대한 지식과 스마트 농업 분야가 있었으면 합니다.
- 잡초 방제 부분도 추가하였으면 합니다.

☞ 개선사항

- 농업현장 견학 및 실습의 기회제공 확대
- 장기적인 특수대학원 교육훈련 과정 제공
- 교육분야 확대 필요

- 만족도 조사를 통하여 식물방역대학원 운영 방안 및 개선 방안에 대해 고찰하고 개선할 점에 대해 3개 대학이 논의 및 프로그램 개선

### - 개선사항

- 농업현장 견학 및 실습의 기회제공 확대
- 장기적인 특수대학원 교육훈련 과정 제공
- 교육분야 확대 필요

## 2. 특수대학원 우수 프로그램

### 가. 식물방역대학원 컨퍼런스 개최

#### 1) 2022년 1회 식물방역대학원 컨퍼런스

가) 목적 : 식물방역대학원(전북대, 경북대, 전남대) 대학원생들의 농작물 병해충  
예찰과 진단 및 검역 주제와 관련된 완성도 높은 연구결과 도출

- (1) 대학원생들의 안정적 적응을 위한 학사지도 및 학습공동체 지원
- (2) 대학원생들간의 교류를 통한 인적 네트워크 구축 및 산학협력 활성화
- (3) 우리 학교 대학원생으로서의 긍지와 자부심 조성

\* 식물방역대학원 컨퍼런스 초록집 발간

나) 일시 : 2022년 9월 17일(토) 10:00~18:00

다) 장소 : 전북대학교 국제컨벤션센터 세미나실4 및 소운동장

라) 대상 : 전북대, 경북대, 전남대 대학원생, 참여 교수 등 48명

마) 행사 내용

연번	내 용
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 개회식/환영사</li> <li>- 식물방역대학원 사업단장</li> <li>- 전북대학교 식물방역대학원장</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 외부 초청강연</li> <li>- 식물검역 들여다보기 _ 농림축산검역본부</li> <li>- 대만 황룡병과 과실파리 발생현황 _ 국무조정실</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 대학원생 구두발표</li> <li>- 우수 연구레포트 발표</li> <li>· 식물의사 추진을 위한 설문조사 및 방향성 제시 _ 전북대학교</li> <li>- 해외선진지 연수 방문기 발표</li> <li>· 핀란드 제26회 세계곤충학회 _ 경북대학교</li> <li>· 미국 캘리포니아 UC Davis 대학 _ 전남대학교</li> <li>· 베트남국립자연사박물관 _ 전북대학교</li> <li>· 미국 버몬트주립대학 _ 전북대학교</li> <li>- 해외선진지 연수 계획 발표</li> <li>· Kasetsart Univ. 농업대학 및 세계식량농업기구 _ 경북대학교</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 친목행사 및 시상식</li> </ul>



## 2) 2023년 2회 식물방역대학원 컨퍼런스

가) 목적 : 식물방역대학원(전북대, 경북대, 전남대) 대학원생들의 농작물 병해충  
예찰과 진단 및 검역 주제와 관련된 완성도 높은 연구결과 도출

- (1) 대학원생들의 안정적 적응을 위한 학사지도 및 학습공동체 지원
- (2) 대학원생들 간의 교류를 통한 인적 네트워크 구축 및 산학협력 활성화
- (3) 컨퍼런스 포스터 발표 및 연구 초록 제출을 통한 교육, 우수학생 시상  
\* 식물방역대학원 컨퍼런스 초록집 발간

나) 일시 : 2023년 9월 9일(토) 9:00~18:00

다) 장소 : 전북대학교 진수당 김광수홀 342호 및 사대부고 체육관

라) 대상 : 전북대, 경북대, 전남대 대학원생, 참여 교수 등 60명

마) 행사 내용

연번	내 용
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 개회식/환영사</li> <li>- 식물방역대학원 사업단장</li> <li>- 전북대학교 식물방역대학원장</li> <li>- 국회의원 (영상)</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 외부 초청강연</li> <li>- 농약의 일반적인 현황과 당면현안 :국립농업과학원</li> <li>- 기후변화 식량위기 미래농업 : 고창군농업기술센터</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 대학원생 우수 연구레포트 구두발표</li> <li>- 전북대 2학년 - 경북대 2학년 - 전남대 2학년</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 해외선진지 연수 방문기 발표</li> <li>- 일본 치바대학교 (전북대)</li> <li>- 프랑스 2023 ICPP (전북대)</li> <li>- 베트남 채집 (전북대)</li> <li>- 대만 농업과학원 (경북대)</li> <li>- 미국 APS 2023 (전남대)</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 포스터 발표 및 시상</li> <li>- 양면포스터보드 13개 (27개 발표)</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 친목행사 및 시상식</li> </ul>



### 3) 11<sup>th</sup> International Conference of Clinical Plant Science 2023 개최

#### 가) 목적

- (1) 식물검역 관련 분야에서 모인 우수한 학자들의 주요 연구성과 공유
- (2) 참가국 석·박사들의 네트워크 형성 및 공동연구의 발판 마련

나) 기간 : 2023년 12월 1일~3일

다) 장소 : 신라스테이 제주

라) 대상 : 전북대, 경북대, 전남대 대학원생, 참여 교수, 일본, 대만 교수 및 학생  
연구원 등 약 100명

#### 마) 주요 내용

- (1) Round table discussion on the plant protection and quarantine
- (2) Keynote Lectures

- (가) Epidemiology of plum pox virus, an invasive plant virus, from molecular and evolutionary aspects \_ Yasuyuki Yamaji
- (나) “Plant doctor” in Taiwan – legislation and practices \_ ShiuH-Feng Shiao
- (다) Limitations in management of invasive alien species in Korea and suggestions for the integrated network system development \_ Ohseok Kwon

#### (3) Theme: Plant disease clinic I

- (가) Dual resistance constructs conferring dominant / recessive and RNAi resistance targeting plant viruses in lilies (Yasuyuki Yamaji, Yukari Okano, Oki Matsumoto, Nozomu Iwabuchi, Kensaku Maejima)
- (나) Launch of iPlant®, a new electronic journal for agricultural producers (Hiroaki Koinuma, Ken Watanabe, Kazunori Ichikawa, Kensaku Maejima, Yasuyuki Yamaj, Shigetou Namba)
- (다) Bioremediation of the site infested with *Phellinus noxius*, the cause of brown root rot disease of trees (Zong-Chi Wu, Chia-Yu Chen, Jyh-Nong Tsai, Hao Chou, Yi-Ting Xiao, Shiang-Shiuan Yu, Ting-Ting Li, Ya-Yun Chang, Qiao-Juan Lai, Tse-Yen Liu, Isheng J. Tsai, Shean-Shong Tzean, Ruey-Fen Liou, Der-Syh Tzeng, Chia-Lin Chung)
- (라) Etiology and Management strategy of banana crown rot in Taiwan (Yi-Jeng Chen, Hao-Hsiang Chan)
- (마) Strengthening the management measures of the tomato leaf curl virus disease (Chern-Feng Yen, Jui-Chun Yang, Yea-Fang Wu,

Hsin-Shun Lai, Cheng-En Chen, Li-Hsin Huang, Ying-Huey Cheng)

(바) Identification of viruses infecting cucurbit crops in the Hualien region of eastern Taiwan by Oxford Nanopore sequencing (Chian-Chi Lin, Yi-Chen Tasi, Huey-Jiunn Bau, Tsung-Chi Chen)

(4) Theme: Plant disease clinic II

(가) Epidemic changing of begomoviruses associated with the tomato yellow leaf curl disease in Taiwan and their risk to host resistance (Hsuan-Chun Lai, Wen-Shi Tsai)

(나) Potential of chitosan oligosaccharide application for controlling critical diseases of strawberry in Taiwan (Hsiao-Chun Lo, Nai-Chun Lin)

(다) Strengthening plant antiviral immunity : The crucial role of stress associated proteins in Phalaenopsis orchid and Arabidopsis (Li Chang, Hsin-Hung Yeh)

(라) Emergency control of Melon necrotic spot virus (MNSV) in Taiwan (Chun-Tao Chen, Xin-Yi Tsai, Chern-Feng Yen, Sung-Chin Huang, Chien-Chih Kuo, Chao-Jen Wang, Ming-Chu Huang)

(마) Significance of accurate identification in understanding plant pathogens and disease management: A focus on *Gymnosporangium corniforme*, *Erysiphe neolycopersici*, *E. ipomoeae*, and *Cephaleuros* spp. (Yuan-Min Shen, Hui-Yu Hsiao, Hiran A. Ariyawansa, Ting-Hsuan Hung)

(바) The expected link between ice nucleation activated by *Fusarium* species and apple decline phenomenon (Seung-Yeol Lee)

(5) Theme: Plant Pest Clinic

(가) Analyzing pest spread potential with environmental niche models: Case studies of brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) and Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) (Li-Hsin Wu, Ching-Hong Yeh, Dai Jheng)

(나) Insecticidal action of galectin-1-transfected *Arabidopsis thaliana* (Chin-I Chien, Shiang-Jiunn Chen, Shaw-Jye Wu, Rong-Nan Huang)

(다) Interactions of begomoviruses within a common vector and their effects on vector transmission (Wei-Hua Li, Sushanthi Poovendhan, Chi-Wei Tsai)

(라) Fall armyworm control in Nepal: current strategies and future

directions (Lekhnath Kafle, Ravindra Chandara Joshi and Sundar Tiwari)

(마) Developing resistance management alternatives for melon flies (Zeugodacus cucurbitae) with spinosad resistance (Ju-Chun Hsu, Ronald Mau, Colby Maeda, Roger Vargas, John Stark)

(바) TmSR-C, scavenger receptor class C, plays a pivotal role in antifungal and antibacterial immunity in the coleopteran insect Tenebrio molitor (Yeon Soo Han)

(사) New invasion of the Q2 strain of Bemisia tabaci MED cryptic species in Korea (Kyeong-Yeoll Lee, Olha Muzhanovska, Hwal-Su Hwang, Hyung-Wook Jang, Donghun Kim)

(6) Poster presentation

(7) Group discussion on the international collaboration among Asia-Pacific network

바) 추진성과

(가) 11<sup>th</sup> ICCPS 2023 초록집 발간

(나) 식물병 및 곤충 분야 최신 연구동향 파악

(다) 국제 연구 네트워크 구축



ICCPS 2023 단체사진



Plant Disease Clinic 강연



12/3 Group discussion



## 나. 국내외 선진기관 견학

### 1) 식물방역대학원 인재양성 프로그램 선진기관 견학

가) 목적 : 특수대학원 식물방역대학원의 인력양성을 목적으로 병해충 종합적 방제기술과 친환경 방제법 개발을 위한 선진기관인 UC Davis 대학을 방문, 학술정보 교환 및 국제교류 활성화를 도모하고, 주요 작물에 대한 선진농가를 방문하여 보고자 함.

나) 일자: 2022. 6. 17. ~ 6. 26. (10일간)

다) 장소: 캘리포니아 UC Davis 대학 / 선진농가 (미국)

라) 내용

- (1) 미국 농업 및 캘리포니아주 농업 특성 조사
- (2) UC Davis 농과대학 방문 연구 정보 수집
- (3) 캘리포니아 Orang Cove 지역 선진농장 동향
- (4) 캘리포니아 미생물비료 온·오프라인 유통 정보수집

마) 추진 성과

- (1) 특수대학원인 식물방역대학원의 인력양성을 목적으로 병해충 종합적 방제기술과 친환경 방제법 개발
- (2) 선진농가의 우수한 병 방제법 응용 및 적용에 따른 지속가능한 농촌 환경 조성 및 방제 체계 고도화 확립
- (3) 생물학적 방제기술과 친환경농법 개발을 통해 화학농약의 사용을 줄이고 안전한 농산물 생산에 기여함
- (4) 선진기관의 우수한 개발기술을 바탕으로 산업화 추진 및 관련 산업체 활성화로 해외 진출 가능



UC Davis 대학 단체 사진



캘리포니아 선진농가 견학

## 2) 기후변화에 따른 열대 및 아열대성 식물병해충 모니터링

가) 목적 : 전북대학교 식물방역대학원 간 베트남 국립자연사박물관 업무 협약  
수행 및 기후변화에 따른 열대 및 아열대성 식물병해충 모니터링

나) 일시 : 2022년 7월 1일 ~ 2022년 7월 5일

다) 장소 : 베트남 국립자연사박물관(Vietnam National Museum of Nature)

라) 내용

(1) 전북대 식물방역대학원-베트남 국립자연사박물관의 교육 및 연구의 다양한 분야  
에서의 협력, 식물 병해충 분야 공동연구 추진 및 상호 연구정보 공유

(2) 베트남 박마(Bach Ma)국립공원 해충다양성 조사

\*주간 채집 : 박마 국립공원일대에서 스위핑(sweeping) 포충망을 이용하여 채집

\*야간 채집 : 박마 국립공원일대에서 light trap의 유아등을 통해 날아드는 곤충들 분석

마) 추진성과

(1) 식물방역대학원 교육과정에 따른 표본 교환 및 연구 협조

(2) 기후변화에 따른 열대 및 아열대성 식물병해충 모니터링 및 관련 연구 협조

(3) 공동 워크샵, 세미나, 전시회 등 단기 수업 개최



주간채집 단체사진



주간채집



야간채집



야간채집 후 피닝 작업 교육

### 3) 미국 버몬트 주립대학 곤충학 연구소 방문 및 공동 연구 수행

가) 목적 : 미국 버몬트주립대학 선전 연구역량 확보 및 공동 연구 수행

나) 일시 : 2022년 08월 07일 ~ 2022년 08월 17일

다) 장소 : 미국 버몬트주립대학(University of Vermont, USA)

라) 내용

(1) 미국 버몬트주립대학 곤충학연구소와의 공동 연구 협의

(2) 살충성 미생물 활용 해충 방제제 연구 수행

(3) 신규 공동 연구과제 기획

마) 추진성과

(1) 식물방역대학원 대학원생에게 선진지 견학 기회 제공

(가) 살충성 미생물을 활용한 해충 방제 공동 연구과제 협의

(나) 뿌리혹선충 및 진드기 방제용 미생물 적용 시스템 신규 과제 기획

(다) 살충제 bioassay 실험 수행



오리엔테이션



소 농장 방문



말 농장 방문



공동 연구과제 토론



농약 훈련과정 이수

#### 4) 기후변화 대응 병해충 발생 분석 및 길항미생물 이용 유기농 병해충 생물방제기술 협의

가) 목적 : 기후변화대응 주요 소득 작물에 발생하는 병해충의 신속 정확한 진단 및 유기농업 기반구축을 위한 길항미생물 이용 유기농 병해 생물방제 기술을 개발하여 농가 소득을 제고하고, 전북대학교 식물방역대학원과 호주 퀸즐랜드 대학간 상호 협력 방안 협의

나) 일시 : 2022년 12월 03일 ~ 2022년 12월 9일

다) 장소 : 호주 퀸즐랜드대학, CSIRO

라) 내용

(1) 유기농업 기반구축을 위한 길항미생물 이용 유기농 병해 생물방제 기술 개발 현황 파악, 자료 분석

(2) 기후변화 대응 점무늬병, 흰가루병 발생 및 방제기술 개발 현황 파악, 자료 분석

마) 추진성과

(1) 국외 식물병해충 발생 분석 및 국제 인적 네트워크 형성

(2) 식물방역대학원과 호주 퀸즐랜드대학 간 교육 및 연구의 다양한 분야에서의 협력

(3) 식물방역대학원 대학원생의 연구역량 강화 기회 제공



계톤 한인농장



토마토 재배기술 청취



돌발병해 방제약제 청취



UQ 실습실 방문 및 실습 내용 청취

## 5) 2022년 태국 선진지 견학

가) 목적 : 식물방역대학원(경북대, 전남대) 해외 선진지 견학 : 태국 Kasetsart University of Forestry and UNDP Bangkok Regional Hub 방문

(1) 동남아시아 지역 거점 농업대학인 카세삿 대학의 교육/연구시설 견학, 연구 동향 학습 및 협력네트워크 구축

(2) UNDP 및 UNOSSC 글로벌 목표 중 하나인 생태계 및 생물다양성 프로젝트 진행내용 학습 등

나) 일시 : 2022년 12월 22일 ~ 27일

다) 장소 : 태국 Kasetsart University, UNDP, UNOSSC, FAO Asia-Pacific Regional Office

라) 대상 : 경북대, 전남대 대학원생, 참여 교수 12명 등

마) 주요 내용



Faculty of Forestry, Kasetsart University를 방문하여 Prof. Kobsak Wanthongchai (Dean of KUFF) 학장의 대학현황 설명을 듣고 대학의 역사와 중점 교육/연구동향을 학습하였음. Prof. Yongyut Trisurat (Prof. KUFF), Dr. Nantida Suthammawong (KUFF) 등 임학부 교수진들의 최근 연구동향을 소개받고 향후 협력네트워크를 구축



Dr. Young Woo Kim(UNDP) 및 Project Manager Yejin Kim(UNOSSC)으로부터 UNDP 및 UNOSSC 의 수행사업내용을 학습하고 대한민국의 개도국 ODA사업 역할분담 인식



FAO Asia-Pacific Regional Office를 방문하여 수행사업들에 대해 학습하고, 식량 및 농업의 중요성, 작물보호, 식물검역, 병해충 관리, 생태계 보전 및 생물다양성 보호를 위한 세계적인 상호노력의 필요성에 대해 학습



Faculty of Forestry, Kasetsart University를 방문하여 교육 및 연구시설 견학하고, 멸종위기 야생동식물을 비롯한 생물다양성의 중요성에 대해 학습



Bangkok Herbarium을 방문하여 오랜기간 손상없이 유지해 온 식물표본실 운용 시스템을 견학하고, 식물자원을 관리해 온 노하우를 습득. 식물자원의 보전을 위한 야외 식물원을 견학하며 식물자원을 유지/관리하고 있는 현황을 파악



Forest Entomology & Microbiology Research Group을 방문하여 유용곤충자원 및 해충 표본들을 통해 생물종 다양성의 중요성에 대해 학습



IRRI(국제쌀연구소 방콕 브랜치)를 방문하여 식량자원의 연구동향을 파악하고, 시험포장 관리 및 운영현황 등을 견학

바) 추진성과

- (가) 동남아시아 지역 거점 농업대학인 카셋삿 대학의 연구동향 견학 및 협력 네트워크 구축
- (나) UNDP 글로벌 목표 중 하나인 생태계 및 생물다양성 프로젝트 진행 내용 학습 및 UNDP BRH 견학

## 6) 식물방역대학원-일본 치바대학 해충연구 및 연구교류

가) 목적 : 치바대학교 해충연구실 방문 및 스마트팜시설 견학,  
식물방역대학원-일본 치바대학 해충연구 및 연구교류 협조

나) 일시 : 2023년 5월 11일 ~ 2023년 5월 13일

다) 장소 : 일본 치바대학교

라) 내용

(1) 국제 산학협력 기반의 일본 스마트팜 시설 방문

(가) 치바대학 카시와노하 캠퍼스 내 식물공장 연구단지 방문

(나) 식량, 환경, 에너지, 자원등 글로벌 문제 해결형 스마트팜 시스템 개발

※ 산학 연계 일본 식물공장협회(Japan Plant Factory Association, JPFA) 주관 연구

(다) 딸기, 엽채류 등 파종부터 수확까지 전자동 생산시스템 개발

(라) 식물별 요구되는 환경 맞춤형 및 생산 자동화시스템 견학

(2) 미래 우주개발 대비를 위한 스마트팜 시설 방문

마) 추진성과

(1) 식물방역대학원-일본 치바대학 해충연구 및 연구교류

(가) 치바대학 원예학부 GM벼 개발 및 스마트팜 작물 개발 연구실 방문

(나) 치바대학 원예학부 해충연구실 방문 및 연구교류



인공 광형 식물공장 시스템 견학



치바대학교 원예학과 작물생산연구실 방문 및 시설 견학



치바대학교 방문



치바대학교 해충연구실 방문  
(Prof. Masashi Nomura 교수, 윤정범 박사)

## 7) 2023년 대만 선진지 견학

가) 목적 : 식물방역대학원(전북대, 경북대, 전남대) 해외 선진지 견학

대만 농업과학원(TARI), 중흥대학(NCHU), 대만산림과학원(TFRI) 등 견학

(1) 대만 거점 농업연구기관인 대만농업과학원 견학, 연구동향 학습 및 협력네트워크 구축

(2) 중흥대학 방문하여 교육 및 연구현황 파악, 3개 식물방역대학원과의 교류협력에 관한 양해각서 체결

(3) 대만산림과학원 방문하여 연구사업 현황파악, 인접한 타이베이 식물원 견학을 통해 아열대식물상 및 병해충 관리능력 등 학습

나) 일시 : 2023년 5월 25일 ~ 29일

다) 장소 : 대만 농업과학원, 중흥대학, 대만산림과학원, 타이베이 식물원

라) 대상 : 전북대, 경북대, 전남대 대학원생, 참여 교수 40명 등

마) 주요 활동 내용



대만의 타이중에 위치한 거점 농업연구기관인 TARI를 방문하여 한국의 3개대학 연합교육과정인 식물방역대학원의 교육 및 연구현황을 소개(경북대-권오석 교수, 전북대-김재수 교수, 전남대-양광열 교수)하고, 한국의 산업곤충 이용현황 및 기후변화에 대응할 수 있는 연구주제 프리젠테이션을 통해 TARI 연구진들과의 교류협력 기반 마련

TARI 일정 종료 후 타이중의 최고 국립대학인 중흥대학(NCHU)를 방문하여, 한국에서의 식물방역전문인력 양성을 위한 3개대학 공동교육프로그램을 소개하고, 중흥대학의 농업천연자원대학 학장인 Shaw-Yhi Hwang 교수를 비롯한 곤충학과, 식물병리학과 교수진들과 교육 및 연구프로그램을 소개 받고, 공동 관심분야에 대한 교류협력 기반을 조성하였음

한국의 3개대학연합 식물방역대학원과 중흥대학교 간의 교육/연구 교류에 관한 양해각서 체결을 통해 병해충 관리기술에 관한 지속적인 협력체계를 구축하였음.



타이베이 중심부에 위치한 대만산림연구원(TFRI) 및 타이페이식물원(TPBG)을 방문하여 Dr. Shengshan Lu와 Dr. Henbaidu King의 안내로 아열대 수목병해충의 종류와 관리기술과 식물자원의 유지, 관리 및 보전 등에 대한 전반 노하우를 학습하였음.



대형마트와 재래시장의 농산물 유통 및 판매 현황을 견학하고, 아열대 농산물에 발생하는 주요 병해충의 종류와 관리기술 등에 대해 안내를 받았으며, 학생들로 하여금 기후변화로 인한 각종 농작물 및 과일류에 발생할 수 있는 잠재적 외래 병해충의 방제에 관한 의식을 고취시키는 계기가 되었음.

#### 바) 추진성과

- (가) 대만의 거점농업 연구기관인 대만농업과학원 (TARI)과의 교육 및 연구에 관한 양해각서 체결을 통해 검역병해충관리기술개발 과제의 성과 창출 및 국제협력네트워크 기반 마련
- (나) 검역병해충관리기술개발 과제의 일환으로 대만산림과학원 (TFRI) 방문 및 수목병해충 관리현황 학습을 통한 농업경쟁력 제고

## 8) 베트남 국립자연사박물관 방문 및 기후변화에 따른 열대 및 아열대성 식물병해충 모니터링

가) 목적 : 잠재적 외래해충에 대한 국제적 동향 파악,  
외래 유입 우려 해충에 대한 기초자료 수집

나) 일시 : 2023년 7월 3일 ~ 2023년 7월 7일

다) 장소 : 베트남 국립자연사박물관, Xuan Lien 국립공원

라) 내용 ※ 베트남 연구팀과 공동조사

(1) 베트남 Xuan Lien 국립공원 해충다양성 조사

(가) 주간 채집 : 국립공원일대에서 스위핑(sweeping) 포충망을 이용하여 채집

(나) 야간 채집 : 국립공원일대에서 light trap의 유아등을 통해 날아오는 곤충들 분석

마) 추진성과

(1) 채집자료 분석 및 연구자들 간의 discussion

(가) Lepidoptera, Coleoptera, Phasmida 등 7목, 500여종 곤충 채집 완료

(나) 곤충 표본 제작을 통한 정확한 종 동정 수행 → 베트남 고유종 및 미기록종 확보

(다) 베트남 연구자들과 조사결과 분석 및 자료공유 → 연구과제 수행을 위한 재료확보



베트남 국립공원에서 (주간) 채집 및 곤충상 조사



베트남 국립공원에서 (야간) 채집 및 곤충상 조사



Assoc. Prof. PHAM, Hong Thai (곤충학자) 연구실 방문 및 조사결과 자료공유

## 9) 2023년 베트남 선진지 견학

가) 목적 : 식물방역대학원(경북대) 해외 선진지 견학 : 베트남 농림대학, 껌저 원숭이섬 견학

(1) 베트남 호치민 거점 교육/연구기관인 농림대학교 방문, 연구동향 학습 및 생태계 보전 관련 협력 네트워크 구축

(2) 유네스코 생물권 보전지역인 껌저 원숭이섬 견학을 통해 맹그로브 식생의 세계적 분포와 베트남 지역이 차지하는 비중 및 분포 중요성 학습

나) 일시 : 2023년 10월 5일 ~ 9일

다) 장소 : 베트남 농림대학, 껌저 원숭이섬

라) 대상 : 경북대 대학원생, 참여 교수 11명 등

마) 주요 활동 내용



베트남 농림대학교를 방문하여 주요 교육 및 연구활동 견학을 통해 기후변화에 따라 유입될 수 있는 잠재적인 병해충에 대한 이해와 이를 효과적으로 관리할 수 있는 기초지식을 습득할 수 있는 성공적인 계기를 마련

교육 및 연구에 관한 양해각서 체결을 통해 동남아 생태계 네트워크를 구축하고, 이를 통해 식물방역관련 기후변화에 대응 가능한 전문 지식 습득 및 국제 공동연구 협력 기반 조성



호치민 남부에 위치한 유네스코 생물권 보전지역인 껌저(Can Gio)섬을 방문하여 식물방역대학원 학생들로 하여금 습지, 늪지의 동식물 우점종 학습 및 기후변화에 따른 생태계 변화양상을 이해하고, 다양한 아열대 병해충의 종류 및 피해증상과 관리방법을 습득할 수 있는 기회를 제공, 아열대 농작물의 병해충 발생에 조기 대응 가능한 공조시스템 확립



베트남 호치민 재래시장과 대형쇼핑몰 농산물 판매현장 견학을 통해 유통실태와 가격동향을 파악하고, 주요 병해충과 이를 방제할 수 있는 관리법을 지도함으로써, 기후변화에 대응가능한 전문이력 양성의 발판을 마련하고, 각종 농작물 및 과일류에 발생할 수 있는 잠재적 외래 병해충의 방제에 관한 전문지식 제고

바) 추진성과

- (가) 베트남의 거점농업 연구기관인 농람대학교 (NLU)와의 교육 및 연구에 관한 양해각서 체결을 통해 검역병해충관리기술개발 과제의 성과 창출 및 국제협력네트워크 기반 마련
- (나) 검역병해충관리기술개발 과제의 일환으로 농람대학교 (NLU) 방문 및 베트남 농업생산현장 학습을 통한 농업경쟁력 제고

## 다. 현장 예찰진단 및 실습프로그램 제공

### 1) 제1회 식물병해충 발생조사 세미나

#### 가) 목적

- (1) 제주지역 식물병해충 관련 조사
- (2) 식물방역대학원 교육과정에 따른 실습 운영
- (3) 학위논문 작성과 관련된 연구수행 자료 수집 및 연구 세미나
- (4) 식물방역대학원 첫 대면 행사로 신입생 소개 및 교류기회 제공

나) 일시 : 2022년 5월 14일~15일

다) 장소 : 제주도

#### 라) 내용

- (1) 제주지역의 식물병해충 조사를 목적으로 주간 및 야간 채집을 진행함으로 연구계획에 따른 실습 운영
- (2) 채집물 관리 방법 교육
- (3) 담당 지도교수와의 연구 논문 작성 논의 세미나



단체사진



주간 채집



주간 채집 강의



채집물 정리 및 강의



야간 채집



야간 채집

## 2) 제 1회 식물방역대학원 식물병해충 예찰진단 심포지엄 및 결과보고 세미나

### 가) 목적

- (1) 식물방역대학원 대학원생 대상 다양한 교육기회 제공 및 역량 강화
- (2) 완성도 높은 연구결과 도출을 위한 중간 점검 및 대학원생 발표기회 제공

나) 일시 : 2022. 6. 17.(금) 13:00 ~ 18:00

다) 장소 : 전북대학교 농업생명과학대학 3호관 408호

### 라) 내용

시 간	프 로 그 램
13:00-13:10	개회사 (식물방역학과 김○수 전공주임 교수) 및 단체사진 촬영
13:10-14:10	특강1. 식물검역 소독처리의 직업 환경적 위해성
14:10-15:10	특강2. 잡초의 종류 및 방제기술 관련
15:10-16:40	대학원생 학술발표1. 남○원, 송○오, 심○우, 안○환, 임○홍 (식물해충분야)
16:40-18:00	대학원생 학술발표2. 김○정, 박○현, 윤○현, 이○일, 장○호 (식물병분야)



단체사진



특강1. 소독처리의 직업 환경적 위해성



특강2. 잡초의 종류 및 방제기술 관련



식물해충분야 학생 발표

3) 제 2회 식물방역대학원 식물병해충 예찰진단 심포지엄 및 결과보고 세미나

가) 목적

- (1) 식물방역대학원 대학원생 대상 다양한 교육기회 제공 및 역량 강화
- (2) 완성도 높은 연구결과 도출을 위한 중간 점검 및 대학원생 발표기회 제공

나) 일시 : 2022. 12. 17.(금) 14:00 ~ 18:00

다) 장소 : 전북대학교 농업생명과학대학 3호관 409호

라) 내용

시 간	프 로 그 램
14:00-14:10	개회사 및 단체사진 촬영
14:10-15:40	대학원생 학술발표1. 김○정, 박○현, 윤○현, 이○일, 장○호 (식물병분야)
15:40-16:00	휴식시간
16:00-17:30	대학원생 학술발표2. 남○원, 송○오, 심○우, 안○환, 임○홍 (식물해충분야)
17:30-18:00	종합토의



식물해충분야 학생 발표



종합 토의



식물병분야 학생 발표



단체사진

#### 4) 제2회 식물병해충 발생조사 세미나

##### 가) 목적

- (1) 전라북도 부안 지역 식물병해충 관련 조사
- (2) 식물방역대학원 교육과정에 따른 실습 운영
- (3) 학위논문 작성과 관련된 연구수행 자료 수집 및 연구 세미나

나) 일시 : 2023년 5월 20일~21일(토~일)

다) 장소 : 전북대학교 부안학술림 관리관 및 연수관

##### 라) 내용

- (1) 전북 부안군 학술림 일대 식물병해충 관련 조사를 목적으로 주간 및 야간 채집을 진행함으로 연구계획에 따른 실습 운영
- (2) 채집물 관리 방법 교육
- (3) 담당 지도교수와의 연구 논문 작성 논의 세미나



단체사진



주간 채집 강의



주간 채집



채집물 정리 및 강의



야간 채집

## 5) 국내 스마트팜 시설 견학 및 식물병조사 세미나

### 가) 목적

- (1) 국내 최대 스마트팜 시설 현장견학 및 식물병조사
- (2) 식물방역대학원 교육과정에 따른 실습 운영

나) 일시 : 2023. 6. 10. (토) 10:00~16:00

다) 장소 : 전라북도 내 스마트팜 시설

### 라) 추진성과

- (1) 농업회사법인 (주)아름 스마트팜 견학 및 특강
- (2) 하늘채 영농조합법인 견학
- (3) 김제지역 식물병 조사
- (4) 학위논문 작성과 관련된 연구수행 자료 수집 및 연구 세미나



농업회사법인 (주)아름 스마트팜 견학 및 특강



하늘채 영농조합법인 견학

## 6) 잡초방제학 세미나

가) 목적 : 잡초방제학 강의를 통한 식물병해충 전문 인력 양성

나) 일시 : 2023. 6. 22.(목)

다) 장소 : 온라인 줌 회의실

라) 내용 : 농경지 잡초방제법 특강 / 국립농업과학원 김진원 연구사

마) 추진성과

- (1) 농경지 잡초방제법 특강을 통한 방제 분야 이해
- (2) 농업 현장의 실제 방제법 사례를 통한 대학원 학생 현업에 도움을 줌
- (3) 다양한 분야의 연구주제 도출
- (4) 방제현장 간접 경험을 통한 식물방역대학원생들의 현장 중요성 고취



## 7) 식물병해충 분자진단 실습 세미나

가) 목적 : 형태 동정을 위한 데이터가 부재한 검역 해충의 유전자 서열 분석을 통한 분자진단 기법 교육

나) 일시 : 2023. 6. 22.(목)

다) 장소 : 농생대 3호관 408호

라) 내용 : 유전자 서열 분석을 통한 분자진단 기법 실험실습 세미나

마) 추진성과

(1) 본인이 채집한 해충의 유전자 서열 분석 방법 이해

(2) 유전자 서열 분석을 통한 분자진단 기법 습득

(3) 연구 논문 작성 데이터 수집



분자진단 기법 교육



단체 사진



학생 형태 동정



학생 형태 동정



학생 형태 동정



학생 형태 동정

8) 제 3회 식물방역대학원 식물병해충 예찰진단 심포지엄 및 결과보고 세미나

가) 목적

- (1) 식물방역대학원 대학원생 대상 다양한 교육기회 제공 및 역량 강화
- (2) 완성도 높은 연구결과 도출을 위한 중간 점검 및 대학원생 발표기회 제공

나) 일시 : 2023. 6. 17.(토) 13:00 ~ 18:00

다) 장소 : 전북대학교 농업생명과학대학 본관 302호 세미나실

라) 내용

시 간	프 로 그 램
13:00-13:10	개회사 및 단체사진 촬영
13:10-15:10	대학원생 학술발표1. 김○희, 방○영, 양○훈, 김○정, 박○현, 윤○현, (식물병분야) 이○일, 장○호
15:10-15:30	휴식시간
15:30-18:00	대학원생 학술발표2. 박○현, 성○영, 신○현, 안○희, 유○, 정○도, 한○운 (식물해충분야) 남○원, 송○오, 심○우, 안○환, 임○홍
18:00-18:30	종합토의, 정○상 대표((주)비아이지)



단체사진



종합 토의



식물해충분야 학생 발표



식물병분야 학생 발표

9) 제 4회 식물방역대학원 식물병해충 예찰진단 심포지엄 및 결과보고 세미나

가) 목적

- (1) 식물방역대학원 대학원생 대상 다양한 교육기회 제공 및 역량 강화
- (2) 완성도 높은 연구결과 도출을 위한 중간 점검 및 대학원생 발표기회 제공

나) 일시 : 2023. 12. 16.(토) 13:00 ~ 18:00

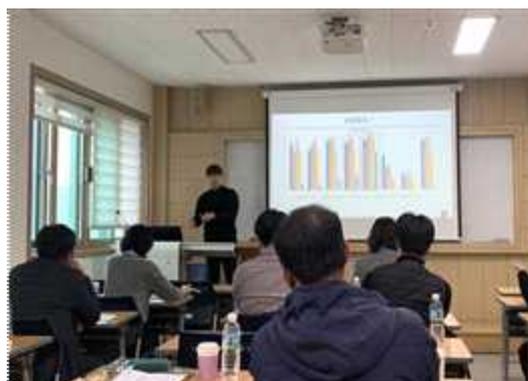
다) 장소 : 전북대학교 농업생명과학대학 3호관 409호

라) 내용

시 간	프 로 그 램
13:00-13:10	개회사 및 단체사진 촬영
13:10-15:10	대학원생 학술발표1. 박○현, 성○영, 신○현, 안○희, 유○, 한○운 (식물해충분야) 남○원, 송○오, 심○우, 안○환, 임○홍
15:10-15:30	휴식시간
15:30-18:00	대학원생 학술발표1. 김○희, 방○영, 양○훈, 김○정, 박○현, 윤○현, (식물병분야) 이○일, 장○호
18:00-18:30	종합토의, 원광대학교 임○옥 교수, 경상대학교 이○훈 교수



단체사진



식물병분야 학생 발표



종합 토의



식물해충분야 학생 발표

## 10) 경북대학교 식물방역대학원 세미나

### 가) 목적

- (1) 식물방역대학원생들이 지도교수와 논의를 통해 선정한 연구과제 및 졸업 논문의 구체적인 연구계획을 직접 발표하는 세미나를 진행함으로써 연구 과제 수행에 필요한 전공 학습 능력, 발표 자세, 질의 응답 방법 등 대학원 생이 가져야 할 기본적인 전문성 역량 강화에 도움을 주는 동시에 최신 연구 동향 및 정보를 공유하고자 함
- (2) 대학원생간의 교류를 통한 인적 네트워크 구축 및 협력 활성화

### 나) 일자 및 장소

- (1) 2022. 5. 27.(금) ~ 29.(일), 롯데시티호텔 제주
- (2) 2022. 11. 19.(토), 경북대학교 농업생명과학대학 2호관 410-2호
- (3) 2023. 6. 10.(토), 경북대학교 농업생명과학대학2호관 211호
- (4) 2023. 12. 1.(금) ~ 3.(일), 신라스테이 제주

### 다) 행사 내용 : 연구레포트 발표

### 라) 추진성과

- (1) 최신 연구 동향 및 정보 공유
- (2) 식물방역대학원들의 논문 작성에 필요한 전공 학습 능력 향상에 기여

- 발표자 : 권○기
  - 잔디에 발생한 *Helicotylenchus microlobus*의 입제와 액제에 대한 살선충효과 검증
- 발표자 : 김○현
  - 감각신호를 이용한 비절단과일검역에 관한 연구
- 발표자 : 김○호
  - 유학산 비조림지와 조림지 지표 배회성 딱정벌레과 곤충의 다양성 연구
- 발표자 : 반○호
  - 오렌지류에 대한 Ethyl formate와 Phosphine 훈증제 병용처리 가능성 모색
- 발표자 : 손○진
  - 토마토 종자전염성 바이러스, Southern tomato virus(STV)의 발생 실태 구명
- 발표자 : 손○희
  - 영천시 재배 MBA 포도에 적합한 살균제 살포 프로그램 개발 및 현장 실증
- 발표자 : 유○조
  - 트랩을 이용한 생활폐기물 사후 매립지 위생곤충 조사 및 위생곤충의 효과적 방제모델 개발
- 발표자 : 이○미
  - 국내 등열록풍뎅이(*Exomala orientalis*)의 지역별 집단 유전학 연구
- 발표자 : 이○순
  - 연근의 이상썩음증상의 원인분석 및 방제법 개발
- 발표자 : 이○연
  - 고추작물의 님오일 토양관주에 따른 온실가루이 살충률 조사
- 발표자 : 강○희
  - 기후변화에 대한 썩빛부전나비와 아르헨티나개미의 MaxEnt 모델링
- 발표자 : 강○우
  - 국내 주요 바퀴류 4종에 대한 식물유래 기피제 효력시험

- 발표자 : 김○환
  - 국내에서 발생하는 장미검은무늬병균의 생물학적 특성
- 발표자 : 김○구
  - 스마트 무인예찰 트랩의 현장 적용사례 및 전망에 대한 연구
- 발표자 : 안○숙
  - 서울시 내 사회성 말벌류 분포 현황 및 피해에 대한 연구
- 발표자 : 장○욱
  - 천적 자가생산 및 현장적용을 통한 천적농업 활성화 방안 연구



2022년도 제1회 식물방역대학원 세미나



2022년도 제2회 식물방역대학원 세미나



2023년도 제1회 식물방역대학원 세미나



2023년도 제2회 식물방역대학원 세미나

## 11) 전남대학교 식물방역대학원 세미나

### 가) 목적

- (1) 식물방역대학원생들이 지도교수와 논의를 통해 선정된 연구과제 및 졸업논문의 구체적인 연구계획을 직접 발표하는 세미나를 진행함으로써 연구과제 수행에 필요한 전공 학습 능력, 발표 자세, 질의응답 방법 등 대학원생이 가져야 할 기본적인 전문성 역량 강화에 도움을 주는 동시에 최신 연구 동향 및 정보를 공유하고자 함
- (2) 대학원생 간의 교류를 통한 인적 네트워크 구축 및 협력 활성화

### 나) 일자 및 장소

- (1) 2022. 5. 27.(금) ~ 29.(일) / 롯데시티호텔 제주
- (2) 2022. 11. 05. (토) / 전남대학교 친환경농업연구소 214호
- (3) 2023. 7. 1.(토) ~ 2.(일) / 시리우스호텔 제주
- (4) 2023. 12. 1.(금) ~ 3.(일) / 신라스테이 제주

### 다) 내용

- (1) 연구레포트 발표

### 라) 추진성과

- (1) 식물방역대학원들의 연구논문 작성에 필요한 전공 학습 능력 향상에 기여
- (2) 지도교수의 질문을 통해 식물방역대학원들의 연구에 대한 고찰 유도에 기여



2022년도 제1회 세미나 송○민 발표



2022년도 제2회 세미나 단체 사진



2023년도 제1회 세미나 단체 사진



2023년도 제2회 세미나 단체 사진

## 12) 현장 견학 (3건)

가) 목적 : 대학원생 연구활동 확장을 위한 현장 답습

1.1) 블루베리 선진 농가 방문

나) 일자 : 2022. 5. 28.(토)

다) 장소 : 제주시 구좌읍 블루베리 농가

라) 내용

(1) 블루베리 선진 농가 현장 답습

(2) 전문가활용 강연

(가) GCM 미생물 적용 사례 위주 - 오○민 (㈜소일테크 대표)



단체 사진



블루베리 선진농가

1.2) 만감류 선진 농가 방문

나) 일자 : 2022. 9. 24.(토)

다) 장소 : 제주시 도련2동 501-1

라) 내용

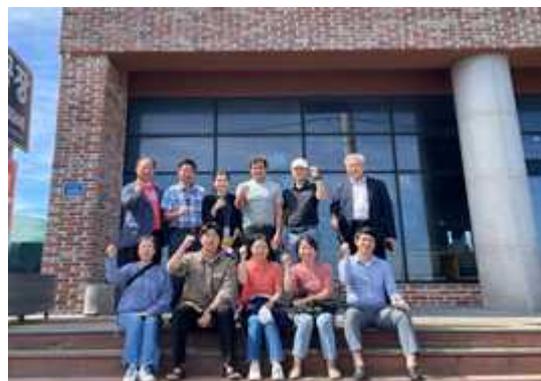
(1) 만감류 선진 농가 현장 답습

(2) 농장 대표 강연

(3) 친환경 유기농자재 제조 실습



농장 대표 강연



단체 사진

1.3) 전라남도농업기술원 방문

나) 일자 : 2023. 11. 18.(토)

다) 장소 : 전라남도 농업기술원

라) 내용

(1) 전라남도 농업기술원 현장 답습

(2) 전문가활용 강연

(가) 액비제조 및 퇴비차 제조 - 김○지 (전라남도농업기술원)

(나) 병해충 방제용 유기농자재 제조 - 최○수 (전라남도농업기술원)



전라남도농업기술원 최덕수 강연



전라남도농업기술원 김현지 강연



유기농자재 제조



단체사진

라) 추진성과

(1) 농업현장에서 농가의 애로사항 해결을 위한 식물방역대학원생들의 연구주제 도출에 기여

(2) 미생물을 활용한 유기농자재 제조 과정 습득 및 현장 활용의 간접 경험을 통한 식물방역대학원생들의 현장 중요성 고취

### 13) 식물방역대학원 멘토·멘티 프로그램 (3건)

#### 2.1) 2022년 1차 식물방역대학원 멘토·멘티 프로그램

##### 가) 목적

- (1) 식물방역대학원생들의 연구력 제고를 위해 지도교수의 지속적인 지도 및 지도교수 소속 일반대학원생들의 지원 체계 확립
- (2) 일반대학원생과 식물방역대학원생들의 공동체 의식 부여 및 인적 네트워크를 통한 연구력 활성화 지원

나) 일자: 2022. 8. 20. (토)

다) 장소: 전남대학교 친환경농업연구소 214호

##### 라) 내용

- (1) 농촌지도사업의 이해 및 농촌지도사의 연구역량 필요성
- (2) 지도교수별 연구분야 소개
- (3) 지도교수와의 면담



단체사진



식물바이러스학실험실 김○웅 발표

## 2.2) 2022년 2차 식물방역대학원 멘토·멘티 프로그램

### 가) 목적

- (1) 일반대학원생과 식물방역대학원생들의 공동체 의식 부여 및 인적 네트워크를 통한 연구력 활성화 지원
- (2) 대파 재배단지 농업인의 고충 청취 및 주요 병해충 발생 피해 양상 확인
- (3) 노동력 절감을 위한 작물보호제의 효과 및 방제력 이해

나) 일자: 2022. 10. 15. (토)

다) 장소: 신안군 임자도 대파재배단지 및 주변 농가

### 라) 내용

- (1) 대파재배단지 현장견학
- (2) 전문가활용 강연
  - (가) 대파재배단지 병해충방제 - 박○범 (신젠타코리아주)



신젠타코리아주 박○범 부장 강연



임자도 선진농가 방제 시스템

## 2.3) 2023년 식물방역대학원 멘토·멘티 프로그램

### 가) 목적

- (1) 환경친화적인 병해충 관리를 위해 농작물 재배 현장과 미생물제제 생산 산업체 현장실습을 통한 효과적인 병해충 방제 교육 진행
- (2) 식물방역대학원생들의 연구력 제고를 위해 지도교수의 지속적인 지도 및 지도교수 소속 일반대학원생들의 지원 체계 확립

나) 일자: 2023. 10. 21. (토)

다) 장소: 전라남도 장성군 햇살관광농원 / (주)현농

### 라) 내용

- (1) 농작물 재배 현장과 미생물제제 생산 산업체 현장실습
- (2) 전문가활용 강연
  - (가) 천연물, 미생물 유기농자재 개발 현황 및 생산과정 소개 - 한○희 (주)현농
  - (나) 농작물 난방제 진균병 방제를 위한 생화학농약 개발 과정 소개 - 김○홍 (주)현농
  - (다) 사과 주요 병해충의 종합적 방제 방법 - 민○현 (전남과학대학)



(주)현농 한○희 이사 강연



햇살관광농원 단체사진

### 마) 추진성과

- (1) 멘토·멘티간의 인적 네트워크 형성으로 식물방역대학원생의 연구력 활성화에 기여
- (2) 산업체의 연구 방법 청취 및 실용화에 대한 정보를 통한 식물방역대학원생들의 연구 방향 설정에 기여

#### 14) 식물방역대학원 실험·실습 강화 프로그램 (4건)

##### 가) 목적

- (1) 졸업논문을 위해 수행 중인 연구 주제의 완성도를 높이기 위해 지도교수의 지도하에 실험 및 실습을 통해 전공지식을 심화하고자 함
- (2) 병해충 방제 관리 및 검역 기초 이론과 각론의 실험 및 실습 능력을 강화하여 전문인력을 양성하고자 함

##### 나) 기간

- (1) 2022. 7. 18. ~ 8. 26.(6주)
- (2) 2022. 10. 04. ~ 11. 25.(8주)
- (3) 2023. 7. 3. ~ 8. 25. (8주)
- (4) 2023. 11. 6. ~ 12. 5. (6주)

##### 다) 대상: 전남대학교 식물방역대학원 재학생

##### 라) 내용

- (1) 지도교수 지도하에 졸업논문을 위해 수행 중인 연구 주제에 필요한 실험·실습 능력 배양



antifungal activity test



Bacillus velezensis CE100 야외 대량 배양  
실험 실습

##### 마) 추진성과

- (1) 병해충 방제 관리 및 검역 기초 이론과 각론의 실험 및 실습 능력을 강화할 수 있는 비교과 프로그램 체계화
- (2) 실험·실습을 통한 대학원생의 학위논문 작성에 대한 책임감 고취

라. 학회 참석 등

1) 2022 춘계 한국식물병리학회

가) 목적 : 국내외 연구현황 파악, 식물병분야 연구자 및 산업체 교류  
식물방역대학원 대학원생의 선진 연구역량 강화 기회 제공

나) 일시 : 2022년 04월 20일 ~ 22일

다) 장소 : 소노벨 변산

라) 추진성과

- (1) 연구내용 발표를 통한 연구역량 홍보
- (2) 대학원생들의 연구발표 경험기회 제공 및 영어 발표능력 향상
- (3) 선진 연구분야 트렌드 분석 및 산업체 관련자 네트워킹
- (4) Survey on major disease incidence of rice in 2021\_이○일



식물방역대학원 학생 참석 단체사진



식물방역대학원 학생 및 재직기관 연구관 참석



식물방역대학원 학생 포스터발표 초록

## 2) 2022 춘계 한국응용곤충학회

가) 목적 : 국내외 연구현황 파악, 병해충분야 연구자 및 산업체 교류  
식물방역대학원 대학원생의 선진 연구역량 강화 기회 제공

나) 일시 : 2022년 04월 28일 ~ 29일

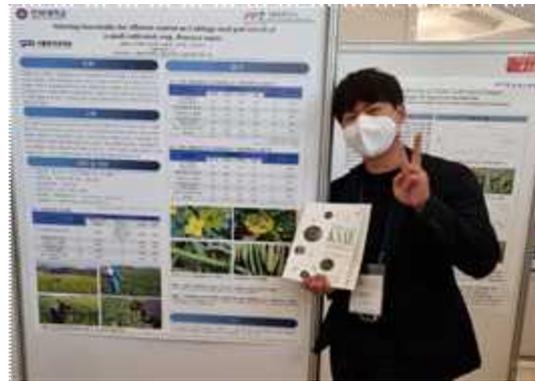
다) 장소 : 소노벨 변산

라) 추진성과

- (1) 연구내용 발표를 통한 연구역량 홍보
- (2) 대학원생들의 연구발표 경험기회 제공 및 영어 발표능력 향상
- (3) 선진 연구분야 트렌드 분석 및 산업체 관련자 네트워킹
- (4) Comparison of Control Effect of Drone and Pesticide Sprayer on *Spodoptera exigua*(Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)\_심○우



식물방역대학원 학생 참석 단체사진



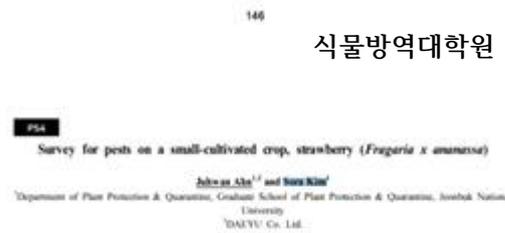
식물방역대학원 학생 포스터 발표



식물방역대학원 학생 포스터발표 초록



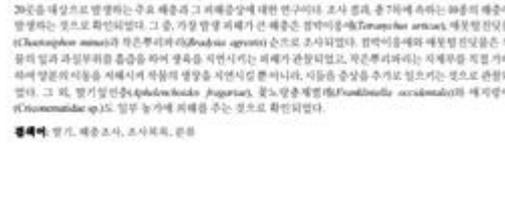
식물방역대학원 학생 포스터발표 초록



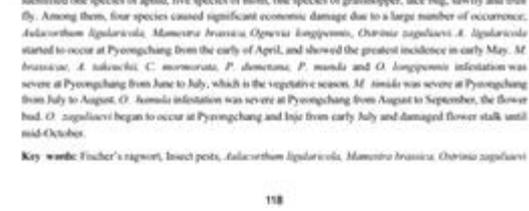
식물방역대학원 학생 포스터발표 초록



식물방역대학원 학생 포스터발표 초록



식물방역대학원 학생 포스터발표 초록



식물방역대학원 학생 포스터발표 초록

### 3) 2022 추계 한국식물병리학회

가) 목적 : 국내외 연구현황 파악, 식물병분야 연구자 및 산업체 교류

식물방역대학원 대학원생의 선진 연구역량 강화 기회 제공

나) 일시 : 2022년 10월 19일 ~ 21일

다) 장소 : 순천대학교

라) 추진성과

(1) 연구내용 발표를 통한 연구역량 홍보

(2) 대학원생들의 연구발표 경험기회 제공 및 영어 발표능력 향상

(3) 선진 연구분야 트렌드 분석 및 산업체 관련자 네트워킹

(4) Screening for resistance to potato virus Y in potato varieties cultivated in Jinan-gun\_박○현

(5) Development of duplex RT-RPA assay for the simultaneous detection of soybean mosaic virus and soybean yellow mottle mosaic virus in soybean\_오○근



식물방역대학원 학생 참석 단체사진



식물방역대학원 학생 포스터발표 초록

#### 4) 2022 추계 한국응용곤충학회

가) 목적 : 국내외 연구현황 파악, 병해충분야 연구자 및 산업체 교류  
식물방역대학원 대학원생의 선진 연구역량 강화 기회 제공

나) 일시 : 2022년 10월 26일 ~ 28일

다) 장소 : 경주 라한셀렉트 호텔

라) 추진성과

- (1) 연구내용 발표를 통한 연구역량 홍보
- (2) 대학원생들의 연구발표 경험기회 제공 및 영어 발표능력 향상
- (3) 선진 연구분야 트렌드 분석 및 산업체 관련자 네트워킹
- (4) Comparison of Control Effect of Drone and Pesticide Sprayer on *Spodoptera exigua*\_심○우 등 발표
- (5) Faunistic survey on Lepidopteran insects (Lepidoptera) from Wando Island\_김○욱 등 발표



식물방역대학원 학생 참석



식물방역대학원 학생 포스터발표 초록

5) 2023 춘계 한국응용곤충학회·한국곤충학회 공동 주관

가) 목적 : 국내외 연구현황 파악, 병해충분야 연구자 및 산업체 교류  
식물방역대학원 대학원생의 선진 연구역량 강화 기회 제공

나) 일시 : 2023년 4월 27일 ~ 28일

다) 장소 : 그랜드플라자 청주 호텔

라) 추진성과

- (1) 연구내용 발표를 통한 연구역량 홍보
- (2) 대학원생들의 연구발표 경험기회 제공 및 영어 발표능력 향상
- (3) 선진 연구분야 트렌드 분석 및 산업체 관련자 네트워킹
- (4) Establishment of test methods for effective control of Eriophyes japonicus Huang\_심○우 발표
- (5) Distribution of aphids and its pesticide efficacy evaluation in hairy vetch, rye and spearmint during off-season under plastic house\_박○현 발표
- (6) Investigation of insect pests in strawberry (Fragaria x ananassa) in Iksan\_안○환 발표
- (7) A list on insect pests occurring from Korean pear\_성○영 발표



식물방역대학원 학생 참석



식물방역대학원 학생 포스터발표

6) 2023 춘계 한국식물병리학회

가) 목적 : 국내외 연구현황 파악, 병해충분야 연구자 및 산업체 교류  
식물방역대학원 대학원생의 선진 연구역량 강화 기회 제공

나) 일시 : 2023년 4월 27일 ~ 28일

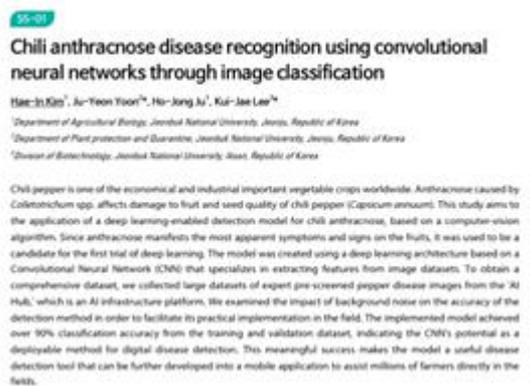
다) 장소 : 경주 라한셀렉트 호텔

라) 추진성과

- (1) 연구내용 발표를 통한 연구역량 홍보
- (2) 대학원생들의 연구발표 경험기회 제공 및 영어 발표능력 향상
- (3) 선진 연구분야 트렌드 분석 및 산업체 관련자 네트워킹
- (4) Chili anthracnose disease recognition using convolutional neural networks through image classification\_김○인
- (5) Rapid and visual detection of simultaneous detection of two orchid viruses using duplex RT-RPA combined later flow strips\_오○근



식물방역대학원 학생 참석



학생 포스터발표 초록

(7) 제 26회 세계곤충학회 참석

가) 목적 : 전세계 곤충 연구현황 파악 및 미생물 살충제 연구자 및 산업체 교류 및 미팅 및 식물방역대학원 대학원생의 선진 연구역량 강화 기회 제공

나) 일시 : 2022년 07월 15일 ~ 2022년 07월 26일

다) 장소 : 핀란드 헬싱키

라) 내용 : 연구내용 발표를 통한 연구역량 홍보

마) 추진성과

(1) 대학원생들의 국제화 경험기회 제공 및 영어 발표능력 향상

(2) 미생물 살충제 전 세계 트렌드 분석 및 산업체 관련자 네트워킹



< ICE 학회 등록 및 ICE 학회 현장 >



< ICE 학회 발표 >



< Microbial control in IPM strategies symposium , ICE 학회 식물방역대학원 부스 >

## (8) 2022년 세계곤충학회(ICE2022) 참석 (핀란드, 헬싱키)

### 가) 목적

- (1) 식물방역대학원 연구 성과를 ICE2022 학술대회에 구두 및 포스터 발표
- (2) 식물방역대학원 사업 홍보 부스 운영
- (3) 유럽 곤충학자들의 연구동향 수집 및 연구네트워크 구축

나) 기간 : 2022. 7. 14.(목) ~ 24.(일)

다) 장소 : Finlandia Hall

### 라) 내용

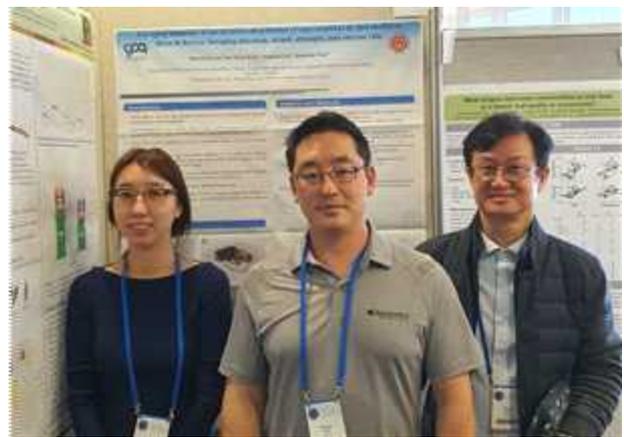
- (1) ICE2022 개최식 참석 및 학술발표장 견학
- (2) 연구동향수집 및 연구네트워크 구축

### 마) 추진 성과

- (1) 식물방역대학원 연구성과 발표 및 관련 연구내용 파악
- (2) 식물방역 관련 국제 연구 네트워크 구축



식물방역대학원 홍보 부스 앞 단체사진



권오석 교수, 최문보 초빙교수, 식물방역대학원생  
김○현 포스터 발표

(9) 2022년 미국곤충학회 참석 (캐나다, 밴쿠버)

가) 목적

- (1) 식물방역대학원 연구 성과를 미국 곤충학회 학술대회에 구두 및 포스터 발표
- (2) 식물방역대학원 사업 홍보 부스 운영
- (3) 관련 학자들과의 학술 교류 수행

나) 기간 : 2022. 11. 11.(금) ~ 18.(금)

다) 장소 : Vancouver Convention Centre

라) 내용

- (1) 2022 Joint Annual Meeting(ESA, ESC, ESBC) 학술대회 발표

마) 추진 성과

- (1) 식물방역대학원 연구성과 발표 및 관련 연구내용 파악
- (2) 식물방역 관련 국제 연구 네트워크 구축



학회 단체 사진



식물방역대학원 홍보 부스 앞 단체사진

## (10) 2023년 선충학회(SON) 참석 (미국 오하이오)

### 가) 목적

- (1) 식물방역대학원 연구 성과를 미국 곤충학회 학술대회에 포스터 발표
- (2) 식물기생성선충 및 곤충병원성선충 분야 전문가와의 학술교류 수행

나) 기간 : 2023. 7. 8.(토) ~ 15.(토)

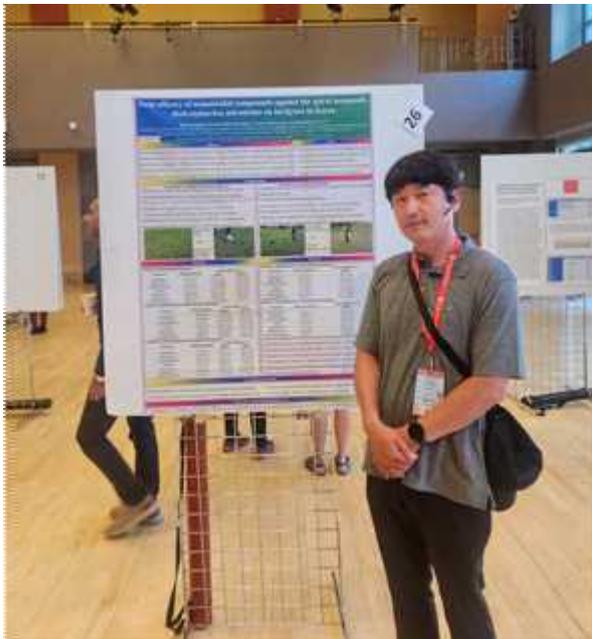
다) 장소 : 오하이오 주립대

### 라) 내용

- (1) 2023 SON 학술발표회 참석 및 발표

### 마) 추진 성과

- (1) 식물방역대학원 연구성과 발표 및 관련 연구내용 파악
- (2) 식물방역 관련 국제 연구 네트워크 구축



### 2023 Abstract Submission

First Author Name	ChanKi Kwon
First Author Affiliations	Organization: Kyungpook National University City: Sangju State: Gyeongsangbuk-do Country: South Korea
First Author Email Address	<a href="mailto:kwonck0316@naver.com">kwonck0316@naver.com</a>
Reviewer #1	Yeonsik Kwak
Reviewer #2	Dongheun Kim
Presenter Name	DongWoon Lee
Presenter Email Address	<a href="mailto:whitegrub@knu.ac.kr">whitegrub@knu.ac.kr</a>
Please select a Presentation Format:	Poster presentation
Please categorize your presentation:	Nematode Management
Abstract Title	FIELD EFFICACY OF NEMATOCIDAL COMPOUNDS AGAINST THE SPIRAL NEMATODE, HELICOTYLENCHUS MICROLOBUS ON TURFGRASS IN KOREA
Submit Abstract File	<a href="#">LeeDongWoon_SON_Control.docx</a>
Payment	<ul style="list-style-type: none"><li>• ABSTRACT SUBMISSION FEE (Amount: 50.00 USD)</li></ul> Total: \$50.00 Transaction ID: pl_3N0h6WLv6TQjQwVl0pm0vmN

식물방역대학원생 권○기 포스터 발표

## (11) Plant Health 2023 참석

### 가) 목적

- (1) 대학원생들의 해외학회 참여를 통해 연구성과 대외 발표기회 제공
- (2) 해외 농업연구기관 방문을 통해 현지 연구자와 소통의 기회 제공
- (3) 식물방역관련 세계적 연구동향 파악을 위한 선진지 견학

나) 일자: 2023. 8. 11.(금) ~ 8. 18.(금), 8일간

다) 장소: Plant Health 2023 – APS Annual Meeting (미국식물병리학회)

### 라) 세부 일정

- (1) Plant Health 학회참석
- (2) 친환경농자재 관련정보수집
- (3) 학술발표  
포스터: Fungicide Resistance I  
포스터: Chemical and Biopesticide Control 1  
포스터: Biological Control I  
포스터: Biological Control II  
포스터: Chemical and Biopesticide Control 1
- (4) 친환경농산물 관련정보수집



Plant Health 학회 단체 사진



Grow Generation 단체 사진

### 마) 추진성과

- (1) 특수대학원인 식물방역대학원의 인력양성 프로그램의 목적으로 덴버 Plant Health 학회에서 발표되는 우수한 연구결과 및 연구동향을 살펴보고, 작물 별 병해충 종합적 방제기술과 친환경 방제법 개발에 적극적으로 활용하고자 함
- (2) 선진지에서 사용되고 생산되는 친환경 농자재와 농산물의 생산체계와 관련하여 우수한 병 방제법 응용 및 적용에 따른 지속가능한 농촌 환경 조성 및 방제 체계 고도화 확립
- (3) 친환경 생물학적 방제기술과 친환경농법 개발을 통해 화학농약의 사용을 줄이고 환경오염을 경감시키는 안전한 농산물 생산에 기여함
- (4) 선진 과학자들의 우수한 연구 동향을 바탕으로 산업화 추진 및 관련 산업체 활성화로 친환경농자재의 해외 진출 가능성이 매우 높을 것으로 기대됨

(12) 식물병리분야 국제간 학술정보 교류를 위한 학술발표회 참석 및 발표

가) 목적 : 제12회 국제식물병리학회(ICPP) 참석 및 학술발표

나) 일자 : 2023년 8월 19일 ~ 8월 27일

다) 장소 : 프랑스 리옹

라) 내용 : 학술발표 제목

- (1) Onsite detection of cucumber mosaic virus by lateral flow strip-based reverse transcription recombinase polymerase amplification in pepper
- (2) Application of Convolutional Neural Network Model for Detection of Chili Anthracnose
- (3) Simultaneous detection of cymbidium mosaic virus and odontoglossum ringspot virus using lateral flow strip reverse transcription-recombinase polymerase amplification assays
- (4) Development of lateral flow recombinase polymerase amplification assay for the simultaneous detection of soybean mosaic virus and soybean yellow mottle mosaic virus
- (4) The inhibitor of virus replication (IVR) interacts with SHE1 in the resistance pathway of N gene tobacco
- (6) *Erysiphe Ionicerigena* sp. nov., a Powdery Mildew Species Found on *Lonicera harae*



식물방역대학원 학생 및 교수 단체사진



식물병리학자 모임 단체사진



학회 장소



발표자 단체사진

(13) 2023년 유럽곤충학회(ECE2023) 참석 (그리스, 아테네)

가) 목적

- (1) 식물방역대학원 연구 결과를 ECE2023 학술대회에 구두 및 포스터 발표
- (2) 유럽 곤충학자들의 연구동향 수집 및 연구네트워크 구축

나) 기간 : 2023. 10. 14.(토) ~ 23.(월)

다) 장소 : Cultural Conference Center

라) 내용

- (1) ECE 2023 대회 발표
- (2) 연구동향수집 및 연구네트워크 구축

마) 추진 성과

- (1) 식물방역대학원 연구성과 발표 및 관련 연구내용 파악
- (2) 식물방역 관련 국제 연구 네트워크 구축



학회 단체사진



권오석 교수 강연

(14) 2023년 Asia-Pacific Conference on Mosquito and Vector Control (AMV2023) 참석 (태국, 치앙마이)

가) 목적

- (1) 식물방역대학원 연구 결과를 AMV2023 학술대회에 구두 발표
- (2) 아태지역 곤충학자들의 연구동향 및 연구네트워크 구축

나) 기간 : 2023. 11. 25.(토) ~ 30.(목)

다) 장소 : 태국 치앙마이 The Empress Chiang Mai Hotel

라) 내용

- (1) 학술대회 구두발표
- (2) 연구동향 수집 및 연구네트워크 구축

마) 추진 성과

- (1) 식물방역대학원 연구성과 발표 및 관련 연구내용 파악
- (2) 식물방역 관련 국제 연구 네트워크 구축



학회 단체 사진



권오석 교수 강연

## (15) 국제 심포지엄

### 가) 목적

「탄소절감 실천을 위한 화학농약·화학비료 저감 대책」의 주제로 심포지엄 개최를 통하여 제주 토양 환경오염 방지를 위한 미생물농법을 활용한 화학비료 및 화학농약 절감에 대한 내용으로 진행된다. 제주토양의 오염실태와 농업인의 역할, 지하수 보조 방안, 미생물활용 사례를 통한 화학비료 절감 효과에 대한 내용으로 제주 농업인단체 및 관련 기관단체가 참석하여 이에 대한 대책을 논의하고자 함.

나) 일자: 2022. 9. 22.(목) ~ 9. 24.(토)

다) 장소: 제주특별자치도 오리엔탈 호텔

### 라) 내용

- (1) 김○용 교수 (GCM 활용한 작물의 병해충 방제 관리)
- (2) 정○진 교수 (국내외 친환경 미생물비료 연구동향)
- (3) Professor Akif Eskalen (미국 캘리포니아주 농업환경 현황)
- (4) 정○경 학생 (기능성 미생물을 이용한 고창 멜론 재배기술)
- (5) 한○수 교수 (유용미생물과 식물바이러스)



Akif Eskalen 초청 강연



단체 사진

### 마) 추진성과

- (1) 미생물농법을 활용한 화학비료 및 화학농약 절감의 주제로 한국과 미국의 농업환경에서의 현황을 파악함으로써 대학원생들의 개별 연구 주제별 참고자료로 유익하게 활용됨
- (2) 전남대 식물방역학과 주제인 식물병해충 방제연구와 관련하여 작물재배에 유용미생물의 활용이 농가의 소득과 직접적인 관련성이 있음을 확인함

## (16) 지역농업 활성화를 위한 병해충 방제 심포지엄

### 가) 목적

- (1) 지역농업 활성화를 위한 핵심 조직의 전문가를 초청하여 국내 각 지역에서 발생하는 병해충 진단/관리/방제에 대한 심포지엄을 통해 전문적인 병해충 관리 및 검역 인력을 양성하고자 함
- (2) 대학원생이 가져야 할 기본적인 전문성 역량 강화 및 최신 연구 동향 및 정보 공유하고자 함

나) 일자: 2023. 11. 18.(토)

다) 장소: 전남대학교 친환경농업연구소 214호

라) 대상: 전남대학교 식물방역대학원 재학생, 일반대학원 재학생, 참여 교수 등

### 마) 내용

- (1) 2023 전라남도 농작물 병해충 방제 사례 - 박○수 (전라남도농업기술원)
- (2) AI를 활용한 농작물 병해충 진단기술 - 고○주 (전라남도농업기술원)
- (3) 드론의 이해 및 농약살포기준 설정 - 최○수 (전라남도농업기술원)
- (4) 작물보호제 저항성관리 - 이○환 (신젠타코리아㈜)



전라남도농업기술원 고○주 소장 강연



단체 사진

### 바) 추진성과

- (1) 지역농업 활성화를 위한 전문가 초청 심포지엄을 통하여 대학원생들에게 기본적인 전문성 역량 강화를 기회를 마련함
- (2) 농작물 병해충 방제 사례, AI를 활용한 농작물 병해충 진단기술 등 최신 연구 동향 및 정보 공유의 기회를 마련함

### 3. 연구 과제(교육과 연구 연계강화)

**비전 : 기후변화와 시 기반 병해충 관리를 위한 전문인력 양성**

**연구개발 목표**

- 기후변화에 따른 난 방제 병해충 관리 전문인력 양성
- 외래 병해충 검역관리를 위한 전문인력 양성
- AI 기반 스마트 병해충 관리(검역)를 위한 전문인력 양성

**제1핵심과제. AI기반 병해충 관리시스템**

- ◇ AI 기반 병해 모니터링 시스템 구축 및 정밀진단 기술 개발(전북대)
  - AI 기반 PepMoV와 고추탄저병 모니터링 기반 구축
  - 등온기반 PepMoV 정밀진단 기술개발
- ◇ AI 기반 해충 모니터링 시스템 구축 및 정밀진단 기술 개발(전북대)
  - 난방제 해충 AI학습용 이미지 구축
  - 해충 방제용 미생물 선발 및 활용성 평가
- ◇ AI 기반 해충류 영상판독 시스템 개발(전북대)
  - 딱정벌레목(바구미류) 및 노린재목(진딧물류) 영상이미지 확보
  - 인공지능 영상판독 시스템 구축

**제2핵심과제. 검역병해충 관리기술 개발**

- ◇ 검역해충 방제연구(경북대)
  - 검역해충의 국가간 이동상황 조사 및 국내 유입가능성 분석
  - 잠재적 국내 유입 가능성 검역해충의 역학 조사
  - 검역해충의 국내 분포 조사 및 확산억제 기술 개발
- ◇ 검역해충 분류연구(경북대)
  - 검역해충/선충 분류 동정
  - 분야별 검역 방법 및 해충 비전공 종사자용 교육 자료 제작
  - 다종 혼합 미소 해충의 정량적 분류 체계 구축
- ◇ 검역병원균 관리기술 개발(경북대)
  - 검역병원균 진단 및 방제기술 개발

**전북대학교  
경북대학교  
전남대학교  
연계·협력**

**제3핵심과제. 농작물 병해충 종합적 방제 기술 개발**

- ◇ 원예작물 주요병해충 종합적 방제기술개발(전남대)
  - 농업현장의 주요 농약저항성 확인 및 관리방안 수립
  - 원예작물의 병해충 화학적 및 면역 활성화 활용 방제 방법 확립
  - 식물바이러스 유래 항바이러스 및 식물 면역 증가 소재 확보
- ◇ 시설채소 병해충 조기 진단법 및 친환경 방제 기술 개발(전남대)
  - 개발된 생물농약을 활용한 친환경 농법 도출
  - 신소재 바이오품질의 생물검정

**4. 연계·협력 방안**

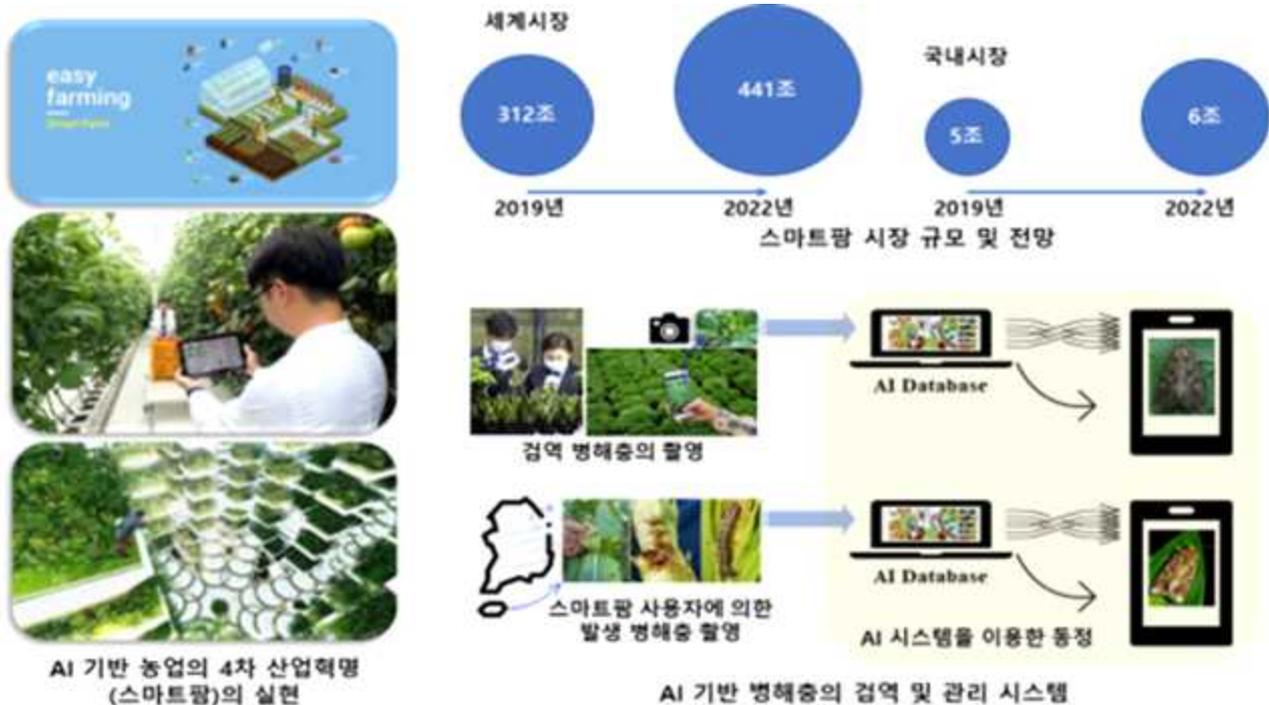
- ◇ 시대 맞춤형 전문 인력 양성을 위한 인프라 구축: 첨단 스마트 연구·실험실 운영
  - 폭넓은 기술변화 시대를 맞아 효율성 극대화된 개방형 공동연구실 운영
  - 첨단 기기 운영 스마트 실험실 운영: 병해충 관리를 위한 기초연구 수행 및 실험실습의 장 제공
  - 연구실 노하우 공유: 연구실 운영, 논문작성, 연구실 효율성 증진 방법 등

## 가. 연구개발과제의 배경

### <제1핵심 연구과제: AI기반 병해충 관리 시스템 구축>(전북대)

#### 1) 연구 배경과 필요성

- 스마트팜의 세계 시장 규모는 2019년 312조에서 2022년에는 441조로 급격한 성장이 전망되고 있으며(국내는 2019년 5조원에서 2022년에는 6조원으로 약 20% 이상 성장이 예상) 한국 농업이 처한 농가인구 감소, 고령화, 생산성 및 농가소득 정체현상을 해결할 수 있는 방안으로 주목 받고 있음
- AI 영상 촬영 및 영상데이터 분석을 통한 정밀 예찰을 통한 조기 감시 및 즉각적인 방제 체계 구축은 AI 영상 분석기반의 정밀한 분석으로 병해충에 대한 피해를 최소화시킬수 있음
- AI 정밀 병해충 분석을 위해선 AI학습용 빅데이터 수집이 필요하나 현재 소규모 연구용으로만 자료 존재하고 있는 실정으로, AI 기반 병해충에 대한 진단을 위한 학습용 이미지 빅데이터 구축 시스템이 필요함



<스마트팜 성장에 따른 AI기반 병해충의 진단 및 관리시스템 구축의 필요성>

- 기후변화에 따른 병해충 발생의 급격한 변화: 병해충 관리 기술 개발 필요
- 병해충 발생의 변화
  - 한반도의 기온 상승률은 지난 100년간 1.7°C로 전 지구의 평균온도 상승률보다 2배 이상 높게 나타났음
  - 이상 고온 현상 등 기후변화에 따라 식물 병해충의 발생은 급속하게 증하고 있는 추세임
  - 병해충의 조기 발생, 밀도의 빠른 증가와 분포 지역의 확대 등 급격한 변화에 대한 대응 방법이 필요함.
  - 기후변화에 따른 기존 난방제 병해충에 대한 새로운 관리기술이 요구되고 있음
- 병해충 정밀 진단 및 관리기술
  - 병해충 방제를 위해서 가장 우선 수행되어야 할 사항은 병해충의 명확한 동정임
  - 시기반 병해충 동정 시스템 개발을 위해서는 병해충 이미지 데이터의 구축이 필수적임
  - RPA (재조합효소증폭법등온기반의 핵산증폭 방법)은 현장에서 빠르고 정밀하게 식물바이러스의 진단할 수 있는 기술로 평가되고 있음
  - 친환경·유기농업 인구가 증가함에 따라 병해충의 친환경 방제가 가능한 생물농약에 대한 관심이 높아지고 있음
  - 곤충병원성 미생물은 인축과 환경에 무해하다고 알려져 있어, 해충의 친환경적 방제제로 연구 개발되고 있음



<기후변화에 따른 병해충 발생의 급격한 변화 및 외래 병해충의 유입>

## 제1핵심 연구과제 -1. 시 기반 병해 모니터링 및 정밀진단기술 개발 (주호종)

### 1) 연구 배경 및 필요성

- 국가간 교역 확대에 따라 작물 바이러스를 포함한 병해충의 해외 유입가능성이 증가하는 상황으로 수입검역 건수가 2000년에 비해 2017년에 30.6% 증가함
- 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV) 등 작물에 피해가 큰 바이러스의 경우 유입 방지 및 초기 대응 실패로 국내에 토착화된 사례가 다수임
  - 신문제 바이러스 발생 증가 : (01~10) 8종 → (10~19) 27종
- 최근 식물방역법 금지급 핵과류에 자두곰보병을 야기시키는 바이러스인 PPV(Plum pox virus)의 출현으로 핵과류 재배에 큰 손실이 우려되어 전수조사를 실시하였고, 고추, 토마토 등 대표적인 원예작물에 총채벌레와 담배가루이가 토마토 반점위조바이러스(TSWV)와 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV)를 매개하여 큰 피해를 주고 있으며, 진딧물이 오이와 호박에 호박황화모자이크바이러스(ZYMV)를 발생하여 작물에 큰 손실을 주고 있어 국가 주도의 신속하고 초정밀한 진단 기법 개발 및 현장 적용 제품 개발을 위한 대책 마련이 시급함
- 바이러스병을 예방하기 위해 영양번식 작물의 무병묘를 생산 보급하고 있으나 농업현장에서의 무병묘 유통실적은 저조한 실정임.
- 작물 바이러스병 예방하고 작물의 무병 우량묘를 효과적으로 생산하기 위하여 필요한 신속한 정확한 바이러스 진단기술을 개발하여 무병묘 유통 활성화 및 고품질 농산물 안전생산에 기여함과 동시에 검역시스템을 공고히 하고자 함
- 새로운 디지털 카메라와 스마트폰 카메라의 유용성과 해상도 개선과 다양한 이미지 어플리케이션개발에 따라 현장 접근성이 용이해지면서 현장에서 대용량 이미지 정보 처리가 가능함.
- 농작물 병해충을 포장 및 검역과정에서 신속히 동정할 수 있는 시 기반 모니터링 도입이 필요하며, 이를 위한 양질의 영상데이터 수집이 매우 필요함
- 식물바이러스 병 진단을 위해 주로 지표식물을 이용한 생물진단, ELISA(효소결합면역항체법), PCR 방법이 주로 사용되고 있으며 극소량 바이러스를 정밀하게 검출할 수 있는 고감도 진단기술 미흡함.
- 국내 주요 작물 피해 바이러스 진단에서는 대부분 PCR 방법을 통해 바이러스를 검출하고 있으며, 일부 작물에서는 qPCR을 이용해 진단에 활용하고 있음. 작물 전반적으로 문제가 되고 있는 바이러스 진단을 위한 qPCR 검출 기술 개발이 시급함.
- 최근 고감도 진단기법 중 등온기반의 핵산증폭 방법 중 하나인 LAMP 방법도 국내에서 바이러스 진단용으로 기술을 개발 중에 있으나 아직 피해가 많은 바이러스 별로 진단법이 개발되지 않고 있는 실정이며 LAMP방법 원천기술을 보유하고거나 기술이전을 받은 국내회사가 존재하지 않아 LAMP를 이용한 바이러스 진단법이 개발되었으나, 특허문제로 인하여 상업화가 어려운 상태임. 하지만 기술 특허 만료로 인하여 LAMP 기반 바이러스 진단법들이 개발되어 키트화 및 상업화가 가능할 것으로 생각되어짐
- 또 다른 고감도 등온기반 핵산증폭 방법 중 하나인 RPA(재조합효소증폭법) 또한 국내에서 과수바이러스 및 박과류 바이러스에 대한 진단 기법 개발 중에 있으며, 국내회사가 RPA 기반 농작물 바이러스 진단 키트개발에 관심을 가지고 있으나 진단 연구개발팀이 없어 키트 생산을 하지 못하고 있는 실정임

- AI 기반 작물병해충 진단 시스템을 구축하기 위해 한국지능정보사회진흥원(NIA)에서시설/노지 작물의 병해충을 진단하기 위해 AI 딥러닝 엔진 학습에 필요한 고품질의 학습 데이터를 수집 중에 있을 정도로 아직 초보단계라고도 하지 못할 낮은 수준에 있음
- 농촌진흥청, 산림청, 농림축산검역본부는 각각 병해충 예찰 및 분석업무를 수행하고 있으나, 예찰·분석에 필요한 양질의 AI 기반의 데이터가 부족한 상황
- 작물 피해 바이러스에 대한 정밀 검사를 위해 선진국인 EU(EPPO), 미국(USDA)에서는 극소량으로 존재하는 바이러스를 검출하는 방법으로 실시간유전자증폭방법(qPCR)을 도입하여 현장에서 활용하고 있으며 우리나라 기술 수준보다 약 50% 우위 수준에 있는 실정임
- 일본 에이켄사와 영국 트위스트엑스사가 원천기술을 가지고 있는 등온증폭방법인 LAMP 및 RPA 진단 기술은 변온상에 증폭하는 RT-PCR 대비 진단 민감도가 우수하다고 평가되어 많은 연구자들이 바이러스 진단에 활용하고 있음. 영국 옵티젠사가 LAMP 기반 식물 병해충 진단 키트를 개발하여 판매 중에 있으며, 현재까지 CTV, PVA, PVX, PVY 4종의 식물바이러스 진단키트를 개발하여 판매 중에 있으며, 국제 식물병 진단 회사인 아그디아는 LCV-2, PPV를 등온 증폭하여 증폭산물을 lateral flow strip상에서 시각화하여 검출여부를 판별하는 키트를 상업화하여 판매 중에 있다. 하지만, RPA기반 등온증폭 원천기술을 보유한 영국 트위스트엑스사는 식물바이러스 키트 상업화를 하지 않고 있음
- Plantvillage사와 GitHub은 IoT 디바이스를 통해 식물을 촬영하면 병해 증상에 대한 정확한 진단을 내려주는 인공지능기반 웹사이트 운영 중에 있으며, 26 종의 병해충에 대한 14 작물의 사진 데이터를 바탕으로 AI 기술을 개발하여 99%의 정확한 식별능력 확보

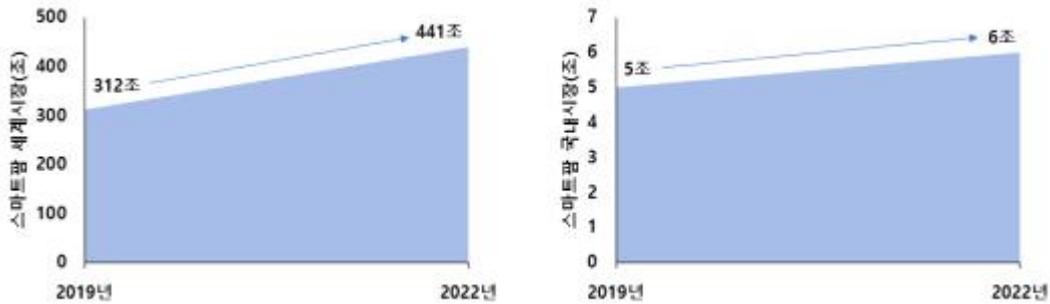
## 2) 연구목표 및 내용

연 차	연구목표	연구내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI 기반 PepMoV와 고추탄저병 모니터링 기반 구축</li> <li>• 등온기반 PepMoV 정밀진단 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI 기반 모니터링을 위한 PepMoV와 고추탄저병 이미지 확보(시설재배)</li> <li>• 등온기반 PepMoV 정밀진단 기술개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>-프라이머 제작 및 선발</li> </ul> </li> </ul>
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI 기반 PepMoV와 고추탄저병 모니터링 기반 구축</li> <li>• 등온기반 PepMoV 정밀진단 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI 기반 모니터링을 위한 PepMoV와 고추탄저병 이미지 확보(노지재배)</li> <li>• 등온기반 PepMoV 정밀진단 기술개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>-최적조건 확립</li> <li>-Lateral flow assay(LFA)프로브 제작 및 선발</li> </ul> </li> </ul>
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI 기반 PepMoV와 고추탄저병 모니터링 기반 구축</li> <li>• 등온기반 PepMoV 정밀진단 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PepMoV와 고추탄저병에 대한 인공지능 영상판독시스템 구축</li> <li>• 등온기반 PepMoV 정밀진단 기술개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>-민감성 및 특이성 검정과 현장 적용립</li> <li>-LFA 키트화</li> </ul> </li> </ul>

## 제1핵심 연구과제 -2. 시 기반 총해 모니터링 및 방제기술 개발 (신태영)

### 1) 연구 배경 및 필요성

- 스마트팜(인공지능)은 한국 농업이 처한 농가인구 감소, 고령화, 생산성 및 농가 소득 정체현상을 해결할 수 있는 방안으로 주목 받고 있음
- 스마트팜의 세계 시장 규모는 2019년 312조에서 2022년에는 441조로 성장이 전망되며, 국내는 2019년 5조원에서 2022년에는 6조원으로 약 20%이상 성장이 예상되고 있음



<스마트팜 시장 규모>

- 스마트팜은 정부 주도의 농업 신성장동력 발굴을 위한 미래 산업으로 선정하여, 그린 뉴딜 등 다양한 정책을 추진하고 있으나, 인공지능을 이용한 해충 모니터링 시스템 구축과 관리에 대한 정책은 진행되지 않고 있음
- 현재까지 해충 방제를 위한 농약에는 화학합성농약 등 관행적 방법들이 사용되고 있는 실정임
- 특히, 스마트팜 시설은 해충 유입 시 큰 피해를 입히는 환경 조건을 가지고 있기 때문에, 해충의 초기 방제를 위한 연구가 필요하며, 스마트팜 시설재배의 작물을 고부가가치 작물로 생산하기 위해서는 화학농약의 잔류문제가 발생되지 않는 생물농약의 사용이 필수적임
- 해충의 초기 진단을 위한 AI 학습을 위해서는 해충의 이미지 데이터 구축이 필수적이나, AI학습을 위한 고품질의 이미지 데이터의 확보는 미진함
- 환경오염 및 기타 화학농약의 부작용의 이유로 생물농약의 필요성이 증대되고 있는 만큼, 해충에 대한 생물농약의 개발이 시급함
- 현재까지 스마트팜(인공지능)의 기술 개발 및 발전에 비해 이에 적합한 친환경 농자재의 개발은 더딘 상태로, 향후 스마트팜이 농업 시장의 혁신을 가져올 성장 동력이라 봤을 때, AI를 이용한 해충의 모니터링 시스템 및 친환경 생물농약의 개발은 시장 선점이라는 경제적 효과도 확보할 수 있음



<해충의 친환경방제를 위한 생물농약과 시장규모>

2) 연구목표 및 내용

연 차	연구목표	연구내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 발생 주요 해충 선정</li> <li>· 살충성 미생물 수집</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 작물 별 주요 발생 해충 조사 및 위험도 평가</li> <li>· 토양 및 이병충으로 부터 살충성 미생물 수집</li> </ul>
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 발생 주요 해충의 시학습 용 이미지 데이터 구축</li> <li>· 국내 발생 주요 해충에 대한 고효율 미생물 선발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선정 해충의 사육 및 생태 조사</li> <li>· 선정 해충의 발생 단계별 시학습용 이미지 데이터 구축</li> <li>· 선정 해충에 대한 고효율 미생물의 선발</li> </ul>
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해충 모니터링 기반 구축</li> <li>· 선발 미생물의 활용성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해충에 대한 인공지능 영상판독시스템 구축</li> <li>· 선발 미생물의 대량 배양 조건 구명</li> <li>· 선발 미생물의 해충에 대한 실내·외 살충활성 평가</li> </ul>

### 제1핵심 연구과제 -3. 검역·농업 해충류 인공지능 영상판독 시스템 개발 (김소라)

#### 1) 연구 배경 및 필요성

- 2014년까지 국내에 침입된 정착종은 총 11목 166종이 기록되어 있으며, 그 중에서도 최근 침입된 미국선녀벌레, 주홍날개꽃매미, 갈색날개매미충 등은 농림생태계에서 주요 해충으로 대두되고 있음.

- 또한, 2014년까지 국내에 보고된 미기록 곤충으로 딱정벌레목, 노린재목, 총채벌레목, 나비목, 파리목, 벌목에서 2,710종이 보고되었으며, 이들은 잠재적인 외래 침입해충 후보로 고려되고 있음.

- 딱정벌레목의 바구미류는 전 세계 6만여종이 기록되어있으며, 이들 모두는 농작물 및 수목, 저장물 해충이며, 국내로 침입하여 농작물에 피해를 주고 있는 바구미류는 바나나왕바구미(1983), 벼물바구미(1988), 난초바구미(1988), 채소바구미(1989), 알팔파바구미(1994), 유럽좁쌀바구미(1995), 난왕바구미(1998), 잔디왕바구미(2008), 무화과곰보바구미(2020) 등이 있음.

- 식물방역법상 금지급의 바구미류 해충은 개미바구미(*Cylas formicarius*), 고구마바구미(*Euscepes postfasciatus*), 자두곰보바구미(*Conotrachelus nenuphar*)가 있고, 관리급의 바구미류 해충은 238종으로 바구미과(132종), 거위벌레과(4종), 주둥이거위벌레과(3종), 침봉바구미과(3종), 왕바구미과(6종), 긴나무좀과(17종), 나무좀과(73종)를 포함하고 있음(농림축산검역본부 고시 제2019-54호).

- 또한 2017년 기준 1995년부터 관리급 바구미류(나무좀류와 긴나무좀류 제외) 해충 중 검역현장에서 검출된 종으로는 35종 1,436회 검출되었으며, 관리급 나무좀류와 긴나무좀류 해충은 53종 5,972회 검출되어 이러한 검역현장에서 검출된 바구미류에 대한 종 동정 시스템의 개발이 필요함.

- 진딧물은 전 세계 약 4,900종이 기록되어있으며, 이중 450종이 농작물에 피해를 주는 것으로 있으며, 최근 외래침입 진딧물에 의한 국내 농작물 피해가 증가하고 있음.

- 잠정규제 및 관리해충 14종(*Acyrtosiphon lactucae*, *Brachycaudus cardui*, *Cavariella aegopodii*, *Chaetosiphon fragaefolii*, *Dysaphis apiifolia*, *Dysaphis tulipae*, *Ericaphis scammelli*, *Myzosiphon staphyleae*, *Myzus ascalonicus*, *Myzus ornatus*, *Nasonovia ribisnigri*, *Ovatus crataegarius*, *Pentalonia nigronervosa*, *Rhopalosiphoninus staphyleae*)을 포함한 검역현장에서 검출된 진딧물류에 대한 종 동정 시스템의 개발이 필요함.

- 식물류의 수입에 있어서 국제교역이 활발해짐에 따라 다양한 국가 및 다양한 품목으로 수입량이 꾸준히 증가하고 있으며, 그에 따른 해충 검출종도 다양화되고 있음

- 식물검역현장에서 검출되는 주요 검역해충들을 동정하기 위해 현재 다양한 분류키가 개발되어 있지만, 수입선의 다변화와 함께 다양한 외래해충의 검출이 증가하고 있어 이에 대한 분류키의 업데이트가 지속적으로 요구되고 있음 .

- 이들 분류키는 계단식 검색표로서 구성되어 있고, 곤충형태관련 용어의 사용으로 곤충분류학을 전공하지 않은 경우 이용하기가 쉽지 않음.

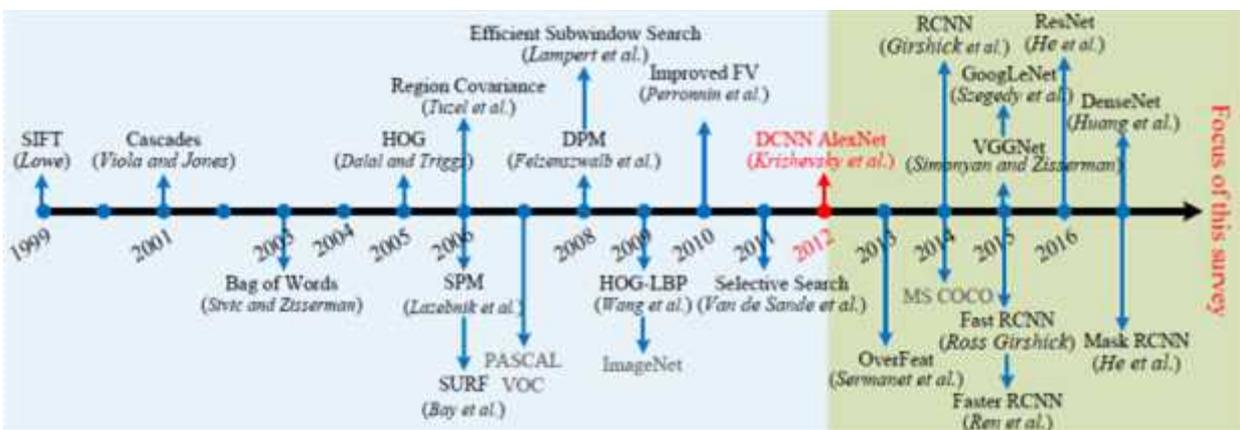
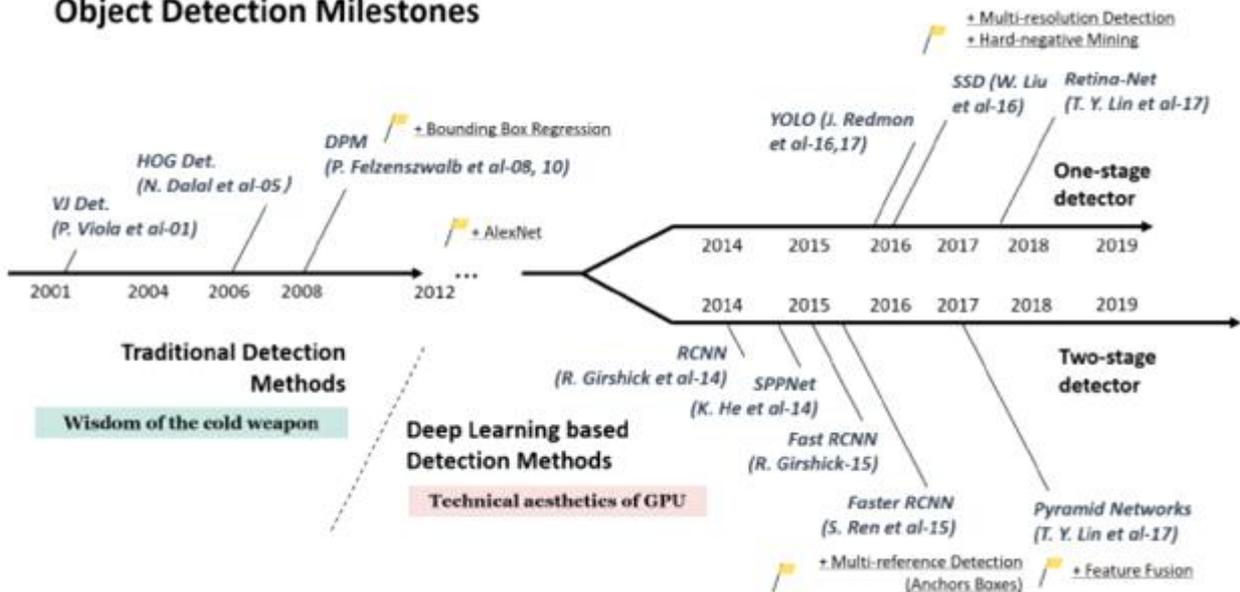
- 계단식 검색표는 새로운 종을 추가할 시 전체틀을 재작성해야 하는 불편함 있음

- 이미지, 생태, 형태 정보들을 바탕으로 제작되는 대화형 분류키는 곤충분류학을

전공하지 않은 경우에도 쉽게 사용할 수 있고, 데이터의 업데이트가 지속적으로 용이함

- 새로운 하드웨어의 유용성(태블릿과 모바일 폰 기술), 디지털 카메라와 스캐너의 해상력 증대와 비용 감소, 새로운 소프트웨어 기술, 언제 어디서나 다양한 전자제품에 광역의 동정 도구를 전달할 가능성을 제공하는 어플리케이션이 개발되면서 대용량의 이미지정보 처리 등이 가능해지고 있음.
- 기술적인 측면에서는 빅데이터 확보 및 데이터 저장능력 향상, GPU 가속 컴퓨팅 등과 같은 컴퓨터 계산능력 향상, 인공지능기반 의료 및 금융 등에서 딥러닝 인공지능 적용사례가 급격한 증가를 보이고 있음.
- 딥러닝 인공지능은 세부적으로 영상인식, 자연어처리, 음성(신호패턴)인식, 강화학습, 지식정보 탐색, 위상학적 데이터 처리 등으로 구분될 수 있는데, 여기서 가장 앞서있는 분야가 영상인식 분야임.
- 따라서 농작물 및 식물검역관련 해충류의 영상인식기술에 대한 기술발전 방향을 알기 위해서는 세계최고 수준의 영상인식 객체검출과 관련된 인공지능 발전추세를 파악하며, 아래 그림은 최근까지 개발된 세계최고 영상인식 인공지능 모델에 대한 발전 추세임.

### Object Detection Milestones



<특징 재현, 프레임워크 및 데이터셋을 포함한 영상인식 인공지능 발전 추세>

- 농작물 해충 및 식물검역과정에서 검출되는 해충류에 대한 효율적이고 신속한 검색을 위해 인공지능(AI)을 이용한 영상 인식 시스템의 도입이 필요함

[표 X. 검역현장에서 검출된 바구미류(나무좀류 및 긴나무좀류 제외) 해충의 종별 검출건수]

연번	관리급 바구미류 학명	검출품목	검출국가	검출건수
1	<i>Naupactus cervinus</i>	6	5	521
2	<i>Phaenomerus foveipennis</i>	7	10	364
3	<i>Sitophilus granarius</i>	14	10	256
4	<i>Mitrastethus baridioides</i>	1	4	171
5	<i>Sternochetus mangiferae</i>	11	2	20
6	<i>Sternochetus olivieri</i>	2	1	20
7	<i>Sphenophorus venatus vestitus</i>	3	3	14
8	<i>Larinus carlinae</i>	3	5	10
9	<i>Otiorhynchus rugosostriatus</i>	3	4	6
10	<i>Sitona discoideus</i>	1	1	5
11	<i>Hylobius abietis</i>	3	3	4
12	<i>Otiorhynchus sulcatus</i>	4	4	4
13	<i>Cossonus incisus</i>	2	3	3
14	<i>Diocalandra frumenti</i>	3	3	3
15	<i>Listronotus bonariensis</i>	1	1	3
16	<i>Otiorhynchus ovatus</i>	3	3	3
17	<i>Phlyctinus callosus</i>	1	2	3
18	<i>Sitophilus linearis</i>	2	3	3
19	<i>Caulophilus oryzae</i>	1	1	2
20	<i>Otiorhynchus singularis</i>	1	2	2
21	<i>Rhinocyllus conicus</i>	1	2	2
22	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	2	2	2
23	<i>Romualdius scaber</i>	1	1	2
24	<i>Sternochetus gravis</i>	1	1	2
25	<i>Diocalandra sasa</i>	1	1	1
26	<i>Gonipterus scutellatus</i>	1	1	1
27	<i>Lepyrus palustris</i>	1	1	1
28	<i>Linogeraeus urbanus</i>	1	1	1
29	<i>Mecinus pyraeter</i>	1	1	1
30	<i>Otiorhynchus cribricollis</i>	1	1	1
31	<i>Sitona cylindricollis</i>	1	1	1
32	<i>Sternuchopsis juglans</i>	1	1	1
33	<i>Stenoscelis cryptomeriae</i>	1	1	1
34	<i>Strophosoma melanogrammum</i>	1	1	1
35	<i>Tychius picirostris</i>	1	1	1
	35종			1,436

[표 X. 식물검역현장에서 검출된 바구미류 중 나무좀류 및 긴나무좀류 해충의 종별 검출건수]

연번	관리급 바구미류 학명	검출품목	검출국가	검출건수
1	<i>Hylurgus ligniperda</i>	11	15	1,485
2	<i>Xyleborus perforans</i>	9	12	527
3	<i>Dinoplatypus cupulatus</i>	5	8	323
4	<i>Platypus jansonii</i>	6	5	314
5	<i>Platypus curtus</i>	5	4	307
6	<i>Dendroctonus ponderosae</i>	5	12	292
7	<i>Dinoplatypus agnatus</i>	5	3	267
8	<i>Dinoplatypus luniger</i>	5	6	243
9	<i>Debus emarginatus</i>	7	3	240
10	<i>Truncaudum agnatum</i>	9	12	234
11	<i>Dendroctonus valens</i>	4	11	226
12	<i>Xyleborus ferrugineus</i>	7	6	208
13	<i>Wallacelus similis</i>	10	9	194
14	<i>Cryphalus tenuis</i>	5	18	189
15	<i>Ips cembrae</i>	4	13	139
16	<i>Euplatypus parallelus</i>	3	3	133
17	<i>Platypus shoreanus</i>	3	2	95
18	<i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	2	8	86
19	<i>Gnathotrichus retusus</i>	2	12	71
20	<i>Dinoplatypus pseudocupulatus</i>	2	1	58
21	<i>Dinoplatypus biuncus</i>	3	3	55
22	<i>Debus pumilus</i>	4	2	50
23	<i>Dryocoetes confusus</i>	3	9	42
24	<i>Dendroctonus brevicornis</i>	2	9	37
25	<i>Dryocoetiops laevis</i>	3	2	28
26	<i>Euplatypus compositus</i>	1	2	29
27	<i>Myoplatypus flavicornis</i>	2	2	26
28	<i>Gnathotrichus sulcatus</i>	2	4	19
29	<i>Platypus signatus</i>	2	2	17
30	<i>Monarthrum mali</i>	5	7	9
31	<i>Trypodendron rufitarsis</i>	1	2	7
32	<i>Euwallacea interjectus</i>	3	4	6
33	<i>Ips concinnus</i>	2	3	6
34	<i>Cryptoxyleborus subnaevus</i>	3	3	5
35	<i>Debus fallax</i>	1	1	5
36	<i>Dendroctonus micans</i>	2	3	3
37	<i>Gnathotrichus materiarius</i>	1	2	3
38	<i>Hylastes porculus</i>	1	3	3
39	<i>Orthotomicus caelatus</i>	2	3	3
40	<i>Orthotomicus erosus</i>	1	1	3
41	<i>Phloeosinus serratus</i>	2	2	2
42	<i>Scolytus multistriatus</i>	1	2	2
43	<i>Debus spinatus</i>	1	1	1
44	<i>Dryocoetes affaber</i>	1	1	1
45	<i>Euwallacea fornicatus</i>	1	1	1
46	<i>Ips grandicollis</i>	1	1	1
47	<i>Ips calligraphus</i>	1	1	1
48	<i>Ips pini</i>	1	1	1
49	<i>Monarthrum fasciatum</i>	1	1	1
50	<i>Phloeosinus cupressi</i>	1	1	1
51	<i>Pityophthorus juglandis</i>	1	1	1
52	<i>Scolytus rugulosus</i>	1	1	1
53	<i>Xyleborus celsus</i>	1	1	1
	53종			5,972

## 2) 연구목표 및 내용

연 차	연구목표	연구내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 검역 및 농업해충 영상이미지 확보</li> <li>· 동정 인식 딥러닝 모델 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 딱정벌레목(바구미류) 검역해충 (10종) 및 농업해충 (10종) 영상이미지 확보</li> <li>· 노린재목(진딧물류) 검역해충 (8종) 및 농업해충 (8종) 영상이미지 확보</li> <li>· 바구미류 및 진딧물류에 대한 동정 인식 딥러닝 모델 개발</li> </ul>
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 검역 및 농업해충 영상이미지 확보</li> <li>· 동정 인식 인공지능 적용 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 딱정벌레목(바구미류) 검역해충 (10종) 및 농업해충 (10종) 영상이미지 확보</li> <li>· 노린재목(진딧물류) 검역해충 (8종) 및 농업해충 (8종) 영상이미지 확보</li> <li>· 바구미류 및 진딧물류에 대한 동정 인식 인공지능 적용 평가</li> </ul>
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 검역 및 농업해충 영상이미지 확보</li> <li>· 인공지능 영상판독 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 딱정벌레목(바구미류) 검역해충 (10종) 및 농업해충 (10종) 영상이미지 확보</li> <li>· 노린재목(진딧물류) 검역해충 (8종) 및 농업해충 (8종) 영상이미지 확보</li> <li>· 바구미류(60종) 및 진딧물류(48종)에 대한 인공지능 영상판독시스템 구축</li> </ul>

## <제2핵심 연구과제: 검역병해충 관리기술 개발> (경북대)

### 제2핵심 연구과제 -1. 검역해충 방제기술 개발 (권오석)

#### 1) 연구 배경과 필요성

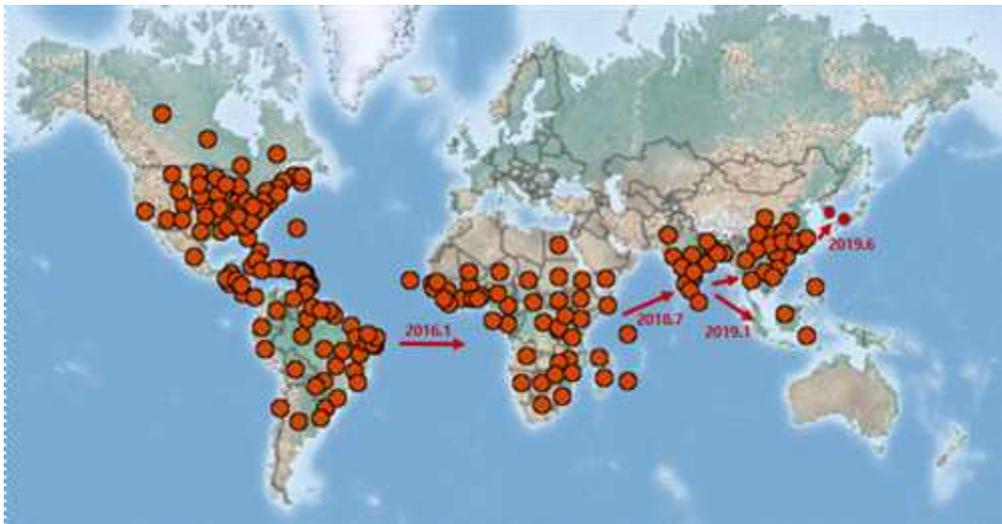
- 최근 기후변화와 국제교역의 증가로 인해서 외래 병해충의 국내 유입이 증가하고 이로 인하여 국내 농산물 생산 및 환경에 심각한 피해를 끼치고 있는 실정으므로 외래해충의 관리 및 검역 강화가 필요
- 국내유입되거나 유입가능한 외래해충의 위해성, 유전적 다양성 및 확산패턴 등 다양한 특징에 대한 역학조사 및 종 진단 등 신속하고 정밀한 기술 개발이 필요함
- 또한 침입해충을 대상으로 살충제 저항성 탐색 연구 및 개발 필요
- 국내 농업해충의 대부분이 외래해충이므로 외래해충의 물리화학적 및 분자생물 기반의 방제 기술 개발이 절실함
- 열대거세미나방의 피해 및 관리방안
  - 열대거세미나방(*Spodoptera frugiperda*, FAW)은 옥수수, 벼 등 80여종의 작물에 피해를 주는 해충으로 식물방역법에 따라 검역상 관리해충으로 지정·관리됨
  - 아메리카 원산인 열대거세미나방(*Spodoptera frugiperda*, FAW)이 '16년 아프리카에 침입이 확인된 이후, '18년 5월 인도, '18년 12월 동남아시아, '19년 3월에 중국 남부, '19년 6월 제주도에 침입이 확인된 이후, 1개월 만에 전국 각 지역에서 발견
  - 원산지에서는 옥수수, 벼 등 주요 작물에 피해를 주는 계통으로 구분됨
  - 하지만, 2019년, 2020년 아시아 및 국내 유입계통은 옥수수 및 벼 계통 간에 교잡이 된 특징이 확인되고 있음



Maize field before and after armyworm attack (FAO, 2018)

#### <열대거세미나방의 성충 및 농작물 재배지의 피해 상태>

- 최근 아프리카에 유입·된 계통은 주로 옥수수에서 발견되고 있으나 그 유전계통은 주로 옥수수 및 벼의 교잡계통으로 보고(Nagoshi et al, 2019)
- 또한, 아시아에서 발견되는 계통도 대부분 옥수수에서 발견되고 있으나 라오스 등에서 일부 확인된 계통은 mt-DNA상 벼 계통의 유전자가 확인(Ryu 등 2019 및 unpublished data, 경북대 2019)
- 아프리카 침입계통은 2~4년 사이 극동아시아까지 확산된 것으로 보아 확산력이 아주 높으며, 앞으로 동남아 및 중국으로부터 지속적인 국내 침입이 우려되고, 새로운 환경에 서식하면서 유전적 다양성이 증가할 것으로 보임
- 침입 계통은 원산지인 아메리카와 다르게, 새로운 환경과 기주식물에 적응하게 되며, 벼 주산지인 아시아 지역에 적응한 교잡계통이 발생할 경우, 옥수수뿐만 아니라 벼 및 다른 작물에도 피해가 우려됨



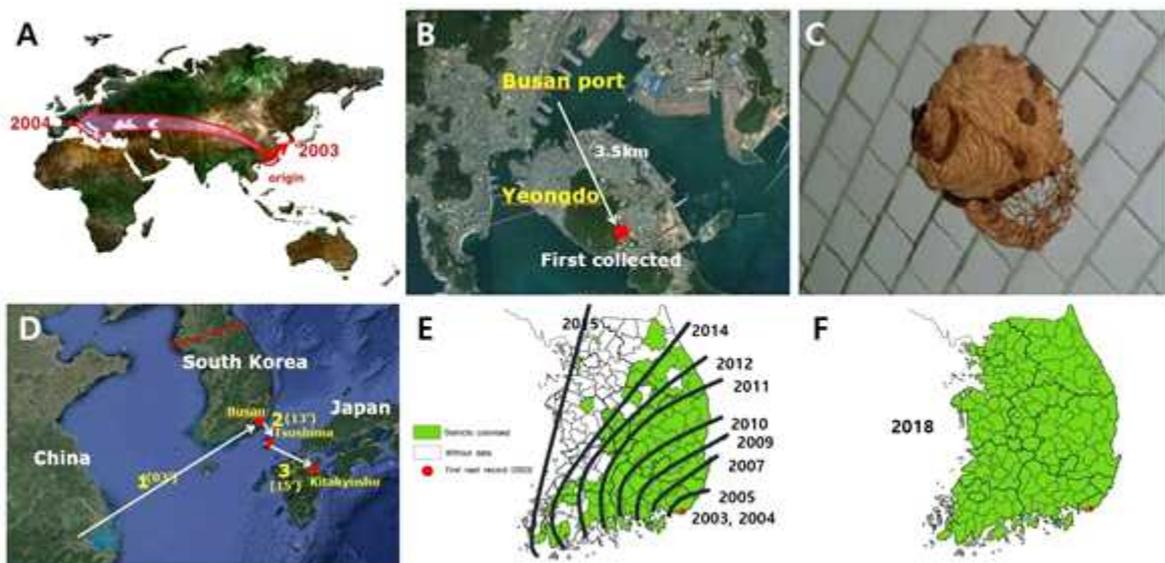
<열대거세미나방의 확산 패턴 및 시기>

- 썩덩나무노린재의 규제현황 및 모니터링
  - 국내분포종이자 검역해충인 썩덩나무노린재(*Halyomorpha halys*)는 동아시아 원산으로 기주범위가 넓은 특징을 가지고 있음
  - 미국 및 유럽으로 유입되어 과수와 채소 등을 흡즙하여 막대한 경제적 피해를 입혀 각국의 규제가 강화됨
  - 월동 시기 수출품 보관 창고 및 야적장에 들어가 외국으로 유입되고 있어 오세아니아 국가인 호주 및 뉴질랜드는 월동 시기에 출발하는 컨테이너 대상으로 규제를 실시중임
  - 국내 썩덩나무노린재의 발생 현황과 패턴, 수출용 물품에 침입 가능성에 관한 연구가 필요함

- 농업지역과 중간지역, 수출품 선적 지역으로 연구지역을 세분화하여 지역별/시기별 모니터링을 통해 썩덩나무노린재의 활동기 및 월동 개체군 동태를 파악하고자 함
- 썩덩나무노린재의 모니터링 결과를 기초로 수출품 선적 지역으로 유입 가능성을 예측하고자 함
- 국내에서 출발하는 수출품 오염에 대한 위험도를 평가하고 관리 방안을 제시하고자 함

• 외래종 말벌의 침입과 초기 방제

- 최근 말벌류들의 지속적인 침입과 확산이 국제적으로 문제가 되는 가운데 이들의 침입을 감시하고 모니터링 하는데 필요한 장비들은 거의 없는 실정
- 기존의 트랩들은 주로 방제용으로 개발되어 있어 포획된 말벌들은 트랩내부에서 부패되거나 다른 포획된 곤충들과 함께 혼합되어 외형이 많이 상하는 등 형태적 동정이 힘들어 검역, 감시 및 모니터링용으로는 부적합
- 깨끗하게 보존된 상태에서 포획을 하는 것이 검역, 감시, 모니터링에서는 매우 중요
- 항만이나 그 인근 산림과 같은 검역이 필수적이거나 또는 침입종의 1차 서식지가 될 곳에서 감시 및 모니터링을 할 수 있는 말벌 트랩을 개발하여 이들의 포획 효율 및 효율 개선에 대해 연구하고자함



<한국에서 등검은말벌의 침입 및 확산과 동북아시아 침입 경로 >



<유럽에서 검은말벌의 확산>

## 2) 연구 목표 및 내용

연 차	연구목표	연구내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>검역해충 진단 기술 개발</li> <li>일부 검역해충의 유입 경로 및 샘플 확보</li> <li>특수대학원 인프라 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 유입 검역해충 데이터베이스 구축</li> <li>검역해충 바이오마커 탐색 및 진단법 개발</li> <li>특수대학원 강의시설 구축 및 강의교재 개발</li> </ul>
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>검역해충 예찰 기술 개발</li> <li>검역해충의 생존가능성 조사 자료 확보</li> <li>검역해충 약제 저항성 모니터링</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대상 검역해충의 특성에 맞는 트랩 설치 후 샘플 확보 및 활동기 모니터링</li> <li>국내 유입 검역해충의 지역별 발생 추적</li> <li>국내 검역해충의 위험평가</li> </ul>
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>검역해충 방제 기술 개발</li> <li>검역해충 약제 저항성 진단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대상 검역해충의 소독 기술 개발</li> <li>검역해충의 국내 분포 조사 및 확산억제 기술 개발</li> <li>검역해충의 약제저항성 돌연변이 탐색 및 저항성 모니터링 마커 개발</li> </ul>

## 제2핵심 연구과제 -2. 검역해충 예찰진단기술 개발 (이동운)

### 1) 연구 배경과 필요성

- 국제간 교역의 증가로 인하여 농산물 수출입이 증가하고 있고, 이로 인해 다양한 검역해충들이 유입되고 있는 실정으로 수출입 농산물 내 검역해충의 분류, 동정의 중요성이 부각되고 있으나 해당 분야의 전문인력이 적어 신속한 처리가 되지 못하고 있는 실정임
- 우리나라의 검사대상 병원체·LMO의 검역처분은 무감염원칙(zero tolerance)에 따라 PCR 정성검사에서 해당 병원체·LMO의 유전자가 검출되면 무조건 검역처분하고 있고, 발병농도 이하 수준의 병원체의 정량적 검사는 전혀 고려하지 않고 있으므로, 발병농도 수준에 대한 연구가 요구됨
- 식물병원균의 국내 유입경로 중에서 목재류 및 목재포장재 등에서 유입될 가능성이 높으므로, 유입 가능성이 높은 병원균에 대한 목록화 및 사멸조건에 대한 연구도 요구됨
- 최근 곤충 연구 분야에서도 자가포식체의 생리적 기능 연구가 진행되기 시작함. 또한, 진드기, 모기로 대표되는 해충들은 숙주에게 질병을 매개함으로 이들의 생리학적 연구의 중요성이 강조되고 있음
- 미국 및 유럽으로 유입되어 과수와 채소 등을 흡즙하여 막대한 경제적 피해를 입혀 각국의 규제가 강화된 국내분포종이자 검역해충인 썩덩나무노린재 (*Halyomorpha halys*)의 연구가 요구됨
  - 동아시아 원산으로 기주범위가 넓은 특징을 가지고 있음
  - 월동 시기 수출품 보관 창고 및 야적장에 들어가 외국으로 유입되고 있어 오세아니아 국가인 호주 및 뉴질랜드는 월동 시기에 출발하는 컨테이너 대상으로 규제를 실시중임.
  - 국내 썩덩나무노린재의 발생 현황과 패턴, 수출용 물품에 침입 가능성에 관한 연구가 필요함
  - 농업지역과 중간지역, 수출품 선적 지역으로 연구지역을 세분화하여 지역별/시기별 모니터링을 통해 썩덩나무노린재의 활동기 및 월동 개체군 동태를 파악하고자 함.
  - 썩덩나무노린재의 모니터링 결과를 기초로 수출품 선적 지역으로 유입 가능성을 예측하고자 함
  - 국내에서 출발하는 수출품 오염에 대한 위험도를 평가하고 관리 방안을 제시하고자 함

- 미소 검역 해충에 대한 분자 동정 및 원산지 분석을 위한 분자 마커 개발
  - 검역대상 선충 감염포장 확산 방지를 위한 선충 분류 및 동정 연구의 기초자료를 제공하고자 함
  - 검역대상 선충의 약제 반응 생물검정 교육자료를 제공 하고자함

## 2) 연구 목표 및 내용

연 차	연구목표	연구내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 검역해충/선충 분류 동정</li> <li>· 외국 검역해충 침입사례 확인 및 침입 대비 위험 분류군 조사</li> <li>· 미소해충 유전자 서열 확보</li> <li>· 특수대학원 인프라 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국가 및 작물별 해충/선충 자료 구축</li> <li>· 국외 검역해충 침입에 의한 피해사례조사</li> <li>· 국내 침입 고위험 해충 선발 및 해당 분류군 동정 자료 수집</li> <li>· 미소 해충 분류를 위한 유전자 서열 확보</li> <li>· 특수대학원 강의시설 구축 및 강의교재 개발</li> </ul>
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국가 및 품목별 검역해충/선충 동정</li> <li>· 검역해충 분류군별 전문자료 수집 및 교육 자료 제작</li> <li>· 미소해충별 특이 유전자 증폭 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기주 작물에 대한 검역해충 분류 동정</li> <li>· 국내 해충과 유연관계 비교</li> <li>· 검역해충에 대한 분류군별 동정, 생활사, 방제법 등 전문자료 확보</li> <li>· 검역해충 분류 동정 전문가 육성에 필요한 교육 방법 개발 및 교육자료 제작</li> <li>· 미소 해충 종별 특이 PCR 조건 확립</li> </ul>
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 검역해충/선충 분류 동정</li> <li>· 분야별 검역 방법 및 해충 비전공 종사자용 교육 자료 제작</li> <li>· 다종 혼합 미소 해충의 정량적 분류 체계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 검역해충/선충 분류 동정 및 국가별 작물별 자료 구축</li> <li>· 검역해충/선충 발생 분류 동정</li> <li>· 규제해충 및 잠정규제해충 등 단계별 검역해충의 차등관리 및 방안 마련</li> <li>· 국내 검역해충 동정을 위한 도해자료 제작</li> <li>· 다종 집단내 각 종의 비율을 정량적으로 분석하기 위한 PCR 법 구축</li> </ul>

## 제2핵심 연구과제 -3. 검역병원균 관리기술 연구 (정희영)

### 1) 연구 배경과 필요성

- 우리나라의 검사대상 병원체·LMO의 검역처분은 무감염원칙(zero tolerance)에 따라 PCR 정성검사에서 해당 병원체·LMO의 유전자가 검출되면 무조건 검역처분하고 있고, 발병농도 이하 수준의 병원체의 정량적 검사는 전혀 고려하지 않고 있음
- 식물방역법상 금지병원균으로 지정된 참나무역병균(*Phytophthora ramorum*), 소나무종유석병 (*Cronartium coleosporioides*)의 경우, 감염된 수목을 통해 유입될 가능성이 높음
- 이에, 수입되는 목재류 및 목재포장재에 대하여 소독 후 병원균의 사멸여부를 확인하고 조건을 검정하는 것이 매우 요구됨
- 최근 곤충 연구 분야에서도 자가포식체의 생리적 기능 연구가 진행되기 시작함. 또한, 진드기, 모기로 대표되는 해충들은 숙주에게 질병을 매개함으로 이들의 생리학적 연구의 중요성이 강조되고 있음
- 미국 및 유럽으로 유입되어 과수와 채소 등을 흡즙하여 막대한 경제적 피해를 입혀 각국의 규제가 강화된 국내분포종이자 검역해충인 썩덩나무노린재 (*Halyomorpha halys*)의 연구가 요구됨

### 2) 연구 목표 및 내용

연 차	연구목표	연구내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구근류 및 묘목류에서 발생하는 병원체별 발병농도 조사</li> <li>• 감염병 해충의 자가포식체 관련 유전자군 분석</li> <li>• 수입목재류에서 유입가능성이 있는 병원균의 목록화 및 병원균 분리배양</li> <li>• 특수대학원 인프라 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 감염성 해충(모기, 진드기등)의 자가포식 관련 유전자들의 클로닝 및 자가포식체 관련 유전자들의 중간 상동성 분석 및 기능연구</li> <li>• 실험실 수준에서 기주별·병원체별 발병농도 조사</li> <li>• 살아있는 균주를 이용, 상처 등에 의한 인위적 접종법 사용하며, 접종농도는 세균의 경우 cfu/ml 값, 바이러스는 ng/<math>\mu</math>l 또는 희석배수에 의한 단위를 사용</li> <li>• 병원균 유입 가능성이 높은 목재류 수입현황 조사 및 소독 샘플 채집 및 소독 후 샘플 채집, 배양검사 수행</li> <li>• 특수대학원 강의시설 구축 및 강의교재 개발</li> </ul>
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 온실 수준에서 유묘검증을 통해 여러 기주별, 병원세균의 발병농도 검증</li> <li>• 해충에 의해 감염되는 숙주질병에서 자가포식체가 미치는 영향 분석</li> <li>• 목재류 및 목재포장재에 대한 소독 조건(온도 및 처리조건) 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식물병원성세균의 증식 및 식물체 내 이동 여부는 비접종엽의 병징(이행병징)발현 유무에 따라 판단함.</li> <li>• 이행병징 확인은 접종일로부터 1개월 경과 후 접종잎이 아닌 다른 잎을 채취하여 PCR 검사하여 식물병원성 세균에 의한 발병여부를 확인함.</li> <li>• 감염성 해충에 의해 발생하는 숙주질병에서 자가포식체가 미치는 영향 분석</li> <li>• 목재류 및 목재포장재에서 서식하는 병원균의 사멸조건 확립; 물리적 소독: 온도/시간/압력 등, 화학적 소독: MB 훈증 등</li> </ul>
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식물병원세균에 의해 발병되는 농도 확립</li> <li>• 기주별 발병농도를 확인 할 수 있는 real-time PCR 조건 설정</li> <li>• 감염병해충과 숙주의 자가포식체 조절을 통해 감염병해충의 방제효과 분석</li> <li>• 중규모 실증시험을 통한 목재류 및 목재포장재 처리 결과 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 수입 묘목류 및 구근류에서 발생하는 대상 식물병원세균의 발병농도에 따른 real-time PCR 조건 (사이클 수 및 Ct값) 확립</li> <li>• 감염성 해충의 자가포식작용 조절이 해충의 발생/생리에 미치는 영향 분석 및 자가포식작용 조절이 숙주질병에 미치는 영향 분석</li> <li>• 2차년도까지 확립된 선발된 조건을 이용하여, 주요 수입 목재류 및 목재포장재에 대해 중규모 실증시험 수행 후 결과 확인 및 분석</li> </ul>

## <제3핵심 연구과제 : 농작물 병해충 종합적 방제 기술 개발> (전남대)

### 1) 연구 배경과 필요성

- 최근 원예특용작물의 재배면적 증가, 작목의 다양화에 따라 병해충 방제 기술이 절실하며 FTA 확대에 따른 수입 농산물의 유입에 따라 수입 작물과 함께 국내로 침입 가능한 병해충의 종류도 증가되고 있는 추세임
- 장기적으로 안정적인 원예작물의 생산을 위해서는 농가현장에서 요구하는 종합적 방제 기술 및 예방 관리에 대한 종합적인 자료의 생산과 농가 기술보급이 시급함
- 최근 다양한 작물의 수입이 증가하고 작목의 다양화로 인해 유해한 원예작물 병해충의 유입·정착화 되어 과수, 채소, 난 등 다양한 원예작물에 피해를 주고 있는 실정임
- 농업현장에서는 병해충뿐만 아니라 여러 가지 요인으로 이상증상이 복합적으로 발생하고 있으며, 기후이상변화에 따른 돌발 병해충 발생 등으로 병해충 발생이 증가하고 있어 기존의 병해충뿐만 아니라 새롭게 발생하는 병해충에 대한 신속한 진단, 방제 기법 및 관리방안 수립이 필요한 실정임

### 2) 연구목표 및 내용

연 차	연구목표	연구내용
1차년도	· 원예작물 주요 병해충 화학적 방제 실태 조사 및 바이러스병 방제 기술 조사	·농업현장의 주요 병해충 방제 농약 사용 실태 조사 ·식물바이러스 유래 항바이러스 및 식물면역 증가 소재 조사
2차년도	· 원예작물 주요 병해충 방제 농약 저항성 관리법 확립 및 바이러스병 억제제 개발	·원예작물 주요 병해충 방제 농약저항성 관리법 확립 ·RNAi 기반 타겟 식물바이러스 억제제 개발 및 효과 검증
3차년도	· 원예작물 주요 병해충 화학적 방제법 개발 및 바이러스병 방제 기술 개발	·원예작물 주요 병해충 화학적 및 면역 활성화제 적용 및 방제방법 확립 ·식물바이러스 입자 기반 백신 플랫폼 개발

- 화학적 방법에 기반한 원예작물 주요 병해충 방제 효과를 제고하기 위해 주요 원예작물에 적용되고 있는 농약저항성을 확인하고 관리 방안에 대한 노력이 요구됨.
- 원예작물 주요 병해충 화학적 약제 저항성 및 바이러스병 방제 기술 조사
- 제주도에 만감류 농가가 증가하고 있고, 농가 소득에 중요한 기여를 하고 있음
  - 최근 제주도에서 바이러스 감염으로 인한 피해를 호소하고 있는 실정
  - 그 결과 만감류 농가로부터 바이러스 감염여부에 대한 관심도 증가와 감염여부에 대한 수요 증가
  - 따라서 본 연구에서 만감류(한라봉, 레드향, 황금향, 천혜향)으로 바이러스 감염실태를 조사하고자 함
- 가) 해충으로서의 들깨잎말이명나방
  - 들깨잎말이명나방(*Pyrausta napealis*)은 나비목(Lepidoptera) 명나방과(Pyralidae) 들명나방아과(Pyraustinae)에 속함. 국내를 포함하여 중국, 일본, 인도를 포함한 동남아시아권, 남아메리카, 호주까지 분포하며, 박하과(Lamiaceae)의 식물과 차조기에 피해를 준다고 알려져있음(Jo et al., 1986; Bae, 2001). 국내에서는 과거 들깨잎말이명나방의 가해 작물인 들깨나 차조기의 재배 면적이 한정되어 주요 해충으로 대두되지 않았으나, 들깨 재배 농가의 증가에 따라 들깨 재배지역의 확장에 따라 들깨잎말이명나방은 들깨를 가해하는 주요 해충으로 대두됨(Jo et al., 1986;

Seol and Goh, 1990). 들깨잎말이명나방의 성충은 들깨잎 뒷면에 산란하며, 부화한 유충은 잎의 엽병 부위에서부터 엽순으로 이동하면서 가해하고 심할 경우 줄기를 부러뜨려 더 이상의 수확을 못하도록 하여 경제적 피해를 입힘(Choi et al., 2007).

나) 들깨잎말이명나방의 높은 유전적 다양성

- 과거 국내 해충 발생 연구 중 들깨잎말이명나방의 바코드 영역 분석 결과, 종 내 최대 7.82%의 염기서열 차이가 존재함을 확인한 바 있음.
  - 바코드 영역은 미토콘드리아 DNA의 COI (Cytochrome Oxidase I) 유전자 중 5' 영역 658-bp를 일컬으며 Hebert et al. (2003)의 제안으로 전세계적으로 동물 종 구별을 위해 사용되고 있음.
  - 곤충 종 내 바코드 영역의 변이율은 다양한 수준으로 예를 들어, Domestic silkworm (*Bombyx mori*)은 종 내 최대 0.2%의 변이율을 보이며(Kim et al., 2000b), diamondback moth (*Plutella xylostella*)는 종 내 최대 1.4%의 변이율을 보임(Kim et al., 2000a). 이를 기준으로 들깨잎말이명나방 종 내 변이율인 7.82%는 분명 매우 높은 변이율임.
  - 기존 Genbank에 등록된 들깨잎말이명나방의 바코드 영역의 염기서열에 대해서는 큰 차이가 존재하는 이유에 대해 언급된 바 없으나 현재까지 밝혀지지 않은 종분화 가능성 그리고 미기록종의 존재 가능성의 추론이 가능하나, 소수 개체만이 큰 유전적 변이를 보이고 있는 점과 형태적 차이에 대한 연구결과가 존재하지 않는 점으로 이러한 가설에 대한 충분한 근거가 없는 실정임.
  - 그러므로 본 연구에서는 일차적으로 들깨잎말이명나방이 채집되었던 지역을 중심으로 추가 채집을 통해 다수 개체를 확보하고, 이들에 대해 바코드 영역을 분석함과 동시에 형태적 특징의 분석을 통한 차이점 존재 여부를 비교하여 우리나라에 분포하는 들깨잎말이명나방의 유전적 및 형태적 특징을 구명함으로써 종 분화 가능성 및 미기록 종 존재 가능성을 확인하고자 함.
- 최근 원예특용작물의 재배면적 증가, 작목의 다양화에 따라 병해충 방제 기술이 절실하며 FTA 확대에 따른 수입 농산물의 유입에 따라 수입 작물과 함께 국내로 침입 가능한 병해충의 종류도 증가되고 있는 추세임.
    - 장기적으로 안정적인 원예작물의 생산을 위해서는 농가현장에서 요구하는 종합적 방제 기술 및 예방 관리에 대한 종합적인 자료의 생산과 농가 기술보급이 시급함.

### 제3핵심 연구과제 -2. 시설채소 병해충 조기진단법 및 친환경 방제법 개발 (정우진)

#### 1) 연구 배경과 필요성- 이후 간격맞추기

- 전라남도 농산물 소득 1위 작물: 2019 농산물 소득자료집에 의하면 오이, 토마토, 호박, 딸기 등 시설채소류는 전라남도 농산물 소득 순위에서 최상위를 차지함
- 오이, 고추, 토마토, 딸기 등 채소류는 시설하우스 내에서 주로 재배됨. 밀폐된 포장 환경으로 병해충이 단시간에 크게 발생할 위험이 있기도 하지만 시설 내 환경조건을 잘 관리하고 저독성 약제를 적절하게 사용하면 병해충 초기 방제가 가능함
- 노지와 달리 겨울철 시설 내로 병해충이 진입할 가능성이 높은 작물들로 토마토 흰가루병, 토마토 잣빛 곰팡이병, 오이 노균병, 딸기 흰가루병, 딸기 잣빛 곰팡이병, 상추 노균병 등 일반병해충이 쉽게 발생함
- 곰팡이류 병균의 경우 한번 발생하면 쉽게 제거되지 않고 지속적으로 피해를 입게 되므로 예찰을 확실히 하여 초기에 방제할 필요가 있음. 기후변화에 따라 겨울철 이상 고온 현상이 발생하고 이에 따라 시설로 유입되는 병해충의 빈도가 상승하는 등 시설채소류에 대한 관리에 어려

움이 증대되고 있음

- 향후 탄소배출 등 기후변화에 따른 병해충 방제 대책으로 바이오를 사용한 자원과 신소재 시장이 확대되면서 생리활성기능이 증진된 식물, 미생물, 천연물 및 이들로부터 유래한 소재나 생화학적 기술이 적용된 병해충 방제제 시장이 형성되고 있음

## 2) 연구 목표 및 내용

연 차	연구목표	연구내용
1차년도	·시설채소 병해충 조기 진단 기술 개발	·미량의 곰팡이 시료에서 병해 포자 동정 기술 개발 ·곰팡이병에 대한 작물 저항성 유도 미생물, 천연물 소재 스크리닝 ·검역대상 식물병원균의 분자분류체계 개발 ·토양개량제가 시설채소 재배 토양의 미생물 군집에 미치는 영향
2차년도	·시설채소 병해충 조기 진단 기술 활용 및 친환경 작물보호제 개발	·생물농약 후보물질 도출 및 생물농약 제제 개발 ·천연물 이용 신소재 바이오물질의 생물적·생화학적 분석 ·식물병원균의 조기검출을 위한 분자분류체계 개발 ·토양개량제가 시설채소 성장 중 식물-토양 미생물 상호관계
3차년도	·시설채소용 친환경 농법 개발	·식물병원균의 조기검출을 위한 분자분류체계 개발 ·개발된 생물농약을 활용한 친환경 농법 도출 ·신소재 바이오물질의 생물검정 ·토양개량제가 병해충 방제를 위한 생물농약 제제 내 미생물 활성

### • 식물병원균의 분자계통분류 (이항범)

다양한 식물병원균의 분자계통분류(molecular phylogenetic systematics)는 유전자염기서열분석에 기초하여 이루어지며 식물병의 정확한 진단(diagnosis)이나 원인균의 신속한 검출(detection)을 위해 매우 중요한 과정임. Genomic DNA(gDNA)로부터 얻어진 rDNA ITS(internal transcribed spacer, 내부전사영역), large subunit(LSU)과 단백질암호화 유전자를 포함한 다양한 복합유전자(multi loci)를 증폭하여 신속하게 근연관계의 상동성 분석을 통한 계통분류학적 지위(phylogenetic status)를 파악하는 것임. 이러한 단계별 과정을 정리하면, 분리된 균류의 배양체 및 균체로부터 gDNA 추출, PCR을 통한 특정 염기서열 증폭, 데이터베이스의 염기서열과 비교하여 병원균을 동정(identification) 하는 것임. 1-2차년도에 이어 다양한 수목류에 발생한 흰가루병의 관찰, 이병시료(병반)로부터 균체 확보, 유전자 추출, 분자 및 형태분류 과정을 소개하고자 함.

### • 친환경 미생물 제제인 생물비료 발굴 (구연종)

친환경 미생물 제제인 생물비료 발굴을 위해 해조류가 가지는 특수한 탄수화물인 알긴산과 후코이단을 분해하는 미생물을 선발하고 이들 중 작물 성장 촉진 효과가 있는 미생물을 선발함

### • 토양개량제가 토양의 자연 방제 기능에 미치는 영향 연구 (조은혜)

- 작물의 미생물 군집은 토양 미생물 군집에 영향을 받고, 토양 미생물 군집은 토양의 건강상태에 영향을 받음
- 토양에 영양분 등을 주입하여 작물 재배에 적합하게 하려고 다양한 토양개량제가 사용되고 있고, 이러한 토양개량제는 토양의 물리·화학적 특성 및 미생물 군집에 변화를 초래함
- 토양의 물리·화학적 특성 및 미생물 군집 변화는 토양 고유의 자연 방제 기능에도 영향을 미칠 수 있음
- 따라서 본 연구에서는 토양개량제가 토양의 특성 및 미생물 군집에 미치는 영향을 파악하고, 나아가 작물 성장에 미치는 영향을 알아보하고자 함

- 또한, 화학물질 또는 외부 미생물을 이용한 토양 또는 작물 유래 병원성균에 대한 방제는 원래 토양 생태계에 영향을 줄 수 있음
- 따라서 토양 내 토착미생물을 활용한 토양의 방제 기능을 알아보기 위해 토양개량제를 주입한 토양과 그렇지 않은 토양을 이용해 방제 효과가 있는 토양 미생물을 분리하고자 함
- 본 연구의 목표와 연구내용은 다음과 같음

연구목표	연구내용
토양개량제가 토양 특성에 미치는 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토양개량제가 토양 특성에 미치는 영향에 대한 문헌 조사</li> <li>• 토양개량제가 토양 특성에 미치는 영향 파악</li> </ul>
토양개량제가 생물 성장에 미치는 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토양개량제가 작물 성장에 미치는 영향 파악</li> </ul>
식물병원성균에 방제 효과를 가지는 토양 토착미생물 분리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토양개량제를 이용해 배양한 토양미생물의 식물병원성균에 대한 억제 효과 탐색</li> <li>• 식물병원성균에 억제 효과를 가지는 토양미생물의 분리</li> </ul>

• **친환경 병해충 방제를 위한 유용미생물의 특성 연구 (김길용/정우진)**

신소재 바이오 물질의 개발 및 응용 기술이 확대되면서 유용 미생물과 천연자원 등 이들로부터 유래한 소재나 생화학적 기술이 적용된 병해충 방제제 개발을 위한 연구기반 구축에 의한 원천 및 기반기술 확보에 의한 연구개발을 하고자 함.

## 나. 연구개발과제의 수행과정 및 수행내용

### <제1핵심 연구과제: AI기반 병해충 관리 시스템 구축>(전북대)

#### 제1핵심 연구과제 -1. AI기반 병해 모니터링 및 정밀진단기술 개발 (주호종)

##### 1) AI 기반 PepMoV와 고추탄저병 모니터링 기반 구축

###### 가) 연구 개요



- 공개된 AI 학습용 데이터를 수집하여 전처리함
- 딥러닝 이미지 분류 모델을 디자인하고 훈련 데이터로 학습시킴
- 해당 모델의 하이퍼파라미터 조정 및 다양한 모델을 탐구함으로써 데이터에 가장 적합한 모델을 찾음
- 테스트 데이터셋으로 평가를 진행하여 성능을 측정함

###### 나) 데이터 수집

###### (1) AI Hub 통한 이미지 데이터 수집

- AI Hub: 지능정보산업 인프라 조성사업으로 추진한 AI 학습용 데이터(14개 분야)와 국내외 기관/기업에서 보유한 AI 학습용 데이터를 공개한 플랫폼

###### (가) 농축수산 분야 데이터 구축 현황

드론 농경작지 촬영 영상, 시설 작물 개체 이미지, 노지 작물 질병 진단 이미지 등 총 71개의 데이터셋이 구축

###### - 데이터 구축년도

2017년 ~ 2022년

###### - 데이터 유형

텍스트, 이미지, 영상, 음성

###### - 데이터 형식

csv, png, jpg, mp4, wav

###### - 라벨링 유형

bounding box, polygon, segmentation

###### - 라벨링 형식

json

###### (나) 해당 연구 활용 데이터셋: 노지 작물 질병 진단 이미지

노지 작물의 질병 진단을 위한 주요 작물(10종) 질병 이미지 데이터

- 실제 촬영본 27만 건 (정상 24만 건, 질병 3만 건)을 활용하여, 각각 정상 작물 이미지 10만 건, 질병 원본 이미지 2만 건, 질병 증강 이미지 20만 건을 포함, 작물 10종에 대해 총 35만 건의 노지작물 질병 학습 데이터 도출

작물명	병명	구축수량
정상	-	154,132
고추	고추탄저병	13,145
	고추흰가루병	12,562
무	무검은무늬병	9,664

	무노균병	4,416
배추	배추검은썩음병	16,640
	배추노균병	8,800
애호박	애호박노균병	11,248
	애호박흰가루병	9,376
양배추	양배추균핵병	7,152
	양배추무름병	3,504
오이	오이노균병	7,792
	오이흰가루병	8,064
콩	콩불마름병	10,944
	콩점무늬병	17,008
토마토	토마토잎마름병	4,416
파	파검은무늬병	19,024
	파노균병	4,864
	파녹병	17,728
호박	호박노균병	4,144
	호박흰가루병	4,528
합계		349,151

- 촬영 사진 내에서 관찰 대상인 부위를 관심 영역으로써 bounding box annotation을 1차 수행, 해당 영역 내에서 관찰되는 정상/질병에 대한 class number 할당
- 질병으로 분류된 이미지를 바탕으로 각종 transform 기법으로 증강 데이터 생성

		
Class Name	Healthy fruit	Anthracnose
Number of data	674	675

- 본 연구에서는 정상 고추 및 고추탄저병 이미지 중 라벨링 전의 원천 데이터를 활용
- 원천 데이터는 잎, 줄기, 꽃, 과실 등 작물의 다양한 범위를 포함하여 구축되었으나, 본 연구에서 활용하고자하는 탄저병은 과실에만 병징을 나타내기 때문에 과실 이미지만 활용

## (2) 직접 수집

- PepMoV 접종엽 사진 수집



Class Name	Healthy leaf	PepMoV leaf	Healthy fruit	Anthracnose
Number of data	625	1766	1,726	1,382

- 장소: 전북 전주시 백제대로 567 전북대학교 농생물학과 3호관 뒤편 텃밭 및 부속 온실

## 다) 데이터 전처리

데이터를 분석 및 처리에 적합한 형태로 만드는 과정

### (1) 필요한 라이브러리 가져오기

```
import numpy as np # 다차원 배열을 다루기 위한 라이브러리
import pandas as pd # 데이터프레임을 다루기 위한 라이브러리
import matplotlib.pyplot as plt # 데이터 시각화를 위한 라이브러리
import tensorflow as tf # 딥러닝을 위한 라이브러리
import cv2 # 영상 처리 및 컴퓨터 비전을 위한 OpenCV 라이브러리
import glob # 파일 경로를 지정하여 여러 파일을 한 번에 처리하기 위한 라이브러리
from tensorflow.keras.utils import image_dataset_from_directory # 데이터 형태 변환
from tensorflow.keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator # 이미지 데이터 증강을 위한 라이브러리

# Keras에서 레이어 및 옵티마이저 가져오기
from tensorflow.keras.layers import Input, Conv2D, Dropout, Flatten, Activation, MaxPooling2D, Dense, BatchNormalization
from tensorflow.keras.optimizers import Adam

# scikit-learn에서 train_test_split 함수 가져오기
from sklearn.model_selection import train_test_split # 데이터를 훈련 및 테스트 세트로 분리하기 위한 라이브러리

# Keras에서 콜백 가져오기
from tensorflow.keras.callbacks import ReduceLROnPlateau, EarlyStopping, ModelCheckpoint,
# 학습률 감소, 조기 종료, 모델 체크포인트 저장 기능을 제공하는 함수

# Keras에서 유틸리티 함수 가져오기
from tensorflow.keras.utils import to_categorical # 원-핫 인코딩을 위한 유틸리티 함수
from tensorflow.keras.models import Model, load_model # 모델 구성 및 저장을 위한 함수

# 일반적인 용도를 위한 os 및 time 가져오기
import os # 운영 체제 관련 기능을 사용하기 위한 라이브러리
import time # 시간과 관련된 기능을 사용하기 위한 라이브러리
```

### (가) 파이썬 딥러닝 도구: 텐서플로(Tensorflow), 케라스(Keras)

#### - 텐서플로(Tensorflow)

구글에서 만든 파이썬 기반의 무료 오픈 소스 머신 러닝 플랫폼  
병렬화된 하드웨어 가속기인 GPU와 TPU에서도 실행 가능

#### - 케라스(Keras)

## 텐서플로 위에 구축된 파이썬용 딥러닝 API



텐서플로는 저수준 텐서 컴퓨팅 플랫폼이고 케라스는 고수준 딥러닝 API

### (2) 데이터 로드

```
import os
import shutil
import pathlib

health_dir='/kaggle/input/chili-pepper/Kaggle_upload/Healthy/'
anth_dir = '/kaggle/input/chili-pepper/Kaggle_upload/Anthracnose/'

ds_health = glob.glob(health_dir+'*.jpg')+glob.glob(health_dir+'*.JPG')+glob.glob(health_dir+'*.JPEG')
ds_anth = glob.glob(anth_dir+'*.jpg')+glob.glob(anth_dir+'*.JPG')+glob.glob(anth_dir+'*.JPEG')

# subset 생성
def make_subset(subset_name, start_index, end_index, ds_health, ds_anth):
    new_base_dir = pathlib.Path('new_subset')
    for category_name, category in [('health', ds_health), ('anth', ds_anth)]:
        dir = new_base_dir / subset_name / category_name
        os.makedirs(dir, exist_ok=True)
        fnames = category[start_index:end_index]
        for idx, fname in enumerate(fnames):
            extension = pathlib.Path(fname).suffix
            new_fname = dir / f"{idx}{extension}"
            shutil.copy(fname, new_fname)

# 이미지 파일 순서대로 정렬
ds_health = sorted(ds_health)
ds_anth = sorted(ds_anth)

make_subset("train", start_index=0, end_index=400, ds_health=ds_health, ds_anth=ds_anth)
make_subset("validation", start_index=400, end_index=450, ds_health=ds_health, ds_anth=ds_anth)
make_subset("test", start_index=450, end_index=500, ds_health=ds_health, ds_anth=ds_anth)
```

### (3) 전처리 및 데이터 생성

#### (가) 네트워크에 주입하기 위한 형태로 변환

- 사진 파일 가져오기
- JPG 콘텐츠를 RGB 픽셀 값으로 디코딩
- 부동 소수점 타입의 텐서로 변환
- 동일한 크기의 이미지로 변환
- 배치로 묶음

```

new_base_dir = pathlib.Path('new_subset')

train_dataset = image_dataset_from_directory(new_base_dir / "train",
                                             image_size=(256,256),
                                             batch_size=16)
validation_dataset = image_dataset_from_directory(new_base_dir / "validation",
                                                  image_size=(256,256),
                                                  batch_size=16)
test_dataset = image_dataset_from_directory(new_base_dir / "test",
                                           image_size=(256,256),
                                           batch_size=16)

```

## (나) 데이터 증강

- 학습할 샘플이 너무 적어 새로운 데이터에 일반화할 수 있는 모델을 훈련시키지 못 할 경우 과대적합(Overfitting)문제가 발생
- 기존 훈련 데이터로부터 더 많은 훈련 데이터를 생성하는 데이터 증강(Data Augmentation)을 수행
- 모델 시작 부분에서 여러 개의 데이터 증강층을 추가

```

data_augmentation = keras.Sequential(
[
    layers.RandomFlip("horizontal_and_vertical"), # 랜덤하게 이미지를 뒤집음
    layers.RandomRotation(0.2), # [-20%, +20%] 범위 안에서 랜덤한 값만큼 이미지를 회전
    layers.RandomZoom(0.2) # [-20%, +20%]범위 안에서 랜덤한 비율만큼 이미지를 확대 또는 축
])

```

## (다) Center Crop

- 이미지의 센터를 정사각형으로 잘라서 타겟으로 하는 고추 이외에 background로 인한 간섭을 최소화

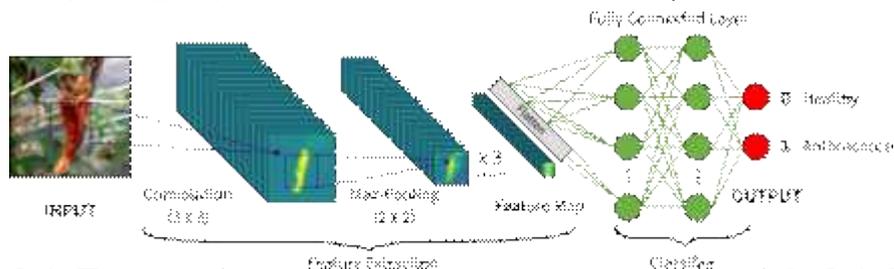
```

def crop_image(img):
    # 입력 이미지의 형태 가져오기
    h, w, _ = img.shape
    # 이미지 크기 설정
    crop_size = 224
    # 자르기 시작할 지점 계산
    start_y = int((h - crop_size) / 2)
    start_x = int((w - crop_size) / 2)
    # 이미지 자르기
    crop_img = img[start_y:start_y + crop_size, start_x:start_x + crop_size, :]
    return crop_img

```

## 라) 모델 구성

### (1) 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)



- 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)은 합성곱 연산을 사용하는 인공신경망(Artificial Neural Network, ANN) 중의 하나임.

- 합성곱 신경망은 크게 합성곱층과(Convolution layer)와 풀링층(Pooling layer), 완전 연결층(Fully connected layer)으로 구성
- 합성곱층과 풀링층을 반복하여 거치면서 이미지로부터 특징을 추출

#### (가) 합성곱층(Convolution layer)

- 합성곱층은 합성곱 연산을 통해 (높이, 너비, 채널)이라는 3차원의 텐서 이미지 데이터로부터 특징을 추출하는 역할을 함
- \*높이는 이미지의 세로 방향 픽셀 수, 너비는 이미지의 가로 방향 픽셀 수, 채널은 색 성분을 의미
- 3 x 3 크기의 행렬로 구성된 필터로 이미지를 훑으며 겹쳐지는 부분의 이미지와 커널의 원소값을 곱해서 모두 더한 값을 출력
- 필터의 크기와 이동 범위는 사용자가 정할 수 있음

#### (나) 풀링층(Pooling layer)

- 풀링층은 합성곱층의 출력을 다운샘플링하여 공간적인 크기를 줄임
- 최대 풀링(Max pooling)은 입력 영역에서 가장 큰 값을 선택하여 출력으로 사용
- 입력 데이터의 공간적인 크기를 줄이면서 중요한 특징을 보존하는 데 활용

#### (다) 완전연결층(Fully connected layer)

- 완전 연결층은 합성곱과 풀링 과정을 거친 특징 맵을 일렬로 펼친 후, 인공신경망의 은닉층에 연결하여 최종 예측을 수행
- 각 뉴런이 이전 층의 모든 뉴런과 연결되어 있는 구조
- 이를 통해 입력 데이터의 공간적인 위치 정보를 상실하지만, 다양한 특징을 조합하여 복잡한 패턴을 학습할 수 있음
- 주로 분류와 같은 고수준의 작업에 사용되며, 출력층으로 전달되어 최종 예측 결과를 도출

#### (라) 코드 구현

```

IMAGE_SIZE = 256
BATCH_SIZE = 16
CHANNELS = 3 # Color, RGB channel
EPOCHS = 100

input_shape = (BATCH_SIZE, IMAGE_SIZE, IMAGE_SIZE, CHANNELS)
n_classes = 2

model = models.Sequential([

    layers.Conv2D(32, kernel_size = (3,3), activation='relu', input_shape=input_shape), # 합성곱층
    layers.MaxPooling2D((2, 2)), # 풀링층

    layers.Conv2D(64, kernel_size = (3,3), activation='relu'),
    layers.MaxPooling2D((2, 2)),

    layers.Conv2D(64, kernel_size = (3,3), activation='relu'),
    layers.MaxPooling2D((2, 2)),

    layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'),
    layers.MaxPooling2D((2, 2)),
    layers.Dropout(0.5),

    layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'),
    layers.MaxPooling2D((2, 2)),

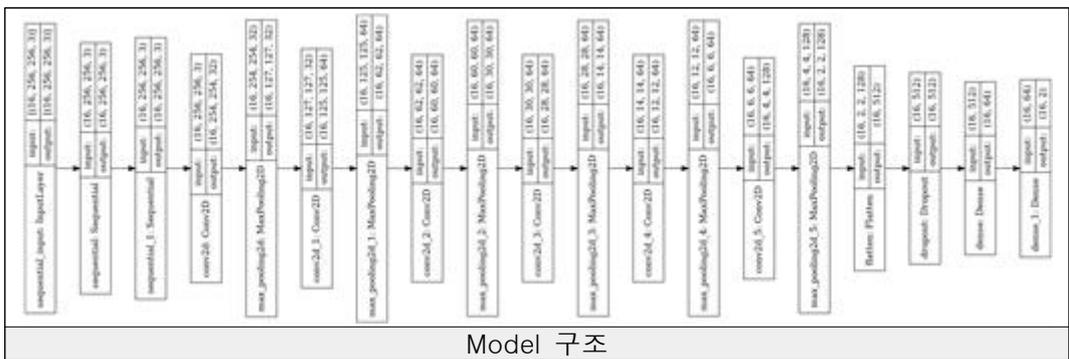
    layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'),
    layers.MaxPooling2D((2, 2)),

    layers.Conv2D(128, (3, 3), activation='relu'),
    layers.MaxPooling2D((2, 2)),

    layers.Flatten(),
    layers.Dropout(0.5),
    layers.Dense(64, activation='relu'), # 완전연결층
    layers.Dense(n_classes, activation='softmax')
])

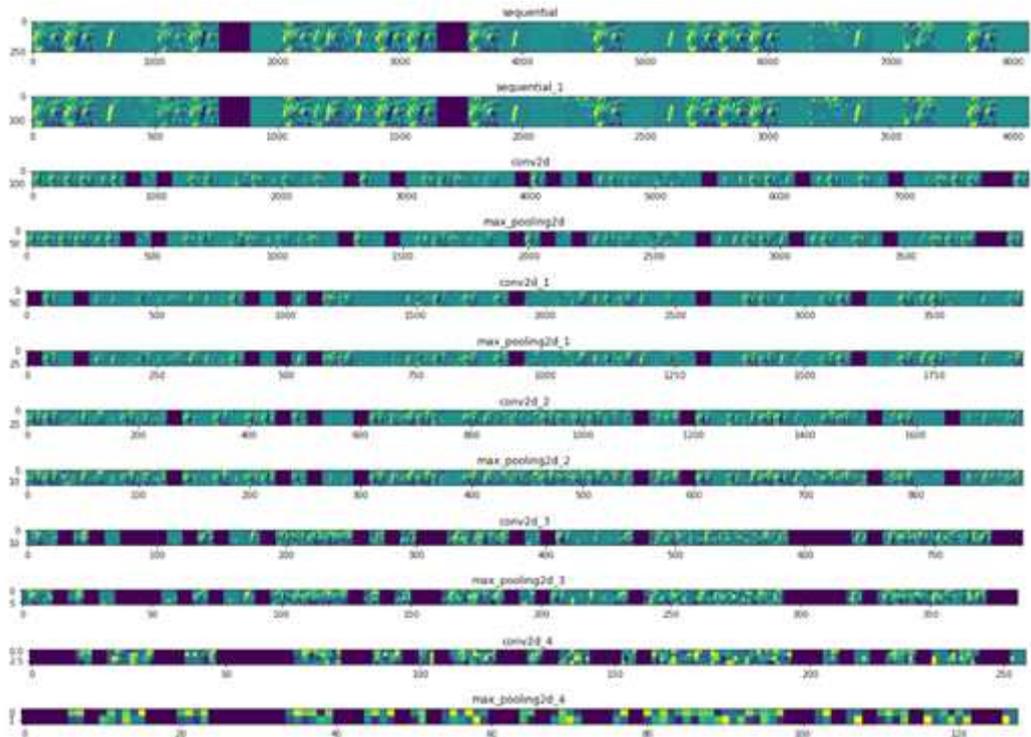
model.build(input_shape=input_shape)

```



Model 구조

## (2) 신경망 내부 feature 추출 과정 시각화



- 이미지를 input 시킨 후 convolution layer, max-pooling layer를 거치면서 각 픽셀에서의 특징을 추출
- Convolution layer에서는 지정된 필터 크기만큼 순회하면서 합성곱을 계산하여 채널 별로 피쳐 맵을 만듦
- Pooling layer에서 해당 출력값 중 최댓값을 모아서 다음 layer에 전달
- 해당 과정을 반복적으로 거쳐 입력 데이터로부터의 특징을 추출
- 시각화를 통해 모델 내부 특징 추출 과정을 파악 가능

## (3) 모델 컴파일

### (가) 손실함수(Loss function)

- 훈련 과정에서 최소화할 값
- CategoricalCrossentropy, SparseCategoricalCrossentropy, BinaryCrossentropy, MeanSquaredError, KLDivergence, CosineSimilarity, 등

### (나) 옵티마이저(Optimizer)

- 손실 함수를 기반으로 네트워크를 업데이트 할 방법
- 특정 종류의 확률적 경사 하강법(SGD)으로 구현
- SGD, RMSprop, Adam, 등

### (다) 학습률(Learning rate)

- 손실 함수의 최소값을 향해 이동하면서 각 반복에서의 단계 크기
- 손실 함수의 기울기에 따라 해당 방향으로의 학습 단계를 결정
- 학습률이 너무 높으면 학습이 최소값을 뛰어넘고 학습률이 너무 낮으면 수렴하는 데 너무 오랜 시간이 걸리거나 바람직하지 않은 로컬 최소값에 갇힘

### (라) 측정지표(metric)

- 훈련과 검증 과정에서 모니터링할 척도

- CategoricalAccuracy, SparseCategoricalAccuracy, BinaryAccuracy, AUC, Precision, Recall, 등

(마) 코드 구현

```
model.compile(loss="sparse_categorical_crossentropy",optimizer=Adam(0.001), metrics=['accuracy'])
```

(4) 모델 호출

- fit() 메서드를 사용하여 훈련 루프 구현
- 훈련할 데이터 입력
- 훈련 루프 반복 횟수 설정(=에포크)
- 미니 배치 경사하강법의 각 에포크에서 사용할 배치 크기 설정

```
history = model.fit(train_ds, # input
                    validation_data=valid_ds, # 훈련 타겟
                    epochs=EPOCHS,# 훈련 루프 반복 횟수
                    batch_size=16 # 가중치 업데이트 단계에서 그래디언트 계산 시 사용될 훈련 샘플 수
                    )
```

마) 전이 학습(Transfer learning) 구성

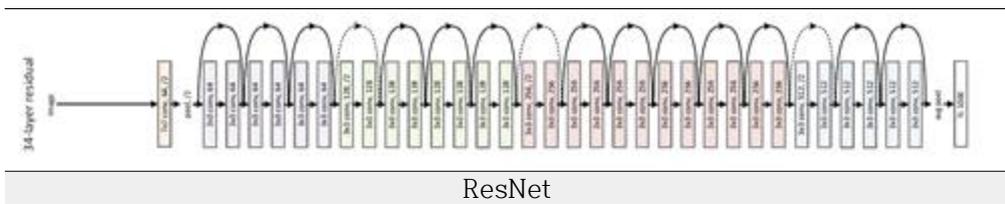
(1) 개념

- 전이학습(Transfer learning): 약 140만개의 초대형 데이터 세트로 사전에 훈련된 모델을 사용하여 새로운 문제를 해결하는 딥러닝의 한 가지 접근 방식

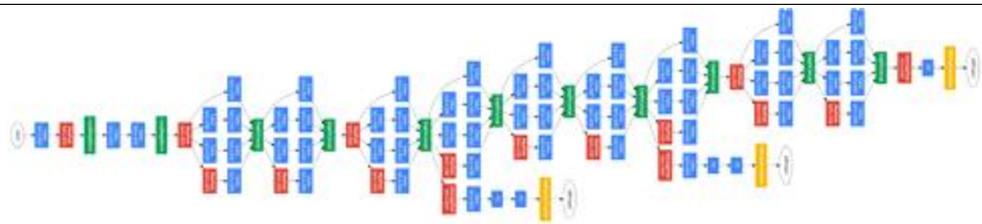
(2) 연구 진행 순서

(가) 사전 훈련된 모델 선택

ResNet, GoogleNet(Inception), Xception 등

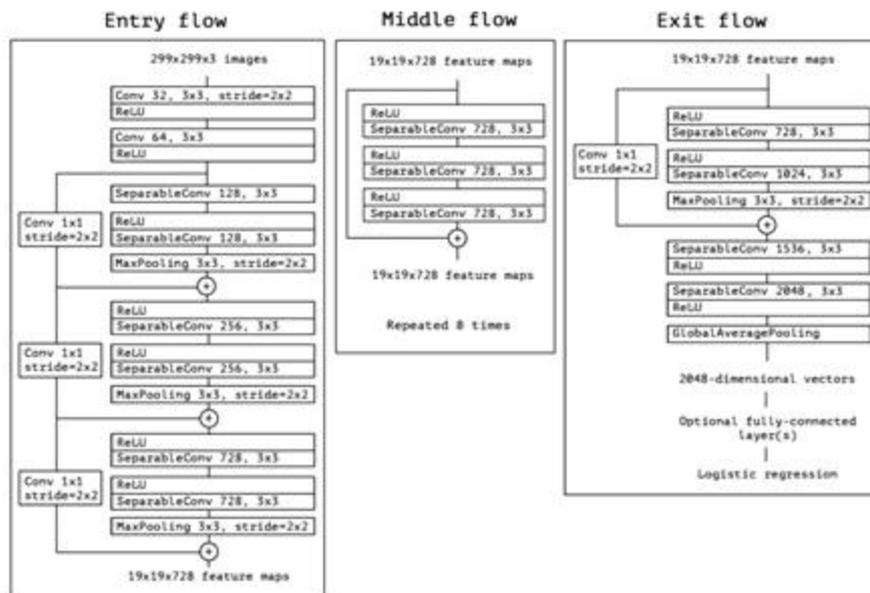


- Microsoft 연구팀이 개발한 모델
- 깊은 네트워크에서 발생하는 학습의 어려움을 해결하기 위해 제안
- ResNet의 핵심은 잔차 연결(Residual Connection)로, 이전 레이어의 출력을 몇 개 층을 건너 뛴 뒤에 있는 레이어의 입력에 더하는 방식
- 역전파 시 신호 감쇠 문제를 완화하고, 깊은 네트워크의 학습이 가능
- GoogleNet(Inception)



GoogleNet(Inception)

- Google의 연구팀이 개발한 모델
  - Inception 모듈이라는 새로운 구조를 제안
  - Inception 모듈은 여러 크기의 컨볼루션 필터와 풀링 연산을 동시에 수행하고, 그 결과를 병합하는 방식으로 작동
  - 네트워크가 다양한 스케일의 특징 학습 가능
- Xception
- Google의 연구팀이 개발한 모델
  - Inception 구조를 확장한 형태
  - Xception은 각 채널에서의 공간적 연산과 채널 간의 교차 연산을 분리하는 방식으로 작동
  - 모델의 성능을 향상시키면서도 파라미터 수는 줄일 수 있음



Xception

### (나) 새로운 Classifier 추가

- 특징 추출기의 출력에 새로운 분류기 레이어를 추가하여 분류기 레이어를 제외한 모든 레이어의 가중치를 고정하고, 분류기 레이어만 학습
- 사전 훈련된 모델의 마지막 몇 개 레이어를 제거하고, 나머지 부분을 특징 추출기로 사용하여 새로운 데이터셋에 대한 특징을 추출

### (3) 장점

- 큰 데이터셋에 대해 처음부터 모델을 훈련시키는 것에 비해 시간과 계산 리소스를 절약

- 사전 훈련된 모델에서 학습한 특징들을 재사용하여 새로운 문제를 더 빠르게 해결 가능
- 데이터가 부족하거나, 학습 리소스가 제한된 경우에 유용

#### (4) 코드 구현

```

from tensorflow.keras.applications import VGG16, Xception, inception_v3, ResNet50V2
from tensorflow.keras.layers import Dense, Flatten
from tensorflow.keras.models import Model
from tensorflow.keras.layers import Input, Dense, Conv2D, Dropout, Flatten, Activation,
MaxPooling2D, GlobalAveragePooling2D

# 사전 훈련된 Xception 모델 불러오기
base_model = Xception(weights='imagenet', include_top=False, input_shape=(224, 224, 3))

# 모델의 모든 레이어를 동결
for layer in base_model.layers:
    layer.trainable = False

# 새로운 분류기 추가
x = base_model.output
x = GlobalAveragePooling2D()(x)
x = Dense(100, activation='relu')(x)
x = Dropout(0.2)(x)
preds = Dense(units=2, activation='softmax')(x)

# 새로운 모델 생성
model = Model(inputs=base_model.input, outputs=preds)

# 모델 컴파일
model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer='adam', metrics=['accuracy'])

# 모델 학습
model.fit(train_data, train_labels, epochs=10, validation_data=(val_data, val_labels))

from tensorflow.keras.utils import plot_model

```

#### 바) 모델 평가

##### (1) Confusion Matrix

- 분류모델의 성능을 평가하는 데 사용
- 모델이 예측한 결과와 실제 결과를 비교하여 만들어지는 행렬

##### (가) TP (True Positive)

실제 양성인 샘플 중 모델이 양성으로 예측한 샘플의 수

##### (나) TN (True Negative)

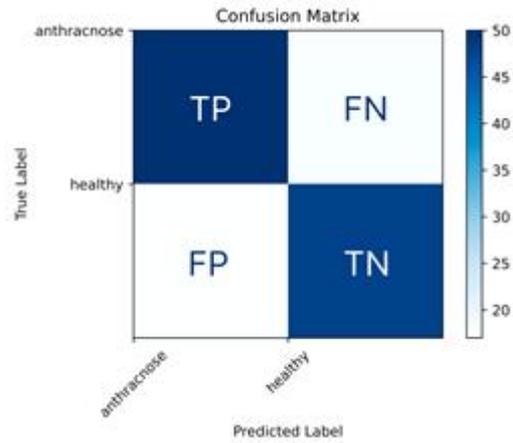
실제 음성인 샘플 중 모델이 음성으로 예측한 샘플의 수

##### (다) FP (False Positive)

실제 음성인 샘플 중 모델이 양성으로 예측한 샘플의 수

##### (라) FN (False Negative)

실제 양성인 샘플 중 모델이 음성으로 예측한 샘플의 수



## (2) 평가지표

### (가) Precision(정밀도)

- 모델이 양성 클래스로 예측한 샘플 중 실제로 양성 클래스인 샘플의 비율

$$Precision = TP / (TP + FP)$$

### (나) Recall(재현율)

- 모델이 실제 양성인 샘플 중 양성으로 정확하게 예측한 비율

$$Recall = TP / (TP + FN)$$

### (다) F1 Score

- Precision과 Recall의 가중 평균 값으로, 정밀도와 재현율이 균형을 이루는 경우 높은 값을 가짐.

$$F1\ score = 2 * (Precision * Recall) / (Precision + Recall)$$

### (가) Accuracy(정확도)

- 모델이 모든 샘플을 올바르게 예측한 비율

$$Accuracy = (TP + TN) / (TP + FP + TN + FN)$$

제1핵심 연구과제 -2. 시 기반 총해 모니터링 및 방제기술 개발 (신태영)

1) 작물 및 국내 발생 주요 해충 선정

가) 주요 작물 문헌조사 및 선정

- 근래 우리나라 농업의 시설재배(스마트팜) 면적의 증가함에 따라 본 연구 주요 작물은 시설재배지에서 많이 재배되는 작물을 초점에 두었고, 실험의 용이성, 경제성을 고려하여 오이 및 토마토를 최종 선정함.

- 오이: 우리나라 스마트팜 주요 재배 작물로 스마트팜 환경제어 기술을 이용하여 오이 재배 생산성이 높아지는 등 생산성과 수익성을 늘리기 위한 많은 프로젝트 등이 진행중.

- 토마토: 스마트팜 시설 재배에 가장 적합한 농산물로 소비자의 건강 관심 고조로 수요와 재배면적이 증가하고 있음. 우리나라 국민의 1인당 연간 토마토 소비량은 7.1 kg(2017년 기준)로 알려져 있음.

구분	2018	2017	2016	2015	2010	2005
○과채류	495.5	418.0	419.5	496.0	328.7	215.1
수박	101.3	111.2	93.1	120.7	66	63.6
오이	77.8	67.6	52.5	48.7	42.6	30.7
호박	287.5	212.6	234.6	295.7	188.4	83.1
가지	29.0	26.6	39.3	30.9	13.2	19.4
○엽채류	1296.7	1,188.7	1,167.9	987.3	1,165.6	765
배추	920.1	864.7	753.4	634.9	698.6	604.8
양배추	172.1	162.8	191.6	131.7	109.2	52.4
시금치	84.0	59.4	85.8	78.0	84.4	34.6
상추	46.3	45.4	48.1	54.5	60	25.8
미나리	34.0	28.8	48.6	53.9	77.6	33.2
쑥갓	10.4	9.0	14.5	12.9	16.8	14.2
부추	29.8	18.6	25.9	21.3	119.2	-
○근채류	688.0	583.5	618.4	576.3	575	377.4
무	550.8	464.5	486.3	425.2	450.4	321.5
당근	101.3	88.9	92.2	98.1	81.2	37.9
우엉	4.2	4.0	4.7	8.7	5.2	6.2
토란	6.6	3.3	6.8	4.6	7.2	-
연근	25.0	22.8	28.4	39.7	31.1	11.8

<노지 작물 생산량(단위: 10억 원)>

작물	작형	2017			2018		
		계			계		
		면적 (ha)	단수 (kg/10a)	생산량 (톤)	면적 (ha)	단수 (kg/10a)	생산량 (톤)
○ 과채류	소계	49,261	-	2,220,880	49,652	-	2,218,501
	노지	10,638	-	315,922	10,465	-	318,799
	시설	38,623	-	1,904,958	39,187	-	1,899,702
수박	소계	12,661	4,000	506,471	11,814	4,034	476,634
	노지	2,726	3,402	92,736	2,367	3,234	76,543
	시설	9,935	4,164	413,735	9,447	4,235	400,091
오이	소계	4,918	6,941	341,364	5,323	7,350	391,214
	노지	1,113	4,033	44,888	1,160	4,212	48,849
	시설	3,805	7,792	296,476	4,164	8,222	342,365

	소계	9,095	3,438	312,690	9,206	3,370	310,218
호박	노지	6,177	2,566	158,508	6,299	2,731	172,052
	시설	2,919	5,282	154,182	2,907	4,753	138,166
	소계	619	5,058	31,306	616	5,247	32,326
가지	노지	371	4,048	15,019	384	3,996	15,341
	시설	248	6,567	16,287	232	7,314	16,985
	소계	<b>50,404</b>	-	<b>2,977,038</b>	<b>51,094</b>	-	<b>3,025,467</b>
○ 업체류	노지	<b>40,934</b>	-	<b>2,680,876</b>	<b>42,057</b>	-	<b>2,764,606</b>
	시설	<b>9,470</b>	-	<b>296,162</b>	<b>9,037</b>	-	<b>260,861</b>
	소계	32,416	7,390	2,395,686	31,143	7,681	2,391,946
배추	노지	30,019	7,615	2,286,004	29,437	7,882	2,320,206
	시설	2,398	4,574	109,682	1,705	4,207	71,740
	소계	6,854	4,828	330,886	7,906	4,701	371,651
양배추	노지	6,854	4,828	330,886	7,906	4,701	371,651
	시설	-	-	-	-	-	-
	소계	4,598	1,403	64,529	5,084	1,441	73,239
시금치	노지	2,355	1,113	26,200	2,777	1,094	30,371
	시설	2,243	1,709	38,329	2,307	1,859	42,868
	소계	3,484	2,575	89,727	3,773	2,479	93,543
상추	노지	796	1,936	15,411	732	1,981	14,513
	시설	2,688	2,765	74,316	3,041	2,599	79,030
	소계	1,085	2,276	25,063	1,269	2,276	25,102
미나리	노지	546	2,276	12,427	767	1,688	12,949
	시설	539	2,344	12,636	502	2,421	12,153
	소계	319	2,039	6,505	310	1,989	6,158
숙갓	노지	24	1,817	436	15	1,899	291
	시설	295	2,057	6,069	294	1,993	5,867
	소계	1,646	3,927	64,642	1,611	3,963	63,828
부추	노지	340	2,798	9,512	423	3,461	14,625
	시설	1,306	4,221	55,130	1,188	4,142	49,204
	소계	<b>25,964</b>	-	<b>1,251,145</b>	<b>26,551</b>	-	<b>1,324,923</b>
○ 근채류	노지	<b>25,119</b>	-	<b>1,215,527</b>	<b>25,564</b>	-	<b>1,284,861</b>
	시설	<b>845</b>	-	<b>35,618</b>	<b>987</b>	-	<b>40,061</b>
	소계	22,728	5,099	1,158,979	23,406	5,275	1,234,561
무	노지	21,891	5,133	1,123,578	22,427	5,133	1,194,716
	시설	836	4,235	35,401	979	4,070	39,845
	소계	2,207	3,354	74,027	2,154	3,396	73,143
당근	노지	2,207	3,354	74,027	2,154	3,396	73,143
	시설	-	-	-	-	-	-
	소계	721	1,823	13,142	668	1,806	12,068
연근	노지	721	1,823	13,142	668	1,806	12,068
	시설	-	-	-	-	-	-
	소계	153	2,029	3,104	153	2,011	3,083
우엉	노지	149	1,968	2,932	149	1,950	2,910
	시설	4	4,300	172	4	4,204	172
	소계	156	1,213	1,892	170	1,218	2,068
토란	노지	151	1,224	1,848	165	1,224	2,024
	시설	5	880	44	4	1,017	44

<노지 작물 재배면적 및 생산량>

구분	2018	2017	2016	2015	2010	2005
과채류 합계	5161.2	4,914.4	5,234.2	5,770.3	4,780.8	3,538.6
○노지재배	495.5	418.0	419.5	496.0	328.7	215.1
○시설재배	4665.7	4,523.4	4,813.8	5,274.3	4,452.1	3,323.4
수박	546.5	643.4	688.2	948.2	918.2	828.3
참외	327.6	394.6	374.2	375.2	180.3	325.5
오이	524.8	407.8	457.5	405.4	442.7	398.3
호박	219.5	192.1	205.8	229.9	212.3	190.5
토마토	748.6	670.4	745.5	985.0	600.1	622.7
딸기	1293.6	1,396.4	1,305.7	1,295.8	1,050.3	642.6
메론	93.1	79.5	94.4	99.2	94.2	27.4
고추	613.8	486.4	668.3	703.7	566.3	288.2
파프리카	266.1	223.9	240.9	198.9	173.7	-
가지	32.1	28.9	34.2	38.0	13.9	-

<시설 작물-과채류 생산량>

작물	작형	2017			2018		
		면적 (ha)	단수 (kg/10a)	생산량 (톤)	면적 (ha)	단수 (kg/10a)	생산량 (톤)
	소계	49,261	-	2,220,880	49,652	-	2,218,501
소계	노지	10,638	-	315,922	10,465	-	318,799
	시설	38,623	-	1,904,958	39,187	-	1,899,702
	소계	12,661	4,000	506,471	11,814	4,034	476,634
수박	노지	2,726	3,402	92,736	2,367	3,234	76,543
	시설	9,935	4,164	413,735	9,447	4,235	400,091
	소계	3,581	4,643	166,281	3,614	3,612	130,528
참외	노지	127	1,809	2,298	145	2,138	3,104
	시설	3,454	4,748	163,983	3,469	3,674	127,424
	소계	4,918	6,941	341,364	5,323	7,350	391,214
오이	노지	1,113	4,033	44,888	1,160	4,212	48,849
	시설	3,805	7,792	296,476	4,164	8,222	342,365
	소계	9,095	3,438	312,690	9,206	3,370	310,218
호박	노지	6,177	2,566	158,508	6,299	2,731	172,052
	시설	2,919	5,282	154,182	2,907	4,753	138,166
	소계	5,907	3,533	208,699	6,062	3,029	183,639
딸기	노지	124	1,994	2,473	93	1,885	1,745
	시설	5,783	3,566	206,226	5,969	3,047	181,894
	소계	619	5,058	31,306	616	5,247	32,326
가지	노지	371	4,048	15,019	384	3,996	15,341
	시설	248	6,567	16,287	232	7,314	16,985
	소계	1,456	2,378	34,622	1,454	2,503	36,401
멜론	노지	-	-	-	17	6,737	1,165
	시설	1,456	2,378	34,622	1,437	2,453	35,236
	소계	5,782	6,142	355,107	6,058	6,416	388,657
토마토	노지	-	-	-	-	-	-

	시설	5,782	6,142	355,107	6,058	6,415	388,657
	소계	4,529	4,113	186,232	4,806	4,031	193,745
고추	노지	-	-	-	-	-	-
	시설	4,529	4,113	186,232	4,806	4,031	193,745
	소계	712	10,703	78,108	698	10,703	75,138
파프리카	노지	-	-	-	-	-	-
	시설	712	10,970	78,108	698	10,761	75,138

**<시설 작물-과채류 재배면적 및 생산량>**

**나) 국내 발생 주요 해충 문헌조사 및 선정**

**(1) 목화진딧물(오이)**

- 몸길이 1.4 mm이며 계절에 따라 색 변이가 있음(봄 : 녹색, 여름: 황색, 가을: 갈색)
- 식물의 즙액을 빨아먹어 생육을 지연시키며, 약 45종의 바이러스를 옮기고 배설물에 섞여 있는 당분은 잎에 그을음병을 유발하기도 함.



<목화진딧물 성충 및 약충>

**(2) 온실가루이(오이, 토마토)**

- 온실 안에서는 연간 약 10세대 이상 번식하며, 암컷이 잎 조직 속에 산란관을 삽입하고 알을 낳음.
- 성충과 알은 주로 생장점 부근의 비교적 어린잎에 기생하며, 발육숙인 유충과 번데기는 주로 아랫잎에서 기생함.
- 40 °C 이상의 고온과 강우가 많은 조건에서는 발생이 억제됨.



<가루이 알, 약충, 성충>

**(3) 오이총채벌레(오이)**

- 알은 흰색이고, 성충은 황색을 띠며 크기는 1.3mm 정도임, 유충은 흰색 또는 옅은 황색으로 크기는 0.3~1.3mm 정도임.
- 엽맥을 따라서 굵힌 듯한 작은 반점이 생기며, 유묘에서는 새로 나오는 잎이 완전히 퍼지지 못하고 말리게 되며 쪼그라들게 됨.
- 어린 과실은 과일표면이 거칠어지고 다 자란 과실은 과일 표면 일부가 갈색으로 퇴색하게 됨.

#### (4) 목화바둑명나방(오이)

- 유충이 오이, 참외, 수박 등과 같은 박과작물이나 목화, 아욱 등의 잎 뒷면을 갇아 먹어 지저분한 구멍을 낸 후 잎줄기만 남기는 피해를 주며, 성장하면서 열매를 파먹어 상품가치를 저하시키기도 함.
- 최근 들어 하우스 수박, 참외, 메론 등에 피해가 늘고 있음.

#### (5) 아메리카잎굴파리(오이, 토마토)

- 유충 침입 시, 어린잎이 위축되고 잎에 흰 반점이 생기며, 과실이 기형이 되어 백색 및 갈색의 자국이 남음.
- 겨울에는 온실부터, 봄부터 가을까지는 노지 재배에서 연중 발생함.

#### (6) 뿌리혹선충(오이)

- 뿌리에 침입한 2령 유충은 이동 분산하여 정착한 후 구침을 통해 특수한 생리 활성 물질을 방출하여 거대세포(다핵세포)를 형성함.
- 거대세포 쪽으로 양분이 집중적으로 이동하게 되며 그 결과 식물 자체는 영양 실조에 이르게 되고 흑이 형성된 뿌리는 양분과 수분의 흡수기능이 저하됨.
- 낮에 상위엽에 시드는 증상이 나타나다가 심해지면 생육이 많이 위축됨.
- 뿌리를 파 보면 여러 개의 크고 작은 흑이 형성되어 있음.

#### (7) 토마토녹응애(토마토)

- 0.2 mm 내외이며 가지 과 작물을 주로 가해하는 2쌍의 다리를 가진 미소해충임.
- 처녀생식이 가능하여 수컷 없이도 빠르게 번식함.

#### (8) 담배거세미나방(토마토)

- 연 5세대 발생하며 감, 거베라, 고구마, 고추, 딸기, 배, 사과, 수박, 오이, 시금치, 콩, 토마토, 파 등 100종 이상의 작물을 가해함.
- 성충은 앞날개에 갈색 또는 회갈색의 복잡한 무늬가 있고 몸길이는 15~20 mm임.
- 유충은 흑갈색~회갈색까지 다양한 색 번이가 있고 몸통 각 마디 등 면에 삼각형의 검은 무늬가 양 옆에, 가슴 두 번째 마디 등면에 두 개의 노란 점이 있으며 종령 유충의 크기는 40~45mm 임.

#### 다) 목적 작물 난방제 해충 최종 선정

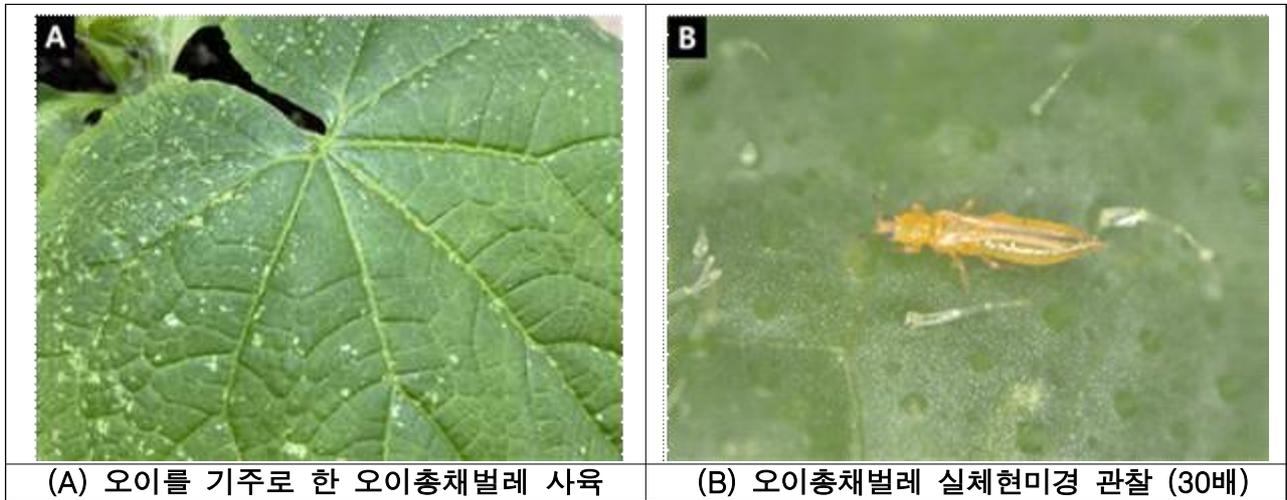
- 위 조사를 바탕으로 우리나라를 포함하여 전세계 오이 및 토마토 재배에 문제가 되는 진딧물, 가루이 및 오이총채벌레를 본 연구의 목적 해충으로 선정하였음.
- 해당 난방제 해충들은 화학농약에 대한 저항성이 높고, 빠른 세대 전환으로 방제가 어려운 것으로 알려져 있어 친환경 생물학적 방제제 개발을 위한 본 연구 목표에 적합한 것을 확인할 수 있었음.

## 2) 선정해충 (오이총채벌레, 가루이, 목화진딧물) 사육시스템 확립

### 가) 오이총채벌레 사육시스템 확립

- 실험에 사용할 오이총채벌레 개체를 확보하고자 함.
- 농촌진흥청에서 오이총채벌레를 분양받았음.
- 분양받은 오이총채벌레를 cage (38×38×38 cm<sup>3</sup>)에 넣고, 재배실 조건에서 (26±2 °C, 60±5%, L:16/D:8) 기주식물로 오이를 제공하였음.
- 온도 26±2°C 조건의 사육실에서 총채벌레가 한 세대를 완성하는 것을 확인하였으며, bioassay 실험 진행에 있어 충분한 개체 수를 확보하였음.

### - 오이총채벌레 사육시스템 확립

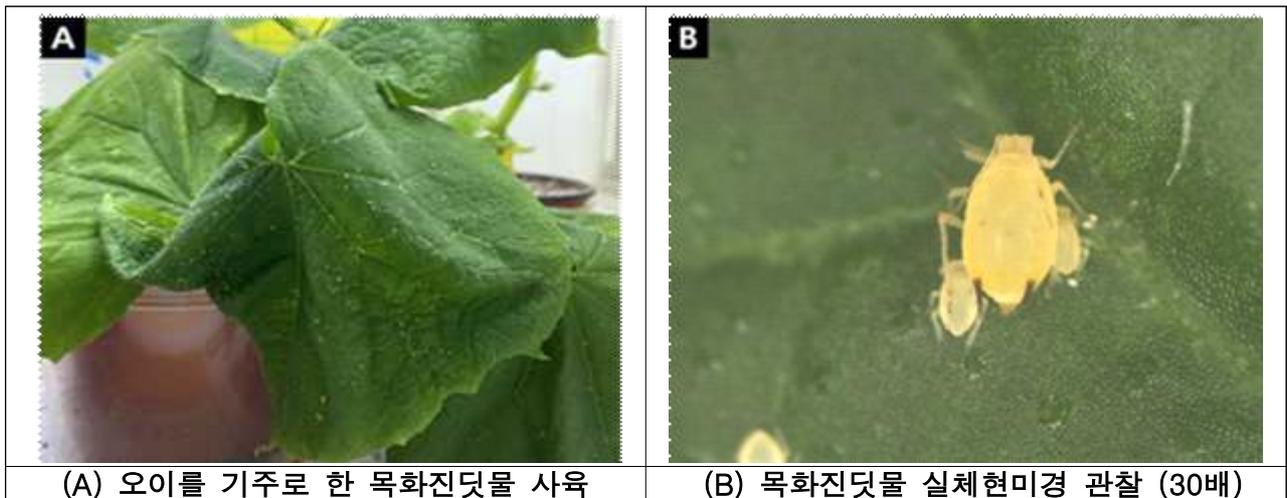


(A) 오이를 기주로 한 오이총채벌레 사육

(B) 오이총채벌레 실체현미경 관찰 (30배)

#### 나) 목화진딧물 사육시스템 확립

- 실험에 사용할 목화진딧물 개체를 확보하고자 함.
- 농촌진흥청에서 목화진딧물을 분양받았음.
- 분양받은 오이총채벌레를 cage (38× 38× 38 cm<sup>3</sup>)에 넣고, 재배실 조건에서 (26±2 °C, 60±5%, L:16/D:8) 기주식물로 오이를 제공하였음.
- 온도 26±2 °C 조건의 사육실에서 목화진딧물이 한 세대를 완성하는 것을 확인하였으며, bioassay 실험 진행에 있어 충분한 개체 수를 확보하였음

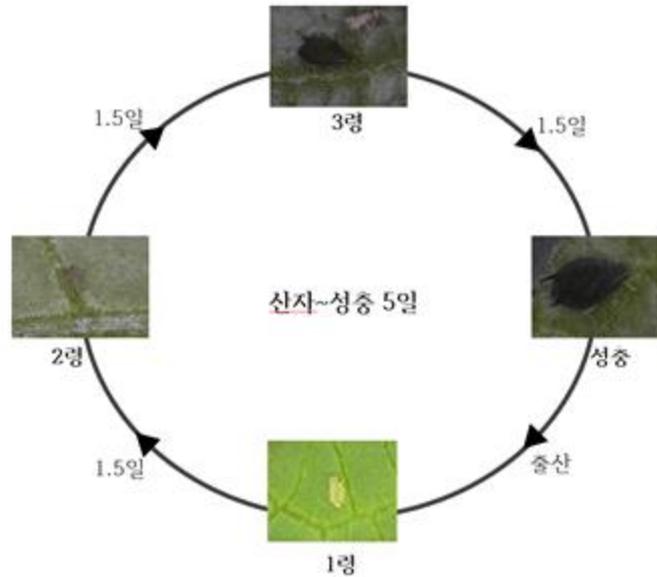


(A) 오이를 기주로 한 목화진딧물 사육

(B) 목화진딧물 실체현미경 관찰 (30배)

#### (1) 목화진딧물 생태조사

- 목화진딧물(단위생식)의 생육주기와 형태적 특징을 파악하여 목적해충에 대한 생태적인 정보를 얻고자 함.
- 목화진딧물 산자(1약충) 15마리를 각각 60 mm water agar위 오이 잎에 방사하였음.
- 25°C에서 사육하면서, 실체현미경으로 매일 관찰하여 생명표를 작성하였음.
- 위 실험을 통해 25 °C 조건에서 목화진딧물의 산자~성충까지 약 5 일이 소모됨을 확인하였음.
- 성충까지 3회의 탈피를 하며 그 주기는 1.5일 이였음.
- 성충이 된 후부터 산자를 출산하는데 성충 직후에는 매일 약 2.5마리의 산자를 낳았으나 이후부터는 매일 8.2마리 씩 산자를 출산하였음



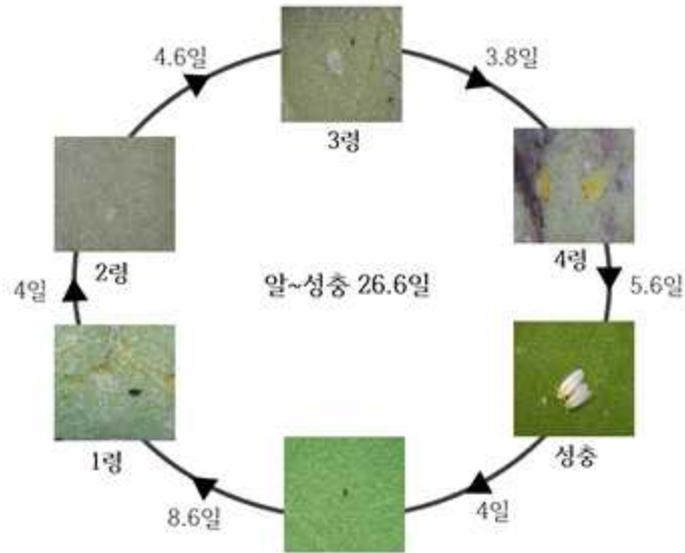
### <목화진딧물 발육단계별 형태적 특징과 생명표>

#### 다) 담배가루이 사육시스템 확립

- 실험에 사용할 담배가루이 개체를 확보하고자 함.
- 한국삼공에서 담배가루이를 분양받음.
- 분양받은 담배가루이를 cage (38×38×38 cm<sup>3</sup>)에 넣고, 재배실 조건에서 (26±2 °C, 60±5%, L:16/D:8) 기주식물로 토마토를 제공하였음
- 온도 26±2 °C 조건의 사육실에서 담배가루이가 한 세대를 완성하는 것을 확인하였으며, bioassay 실험 진행에 있어 충분한 개체 수를 확보하였음.

#### (1) 담배가루이 생태조사

- 담배가루이의 생육주기와 형태적 특징을 파악하여 목적해충에 대한 생태적인 정보를 얻고자 함.
- 담배가루이 성충 100마리를 6 주 된 토마토 케이지에 방사하고 2~3 일 후 제거하였음.
- 알이 붙어있는 토마토 잎을 60 mm W.A Petridish에 25 ° C에 정착시킨 후, 실체현미경으로 매일 관찰하여 생명표를 작성하였음.
- 위 실험을 통해 25 ° C 조건에서 담배가루이는 알~성충까지 26.6 일 소요됨을 파악하였음.
- 담배가루이 알은 연녹색의 긴 타원형으로 산란 후 대략 5일이 지나면 갈색으로 변함.
- 1령은 0.16 X 0.26 mm로 납작한 타원 형태로 이동이 가능함.
- 2령은 0.36 X 0.24 mm로 1령보다 투명하고 고착생활을 함.
- 3령은 0.53 X 0.36 mm로 연녹색 무늬가 뚜렷함.
- 4령은 육안으로 관찰 가능한 원형의 형태로 붉은 눈이 매우 뚜렷함.



<담배가루이 령 별 형태적 특징과 생애주기>

## 2) 선정 해충 방제 미생물 선발

### 가) 오이총채벌레, 가루이 및 목화진딧물 병원성 미생물 후보군 확보

- 오이총채벌레, 가루이 및 목화진딧물 살충효과 평가에 사용할 곤충병원성 진균 후보 균주를 선발하고자 함.
- 영하 80 °C에 장기 보관되어있는 ERL(Entomology Research Library) 및 JEF (Jeonbuk National University Entomology Fungi)균주를 무작위로 선발하였음.
- 장기보관 되어 있는 ERL 균주에서 *Metarhizium anisopliae* 4종, *Beauveria bassiana* 2종, *Akanthomyces lecanii* 2종, *Akanthomyces muscarius* 2종을 선발하였음.

#### (1) 국내 신규 살충성 미생물 균주 수집

- 국내 토양시료에서의 살충성 미생물 신규 수집을 위하여 자연환경 조건에서 해충 기주가 될 만한 야생 목초 및 화본 아래의 표토를 약 10 cm 걷어 낸 후 토양시료를 채취하였음.
- 채취한 토양시료는 폴리에틸렌 봉투에 담아 4 °C에 보관한 후, 한 달 이내 살충성미생물 수집을 위한 실험에 사용하였음
- 토양시료로부터 살충성 미생물 수집은 갈색거저리 유충을 이용한 insect bait method를 이용하였음, 갈색거저리는 살충성 미생물에 감수성으로 보고되어 다양한 살충성 미생물 수집이 이용되고 있음



<토양시료 채집 모습>

- 플라스틱 용기 (Ø 9.5 cm, H 15 cm)에 수집된 토양 1/4 (v/v)을 넣은 후, 갈색거저리 3령 유충을 처리하였음 (5마리/용기)
- 고습조건을 유지하기 위해 증류수 (500 ul/2 일) 처리 후, 2 주간 치사양상을 확인하였음
- 미생물에 감염된 개체는 확인 한 후, 균총을 떼어내어 배지에 도말하였음
- 배양된 미생물은 새로운 배지로 몇 차례 옮겨 순수분리 진행하였음
- 토양시료로부터 10개 살충성 미생물을 균주를 순수분리 하였으며 분리된 미생물은 형태학적 및 ITS 서열을 통한 분자생물학적 수준에서 동정하였음.

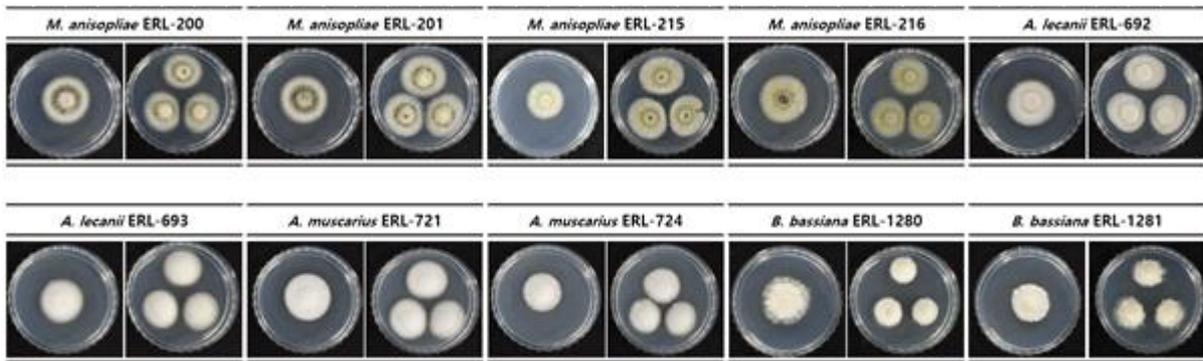
- 선발된 ERL 및 JEF 곤충병원성 진균 후보군

No.	Isolate	Identification		Location
		Genus	Species	
1	ERL-200	<i>Metarhizium</i>	<i>anisopliae</i>	Taiwan
2	ERL-201	<i>Metarhizium</i>	<i>anisopliae</i>	Taiwan
3	ERL-215	<i>Metarhizium</i>	<i>anisopliae</i>	Taiwan
4	ERL-216	<i>Metarhizium</i>	<i>anisopliae</i>	Taiwan
5	ERL-692	<i>Akanthomyces</i>	<i>lecanii</i>	USA
6	ERL-693	<i>Akanthomyces</i>	<i>lecanii</i>	USA
7	ERL-721	<i>Akanthomyces</i>	<i>muscarius</i>	USA
8	ERL-724	<i>Akanthomyces</i>	<i>muscarius</i>	USA
9	ERL-1280	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	USA
10	ERL-1281	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	USA
1	JEF-232	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	Korea
2	JEF-283	<i>Metarhizium</i>	<i>anisopliae</i>	Korea
3	JEF-344	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	Korea
4	JEF-379	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	Korea
5	JEF-390	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	Korea
6	JEF-451	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	Korea
7	JEF-502	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	Korea
8	JEF-503	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	Korea
9	JEF-525	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	Korea
10	JEF-544	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	Korea
11	JEF-570	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	Korea
12	JEF-1054	<i>Metarhizium</i>	<i>anisopliae</i>	Korea
1	IPBL-A	<i>Metarhizium</i>	<i>pinghaense</i>	Korea
2	IPBL-B	<i>Metarhizium</i>	<i>pinghaense</i>	Korea
3	IPBL-C	<i>Metarhizium</i>	<i>pinghaense</i>	Korea
4	IPBL-D	<i>Metarhizium</i>	<i>pinghaense</i>	Korea
5	IPBL-E	<i>Metarhizium</i>	<i>pinghaense</i>	Korea
6	IPBL-F	<i>Metarhizium</i>	<i>pinghaense</i>	Korea
7	IPBL-G	<i>Metarhizium</i>	<i>pinghaense</i>	Korea
8	IPBL-H	<i>Metarhizium</i>	<i>pinghaense</i>	Korea
9	IPBL-I	<i>Metarhizium</i>	<i>pinghaense</i>	Korea
10	IPBL-3-3-1R	<i>Beauveria</i>	<i>bassiana</i>	Korea

3) 선발된 균주의 morphology 관찰

- 장기보관 되어 있는 ERL 균주의 형태를 분석하고자 함.
- 각 균주를 1/4 SDA 배지에 streaking 하였음.
- 7일 후, 배양된 각 균주를 1/4 SDA 배지에 계대배양 하였음.

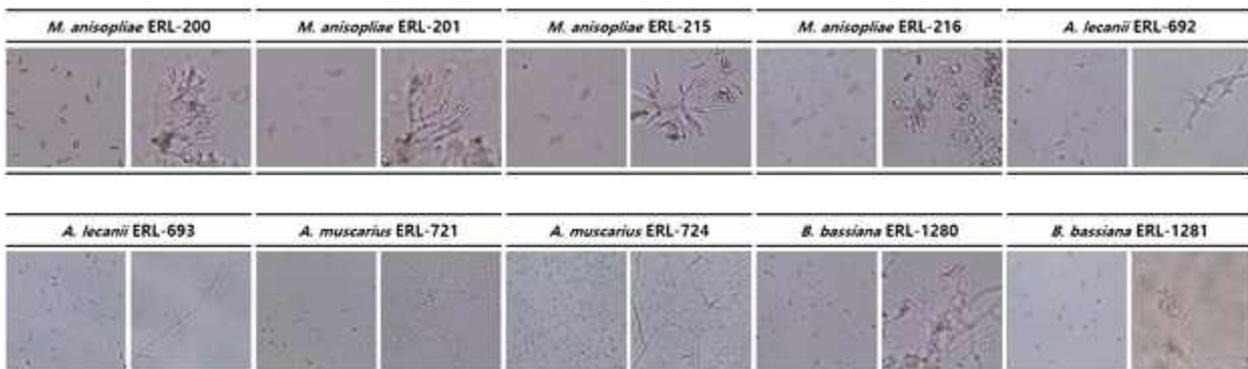
- 계대배양한 ERL 균주와 0.03% silwet을 혼합하여 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ ml)을 제조하였음.
- 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ ml)을 1/4 SDA 배지에 10  $\mu$ l씩 dropping 하였음.
- 7일 후, 배양된 균주 형태를 카메라로 촬영하였음.
- 배양한 ERL 균주의 morphology를 관찰하였음. Morphology 관찰 결과, 종 별 또는 균주 별로 배양 양상이 다른 것이 확인되었음.



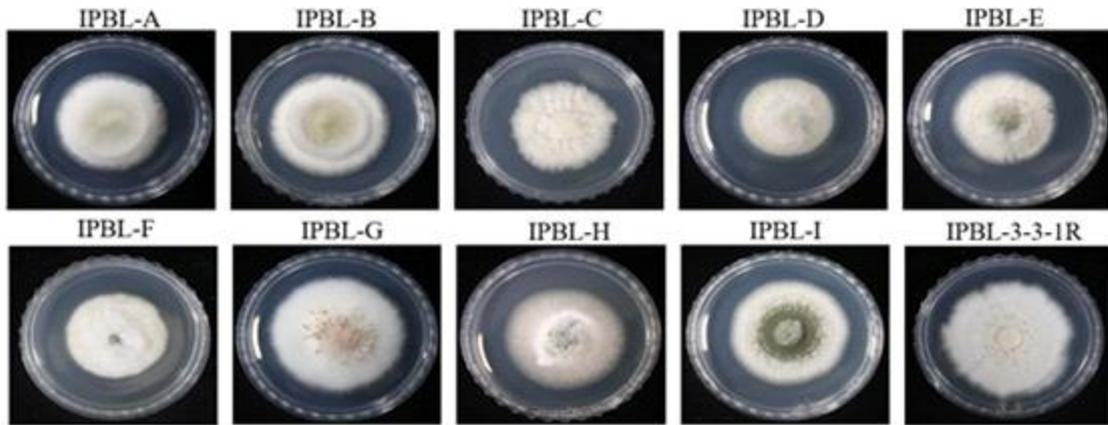
<배양 7일차 ERL 균주 morphology>

#### 4) 선발된 균주 conidiophore 관찰

- 장기보관 되어 있는 ERL 균주의 conidia 및 conidiophore를 관찰하고자 함.
- 영하 80°C 냉동고에서 장기보관 중인 ERL 균주를 1/4 SDA 배지에 streaking 하였음.
- 7일 후, 배양된 ERL 균주를 1/4 SDA 배지에 계대배양 하였음.
- 계대배양한 ERL 균주와 0.03% silwet을 혼합하여 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ ml)을 제조하였음.
- 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ ml)을 1/4 SDA 배지에 10  $\mu$ l씩 dropping 하였음.
- 7일 후, 광학현미경을 이용해 conidia 및 conidiophore를 관찰하였음.
- 배양한 ERL 균주의 conidia 및 conidiophore를 관찰하였음. Conidia 및 conidiophore는 속 별로 유사한 형태가 관찰되었음.
- *Metarhizium*속의 균주는 타원 형태의 특징적인 포자들이 관찰되었음.
- *Akanthomyces*속은 *Metarhizium*속에 비해 길고 얇은 타원형의 특징적인 포자들이 관찰되었음.
- *Beauveria*속은 작은 구슬 모양의 특징적인 포자들이 관찰되었음.



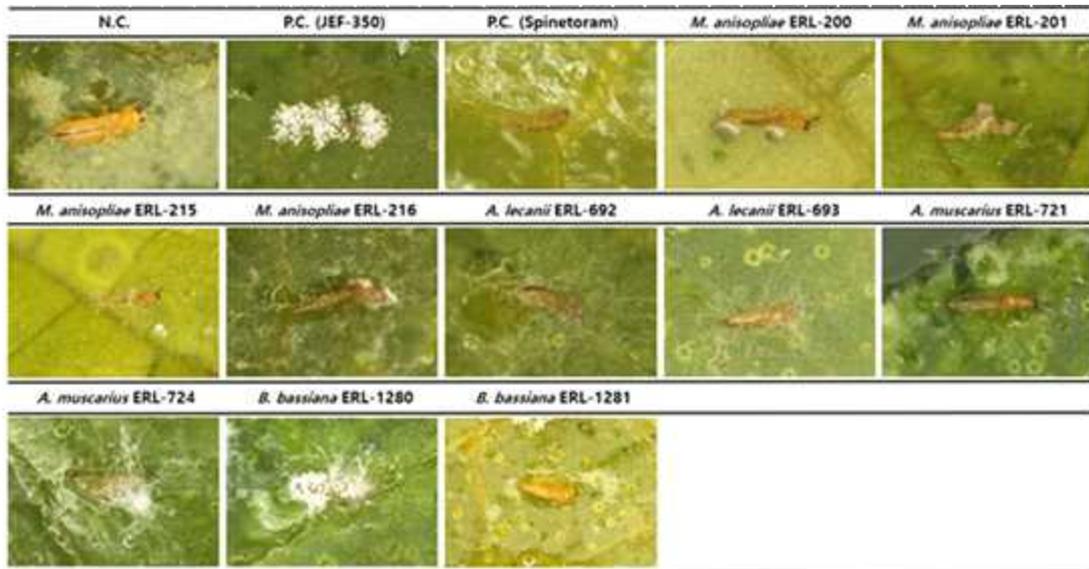
<배양 7일차 IPBL 균주 배지상 (위) ERL 균주 conidia 및 conidiophore (아래, 40배)>



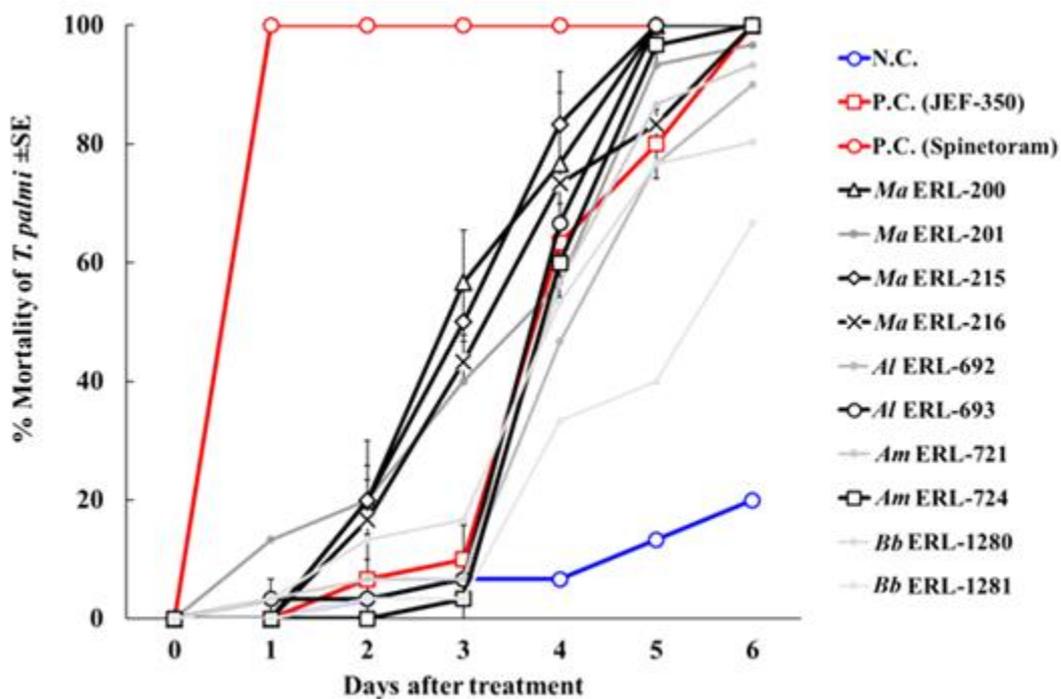
## 5) 선발된 균주에 대한 병원성 검정

### 가) ERL 10개 균주에 대한 오이총채벌레 병원성 검정

- 오이총채벌레 bioassay를 통해 선발된 ERL 균주의 병원성 검정을 진행하고자 함.
- 영하 80 °C 냉동고에서 장기보관 중인 ERL 균주를 1/4 SDA 배지에 streaking 하였음.
- 7일 후, 배양된 ERL 균주를 1/4 SDA 배지에 계대배양하였음.
- 1.5% agar를 제조해 autoclave에 121 °C, 15분간 멸균하였음.
- 멸균한 1.5% agar를 plastic cup (지름 4.5 cm, 높이 3 cm)에 10 ml씩 나누어 부었음.
- 10개의 ERL 균주를 0.03% silwet에 현탁하여 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ml) 10 ml을 제조하였음.
- 재배한 오이 잎을 지름 4.5 cm로 cutting 하였음.
- 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ml)에 cutting한 오이 잎을 10초간 dipping 처리한 후, 잎 앞면이 위를 향하도록 올려놓았음.
- 1시간 동안 오이 잎을 건조 시킨 후, 붓을 사용해 오이총채벌레 성충 10마리씩 infestation 하였음.
- 온도 24 °C 조건에서 유지하고, 7일간 생충수를 조사하였음.
- 오이총채벌레에 대한 ERL 균주의 살충활성을 leaf-dipping 방법으로 검정하였음.
- *A. muscarius* ERL-721, *B. bassiana* ERL-1281 균주를 제외한 모든 처리구에서 mycosis가 확인되었음 (그림 ).
- Bioassay 6일차를 기준으로 negative control에서 평균 80% 생충률이 확인되었으며, *M. anisopliae* ERL-200, -215, -216, *A. lecanii* ERL-693, *A. muscarius* ERL-724 총 5개의 균주에서 100% 살충 활성을 확인하였음 (RM ANOVA,  $F_{12,26}=44.89$ ,  $p < 0.001$ ).



<처리 7일차 오이총채벌레 실체현미경 관찰 (40배)>  
(N.C.: negative control, P.C.: positive control)



<ERL 균주를 처리한 오이총채벌레 일차별 사충율>  
(N.C.: negative control, P.C.: positive control)

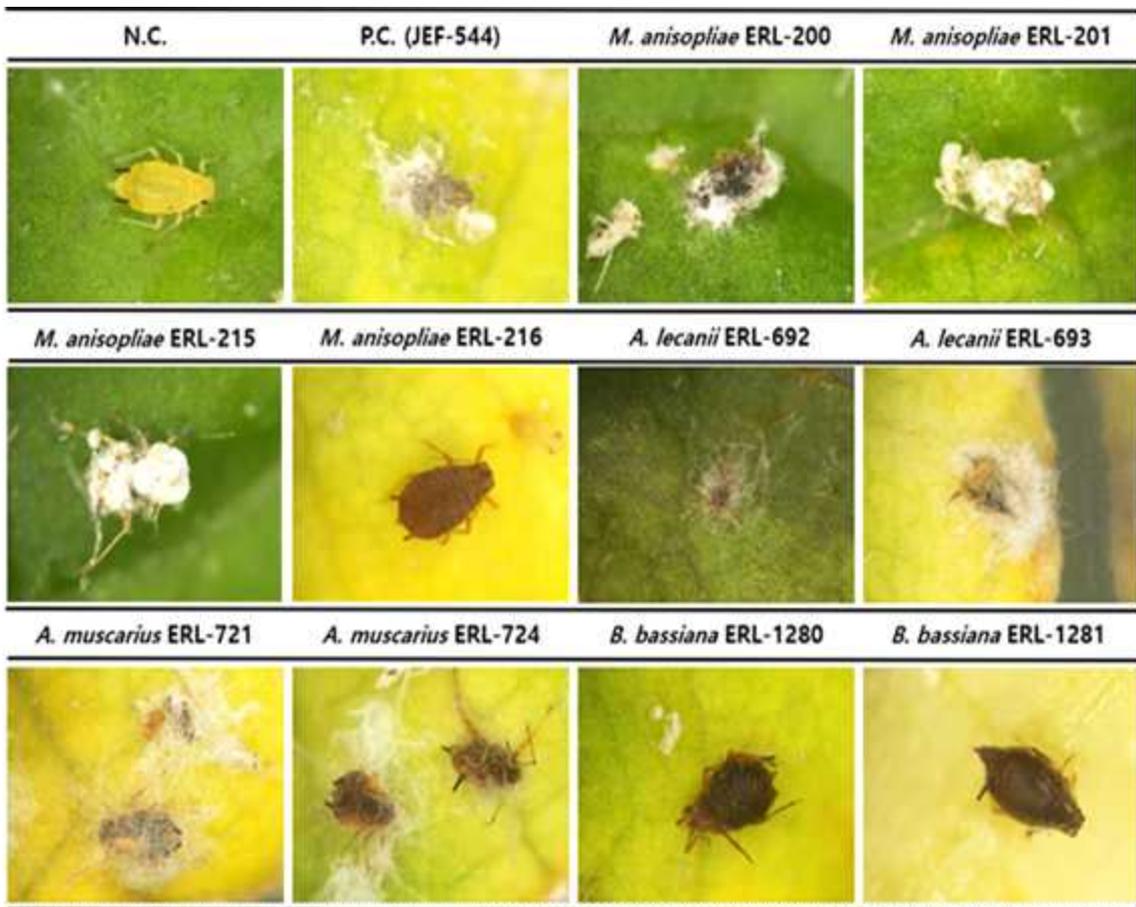
나) ERL 10개 균주에 대한 목화진딧물 1차 병원성 검정

- 목화진딧물 bioassay를 통해 선발된 ERL 균주의 병원성 검정을 진행하고자 함.
- 영하 80 °C 냉동고에서 장기보관 중인 ERL 균주를 1/4 SDA 배지에 streaking 하였음.
- 7일 후, 배양된 ERL 균주를 1/4 SDA 배지에 계대배양하였음.
- 1.5% agar를 멸균한 후, plastic cup (지름 6 cm, 높이 3 cm)에 10 ml씩 나누어 부었음.

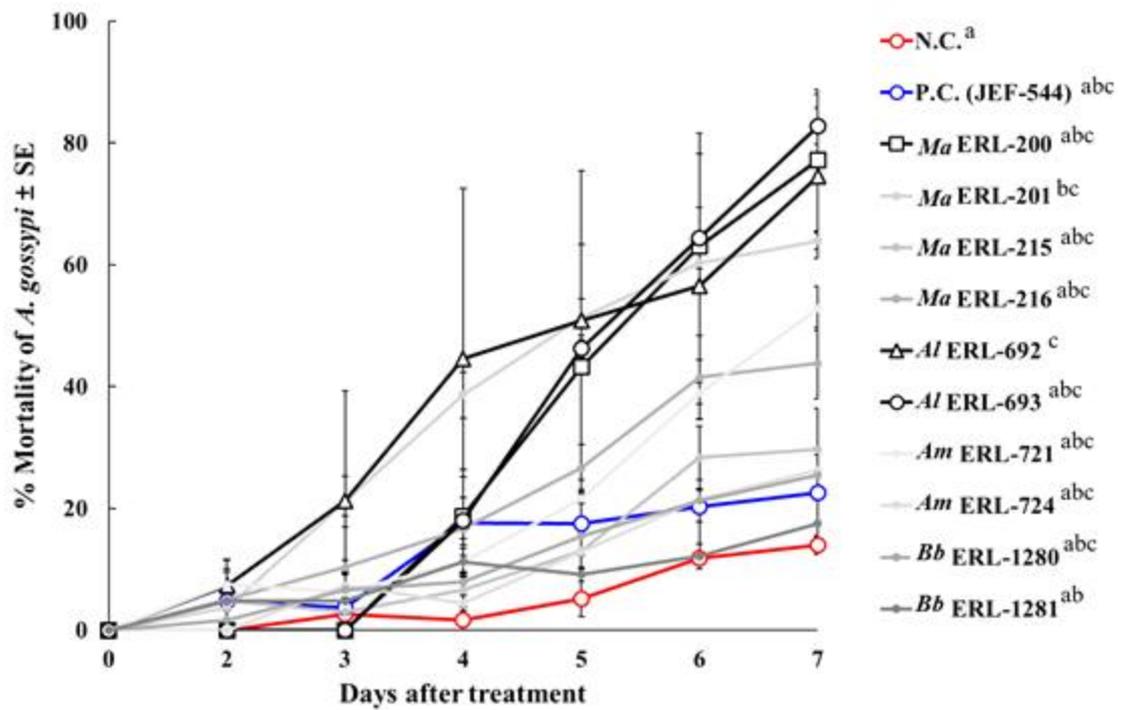
- 10개의 ERL 균주와 0.03% silwet을 혼합해 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ml) 10 ml을 제조하였음.
- 재배한 오이 잎을 지름 4.5 cm로 cutting 하였음.
- 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ml)에 cutting한 오이 잎을 10초간 dipping 처리한 후, 오이 잎 앞면이 위를 향하도록 올려놓았음.
- 1시간 동안 오이 잎을 건조시킨 후, 붓을 사용해 목화진딧물 10마리씩 infestation 하였음.
- 온도는 24 °C를 유지하고, 7일간 생충수를 조사하였음.
- 목화진딧물에 대한 10개의 ERL 균주의 살충활성을 leaf-dipping 방법으로 검정하였음.
- *M. anisopliae* ERL-216, *B. bassiana* ERL-1280, -1281 처리구를 제외한 모든 처리구에서 mycosis가 확인되었음.
- 처리 5일차, negative control에서 평균 80% 생충률이 확인되었고, *M. anisopliae* ERL-201 처리구에서 가장 높은 60% 살충활성이 확인되었음 (RM ANOVA,  $F_{11,24}=288.1$ ,  $F=0.006$ ).

#### 다) ERL 10개 균주에 대한 목화진딧물 2차 병원성 검정

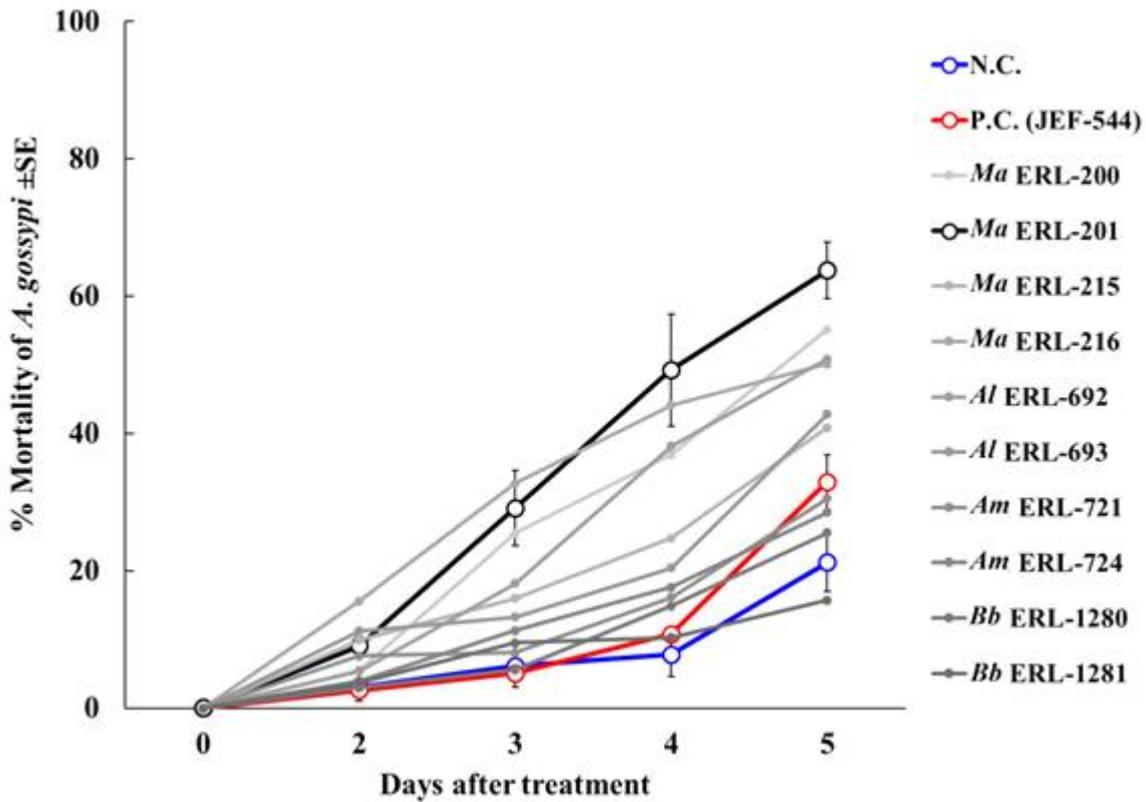
- 목화진딧물 bioassay를 통해 선발된 ERL 균주의 병원성 검정을 진행하고자 함.
- 영하 80°C 냉동고에서 장기보관 중인 ERL 균주를 1/4 SDA 배지에 streaking 하였음.
- 7일 후, 배양된 ERL 균주를 1/4 SDA 배지에 계대배양하였음.
- 1.5% agar를 멸균한 후, plastic cup (지름 6 cm, 높이 3 cm)에 10 ml씩 나누어 부었음.
- 10개의 ERL 균주와 0.03% silwet을 혼합해 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ml) 10 ml을 제조하였음.
- 재배한 오이 잎을 지름 4.5 cm로 cutting 하였음.
- 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ml)에 cutting한 오이 잎을 10초간 dipping 처리한 후, 오이 잎 앞면이 위를 향하도록 올려놓았음.
- 1시간 동안 오이 잎을 건조시킨 후, 붓을 사용해 목화진딧물 10마리씩 infestation 하였음.
- 온도는 24°C를 유지하고, 7일간 생충수를 조사하였음.
- 목화진딧물에 대한 10개의 ERL 균주의 살충활성을 leaf-dipping 방법으로 재검정하였음.
- 처리 7일차 모든 균주 처리구에서 mycosis가 확인되었음.
- 결과적으로, *A. lecanii* ERL-692 처리구에서 평균 82% 살충활성을, *M. anisopliae* ERL-202 처리구에서 77% 살충활성이 확인되었음 (RM ANOVA,  $F_{11,24}=609.2$ ,  $p=0.002$ ).



<처리 6일차 목화진딧물 실체현미경 관찰 (40배)>  
(N.C.: negative control, P.C.: positive control)



<ERL 균주를 처리한 목화진딧물 일차별 사충율>  
(N.C.: negative control, P.C.: positive control)



<ERL 균주를 처리한 목화진딧물 일차별 사충율>  
(N.C.: negative control, P.C.: positive control)

#### 라) ERL 10개 균주에 대한 담배가루이 병원성 검정

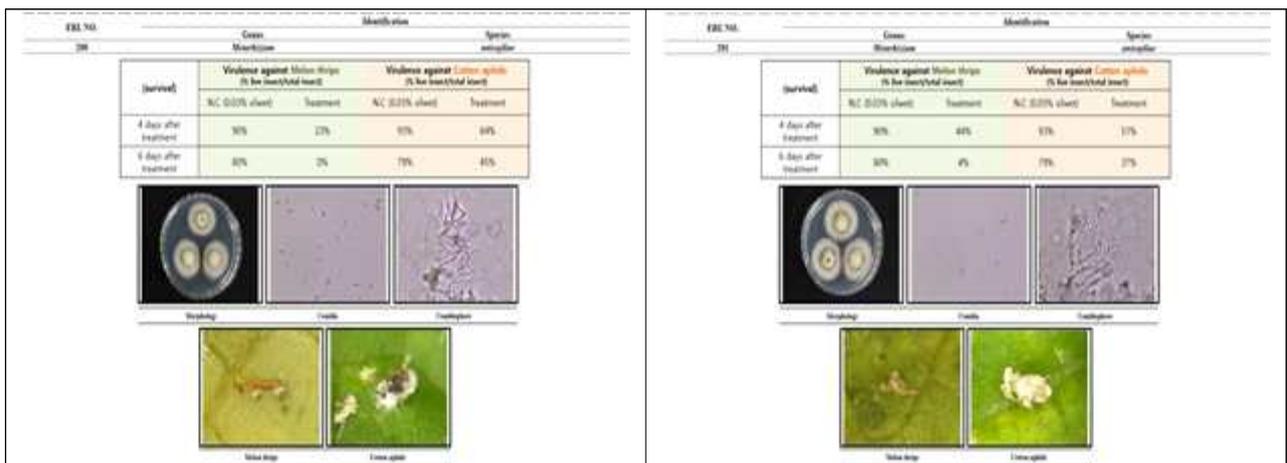
- 담배가루이에 대한 IPBL 균주의 병원성을 우화율로 스크리닝하고자 함.
- 10개의 균주를 PDA에 streaking 하여 25 °C 인큐베이터에서 14일간 배양 후 생성된 포자를 Tween80(0.05%)으로 수거하여 포자현탁액을 확보하였음.
- 담배가루이 성충 200마리를 6주 된 토마토 포트에 방사한 다음 2~3일 후 제거 후 25°C에서 14일 정치하여 담배가루이 2령을 확보하였음.
- 담배가루이 2령이 10마리 붙은 토마토 잎을 60mm W.A petri dish에 위치시킴.
- 살충성 곰팡이 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ ml)을 각 처리구에 1 ml를 분무하였고 negative Control은 Tween80(0.05%) 1 ml를 분무하였음.
- 25°C에서 14일후 우화율을 확인하였음.
- 담배가루이 고효율 미생물 선발을 위해 스크리닝 실험을 진행해 본 결과 10개의 균주 모두 병원성을 갖고 있었음
- 그 중 IPBL-C, IPBL-D, IPBL-E, IPBL-F, IPBL-3-3-1R 균주가 14일차에 0% 우화율을 보여 병원성이 높은 것으로 나타남.
- 위의 5개 균주를 최종 선발하여 담배가루이 생물학적 방제에 가장 적합한 균주를 확정선발 하려함.

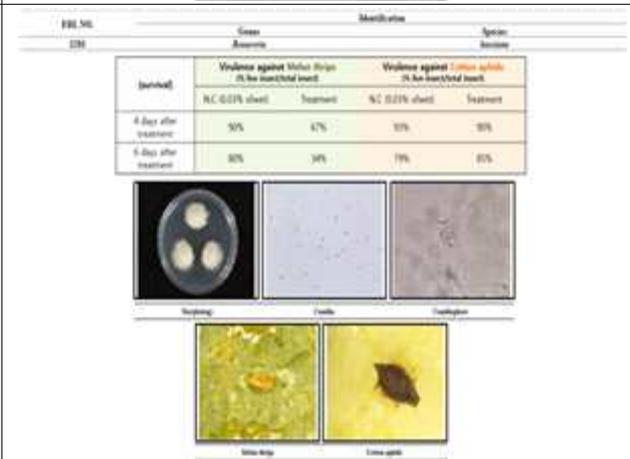
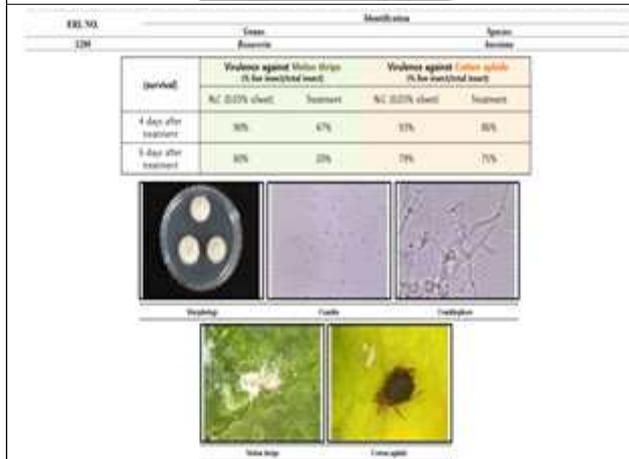
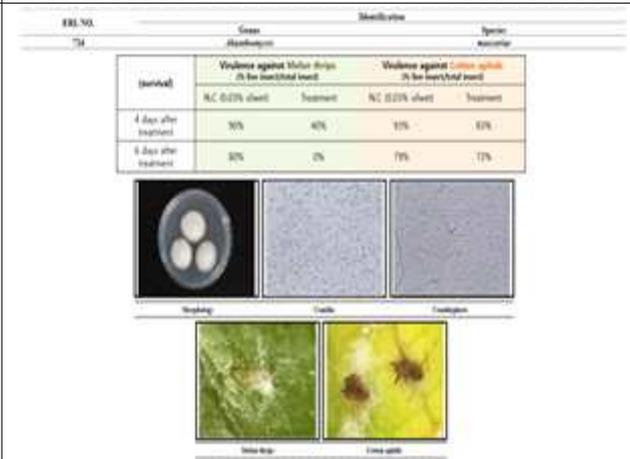
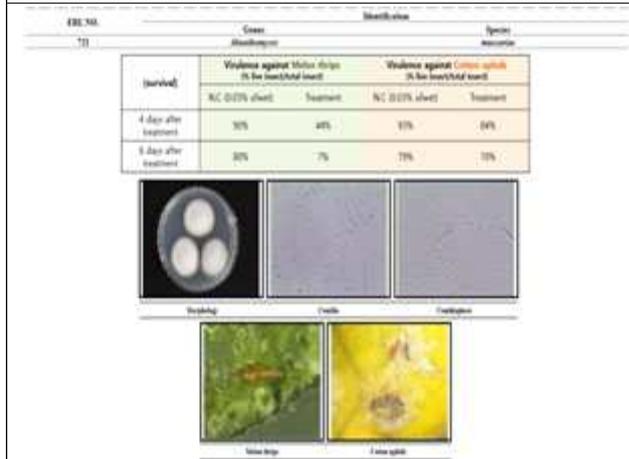
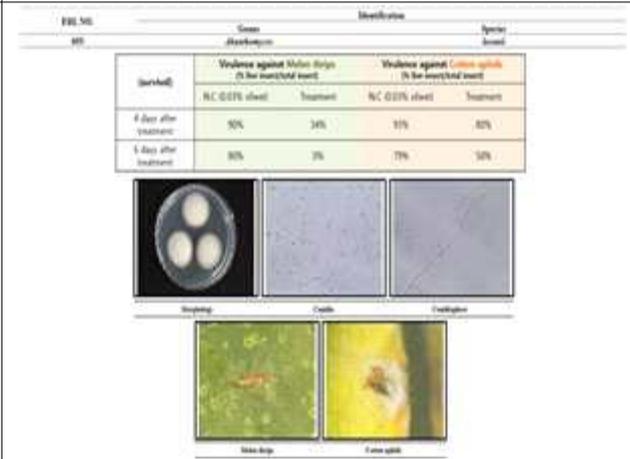
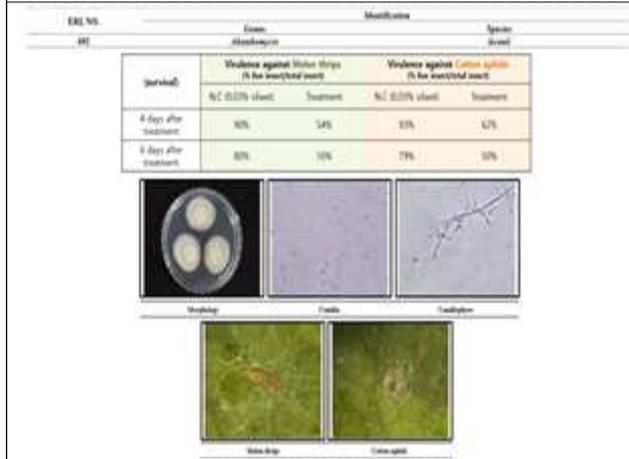
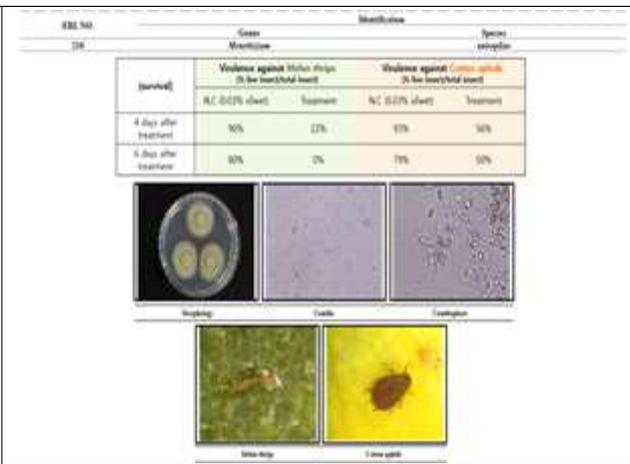
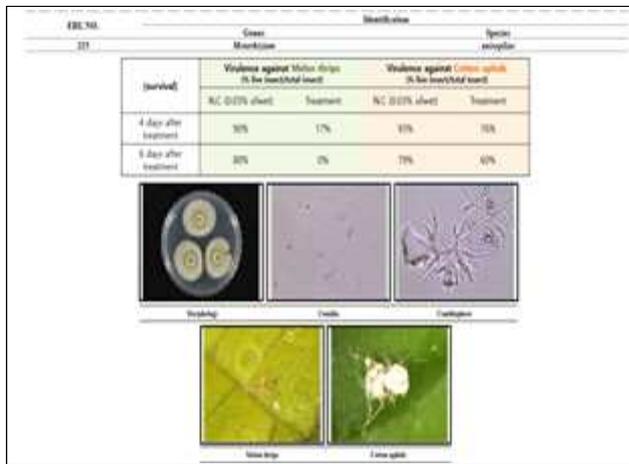
Strain	Emergence rate%
IPBL-A	4
IPBL-B	2
IPBL-C	0
IPBL-D	0
IPBL-E	0
IPBL-F	0
IPBL-G	0
IPBL-H	2
IPBL-I	22
IPBL-3-3-1R	0

<IPBL 균주 처리 후 담배가루이 우화를 스크리닝 결과>

6) 선발된 균주의 형태적 특성 및 살충활성 균주 라이브러리 제작

- 오이총채벌레 및 목화진딧물에 대한 곤충병원성 진균의 살충활성을 확인하기 위해, 10개의 ERL 균주의 병원성을 검정하였음.
- 오이총채벌레 및 목화진딧물에 대한 bioassay를 진행하여 일차별 치사율과 치사된 오이총채벌레 및 목화진딧물 사진을 확보하였음.
- 실험에서 확보한 data와 균주의 배양 양상 및 포자 형태를 바탕으로 병원성 진균 라이브러리를 제작하였음.
- 실험에서 확보한 치사 data와 균주의 배양 양상, 포자 형태를 바탕으로 10개의 ERL 진균 라이브러리를 제작하였음.





오이총채벌레 및 목화진딧물 병원성 ERL 균주 라이브러리 구축 (10 isolates)



<국내 토양에서 신규분리한 IPBL 균주의 라이브러리 구축 모습>

## 2) 선정 해충 AI학습용 이미지 데이터 구축

### 가) 목화진딧물과 담배가루이의 고해상도 이미지 수집

- 해충의 초기 진단을 위한 AI 학습을 위해서 필수적인 고품질의 이미지 데이터 구축을 목적으로 함.
- 기 구축한 목화진딧물, 담배가루이의 대량 사육 시스템을 통해 촬영에 쓰일 개체를 확보함.
- Dino-lite를 이용하여 각 해충의 단계별 생육모습과 형태적 특징을 명확히 구분 할 수 있는 고품질 고배율 이미지를 확보함.
- 목화진딧물(약충, 성충)와 담배가루이(유충, 성충) 각 1,000장의 이미지를 확보 하였음.
- 해당 이미지 데이터들은 AI학습을 위하여 이용됨.



<목화진딧물 이미지 예시(왼쪽, 실크기 약 2 mm), 담배가루이 이미지 예시 (오른쪽, 실크기 약 2 mm)>

제1핵심 연구과제 -3. 검역·농업 해충류 인공지능 영상판독 시스템 개발 (김소라)

1) 검역·농업해충류, 딱정벌레목(바구미류), 노린재목(진딧물류) 해충 확보

가) 유관기관 방문을 통한 수장고 견학 및 표본 대여

- 기관 내 확보된 검역(금지, 관리, 비검역해충 등)·농업 해충표본 관찰 및 대여



국립수목원 제1곤충표본실(경기 포천시); 서울대 곤충표본관 수장고(서울 관악구)

나) 국내·외 예찰조사를 통한 검역해충 확보



- 식물방역대학원생들에게 해충 예찰조사 방법 교육 및 현장 조사 실시
- 조사방법으로는 육안조사, 포충망을 이용한 조사, 말레이즈트랩과 유아등 트랩을 이용하여 예찰조사 실시
- 대학원생 야외실습을 통한 검역 해충 및 농업 해충 확보
- 확보된 해충은 pinning 작업을 통해 표본으로 제작
- 노린재목 진딧물류는 슬라이드표본으로 제작

## 2) 동정 인식 딥러닝 모델 개발 방법과 과정

### 가) 딱정벌레목 바구미류 건조표본 3D 영상이미지 확보

#### (1) 영상이미지 확보를 위한 곤충이미지 스캐너 protype 제작

##### (가) Darmstadt Insect Scanner 3D 제작

- 부품 구입 및 공개된 3D 프린팅 source를 활용하여 자체 제작



##### (나) 단방향 이미지 scanner protype 제작



- 수동적으로 360° 이미지 확보는 가능하나 다차원 이미지 확보 불가능

##### (다) 다차원 이미지 scanner protype 자체 제작



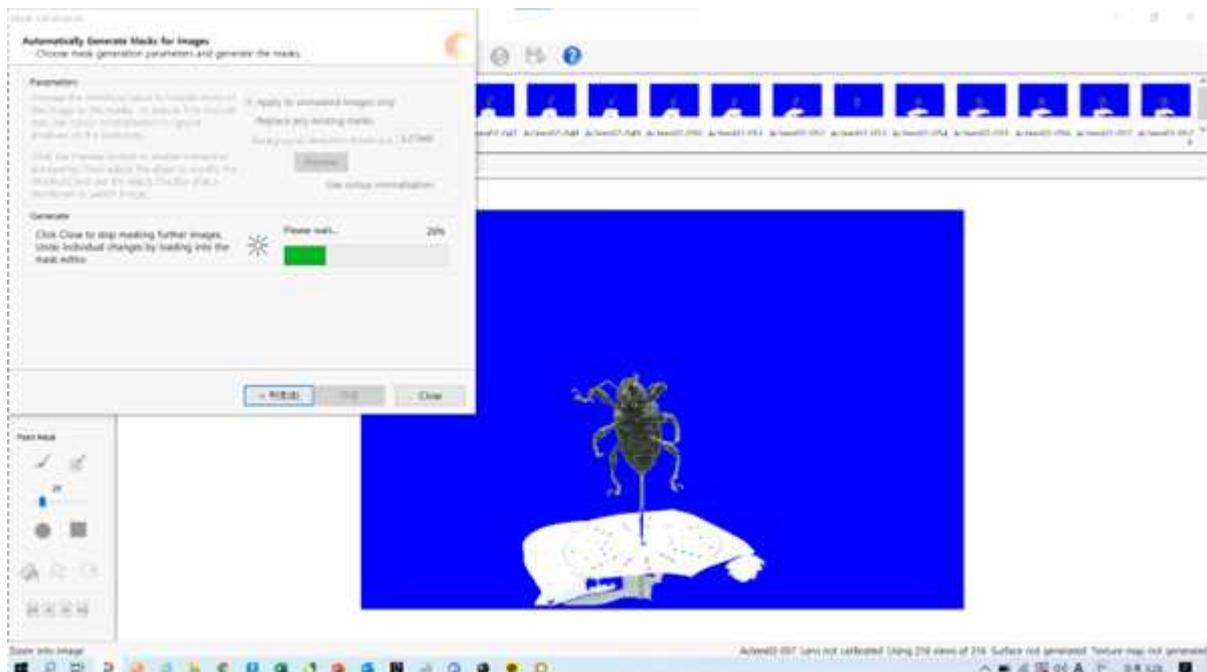
- 다차원 이미지 확보 가능

(나) 다차원 이미지 생산

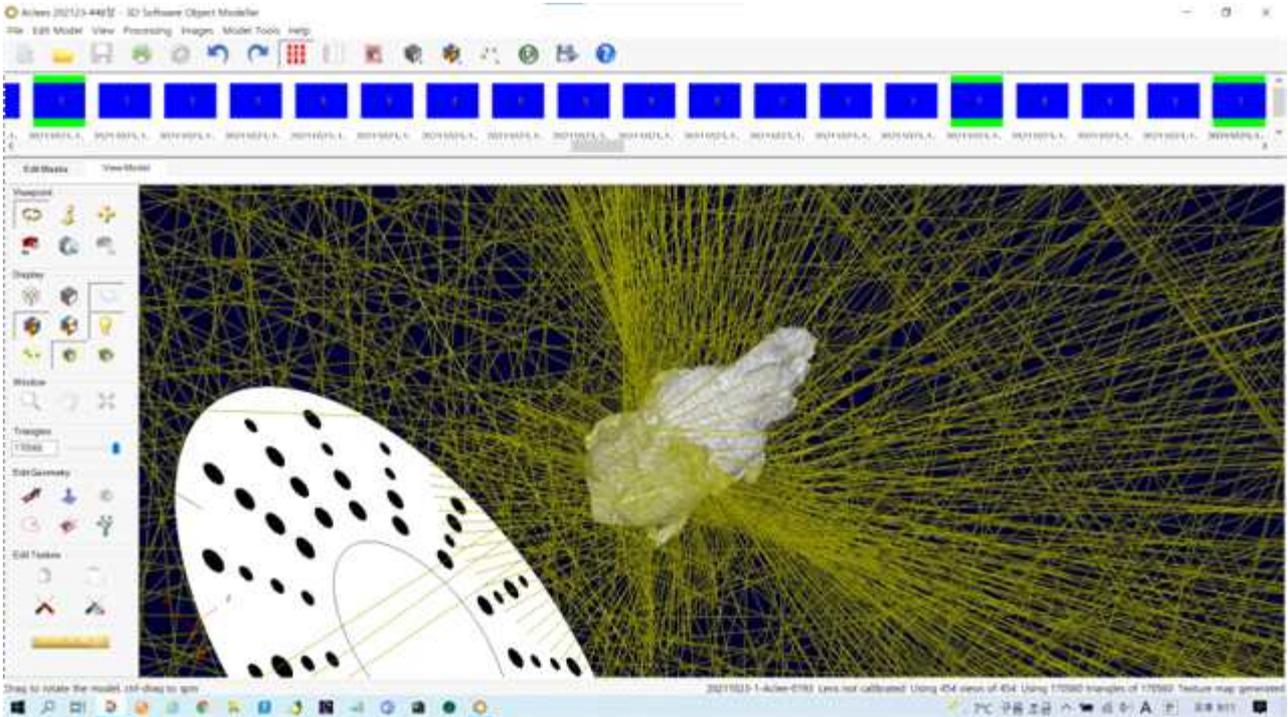
- 대상해충: 무화과곰보바구미 건조표본



(다) 3D som 프로그램을 이용한 3D 이미지 마스크킹(masking)



(라) 3D som 프로그램을 이용한 3D 이미지 Wireframe generation



나) 진딧물류 슬라이드표본 2D 영상이미지 확보

- 대상해충(20종): 완두수염진딧물 등 국내종 13종, *Aulacorthum circumflexum* 등 검역종 7종

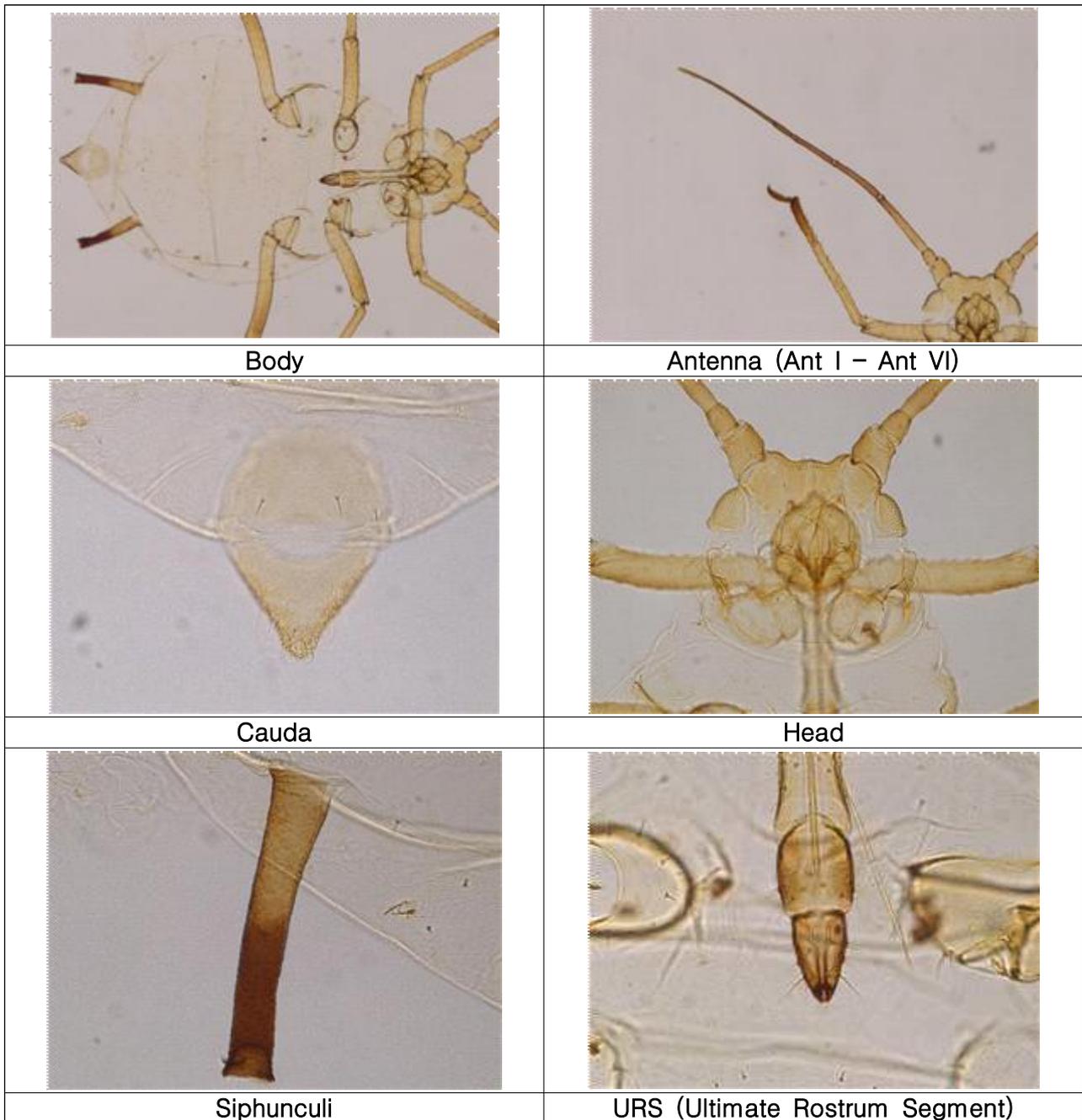
학 명	국 명	촬영표본 정보(표본수)
<i>Acyrtosiphon pisum</i>	완두수염진딧물	무시충(3), 유시충(1)
<i>Aphis fabae</i>	잠두진딧물	유시충(3), 무시충(3)
<i>Aulacorthum solani</i>	싸리수염진딧물	유시충(1)
<i>Brevicoryne brassicae</i>	양배추가루진딧물	무시충(2)
<i>Hyalopterosus pruni</i>	복숭아가루진딧물	무시충(3)
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	감자수염진딧물	무시충(4)
<i>Rhopalosiphum padi</i>	기장테두리진딧물	무시충(3), 유시충(3)
<i>Rhopalosiphum rufiabdominale</i>	붉은테두리진딧물	무시충(2), 무시약충(1), 유시충(1)
<i>Sitobion avenae</i>	보리수염진딧물	무시충(2), 유시충(1)
<i>Sitobion ibarae</i>	짚레수염진딧물	무시충(4)
<i>Uroleucon formosanum</i>	대만수염진딧물	무시충(3)
<i>Toxoptera aurantii</i>	탱자소리진딧물	무시충(6)
<i>Vesiculaphis carisii</i>	담뱃대진딧물	유시충(4)
<i>Aulacorthum circumflexum</i>	(국내미분포종)	무시충(3)
<i>Macrosiphum ambrosiae</i>	(국내미분포종)	유시충(1)
<i>Myzus cymbalariae</i>	(국내미분포종)	무시충(3)
<i>Myzus ornatus</i>	(국내미분포종)	유시충(2), 무시충(2)
<i>Nasonovia ribisnigri</i>	(국내미분포종)	유시충(2), 무시충(2)
<i>Nectarosiphon certus</i>	(국내미분포종)	무시충(3)
<i>Trama troglodytes</i>	(국내미분포종)	무시충(2)

(1) 종별 동정을 위한 주요형질 2D 영상이미지 세트 확보

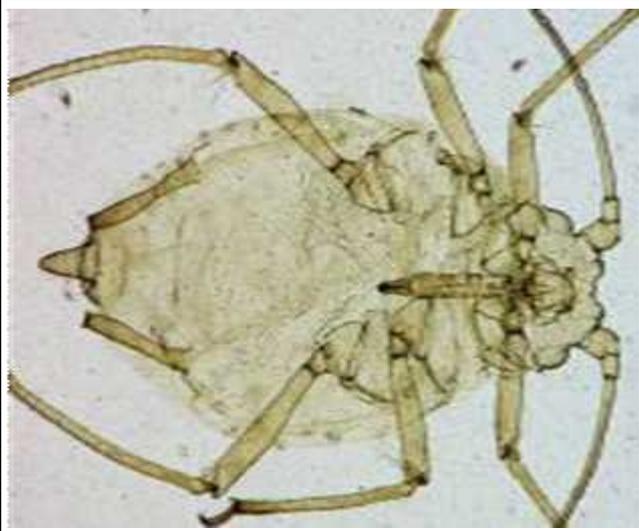
- 분류동정을 위한 주요형질(12개) 목록

촬영부위	현미경 배율	현미경 배율
ANT (안테나)	Multi focus	10x
ANT1	Multi focus	40x
ANT2	Multi focus	40x
ANT3	Multi focus	20x
ANT4	Multi focus	20x
ANT5	Multi focus	20x
ANT6	Multi focus	10x
URS (입틀)	Multi focus	20x
Body	Multi focus	10x
CAUDA (끝편)	Multi focus	20x
Head	Multi focus	10x
SIPH (뿔관)	Multi focus	20x

- 국내분포종 보리수염진진딧물 영상이미지 세트(예시)



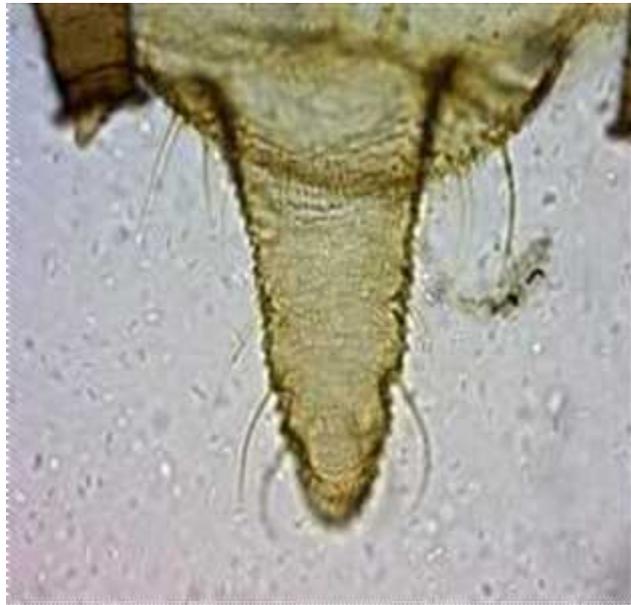
- 국외분포종 *Myzus cymbalariae* 영상이미지 세트(예시)



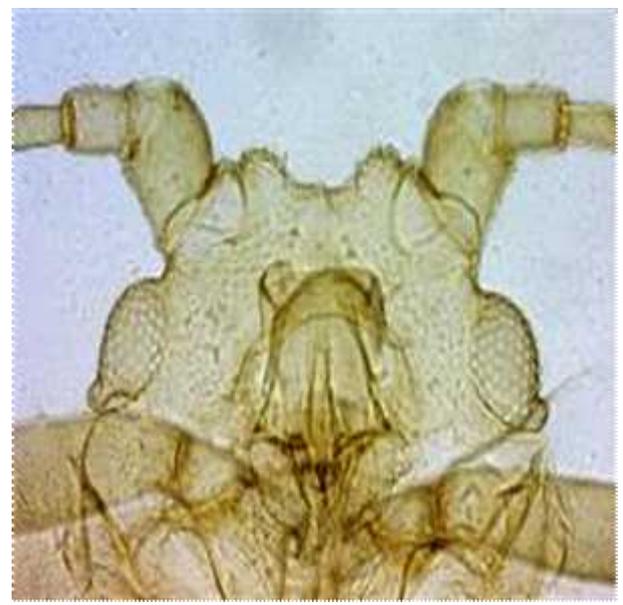
Body



Antenna (Ant I - Ant VI)



Cauda



Head



Siphunculi



URS (Ultimate Rostrum Segment)

### 3) 영상이미지 기반 동정 인식 인공지능 적용 평가하기 위한 방법과 과정

- 확보한 이미지에 대한 동정 인식 중 판별 적용

#### 가) 성능평가 옵션 설정

- Classification: True vs. False and Positive vs. Negative

- true positive: tp, 있는것을 있다고 예측한 것
- false positive: fp, 있는것을 없다고 예측한 것
- true negative: tn, 없는것을 없다고 예측한 것  
(object detection 에서는 사용하지않음)
- false negative: fn, 없는것을 있다고 예측한 것

#### 나) 예측 정확도(precision, recall) 설정

- 예측 정확도는 모든 검출 결과중에 옳게 검출한 비율을 의미함

$Precision = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{TP}{\text{all detections}}$	$Recall = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{TP}{\text{all ground truths}}$
Precision 계산식	Recall 계산식

- TP는 true positive의 약자로 '옳은 검출'을 의미하고, FP는 false positive의 약자로 '잘못된 검출'을 의미 함. Precision은 알고리즘이 검출해낸 것 들 중에서 제대로 검출해낸 것의 비율을 의미하는 것 임
- 예를 들어 알고리즘이 5개를 검출해냈는데(실제 몇개의 물체가 검출되어야 하는지와 상관없이) 그 중 4개가 옳게 검출해낸 것이라면 Precision은  $4/5 = 0.8$  임. Recall은 마땅히 검출해내야하는 물체들 중에서 제대로 검출된 것의 비율을 의미 함

- 여기서 FN은 false negative의 약자로 '검출되었어야 하는 물체인데 검출되지 않은 것'을 의미 함.

- 예를 들어, 라벨이 붙어있는 물체(즉, 마땅히 검출되어야 할 물체)가 10개 인데 그 중 4개가 옳게 검출되었다면 recall은  $4/10 = 0.4$ 가 됨

- Precision만으로 물체 검출 알고리즘의 성능을 평가하는 것은 적절하지 않 음. 또한 Recall만으로 성능을 평가하는 것도 적절하지 않음

- Precision이 높으면 Recall은 낮은 경향이 있고, Precision이 낮으면 Recall 이 높은 경향이 있다는 것을 의미하므로, 어느 한 값 만으로 알고리즘의 성능 을 평가하는 것은 거의 불가능하고, 두 값을 종합해서 알고리즘의 성능을 평 가해야 함. 그래서 필요한 것이 precision-recall 곡선 및 AP 임

#### 다) P-R 곡선 설정

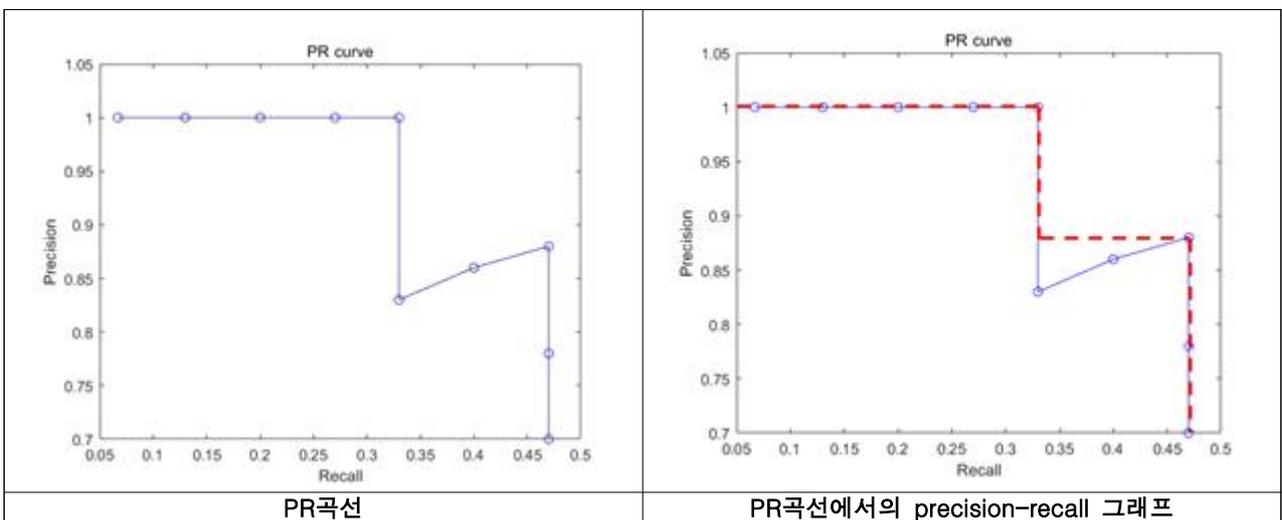
- confidence 레벨이 높다고 해서 무조건 검출이 정확한 것은 아님
- 알고리즘 스스로 확신을 갖고 있는 것이라야 하고 confidence 레벨이 낮으 면 그만큼 검출 결과에 대해서 자신이 없는 것으로 간주함
- 따라서 알고리즘의 사용자는 보통 confidence 레벨에 대해 threshold 값을 부여해서 특정 값 이상이 되어야 검출된 것으로 인정 함
- threshold 값이 0.4라면 confidence 레벨로 0.1 또는 0.2를 갖고 있는 검 출은 무시하는 것 임

- confidence 레벨에 대한 threshold값의 변화에 따라 precision과 recall값들도 달라지는데, 이것을 그래프로 나타낸 것이 바로 PR 곡선 임
- 15개의 얼굴이 존재하는 어떤 데이터셋에서 한 얼굴 검출(face detection) 알고리즘에 의해서 총 10개의 얼굴이 검출(confidence 레벨 0부터 100%까지 모두 고려했을 때)되었다고 가정해 보았을때 각 검출의 confidence 레벨과 옳게 검출되었는지 잘못 검출되었는지에 대한 여부는 아래 왼쪽표에 나타냄 (TP는 옳은 검출, FP는 틀린 검출)

Detections	confidences	TP or FP	Detections	confidences	TP or FP	누적 TP	누적 FP	Precision	Recall
I	95%	TP	I	95%	TP	1	0	1/1=1	1/15=0.067
E	91%	TP	E	91%	TP	2	0	2/2=1	2/15=0.13
D	85%	TP	D	85%	TP	3	0	3/3=1	3/15=0.2
J	81%	TP	J	81%	TP	4	0	4/4=1	4/15=0.27
B	78%	TP	B	78%	TP	5	0	5/5=1	5/15=0.33
H	68%	FP	H	68%	FP	5	1	5/6=0.83	5/15=0.33
A	57%	TP	A	57%	TP	6	1	6/7=0.86	6/15=0.4
G	45%	TP	G	45%	TP	7	1	7/8=0.88	7/15=0.47
C	43%	FP	C	43%	FP	7	2	7/9=0.78	7/15=0.47
F	13%	FP	F	13%	FP	7	3	7/10=0.7	7/15=0.47

예시) TP는 옳은검출, FP는 틀린검출      threshold기반, precision과 recall 계산(예시)

- confidence 레벨에 대한 threshold 값을 아주 엄격하게 적용해서 95%로 했다면, 하나만 검출한 것으로 판단할 것이고, 이때 Precision = 1/1 = 1, Recall = 1/15 = 0.067이 됨. threshold 값을 91%로 했다면, 두 개가 검출된 것으로 판단할 것이고, 이때 Precision = 2/2 = 1, Recall = 2/15 = 0.13 이 됨
- threshold 값을 검출들의 confidence 레벨에 맞춰 낮춰가면 위 오른쪽 표와 같이 precision과 recall이 계산될 것 임
- precision 을 y축으로 recall 을 x 축으로 놓고 그래프를 그리면 다음과 같이 나오는데 이것을 P-R 곡선이라고 함



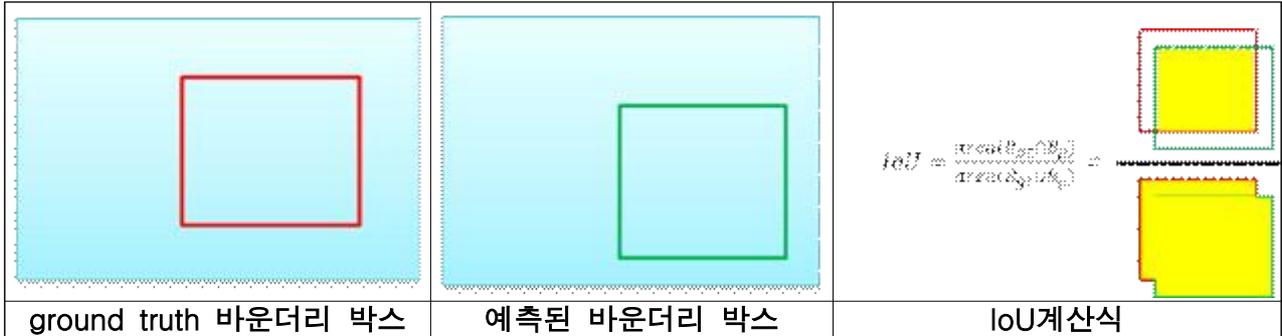
라) Average Precision (AP)

- AP는 precision-recall 그래프에서 그래프 선 아래쪽의 면적으로 계산 됨 일반적으로 계산상 편의를 위해서 다음과 같이 단조적으로 수정해서 계산 함

AP = 왼쪽 큰 사각형의 넓이 + 오른쪽 작은 사각형의 넓이

- 왼쪽 큰 사각형의 넓이 =  $1 \times 0.33$
- 오른쪽 작은 사각형의 넓이 =  $0.88 \times (0.47 - 0.33)$  이므로 위의 예제는  $1 \times 0.33 + 0.88 \times (0.47 - 0.33) = 0.4532$ 로 계산할 수 있음
- AP는 AP50 (평가점수가 제일 좋음), AP55, AP60,,, AP95 까지의 평균 평가 점수로 계산 됨

#### 마) mIOU



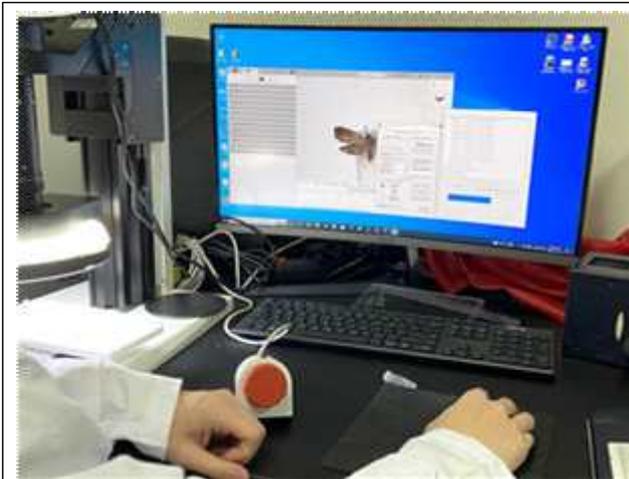
- 예측된 검출이 맞는지 틀린지를 결정할 때 IoU를 판단해야 함
- IoU는 예측된 바운더리 박스와 ground truth 바운더리 박스 간 중첩되는 부분의 면적을 측정해서 중첩된 면적을 합집합의 면적으로 나눠 줌
- 예측한 값과 ground truth 값의 교집합면적을 합집합면적으로 나누면 IoU값을 얻을 수 있음. IoU 값이 1이면 100% 정확하게 예측된 것임
- 판단여부를 O, X로 정할 경우 50%가 넘으면 O 이하면 X로 판단 함
- 전체 IoU 값들의 평균을 mIoU라고 함

### 4) 인공지능 영상판독 시스템 구축위한 방법과 과정

#### 가) 영상이미지 데이터 구축

- 실제 및 광학현미경을 이용한 확보된 해충류의 형태적 특징 관찰
- 딱정벌레류는 DSLR카메라와 MOSAIC IMAGE합성을 이용한 이미지구축
- 노린재목(진딧물류)는 슬라이드표본을 제작하여 이미지합성





MOSAIC IMAGE이용한 합성



딱정벌레 촬영장비

## 나) 시스템 환경 구축

### (1) 시스템구축

- 우분투 20.04 기반의 운영체제에서 개발하여 딥러닝 프레임웍은 meta에서 공개한 오픈소스 기반의 Detectron2 를 사용함

### (2) GPU 설치

- ubuntu-drivers devices 로 필요한 드라이버 확인 후 recommend 표시가 있는 것으로 선택하여 설치함

```

gbox3d@gearsai:~/work/visionApp$ ubuntu-drivers devices
== /sys/devices/pci0000:00/0000:00:01.0/0000:01:00.0 ==
modalias : pci:v000010DEd00001C03sv000010DEsd000011D7bc03sc00i00
vendor   : NVIDIA Corporation
model    : GP106 [GeForce GTX 1060 6GB]
driver   : nvidia-driver-440-server - distro non-free
driver   : nvidia-driver-390 - distro non-free
driver   : nvidia-driver-450-server - distro non-free
driver   : nvidia-driver-418-server - distro non-free
driver   : nvidia-driver-435 - distro non-free
driver   : nvidia-driver-450 - distro non-free recommended
driver   : xserver-xorg-video-nouveau - distro free builtin
  
```

- 위와 같은 결과가 나오면 `sudo apt install nvidia-driver-450` 으로 드라이버 설치함

```

gbox3d@gbox3d-ubqos-ai-1:~$ nvidia-smi
Mon Nov 16 13:58:20 2020
+-----+
| NVIDIA-SMI 450.80.02    Driver Version: 450.80.02    CUDA Version: 11.0     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| GPU Name   Persistence-M| Bus-Id        Disp.A | Volatile Uncorr. ECC | | |
| Fan  Temp  Perf    Pwr:Usage/Cap|      Memory-Usage | GPU-Util  Compute M. |
|              |              |          |              |                     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|   0  GeForce GTX 960   Off      | 00000000:01:00.0  On      |         0%      Default |
|              |              |          |              |                     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|              |              |          |              |                     |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| Processes: |
| GPU   GI   CI        PID   Type   Process name                      GPU Memory |
|   0   N/A  N/A         793    G       /usr/lib/xorg/Xorg                  17MiB     |
|   0   N/A  N/A         961    G       /usr/bin/gnome-shell                 4MiB     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
  
```

### (3) detectron2 설치

- 깃허브에서 클론해서 설치

- `git clone https://github.com/facebookresearch/detectron2.git`

- python -m pip install -e detectron2

#### (4) 데이터셋, 포맷, 생성

- 공식 coco 포맷을 읽는 방법을 이용함
- coco 파일읽기
- 디텍트론은 기본적으로 coco형식파일을 사용하여 데이터셋 자료를 관리
- 데이터셋을 로드 하는 함수는 register\_coco\_instances
- 이 함수를 사용하려면 다음과 같이 모듈을 임포트
- from detectron2.data.datasets import register\_coco\_instances
- 이 함수의 인자전달은 다음과 같음
- 첫번째 인자는 데이터셋 이름,
- 두번째 인자는 어노테이션 파일경로
- 세번째 인자는 이미지파일들이 있는 경로

예>

```
register_coco_instances("microcontroller_test",
{ },
"../../datasets/Microcontroller Segmentation/test.json",
"../../datasets/Microcontroller Segmentation/test")
```

- 디텍트론 내부로 microcontroller\_test 라는 이름으로 데이터셋이 등록됨
- 디텍트론에 로드된 데이터셋을 확인하고싶다면 DatasetCatalog 를 사용하여 디렉터리형태로 볼 수있음
- dataset\_dicts = DatasetCatalog.get("microcontroller\_test")
- 메타데이터는 라벨링네임과 가시화에 사용될 정보들이 기술 됨

```
_meta = MetadataCatalog.get("microcontroller_test")
_meta.thing_colors=[(255,0,0),(0,255,0),(0,0,255),(255,255,0)]
```

- 위의 예는 thing\_colors에 리스트형태의 컬러값을 주어 그려질 컬러값을 정할 수 있음
- thing\_classes 로 라벨링 네임을 다시 지정할 수 있음
- 옵션들은 다음과 같음

> **thing\_classes** (list[str]): Used by all instance detection/segmentation tasks. A list of names for each instance/thing category. If you load a COCO format dataset, it will be automatically set by the function load\_coco\_json.

> **thing\_colors** (list[tuple(r, g, b)]): Pre-defined color (in [0, 255]) for each thing category. Used for visualization. If not given, random colors will be used.

> **stuff\_classes** (list[str]): Used by semantic and panoptic segmentation tasks. A list of names for each stuff category.

> **stuff\_colors** (list[tuple(r, g, b)]): Pre-defined color (in [0, 255]) for each stuff category. Used for visualization. If not given, random colors are used.

> **ignore\_label** (int): Used by semantic and panoptic segmentation tasks.

Pixels in ground-truth annotations with this category label should be ignored in evaluation. Typically these are “unlabeled” pixels.

> **keypoint\_names** (list[str]): Used by keypoint detection. A list of names for each keypoint.

> **keypoint\_flip\_map** (list[tuple[str]]): Used by keypoint detection. A list of pairs of names, where each pair are the two keypoints that should be flipped if the image is flipped horizontally during augmentation

> **keypoint\_connection\_rules**: list[tuple(str, str, (r, g, b))]. Each tuple specifies a pair of keypoints that are connected and the color (in [0, 255]) to use for the line between them when visualized

- Visualizer 를 사용하여 가시화 할 수있음. 그려질 정보를 얻기위해 메타정보를 요구함
- 비주얼라이저를 만들고 draw\_dataset\_dict 로 백버퍼를 생성하여 display 함수로 이미지를 출력함

```
_d = dataset_dicts[0]
img = cv2.imread(_d["file_name"])
visualizer = Visualizer(img[:, :, ::-1],
    metadata=_meta,
    instance_mode=ColorMode.SEGMENTATION, # thing_colors로 지정해준 값을 사용하기
    scale=1.0)
out = visualizer.draw_dataset_dict(_d) # 데이터셋 그리기
display( Image.fromarray(out.get_image()))
```

- Visualizer 에서 나온 결과물 jpg 파일로 저장하려면 다음과 같이 opencv의 imencode함수를 이용

```
encode_param=[int(cv2.IMWRITE_JPEG_QUALITY),90]
_,_encodee_img = cv2.imencode('.jpg',cv2.cvtColor(out.get_image(),cv2.COLOR_BGR2RGB),encode_param)
with open('./out.jpg','wb') as fd :
    fd.write( _encodee_img )
```

### (5) 딥러닝 프레임웍

- 추론
- DefaultPredictor( cfg )
- 기본적인 종단추론기를 만들어주는 클래스
- cfg.MODEL.WEIGHTS 로 체크 포인트 파일을 로드 함
- opencv처럼 bgr 형식을 사용(변환시키지말고 그대로 넣어 줌)
- 만약 입력 포맷을 바꾸고 싶다면 cfg.INPUT.FORMAT을 사용 함

Apply resizing defined by cfg.INPUT.{MIN,MAX}\_SIZE\_TEST.  
Take one input image and produce a single output, instead of a batch.  
This is meant for simple demo purposes, so it does the above steps automatically.

This is not meant for benchmarks or running complicated inference logic. If you'd like to do anything more complicated, please refer to its source code as examples to build and use the model manually.

- cfg 객체를 초기화 함

```
cfg_instance_seg = get_cfg()
cfg_instance_seg.merge_from_file(model_zoo.get_config_file("COCO-InstanceSegmentation/mask_rcnn_R_50_FPN_3x.yaml"))
cfg_instance_seg.MODEL.ROI_HEADS.SCORE_THRESH_TEST = 0.5
cfg_instance_seg.MODEL.WEIGHTS =
model_zoo.get_checkpoint_url("COCO-InstanceSegmentation/mask_rcnn_R_50_FPN_3x.yaml")
```

- DefaultPredictor 의 추론기를 인스턴싱 함

```
instance_segmentation_predictor = DefaultPredictor(cfg_instance_seg)
```

- 추론기 인스턴스인 instance\_segmentation\_predictor 에 numpy 이미지를 넘겨주어 추론 시킴
- 결과는 outputs 로 나옴

```
outputs = instance_segmentation_predictor(img)
outputs["instances"].pred_classes # 예측클래스
outputs["instances"].pred_boxes # 객체 bbox
outputs["instances"].pred_masks # 마스크 비트맵
```

### (6) 신경망 출력 내용

```
predictions = outputs['instances']
boxes = predictions.pred_boxes if predictions.has("pred_boxes") else None
scores = predictions.scores if predictions.has("scores") else None
classes = predictions.pred_classes.tolist() if predictions.has("pred_classes") else None
keypoints = predictions.pred_keypoints if predictions.has("pred_keypoints") else None
```

### (7) 훈련

- 설정파일 만들기(get\_cfg)
- 이 과정을 전체적으로 요약하면 get\_cfg 함수로 기본 설정을 생성하여 .yaml 파일로 저장하고 그것을 train\_net.py 에서 사용 함  
이렇게 해야만 멀티 gpu를 별도의 코드없이 사용할 수 있음
- tools/train\_net.py로 훈련시키는데 여기서 넣어주는 설정파일을 다음과 같은 코드로 만들 수 있음

```
cfg = get_cfg()
cfg.merge_from_file(model_zoo.get_config_file('COCO-InstanceSegmentation/mask_rcnn_R_50_FPN_1x.yaml'))
cfg.DATASETS.TRAIN = ("train_dataset",)
cfg.DATASETS.TEST = ("val_dataset",) # validation 사용
cfg.TEST.EVAL_PERIOD = 500 # 5000 iteration중에서 500번마다 validation수행
cfg.DATALOADER.NUM_WORKERS = 4
cfg.MODEL.WEIGHTS =
```

```

model_zoo.get_checkpoint_url('COCO-InstanceSegmentation/mask_rcnn_R_50_FPN_1x.y
aml')
cfg.SOLVER.IMS_PER_BATCH = 8
cfg.SOLVER.BASE_LR = 0.0008579
cfg.SOLVER.MAX_ITER = 5000
cfg.SOLVER.STEPS = []          # do not decay learning rate
cfg.SOLVER.LR_SCHEDULER_NAME = "WarmupCosineLR" # WarmupCosineLR or
WarmupMultiStepLR
cfg.MODEL.ROI_HEADS.BATCH_SIZE_PER_IMAGE = 128
cfg.MODEL.ROI_HEADS.NUM_CLASSES = 13
cfg.OUTPUT_DIR = 'output/astrophysics/train'
# 설정 파일 덤프 하고 astrophysics.yaml 로 저장
cfg_file = yaml.safe_load(cfg.dump())
with open('configs/astrophysics.yaml', 'w') as f:
    yaml.dump(cfg_file, f)

```

-astrophysics.yaml 파일로 훈련 실행  
 -python tools/train\_net.py--num-gpus4--config-file  
 configs/astrophysics.yaml

### (8) dataset 지정

- 디렉트론은 데이터셋 정보를 내부적으로 관리하고 있으며 새로운 데이터셋  
 을 등록시키려면 register\_coco\_instances 함수사용하거나 또는 직접 등록 시  
 킬 수있음  
 -train\_net.py 는 기본적으로 새로운 데이터셋을 등록시키는 코드는 없다 그래  
 서 새로운 데이터셋이 생기면 거기에 맞게 일부 코드를 수동으로 추가해주어  
 야 함  
 -setup 함수의 일부분을 다음과 같이 수정 함

```

def setup(args):
    """
    Create configs and perform basic setups.
    """
    for d in ["train", "test"]:
        register_coco_instances(
            f"microcontroller_{d}",
            {},
            f"../../datasets/Microcontroller Segmentation/{d}.json",
            f"../../datasets/Microcontroller Segmentation/{d}"
        )
    cfg = get_cfg()
    cfg.merge_from_file(args.config_file)
    cfg.merge_from_list(args.opts)
    cfg.freeze()
    default_setup(cfg, args)
    return cfg

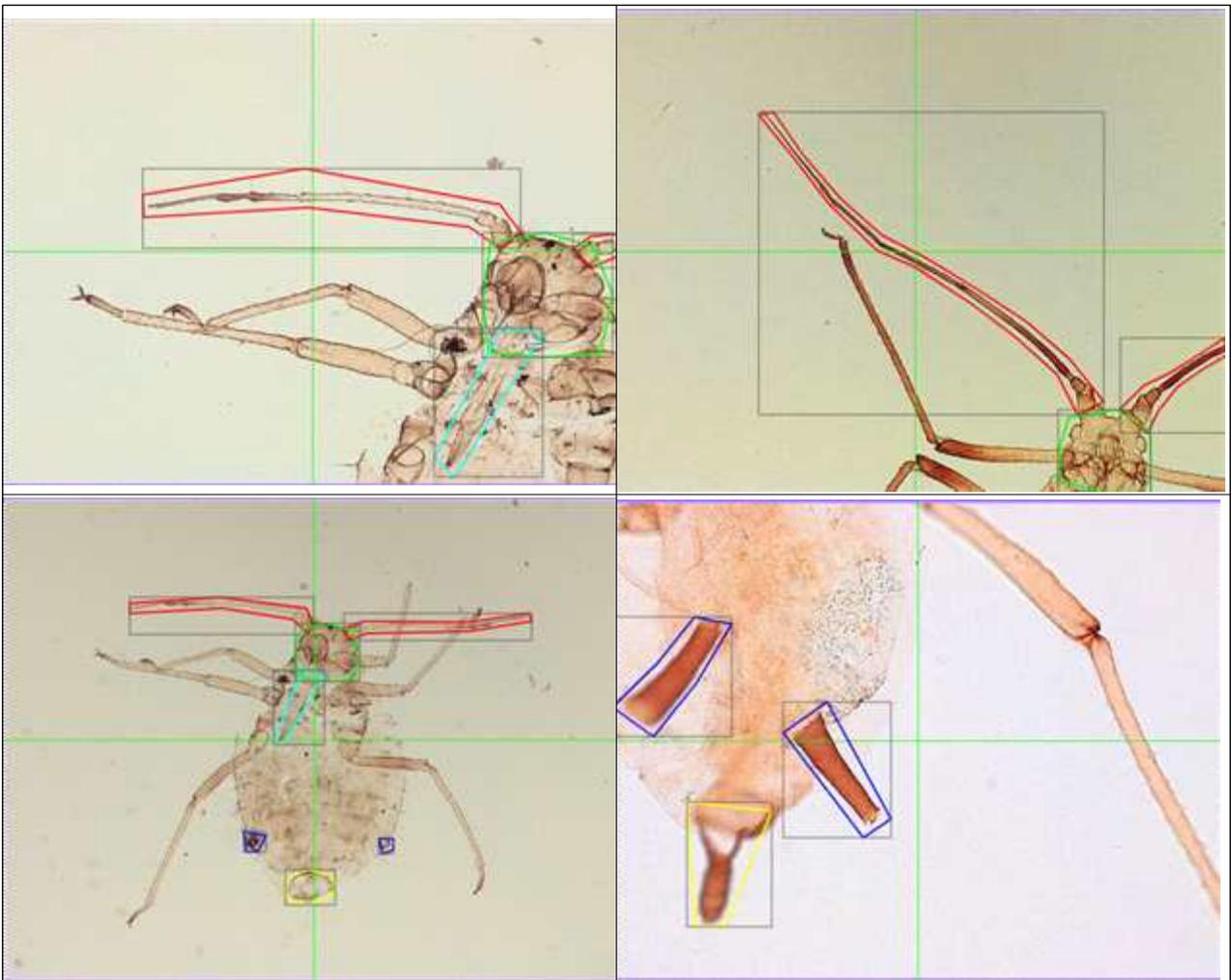
```

- 두꺼운 글씨부분이 새롭게 추가된 코드 임
- microcontroller\_train, microcontroller\_test 라는 데이터 셋을 새로 만들어 등록 시킴
- config파일에 추가 하려면 get\_cfg 로 만든 딕셔너리에 다음 코드를 작성 함

```
cfg.DATASETS.TRAIN = ("microcontroller_train",)
cfg.DATASETS.TEST = ("microcontroller_test",)
```

### (9) 라벨링 하기

- 식물방역대학원 학생들을 포함한 전체 연구원이 라벨링 작업을 실시 함



## <제2핵심 연구과제: 검역병해충 관리기술 개발>(경북대)

### 1) *Filenchus cylindricus* (Tylenchida: Tylenchidae)의 분자생물학적 특성과 형태 연구

#### 가) 개요

- 식물기생선충은 검역적으로 중요한 생물군의 하나이다. 식물기생선충의 분류와 동정 및 방제는 농업생태계의 건전성 확보 측면에서 매우 중요한 부분이다.
- 본 연구에서는 식물기생선충의 형태적 또는 분자생물학적 특성을 연구하였고, 이들의 방제를 위한 식물체 유래 물질을 활용한 연구사례들을 조사하였다.

#### 나) 연구개발과제 수행 과정 및 내용

##### (1) 선충분리

- 가평 베네스트 골프클럽에서 채취한 잔디 샘플에서 선충 개체군을 추출하였다.
- 샘플은 벤토그라스(*Poa pratensis*)로 조성된 퍼팅 그린에서 채취하였다. Cobb의 체질과 Baermann 깔때기 방법의 조합을 응용하여 잔디 코어에서 선충을 추출하였다(Jenkins, 1964).
- *Filenchus* 속에 속하는 선충 표본은 Nikon SMZ 1000 실체현미경(Nikon)으로 선충 현탁액에서 손으로 채취한 뒤 이후에 형태학적으로 그리고 분자적으로 특징을 조사하였다.

##### (2) 형태적 특성 조사

- 샘플에서 36개의 암컷과 22개의 수컷을 죽이고, 순수한 글리세린으로 고정하였다(Seinhorst, 1959). Zeiss 이미지 Z2 현미경(Carl Zeiss)을 사용하여 현미경 사진 및 형태 측정 데이터를 Axio-vision 소프트웨어로 측정하였다.
- 종 식별은 Brzeski(1997), Geraert(2008), Raski와 Geraert(1987)가 편집한 식별 키와 종 설명에 따라 수행하였다.

##### (3) 분자생물학적 특성 조사

- 리보솜 DNA는 Iwahori et al.(2000)에 의해 기술된 바와 같이 DNA 추출 키트 WizPure™를 사용하여 단일 암컷 표본에서 추출하였다.
- 28S-rRNA의 D2-D3 확장 세그먼트 증폭은 D2A(5'-ACA AGT ACC GTG AGG GAA AGT TG-3') 및 D3B(5'-TCG GAA GGA ACC AGC TAC TA-3')(Nunn, 1992)를 사용하였다.
- TW81(5'-GTT TCC GTA GGT GAA CCT GC-3') 및 AB28(5'-ATA TGC TTA AGT TCA GCG GGT-3')(Curran et al., 1994)은 ITS-rRNA 유전자를 증폭하는데

사용하였다.

- 중합효소연쇄반응(Polymerase chain reaction, PCR)은 PCR cycler(T100™, Bio-Rad)로 수행하였는데 프로그램은 95°C에서 5분 동안 초기 변성, 95°C에서 30초 동안 35주기, annealing 53°C에서 30초, 72°C에서 1분 10초, 72°C에서 5분 동안 한 사이클로 수행하였다.
- PCR 산물은 PCR 정제 키트(Qiagen)를 이용하여 정제하였고, 정량은 퀵드롭 분광광도계(Molecular Devices)를 이용하여 수행하였다.
- 정제된 생성물은 후속적으로 동일한 프라이머를 사용하여 양방향으로 직접 시퀀싱하였다. DNA 시퀀싱은 Macrogen에서 수행하였다.
- 획득한 DNA 서열은 수탁 번호 MN752397 및 MN752398(28S-rRNA) 및 MN752395 및 MN752396(ITS-rRNA)으로 GenBank 데이터베이스에 제출되었다.

#### (4)계통발생 분석

- 28S-rRNA 및 ITS-rRNA의 수득된 서열을 ClustalX 1.83(Thompson et al., 1997)을 사용하여 *Filenchus*속 및 GenBank에 게시된 기타 관련 속의 유전적으로 가까운 종의 상응하는 서열 데이터 세트와 함께 정렬하였다(Atighi et al. ., 2012, Mortazavi et al., 2021, Munawar et al., 2021, Panahandeh et al., 2019). *Neothada cancellata* 및 *Basiria bhabhi*는 각각 28S-rRNA 및 ITS-rRNA 서열 데이터 세트에 대한 외부 분류군으로 사용되었다.
- 이후 생성된 정렬은 MrBayes 3.2.6을 사용하여 베이지안 추론으로 분석되었다(Ronquist et al., 2012). 뉴클레오티드 치환의 최적 모델은 jModelTest v2.1.7을 사용하였다(Darriba et al., 2012). 불변 부위를 추정하고 4가지 범주(GTR + I + G)로 감마 분포를 가정하는 일반적인 시간 가역적 치환 모델을 두 가지 분석에 대한 적절한 뉴클레오티드 치환 모델로 사용하였다.

## 2) 기주별 및 세균 발병 가능한 병원체 농도 규명 연구

### 가) 개요

- 우리나라의 검사대상 병원체·LMO의 검역처분은 무감염원칙(zero tolerance)에 따라 PCR 정성검사에서 해당 병원체·LMO의 유전자가 검출되면 무조건 검역처분하고 있고, 발병농도 이하 수준의 병원체의 정량적 검사는 전혀 고려하지 않고 있으므로, 발병농도 수준에 대한 연구가 요구됨.
- 식물검역은 PCR 정성검사를 통해 해당 병원체의 유전자가 검출될 경우, 무조건 검역처분하고 있고, 검체 내의 병원체의 생존유무, 병원체의 병원성 유무, 병원체의 발병력 유무 등의 정량적 평가를 고려하지 않고 있어 검역처분 농산물에 대한 지속적인 민원발생이 있고, 다수의 민원인들이 이러한 검역처분에 대한 과학적인 근거제시를 요구하고 있음.
- 기주별 및 세균 발병 가능한 병원체 농도를 규명하고, 발병농도 미만의 병원체 감염은 검역처분하지 않는 판독기준 도입의 가능성을 제고할 필요가 있음.

### 나) 연구개발과제 수행 과정 및 내용

#### (1) 대상 구근류 확보 및 농도별 세균 접종

- 구근류의 선정은 수출입 실적이 높고, 병원균이 검출되는 백합 구근으로 선정하고, 실험용 백합 구근은 무병묘를 구입하여 이용함.
- *Pectobacterium aroidearum* 17-394를 이용하여 접종 실험에 이용함. 접종방법은 멸균된 바늘을 이용하여 구근에 상처를 낸 것과 상처를 내지 않은 것을 준비하고, 각각의 희석된 접종원에 6시간동안 침지하였으며, 이 후 포트에 이식하여 온실에서 배양하면서 병징 여부를 관찰함.



그림24. 백합 접종 직후, 접종 후 30일 모습



그림 25. 백합(무병묘) 대상 *P. aroidearum* 접종 90일 후 백합 줄기, 구근의 모습

- 외부 요인을 최소화 하기 위해, 접종한 구근의 배양 중 살균제, 살충제 등은 살포하지 않았으며, autoclave를 통해 멸균된 상토를 이용하여 재식하였음.
- 대상 세균 접종 90일 후 접종한 구근을 꺼내 확인한 결과, 접종 부위에서는 무름 증상 등이 관찰되었으나, 잎 상부, 줄기, 신초 등은 외견상 병징은 관찰되지 않았음.



그림 26.  $1 \times 10^5$  cfu/mL 농도로 접종된 품종별 구근의 90일 이 후 결과

- 고농도로 접종된 구근의 경우, 저농도로 접종된 구근에 비해 구근 자체가 부패하는 경우가 많았음. 특히 불리자드 품종의 경우 몽테뉴, 스타파이터에 비해 대체로 병원균에 저항성으로 추정되었으나, 이는 추가적인 검정이 필요할 것으로 사료됨.

(2) 접종 백합 구근에 대한 세균 copy 절대 정량 측정

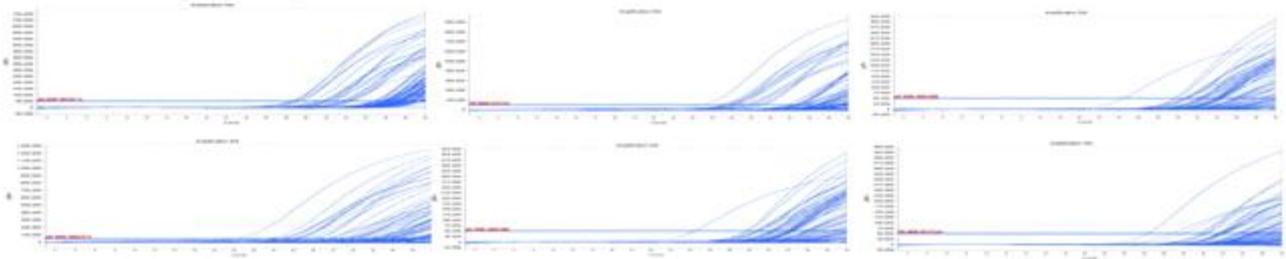


그림 27. 접종한 백합구근의 qRT-PCR 분석 결과

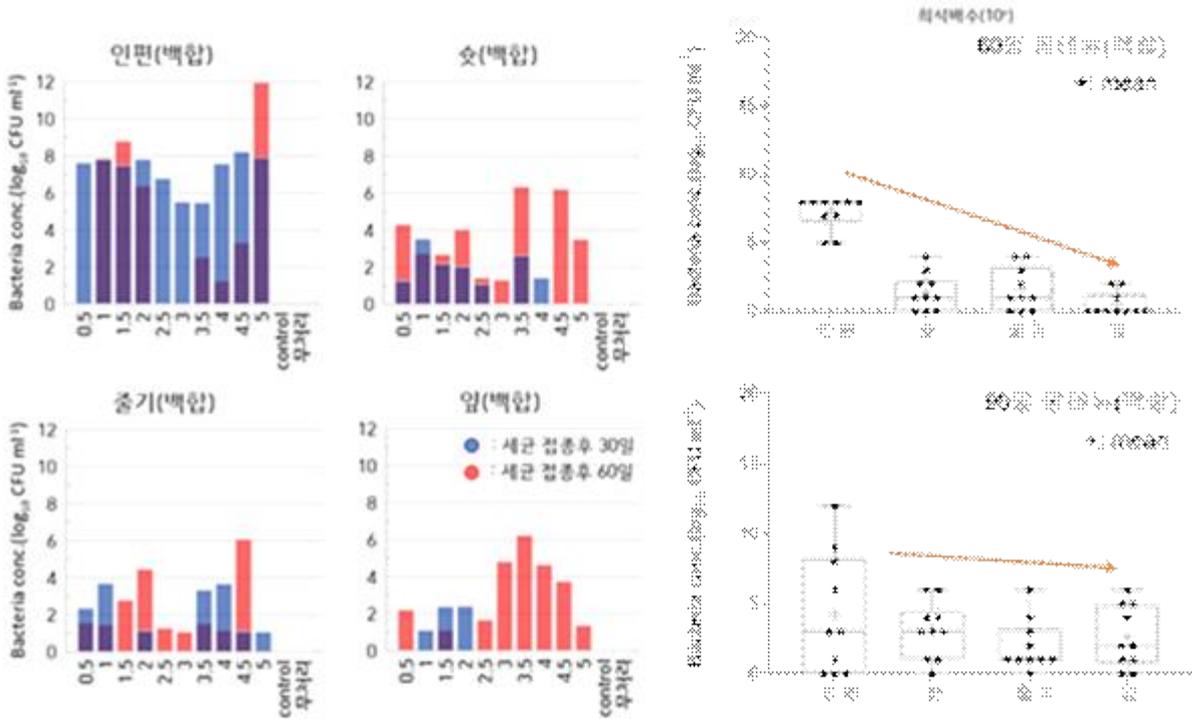


그림 28. 접종 후 일자에 따른 백합 부위별 세균 농도

- 접종한 백합을 대상으로 분석한 결과, 무처리구 및 대조구에서는 접종한 *P. aroidearum* 이 확인되지 않아 무병묘임을 확인하였음.
- 90일 경과 후 농도분포 비교를 통해 구근에 접종한 대상 세균의 이행 여부는 확인하였으나, 상부에서 병징은 나타나지 않음.
- 분석결과 90일 세균농도는 평균 2.1 ~ 4.2 log<sub>10</sub> CFU ml<sup>-1</sup> 분포로 나타남.
- 인편을 제외하고 나머지 부위는 시간이 경과됨에 따라 세균농도가 증가되는 것으로 확인되었음.
- 90일 후에는 접종한 인편, 신초, 줄기, 잎 순으로 식물체가 성장하면서 세균이 조직을 따라 이행한 분포 특성이 확인되었으나, 재확인을 위해 추가적인 실험을 수행중임.

### (3) *Pectobacterium* sp.에 의한 신규 병해 검정

- 2021년 4월 경기도 고양시 소재 선인장 농장에서 채집된 선인장(cv. 연빛)에서 무름 증상이 관찰 되었음. 위 시료에서 병원균을 분리한 결과, *Pectobacterium* sp.으로 확인되었으며, 분리된 병원균에 대하여 계통학적 유연관계 분석, 병원성 검정, 병원세균의 특성 검정 등을 수행할 예정임.

### 3) 트랩을 이용한 생활폐기물 사후매립지 위생곤충 조사 및 효과적 방제모델 개발

#### 가) 개요

- 폐기물관리법 제50조, 동법 시행규칙 제70조에 따라 매립장 해충관리 법적 의무
- 국내 사후관리매립장 관련 해충에 대한 조사가 현재까지 수행된 것이 없으며, 효율적인 예찰에 대한 연구 및 방제모델 개발 필요

#### 나) 연구개발과제 수행 과정 및 내용

##### (1) 말레이즈트랩, 점착트랩을 활용하여 매립장 주행성 위생곤충 조사

- 울산 삼산(여천)매립장에 5지점 설정
- 5월~9월 2주마다 말레이즈트랩과 점착트랩으로 주행성 위생해충 수집
- 수집된 곤충류를 과(family) 단위로 분류

### 4) 검역해충 열대거세미나방의 발생 예찰 및 생물학적 방제 연구

#### 가) 개요

- 외래침입해충인 열대거세미나방의 지리적 분포 및 유전적 다양성, 친환경 방제를 위한 생물적 자원 탐색을 실시함

#### 나) 연구개발과제 수행 과정 및 내용

- 경북지역에서 열대거세미나방 발생 분포 조사 및 생물적 방제인자 탐색
- 열대거세미나방의 생물적 방제요인으로서 곤충병원성 곰팡이인 *Metarhizium rileyi*를 배양, 순수분리 실시함
- 곤충병원성 곰팡이의 살충 활성 분석해 본 결과 4령 유충에 대하여 접종후 7일 이내에 89%의 살충율을 나타냄
- 곤충병원성 곰팡이의 대량 증식 방법 모색

## 5) 검역 대상 해충 및 위험 해충에 대한 예찰 및 분류동정 데이터베이스 구축

### 가) 개요

- 국제간 교역의 증가로 인하여 농산물 수출입이 증가하고 있고, 이로 인해 다양한 검역 해충들이 유입되고 있는 실정으로 수출입 농산물 내 검역해충의 분류, 동정의 중요성이 부각되고 있으나 해당 분야의 전문인력이 적어 신속한 처리가 되지 못하고 있는 실정임
  - 기후변화와 국제교역의 증가로 인해 외래 병해충의 국내 유입이 증가되고 있는 실정으 로 외래해충의 관리 및 검역 강화가 필요
  - 각 국에서 수입 수출에 시 유입될 수 있는 검역해충 및 경제적 피해를 발생시키는 외래해충에 대한 목록화가 필요하며 침입 대비 위험 분류군에 대한 동정 자료 제작이 요구됨.
- 검역 대상 해충의 형태학적 분류 및 침입위험 해충에 대한 기초자료를 구축하여 검역해충 통합관리에 있어 기초자료를 제공하고자 함.
- 검역해충 침입 대비를 위한 인근 국가의 검역 대상 해충 및 국내 검역 대상 해충에 대한발생 단계 별 동정자료 확보를 통한 신속한 동정에 대한 기초자료를 제공하고자 함.

### 나) 연구개발과제 수행 과정 및 내용

#### (1) 검역 대상 해충의 분류 동정 및 검역해충 침입 대비 분류군 조사

- 검역 대상 해충 및 침입 대비 위험 분류군에 대한 분류 동정을 실시하여 국내에 유입 및 유입 위험이 있는 해충에 대한 기초자료를 확보하고자 함.
- 현재 국내 검역 대상 해충의 형태학적 분류, 검역과 관련하여 침입 위험이 있는 해충에 대한 조사, 침입 위험 해충에 대한 형태학적 분류 동정 및 기초자료 구축 연구 진행중.
- 검역해충 침입 대비를 위한 국내 유입된 외래곤충의 체계적인 데이터 확보를 통해 이들의 확산, 정착 및 영향 예측을 위한 통합관리시스템을 구축하고자 함.
- 검역 대상 해충과 해충의 발생 단계 별 동정 기초자료와 관련된 문헌 및 자료 수집중.
- 검역 대상 해충 중 유입 가능성이 높은 해충에 대한 목록화를 진행중.
- 검역해충의 침입을 대비하여 대상 해충의 생육 정보 및 환경정보 자료 수집중.
- 인근 국가의 검역 대상 해충으로 경제적 피해를 야기하는 곤충의 특성 조사 및 목록화 하여 기초자료 수집하고자 함.
- 검역해충에 대한 교육자료를 제작함.

## 6) 벚초파리의 화학물질 선호도 파악을 통한 수출시 방역전략 마련을 위한 기초 자료 확보

### 가) 개요

- 신선 과일에 서식하는 벚초파리는 부패/발효 과일에 서식하는 노랑초파리와 서식처의 상이성을 보임.
- 신선 과일에서 발생하는 화학물질의 종류와 농도는 과일의 부패/발효 환경시 발생하는 화학물질과 상이 할 것으로 판단됨.
- 상이한 서식 환경에 따른 화학물질의 조건이 두 근연종의 서식 환경 선호도를 결정하게 되는 것으로 판단됨.
- 이에 과일에서 발산하는 화학물질에 대한 두 근연종 초파리의 선호도 평가를 실시함.
- 과일의 발효 과정에서 생산되는 화학물질로 인해 초파리의 기주는 고체 상태에서 액체 상태로 변화되는데, 이는 고농도의 화학물질에 선호도를 보이는 노랑초파리는 산란시 알 또는 유충의 익사문제를 피하기 위해 액체 상태의 기주 보다는 고체상태의 기주를 선호할 것으로 예상됨. 그러나 virgin female은 고농도의 화학물질이 발산되는 환경에 모여야 교미의 기회가 증대될 것으로 예상됨.
- 이에 본 연구에서는 교미 전/후의 노랑초파리 암컷의 화학물질 농도에 따른 선호도를 추가 조사하였음.

### 나) 연구개발과제 수행 과정 및 내용

#### (1) 벚초파리의 화학물질 선호도 파악을 통한 수출시 방역 전략 마련을 위한 기초 자료 확보

- 과일의 부패/발효 단계에 따른 화학물질 종류, 농도 평가
- 두 근연종 초파리(노랑초파리, 벚초파리) 확보 및 실내 사육
- Y-tube를 이용한 화학물질 선택 실험 방법 구축
- 대표적 화학물질에 대한 선호도 평가 실시

#### (2) 노랑초파리 암컷의 교미 전/후간 화학물질 선호도 파악

- 노랑초파리 암컷의 교미 전/후간 다양한 농도의 화학물질에 대한 선호도 평가
- 알콜발효에서 초산발효로 진행되는 인공식이를 활용한 실험실 조건에서의 노랑초파리 암컷의 교미 전/후간 발효단계별 선호도 평가

## 7) 수출품 대상 검역해충의 오염도 조사 및 관리 방법 연구

### 가) 개요

- 국내분포종이자 검역해충인 썩덩나무노린재(*Halyomorpha halys*)는 동아시아 원산으로 기주범위가 넓은 특징을 가지고 있음.
- 미국 및 유럽으로 유입되어 과수와 채소 등을 흡즙하여 막대한 경제적 피해를 입혀 각국의 규제가 강화됨.
- 월동 시기 수출품 보관 창고 및 야적장에 들어가 외국으로 유입되고 있어 오세아니아 국가인 호주 및 뉴질랜드는 월동 시기에 출발하는 컨테이너 대상으로 규제를 실시중임.
- 국내 썩덩나무노린재의 발생 현황과 패턴, 수출용 물품에 침입 가능성에 관한 연구가 필요함.
- 농업지역과 중간지역, 수출품 선적 지역으로 연구지역을 세분화하여 지역별/시기별 모니터링을 통해 썩덩나무노린재의 활동기 및 월동 개체군 동태를 파악하고자 함.
- 썩덩나무노린재의 모니터링 결과를 기초로 수출품 선적 지역으로 유입 가능성을 예측하고자 함.
- 국내에서 출발하는 수출품 오염에 대한 위험도를 평가하고 관리 방안을 제시하고자 함.

### 나) 연구개발과제 수행 과정 및 내용

#### (1) 울산 수출품 선적지역 기준으로 거리별 농업지역과 중간지역, 수출품 선적지역에서 모니터링 지점 선정

- 썩덩나무노린재의 주요 기주작물 재배지 중 울산항을 기준으로 약 40-50km 떨어진 지역을 농업지역으로 선정 (그림 29)
- 중간지역은 수출품 선적지역 기준 10-30km 이내 대규모 농업 지역 선정(표 1)

표 11. 울산항 기준 선정된 썩덩나무노린재 활동기 개체군 조사 지역

조사 지역	재배 작물	거리 (km)	재배 면적 (m <sup>2</sup> )	주소
수출품 선적지역	-	1	-	울산광역시 동구 방어동 산 307
중간지역1	배	12	19,600	울산광역시 울주군 청량읍 죽리 872-4
중간지역2	사과	45	18,500	울산 광역시 북구 상안동 1096
작물 재배지역	배	45	3,242	경남 밀양시 산내면 임고리 1753

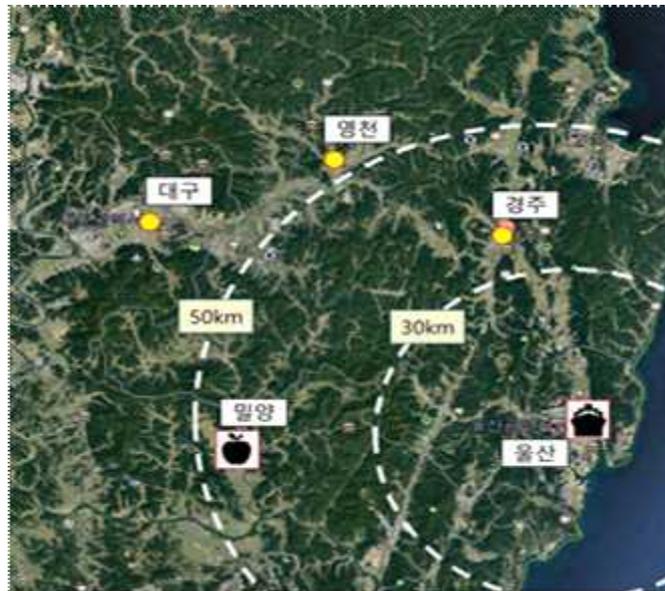


그림 29. 수출품 선적지 (울산) 인근 농업 지역

## (2) 석덩나무노린재 활동기 개체군 모니터링

### (가) 유인트랩 제작

- 점착트랩(clear sticky trap, AgBio Inc.)(높이 15cm X 길이 30cm)와 석덩나무노린재 페로몬루어(Pherocon BMSM Dual lure, 그린아그로텍)를 이용하여 활동기 개체군 모니터링

### (나) 유인트랩 설치

- 약 180cm 길이의 각목에 페로몬루어를 설치 및 고정 후, 루어 하단에 점착트랩을 부착함 (그림 30).
- 유인트랩이 설치된 각목을 20-30cm 깊이로 설치하여 유인트랩이 지면으로부터 150-160cm 높이에 위치하도록 함.
- 유인트랩은 재배 작물 지역의 가장자리를 기준으로 약 10m 떨어진 지역에 설치하여 작물과 기주간 이동하는 개체를 확인함.
- 작물 재배지의 크기를 고려하여 모니터링 지역당 유인트랩 10개를 약 10m 간격을 두고 설치함 (그림 30).



그림 30. 유인트랩(좌), 유인트랩 설치(우)

- 조사 기간: 2021년 4월~ 11월
- 조사 간격: 2주
- 수거한 점착트랩은 연구실에서 썩덩나무노린재 종 동정 및 약충의 령기 확인.
- 페로몬루어는 3개월 간격으로 새것으로 교체.

(3) 울산항 수출품 선적지역 인근 산림(near-port area)에서의 활동기 개체군 동태 파악  
(가) 채집지 선정

- 수출품 선적지역 인근(2km 이내)에 썩덩나무노린재가 잠재적으로 서식할 수 있는 산림 지역을 선정하여 활동기 썩덩나무노린재 개체군 모니터링을 진행함 (표 12, 그림 31).

표 12. 수출품 선적지역 당 선정된 작물 재배지역

수출품 선적지역	환경	거리(km)	주소
울산항	산림	1	울산광역시 동구 방어동 산 307



그림 31. 선정된 수출품 선적지역 인근 산림

(4) 울산항 수출품 선적지역 내 석덩나무노린재 월동기 개체군 모니터링 지점 선정

- 울산항 내 선적장과 존재하는 인공구조물 파악 (그림 32)



그림 32. 표준 월동 트랩 설치지역\_울산항(야적장)



그림 32. 표준 월동 트랩 설치지역\_울산항(선적장)

(5) 석덩나무노린재 월동기 개체군 모니터링

(가) 표준월동트랩 제작

- 외경 가로 24cm x 세로 20cm x 높이 20cm인 합판 상자 속에 5mm 가량의 골판지를 5mm 간격으로 제작 (그림 33).
- 월동 트랩 앞면에 미닫이문을 제작하였으며 월동 개체군이 들어갈 수 있도록 1cm의 틈 확보 (그림 33).

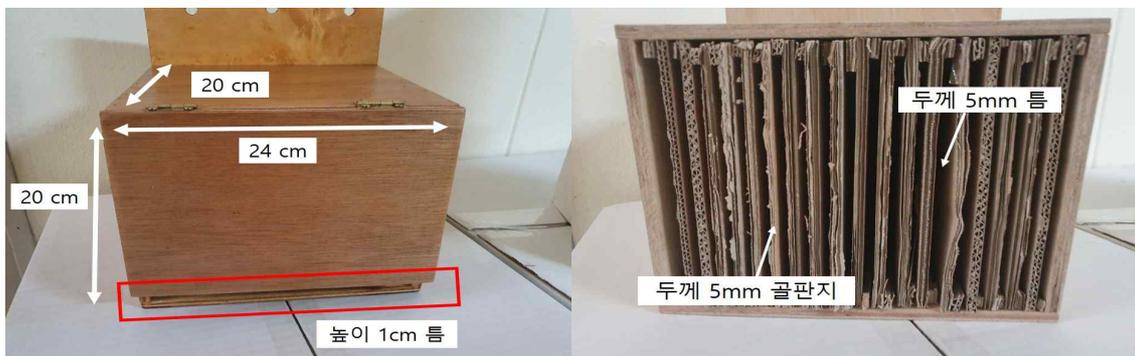


그림 33. 제작된 표준 월동 트랩의 정면(좌)와 내부 구조(우)

(나) 표준월동트랩 설치

- 울산항 수출품 선적지역 내 사무실, 컨테이너, 조명탑 등의 인공구조물에 20개의 표준월동트랩을 지면으로부터 50cm 이상의 높이에 설치 (그림 34)
- 표준월동트랩은 추분기 전후인 9월 18일 설치 후 한겨울인 2월 17일에 수거.



그림 34. 선적지역 내 조명탑에 설치된 표준월동트랩

(다) 인공구조물 육안조사 진행

- 울산항 내부의 인공구조물 및 야생식생에 대해 육안조사 진행 (표 12).

표 12. 울산항 선적 지역 내 인공구조물 현황

수출품 선적 지역	구분	개수	육안조사 가능 지점
울산항 (야적장)	공원(침엽수)	1	12
	조명탑	18	18
울산항 (선적장)	건물	1	9
	조명탑	10	10
	가스관	1	1
계		31	50

- 선적장 내 수출 대기 차량의 테이핑 틈, 고무패킹 틈, 타이어 틈 등 썩덩나무노린재가 월동구조물로 이용 가능한 좁은 틈 조사.

(라) 자연구조물 육안조사 진행

- 울산항 인근 살림 및 중간지역에서 죽은 나무를 대상으로 한 자연 월동구조물 육안조사 진행(표 13).

표 13. 울산항 인근 자연 월동구조물 현황

지역	장소	항만으로부터 거리(km)	조사 대상 나무
울산	선적지역 인근 살림	0.9	27
	중간지역	16.3	26
계		-	53

- 직경 14cm(둘레 45cm) 이상의 서있는 나무를 우선적으로 조사하였으며 지면으로부터 약 2m 높이까지 조사 진행
- 수출품 선적지역 인근의 목조 구조물(사찰) 및 인근 목재 적치물에 대해 추가적인 육안조사 진행 (그림 35).



그림 35. 자연구조물 육안 조사를 위해 선정된 죽은 나무

## 8) 목재류 및 목재포장재 유입 우려 병원균 목록화 및 방제법 연구

### 가) 개요

- 식물병원균의 국내 유입경로 중에서 목재류 및 목재포장재 등에서 유입될 가능성이 높으므로 토양, 식물체 등에서 분리되는 곰팡이에 대한 동정법 확립과 유입 가능성이 높은 병원균에 대한 목록화 및 방제법에 대한 연구가 요구됨. 또한 대표적인 농작물을 선정하여, 피해를 유발하는 식물병원균 등을 조사하고 이를 효과적으로 방제 할 수 있는 방법에 대한 연구가 요구됨.

### 나) 연구개발과제 수행 과정 및 내용

#### (1) 목재류 및 목재 포장재로 유입 우려 병원균 배양조건 탐색

- 목재류 및 목재 포장재에서 서식하는 병원균의 배양조건 및 분리조건을 확립하기 위하여, 목재류에서 서식하는 곰팡이와 토양에서 부생적으로 서식하는 곰팡이를 대상으로 분리배양 조건을 확립함.

#### (가) 목재류에서 획득 가능한 곰팡이 균주의 분리 및 동정법 확립

- 목재류에 서식하고 있는 곰팡이를 분리 배양하기 위해, 적재된 소나무 목재를 채집함. 이 후 곰팡이가 서식하는 것으로 판단되는 부분의 샘플을 채취한 후 광학현미경(BX50, Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 관찰함.
- 분리배양은 멸균된 바늘로 목재에 부착된 균사체를 채집하여 PDA(Potato dextrose agar; Difco, USA)배지에 치상함.
- 치상한 배지는 암조건에서 25°C 1-2일 배양 후, 자라난 균사를 새로운 PDA 배지로 계대배양하여 25°C에서 7일간 배양하고 배양학적 특징을 비교함.
- 확보된 곰팡이에 대한 대략적인 속(genus) 수준의 동정을 수행하고자, 곰팡이 균사체가 관찰되는 부분을 멸균된 메스를 이용하여 일부 채취하고, HiGeneTM Genomic DNA Prep Kit (Biofact, Daejeon, Korea)를 이용하여

total DNA를 추출함. 또한 목재에서 분리된 곰팡이를 동정하기 위해, 배양된 배지에서 균사체를 멸균된 메스로 일부 채취하고, 동일한 방법대로 total genomic DNA를 추출함.

- 추출된 total genomic DNA에서 곰팡이의 ITS 영역의 증폭하고자 ITS1F/ITS4 프라이머 쌍을 이용하여 PCR을 수행하고, 증폭된 DNA 산물은 정제 후 염기서열 분석을 의뢰함.



그림 36. 목재에서 관찰되는 곰팡이에 의한 부후 의심증상

- 적재된 목재 표면에서 백색, 녹색 균사체가 특징적으로 다수 관찰되었으며, 수피부분에 흑색 썩음 증상이 관찰되었음.
- 목재에서 관찰된 백색 및 녹색 균사체를 광학현미경으로 관찰한 결과, *Fusarium* sp.의 대형 분생포자와 소형 분생포자 유사 조직이 관찰되었으며, 녹색 균사체에서는 *Trichoderma* sp.의 분생포자 유사 조직이 관찰되었음.

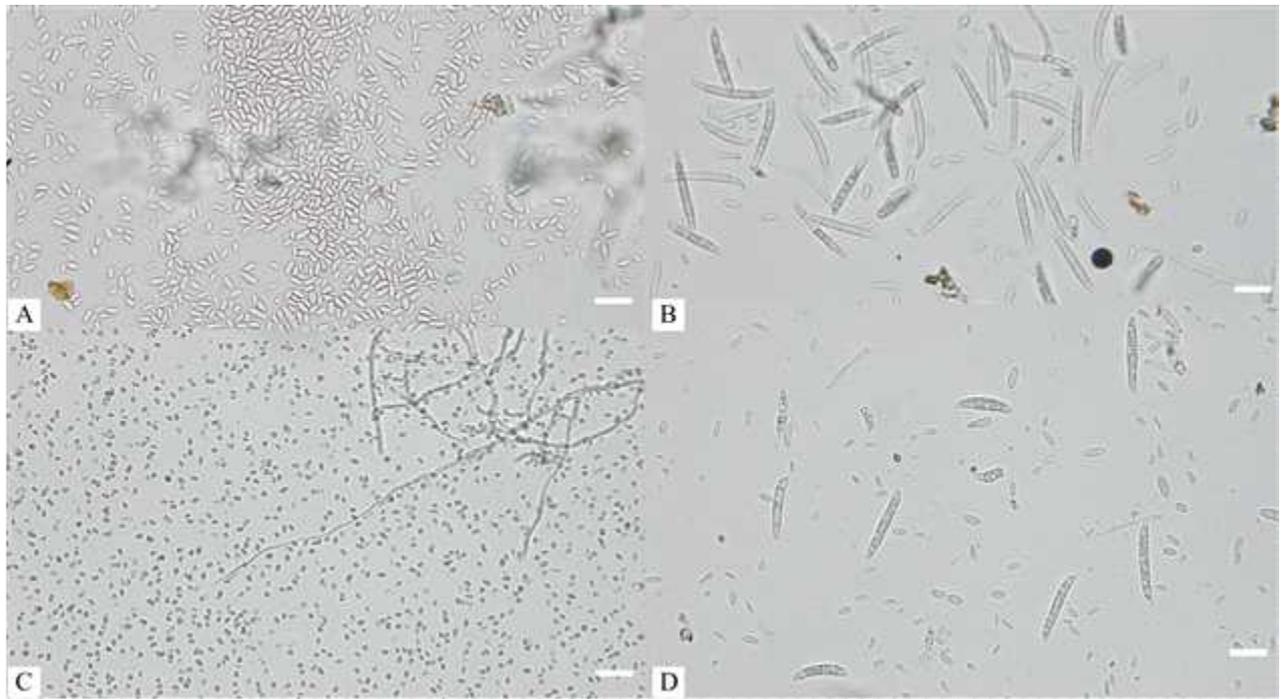


그림 37. 목재에서 관찰된 곰팡이 포자 및 균사의 형태. A, B, D: *Fusarium* sp.의 대형 분생포자 및 소형 분생포자의 형태; C: *Trichoderma* sp.의 분생포자 형태. White scale bar=20  $\mu$ m.

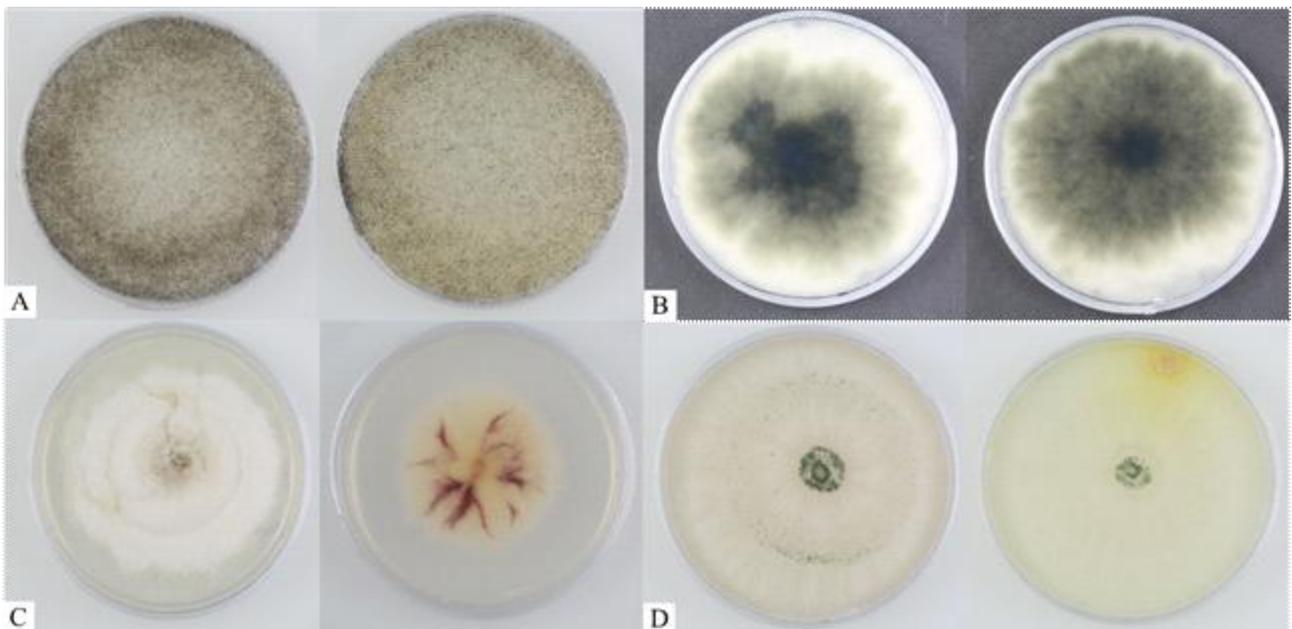


그림 38. 목재에서 분리된 곰팡이의 배양학적 특징.

- 목재에서 분리된 곰팡이에 대하여 total DNA 추출 후 ITS영역 (ITS1F/ITS4) 을 증폭하여 대략적인 속(genus)을 분석함. 그 결과, 치마버섯(*Schizophyllum commune*), *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp. *Sphaeropsis* sp., *Pestalotiopsis* sp., *Rhizopus* sp. 등으로 확인됨.
- 특히 *Pestalotiopsis* sp., *Sphaeropsis* sp.에 속하는 곰팡이의 경우, 해당 속 에 속하는 곰팡이 다수가 병원균으로 보고되어 있으므로, 목재류에서 잠재 병원 균으로 서식할 수 있을것으로 판단됨.

(나) 토양에서 획득 가능한 곰팡이 균주의 분리 및 동정법 확립 (진행중)

- 토양에서 서식하는 곰팡이 균주를 확보하기 위하여 채집된 샘플은 희석 후 평판배지 도말법을 이용하여 다음과 같이 실험을 수행함. 채집한 샘플 1 g을 멸균수 10 mL에 넣고, 진탕배양기에서 30분간 100~150 rpm으로 진탕하고 현탁액을 멸균수 9 mL에 순차적으로 희석하여 희석액을 제작함. 희석액은 PDA(potato dextrose agar, Difco, MN, USA)배지에 각각 100  $\mu$ l씩 도말하여, 25°C에서 암배양하고 2-3일 후 확인되는 균주에 대해서 계대배양을 수행함.
- 현재까지 다수의 토양 샘플에서 곰팡이를 확보 중이며, 종 동정을 수행할 예정이다.

#### (다) 국내 미보고 식물병원균에 대한 분석

- 경남 함안에서 채집된 남바람꽃 (*Anemone flaccida*)의 잎과 줄기에서 이상증상을 관찰하여 병원균의 형태적 특징 및 계통학적 유연관계를 분석하였음.



그림 39. 이상증상이 관찰된 남바람꽃과 포자의 형태적 특징. 이상증상이 관찰된 남바람꽃 (A-C), 포자퇴에서 관찰된 포자의 모습 (D-F). White scale bar=20  $\mu$ m, Black scale bar=10  $\mu$ m.

- 잎에서는 회색의 병반이 관찰되었으며, 수포 형태로 관찰되었음. 포자를 관찰한 결과, 둥근모양의 포자가 관찰되었으며, 크기는 21.9-39.3 x 15.7-22.7  $\mu$ m로 확인되었음. 정확한 종 동정을 위하여 ITS영역과 LSU gene을 PCR하여 계통학적 유연관계를 분석한 결과, 국내에서는 보고되지 않은 감부기병균의 일종인 *Urocystis eranthisis*와 매우 근연한 것으로 확인되었음.

#### (라) 식물병예찰진단학 교재 개발 및 수업

- 특수대학원 강의교재 (공통과목: 식물병예찰진단학-Monitoring and Diagnosis of Plant Disease, 교류과목)를 개발하고, 최종 개발된 식물병예찰진단학 강의교재는 식물병에 대한 개괄적인 내용을 포함하고, 식물병에 대한 세부적인 내용에 대해 면밀히 학습할 수 있도록 다음과 같이 교재를 구성함; 01. 식물병의 일반, 02. 식물병의 원인과 발생, 03. 식물병의 진단, 04. 식물병의 예찰, 05. 식물병의 방제, 06. 식물병 각론-균류에 의한 식물병, 바이러스에 의한 식물병으로 구성됨.



- 2022년 1학기 강의를 진행하였으며, 이론강의와 실습 강의를 진행함. 이론강의에서는 식물병에 대한 전반적인 이해와 균류의 특성 및 방제법, 실습형 수업에서는 광학현미경을 이용한 포자 관찰 등을 통해 현장에서 식물병 진단 시 요구되는 내용을 학습할 수 있도록 함.

## 9) 검역해충 호박과실파리(*Bacterocera depressa*) 산란시 나타나는 화학적 변화 분석 연구

### 가) 개요

- 본 연구개발과제의 목표는 1단계 (기초 이론 및 실험)인 기초연구단계로서 과일 내에 산란하는 해충들을 비절단 방법으로 신속한 진단을 할 수 있는 도구 및 기술을 개발하는 것이다. 따라서 본 연구의 초기 목적은 국내 자생종이지만, 해외에서는 검역해충으로 구분되는 호박과실파리 (*Bacterocera depressa*)이 과실에 산란할 때 나타나는 화학적 변화를 분석하는 것이다.
- 호박과실파리는 한국, 일본, 중국에 분포하는 과실파리과에 속하는 박과류 작물의 중요해충이며, 단호박등 숙과 호박에서 피해가 많다. 국내에서 과일의 향기를 분석하는 방법을 이용하여 호박의 비절단 검역방법은 아직 시행되지 않았다. 현재 농림축산검역본부에서는 화학 및 물리적 검역 방법을 현장에 적용하는 것에 대한 연구를 수행 중이다.
- 장기적인 목표는 호박 과실파리가 산란한 박과류 작물의 화학적 변화를 패턴화하여 비절단 진단 방법의 기초 연구를 수행하는 것이다.

### 나) 연구개발과제 수행 과정 및 내용

- 경북대학교 해충방제학 실험실은 신생 실험실이다. 따라서 3월부터 8월까지 경북대학교 농대 2호관에 실험 기자재들을 세팅하는 시간 때문에 본 연구개발과제에 어려움이 많았다. 하지만, 김서현 학생과 연구개발과제를 수행할 수 있었다.
- 실험실 세팅이 이루어지는 동안 석사 학생은 volatile profiling에 대해 서지 관리 프로그램인 EndNote 20.4를 이용해서 호박과실파리와 비절단 방법을 이용

한 과일 검역에 관한 논문들을 찾아서 읽고, 프로그램 내에 정리를 했다. 특히 방역대학원 석사 과정 김서현 학생이 주도적으로 Annual Review of Entomology와 같은 리뷰 논문들을 읽고, 해당 실험 논문들을 검색해서 읽었기 때문에 이것은 기초연구단계의 2단계 (실용 목적의 아이디어, 특허 등 개념 정립)를 완료했다고 볼 수 있다 (그림 40).

Name	Date Modified	Size	Kind
Biocontrol Sci Techn 2013 23 880-2.pdf	May 4, 2022 at 3:46 PM	853 KB	PDF Document
Knolhoff and Heckel 2014.pdf	Apr 25, 2022 at 3:59 PM	538 KB	PDF Document
Occurence and control of pumpkin fruit...trocera depressa) in a field pumpkin.pdf	Jun 14, 2022 at 4:40 PM	542 KB	PDF Document
OIPV 2015.pdf	Apr 25, 2022 at 3:59 PM	2.1 MB	PDF Document
Oviposition Behavior of Pumpkin Fruit FL...idae) Diptera) in a Cage Environment.pdf	Jun 14, 2022 at 4:41 PM	869 KB	PDF Document
Park2019_Article_ASimpleApproachToEvaluateBehav.pdf	Apr 7, 2022 at 9:13 AM	1.7 MB	PDF Document
Raguso 2008.pdf	Apr 25, 2022 at 2:39 PM	490 KB	PDF Document
Terpinylacetate단백질막이유인제를이용한호...연중발생모니터링기술및포용방제제형개발.pdf	Jun 14, 2022 at 4:32 PM	436 KB	PDF Document
Tholl et al. 2006.pdf	Apr 25, 2022 at 3:59 PM	773 KB	PDF Document
구두발표4 호박과실파리[Bactrocera paradacus depressa.pdf	Jun 11, 2022 at 3:46 PM	66 KB	PDF Document
남부지방호박과실파리BactroceraParadacusdepressaShiraki의발육특성과분포.pdf	Jun 14, 2022 at 4:39 PM	62 KB	PDF Document
실내 및 포장조건에서 호박과실파리의 후각적 유인반응.pdf	Jun 14, 2022 at 4:46 PM	1.3 MB	PDF Document
실험실 환경조건에서 호박과실파리의 시각적 유인반응에 대한 예비연구.pdf	Jun 14, 2022 at 4:35 PM	859 KB	PDF Document
호박과실파리 발생생태 및 계절초기 성충우화시기 예측 모형.pdf	Jun 14, 2022 at 4:30 PM	2.2 MB	PDF Document
호박과실파리BactroceraParadacusdepressaShiraki성충의야외방사상내팍짓기행동.pdf	Jun 14, 2022 at 4:36 PM	388 KB	PDF Document
호박과실파리BactroceraParadacusdepressaShiraki의연중소장과생물에관한연구.pdf	Jun 3, 2022 at 4:13 PM	62 KB	PDF Document

그림 40. 김서현 학생이 찾은 연구개발과제와 관련된 논문들 목록 일부

• 경상북도 농업기술원의 김민기 박사와 협업을 통해 경북지방 내 노지에서 박과류 작물을 키우고 있는 농가에 5월부터 8월까지 방문했다. 하지만, 노지에서 채집한 호박들을 절단했을 때 호박과실파리의 산란이 일어나지 않은 것을 확인했다. 이것을 대비해서 금년 5월에 김민기 박사가 호박을 미리 경상북도 농업기술원에 심어서 호박과실파리의 산란을 유도했다 (그림 41-42).



그림 41. 경북 철곡 지역 노지에서 호박을 재배하고 있는 농가를 방문해서 호박과실파리의 산란 유무를 조사함



그림 42. 경북 포항 지역 노지에서 호박을 재배하고 있는 농가를 방문해서 호박과실파리의 산란 유무를 조사함

- 해충방제학 실험실에서 박익주 교수가 미국에서 개발한 portable volatile collection system (PVCS)을 국내에서 사용하기 위해 필요한 부품들을 주문했다. 현재 지정학적인 어려움으로 모든 부품을 수급할 수 없었으나, 특수대학원 소속 김서현 학생, 일반대학원 소속 김수현 학생, 그리고 학부생인 김지윤 학생이 함께 현재 4개의 박과류 작물에서 volatile profile을 포집할 수 있는 단계로 만들었다 (그림 43). PVCS는 약 3 시간 동안 애호박과 같은 박과작물에서 내뿜는 향기를 포집할 수 있으며, static 으로 pulling pressure만 있는 것이 아닌 dynamic pressure을 이용하기 때문에 작물이 스트레스를 덜 받게 될 것으로 예상된다. 원한다면 낮과 밤에 향기를 포집해서 volatile profiling이 다른 지에 대해서도 분석할 수 있기 때문에 다른 검역해충의 비절단 진단 방법에도 적용될 수 있다.



그림 43. 해충방제학 실험실에서 제작한 portable volatile collection system (PVCS) 프로토타입으로 volatile profiling 을 하고 있는 모습

- 비록 모든 폼후드를 비롯한 모든 기자재가 설치되지 않았지만, 본 연구개발 과제는 실험단계인 3단계 (연구실 규모의 기본 성능 검증)을 목표로 금년 9월에 노지와 경상북도 농업기술원을 방문해서 박과류 작물에서 호박과실파리의 산란에 의한 화학적 변화를 포집할 수 있게 되었다. 만약 경북지방 내 노지에서 나타난 것과 같이 박과류 작물에서 호박과실파리가 발견되지 않을 수 있다. 이러한 상황이 발생할 경우 Smith와 Beck 2013의 결과를 바탕으로 호박과실파리 암컷의 산란기와 유사한 곤충 핀을 이용해서 박과류 작물에 상처를 낸 후 PVCS를 이용해서 향기를 포집해서 화학적 변화를 분석한다.

## 10) 장수말벌 방제 연구

### 가) 개요

- 장수말벌은 크기가 30-45mm 정도 되는 세계에서 가장 큰 말벌로 형태학적으로 머리, 뺨이 특별히 발달되어 있으며 생태학적 지위에서도 가장 높은 위치에 있음.
- 2019년 국내 토착말벌인 장수말벌 (*Vespa mandarinia*)이 캐나다 밴쿠버 일대와 미국 워싱턴주 일대에 침입하여 현지에서 벌집 발견됨.
- 워싱턴주 농무부 곤충연구팀에 의해 발견되는 모든 벌집은 제거되고 있으나 지속적으로 벌집이 나타나고 있음.
- 장수말벌이 북미 지역에서 성공적으로 정착한 후 확산될 경우 동부 해안선을 따라 남하 한 후 서쪽으로 확산한 후 서부 해안선을 따라 북상하여 미국 중부 지역을 제외하고 대부분의 지역에서 서식가능한 것으로 나타남.
- 토착지역인 국내에서 아직 장수말벌에 대한 천적 연구는 거의 없는 실정임.
- 추후 생물학적 방제 활용을 위해 국내 장수말벌 개체 및 벌집 내에 기생 또는 포식기생하는 천적을 발굴함.
- 최근 2년간 국내에서 채집된 장수말벌의 개체 및 벌집에서 천적을 채집하여 종동정을 통한 종 확인 필요함.
- 발굴된 천적을 향후 생물학적 방제를 위한 방안 제시함.

### 나) 연구개발과제 수행 과정 및 내용

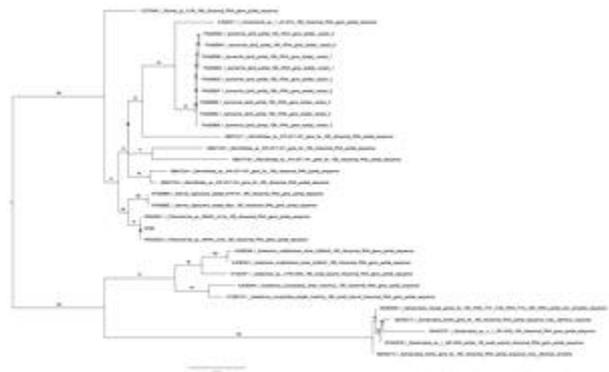
- (1) 경북, 전남, 경기도, 강원도, 경남 일대에서 2년동안 채집된 장수말벌 개체 및 벌집에서 천적 발굴
- (2) 외부형태의 분류키를 통한 분류 및 DNA 바코딩을 통해 NCBI의 유사 종과 blast를 통해 종 동정 실시

#### (가) 선충

- 지리산 일대에서 말벌 트랩에 의해 채집된 개체에서 선충 발견
- DNA 바코딩을 통해 *Pheromermis vesparum* (Mermithidae)로 동정됨.



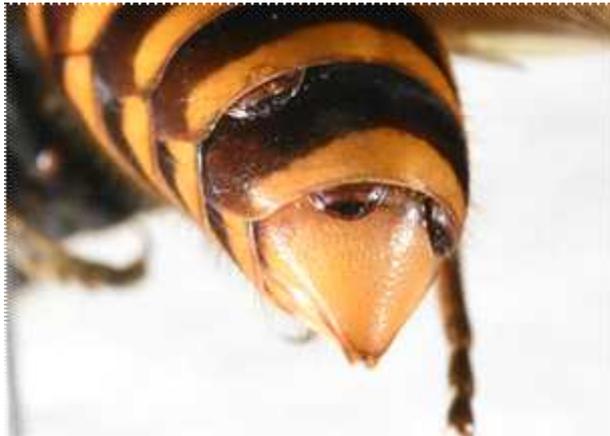
장수말벌 일벌에서 채집된 선충



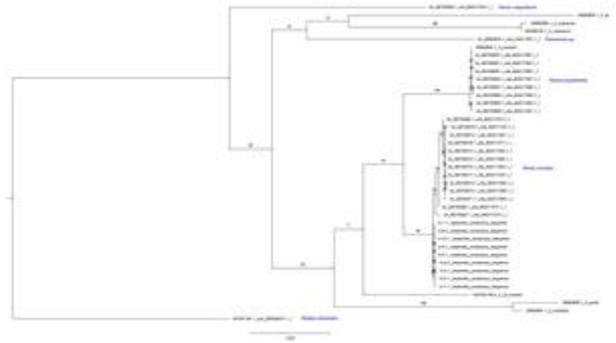
선충의 분자생물학적 동정  
(Maximum-likelihood 18S tree)

#### (나) 부채벌레

- 경북, 경기도, 강원도, 경남 일대에서 총 10마리의 장수말벌에서 부채벌레 기생이 발견된 채로 발견
- DNA 바코딩을 통해 *Xenos moutoni*로 동정됨.



장수말벌 일벌에 기생중인 부채벌레류



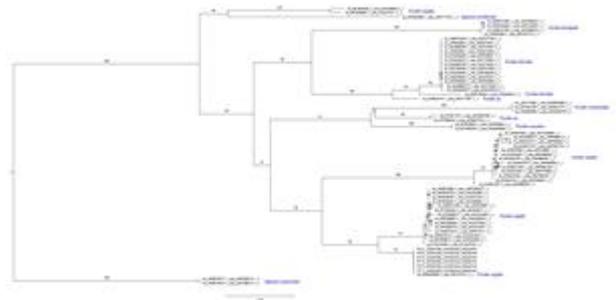
부채벌레의 분자생물학적 동정  
(Maximum-likelihood COI tree)

(다) 명나방

- 경북 일대에서 채집한 장수말벌 벌집에서 총 5개체의 명나방 기생 발견
- 외부형태 동정 및 DNA 바코딩을 통해 *Pyralis regalis*로 동정됨.



장수말벌 벌집에 기생중인 은무늬줄명나방



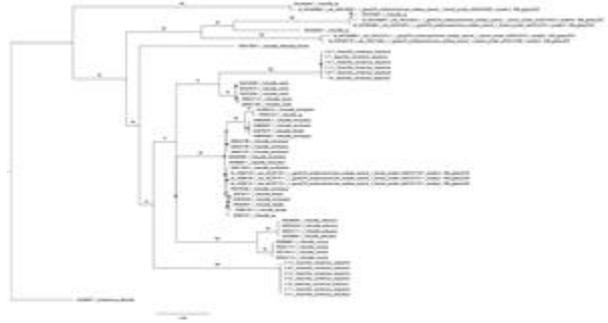
명나방의 분자생물학적 동정  
(Maximum-likelihood COI tree)

(라) 꽃등에

- 경북 일대에서 채집한 장수말벌 벌집에서 총 15군체의 꽃등에 애벌레 기생 발견
- DNA 바코딩을 통해 *Vollucella* sp의 3종으로 동정됨. 종 동정은 추후 진행



장수말벌 벌집에 기생중인 대모꽃등에류



꽃등에의 분자생물학적 동정  
(Maximum-likelihood COI tree)

(마) 반날개

- 경북 일대에서 채집한 장수말벌 벌집에서 총 2개체의 반날개 애벌레 및 성충 기생 발견
- 외부형태를 통한 종동정에서 빗수염반날개로 동정됨.



장수말벌 벌집에 기생중인 빗수염반날개



장수말벌 벌집에 기생중인 빗수염반날개 유충

<제3핵심 연구과제: 농작물 병해충 종합적 방제 기술 개발> (전남대)

제3핵심 연구과제 -1. 원예작물 주요 병해충 종합적 방제 기술 개발

1) 원예작물 주요 병해 적용 농약저항성 검정 및 관리방안 확립 (양광열)

가) 국내 사과 재배 지역에서 사과 점무늬낙엽병에 걸린 이병엽 채집 및 병원균 분리

- 진천, 제천, 진안, 장수, 충주 5개 지역에서 사과점무늬낙엽병균 *Alternaria mali* 단포자 분리

나) Qoi 계통의 살균제 농약에 대한 저항성 확인

- Qoi 계통의 약제인 Kresoxim-methyl에 대한 저항성 발달 여부 조사
- *Alternaria mali*의 엽기서열 분석 결과를 통한 유전자 돌연변이 조사

다) DMI 계통의 살균제 농약에 대한 저항성 확인

- 균사생장억제법을 이용한 DMI 살균제인 metconazole에 대한 저항성 발달 여부 조사

2) 원예작물 주요 병해 약제 저항성 조사 및 바이러스병 방제 기술 개발 (김영철)

가) 고추 탄저병과 딸기 잿빛곰팡이병 약제 저항성 조사

(1) 2019년 국내 살균제 시장 분석

- 2019년 농약 연보 분석을 통해 국내 살균제 시장을 대농민출하금액을 기준으로 분석함.
- 농약 연보 보고서에 따라 작물별, 병해별로 살균제 판매량을 분석함
- 추가적으로 채소류 살균제 작용기작별 판매량을 분석함

(2) 전남 지역 고추 및 작약 탄저병균과 딸기 잿빛곰팡이병균의 농약 작용기작별 약제 내성 조사

- 탄저병균과 잿빛곰팡이병 살균제가 가장 많이 판매되고 있어서, 이들 농약에 대해서 저항성이 많이 발생하고 있을 것으로 추정함.
- 2021년 전남 지역에서 고추 탄저병균과 딸기 잿빛곰팡이병균을 단포자 분리법에 의해 분리하여 작용기작별 대표농약(표 1)에 대한 약제 내성을 *in vitro* plate assay를 통해서 조사함.

표 1. 본 연구에 사용된 작용기작별 농약

작용기작	상표명	제조회사	주성분
나1(세포분열)	베노밀	동협케미칼	Benomyl(50%)
다2(호흡)	카디스	동협케미칼	Fluxapyroxad 15.3%
다3	오티바	신젠타코리아	21.7% 아족시스트로빈
마2(신호전달)	사파이어	신젠타코리아	20% 플루디옥소닐
사1(세포막지질)	실바코플러스	바이엘	Tebuconazole(20%)

나) 식물바이러스 방제 및 작물 면역 활성화 시기 결정

- 기존에 분리한 *Pseudomonas chlororaphis* O6균주 현탁액( $1 \times 10^8$ cfu/ml)을 오이와 담배 뿌리에 관주 후 흰가루병, 세균점무늬병, *Cucumber mosaic virus*병원균 처리와 고온 및 가뭄 처리하여 병발생량과 생존율을 무처리와 비교하였음.
- 작물 면역 활성화 시작시간과 지속시간을 측정하기 위해, *P. chlororaphis* O6균주를 담배 뿌리에 접종한 다음, 1일 간격으로 담배 무름병균 (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* SCC1) 현탁액  $1 \times 10^8$ cfu/ml을 앞에 접종하여 발병율을 측정함.

#### 다) 국내 신종 커피 잎반점병 분리 및 동정

- 2021년 5월과 6월에 고흥에 위치한 상업용 커피 재배 온실(34.4701°N, 127.4631°E)에서 커피 품종 SL34 잎에 괴사와 불규칙한 반점을 형성하는 국내에서 보고되지 않은 병이 관찰되었다.
- 보고되지 않은 커피 잎반점병의 원인 병원균을 분리하기 위해 병반의 잎 가장자리에서 절제한 병든 조직을 70% 에탄올 및 1% 차아염소산나트륨을 이용하여 표면 살균하고, 멸균수로 씻은 후, Potato Dextrose Agar(PDA)에 치상하였다.
- Water agar plate에서 단포자 분리 방법을 통해 총 8개의 isolate들을 분리하였다. 분리한 균주들의 형태적인 특징을 알아보기 위해 균주들을 PDA에서 배양한 다음 포자를 형성하여 포자의 형태를 광학현미경과 전자현미경에서 분생포자와 분생자경의 크기와 형태를 관찰하였다 (그림 7). 각 배양균의 형태학적 특성은 유사하였다.
- 분리 병원균들의 분자생물학적 동정을 위해 total DNA를 분리하여 리보솜 RNA(rRNA)의 internal transcribed spacer (ITS) 영역을 universal primer ITS1/ITS4로 증폭하여 염기서열을 분석하였다. - 분리된 병원균 *C. geniculata* SL-1균주의 커피에서의 병원균을 확인하기 위해, 표면 멸균된 온실에서 재배한 커피 SL34에 *C. geniculata* SL-1균주의 분생포자 ( $1 \times 10^6$  포자/ml)에 접종하였다.

#### 3) 아열대화가 가장 심각하게 일어나고 있는 최남단의 제주권역에서 재배되고 있는 만감류에 감염된 바이러스 현황 조사 (한연수)

- 제주도에 만감류 농가 84농가(한라봉 20농가, 레드향 24농가, 황금향 20농가, 천혜향 20농가)에 방문하여 농장마다 5주를 선택하여 외형적으로 나무당 2장의 건강한 잎을 채집하여 각 농장당 10장의 잎을 하나의 sample로 -80°C 저온 냉장고에 보관함
- 보관한 10장의 잎을 곱게 분말로 갈아서, Beniprep Super Plant RNA extraction Mini Kit(invirustech, Gwanju, Korea)을 이용하여 Total RNA를 추출함
- 동시에 EzAmp one-step RT-PCR Master mix (ElpisBiotech, Daejeon, Korea)를 이용하여 RT-PCR을 수행함.
- PCR reaction을 위하여, 3 ul Template, Forward primer, Reverse primer를 RT-PCR premix에 넣고 DEPC water를 넣어 총 20ul 가 되도록 함.
- RNA를 8종(CTV, CTLV, CiMV, CLBV, CVEV, SDV, CPV, CiVA)의 바이러스를 분석함. 각각의 바이러스 특이적인 프라이머를 사용하여(Table 1) 각각의 바이러스 Detection 함(stage 1, 50 °C for 15 m; stage 2, 95 °C for 5 m; stage 3, 35 cycles each of 95 °C for 30 s, 58-62 °C for 30 s and 72 °C for 60s; and stage 4, 72 °C for 5 m)
- PCR 증폭산물은 2 % agarose gel과 1XTAE buffer를 이용하여 전기영동을 수행한 후 ethidium bromide를 이용하여 염색한 후 UV light 하에서 이미지를 촬영하였고, 이때 100-bp DNA ladder (iNtRON, Daejeon, Korea)를 standard MW로 사용하여 각 바이러스의 PCR 증폭산물을 비교분석하여 바이러스 감염여부를 진단함.

#### 4) 해충으로서의 들깨잎말이명나방 및 들깨잎말이명나방의 높은 유전적 다양성 (김익수) 가) 실험곤충

- 우리나라 잎들깨의 주요 재배지역은 밀양, 부산, 경산 등을 포함하는 영남 지방과 충청남지역의 금산이며, 이 외에도 남양주, 광양, 곡성 등에서도 재배되고 있음(Kim et al., 2003).
- 과거 국내 해충 발생 연구 시 전라남도 나주, 경기도 안성, 경상남도 진주에서 들깨잎말이명나방의 유충을 확보하였으며 각 지역당 10개체씩 채집되었음. 본 연구에서는 보다 광범위한 지역의 개체를 확보하기 위하여 나주, 안성, 진주를

포함하여 전라남도 영암, 순천, 경상남도 밀양, 김해, 경기도 수원, 화성, 군포를 대상으로 채집을 수행하였음.

- 채집 노지 재배 중인 들깨 재배지에서 2015년 7월부터 9월까지 이루어졌으며, 들깨잎말이명나방에 피해받은 잎을 채취하는 방식으로 채집을 수행하였음. 채집된 들깨잎말이명나방은 모두 유충으로, 형태적 차이를 알아보기 위한 날개 패턴의 비교를 위해 성충까지 사육한 뒤 -70℃에 보관한 개체를 이용하여 DNA 분석과 형태분석을 수행하였음.
- 사육은 채집된 지역별로 나누어 들깨잎을 넣은 플라스틱 상자 (20 cm X 15 cm X 6 cm)에서 이루어졌으며, 2~3일마다 새로운 들깨잎을 제공하였음. 번데기는 고치에서 꺼내어 플라스틱 컵(지름 4.5 cm X 높이 4cm)에서 우화까지 개별 사육하였음.

#### 나) DNA 추출 및 바코드 영역 PCR

- 채집된 들깨잎말이명나방의 바코드 영역을 분석하기 위해 성충의 다리로부터 Genomic DNA를 추출하고, DNA는 -20℃에 보관하였음. 바코드 영역 658-bp의 염기서열을 증폭하기 위해 Universal primer (Folmer et al., 1994)를 사용하였으며, forward primer는 LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3')이며, reverse primer는 HCO2198 (5'- TAAACTTCAGGGTGACCAAAAATCA-3')임. AccuPrep<sup>®</sup> PCR PreMix (Bioneer, Korea)를 사용하여 96℃에서 2분간 denaturation 후 98℃에서 10초, 48 - 55℃에서 1분, 72℃에서 1분의 조건으로 30 cycle 동안 반복 증폭한 후 추가적으로 72℃에서 7분간 extension하는 조건으로 PCR을 수행하였음. 증폭된 PCR 산물은 AccuPrep<sup>®</sup> PCR Purification Kit (Bioneer, Korea)를 이용하여 정제 한 후 염기서열 분석은 염기서열 분석 전문회사인 마크로젠에 의뢰하여 ABI PRISM<sup>®</sup> Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit 와 ABI PRISMTM 3100 Genetic Analyzer (PE Applied Biosystems, Foster City, CA, USA)를 이용하여 양 가닥 방향에 대해 수행하였음.

#### 다) 바코드 영역 비교

- 각 개체별로 분석된 바코드영역 염기서열은 Blast (Basic Local Alignment Search Tool, <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) 와 Bold system v3 (Barcode of Life Data Systems, <http://www.boldsystems.org>)를 통해 종을 확인하였음. Clustal Omega (Sievers et al., 2011)를 사용하여 염기서열을 정렬하고 기존 확보된 염기서열과 1-bp 이상 차이나는 신규 염기서열 확보 시 신규 haplotype으로 명명하였으며, 명명된 haplotype 간의 염기서열 차이는 PAUP v4.0 (Swofford, 2003) 프로그램을 이용하여 분석하였음.

#### 라) 형태적 차이 비교

- 들깨잎말이명나방 형태적 차이를 알아보기 위해 채집된 개체를 이용하여 건조 표본을 제작하여 성충의 날개 패턴을 분석하였으며(그림 1), 성충 생식기를 슬라이드 표본으로 제작하여 비교하였음.



그림 1. 곤충의 건조표본 제작에 필요한 물품(A. 전시판; B. 유산지; C. 핀셋; D. 곤충핀; E. 전시핀).

## 5) 기후이상변화에 따른 국내 고위험 식물바이러스 유입 조사 (정래동)

### 가) 기후이상변화에 따른 국내 원예작물 피해 고위험 식물바이러스 조사

- (1) 국내 및 국외로부터 수입된 원예작물 피해 고위험 식물바이러스 조사 및 생물학적 검정
  - 다양한 식물바이러스 입자를 확보하기 위해 원예작물에서 바이러스 감염 시료 확보
  - 전자현미경(TEM)을 통한 바이러스 입자 관찰 및 동정
  - 분자생물학적 방법을 이용하여 바이러스 외피단백질 염기서열 분석
- (2) 고위험 바이러스 신속 대응을 위한 나노포어시퀀싱 기술을 이용한 원예작물 바이러스 동정
  - 최신 차세대염기서열분석(NGS)을 이용한 다양한 바이러스 유전체 분석이 가능해졌음. 이를 활용하여 신속 정확한 국내 유입된 다양한 식물바이러스 유전체 분석
  - NGS기술 중 나노포어시퀀싱은 Lab 기반 염기서열분석 기법으로 이를 활용하여 2-3일 이내에 원예작물로부터 발생한 식물바이러스 염기서열 분석을 통한 동정 시스템 확립

## 제3핵심 연구과제 -1. 시설채소 병해충 조기진단법 및 친환경 방제법 개발

### 1) 식물병원균의 분자계통분류 (이항범)

### 2) 알긴산 분해 미생물의 알긴산 분해 특성 분석 (구연종)

알긴산 분해 미생물을 채집하기 위하여 국내 미역이 생산되는 목포, 제주, 부산 등의 해변 토양을 채취하고 이들 토양에서 알긴산을 분해하는 미생물을 환원당 정량법을 이용하여 선별함

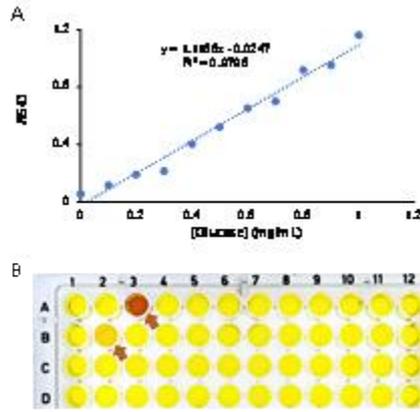


그림 409 알긴산 분해 미생물을 선별하기 위한 환원당 정량법

### 3) 토양개량제가 토양의 자연 방제 기능에 미치는 영향 연구 (조은혜)

#### 가) 토양개량제가 토양의 특성에 미치는 영향에 대한 문헌 조사

- 토양개량제(예: 바이오차, 시판용 토양개량제 등)가 시설채소 재배용 토양의 미생물 군집에 미치는 영향을 기반으로 자연 방제 기능에 미치는 영향을 알아보기 위해 대상 토양개량제로 유기 부산물 또는 유기성 폐기물을 이용해 만든 바이오차를 선정하였고, 시판용 토양개량제 중 하나인 혈분을 선정하였음
- 기존 문헌 내용 조사를 통해 바이오차 또는 혈분이 토양개량제로 사용되었을 때 토양의 물리·화학적 환경 및 미생물 군집에 미치는 영향에 대해 알아보았음

#### 나) 토양개량제가 토양 특성에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험

- 유기성 폐자원을 이용해 만든 바이오차를 토양개량제로 사용하였을 때 토양의 물리·화학적 특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 토양 특성을 측정하는 실험을 수행하였음
- 다양한 토양 시료를 대상으로 실험을 진행하기 위해 광주광역시, 경기도 용인시, 경기도 안성시, 전라도 담양시 등에 있는 논, 밭, 숲에서 채취한 토양을 풍건한 후 2 mm 체로 체 거름하여 토양을 준비하였음
- 실험에 사용할 토양개량제로는 바이오차와 혈분을 사용하였음
- 바이오차의 경우 두 가지 유기성 폐기물(음식물쓰레기 및 쌀겨)을 원료로 사용하였고, 각각의 원료를 300°C에서 1시간 동안 열처리하여 준비하였음
- 혈분의 경우 국내에서 시판 중인 혈분을 구매하여 준비하였음
- 준비한 바이오차를 밭 토양과 섞어 토양의 pH, 전기전도도 및 입자 밀도를 측정하였음
- 유기성 폐자원을 이용해 만든 바이오차를 토양개량제로 사용하였을 때 토양의 생물학적 특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 토양 효소 활성 변화를 측정하는 실험을 수행하였음. 여러 토양 효소 중 알칼리인산분해효소(alkaline phosphatase) 및 탈수소효소(dehydrogenase)의 활성을 측정하였음
- 바이오차를 토양개량제로 사용하였을 때 토양의 생물학적 특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 미생물 군집 구조를 분석하는 실험을 수행하였고, 토양 박테리아와 진균 구조에 미치는 영향을 살펴보았음

#### 다) 토양개량제가 작물 성장에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험

- 바이오차를 토양개량제로 사용하여 작물 성장에 미치는 영향을 알아보기 위해 바이오차를 적용한 토양에서 상추를 키워 상추 성장에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 수행하였음
- 이때 상추는 여러 농도의 바이오차에 노출을 시키기 위해 바이오차와 밭 토양을 여러 다른 농도로 혼합하여 사용하였음

- 상추 성장 확인을 위해 상추 전체 무게와 상추 엽수를 측정하였음

**라) 토양개량제를 이용해 배양한 토양 미생물의 식물병원성균에 대한 억제 효과 탐색을 위한 실험**

- 혈분을 토양개량제로 사용하여 토양 미생물의 성장에 미치는 영향을 알아보는 실험을 수행하였음
- 다양한 곳에서 채취한 토양 시료 10개를 대상으로 토양 미생물을 떼어 내기 위해 PBS를 사용함. 토양 미생물을 최소배지(minimal medium)를 이용하여 배양하였고, 이때 혈분, 글루코스, 혈분+글루코스를 탄소원으로 사용함
- 토양 미생물 배양을 위해 본 실험에서는 혈분 자체를 넣기보다는 인산완충생리식염수(phosphate buffered saline; PBS)에 혈분을 넣어 교반하여 혈분 용액을 준비한 후 이를 배지에 주입하여 사용하였음.
- 토양 미생물 성장 비교를 위해 흔히 탄소원으로 사용되는 글루코스를 이용하여 토양 미생물을 배양하였음
- 토양 미생물의 성장을 확인하기 위해 600 nm에서 흡광도(optical density; OD)를 측정하였음
- 위의 미생물 배양액을 이용해 토양 미생물 중 식물병원성균에 억제 효과를 가지는 미생물을 선별하기 위해 broth dilution 실험을 수행하여, 최소 억제 농도(minimum inhibitory concentration)를 측정하고자 함
- 대상 식물병원성균으로는 식물병원성 세균 2종(*Ralstonia solanacearum* and *Xanthomonas oryzae pv. oryzae*)과 진균 1종(*Rhizoctonia solani*)을 이용하였고, tryptic soy broth(TSB) 배지에서 배양한 후 실험에 사용하였음
- Broth dilution 실험을 위해 96 well plate를 이용하여 식물병원성균에 억제 효과를 가지는 토양 미생물을 탐색하고 분리하기 위한 실험을 수행하였음
- 토양 미생물 100%를 병원성균과 1:1 비율로 섞은 후 이를 연속 희석하여 50, 25, 12.5, 6.25, 3.13, 1.56, 0.78, 0.39%를 준비하여 broth dilution 실험을 수행하였음
- 실험을 통해 토양 미생물 분리 실험을 위한 대상 시료를 선정함

**4) 토양 미생물 중 식물병원성균에 억제 효과를 가지는 토양 미생물의 분리를 위한 실험 (김길용)**

- 토양 미생물 중 식물병원성 세균 2종(*Ralstonia solanacearum* and *Xanthomonas oryzae pv. oryzae*)에 대해 억제 효과를 가지는 미생물 종을 선별하고 분리하기 위해 실험을 수행하였음
- 토양 미생물을 분리하기 위해 tryptic soy agar(TSA), potato dextrose agar(PDA) 및 ISP2의 3가지 고체 배지를 사용하였음
- 각 고체 배지에 선정한 토양 미생물을 도말하고 TSA는 30도에서, PDA와 ISP2는 24도에서 2-7일 정도 배양하였음
- 성장한 미생물 콜로니 중 육안으로 모양/색 등이 다른 콜로니를 선별하여 각 콜로니에 대한 pure colony를 얻기 위해 다시 해당 고체 배지에 streaking 하여 배양하였음
- 선별하여 배양한 각 토양 미생물 콜로니 중 진균의 표현형을 가지는 종을 선별하여 이들을 대상으로 agar diffusion test를 수행하였음
- Agar diffusion test를 위해 대상 식물병원성 세균 2종을 고체 배지에 streaking 한 후 선별한 토양 미생물 배양액을 agar plug에 주입하여 plug 주변에 inhibition zone의 형성 여부를 판별하는 실험을 수행하였음
- Inhibition zone을 형성하는 토양 미생물 종을 선별하였음
- 세균의 표현형을 보인 토양 미생물 콜로니들을 대상으로는 식물병원성 세균에 대한 억제 효과를 확인하기 위해 well diffusion test를 수행하여 clear zone 형성 여부를 확인하여 1차 선별을 진행하였음

**5) 친환경 병해충 방제를 위한 유용미생물의 특성 연구 (정우진)**

- 유용미생물이 생성하는 다양한 2차 대사물질 생산 능력 검정 실시
- 유용미생물을 이용한 식물 병원균에 대한 항균 활성 능력 검정 실시
- 유용 미생물 *B. amyloliquefaciens* S1 (Ba S1) and *B. subtilis* S2 (Bs S2) 동정 결과 제시
- 유용미생물 항균활성 물질 탐색 및 iturin, fengycin, surfactin 계열 분리·동정 실시
- 유용미생물 항균활성 물질 생산과 항균활성간의 상관 관계 구명
- iturin과 fengycin 계열 항균물질의 고추 탄저병 포자 및 생육억제 활성 검정 실시
- 유용미생물의 오이 생육 촉진 능력 검정 실시

다. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

가) 정성적 연구개발성과

<제1핵심 연구과제: AI기반 병해충 관리 시스템 구축>(전북대)

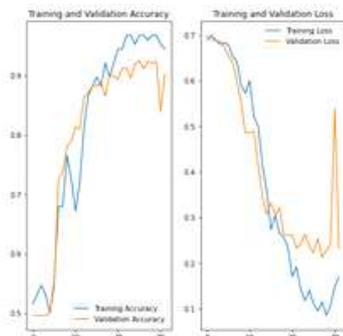
제1핵심 연구과제 -1. AI기반 병해 모니터링 및 정밀진단기술 개발 (주호종)

1) AI 기반 PepMoV와 고추탄저병 모니터링 기반 구축

가) Convolutional Neural Network(CNN) 구현

(1) 데이터 구성에 따른 학습 정확도 파악

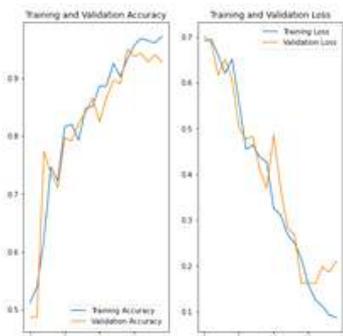
- 훈련데이터와 검증 데이터를 나누는 데 있어 비율에 따라 학습이 어떻게 진행되는지 파악
- 전체 1349개의 데이터 중 훈련 데이터와 검증 데이터를 다양한 비율 (10%, 20%, 30%, 40%, 60%, 80%)로 구성하였을 때 손실값과 정확도를 평가기준으로 함
- 훈련 데이터의 비율이 높을수록 학습이 안정적으로 진행됨



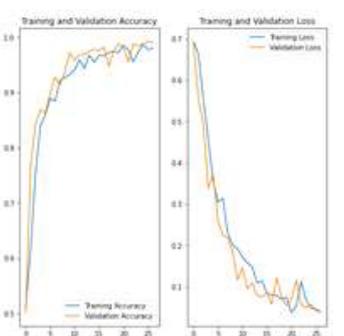
Train 10%, Validation 90%



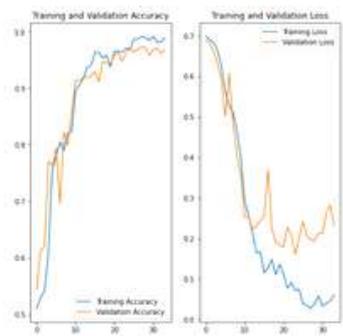
Train 40%, Validation 60%



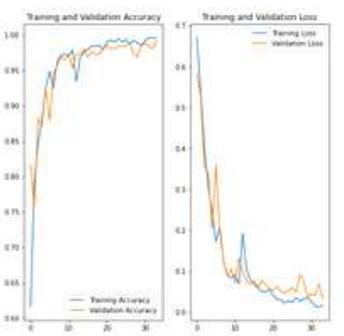
Train 20%, Validation 80%



Train 60%, Validation 40%



Train 30%, Validation 70%



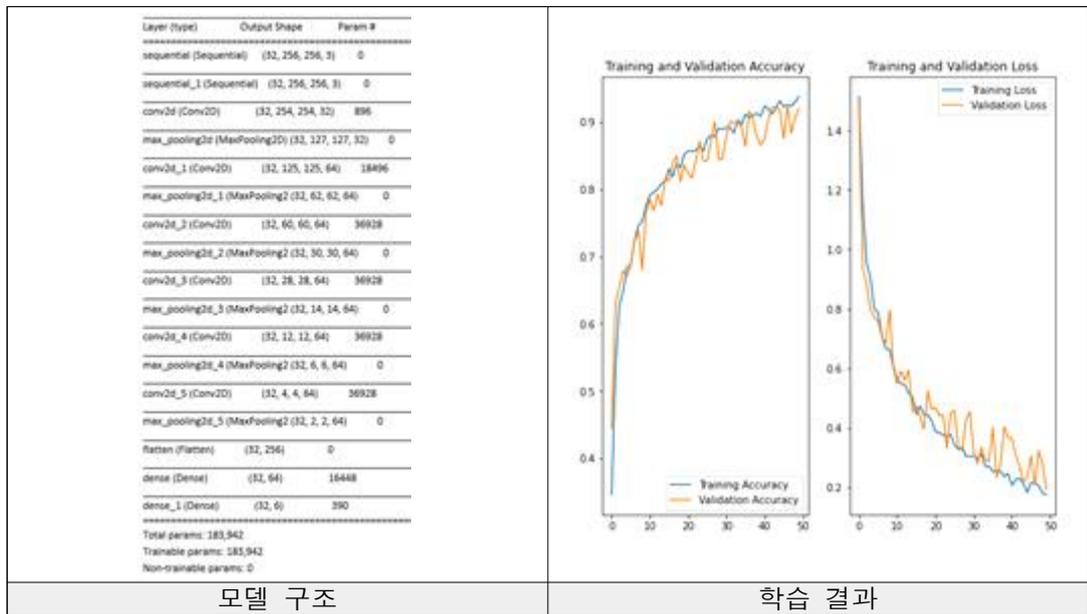
Train 80%, Validation 20%

- 테스트 세트로 평가했을 때 훈련 데이터의 비율이 높을수록 정확도가 증가하는 경향을 보임

Train	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8
Loss	0.2044	0.2434	0.1225	0.0804	0.0864	0.0394
Accuracy	0.9323	0.9211	0.9587	0.9831	0.9632	0.9904

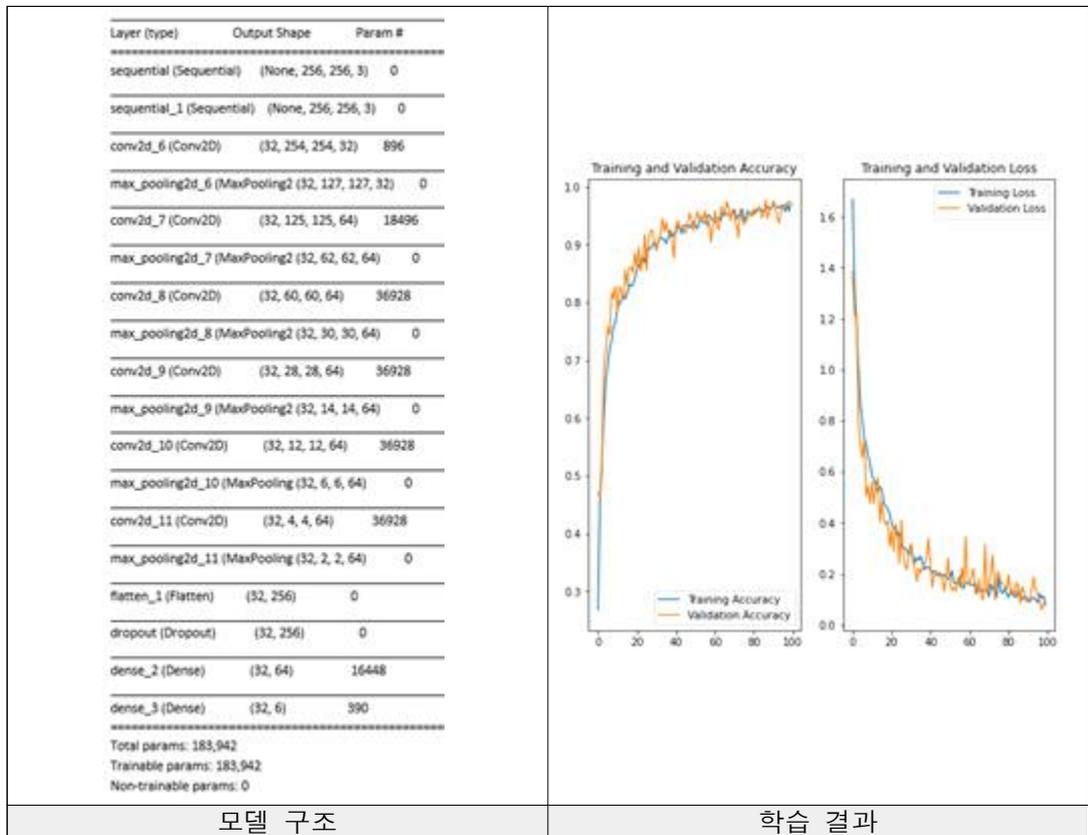
### (2) 기본 CNN 구조로 학습 진행

- 배치 사이즈 32 (default)
- 이미지 사이즈 (256,256,3)
- 6개의 Convolution 층을 통과하여 학습 진행



### (3) 기본 CNN 구조 + Dropout layer

- 배치사이즈 32
- 이미지 사이즈 (256,256,3)
- 6개의 Convolution 층을 통과한 뒤 Dropout layer를 통해 하여 학습 진행
- 훈련 과정에서 일부 뉴런의 출력을 임의로 0으로 설정하여, 해당 뉴런이 학습 과정에 기여하지 못하게 만듦으로써 과적합을 방지하는 의의를 가짐

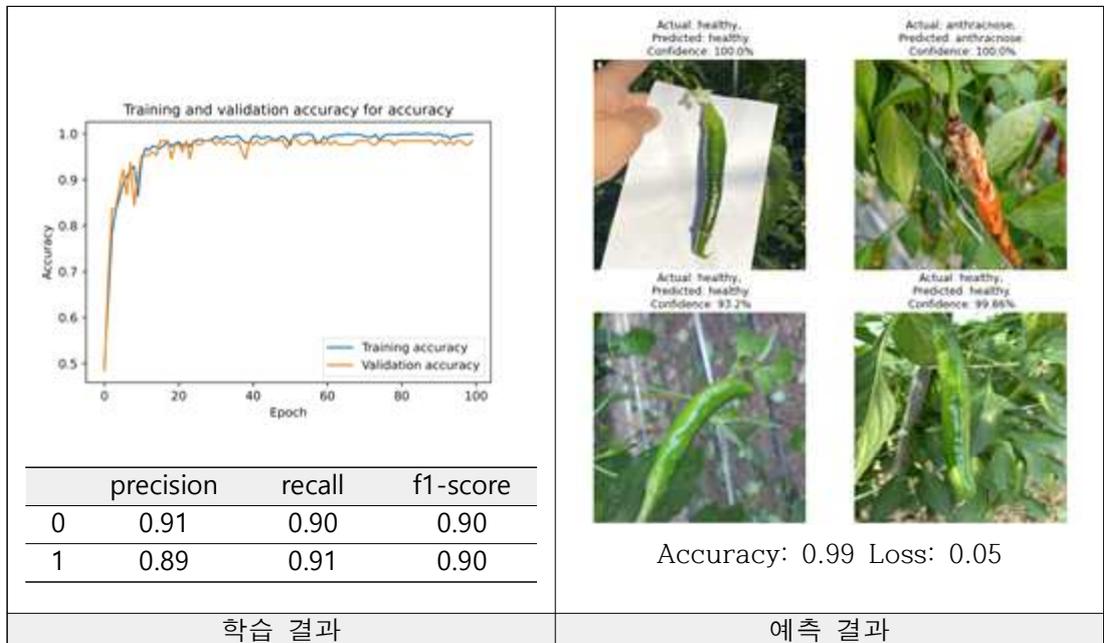


#### (4) Center crop 전처리

- 훈련 이미지에서 중심 부분을 (256,256) 사이즈로 자름
- 타겟 고추 열매 외에 백그라운드의 노이즈를 감소시켜 과적합 없이 학습이 진행되는 효과를 관찰함

Layer	Type	Filter Size	Output size
Sequential	Rescale	-	64*512*512
L1	Conv	3 x 3	64*510*510
	Pool	2 x 2	64*255*255
L2	Conv	3 x 3	64*253*253
	Pool	2 x 2	64*126*126
...	...	...	...
L5	Conv	3 x 3	64*12*12
	Pool	2 x 2	64*6*6
L6	Conv	3 x 3	64*4*4
	Pool	2 x 2	64*2*2
Flatten	Flatten	-	64*512
Dropout	Dropout	0.5	64*512
Dense	FCL	64	64*64
Dense	Classification	2	64*2

모델 구조



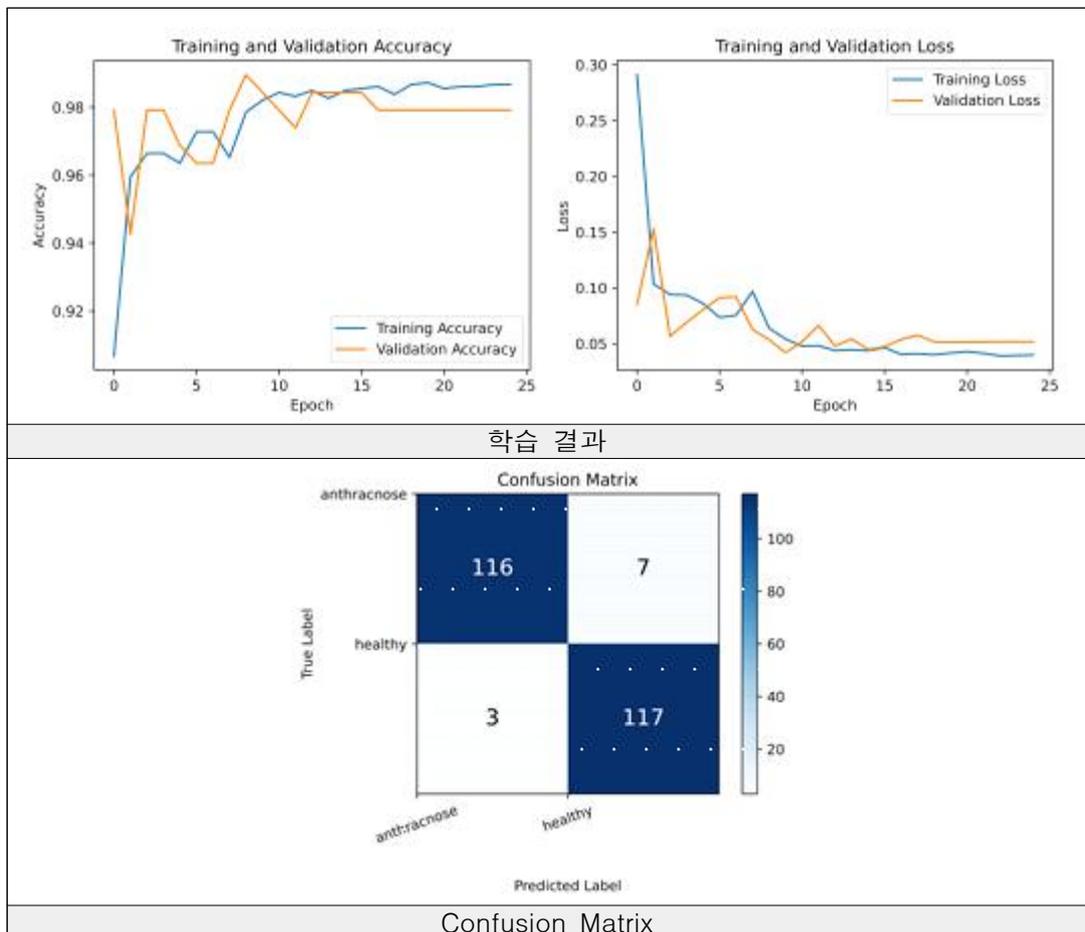
Accuracy: 0.99 Loss: 0.05

학습 결과

예측 결과

### (5) 이미지 input 사이즈 조정

- input size를 기존 256\*256에서 512\*512로 늘림
- 모델이 이미지의 더 많은 세부 정보를 캡처 가능



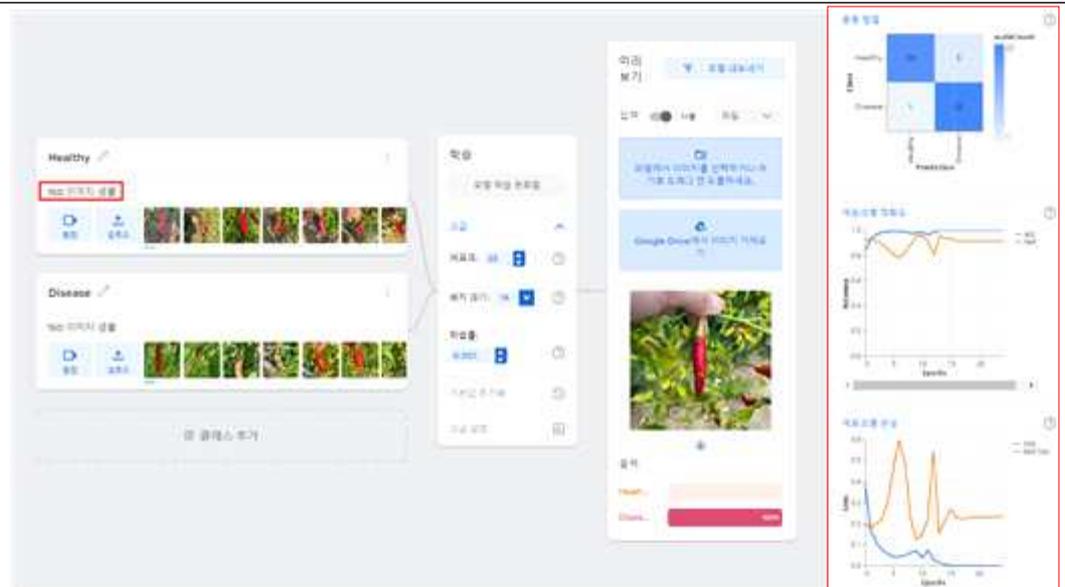
### 나) Teachable Machine을 활용한 연구

- 구글에서 제공하는 웹 기반 노코드 인공지능 학습 도구인 Teachable Machine을 활용하여 연구를 수행

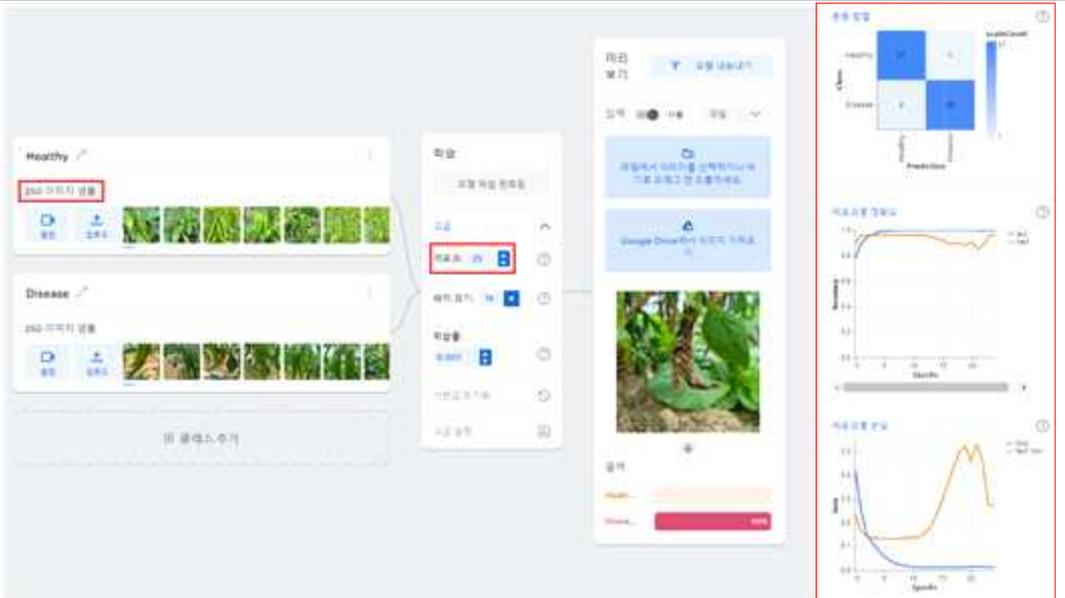
- MobileNet 알고리즘으로 대량의 학습 데이터를 사전 훈련하고, 마지막 일부 레이어만 수정해 전이 학습을 진행

**(1) 데이터 구성에 따른 학습 정확도 파악**

- 데이터 정제를 거치지 않고 초점이 흐리거나 잘못 찍힌 이미지를 포함하도록 데이터 세트를 구성한 뒤 학습 정확도를 살펴봄



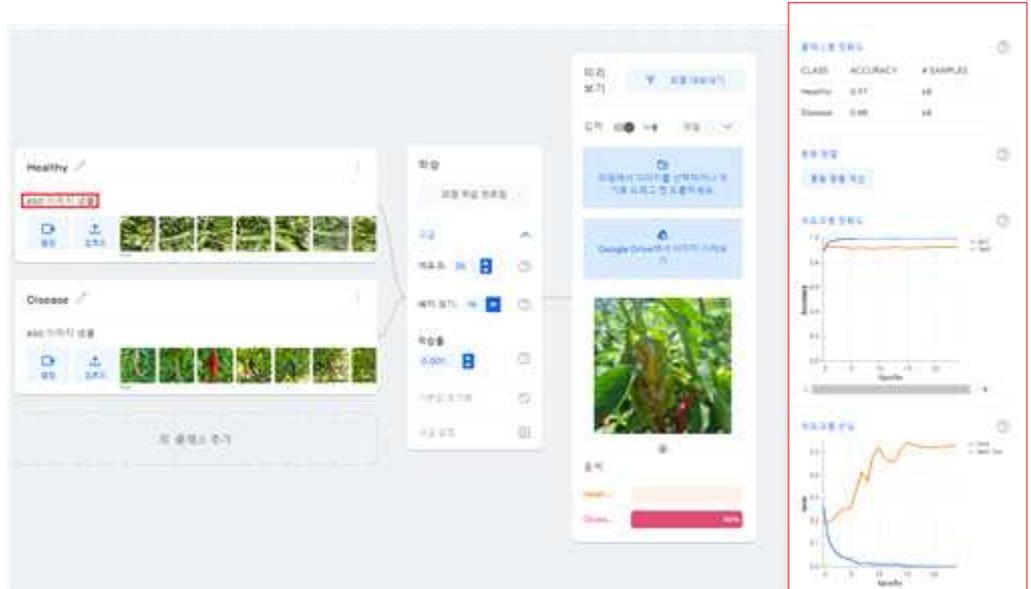
Data 100 + 50(불량)



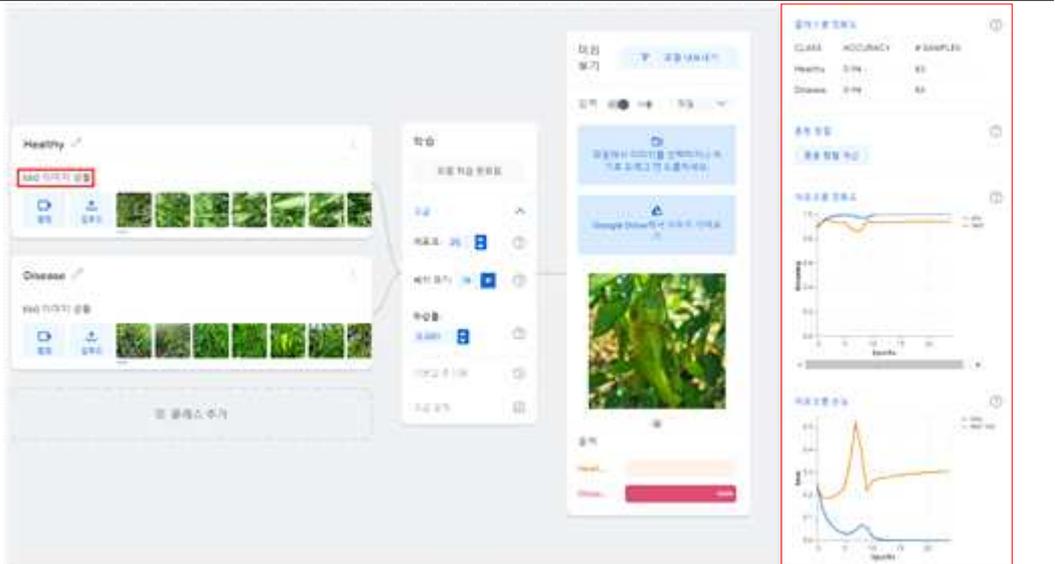
Data 200 + 50(불량)



Data 300 + 50(불량)

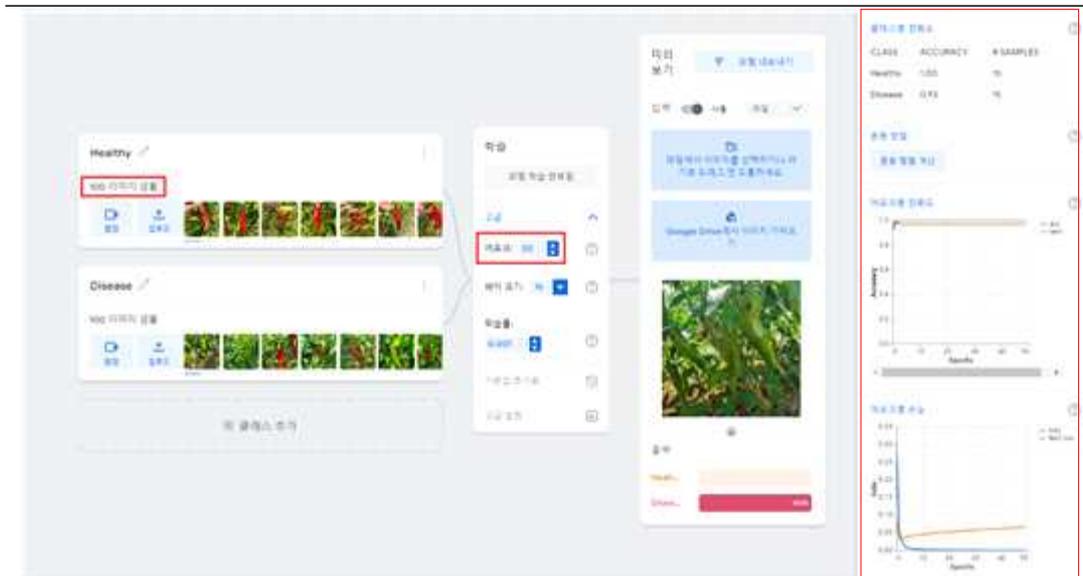


Data 400 + 50(불량)

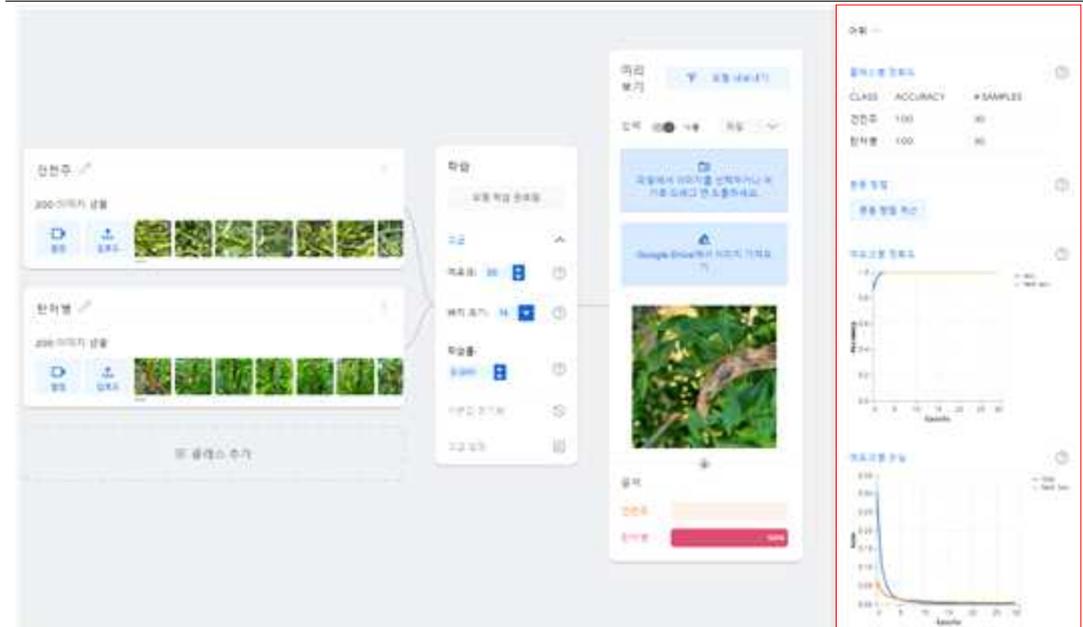


Data 500 + 50(불량)

- 데이터 정제를 거친 후 학습 정확도를 살펴봄



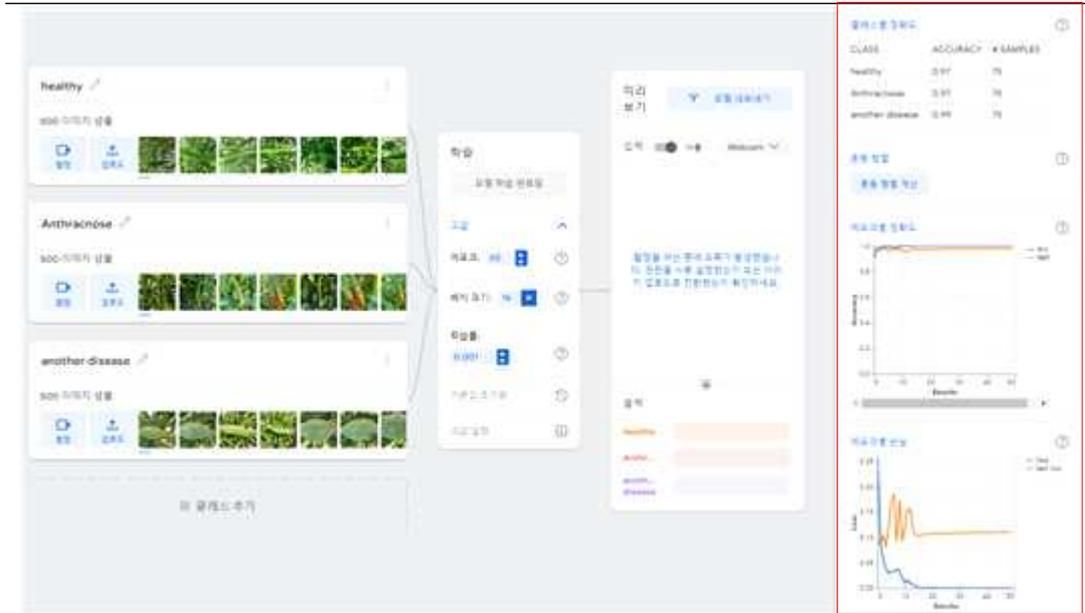
Data 100



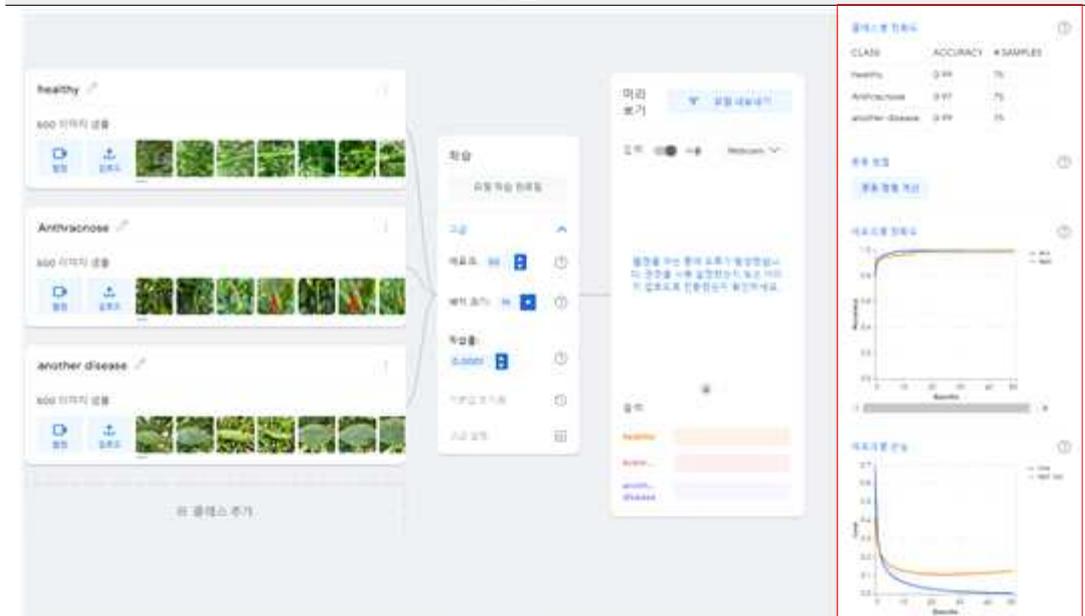
Data 200

- 데이터 정제를 거치기 전에는 학습데이터에만 최적화되어 검증 데이터 세트는 분류하지 못하는 과적합(Overfitting)현상이 발생
- 정제를 거친 후에는 학습데이터 100개로도 높은 정확도로 학습이 진행됨

(2) 학습률에 따른 학습 정확도 파악



학습률 0.001



학습률 0.0001

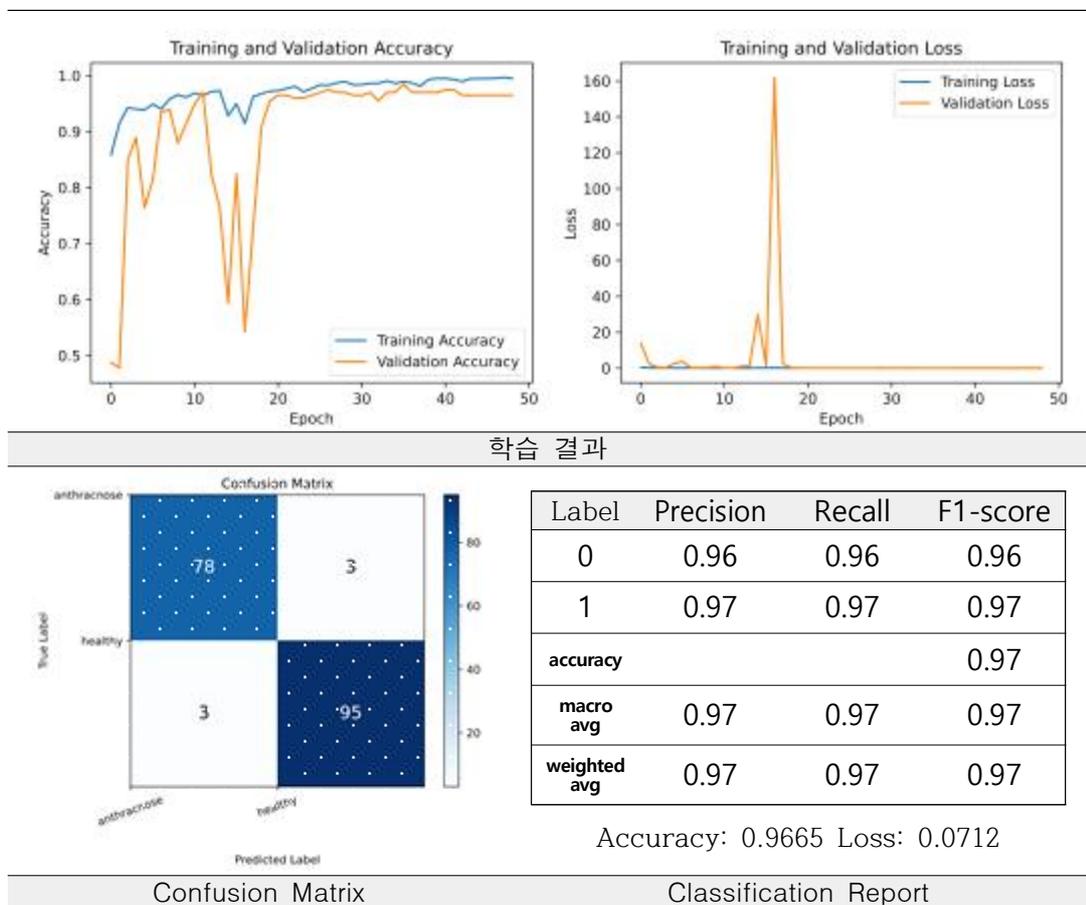


학습률 0.00001

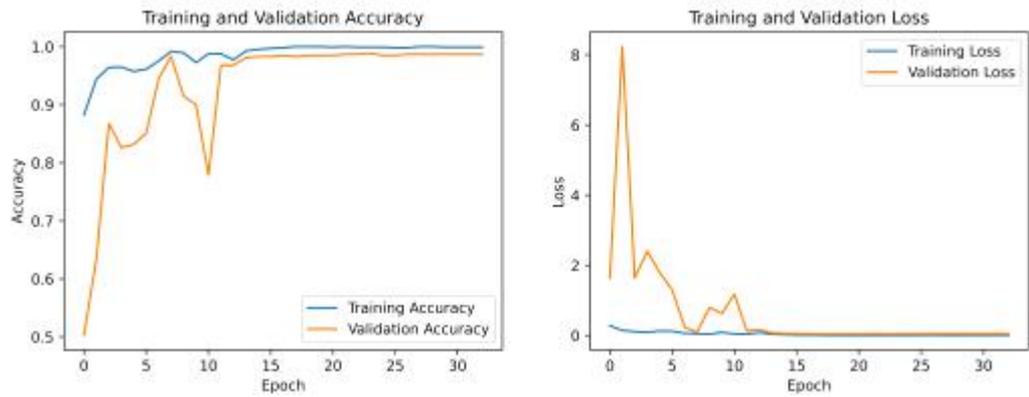
- 학습률이 0.001일 때는 학습이 최소값을 뛰어넘어 학습이 더 이상 수행 되지 않는 것으로 해석됨
- 학습률을 0.0001로 줄이니 에러를 최소화하는 방향으로 수렴하며 학습이 진행되나 검증 데이터의 손실 값이 훈련 데이터에 비해 높은 것으로 보임
- 학습률을 0.00001로 줄이고 반복수를 늘리니 에러를 최소화하는 방향으로 수렴하며 학습이 진행됨
- Teachable Machine으로 학습을 진행한 결과 코딩 작업 없이 활용이 가능하다는 장점이 있으나, 내부 모델 구조를 수정하기에는 어려움이 있어 연구의 목적으로 수행하기에는 적합하지 않다고 판단

## 다) 전이학습(Transfer Learning) 구현 결과

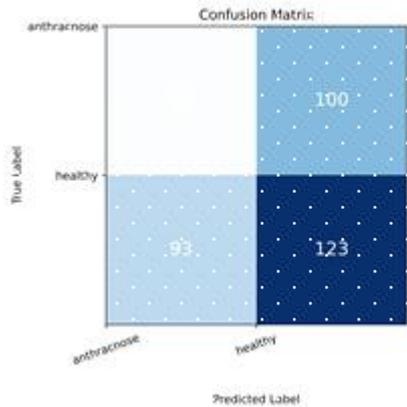
### (1) ResNet



(2) GoogleNet(Inception)



학습 결과



Label	Precision	Recall	F1-score
0	0.44	0.42	0.43
1	0.53	0.55	0.54
<b>accuracy</b>			0.49
<b>macro avg</b>	0.48	0.48	0.48
<b>weighted avg</b>	0.49	0.49	0.49

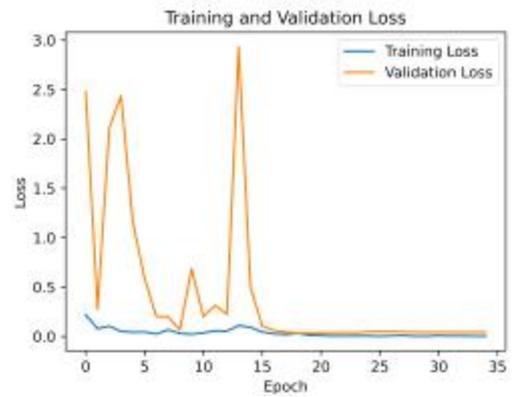
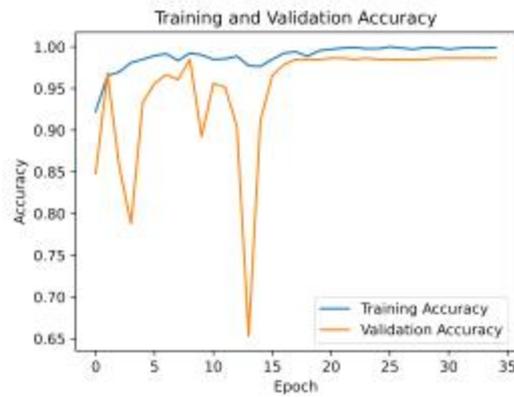
Accuracy: 0.9673 Loss: 0.0894

Confusion Matrix

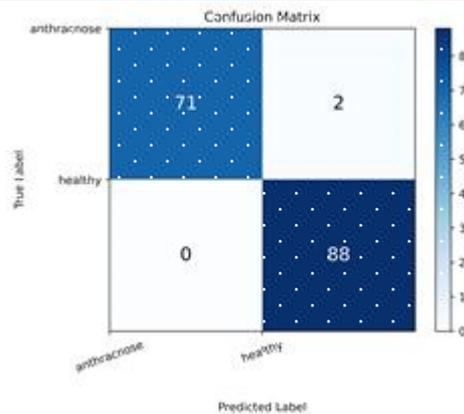
Classification Report

- 학습 진행 결과로는 안정적인 학습이 된 것처럼 보이나, 새로운 평가 데이터로 평가 진행 시 평가 지표들이 상당히 낮게 나타남
- Confusion matrix는 True Positive보다 False Negative, False Positive가 더욱 많이 보임

### (3) XceptionNet



학습 결과



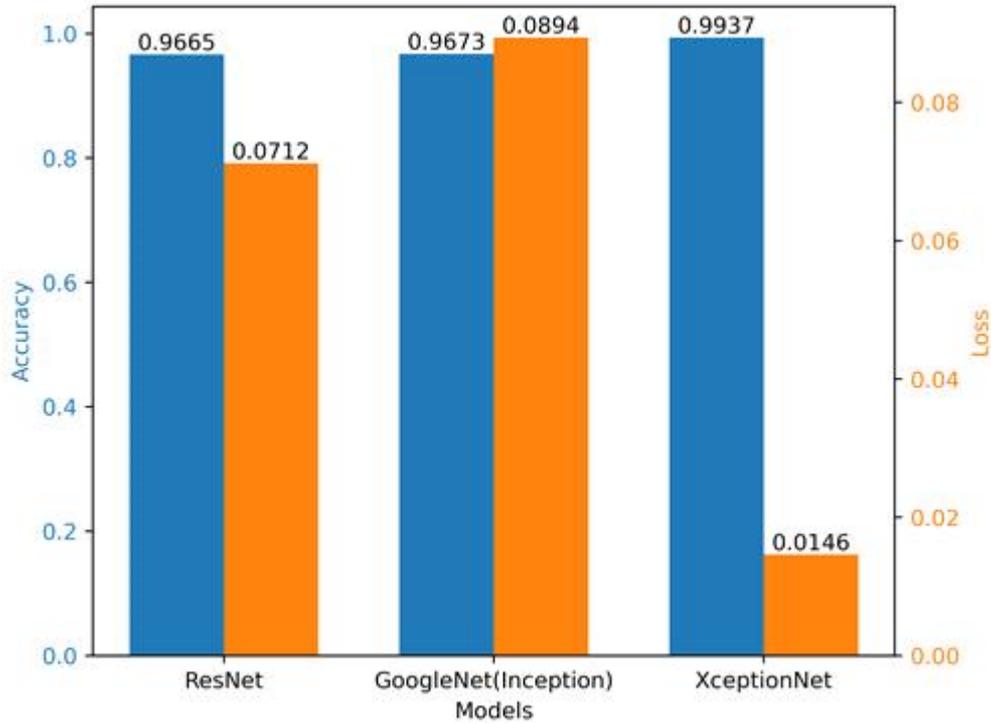
Label	Precision	Recall	F1-score
0	1	0.97	0.99
1	0.98	1	0.99
<b>accuracy</b>			0.99
<b>macro avg</b>	0.99	0.99	0.99
<b>weighted avg</b>	0.99	0.99	0.99

Accuracy: 0.9937 Loss: 0.0146

Confusion Matrix

Classification Report

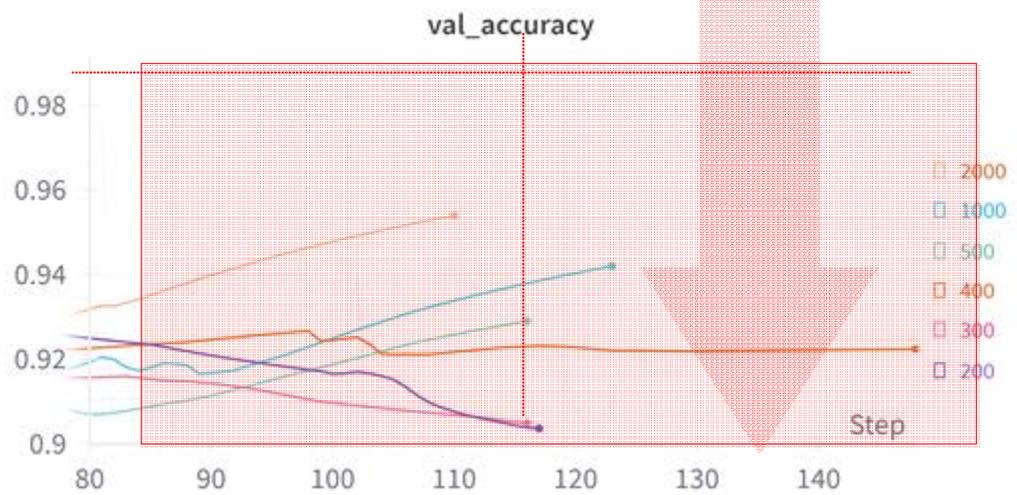
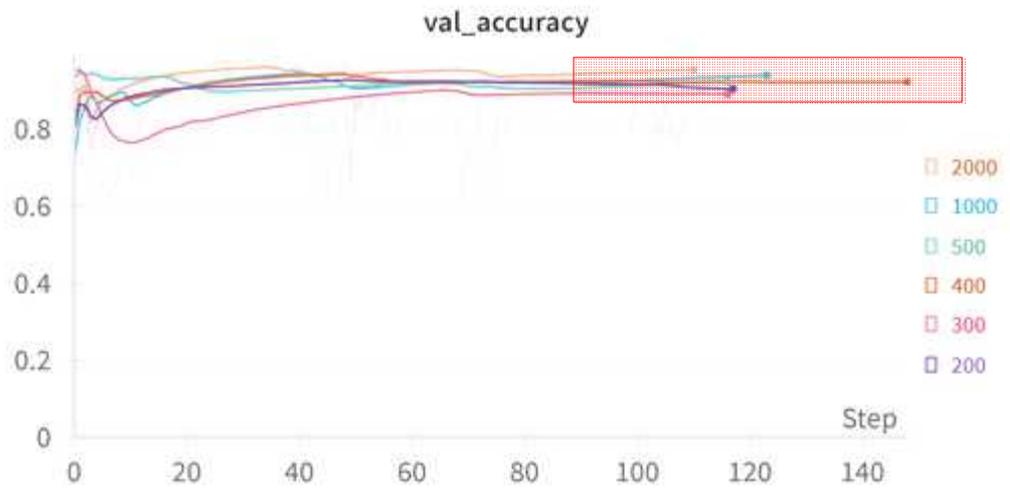
- Test data로 평가해서 비교한 결과, Xception 모델의 Accuracy가 가장 높음
- 사전 훈련된 ResNet, GoogleNet, XceptionNet 모델을 미세조정하여 고추 이미지로 학습을 시켜 보았을 때, XceptionNet이 데이터를 학습시키기에 가장 적합한 모델로 판명



(4) 전이학습 시 요구되는 최소한의 데이터 개수 파악

- 전이 학습은 데이터가 부족하거나, 학습 리소스가 제한된 경우에 유용
- 작물 병해 이미지 데이터는 특정 시기에만 수집이 가능하며 타겟 이외 배경에 노이즈가 많아 정확히 분류하기 어려우며, 병 진전도에 따라 다양한 병징으로 나타나는 특징이 있음
- 이러한 특징으로, 충분한 데이터를 확보하기에 어려움이 있음
- 따라서 전이학습을 수행하였을 때 소량의 데이터로도 높은 정확도의 결과를 얻을 수 있는 것으로 해석됨
- 사전 훈련된 모델을 활용하는 데 있어 요구되는 데이터의 개수를 파악하기 위한 연구를 수행

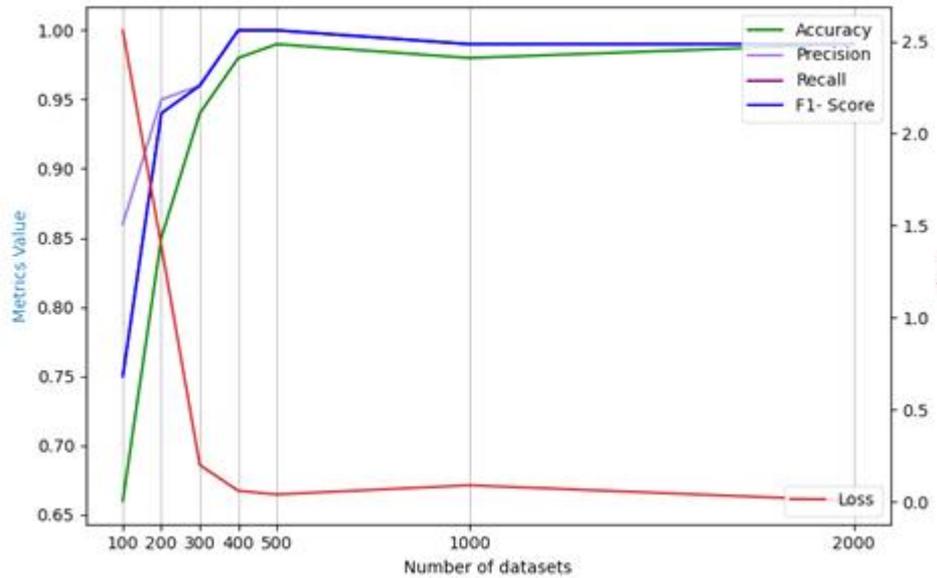
(가) 검증 정확도



- 데이터가 많을수록 검증 데이터 정확도가 높아지는 경향을 보임

(나) 평가 결과

Data	precision	recall	f1-score	accuracy	loss
200	0.95	0.94	0.94	0.85	1.390
300	0.96	0.96	0.96	0.94	0.2
400	1	1	1	0.98	0.060
500	1	1	1	0.99	0.04
1000	0.99	0.99	0.99	0.98	0.09
2000	0.99	0.99	0.99	0.99	0.006



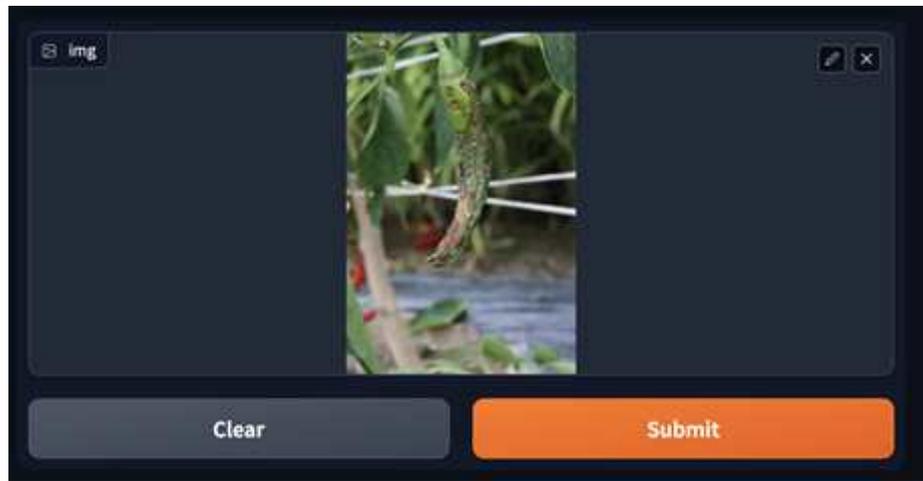
평가 결과 시각화

- 데이터 개수 400개 이상부터 평가 결과정확도가 95%를 초과함
- 

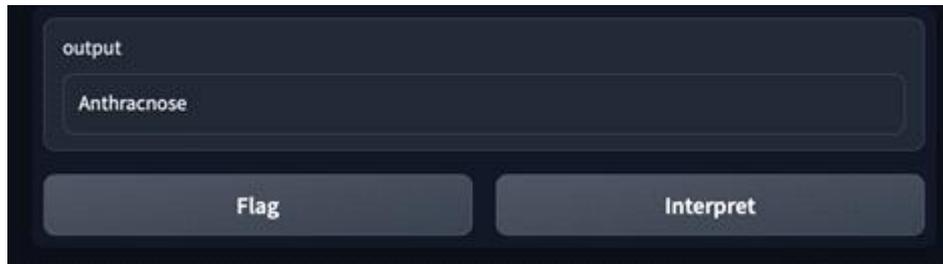
라) 웹 기반 어플리케이션 개발

(1) Gradio library를 통한 웹 기반 딥 러닝 모델 구동

- Gradio는 딥 러닝 모델을 웹 인터페이스로 쉽게 연결해주는 파이썬 라이브러리
- 딥 러닝 모델을 웹에서 쉽게 테스트하고 공유할 수 있음



갤러리에서 이미지 가져오기



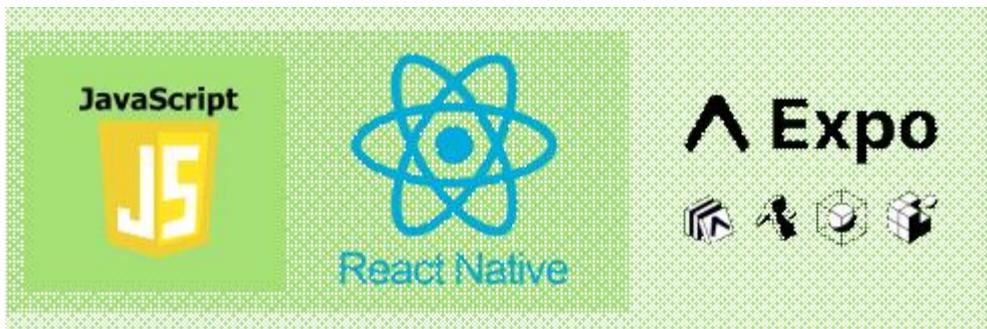
추론 결과

- <https://775f3f6bbebcdab304.gradio.live>에서 실행 가능

- 사용자는 웹 브라우저를 통해 딥 러닝 모델을 테스트 가능
- 지정된 입력 타입(이미지)에 따라 데이터를 제공하고, 'Submit' 버튼을 클릭하여 모델에 데이터를 전달
- 모델의 출력이 사용자에게 표시
- 72동안만 서버가 제공됨에 따라 시간이 초과될 경우 웹페이지 로딩이 불가함

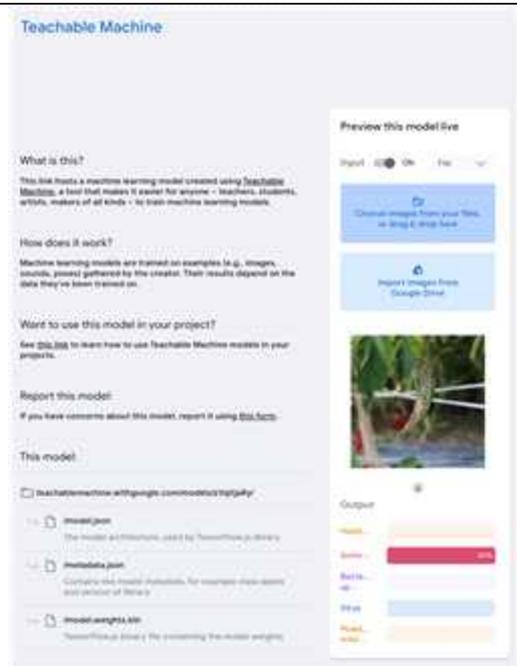
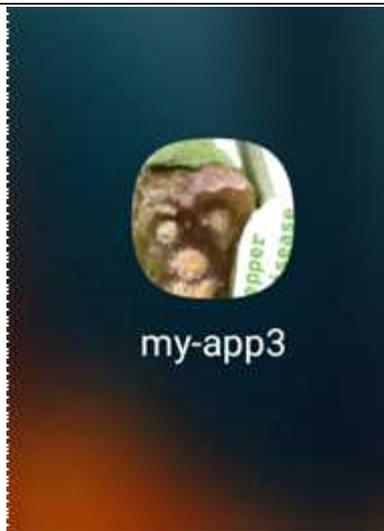
(2) Expo 플랫폼을 통한 웹 기반 어플리케이션 개발

- JavaScript기반의 React Native 프레임워크를 제공하는 오픈소스 플랫폼인 Expo를 활용하여 앱을 빌드



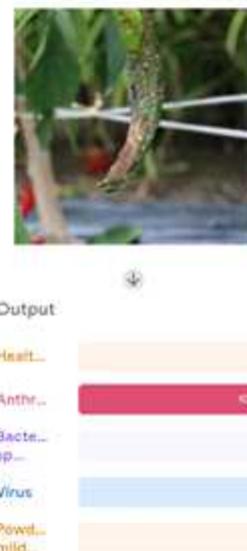
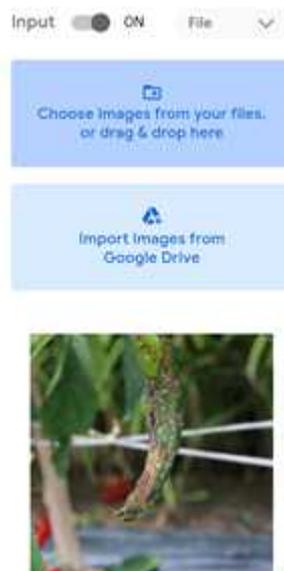
앱 제작 시 사용된 프로그래밍 언어, 프레임워크, 플랫폼

- 웹뷰앱이므로 CNN model을 포함하는 웹 페이지 제작 필요
  - (가) Teachable machine 웹페이지를 활용한 어플리케이션 빌드
    - Teachable Machine에서 제공하는 공유 링크를 웹페이지로 활용



앱 아이콘

앱 실행 화면

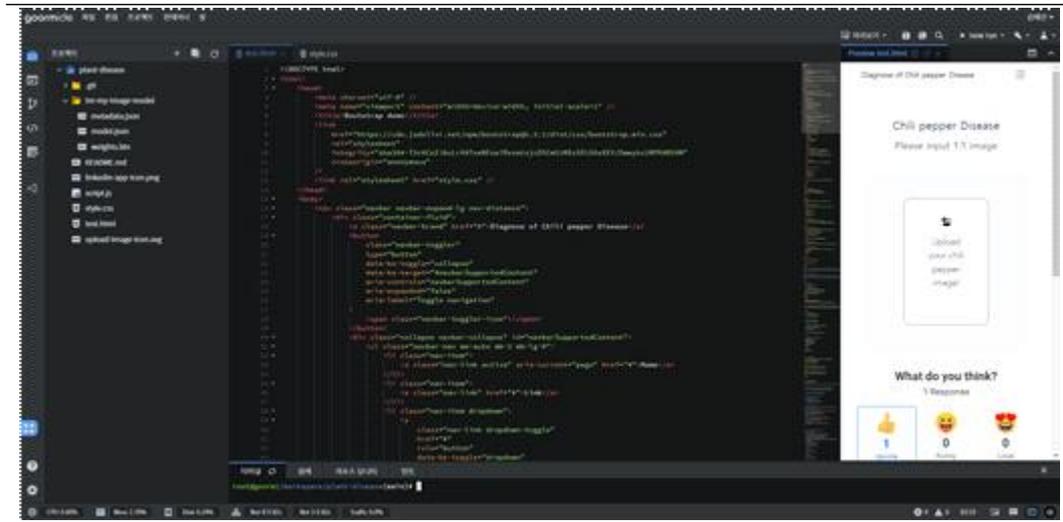


사용자 갤러리에서  
이미지 가져오기

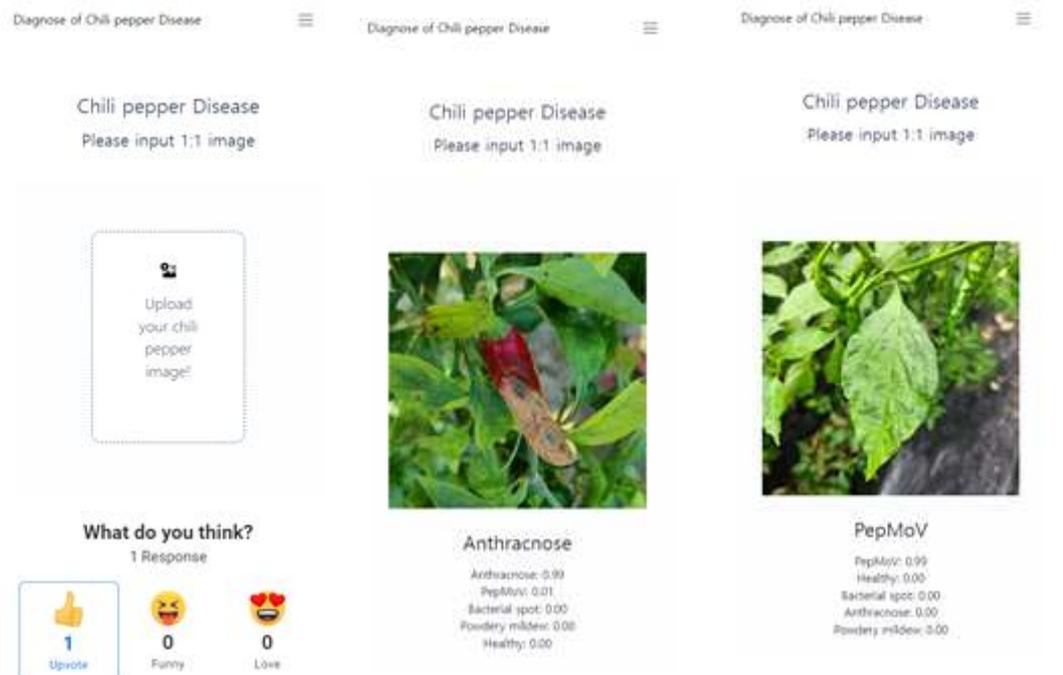
추론 결과

(나) HTML과 CSS를 활용한 웹 페이지 제작

- HTML(HyperText Markup Language)는 웹 페이지의 구조를 정의하는 마크업 언어
- HTML을 사용하여 웹 페이지의 기본 구조를 작성
- CSS(Cascading Style Sheets)는 웹 페이지의 디자인과 레이아웃을 제어하는 스타일시트 언어



HTML, CSS 개발 환경: goorm IDE



사용자 갤러리에서  
이미지 가져오기

추론 결과(탄저병)

추론 결과(PepMoV)

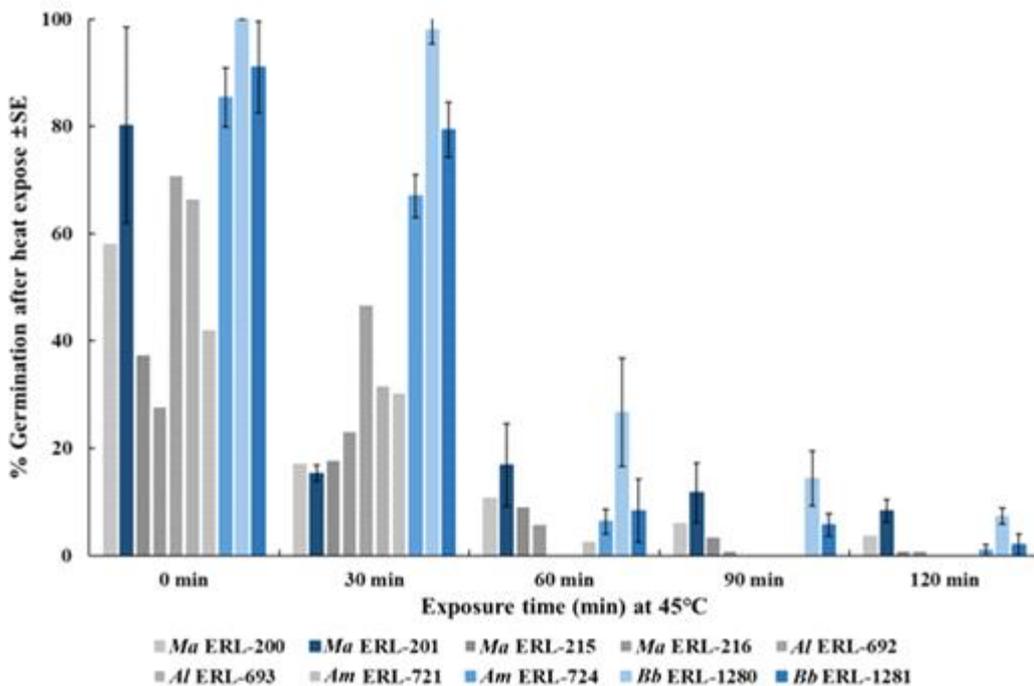
- 사용자가 웹페이지의 이미지 업로드 버튼을 클릭하여 갤러리에서 이미지를 선택
- 선택된 이미지는 웹페이지를 통해 서버로 전송
- 서버가 이미지를 받아 서버 내부의 특정 디렉토리에 저장하고, 해당 이미지의 경로를 딥러닝 모델로 전달
- 서버 내부의 딥러닝 모델이 전달받은 이미지 경로로부터 이미지를 불러와 분석을 실시
- 모델은 이미지 내의 패턴, 색상, 모양 등 다양한 요소를 분석하여 예측 결과를 생성
- 딥러닝 모델의 예측 결과가 웹 서버로 전달됨

- 웹 서버는 이 결과를 웹페이지로 전달하고, 웹페이지는 이를 사용자에게 보여줌
- 사용자가 웹페이지를 통해 갤러리에서 이미지를 선택하고, 해당 이미지가 서버로 전송된 후, 서버 내의 딥러닝 모델이 이미지를 분석하고 결과를 웹페이지로 반환하는 과정으로 진행됨

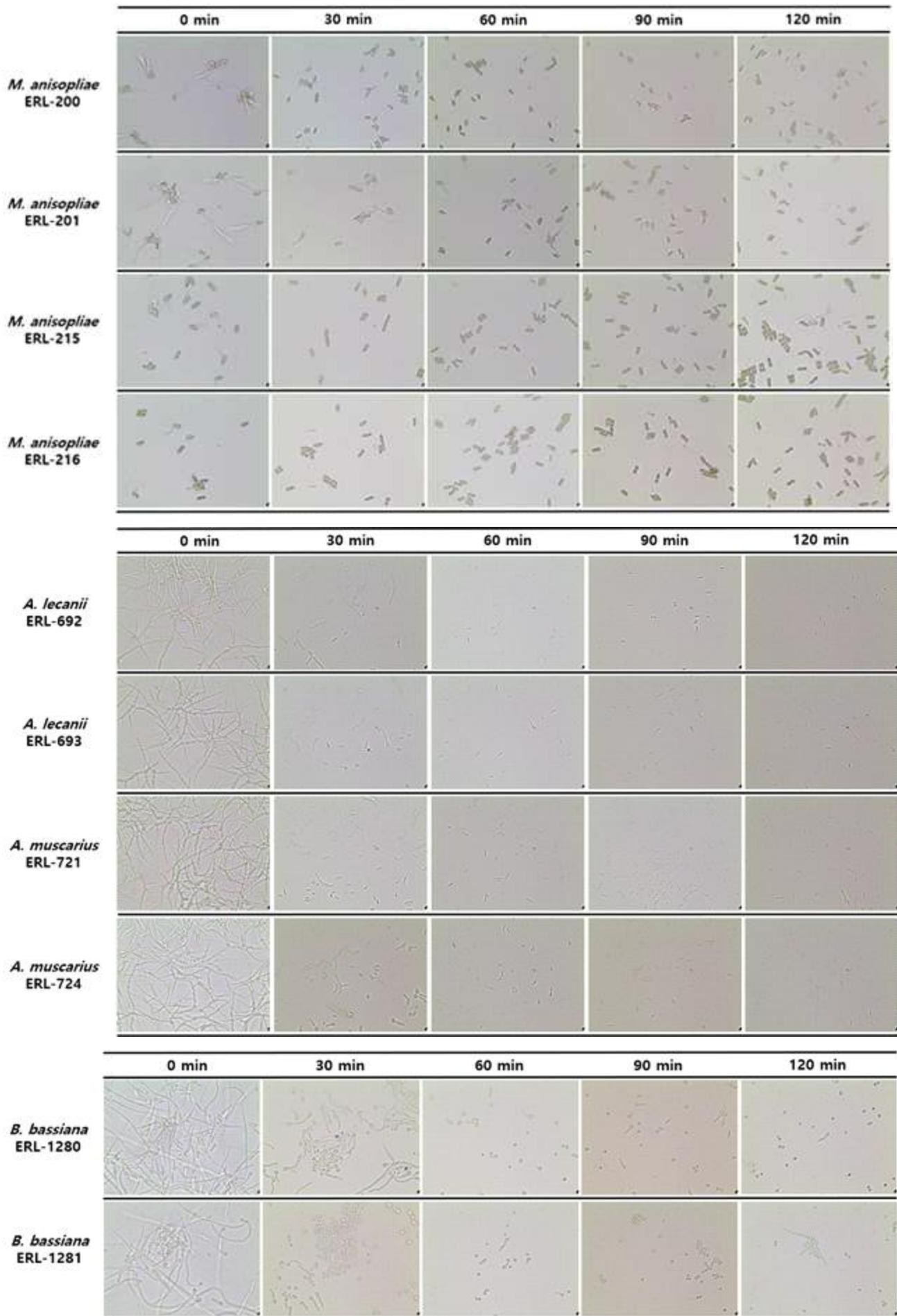
## 제1핵심 연구과제 -2. 시 기반 총해 모니터링 및 방제기술 개발 (신태영)

### 1) 선발된 균주의 열안정성 평가

- 장기보관 되어 있는 ERL 균주의 열안정성을 평가하고자 함.
- 영하 80 °C 냉동고에서 장기보관 중인 ERL 균주를 1/4 SDA 배지에 streaking 하였음.
- 계대배양한 ERL 균주와 0.03% silwet을 혼합해 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ ml)을 제조하였음.
- 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ ml)을 45°C에서 0 min, 30 min, 60 min, 90 min, 120 min 간 열에 노출시켰음.
- 1/4 SDA 배지에 10  $\mu$ l씩 dropping 하였음.
- 25°C에 18h 배양 후, 포자 발아율을 확인하였음.
- 선발된 ERL 균주의 열안정성을 평가하기 위해, 45 °C에서 0, 30, 60, 90, 120분간 포자를 열처리 진행하였으며, 18 h 배양한 후, 발아율을 확인하였음.
- *B. bassiana* ERL-1280, -1281 균주가 30분 열처리에서 각각 98%, 79% 발아율을 보이며 가장 높은 열안정성을 나타냈음.
- *A. muscarius* ERL-721, *M. anisopliae* ERL-201 균주 또한 높은 열안정성을 나타냈음 (RM ANOVA,  $F_{9,20}=35.9$ ,  $p < 0.001$ ).



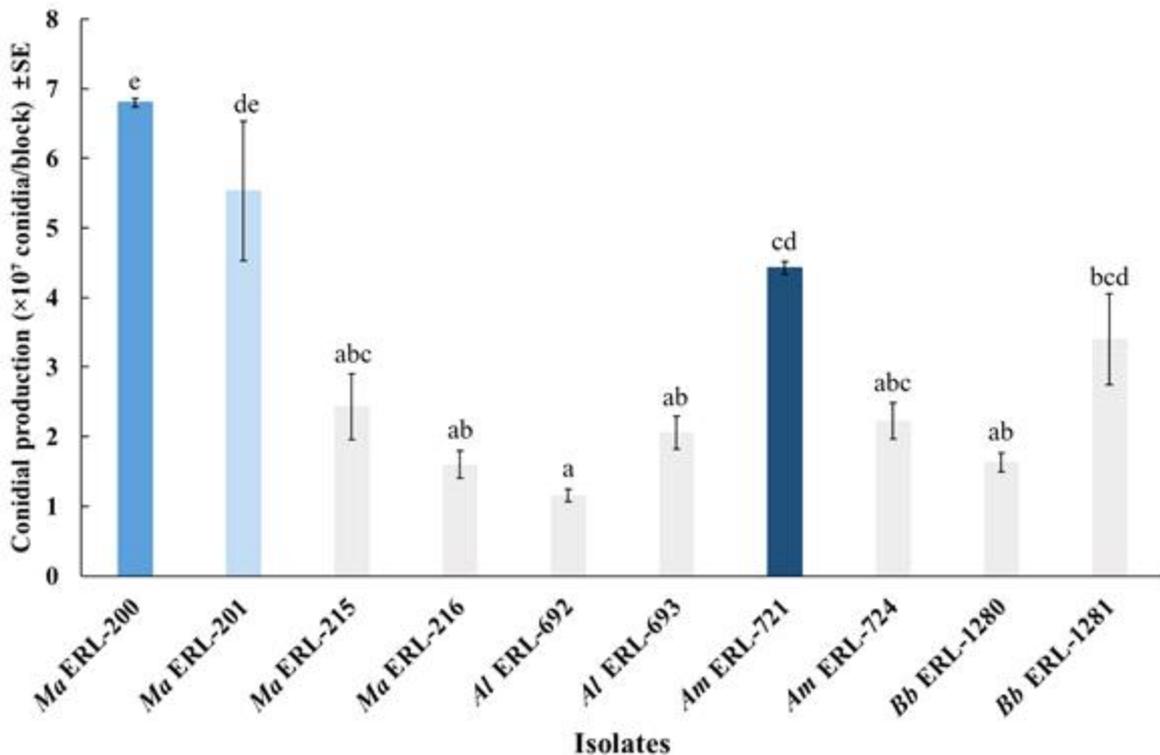
<10개의 ERL isolates 포자의 열처리에 따른 포자 발아율 (45 °C, 0~120분 열처리)>



<10개의 ERL isolates의 열처리에 따른 포자 발아 (45 °C, 0~120분 열처리)>

## 2) 선발된 균주의 포자생산성 평가

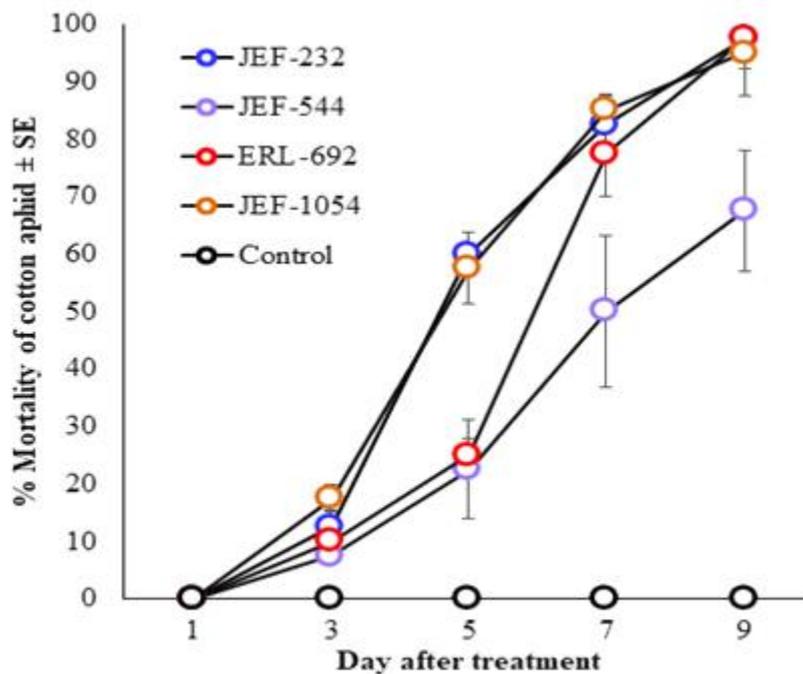
- 장기보관 되어 있는 ERL 균주의 포자생산성을 평가하고자 함.
- 영하 80°C 냉동고에서 장기보관 중인 ERL 균주를 1/4 SDA 배지에 streaking 하였음.
- 7일 후, 배양된 ERL 균주를 1/4 SDA 배지에 계대배양 하였음.
- 1/4 SDA 배지에 배양된 균주를 cork borer (지름 0.7 cm)를 이용해 agar block을 절취하였음.
- 0.03% silwet 1 ml을 넣은 e-tube에 절취한 agar block을 넣었음.
- 10분간 vortexing을 진행하였음.
- Hemocytometer를 이용해 포자수를 계수하였음.
- 선발된 ERL 균주의 포자생산성을 평가하기 위해, 배양된 균주의 agar block을 절취해 0.03% silwet과 혼합한 후 hemocytometer로 계수하였음.
- 포자생산성 평가 결과, 모든 균주에서  $1.1 \times 10^7$  conidia/ ml 이상의 포자생산성이 확인되었음.
- *M. anisopliae* ERL-200, -201 균주에서 각각  $6.8 \times 10^7$  conidia/ ml,  $5.5 \times 10^7$  conidia/ ml로 높은 포자생산성이 확인되었음.
- *A. lecanii* ERL-692, -693 균주에서는 평균  $1.5 \times 10^7$  conidia/ ml로 가장 낮은 포자생산성이 확인되었음.
- 결과적으로, *M. anisopliae* ERL-200, -201 균주가 가장 높은 포자생산성을 나타냈음 (One-way ANOVA,  $F_{9,20}=58.7$ ,  $p < 0.001$ ) (그림 ).

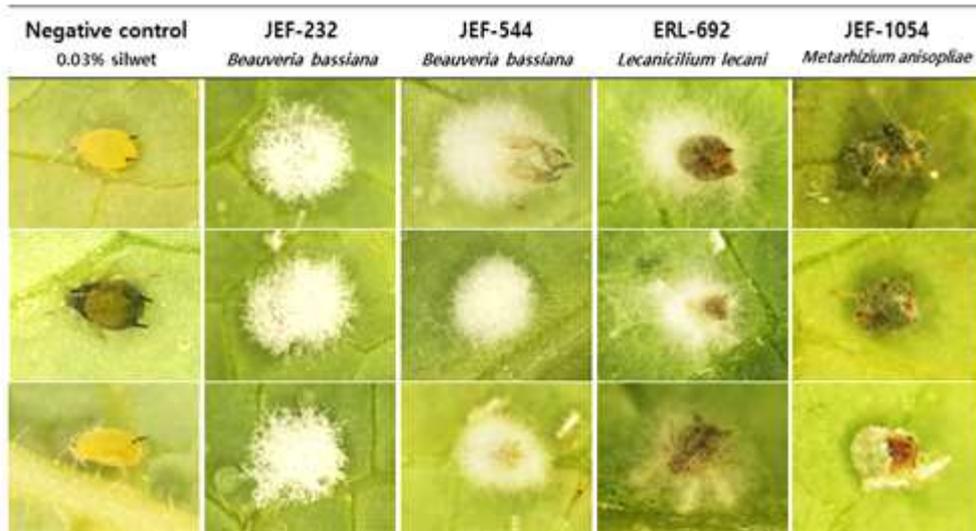


<10개의 ERL isolates 포자생산성>

### 3) 목화진딧물에 대한 살충활성 평가

- 구축된 라이브러리의 균주를 활용하여 목화진딧물에 대하여 실내조건에서 살충활성 평가를 진행 하고자 하였음
- 목화진딧물에 대한 살충활성 평가를 진행하기 위하여 다음과 같은 생물검정 방법으로 살충활성을 평가하였음
- 살충활성 평가를 진행하기 위해 1/4 SDA 배지에서 균주를 14일간 배양하였음
- 1.0% agar를 autoclave에 멸균한 후 plastic cup에 2 cm 높이로 분주하였음
- 0.03% silwet을 이용하여 균주의 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ml)을 제조하였음
- leaf disc cutter를 이용하여 오이 잎(3엽기, Ø 33 mm)을 절취하였음
- 제조된 포자현탁액에 절취한 오이 잎을 dipping한 후 10회 shaking 하였으며, 잎 뒷면이 위쪽을 향하도록 agar 위에 올렸음
- 2시간동안 오이 잎을 건조시킨 후 붓을 이용하여 목화진딧물 2~3령 약충을 오이 잎 뒷면에 7마리씩 infestation 하였음 ( $24 \pm 1^\circ\text{C}$ )
- 대조군(무처리구)는 0.03% silwet을 처리하였으며, 7일간 매일 생충수 및 사충수를 조사하였음
- 실험 9일차 확인결과, 무처리구 사충율 (0%)대비 *Beauveria bassiana* JEF-232, *Lecanicillium lecani* ERL-692, *Metarhizium anisopliae* JEF-1054 3개의 isolate에서 높은 사충율 (90% 이상)이 확인되었음





<선발된 곤충병원성 진균을 목화진딧물에 대한 실내 살충활성 검정>

#### 4) 뿌리혹선충에 대한 살선충활성 평가

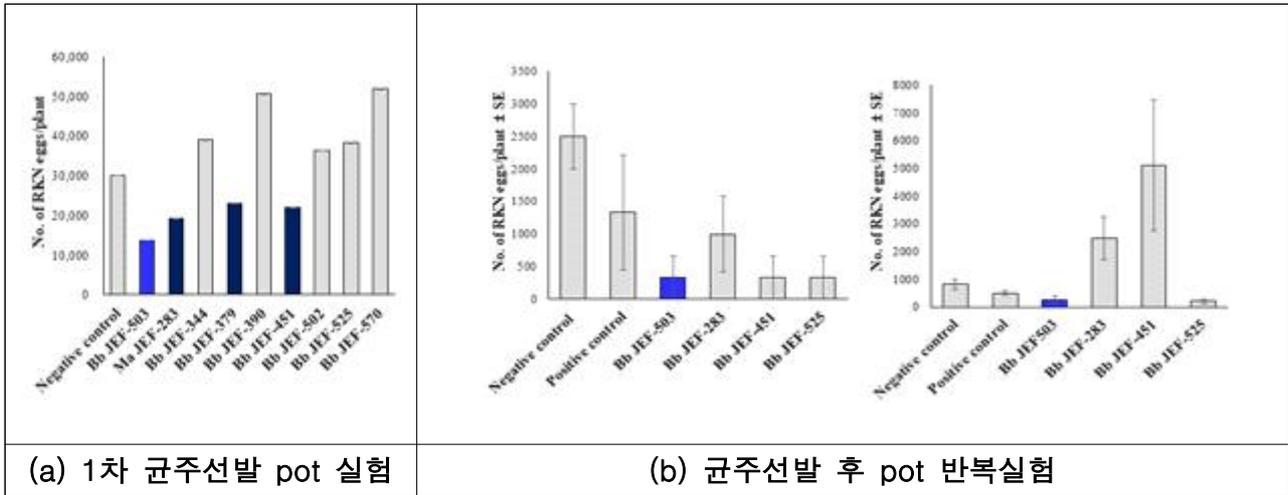
##### 가) 뿌리혹선충 알 확보

- 구축된 라이브러리의 균주를 활용하여 대상해충 중 하나인 뿌리혹선충에 대하여 실내·외 조건에서 살선충활성 평가를 진행하고자 하였음
- 뿌리혹선충에 2달 이상 감염된 토마토 (로알핑크) 뿌리에서 흙을 제거하였음
- 뿌리혹선충 알을 확보하기 위하여 뿌리를 1% sodium hypochlorite solution 과 함께 blending 하였음
- 알이 추출된 현탁액을 250, 45, 25  $\mu$ m의 체에 순서대로 여과하여 알을 확보하였음

##### 나) Pot를 이용한 뿌리혹선충 살선충 균주 선발

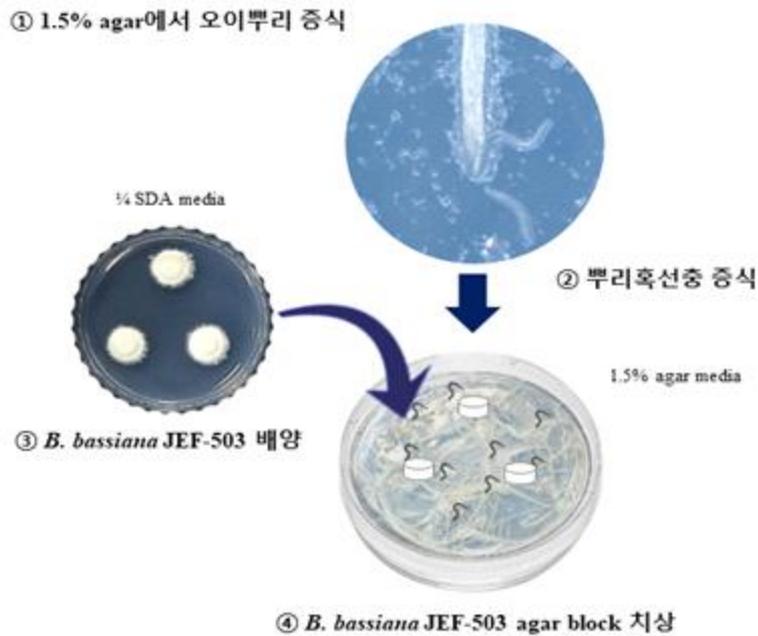
- 상기 방법을 이용하여 뿌리혹선충 알을 확보하였으며 10개의 곤충병원성 진균을 1/4 SDA 배지에 14일간 배양하였음.
- 0.03% silwet을 이용하여 ( $1.0 \times 10^8$  conidia/ ml, 20 ml)을 제조하였음
- 토마토 유묘 (3~4엽기)에 제조된 포자현탁액과 확보한 뿌리혹선충 알 5,000개를 관주처리 하였음.
- 토마토 유묘 (3~4엽기)에 제조된 포자현탁액과 확보한 뿌리혹선충 알 5,000개를 관주처리 하였음.
- 처리 2달 후 뿌리를 수확 후 blending 하여 알을 확보하였으며, 위상차 현미경을 통하여 알을 counting 하였음.
- 실험결과, 무처리구 대비 40% 이상의 살선충활성이 확인되는 4개의 균주를 이용하여 추가적으로 2회 반복실험 하였음.
- 최종적으로 *Beauveria bassiana* JEF-503 균주를 선발하였음.

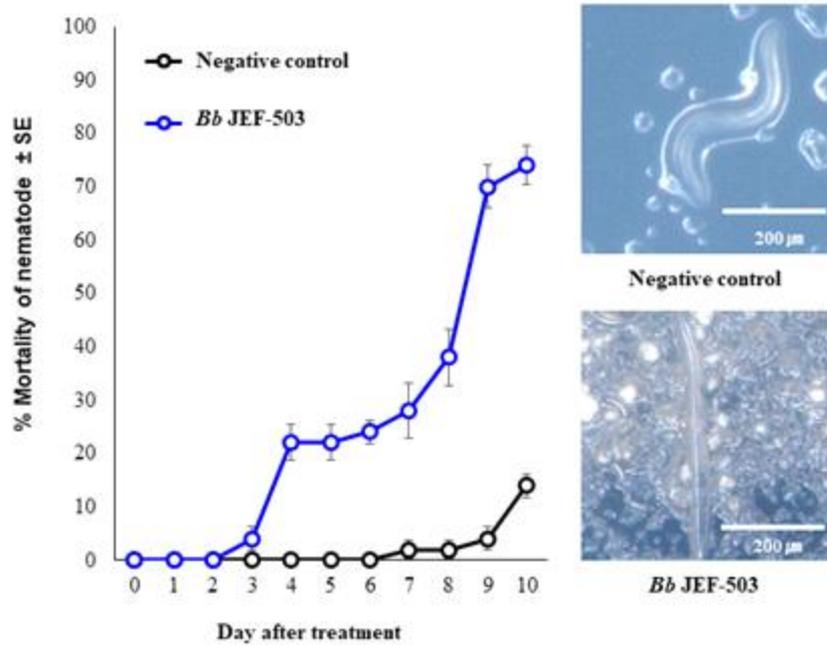
- Pot 실험을 통한 살선충활성 곤충병원성 진균 선발



다) 실내조건에서 뿌리혹선충 살선충활성 평가

- 최종 선발된 *B. bassiana* JEF-503 균주를 1/4 SDA 배지에 14일간 배양하였음.
- 뿌리혹선충이 증식된 토마토 뿌리에서 egg mass를 절취하여 1.5% agar plate에서 부화를 유도하였음.
- 선충이 증식된 plate에 *B. bassiana* JEF-503의 agar block 절취 후 3일간 치상하였음.
- Agar block을 제거 후 10일차까지 뿌리혹선충 사충률을 확인하였음.





<선발된 *B. bassiana* JEF-503 균주를 이용한 실내 살선충활성 검정>

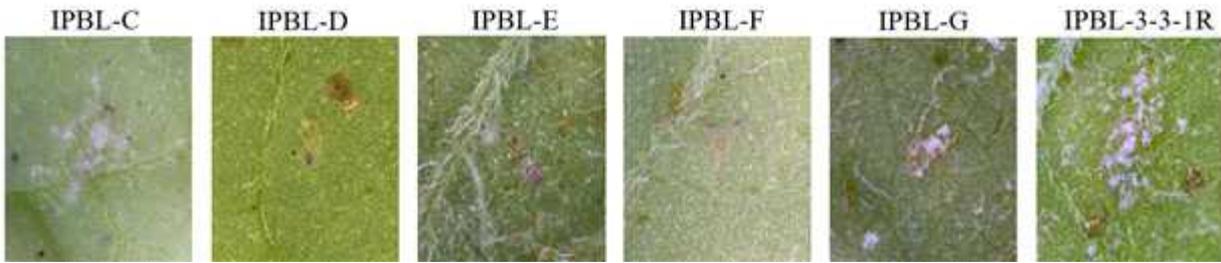
라) 실외조건에서 뿌리혹선충 살선충활성 평가

- 화학약제 처리 시 문제 (식물 및 토양잔류)를 해결하기 위하여 작물 생육시기에 추가 처리를 통한 살선충활성을 확인하고자 하였음
- 2달간 뿌리혹선충을 증식시킨 pot에서 뿌리를 수확 후 알을 상기 방법을 통하여 확보하였음
- 0.03% silwet을 이용하여 ( $1.0 \times 10^8$  conidia/ml, 20ml)을 제조하였음
- 토마토 유묘 (3~4엽기)에 제조된 포자현탁액과 확보한 뿌리혹선충 알 5,000개를 관주처리 하였음
- 관주처리 30일 후, 2회 처리구에 *B. bassiana* JEF-503 ( $1.0 \times 10^8$  conidia/ml, 20ml)을 추가 처리하였음
- 최초처리 2달 후 뿌리를 수확 후 blending 하여 알을 확보하였으며, 위상차 현미경을 통하여 알을 counting 하였음
- 추가적으로 뿌리중량, 뿌리피해지수, 뿌리혹선충 알 수를 확인하였음
- 1, 2차실험결과, 뿌리중량에 있어, JEF-503 1,2 회 처리가 negative control 및 화학약제보다 생육이 좋은 것을 확인하였음
- 또한, 뿌리피해지수 및 뿌리혹선충 알 수에서는 무처리구 대비 JEF-503 2회 처리구에서 뿌리혹선충에 피해 및 알 수가 가장 감소한 것을 확인하였음

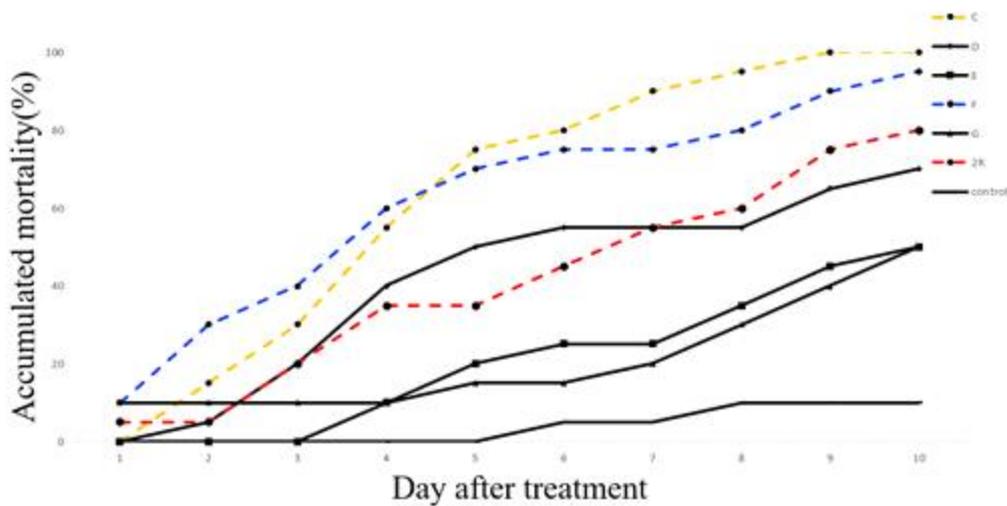
5) 담배가루이에 대한 살선충활성 평가

- 우화율 스크리닝을 통해 선별된 6개의 IPBL 균주(IPBL-C, D, E, F, G, 3-3-1R) 중 가장 높은 병원성을 가진 균주를 선발하고자 함
- IPBL-C, D, E, F, G, 3-3-1R 균주를 PDA에 streaking 하여 25° C 인큐베이터에서 14일간 배양 후 생성된 포자를 Tween80(0.05%)으로 수거하여 포자현탁액을 확보하였음.
- 담배가루이 성충 200마리를 6주 된 토마토 포트에 방사한 다음 2~3일 후 제거 후 25° C에서 14일 정치하여 담배가루이 2령을 확보하였음.
- 담배가루이 2령이 10마리 붙은 토마토 잎을 60mm W.A petri dish에 위치시킴.

- 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ ml)을 각 처리구에 1 ml를 분무하였고 negative Control은 Tween80(0.05%) 1 ml를 분무하였음.
- 포자현탁액 ( $1.0 \times 10^7$  conidia/ ml)을 각 처리구에 1 ml를 분무하였고 negative Control은 Tween80(0.05%) 1 ml를 분무하였음.
- 담배가루이 고효율 미생물 선발을 위해 plate 실험을 진행해 본 결과 6개의 균주 모두 병원성을 갖고 있으나 그 중 IPBL-C 균주는 100% 사충률을 그 다음으로 IPBL-F, 2R-3-3-1 균주가 각 95%, 80% 사충률을 보여 병원성이 높은 것으로 나타남.
- IPBP-C 균주가 최종적으로 담배가루이 생물학적 방제에 적합한 균주로 판단함.



<처리 10일 차 담배가루이 사충 관찰>



<IPBL 균주 처리 후 담배가루이 일차별 사충률>

	1차실험				2차실험			
실험기간 및 온도	22 ± 5°C (2022.12 ~ 2023. 02)				26.5 ± 5°C (2023. 01 ~ 03)			
처리구	Negative control	JEF-503 관주처리 (1회)	JEF-503 관주처리 (2회)	Abamectin (화학약제 처리)	Negative control	JEF-503 관주처리 (1회)	JEF-503 관주처리 (2회)	Abamectin (화학약제 처리)
뿌리중량(g/ root) ± SD	19.3±2.9 ab	28.3±2.1 c	22.7±1.2b c	16.3±2.3 a	5.3±1.5a	7.3±2.1 ab	13.7±4.5 b	7.3±3.2 ab
뿌리 피해지수 (0~5) ± SD	3 ± 0 ab	2.3 ± 0.6 b	2.3 ± 0.5 b	4 ± 0 a	4 ± 1a	2.8 ± 0.8 ab	2 ± 0b	3.7 ± 0.6 ab
뿌리혹선충 알 수 eggs/plant ± SE	15866.7 ± 2043 b	7766.7 ± 2170 ab	6100 ± 1639 a	14300 ± 4746 ab	5766.7 ± 681 b	3900 ± 721 ab	2900 ± 721 a	3333.3 ± 1193 a

<B. bassiana JEF-503 관주처리횟수에 따른 pot 실험>

관주처리 1차 실험



관주처리 2차 실험



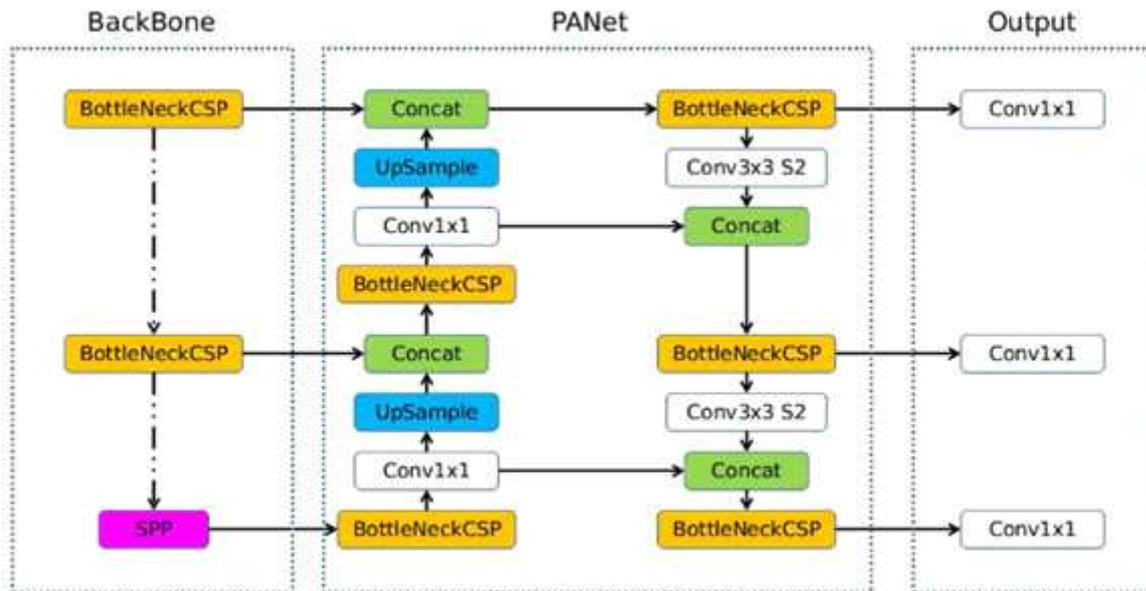
<B. bassiana JEF-503 관주처리횟수에 따른 뿌리피해 양상>

5) AI 학습을 통한 해충 검출 모델 구축

### 가) YOLO 알고리즘 및 데이터 전처리 과정

- 최신 버전인 YOLO v8을 이용함.
- 총 2065개의 원본 데이터를 이용함.
- AI 학습에 적합한 데이터 생성을 위해 Roboflow로 전처리를 완료함.

#### Overview of YOLOv5



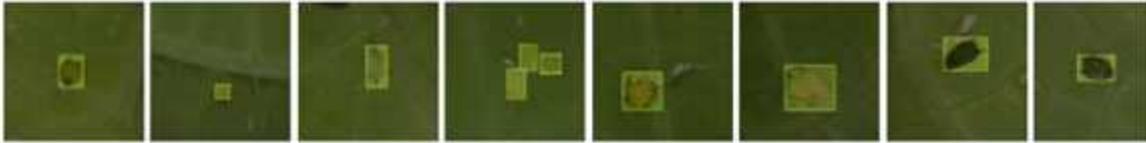
#### <YOLO 알고리즘 모식도>



이름	원본 데이터 (개)	Train (개)	Validation (개)
진딧물	742	575	144
가루이-약충	615	490	123
가루이-성충	708	566	142
전체	2,065	1,631	409

#### <원본 데이터 예시>

## IMAGES



4566 images

[View All Images >>](#)

## TRAIN / TEST SPLIT

Training Set

100%

**4.6k** images

Validation Set

%

images

Testing Set

%

images

## PREPROCESSING

Auto-Orient: Applied

Resize: Stretch to 1024x1024

## AUGMENTATIONS

Outputs per training example: 3

Flip: Horizontal, Vertical

90° Rotate: Clockwise, Counter-Clockwise, Upside Down

## DETAILS

Version Name: 2023-07-11 12:52pm

Version ID: 2

Generated: Jul 11, 2023

Annotation Group: bug

### <Roboflow를 통한 원본 데이터 전처리 및 해당 정보>

#### 나) YOLO 학습 및 결과

- Weight & Bias (wandb)를 연동을 통한 학습진행상황을 확인함.
- Anaconda Prompt과 CUDAtoolkit, torch, ultralytics를 이용하여 학습을 완료함.

```

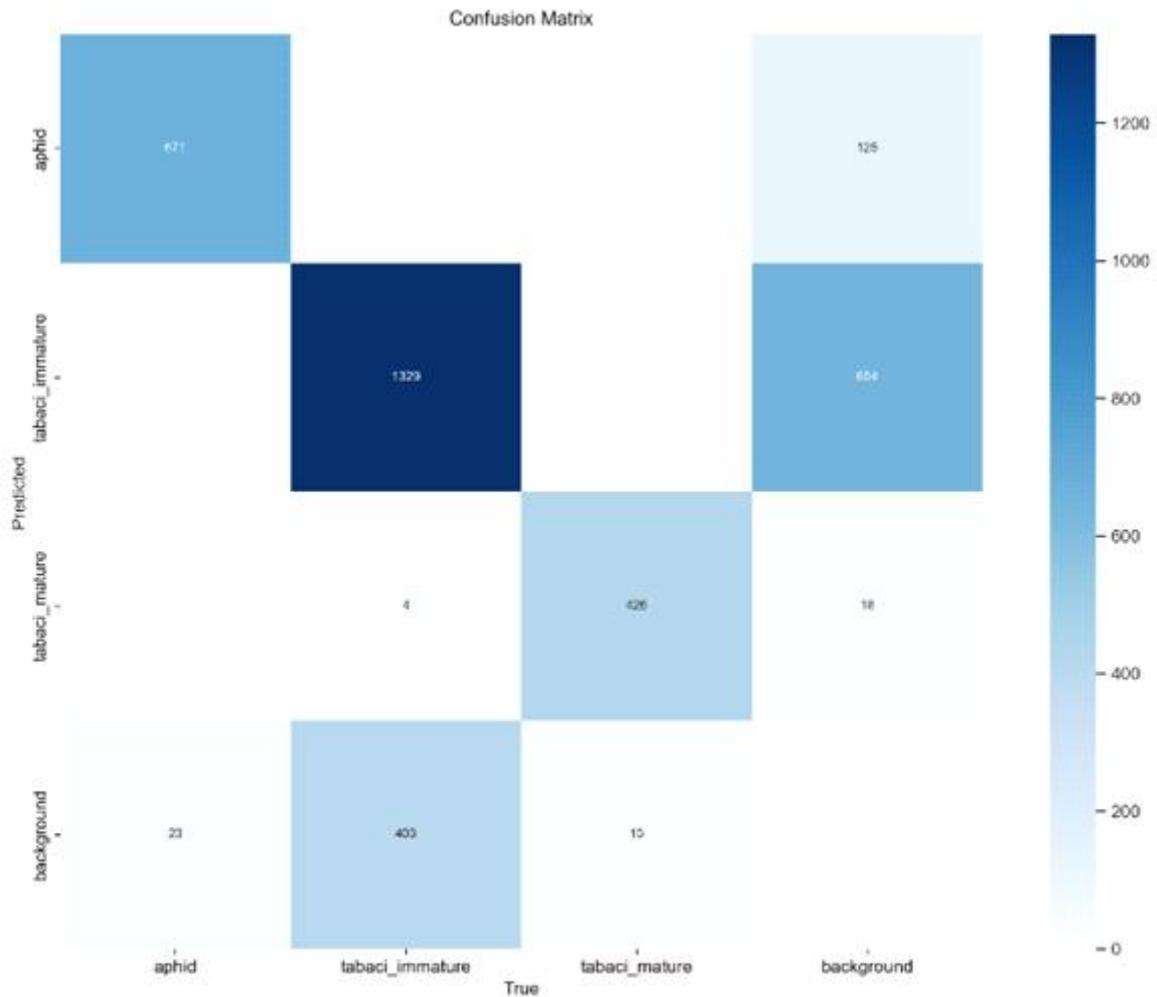
transferred 319/355 items from pretrained weights
wandb: Currently logged in as: ethan9162. Use 'wandb login --relogin' to force relogin
wandb: Tracking run with wandb version 0.15.5
wandb: Run data is saved locally in C:\code\yolo_bug\yolo_train\wandb\run-20230712_195538-sbf6tafa
wandb: Run 'wandb offline' to turn off syncing.
wandb: Syncing run flowing-music-11
wandb: View project at https://wandb.ai/ethan9162/yolo_bug
wandb: View run at https://wandb.ai/ethan9162/yolo_bug/runs/sbf6tafa
AMP: running Automatic Mixed Precision (AMP) checks with YOLOv8n...
AMP: checks passed
train: Scanning C:\code\yolo_bug\yolo_train\dataset_1\train\labels.cache... 4586 images, 0 backgrounds, 0 corrupt: 100%
val: Scanning C:\code\yolo_bug\yolo_train\dataset_1\valid\labels.cache... 1199 images, 0 backgrounds, 0 corrupt: 100%
val: New cache created: C:\code\yolo_bug\yolo_train\dataset_1\valid\labels.cache
Plotting labels to runs\detect\train\labels.jpg...
optimizer: SGD(lr=0.01, momentum=0.9) with parameter groups 57 weight(decay=0.0), 64 weight(decay=0.0005), 63 bias(decay=0.0)
image sizes 640 train, 640 val
using 0 dataloader workers
logging results to runs\detect\train
Starting training for 300 epochs...

Epoch  GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size  mAP50  mAP50-95  | 144/144 [01:48<00:00,
1/300   4.7G    1.415    2.629    1.102     74        640  0.748    0.437    | 19/19 [00:15

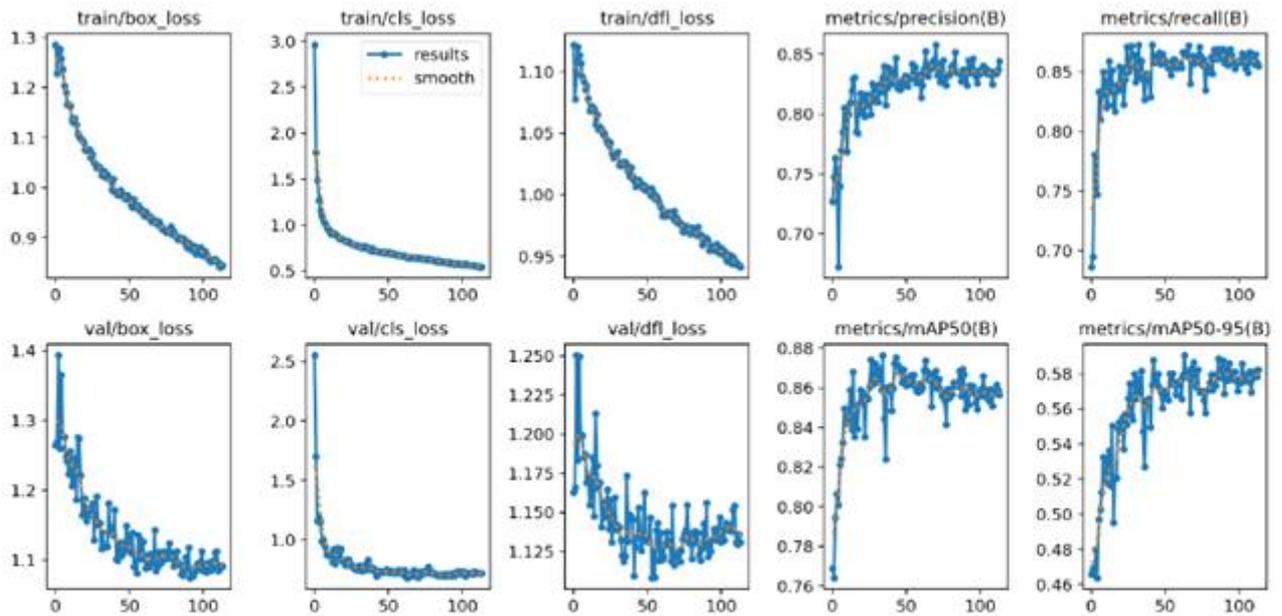
Epoch  GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size  mAP50  mAP50-95  | 144/144 [02:09<00:00,
2/300   4.8G    1.317    1.515    1.053     69        640  0.828    0.471    | 19/19 [00:15

```

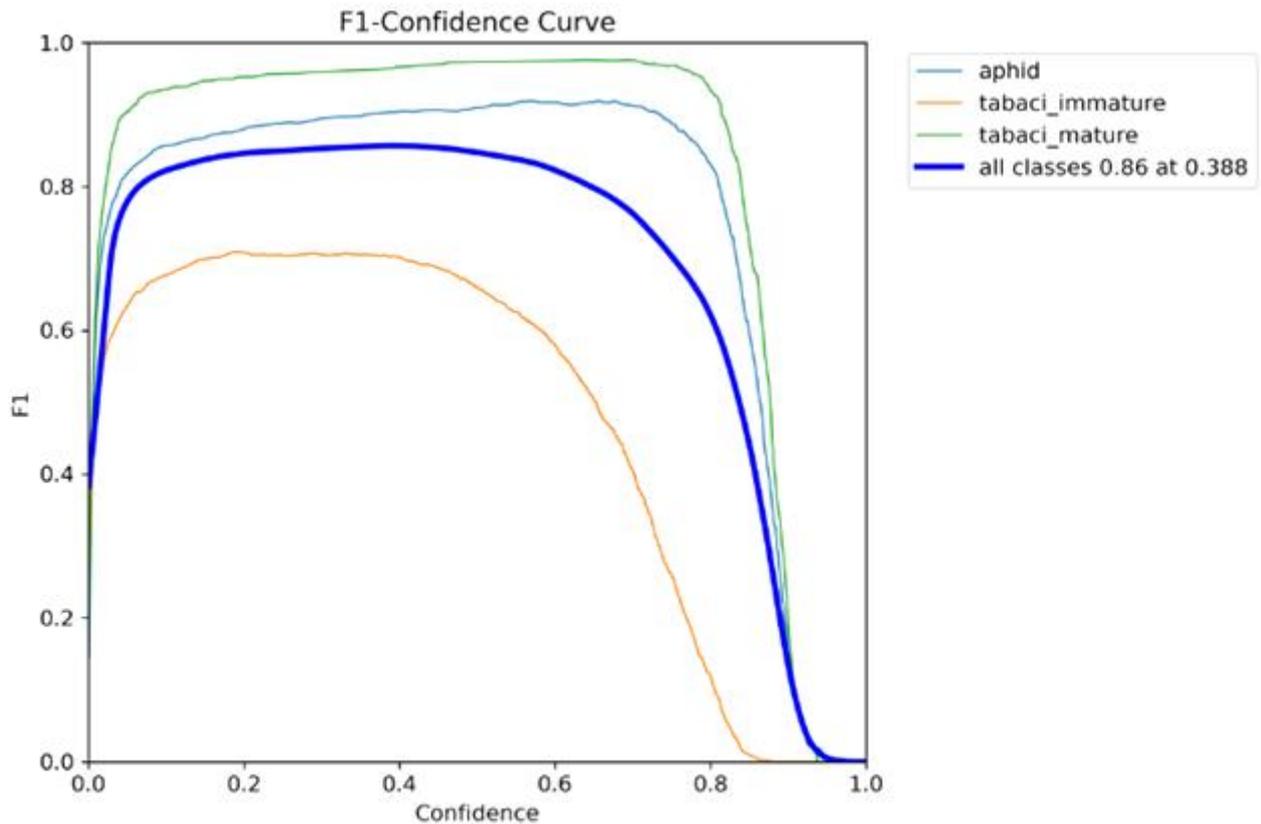
<YOLO, AI 학습과정>



<학습 결과 1 - Confusion Matrix>



<학습 결과 2 - Train & Validation Loss and Precision>



<학습 결과 3 - F1-score>

나) 학습된 YOLO와 Segment Anything Model(SAM)을 이용한 해충 식별

- SAM은 AI가 이미지 내에서 특정 물체를 분리해주는 이미지 분할 모델로서 물체를 식별하고 분별할 수 있게함.
- 학습시킨 물체에 대한 일반적인 mask를 생성하면 추가적인 학습 없이도 새로운 이미지를 판독 할 수 있음.
- 결과적으로, 학습된 AI는 이미지 내 가루이 성충, 약충 및 진딧물을 개체 별로 분리 및 인식하는데 성공함.

진딧물 (aphid)

가루이-약충

가루이-성충



<AI 학습을 통한 이미지 내 해충 판별>

제1핵심 연구과제 -3. 검역·농업 해충류 인공지능 영상판독 시스템 개발 (김소라)

1) 검역·농업 해충류 해충확보 및 목록 구축  
가) 딱정벌레목(바구미류) (60종) 해충 목록

연번	학 명	국 명	촬영표본 표본수
1	<i>Cionus tamazo</i>	무늬오동나무바구미	10
2	<i>Stereonychus thoracicus</i>	들메나무외발톱바구미	10
3	<i>Bradybatus (Bradybatus) sharpi</i>	검정긴꽃바구미	10
4	<i>Anthonomus (Furcipes) rectirostris</i>	꽃바구미	10
5	<i>Curculio convexus</i>	백당나무밤바구미	6
6	<i>Dendrobaris maculata</i>	검은점애바구미	8
7	<i>Lissorhoptrus oryzophilus</i>	벼물바구미	10
8	<i>Scepticus uniformis</i>	표주박바구미	10
9	<i>Pimelocerus elongatus</i>	흰모무늬곰보바구미	10
10	<i>Lixus (Dilixellus) impressiventris</i>	길쭉바구미	10
11	<i>Trigonocolus tibialis</i>	오뚜기바구미	6
12	<i>Demimaea fascicularis</i>	어리알바구미	5
13	<i>Archarius (Toptaria) roelofsi</i>	톱다리아밤바구미	10
14	<i>Cnestus mutilatus</i>	왕녹나무좀	10
15	<i>Anisandrus apicalis</i>	사과등근나무좀	10
16	<i>Ambrosiodmus rubricollis</i>	붉은목나무좀	10
17	<i>Xylosandrus amputatus</i>	무화과나무좀	10
18	<i>Xylosandrus brevis</i>	반날개나무좀	10
19	<i>Hylastes parallelus</i>	소나무좁은나무좀	10
20	<i>Hylurgops interstitialis</i>	소나무줄나무좀	10
21	<i>Hylurgus ligniperda</i>	왕털소나무좀	10
22	<i>Platypus koryoensis</i>	광릉긴나무좀	10
23	<i>Tomicus piniperda</i>	소나무좀	10
24	<i>Euwallacea interjectus</i>	닭은왕나무좀	10
25	<i>Platypus lewisi</i>	루이스긴나무좀	10
26	<i>Xylosandrus crassiusculus</i>	팔배나무좀	10
27	<i>Ips cembrae</i>	왕소나무좀	10
28	<i>Curculio robustus</i>	상수리밤바구미	10
29	<i>Xyleborus defensus</i>	목련나무좀	10
30	<i>Shirahoshizo rufescens</i>	솔흰점박이바구미	10
31	<i>Debus emarginatus</i>	(국내미분포종)	10
32	<i>Gnathotrichus retusus</i>	(국내미분포종)	10
33	<i>Ips concinnus</i>	(국내미분포종)	8
34	<i>Ips pini</i>	(국내미분포종)	10
35	<i>Monarthrum mali</i>	(국내미분포종)	9
36	<i>Phaenomerus foveipennis</i>	(국내미분포종)	10
37	<i>Cryphalus tenuis</i>	(국내미분포종)	10

38	<i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	(국내미분포종)	10
39	<i>Sternochetus mangiferae</i>	(국내미분포종)	3
40	<i>Sternochetus olivieri</i>	(국내미분포종)	3
41	<i>Hylurgus ligniperda</i>	왕털소나무좀	10
42	<i>Platypus koryoensis</i>	광릉긴나무좀	10
43	<i>Tomicus piniperda</i>	소나무좀	10
44	<i>Euwallacea interjectus</i>	닭은왕나무좀	10
45	<i>Platypus lewisi</i>	루이스긴나무좀	10
46	<i>Xylosandrus crassiusculus</i>	팔배나무좀	10
47	<i>Ips cembrae</i>	왕소나무좀	10
48	<i>Curculio robustus</i>	상수리밤바구미	10
49	<i>Xyleborus defensus</i>	목련나무좀	10
50	<i>Shirahoshizo rufescens</i>	솔흰점박이바구미	10
51	<i>Debus emarginatus</i>	(국내미분포종)	10
52	<i>Gnathotrichus retusus</i>	(국내미분포종)	10
53	<i>Ips concinnus</i>	(국내미분포종)	8
54	<i>Ips pini</i>	(국내미분포종)	10
55	<i>Monarthrum mali</i>	(국내미분포종)	9
56	<i>Phaenomerus foveipennis</i>	(국내미분포종)	10
57	<i>Cryphalus tenuis</i>	(국내미분포종)	10
58	<i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	(국내미분포종)	10
59	<i>Sternochetus mangiferae</i>	(국내미분포종)	3
60	<i>Sternochetus olivieri</i>	(국내미분포종)	3

나) 노린재목(진딧물류) (52종/ 목표: 48종) 해충 목록

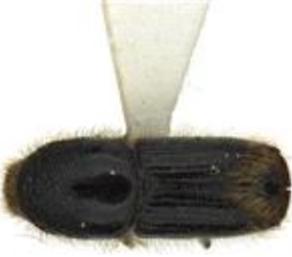
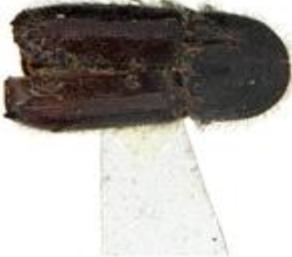
연번	학명	국명	촬영표본 표본수
1	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	완두수염진딧물	무시충(3), 유시충(1)
2	<i>Aphis fabae</i>	잠두진딧물	유시충(3), 무시충(3)
3	<i>Aulacorthum solani</i>	싸리수염진딧물	유시충(1)
4	<i>Brevicoryne brassicae</i>	양배추가루진딧물	무시충(2)
5	<i>Hyalopterous pruni</i>	복숭아가루진딧물	무시충(3)
6	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	감자수염진딧물	무시충(4)
7	<i>Rhopalosiphum padi</i>	기장테두리진딧물	무시충(3), 유시충(3)
8	<i>Rhopalosiphum rufiabdominale</i>	붉은테두리진딧물	무시충(2), 무시약충(1), 유시충(1)
9	<i>Sitobion avenae</i>	보리수염진딧물	무시충(2), 유시충(1)
10	<i>Sitobion ibarae</i>	짚레수염진딧물	무시충(4)
11	<i>Uroleucon formosanum</i>	대만수염진딧물	무시충(3)
12	<i>Toxoptera aurantii</i>	탱자소리진딧물	무시충(6)
13	<i>Vesiculaphis carisis</i>	담뱃대진딧물	유시충(4)
14	<i>Aulacorthum circumflexum</i>	(국내미분포종)	무시충(3)
15	<i>Macrosiphum ambrosiae</i>	(국내미분포종)	유시충(1)
16	<i>Myzus cymbalariae</i>	(국내미분포종)	무시충(3)
17	<i>Myzus ornatus</i>	(국내미분포종)	유시충(2), 무시충(2)
18	<i>Nasonovia ribisnigri</i>	(국내미분포종)	유시충(2), 무시충(2)

19	<i>Nectarosiphon certus</i>	(국내미분포종)	무시충(3)
20	<i>Trama troglodytes</i>	(국내미분포종)	무시충(2)
21	<i>Aphis gossypii</i>	목화진딧물	무시충(20)
22	<i>Aphis spiraecola</i>	조팝나무진딧물	무시충(20)
23	<i>Chaitophorus populeti</i>	은백양털진딧물	무시충(20)
24	<i>Lachnus tropicalis</i>	밤나무왕진딧물	무시충(20)
25	<i>Macrosiphoniella sanborni</i>	국화꼬마수염진딧물	무시충(21)
26	<i>Tinocallis zelkowae</i>	느티알락나무진딧물	무시충(19), 유시충(7)
27	<i>Myzus persicae</i>	복숭아혹진딧물	무시충(22)
28	<i>Macrosiphum rosae ibarae</i>	(국내미분포종)	무시충(20)
29	<i>Aphis rumicis</i>	소루쟁이진딧물	무시충(20)
30	<i>Aulacorthum nipponicum</i>	일본수염진딧물	무시충(20)
31	<i>Brevicoryne brassicae</i>	양배추가루진딧물	무시충(20)
32	<i>Cinara piniformosana</i>	금솔왕진딧물	무시충(18)
33	<i>Indomegoura indica</i>	인도볼록진딧물	무시충(20)
34	<i>Periphyllus californiensis</i>	진사진딧물	무시충(20)
35	<i>Shivaphis celti</i>	팽나무알락진딧물	유시충(20)
36	<i>Uroleucon gobonis</i>	우엉수염진딧물	무시충(20)
37	<i>Acyrtosiphon kondoi</i>	토끼풀수염진딧물	무시충(10)
38	<i>Aphis egomae</i>	들깨진딧물	무시충(10)
39	<i>Aphis clerodendri</i>	누리장진딧물	무시충(10)
40	<i>Aphis craccivora</i>	아카시아진딧물	무시충(10)
41	<i>Aphis crinosa</i>	쥐똥나무진딧물	무시충(10)
42	<i>Aphis farinosa</i>	버들진딧물	무시충(10)
43	<i>Aphis fukii</i>	머위진딧물	무시충(10)
44	<i>Aphis glycines</i>	콩진딧물	무시충(10)
45	<i>Aphis horii</i>	딱총나무진딧물	무시충(10)
46	<i>Aphis ichigo</i>	딸기진딧물	무시충(10)
47	<i>Aphis neospiraeae</i>	붉은조팝나무진딧물	무시충(10)
48	<i>Aphis nerii</i>	박주가리진딧물	무시충(10)
49	<i>Aphis newtoni</i>	붓꽃진딧물	무시충(10)
50	<i>Aphis oenotherae</i>	달맞이꽃진딧물	무시충(10)
51	<i>Impatiens impatiens</i>	봉선화수염진딧물	무시충(10)
52	<i>Schizaphis rotundiventris</i>	사초두갈래진딧물	무시충(10)

다) 딱정벌레목(바구미류) 60종에 대한 성충 사진

		
<i>Cionus tamazo</i>	<i>Stereonychus thoracicus</i>	<i>Bradybatus sharpi</i>
		
<i>Anthonomus rectirostris</i>	<i>Curculio convexus</i>	<i>Dendrobaris maculata</i>
		
<i>Lissorhoptrus oryzophilus</i>	<i>Scepticus griseus Roelofs</i>	<i>Pimelocerus elongatus</i>
		
<i>Lixus imperessiventris</i>	<i>Trigonocolus tibialis</i>	<i>Demimaea fascicularis</i>
		
<i>Balanobius roelofsi</i>	<i>Cnestus mutilatus</i>	<i>Anisandrus apicalis</i>

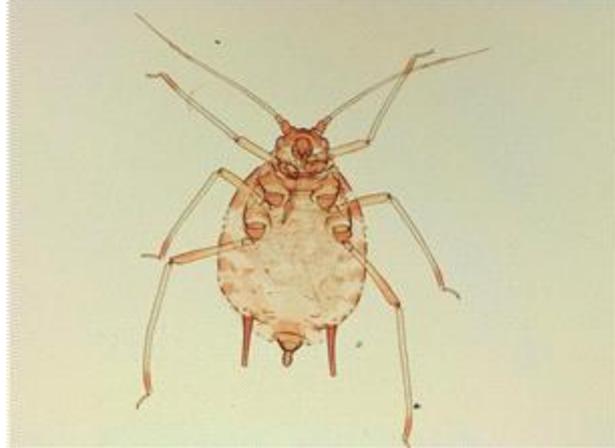
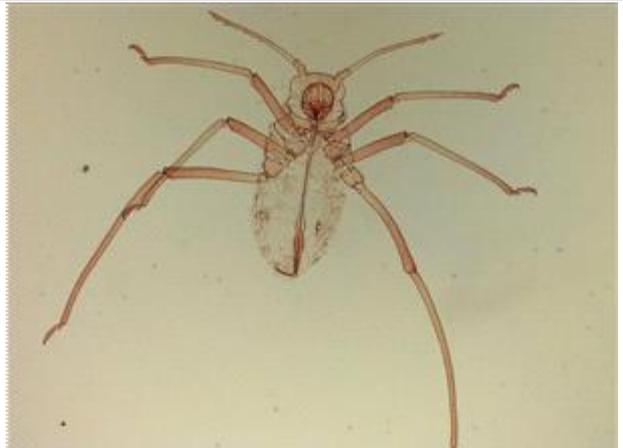
		
<i>Ambrosiodmus rubricollis</i>	<i>Xylosandrus amputatus</i>	<i>Xylosandrus brevis</i>
		
<i>Hylastes parallelus</i>	<i>Hylurgops interstitialis</i>	<i>Sternochetus olivieri</i>
		
<i>Hylurgus ligniperda</i>	<i>Platypus koryoensis</i>	<i>Tomicus piniperda</i>
		
<i>Euwallacea interjectus</i>	<i>Platypus lewisi</i>	<i>Xylosandrus crassiusculus</i>

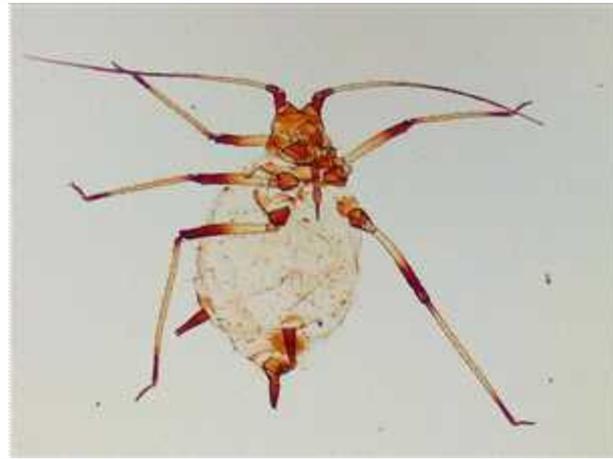
		
<i>Ips cembrae</i>	<i>Curculio robustus</i>	<i>Xyleborus defensus</i>
		
<i>Debus emarginatus</i>	<i>Gnathotrichus retusus</i>	<i>Xyleborus defensus</i>
		
<i>Ips concinnus</i>	<i>Ips pini</i>	<i>Monarthrum mali</i>
		
<i>Phaenomerus foveipennis</i>	<i>Cryphalus tenuis</i>	<i>Dendroctonus pseudotsugae</i>

		
<i>Pimelocerus exsculptus</i>	<i>Sternuchopsis trifidus</i>	<i>Enaptorhinus granulatus</i>
		
<i>Hypera postica</i>	<i>Metialma cordata</i>	<i>Metialma signifera</i>
		
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Xenomimetes destructor</i>	<i>Moreobaris deplanata</i>
		
<i>Lissorhoptrus oryzophilus</i>	<i>Scleropteroides hypocrita</i>	<i>Cardipennis sulcithorax</i>
		
<i>Listroderes costirostris</i>	<i>Cryptorhynchus lapathi</i>	<i>Anthinobaris dispilota</i> <i>dispilota</i>
		
<i>Hylobius haroldi</i>	<i>Pissodes nitidus</i>	<i>Acicnemis palliata</i>

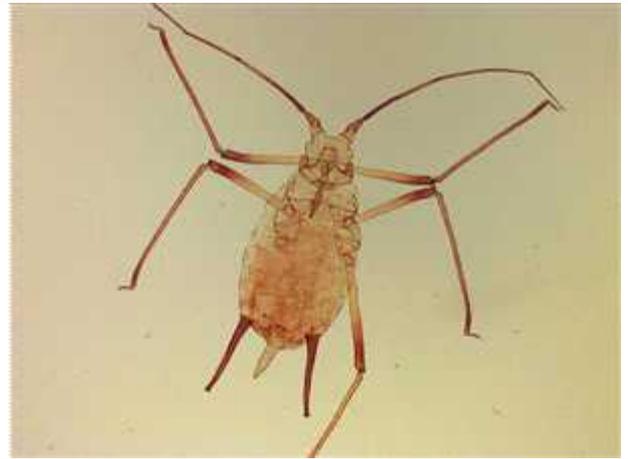
		
<i>Nothomylocerus illitus</i>	<i>Phyllolytus variabilis</i>	<i>Sternochetus mangiferae</i>

라) 노린재목(진딧물류) 48종에 대한 성충 사진

	
<i>Aphis gossypii</i>	<i>Aphis spiraecola</i>
	
<i>Chaitophorus populeti</i>	<i>Lachnus tropicalis</i>



*Macrosiphoniella sanborni*



*Macrosiphum rosae ibarae*



*Myzus persicae*



*Tinocallis zelkowae*



*Aphis rumicis*



*Aulacorthum nipponicum*



*Brevicoryne brassicae*



*Cinara piniformosana*



*Indomegoura indica*



*Periphyllus californiensis*



*Shivaphis celti*



*Uroleucon gobonis*



*Acyrthosiphon kondoi*



*Aphis agomae*



*Aphis clerodendri*



*Aphis craccivora*



*Aphis crinosa*



*Aphis farinosa*



*Aphis fukii*



*Aphis glycines*



*Aphis horii*



*Aphis ichigo*



*Aphis neospiraeae*



*Aphis nerii*



*Aphis newtoni*



*Aphis oenotherae*



*Impatiens impatiens*

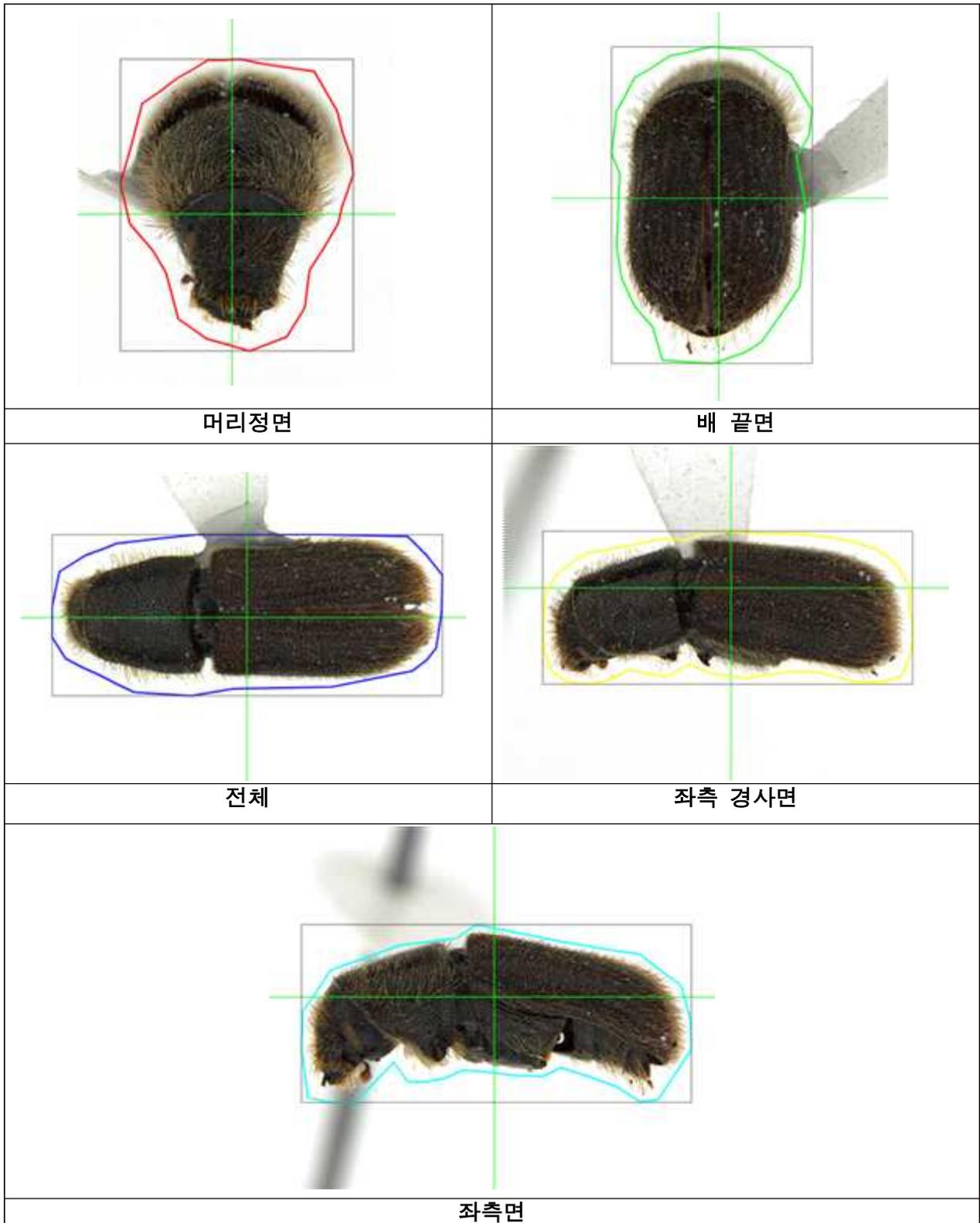


*Schizaphis rotundiventris*

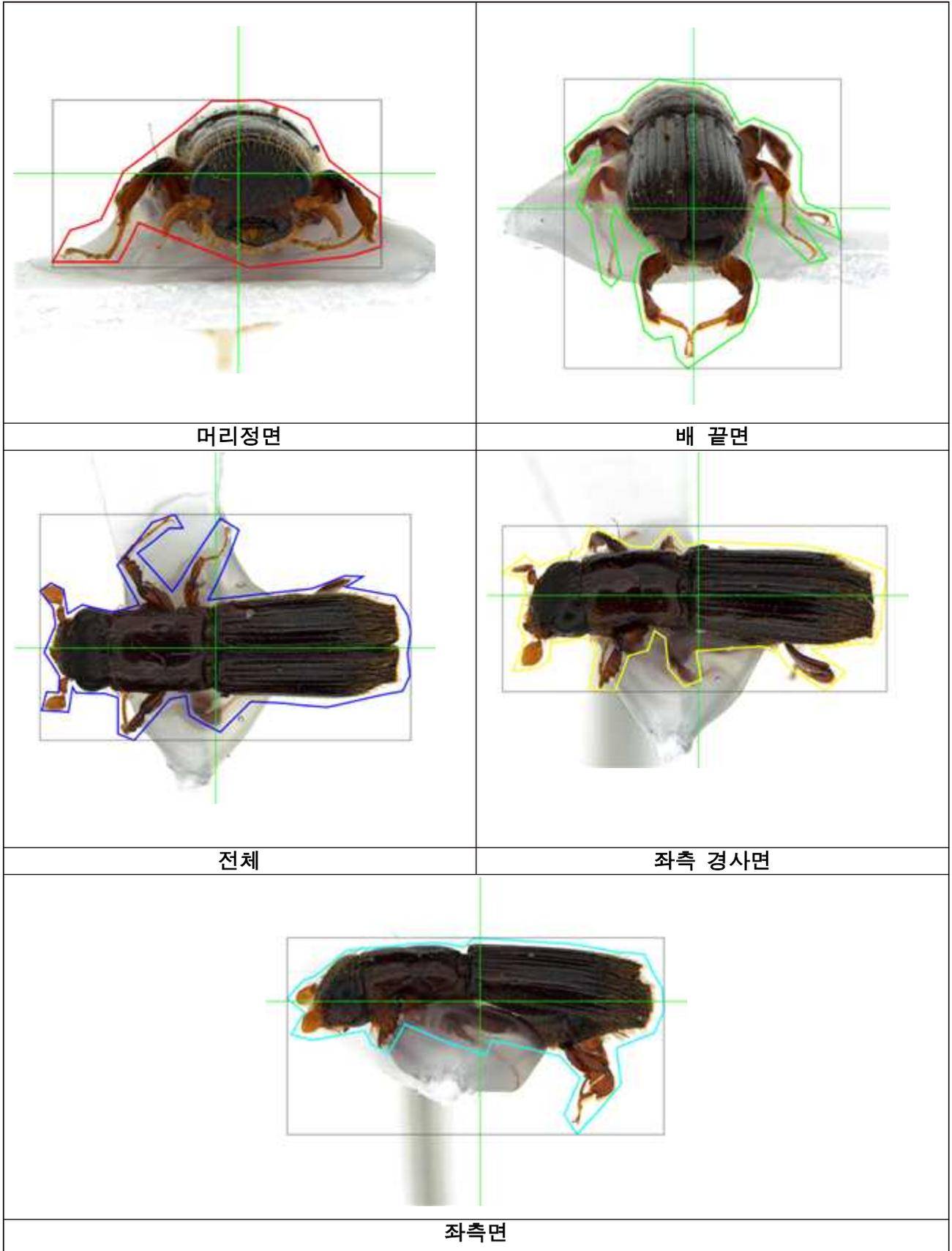
2) 검역·농업 해충류 이미지 구축

가) 딱정벌레목(바구미류) 60종에 대한 이미지 구축 - 사진축소하여 기재

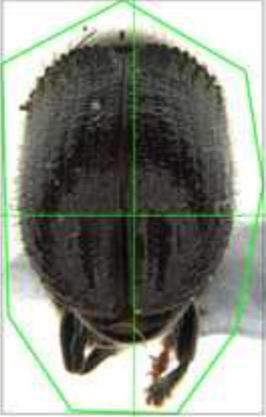
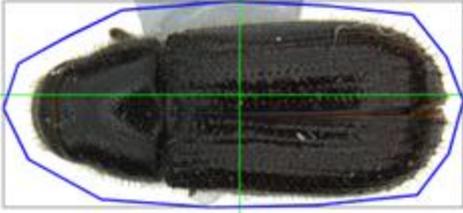
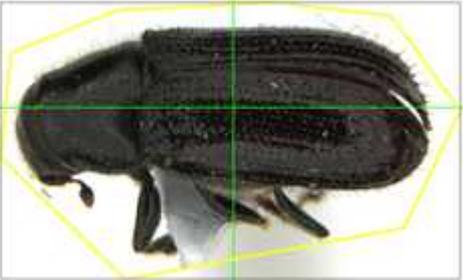
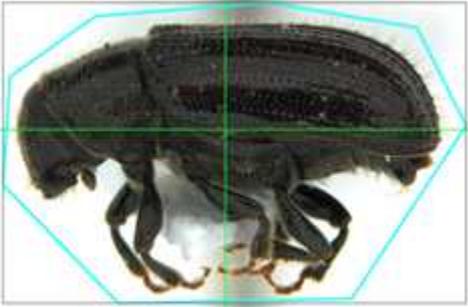
- *Hylurgus ligniperda*



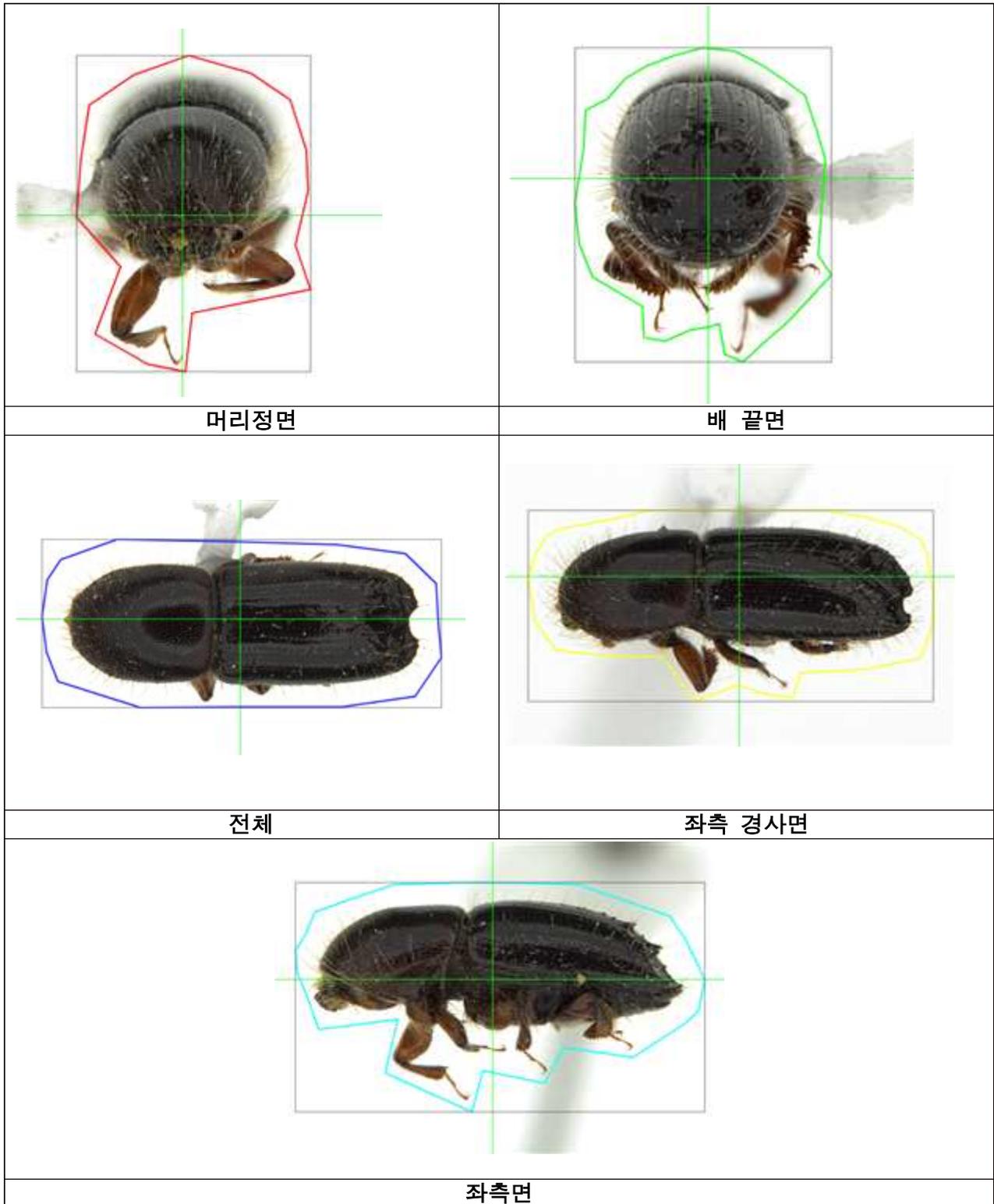
- *Platypus koryoensis*



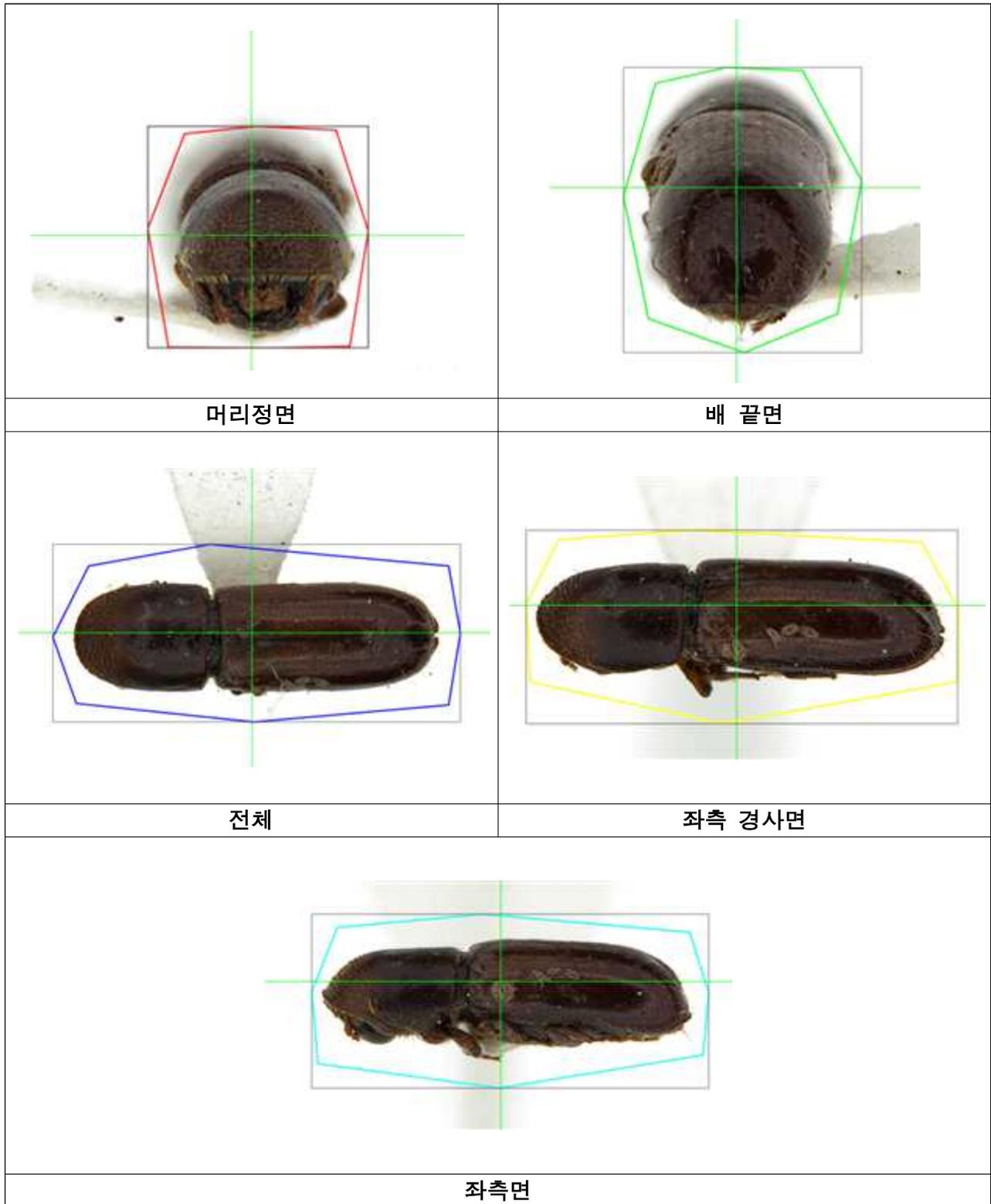
- *Tomicus piniperda*

	
<p>머리정면</p>	<p>배 끝면</p>
	
<p>전체</p>	<p>좌측 경사면</p>
	
<p>좌측면</p>	

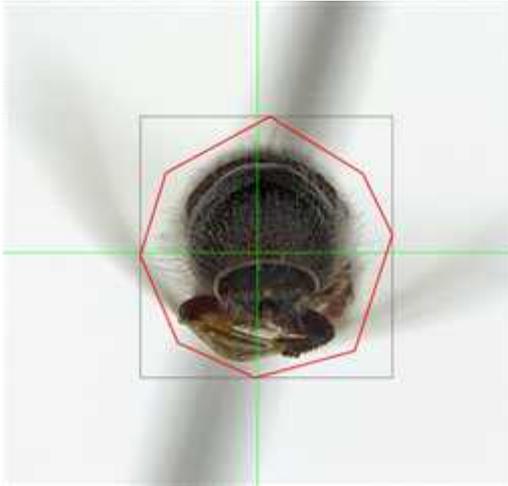
- *Debus emarginatus*



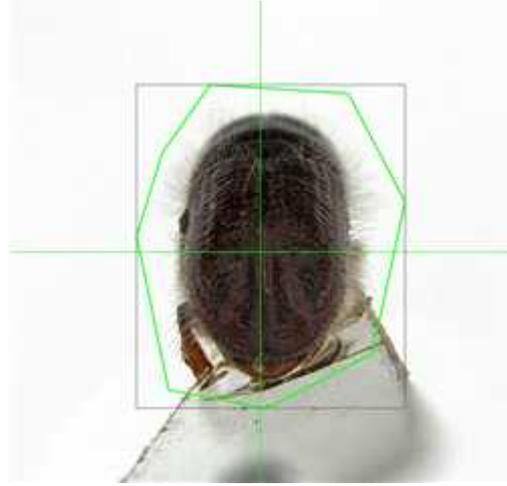
- *Gnathotrichus retusus*



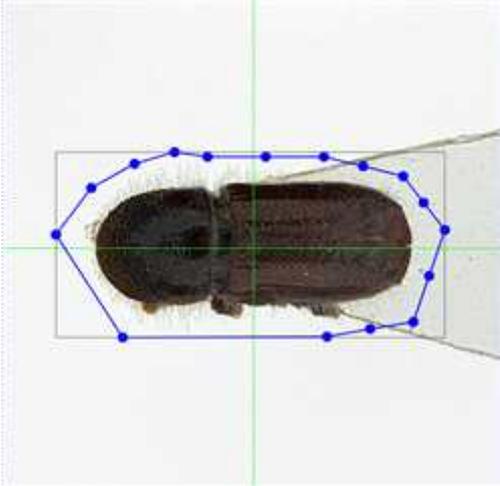
- *Ips pini*



머리 정면



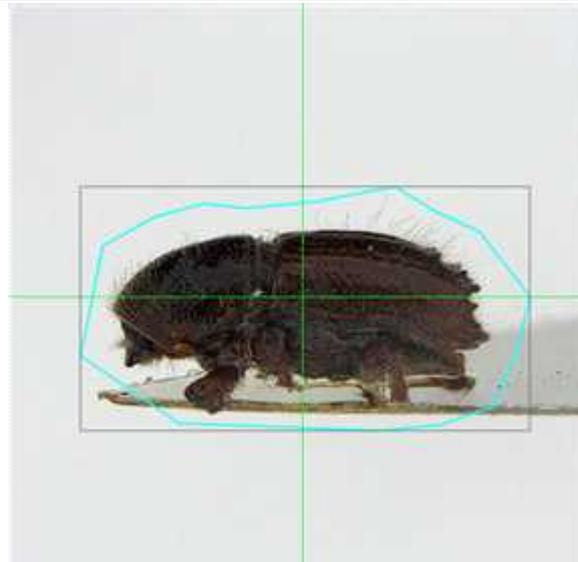
배 끝면



전체

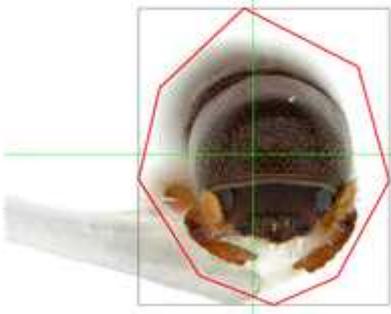
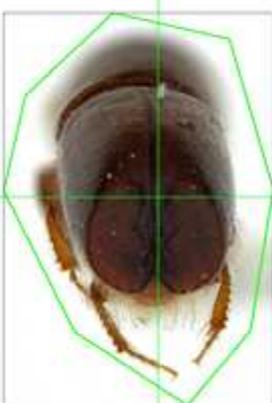
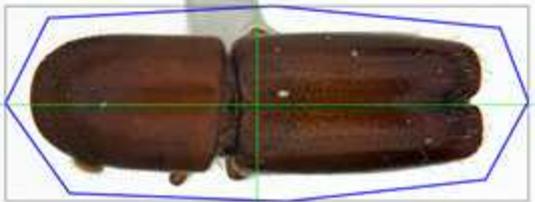
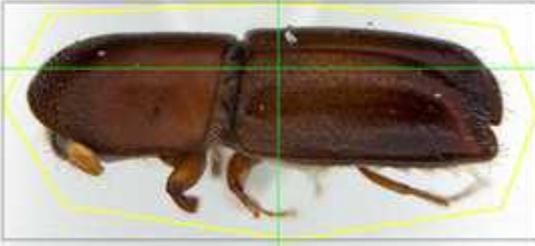
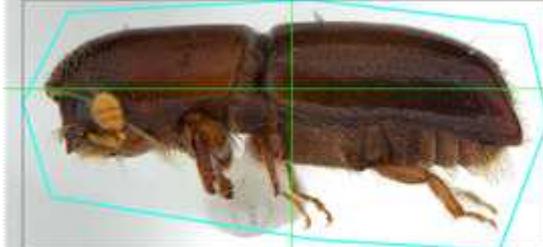


좌측 경사면

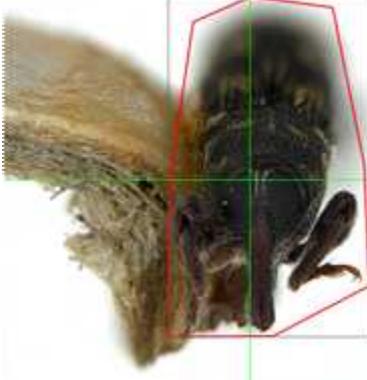
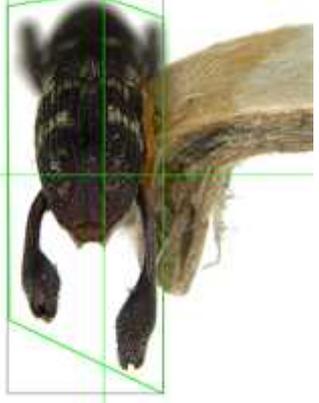
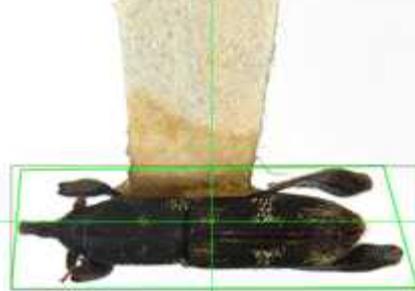


좌측면

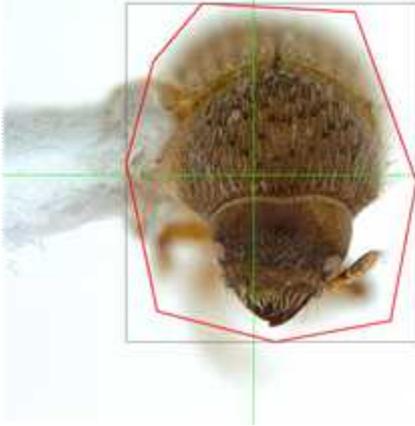
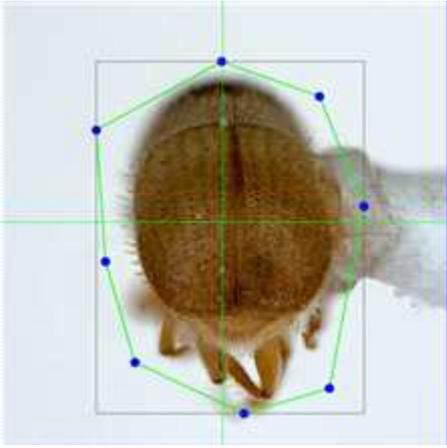
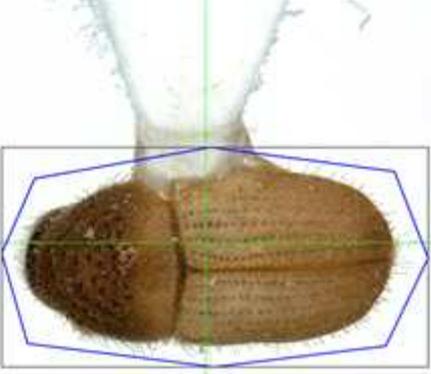
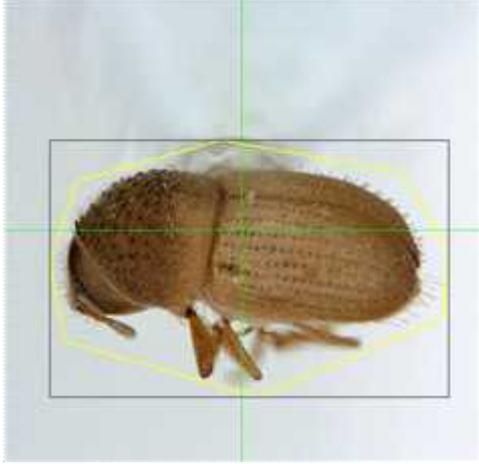
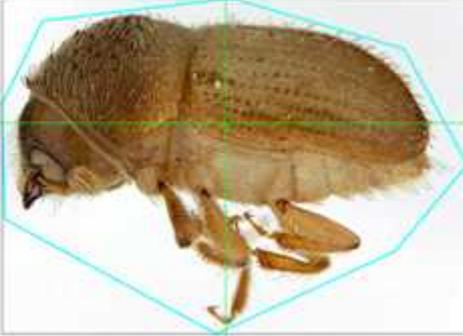
- *Monarthrum mali*

	
<p>머리 정면</p>	<p>배 끝면</p>
	
<p>전체</p>	<p>좌측 경사면</p>
	
<p>좌측면</p>	

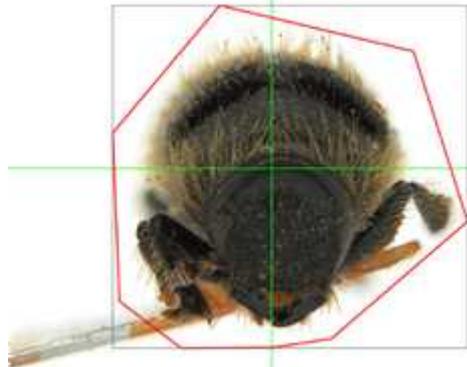
- *Phaenomerus foveipennis*

	
<p>머리 정면</p>	<p>배 끝면</p>
	
<p>전체</p>	<p>좌측 경사면</p>
	
<p>좌측면</p>	

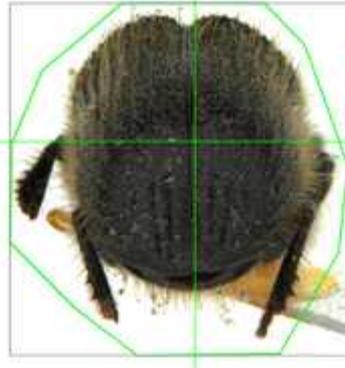
- *Cryphalus tenuis*

	
<p>머리 정면</p>	<p>배 끝면</p>
	
<p>전체</p>	<p>좌측 경사면</p>
	
<p>좌측면</p>	

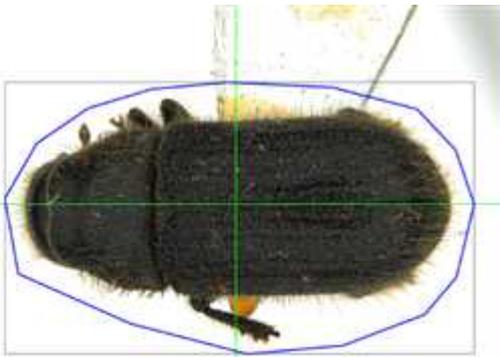
- *Dendroctonus pseudotsugae*



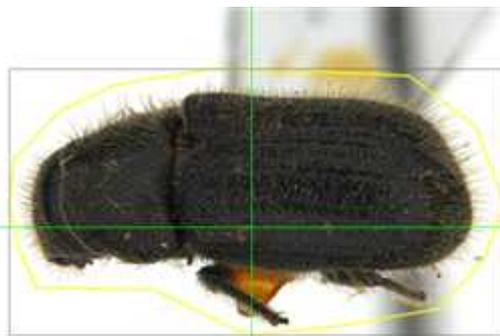
머리정면



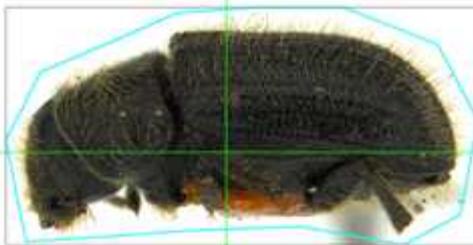
배 끝면



전체

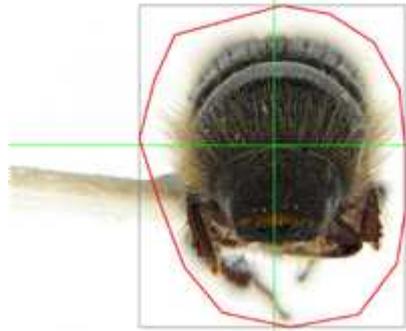


좌측 경사면

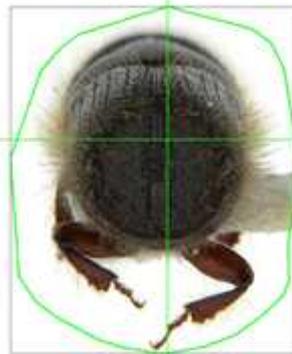


좌측면

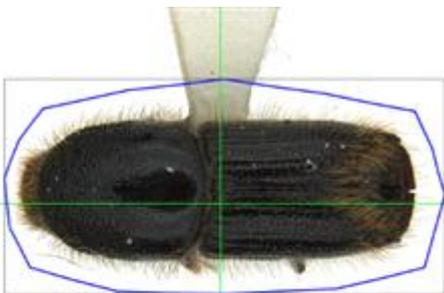
- *Ips cembrae*



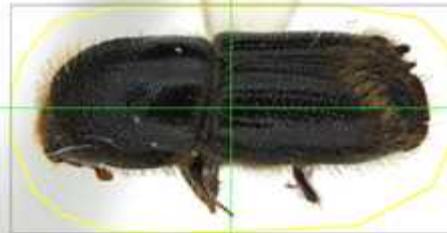
머리정면



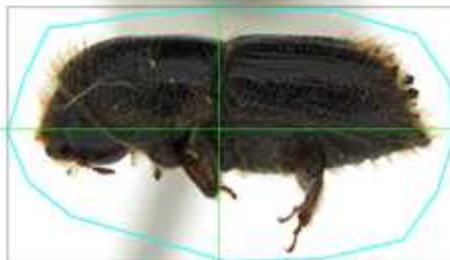
배 끝면



전체

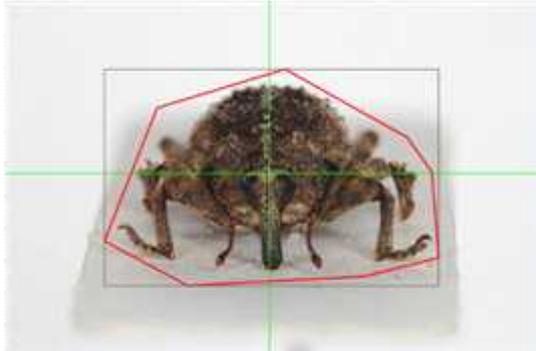


좌측 경사면

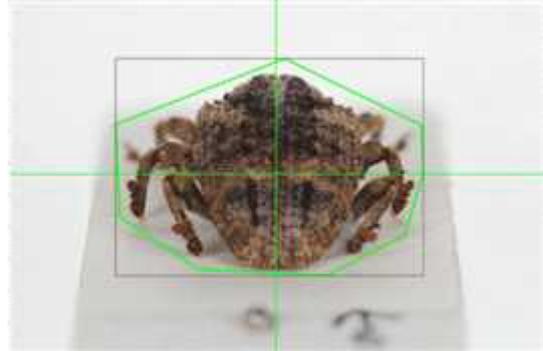


좌측면

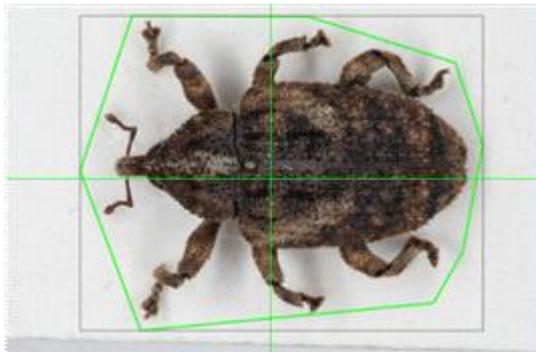
- *Sternochetus mangiferae*



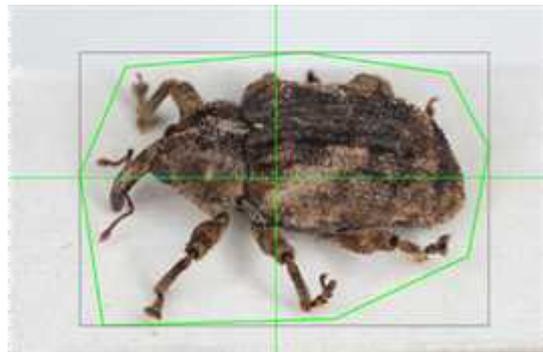
머리정면



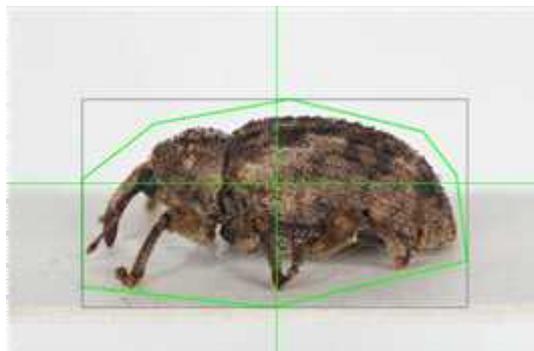
배 끝면



전체

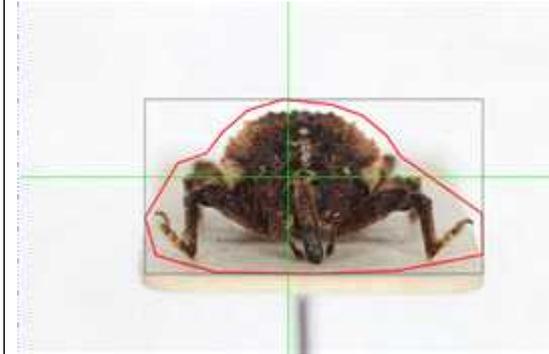


좌측 경사면

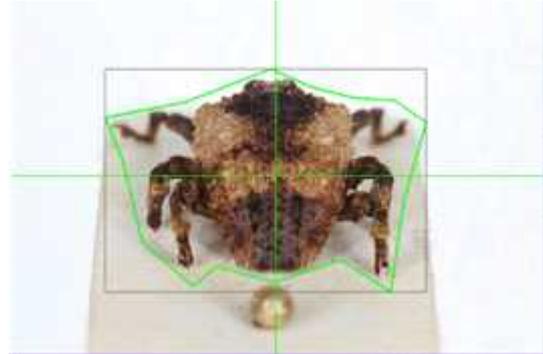


좌측면

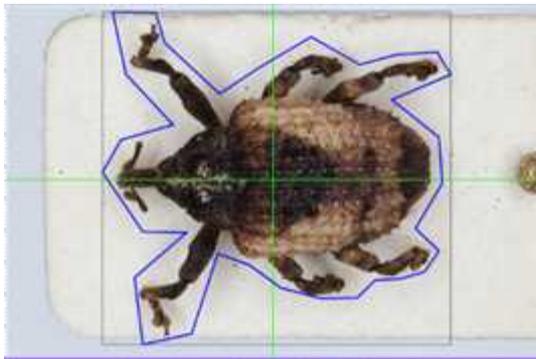
- *Sternochetus olivieri*



머리정면



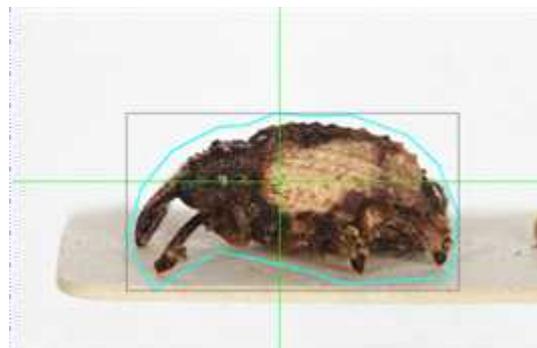
배 끝면



전체

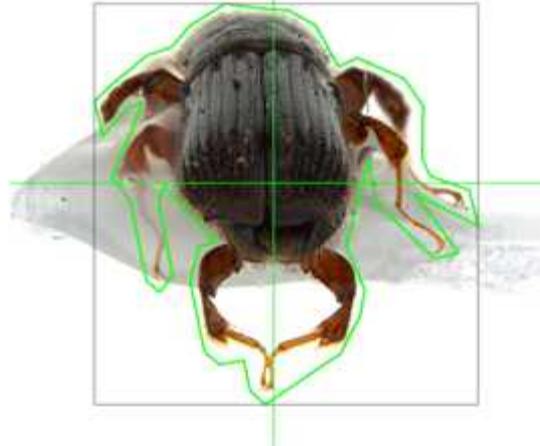


좌측 경사면

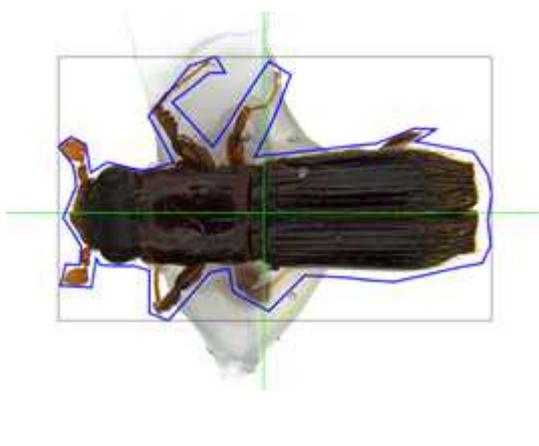


좌측면

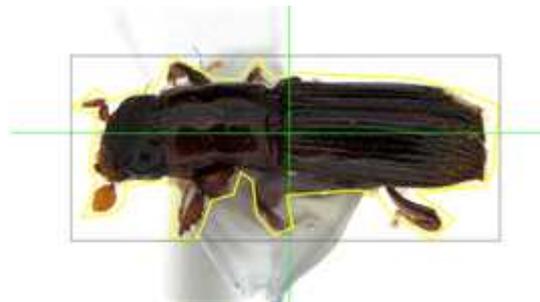
- *Platypus lewisi* Blandford



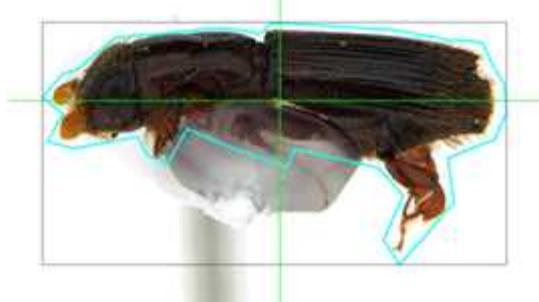
머리정면



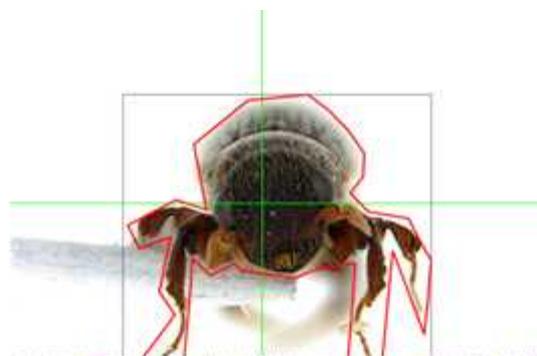
배 끝면



전체

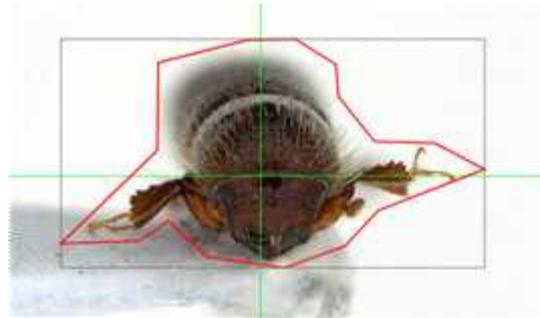


좌측 경사면

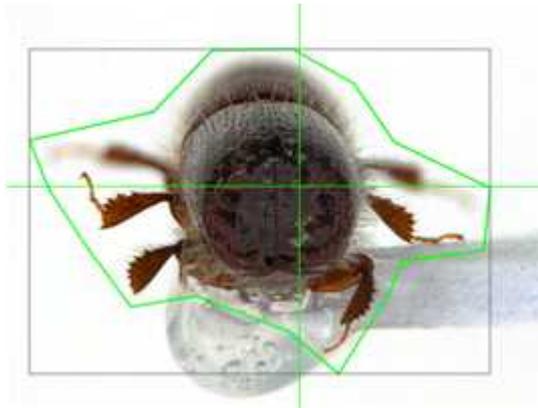


좌측면

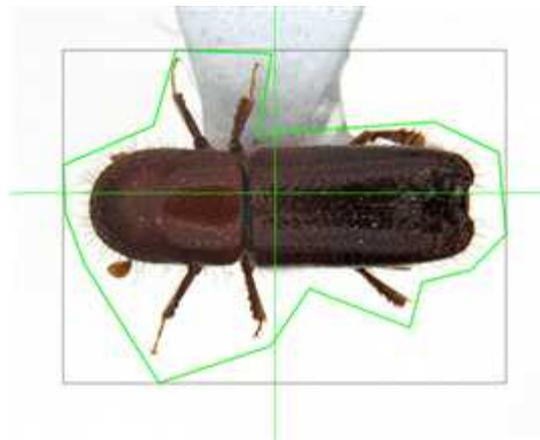
- *Xyleborus defensus* Blandford



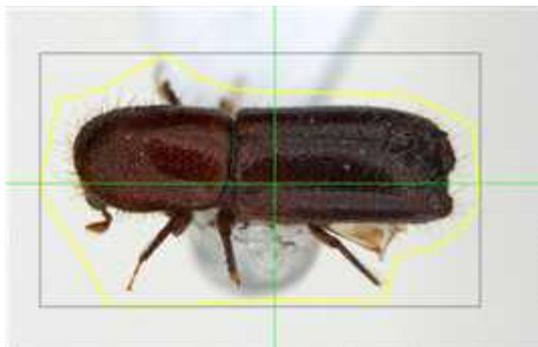
머리정면



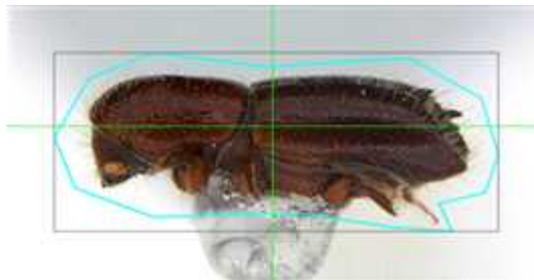
배 끝면



전체

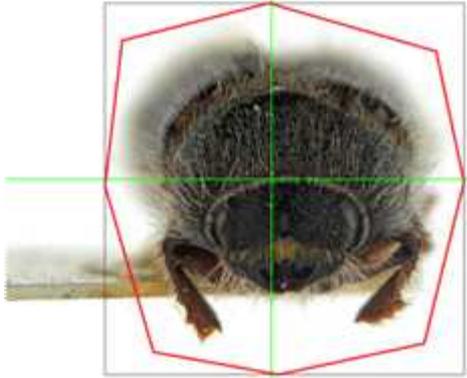


좌측 경사면

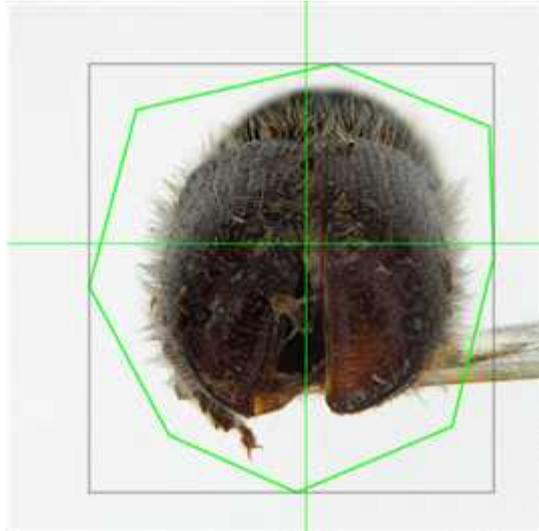


좌측면

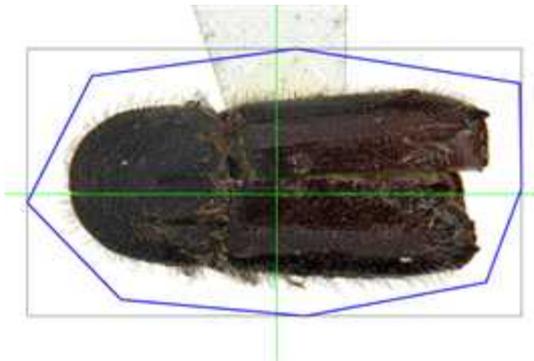
- *Ips concinnus*



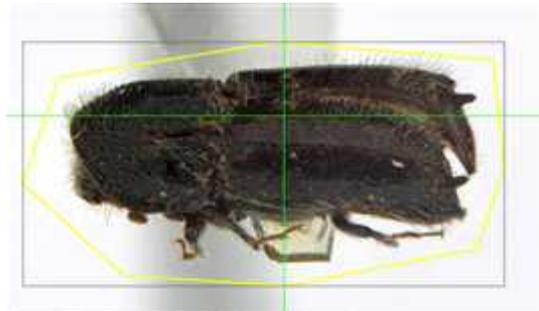
머리정면



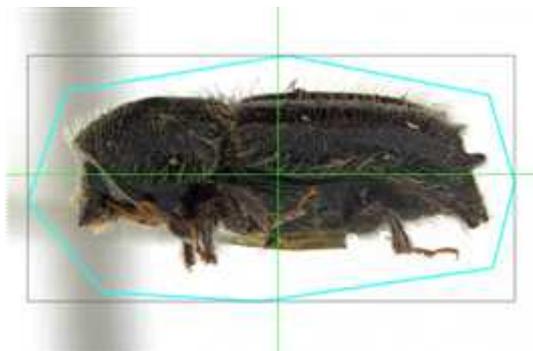
배 끝면



전체

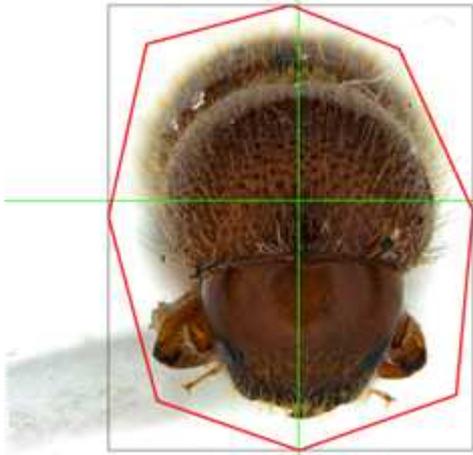


좌측 경사면

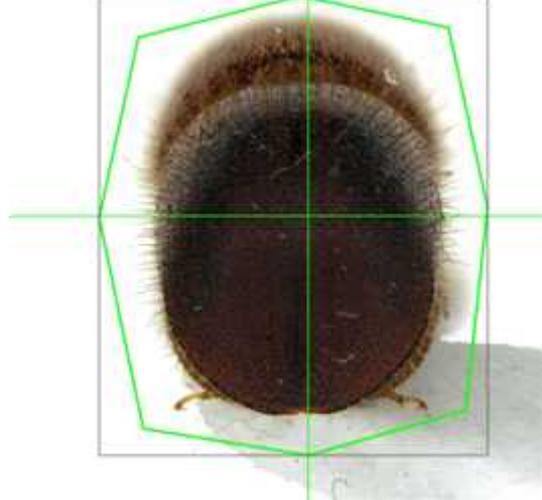


좌측면

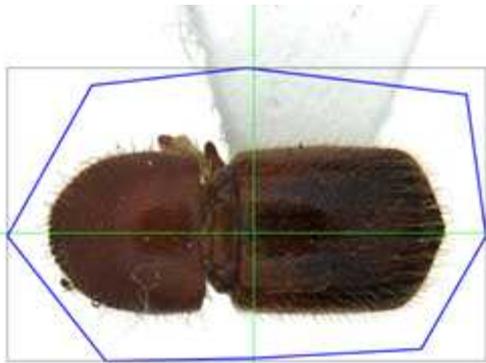
- *Xlyosandrus crassiusculus*



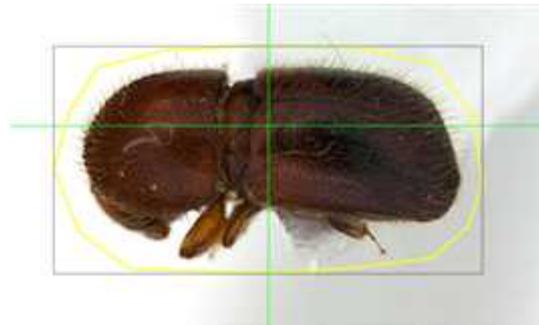
머리정면



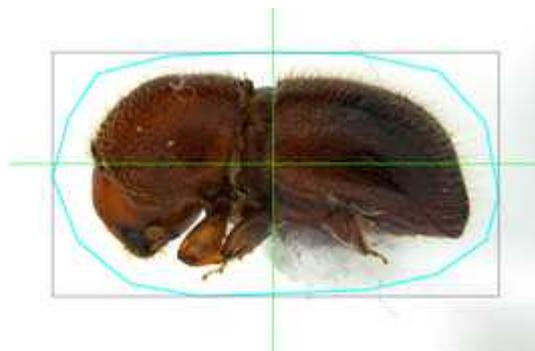
배 끝면



전체

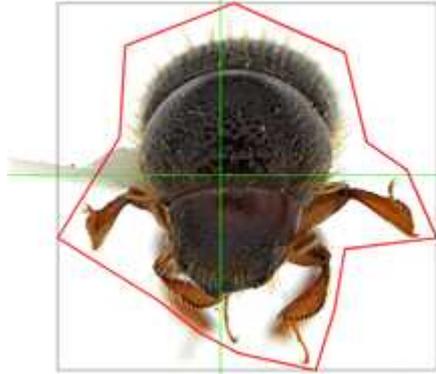


좌측 경사면

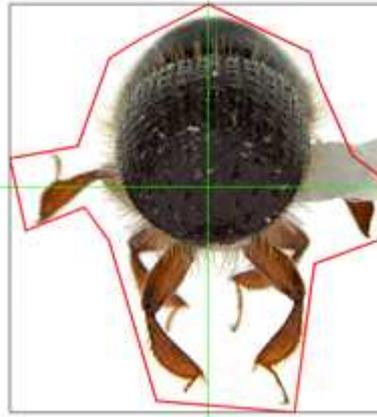


좌측면

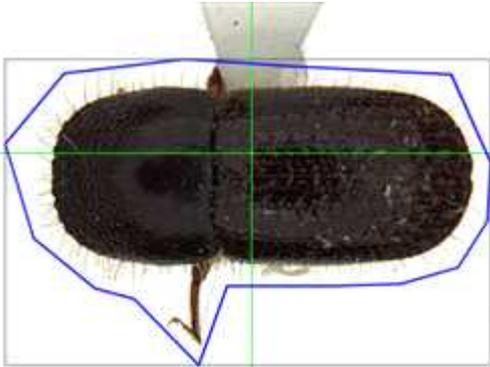
- *Euwallacea interjectus*



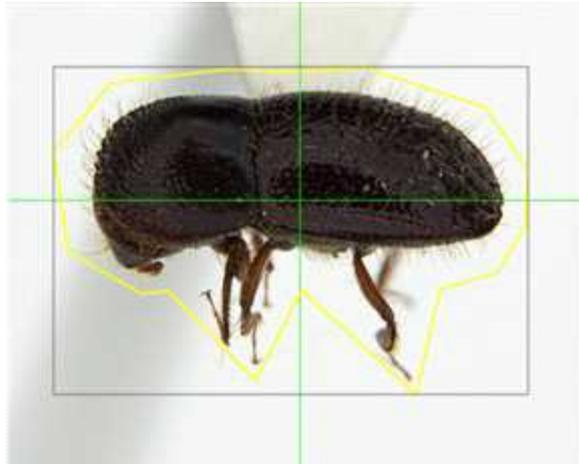
머리정면



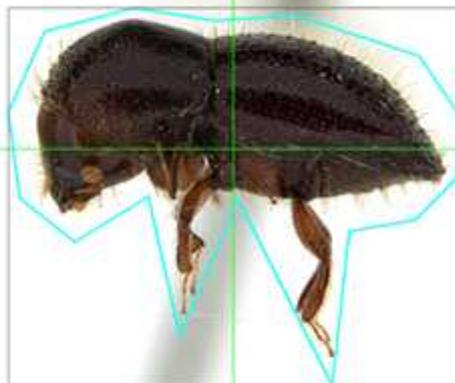
배 끝면



전체

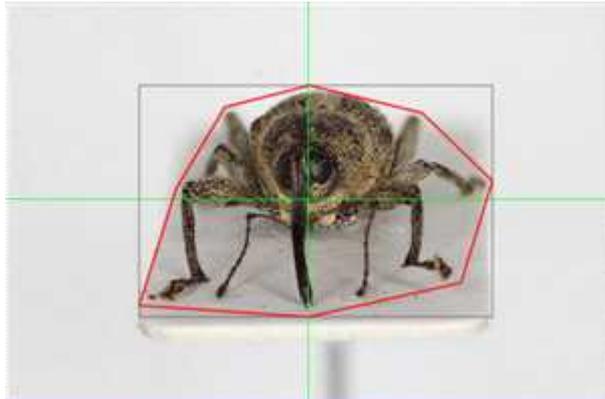


좌측 경사면

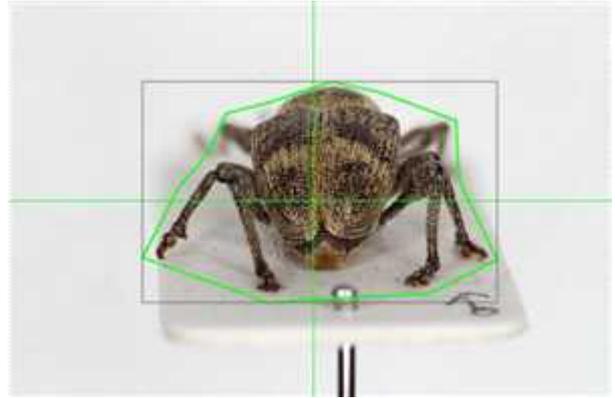


좌측면

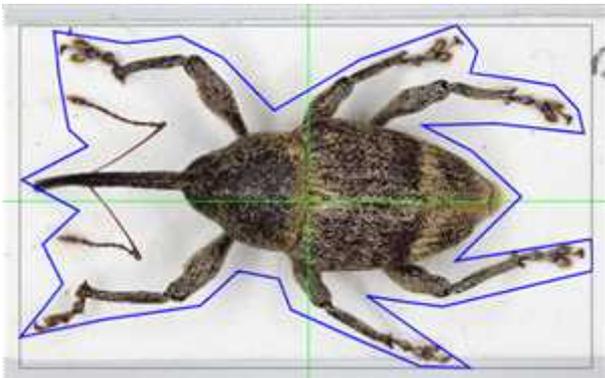
- *Curculio robustus*



머리정면



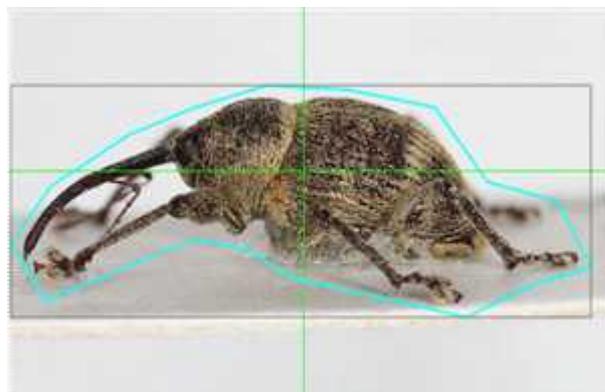
배 끝면



전체

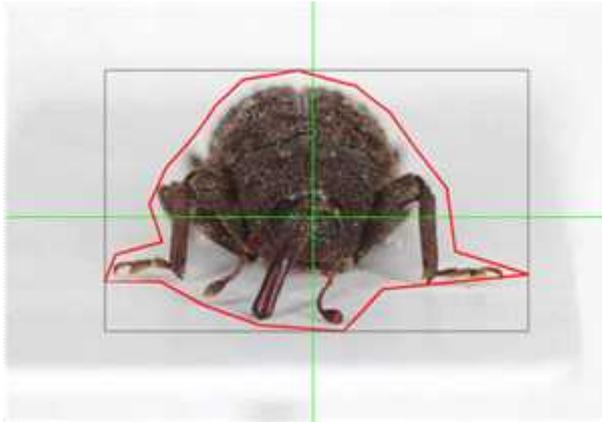


좌측 경사면

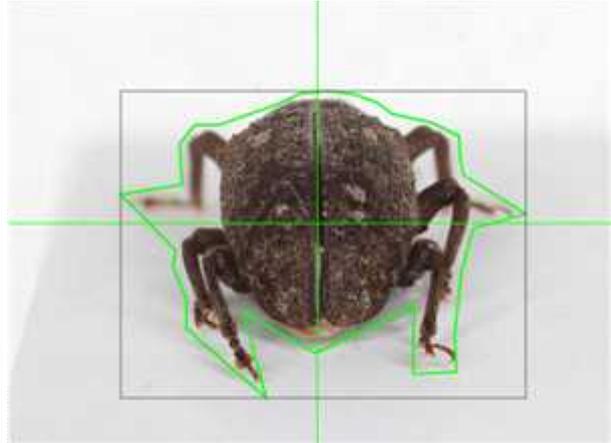


좌측면

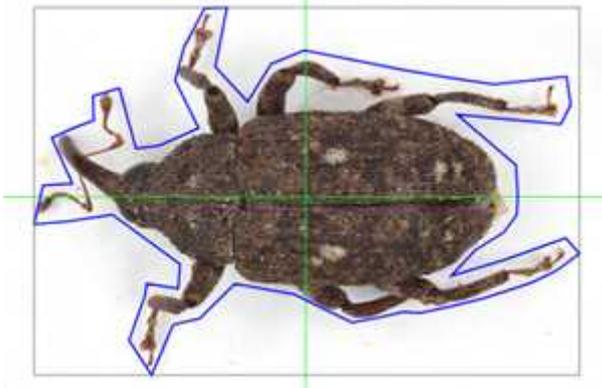
- *Shirahoshizo rufescens*



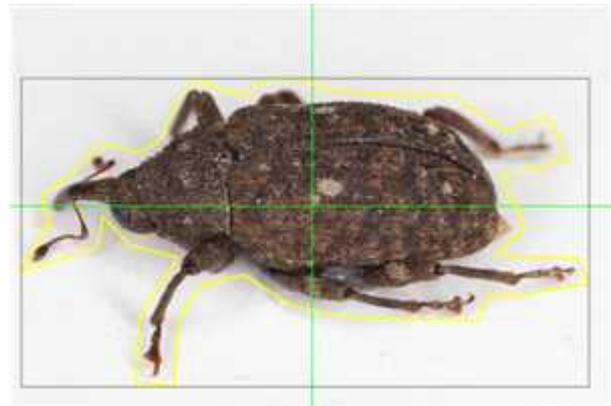
머리정면



배 끝면



전체



좌측 경사면

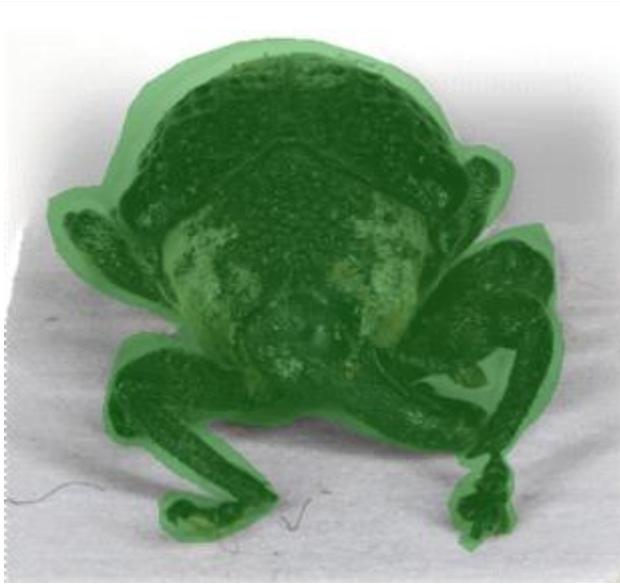


좌측면

- *Pimelocerus exsculptus*

	
<p>머리정면</p>	<p>배 끝면</p>
	
<p>전체</p>	<p>좌측 경사면</p>
	
<p>좌측면</p>	

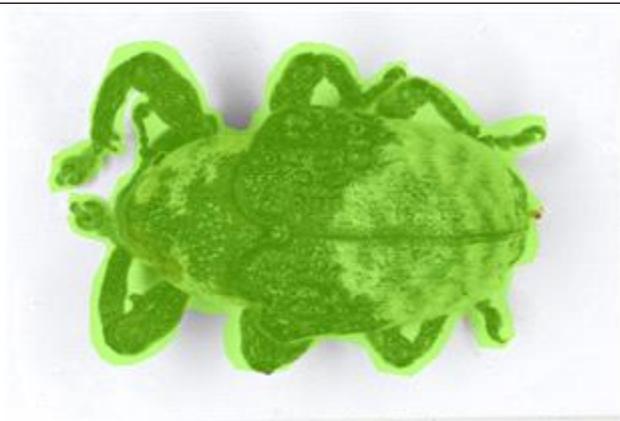
- *Sternuchopsis trifidus*



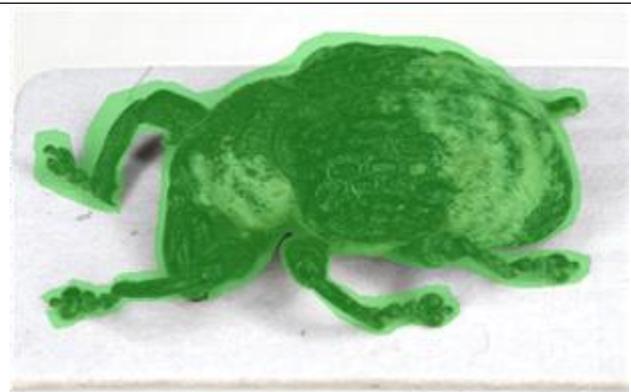
머리정면



배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

- *Enaptorhinus granulatus* Pascoe

	
<p>머리정면</p>	<p>배 끝면</p>
	
<p>전체</p>	<p>좌측 경사면</p>
	
<p>좌측면</p>	

- *Hypera postica*



머리정면



배 끝면



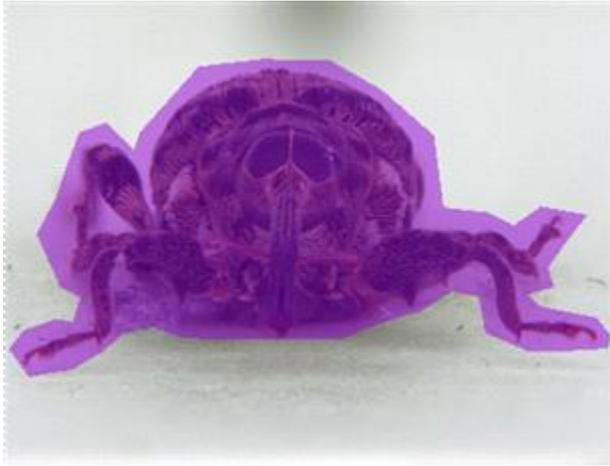
전체



좌측 경사면



좌측면



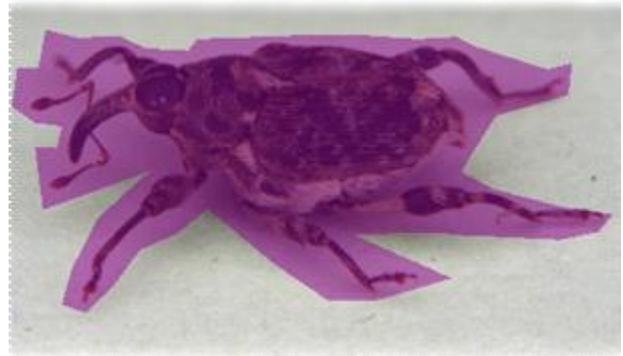
머리정면



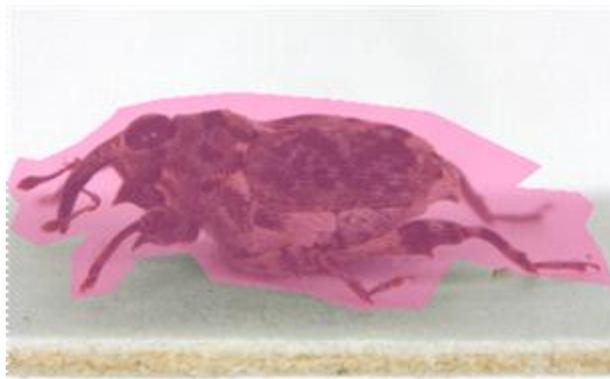
배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

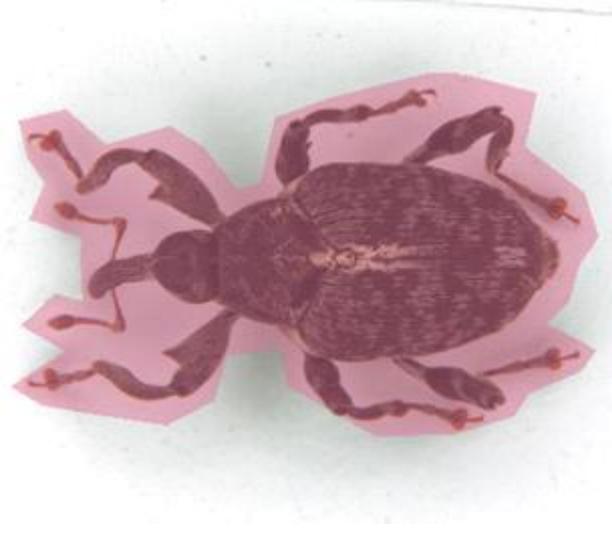
- *Metialma signifera*



머리 정면



배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

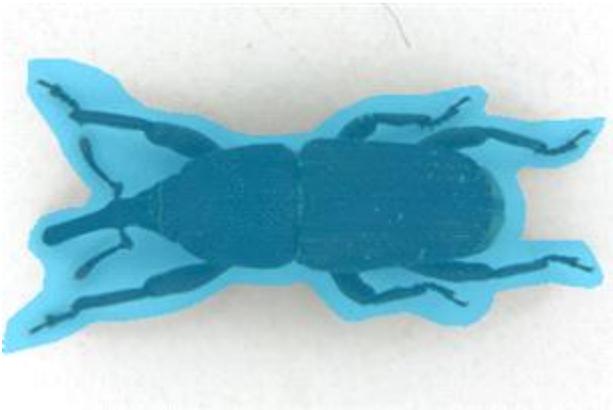
- *Sitophilus zeamais*



머리 정면



배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

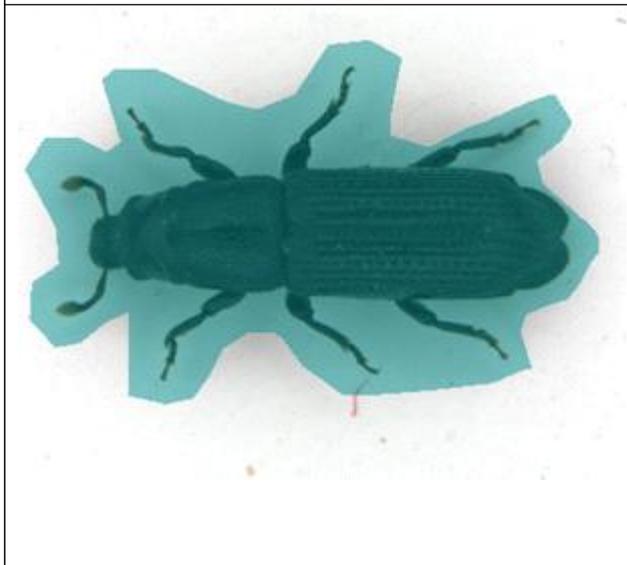
- *Xenomimetes destructor*



머리 정면



배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

- *Moreobaris deplanata*



머리 정면



배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

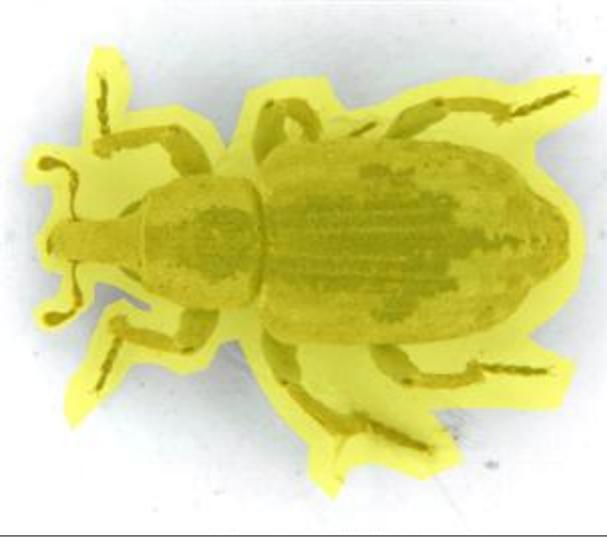
- *Lissorhoptrus oryzophilus*



머리정면



배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

- Scleropteroides hypocrita

	
<p>머리정면</p>	<p>배 끝면</p>
	
<p>전체</p>	<p>좌측 경사면</p>
	
<p>좌측면</p>	

- *Cardipennis sulcithorax*



머리정면



배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

- *Listroderes costirostris*

	
<p>머리정면</p>	<p>배 끝면</p>
	
<p>전체</p>	<p>좌측 경사면</p>
	
<p>좌측면</p>	

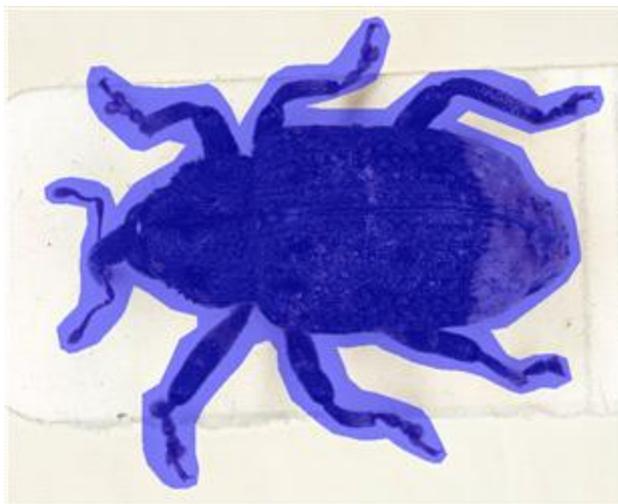
- *Cryptorhynchus lapathi*



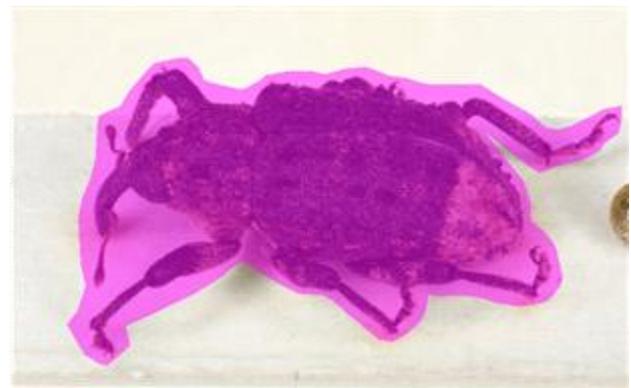
머리정면



배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

- *Anthinobaris dispilota dispilota*



머리정면



배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

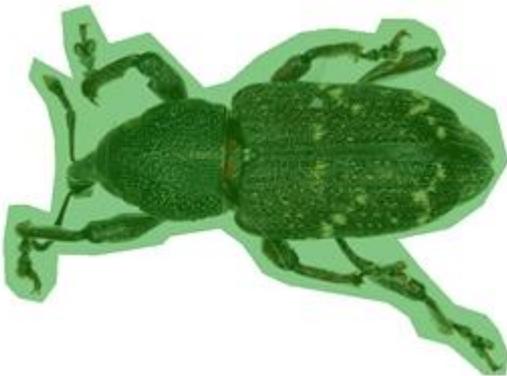
- *Hylobius haroldi*



머리정면



배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

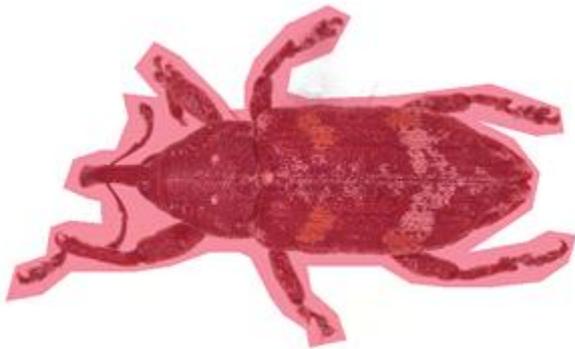
- *Pissodes nitidus*



머리정면



배 끝면



전체



좌측 경사면



좌측면

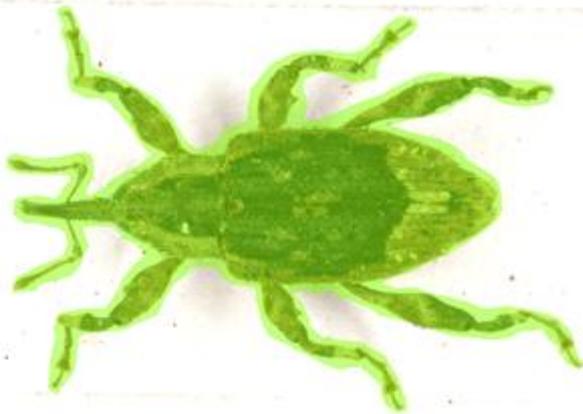
- *Acicnemis palliata*



머리 정면



배 끝면



전체

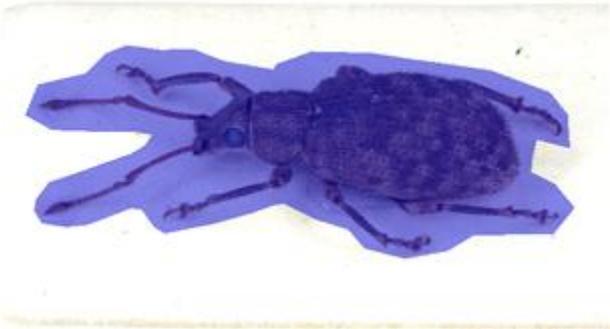


좌측 경사면



좌측면

- *Nothomylocerus illitus*

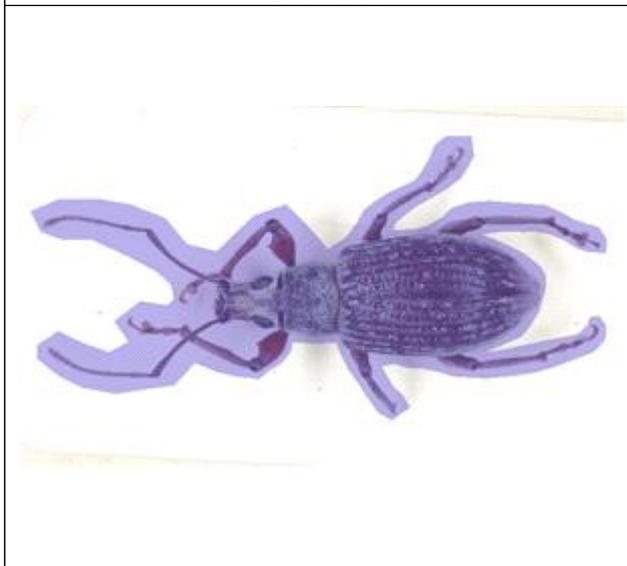
	
<p>머리 정면</p>	<p>배 끝면</p>
	
<p>전체</p>	<p>좌측 경사면</p>
	
<p>좌측면</p>	

- *Phyllolytus variabilis*

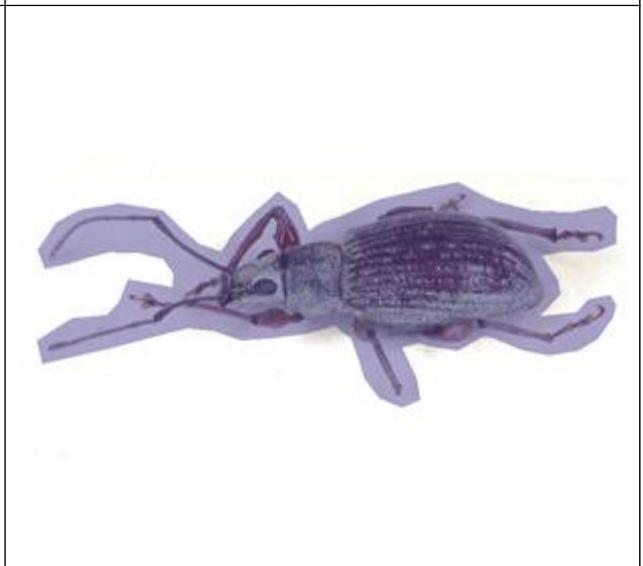


머리 정면

배 끝면



전체



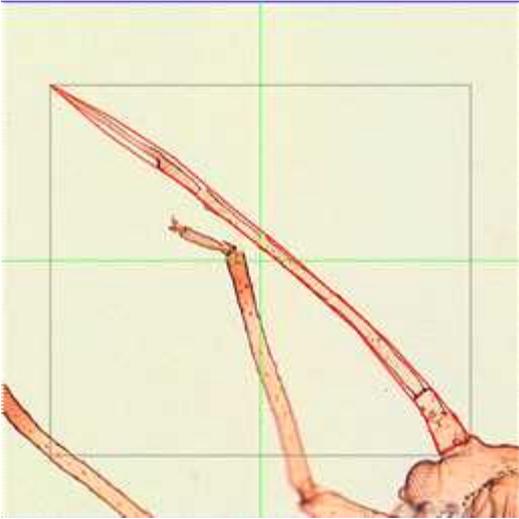
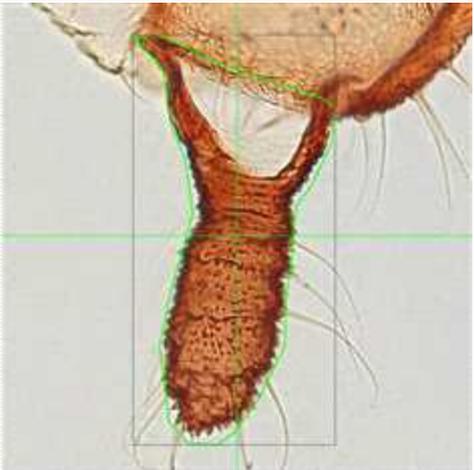
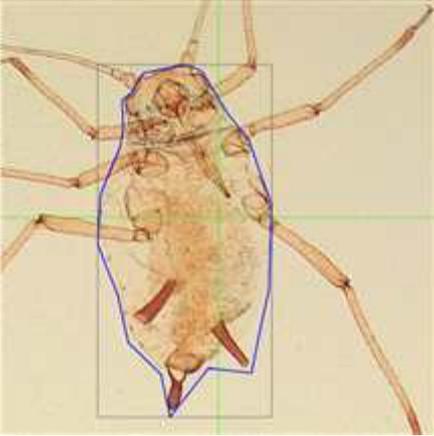
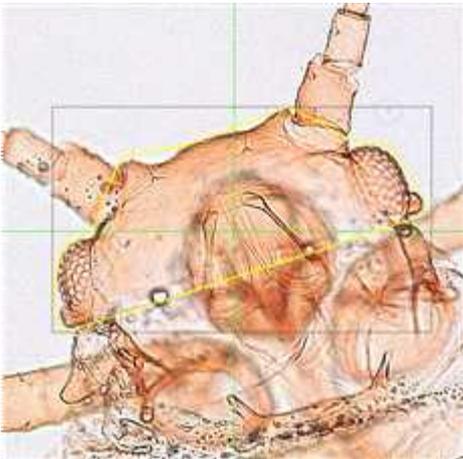
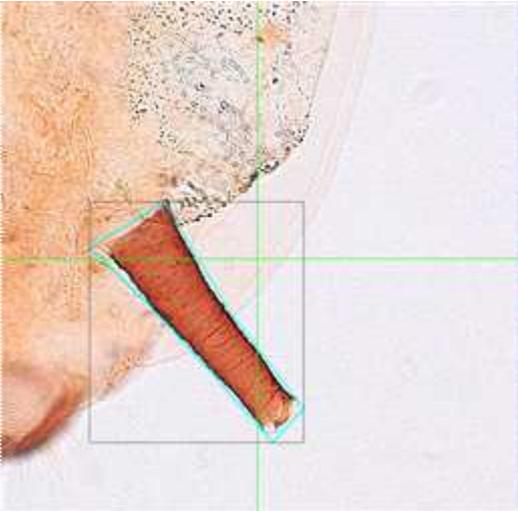
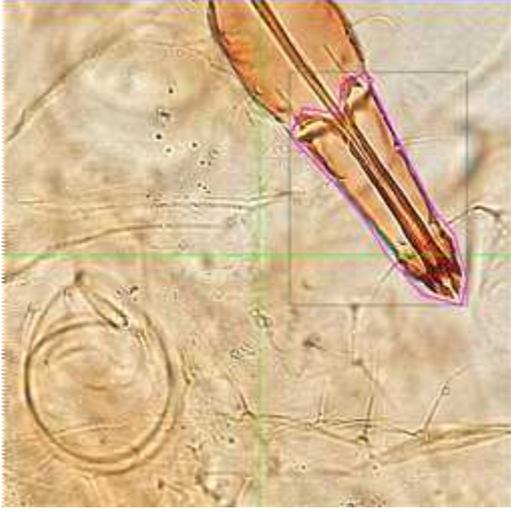
좌측 경사면



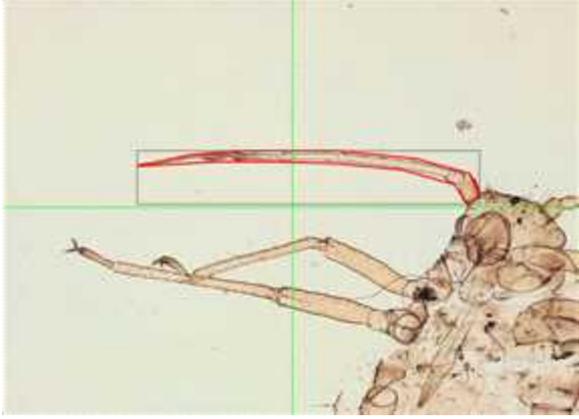
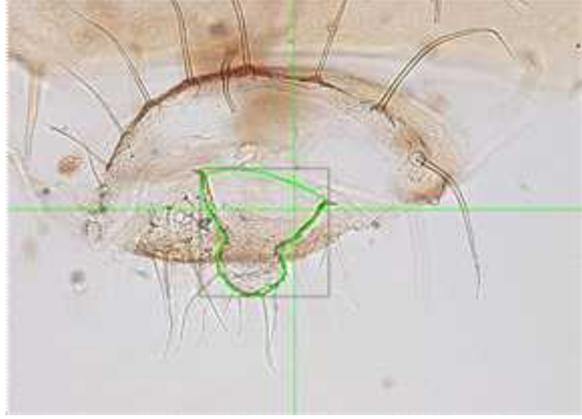
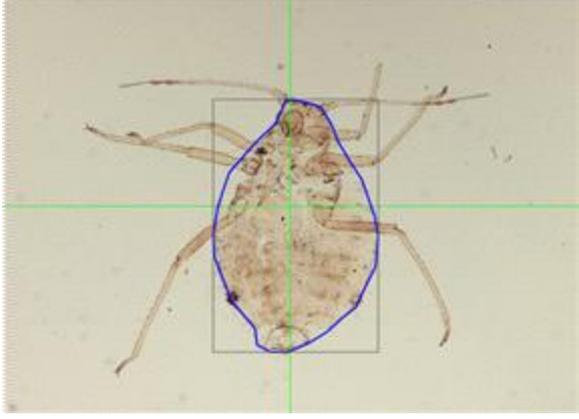
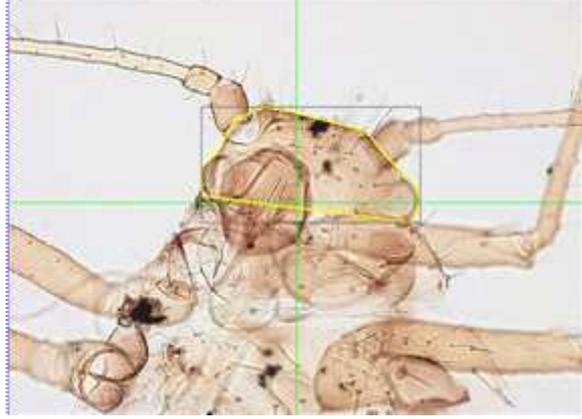
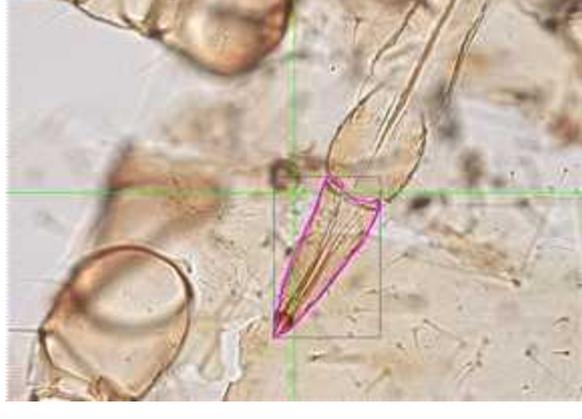
좌측면

나) 노린재목(진딧물류) 48종에 대한 이미지 확보

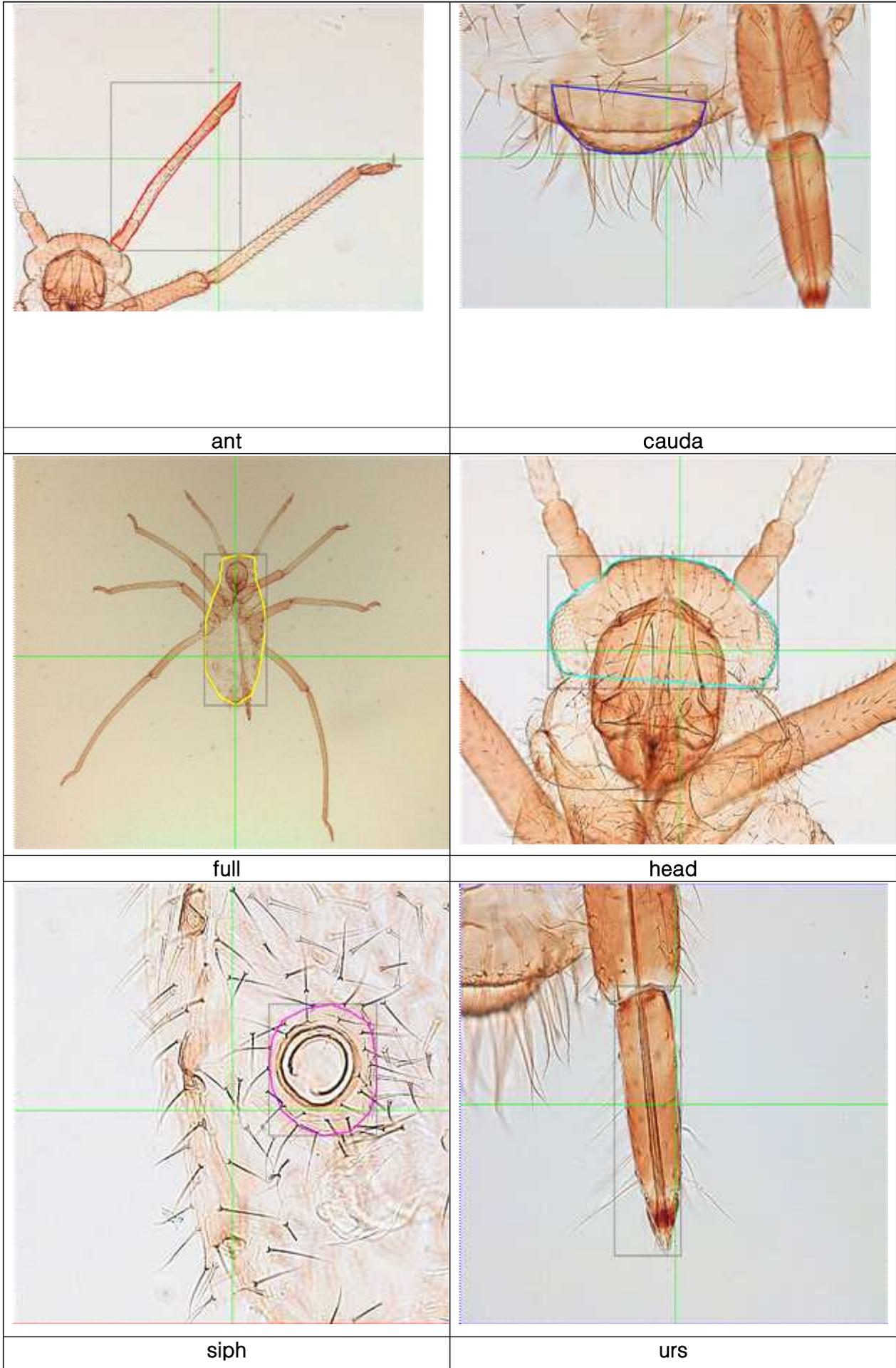
- *Aphis spiraecola*

	
<p>ant</p>	<p>cauda</p>
	
<p>full</p>	<p>head</p>
	
<p>siph</p>	<p>urs</p>

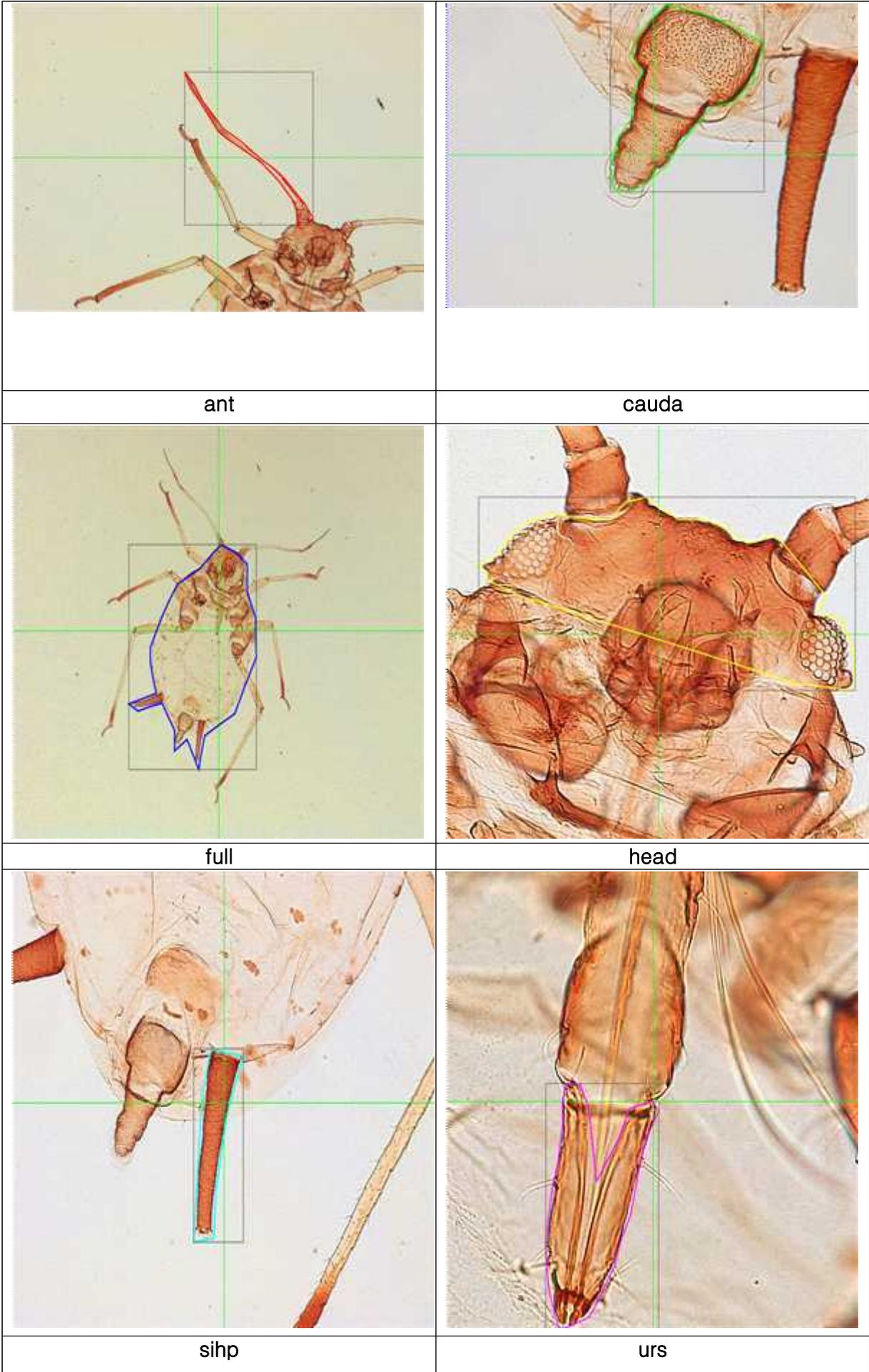
- *Chaitophorus populeti*

	
<p>ant</p>	<p>cauda</p>
	
<p>full</p>	<p>head</p>
	
<p>siph</p>	<p>urs</p>

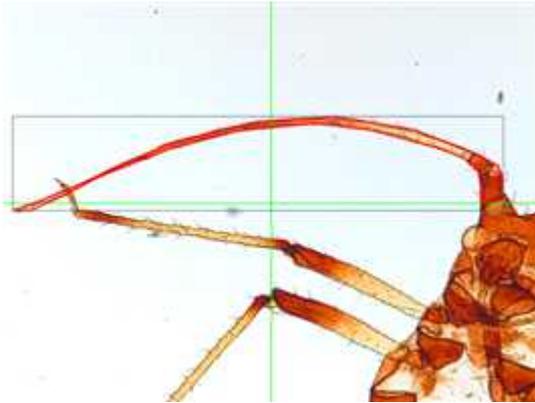
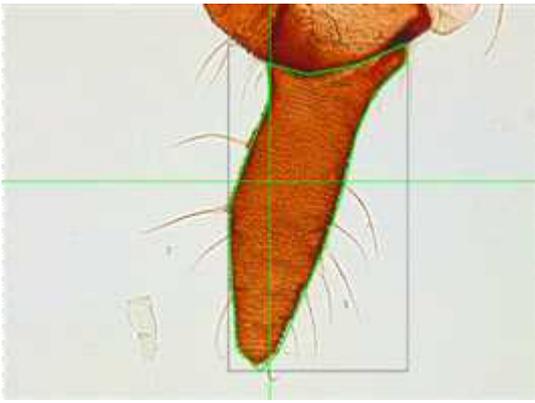
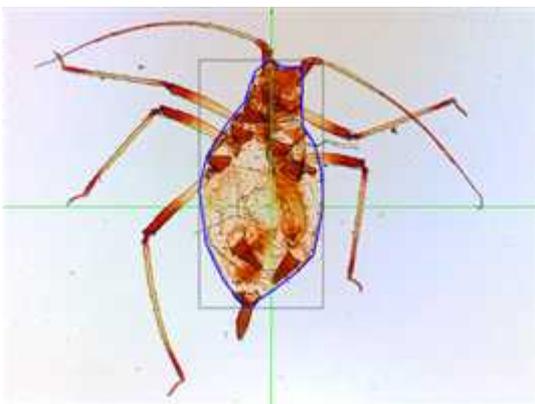
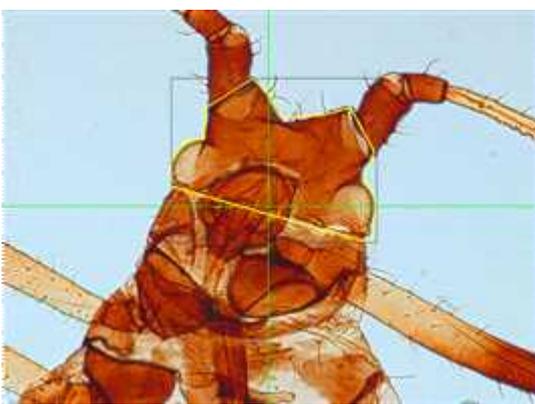
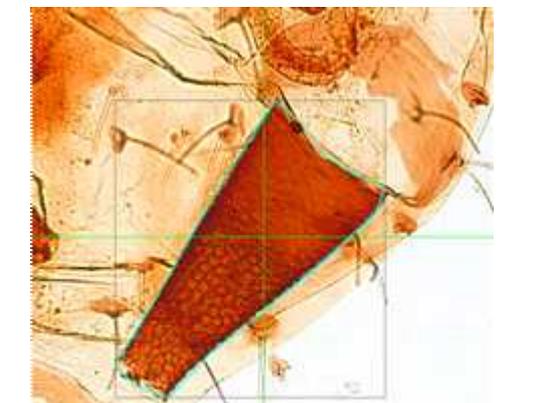
- *Lachnus tropicalis*



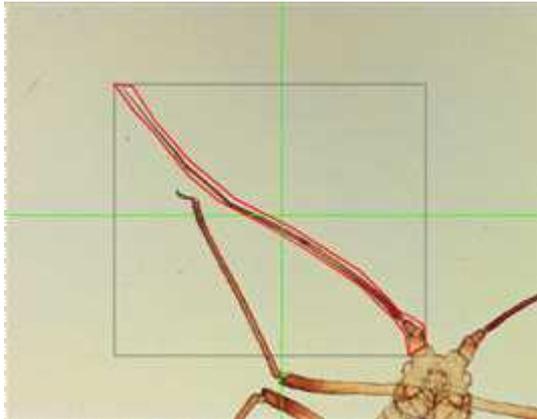
- *Aphis gossypii*



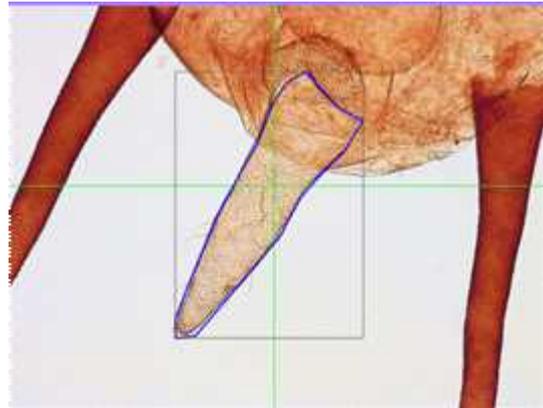
- *Macrosiphoniella sanboni*

	
<p>Antenna</p>	<p>Cauda</p>
	
<p>Body</p>	<p>Head</p>
	
<p>Siphunculi</p>	<p>URS</p>

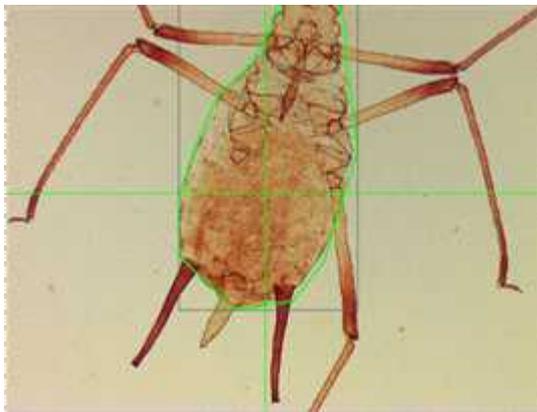
- *Macrosiphum rosae ibarae*



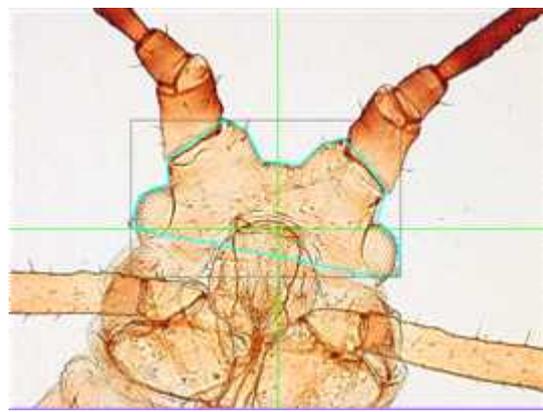
Antenna



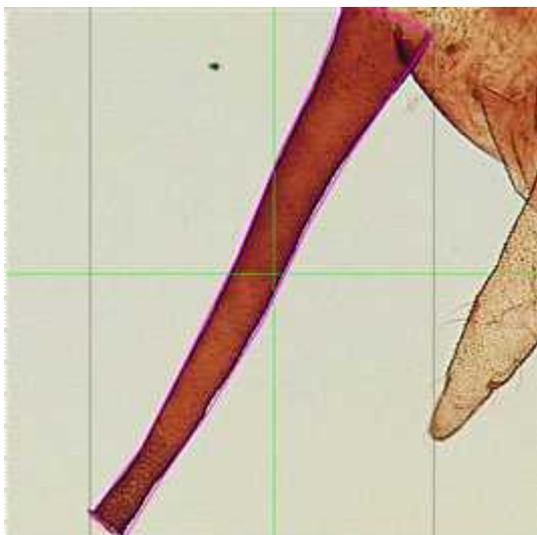
Cauda



Body



Head

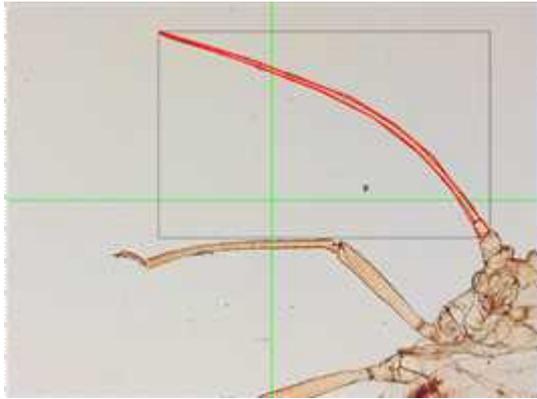


Siphunculi

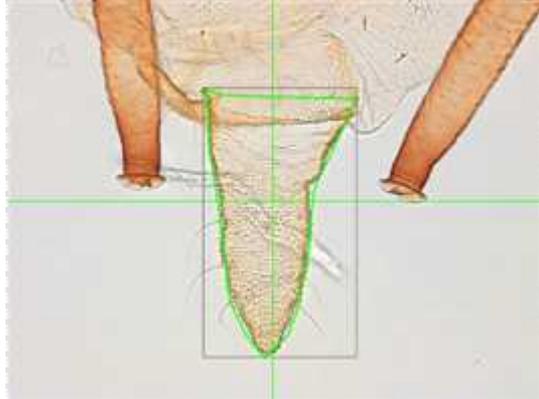


URS

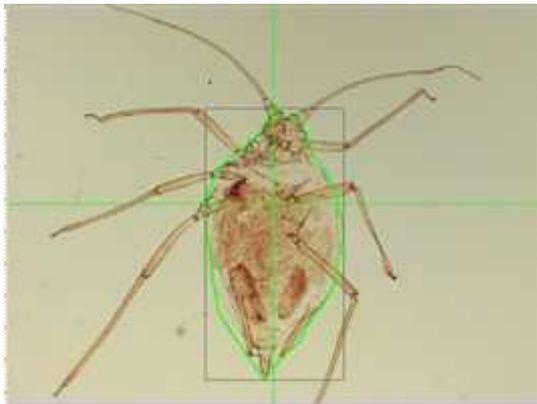
- *Myzus persicae*



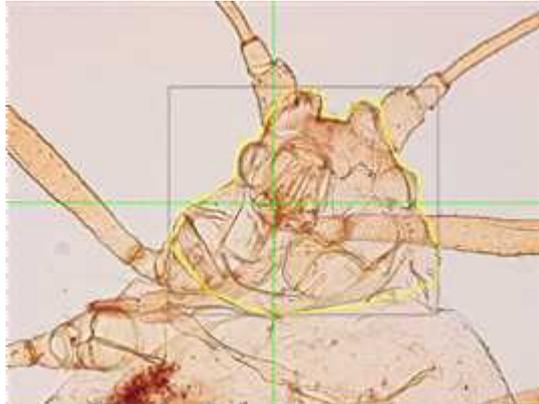
Antenna



Cauda



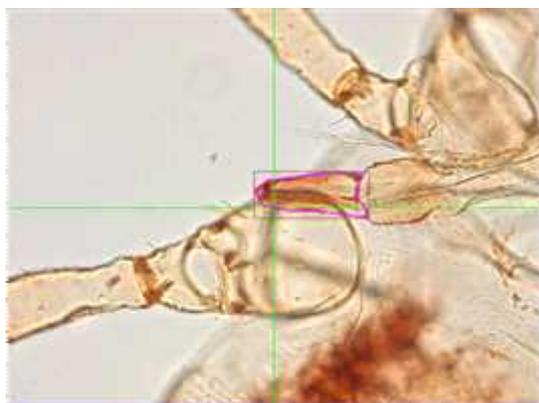
Body



Head

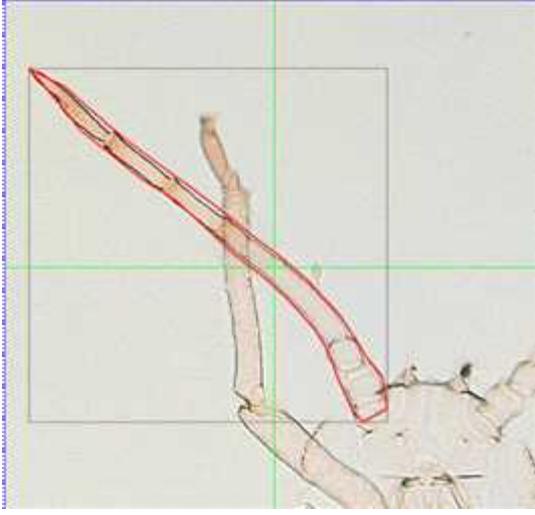
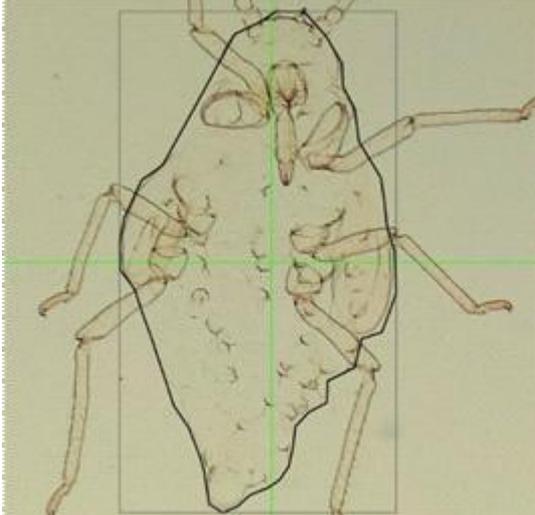
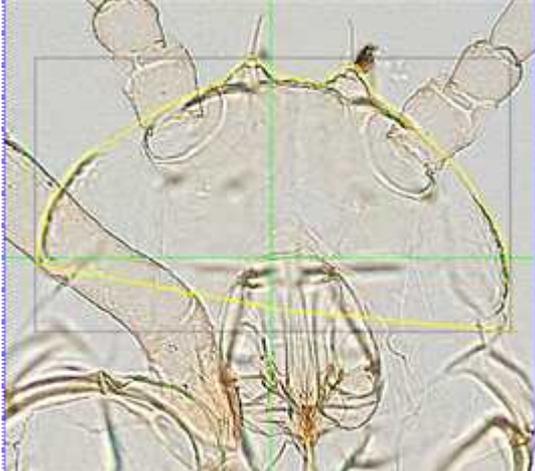
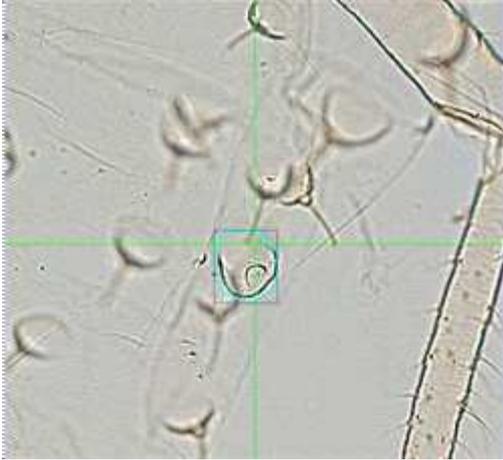
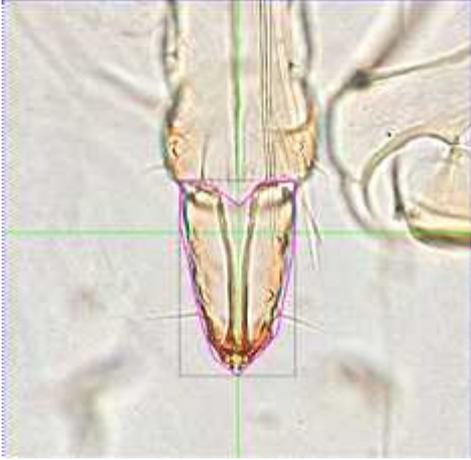


Siphunculi

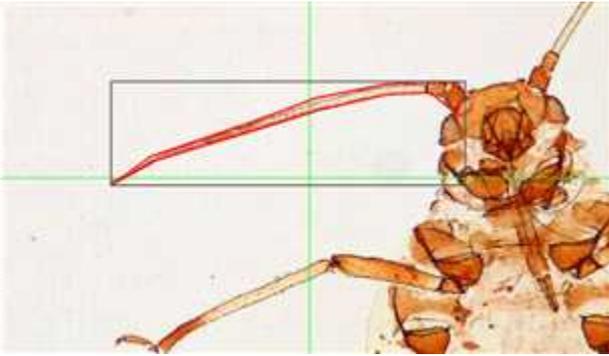
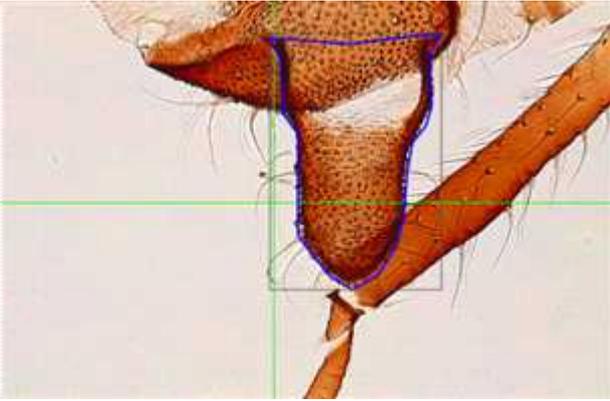
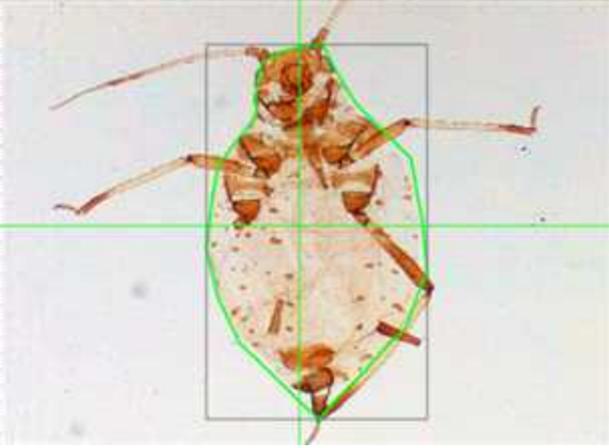
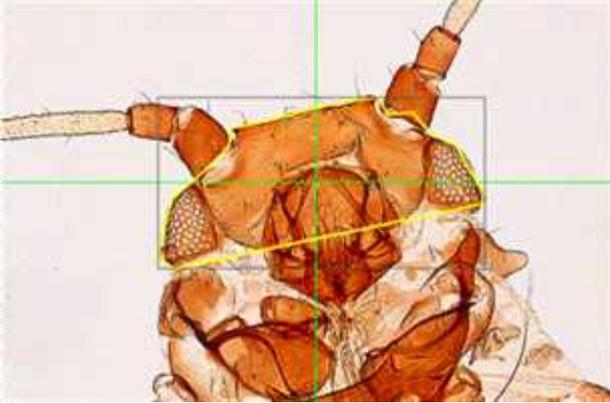
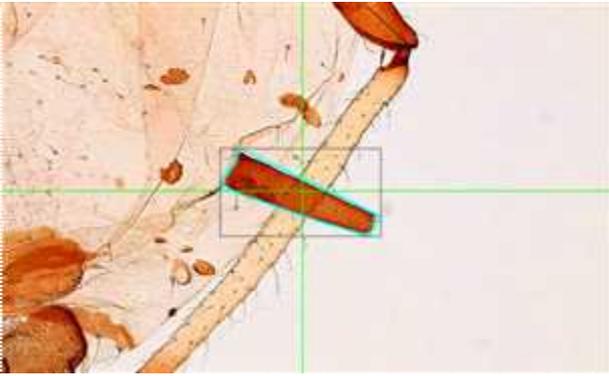
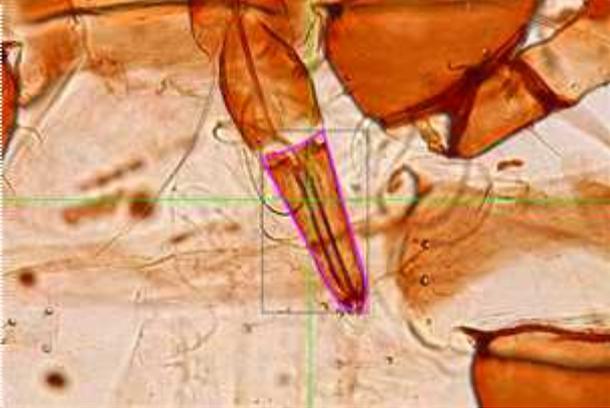


URS

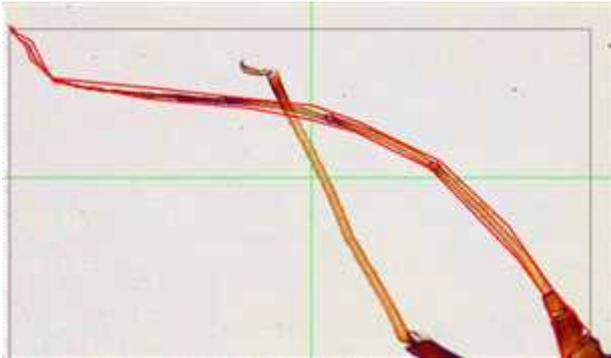
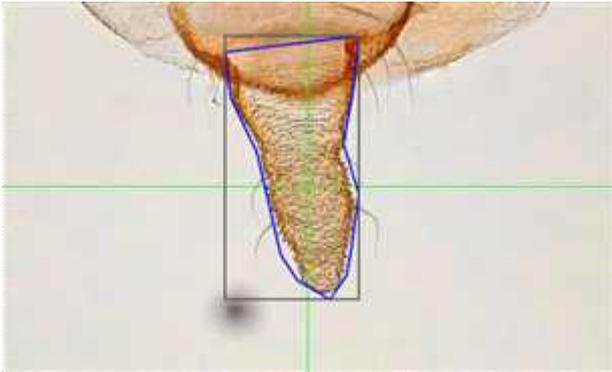
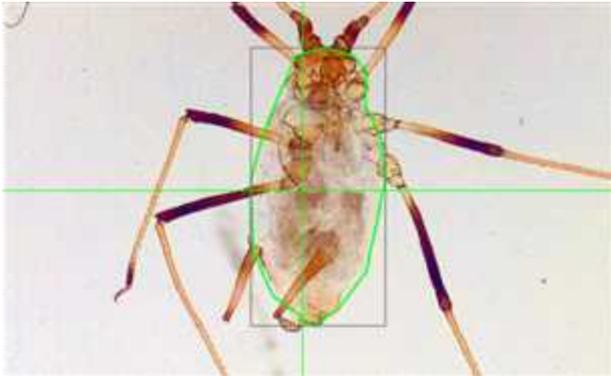
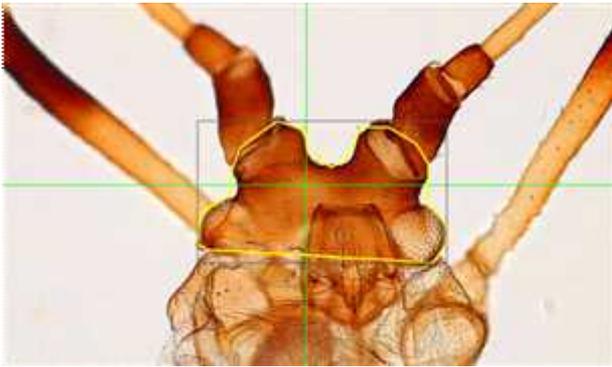
- *Tinocallis zelkowae*

	
<p>Antenna</p>	<p>Cauda</p>
	
<p>Body</p>	<p>Head</p>
	
<p>Siphunculi</p>	<p>URS</p>

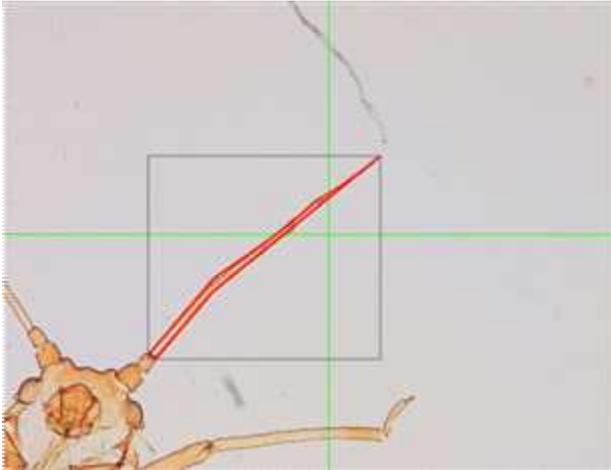
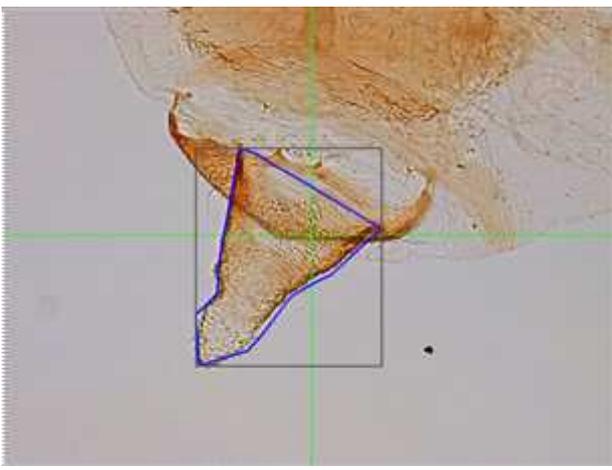
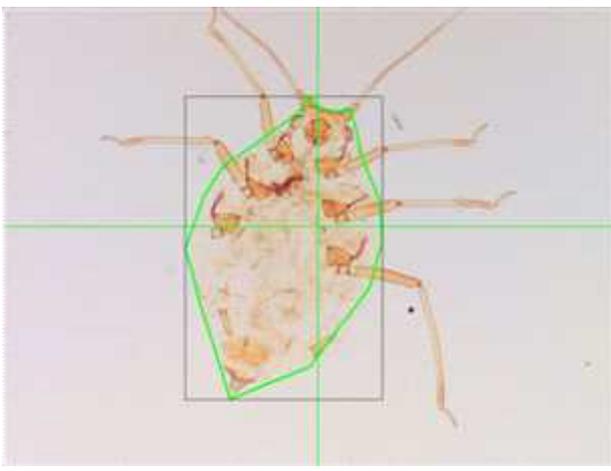
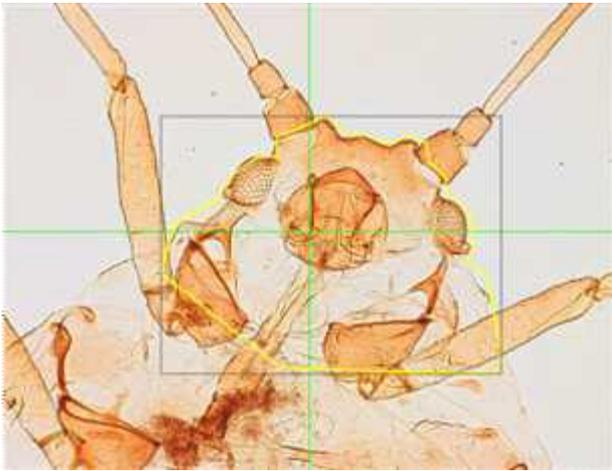
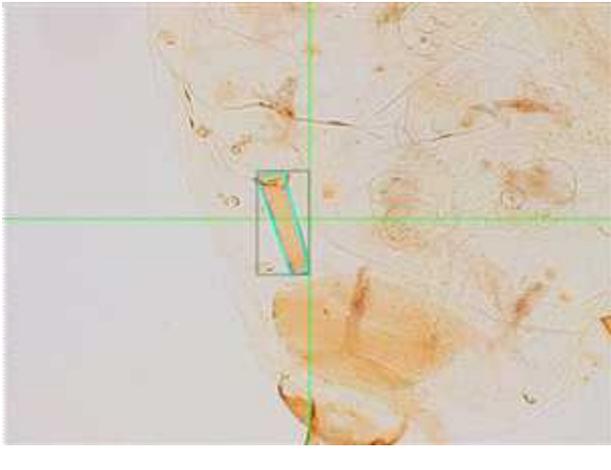
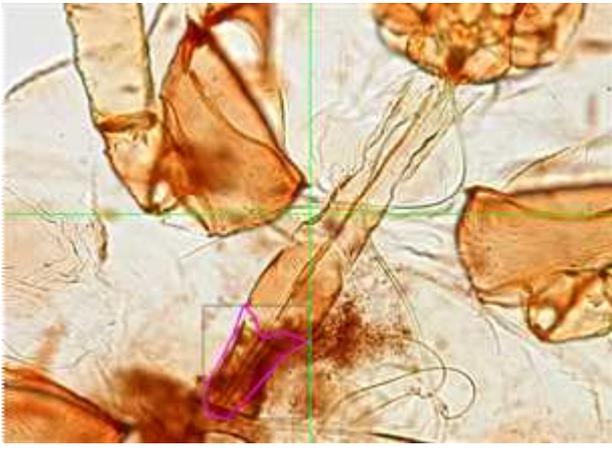
- *Aphis rumicis*

	
<p>Antenna</p>	<p>Cauda</p>
	
<p>Body</p>	<p>Head</p>
	
<p>Siphunculi</p>	<p>URS</p>

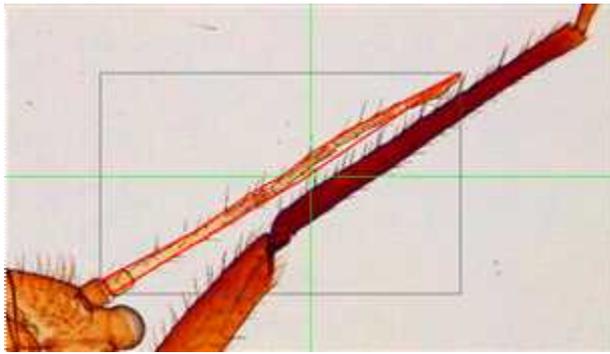
- *Aulacorthum nipponicum*

	
<p>Antenna</p>	<p>Cauda</p>
	
<p>Body</p>	<p>Head</p>
	
<p>Siphunculi</p>	<p>URS</p>

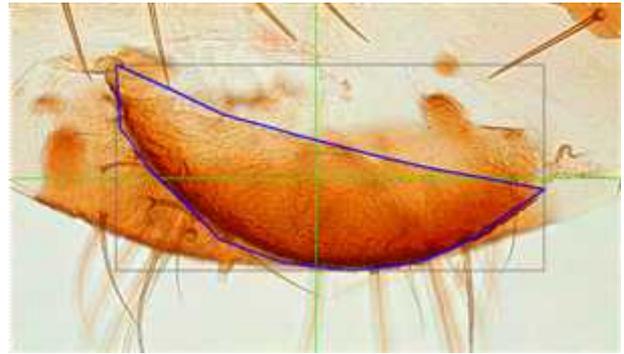
- *Brevicoryne brassicae*

	
<p>Antenna</p>	<p>Cauda</p>
	
<p>Body</p>	<p>Head</p>
	
<p>Siphunculi</p>	<p>URS</p>

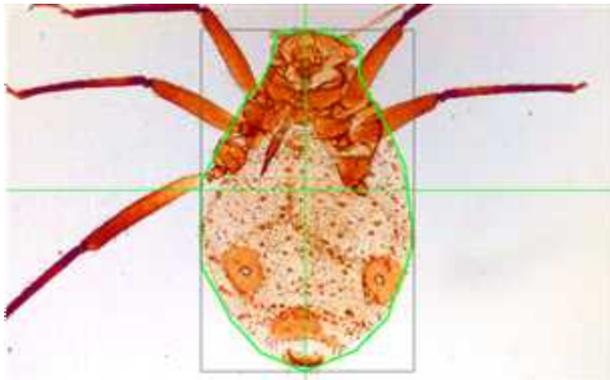
- *Cinara piniformosana*



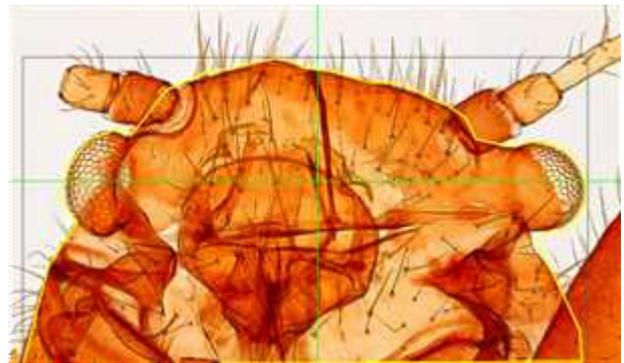
Antenna



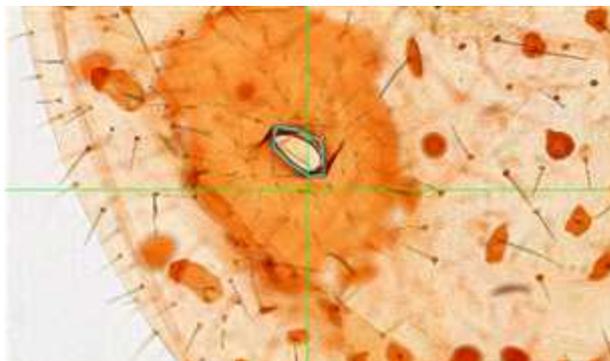
Cauda



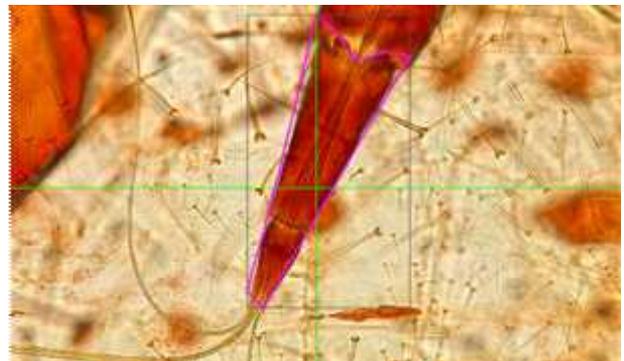
Body



Head

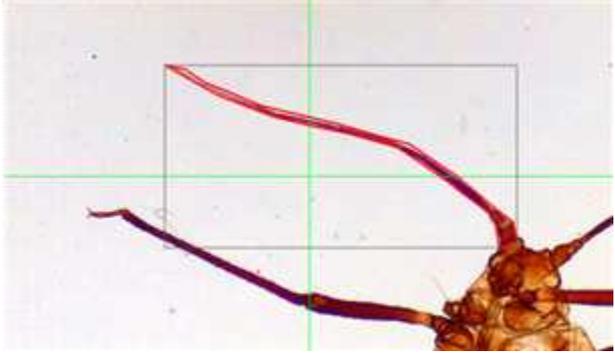
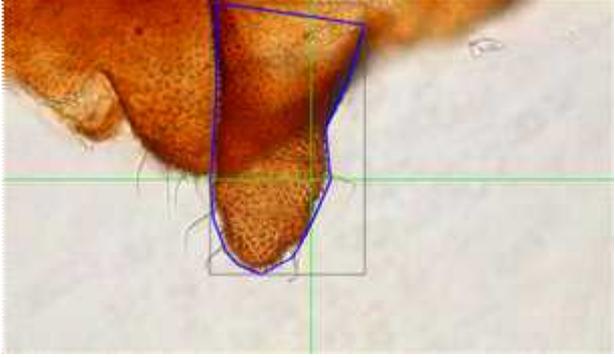
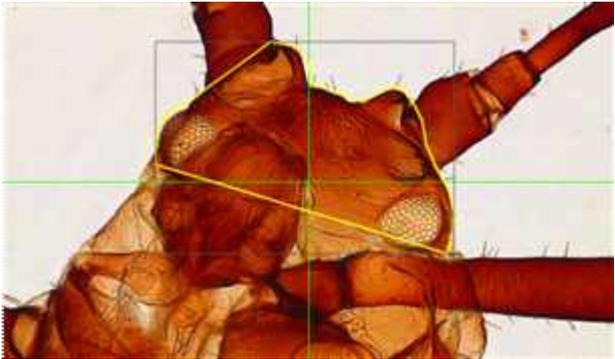
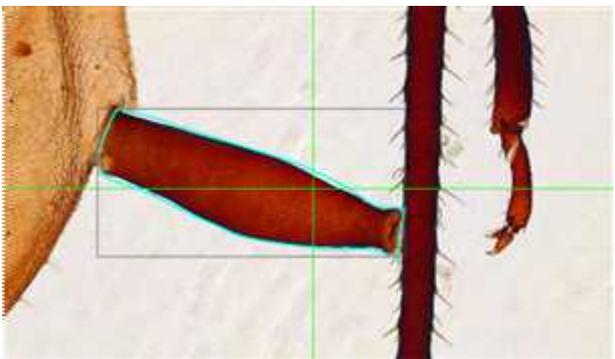
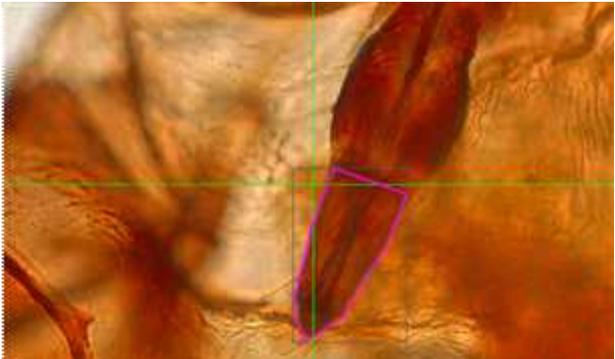


Siphunculi

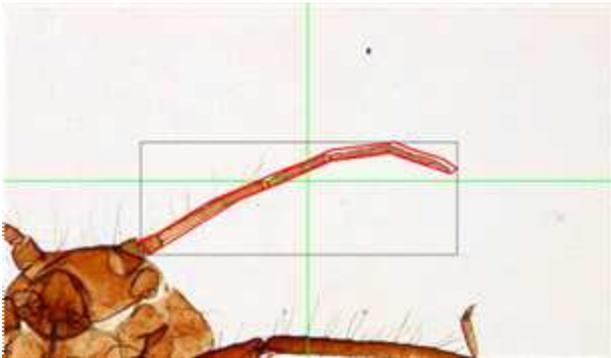
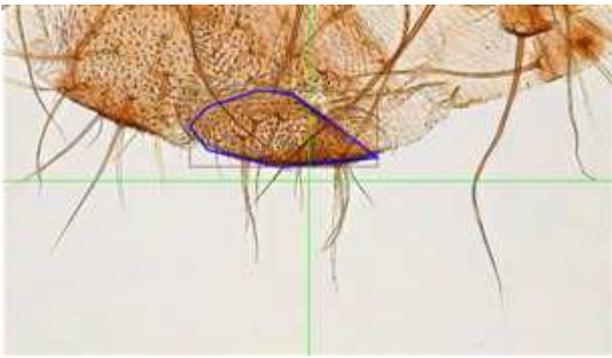
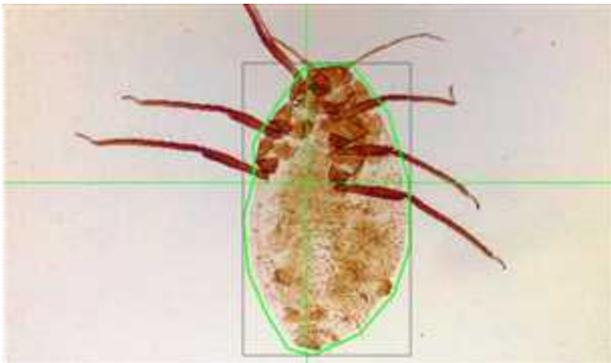
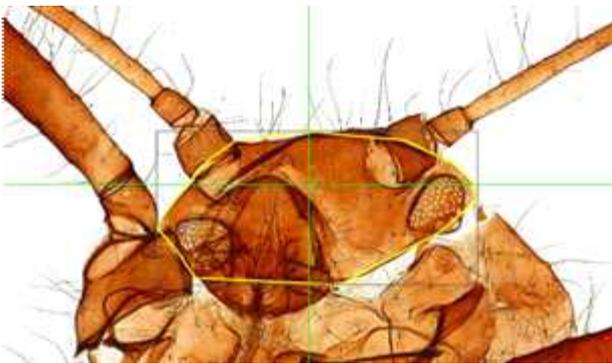
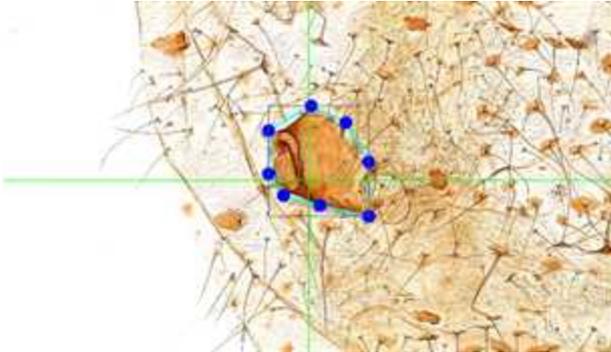
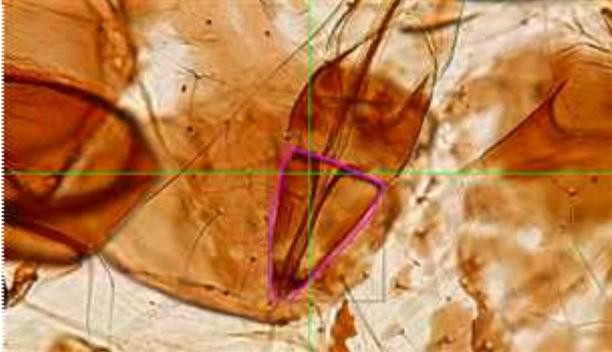


URS

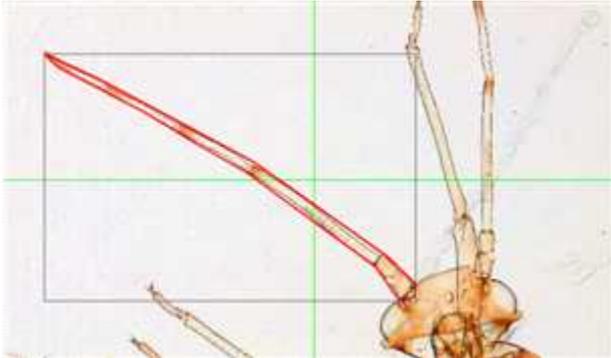
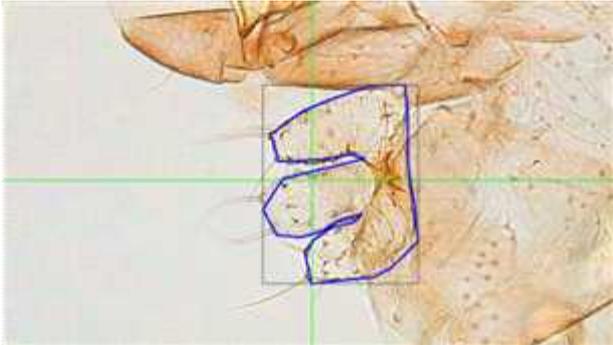
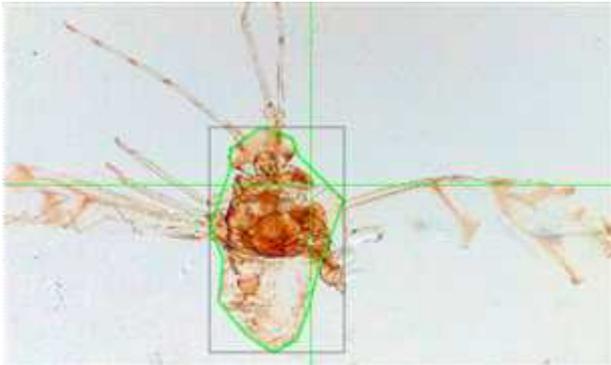
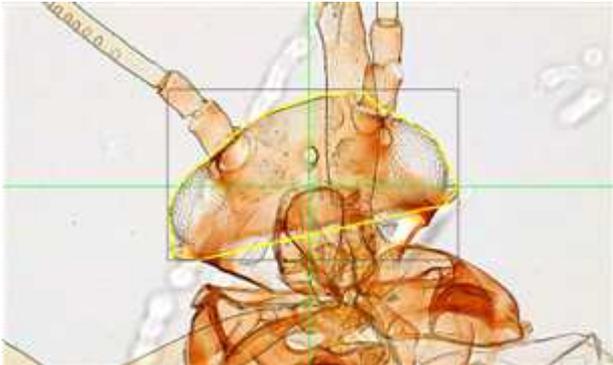
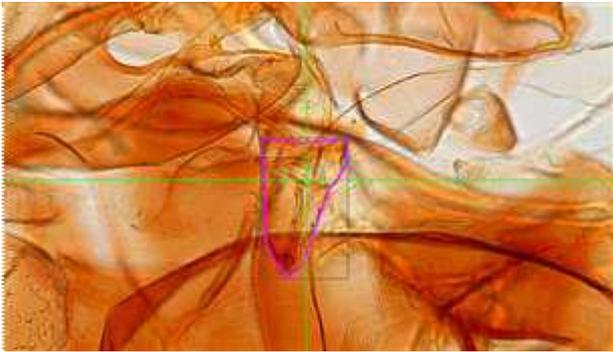
- *Indomegoura indica*

	
<p>Antenna</p>	<p>Cauda</p>
	
<p>Body</p>	<p>Head</p>
	
<p>Siphunculi</p>	<p>URS</p>

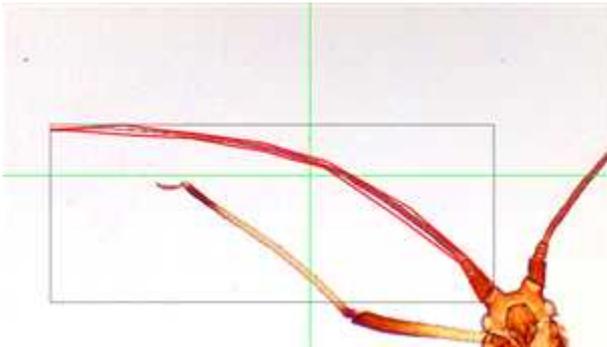
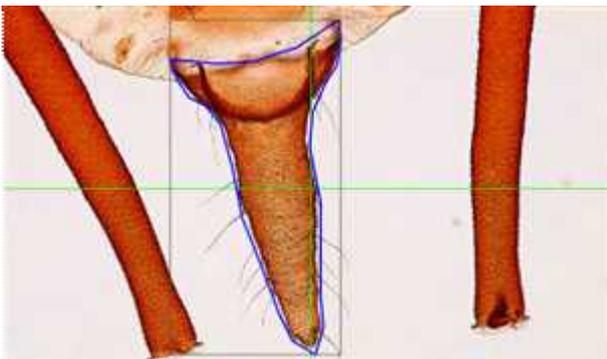
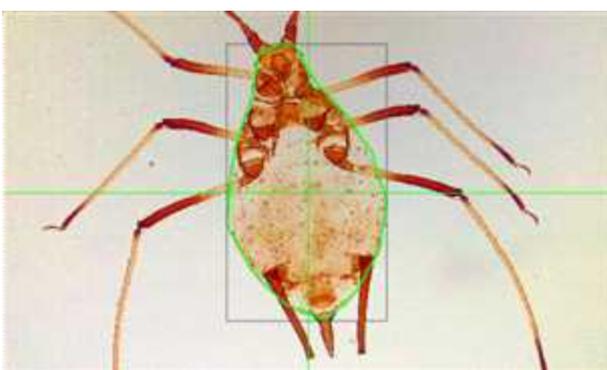
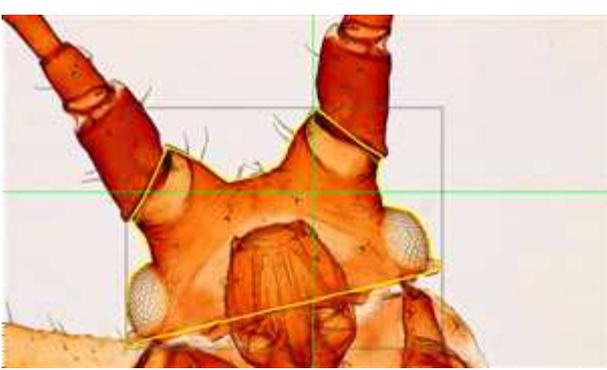
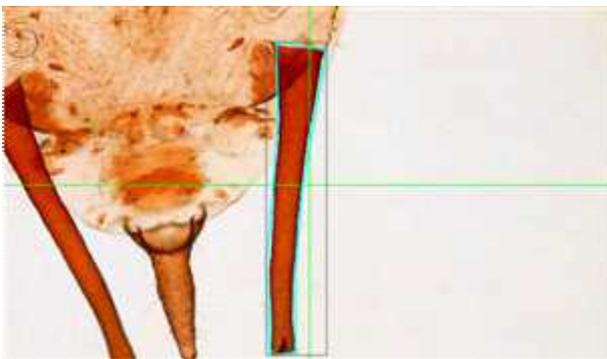
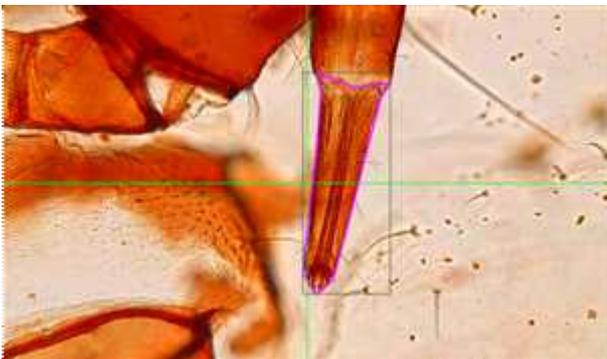
- *Periphyllus californiensis*

	
<p>Antenna</p>	<p>Cauda</p>
	
<p>Body</p>	<p>Head</p>
	
<p>Siphunculi</p>	<p>URS</p>

- *Shivaphis celti*

	
<p>Antenna</p>	<p>Cauda</p>
	
<p>Body</p>	<p>Head</p>
	
<p>Siphunculi</p>	<p>URS</p>

- *Uroleucon gobonis*

	
<p>Antenna</p>	<p>Cauda</p>
	
<p>Body</p>	<p>Head</p>
	
<p>Siphunculi</p>	<p>URS</p>

### 3) 동정 인식 딥러닝 모델 개발

- 2D 표본영상(노린재목 진딧물류대상)에 대한 동정 인식 딥러닝 모델 개발
- 가) 영상이미지 동정인식 어플 개발(application version 1.0)

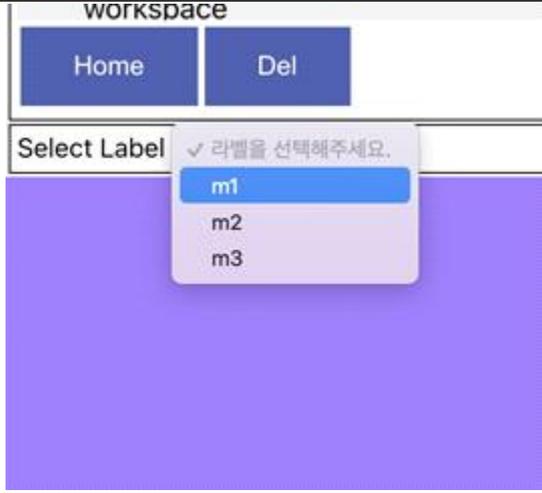
#### (1) 프로젝트 관리 메뉴

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 운영체제 환경             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 우분투: 리눅스 운영체제</li> <li>- 텐서플로우 및 파이토치: AI 신경망 프로그래밍엔진</li> <li>- 파이썬: AI 신경망 프로그램 언어</li> <li>- 아나콘다: 파이썬 프로그래밍 환경 설정 및 관리</li> </ul> </li> <li>● 신경망 알고리즘             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터 가공 → 신경망 모델링 → 손실 옵티마이저 함수선택 → 훈련 → 평가</li> </ul> </li> </ul> <p>[Add]: 프로젝트 추가              [Delete]: 프로젝트 삭제              [Update]: 프로젝트 수정              [Commit]: 현재 내용 원격 디스크에 저장              (서버 재시작 시에도 보존)</p>
--	--

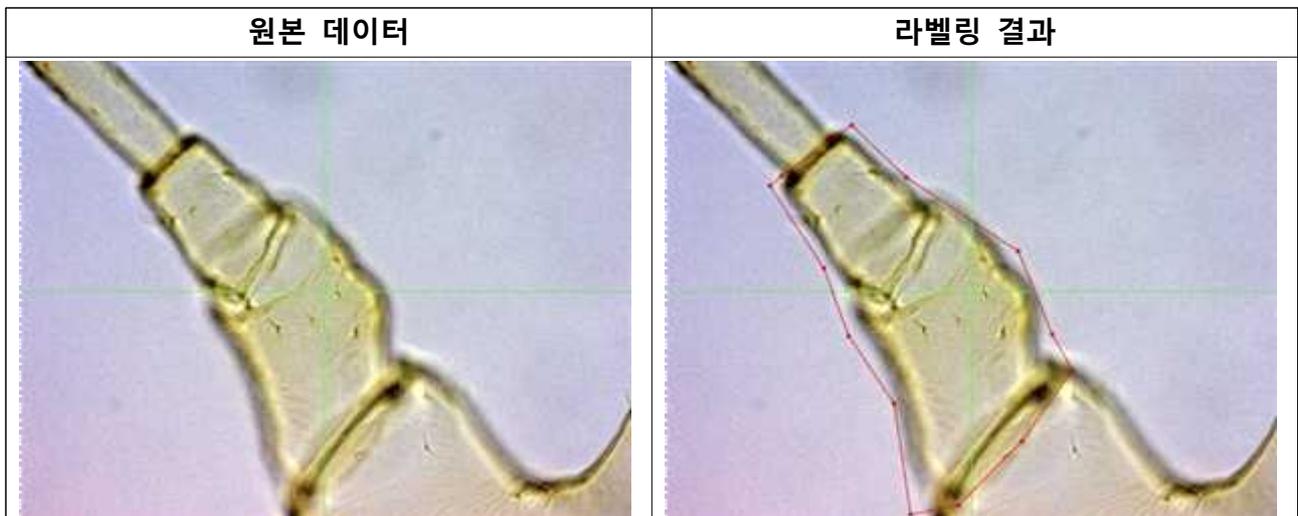
#### (2) 데이터 뷰어 메뉴

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 프로젝트 탭의 목록을 선택하고, Data Mng 탭을 선택하면 해당 프로젝트에 대한 내용을 볼 수 있는 툴 화면으로 들어갈 수 있도록 배치</li> <li>2. 학습용 데이터 세트 파일들을 올리거나 삭제할 수 있도록 설계</li> </ol> <p>[Home]: 네이게이션이 프로젝트의 홈(루트) 위치로 이동              [Del]: 선택된 파일을 지움              [upload file]: 로컬의 파일을 원격으로 업로드가 가능하게 설계</p>
--	--

### (3) 라벨 에디터 메뉴

 <p>● 파일 탐색기로 이미지 파일을 선택할 수 있다.</p>	 <p>● 라벨을 선택할 수 있다.</p>
	<p>● 자판키를 이용한 운용</p> <p>A, D: 리스트 파일 선택 이전, 다음 Q, E: 각도 돌리기(15° 간격) W: 라벨박스 생성 Shift + W: 자동 라벨링 R: 라벨박스 삭제 O: 저장하기 H: Shift + I: 현재 선택된 이미지 xml 파일 정보 불러오기 U: Shift + alt + O: 라벨링 파일 강제 저장 (파일명이 있어도 질의없이 덮어쓰기) T: 안전하게 저장하기 (파일이 겹치면 사본 생성) &lt;br&gt; Y: 이미지 트랜스폼 가능 Shift + Y: 이미지 트랜스폼 리셋 &lt;br&gt; S: 규격에 맞게 이미지 크기조절 &lt;br&gt; F: 이름으로 원본 이미지 파일 찾기 &lt;br&gt; Ctrl + Del: 라벨링(xml) 파일 지우기 &lt;br&gt; X: 십자선 가리기 &lt;br&gt; Shift + X: 십자선 보이기 &lt;br&gt;</p>

### (4) 라벨링(예시)



#### 4) 영상이미지기반 동정 인식 인공지능 적용 평가

##### 가) 훈련결과물

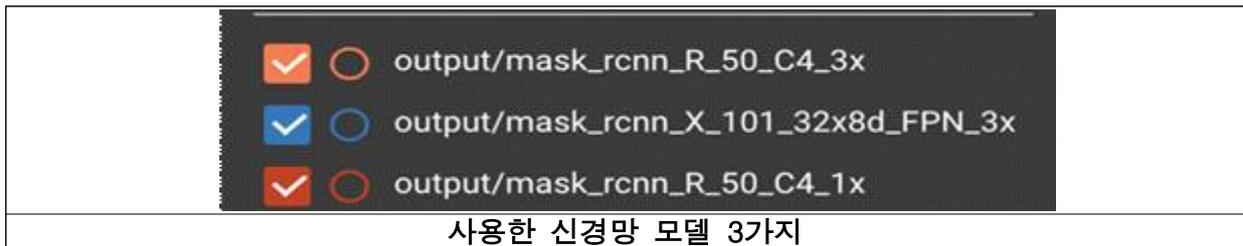
- 카테고리 구분

```
"DebusEmarginatus_body", "DendroctonusPseudotsugae_body", "HylurgusLigniperda_b  
ody",  
"dic_1004_ANT", "dic_1004_HEAD", "dic_1004_URS", "dic_1004_CAUDA", "dic_1004_SI  
PH",  
"dic_1009_ANT", "dic_1009_HEAD", "dic_1009_CAUDA", "dic_1009_SIPH", "dic_1009_U  
RS",  
"dic_1008_ANT", "dic_1008_HEAD", "dic_1008_SIPH", "dic_1008_CAUDA", "dic_1008_U  
RS",  
"dic_1011_ANT", "dic_1011_HEAD", "dic_1011_SIPH", "dic_1011_CAUDA", "dic_1011_U  
RS",  
"dic_sso3961_ANT", "dic_sso3961_HEAD", "dic_sso3961_SIPH", "dic_sso3961_CAUDA  
", "dic_sso3961_URS",  
"dic_hongy15_ANT", "dic_hongy15_HEAD", "dic_hongy15_SIPH", "dic_hongy15_CAUDA  
", "dic_hongy15_URS"
```

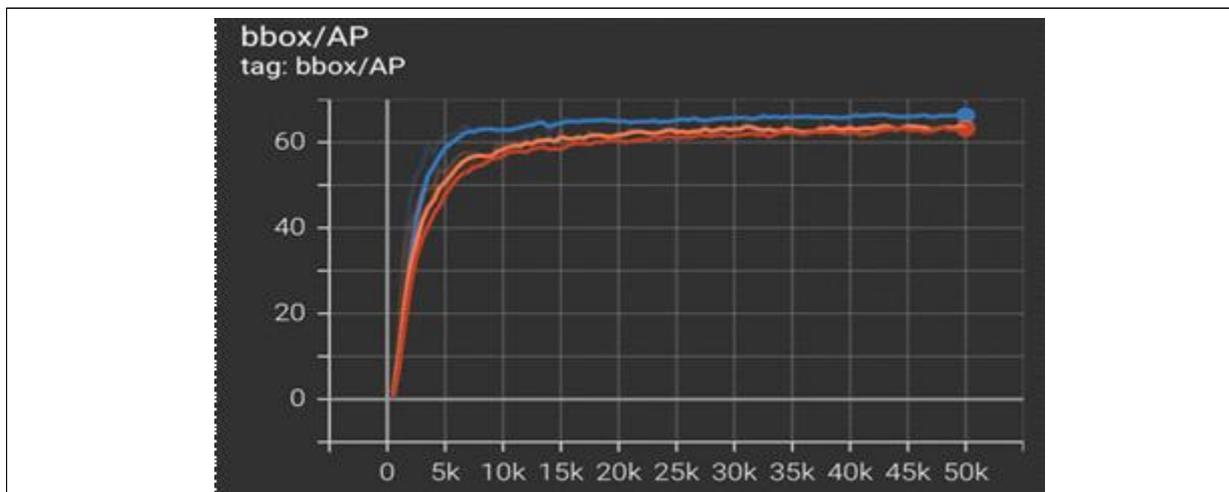
- 딱정벌레는 총 3종류 바디만 구분 함.
- 현미경 이미지의 진단물은 코드번호를 (1004,1008,1009,1011, sso3961, hongy15등), 세부 부위로 HEAD,CAUDA,URS,SIPH,ANT 5가지으로 나누었음
- $3*1 + 6*5 = 33$ 가지 클래스로 구분하는 신경망을 학습시켰음

##### 나) 훈련평가

- 신경망 모델은 총 3가지를 사용했음

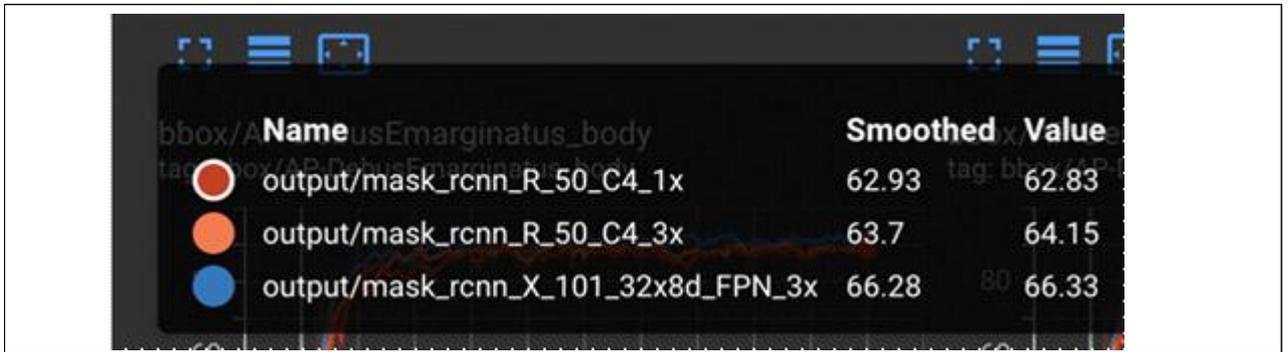


- 바운딩 박스 AP 는 다음과 같은 결과가 나왔음

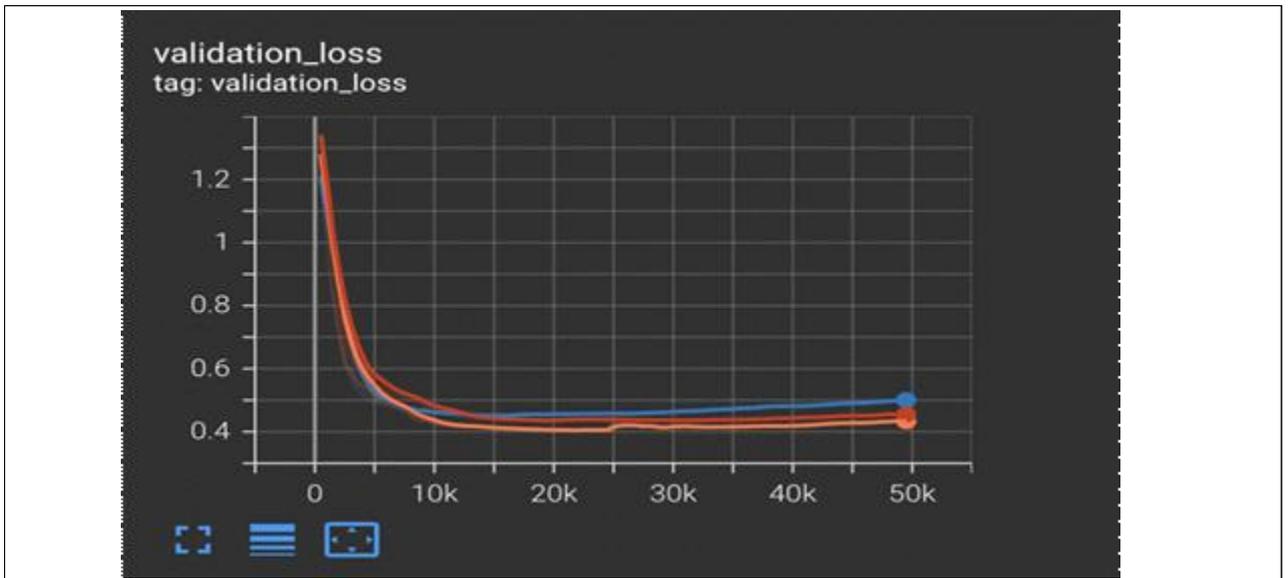


- 파란색으로 표시된 X101 모델이 가장 우수한 훈련결과를 얻을 수 있음

- 각 모델별 AP수치는 다음과 같음



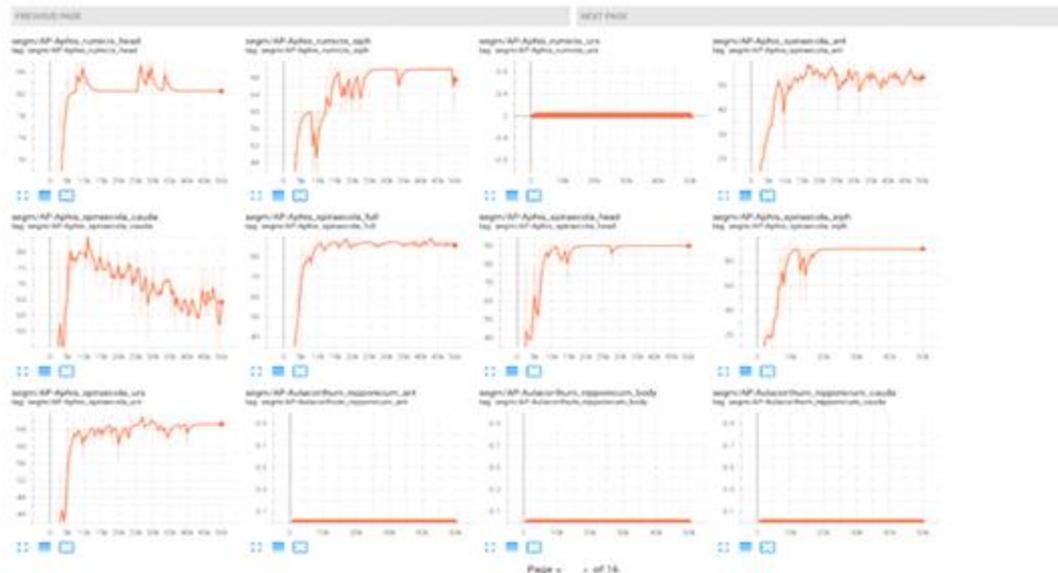
- 5만번 학습결과 x101 의 AP 점수가 66.28 점을 얻음
- 오버피팅은 2만번 전후에서 발생하였음

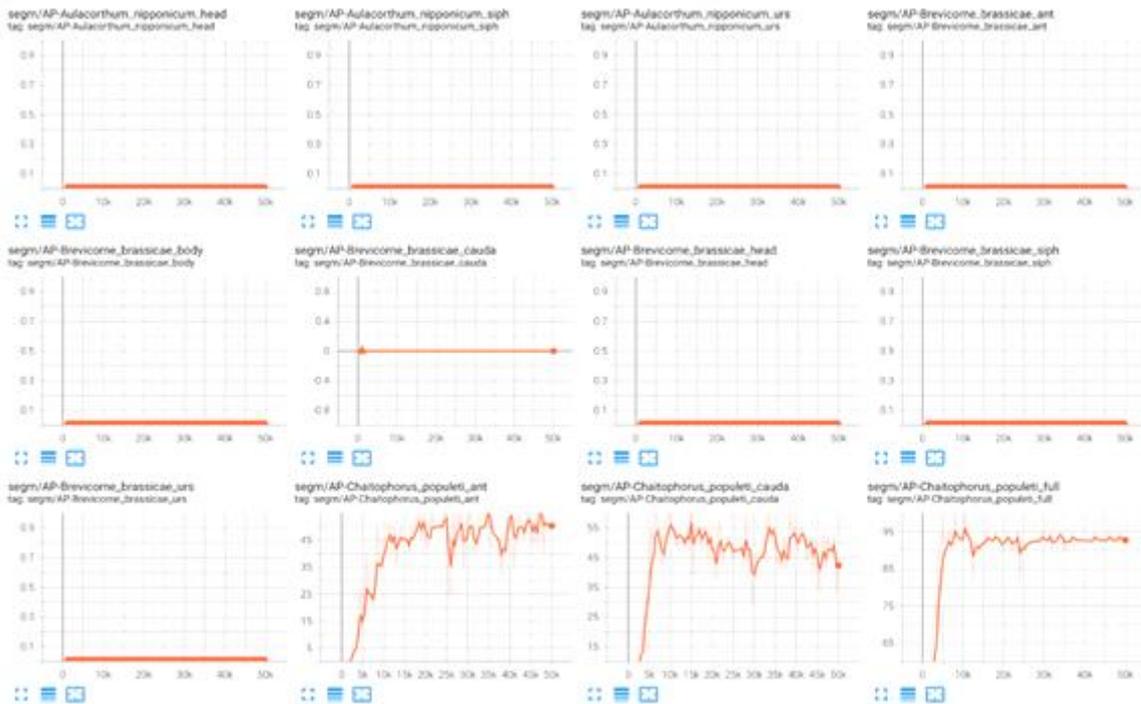
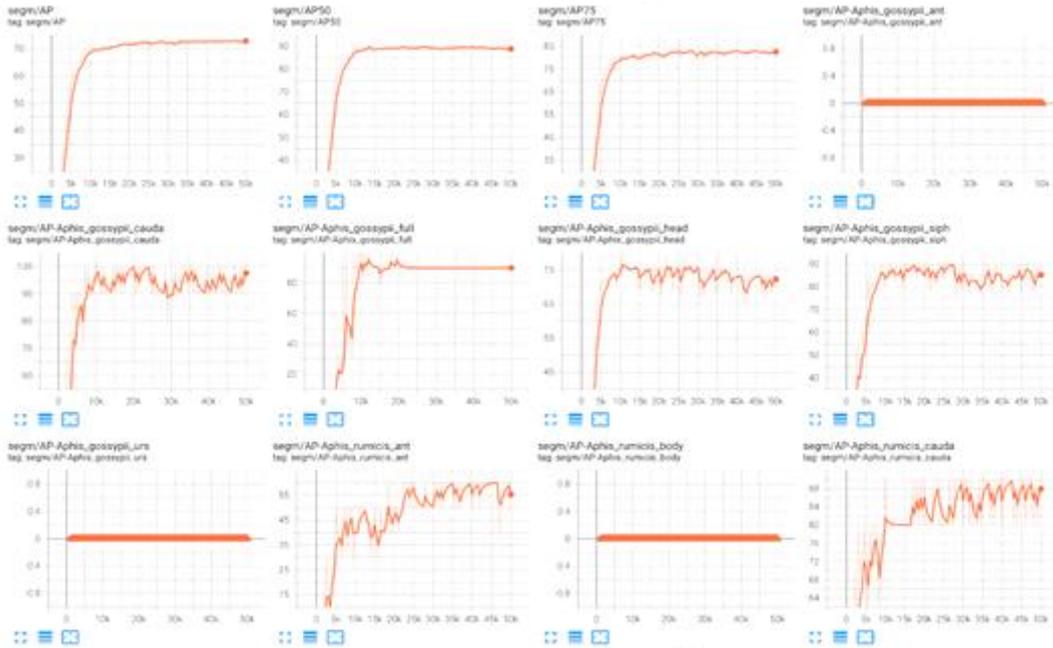


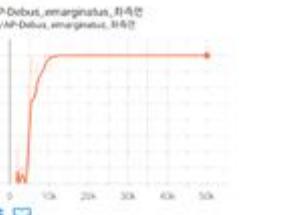
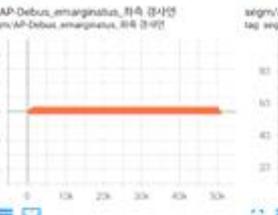
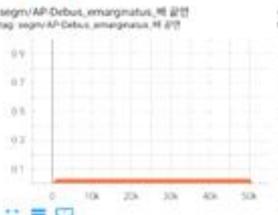
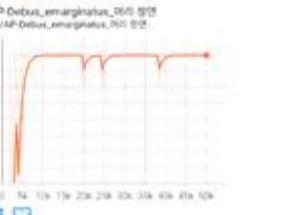
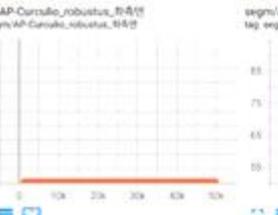
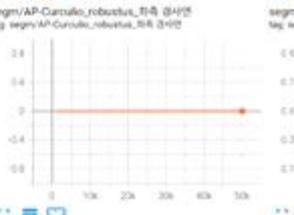
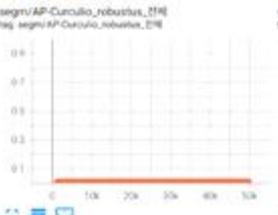
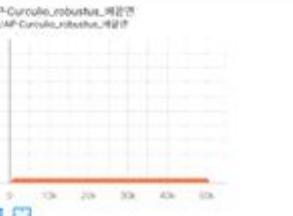
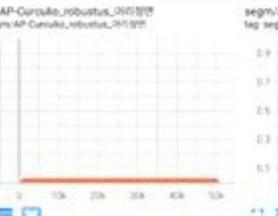
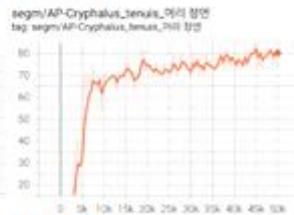
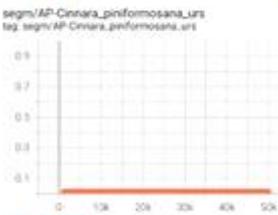
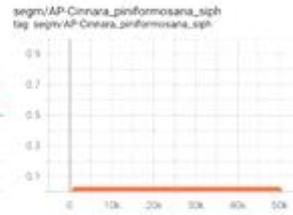
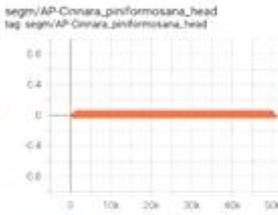
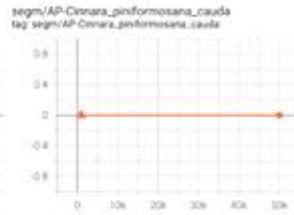
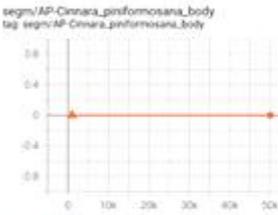
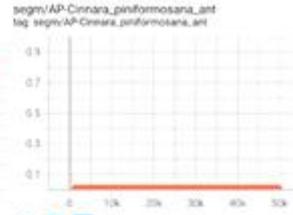
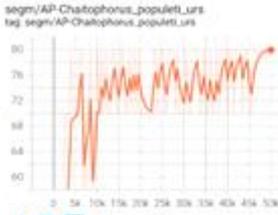
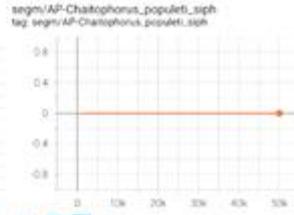
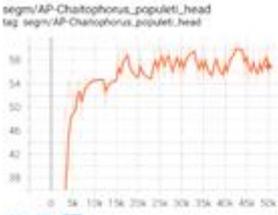
## 5) 인공지능 영상판독 시스템 구축

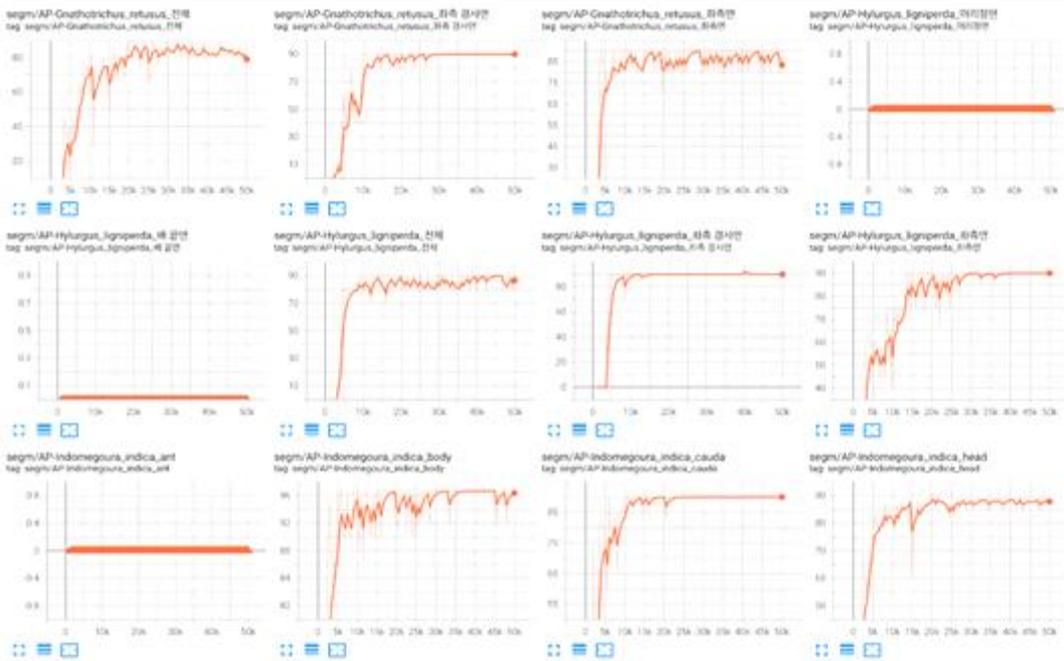
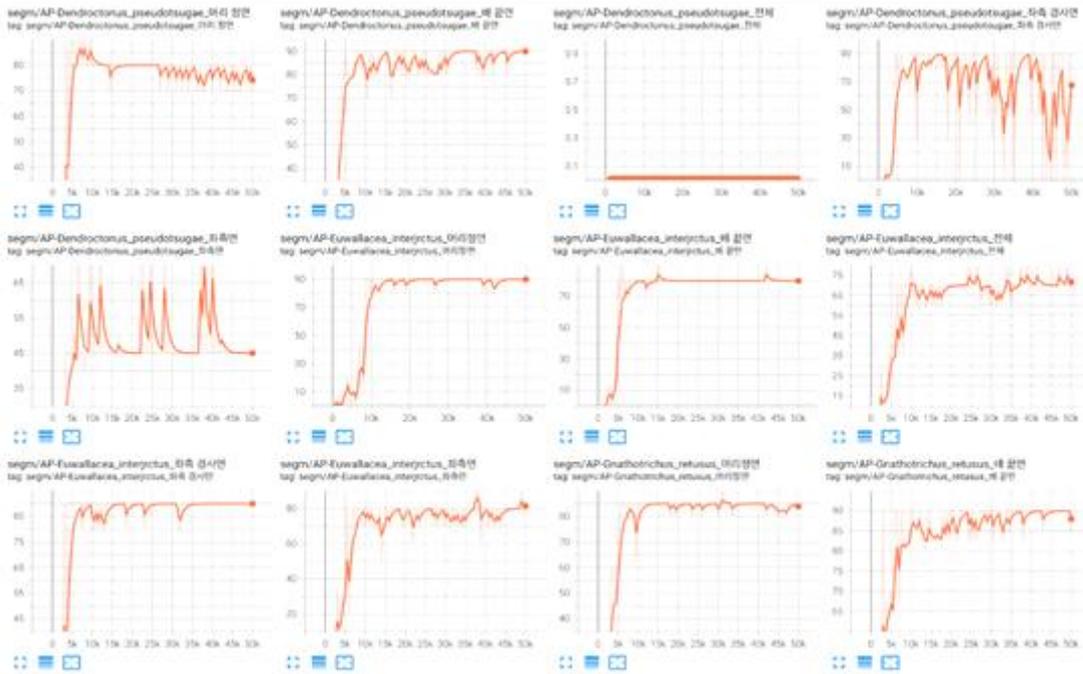
### 가) 세그먼트 AP그래프

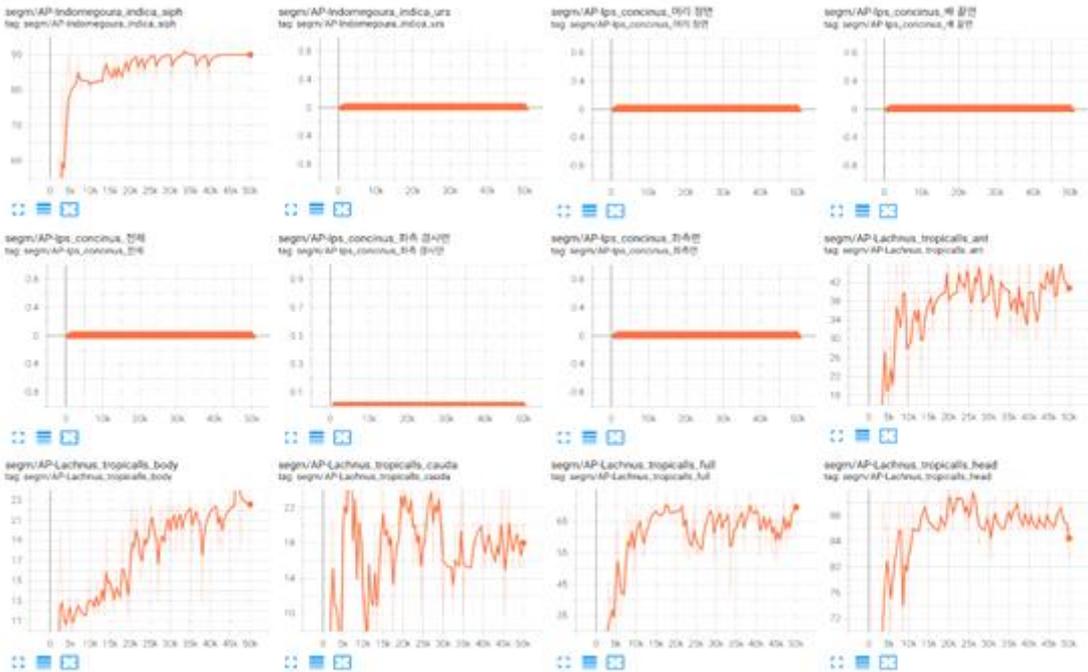
- 각 객체의 부위별로 5만번 반복 학습한 결과 임
- 객체의 부위별의 학습 결과로 특이점을 찾을 수 없는 부분은 일자(-)의 그래프를 그리고 있으며 특이점이 명확한 부위는 반복된 학습을 통해 인식률이 높아지는 것을 볼 수 있음

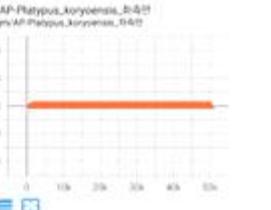
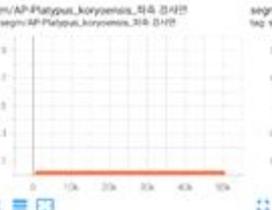
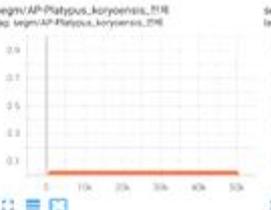
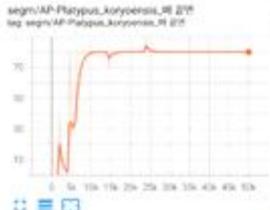
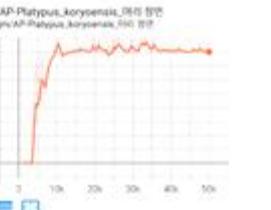
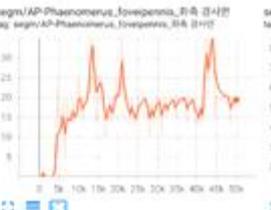
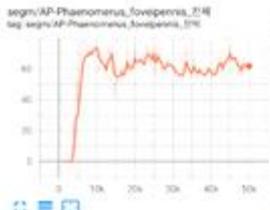
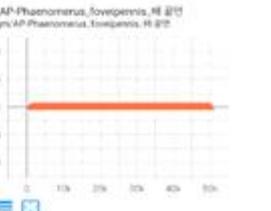
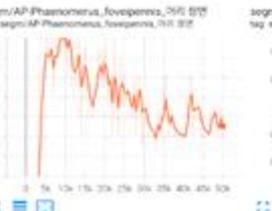
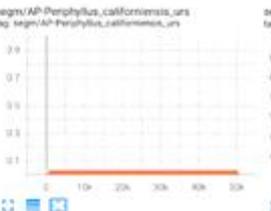
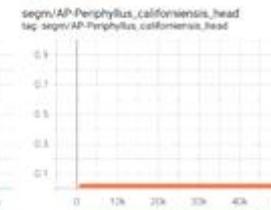
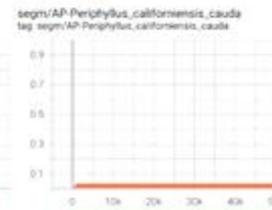
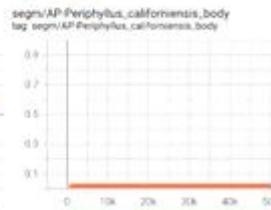
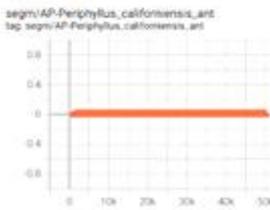
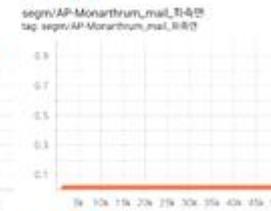
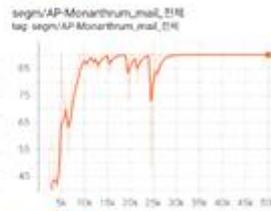
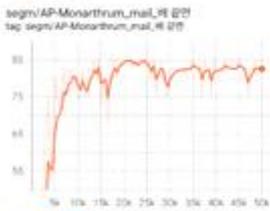
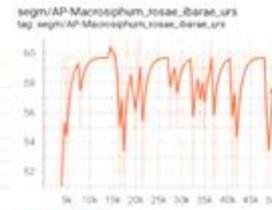
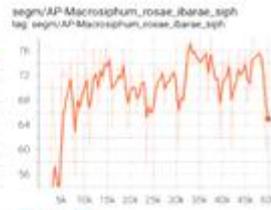
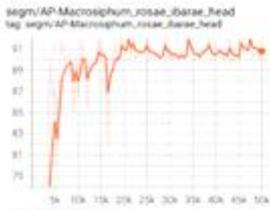


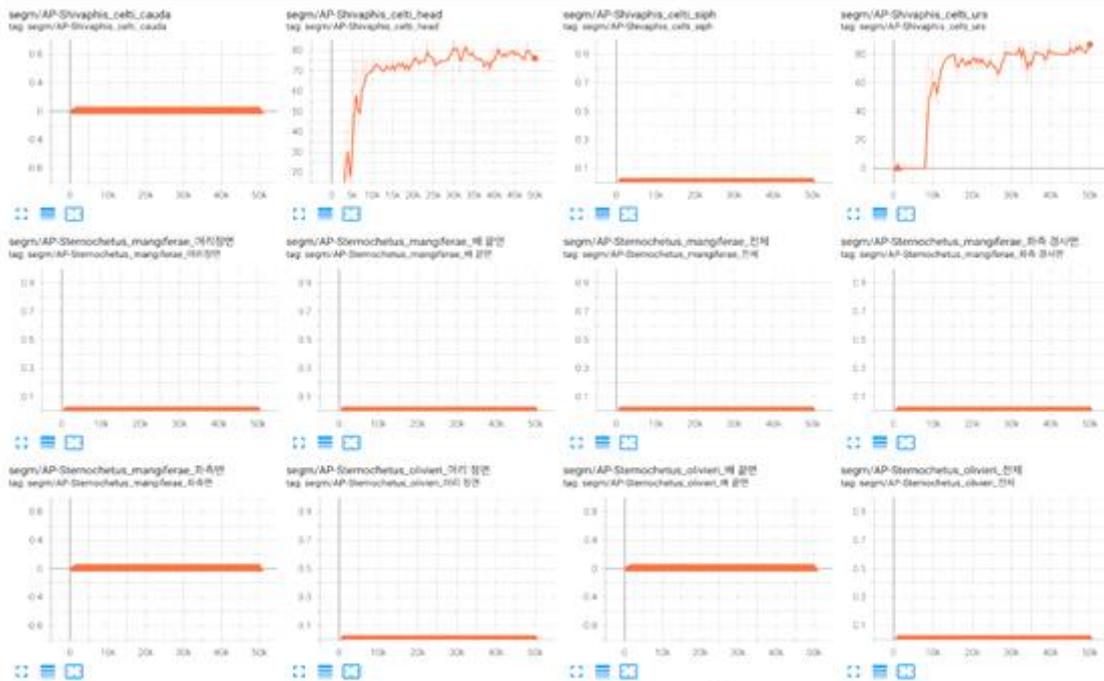
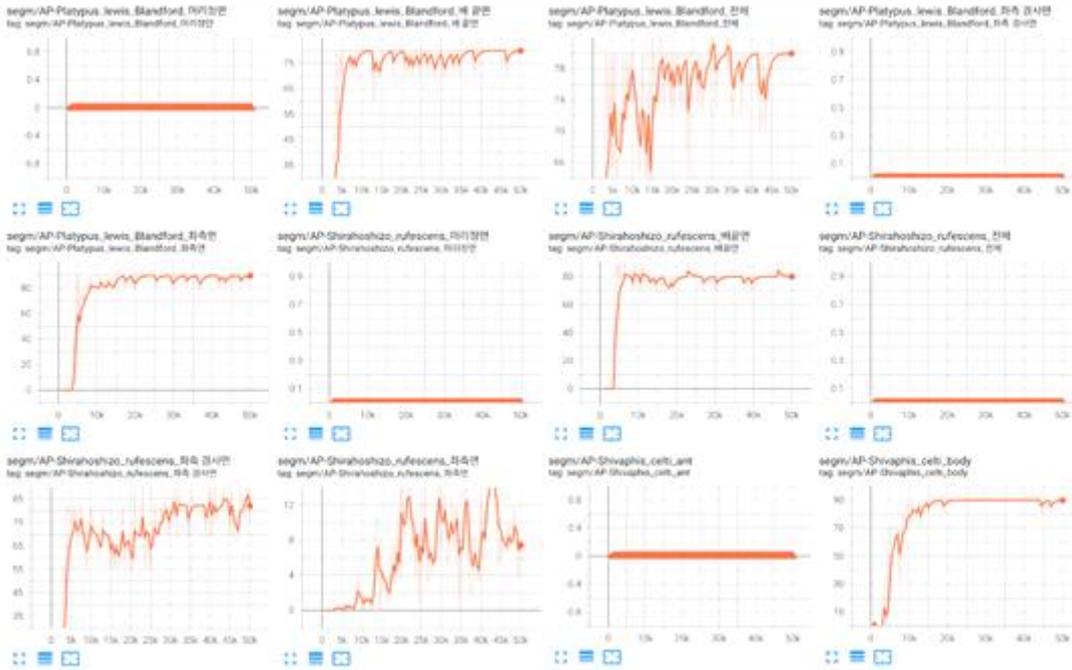


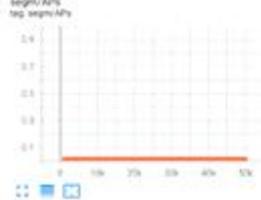
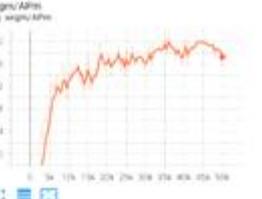
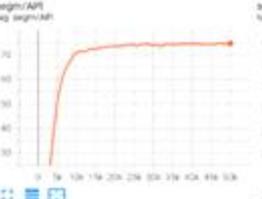
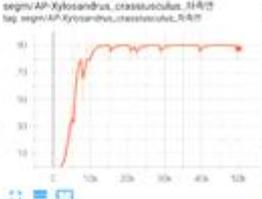
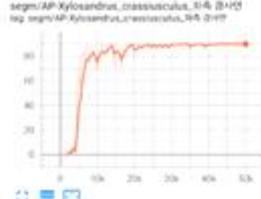
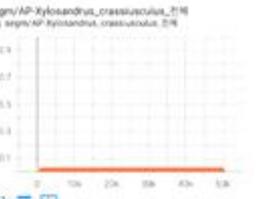
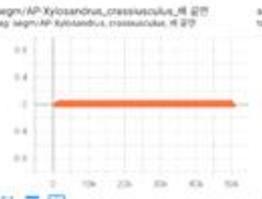
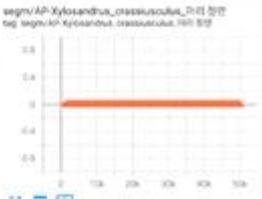
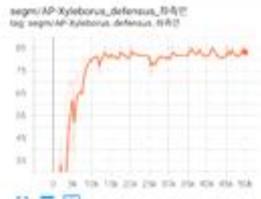
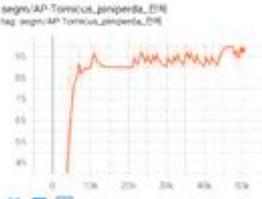
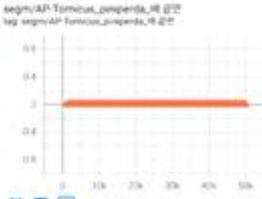
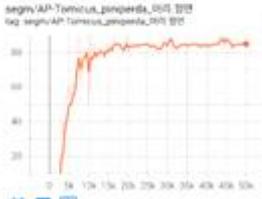
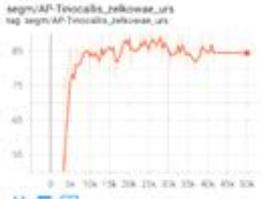
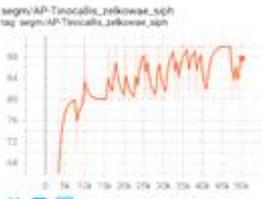
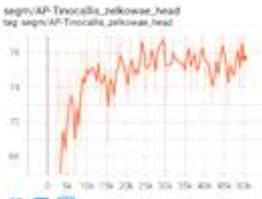
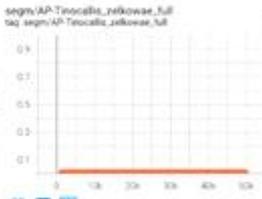
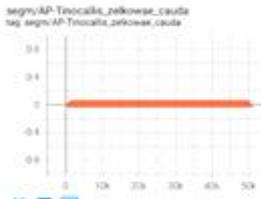
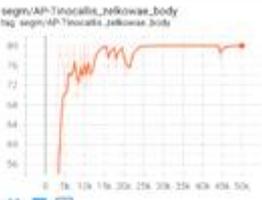
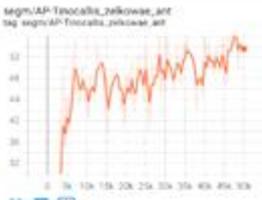
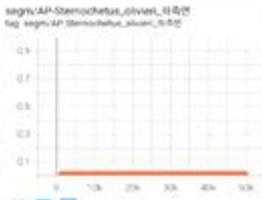
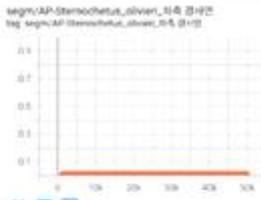


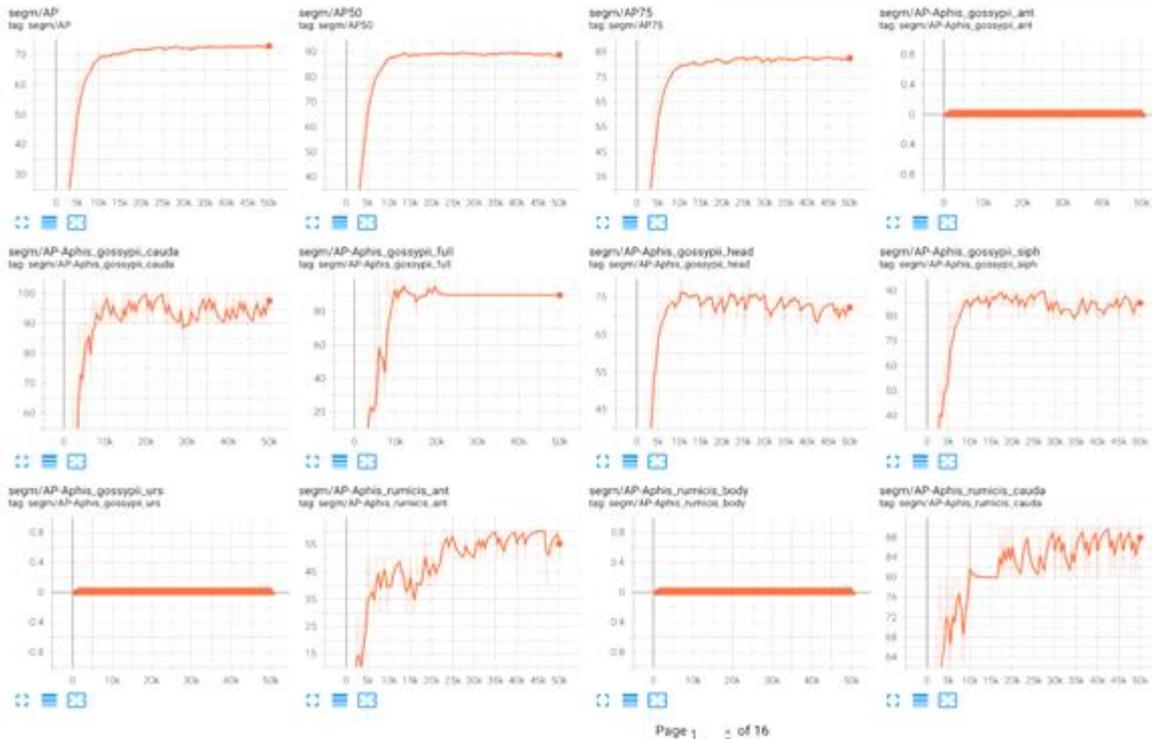










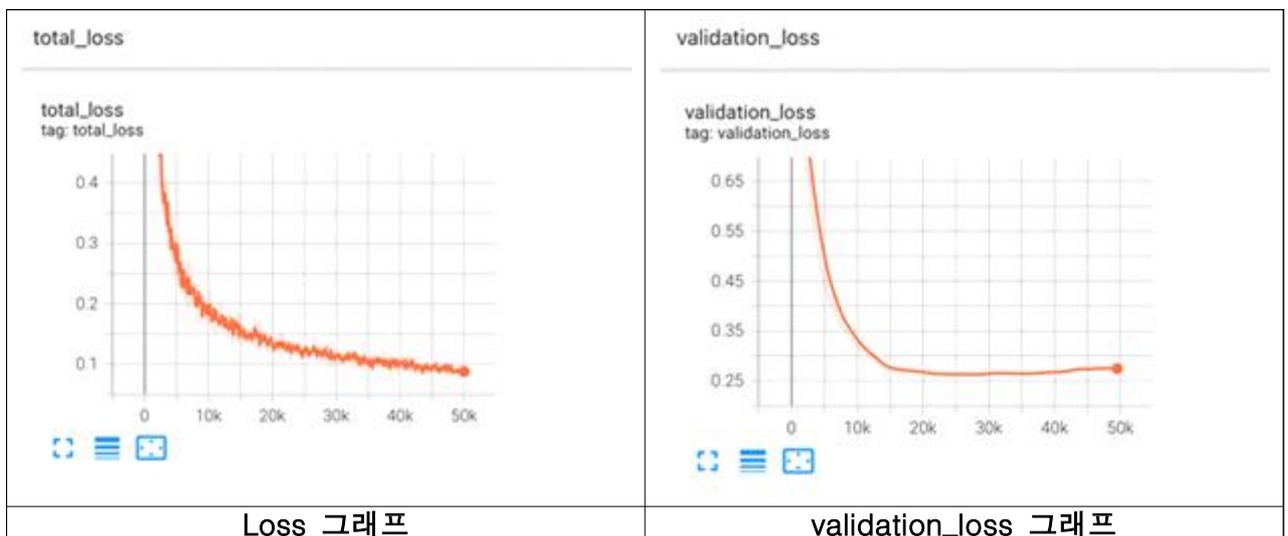


## 나) Loss 그래프

- 객체(부위)를 학습시킨 결과 임
- Loss 그래프는 숫자가 낮을수록 학습의 결과가 좋음을 뜻함
- 5만번의 객체(부위)를 학습시킨 결과 딥러닝(학습)이 잘 되었음을 확인함

## 다) validation\_loss 그래프

- 가상의 객체(부위)를 학습시킨 결과 임
- 위 그래프는 숫자가 낮을수록 학습의 결과가 좋음을 뜻함
- 5만번의 가상의 객체(부위)를 학습시킨 결과 실제 데이터의 학습 그래프와 비교할 때 다소 Loss(유실)된 항목이 많으나 유사함을 알 수 있어 딥러닝(학습)이 잘 되었음을 확인 함



## 라) Detector Application 개발

### (1) Application개발

- 라벨링 및 딥러닝을 통해 훈련된 결과를 확인 가능한 Application을 개발하였음
- <https://ai.ubiqos.co.kr:21030/detector/> 를 통해 접근 가능함



### (2) 접속방법

1. 브라우저를 이용하여 디텍터 프로그램에 접속한다.
2. Upload 버튼을 눌러 디텍팅을 하고싶은 이미지를 선택한다.
3. 라벨링된 부위를 클릭하면 부위의 명칭을 볼 수 있다.

### (3) 결과확인

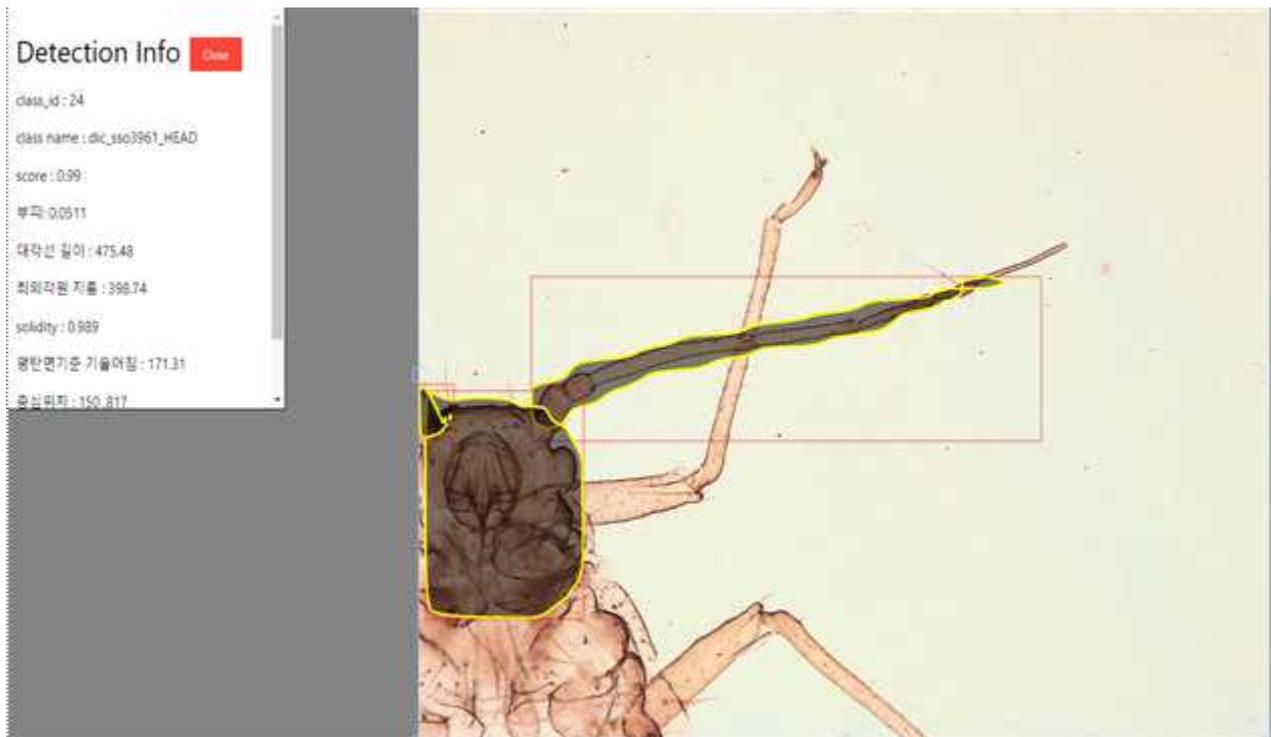
#### (가) 검색 중의 형태적 부위 인식



- 안테나부분 클릭시, Classname부분에 dic\_1011\_ANT를 확인할 수 있음



- URS 부분을 클릭시, Classname부분에 dic\_1011\_URS를 확인할 수 있음

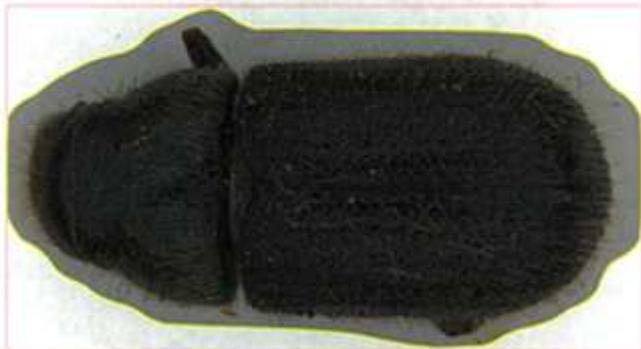


- 헤드부분 클릭시, Classname부분에 dic\_sso3961\_HEAD를 확인할 수 있음

(나) 검색 종의 동정을 확인



- DebusEmarginatus\_body임을 확인
- > *Debus emarginatus*로 종 동정이 확인 됨



- DendroctonusPseudotsugae\_body임을 확인
- > *Dendroctonus pseudotsugae*로 종 동정이 확인 됨

<제2핵심 연구과제: 검역병해충 관리기술 개발> (경북대)

제2핵심 연구과제 -1. 검역해충 방제기술 개발 (권오석)

1) *Filenchus cylindricus*(Tylenchida: Tylenchidae)의 분자생물학적 특성과 형태 연구

가) 형태적 특성

- *Filenchus cylindricus*의 형태적 특성은 Table 1과 같았다.

Table 21. 우리나라와 타 지역 기재 *Filenchus cylindricus*의 형태적 특성

Character	Korea (isolate KP4)		Colorado, USA (Raski and Geraert, 1987)	Sudan (Zeidan and Geraert, 1991)	Iowa USA (Elmiligy, 1971)	USA (Brzeski, 1997)
n	36 ♀♀	22 ♂♂	8 ♀♀	6 ♀♀	10 ♀♀	4 ♀♀**
L	1034.6±39.3 (940-1109)	983.8±47.2 (915-1094)	1060±68 (970-1150)	797±56 (700-870)	896 (750-990)	971±14.4 (966-992)
L'	825.0±35.8 (751-914)	779.9±38.4 (725-862)	—	—	—	822±22.0 (802-847)
a	40.8±2.2 (37.2-44.7)	42.9±2.0 (38.3-46.5)	39 ± 3.6 (34-43)	35±3 (33-41)	39 (30-45)	35.7±2.5 (33-39)
b	7.0±0.3 (6.4-7.7)	7.1±0.3 (6.6-7.9)	6.7 ± 0.2 (4.7-7.6)	6.5±0.5 (5.7-6.9)	6.4 (6.0-7.8)	6.5±0.1 (6.4-6.7)
c	4.9±0.4 (4.3-5.7)	4.8±0.3 (4.3-5.3)	5 ± 0.2 (4.7-5.2)	5±0.4 (4.6-5.6)	5.2 (4.7-5.7)	6.6±0.6 (5.9-7.3)
c'	12.7±0.8 (11.6-14.0)	12.5±1.0 (10.8-13.9)	11.6 ± 1.3 (9.8-13.2)	10.5±0.9 (9.3-11.9)	11.2 (10.2-17.0)	9.9±1.7 (8.0-12.2)
V	59.8±1.7 (56.5-62.9)	—	60 ± 1.4 (57-62)	61±2 (59-65)	60 (55-64)	66.2±2.6 (64-70)
V'	75.0±2.7 (69.8-78.8)	—	74 ± 2.3 (70-76)	77±2 (75-79)	—	78.2±2.1 (76-81)
MB (µm)	45.8±2.7 (43.0-54.0)	47.7±1.5 (45.0-49.0)	43.8±1.5 (42-46)	43±1 (42-44)	—	37.5±1.3 (36-39)
MB (%)	31.3±2.2 (29.0-39.1)	34.7±1.1 (32.5-36.4)	—	—	42	—
Stylet	12.2±0.4 (11.5-13.0)	12.0±0.3 (11.5-12.5)	12.4 ± 0.5 (12-13)	12.5±0.5 (12-13)	13 (12-14)	13.3±0.6 (13-14),
Oesoph.	146.3±3.5 (138.0-152.0)	137.8±3.0 (1330-144.0)	158 ± 8.4 (148-175)	123±4 (116-127)	152	148±2.0 (147-151)
SE. pore	121.2±4.6 (114.5-128.5)	113.4±3.3 (1100-121.0)	126 ± 5.9 (117-136)	100±8 (92-108)	99*	—
VA	202.5±18.7 (184.5-267.0)	—	214±19.5 (188-241)	147±20 (112-166)	183 (149-207)	—
Tail	209.7±16.3 (185.5-247.0)	203.8±17.2 (182.031.6)	213 ± 20.3 (189-242)	160±13 (140-178)	172 (154-194)	148±13.4 (1321 64)
T/VA	1.0±0.1 (0.8-1.2)	—	1 ± 0.1 (0.9-1.1)	1.1±0.1 (1.0-1.4)	0.9* (0.9-1)	0.82±0.05 (0.8-0.9),
Spicule	—	22.6±1.0 (21.5-24.0)	—	—	—	—
Gubem.	—	8.6±0.9 (8.0-11.0)	—	—	—	—

- *Filenchus cylindricus*의 주요 형태적 특성은 그림 1과 같았다.

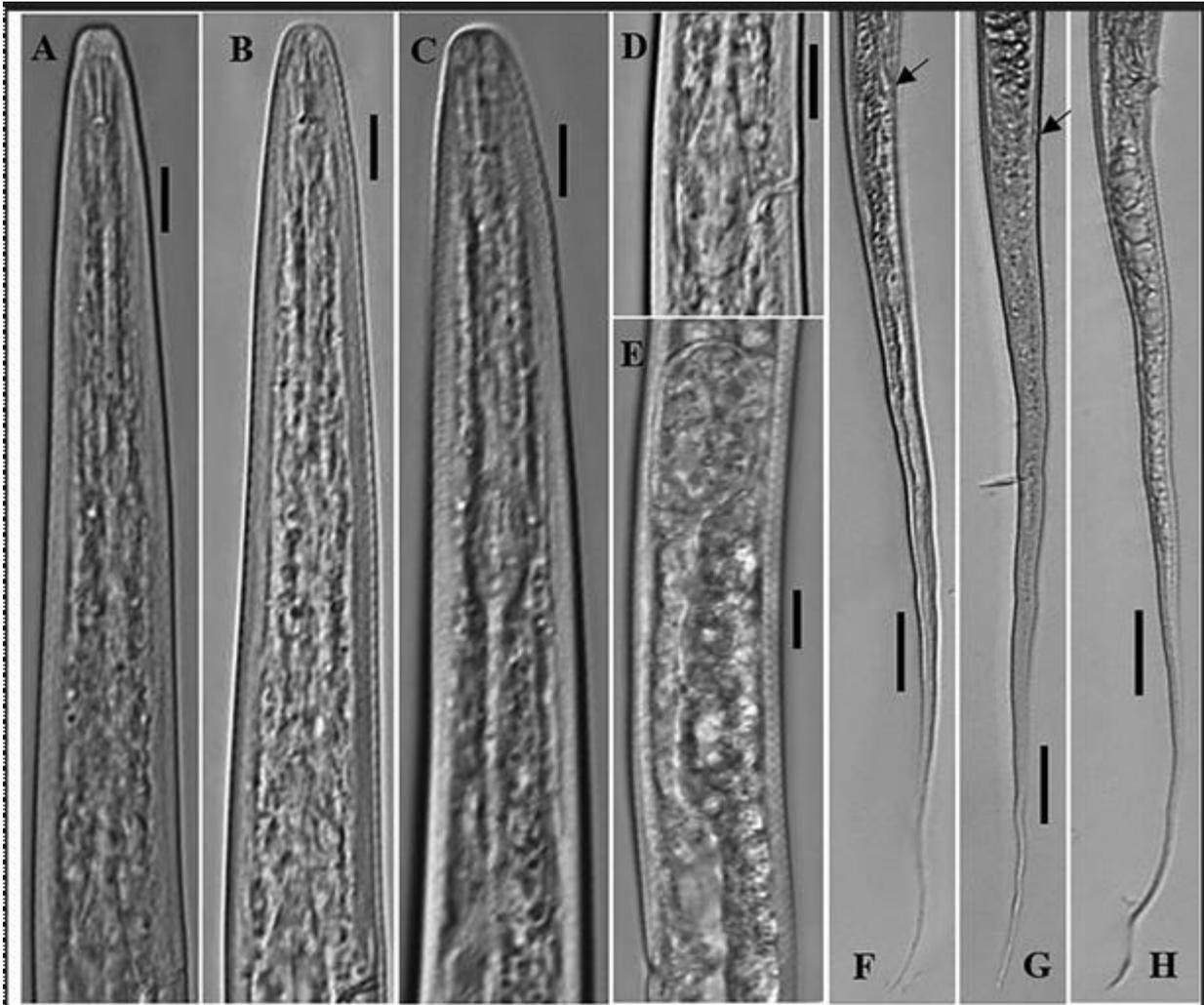


Fig. 176. 우리나라에서 분리된 *Filenchus cylindricus*의 형태적 특성

#### 나) 분자생물학적 특성

• 28S-rRNA 및 ITS-rRNA 유전자의 D2-D3 확장 세그먼트는 겔 전기영동 추정치에 기초하여 각각 약 700 및 800 bp의 단일 단편을 생성하였다. 2개의 생성된 *F. cylindricus* 서열 내의 특이성 내 변이는 단지 1 bp였다. *F. cylindricus*의 두 ITS 서열(MN752395 및 MN752396)은 *F. vulgaris*(MH842880, MZ959287 및 MZ959288)에 대한 상대적 수준의 상동성을 나타내었으며, GenBank에서 이용 가능한 *Filenchus*의 유일한 ITS 서열은 140-1 bp의 차이가 있었다. 필렌쿠스 속 및 기타 관련 속의 다양한 종의 42개 28S-rRNA 및 25개 ITS-rRNA 서열이 계통발생 분석을 위한 데이터셋을 구성하였다. GTR + I + G 치환 모델을 사용한 데이터 세트의 베이지안 분석에서 추론된 계통 발생 관계는 그림 2, 3과 같았다.

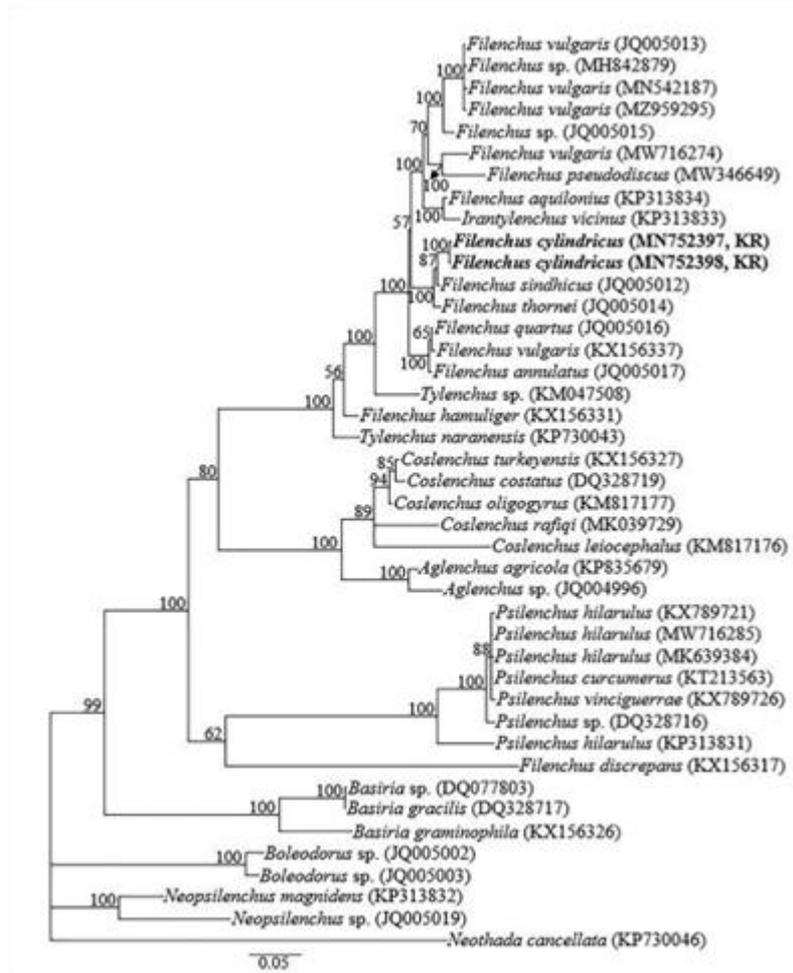


Fig. 177. Tylenchidae의 ITS-rRNA 부분 시퀀스에서 GTR + I + G 모델로 추론된 Bayesian tree.

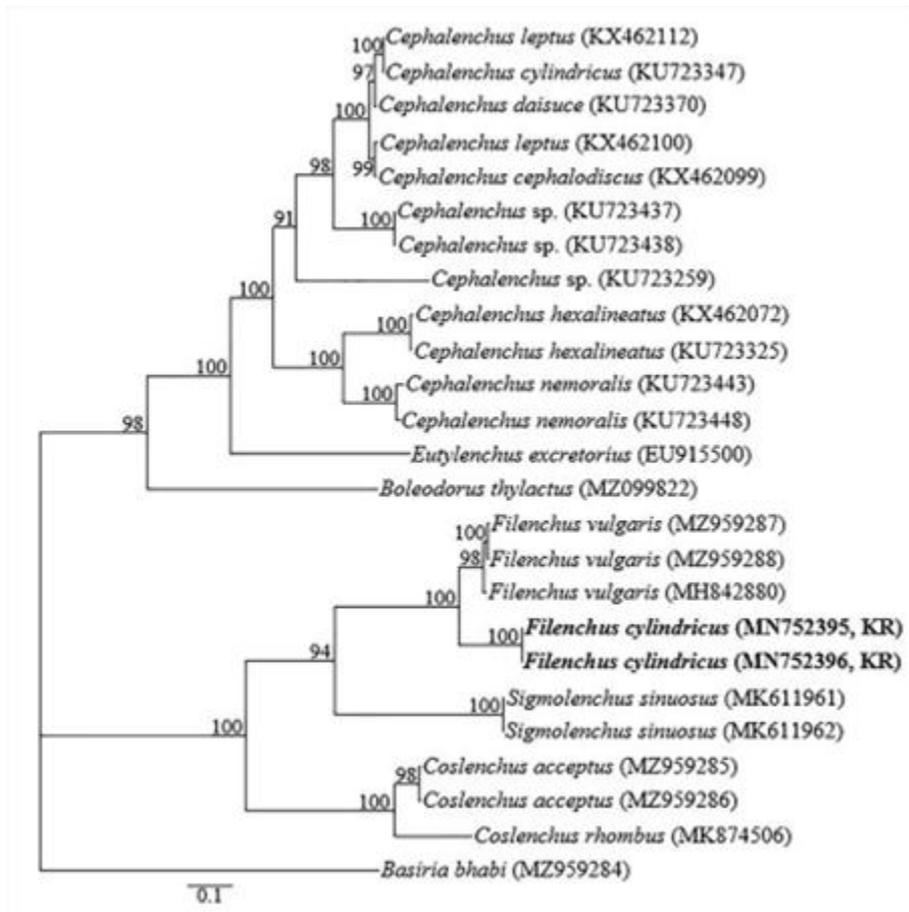


Fig. 178. Tylenchidae의 LSU D2-D3 부분 시퀀스에서 GTR + I + G 모델로 추론된 Bayesian tree.

## 2) 기주별 및 세균 발병 가능한 병원체 농도 규명 연구

### 가) *Pectobacterium* sp.에 의한 신규 병해 검정

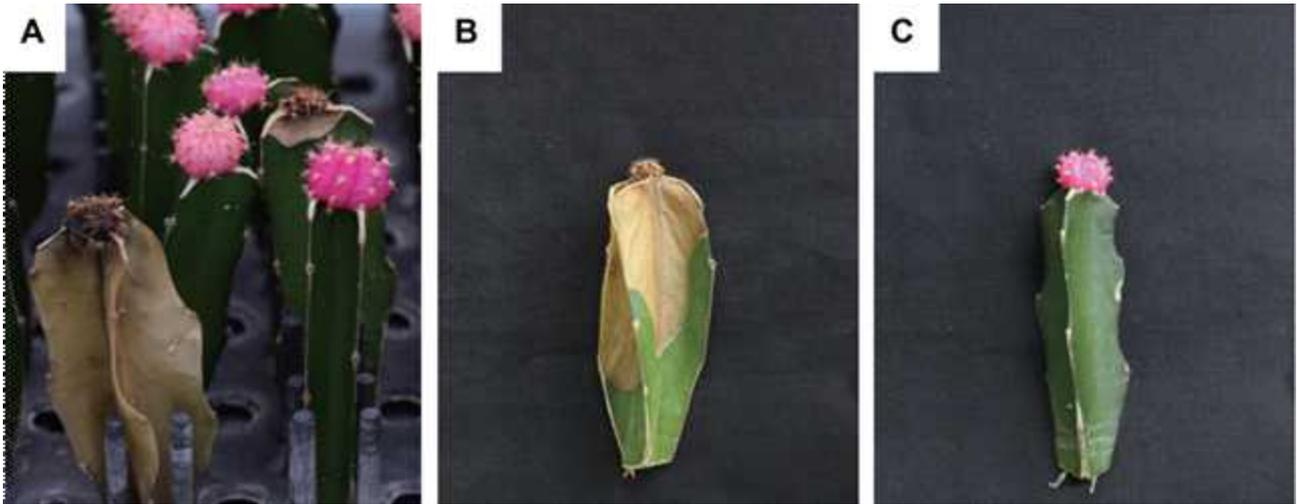


그림 179. 경기도 고양시 선인장 농장에서 채집된 무름증상의 모습 (A), *Pectobacterium brasiliense* KNUB-01-21 인공접종 결과 (B), 대조구 (C)의 모습

- 이상 증상이 관찰된 선인장은 회녹색의 병징이 위에서부터 진전되는 모습이었으며, 이러한 증상은 세균무름병(bacterial soft rot)과 매우 유사하였음. 이러한 증상에서 병원균을 분리한 결과, *Pectobacterium* 으로 확인되었으며, KNUB-01-21로 명명 후 실험을 진행함.
- 이상 증상이 관찰된 선인장은 회녹색의 병징이 위에서부터 진전되는 모습이었으며, 이러한 증상은 세균무름병(bacterial soft rot)과 매우 유사하였음. 이러한 증상에서 병원균을 분리한 결과, *Pectobacterium* 으로 확인되었으며, KNUB-01-21로 명명 후 실험을 진행함. 정확한 종 동정을 위해 *dnaX*, *leuS*, *recA* 유전자를 증폭하여 염기서열 분석을 수행하였으며, 계통수를 작성한 결과 *P. brasiliense* clade에 속하는 것으로 확인되었음.
- *Pectobacterium brasiliense* 는 2012년 국내에서 최초로 보고되었으며, 현재까지 아마란스, 파프리카, 감자 및 토마토에 병을 일으키는 것으로 보고되어 있음. 현재까지 선인장에 무름 증상을 일으키는 병원균으로는 *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*으로 알려져 있으나 이번 연구에서 *P. brasiliense*가 선인장에서 무름 증상을 일으키는 것으로 새롭게 보고되었음.

### 3) 트랩을 이용한 생활폐기물 사후매립지 위생곤충 조사 및 효과적 방제모델 개발

#### 가) 연구배경

- 현재 배출되는 생활폐기물은 각 지자체의 매립장에 매립하여 처리하고 있다. 이러한 매립장이 사용이 종료되면 30년간 사도에서 사후관리 매립장으로 관리하고 있음
- 해충관리는 법적 사무의 하나로서 폐기물관리법 제50조 및 동법 시행규칙 제70조에 따라 매립장 방역을 주기적으로 실시하여 해충 발생 및 서식을 방지하고, 매년 방역계획을 수립 후 방역업체에 위탁하여 수행하고 있으나, 매립장에 서식하는 위생곤충 현황에 대한 실제적인 조사가 없고, 따라서 해충 관련 자료가 없는 실정임
- 효과적인 방제를 위하여 사후관리 매립장의 위생곤충(주행성)의 종류별 분포 및 계절별 특이사항 등 현황을 조사하고 효과적으로 방제하는 것이 필요함
- 매년 초 매립장 방역계획을 세운 후 2월경 용역업체를 선정하여 위탁하며, 3월부터 월 1회 방역하고, 하절기에는 주 1회로 집중방역을 실시하고 있으며, 위탁방역업체에선 소독제를 웅덩이, 우수배제시설 등 취약지점에 뿌리는 분무 방역을 실시하고, 하나의 약제로만 연용 사용하고 있음
- 지금까지는 방역 업무는 용역계약 및 계약된 횟수에 맞게 수행하였는지 용역감독에만 초점을 맞추었고, 사후관리중 매립장 서식곤충에 대한 자료나 적절한 방법 등에 대한 고민은 없는 실정임
- 따라서 사후관리 매립장의 주행성 위생곤충 현황 파악하고, 이를 토대로 적절한 방제법 모델을 개발하고자 함

#### 나) 연구방법

##### (1) 조사장소

- 울산 삼산[여천지구]매립장(울산 남구 여천동 1268-2)
  - 면적 : 137,140 m<sup>2</sup>
  - 사용일 : 1989. 3 - 1994. 3.
  - 사후관리기간 : ~2032. 2. 1.
  - 특이사항 : 여천천, 여천배수장, 돈질산
- 2022.3.8.일부터 2022.11.8.일까지 21회 살충제 비펜스린 살포
  - 해충발생에 따라 6월부터 9월말까지는 1주일 간격 살포

##### (2) 조사방법

- 곤충의 비행습성을 이용한 말레이즈 트랩 2반복, 황색·청색 점착트랩 3반복
- 조사기간: 2022년 5월-10월 (7월말부터 8월 중순까지는 강우와 태풍으로 조사 못함)
- 세부방법(5지점 트랩 설치)
  - A : 점착트랩(황, 청), B : 말레이즈트랩, 점착트랩(황, 청), C : 점착트랩(황, 청)
  - D : 말레이즈트랩, 점착트랩(황, 청), E : 점착트랩(황, 청)
- 조사기간 동안 약 2주 간격으로 회수(B,D) 및 점착트랩을 교체하여 곤충을 채집

표. 말레이즈트랩 조사 일정

조사회수	설치일자	수거일자
1회	2022-05-14	2022-05-28
2회	2022-05-28	2022-06-16
3회	2022-06-16	2022-06-28
4회	2022-06-28	2022-07-16
-	2022-07-16	없음(태풍으로 트랩회수)
-	-	없음(태풍으로 트랩회수)
5회	2022-08-15	2022-09-03
6회	2022-09-03	2022-09-22
7회	2022-09-22	2022-10-08
8회	2022-10-08	2022-10-20
9회	2022-10-20	2022-11-05

- 채집된 곤충류는 과 수준(혹은 종 수준)으로 동정하여 분석

다) 연구방법

(1) 조사기간 기상상황

- 전국의 평균기온은 12.9℃, 평균 최고기온은 18.6℃, 평균 최저기온은 8.0℃로 평년보다 각각 0.4℃, 0.4℃, 0.3℃ 높았음
- 전국의 연평균강수량은 1150.4mm로 평년 대비 86.7%였으며, 강수일수는 90.8일로 평년(105.6일)보다 14.8일 적었음
- 조사지역에서는 8월 중순부터 9월 중순까지 누적강수량이 많았음



조사기간 동안 순별 평균온도 및 강수량

(2) 말레이즈트랩 조사

- 조사기간동안 총 11개목 9,025개체가 채집됨

표. 목별 채집 개체수

목명	계	조사일									
		5/28	6/16	6/28	7/16	...	9/3	9/22	10/8	10/20	11/05
잠자리목	2	-	-	-	-		2	-	-	-	-
바퀴목	10	-	2	3	2		2	1	-	-	-
사마귀목	10	2	1	3	4		-	-	-	-	-
집게벌레목	3	1	2	-	-		-	-	-	-	-
메뚜기목	22	3	1	2	-		3	-	6	4	3
노린재목	2,021	1,254	369	103	131		56	42	-	4	62
다듬이목	1	-	1	-	-		-	-	-	-	-
풀잠자리목	4	-	1	-	-		2	1	-	-	-
딱정벌레목	858	62	104	317	194		158	18	-	3	2
파리목	3,278	1,226	373	310	371		176	253	67	158	344
나비목	549	67	76	124	158		55	42	11	11	5
벌목	2,267	264	796	353	247		319	118	41	56	73
계	9,025	2,879	1,726	1,215	1,107		773	475	125	236	489

- 전체 채집개체 중 파리목이 36.3%로 가장 우점하였고, 벌목 25.1%, 노린재목 22.4%순이었음
- 집파리, 검정파리, 쉬파리 등 위생해충이 포함되어 있는 파리목의 채집 비율이 가장 높음

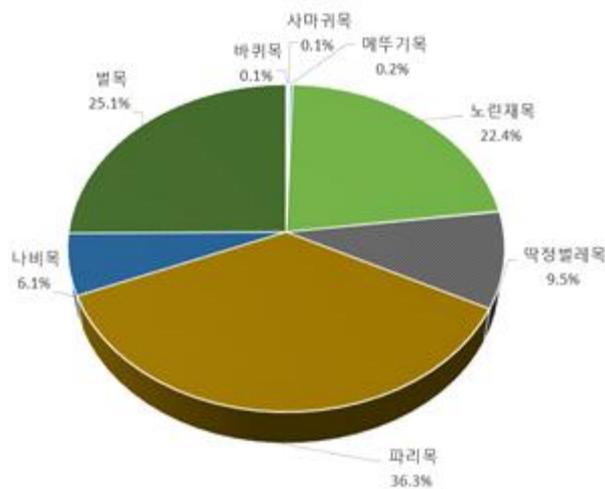


그림. 목별 채집개체 비율

- 시기별로는 5월 중하순의 채집개체수가 가장 많았고, 이후 감소하다가 10월 초순부터 다시 증가하는 경향을 보임
- 이는 5월에는 2회(10, 24일) 살충제를 살포하였으나, 6월부터 9월 말까지 매월 4회씩 살충제를 살포하여 밀도가 감소하는 경향을 보임
- 10-11월까지 월 1회씩 살충제를 살포하여 10월 이후 다시 증가하는 경향을 보임

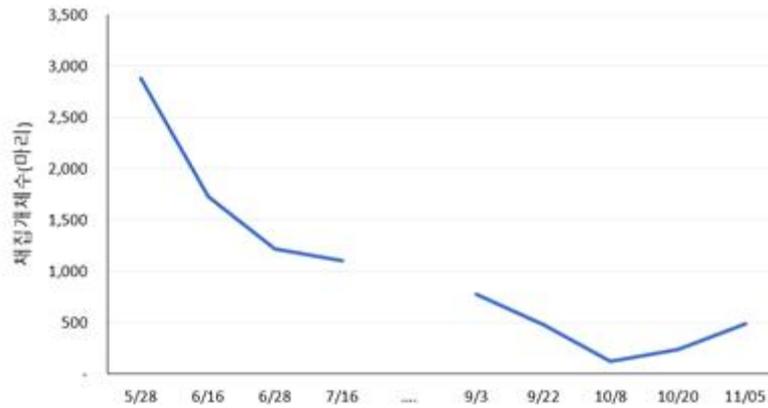


그림. 조사시기별 채집개체수 변화

- 위생해충이 많이 포함되어 있는 파리목은 5월 하순에 가장 밀도가 높았고, 6월부터 9월까지 어느 정도의 밀도를 유지하다가 10월 중순부터 증가하는 경향을 보임
- 노린재목은 5월 하순에 가장 높은 밀도를 보였으나, 6월 하순 이후 밀도가 급격히 낮아져 9월부터는 매우 낮은 발생량을 보임
- 벌목은 6월 중순에 가장 밀도가 높았으며, 9월 중순까지 밀도를 유지하다가 그 이후 감소하는 경향을 보임

#### 4) 검역해충 열대거세미나방의 발생 예찰 및 생물학적 방제 연구

- 외래침입해충인 열대거세미나방의 토착 곤충병원성 곰팡이인 *Metarhizium rileyi*를 채집하여 균주를 분리하고 국가기관에 등록했으며 이를 생산하는 방법을 특허신청하고 또한 연구논문을 발표함으로써 왜래해충의 생물적 방제를 위한 천적자원으로서 활용가능성을 증대함

#### 5) 검역 대상 해충 및 위험 해충에 대한 예찰 및 분류동정 데이터베이스 구축

- 국내 검역 해충의 침입사례 분석을 통한 위험 분류군 목록화
- 국내 검역 해충 동정 및 위험 분류동정 및 기주식물, 생활사, 방제법 등 자료 확보
- 인근 국가의 검역 해충 자료 수집 경제적 피해를 주는 해충 조사
- 해충유형별 해충의 생육 정보 및 환경정보 자료 확보
- 검역 대상 해충 및 해충 동정 방법에 대한 교육자료 제작

## 6) 벚초파리의 화학물질 선호도 파악을 통한 수출시 방역전략 마련을 위한 기초 자료 확보

### 가) 과일의 부패/발효 단계에 따른 화학물질 종류, 농도 평가

- 과일에서 발산하는 화학물질은 해충의 후각신호와 반응하여 해충의 기주 식물로 유도하는 효과를 가짐.
- 과일에서는 에탄올, 2-phenylethanol, 아세트산, 메탄올 등의 화학물질의 발산함.
- 신선 과일에서는 주로 2-phenylethanol이 발산하나, 과일의 후숙 과정 중 에탄올의 발산이 증가하기 시작하고, 과일이 발효 단계로 들어서면 에탄올의 농도가 증가하고, 후기 발효(초산 발효)로 진행됨에 따라 아세트산의 농도가 증가하는 경향을 가짐.
- 이에 본 연구에서는 과일의 숙성 과정에 따른 화학물질의 발산을 고려하여 2-phenylethanol, 에탄올, 아세트산을 대상으로 화학물질에 대한 두 초파리의 선호도 평가를 실시하고 있음.

### 나) Y-tube를 이용한 화학물질 선택 실험 방법 구축

- 두 가지 화학물질 및 두 농도에 대한 각 초파리의 선호도 평가를 위한 Y-tube 방법을 구축하였음
- Y 모양의 tube 양 끝에 슝에 처리한 화학물질(농도 및 종류)을 위치시킨 후, 고무 관을 이용하여 다시 한 관으로 연결한 후 air pump를 이용하여 공기를 주입함.
- 공기 주입시 공기의 오염을 방지하기 위해 활성탄과 물을 통과한 공기가 Y-tube로 주입되도록 처리함.
- Y 모양 tube의 아래 쪽에 실험 곤충을 위치 시킨 후 공기를 통해 흘러 오는 화학물질을 인지하게 하여 화학물질 중 어디로 이동하였는지 파악하였음.
- 처리 시간, 공기의 흐름, 처리 초파리의 수 등을 파악하기 위한 사전 연구를 실시하여 실험 조건을 확립하였음.

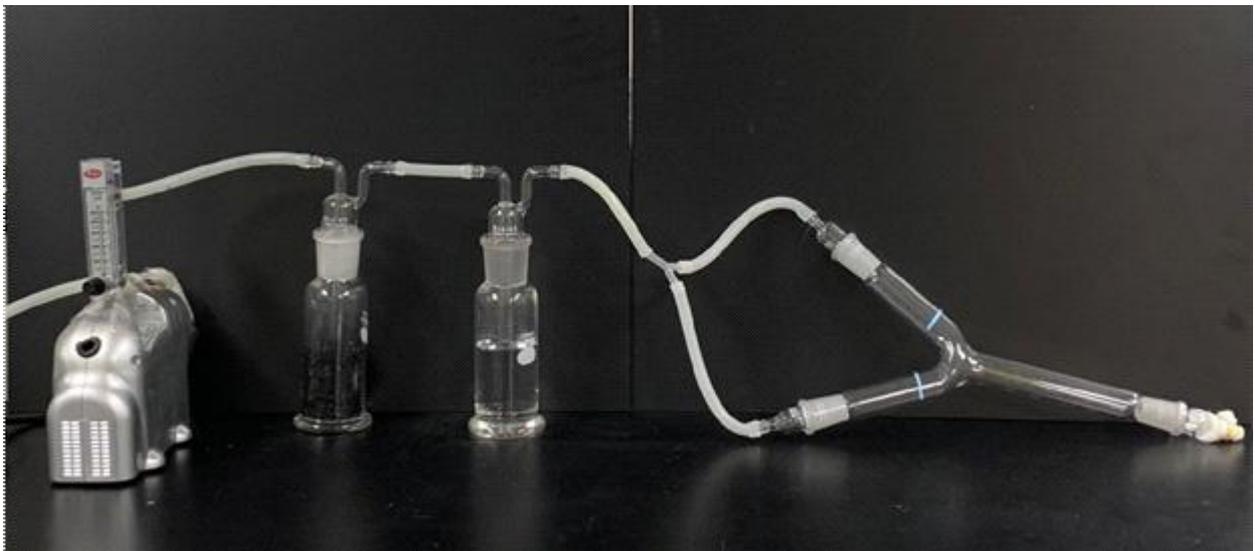


그림 1. 화학물질의 종류와 농도 따른 초파리 선호도 평가를 위한 Y-tube 실험

### 다) 대표적 화학물질 농도에 대한 선호도 평가 실시

- 과일에서 발산하는 화학물질의 농도는 과일의 후숙 과정에 따라 그 농도가 높아 질 것으로 판단됨.
- 이에 과일에서 발산하는 대표적인 화학물질인 2-phenylethanol, 에탄올, 아세트산을 대상으로 다양한 농도에 대한 두 초파리(벚초파리와 노랑초파리)의 선호도를 Y-tube를 이용하여 평가하였음.
- 예상한 바와 같이 신선 과일에 서식하는 벚초파리는 발효/부패 환경에 서식하는 노랑초파리에 비해 2-phenylethanol, 에탄올, 아세트산 모두에서 저농도 구간을 선호하는 것으로 확인됨.
- 본 연구의 결과는 상이한 서식 환경에 서식하는 두 종류의 초파리가 각각의 서식 환경에서 발산하는 화학물질에 농도에 따른 선호도의 차이를 실험적으로 증명하였음.
- 벚초파리는 호주, 뉴질랜드 등으로 수출되는 과일에서 주요한 검역대상 해충임으로 본 화학물질 선호도 평가의 실험 방법과 기초 결과는 추후 벚초파리의 검역 조사 및 방제에 활용될 수 있을 것으로 기대됨.

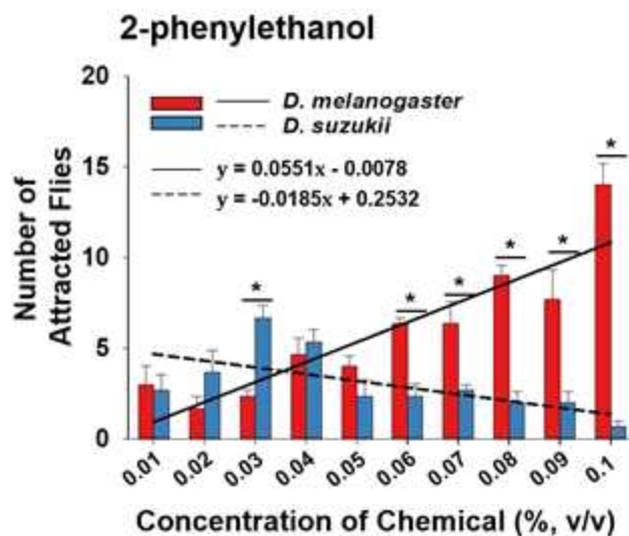


그림 2. 다양한 농도의 2-phenylethanol에 대한 노랑초파리(*D. melanogaster*)와 벚초파리(*D. suzukii*)의 선호도 비교 평가

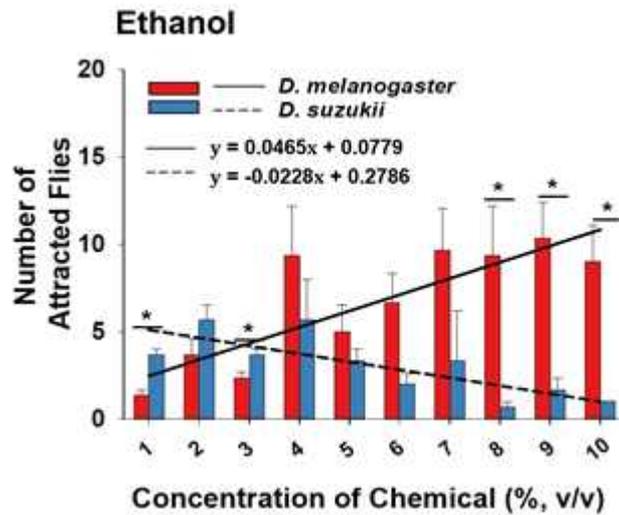


그림 3. 다양한 농도의 에탄올에 대한 노랑초파리(*D. melanogaster*)와 벚초파리(*D. suzukii*)의 선호도 비교 평가

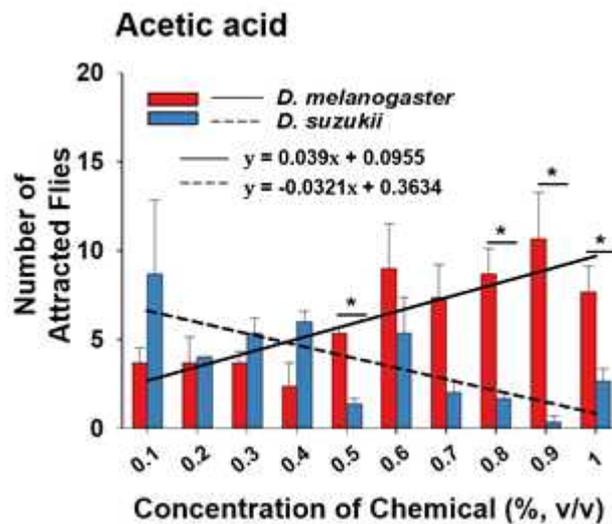


그림 4. 다양한 농도의 아세트산에 대한 노랑초파리(*D. melanogaster*)와 벚초파리(*D. suzukii*)의 선호도 비교 평가

라) 대표적 화학물질 농도에 대한 노랑초파리 암컷의 교미 전/후간 선호도 평가 실시

- mated 노랑초파리와 virgin 노랑초파리를 대상으로 화학물질 농도별 선호도를 Y-tube를 이용하여 평가하였음.
- 과일 발효/부패 단계에서 초기에 주로 발산하는 2-phenylethanol에 대한 노랑초파리 암컷의 선호도 조사 결과, 교미 전/후 간 유의미한 상이성이 관찰되지 않았음 (그림 5).
- 알콜 발효로 발산되는 에탄올에 대한 노랑초파리 암컷의 선호도 조사 결과, 교미하지 않은 초파리 암컷은 저농도를 선호하는 반면, 교미한 초파리 암컷은 고농도를 선호하는 것으로 관찰되었음 (그림 6).
- 초산 발효시 발산되는 아세트산에 대한 노랑초파리 암컷의 선호도 조사 결과,

교미하지 않은 암컷이 저농도를 약간 선호하며, 교미한 암컷은 고농도를 약간 선호하는 것으로 관찰 되었음 (그림 7).

- 2-phenylethanol에 대한 노랑초파리 암컷의 교미 전/후간 선호도 조사 결과는 교미를 위해서는 고농도의 화학물질이 발산되는 환경을 선호하는 것으로 판단되고, 교미 후 산란을 위해서는 대체로 과숙된 환경보다는 기질의 발효가 진행 중인 고체 상태의 조건을 선호하는 것으로 예상됨.

- 실험실 조건에서 초산균을 접종한 후 발효가 진행되는 인공식이 배지에 교미한 노랑초파리 암컷을 위치시켜 시간별 선호도를 비교한 결과, 노랑초파리 암컷을 시간이 지남에 따라 초산균이 접종된 배지를 더 선호하였으며, 또한 초산균이 접종된 배지에 약 3.31배 더 많은 알을 산란하였음 (그림 8). 이는 화학물질을 대상으로 실시한 선호도 조사 결과와 동일한 것으로 사료됨.

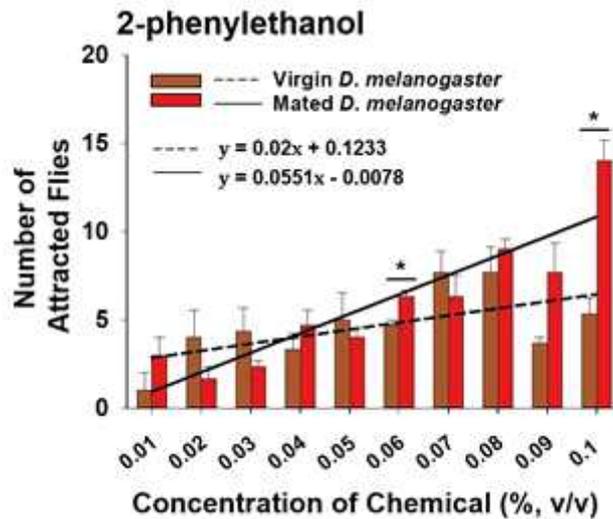


그림 5. 다양한 농도의 2-phenylethanol에 대한 mated 노랑초파리(*D. melanogaster*)와 virgin 노랑초파리(*D. melanogaster*)의 선호도 비교 평가

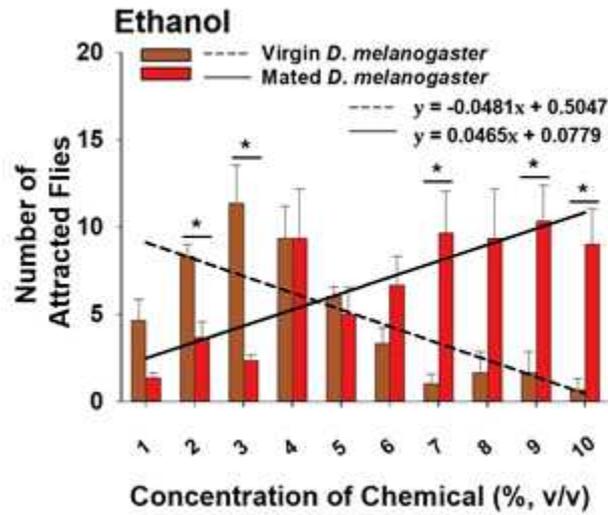


그림 6. 다양한 농도의 에탄올에 대한 mated 노랑초파리(*D. melanogaster*)와 virgin 노랑초파리(*D. melanogaster*)의 선호도 비교 평가

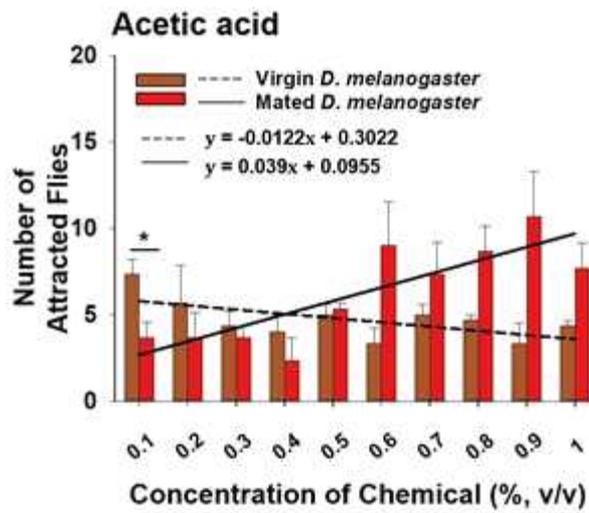


그림 7. 다양한 농도의 아세트산에 대한 mated 노랑초파리(*D. melanogaster*)와 virgin 노랑초파리(*D. melanogaster*)의 선호도 비교 평가

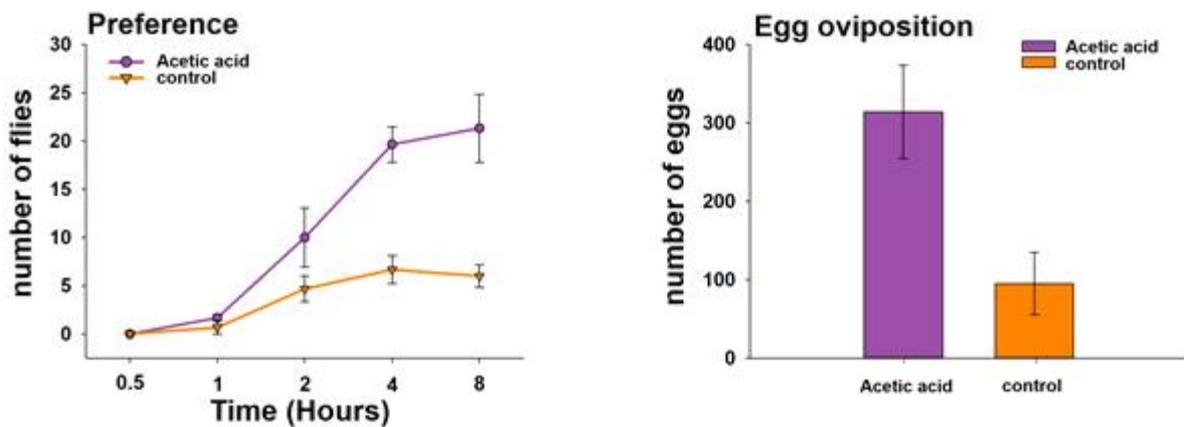


그림 8. 초산균 접종 배지에 mated 노랑초파리(*D. melanogaster*)의 선호도 비교 평가

## 7) 수출품 대상 검역해충의 오염도 조사 및 관리 방법 연구

### 가) 석덩나무노린재 활동기 개체군 모니터링 결과

#### (1) 활동기 개체군 채집 시기

- 활동기 개체군의 모니터링은 울산 4개소를 대상으로 16회 모니터링을 진행함 (표 1).

표 1. 석덩나무노린재 활동기 개체군 밀도 조사 진행 시기

채집 회차	1회차	2회차	3회차	4회차	5회차	6회차	7회차	8회차
채집 날짜	21.04.16	21.04.30	21.05.14	21.05.27	21.06.10	21.06.25	21.07.08	21.07.23
채집 회차	9회차	10회차	11회차	12회차	13회차	14회차	15회차	16회차
채집 날짜	21.08.06	21.08.20	21.09.03	21.09.18	21.10.01	21.10.15	21.10.29	21.11.12

#### (2) 활동기 개체군 채집 결과

- 석덩나무노린재 활동기 개체군은 4월부터 발생하여 11월까지 발생이 확인됨 (표 2).
- 국내 활동기 개체군의 발생패턴은 10월에 peak를 형성
- 작물 재배지역(agricultural area) 1개 지점, 중간지역(intermediate area) 2개 지점, 수출품 선적지역 인근 산림(near-port area) 1개 지점 총 4개 지역에서 활동기 석덩나무노린재 개체군 동태 파악 모니터링 결과 2021년 4월에서 11월까지 총 281개체가 채집됨 (표 22, 그림 187).

표 22. 지역별 석덩나무노린재 개체군

	04.16	04.30	05.14	05.27	06.10	06.25	07.08	07.23
농업지역	4	9	0	4	7	0	1	3
중간지역	5	11	2	12	21	6	6	8
선적지역	1	3	0	2	2	4	4	2
	08.06	08.20	09.03	09.18	10.01	10.15	10.29	11.12
농업지역	4	3	9	4	12	4	4	4
중간지역	10	7	15	12	29	9	4	2
선적지역	3	4	3	5	9	5	0	3

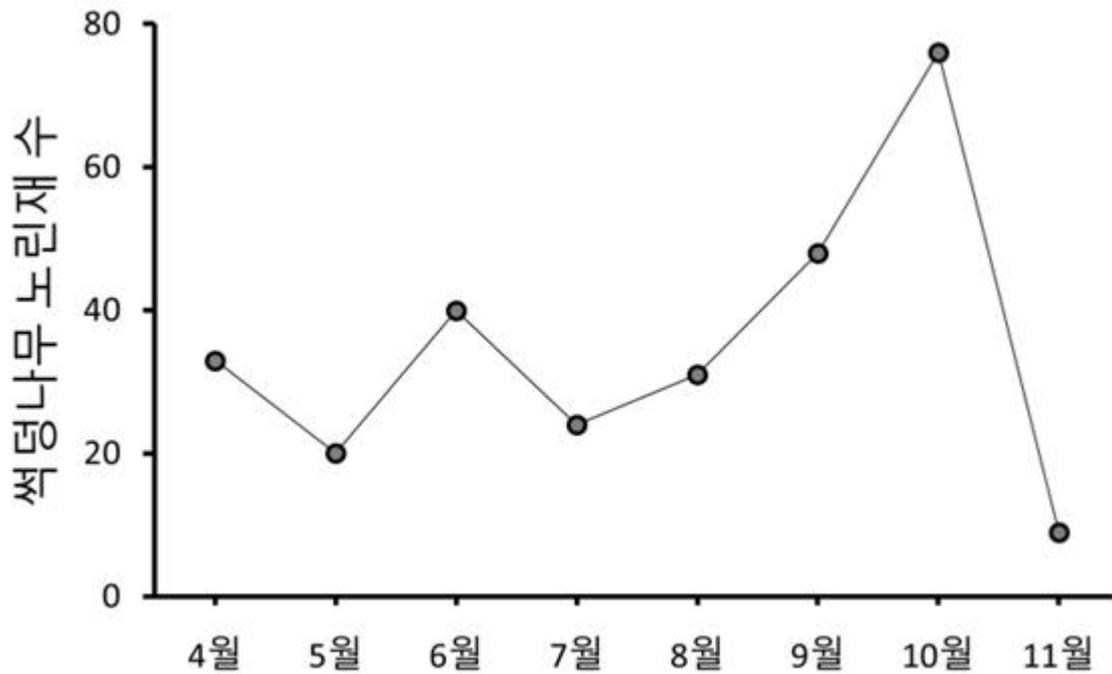


그림 187. 썩덩나무노린재 활동기 개체군 발생패턴

- 조사 환경별 채집된 썩덩나무노린재 개체군 발생 밀도를 비교했을 때, 작물 재배지역에서 72마리, 중간지역에서 159마리, 수출품 선적지역 인근 산림에서 총 49마리가 채집됨.
- 트랩당 채집된 썩덩나무노린재 활동기 개체군 밀도를 조사 환경별로 비교-분석 결과, 수출품 선적 지역 인근 산림에서 채집된 개체가 0.3마리로 가장 낮은 밀도를 보였으며, 중간지역과 작물재배 지역에 각각 0.5마리 및 0.45마리가 채집되어 중간지역에서 가장 높은 밀도가 확인됨.

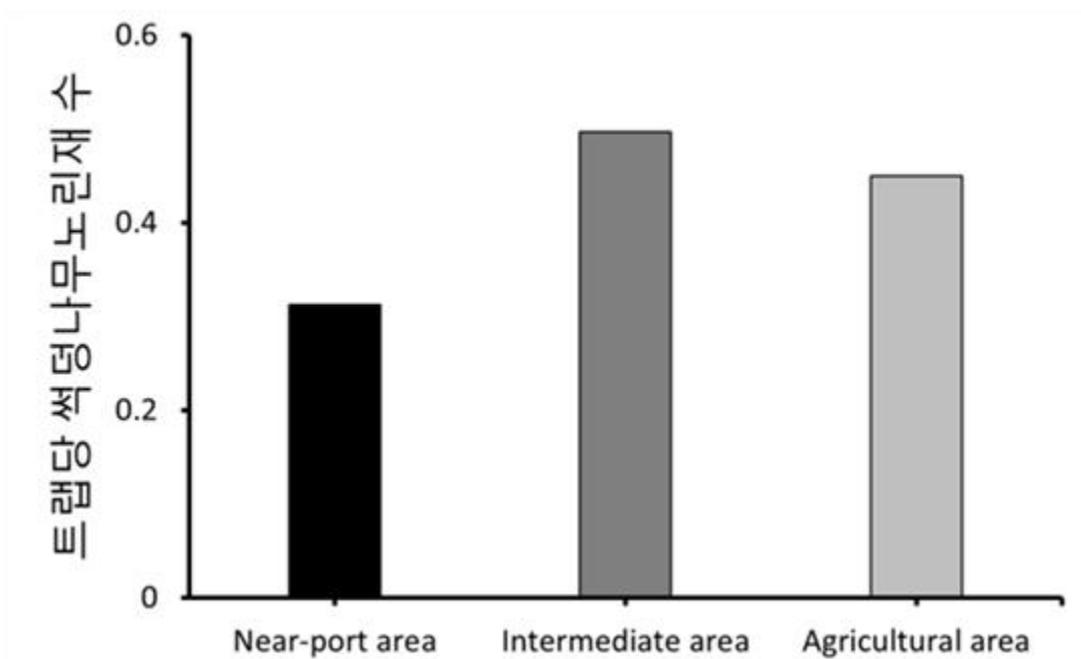


그림 188. 조사 환경별 썩덩나무노린재 활동기 개체군의 트랩당 발생 밀도

- 조사 환경에 따른 월별 석덩나무노린재 개체군 발생 밀도의 경우, 조사 환경에 상관없이 9-10월에 개체군 밀도가 증가하여 peak를 형성함.

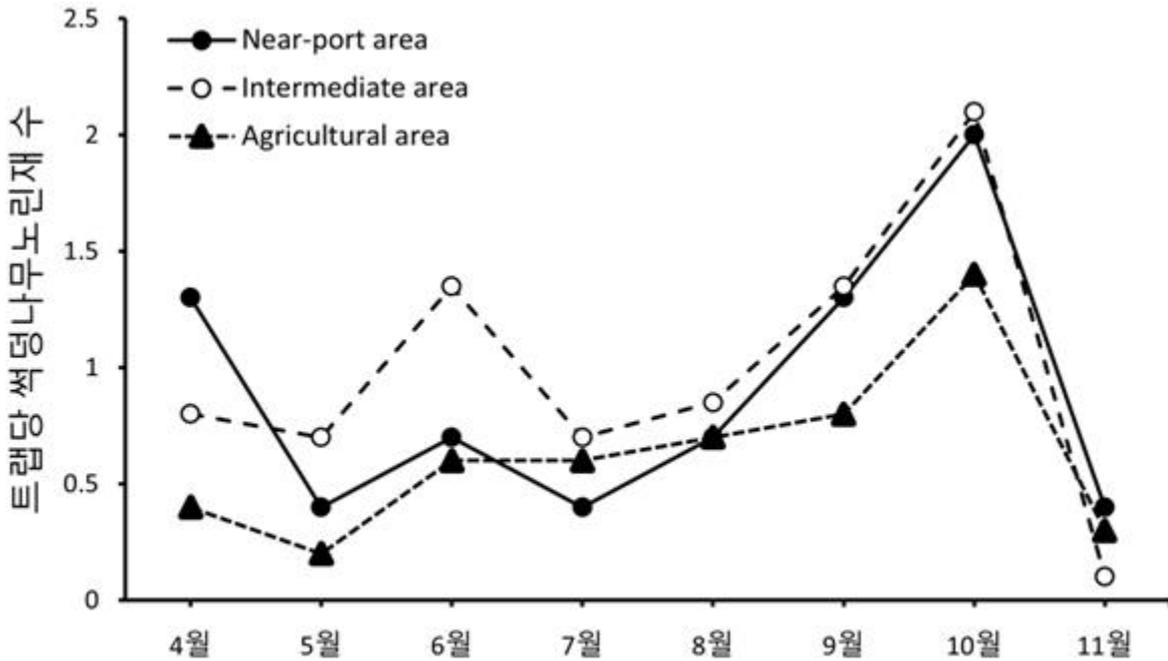


그림 189. 조사 환경별 석덩나무노린재 활동기 개체군 발생패턴

다) 석덩나무노린재 월동기 개체군 모니터링 결과

(1) 월동기 개체군 채집

- 석덩나무노린재 월동기 개체군이 수출품 선적지역으로 유입되는 것을 모니터링하기 위해 20개의 표준 월동 트랩을 설치 및 수거하여 석덩나무노린재 유입 모니터링 및 밀도 조사를 진행함 (그림 190).



그림 190. 표준 월동 트랩 설치지역\_울산항(야적장)



그림 190. 표준 월동 트랩 설치지역\_울산항(선적장)

(2) 월동기 개체군 채집 결과

- 표준 월동 트랩에서 소나무허리노린재류를 포함한 노린재류 곤충 2마리가 채집되었으나, 월동 중인 썩덩나무노린재는 발견되지 않음 (표 22, 그림 191).

표 22. 썩덩나무노린재 월동기 개체군 유입 및 밀도 모니터링을 위한 표준 월동 트랩 조사 결과

설치 위치	인공 구조물	개수	트랩 개수	썩덩나무노린재	기타 노린재류	Note
선적장	건물	1	4	0	0	-
	조명탑	6	6	0	0	-
야적장	조명탑	10	10	0	2	-
Total		17	20	0	2	-



그림 191. 선적지역 내 조명탑에 설치된 표준월동트랩

(3) 수출품 선적지역에서 월동기 개체군 동태 조사\_육안조사

- 썩덩나무노린재 월동기 개체군 유입 모니터링을 위해 수출품 선적지역 내 인공구조물을 대상으로 육안조사를 진행함 (그림 192).



그림 192. 수출품 선적 지역 내 육안조사를 진행한 위치\_울산항

(4) 수출품 선적지역에서 월동기 개체군 동태 조사 결과\_육안조사

- 인공구조물을 대상으로 총 189.34분간 753m<sup>2</sup>면적에 대해 실시한 육안조사에서 썩덩나무노린재는 발견되지 않음 (표 23).

표 23. 수출품 선적지역 내 인공구조물 육안조사 결과

장소	인공 구조물	개수	육안조사 지점	조사면적(m <sup>2</sup> )	조사시간(분)	썩덩나무노린재
선적장	건물	1	9	590.17	90.98	0
	조명탑	8	8	67.65	18.93	0
	가스관	1	1	10.00	7.00	0
야적장	공원(침엽수)	1	7	17.80	52.43	0
	조명탑	10	10	67.60	20.00	0
Total		19	33	753.22	189.34	0

(5) 자연 월동구조물에서 월동기 개체군 동태 조사\_육안조사

- 썩덩나무노린재 월동기 개체군 밀도 조사를 위해 수출품 선적지역 인근 산림 및 중간지역의 자연구조물을 대상으로 육안조사를 실시함 (그림 193).



그림 193. 수출품 선적지역 인근 산림에서 죽은 나무 육안 조사를 진행한 조사 위치\_울산

(6) 자연 월동구조물에서 월동기 개체군 동태 조사 결과\_육안조사

- 수출품 선적지역 인근 산림에서 27그루, 중간지역 인근 산림에서 26그루의

죽은 나무에 대해 총 375분간 실시한 육안조사에서 썩덩나무노린재는 발견되지 않음 (표 24, 그림 194).

표 24. 썩덩나무노린재 월동기 개체군 유입 및 밀도 모니터링을 위한 육안조사 결과

조사장소	항만으로부터 거리(km)	조사한 나무 수	조사시간(분)	조사면적(m <sup>2</sup> )	썩덩나무노린재
수출품 선적지역	0.9	27	231.5	1,600	0
중간지역	16.3	26	143.5	6,810	0
Total	-	53	375.0	8,410	0



그림 194. 자연구조물 육안 조사를 위해 선정된 죽은 나무

## 8) 목재류 및 목재포장재 유입 우려 병원균 목록화 및 방제법 연구

### 가) 목재류 및 목재 포장재로 유입 우려 병원균 배양조건 탐색

#### (1) 목재류에서 획득 가능한 곰팡이 균주의 분리 및 동정법 확립

- 적재된 목재 표면에서 백색, 녹색 균사체를 광학 현미경으로 관찰한 결과, 여러 종류의 포자가 특징적으로 관찰되었으며, *Fusarium* spp, *Trichoderma* sp. 의 분생포자 유사조직이 관찰되었음.
- 이러한 결과를 통해 목재류 및 목재 포장재 외부 표면에 묻어있는 균사체는 감염이후 관찰되는 곰팡이에 의한 표징일 가능성이 매우 높은 것으로 판단되며, 유입되는 목재 포장재를 면밀히 관찰해야 할 것으로 판단됨.
- 목재에서 분리된 곰팡이에 대하여 ITS region 분석을 통해 속 수준을 동정한 결과 치마버섯(*Schizophyllum commune*), *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp. *Sphaeropsis* sp., *Pestalotiopsis* sp., *Rhizopus* sp. 등으로 확인되었음. 분석된 곰팡이 중에서 *Pestalotiopsis* sp., *Sphaeriopsis* sp.에 속하는 곰팡이의 경우, 해당 속에 속하는 곰팡이 다수가 병원균으로 보고되어 있으므로, 목재류에서 잠재 병원균으로 서식할 수 있을 것으로 판단됨.

#### (2) 토양에서 획득 가능한 곰팡이 균주의 분리 및 동정법 확립

- 토양에서 서식하는 곰팡이 균주를 확보하기 위하여 가장 효율적인 방법은 단계별 희석법인 것으로 확인되었음. 확보된 곰팡이 균주의 경우, ITS region 분석을 통해 속 수준을 파악하고, 각 병원균에 대한 특이적인 분자 마커를 조사하여 염기서열 분석을 실시하고, 배양학적 형태적 특징을 관찰하는 것이 적합한 방법일것으로 판단됨.

#### (3) 국내 미보고 식물병원균에 대한 분석

- 경남 함안에서 채집된 남바람꽃 (*Anemone flaccida*)의 잎과 줄기에서 이상 증상을 관찰하여 병원균의 형태적 특징 및 계통학적 유연관계를 분석하였음. 정확한 종 동정을 위하여 획득한 ITS영역과 LSU gene을 이용하여 계통학적 유연관계를 분석함.

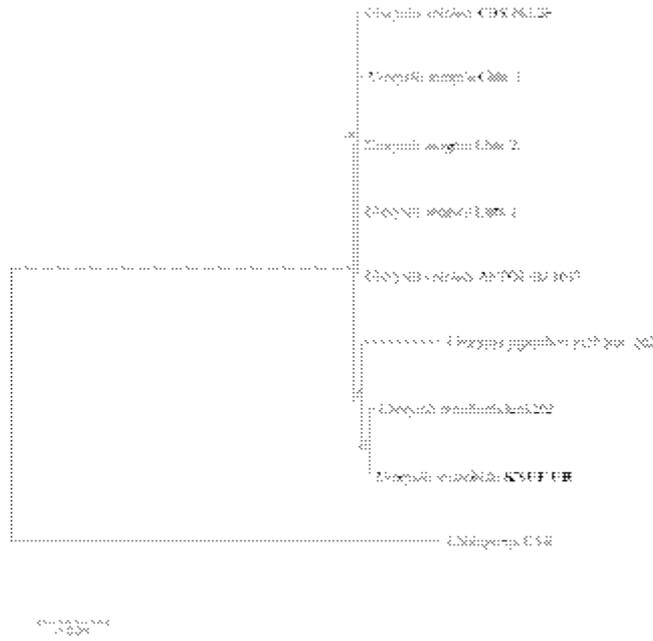


그림 195. LSU rDNA 영역을 이용한 *Urocystis* spp.의 계통학적 유연관계

- 계통학적 유연관계 분석 결과, 경남 함안에서 분리한 KNUF-UB의 경우, *Urocystis eranthidis* hmk292와 가장 근연하였음. *Urocystis*는 국내에 단 3종만 보고가 되어 있는 종으로서, 남바람꽃에서 발견된 종은 국내에서 보고가 되지 않았던 갯부기병균으로 확인됨.

9) 검역해충 호박과실파리(*Bacterocera depressa*) 산란시 나타나는 화학적 변화 분석 연구

- 경북대학교에서 portable volatile collection system (PVCS)의 프로토 타입 개발이 완료되었다.
- 노지에서 시험 평가 및 분석 예정이다.

<제3핵심 연구과제 : 농작물 병해충 종합적 방제 기술 개발> (전남대)

제3핵심 연구과제 -1. 원예작물 주요 병해충 종합적 방제 기술 개발 (양광열)

1) 원예작물 주요 병해 적용 농약저항성 검정 및 관리방안 확립 (양광열)

- 국내 사과 재배지역인 진천, 제천, 진안, 장수, 충주 5개 지역에서 사과점무늬낙엽 병에 걸린 사과 잎을 채집한 후 병원균인 *Alternaria mali* 단포자를 분리하였음.



그림1. 사과점무늬병균 채집 지역.

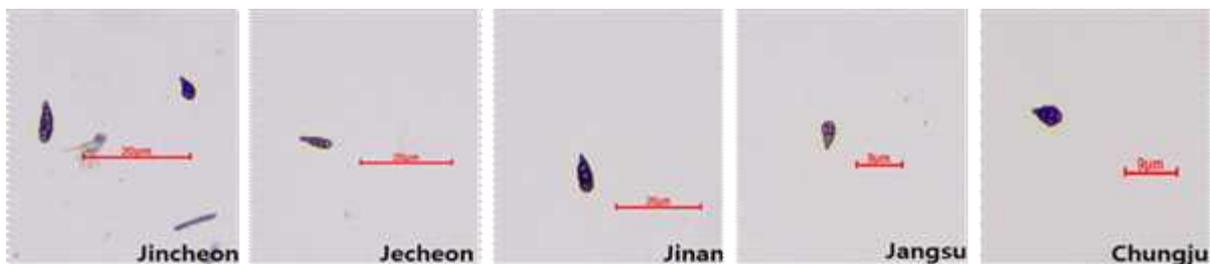


그림2. 사과점무늬낙엽병균 *Alternaria mali*의 분리된 단포자 모습.

- 사과 농가에서 과거 오랜 기간 사용하고 있는 Qoi 계통의 살균제 농약에 대한 저항성을 확인하기 위해 보유중인 병원균인 *Alternaria mali* 7개 분리주 선정. 정확한 Qoi 저항성을 확인하기 위해 대체산화효소 경로 억제제인 salicylhydroxamic acid (SHAM) 100 µg/ml에 대한 민감도 확인을 진행.

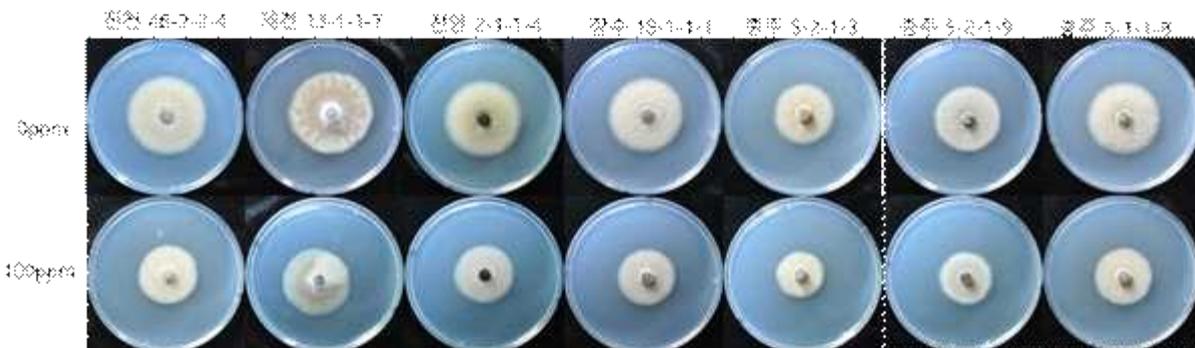


그림3. *Alternaria mali* 7개 분리주에 대한 SHAM 민감도 확인.

- *Alternaria mali*가 SHAM에 민감한 것을 확인. 사과에 등록된 Qoi 계통의 약제인 Kresoxim-methyl에 대한 저항성 발달 여부를 군사생장 억제 실험을 통해 확인.

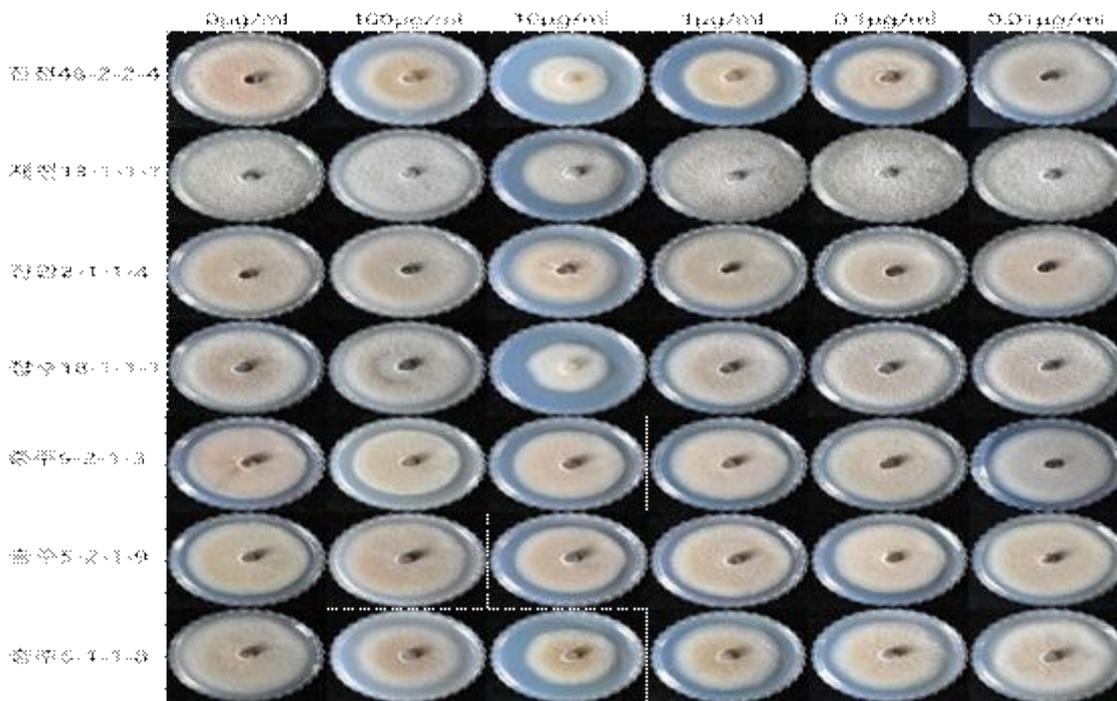


그림4. 7개 분리주에 대한 Kresoxim-methyl 저항성 결과

	0µg/ml	100µg/ml	10µg/ml	1µg/ml	0.1µg/ml	0.01µg/ml
진천 48-2-2-4	52.00	39.67	29.67	39.67	40.00	47.00
제천 13-1-1-7	52.00	50.00	37.00	52.00	50.00	51.00
진안 2-1-1-4	48.67	47.00	39.00	45.67	50.00	50.67
장수 18-1-1-1	47.67	48.00	29.67	45.67	49.67	50.67
충주 5-2-1-3	45.33	45.00	40.67	45.00	47.00	47.33
충주 5-2-1-9	44.33	46.00	39.33	44.00	42.67	43.33
충주 5-1-1-8	50.67	39.67	34.67	43.00	41.00	43.00

표1. 7개 분리주에 대한 Kresoxim-methyl 저항성 결과 (mm)

- Qoi 살균제 저항성은 미토콘드리아의 cytochrome *bc<sub>1</sub>* complex의 G143A 변화로 발생. Qoi에 민감한 경우 “.....TGTCATTATGAGGTGCAACAGT.....”, Qoi에 저항성인 경우 “.....TGTCATTATGAGCTGCAACAGT.....” 로 염기서열의 변화가 있음. 해당 변이를 확인하기 위해 Primer 제작 및 PCR 진행. 염기서열 및 아미노산 분석 결과 충주 6-1-1-8, 진천 48-2-2-4를 제외한 나머지 분리주에서 Qoi 저항성 돌연변이를 확인.

Primer	Target	Sequence	PCR parameters
AF	QOI A. nidulans	5'-ADACTGGTCAGCAATTCCTCATAD-3'	95°C for 1min 35 cycles (94°C 40s, 58°C 40s, 72°C 1min), 72°C for 10min
AR		5'-TTCGTCAATTCATGGTATGACACTCA-3'	

표2. Qoi 저항성 확인 primer 및 PCR 조건

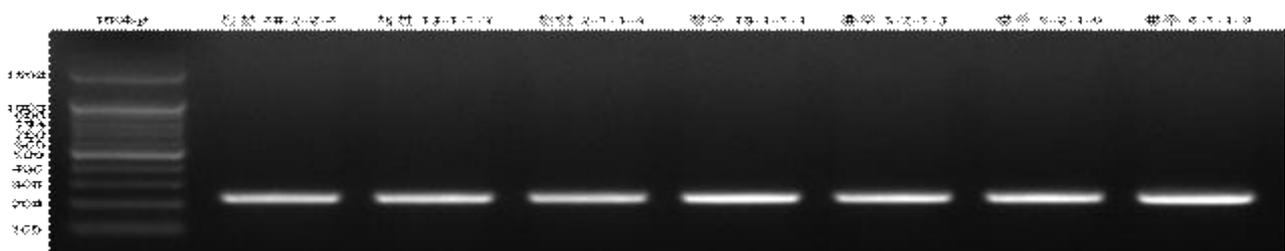


그림5. Qoi 저항성 확인 primer를 이용한 PCR 결과

```

CJ5-2-1-3      AGCTTTCTTGGGATACGTCTTGCCATACGGGCAAATGTCATTATGAGCTGCAACAGTTAT 240
CJ5-2-1-9      AGCTTTCTTGGGATACGTCTTGCCATACGGGCAAATGTCATTATGAGCTGCAACAGTTAT 240
JA2-1-1-4      AGCTTTCTTGGGATACGTCTTGCCATACGGGCAAATGTCATTATGAGCTGCAACAGTTAT 240
JE13-1-1-7     AGCTTTCTTGGGATACGTCTTGCCATACGGGCAAATGTCATTATGAGCTGCAACAGTTAT 240
JG18-1-1-1     AGCTTTCTTGGGATACGTCTTGCCATACGGGCAAATGTCATTATGAGCTGCAACAGTTAT 240
CJ6-1-1-8      AGCTTTCTTGGGATACGTCTTGCCATACGGGCAAATGTCATTATGAGGTTGCAACAGTTAT 240
JC48-2-2-4     AGCTTTCTTGGGATACGTCTTGCCATACGGGCAAATGTCATTATGAGGTTGCAACAGTTAT 240
AY263408.1     AGCTTTCTTGGGATACGTCTTGCCATACGGGCAAATGTCATTATGAGGTTGCAACAGTTAT 240
*****

```

그림6. 7개 분리주의 염기서열 분석 결과

```

AY263408.1      IMRDVNNNGWLI RVLHSNTASAFFFI VVLHI GRGMVYGSYRAPRTLVTI GTVIFILMMAT 60
CJ6-1-1-8      IMRDVNNNGWLI RVLHSNTASAFFFI VVLHI GRGMVYGSYRAPRTLVTI GTVIFILMMAT 60
JC48-2-2-4     IMRDVNNNGWLI RVLHSNTASAFFFI VVLHI GRGMVYGSYRAPRTLVTI GTVIFILMMAT 60
CJ5-2-1-3      IMRDVNNNGWLI RVLHSNTASAFFFI VVLHI GRGMVYGSYRAPRTLVTI GTVIFILMMAT 60
CJ5-2-1-9      IMRDVNNNGWLI RVLHSNTASAFFFI VVLHI GRGMVYGSYRAPRTLVTI GTVIFILMMAT 60
JA2-1-1-4      IMRDVNNNGWLI RVLHSNTASAFFFI VVLHI GRGMVYGSYRAPRTLVTI GTVIFILMMAT 60
JE13-1-1-7     IMRDVNNNGWLI RVLHSNTASAFFFI VVLHI GRGMVYGSYRAPRTLVTI GTVIFILMMAT 60
JG18-1-1-1     IMRDVNNNGWLI RVLHSNTASAFFFI VVLHI GRGMVYGSYRAPRTLVTI GTVIFILMMAT 60
*****

AY263408.1      AFLGVVLPYQMSLVGATVITNLMSAIPWIGQDIV 95
CJ6-1-1-8      AFLGVVLPYQMSLVGATVITNLMSAIPWIGQDIV 95
JC48-2-2-4     AFLGVVLPYQMSLVGATVITNLMSAIPWIGQDIV 95
CJ5-2-1-3      AFLGVVLPYQMSLVGATVITNLMSAIPWIGQDIV 95
CJ5-2-1-9      AFLGVVLPYQMSLVGATVITNLMSAIPWIGQDIV 95
JA2-1-1-4      AFLGVVLPYQMSLVGATVITNLMSAIPWIGQDIV 95
JE13-1-1-7     AFLGVVLPYQMSLVGATVITNLMSAIPWIGQDIV 95
JG18-1-1-1     AFLGVVLPYQMSLVGATVITNLMSAIPWIGQDIV 95
*****

```

그림7. 7개 분리주의 아미노산 분석 결과

- 이후 국내 사과 재배지 5개 지역에서 수집한 121개의 *Alternaria mali*의 염기서열 분석 결과 장수군을 제외한 나머지 4개 지역에서 저항성을 부여하는 유전자 돌연변이를 가진 균주가 혼재되어 있음을 확인함.
- 이를 확인하기 위한 또 다른 방법으로 Allele specific PCR을 진행. 본 실험에 사용한 Primer는 “.....TGTCATTATGAGCTGCAACAGT.....”와 같이 염기서열 변화가 있는 경우 PCR이 진행되어 전기영동시 Band가 나타남. 표에 적힌 PCR조건을 통해 PCR한 결과 앞선 염기서열 분석과 마찬가지로 진천군에서 3개, 제천시에서 23개, 진안군에서 21개, 장수군에서 25개, 충주시에서 14개의 Band가 관찰됨.

Primer	Sequence	PCR condition
AF	5'-ATGACGATGTAAGTAATGCGATAT-3'	92°C for 3min, 25 cycles (94°C 40s, 61°C 40s, 72°C 1min), 72°C for 10min
AR	5'-AGCGTACGTAATACCTCCAG-3'	

표3. Allele specific PCR을 위한 Primer

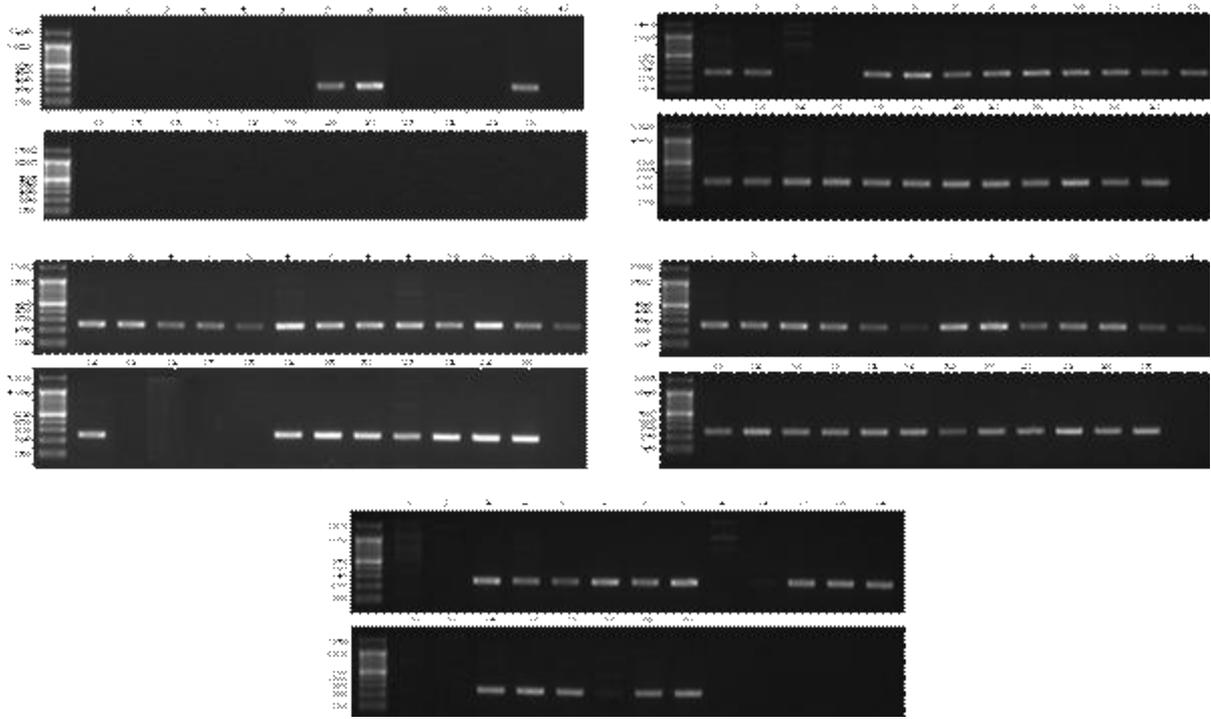


그림8. 지역별 균주 Allele specific PCR 결과

- G143A 돌연변이를 확인하기 위한 방법으로 제한 효소 *Fnu4HI*를 이용하여 확인하는 방법을 진행. 해당 제한효소를 이용할 경우 저항성 균주의 염기서열 227bp를 178bp와 49bp로 절단 시킴. DNA 1  $\mu$ l, SDW 43  $\mu$ l, *Fnu4HI* 1  $\mu$ l, 10X NEBuffer 5  $\mu$ l를 한 tube에 넣고 37°C에서 Overnight 반응 시킴. 이후 3% Agarose gel에서 100V 19min 전기영동 하여 결과를 확인함.



그림9. 제한효소 *Fnu4HI*의 작용 부위

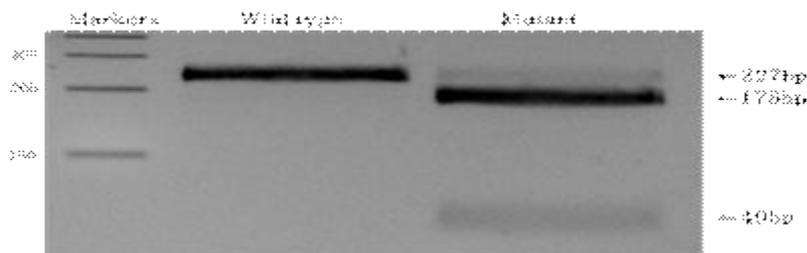


그림10. 제한효소 처리 결과

- 추가로 제한효소 검출 민감도를 확인하기 위해서 감수성 분리주와 저항성 분리주의 DNA를 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20, 60 : 40, 50 : 50, 40 : 60, 0 : 100 비율로 섞은 뒤 AF, AR primer를 이용하여 PCR 진행 후 *Fnu4HI*를 처리하였음. 대조구로는 같은 비율로 섞은 DNA를 PCR 진행. 단순히 PCR만 진행하였을 경우 저항성 분리주와 감수성 분리주의 혼재 여부를 확인할 수 없었지만, 제한효소를 처리한 경우 저항성 분리주의 DNA가 10% 이상 섞여 있는 경우 검출이 가능함을 확인.

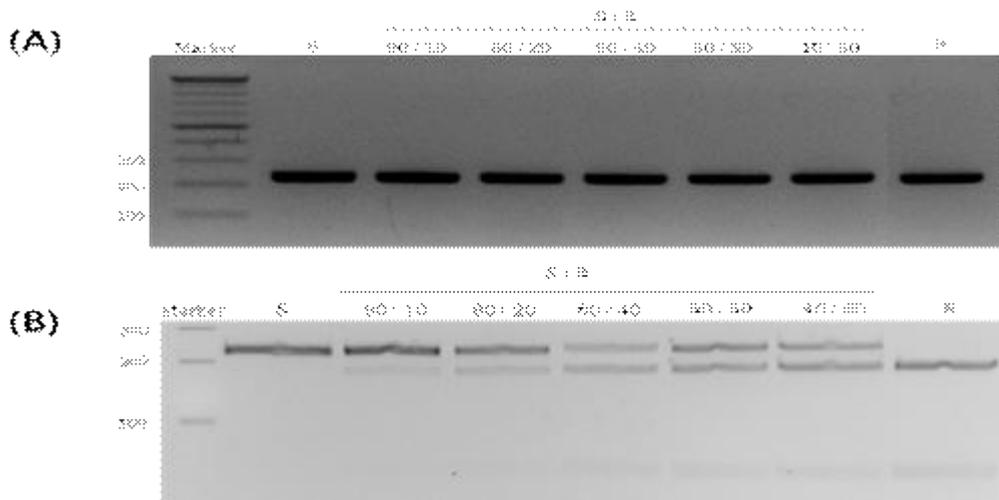


그림11. 제한효소를 통한 저항성 분리주 검출 민감도 확인

- 앞선 균사생장 억제 실험에서 정확한  $EC_{50}$ 값이 산출되지 않음. 따라서  $EC_{50}$ 값을 산출하기 위해 분생포자 억제율을 이용하여 산출하기로 함. V8 juice Agar(200ml V8 juice, 800ml SDW, 3g calcium carbonate)에 *A. mali*를 치상하여 명조조건에서 25°C, 7~15일간 배양하여 분생포자 농도가  $1 \times 10^4$  conidia/ml이 되게 회수함. Kresoxim-methyl, trifloxystrobin을 각각 water agar(WA)에 최종 농도 100, 10, 1, 0.1, 0.01  $\mu\text{g/ml}$ 이 되도록 넣고, SHAM의 농도가 100  $\mu\text{g/ml}$ 이 되게함. 각 배지에 포자 희석액 40 $\mu\text{l}$ 씩 Spreading 후 25°C에서 14H 배양 후 각 배지별 발아억제율을 산출. 배양 후 발아 및 분생자 신장억제를 위해 lacto glycerol을 처리. 발아 여부는 발아관의 길이가 분생포자와 같거나 길면 발아한 것으로 간주.  $EC_{50}$  값 산출 결과 G143A 변이를 가지고 있는 분리주에서 100  $\mu\text{g/ml}$  이상의  $EC_{50}$ 값이 확인됨.



그림12. QoI 살균제에 의한 포자 발아 확인

- QoI 이외에 사과 농가에서 장기간 사용해온 DMI 살균제인 metconazole에 대한 저항성을 확인하기 위해 균사생장억제법을 이용하여  $EC_{50}$ 값을 산출하였음. PDA에 metconazole의 최종 농도가 0, 100, 10, 1, 0.1, 0.01  $\mu\text{g/ml}$ 이 되게 넣고, 사전에 배양한 *A. mali*를 5mm 코르크 보러를 이용하여 절편을 형성, 중앙에 치상 후 7일 뒤 확인함. 각 배지별 균총 직경을 측정하여 균사생장 억제율을 측정하였음.

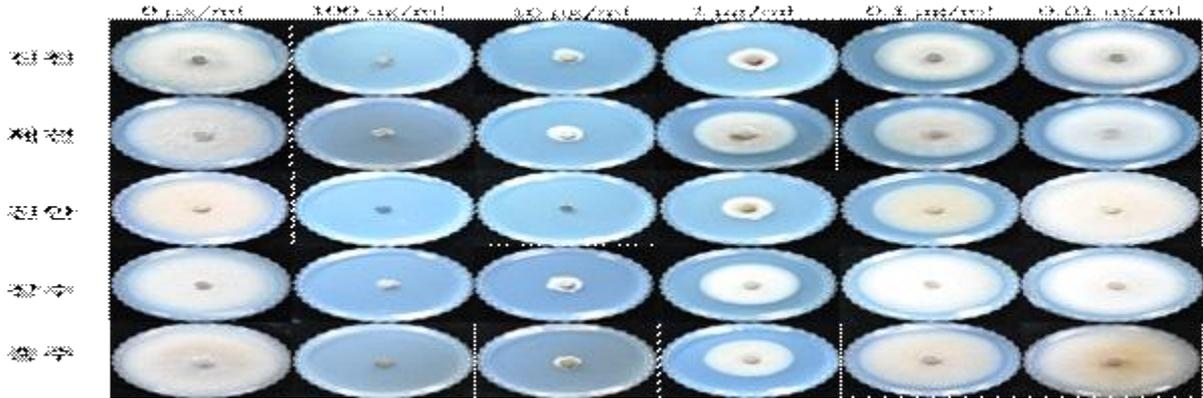


그림13. DMI 살균제 농도별 균사 성장 억제 확인

지역	EC <sub>50</sub> 값 (μg/ml)		
	충청	충주	전북
전주	0.1	0.007	0.001
전남	0.003	0.003	0.005
전북	0.003	0.003	0.001
충주	0.007	0.003	0.003
충청	0.1	0.003	0.003

표4. 지역별 metconazole에 대한 EC<sub>50</sub> 값

- 이후 저항성 발달 여부 확인을 위해 전체 EC<sub>50</sub>값에서 상위 2개 분리주, 하위 2개 분리주의 DMI 살균제 작용 유전자인 CYP51의 유전자 돌연변이 확인을 위한 PCR 진행. 아미노산 확인결과 기존연구에서 저항성을 부여한다고 알려진 R511W 변이 대신 G462S 돌연변이가 발견됨.

Genes	Region	Sequence	PCR parameters
DMR 1-F	CYP51 4-100bp	5'-GTCGACGCTTCTGACGACG-3'	95°C for 2min, 35 cycles 95°C 30s, 63°C 40s, 72°C 1min, 72°C for 10min
DMR 1-R		5'-AAGTTGGATGAGTGCAAGCC-3'	
DMR 2-F		5'-AGTCCGACCTTCAGGCGC-3'	
DMR 2-R		5'-GTCAGGCTGCTCCGCTGCTGCTG-3'	

표5. DMI 저항성 돌연변이 확인을 위한 primer 및 조건

MN542657.1	PHRWDFEHQOYDEERDDADQEK I DYGWGVVSKGTNSPYLPFGAGRHRC I GEOFAYLQLOL	480
JG13	PHRWDFEHQOYDEERDDADQEK I DYGWGVVSKGTNSPYLPFGAGRHRC I GEOFAYLQLOL	480
JG25	PHRWDFEHQOYDEERDDADQEK I DYGWGVVSKGTNSPYLPFGAGRHRC I GEOFAYLQLOL	480
CJ4	PHRWDFEHQOYDEERDDADQEK I DYGWGVVSKGTNSPYLPFGAGRHRC I GEOFAYLQLOL	480
CJ5	PHRWDFEHQOYDEERDDADQEK I DYGWGVVSKGTNSPYLPFGAGRHRC I GEOFAYLQLOL	480
MN542657.1	ILVAFVREFKLRNVGGSKD I VGTDYSSLFSPPLAPG I VEWERRO	524
JG13	ILVAFVREFKLRNVGGSKD I VGTDYSSLFSPPLAPG I VEWERRO	524
JG25	ILVAFVREFKLRNVGGSKD I VGTDYSSLFSPPLAPG I VEWERRO	524
CJ4	ILVAFVREFKLRNVGGSKD I VGTDYSSLFSPPLAPG I VEWERRO	524
CJ5	ILVAFVREFKLRNVGGSKD I VGTDYSSLFSPPLAPG I VEWERRO	524

그림14. 상위 2개, 하위 2개 분리주의 아미노산 분석 결과

## 2) 원예작물 주요 병해 약제 저항성 조사 및 바이러스병 방제 기술 개발 (김영철)

### 가) 고추 탄저병과 딸기 잿빛곰팡이병 약제 저항성 조사

#### (1) 2019년 국내 살균제 시장 분석

- 2019년 농약 연보에 따르면 국내 살균제 시장은 대농민출하금액으로 총 매출은 6,649억이었음
- 작물별로는 전체 판매 살균제 중에 벼 19% >사과 14% >고추 8% >배추 8% >감귤 6%



조사할 필요가 있을 것 같음

- 하지만 사 그룹의 농약은 분리된 대부분의 병원균에서는 약제 내성이 관찰되지 않았지만, 일부 병원균은 정량의 사 그룹 농약에 대해서도 내성이 발생하여 추후 지속적인 관찰이 필요해 보임.

#### 나) 식물바이러스 방제 및 작물 면역 증진용 소재

(1) 근권 미생물 *P. chlororaphis* O6균주의 다양한 작물 면역 유도

- *P. chlororaphis* O6균주를 뿌리에 접종한 식물체에서는 곰팡이, 세균, 바이러스병 뿐만 아니라, 가뭄, 고온 등의 환경스트레스에 대해서도 저항성이 유도됨 (그림 5)
- 이러한 작물 면역이 활성화되기 위해서는 균주를 뿌리에 접종한 후 5 - 7일간의 시간이 필요하며, 병저항성 지속시간도 15일임을 밝힘 (그림 6)

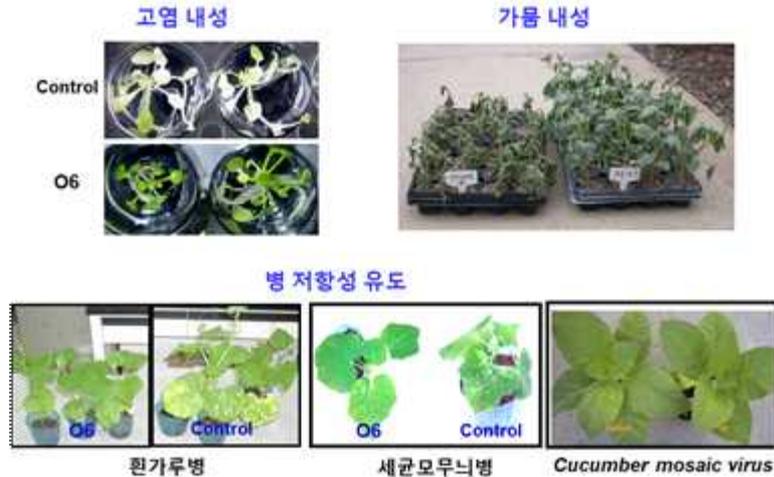


그림 5. *Pseudomonas chlororaphis* O6 균주를 관주한 후 1주일 후에 다양한 환경 스트레스와 병해에 대한 내성 유도

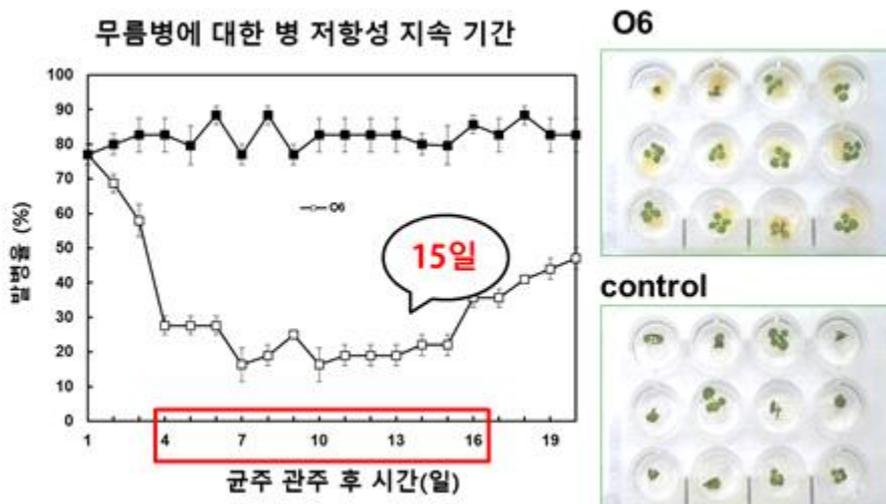


그림 6. *Pseudomonas chlororaphis* O6 관주 후 시간대별 무름병에 대한 병저항성 유도

#### 다) 국내 신종 커피 잎반점병 분리 및 동정

- 고흥에 위치한 상업용 커피 재배 온실에서 커피 품종 SL34 잎에 괴사와 불규칙한 반점을 형성하는 국내에서 보고되지 않은 병이 관찰되었음 (그림 7).



그림 7. 커피 잎반점병의 병징. (A) 포장 병징; (B) 분리한 병원균의 인공 분무 접종에 의한 병징.

- PDA에서 배양한 후 분리된 분생포자(n=50)의 크기는  $7.8\sim 26.5\mu\text{m} \times 3.6\sim 10.5\mu\text{m}$ (평균  $16.08 \times 6.77\mu\text{m}$ )이었고, 중앙부분이 부풀 형태로 방추형에서 타원형이었고, 격벽이 3~4개가 존재하였다 (그림 8).

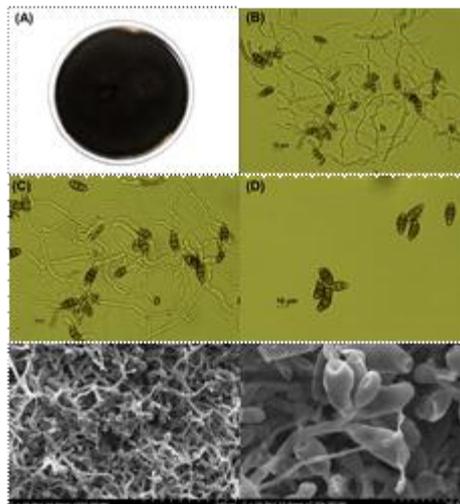


그림 8. 분리 병원균의 형태적 특징. A: PDA 상에서 병원균의 균총, B-D: 광학현미경(400배) 관찰 분생포자와 분생자경, E & F: 전자현미경 관찰 분생포자와 분생자경 형태

- 하나의 대표적인 분리주인 SL-1의 562bp ITS 염기 서열(GenBankNO. OP535635)은 *Curvularia geniculata* CBS 187-50 type strain과 100% 동일성을 보여주었습니다. House keeping 유전자 (GPDH와 EF-1a)의 유전자 부위를 PCR로 증폭하여 *Curvularia* 종들의 type strain과 multi-locus sequence type (MLST) 분석을 통해 phylogenetic analysis를 수행한 결과, 분리한 병원균 SL-1균주는 *Curvularia geniculata*로 동정되었다 (그림 9).
- 분생포자를 처리한 커피 유묘는 습실에서 4일 방치한 후 1주일 후에 포장에서 관찰된 병징과 동일한 병징이 인공분무접종한 커피 유묘에서도 관찰되었다 (그림 7B).
- 본 연구 결과, 국내에서 커피재배 온실에서 발생하는 잎반점병은 *C. geniculata*에 의해 발생하는 것임을 전세계적으로 최초로 보고한다.

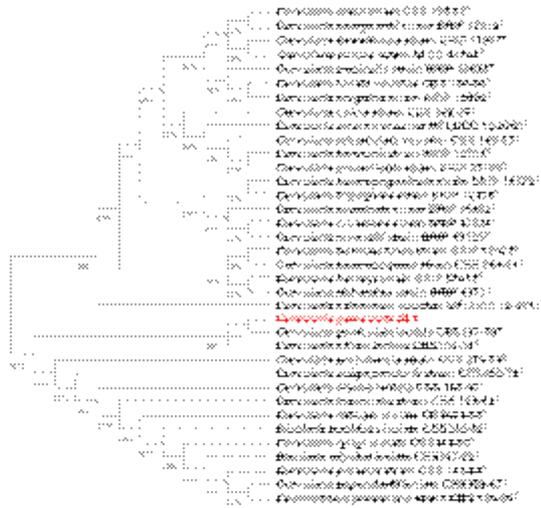


그림 9. MLST analysis of the concatenated nucleotide sequences of three housekeeping genes (ITS, GPDH, EF1-a) of *C. geniculata* SL1 obtained using the Neighbor-Joining method with Kimura 2-parameter model for distance calculation. The total length of the concatenated group of nucleotide sequences was 1,256bp. Bootstraps percentages retrieved in 1,000 replications are shown at the nodes. The scale bar (0.1) indicates the number of nucleotide substitutions per site.

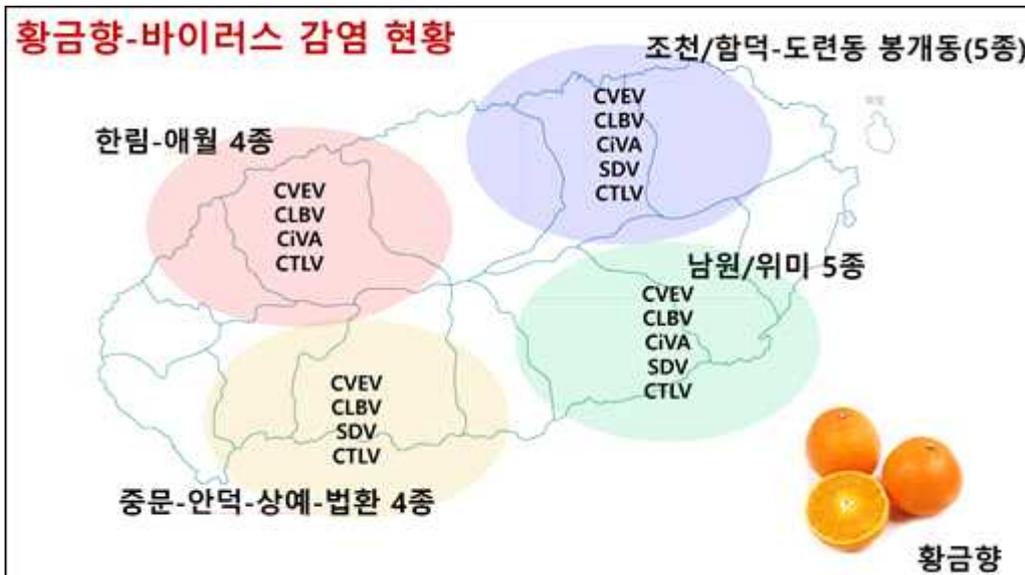
### 3) 아열대화가 가장 심각하게 일어나고 있는 최남단의 제주권역에서 재배되고 있는 만감류에 감염된 바이러스 조사 결과 (한연수)

#### 가) 대상바이러스(8종)의 종류와 대상지역

바이러스의 종류	제주 4개 권역의 한라봉, 레드향, 황금향, 천혜향
1. Citrus tristeza virus	
2. Citrus tatter leaf virus (CTLV)	
3. Citrus mosaic sadwavirus(CiMV)	
4. Citrus Leaf Blotch Virus (CLBV)	
5. Citrus Vein Enation Virus (CVEV)	
6. Satsuma dwarf virus (SDV)	
7. Citrus psorosisvirus (CPV)	
8. Citrus virus A (CiVA)	

나) 황금향의 8종 바이러스 감염 현황(20농가)

제주농가	북서-황금향				북동-황금향					남서-황금향				남동-황금향						
	한림-해안-애월				조천-도련이동-봉개동					중문-상예-법환				신흥-표선-남원-위미-한남						
농가	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C.T.V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C.P.V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CV.EV	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	X	O	O	X	O
CL.BV	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
C.I.VA	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X
C.I.MV	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S.D.V	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	O	O	X	X	X	X	O	O	O	X
CT.LV	O	X	X	X	O	X	O	O	X	O	X	X	O	X	O	O	X	X	X	X



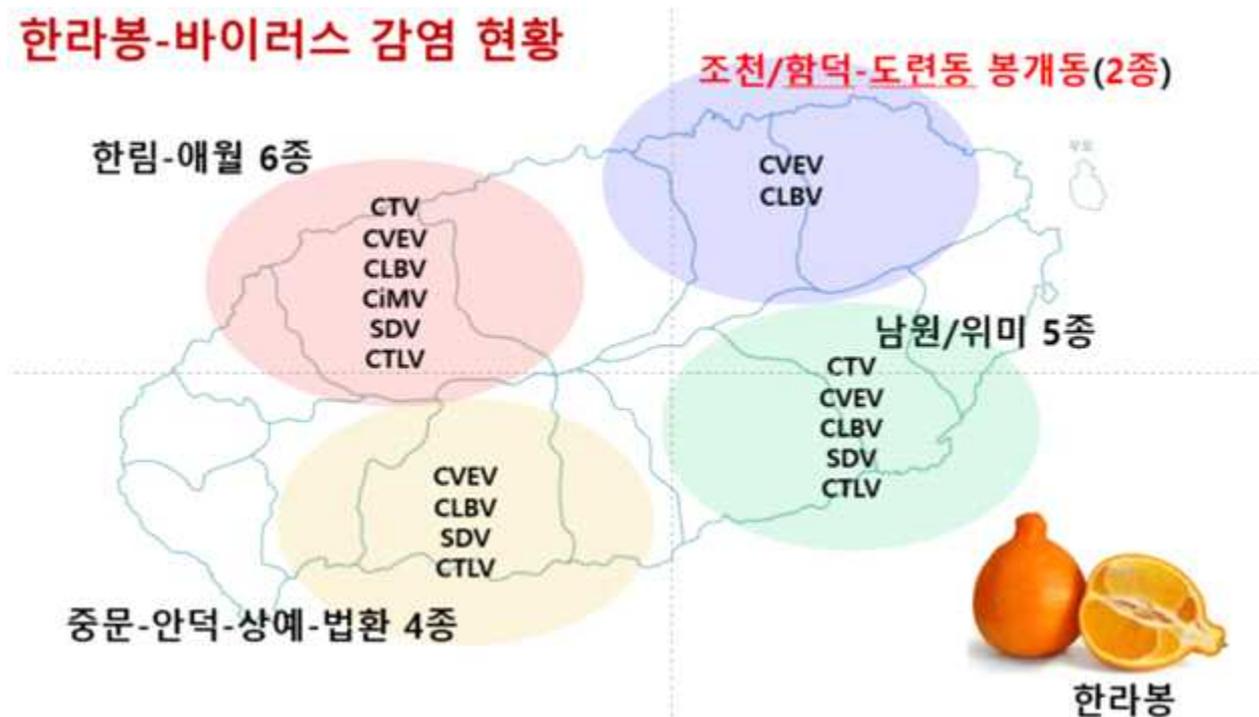
□ 황금향의 8종 바이러스 지역별 감염 현황

- 1) 북서지역(한림-해안-애월) : 4종 식물바이러스(CVEV, CLB, CIVA, CTLV) 감염되어 있음
- 2) 북동지역(조천/함덕-도련동-봉개동) : 5종 식물바이러스(CVEV, CLB, CIVA, SDV, CTLV) 감염됨
- 3) 남서지역(중문-안덕-상예-법환) : 4종 식물바이러스(CVEV, CLB, SDV, CTLV)에 감염된
- 4) 남동지역(신흥-표선-남원-위미-한남) : 5종 식물바이러스(CVEV, CLB, CIVA, SDV, CTLV) 감염됨

다) 한라봉의 8종 바이러스 감염 현황(20농가)

제주 농가	북서-한라봉 정실-한림명월-애월 봉성리-애월 장전리					북동-한라봉 회천동,도련일동,조 천-와산/대흘,구좌					남서-한라봉 서귀포-동흥,안덕, 상예,중문동					남동-한라봉 남원읍-위미,신흥, 한남,표선				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CTV	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	X	X	O
CPV	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CV	X	O	O	O	O	O	X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O
CL	X	O	X	O	X	O	O	X	O	X	O	X	X	O	O	O	O	O	O	O
CI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CI	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SD	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	O	O	X
CT	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	O	X	X	X	X

한라봉-바이러스 감염 현황

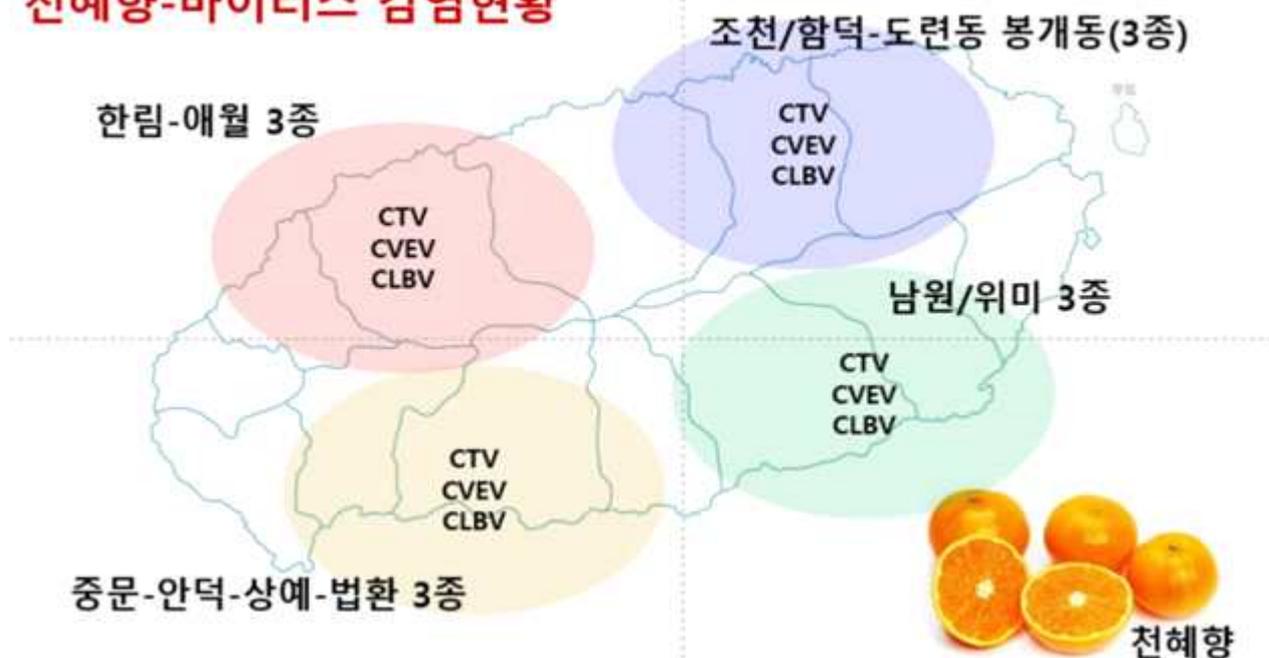


위에 한라봉 감염분석 결과 한림애월지역에 6종 조천함덕지역에 2종, 중문 안덕 지역에 4종, 그리고 남원 위지 지역에 5종 바이러스가 감염된 상태임. 흥미로운 점은 제주 북동지역인 조천 함덕 지역에 단지 2종의 바이러스만 감염되어 있어 추가 분석이 더 필요함

라) 천혜향의 8종 바이러스 감염 현황(20농가)

제주	북서-천혜향 한경면조수리,낙천리 한림-상대리,애월수산					북동-천혜향 조천읍와산리,도련 일동,영평동,함덕리					남서-천혜향 남원읍하례,대정읍 동일리,하천리, 서귀포호근동,한경 면낙천리					남동-천혜향 표선면 토산리,가시리, 남원읍 위미리,남원리				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
농가																				
CTV	X	X	O	O	O	X	X	O	O	O	X	O	O	O	X	O	X	O	O	O
CPV	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CV	X	O	O	O	O	O	X	X	X	O	O	O	O	O	X	O	X	X	O	O
CL	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	X	O
CI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

천혜향-바이러스 감염현황

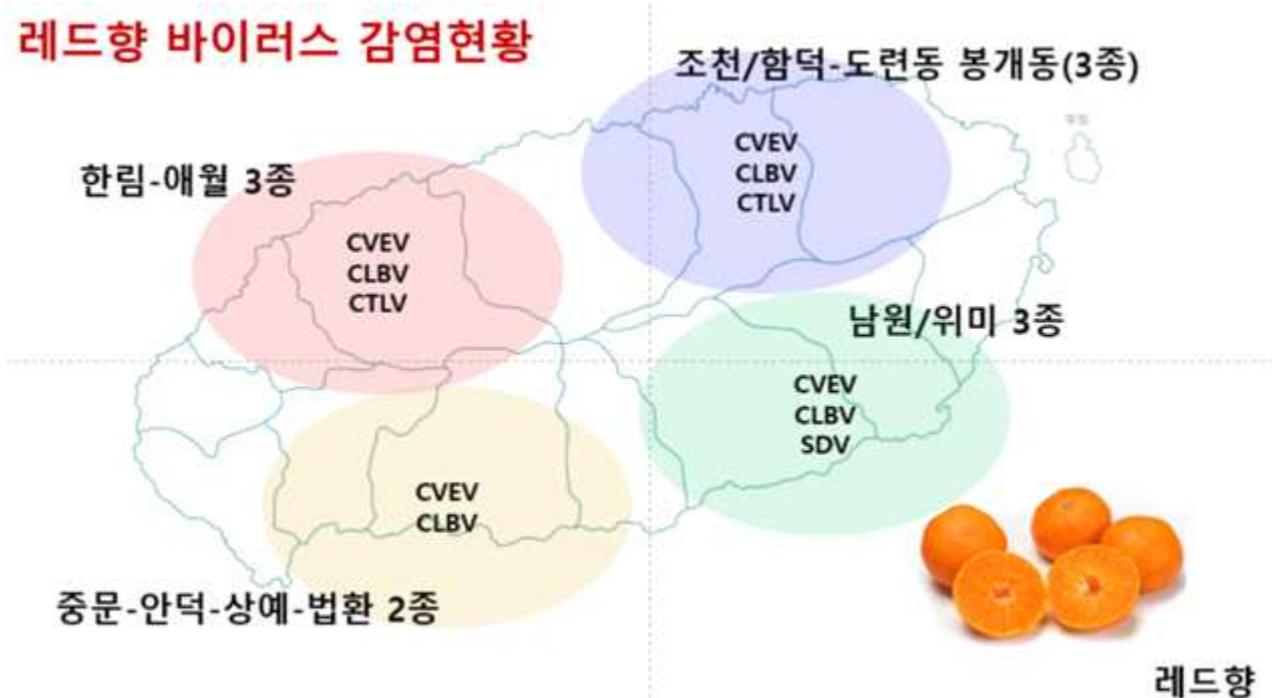


천혜향의 경우 3종의 식물바이러스(CTV, CVEV, CLB)만 감염되어 있어 다른 만감류에 비하여 바이러스 저항성 여부 및 바이러스의 전파 과정에 대한 후속 연구가 필요함

마) 레드향의 8종 바이러스 감염 현황(20농가)

제주	북서-레드향 한림 명월리, 상대리, 한경 낙천리, 애월 수산리					북동-레드향 조천읍 와산리, 대흘리, 구좌읍 한동리, 회천동					남서-레드향 서귀포시 토평동, 상례동, 안덕면, 대정읍					남동-레드향 남원읍 위미리, 남원리, 남위남성로, 성산읍 신흥리								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
C.T.V.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C.P.V.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CV.EV	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O
CL.BV	X	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
CI.VA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CI.MV	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
S.D.V.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O
CT.LV	O	X	X	O	X	O	X	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

레드향 바이러스 감염현황



레드향의 경우도 천혜향과 유사하게 2-3종의 식물바이러스에만 감염되어 있는 상황이며, 전파기전에 대한 후속연구가 필요함

4) 해충으로서의 들깨잎말이명나방 및 들깨잎말이명나방의 높은 유전적 다양성 (김익수)

가) 들깨잎말이명나방 채집

- 들깨잎말이명나방의 종분화 또는 신종 여부 확인을 위하여 과거 연구 및 본 연구를 통해 국내 다수 지역에서 채집을 수행하여 들깨잎말이명나방 시료를

확보하였음. 전라남도 나주시 25개체, 전라남도 영암군 15개체, 전라남도 순천시 15개체, 경상남도 밀양시 15개체, 경상남도 김해시 27개체, 경상남도 진주시 20개체, 경기도 안성시 25개체, 경기도 수원시 5개체, 경기도 화성시 2개체, 경기도 군포시 9개체로 총 158개체를 확보하였음(표 1, 그림 2).

표 1. 전체 지역별 채집된 들깨잎말이명나방의 개체수

지역	채집 개체 수
1. 전라남도 나주시	25
2. 전라남도 영암군	15
3. 전라남도 순천시	15
4. 경상남도 밀양시	15
5. 경상남도 김해시	27
6. 경상남도 진주시	20
7. 경기도 안성시	25
8. 경기도 수원시	5
9. 경기도 화성시	2
10. 경기도 군포시	9

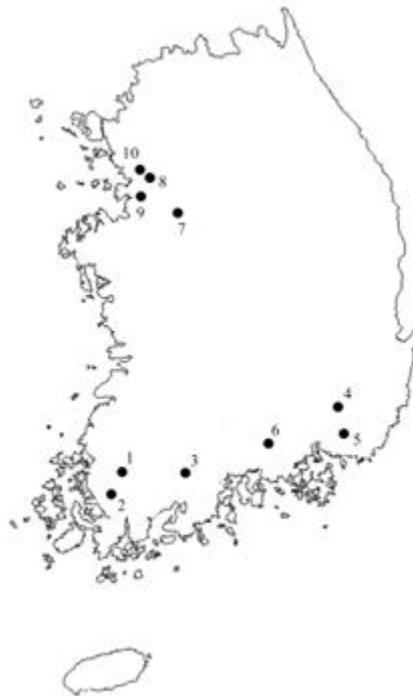


그림 2. 들깨잎말이명나방 채집 장소(1, 전라남도 나주시; 2, 전라남도 영암군; 3, 전라남도 순천시; 4, 경상남도 밀양시; 5, 경상남도 김해시; 6, 경상남도 진주시; 7, 경기도 안성시; 8, 경기도 수원시; 9, 경기도 화성시; 10, 경기도 군포시).

#### 나) DNA 추출, 염기서열 결정 및 haplotype 지정

- 채집된 들깨잎말이명나방의 DNA 추출, PCR을 통한 바코드 영역 증폭을 통해 각 개체별 염기서열을 확보하였으며, NCBI 및 Bold system 검색 결과 기 등록된 들깨잎말이명나방과 95% ~ 100% 유사성을 보임을 확인하였음. 전체 들깨잎말이명나방 158개체의 염기서열을 정렬한 후 비교한 결과 총 7개의 haplotype이 존재하였음(PPBAR01 ~ 07, 표 2).

표 2. 들깨잎말이명나방의 채집 개체 정보

채집 지역(개체수)	시료 번호	COI haplotype
1. 전라남도 나주시 (25)	Pp-Na-1	PPBAR01
	Pp-Na-2	PPBAR01
	Pp-Na-4	PPBAR01
	Pp-Na-5	PPBAR01
	Pp-Na-6	PPBAR01
	Pp-Na-7	PPBAR01
	Pp-Na-8	PPBAR01
	Pp-Na-X1-1	PPBAR01
	Pp-Na-X1-2	PPBAR01
	Pp-Na-X2-1	PPBAR01
	Pp-Na-X2-2	PPBAR01
	Pp-Na-X3-1	PPBAR01
	Pp-Na-X3-2	PPBAR01
	Pp-Na-X4-1	PPBAR01
	Pp-Na-X4-2	PPBAR01
	CM3117	PPBAR06
	CM3118	PPBAR06
	CM3119	PPBAR06
	CM3120	PPBAR06
	CM3121	PPBAR06
	CM3122	PPBAR06
	CM3123	PPBAR06
	CM3124	PPBAR06
	CM3125	PPBAR06
	CM3126	PPBAR06
2. 전라남도 영암군 (15)	Pp-Y-1	PPBAR01
	Pp-Y-2	PPBAR01
	Pp-Y-3	PPBAR01
	Pp-Y-4	PPBAR01
	Pp-Y-5	PPBAR01
	Pp-Y-6	PPBAR01
	Pp-Y-7	PPBAR01
	Pp-Y-8	PPBAR01
	Pp-Y-9	PPBAR01
	Pp-Y-10	PPBAR02
	Pp-Y-11	PPBAR01
	Pp-Y-12	PPBAR01
	Pp-Y-13	PPBAR01
	Pp-Y-X1-1	PPBAR01
	Pp-Y-X1-2	PPBAR01
3. 전라남도 순천시 (15)	Pp-SC-1	PPBAR01
	Pp-SC-2	PPBAR01
	Pp-SC-3	PPBAR02
	Pp-SC-4	PPBAR01
	Pp-SC-5	PPBAR03
	Pp-SC-6	PPBAR01
	Pp-SC-7	PPBAR01
	Pp-SC-8	PPBAR01
	Pp-SC-9	PPBAR01
	Pp-SC-10	PPBAR01
	Pp-SC-11	PPBAR01
	Pp-SC-X1-1	PPBAR01
	Pp-SC-X1-2	PPBAR01
Pp-SC-XA-1	PPBAR01	
Pp-SC-XA-2	PPBAR01	

	Pp-MP-1	PPBAR01
	Pp-MP-2	PPBAR01
	Pp-MP-3	PPBAR01
	Pp-MP-4	PPBAR01
	Pp-MP-5	PPBAR01
	Pp-MP-6	PPBAR01
	Pp-MP-7	PPBAR01
4. 경상남도 밀양시 (15)	Pp-MP-8	PPBAR01
	Pp-MP-9	PPBAR01
	Pp-MP-X1-1	PPBAR01
	Pp-MP-X1-2	PPBAR01
	Pp-MP-X2-1	PPBAR01
	Pp-MP-X2-2	PPBAR01
	Pp-MP-X4-1	PPBAR01
	Pp-MP-X4-2	PPBAR01
	Pp-KH-1	PPBAR01
	Pp-KH-2	PPBAR01
	Pp-KH-3	PPBAR01
	Pp-KH-4	PPBAR01
	Pp-KH-5	PPBAR01
	Pp-KH-6	PPBAR01
	Pp-KH-7	PPBAR01
	Pp-KH-8	PPBAR01
	Pp-KH-9	PPBAR01
	Pp-KH-10	PPBAR01
	Pp-KH-11	PPBAR01
	Pp-KH-X3-1	PPBAR01
	Pp-KH-X3-2	PPBAR01
5. 경상남도 김해시 (27)	Pp-KH-X4-1	PPBAR01
	Pp-KH-X4-2	PPBAR01
	Pp-KJ-1	PPBAR01
	Pp-KJ-2	PPBAR01
	Pp-KJ-3	PPBAR01
	Pp-KJ-4	PPBAR01
	Pp-KJ-5	PPBAR01
	Pp-KJ-6	PPBAR01
	Pp-KJ-7	PPBAR01
	Pp-KJ-8	PPBAR01
	Pp-KJ-9	PPBAR02
	Pp-KJ-10	PPBAR01
	Pp-KJ-X1-1	PPBAR01
	Pp-KJ-X1-2	PPBAR01
	Pp-JJ-1	PPBAR01
	Pp-JJ-2	PPBAR01
	Pp-JJ-3	PPBAR01
	Pp-JJ-4	PPBAR01
	Pp-JJ-5	PPBAR01
	Pp-JJ-6	PPBAR01
	Pp-JJ-X1-1	PPBAR01
	Pp-JJ-X1-2	PPBAR01
	Pp-JJ-X2-1	PPBAR01
	Pp-JJ-X2-2	PPBAR01
6. 경상남도 진주시 (20)	D01	PPBAR01
	D02	PPBAR01
	D03	PPBAR01
	D06	PPBAR01
	D07	PPBAR01

	D08	PPBAR01
	D09	PPBAR01
	D10	PPBAR07
	D12	PPBAR01
	D13	PPBAR01
	Pp-An-1	PPBAR01
	Pp-An-2	PPBAR01
	Pp-An-3	PPBAR01
	Pp-An-4	PPBAR03
	Pp-An-5	PPBAR03
	Pp-An-6	PPBAR03
	Pp-An-7	PPBAR01
	Pp-An-8	PPBAR04
	Pp-An-9	PPBAR03
	Pp-An-10	PPBAR05
	Pp-An-11	PPBAR03
	Pp-An-12	PPBAR01
7. 경기도 안성시 (25)	Pp-An-13	PPBAR01
	Pp-An-X1-1	PPBAR03
	Pp-An-X1-2	PPBAR03
	CM3107	PPBAR03
	CM3108	PPBAR03
	CM3109	PPBAR01
	CM3110	PPBAR03
	CM3111	PPBAR06
	CM3112	PPBAR03
	CM3113	PPBAR06
	CM3114	PPBAR03
	CM3115	PPBAR03
	CM3116	PPBAR06
	Pp-SW-1	PPBAR01
8. 경기도 수원시 (5)	Pp-SW-2	PPBAR04
	Pp-SW-3	PPBAR01
	Pp-SW-4	PPBAR01
	Pp-SW-5	PPBAR01
9. 경기도 화성시 (2)	Pp-HS-1	PPBAR01
	Pp-HS-2	PPBAR01
	Pp-GP-1	PPBAR01
	Pp-GP-2	PPBAR01
	Pp-GP-3	PPBAR01
	Pp-GP-4	PPBAR01
10. 경기도 군포시 (9)	Pp-GP-5	PPBAR03
	Pp-GP-6	PPBAR01
	Pp-GP-7	PPBAR01
	Pp-GP-8	PPBAR01
	Pp-GP-9	PPBAR01

#### 다) 바코드 영역 비교분석

- 7개의 haplotype의 지역별 분포를 확인한 결과, 빈도 차이는 존재하나 모든 지역에서 PPBAR01이 확인됨(표 3). 이는 PPBAR01이 가장 오래된 haplotype임을 의미함. 경상남도 밀양시 및 경기도 화성시에서는 PPBAR01만 존재하였으며, 그 외 지역에서는 최소 2개 haplotype에서 최대 5개 haplotype(경기도 안성시)을 보유하고 있음. 대부분의 지역에서는 PPBAR01이 가장 높은 빈도로 확인되었으나, 경기도 안성시의 경우 PPBAR03이 가장 높은 빈도를 보였으며, PPBAR01은 두 번째로 높은 빈도로 나타남(표 3).

표 3. 들깨잎말이명나방의 지역별 haplotype 분포

지역(개체수)	Haplotype						
	PPBAR01	PPBAR02	PPBAR03	PPBAR04	PPBAR05	PPBAR06	PPBAR07
1. 전라남도 나주시(25)	0.6 (15)					0.4 (10)	
2. 전라남도 영암군(15)	0.933 (14)	0.067 (1)					
3. 전라남도 순천시(15)	0.867 (13)	0.067 (1)	0.067 (1)				
4. 경상남도 밀양시(15)	1 (15)						
5. 경상남도 김해시(27)	0.963 (26)	0.037 (1)					
6. 경상남도 진주시(20)	0.95 (19)						0.05 (1)
7. 경기도 안성시(25)	0.28 (7)		0.52 (13)	0.04 (1)	0.04 (1)	0.12 (3)	
8. 경기도 수원시(5)	0.8 (4)			0.2 (1)			
9. 경기도 화성시(2)	1 (2)						
10. 경기도 군포시(9)	0.889 (8)		0.111 (1)				

괄호 안 숫자는 각 haplotype별 개체 수입.

- 7개 haplotype 간 pairwise 비교 결과, 최소 0.18% (1-bp)에서 최대 8.64% (47-bp)의 염기서열 차이가 확인되었음. PPBAR01와 PPBAR02 간 비교에서 0.18% (1-bp)의 근소한 차이를 보였으며, PPBAR03, PPBAR04 및 PPBAR05 역시 0.18% ~ 0.36% (1~2-bp)의 매우 근소한 차이를 보임. 전체적으로 PPBAR07은 나머지 haplotype과 비교 시 5.52% ~ 8.64% (30~47-bp)로 큰 차이를 보였으며(표 4), 해당 haplotype은 경상남도 진주시에서 1개체 발견되었음(표 3).

표 4. 들깨잎말이명나방의 7개 haplotype 간 Pairwise

No.	Haplotype	1	2	3	4	5	6	7
1	PPBAR01	-	0.0018	0.0400	0.0382	0.0418	0.0109	0.0552
2	PPBAR02	1	-	0.0382	0.0364	0.0400	0.0127	0.0570
3	PPBAR03	22	21	-	0.0018	0.0018	0.0509	0.0846
4	PPBAR04	21	20	1	-	0.0036	0.0491	0.0827
5	PPBAR05	23	22	1	2	-	0.0527	0.0864
6	PPBAR06	6	7	28	27	29	-	0.0662
7	PPBAR07	30	31	46	45	47	36	-

- Pairwise 결과를 통해 PPBAR01, PPBAR02, PPBAR06 간 차이가 다른 haplotype과의 차이에 비해 1 ~ 7-bp의 적은 차이를 보였으며, PPBAR03, PPBAR04, PPBAR05 간의 염기서열 차이가 1 ~ 2-bp로 적은 차이를 보여 각각 유전적 그룹을 형성 할 것으로 보임(표 4). 또한 PPBAR07의 경우 전체적으로 다른 haplotype과 큰 차이를 보여 단독 유전적 그룹을 형성할 것으로 예측함(표 4). 해당 결과를 더 정확하게 확인하기 위하여 MEGA6(Tamura et al. 2013) 프로그램의 UPGMA 분석을 이용하여 분석과 계통수를 작성함(그림 3). 분석 결과, 앞서 확인한 pairwise 비교 결과와 동일하게 PPBAR01, PPBAR02, PPBAR06이 하나의 그룹을 형성하고, PPBAR03, PPBAR04, PPBAR05가 하나의 그룹을 형성하여 이를 각각 Group 1, Group 2라고 가정하였음(그림 3). PPBAR07 또한 pairwise 결과와 동일하게 각 두 그룹에 속하지 않고, 독립적으로 존재함을 확인하였으며 Group 3으로 가정하였음(그림 3). 각각의 그룹은 100%의 보드수치를 보이며 강력하게 지지되었으며, 각 그룹간 구분도 뚜렷하였음.

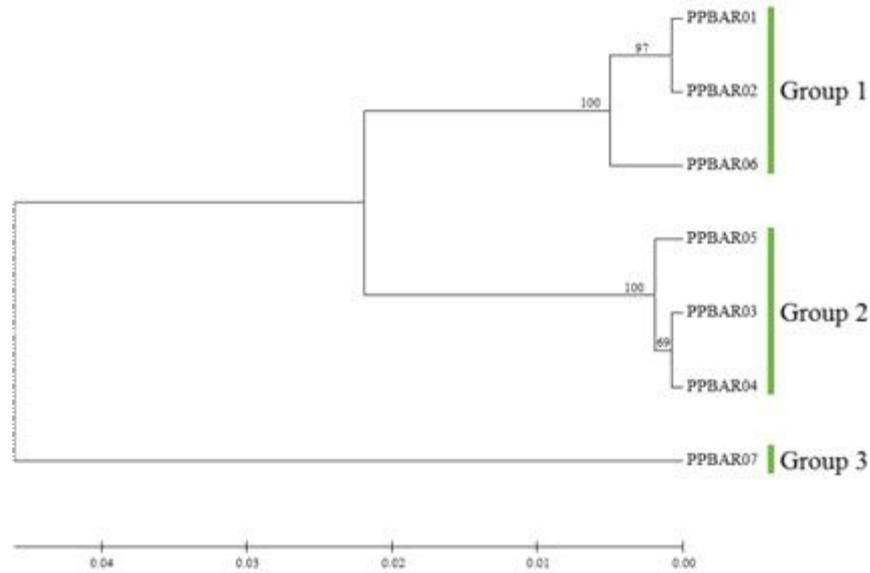


그림 323. UPGMA분석을 통한 계통도.

## 5) 기후이상변화에 따른 국내 고위험 식물바이러스 유입 조사 (정래동)

### 가) 기후이상변화에 따른 국내 고위험 식물바이러스 발생 여부 조사

- 2021년 5월 강원도 삼척에서 재배중인 생강 작물에서 황화, 모자이크, 고사 병징을 보이는 식물잎을 채집하여 Total RNA를 추출 후 식물바이러스 분류 동정 수행하였음.



그림1. 생강 재배지역에서 바이러스 의심 병징 관찰

- 기존에 생강을 포함한 특용작물에서 문제가 되고 있는 식물바이러스 CMV, WMV2, ToCV, ToRSV, TMV, PMMoV, BBWV2, CGMMV, ZYMV 등의 특이적 프라이머를 이용하여 전자현미경과 RT-PCR를 통하여 감염여부를 확인하였음.

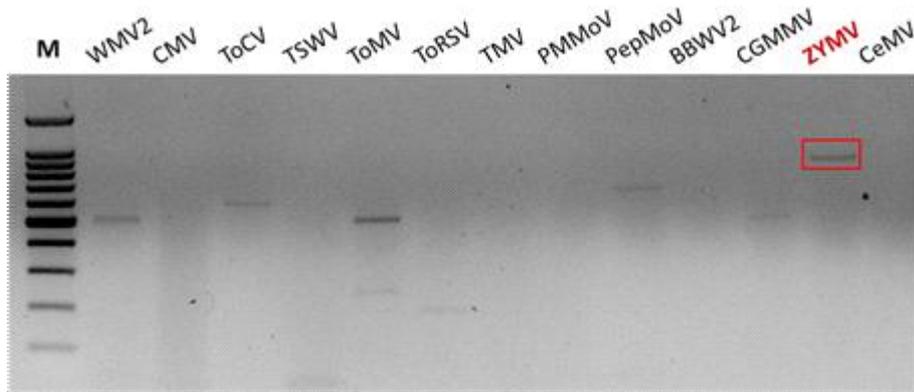


그림2. 생강 시료에서 RT-PCR을 통한 바이러스 감염 여부 확인

- ZYMV 프라이머를 이용한 시료에서는 예상 사이즈 822 bp가 증폭되었으며, 다른 바이러스들에서는 증폭산물이 확인되었으나 예상 사이즈가 달라 ZYMV (Zucchini yellow mosaic virus, 쥬키니황화모자이크바이러스) 동정 실험을 더 실시하였음.
- 생강 작물이 ZYMV에 감염되었는지 확인하기 위해 감염시료 3개를 확보하여 전자현미경을 이용해 바이러스 입자 존재 여부를 확인하였음. ZYMV에 감염되었다고 의심되어지는 생강 시료를 추출 버퍼를 이용해 즙액을 확보 후 Negative staining을 이용해 TEM 관찰을 실시하였음. 관찰 결과 전형적인 ZYMV 사상형 입자 모습을 가지는 바이러스 입자를 확인하였음.

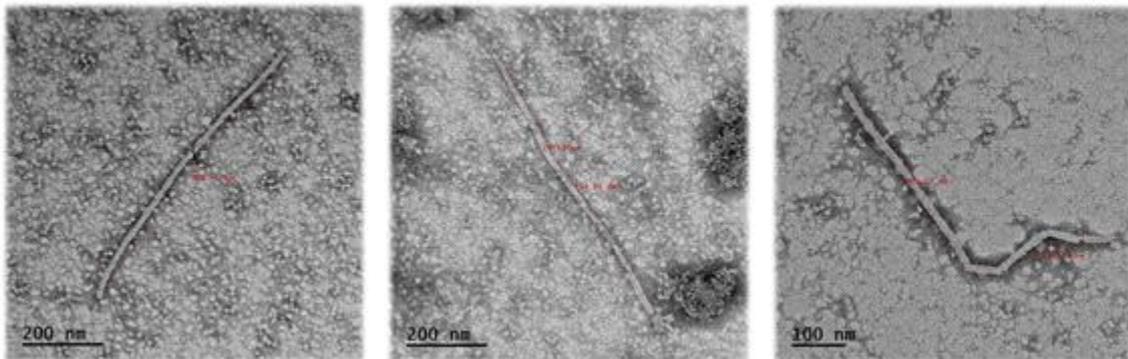


그림3. 생강 바이러스 감염 시료 TEM을 이용한 바이러스 입자 관찰

- 생강에서 분리한 ZYMV 800 bp 외피단백질 염기서열은 GenBank에 등록하였으며 (LC602261), 분리주 이름은 ZYMV-PG로 명명하였음. 본 분리주의 유전학적 계통분석을 위하여 국내외 ZYMV 분리주와 Phylogenetic tree와 Pairwise 비교 분석한 결과 미국 분리주 (MK124612)와 가까운 상동성을 갖는 것을 확인하였음.

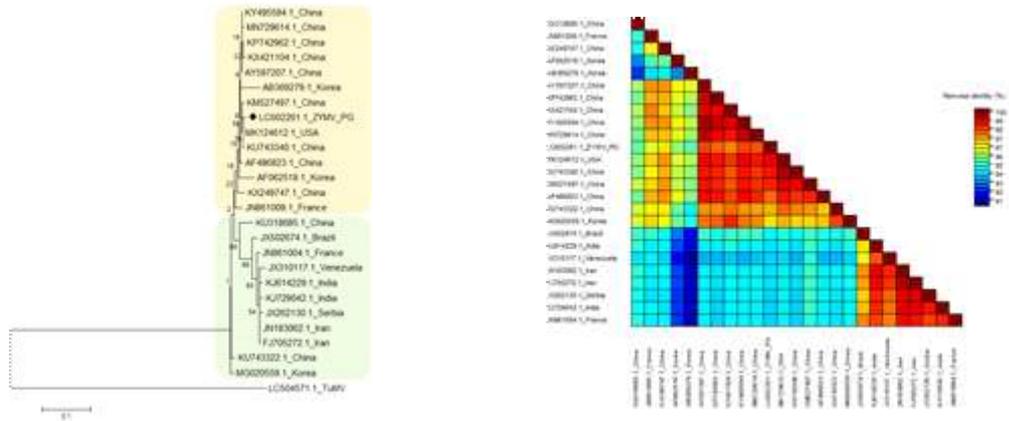


그림4. ZYMV 분리주 유전적 계통분석 및 상동성 분석

- 생강에서 분리한 ZYMV의 병원성 여부 확인하기 위해 대표적인 지표식물인 *Nicotiana benthamiana* 식물에 생강에 감염된 잎을 접종 버퍼에 넣고 접종원을 만든 후 2주일 동안 병 발생 확인 한 결과 Mild한 모자이크 병징이 관찰되었으며, 이들 식물 시료를 RT-PCR로 ZYMV 감염 여부를 확인한 결과 ZYMV 양성 반응을 보임을 확인하였음.



그림5. 생강에서 분리한 ZYMV 담배 지표식물에서 병원성 검정

- 스킨답서스(*Epipremnum aureum*)라는 수생식물은 최근에 실내에서 많이 재배되고 있는 실정임. 2021년 광주광역시 스킨답서스 재배지에서 바이러스 의심 식물을 확인 해 바이러스 분류 동정을 수행함. 스킨답서스 괴사반점, 모자이크, 고사, 황화 병징을 보이는 바이러스 감염 의심 식물에서 Total RNA를 추출 후 수생식물에서 보고된 식물 바이러스들의 특이적인 프라이머를 사용하여 감염여부를 확인함.

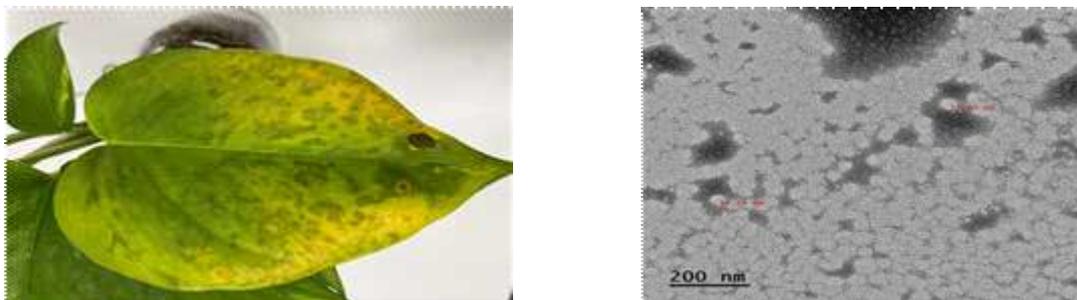


그림6. 스킨답서스 바이러스 의심 병징과 전자현미경(TEM) 결과

- 바이러스 감염부위 잎을 추출버퍼를 이용해 마쇄 후 즙액은 유라실 아세테이트 1%를 이용해 Negative staining 한 후 TEM 관찰하였음. 확인 결과 tospovirus와 유사한 직경 80-100 nm의 바이러스 입자를 확인하였음.

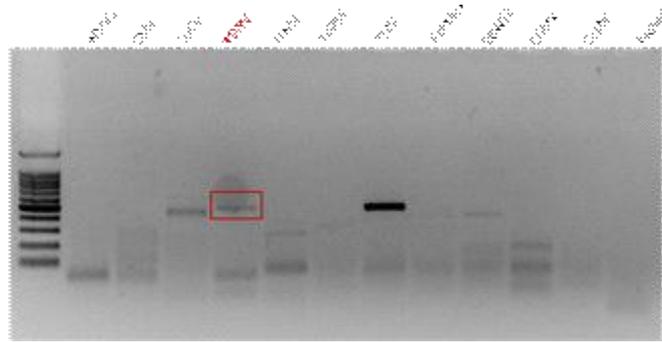


그림7. 스킨답서스 감염 바이러스 RT-PCR 결과

- TSWV(tomato spotted wilt virus, 토마토반점위조바이러스) 프라이머를 이용한 시료에서는 예상 사이즈 500 bp가 증폭되었으며, 다른 바이러스들에서는 증폭산물이 확인되었으나 예상 사이즈가 달라 TSWV 감염여부가 확인되었음.
- 증폭된 PCR 산물을 T-Vector에 클로닝 후 염기서열 분석 결과 TSWV가 확인 되었으며, 본 분리주를 TSWV-EA(LC622166)로 명명하였음. TSWV-EA는 기존에 보고된 국내외 분리주와 95.8%-99.5%로 높은 상동성을 보였음.
- 스킨답서스에서 분리한 TSWV의 병원성 여부 확인하기 위해 TSWV-free 스킨답서스 식물에 TSWV가 감염된 스킨답서스 즙액을 이용해 접종 후 2주일 동안 병 발생 확인한 결과 Mild한 모자이크 및 괴사 병징이 관찰되었으며, 이들 식물 시료를 RT-PCR로 TSWV 감염 여부를 확인한 결과 TSWV 양성 반응을 보임을 확인하였음.



그림8. 스킨답서스 TSWV 감염 병징 및 RT-PCR 검증

- 2021년 5월 광주광역시 테이블 야자(*Chamaedorea elegans*) 재배 농가에서 바이러스 의심 식물이 관찰되어 바이러스 입자 소재 확보를 위해 바이러스 동정을 실시하였음. 약한 모자이크병징과 약한 황화등근반점 병징을 관찰하였음. 즙액을 이용하여 전자현미경으로 바이러스 입자를 관찰한 한 결과 직경 80-100 nm 구형의 바이러스 입자를 확인하였음.

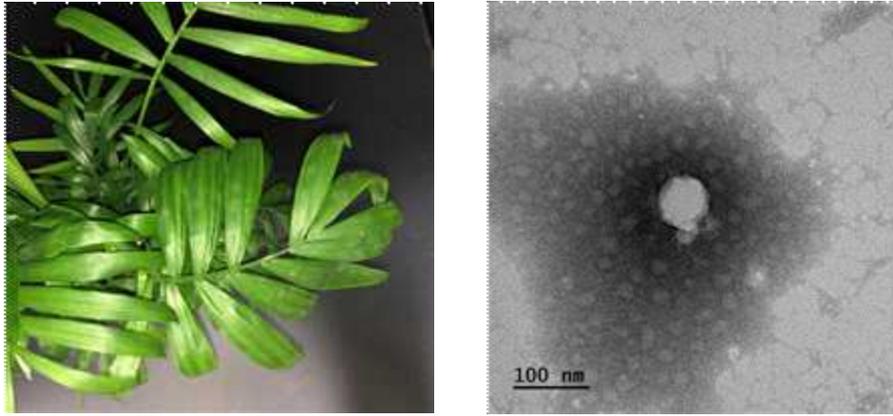


그림9. 테이블야자 바이러스 의심 병징과 전자현미경(TEM) 결과

- TSWV(tomato spotted wilt virus, 토마토반점위조바이러스) 프라이머를 이용한 시료에서는 예상 사이즈 500 bp가 증폭되었으며, 다른 바이러스들에서는 증폭산물이 확인되었으나 예상 사이즈가 달라 TSWV 감염여부가 확인되었음.

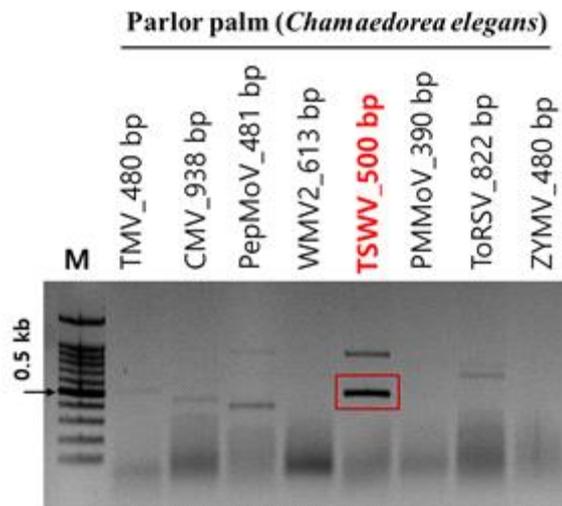


그림10. 테이블야자 감염 바이러스 RT-PCR 결과

- 테이블야자에서 분리한 TSWV 500 bp 외피단백질 염기서열은 GenBank에 등록하였으며(LC624145), 분리주 이름은 TSWV-CE로 명명하였음. 본 분리주의 유전학적 계통분석을 위하여 국내외 TSWV 분리주와 Phylogenetic tree와 Pairwise 비교 분석한 결과 대한민국 분리주 (LC622166)와 99% 상동성을 갖는 것을 확인하였음.
- 테이블야자에서 분리한 TSWV 500 bp 외피단백질 염기서열을 이용하여 차후 바이러스 입자를 활용한 식물면역증가 제제 합성 실험에 활용할 예정

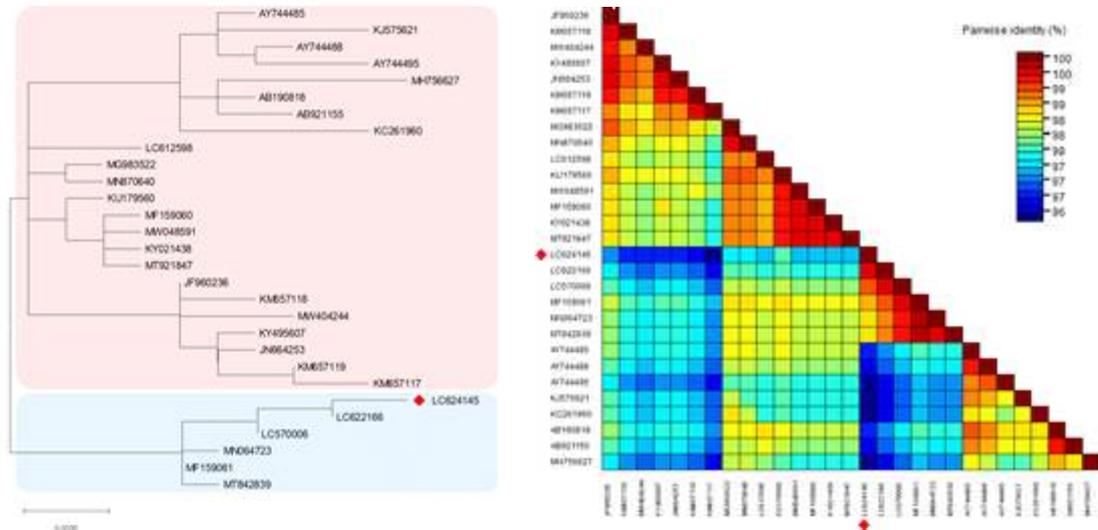


그림11. TSWV 분리주 유전적 계통분석 및 상동성 분석

- 2021년 5월 전남 순천 루피너스(*Lupinus polyphyllus*) 재배 농가에서 바이러스 의심 식물이 관찰되어 바이러스 입자 소재 확보를 위해 바이러스 동정을 실시하였음. 위축, 약한 줄무늬 황화, 모자이크 병징을 관찰하였음. 즙액을 이용하여 전자현미경으로 바이러스 입자를 관찰한 한 결과 길이 610-700 nm, 직경 12-15 nm 사상형의 바이러스 입자를 확인하였음.

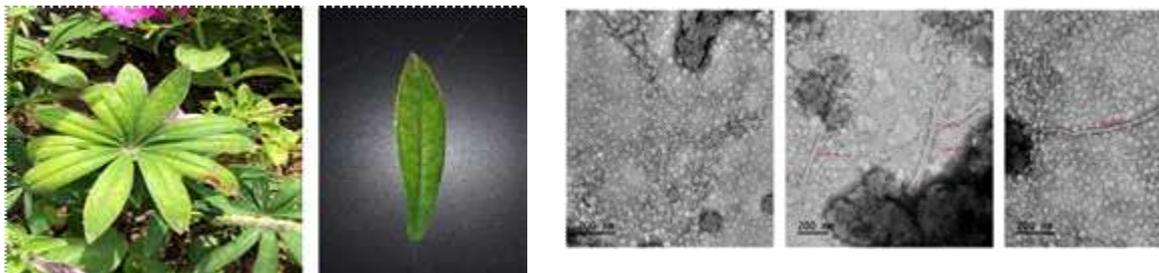


그림12. 루피너스 바이러스 의심 병징과 전자현미경(TEM) 결과

- LSV(Lily symptomless virus) 프라이머를 이용한 시료에서는 예상 사이즈 876 bp가 증폭되었으며, 다른 바이러스들에서는 증폭산물이 확인되었으나 예상 사이즈가 달라 LSV 감염여부가 확인되었음.

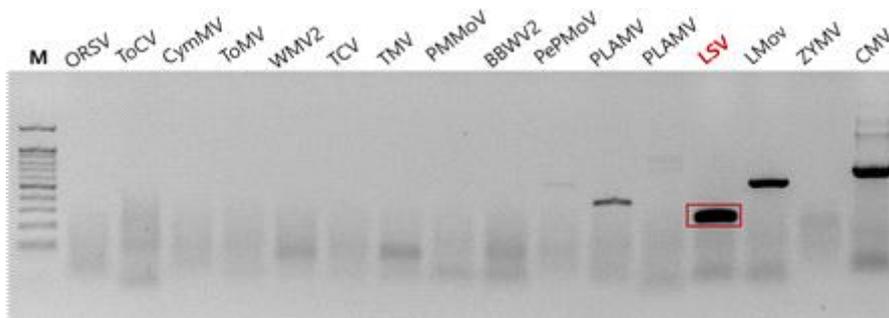


그림13. 루피너스 감염 바이러스 RT-PCR 결과

- 루피너스에서 분리한 LSW 876 bp 외피단백질 염기서열은 GenBank에 등록하였으며 (LC649240), 분리주 이름은 LSV-LP2로 명명하였음. 본 분리주의 유전학적 계통분석을 위하여 국내외 LSV 분리주와 Phylogenetic tree와 Pairwise 비교 분석한 결과 국내

분리주 (JX962776)와 99% 염기서열 상동성 및 100% 아미노산 상동성을 갖는 것을 확인하였음.

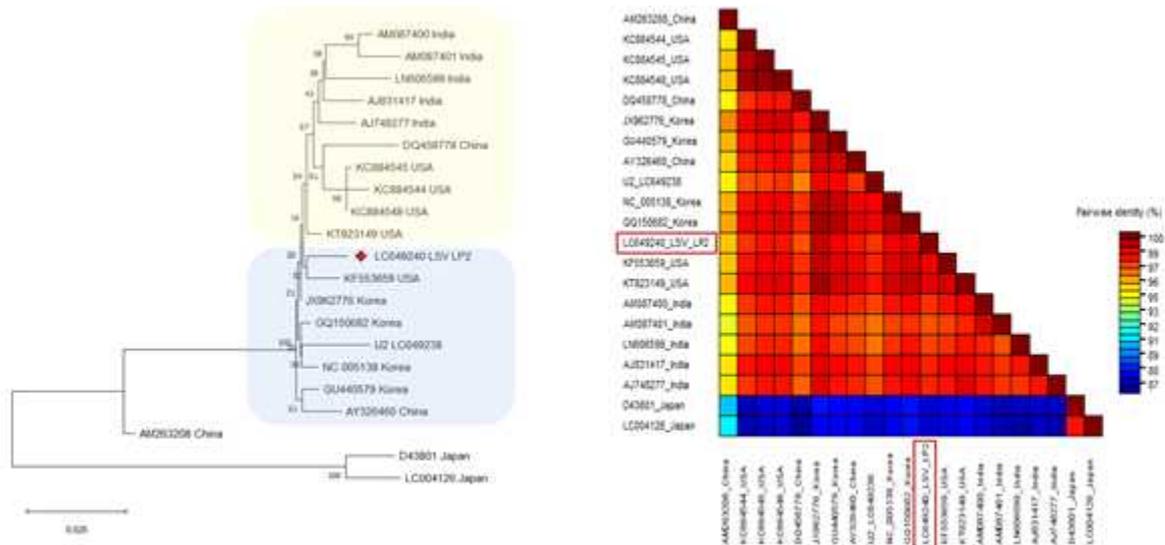


그림14. LSV 분리주 유전적 계통분석 및 상동성 분석

- 루피너스에서 분리한 LSV의 병원성 여부 확인하기 위해 LSV-free 루피너스 식물에 LSV 감염된 스킨답서스 즙액을 이용해 접종 후 2주일 동안 병 발생 확인 한 결과 심한 모자이크 및 모틀(mottle) 병징이 관찰되었으며, 이들 식물 시료를 RT-PCR로 LSV 감염 여부를 확인한 결과 LSV 양성 반응을 보임을 확인하였음.

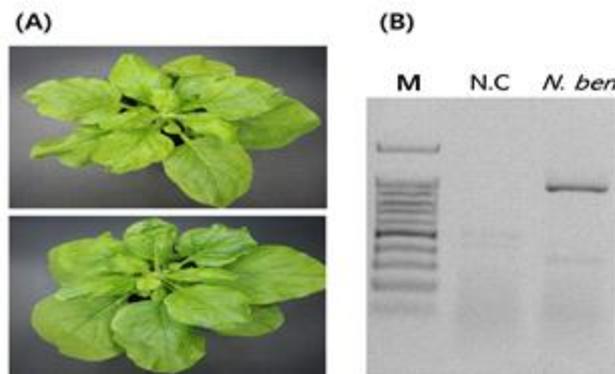


그림15. 루피너스에서 분리한 LSV 담배 지표식물에서 병원성 검정

- 본 연구에서 분리한 ZYMV, TSWV, Cucumber mosaic virus, Turnip crinkle virus, Barley yellow dwarf virus 등의 사상형, 구형 등 다양한 입자의 모양을 가지는 바이러스들 외피단백질 염기서열을 확보한 후 이들 외피단백질 염기서열을 이용하여 식물을 이용해 Virus-like particle (VLP)을 대량 생산하여 식물면역시스템 향상을 통한 식물 바이러스 증식 억제 기술 개발을 진행할 예정임.
- 광주광역시 무등산 근처에서 바이러스 병징을 보이는 청미래덩굴(*Smilax china*)에서 Total RNA를 추출 후 식물 바이러스들의 특이적인 프라이머를 사용하여 감염여부를 확인함.

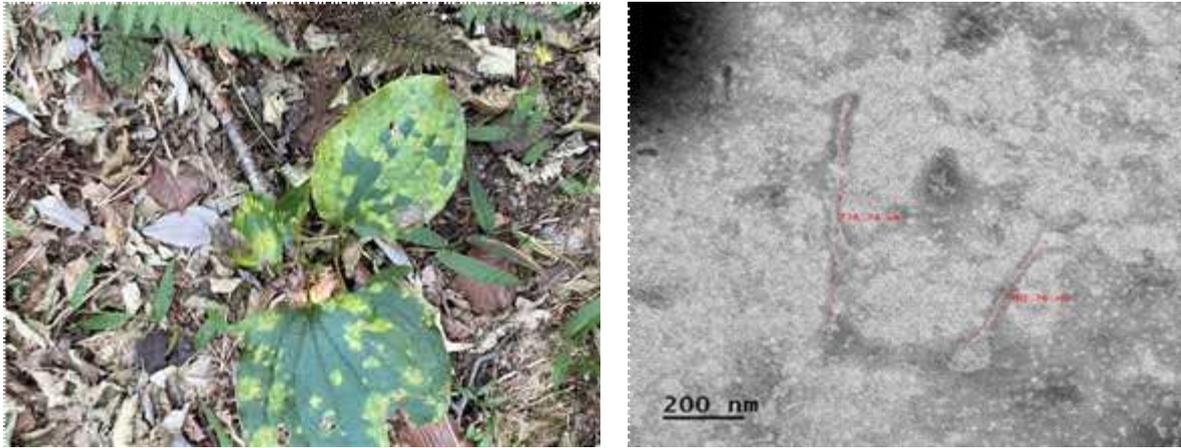


그림16. 청미래덩굴 바이러스 육안 병징 및 전자현미경 사진

- 식물바이러스 TYLCV, ToCV, TCV, PMMoV, ToMV, BBWV2, ZYMV 등의 특이적 프라이머를 이용하여 RT-PCR를 통하여 감염여부를 확인하였음.

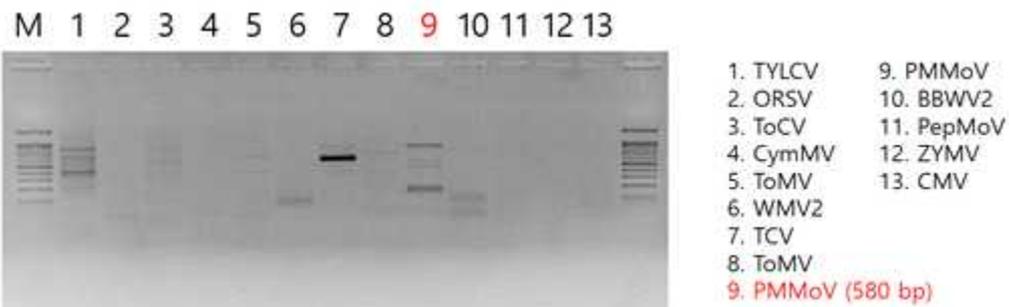


그림17. 청미래덩굴 시료에서 RT-PCR을 통한 바이러스 감염 여부 확인

- PMMoV 프라이머를 이용한 시료에서 예상 사이즈 580 bp가 증폭되었으며, 다른 바이러스들에서는 증폭산물이 확인되었으나 예상 사이즈가 달라 PMMoV (Pepper mild mottle virus) 동정 실험을 추가로 실시하였음.
- 청미래덩굴에서 분리한 PMMoV 720 bp 외피단백질 염기서열은 GenBank에 등록하였으며(LC677089), 분리주 이름은 PMMoV\_CD1로 명명하였음. 본 분리주의 유전학적 계통분석을 위하여 국내외 PMMoV 분리주와 Phylogenetic tree와 Pairwise 비교 분석한 결과 슬로베니아 분리주(MN267897)와 가까운 상동성을 갖는 것을 확인하였음.

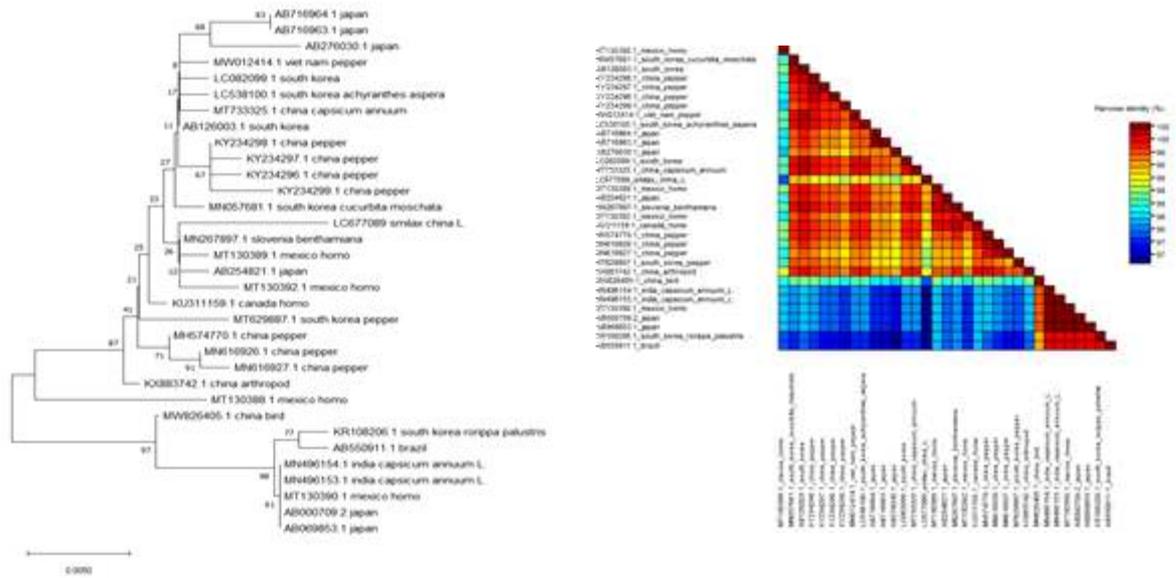


그림18. PMMoV 분리주 계통분석 및 상동성 분석

- 청미래덩굴에서 분리한 PMMoV의 병원성 여부 확인하기 위해 대표적인 지표식물인 *Nicotiana benthamiana* 식물에 청미래덩굴에 감염된 잎을 접종 버퍼에 넣고 접종원을 만든 후 2주일 동안 병 발생 확인하고, 이들 식물 시료를 RT-PCR로 PMMoV 감염 여부를 확인한 결과 PMMoV 양성 반응을 보임을 확인하였음.



그림19. 청미래덩굴에서 분리한 PMMoV 담배 지표식물에서 병원성 검정

- 광주광역시에서 수입 및 재배되고 있는 바이러스 병징을 보이는 개운죽(*Dracaena braunii*)에서 Total RNA를 추출 후 식물 바이러스들의 특이적인 프라이머를 사용하여 감염여부를 확인함.



그림20. 개운죽 바이러스 육안 병징

- 식물바이러스 TYLCV, ToCV, TCV, PMMoV, ToMV, BBWV2, ZYMV 등의 특이적 프라이머를 이용하여 전자현미경과 RT-PCR를 통하여 감염여부를 확인하였음.

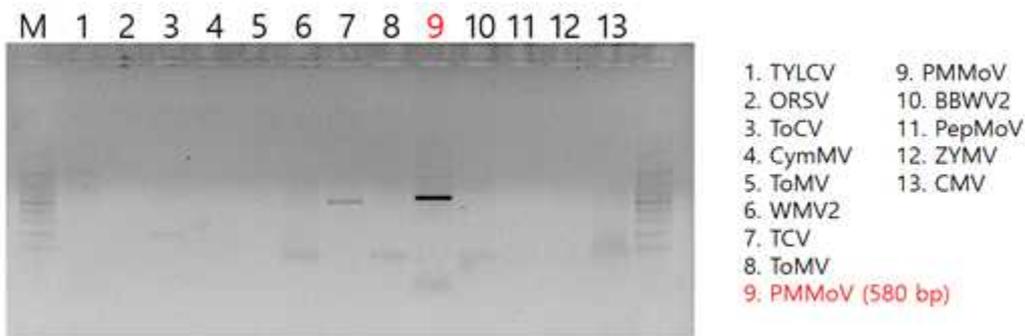


그림21. 개운죽 감염 시료에서 RT-PCR을 통한 바이러스 감염 여부 확인

- PMMoV(Pepper mild mottle virus) 프라이머를 이용한 시료에서는 예상 사이즈 580 bp가 증폭되었으며, 다른 바이러스들에서는 증폭산물이 확인되었으나 예상 사이즈가 달라 PMMoV 감염여부가 확인되었음.
- 개운죽이 PMMoV에 감염되었는지 확인하기 위해 전자현미경을 이용해 바이러스 입자 존재 여부를 확인하였음. 감염되었다고 의심되어지는 생강 시료를 추출 버퍼를 이용해 즙액을 확보 후 Negative staining을 이용해 TEM 관찰을 실시하였음. 관찰 결과 간상형 입자 모습을 가지는 바이러스 입자를 확인하였음.

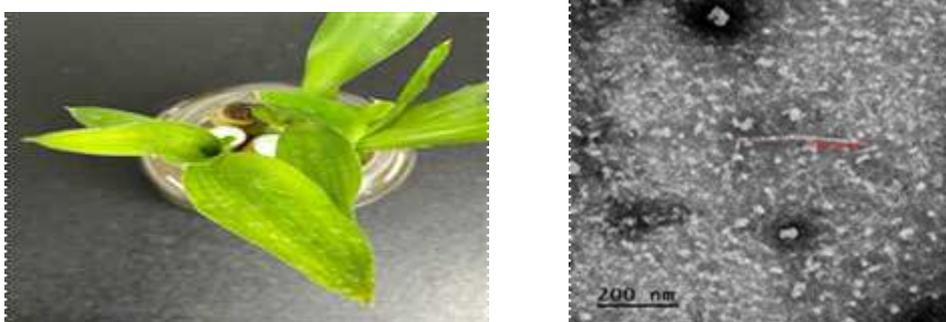


그림22. 개운죽 PMMoV 감염 육안 병징 및 전자현미경(TME) 결과

- 증폭된 PCR 산물을 T-Vector에 클로닝 후 염기서열 분석 결과 PMMoV가 확인 되었으며, 본 분리주를 PMMoV\_GG1(LC677090)로 명명하였음.

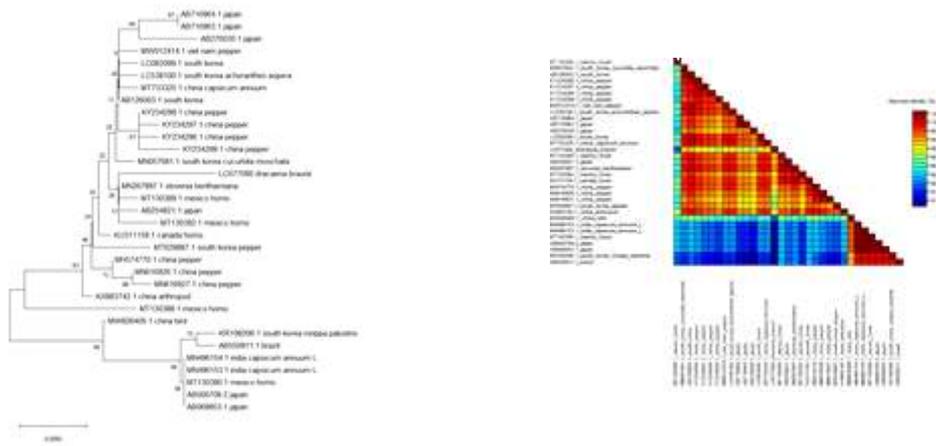


그림23. PMMoV 분리주 계통분석 및 상동성 분석

- 개운죽에서 분리한 PMMoV의 병원성 여부를 확인하기 위해 PMMoV-free 개운죽 식물에 PMMoV가 감염된 개운죽 즙액을 이용해 접종 후 2주일 동안 병 발생 확인하고, 이들 식물 시료를 RT-PCR로 PMMoV 여부를 확인한 결과 PMMoV 양성 반응을 보임을 확인하였음.

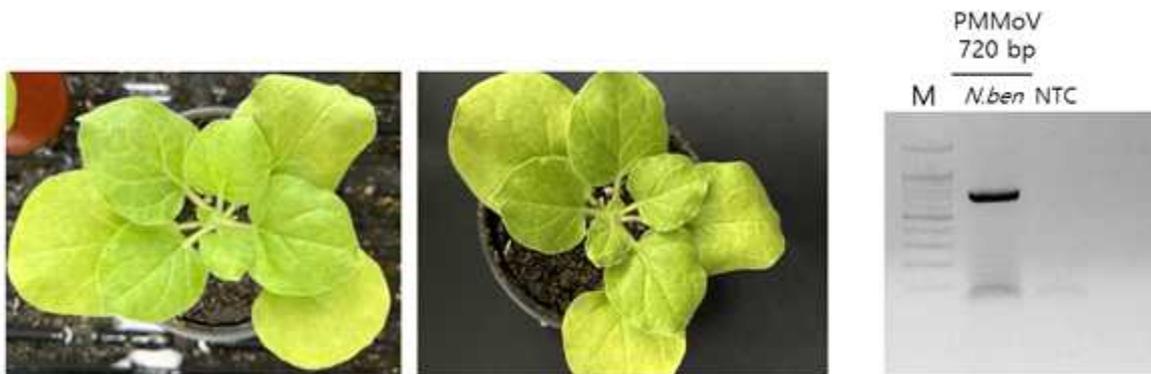


그림24. 개운죽에서 분리한 PMMoV 담배 지표식물에서 병원성 검정과 RT-PCR 결과

- 2022년 3월 광주광역시에서 수입 및 재배되고 있는 파콘베고니아 식물에서 바이러스 병징을 보이는 파콘베고니아 에서 Total RNA를 추출 후 식물 바이러스들의 특이적인 프라이머를 사용하여 감염여부를 확인함.

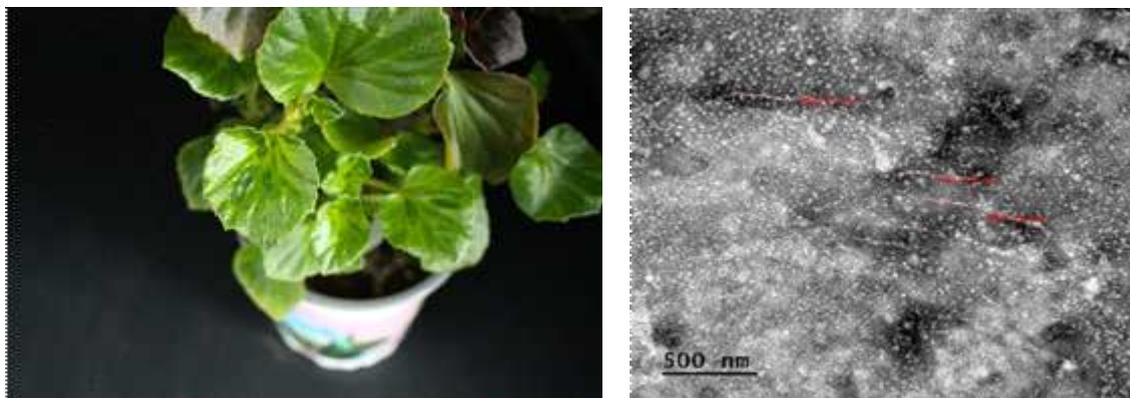


그림25. 파콘베고니아 바이러스 육안 병징

- 식물바이러스 TYLCV, ToCV, TCV, PMMoV, ToMV, BBWV2, ZYMV 등의 특이적 프라이머를 이용하여 RT-PCR를 통하여 감염여부를 확인하였음.

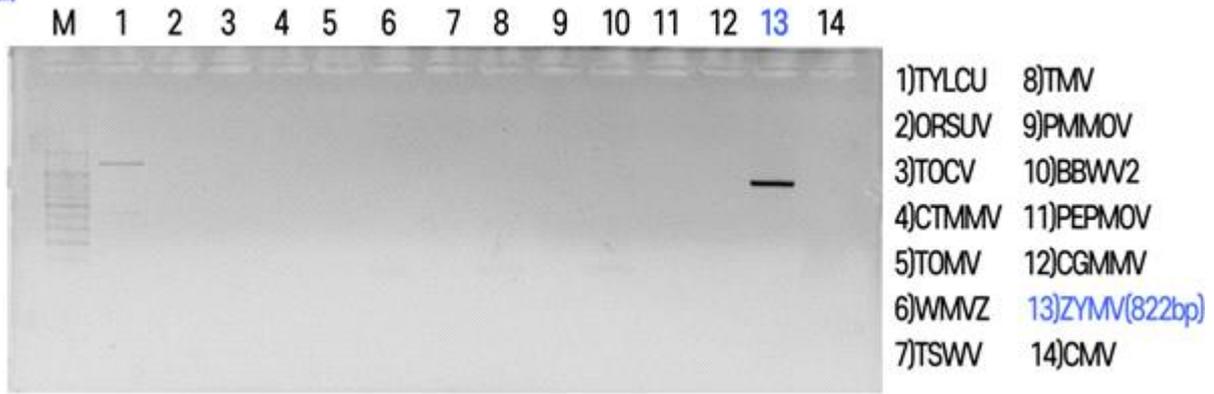


그림26. 팜콘베고니아 시료에서 RT-PCR을 통한 바이러스 감염 여부 확인

- ZYMV 프라이머를 이용한 시료에서 예상 사이즈 822 bp가 증폭되었으며, 다른 바이러스들에서는 증폭산물이 확인되었으나 예상 사이즈가 달라 ZYMV 감염여부가 확인되었음.
- 팜콘베고니아에서 분리한 ZYMV 822 bp 외피단백질 염기서열은 GenBank에 등록하였으며(LC680888), 분리주 이름은 ZYMV\_BS1로 명명하였음. 본 분리주의 유전학적 계통분석을 위하여 국내외 ZYMV 분리주와 Phylogenetic tree와 Pairwise 비교 분석 결과 파키스탄 분리주(KR261951)와 가까운 상동성을 갖는 것을 확인하였음.



그림27. ZYMV 분리주 유전적 계통분석 및 상동성 분석

- 2022년 광주화훼단지에서 바이러스 병징을 보이는 네펜데스알라타를 확인하여, 식물 잎을 채집하여 Total RNA를 추출 후 기존에 보고된 식물바이러스들의 여러 특이적 프라이머를 사용하여 식물바이러스 분류 동정 수행하였음.



그림28. 바이러스 감염이 의심되는 네펜데스알라타 식물

- 식물바이러스 TYLCV, ORSV, ToCV, CymMV, ToMV 등의 특이적 프라이머를 이용하여 전자현미경과 RT-PCR를 통하여 감염여부를 확인하였음.



그림29. 네펜데스알라타 시료에서 RT-PCR을 통한 바이러스 감염 여부 확인

- PMMoV(pepper mild mottle virus) 프라이머를 이용한 시료에서는 예상 사이즈 580 bp가 증폭되었으며, 다른 바이러스들에서는 증폭산물이 확인되었으나 예상 사이즈가 달라 PMMoV 감염여부가 확인되었음.
- 네펜데스알라타가 PMMoV에 감염되었는지 확인하기 위해 전자현미경을 이용해 바이러스 입자 존재 여부를 확인하였음. 감염되었다고 의심되는 바질 시료를 추출 버퍼를 이용해 즙액을 확보 후 Negative staining을 하여 TEM 관찰을 실시하였으며 관찰 결과 바이러스 입자를 확인하였음.

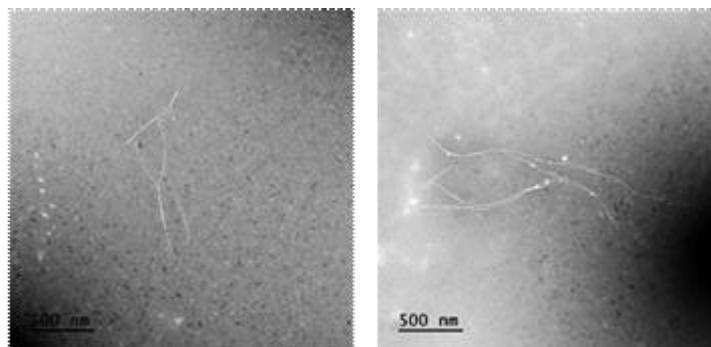


그림30. 네펜데스알라타 PMMoV 전자현미경(TEM) 결과

- 증폭된 PCR 산물을 T-Vector에 클로닝 후 염기서열 분석 결과 PMMoV가 확인 되었으며, 본 분리주를 PMMoV\_CNU-1(LC731733)로 명명하였음. 본 분리주의 유전학적 계통분석을 위하여 국내외 CMV 분리주와 Phylogenetic tree와 Pairwise 비교 분석한 결과 대한민국 분리주 (LC677089.1)와 가장 높은 상동성을 갖는 것을 확인하였음.

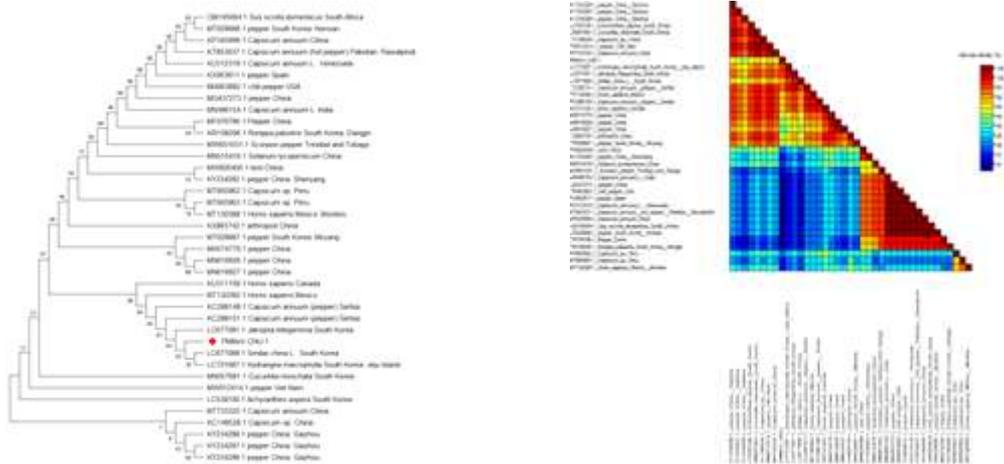


그림31. PMMoV 분리주 유전적 계통분석 및 상동성 분석

- 네펜데스알라타에서 분리한 PMMoV의 병원성 여부를 확인하기 위해 PMMoV-free 네펜데스알라타 식물에 PMMoV가 감염된 바질 즙액을 이용해 접종 후 2주일 동안 병 발생 확인하고, 이들 식물 시료를 RT-PCR로 PMMoV 여부를 확인한 결과 PMMoV 양성 반응을 보임을 확인하였음.



그림32. 네펜데스알라타에서 분리한 PMMoV 병원성 검정과 RT-PCR 결과

- 2022년 제주도에서 바이러스 병징을 보이는 수국 확인하여, 식물잎을 채집하여 Total RNA를 추출 후 기존에 보고된 식물바이러스들의 여러 특이적 프라이머를 사용하여 식물바이러스 분류 동정 수행하였음.



그림33. 수국 바이러스 육안 병징

- 식물바이러스 TMV, CMV, PepMoV, WMV2, TSWV 등의 특이적 프라이머를 이용하여 전자현미경과 RT-PCR를 통하여 감염여부를 확인하였음.

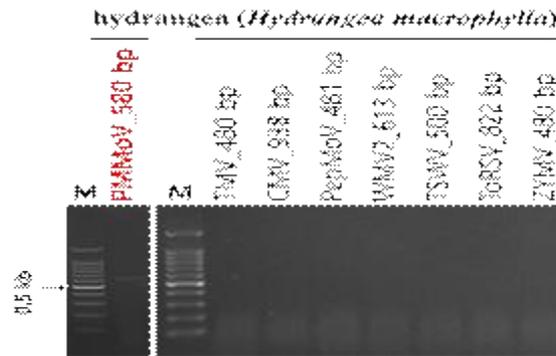


그림34. RT-PCR을 이용한 수국 바이러스 검출 결과

- PMMoV(pepper mild mottle virus) 프라이머를 이용한 시료에서는 예상 사이즈 580 bp가 증폭되었으며, 다른 바이러스들에서는 증폭산물이 확인되었으나 예상 사이즈가 달라 PMMoV 감염여부가 확인되었음.
- 수국이 PMMoV에 감염되었는지 확인하기 위해 전자현미경을 이용해 바이러스 입자 존재 여부를 확인하였음. 감염되었다고 의심되는 수국 시료를 추출 버퍼를 이용해 즙액을 확보 후 Negative staining을 하여 TEM 관찰을 실시하였으며 관찰 결과 바이러스 입자를 확인하였음.

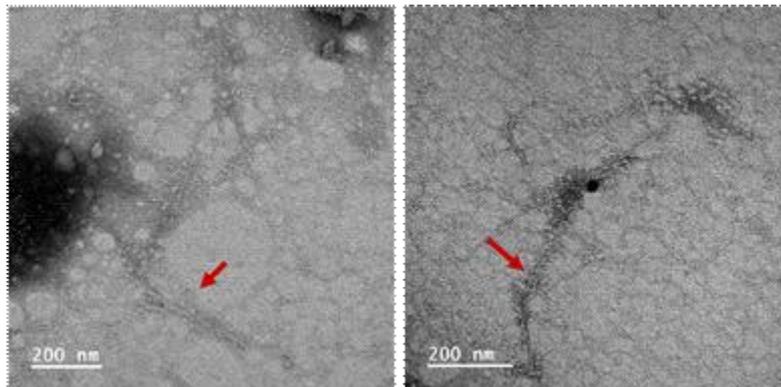


그림35. 수국 PMMoV 전자현미경(TEM) 결과

- 증폭된 PCR 산물을 T-Vector에 클로닝 후 염기서열 분석 결과 PMMoV가 확인 되었으며, 본 분리주를 JHD(LC721687.1)로 명명하였음. 본 분리주의 유전학적 계통분석을 위하여 국내외 CMV 분리주와 Phylogenetic tree와 Pairwise 비교 분석한 결과 일본 분리주 (LC677091)와 가장 높은 상동성을 갖는 것을 확인하였음.

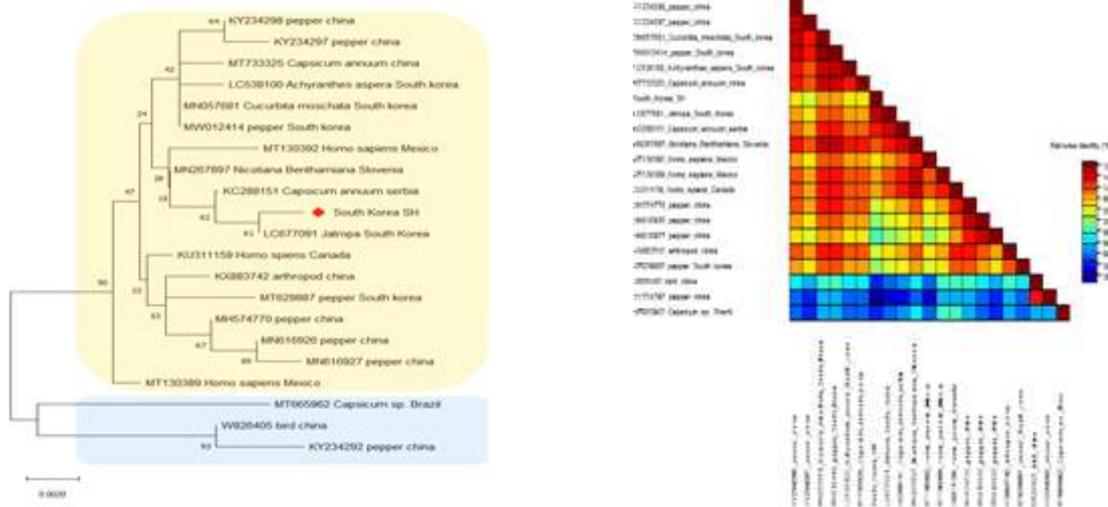


그림36. PMMoV 분리주 유전적 계통분석 및 상동성 분석

- 수국에서 분리한 PMMoV의 병원성 여부를 확인하기 위해 PMMoV-free 지표식물에 PMMoV가 감염된 바질 즙액을 이용해 접종 후 2주일 동안 병 발생 확인하고, 이들 식물 시료를 RT-PCR로 PMMoV 여부를 확인한 결과 PMMoV 양성 반응을 보임을 확인하였음.



그림37. 수국에서 분리한 PMMoV PMMoV-free 지표식물에서 병원성 검정과 RT-PCR 결과

- 2023년 3월 시금치 재배 농가에서 바이러스 병징을 보이는 시금치(*Spinacia oleracea*)에서 Total RNA를 추출 후 3세대 염기서열 분석 방법인 Nanopore sequencing 방법을 사용하여 감염된 바이러스를 확인함.

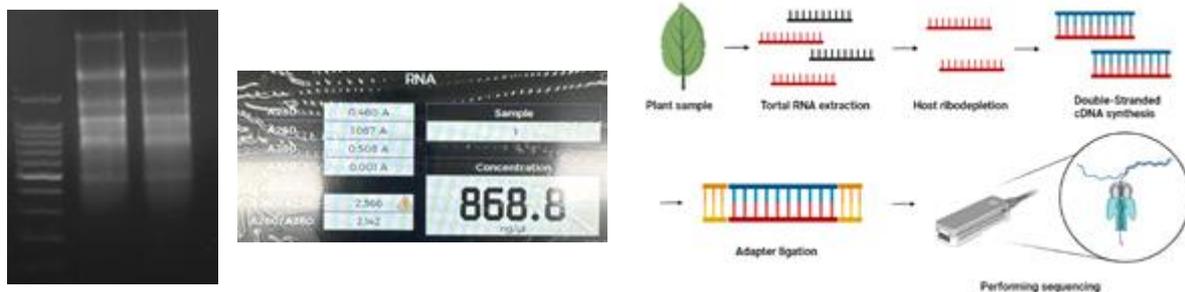


그림38. 시금치 total RNA 및 Nanopore sequencing 방법

- Nanopore sequencing 수행 후 얻은 raw reads를 사용하여 EPI2ME 앱 기능 중 하나

인 What's in my pot? (WIMP) 및 megablast n을 통해 Spinach cryptic virus 1 를 확인하였음.

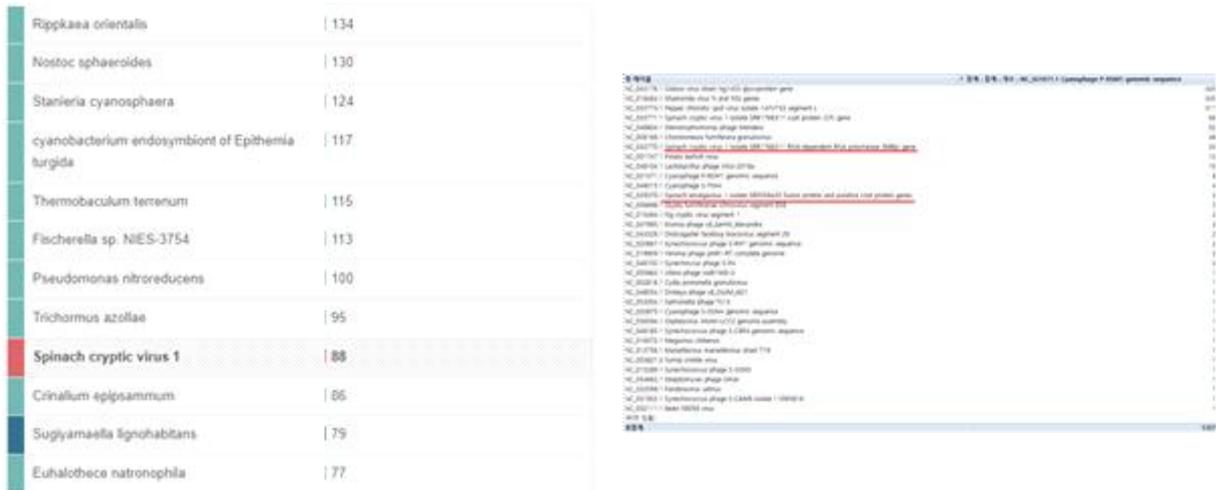


그림39. 시금치 total RNA 및 Nanopore sequencing 방법

- Geneious Prime 프로그램을 사용하여 Spinach cryptic virus 1 에 대해서 Genome mapping을 수행하였음. 그 결과 RNA1 segment와 RNA2 segment 모두 높은 coverage와 identity 로 mapping이 되었음.



그림40. Spinach cryptic virus 1 에 대한 genome mapping

- 2023년 5월 담양 포도 농가에서 바이러스 감염이 의심되는 포도나무에서 잎 시료를 채집하였고, total RNA를 추출 후 HTS 분석을 수행하였음.



건강한 포도나무                      바이러스 감염 의심 포도나무

그림41. 바이러스 감염이 의심되는 포도나무 시료 채집

- 추출한 total RNA에서 라이브러리 제작을 위해 RNA를 단편화 시킨 후, double-stranded cDNA를 합성한 후 end-repair를 진행하였고 adapter ligation을 수행하였음.
- Adapter가 붙은 라이브러리는 sequencing을 위해 PCR 증폭을 통해 충분한 양을 얻었고, magnetic bead를 사용하여 정제한 후 cluster generation 과정을 거쳐 Illumina 장비를 통해 sequencing을 수행하였음.

Sample ID	Yield	Read	Read Error (%)	GC (%)	Q30 (%)
Grape	6,641,959,200	44,279,728	0.03	45.55	93.76

표1. HTS에서 얻은 raw data

- 바이러스 동정을 위해 HTS에서 얻은 raw data에서 quality control를 수행하였고, 확보한 reads를 Kalisto program을 활용하여 NCBI plant virus database에 mapping하여 바이러스 목록을 확인함.
- HTS 분석 결과, 5종의 포도 바이러스(Grapevine rupestris stem pitting-associated virus, Grapevine fabavirus, Grapevine virus L, Grapevine fleck virus, Grapevine virus E, Grapevine leafroll-associated virus 1)가 확인되었고 모두 국내에서 보고된 바이러스로 확인됨.

Sample ID	Virus list	Segment	Read number	Coverage (%)	Identity (%)
Grape	Grapevine rupestris stem pitting-associated virus		119,883	100	96.5
	Grapevine fabavirus	RNA 1	195,212	93.9	95.1
		RNA 2	99,084	98.8	98.8
	Grapevine virus L		14,563	100	99.3
	Grapevine fleck virus		32,962	98.9	94
	Grapevine virus E		3,275	99.7	99.3
	Grapevine leafroll-associated virus 1		2,081	89.8	99

표2. 포도나무에서 HTS을 통해 동정된 바이러스 목록

- 포도에서 동정된 바이러스에 대한 read mapping은 해당 바이러스의 reference genome를 확보한 후, geneious 프로그램을 통해 mapping을 수행함.
- Genome mapping 결과, 89.8-100%의 높은 coverage와 94-99.3%의 높은 identity가 확인됨.

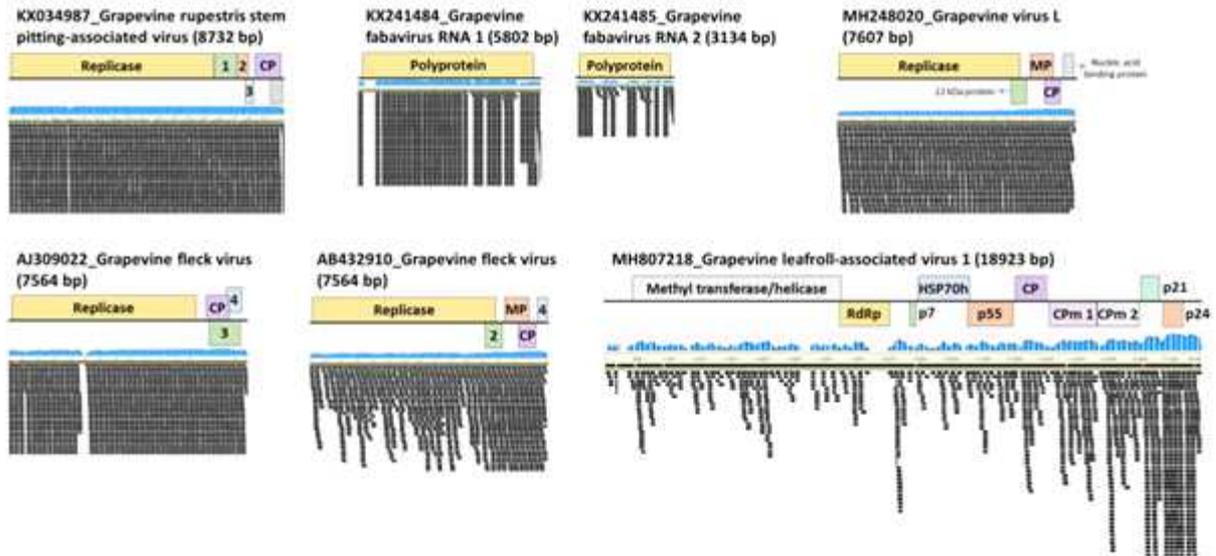


그림42. HTS 분석에서 확인된 바이러스들의 genome mapping

### 제3핵심 연구과제 -2. 시설채소 병해충 조기진단법 및 친환경 방제법 개발 (정우진)

#### ○ 식물병원균의 분자계통분류 (이항범)

- 특수대학원 취지에 맞게 실무적인 식물병 방제(control)를 위한 신속한 병원균 동정기술 제시
- 식물병이 발생한 이병조직으로부터 병 발생 증상(symptom) 및 표조(sign)를 관찰하고 이병 병반으로부터 순수 균체 확보
- 형태학적 및 분자계통분학적 균 동정을 위해 균사, 분생자경, 분생포자를 입체현미경 및 복합현미경으로 관찰하고 균체로부터 gDNA 추출, 서열분석 및 계통수작성법 등 분자분류기술 제시

#### ○ 알긴산/후코이단 분해 생물비료 연구 (구연중)

- 알긴산 분해 박테리아 발굴을 통해 해조류를 활용한 생물비료 개발/발굴된 알긴산 분해 미생물의 생물학적 방제 기능을 탐색중

#### ○ 토양개량제가 토양의 자연 방제 기능에 미치는 영향 연구 (조은혜)

- 유기성 폐자원을 이용한 바이오차를 토양개량제로 사용하였을 때 토양의 물리·화학적 변화와 토양 효소 활성 및 작물 생장에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 수행하였음. 또한 혈분을 주입한 토양 미생물의 병원성균 저해 영향을 알아보기 위한 실험을 수행하고 있음

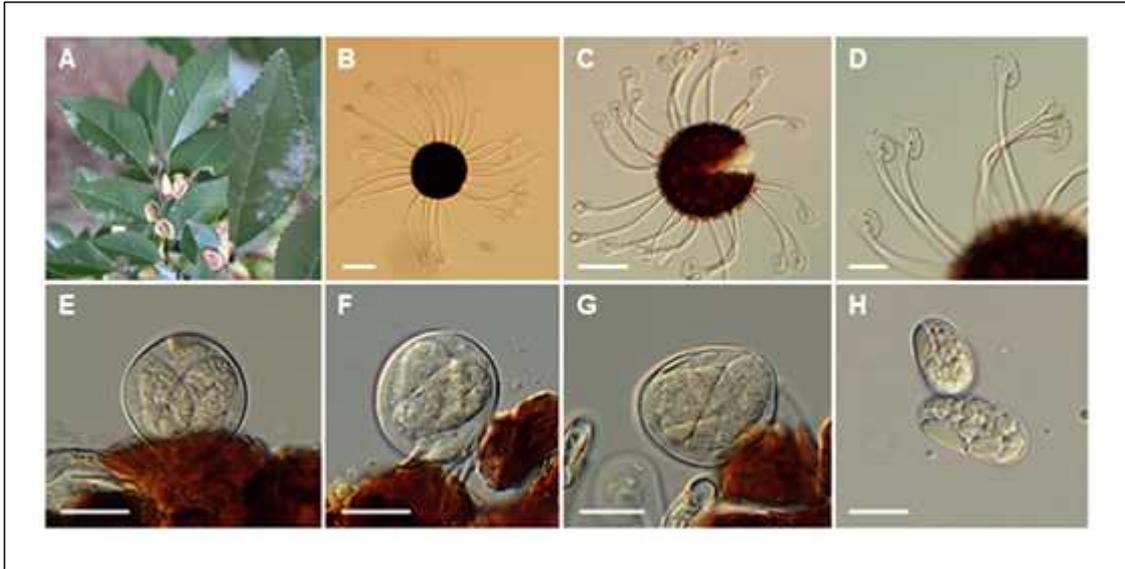
#### ○ 친환경 병해충 방제를 위한 유용미생물의 특성 연구 (김길용/정우진)

- 유용미생물 수집 및 분리 기술 제시
- 유용미생물이 생성하는 다양한 2차 대사물질 생산 능력 탐색
- 선발된 유용미생물을 이용한 식물 병원균에 대한 항균 활성 능력 검정
- 우수 유용 미생물 선발 및 동정 결과 제시
- 유용미생물 항균활성 물질 탐색 및 분리·동정
- 유용미생물 항균활성 물질 생산과 항균활성간의 상관 관계 구명
- 유용미생물 생산하는 항균물질에 대한 생물검정 실시

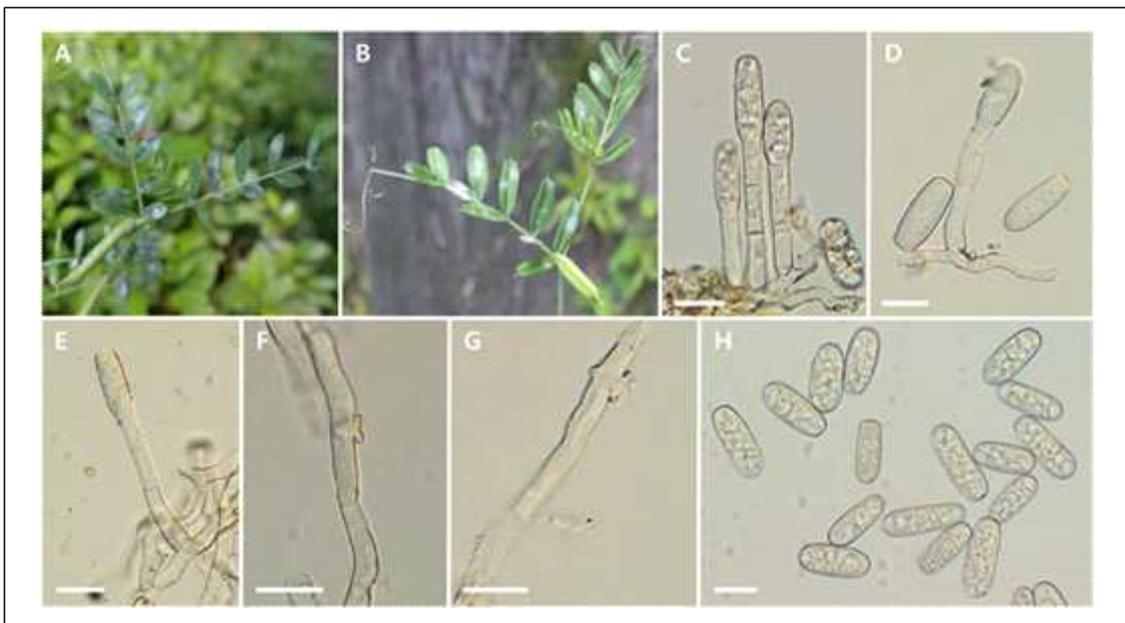
## 6) 식물병원균의 분자계통분류 (이향범)

### 가) 흰가루병 병반 관찰 (II)

- 입체현미경을 통해 병반 상의 균체(균사, 분생자경, 분생포자)를 관찰
- 참느릅나무 흰가루병 이병 병반으로부터 모세관(capillary tube) 등을 이용하여 균사, 분생자경, 포자를 순수하게 취하여 vial에 담음



[그림 1-1] *Erysiphe ulmi*에 의한 참느릅나무(*Ulmus parvifolia*) 흰가루병 발생과 원인균의 형태. A, 흰가루병 증상. B,C, 부속지를 갖는 어린 자낭과 성숙한 자낭. D, 부속지. E-G, 자낭과 자낭포자. H, 자낭포자. Scale bars: B, C= 50  $\mu$ m, D-H = 20  $\mu$ m.



[그림 1-2] 살갈퀴에 발생한 흰가루병 증상(A,B), 무성세대의 분생자경과 분생포자 모습(C-H) (Plant Disease 2021).

### □ 흰가루병 병반 관찰 (II)

- 입체현미경을 통해 병반 상의 균체(균사, 분생자경, 분생포자)를 관찰
- 참느릅나무 흰가루병 이병 병반으로부터 모세관(capillary tube) 등을 이용하여 균사, 분생자경, 포자를 순수하게 취하여 vial에 담음

## 나) 이병병반으로부터 genomic DNA 추출

- Vial에 담겨진 균체의 세포벽을 파괴하고, 단백질과 RNA 등의 기타 불순물을 제거하여 순수한 genomic DNA 추출
- 최근에는 DNA 추출 및 정제용 키트와 그 사용 매뉴얼(manual)에 따라 실시

## 다) PCR(polymerase chain reaction)

- 먼저 ITS rDNA 영역의 염기서열을 이용하여 동정할 균의 종, 속 수준을 파악하고 특정 분류군의 경우 다양한 단백질암호화 유전자 (protein coding 유전자)를 사용하여 분자분류를 실시함
- ITS rDNA 영역의 염기서열로 종(species)을 파악하기 어려울 경우 동정할 균의 주변 염기서열 중 보존이 잘 된 지표를 사용(대표적으로 28S rRNA)
- PCR로 증폭이 끝났다면 분광광도계나 전기영동을 통해 증폭한 염기서열의 순도 및 농도 확인 후 분석 의뢰

## 라) 분자계통분석 과정

### (1) 유전자서열의 질적 우수성 확인

- 생성된 서열의 크로마토그램은 대부분 시퀀스 질적 우수성을 보장하기 위해 BioEdit v.7을 사용하여 피크의 선명도를 분석하여 품질을 확인.
- BioEdit는 이를 ABI Autosequencer Trace 파일로 인식하고 크로마토그램으로 역/순 방향 서열은 SeqMan Pro 또는 BioEdit를 사용하여 공통 시퀀스로 조립.

### (2) 초기화설정된 매개변수를 사용한 BLAST 검색

- 계통발생학적 분석에 앞서 BLAST 검색을 포함하는 주요 목적은 유전자 패밀리의 구성원을 식별하는 데 도움이 되는 것임
- NCBI BLAST web server(<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)로 들어가고 “Nucleotide BLAST”클릭
- 서열 파일을 선택하거나 또는 FASTA format sequence를 “Query Sequence box”로 직접 부착
- “Choose Search Set”하에서 “Nucleotide collection(nr/nt)”선택
- “Program Selection”하에서 “Highly similar sequences(megablast)”선택
- “BLAST”클릭

### (3) 기본 서열 확보 및 외집단의 결정

#### (가) 기본 서열 확보

- 서열은 계통발생학적 분석을 위해 NCBI 데이터베이스에서 다운로드할 수 있음.
- 표준 서열은 GenBank 수탁 번호(배양 코드, 종 이름)를 사용하여 다운로드할 수 있음.
- 서열은 'FASTA' 형식으로 저장할 수 있음.

#### (나) 외집단 결정

- 외집단은 내집단과 최대한 가까워야 하며 외집단은 연구중인 clade 외부에 있지만 해당 계통과 밀접한 관련이 있음.

### (4) 서열 정렬

- ClustalX: ClustalX program(<http://bips.u-strasbg.fr/en/Documentation/ClustalX/>)
- MUSCLE: use the programs MEGA
- MAFFT: The alignment software MAFFT(<https://mafft.cbrc.jp/alignment/server/>)

### (5) 최종 유전자 서열의 여러 확장자명(Nexus, phylip, fasta) 변환

- ALTER(ALignment Transformation EnviRonment, <http://www.sing-group.org/ALTER/>)

### (6) 계통분석에 사용되는 소프트웨어 도구 및 웹사이트

- Maximum likelihood analysis(ML):
- Maximum parsimony analyses(MP):
- Bayesian analysis(BI):

(7) 계통도 작성을 위한 소프트웨어

– MEGA, FigTree, TreeView

(8) MEGA v.7을 이용한 이러한 일련의 분석과정

- a. NCBI에서 유전자서열유사도(sequence similarity) 확인
- b. 분석에 사용할 유전자를 선택하고 확보
- c. ClustalX, Muscle, 또는 기타 프로그램을 이용하여 복합유전자서열 정렬 실시
- d. 정렬된 유전자 서열을 편집
- e. Bootstrap 분석을 통한 NJ tree(Distance tree), MP(Maximum parsimony), ML(Maximum likelihood) 계통수 작성
- f. 계통수를 저장하고 MEGA software에서 시각화 작업

The screenshot shows the NCBI BLAST search process. At the top, the NIH logo and 'National Library of Medicine' are visible. The main heading is 'BLAST® - blastn suite'. The search type is 'Standard Nucleotide BLAST'. The 'Enter Query Sequence' section contains a text area with a nucleotide sequence: 'TTGTCGTGGACTGGATCGACCCGCCACCCGTCGACTTGTATTTTGTG...'. Below this, there are options to 'Choose File' or 'No file chosen'. The 'Sequences producing significant alignments' table is shown with columns for 'Description', 'Scientific Name', 'Max Score', 'Total Score', 'Query Cover', 'E value', 'Per Ident', 'Acc. Len', and 'Accession'. The first hit is 'Erysiphe ulmi voucher R. Kirschner 4572 (TNM) internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene, complete sequence; and internal transcribed spacer 2, partial sequence'. The 'Nucleotide' dropdown menu is set to 'MG954111'. The 'Welcome to NCBI' banner is visible, along with a 'Nucleotide' search bar and a 'FASTA' section containing the full sequence for the selected hit.

그림 2. NCBI에서 염기서열 탐색 과정.

#### 마) 계통수

- MEGA7을 이용하여 유사성이 떨어지는 부분을 잘라낸 fasta 확장자 파일 불러오기
- MEGA7에서 제공하는 원하는 알고리즘으로 Maximum likelihood analysis 선택
- 계통수를 그린 결과 균류종(예로 *Erysiphe ulmi*)의 분자계통분류학적 지위를 파악

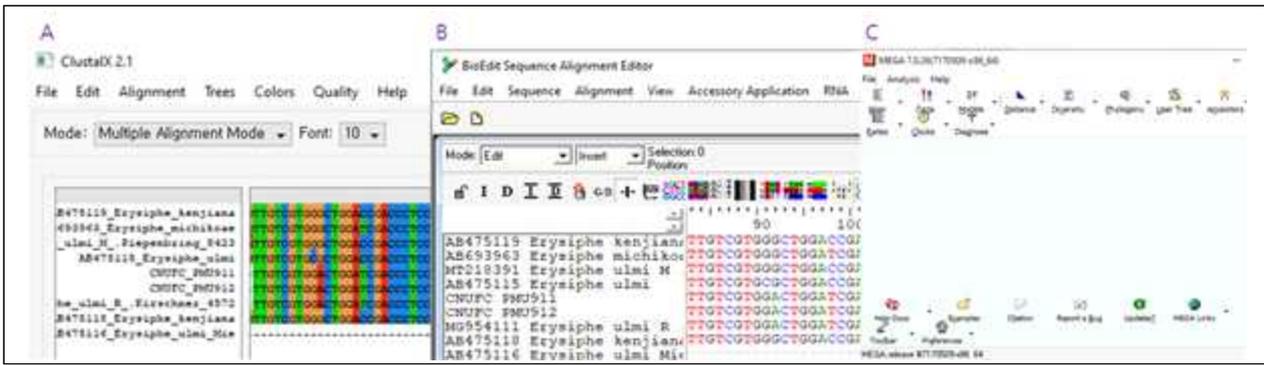


그림 3. 계통수 작성을 위한 프로그램. A: ClustalX, B: Bioedit, C: MEGA7 프로그램 작동.

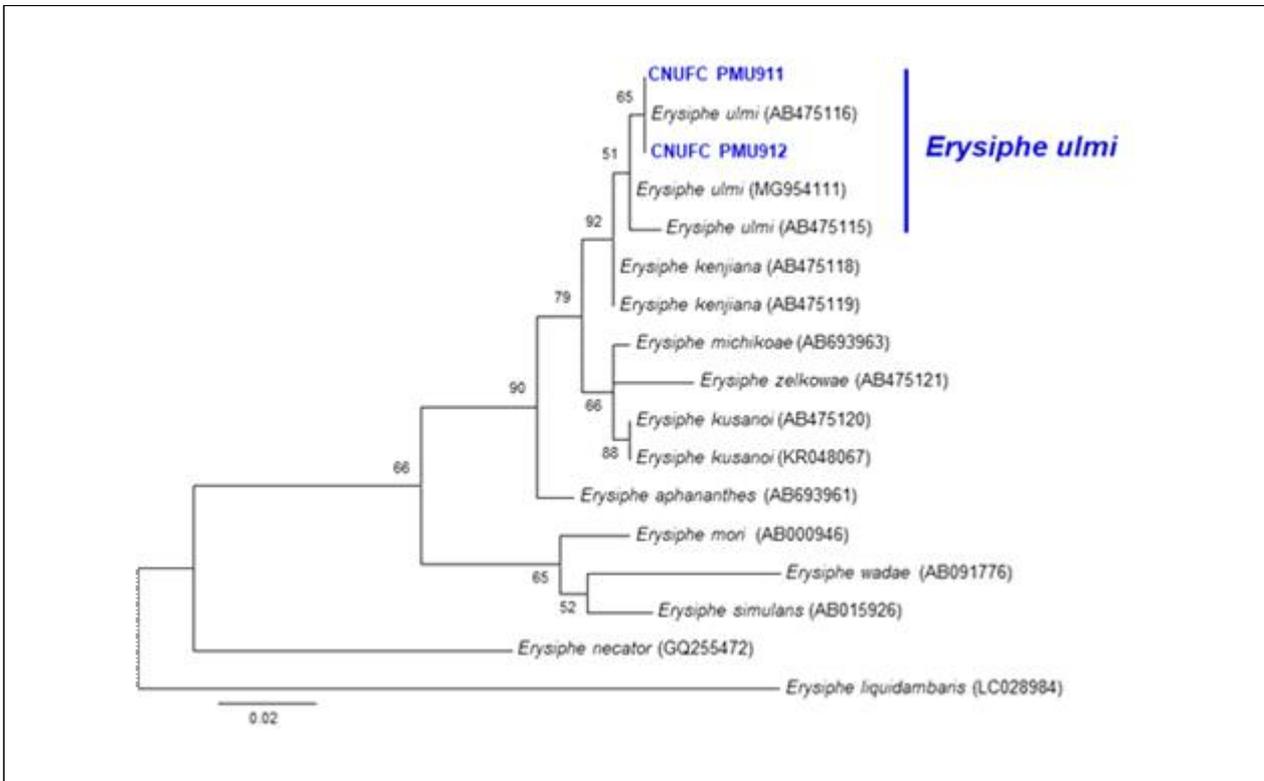
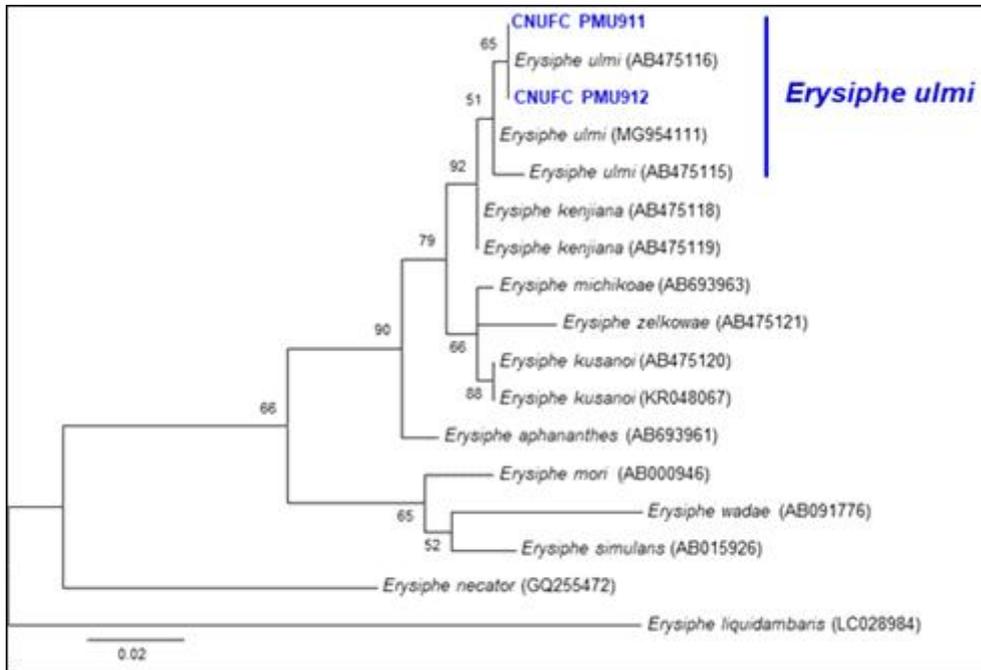


그림 4. ITS rDNA의 Maximum likelihood analysis에 기초한 *Erysiphe ulmi* CNUFC PWU911 및 CNUFC PWU912 균주와 관련 종의 계통도. *Erysiphe liquidambaris* 종이 outgroup로 사용되었으며 마디상의 수치는 bootstrap values (>50%)를 나타냄.



(1) 흰가루병 병반 관찰, 형태적 식별 (I)

- 흰가루병 발생 이병엽을 취하여 입체현미경을 통해 병반 상의 균체(분생자경, 분생포자) 관찰
- 흰가루병 이병 병반으로부터 모세관(capillary tube) 등을 이용하여 gDNA 추출을 위해 균사와 포자를 순수하게 취하여 vial에 담음
- 3차년도에서는 1-2년차에 이어 활물기생균인 흰가루병원균에 의해 감염된 이병엽을 다수 확보하여 일련의 동정과정을 거쳐 원인균을 종수준에서 파악하고자 하였음

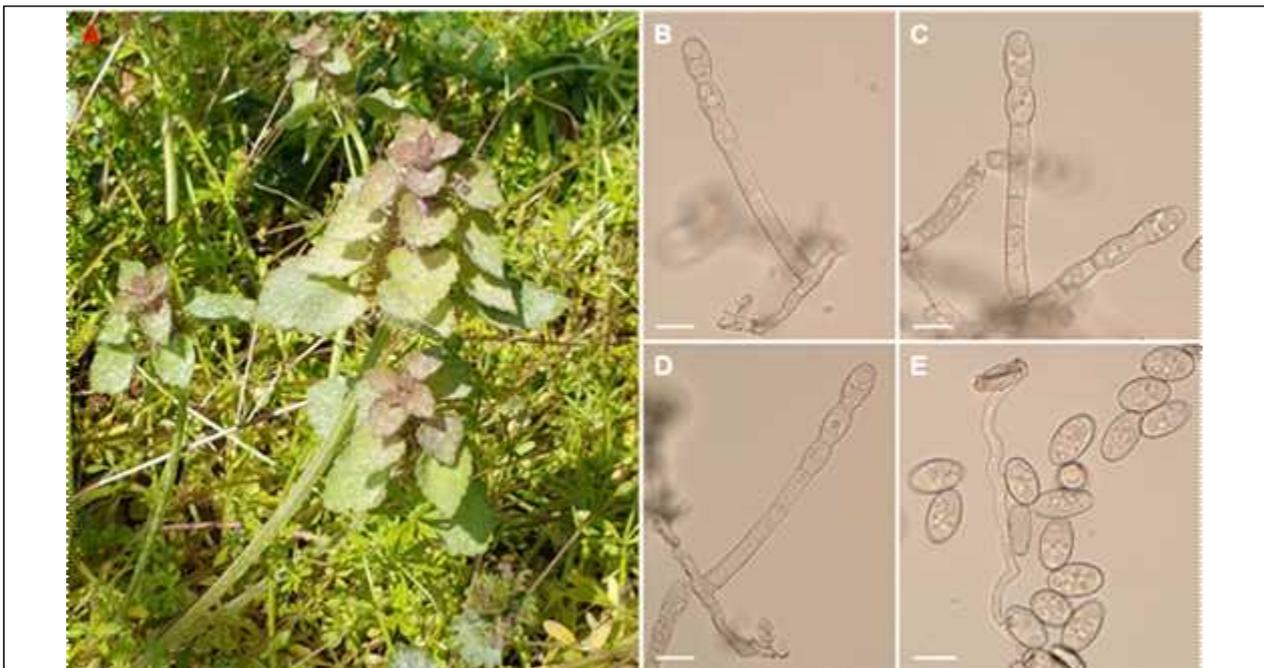


그림 1. 자주광대나물(*Lamium purpureum*) 흰가루병 발생과 그 원인균 *Neoerysiphe galeopsidis*의 형태. A, 흰가루병 감염 증상. B-E, 이병엽으로부터 분리한 분생자경과 분생포자의 모습. Scale bars = 20 $\mu$ m.

(2) 흰가루병 병반 관찰, 형태적 식별 (II)

- 입체현미경을 통해 병반 상의 균체(분생자경, 분생포자) 관찰
- 흰가루병 이병 병반으로부터 모세관(capillary tube) 등을 이용하여 분생자경, 포자를 순수하게 취하여 vial에 담음

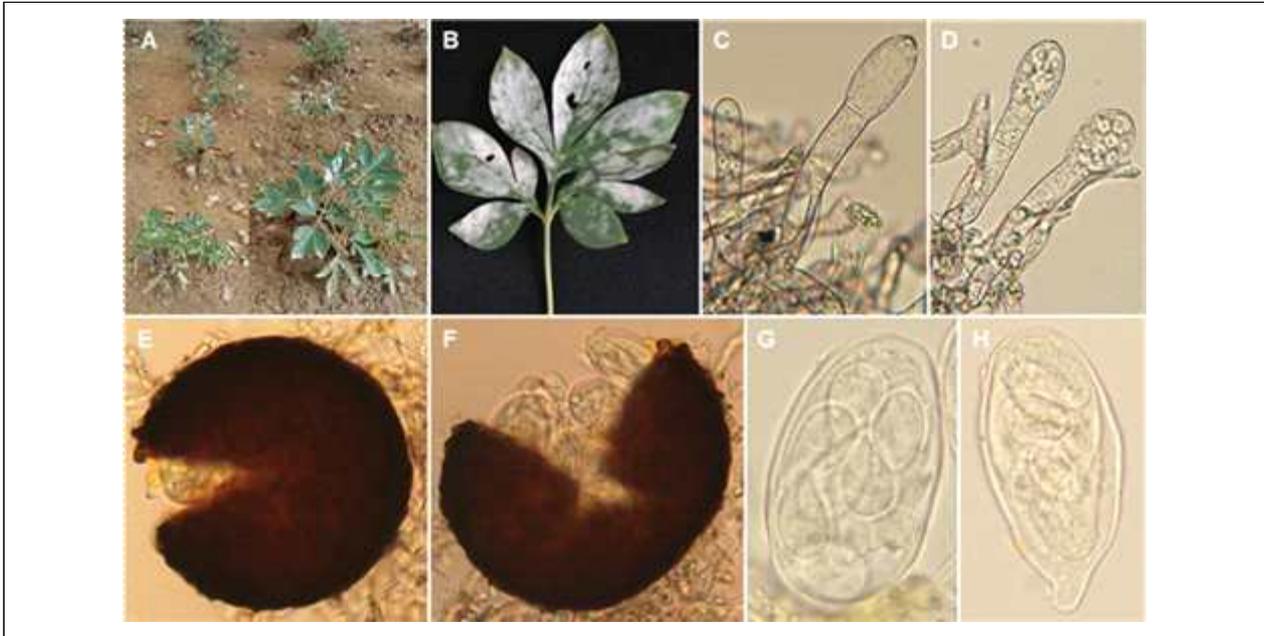


그림 2. 적작약(*Paeonia lactiflora*)의 흰가루병 발생과 그 원인균 *Erysiphe paeoniae*의 형태. A-B, 흰가루병 증상. C-D, 분생자병 E-F, 자낭구와 자낭. G-H, 자낭과 자낭포자.

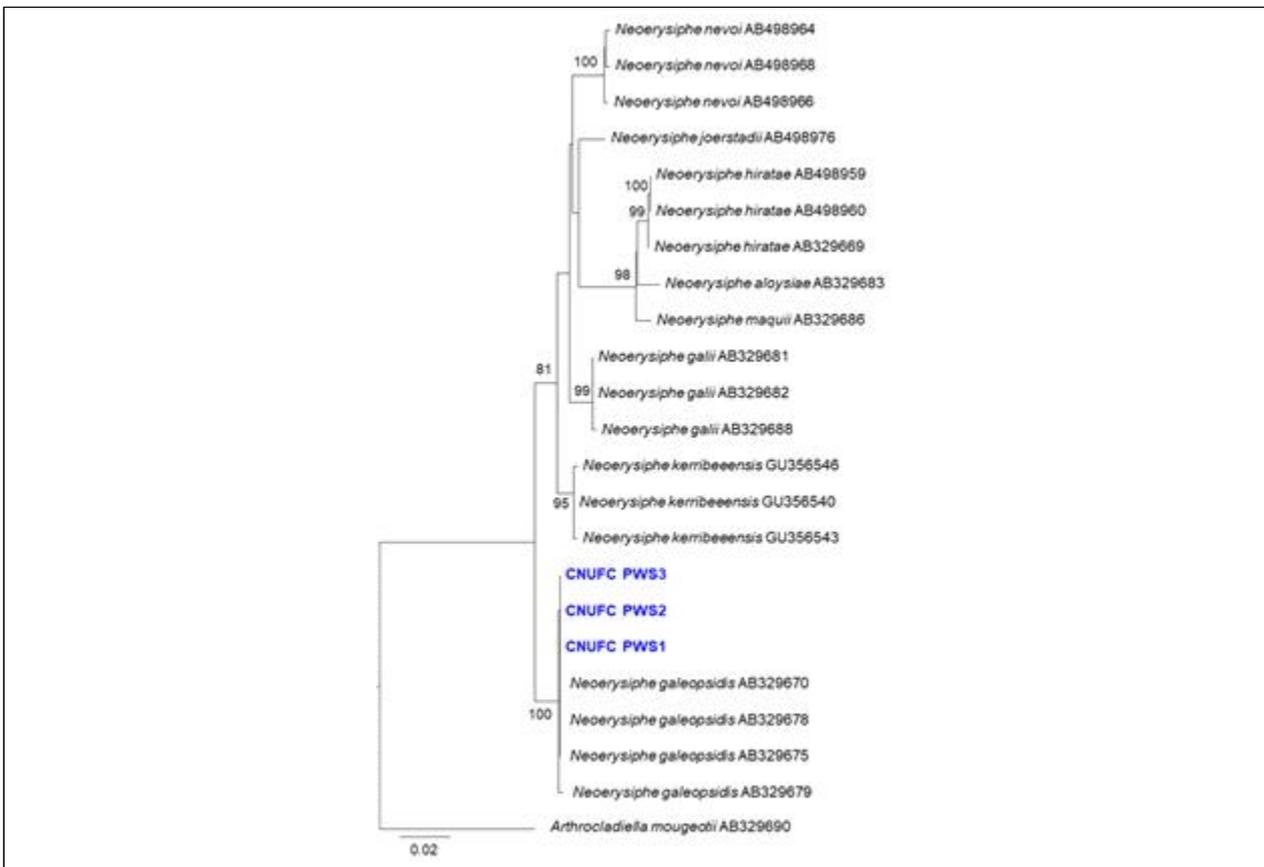


그림 5. 자주광대나물 흰가루병반으로부터 확보한 *Neoerysiphe galeopsidis* CNUFC PWS1, PWS2 및 PWS3 균주로부터 확보한 ITS rDNA 유전자 영역에 기초한 분자계통도. *Arthrocladiella mougeotii* 종이 outgroup으로 사용되었으며 마디상의 수치는 bootstrap values (>70%)를 나타냄.

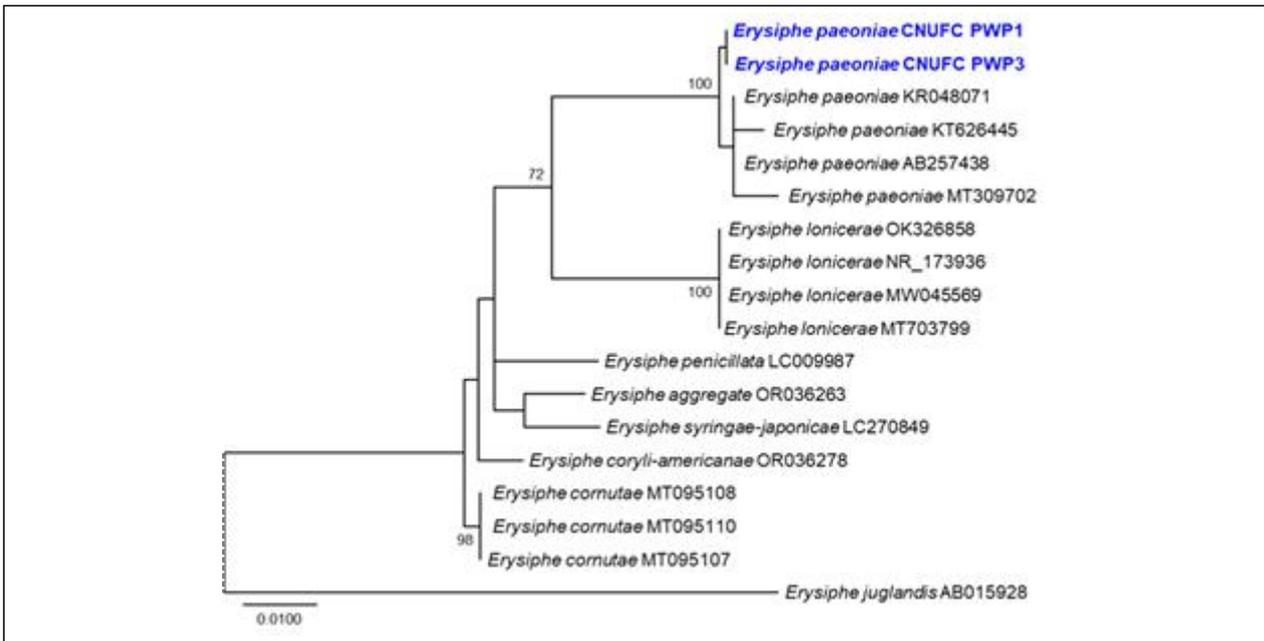


그림 6. 적작약(*Paeonia lactiflora*)의 흰가루병반으로부터 확보한 *Erysiphe paeoniae* CNUFC PWP1 및 CNUFC PWP3 균주와 관련 종의 ITS rDNA의 Maximum likelihood analysis에 기초한 계통도. *Erysiphe juglandis* 종이 outgroup로 사용되었으며 마디상의 수치는 bootstrap values (>70%)를 나타냄.

## [고찰]

- 생물정보학 프로그램으로 염기서열을 정렬하고, 유사도에 기초하여 분류학적으로 유사한 그룹들을 묶어 유전적 거리(genetic distance)를 보여주는 다양한 계통도 작성 프로그램 등이 계속 개발되고 있음. 다양한 균류의 염기서열 정보가 GenBank(www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank)와 같은 데이터베이스에 축적되고 있으며, 이로 인해 BLASTn 프로그램을 이용하여 염기서열의 유사성(similarity)을 검색하는 것이 일반화되었음. BLASTn 탐색을 이용하면 분석하고자 하는 균류의 염기서열을 근연 그룹들의 것과 일차로 비교하는데 유용함
- ITS rDNA 염기서열과 함께 다른 보존된 유전자(conserved gene)의 염기서열을 병행해서 사용해야 하며, 여기에 일반적으로 사용되는 주요 유전자 부위는 18S 및 28S rRNA, 5.8S rRNA, elongation factor 1-(EF1), RNA polymerase II subunits(RPB2)가 있으며 균류의 분류군에 따라 진화의 시계가 다를 수 있는바 다양한 유전자 marker를 적용할 필요도 있으며, 프라이머(primer)의 선택도 중요함
- 신종 병원균의 경우 잠정적으로 명명을 하게 되는데 국제명명규약에 따라 기재하고 이름을 붙이고 있음. 균류의 특징인 불완전세대명과 완전세대명을 갖는 종의 경우 one fungus one name의 원칙에 따라 하나의 이름을 따르고 있는 실정임. 새로운 분류학적 발견 내용의 등록과 균주 종 정보에 기초하여 표준화된 명명이 가능
- 본 연구과정에서 지속적으로 다양한 식물병반을 수집하였으며, 이들의 병반으로부터 균체를 순수 확보하고, gDNA를 추출하여 분자계통분류 및 형태적 동정을 실시하여, 균 동정을 종수준에서 판단하였음. 본 과제에서는 1-2차년도에 이어 다양한 기주에 발생하는 흰가루병의 원인균을 동정하고자 하였으며 그 과정을 상세히 기록하였음.

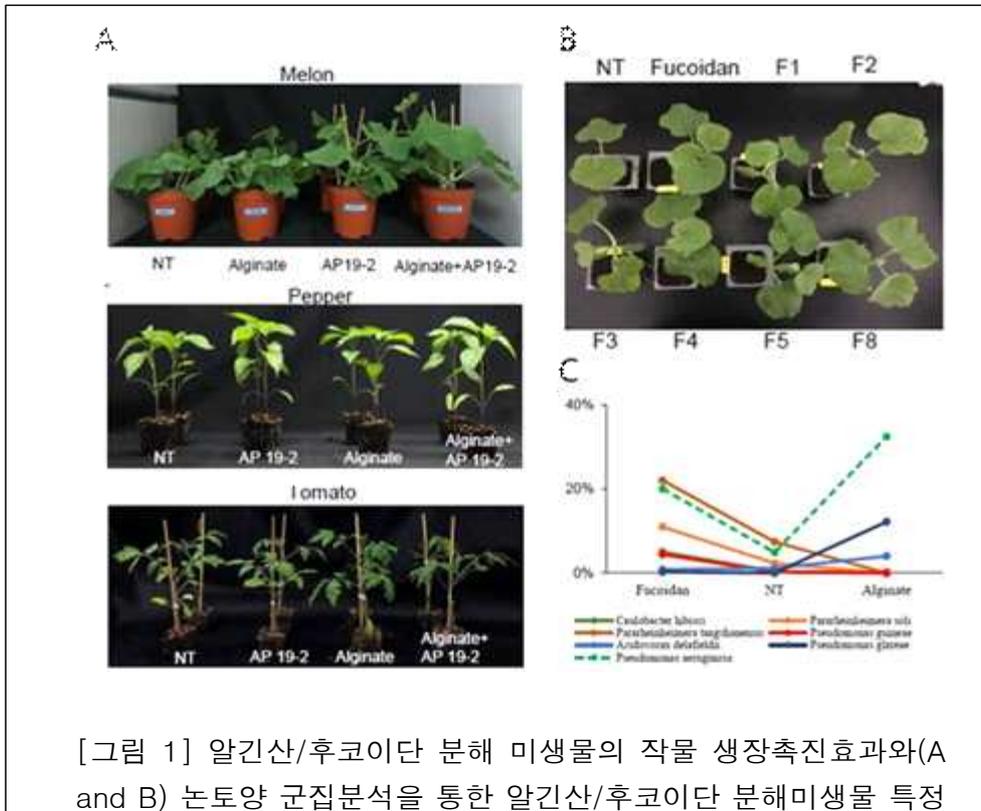
## 7) 알긴산/후코이단 분해 생물비료 연구 (구연종)

### 가) 알긴산/후코이단 분해 생물비료 발굴

- 작물의 생장을 촉진시킬 수 있는 미생물의 개발을 위해 특수 양분을 활용하는 미생물을 발굴

하였음

- 해조류에서 많이 발견되는 alginate 또는 fucoidan을 분해할 수 있는 논토양 미생물을 발굴함. 이는 육지 토양에서 생착이 가능한 미생물을 선발하기 위한 것임
- [그림 1A]에서 분리된 알긴산 분해 미생물 AP19-2가 멜론, 고추, 토마토의 성장을 촉진시키는 효과를 가짐을 확인함
- [그림 1B]에서 분리된 후코이단 분해 미생물 F8이 멜론의 성장을 초기 단계에서 촉진시킬 수 있음을 확인함
- [그림 1C]에서 논토양 군집분석을 통해 알긴산과 후코이단을 분해할 것으로 예상되는 후보 미생물을 특정함. *Pseudomonas aeruginosa*의 경우 알긴산과 후코이단 모두를 분해할 수 있는 것으로 판단됨.
- 알긴산/후코이단 분해 미생물은 해조류와 함께 생물비료로 개발될 때 해조류의 영양염류의 효과와 생물비료의 식물성장촉진 효과를 함께 기대할 수 있음
- 발굴된 미생물들의 생물학적 방제 효과에 대해서도 연구를 진행중임



[그림 1] 알긴산/후코이단 분해 미생물의 작물 성장촉진효과와(A and B) 논토양 군집분석을 통한 알긴산/후코이단 분해미생물 특정

- 해조류에서 많이 발견되는 alginate 또는 fucoidan을 분해할 수 있는 논토양 박테리아를 발굴함. 이들 박테리아들은 육지의 토양환경에서 보다 오래 생존하며 작용할 수 있을 것으로 기대할 수 있음
- alginate 분해 박테리아는 분리된 논토양 박테리아 중 alginate가 포함된 최소영양배지에서 생장이 빨라지는 박테리아를 선발했음(그림 2).
- alginate가 포함된 고체배지에서 alginate를 분해할 것으로 예상되는 4종의 박테리아를 선발하였고, 확인을 위하여 alginate가 포함된 액체배지에서 다시 배양한 결과 A3는 alginate 포함 배지에서 생장이 크게 증가하고, A2는 생장이 다소 증가함. 나머지 2종 A4와 A5는 alginate 포함 여부와 관계없는 성장을 보였음
- 이들 alginate 분해 미생물들의 식물성장촉진 효과를 검증하기 위해 토마토에 4주간 4회 토양 관주를 실시함(그림 3)

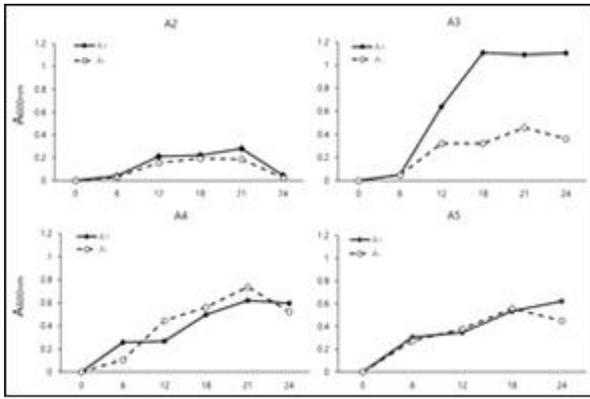


Fig. 2. Alginate dependant bacterial growth. Four bacteria were grown in the minimal media with (A+) or without (A-) alginate.

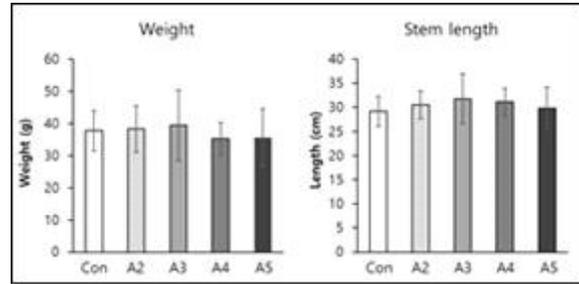


Fig. 3. The plant growth promoting effect of alginate degrading bacteria. The four different bacteria were inoculated in soil where the tomatoes were grown. Total tomato plant weight and stem length were measured in 4 weeks later after bacteria inoculation. The error bars indicate the standard deviation.

- 그림 3에서 토양 관주 4주 후 토마토의 무게와 줄기 길이를 측정한 결과 A3 박테리아를 관주한 경우 무게와 줄기 길이가 평균값에서 다소 증가해 보였으나 통계적 유의수준에서 벗어나지 않는 수준으로 생장에 차이를 보인다 할 수 없었음
- 이들 박테리아가 알긴산과 함께 관주되었을 때 식물생장촉진 효과가 있는지 검증하기 위한 실험이 진행되고 있음
- 분리된 alginate 분해 미생물들의 또다른 식물생장촉진 효과를 검증하기 위하여 인산 분해능을 확인함. 이를 위해 비수용성 인산인 인산칼슘이 포함된 배지에서 박테리아를 배양하였고 배지에 생성되는 clear zone의 크기로 박테리아의 인산 가용화 정도를 측정함
- 실험결과 A2, A3 박테리아는 높은 수준의 인산 가용화 능력을 보여주었고 A4, A5 박테리아도 중간정도의 가용화 능력을 가지고 있었음
- 이들 박테리아의 토양 내에서 인산 가용화 기능과 이를 활용한 식물생장촉진 효과를 검증하기 위하여 토마토를 이용한 토양 관주 실험을 진행하고 있음
- 또한 이들 박테리아의 생물농약으로의 개발 가능성을 탐색하기 위하여 박테리아 처리 후 토마토의 병저항성 관련 유전자의 발현유도를 확인 중에 있음

## 나) 알긴산 분해 미생물의 알긴산 분해 특성 분석

### (1) 10종의 알긴산 분해 미생물 선별

한국에서 미역이 생산되는 전남, 제주, 경상남도 일대의 해변 토양에서 DNS법을 응용한 스크리닝 방법을 활용하여 총 10종의 알긴산 분해 박테리아를 분리하였다(Table 1). 분리된 박테리아들은 16s rDNA 유전자 염기서열 분석을 통해 종을 특정했고, 16s rDNA 서열의 유사도를 특정된 종 이름과 함께 나타내었다(Table 1). 10종의 박테리아들 중 *Marinomonas polaris*, *Zobellella aerophila*, 그리고, *Pseudomonas benzenivorans* 3종의 경우 99% 이하 수준의 16s rDNA 염기서열 유사도를 보여 subspecies 수준에서 신종의 박테리아로 생각된다. 분리된 박테리아들 중 *Stenotrophomonas*, *Vibrio*, *Bacillus*, *Marinomonas*, 그리고 *Pseudomonas* 속에서는 알긴산 분해 박테리아 종 또는 alginate lyase 효소가 확인되었고, *Zobellella* 속에서는 알긴산 분해가 확인된 바가 없다. 10종의 알긴산 분해 활성을 가진 박테리아 중에서 시간당 가장 많은 환원당을 생산하는 박테리아는 *Vibrio natriegens*로써 알긴산이 포함된 최소영양배지에서 21시간 동안 배양했을 때 약 0.89 mg/mL의 환원당을 생산했다 (Table 1).

Table 1. 국내 토양에서 분리된 알긴산 분해 미생물

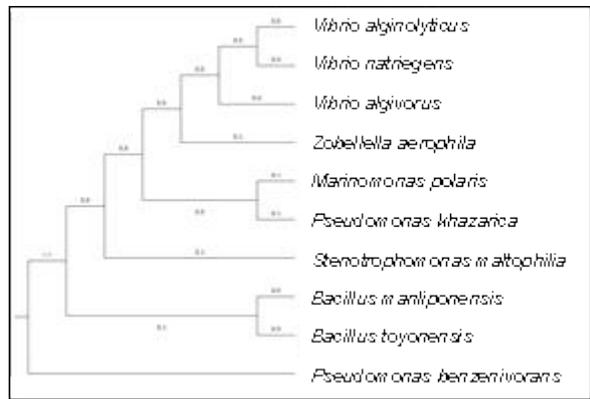
Isolation	Identification (16s rDNA homology, %)	[Red. Sugar] (mg/mL)	Cell growth ( $A_{600}$ )	Lyasing Activity (mg/mL/21h/ $A_{600}$ )
A2-20	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> (99)	0.229	0.645	0.355
B1-1	<i>Vibrio alginovor</i> (99.78)	0.448	0.616	0.727
B2-2	<i>Bacillus toyonensis</i> (99.86)	0.029	0.258	0.111
B3-2	<i>Vibrio alginolyticus</i> (99.47)	0.100	0.323	0.310
C1-2	<i>Vibrio natriegens</i> (99.72)	0.869	0.307	2.830
C3-3	<i>Marinomonas polaris</i> (98.59)	0.055	0.323	0.169
D8-2	<i>Zobellella aerophila</i> (98.80)	0.045	0.301	0.148
D8-3	<i>Bacillus maniponensis</i> (99.86)	0.040	0.364	0.110
D6-3	<i>Pseudomonas khazarica</i> (99.86)	0.034	0.299	0.114
D9-1	<i>Pseudomonas benzenivorans</i> (98.51)	0.078	0.580	0.134

(2) 분리된 알긴산 분해 박테리아들의 분류학적 특성

한국에서 분리되는 알긴산 분해 미생물들의 분류학적 특성을 16s rDNA 염기서열 비교를 통해 수행하였다(그림 2).

(3) 분리된 알긴산 분해 박테리아들의 알긴산 분해 활성 비교

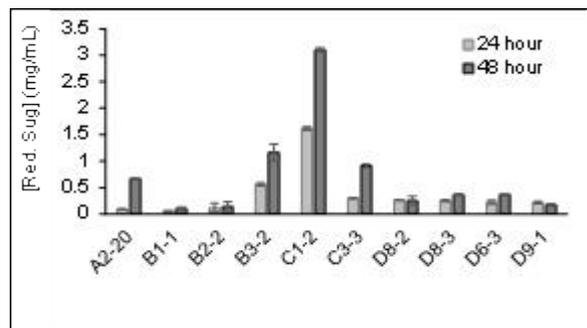
분리된 알긴산 분해 박테리아들의 알긴산 분해 활성을 24시간 48시간을 기준으로 비교하였다(그림 3). 24시간 또는 48시간 배양에서 가장 높은 활성을 보이는 박테리아들은 *Vibrio natriegens* (C1-2), 그리고 *Vibrio alginolyticus* (B3-2)로 나타났으며 이어서 *Marinomonas polaris* (C3-3)와 *Stenotrophomonas maltophilia* (A2-20)가 중간 수준의 활성을 나타내었다(그림 3).



[그림 2] 알긴산 분해 미생물들의 16s rDNA 염기서열 분석을 통한 계통수 비교

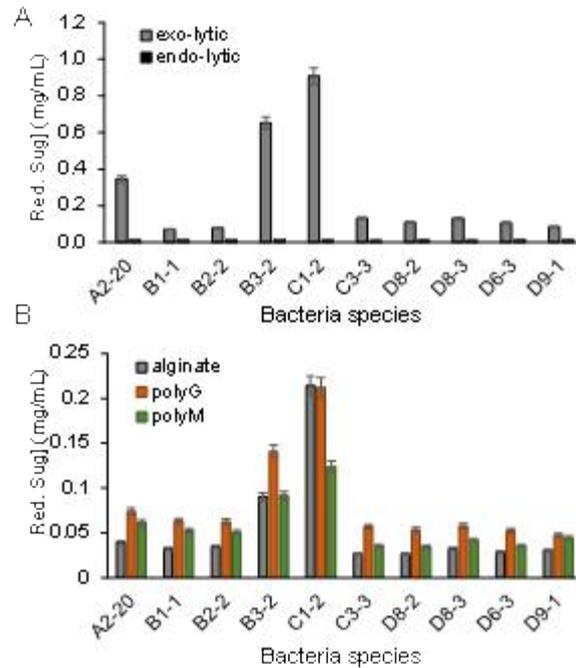
(4) 알긴산 분해 박테리아들의 알긴산 분해 효소

분비 특성 및 알긴산 결합 분해 특이성 분석  
분리된 박테리아들의 알긴산 분해효소의 exo-lytic 특성을 파악하기 위해 박테리아를 배양 후 배지와 분리하여 배양 배지(exo-lytic) 또는 박테리아만의(endo-lytic) 알긴산 분해 활성을 측정하였다(그림 4A). 결과 10종의 모든 박테리아들이 알긴산 분해효소를 세포밖으로 배출하는 것으로 확인할 수 있었고, 세포 내부에는 매우 낮은 수준으로 효소가 존재하는 것으로 확인했다(그림 4A).



[그림 3] 알긴산 분해 미생물들의 분해 활성 비교

발현된 알긴산 분해 효소의 분해 특성을 분석하기 위하여 알긴산 외에 알긴산을 구성하는 poly-Guluronate (poly-G)와 poly-Mannuronate (poly-M)를 각각 최소영양배지에 첨가하여 반응했을 때 모든 효소가 두 가지 결합을 분해하는 능력을 보였으며 또한 모든 박테리아가 poly-M 보다 poly-G에 더 높은 활성을 나타내는 것을 확인하였다(그림 4B). 추가적으로 *Vibrio Natriegens*의 경우 복합적인 결합을 가진 알긴산에 대한 활성이 poly-M에 대한 활성보다 높게 나타나는 것으로 보아 guluronate와 mannuronate 사이의 결합(G-M)에 대한 분해 활성도 가질 것으로 예상할 수 있다(그림 4B).



[그림 4] 알긴산 분해 효소의 분비 특성 및 알긴산 결합 분해 특이성 분석

## 8) 토양개량제가 토양의 자연 방제 기능에 미치는 영향 연구 (조은혜)

### 가) 토양개량제가 토양의 특성에 미치는 영향에 대한 문헌 조사 결과

- 바이오차가 토양의 물리·화학적 특성에 미치는 영향
    - 바이오차는 토양의 구조, 안정성, 공극, 수분보유량, 영양소 순환, 침투성 등의 다양한 물리·화학적 특성을 향상시킨다고 보고되고 있음(Alkharabsheh et al., 2021)
    - 바이오차의 적용은 토양의 양이온교환능력을 개선하고, 토양 침식 및 토양 산도를 감소시키며, 작물의 수확량을 증가시킬 수 있다는 결과가 보고된 바 있음(Adekiya et al., 2020)
  - 혈분이 토양의 물리·화학적 특성에 미치는 영향
    - 혈분은 유기 질소가 약 10-13% 함유된 유기비료로써 질소 공급원으로 활용할 수 있음(Yunta et al., 2013)
    - 혈분은 헴(heme) 구조를 가지고 있어, 철(Fe)을 제공하는 비료로도 활용할 수 있음(Yunta et al., 2013)
    - 혈분을 토양 비료로 적용했을 때 토양의 pH를 낮추는 경향을 보였음(Citak and Sonmez, 2011)
  - 바이오차 또는 혈분이 토양의 미생물 군집에 미치는 영향
    - 바이오차는 토양의 물리·화학적 특성에 영향을 미쳐 결국은 토양 미생물 군집에 상당한 영향을 미침. 예를 들어, 바이오차를 적용한 토양에서 *Pseudomonas* 종, 곰팡이, *Bacillus* 종의 미생물 활성과 군집 수가 증가하였고, 미생물 바이오매스도 증가하는 것이 보고된 바 있음(Alkharabsheh et al., 2021)
    - DDT(dichlorodiphenyltrichloroethane; 디클로로디페닐트리클로에탄)와 PAHs(polycyclic aromatic hydrocarbons; 다환방향족탄화수소)로 오염된 토양에 혈분과 글루코오스를 첨가하여

생물자극(biostimulation)을 했을 때 DDT와 PAHs가 비슷한 분해 양상을 보였으나, PAHs의 경우 혈분을 첨가한 곳에서 미생물에 의한 분해가 상대적으로 어려운 분자량이 더 큰 PAHs의 분해가 더 잘 일어났음(Wang et al., 2017)

- 유류로 장기간 오염된 토양에 혈분과 글루코오스를 첨가하여 생물자극을 했을 때 혈분을 넣은 토양에서 누적 이산화탄소 발생량이 약 7.4배 높았고, 이는 미생물 활성이 더 활발했음을 의미함. 또한, 세균의 16S rRNA 유전자의 gene copy number와 군집 수를 비교한 결과, 혈분을 넣은 토양에서 상당히 더 높았음(Hong et al., 2018). 또한, 혈분을 주입한 토양에서 그렇지 않은 토양과 달리 유류물질을 유화시키는 계면활성 물질을 분비하는 미생물 활성이 증가하는 것을 확인하였고, 더불어 탄화수소를 분해하는 미생물이 증가하는 것을 확인한 바 있음(Hong et al., 2018)

**나) 토양개량제가 토양 특성에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험 결과**

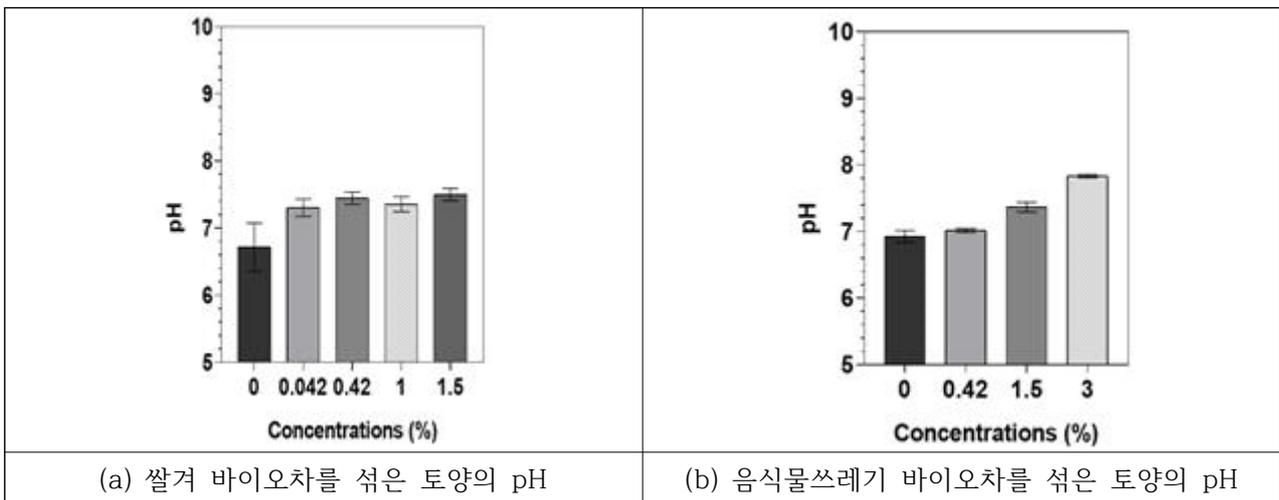
- 바이오차가 토양의 물리·화학적 특성에 미치는 영향 연구

- 그림 1은 실험에 사용하기 위해 준비한 토양개량제인 음식물쓰레기 유래 바이오차, 쌀겨 유래 바이오차 및 혈분의 사진임



[그림 1] 실험에 사용한 혈분 및 바이오차

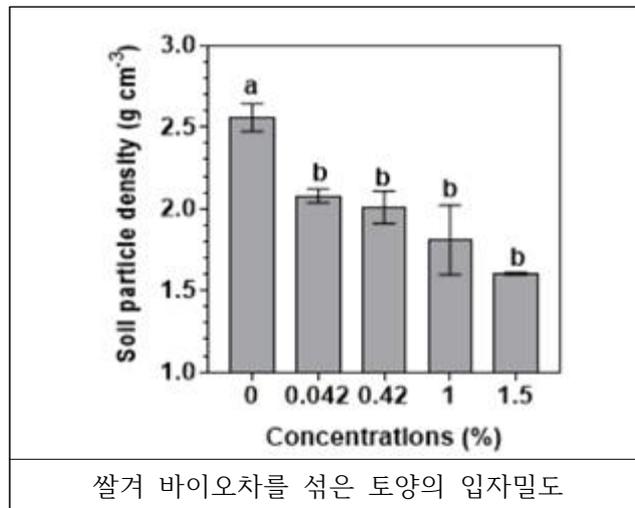
- 그림 2는 여러 농도(0-3%(w/w)로 바이오차를 밭 토양에 섞은 후 토양의 pH를 보여줌
- 쌀겨 바이오차의 경우 토양에 바이오차를 섞었을 때 대조군(바이오차를 섞지 않은 경우)에 비해 pH가 증가하는 경향을 보였음(그림 2a). 하지만 바이오차의 농도 증가에 따른 pH 증가 현상은 관찰되지 않았음. 또한, 바이오차를 섞기 전후 모두 중성 pH 범위를 가졌음
- 음식물쓰레기 바이오차의 경우 낮은 바이오차 농도인 0.42%에서는 pH가 대조군의 pH와 비슷하였지만, 높은 농도(1.5-3%)의 바이오차를 섞었을 때 토양의 pH가 증가하였음(그림 2b)



[그림 2] 쌀겨 바이오차와 음식물쓰레기 바이오차를 섞은 토양의 pH

- 쌀겨 바이오차의 경우, 바이오차를 토양과 섞은 후 토양의 수분보유력(water holding capacity)과 토양의 입자밀도(particle density)를 측정하였음. 바이오차의 혼합 여부 및 바이오차의 농도와 관

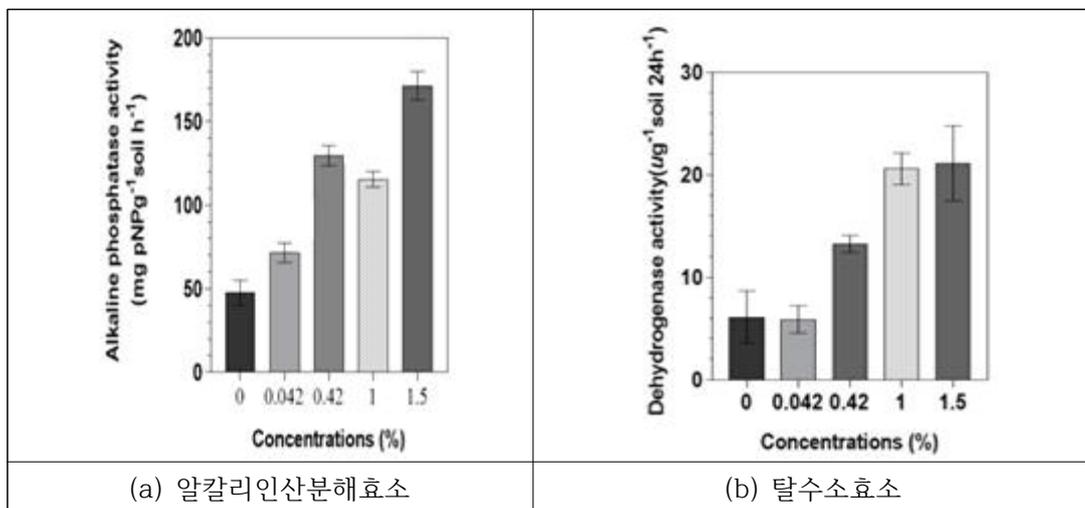
계없이 수분보유력 통계적으로 비슷한 수준이었음. 입자밀도의 경우 바이오차를 혼합하였을 때 대조군보다 입자밀도가 감소하였으나, 바이오차 농도 증가에 따른 변화는 보이지 않았음(그림 3)



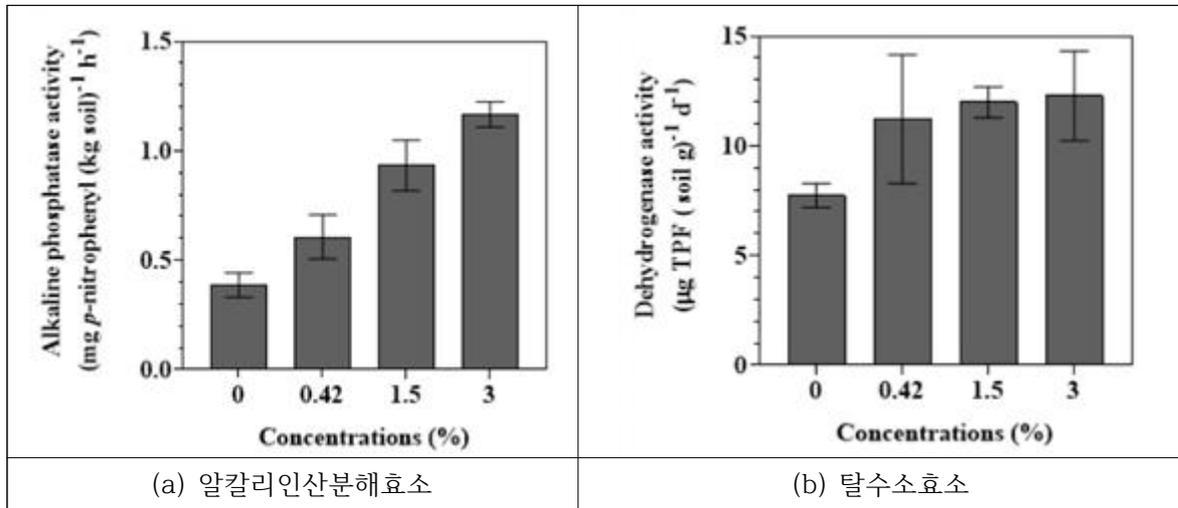
[그림 3] 쌀겨 바이오차를 섞은 토양의 입자밀도

■ 바이오차가 토양 효소 활성화에 미치는 영향 연구

- 그림 4는 쌀겨 바이오차를 혼합한 토양에서 토양 효소 활성을 보여줌
- 전반적으로 쌀겨 바이오차의 농도가 증가할수록 알칼리인산분해효소(그림 4a)와 탈수소효소(그림 4b)의 활성이 증가하는 경향을 보였음
- 그림 5는 음식물쓰레기 바이오차를 혼합한 토양에서 측정된 토양 효소 활성을 보여줌
- 토양 중 음식물쓰레기 바이오차의 농도가 증가할수록 알칼리인산분해효소(그림 5a)와 탈수소효소(그림 5b)의 활성이 증가하는 경향을 보였음
- 이러한 결과를 미루어 볼 때 바이오차의 적용이 토양 미생물 활성화에 긍정적인 영향을 주어 토양 효소 활성이 증가하는 것으로 볼 수 있음



[그림 4] 쌀겨 바이오차를 혼합한 토양의 토양 효소 활성화

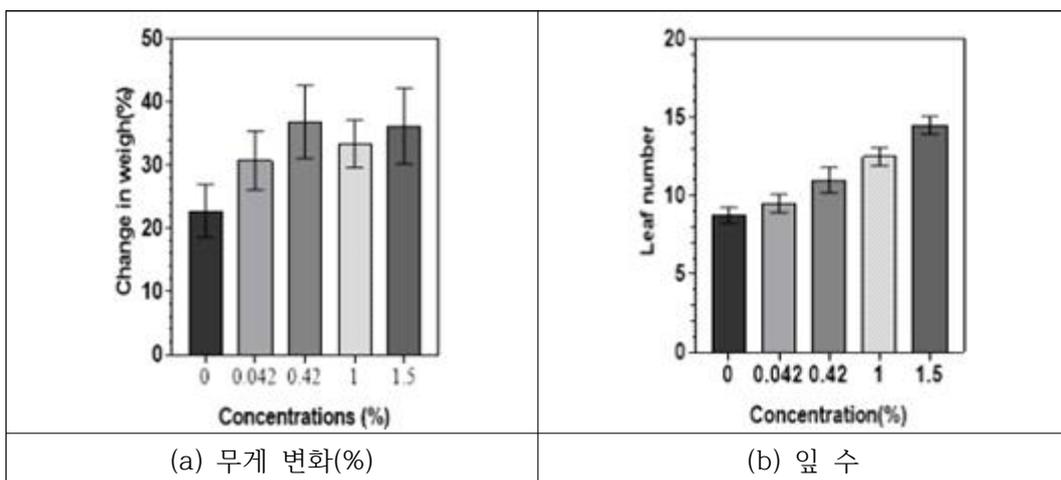


[그림 5] 음식물쓰레기 바이오차를 혼합한 토양의 토양 효소 활성

- 바이오차가 토양 미생물 군집에 미치는 영향 연구
- 바이오차가 토양 미생물 군집에 미치는 영향을 알아보기 위해 토양에서 DNA를 추출하여 군집 분석을 수행하였음
- 토양 박테리아의 경우 문 수준에서 보았을 때 *Cyanobacteria* 문과 *Firmicutes* 문에 속한 미생물의 상대 존재 비율이 바이오차를 적용한 토양에서 상당히 증가하는 경향을 보였음
- 진균의 경우 강 수준에서 보았을 때 박테리아보다 더 큰 변화를 볼 수 있었음. 강 수준에서 *Pezizomycetes* 강과 *Sordariomycetes* 강에 속한 진균의 상대 존재 비율이 바이오차를 적용한 토양에서 상당히 크게 증가하는 경향을 보였음

다) 토양개량제가 작물 성장에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험

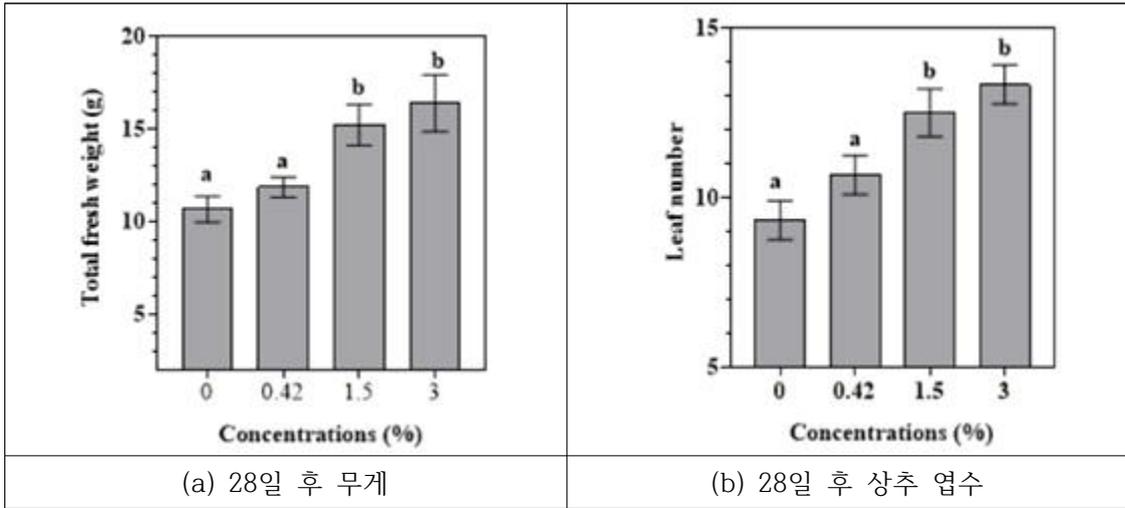
- 바이오차가 작물 성장에 미치는 영향 연구
- 그림 6은 싼겨 바이오차가 상추 성장에 미치는 영향을 보여줌. 한 달 성장 기간 동안 바이오차를 혼합한 토양과 대조군 토양에서 상추 무게 변화 정도는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 잎 수는 바이오차 농도가 증가함에 따라 증가하였음



[그림 6] 싼겨 바이오차를 혼합한 토양에서 28일간 상추 성장

- 그림 7은 음식물쓰레기 바이오차가 상추 성장에 미치는 영향을 보여줌
- 28일 간 음식물쓰레기 바이오차를 혼합한 토양에서 성장한 상추의 무게는 0.42%에서는 대조군과 유의한 차이가 없었으나, 높은 농도(1.5%, 3%)에서는 대조군보다 유의한 차이를 보였음. 이는 바이오차로 인해 상추의 성장이 증진됨을 보여줌(그림 7a)

- 또한, 상추 엽수도 28일 성장 후 높은 농도의 음식물쓰레기 바이오차를 넣은 토양에서 상추 엽수가 바이오차를 넣지 않은 대조군 토양에서보다 더 많았음(그림 7b)
- 이와 같이 바이오차를 토양에 혼합하여 개량제로 사용함으로써 상추의 성장이 촉진되는 것을 확인함



[그림 7] 음식물쓰레기 바이오차를 혼합한 토양에서 28일간 상추 성장

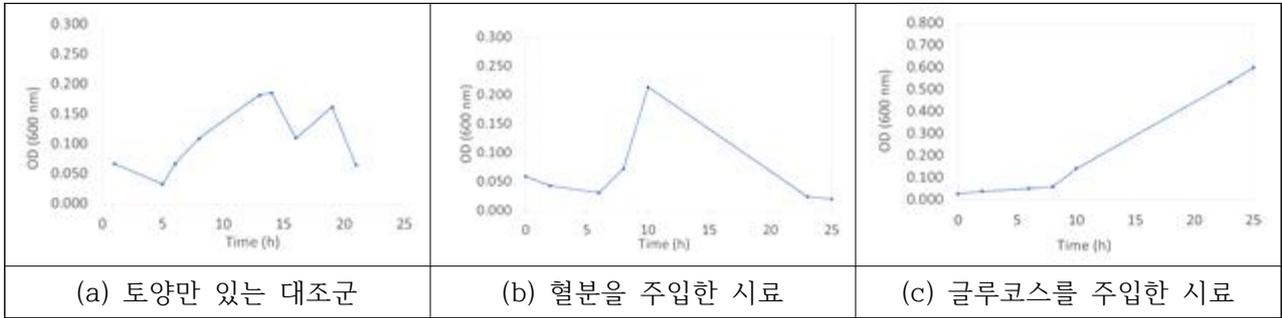
■ 혈분이 토양 미생물 성장에 미치는 영향 연구

- 혈분이 토양 미생물 성장에 미치는 영향을 알아보기 위해 최소 미생물 배지를 준비한 후 토양을 배지에 넣고 토양 토착미생물을 배양하는 실험을 진행하였음. 이때 영양분으로는 혈분을 사용하였고, 가장 흔히 사용되는 탄소원인 글루코스를 주입한 시료를 준비하여 미생물 성장을 비교해 보았음. 대조군으로는 글루코스 또는 혈분 없이 미생물 배지와 토양만 담긴 시료를 사용하였음. 혈분의 경우 물에 잘 녹지 않아 배지 표면에 떠 있는 것을 볼 수 있었음(그림 8)



[그림 8] 혈분이 토양 미생물 성장에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험

- 토양 미생물의 성장을 알아보기 위해, 660 nm에서 흡광도(optical density; OD)를 측정하여 미생물 성장 곡선을 그려 보았음(그림 9). 글루코스를 주입한 경우 21시간 후에 OD 값이 0.6 정도로 크게 증가하는 것을 볼 수 있었으나, 혈분을 주입한 경우는 대조군과 큰 차이를 보이지 않음. 처음 5시간 정도는 OD에 변화가 없다가 이후 0.2 정도까지 증가했다 다시 감소하는 경향을 보임. 이는 혈분이 토양 미생물에 영양분을 공급하지 못하고, 토양 자체 영양분을 이용하여 OD값이 증가하는 경향을 보이다 영양분이 소모되어 OD값이 다시 감소하는 것으로 볼 수 있음. 이는 혈분이 물에 잘 녹지 않아 미생물에 필요한 영양분을 제대로 공급하지 못하였기 때문이라고 볼 수 있음



[그림 9] 혈분이 토양 미생물 성장에 미치는 영향(21시간 성장)

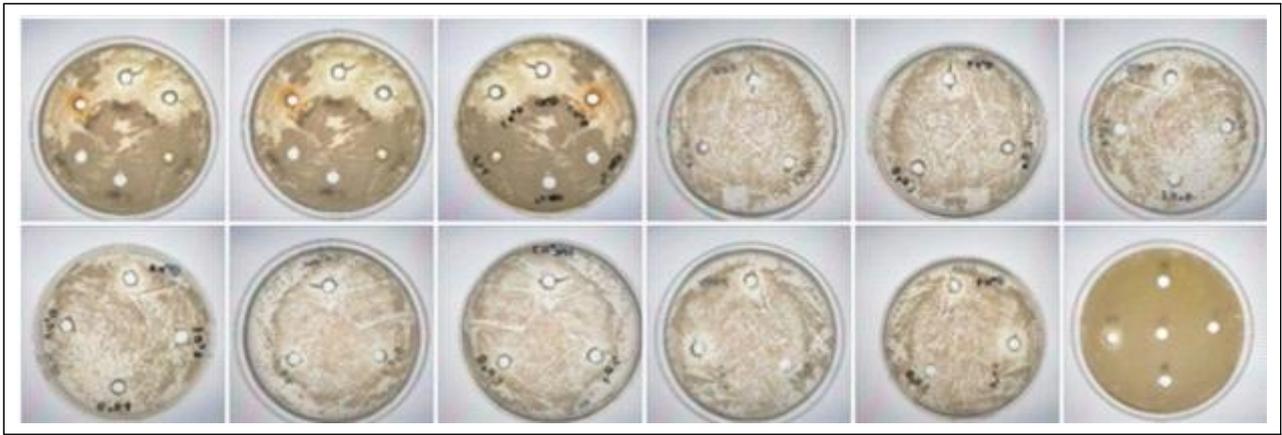
- 혈분으로 배양한 토양 미생물의 식물병원성균에 대한 억제 효과 연구
  - 대상 병원성균에 대해 글루코스로 배양한 일부 토양 미생물 농도가 50%일 때 항균 활성을 보이는 것을 확인함(표 1). 글루코스를 주입해 배양한 토양 미생물의 경우 식물병원성 세균과 진균에 대해 저해 영향을 가지는 것을 확인함
  - 반면 혈분을 주입하여 배양한 토양 미생물에서는 식물병원성균의 저해 영향을 볼 수 없었음(표 1)
  - 표 1의 결과로부터 식물성병원성균에 억제 효과가 있는 것으로 확인된 토양 미생물을 배양할 수 있는 토양과 탄소원을 8가지 선정함
  - 선정된 토양과 탄소원은 토양 A+글루코스, 토양 A+글루코스+혈분, 토양 B+글루코스, 토양 C+글루코스, 토양 D+글루코스, 토양 E+글루코스, 토양 F+글루코스, 토양 G+글루코스임

<표 1> 혈분과 글루코스로 배양한 토양 미생물의 식물병원성균에 대한 항균 활성 연구

토양 시료	탄소원	<i>Ralstonia solanacearum</i> (B)	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> (B)	<i>Rhizoctonia solani</i> (F)
A	글루코스	50%	50%	Not effective
	혈분	Not effective	Not effective	Not effective
	글루코스+혈분	50%	Not effective	50%
B	글루코스	50%	50%	50%
	혈분	Not effective	Not effective	Not effective
	글루코스+혈분	Not effective	Not effective	Not effective
C	글루코스	50%	50%	50%
	혈분	Not effective	Not effective	Not effective
	글루코스+혈분	Not effective	Not effective	Not effective
D	글루코스	50%	50%	50%
	혈분	Not effective	Not effective	Not effective
	글루코스+혈분	Not effective	Not effective	Not effective
E	글루코스	50%	50%	50%
	혈분	Not effective	Not effective	Not effective
	글루코스+혈분	Not effective	Not effective	Not effective
F	글루코스	50%	50%	50%
	혈분	Not effective	Not effective	Not effective
	글루코스+혈분	Not effective	Not effective	Not effective
G	글루코스	50%	50%	50%
	혈분	Not effective	Not effective	Not effective
	글루코스+혈분	Not effective	Not effective	Not effective
H	글루코스	Not effective	50%	50%
	혈분	Not effective	Not effective	Not effective
	글루코스+혈분	Not effective	Not effective	Not effective
I	글루코스	Not effective	50%	Not effective
	혈분	Not effective	Not effective	Not effective
	글루코스+혈분	Not effective	Not effective	Not effective
J	글루코스	50%	50%	50%
	혈분	Not effective	Not effective	Not effective
	글루코스+혈분	Not effective	Not effective	Not effective

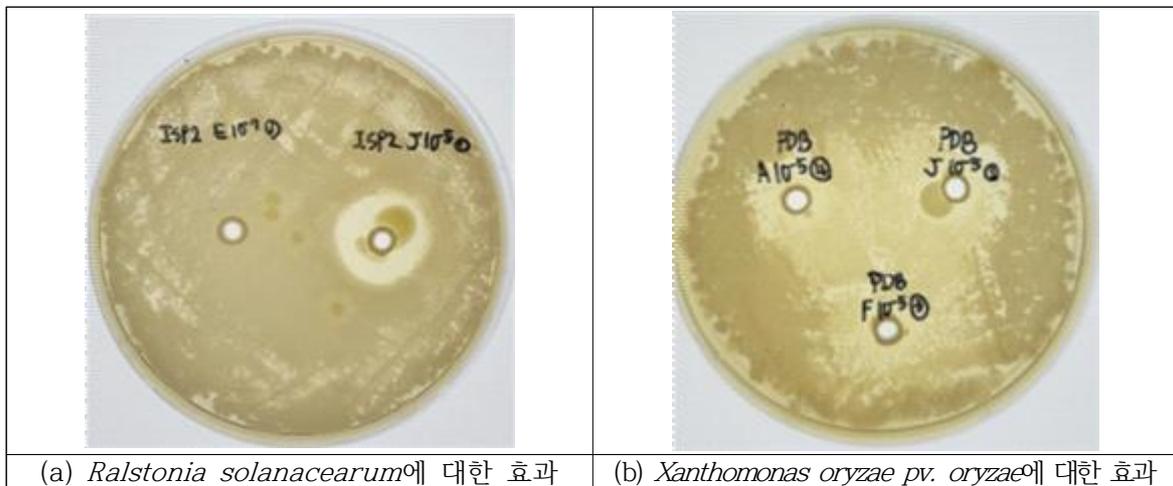
▪ 식물병원성균에 대한 억제 효과를 가지는 토착 토양 미생물 분리 연구

- 표 1의 결과를 바탕으로 선정한 토양과 탄소원으로 배양한 토양 미생물 배양액 8개를 이용해 식물병원성균에 억제 효과를 가지는 토양 미생물 종들을 선별하는 실험을 수행하였음
- 각 배양액을 3개의 고체 배지(TSA, PDA, ISP2)에 도말하여 표현형이 다른 종들로 56개를 선별하였고, 이들 중 진균의 표현형을 가지는 6개 종에 대해서 agar diffusion test로 항균 활성을 확인하였음
- 6개 종에 대해 평가한 결과, 대상 식물병원성균 중 *R. solanacearum*에 대해 억제 효과를 가지는 3개의 종과 *X. oryzae* pv. *oryzae*에 효과를 가지는 2개의 종을 선별하였음. 두 식물병원성균에 대해 모두 효과를 보이는 종이 있어, 두 식물병원성 세균에 대해 총 4종의 억제 효과를 가지는 종을 선정하였음



[그림 10] 식물병원성균에 대한 억제 효과를 가지는 토양 미생물 선별을 위한 well diffusion test

- 그 외 3가지 고체 배지에서 배양한 토양 미생물 중 세균의 표현형을 가지는 50개 종에 대해서는 well diffusion test로 1차 선별 실험을 수행하였고, *R. solanacearum*에 대해 inhibition zone을 형성하는 2개의 종과 *X. oryzae pv. oryzae*에 효과를 12개의 종을 선별하였음(그림 10)
- 1차적으로 선별한 미생물 종들을 이용해 다시 agar diffusion test와 broth dilution test를 수행하여 2차 선별을 진행하였고, inhibition zone의 크기를 비교하여 더 효과가 좋은 토양 미생물 종들을 선정하였음(그림 11)



(a) *Ralstonia solanacearum*에 대한 효과

(b) *Xanthomonas oryzae pv. oryzae*에 대한 효과

[그림 11] 식물병원성균에 대한 억제 효과를 가지는 토양 미생물 선별을 위한 2차 agar diffusion test

- 또한, agar diffusion test 결과와 함께 broth dilution test(그림 12)를 수행하여 두 시험 결과를 종합하여 식물병원성균에 효과를 보이는 토양 미생물 종을 선정하였음
- 최종적으로 대상 식물병원성균 중 *R. solanacearum*에 대해 억제 효과를 가지는 1개의 종과 *X. oryzae pv. oryzae*에 효과를 가지는 6개의 종을 선별하였음
- 남은 연구 기간 동안 추가적인 broth dilution test를 수행하여 높은 억제 효과를 가지는 미생물 종을 선별하고, 이들의 종 확인을 위해 DNA 추출 및 동정을 할 계획임



[그림 12] 식물병원성균에 대한 억제 효과 확인을 위한 2차 토양 미생물 선별용 broth dilution test

- 이처럼 본 연구를 통해 본 연구에서 목표하고자 한 바를 달성하였음
- 첫째, 토양개량제로 사용할 수 있는 다양한 유기성 폐기물 기반 바이오차가 토양의 특성 및 작물의 성장에 미치는 영향을 확인하였고, 바이오차의 적용이 토양 내 미생물 군집 등에 변화를 일으켜 작물 성장에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였음
- 둘째, 토양 내 토착미생물 중 식물병원성균에 대해 억제 효과를 가지는 미생물 종들을 선별할 수 있었고, 이들을 분리하여 효과를 확인하였음. 남은 연구 기간 동안 추가 실험을 통해 선별한 토양 미생물 종의 방제 효과를 확인하고 이들을 방제에 활용할 수 있도록 할 계획임

#### 9) 바이오 신소재 물질 개발을 위한 원천자원 및 기반 기술 확보 (정우진 교수)

- 식물 근권 및 토양 내 존재하는 유용 미생물을 분리하고 유용 대사물질들의 생산을 조사함
- 각 분리한 균주들의 식물 곰팡이병원균, 세균 등에 대한 항균활성능력을 조사함
- 분리한 균주들의 특성을 파악하고 최종 우수 자원을 선별하고 분류학적 동정을 실시함
- 유용한 균주의 주요 항균활성물질을 탐색하고 그 특성을 검정함

##### 가) 유용 미생물 수집 및 분리

- 바이오 신소재 원천자원을 확보하기 위하여 토양 및 작물 근권에서 유용 미생물들을 수집한 후 평판 분리법에 의해 미생물들을 확보함. 분리한 균주들은 LB 배지와 TSB 배지를 기본으로 함. 그 결과 *Pseudomonas* sp.(1종), *Bacillus* sp.(8종), *Paenibacillus* sp.(1종), *Saccharomyces* sp.(2종) 등 총 12종을 분리하여 선별함.

##### 나) 2차 대사물질 생산 능력

- 분리한 균주들에 대한 배양과정에서 생성되는 2차 대사물질들의 생산 여부를 확인하기 위하여 LB 배지에 접종한 후 28°C 항온기에서 배양하면서 각각 생산 능력들을 분석함.

Items Strains	IAA production (mg/ml)	Protease activity	Chitinase activity	Chitosanas activity	Hydrogen cyanide	N-Acyl homoserine lactone
<i>Pseudomonas</i> sp	+ (0.41)	+	-	-	+++	-
<i>Bacillus</i> sp.-1	+++ (3.65)	-	-	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp.-2	+++ (3.71)	-	-	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp.-3	-	+++	-	+	-	-
<i>Bacillus</i> sp.-4	-	++	-	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp.-5	-	+++	-	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp.-6	++ (1.83)	-	-	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp.-7	-	-	-	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp.-8	+++ (3.21)	+++	-	-	-	-
<i>Paenibacillus</i> sp.	+ (0.15)	+	-	-	-	-
<i>Saccharomyces</i> sp.-1	-	+	-	+	-	-
<i>Saccharomyces</i> sp.-2	-	+	-	-	-	-

+++ : 강, ++ : 중, + : 약, - : 없음

#### 다) 식물 병원균에 대한 항균 활성능력

- 분리한 균주들에 대해 LB 배지와 TSB 배지를 기본으로 배양하면서 식물 병원균의 생육저지 능력을 검정함. 각각의 균주들은 기본 영양배지에서 28°C에서 3일 배양한 후 접종원으로 사용함.
- 식물 곰팡이 병원균은 PDA 배지에서 25°C, 7일 동안 자란 각각의 균사에서 5 mm 절편을 치상한 후 페이퍼 디스크에 각 배양 균주들을 처리하고 곰팡이 병원균 균사조직이 위치한 반대편에 치상한 후 25°C에서 5일간 배양한 후 균사생육 억제능력을 검정하였음.
- 식물 병원성 세균은 NB 배지에서 배양한 후 배지에 도말한 후 각각의 분리 균주들을 접종한 후 병원균의 생육저지 능력을 검정함.

Items Strains	Phytopathogens (Fungi)					Phytopathogens (Bacteria)	
	FO	Rs	Cg	Ca	Bc	Xc	Xa
<i>Pseudomonas</i> sp	++	++	+	+	+++	-	-
<i>Bacillus</i> sp.-1	-	-	-	-	-	+	++
<i>Bacillus</i> sp.-2	-	-	-	-	-	+	+
<i>Bacillus</i> sp.-3	+++	+	+	+	+++	+	+
<i>Bacillus</i> sp.-4	+++	+++	++	++	+++	+++	++
<i>Bacillus</i> sp.-5	++	+	++	+	++	++	-
<i>Bacillus</i> sp.-6	-	-	+	+	++	+	-
<i>Bacillus</i> sp.-7	-	-	+	+	+	-	-
<i>Bacillus</i> sp.-8	+++	+++	+++	+++	+++	+	+
<i>Paenibacillus</i> sp.	+++	+++	+	+	+++	+	+
<i>Saccharomyces</i> sp.-1	-	+	-	-	+	-	-
<i>Saccharomyces</i> sp.-2	-	+	-	-	+	-	-

+++ : 강, ++ : 중, + : 약, - : 없음

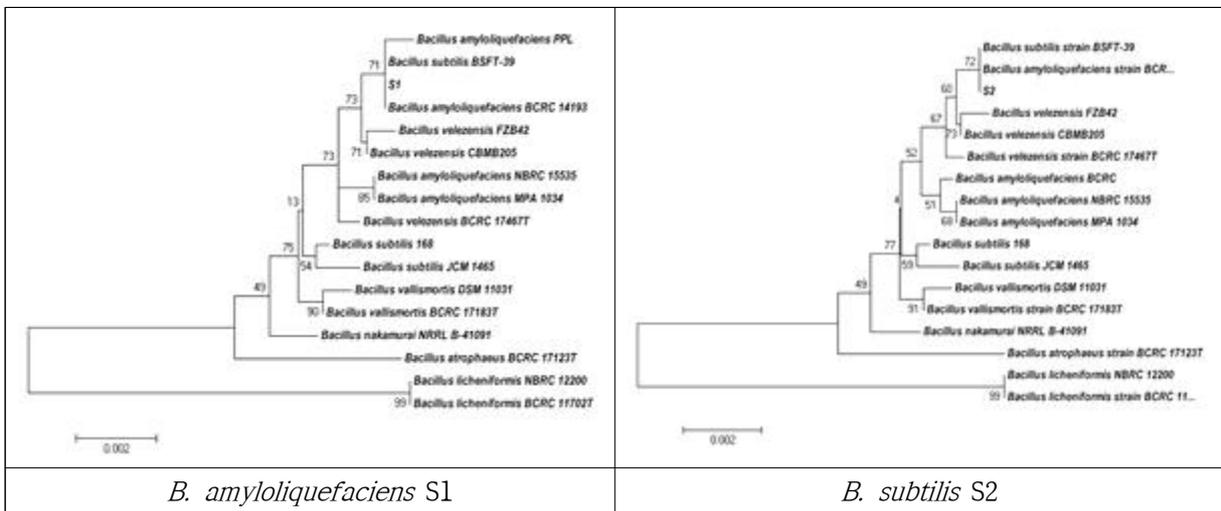
FO: *Fusarium oxysporum*, Rs: *Rhizoctonia solani*, Cg: *Colletotrichum gloeosporioides*, Ca: *C. acutatum*, Bc, *Botrytis cinerea*, Xc: *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, Xa: *X.arboricola* pv. *pruni*

#### 라) 유용 미생물 선발 및 동정

- 분리한 각 균주들 중 대사물질 생산과 항균활성 능력이 우수한 *Bacillus* 2종을 최종 선발한 후

분류학적인 동정을 함. 동정을 위해 유전적 특성은 16S rRNA 유전자 분석을 수행하였으며, 균주를 LB 배지에서 배양한 후 Genomic DNA Prep Kit(NanoHelix Co., Ltd, Daejeon, South Korea)를 이용하여 genomic DNA를 추출하였음. 16S rRNA 유전자 증폭을 위해 universal primer는 27F(5'-AGAGTTTGATCATGGC TCAG-3')와 1492R(5'-GGATACCTTGTTACGACTT-3')을 이용하였다. 염기서열 분석은 Solgent ASSA service (Solgent Co., Ltd, Daejeon, South Korea)에 의뢰하여 분석하였으며, 염기서열은 미국 국립 생물정보센터(National Center for Biotechnology Information)에서 받아 MEGA6 program으로 계통도를 작성하였음. 계통도는 neighbor joining 알고리즘을 이용하여 작성하였고, Bootstrapping을 1,000회 반복하여 견고성을 확인하였음.

- 1.4 kb 16S ribosomal RNA 유전자 염기서열을 분석한 결과 *B. amyloliquefaciens*와 *B. subtilis*로 확인됨(그림 1). *Bacillus* spp.의 분자계통도 분석 결과에서 S1과 S2 균주는 *B. amyloliquefaciens* BCRC 14193과 *B. subtilis* BSFT-39에 99.6%와 99.7%의 높은 상동성으로 일치하였음. 또한 염기서열을 바탕으로 한 계통수 분석에서도 Bootstrap 값이 71% 이상으로 비교적 높은 것으로 확인됨.



[그림 1] 분리균주 분류학적 동정. Neighbor-Joining tree showing the phylogenetic positions of strains and representatives of some other related taxa, based on 16S rRNA gene sequences. Boots trap values (expressed as percentages of 1000 replications) are shown at branch points.

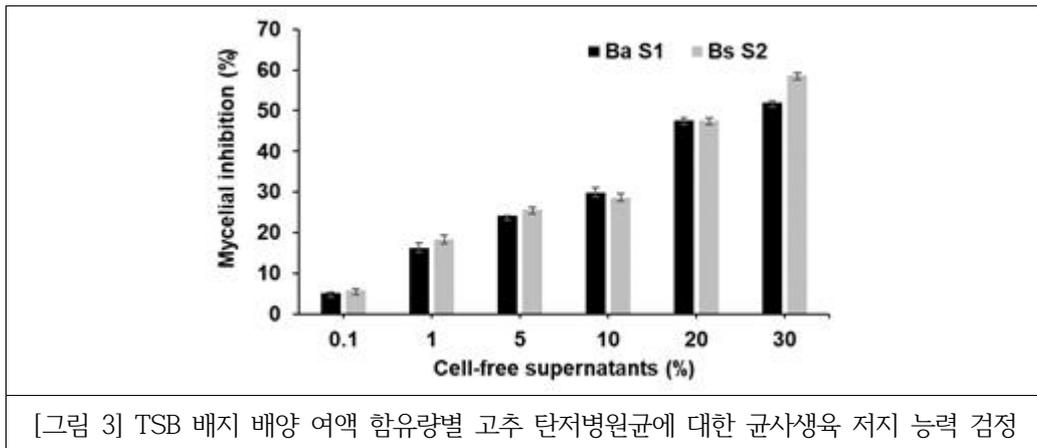
#### 마) 식물병원균에 대한 배양원별 항균활성 능력 검정

- *Bacillus amyloliquefaciens* S1(Ba S1)과 *B. subtilis* S2(Bs S2) 균주의 배양원에 따른 식물 병원균에 대한 항균능력을 검정함.
- 각 균주를 LB와 TSB 배지에서 28°C, 5일 배양한 후 탄저병원균(*Colletotrichum acutatum*, Ca)과 시들음병원균(*Fusarium oxysporum*, Fo)에 대한 균사생육 저지 능력을 조사한 결과, 생물학적 방제능력이 있는 Ba S1과 Bs S2 균주는 LB 배지 배양에서보다 TSB 배지 배양에서 병원균의 균사 생육을 13 ~ 21% 더 높게 억제함 (그림 2).

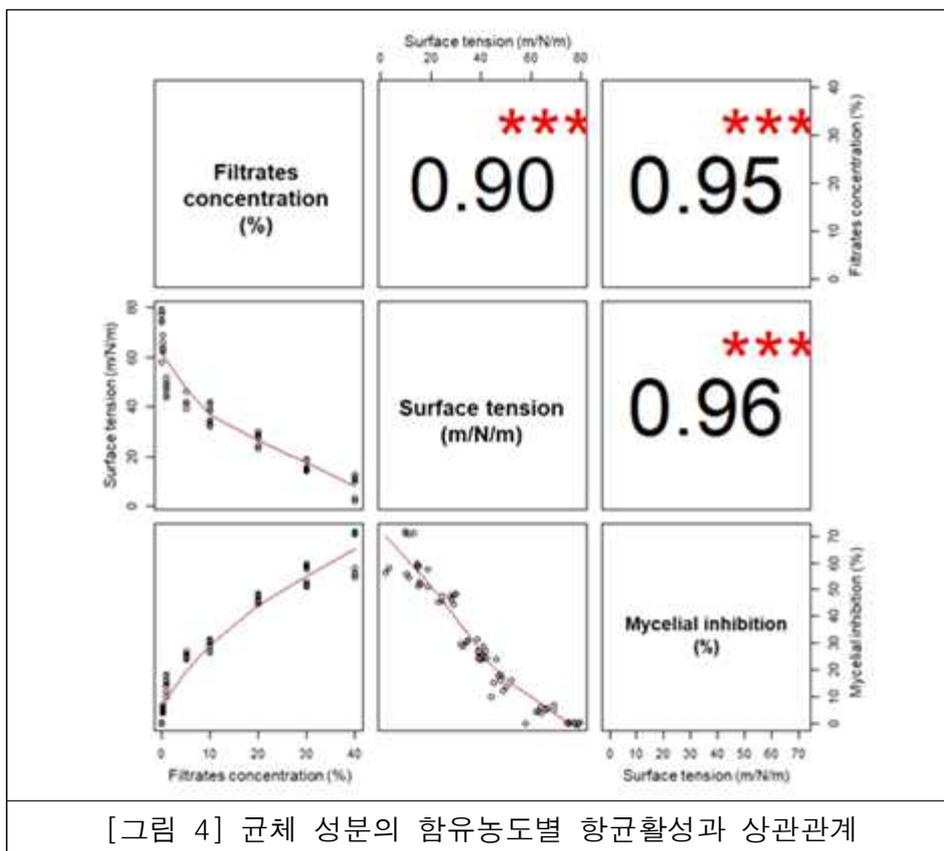


[그림 2] 각 균주의 LB와 TSB 배지 배양별 식물병원균에 대한 균사생육 저지 능력 검정

- Ba S1과 Bs S2의 TSB 배지(28°C, 150 rpm, 5일 배양) 배양액을 0.22  $\mu\text{m}$  필터를 이용하여 회수한 배양 여액의 함유량별 농도에 따라 *C. acutatum*에 대한 항균활성 능력 검정을 실시함. 배양 여액이 0 ~ 30%가 되게 함유된 멸균된 TSB 배지 40%와 PDB 배지 60%, agar는 1.5%의 활성 검정 배지를 조제하였음. 병원균의 균사조각을 각각 배양 여액 농도가 함유된 활성검정 배지 위에 접종한 후 균사 생육 능력을 검정한 결과, 배양 여액 함유농도별 균사 생육 억제와 정비레의 상관관계를 나타냄(그림 3).

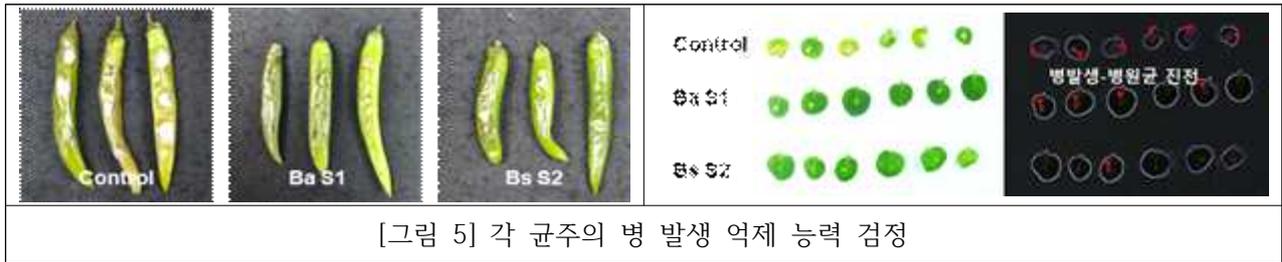


- 배양 여액 농도와 biosurfactant 함유량별 고추 탄저병원균 균사 생육 억제 능력간의 상관관계를 조사한 결과(그림 4), 배양 여액 함유농도 증가에 따른 병원균의 균사생육 억제능력은 직접적인 연관이 있었으며  $R=0.95^{***}$ 로 0.01% 수준에서 고도로 유의성이 있었음, 또한 배양 여액의 surface tension 값이 낮을수록 병원균의 균사 생장은 억제되었으며( $R=0.96^{***}$ ), 배양 여액 함유농도가 증가할수록 surface tension 값은 감소하는 것을 확인함( $R=0.90^{***}$ ).



- Ba S1과 Bs S2의 TSB 배지(28°C, 5일 배양) 배양액을 0.22  $\mu\text{m}$  필터를 이용하여 회수한 상등액을 살포한 고추와 담배에 *C. acutatum*과를 *Botrytis cinerea*를 각각 접종

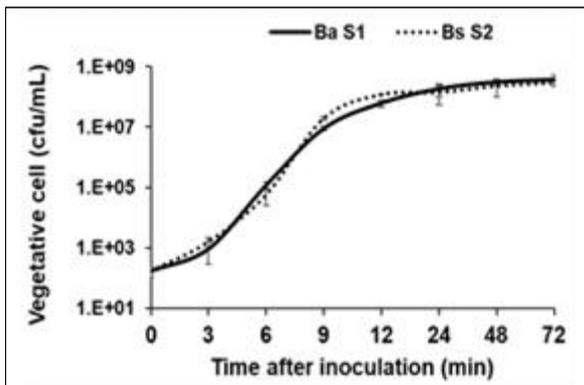
한 후 병 발생 및 병 진전을 조사한 결과, 무처리 대비 각 균주의 상등액 처리구는 병 발생율이 34 ~ 84% 더 감소하였으며, 방제효과가 우수하였음 (그림 5). 또한 각 균주의 상등액 처리구는 무처리와 비교해서 병원균의 식물체내 진전을 억제하였음.



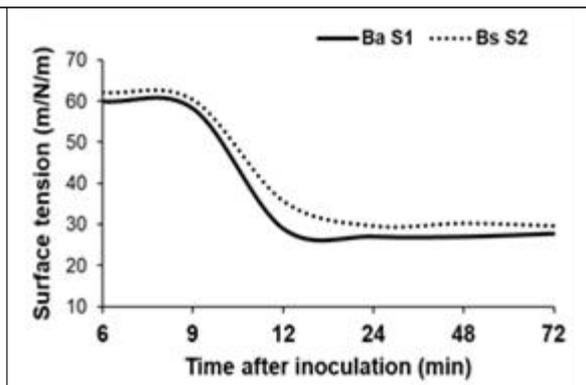
[그림 5] 각 균주의 병 발생 억제 능력 검정

### 바) 배양원별 성장능력 및 biosurfactant 생산력 검정

- Ba S1과 Bs S2를 TSB 배지에 접종한 후 28°C에서 150 rpm으로 3일 배양하면서 영양세포 밀도와 각 시간별로 생산된 biosurfactant를 surface tensiometer (K6; KRÜSS GmbH, Hamburg, Germany)를 이용하여 생산량을 측정하였음. 3일 동안 배양되면서 각 균주들의 영양세포는  $3.8 \times 10^8 \sim 3.1 \times 10^8$  CFU/ml의 밀도로 성장능력을 나타냈으며(그림 6), 배양된 배양액을 회수한 후 0.22  $\mu\text{m}$  필터를 이용하여 영양세포와 내세포자를 제거한 후 상등액을 사용하였음, 배양 여액내 생산된 biosurfactant의 경시적인 표면장력 변화는 surface tension을 측정하였고, 대조구로는 멸균수와 배양 배지를 사용하였음. 그 결과 Ba S1과 Bs S2의 배양 여액의 surface tension은 정지기의 성장 단계일수록 낮았으며, 각 성장 시간별로 63.7~27.1 mN/m과 63.4~29.6 mN/m를 나타냄(그림 7). 또한 배양 후 9시간 이후부터 surface tension 값이 급격히 낮아졌으며, 배양 12시간 이후부터는 일정한 값을 유지하였음.

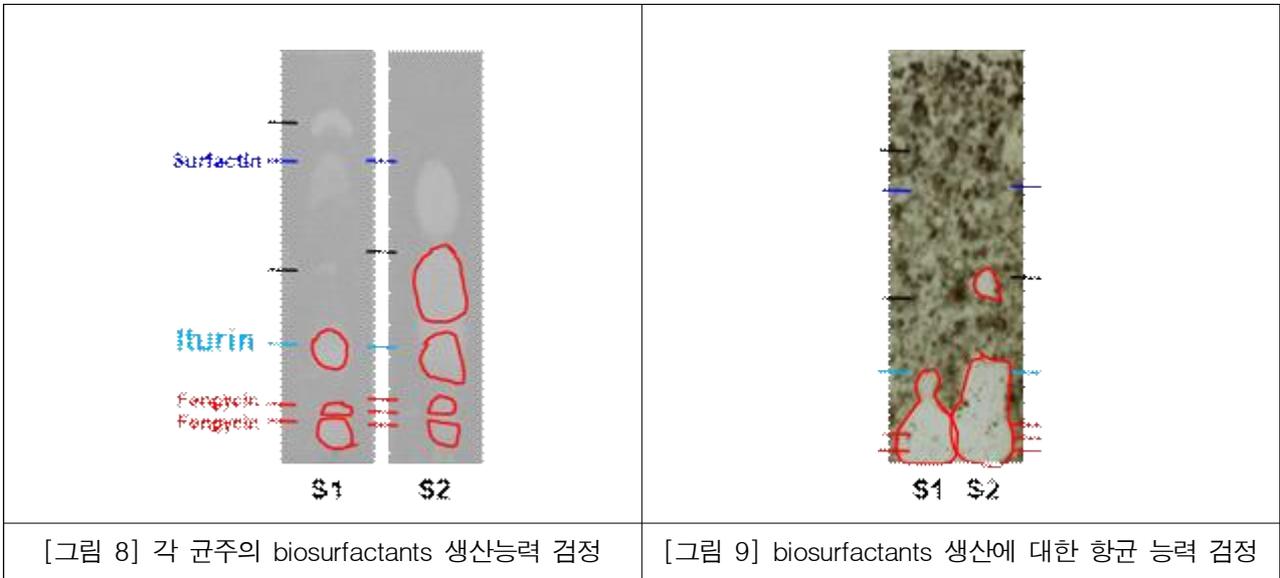


[그림 6] 각 균주의 성장능력 검정



[그림 7] biosurfactants 생산 능력 검정

- 길항세균으로부터 생성된 항균활성 물질을 분리하기 위하여 TSB 배양액을 원심분리하고 butanol을 첨가하여 활성물질 용매층으로 이행 시킨 후 50°C 이하에서 감압농축시킴. 각 농축물은 TLC를 이용하여 정제 정도와 활성 밴드를 확인하고, *C. acutatum* 포자를 활성물질들이 전개된 TLC 상에 분주하여 항균활성을 조사하였음. 그 결과 Ba S1과 Bs S2는 surfactin, iturin, fengycin 계열의 cyclic lipopeptide 등과 그 외 물질들이 생산되어 검출되었음(그림 8). TSB 배지에서 배양된 Ba S1과 Bs S2의 추출 물질들에 대한 병원균에 대한 항균활성 능력을 검정한 결과 iturin과 fengycin 계열이 함유된 전개 부분에서 *C. acutatum* 포자가 발아하지 못하였으며, Bs S2의 경우에는 알려지지 않은 물질 부분에서도 *C. acutatum* 포자 생육을 억제하였음(그림 9).



**사) 선발 균주 배양원의 식물 성장 촉진 능력 검정**

- TSB 배지에서 28℃, 150 rpm으로 환경에서 배양된 Ba S1과 Bs S2 배양액을 오이 종자에 접종하였다. 오이 종자는 멸균된 상태에 파종하였으며, 각 배양액에서 10,000 rpm으로 회수된 균주는 PBS 버퍼로 3회 세척 후 OD600 = 0.7 조건에서 접종하였다. 각 균주가 접종된 오이는 26℃ 생육실에서 4주 동안 관찰하면서 각 처리별 오이 생육을 조사하였다. 그 결과 대조구로 PBS 버퍼를 사용한 처리구에 비해 S1과 S2 균주가 접종된 오이는 대조구에 비해 엽수와 엽면적 등생육상에서 큰 차이를 나타내면서 생육을 향상시켰다.



**10) 유용미생물의 식물병원균에 대한 특성조사 (김길용)**

**<수행과정>**

가) *Bacillus velezensis* CE 100의 마늘 잎마름병(*Stemphylium vesicarium*)에 대한 항균활성 평가

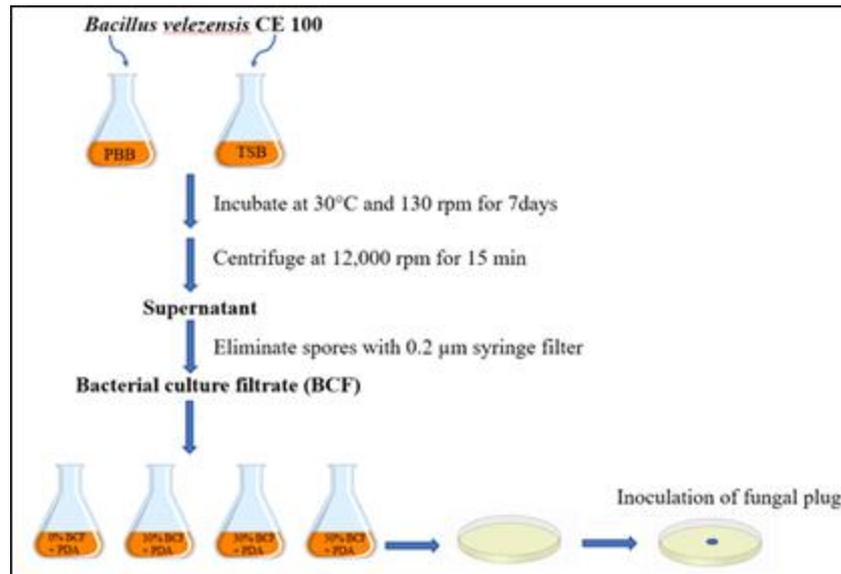
(1) 대치배양 : Potato dextrose agar (PDA) 배지를 제조한 후 배지의 가장자리에 직경 5mm 크기의 곰팡이를 접종하고 반대편에는 CE 100 균주를 획선으로 도말한다. Control 처리구는 미생물을 도말하지 않은 곰팡이 배지를 사용한다. 25℃ 인큐베이터에서 Control 처리구의 곰팡이가 다 자랄 때까지 배양해준 후 균사의 반지름을 측정해 다음과 같은 공식으로 억제율을 계산해 준다.

$$Mycelial\ growth\ hibition\ (\%) = \frac{(Control\text{의}\ \text{균사}\ \text{생장}\ \text{길이} - Treatment\text{의}\ \text{균사}\ \text{생장}\ \text{길이})}{Control\text{의}\ \text{균사}\ \text{생장}\ \text{길이}} \times 100$$

(2) 배양여과액의 농도별 항균활성 : 멸균한 Pink brown broth(PBB) 배지와 Tryptone soy broth(TSB) 배지에 각각 CE 100 균주를 접종한 후 30℃ 인큐베이터에서 130rpm으로 7일간 배

양한다. 배양액은 12,000rpm으로 15분간 원심분리 시킨 후 Syringe filter(0.2µm)를 이용하여 여과액을 얻어준다. 여과액은 멸균한 PDA와 혼합하여 각각 10, 30, 50%의 최종농도로 배지를 제조해준다. Control 처리구는 여과액을 혼합하지 않은 PDA 배지를 사용한다. 25°C 인큐베이터에서 Control 처리구의 곰팡이가 다 자랄 때까지 배양해준 후 균사의 지름을 측정해 다음과 같은 공식으로 억제율을 계산해준다.

$$\text{Mycelial growth inhibition (\%)} = \frac{(\text{Control의 균사 성장 길이} - \text{Treatment의 균사 성장 길이})}{\text{Control의 균사 성장 길이}} \times 100$$



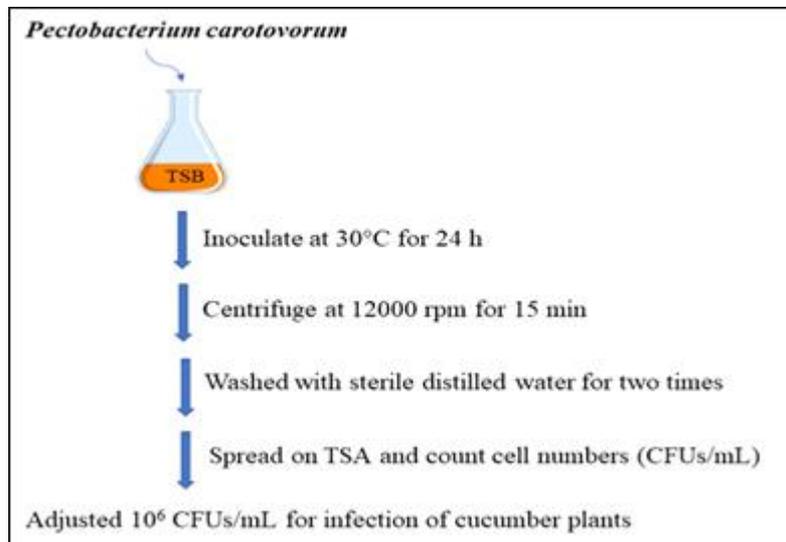
[그림 1] 미생물 배양여과액 농도별 배지 준비 순서도

#### 나) *Bacillus velezensis* CE 100의 오이 무름병(*Pectobacterium carotovorum*)에 대한 항균활성 평가

(1) 대치배양 : CE 100 균주와 *P. carotovorum*을 각각 멸균한 Tryptone soy broth(TSB) 배지에 접종 한 후 30°C 인큐베이터에서 130rpm으로 하루 배양해준다. *P. carotovorum* 배양액 100µL를 Luria-Bertani agar(LBA) 배지에 도말해준다. 그 후 도말한 배지 중앙에 CE 100 균주 배양액 10µL를 떨어뜨려준다. Control 처리구는 CE 100 균주를 접종하지 않은 배지를 사용한다. 30°C 인큐베이터에서 4일간 배양해주며, Clear zone의 형성 유무를 통해 항균활성을 평가한다.

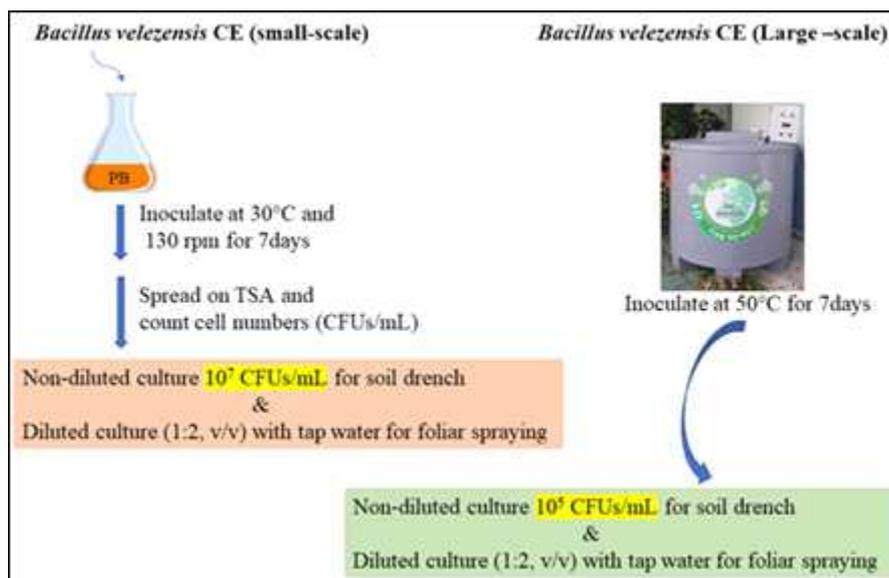
#### (2) 오이 무름병에 대한 방제효과 검정 실내 시험

(가) 병원균의 준비 : TSB 배지에 *P. carotovorum*을 접종 한 후 30°C 인큐베이터에서 130rpm으로 하루 배양해준다. 배양액은 12,000rpm으로 15분간 원심분리 시켜 상등액을 제거해 주고, 남은 침전물을 멸균한 증류수로 2번 세척해준다. 적절히 희석 후 TSA 배지에서 도말평판법을 통해 Colony forming unit (CFU)를 확인하고, 최종 농도인 10<sup>6</sup> CFU/mL로 제조한다.



[그림 2] 병원균(*P. carotovorum*) 준비 순서도

(나) 미생물의 준비 : CE 100 균주의 배양액은 두 가지 배양방법(Small-scale과 Large-scale)으로 제조한다. Small-scale 배양 방법의 경우, CE 100 균주를 PBB 배지에서 30°C, 130rpm, 7일간 배양한다. 준비된 배양액은 토양관주를 위해  $10^7$  CFU/mL 로 제조하고, 엽면살포는 수돗물로 희석해서 준비한다(배양액:수돗물, 1:2, v/v). Large-scale 배양 방법의 경우, 500L 배양기를 이용하여 비멸균 PBB 배지에서 50°C, 130rpm, 7일간 배양한다. 준비된 배양액은 토양관주를 위해  $10^5$  CFU/mL 로 제조하고, 엽면살포는 수돗물로 희석해서 준비한다(배양액:수돗물, 1:2, v/v).

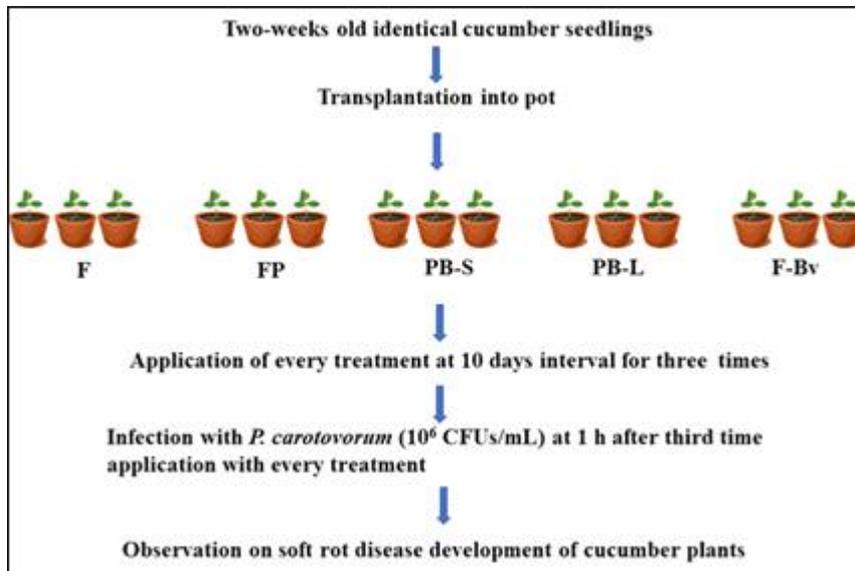


[그림 3] Small-scale 수준과 Large-scale 수준의 미생물 배양 방법

(다) 포트 토양조건 및 처리구 선정 : 2주간 배양한 오이 모종을 각각 토양 600g이 담긴 원형 포트에 정식한다. 포트 내 토양조건은 Soil:Sand:Vermiculite:Organic compost가 1:0.5:0.5:1 (v/v) 비율로 사용한다. 정식 4일 후 처리구마다 10일 간격으로 총 3번 처리해주었으며, 토양관주와 엽면살포는 각각 50mL씩 사용한다. 무름병( $10^6$  CFU/mL)은 3번째 처리를 하고 1시간 후 한 포트 당 10mL씩 엽면 살포 해준다. 처리구의 구성은 다음과 같다.

<표 1> 실내 시험 처리구의 구성

처리구	처리내용	처리횟수
F	비료처리(토양관주)	3
FP	비료처리(토양관주)와 농약처리(엽면살포) * 농약:1.5% oxytetracycline, 18.8% streptomycin sulfate 함유, 권장희석배수로 희석 후 사용	3
PB-S	Small-scale 배양액처리(토양관주 및 엽면살포)	3
PB-L	Large-scale 배양액처리(토양관주 및 엽면살포)	3
F-Bv	오이 모종을 심기 전 제형화된 CE 포자를 포트 토양과 혼합 *제형화:CE 포자를 Vermiculite, rice bran, wheat bran 등과 혼합하여 10 <sup>7</sup> CFU/g으로 제형화, 포트 당 40g을 포트 토양과 혼합 후 오이 모종 정식	1



[그림 4] 시험구 배치 및 실내 시험 순서도

\*병 발생률(Disease incidence)은 병원균 접종 후 4일차에 조사하였고, 다음과 같은 공식으로 계산해준다.

$$\text{병발생률 (\%)} = \frac{\text{감염된 식물의 수}}{\text{전체 식물의 수}} \times 100$$

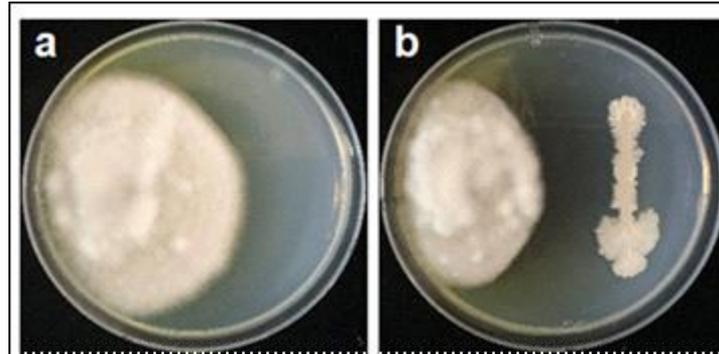
\*병 심각도(Disease severity)는 병 증상에 따라 0-4 (0=병증 없음; 1=40%미만 감염; 2=40%이상 80%미만 감염; 3=80%이상 100% 감염; 4=죽음)로 나누어 평가하고, 다음과 같은 공식으로 계산해준다.

$$\text{병심각도 (\%)} = \frac{\sum \text{각각의 척도}}{4 \times \text{전체 식물의 수}} \times 100$$

<수행내용>

가) *Bacillus velezensis* CE 100의 마늘 잎마름병(*Stemphylium vesicarium*)에 대한 항균활성 평가

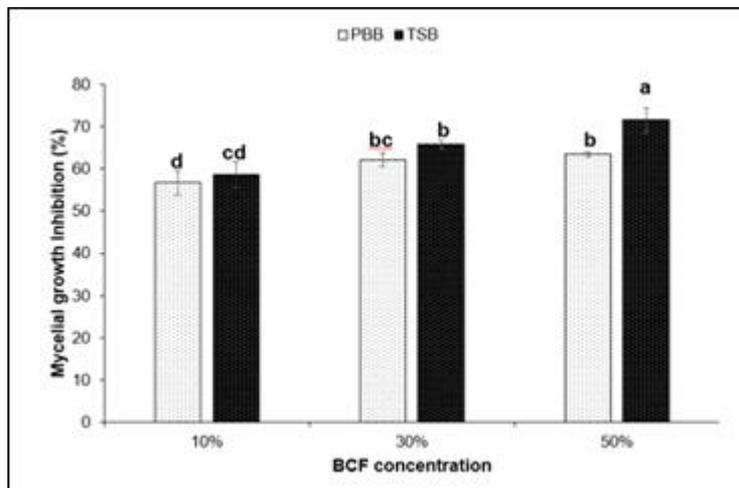
(1) 대치배양



[그림 5] PDA 배지에 접종 10일 후 Control 처리구(a)과 비교하여 *S. vesicarium*에 대한 *B. velezensis* CE 100(b)의 항균 활성

- 대치배양을 이용하여 마늘 잎마름병에 대한 CE 100 균주의 항균활성을 확인하였다. 그 결과 미생물을 접종하지 않은 Control 처리구(a)와 비교했을 때 미생물을 획선 도달한 처리구(b)에서는 미생물의 주변으로 곰팡이의 성장이 저해되는 것을 확인할 수 있었고, 44.62%의 억제율을 나타냈다. *Bacillus* 속 균주는 직접적인 또는 간접적인 다양한 작용기작을 활용하여 식물의 성장을 돕고 병원균의 성장을 억제할 수 있다. 가장 일반적인 작용기작으로는 phytohormone의 생산, 인가용화 능력, 가수분해 효소 분비, 항균물질 (antifungal compounds) 및 lipopeptides의 합성과 양분 경쟁 등이 직접적 작용기작으로 밝혀졌으며, 가뭄, 염도 등으로 인한 비생물학적 스트레스로부터의 보호, 식물 면역 시스템 유도(ISR, SAR), 휘발성 유기 화합물(Volatile organic compounds, VOCs) 생산 등의 간접적 작용기작도 활발히 연구되고 있다(Shafi et al., 2017).

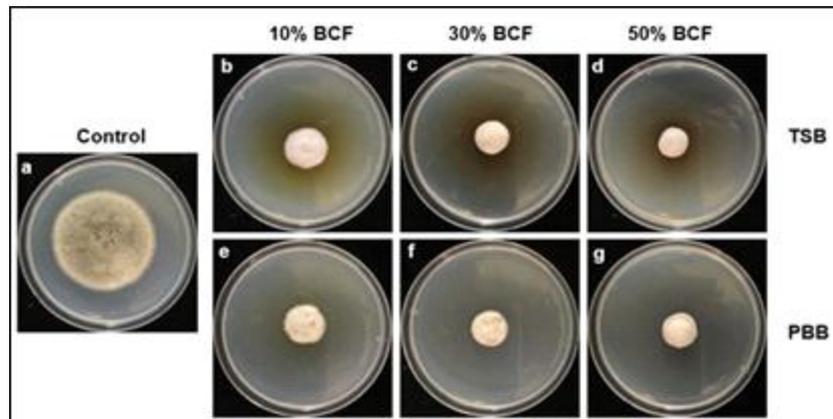
(2) 배양여과액의 농도별 항균활성



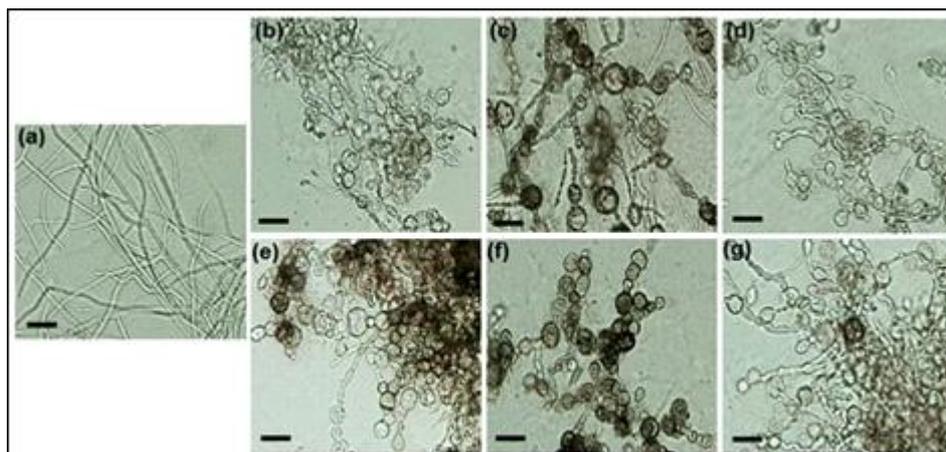
[그림 6] *B. velezensis* CE 100의 다양한 배양여과액(BCF) 농도가 *S. vesicarium* 성장에 미치는 억제 효과

- 배양여과액의 농도별 항균활성 평가를 위해 잎마름병의 균사성장 억제효과를 확인하였으며, 실험실에서 사용하는 TSB배지와 비용 효율적으로 최적화된 PBB 배지 간의 비교실험을 진행하였다. 그 결과 두 처리구 모두 배양여과액의 농도가 증가함에 따라 균사 성장 억제율이 증

가하는 패턴을 보였다. TSB 배지에서 배양된 여과액의 경우 50% 배양액 농도에서 71.58%의 가장 높은 억제율을 보였으며, 30%농도에서 65.76%의 억제율, 10%농도에서 58.66%의 억제율을 보였다. 반면에, 저가배지인 PBB 배지에서 배양된 여과액은 50% 배양액 농도에서 63.50%의 억제율을 나타내 TSB 배지 배양액 50%농도와 비교했을 때 비교적 낮은 억제율을 나타냈다. 하지만, 30%농도에서 62.21%의 억제율, 10%농도에서 56.72%로 같은 농도의 TSB 배지 배양액과 유의적인 차이가 없었다. 이러한 결과는 CE 100 균주는 두 개의 다른 배지, 특히 최적화된 PBB 배지에서도 다양한 대사산물을 생산하여 잎마름병의 성장을 효과적으로 억제할 수 있다는 점을 시사한다.



[그림 7] Control 처리구(a)와 비교하여 TSB 배지에 접종된 *B. velezensis* CE 100의 배양여과액(BCF) 10%(b), 30%(c), 50%(d) 및 PBB 배지에 접종된 *B. velezensis* CE 100의 BCF 10%(e), 30%(f), 50%(g)의 균사 성장 억제 효과



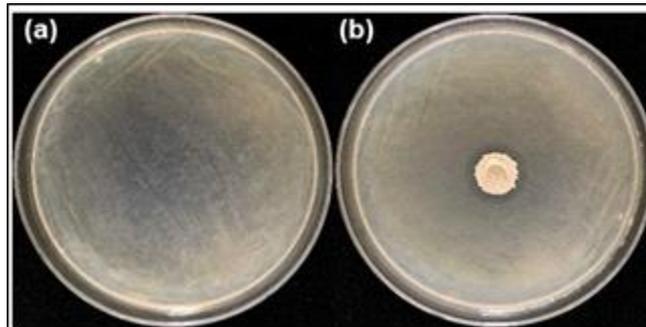
[그림 8] Control 처리구(a)와 비교하여 TSB 배지에 접종된 *B. velezensis* CE 100의 배양여과액(BCF) 10%(b), 30%(c), 50%(d) 및 PBB 배지에 접종된 *B. velezensis* CE 100의 BCF 10%(e), 30%(f), 50%(g)에 의한 *S. vesicarium*의 균사 변형 모습 (Bar=25 μm)

- 현미경 관찰 결과 비정상적으로 변형되고, 부풀어 bead와 같은 구조가 형성된 것을 확인하였다. 특히 멜라닌화된 bead 구조는 배양여과액 노출에 반응하여 생존율을 향상시키기 위한 것으로 보인다. 곰팡이 멜라닌은 항진균제뿐만 아니라 UV광의 유해 영향으로부터 보호 방패 역할을 한다(Agustinho and Nosanchuk, 2017). 따라서 배양여과액의 영향을 받은 균사에서 멜라닌화는 배양여과액에 존재하는 축적된 항진균 대사 물질의 독성 효과와 관련이 있는 것으로 추정된다. 특히, *Bacillus velezensis*는 높은 항균성을 가진 cyclic lipopeptide 및

polyketide와 같은 생체 분자의 생산자로 잘 알려져 있으며, 이는 토양 내 다른 병원성 미생물의 성장을 억제함으로써 근권의 효과적인 colonization을 용이하게 한다(Rabbee et al., 2019). 여러 lipopeptide는 생물막의 표면 및 계면 장력을 감소시키고 세포 무결성 및 투과성의 교란과 같은 다른 기전과 함께 병원성 미생물의 막 구조를 파괴하는 특성이 있다(Zhao et al., 2017).

#### 나) *Bacillus velezensis* CE 100의 오이 무름병(*Pectobacterium carotovorum*)에 대한 항균활성 평가

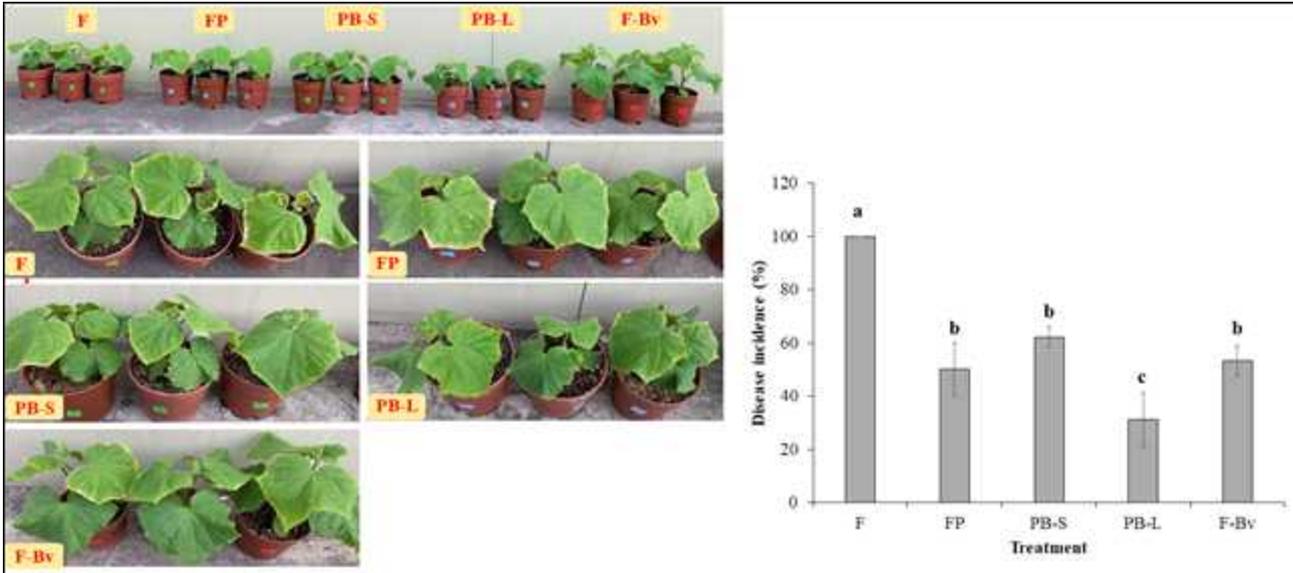
##### (1) 대치배양



[그림 9] 대치배양을 통한 LBA 배지에서의 Control 처리구(a)와 *P. carotovorum*에 대한 *B. velezensis* CE 100의 clear zone 형성 모습(b)

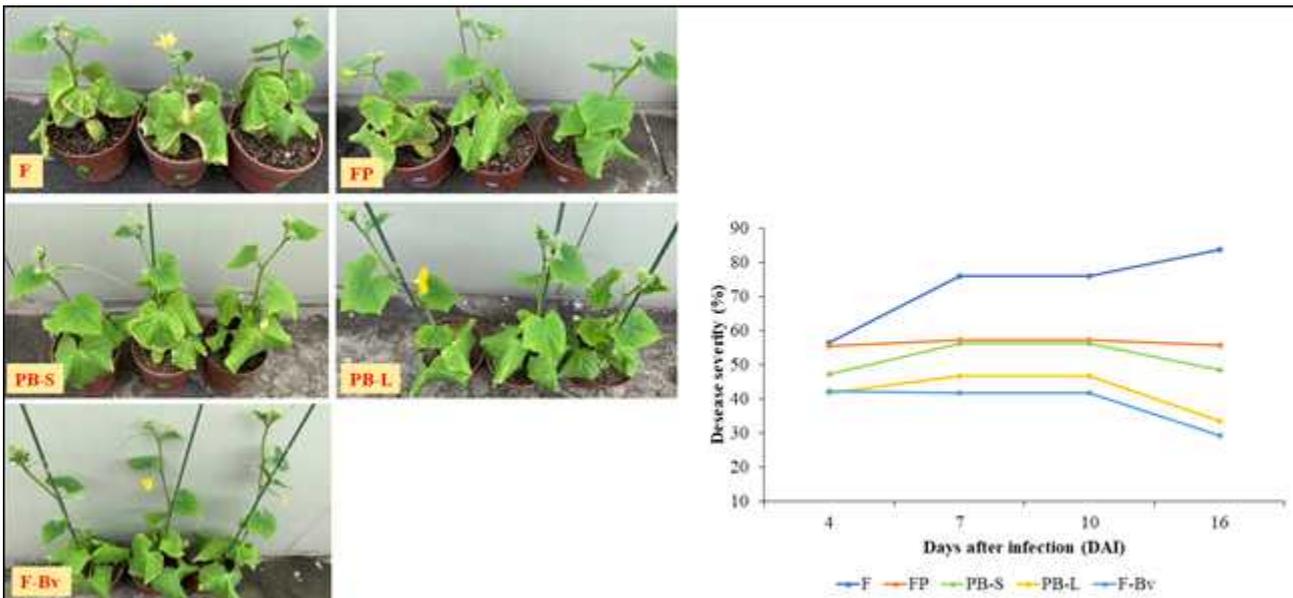
- CE 100 균주의 콜로니 주변으로 선명한 Clear zone이 관찰되었으며, 이는 *P. carotovorum*에 대한 CE 100 균주의 길항 활성을 보여준다. *P. carotovorum*에 의해 발생하는 무름병은 양파, 마늘, 오이, 감자, 당근, 양배추, 토마토 등 다양한 작물을 감염시킬 수 있으며, 수확 전 기간뿐만 아니라 수확 후 기간에도 문제가 되어 심각한 손실을 초래하고 있다. 이 병원균은 식물 세포벽과 막의 pectic 성분을 분해하는 강력한 무기로 Pectate lyases, Polygalacturonases, Proteases, Cellulases를 포함한 방대한 가수분해효소를 분비하여 식물 조직을 썩게 하고 결과적으로 식물을 죽음으로 이끈다(Agyemang et al., 2020). 따라서, *P. carotovorum*에 대한 CE 100 균주의 생물학적 제어 효율은 수확 전과 보관 중 모두에서 무름병의 관리에 활용될 수 있는 가능성을 보여준다.

(2) 오이 무름병에 대한 방제효과 검정 실내 시험



[그림 10] 무름병 접종 후 4일차의 오이 사진(좌) 및 병발생률(우)

- CE 100 균주의 오이 무름병에 대한 방제 효능을 확인하였다. 오이에 무름병을 접종하고 4일 후에 조사한 F 처리구(비료처리)에서의 무름병 발생률은 100%였다. 비교약제로 처리한 FP 처리구(비료와 화학농약처리)에서는 50%로 나타났다. 반면에, PB-L 처리구(Large-scale 배양액처리)에서의 무름병 발생률은 31.11%로 가장 낮은 병발생률을 보였으며, 다음으로 F-Bv 처리구(제형화 CE 포자 처리), PB-S 처리구(Small-scale 배양액처리) 순서로 낮게 나타났다 (각각 53.33%, 62.22%).



[그림 11] 무름병 접종 후 16일차의 오이 사진(좌) 및 병심각도(우)

- 4일차의 병심각도 측면에서도 F 처리구가 가장 높게 나타났으며, 계속 증가하여 16일차에 가장 높은 83.72%를 기록했다. FP 처리구는 병발생률과 비교했을 때 비교적 높은 심각도를 보였으나, 4일차부터 16일차까지 약 55%로 일정하게 유지되는 패턴을 보였다. PB-S 처리구는 7일차부터 약간 증가하였으나 16일차에 48.57%로 감소하였다. F-Bv 처리구와 PB-L 처리구는 10일차까지 일정하게 유지하다가 16일차에 감소하는 경향을 보였고, 16일차까지 가장 낮

은 병심각도를 기록해 우수한 치료효과를 보여주었다(각각, 29.18%, 33.53%). F-Bv 처리구의 낮은 병 발생률과 병 심각도는 우선적으로 접종시켜준 높은 밀도의 CE 100균주가 다양한 대사산물을 활용하여 병원균을 방제하고 작물의 성장을 도운 것으로 볼 수 있으며, 특히 제형화에 사용된 rice bran, wheat bran 등의 영양분이 CE 100 균주의 성장과 대사산물 생산에 관련이 있을 것으로 생각된다. 또한 PBB 배지에서 Large-scale로 배양된 CE 100 배양액의 높은 방제효능은 오이 무름병에 대해 매우 효과적인 생물학적 방제제로써의 가능성을 보여준다.

#### [연구결과 요약]

- *B. velezensis* CE 100 균주는 대치배양을 이용한 항균활성 평가를 통해 마늘 잎마름병을 유발하는 곰팡이인 *Stemphylium vesicarium*에 대한 항균활성을 갖고 있는 것으로 확인함.
- 고가의 TSB 배지와 최적화된 PBB 배지를 사용하여 배양한 배양액의 농도별 항균활성 비교 실험을 진행한 결과, PBB 배지에서 배양한 배양액과 배양여과액은 잎마름병 곰팡이의 균사 성장을 강하게 억제하였으며, TSB 배지에서 배양된 배양액과도 유사한 항균활성을 갖는 것으로 확인함.
- *B. velezensis* CE 100 균주는 대치배양을 이용한 항균활성 평가를 통해 오이 무름병을 유발하는 병원균인 *Pectobacterium carotovorum*에 대한 항균활성을 갖고 있는 것으로 확인함.
- 오이 무름병에 대한 방제효과 실내 시험을 진행한 결과, 두 가지 배양방법(Small-scale과 Large-scale)으로 PBB 배지에서 배양한 CE 100 균주 배양액 모두 방제효과가 있는 것을 확인하였고, 특히 제형화된 CE 포자의 활용 가능성을 확인함.

나) 정량적 연구개발성과  
연구수행 결과 [과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Early-stage defense mechanism of the cotton aphid <i>Aphis gossypii</i> against infection with the insect-killing fungus <i>Beauveria bassiana</i> JEF-544	Frontiers in Immunology	김○수		국외	Frontiers in Immunology	SCIE	2022-03	1664-3224	100
2	Revisiting <i>Erysiphe thesii</i> (Helotiales, Erysiphaceae) with Morphological and Molecular Phylogenetic Data	Sydowia	최○영		국외	Sydowia	SCIE	2022-03	1229-8093	100
3	Morphological and Molecular Characterization of <i>Podosphaera</i> Powdery Mildew on <i>Fatoua villosa</i> in Korea	The Korean Journal of Mycology	최○영	50 (3)	국내	한국균학회지	비SCIE	2022-09	2383-5249	50
4	<i>A new strategy using entomopathogenic fungi for the control of tree borer insects</i>	Entomological Research	신○영	52	국내	한국곤충학회지	SCIE	2022-06	1748-5967	50
5	New descriptions of immature stages of forestry insect pest, <i>Yponomeuta meguronis</i> (Lepidoptera: Yponomeutidae) with new records of its natural enemies	forests	김○라	4	국외	MDPI	SCIE	2022-03	1999-4907	100
6	DNA barcodes reveal population-dependent cryptic diversity and various cases of sympatry of Korean leptonetid spiders (Araneae: Leptonetidae)	Scientific Reports	오○화		국외	Nature Portfolio	SCIE	2022-09	2045-2322	100
7	Integrated identification and genetic variability of the Yam Insect pest, <i>Digitivalva hemiglypha</i> (Lepidoptera: Acrolepiinae)	Journal of Asia-Pacific Biodiversity	김○라		국외	Journal of Asia-Pacific Biodiversity	비SCIE	2022-03	1226-8615	100
8	Revisiting the phylogeny of the family Miridae (Heteroptera: Cimicomorpha), with updated insights into its origin and life history evolution	Molecular Phylogenetics and Evolution	김○라		국외	Elsevier	SCIE	2023-04		100
9	One newly recorded species, <i>Autosticha kyotensis</i> (Lepidoptera: Autostichidae) from Korea with a World Checklist of the genus	Korean Journal of Applied Entomology	김○라		국내	한국응용곤충학회지	비SCIE	2022-08	1225-0171	100
10	Outbreak of Rice Panicle Blast in Jeonbuk Province of Korea in 2021	The Plant Pathology Journal	이○일		국내	The Plant Pathology Journal	비SCIE	2022-12	2093-9280	100
11	옥시페탈룸에서 발생한 토마토반점위조바이러스 국내 첫 보고	Research in Plant Disease	윤○연		국내	식물병연구	비SCIE	2023-02	2233-9191	100
12	<i>Erysiphe cornicola</i> a Powdery Mildew Occurring on <i>Cornus controversa</i> in Korea	The Korean Journal of Mycology	최○영	51 (1)	국내	The Korean Journal of Mycology	비SCIE	2023-03	2383-5249	100
13	Taxonomic review of the genus <i>Nycteola</i> Hunber (Lepidoptera, Nolidae) from Korea including potential invasive pests	Biodiversity Data Journal	차○빈	11	국외	Penfort	SCIE	2023-12	1314-2828	100

14	Integrated Identification and Genetic Diversity of Potentially Invasive Clearwing Moths (Lepidoptera: Cossioidea: Sesiidae) in Korea	Insects	김○라	15	국외	MDPI	SCIE	2024-01	2075-4450	100
15	Biological and Molecular Characterization of a Korean Isolate of Orthotospovirus chrysanthinecrocaulis (Formerly Chrysanthemum Stem Necrosis Virus) Isolated from Chrysanthemum morifolium	한국식물 병리학회	윤○연	29 (3)	국내	한국식물 병리학회	비SCIE	2023-08	2233-9191	100
16	담배가루이에 대한 곤충병원성 곰팡이 선발 및 커피박 배지에서 배양 특성	한국유기 농업학회	신○영		국내	한국유기 농업학회	비SCIE	2023-11	1229-3571	100
17	Survey of overwintering Halyomorpha halys (Hemiptera: Pentatomidae) in ports of export and natural landscapes surrounding the ports in Republic of Korea	Plos One	송○성	17 (8)	국외	PUBLIC LIBRARY SCIENCE	SCIE	2022-08	1932-6203	50
18	First Report of Smut Caused by Urocystis eranthidisonAnemoneflaccida inKorea	The Korean Journal of Mycology	Diane Avalos-Ruiz	50 (1)	국내	The Korean Society of Mycology	비SCIE	2022-03	0253-651X	100
19	A Review of the Potency of Plant Extracts and Compounds from Key Families as an Alternative to Synthetic Nematicides: History, Efficacy, and Current Developments	The Plant Pathology Journal	Abraham Okki Mwamul a	38 (2)	국내	The Korean Society Of Plant Pathology	SCIE	2022-03	1598-2254	100
20	Morphological plasticity in the rice root nematode, Hirschmanniella oryzae (van Breda de Haan, 1902) Luc & Goodey, 1964 from Korea, with inferences from its ribosomal and mitochondrial DNA	European Journal of Plant Pathology	Abraham Okki Mwamul a	online	국외	SPRINGER	SCIE	2022-08	1573-8469	100
21	Molecular Characterization of Filenchus cylindricus (Thorne & Malek, 1968) Niblack & Bernard, 1985 (Tylenchida: Tylenchidae) from Korea, with Comments on Its Morphology	The Plant Pathology Journal	Abraham Okki Mwamul a	38 (4)	국내	The Korean Society Of Plant Pathology	SCIE	2022-06	2093-9280	100
22	First record of the soldier fly genus Beris Latreille(Diptera, Stratiomyidae) from Korea, with designation of two new synonyms	Biodiversity Data Journal	이○호	10	국외	PENSOFT PUBLISHERS	SCIE	2022-08	1314-2828	100
23	Impact of Rice and Potato Host Plants Is Higher on the Reproduction than Growth of Corn Strain Fall Armyworm, Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae)	insect	Rajendra Acharya	13 (3)	국외	MDPI	SCIE	2022-03	2075-4450	100
24	Identification of entomopathogenic fungus MetarhiziumrileyiinfestedinfallarmyworminthecornfieldofKorea, andevaluationofitsvirulence	ARCHIVES OF INSECT BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY	Rajendra Acharya	111 (4)	국외	WILEY	SCIE	2022-08	2075-4450	100
25	First Report of Pectobacterium brasiliense Causing Soft Rot on Graft-cactus in Korea	Research in Plant Disease	박○택	28 (3)	국내	The Korean Society Of Plant Pathology	비SCIE	2022-09	2233-9191	100

26	Reference gene selection for normalizing gene expression using quantitative real-time PCR in <i>Haemaphysalis longicornis</i>	Entomological Research	박○은	53 (1)	국내	WILEY	SCIE	2022-12	1748-5967	100
27	Comparison of Preference for Chemicals Associated with Fruit Fermentation between <i>Drosophila melanogaster</i> and <i>Drosophila suzukii</i> and between Virgin and Mated <i>D. Melanogaster</i>	insects	김○민	14	국외	MDPI	SCIE	2023-04	2075-4450	100
28	Pectobacterium versatile as the Causal Pathogen of Soft Rot in Kimchi Cabbage in Korea	Research in Plant Disease	박○택	29 (1)	국내	The Korean Society Of Plant Pathology	비SCIE	2023-03	1598-2262	100
29	First report of <i>Stagonosporopsis cucumeris</i> causing internal fruit rot on Oriental melon ( <i>Cucumis melo</i> L.) in Korea	Plant Disease	Kallo Das	107 (9)	국외	The American Phytopathological Society	SCIE	2023-08	0191-2917	100
30	Evaluating quantum yield and ultraviolet-visible reflectance in baby pumpkins: Implications for oviposition behavior of pumpkin fruit flies	Entomological Research	김○현	53 (11)	국내	WILEY	SCIE	2023-11	1748-5967	100
31	Host and environmental influences on the gut bacterial community of carabid beetles in distinct paddy fields	Entomological Research	도○호	53 (11)	국내	WILEY	SCIE	2023-11	1748-5967	100
32	Social Wasp Diversity and Wasp Nest Removal Trends on Ulleungdo Island, South Korea	Proceedings of The National Institute of Ecology of the Republic of Korea	김○희	4(4)	국내	National Institute of Ecology	비SCIE	2023-10	2765-2203	100
33	First Report of <i>Pectobacterium aroidearum</i> Causing Soft Rot on <i>Zamioculcas zamiifolia</i>	Research in Plant Disease	박○택	29 (4)	국내	The Korean Society Of Plant Pathology	비SCIE	2023-12	1598-2262	100
34	First Report of <i>Pectobacterium brasiliense</i> Causing <i>Momordica charantia</i> Soft Rot Disease in Korea	Research in Plant Disease	박○택	29 (4)	국내	The Korean Society Of Plant Pathology	비SCIE	2023-12	1598-2262	100
35	Complete genome sequence of tulip virus X, a Korean isolate from <i>Tulipa gesneriana</i>	MICROBIOLOGY RESOURCE ANNOUNCEMENTS	박○민		국외	AMER SOC MICROBIOLOGY	비SCIE	2023-12	2576-098X	100
36	Alginate and fucoidan changes the bacterial community in different directions and the alginate or fucoidan degrading bacteria isolated from paddy soil promotes the plant growth	Archives of Microbiology	양○희, 서○원, 구○종	203	국외	Archives of Microbiology	SCI	2021-8	0302-8933	50
37	Emergence of multiple <i>Diaporthe</i> species causing kiwifruit rot and occurrence of resistance to a methyl benzimidazole carbamate fungicide in South Korea	Crop Protection	기○은, 김○홍, 양○열	158	국외	Crop Protection	SCIE	2022-06	0261-2194	100
38	Production of chitin- and chitosan-oligosaccharide using the edible insect, <i>Tenebrio molitor</i>	Entomological Research	송○수, 조○훈, 한○수, 정○진	52 (4)	국외	Entomological Research	SCIE	2022-04	1748-5967	50

39	Antifungal Activity and Properties of Crude Enzymes Produced from <i>Cellulomonas fimi</i> JH-1	Journal of Chitin and Chitosan	이○호, 서○준, 송○수, 정○진	27 (2)	국내	Journal of Chitin and Chitosan	비SCIE	2022-06	1229-4160	50
40	Antifungal Activity of Chitinase Purified from Psychrotolerant <i>Pedobacter</i> sp. PR-M6	Journal of Chitin and Chitosan	송○수, 정○진	27 (3)	국내	Journal of Chitin and Chitosan	비SCIE	2022-09	1229-4160	50
41	The first complete mitochondrial genome in the family Attevidae ( <i>Atteva aurea</i> ) of the order Lepidoptera	Biodiversity Data Journal	정○성, 박○선, 손○천, 김○지, 오○근, 김○수	10	국외	Biodiversity Data Journal	SCIE	2022-09	1314-2836	100
42	First report of tomato spotted wilt virus infecting parlor palm ( <i>Chamaedorea elegans</i> ) with leaf mosaic and ring spot disease in Korea	Journal of Plant Pathology	이○정, 김○경, 황○연, 양○열, 정○동	104	국외	Journal of Plant Pathology	SCIE	2022-02	1125-4653	100
43	First report of tomato spotted wilt virus infecting <i>Epipremnum aureum</i> in Korea	Journal of Plant Pathology	이○정, 김○웅, 김○경, 양○열, 정○동	104	국외	Journal of Plant Pathology	SCIE	2022-02	1125-4653	100
44	Immunological Roles of TmToll-2 in Response to <i>Escherichia coli</i> Systemic Infection in <i>Tenebrio molitor</i>	Maryam Ali Mohammed Kojour	장○압, 이○석, 조○훈, 한○수	23 (22)	국외	Maryam Ali Mohammed Kojour	SCI	2022-12	1422-0067	100
45	First report of zucchini yellow mosaic virus infecting wax begonia ( <i>Begonia semperflorens</i> ) in Korea	Journal of Plant Pathology	김○웅, 김○경, 이○정, 양○열, 정○동	105 (1)	국외	Journal of Plant Pathology	SCI	2023-3	1125-4653	100%
46	First report of natural infection of <i>Hydrangea macrophylla</i> by pepper mild mottle virus in Korea	Journal of Plant Pathology	김○웅, 이○은, 이○정, 김○준, 양○열, 정○동	105 (2)	국외	Journal of Plant Pathology	SCI	2023-9	1125-4653	100%
47	Medicinal Plant Extract and Chitosan Oligomer Antifungal Activities Inhibit <i>Phytophthora capsici</i>	Journal of Chitin and Chitosan	Dang-Minh-Nh Nguyen, 정○진	28 (1)	국내	Journal of Chitin and Chitosan	비SCI	2023-3	1229-4160	100%
48	Characterization of Protease-Producing and Organic Acid-Producing Bacteria for Chitin Production from Mealworm	Journal of Chitin and Chitosan	송○수, 정○진	28 (3)	국내	Journal of Chitin and Chitosan	비SCI	2023-9	1229-4160	50%
49	Complete mitochondrial genome of the hawthorn moth <i>Scythropia crataegella</i> Linnaeus, 1767 (Lepidoptera: Scythropiidae)	Journal of Asia-Pacific Entomology	정○성, 박○선, 손○천, 김○지, 김○수	26 (2)	국외	Journal of Asia-Pacific Entomology	SCI	2023-6	1226-8615	50%
50	Identification of <i>Sympetrum depressiusculum</i> Sélys, 1841 in South Korea (Odonata: Libellulidae) according to morphology and genetic markers	Insects	표○영, 김○수, 박○선, 김○문, 송○근, 김○수	14 (9)	국외	Insects	SCI	2023-8	2075-4450	100%
51	Rapid and sensitive detection of the causal agents of postharvest kiwifruit rot, <i>Botryosphaeria dothidea</i> and <i>Diaporthe eres</i> , using a recombinase polymerase amplification assay	Plant Pathology Journal	박○경, 김○웅, 양○열	39 (5)	국내	Plant Pathology Journal	SCI	2023-10	1598-2254	100%

52	Chitin Production from Mealworms (Tenebrio molitor) larvae using the Protease- and Lipase-Producing Bacterium Bacillus subtilis EG1	Journal of Chitin and Chitosan	송○수, 류○록, 안○규, 정○진	28 (4)	국내	Journal of Chitin and Chitosan	비SCI	2023-12	1229-4160	50%
53	돈분 액비의 아산화질소 발생 저감 효과 검정	Korean Journal of Environmental Agriculture	이○호, 백○현, 구○중	42 (4)	국내	Korean Journal of Environmental Agriculture	비SCI	2023-12	1225-3537	50

### □ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국식물병리학회	오봉근, 주호중, 이귀재, 윤주연	2022.04.20.	부산 소노벨	국내
2	한국식물병리학회	강기레디가리 벤카타 수바레디, 최승국, 정봉남, 조인숙, 윤주연	2022.04.20.	부산 소노벨	국내
3	한국식물병리학회	김유하, 윤주연, 이귀재, 주호중	2022.04.20.	부산 소노벨	국내
4	한국식물병리학회	이희, 윤주연, 이귀재, 주호중	2022.04.20.	부산 소노벨	국내
5	한국식물병리학회	김재욱, 오봉근, 김민관, 윤주연, 이귀재, 주호중	2022.04.20.	부산 소노벨	국내
6	한국식물병리학회	홍성준, 이우일, 이경재, 강미형, 채의석, 이희영, 노형일, 박상구, 윤지영, 이영미	2022.04.20.	부산 소노벨	국내
7	한국식물병리학회	정현정, 이우일, 최주연, 최낙중, 김상민, 강인정, 양정욱, 이봉춘	2022.04.20.	부산 소노벨	국내
8	15th ISPVE Madrid 2022	윤주연, 윤정범, 서미혜, 최승국	2022.06.07.	스페인, 마드리드	국외
9	15th ISPVE Madrid 2022	백이슬, 윤주연, Peter Palukaitis	2022.06.07.	스페인, 마드리드	국외
10	(사)한국응용곤충학회	최경산, 고상욱, 오현석, 김효중, 김소라, 안정준	2022.04.28.	부산 소노벨	국내
11	(사)한국응용곤충학회	임종욱, 정종국, 김소라	2022.04.28.	부산 소노벨	국내
12	(사)한국응용곤충학회	문윤기, 김제원, 박기진, 이민호, 김소라	2022.04.28.	부산 소노벨	국내
13	(사)한국응용곤충학회	오종화, 김소라, 이승환	2022.04.28.	부산 소노벨	국내
14	(사)한국응용곤충학회	심현우, 최하용, 임자량, 김명환, 김준호, 김소라	2022.04.28.	부산 소노벨	국내
15	(사)한국응용곤충학회	안주환, 김소라	2022.04.28.	부산 소노벨	국내
16	(사)한국응용곤충학회	임순홍, 김소라	2022.04.28.	부산 소노벨	국내
17	(사)한국응용곤충학회	김소라	2022.04.28.	부산 소노벨	국내
18	(사)한국응용곤충학회	이민호, Mariusz Kanturski, 김소라, 이승환	2022.10.27	경주	국내
19	(사)한국응용곤충학회	라대경, 한희, 정서린, 한태우, 김진욱, 김소라	2022.10.27	경주	국내
20	(사)한국응용곤충학회	한희, 김소라	2022.10.27	경주	국내
21	(사)한국응용곤충학회	심현우, 최하용, 임자량, 김명환, 김준호, 김소라	2022.10.27	경주	국내
22	(사)한국응용곤충학회	문윤기, 김세환, 이효영, 이남길, 박기덕, 박기진, 이민호, 김소라	2022.10.27	경주	국내
23	ICE	김재수, 박소은, 김중철	2022.07.18.	헬싱키	국외
24	한국식물병리학회	조인숙, 최세나, 윤주연, 정봉남	2022.10.19.	순천대	국내
25	한국식물병리학회	임진극, 오봉근, 이장하, 주호중, 윤정범, 윤주연	2022.10.19.	순천대	국내
26	한국식물병리학회	키언 찬초타, 윤주연, 주호중, 이귀재	2022.10.19.	순천대	국내
27	한국식물병리학회	백이슬, 피터 팔루카이티스, 윤주연	2022.10.19.	순천대	국내
28	한국식물병리학회	승 찬드라, 주호중, 이귀재, 윤주연	2022.10.19.	순천대	국내
29	한국식물병리학회	박지현, 윤주연	2022.10.19.	순천대	국내
30	한국식물병리학회	오봉근, 윤주연, 주호중, 이귀재	2022.10.19.	순천대	국내
31	한국식물병리학회	김해인, 윤주연, 주호중, 이귀재	2023.04.27.	경주 라한셀렉트 호텔	국내
32	한국식물병리학회	승찬다라, 윤주연, 주호중	2023.04.27.	경주 라한셀렉트 호텔	국내
33	한국식물병리학회	키언찬초타, 윤주연, 주호중	2023.04.27.	경주 라한셀렉트 호텔	국내
34	한국식물병리학회	임진극, 주호중, 조인숙, 최승국, 윤주연	2023.04.27.	경주 라한셀렉트 호텔	국내
35	한국식물병리학회	오봉근, 김도현, 이귀재, 윤주연, 주호중	2023.04.27.	경주 라한셀렉트 호텔	국내
36	한국식물병리학회	이수빈, Peter Palukaitis, 주호중, 윤주연	2023.04.27.	경주 라한셀렉트 호텔	국내
37	2023년 한국곤충학회 한국응용곤충학회 공동 춘계 학술발표대회	심현우, 최하용, 임자량, 김준호, 박수지, 김소라	2023-04-27	그랜드플라자 청주호텔	국내
38	2023년 한국곤충학회 한국응용곤충학회 공동 춘계 학술발표대회	박준현, 김소라, 권덕호	2023-04-27	그랜드플라자 청주호텔	국내

39	2023년 한국근종학회 한국응용근종학회 공동 추계 학술발표대회	안주환, 김진욱, 김소라	2023-04-27	그랜드플라자 청주호텔	국내
40	2023년 한국근종학회 한국응용근종학회 공동 추계 학술발표대회	성은영, 김소라	2023-04-27	그랜드플라자 청주호텔	국내
41	2023년 한국근종학회 한국응용근종학회 공동 추계 학술발표대회	한희, Ulzijjargal Bayarsaikhan, 김소라	2023-04-27	그랜드플라자 청주호텔	국내
42	2023년 한국근종학회 한국응용근종학회 공동 추계 학술발표대회	라대경, 김소라	2023-04-27	그랜드플라자 청주호텔	국내
43	2023년 한국근종학회 한국응용근종학회 공동 추계 학술발표대회	이민호, Mariusz Kanturski, 김소라, 이승환	2023-04-27	그랜드플라자 청주호텔	국내
44	2023년 한국근종학회 한국응용근종학회 공동 추계 학술발표대회	차영빈, 배양섭, 김소라	2023-04-27	그랜드플라자 청주호텔	국내
45	2023년 한국근종학회 한국응용근종학회 공동 추계 학술발표대회	박진성, 김소라	2023-04-27	그랜드플라자 청주호텔	국내
46	2023년 한국근종학회 한국응용근종학회 공동 추계 학술발표대회	정인원, 김소라	2023-04-27	그랜드플라자 청주호텔	국내
47	International Congress of Plant Pathology(ICPP)	김민정, 이우일, 이귀재, 주호중, 윤주연	2023.08.21	프랑스 리옹	국외
48	International Congress of Plant Pathology(ICPP)	오봉근, 윤주연, 주호중	2023.08.21	프랑스 리옹	국외
49	International Congress of Plant Pathology(ICPP)	오봉근, 김해인, 주호중, 윤주연	2023.08.21	프랑스 리옹	국외
50	International Congress of Plant Pathology(ICPP)	백이슬, Masoud Akbarimotlagh, Peter Palukaitis, 윤주연	2023.08.21	프랑스 리옹	국외
51	International Congress of Plant Pathology(ICPP)	김해인, 방지영, 양석훈, 이귀재, 윤주연, 최인영, 주호중	2023.08.21	프랑스 리옹	국외
52	2023 KSPP Fall Meeting and Interantional Conference	김해인, 오봉근, Chanchota Kean, Chandara Soeng, 이수빈, 윤주연, 주호중, 이귀재	2023.10.17	제주	국내
53	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	오민석, 김소라, 이승환	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
54	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	정인원, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
55	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	한희, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
56	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	정경훈, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
57	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	차영빈, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
58	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	박진성, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
59	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	김진욱, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
60	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	정인원, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
61	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	심현우, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
62	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	한희, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
63	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	라대경, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
64	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	정경훈, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
65	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	차영빈, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
66	2023년 한국응용근종학회 임시총회 및 추계 학술발표회	김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내

67	2023년 한국응용곤충학회 임시총회 및 추계 학술발표회	김진욱, 박진성, 정인원, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
68	2023년 한국응용곤충학회 임시총회 및 추계 학술발표회	라대경, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
69	2023년 한국응용곤충학회 임시총회 및 추계 학술발표회	박진성, 김소라	2023.10.25-27	휘닉스 평창호텔	국내
70	(사)한국응용곤충학회	이경열, 무니르모스타피즈, 이지연	2022.04.28.	변산 소노벨	국내
71	IWGO Digital Meeting of IOBC-Global	Rajendra Acharya, Matabaro Joseph Malekera, Ji-Youn Lee, Seung-Yeol Lee, Ikju Park, Kyeong-Yeoll Lee	2022.5.5-6	CABI, Delemont, Switzerland	국외
72	International Congress of Entomology 2023	권오석, 김서현, 최문보	2022.07.18.	헬싱키, 핀란드	국외
73	26th International Congress of Entomology	권오석, 최문보	2022.07.18.	헬싱키, 핀란드	국외
74	26th International Congress of Entomology	권오석, 최문보	2022.07.18.	헬싱키, 핀란드	국외
75	2022 Joint Annual Meeting_Entomological Society of America	김영호, 반재호	2022.11.13-16	벤쿠버, 캐나다	국외
76	2022 Joint Annual Meeting_Entomological Society of America	김서현, 김수현, 김민기, 권오석, 박익주	2022.11.13-16	벤쿠버, 캐나다	국외
77	2022 Joint Annual Meeting_Entomological Society of America	이경미, 김동훈	2022.11.13-16	벤쿠버, 캐나다	국외
78	2022 Joint Annual Meeting_Entomological Society of America	남주욱, 최문보, 권오석	2022.11.13-16	벤쿠버, 캐나다	국외
79	2022 Joint Annual Meeting_Entomological Society of America	도윤호, 권오석, 김서현, 최문보	2022.11.13-16	벤쿠버, 캐나다	국외
80	2022 Joint Annual Meeting_Entomological Society of America	권오석, 김서현, 최문보	2022.11.13-16	벤쿠버, 캐나다	국외
81	2022 Joint Annual Meeting_Entomological Society of America	권찬기, 이동운	2022.11.15.	벤쿠버, 캐나다	국외
82	(사)한국곤충학회	최문보, 안현숙, 권오석	2023.04.27.	청주	국내
83	(사)한국곤충학회	최문보, 안현숙, 권오석	2023.04.27.	청주	국내
84	(사)한국곤충학회	최문보, 권오석	2023.04.27.	청주	국내
85	(사)한국곤충학회	최문보	2023.04.27.	청주	국내
86	(사)한국곤충학회	최문보	2023.04.27.	청주	국내
87	(사)한국곤충학회	최문보, 권오석	2023.04.27.	청주	국내
88	(사)한국곤충학회	최문보	2023.04.27.	청주	국내
89	(사)한국곤충학회	최문보	2023.04.27.	청주	국내
90	(사)한국곤충학회	최문보	2023.04.27.	청주	국내
91	(사)한국곤충학회	민남경, 최문보, 권오석	2023.04.27.	청주	국내
92	(사)한국응용곤충학회	Sushant Raj Sharma, Lucas Meziane de Carvalho, 이지연, 이경열	2023.04.27.	청주	국내
93	(사)한국식물병리학회	박경택, 홍수민, 백창기, 강인규, 조영제, 이승열, 레오니드덴, 정희영	2023.04.27.	경주	국내
94	(사)한국식물병리학회	이지순, 박경택, 조영제, 이승열, 레오니드덴, 정희영	2023.04.27.	경주	국내
95	62nd Annual SON Conference	권찬기, Abraham Okki Mwamula, Kwon Oh-Gyeong, 이동운	2023.07.09.-14	콜롬버스, 미국	국외
96	2023 Asian Mycological Congress	최진실, Mukesh Kumar Yadav, Kallol Das, 류정주, 임성근, 남송운, 이승열, 정희영	2023.10.13-15	부산 벅스코	국내
97	2023 Asian Mycological Congress	Kallol Das, 최진실, 임광재, 홍수민, 박경택, 이승열, 정희영	2023.10.13-15	부산 벅스코	국내
98	XII European Congress of Entomology	권오석, J.Cha	2023.10.16-20	그리스 크레타	국외
99	XII European Congress of Entomology	권오석, I. Park, and D. Thompson	2023.10.16-20	그리스 크레타	국외
100	XII European Congress of Entomology	최문보, 안현숙, 권오석	2023.10.16-20	그리스 크레타	국외
101	(사)한국응용곤충학회	김수현, 임은지, 황활수, 임세현, 강일구, 이경열	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
102	(사)한국응용곤충학회	김동민, 김진서, 서상재	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
103	(사)한국응용곤충학회	반재호, 김주란, 문광옥, 김영호, 김봉수	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
104	(사)한국응용곤충학회	Sushant Raj Sharma, Lucas Meziane de Carvalho, 이지연, 이경열	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내

105	(사)한국응용곤충학회	김영군, 서상재	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
106	(사)한국곤충학회	도윤호, 박웅배, 박준규, 박시아, 권오석, 최문보	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
107	(사)한국곤충학회	안현숙, 최문보, 권오석	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
108	(사)한국곤충학회	강두희, 최문보, 권오석	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
109	(사)한국곤충학회	민남경, 최문보, 권오석	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
110	(사)한국곤충학회	김영군, 유길조, 서상재	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
111	(사)한국곤충학회	김영군, 서상재	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
112	(사)한국곤충학회	김동민, 서상재	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
113	(사)한국곤충학회	권용정, 권진형, 서상재, Ding Yang, 김영군	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
114	(사)한국곤충학회	권진형, 서상재, 권용정, 김영군	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
115	(사)한국곤충학회	권진형, Md. Shamin Hossain, 서상재, 권용정, 김영군	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
116	(사)한국곤충학회	권진형, Md. Shamin Hossain, 서상재, 권용정, 김영군	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
117	(사)한국곤충학회	배현호, 서상재, 김영군	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
118	(사)한국곤충학회	김동욱, 서상재, 최광식, 김영군	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
119	(사)한국곤충학회	김재희, 김일권, 권오석, 최문보	2023.10.25-27	휘닉스 평창 호텔	국내
120	Asia Pacific Conference on Mosquito and Vector Control 2023	강두희, 최문보, 권오석	2023.11.27-30	태국 치앙마이	국외
121	Asia Pacific Conference on Mosquito and Vector Control 2023	안현숙, 최문보, 권오석	2023.11.27-30	태국 치앙마이	국외
122	Asia Pacific Conference on Mosquito and Vector Control 2023	손수진, 김민석, 이수현	2023.11.27-30	태국 치앙마이	국외
123	2021년 춘계한국식물병리학회 학술발표대회	김나경, 임형준, 박수민, 양광열, 정래동	2021. 04. 22.	서울한국과학기술회관	국내
124	2021년 추계한국식물병리학회 학술발표대회	이효정, 양광열, 정래동	2021. 11. 10.	서울한국과학기술회관	국내
125	한국생물과학협회 정기학술대회 제76회	김명진(포스터발표)	2021.08.12.~13	온라인 학술대회 (이화여자대학교 포스코관)	국내
126	한국생물과학협회 정기학술대회 제76회	Yasuyuki Arakane (포스터발표, 우수논문상)	2021.08.12.~13	온라인 학술대회 (이화여자대학교 포스코관)	국내
127	2021년 대한환경공학회 국내 학술대회	장정아, 조은혜	2021.11.03.-05.	제주 신화월드	국내
128	2021년 한국유기농업학회 상반기 학술대회	강범용, 정우진	2021.06.30	온라인 학술대회	국내
129	2021년 한국유기농업학회 상반기 학술대회	강범용, 정우진	2021.06.30	온라인 학술대회	국내
130	2021년 한국유기농업학회 상반기 학술대회	안필립, 정우진	2021.06.30	온라인 학술대회	국내
131	2021년 한국유기농업학회 상반기 학술대회	안필립, 정우진	2021.06.30	온라인 학술대회	국내
132	2021년 한국키토산학회 31회 국제학술대회	최준석, 신혜민, 정우진	2021.11.25	제주대학교	국내
133	2021년 한국키토산학회 31회 국제학술대회	신혜민, 최준석, 정우진	2021.11.25	제주대학교	국내
134	2021년 한국키토산학회 31회 국제학술대회	송용수, 최준석, 신혜민, 정우진	2021.11.25	제주대학교	국내
135	(사)한국식물병리학회	이경표	2022.04.20.	변산 소노벨	국내
136	(사)한국식물병리학회	정병학	2022.04.21.	변산 소노벨	국내
137	한국응용생명화학회	허정민, 김재경, Hoa Thi Nguyen, 조은혜	2022.06.28	대한민국 대구	국내
138	(사)한국환경농학회	아쿠몬트 아타나시 1, 조은혜 1*	2022.07.07.	쉴비치 양양	국내
139	PLANT BIOLOGY	Euyeon Kim, Hyosun Park, Sohee Yang, Yeonjong Koo*	2022.7.13	미국, 포틀랜드	국외
140	(사)한국토양비료학회	이석근, 이관우, 한성은, 김길용	2022.10.20-21	제주 소노캄 호텔	국내
141	(사)한국식물병리학회	정병학, 조경표, 이영석, 양광열	2022.10.20-21	순천대	국내
142	(사)한국식물병리학회	이경표	2022.10.19	순천대	국내
143	(사)한국식물병리학회	김성용, 이효정, 양광열, 정래동	2022.10.19	순천대	국내
144	(사)대한환경공학회	허정민, 김재경, 조은혜	2022.11.8-11	제주 신화월드	국내
145	(사)대한환경공학회	아쿠몬트 아타나시, 조은혜	2022.11.8-11	제주 신화월드	국내

146	(사)한국응용곤충학회	정준성, 박정선, 손재천, 김민지, 오형근, 김익수	2022.10.26-28	경주 라한셀렉트 호텔	국내
147	2023 KSPF Spring Conference	강범용, 정우진	2023.04.27.	경주 리한 셀렉트 호텔	국내
148	2023 KSPF Spring Conference	정병학, 조경표, 이영석, 양광열	2023.04.27.-28.	경주 리한 셀렉트 호텔	국내
149	2023 KSPF Spring Conference	김성웅, 이가은, 양광열, 정래동	2023.04.27.	경주 리한 셀렉트 호텔	국내
150	(사)한국응용곤충학회	이승현, 박정선, 표지영, 김성수, 김익수	2023.04.27.	그랜드플라자 청주호텔	국내
151	(사)한국잡사학회	표지영, 김성수, 박정선, 김종문, 송양근, 김익수	2023.05.11.	대전 선샤인 호텔	국내
152	(사)한국응용생명화학학회	정승화, 김유빈, 이에림, 구연중	2023.06.18.	제주 컨벤션센터	국내
153	(사)한국응용생명화학학회	문수빈, 이에림, 백지현, 구연중	2023.06.18.	제주 컨벤션센터	국내
154	(사)한국응용생명화학학회	김의연, 백지현, 구연중	2023.06.18.	제주 컨벤션센터	국내
155	미국식물병리학회	이준현, 이장훈, 양광열	2023.08.12-16	덴버, 웨라톤다운타운 호텔	국외
156	미국식물병리학회	기승은, 김원용, 양광열	2023.08.12-16	덴버, 웨라톤다운타운 호텔	국외
157	미국식물병리학회	김현희, 정우진	2023.08.12-16	덴버, 웨라톤다운타운 호텔	국외
158	미국식물병리학회	Chaw Ei Htwe Maung, 김길용	2023.08.12-16	덴버, 웨라톤다운타운 호텔	국외
159	미국식물병리학회	이석근, Chaw Ei Htwe Maung, 김길용	2023.08.12-16	덴버, 웨라톤다운타운 호텔	국외
160	미국식물병리학회	정서경, 한연수	2023.08.12-16	덴버, 웨라톤다운타운 호텔	국외
161	2023 KSPF Fall Conference	정병학, 조경표, 이영석, 양광열	2023.10.18.	제주	국내
162	2023 한국농약과학회 추계 학술발표회	정병학, 조경표, 양광열	2023.11.02.	소노벨변산	국내
163	2023 한국응용곤충학회 임시총회 및 추계 학술발표회	표지영, 김성수, 박정선, 김종문, 송양근, 김익수	2023.10.26	휘닉스 평창호텔, 평창	국내
164	2023 한국기타탄토산학회	안성규, 류광록, 서예진, 정우진	2023.11.01.	제주 오리엔탈 호텔	국내
165	2023년 제66회 잡사 곤충 바이오소재 추계 학술대회	표지영, 김성수, 박정선, 김종문, 송양근, 김익수	2023.11.02	한화리조트, 경주	국내
166	2023년 대한환경공학회 국내 학술대회	김재경, 허정민, 조은혜	2023.11.	부산 BEXCO	국내
167	2023년 대한환경공학회 국내 학술대회	김재경, 아쿠몬트 아타나시, 이재인, 박성직, 조은혜	2023.11.	부산 BEXCO	국내
168	2023년 환경독성보건학회 추계 학술대회	양지원, 아쿠몬트 아타나시, 조은혜	2023.11.09.	파라다이스호텔 부산	국내

□ 기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

□ 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도
1	Tomato spotted wilt virus(토마토반점고사바이러스) 외피단백질 염기서열	LC622166	NCBI GenBank	2021
2	Zucchini yellow mosaic virus(추키니황화모자이크바이러스) 외피단백질 염기서열	LC602261	NCBI GenBank	2021
3	Lily symptomless virus 분리주 LJ-2 외피단백질	LC649238	NCBI GenBank	2021
4	Lily symptomless virus 분리주 LP-1 외피단백질	LC649239	NCBI GenBank	2021
5	Lily symptomless virus 분리주 LP-2 외피단백질	LC649240	NCBI GenBank	2021
6	Zucchini yellow mosaic virus-BS1 외피단백질	LC680888	NCBI	2022.2.2
7	Pepper mild mottle virus-CD1 외피단백질	LC677089	NCBI	2022. 1. 27.
8	Pepper mild mottle virus-GG1 외피단백질	LC677090	NCBI	2022. 1. 27.

9	Pepper mild mottle virus-J11 외피단백질	LC677091	NCBI	2022. 1. 27.
10	<i>Metarhizium rileyi</i>	KACC93385P	국립농업과학원	2022. 6. 15.
11	Perilla mosaic virus-IS P4유전자이동단백질	LC703382	NCBI	2022. 3. 30.
12	Perilla mosaic virus-IS P3유전자외피단백질	LC703381	NCBI	2022. 3. 30.
13	SUB9926204 A80	MZ469919	NCBI	20221031
14	SUB9926204 A82	MZ469920	NCBI	20221031
15	SUB9926204 A83	MZ469921	NCBI	20221031
16	SUB9926204 A85	MZ469922	NCBI	20221031
17	SUB9926204 A86	MZ469923	NCBI	20221031
18	SUB9926204 A77	MZ469924	NCBI	20221031
19	SUB9926204 A81	MZ469925	NCBI	20221031
20	SUB9926204 A84	MZ469926	NCBI	20221031
21	SUB9926204 SaY502	MZ469927	NCBI	20221031
22	SUB9926204 SaY503	MZ469928	NCBI	20221031
23	SUB9926204 AA10	MZ469929	NCBI	20221031
24	SUB9926204 AA216	MZ469930	NCBI	20221031
25	Falcileptoneta sp2	ON041801	NCBI	20220915
26	Falcileptoneta sp2	ON041802	NCBI	20220915
27	Falcileptoneta chiakensis	ON041803	NCBI	20220915
28	Masirana ilweolensis	ON041804	NCBI	20220915
29	Masirana ilweolensis	ON041805	NCBI	20220915
30	Masirana ilweolensis	ON041806	NCBI	20220915
31	Masirana ilweolensis	ON041807	NCBI	20220915
32	Falcileptonetasp7	ON041808	NCBI	20220915
33	Falcileptonetasp7	ON041809	NCBI	20220915
34	Falcileptonetasp22	ON041810	NCBI	20220915
35	Falcileptonetasp21	ON041811	NCBI	20220915
36	Falcileptonetasp22	ON041812	NCBI	20220915
37	Falcileptonetasp22	ON041813	NCBI	20220915
38	Longileptonetasp7	ON041814	NCBI	20220915
39	Falcileptonetasp22	ON041814	NCBI	20220915
40	Falcileptonetasp21	ON041816	NCBI	20220915
41	Falcileptonetasp21	ON041817	NCBI	20220915
42	Falcileptonetasp20	ON041818	NCBI	20220915
43	Falcileptonetasp20	ON041819	NCBI	20220915
44	Falcileptoneta simboggulensis	ON041820	NCBI	20220915
45	Falcileptoneta simboggulensis	ON041821	NCBI	20220915
46	Falcileptoneta simboggulensis	ON041822	NCBI	20220915
47	Falcileptoneta simboggulensis	ON041823	NCBI	20220915
48	Falcileptoneta simboggulensis	ON041824	NCBI	20220915
49	Leptonetachilbosanensis	ON041825	NCBI	20220915
50	Falcileptoneta odaesanensis	ON041826	NCBI	20220915
51	Falcileptonetaumyeonsanensis	ON041827	NCBI	20220915
52	Falcileptonetaumyeonsanensis	ON041828	NCBI	20220915
53	Falcileptonetaumyeonsanensis	ON041829	NCBI	20220915
54	Falcileptonetaumyeonsanensis	ON041830	NCBI	20220915
55	Falcileptonetaumyeonsanensis	ON041831	NCBI	20220915
56	Falcileptonetaumyeonsanensis	ON041832	NCBI	20220915
57	Falcileptonetaumyeonsanensis	ON041833	NCBI	20220915
58	Longileptoneta songniensis	ON041834	NCBI	20220915
59	Longileptoneta songniensis	ON041835	NCBI	20220915
60	Falcileptonetasp14	ON041836	NCBI	20220915
61	Falcileptonetasp14	ON041837	NCBI	20220915
62	Falcileptonetasp3	ON041838	NCBI	20220915
63	Falcileptonetasp3	ON041839	NCBI	20220915

64	Falcileptonetasp3	ON041840	NCBI	20220915
65	Longileptoneta buyongsan	ON041841	NCBI	20220915
66	Longileptonetasp3	ON041842	NCBI	20220915
67	Longileptonetasp3	ON041843	NCBI	20220915
68	Falcileptonetasp24	ON041844	NCBI	20220915
69	Leptonetachilbosanensis	ON041845	NCBI	20220915
70	Leptonetachilbosanensis	ON041846	NCBI	20220915
71	Leptonetachilbosanensis	ON041847	NCBI	20220915
72	Leptoneta namhensis	ON041848	NCBI	20220915
73	Falcileptoneta geumsanensis	ON041849	NCBI	20220915
74	Falcileptonetasp8	ON041850	NCBI	20220915
75	Falcileptonetasp8	ON041851	NCBI	20220915
76	Falcileptonetasp8	ON041852	NCBI	20220915
77	Longileptoneta sp8	ON041853	NCBI	20220915
78	Longileptonetasp3	ON041854	NCBI	20220915
79	Falcileptonetasp1	ON041855	NCBI	20220915
80	Longileptonetasp1	ON041856	NCBI	20220915
81	Falcileptonetasp4	ON041857	NCBI	20220915
82	Falcileptonetasp4	ON041858	NCBI	20220915
83	Falcileptonetasp4	ON041859	NCBI	20220915
84	Falcileptonetasp4	ON041860	NCBI	20220915
85	Longileptonetasp5	ON041861	NCBI	20220915
86	Longileptonetasp5	ON041862	NCBI	20220915
87	Longileptonetasp5	ON041863	NCBI	20220915
88	Longileptonetasp5	ON041864	NCBI	20220915
89	Longileptonetasp5	ON041865	NCBI	20220915
90	Falcileptonetasp17	ON041866	NCBI	20220915
91	Falcileptoneta odaesanensis	ON041867	NCBI	20220915
92	Falcileptoneta odaesanensis	ON041868	NCBI	20220915
93	Falcileptoneta odaesanensis	ON041869	NCBI	20220915
94	Falcileptoneta odaesanensis	ON041870	NCBI	20220915
95	Falcileptoneta odaesanensis	ON041871	NCBI	20220915
96	Falcileptonetasp8	ON041872	NCBI	20220915
97	Falcileptonetasp1	ON041873	NCBI	20220915
98	Falcileptonetasp21	ON041874	NCBI	20220915
99	Falcileptonetasp21	ON041875	NCBI	20220915
100	Falcileptonetasp21	ON041876	NCBI	20220915
101	Falcileptonetasp21	ON041877	NCBI	20220915
102	Falcileptonetasp21	ON041878	NCBI	20220915
103	Falcileptonetasp21	ON041879	NCBI	20220915
104	Falcileptonetasp21	ON041880	NCBI	20220915
105	Falcileptonetasp21	ON041881	NCBI	20220915
106	Falcileptonetasp21	ON041882	NCBI	20220915
107	Longileptoneta weolakensis	ON041883	NCBI	20220915
108	Falcileptoneta maewhaensis	ON041884	NCBI	20220915
109	Falcileptoneta maewhaensis	ON041885	NCBI	20220915
110	Falcileptoneta maewhaensis	ON041886	NCBI	20220915
111	Falcileptoneta maewhaensis	ON041887	NCBI	20220915
112	Falcileptoneta maewhaensis	ON041888	NCBI	20220915
113	Leptoneta chilbosanensis	ON041889	NCBI	20220915
114	Falcileptoneta chiakensis	ON041890	NCBI	20220915
115	Falcileptoneta chiakensis	ON041891	NCBI	20220915
116	Falcileptoneta chiakensis	ON041892	NCBI	20220915
117	Falcileptoneta sp2	ON041893	NCBI	20220915
118	Falcileptoneta moakensis	ON041894	NCBI	20220915

119	Falcileptoneta moakensis	ON041895	NCBI	20220915
120	Falcileptoneta moakensis	ON041896	NCBI	20220915
121	Falcileptoneta moakensis	ON041897	NCBI	20220915
122	Falcileptoneta moakensis	ON041898	NCBI	20220915
123	Falcileptoneta moakensis	ON041899	NCBI	20220915
124	Falcileptoneta moakensis	ON041900	NCBI	20220915
125	Falcileptoneta odaesanensis	ON041901	NCBI	20220915
126	Falcileptoneta odaesanensis	ON041902	NCBI	20220915
127	Leptoneta paikmyeonggulensis	ON041903	NCBI	20220915
128	Falcileptoneta dolsan	ON041904	NCBI	20220915
129	Falcileptoneta dolsan	ON041905	NCBI	20220915
130	Falcileptoneta dolsan	ON041906	NCBI	20220915
131	Falcileptoneta digitalis	ON041907	NCBI	20220915
132	Falcileptoneta digitalis	ON041908	NCBI	20220915
133	Falcileptoneta digitalis	ON041909	NCBI	20220915
134	Falcileptoneta digitalis	ON041910	NCBI	20220915
135	Falcileptoneta naejangensis	ON041911	NCBI	20220915
136	Longileptoneta jangseongensis	ON041912	NCBI	20220915
137	Falcileptoneta sunchangensis	ON041913	NCBI	20220915
138	Falcileptoneta naejangensis	ON041914	NCBI	20220915
139	Longileptoneta jangseongensis	ON041915	NCBI	20220915
140	Falcileptoneta sunchangensis	ON041916	NCBI	20220915
141	Longileptoneta jangseongensis	ON041917	NCBI	20220915
142	Longileptoneta jangseongensis	ON041918	NCBI	20220915
143	Falcileptoneta sunchangensis	ON041919	NCBI	20220915
144	Falcileptoneta sunchangensis	ON041920	NCBI	20220915
145	Falcileptoneta sunchangensis	ON041921	NCBI	20220915
146	Falcileptoneta sunchangensis	ON041922	NCBI	20220915
147	Falcileptoneta sunchangensis	ON041923	NCBI	20220915
148	Falcileptoneta sunchangensis	ON041924	NCBI	20220915
149	Falcileptoneta sunchangensis	ON041925	NCBI	20220915
150	Falcileptoneta hansanensis	ON041926	NCBI	20220915
151	Falcileptoneta hansanensis	ON041927	NCBI	20220915
152	Falcileptoneta hansanensis	ON041928	NCBI	20220915
153	Falcileptoneta geumsanensis	ON041929	NCBI	20220915
154	Falcileptonetasp21	ON041930	NCBI	20220915
155	Falcileptonetasp21	ON041931	NCBI	20220915
156	Leptoneta paikmyeonggulensis	ON041932	NCBI	20220915
157	Falcileptoneta geumsanensis	ON041933	NCBI	20220915
158	Falcileptonetasp21	ON041934	NCBI	20220915
159	Leptoneta taeguensis	ON041935	NCBI	20220915
160	Leptoneta taeguensis	ON041936	NCBI	20220915
161	Leptoneta taeguensis	ON041937	NCBI	20220915
162	Leptoneta taeguensis	ON041938	NCBI	20220915
163	Leptoneta taeguensis	ON041939	NCBI	20220915
164	Falcileptoneta sp6	ON041940	NCBI	20220915
165	Falcileptoneta sp6	ON041941	NCBI	20220915
166	Falcileptoneta sp6	ON041942	NCBI	20220915
167	Longileptoneta gayaensis	ON041943	NCBI	20220915
168	Longileptoneta gayaensis	ON041944	NCBI	20220915
169	Falcileptoneta maewhaensis	ON041945	NCBI	20220915
170	Longileptoneta gayaensis	ON041946	NCBI	20220915
171	Longileptoneta gayaensis	ON041947	NCBI	20220915
172	Longileptoneta sp6	ON041948	NCBI	20220915
173	Longileptoneta sp6	ON041949	NCBI	20220915

174	Longileptoneta sp6	ON041950	NCBI	20220915
175	Longileptoneta sp6	ON041951	NCBI	20220915
176	Longileptoneta sp6	ON041952	NCBI	20220915
177	Longileptoneta sp6	ON041953	NCBI	20220915
178	Longileptoneta songniensis	ON041954	NCBI	20220915
179	Longileptoneta sp6	ON041955	NCBI	20220915
180	Longileptoneta songniensis	ON041956	NCBI	20220915
181	Longileptoneta songniensis	ON041957	NCBI	20220915
182	Longileptoneta songniensis	ON041958	NCBI	20220915
183	Longileptoneta sp6	ON041959	NCBI	20220915
184	Longileptoneta buyongsan	ON041960	NCBI	20220915
185	Longileptoneta buyongsan	ON041961	NCBI	20220915
186	Longileptoneta byeonsanbando	ON041962	NCBI	20220915
187	Longileptoneta byeonsanbando	ON041963	NCBI	20220915
188	Longileptoneta byeonsanbando	ON041964	NCBI	20220915
189	Longileptoneta byeonsanbando	ON041965	NCBI	20220915
190	Longileptoneta byeonsanbando	ON041966	NCBI	20220915
191	Longileptoneta byeonsanbando	ON041967	NCBI	20220915
192	Falcileptoneta naejangensis	ON041968	NCBI	20220915
193	Falcileptoneta sp18	ON041969	NCBI	20220915
194	Longileptoneta jirisan	ON041970	NCBI	20220915
195	Masirana ilweolensis	ON041971	NCBI	20220915
196	Falcileptoneta geumsanensis	ON041972	NCBI	20220915
197	Falcileptoneta naejanensis	ON041973	NCBI	20220915
198	Falcileptoneta bifurca	ON041974	NCBI	20220915
199	Longileptoneta jangseongensis	ON041975	NCBI	20220915
200	Falcileptoneta bifurca	ON041976	NCBI	20220915
201	Falcileptoneta sp4	ON041977	NCBI	20220915
202	Falcileptoneta juwangensis	ON041978	NCBI	20220915
203	Leptoneta sp2	ON041979	NCBI	20220915
204	Leptoneta sp2	ON041980	NCBI	20220915
205	Leptoneta sp2	ON041981	NCBI	20220915
206	Falcileptoneta juwangensis	ON041982	NCBI	20220915
207	Falcileptoneta juwangensis	ON041983	NCBI	20220915
208	Falcileptoneta juwangensis	ON041984	NCBI	20220915
209	Falcileptoneta juwangensis	ON041985	NCBI	20220915
210	Falcileptoneta juwangensis	ON041986	NCBI	20220915
211	Falcileptoneta juwangensis	ON041987	NCBI	20220915
212	Falcileptoneta juwangensis	ON041988	NCBI	20220915
213	Leptoneta seogwipoensis	ON041989	NCBI	20220915
214	Falcileptoneta odesanensis	ON041990	NCBI	20220915
215	Leptoneta spinipalpus	ON041991	NCBI	20220915
216	Longileptoneta gayaensis	ON041992	NCBI	20220915
217	Falcileptoneta sp3	ON041993	NCBI	20220915
218	Falcileptonetasp13	ON041994	NCBI	20220915
219	Falcileptonetasp13	ON041995	NCBI	20220915
220	Falcileptonetasp13	ON041996	NCBI	20220915
221	Falcileptoneta secula	ON041997	NCBI	20220915
222	Falcileptoneta secula	ON041998	NCBI	20220915
223	Masirana bonghwaensis	ON041999	NCBI	20220915
224	Falcileptoneta secula	ON042000	NCBI	20220915
225	Falcileptoneta secula	ON042001	NCBI	20220915
226	Falcileptoneta secula	ON042002	NCBI	20220915
227	Falcileptoneta secula	ON042003	NCBI	20220915
228	Falcileptoneta secula	ON042004	NCBI	20220915

229	<i>Falcileptoneta secula</i>	ON042005	NCBI	20220915
230	<i>Longileptoneta sp3</i>	ON042006	NCBI	20220915
231	<i>Falcileptoneta chiakensis</i>	ON042007	NCBI	20220915
232	<i>Longileptonetasp10</i>	ON042008	NCBI	20220915
233	<i>Falcileptonetasp5</i>	ON042009	NCBI	20220915
234	<i>Falcileptoneta chiakensis</i>	ON042010	NCBI	20220915
235	<i>Falcileptonetasp11</i>	ON042011	NCBI	20220915
236	<i>Falcileptonetasp12</i>	ON042012	NCBI	20220915
237	<i>Falcileptonetasp12</i>	ON042013	NCBI	20220915
238	<i>Falcileptonetasp12</i>	ON042014	NCBI	20220915
239	<i>Falcileptonetasp12</i>	ON042015	NCBI	20220915
240	<i>Falcileptonetasp12</i>	ON042016	NCBI	20220915
241	<i>Falcileptonetasp12</i>	ON042017	NCBI	20220915
242	<i>Leptoneta soryongensis</i>	ON042018	NCBI	20220915
243	<i>Falcileptonetasp15</i>	ON042019	NCBI	20220915
244	<i>Longileptoneta weolakensis</i>	ON042020	NCBI	20220915
245	<i>Longileptoneta sp3</i>	ON042021	NCBI	20220915
246	<i>Falcileptoneta simboggulensis</i>	ON042022	NCBI	20220915
247	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042023	NCBI	20220915
248	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042024	NCBI	20220915
249	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042025	NCBI	20220915
250	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042026	NCBI	20220915
251	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042027	NCBI	20220915
252	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042028	NCBI	20220915
253	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042029	NCBI	20220915
254	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042030	NCBI	20220915
255	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042031	NCBI	20220915
256	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042032	NCBI	20220915
257	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042033	NCBI	20220915
258	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042034	NCBI	20220915
259	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042035	NCBI	20220915
260	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042036	NCBI	20220915
261	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042037	NCBI	20220915
262	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042038	NCBI	20220915
263	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042039	NCBI	20220915
264	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042040	NCBI	20220915
265	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042041	NCBI	20220915
266	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042042	NCBI	20220915
267	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042043	NCBI	20220915
268	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042044	NCBI	20220915
269	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042045	NCBI	20220915
270	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042046	NCBI	20220915
271	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042047	NCBI	20220915
272	<i>Leptoneta taeguensis</i>	ON042048	NCBI	20220915
273	<i>Falcileptoneta unmunensis</i>	ON042049	NCBI	20220915
274	<i>Falcileptoneta unmunensis</i>	ON042050	NCBI	20220915
275	<i>Falcileptoneta unmunensis</i>	ON042051	NCBI	20220915
276	<i>Leptonetachilbosanensis</i>	ON042052	NCBI	20220915
277	<i>Leptonetachilbosanensis</i>	ON042053	NCBI	20220915
278	<i>Leptonetachilbosanensis</i>	ON042054	NCBI	20220915
279	<i>Leptonetachilbosanensis</i>	ON042055	NCBI	20220915
280	<i>Leptonetachilbosanensis</i>	ON042056	NCBI	20220915
281	<i>Leptonetachilbosanensis</i>	ON042057	NCBI	20220915
282	<i>Leptonetachilbosanensis</i>	ON042058	NCBI	20220915
283	<i>Leptonetachilbosanensis</i>	ON042059	NCBI	20220915

284	Leptonetachilbosanensis	ON042060	NCBI	20220915
285	Leptonetachilbosanensis	ON042061	NCBI	20220915
286	Leptonetachilbosanensis	ON042062	NCBI	20220915
287	Leptonetachilbosanensis	ON042063	NCBI	20220915
288	Leptonetachilbosanensis	ON042064	NCBI	20220915
289	Leptonetachilbosanensis	ON042065	NCBI	20220915
290	Leptoneta namhensis	ON042066	NCBI	20220915
291	Leptoneta paikmyeonggulensis	ON042067	NCBI	20220915
292	Leptoneta paikmyeonggulensis	ON042068	NCBI	20220915
293	Falcileptoneta geumsanensis	ON042069	NCBI	20220915
294	Falcileptoneta geumsanensis	ON042070	NCBI	20220915
295	Falcileptoneta geumsanensis	ON042071	NCBI	20220915
296	Leptoneta paikmyeonggulensis	ON042072	NCBI	20220915
297	Falcileptoneta geumsanensis	ON042073	NCBI	20220915
298	Falcileptoneta geumsanensis	ON042074	NCBI	20220915
299	Falcileptoneta geumsanensis	ON042075	NCBI	20220915
300	Falcileptoneta geumsanensis	ON042076	NCBI	20220915
301	Falcileptoneta geumsanensis	ON042077	NCBI	20220915
302	Falcileptoneta geumsanensis	ON042078	NCBI	20220915
303	Falcileptoneta geumsanensis	ON042079	NCBI	20220915
304	Falcileptonetasp23	ON042080	NCBI	20220915
305	Falcileptonetasp23	ON042081	NCBI	20220915
306	Falcileptoneta hansanensis	ON042082	NCBI	20220915
307	Falcileptoneta hansanensis	ON042083	NCBI	20220915
308	Falcileptoneta hansanensis	ON042084	NCBI	20220915
309	Falcileptoneta hansanensis	ON042085	NCBI	20220915
310	Falcileptoneta hansanensis	ON042086	NCBI	20220915
311	Leptoneta kwangreungensis	ON042087	NCBI	20220915
312	Leptoneta kwangreungensis	ON042088	NCBI	20220915
313	Leptoneta kwangreungensis	ON042089	NCBI	20220915
314	Leptoneta spinipalpus	ON042090	NCBI	20220915
315	Leptoneta spinipalpus	ON042091	NCBI	20220915
316	Falcileptonetasp19	ON042092	NCBI	20220915
317	Falcileptonetasp19	ON042093	NCBI	20220915
318	Falcileptonetasp9	ON042094	NCBI	20220915
319	Falcileptonetasp9	ON042095	NCBI	20220915
320	Longileptoneta sp9	ON042096	NCBI	20220915
321	Longileptoneta sp9	ON042097	NCBI	20220915
322	Falcileptonetasp17	ON042098	NCBI	20220915
323	Falcileptonetasp17	ON042099	NCBI	20220915
324	Falcileptonetasp17	ON042100	NCBI	20220915
325	Falcileptonetasp17	ON042101	NCBI	20220915
326	Falcileptonetasp17	ON042102	NCBI	20220915
327	Falcileptonetasp8	ON042103	NCBI	20220915
328	Falcileptonetasp8	ON042104	NCBI	20220915
329	Falcileptonetasp8	ON042105	NCBI	20220915
330	Falcileptonetasp8	ON042106	NCBI	20220915
331	Falcileptonetasp8	ON042107	NCBI	20220915
332	Falcileptonetasp8	ON042108	NCBI	20220915
333	Falcileptonetasp8	ON042109	NCBI	20220915
334	Falcileptonetasp8	ON042110	NCBI	20220915
335	Falcileptonetasp8	ON042111	NCBI	20220915
336	Falcileptonetasp17	ON042112	NCBI	20220915
337	Falcileptonetasp17	ON042113	NCBI	20220915
338	Falcileptonetasp17	ON042114	NCBI	20220915

339	Falcileptonetasp17	ON042115	NCBI	20220915
340	Falcileptonetasp17	ON042116	NCBI	20220915
341	Falcileptonetasp17	ON042117	NCBI	20220915
342	Falcileptonetasp17	ON042118	NCBI	20220915
343	Falcileptonetasp17	ON042119	NCBI	20220915
344	Falcileptonetasp17	ON042120	NCBI	20220915
345	Falcileptonetasp17	ON042121	NCBI	20220915
346	Falcileptonetasp17	ON042122	NCBI	20220915
347	Falcileptonetasp16	ON042123	NCBI	20220915
348	Falcileptonetasp16	ON042124	NCBI	20220915
349	Falcileptonetasp16	ON042125	NCBI	20220915
350	Leptoneta sp1	ON042126	NCBI	20220915
351	Falcileptonetasp16	ON042127	NCBI	20220915
352	Falcileptonetasp16	ON042128	NCBI	20220915
353	Leptoneta sp1	ON042129	NCBI	20220915
354	Falcileptonetasp17	ON042130	NCBI	20220915
355	Falcileptonetasp17	ON042131	NCBI	20220915
356	Falcileptonetasp17	ON042132	NCBI	20220915
357	Falcileptonetasp17	ON042133	NCBI	20220915
358	Falcileptonetasp17	ON042134	NCBI	20220915
359	Falcileptoneta naejangensis	ON042135	NCBI	20220915
360	Longileptoneta byeonsanbando	ON042136	NCBI	20220915
361	Longileptoneta byeonsanbando	ON042137	NCBI	20220915
362	Longileptoneta byeonsanbando	ON042138	NCBI	20220915
363	Longileptoneta byeonsanbando	ON042139	NCBI	20220915
364	Longileptoneta byeonsanbando	ON042140	NCBI	20220915
365	Longileptoneta byeonsanbando	ON042141	NCBI	20220915
366	Longileptoneta byeonsanbando	ON042142	NCBI	20220915
367	Longileptoneta byeonsanbando	ON042143	NCBI	20220915
368	Longileptoneta byeonsanbando	ON042144	NCBI	20220915
369	Longileptonetasp4	ON042145	NCBI	20220915
370	Longileptonetasp4	ON042146	NCBI	20220915
371	Falcileptoneta odaesanensis	ON042147	NCBI	20220915
372	Falcileptoneta odaesanensis	ON042148	NCBI	20220915
373	Falcileptoneta odaesanensis	ON042149	NCBI	20220915
374	Falcileptoneta odaesanensis	ON042150	NCBI	20220915
375	Falcileptoneta odaesanensis	ON042151	NCBI	20220915
376	Falcileptoneta odaesanensis	ON042152	NCBI	20220915
377	Falcileptoneta odaesanensis	ON042153	NCBI	20220915
378	Falcileptoneta odaesanensis	ON042154	NCBI	20220915
379	Leptoneta seogwipoensis	ON042155	NCBI	20220915
380	Leptoneta seogwipoensis	ON042156	NCBI	20220915
381	Falcileptoneta odaesanensis	ON042157	NCBI	20220915
382	Falcileptoneta odaesanensis	ON042158	NCBI	20220915
383	Longileptonetasp3	ON042159	NCBI	20220915
384	Longileptonetasp3	ON042160	NCBI	20220915
385	Leptoneta spinipalpus	ON042161	NCBI	20220915
386	Leptoneta spinipalpus	ON042162	NCBI	20220915
387	Leptoneta spinipalpus	ON042163	NCBI	20220915
388	Falcileptoneta geumdaensis	ON042164	NCBI	20220915
389	Falcileptoneta odaesanensis	ON042165	NCBI	20220915
390	Falcileptoneta odaesanensis	ON042166	NCBI	20220915
391	Falcileptoneta odaesanensis	ON042167	NCBI	20220915
392	Falcileptoneta odaesanensis	ON042168	NCBI	20220915
393	Falcileptoneta chiakensis	ON042169	NCBI	20220915

394	<i>Leptoneta kwangreungensis</i>	ON042170	NCBI	20220915
395	<i>Falcileptoneta chiakensis</i>	ON042171	NCBI	20220915
396	<i>Falcileptoneta chiakensis</i>	ON042172	NCBI	20220915
397	<i>Longileptonetasp2</i>	ON042173	NCBI	20220915
398	<i>Longileptonetasp2</i>	ON042174	NCBI	20220915
399	<i>Longileptonetasp2</i>	ON042175	NCBI	20220915
400	<i>Longileptonetasp2</i>	ON042176	NCBI	20220915
401	<i>Longileptonetasp2</i>	ON042177	NCBI	20220915
402	<i>Longileptonetasp2</i>	ON042178	NCBI	20220915
403	<i>Longileptonetasp2</i>	ON042179	NCBI	20220915
404	<i>Longileptonetasp2</i>	ON042180	NCBI	20220915
405	<i>Longileptonetasp2</i>	ON042181	NCBI	20220915
406	<i>Longileptonetasp2</i>	ON042182	NCBI	20220915
407	<i>Falcileptoneta coreana</i>	ON042183	NCBI	20220915
408	<i>Falcileptoneta coreana</i>	ON042184	NCBI	20220915
409	<i>Falcileptoneta coreana</i>	ON042185	NCBI	20220915
410	<i>Falcileptoneta coreana</i>	ON042186	NCBI	20220915
411	<i>Falcileptoneta coreana</i>	ON042187	NCBI	20220915
412	<i>Falcileptoneta coreana</i>	ON042188	NCBI	20220915
413	<i>Falcileptoneta coreana</i>	ON042189	NCBI	20220915
414	<i>Falcileptoneta coreana</i>	ON042190	NCBI	20220915
415	<i>Falcileptoneta coreana</i>	ON042191	NCBI	20220915
416	<i>Falcileptoneta coreana</i>	ON042192	NCBI	20220915
417	<i>Falcileptoneta coreana</i>	ON042193	NCBI	20220915
418	<i>Leptoneta handeulgulensis</i>	ON042194	NCBI	20220915
419	<i>Leptoneta handeulgulensis</i>	ON042195	NCBI	20220915
420	<i>Leptoneta handeulgulensis</i>	ON042196	NCBI	20220915
421	<i>Leptoneta handeulgulensis</i>	ON042197	NCBI	20220915
422	<i>Leptoneta handeulgulensis</i>	ON042198	NCBI	20220915
423	<i>Leptoneta hoyyegulensis</i>	ON042199	NCBI	20220915
424	<i>Leptoneta hoyyegulensis</i>	ON042200	NCBI	20220915
425	<i>Leptoneta hoyyegulensis</i>	ON042201	NCBI	20220915
426	<i>Leptoneta hoyyegulensis</i>	ON042202	NCBI	20220915
427	<i>Leptoneta hoyyegulensis</i>	ON042203	NCBI	20220915
428	<i>Leptoneta hoyyegulensis</i>	ON042204	NCBI	20220915
429	<i>Leptoneta hoyyegulensis</i>	ON042205	NCBI	20220915
430	<i>Leptoneta hoyyegulensis</i>	ON042206	NCBI	20220915
431	<i>Leptoneta hoyyegulensis</i>	ON042207	NCBI	20220915
432	<i>Leptoneta hoyyegulensis</i>	ON042208	NCBI	20220915
433	<i>Falcileptoneta baegunsanensis</i>	ON042209	NCBI	20220915
434	<i>Telema</i> sp	ON042210	NCBI	20220915
435	<i>Telema</i> sp	ON042211	NCBI	20220915
436	<i>Beauveria bassiana</i>	KFCC11930P	KCCM(한국미생물보존센터)	20220516
437	<i>Atteva aurea</i> voucher CNU6720	ON480203	NCBI	2022. 10. 02
438	<i>Perilla mosaic virus</i> IS RNA,RNA1 유전자서열	LC721296	NCBI	2022.08.04
439	<i>Perilla mosaic virus</i> IS RNA,RNA2 유전자 서열	LC721297	NCBI	2022.08.04
440	<i>Perilla mosaic virus</i> IS RNA,RNA3 유전자 서열	LC721298	NCBI	2022.08.04
441	<i>Perilla mosaic virus</i> IS RNA,RNA4 유전자 서열	LC721299	NCBI	2022.08.04
442	<i>Perilla mosaic virus</i> IS RNA,RNA5 유전자 서열	LC721300	NCBI	2022.08.04
443	<i>Perilla mosaic virus</i> IS RNA,RNA6 유전자 서열	LC721301	NCBI	2022.08.04
444	<i>Perilla mosaic virus</i> IS RNA,RNA7 유전자 서열	LC721302	NCBI	2022.08.04
445	<i>Nicotiana tabacum</i> Xanthi-nc의signal hub effector 1(SHE1) 유전자서열	LC727784	NCBI	2022.09.13
446	<i>Nicotiana tabacum</i> SamsunNN의signal hub effector 1(SHE1) 유전자서열	LC727785	NCBI	2022.09.13

447	Clover yellow vein virus (CIYVV-Ce-JH) 전체유전자 서열	LC729726	NCBI	2022.09.23
448	Wisteria vein mosaic virus (WVMV-Ce-JH) 전체유전자 서열	LC729727	NCBI	2022.09.23
449	Scythropia crataegella	ON755208	NCBI	2023
450	Ischnura elegans voucher CNU11497	OQ693852	NCBI	2023
451	Scythropia crataegella	ON755208	NCBI	2023
452	Ischnura elegans voucher CNU11497	OQ693852	NCBI	2023
453	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028953	NCBI	2023
454	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028954	NCBI	2023
455	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028955	NCBI	2023
456	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028956	NCBI	2023
457	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028957	NCBI	2023
458	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028958	NCBI	2023
459	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028959	NCBI	2023
460	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028960	NCBI	2023
461	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028961	NCBI	2023
462	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028962	NCBI	2023
463	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028963	NCBI	2023
464	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028964	NCBI	2023
465	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028965	NCBI	2023
466	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028966	NCBI	2023
467	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028967	NCBI	2023
468	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028968	NCBI	2023
469	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028969	NCBI	2023
470	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028970	NCBI	2023
471	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028971	NCBI	2023
472	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028972	NCBI	2023
473	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028973	NCBI	2023
474	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028974	NCBI	2023
475	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028975	NCBI	2023
476	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028976	NCBI	2023
477	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028977	NCBI	2023
478	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028978	NCBI	2023
479	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028979	NCBI	2023
480	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028980	NCBI	2023
481	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028981	NCBI	2023
482	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028982	NCBI	2023
483	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028983	NCBI	2023
484	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028984	NCBI	2023
485	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028985	NCBI	2023
486	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028986	NCBI	2023
487	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028987	NCBI	2023
488	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028988	NCBI	2023
489	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028989	NCBI	2023
490	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028990	NCBI	2023
491	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028991	NCBI	2023
492	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028992	NCBI	2023
493	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028993	NCBI	2023
494	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028994	NCBI	2023
495	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028995	NCBI	2023
496	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028996	NCBI	2023
497	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028997	NCBI	2023
498	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028998	NCBI	2023
499	Sympetrum depressiusculumCOI	OR028999	NCBI	2023
500	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029000	NCBI	2023
501	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029001	NCBI	2023

502	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029002	NCBI	2023
503	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029003	NCBI	2023
504	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029004	NCBI	2023
505	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029005	NCBI	2023
506	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029006	NCBI	2023
507	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029007	NCBI	2023
508	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029008	NCBI	2023
509	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029009	NCBI	2023
510	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029010	NCBI	2023
511	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029011	NCBI	2023
512	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029012	NCBI	2023
513	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029013	NCBI	2023
514	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029014	NCBI	2023
515	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029015	NCBI	2023
516	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029016	NCBI	2023
517	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029017	NCBI	2023
518	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029018	NCBI	2023
519	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029019	NCBI	2023
520	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029020	NCBI	2023
521	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029021	NCBI	2023
522	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029022	NCBI	2023
523	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029023	NCBI	2023
524	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029024	NCBI	2023
525	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029025	NCBI	2023
526	Sympetrum depressiusculumCOI	OR029026	NCBI	2023
527	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029037	NCBI	2023
528	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029038	NCBI	2023
529	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029039	NCBI	2023
530	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029040	NCBI	2023
531	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029041	NCBI	2023
532	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029042	NCBI	2023
533	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029043	NCBI	2023
534	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029044	NCBI	2023
535	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029045	NCBI	2023
536	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029046	NCBI	2023
537	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029047	NCBI	2023
538	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029048	NCBI	2023
539	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029049	NCBI	2023
540	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029050	NCBI	2023
541	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029051	NCBI	2023
542	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029052	NCBI	2023
543	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029053	NCBI	2023
544	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029054	NCBI	2023
545	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029055	NCBI	2023
546	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029056	NCBI	2023
547	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029057	NCBI	2023
548	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029058	NCBI	2023
549	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029059	NCBI	2023
550	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029084	NCBI	2023
551	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029085	NCBI	2023
552	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029086	NCBI	2023
553	Sympetrum depressiusculum16s rRNA	OR029087	NCBI	2023
554	Sympetrum depressiusculumITS	OR029108	NCBI	2023
555	Sympetrum depressiusculumITS	OR029109	NCBI	2023
556	Sympetrum depressiusculumITS	OR029110	NCBI	2023

557	Sympetrum depressiusculumITS	OR029111	NCBI	2023
558	Sympetrum depressiusculumITS	OR029112	NCBI	2023
559	Sympetrum depressiusculumITS	OR029113	NCBI	2023
560	Sympetrum depressiusculumITS	OR029114	NCBI	2023
561	Sympetrum depressiusculumITS	OR029115	NCBI	2023
562	Sympetrum depressiusculumITS	OR029116	NCBI	2023
563	Sympetrum depressiusculumITS	OR029117	NCBI	2023
564	Sympetrum depressiusculumITS	OR029118	NCBI	2023
565	Sympetrum depressiusculumITS	OR029119	NCBI	2023
566	Sympetrum depressiusculumITS	OR029120	NCBI	2023
567	Sympetrum depressiusculumITS	OR029121	NCBI	2023
568	Sympetrum depressiusculumITS	OR029122	NCBI	2023
569	Sympetrum depressiusculumITS	OR029123	NCBI	2023
570	Sympetrum depressiusculumITS	OR029124	NCBI	2023
571	Sympetrum depressiusculumITS	OR029125	NCBI	2023
572	Sympetrum depressiusculumITS	OR029126	NCBI	2023
573	Sympetrum depressiusculumITS	OR029127	NCBI	2023
574	Sympetrum depressiusculumITS	OR029128	NCBI	2023
575	Sympetrum depressiusculumITS	OR029129	NCBI	2023
576	Sympetrum depressiusculumITS	OR029130	NCBI	2023
577	Sympetrum depressiusculumITS	OR029131	NCBI	2023
578	Sympetrum depressiusculumITS	OR029132	NCBI	2023
579	Sympetrum depressiusculumITS	OR029133	NCBI	2023
580	Sympetrum depressiusculumITS	OR029134	NCBI	2023
581	Sympetrum depressiusculumITS	OR029135	NCBI	2023
582	Sympetrum depressiusculumITS	OR029136	NCBI	2023
583	Sympetrum depressiusculumITS	OR029137	NCBI	2023
584	Sympetrum depressiusculumITS	OR029138	NCBI	2023
585	Sympetrum depressiusculumITS	OR029139	NCBI	2023
586	Sympetrum depressiusculumITS	OR029140	NCBI	2023
587	Sympetrum depressiusculumITS	OR029141	NCBI	2023
588	Sympetrum depressiusculumITS	OR029142	NCBI	2023
589	Sympetrum depressiusculumITS	OR029143	NCBI	2023
590	Sympetrum depressiusculumITS	OR029144	NCBI	2023
591	Sympetrum depressiusculumITS	OR029145	NCBI	2023
592	Sympetrum depressiusculumITS	OR029146	NCBI	2023
593	Sympetrum depressiusculumITS	OR029147	NCBI	2023
594	Sympetrum depressiusculumITS	OR029148	NCBI	2023
595	Sympetrum depressiusculumITS	OR029149	NCBI	2023
596	Sympetrum depressiusculumITS	OR029150	NCBI	2023
597	Sympetrum depressiusculumITS	OR029151	NCBI	2023
598	Sympetrum depressiusculumITS	OR029152	NCBI	2023
599	Sympetrum depressiusculumITS	OR029153	NCBI	2023
600	Sympetrum depressiusculumITS	OR029154	NCBI	2023
601	Sympetrum depressiusculumITS	OR029155	NCBI	2023
602	Sympetrum depressiusculumITS	OR029156	NCBI	2023
603	Sympetrum depressiusculumITS	OR029157	NCBI	2023
604	Sympetrum depressiusculumITS	OR029158	NCBI	2023
605	Sympetrum depressiusculumITS	OR029159	NCBI	2023
606	Sympetrum depressiusculumITS	OR029160	NCBI	2023
607	Sympetrum depressiusculumITS	OR029161	NCBI	2023
608	Sympetrum depressiusculumITS	OR029162	NCBI	2023
609	Sympetrum depressiusculumITS	OR029163	NCBI	2023
610	Sympetrum depressiusculumITS	OR029164	NCBI	2023
611	Sympetrum depressiusculumITS	OR029165	NCBI	2023



667	Sympetrum depressiusculumITS	OR029221	NCBI	2023
668	Sympetrum depressiusculumITS	OR029222	NCBI	2023
669	Sympetrum depressiusculumITS	OR029223	NCBI	2023
670	Sympetrum depressiusculumITS	OR029224	NCBI	2023
671	Sympetrum depressiusculumITS	OR029225	NCBI	2023
672	Sympetrum depressiusculumITS	OR029226	NCBI	2023
673	Sympetrum depressiusculumITS	OR029227	NCBI	2023
674	Sympetrum depressiusculumITS	OR029228	NCBI	2023
675	Sympetrum depressiusculumITS	OR029229	NCBI	2023
676	Sympetrum depressiusculumITS	OR029230	NCBI	2023
677	Sympetrum depressiusculumITS	OR029231	NCBI	2023
678	Sympetrum depressiusculumITS	OR029232	NCBI	2023
679	Sympetrum depressiusculumITS	OR029233	NCBI	2023
680	Sympetrum depressiusculumITS	OR029234	NCBI	2023
681	Sympetrum depressiusculumITS	OR029235	NCBI	2023
682	Sympetrum depressiusculumITS	OR029236	NCBI	2023
683	Sympetrum depressiusculumITS	OR029237	NCBI	2023
684	Sympetrum depressiusculumITS	OR029238	NCBI	2023
685	Sympetrum depressiusculumITS	OR029239	NCBI	2023
686	Sympetrum depressiusculumITS	OR029240	NCBI	2023
687	Sympetrum depressiusculumITS	OR029241	NCBI	2023
688	Sympetrum depressiusculumITS	OR029242	NCBI	2023
689	Sympetrum depressiusculumITS	OR029243	NCBI	2023
690	Sympetrum depressiusculumITS	OR029244	NCBI	2023
691	Sympetrum depressiusculumITS	OR029245	NCBI	2023

[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	등록 번호		
1	특허	신규의 보베리아 바시아나 JEF-503 균주 및 이를 포함하는 뿌리혹선충 방제용 조성물 및 이를 이용한 뿌리혹선충 방제방법	전북대학교 산학협력단	2022.06.28.	10-2022-0079025					100	
2	특허	고추에서 발생하는 토마토반점위조 바이러스병 변이계통 구별 진단법 개발 및 이의 활용	전북대학교 산학협력단	2023.12.20.	10-2023-0186767					100	
3	특허	열대거세미나방 방제용 곤충병원성 곰팡이 균주	경북대학교 산학협력단	2022.07.28	10-2022-0093621					100	
4	특허	바실러스 서브틸리스 EG1 균주 또는 이의 배양액을 포함하는 밀웬 유충 유래 키틴 생산용 조성물 및 생산 방법	전남대학교 산학협력단	2023.10.27.	10-2023-0145320					100	
5	특허	신규의 보베리아 바시아나 JEF-503 균주 및 이를 포함하는 뿌리혹선충 방제용 조성물 및 이를 이용한 뿌리혹선충 방제방법	전북대학교 산학협력단	2022.06.28.	10-2022-0079025	등록요청 후 반려				100	

지식재산권 활용 유형

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

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

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

표준화

○ 국내 표준

번호	인증구분 <sup>1)</sup>	인증여부 <sup>2)</sup>	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 <sup>3)</sup>	제안/인증일자

- \* 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제 표준

번호	표준화단계구분 <sup>1)</sup>	표준명	표준기구명 <sup>2)</sup>	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 <sup>3)</sup>	제안자	표준화 번호	제안일자

- \* 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황

- \* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

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 또는 자기실시
- \* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- \* 3) 국내 또는 국외

매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
합계					

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
	국외				
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획				
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출				

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력		
		생산인력		
	개발 후	연구인력		
		생산인력		

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	병/해충/잡초의 진단과 처방 제도화를 위한 식물 의사 제안	농림축산식품부	2022	-
2	제안	전라북도-거점대학 연계 인력양성 프로그램 도입 제고	전라북도농업기술원 농업환경과	2023	-

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

□ 전문 연구 인력 양성(2021~2023\_일반대학원생)

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	전북대 석사	2021		4			2	2				4	
2		2022		4			2	2				4	
3		2023		3			1	2				3	
5	경북대 석사	2021		2			1	1			2		
6		2022		8			5	3			8		
7		2023		1			1				1		
9	전남대 석사	2021		1			1					1	
10		2022		2			1	1				2	
11		2023		8			3	5				8	
합계				33			17	16			11	22	

□ 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용
1	유치	2022.07.01.	베트남			국립자연사박물관- 식물방역대학원 협약
2	유치	2023.05.26.~	대만			Department of Entomology National Chung Hsing University Taiwan (R.O.C.)
3	유치	2023.05.26.~	대만			Master Program in Plant Medicine and Good Agricultural Practice National Chung Hsing University Taiwan (R.O.C.)
4	유치	2023.04.14.~	태국			Faculty of Forestry of Kasetsart University (KU) - 경북대학교 식물방역대학원 (KNU) 업무 협약
5	유치	2023.10.06.~	베트남			Faculty of the Environment and Natural Resources at Nong Lam University(NLU) - 경북대학교 식물방역대학원(K NU) 업무 협약

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	지방전문지	베리타스 알파	전남대, '식물방역' 특수대학원 선정	21.03.15.
2	중앙전문지	교수신문	경북대전남대전북대, 농식품 인재양성 60억 지원받는다	21.03.16.
3	지방일간지	전남매일	전남대 '식물방역' 특수대학원 선정	21.03.16.
4	중앙일간지	헤럴드경제	전남대·전북대 '식물방역 특수대학원' 석사학위 과정 설립	21.03.17.
5	지방일간지	전북도민일보	전북대에 식물방역대학원 설립	21.10.25.
6	지방일간지	뉴스시스	전북대, 병해충 관리·검역 전문인력 양성... '식물방역대학원' 설립	21.10.25.
7	지방일간지	한국대학신문	전북대 식물방역대학원, 신입생 10명 선발	21.10.25.
8	지방일간지	전민일보	전북대, 병해충 관리 및 검역 전문인력 양성 위한 식물방역대학원 설립	21.10.25.
9	중앙전문지	대학저널	전북대, 병해충 관리 검역 전문인력 양성 '시동'	22.02.23.
10	지방TV방송	JTV뉴스	전북대, 병해충 관리 식물방역대학원 운영	22.02.23.
11	지방일간지	MK뉴스	전북대, 식물방역대학원 개설... 병해충 관리 전문인력 양성	22.02.23.
12	지방일간지	NEWSIS	병해충 관리 검역 전문인력 양성 ... 정부 사업 추진	22.02.23.
13	중앙전문지	한국강사신문	식물방역대학원 신입생 OT통해 첫 출발 알려	22.02.24.
14	지방전문지	농업인신문	탄소 중립 위한 고독성 훈증제 사용 규제 필요	22.04.21.
15	지방일간지	베타뉴스	'식물 의사 제도' 도입 위해 전문가 머리 맞대	22.06.10.
16	중앙전문지	한국대학신문	전북대 '식물 의사 제도' 도입 위해 전문가 머리 맞대	22.06.10.
17	지방일간지	이뉴스투데이	식물 의사 제도' 도입 위해 전문가 머리 맞대	22.06.11.
18	지방일간지	신아일보	"식물 의사 제제도 도입 위해 전문가 머리 맞대"	22.06.12.
19	지방일간지	헤드럴경제	나무 의사처럼 '식물 의사' 법제화하자_ 교수 포럼서	22.06.12.
20	지방일간지	프레시안	농작물 병해충 진단·약제 처방 위한 '식물 의사' 제도 필요	22.06.12.

21	지방일간지	전북일보	식물도 아프면 의사가 필요하다	22.06.12.
22	중앙전문지	한국강사신문	전북대학교, '식물의사 제도' 도입 위해 전문가 머리 맞대	22.06.13.
23	중앙전문지	교수신문	'식물의사' 제도화 위한 관련 학계 움직임 시작	22.06.07.
24	지방일간지	전북일보	'식물의사' 필요성 새롭게 주목, 국내 제도화 움직임 본격화	22.06.07.
25	지방일간지	뉴시스	식물의사' 도입하자, 식물방역대학원 10일 정책포럼	22.06.07.
26	지방일간지	전북중앙	전북대 식물방역대학원 '식물의사 정책 포럼' 개최	22.06.07.
27	지방일간지	전북도민일보	전북대, 전남대-경북대 '식물의사 추진 정책포럼' 개최	22.06.07.
28	지방일간지	이뉴스투데이	식물의사' 제도화 위한 관련 학계 움직임 시작	22.06.08.
29	중앙전문지	한국대학신문	전북대, '식물의사' 제도화 위한 관련 학계 움직임 시작	22.06.09.
30	지방일간지	전북도민일보	전북대 식물방역대학원, 농림축산검역본부 교육훈련 위탁운영	22.06.08.
31	중앙전문지	한국대학신문	전북대, 농림축산검역본부와 검역 전문인력 양성 '맞손'	22.06.08.
32	지방일간지	뉴시스통신사	전북대·농림축산검역본부, 식물검역 전문인력 양성 '맞손'	22.06.08.
33	중앙전문지	교수신문	전북대-농림축산검역본부, 검역 전문인력 양성 '맞손'	22.06.08.
34	지방일간지	전민일보	전북대식물방역대학원, 농림축산검역본부 자격전형시험 등 위탁 운영	22.06.08.
35	지방전문지	원예산업신문	식물방역대학원, 학생 연구력 높일 세미나 개최	22.06.22.
36	중앙전문지	한국강사신문	전북대학교 식물방역대학원, 학생 연구력 높일 세미나 개최	22.06.20.
37	중앙일간지	노컷뉴스	전북대 식물방역대학원, 베트남 국립자연사박물관 협약	22.07.04.
38	중앙전문지	뉴스원	전북대 식물방역대학원, 베트남 국립자연사박물관과 업무협약	22.07.04.
39	중앙전문지	한국대학신문	전북대 식물방역대학원, 베트남 국립자연사박물관과 협약 체결	22.07.04.
40	지방일간지	뉴시스	전북대 식물방역대학원, 베트남 자연사박물관과 협약	22.07.04.
41	지방일간지	전북일보	전북대 식물방역대학원-베트남 국립자연사박물관 협약	22.07.04.
42	중앙TV방송	SBS 8 뉴스	'꿀벌 천적' 말벌, 이젠 위치추적 시스템으로 소탕	22.10.20.
43	중앙TV방송	SBS 공생의 법칙 시즌2	벌집제거작전! ESG 출격	22.10.20.
44	지방전문지	강사뉴스	전북대-경북대-전남대 공동운영 식물방역대학원 국제심포지엄 개최	22.10.21.
45	지방일간지	베리타스알파	전북대학교 식물방역대학원, 국제심포지엄 통해 최근 연구 공유	22.10.26.
46	지방일간지	전라일보	전북대 식물방역대학원 국제심포지엄 개최	22.10.23.
47	지방일간지	베리타스알파	전북대-경북대-전남대 공동운영 식물방역대학원 국제심포지엄 개최	22.10.21.
48	지방전문지	한국강사신문	전북대학교 식물방역대학원, 국제심포지엄 통해 최근 연구 공유	22.10.26.
49	지방전문지	한국강사신문	전북대학교 식물방역대학원, 11월 14~18일까지 제2기 신입생 모집	22.11.08.
50	지방전문지	대학저널	전북대 식물방역대학원, 제2기 신입생 모집	22.11.04.
51	지방전문지	한국대학신문	전북대 식물방역대학원, 제2기 신입생 모집	22.11.04.
52	지방일간지	전북도민일보	전북대 식물방역대학원 신입생 모집	22.11.04.
53	중앙일간지	KBS	전북대 식물방역대학원 석사과정 모집	22.11.07.
54	중앙일간지	뉴시스	전북대 식물방역대학원, 14~18일 '제2기 신입생' 모집	22.11.07.
55	지방일간지	전라일보	전북대 식물검역관 자격 전형시험 운영	23.02.09.
56	지방일간지	전북도민일보	전북대 식물검역관·검사원 자격시험 교육	23.02.09.
57	지방전문지	한국대학신문	전북대, 식물검역관 및 검사원 자격시험 교육 마련	23.02.09.
58	중앙일간지	뉴시스	전북대, 식물검역관·검사원 자격시험 교육 13~24일 실시	23.02.09.
59	지방일간지	베리타스알파	전북대 식물방역대학원 2023 신입생 오리엔테이션 진행	23.02.20.
60	지방일간지	베리타스알파	전북대 제1회 식물검역관·검사원 시험 집합교육 진행	23.02.27.
61	지방전문지	한국강사신문	전북대학교, 제1회 식물검역관 및 검사원 시험 집합교육 실시	23.03.03.
62	지방전문지	한국대학신문	전북대, 대만 중흥대와 생물자원 교육·연구 협력 MOU	23.05.29.
63	지방일간지	전북일보	전북대, 대만 중흥대와 생물자원 교육·연구 협력 '맞손'	23.05.29.
65	지방전문지	대학저널	전북대, 대만 중흥대와 생물자원 교육·연구 협력	23.05.29.
66	지방일간지	프레시안	전북대, 대만 중흥대학교와 곤충 등 생물자원 교육·연구 협력	23.05.29.
67	지방일간지	베리타스알파	전북대 대만 명문대학교와 생물자원 교육·연구 협력 업무협약 체결	23.05.30.
68	중앙일간지	연합뉴스	전북대-대만중흥대, 생물자원 교육·연구에 맞손	23.05.30.
69	지방전문지	한국강사신문	전북대학교 식물방역대학원, 대만 명문대학교와 생물자원 교육·연구 협력	23.05.31.

70	지방전문지	대학저널	전북대 등 식물방역대학원, 성과 공유	23.09.11.
71	지방일간지	전라일보	전북대 식물방역대학원, 제3기 신입생 10명 모집	23.10.20.
72	지방일간지	베리타스알파	_전북대 식물방역대학원 '제3기 신입생' 모집	23.10.20.
73	지방일간지	뉴데일리	전북대 식물방역대학원, 제3기 신입생 모집	23.10.20.
74	지방전문지	대학저널	전북대 식물방역대학원, 제3기 신입생 모집	23.10.20.
75	지방일간지	뉴시스	전북대 식물방역대학원, 제3기 신입생 모집...내달 6~15일 접수	23.10.20.
76	지방일간지	한국대학신문	전북대 식물방역대학원, 제3기 신입생 모집	23.10.21.
77	지방일간지	한국강사신문	전북대학교 식물방역대학원, 11월 6일부터 제3기 신입생 모집	23.10.26.
78	지방일간지	프레시안	병해충 진단과 처방 가능한 전문 '식물의약사 제도화' 검토해 불만	23.11.14.

## □ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	수상	구두발표 우수상	한국곤충학회 -한국응용곤충학회 공동 구두발표 우수상	정인원	2022.04.28	(사)한국곤충학회,( 사)한국응용곤충학회
2	수상	경진대회 대상	농촌진흥청 국립농업과학원- 한국응용곤충학회 제1회 농작물 병해충 발생 스토리 경진대회 대상	정인원	2023.10.27	농촌진흥청
3	수상	포스터발표 최우수상	한국응용곤충학회 포스터 발표 최우수상	김진욱	2023.10.27	(사)한국응용곤충 학회
4	수상	국무총리표창	2023년 산림재난 유공자 포상전수식 (산림병해충 방제 유공)	경북대학교 식물방역대학원 김성환	2023.10.25.	산림청
5	수상	우수포스터상	2022 추계한국식물병리 학회에서 우수포스터상을 수상함	정병학	2022.10.21.	(사)한국식물병리 학회
6	수상	최우수포스터상	2022년 추계한국토양비료 학회 최우수포스터상	이석근, 이관우, 한성은, 김길용	2022.10.21.	(사)한국토양비료 학회
7	수상	최우수농업인상	2022 대한민국 농업대상 최우수 농업인으로 선정	이석근	2022.10.26.	대한민국농업대상
8	수상	최우수논문상	2022년 제32회 정기국제 학술대회 구두발표대회에서 우수연구로 선정	최준석	2022.12.02.	한국기타산학회
9	수상	우수포스터상	2022년 제32회 정기국제 학술대회 포스터 발표에서 우수연구로 선정	신혜민, 최준석, 류광록, 송용수, 정우진	2022.12.02.	한국기타산학회
10	수상	우수포스터상	2022년 제32회 정기국제 학술대회 포스터 발표에서 우수연구로 선정	최준석, 신혜민, 류광록, 송용수, 정우진	2022.12.02.	한국기타산학회
11	수상	구두발표우수상	2023년 제66회 참사·곤충· 바이오소재 추계학술대회 구두발표 우수상	표지영	2023.11.03.	(사)한국참사학회

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)
전북대학교 산학협력단	비디오 프로젝터 벨류이, VALNIQ-BEAM , 800ANSI lm	227×44× 136 mm				21.05.27	4,675	농업생명과학대학 3호관 209호
전북대학교 산학협력단	비디오 프로젝터 벨류이, VALNIQ-BEAM , 800ANSI lm	227×44× 136 mm				21.05.27	4,675	농업생명과학대학 3호관 202호
전북대학교 산학협력단	불박이장	7920*285 0*450mm				21.09.07	4,811.4	농업생명과학대학 3호관 103호
전북대학교 산학협력단	불박이장	6830*285 0*450mm				21.08.31	3,726	농업생명과학대학 3호관 414호
전북대학교 산학협력단	현미경 보관함	900*2200 *600mm				21.08.31	750	농업생명과학대학 3호관 415호
전북대학교 산학협력단	인터랙티브 화이트보드	75Inch				21.11.02	3,200	농업생명과학대학 3호관 115호
전북대학교 산학협력단	비디오 프로젝터	1대				21.11.02	1,720	농업생명과학대학 3호관 115호
전북대학교 산학협력단	충해진단 교육연구실 구축					21.09.03	48,530	농업생명과학대학 3호관 408호, 410호, 414호, 415호
전북대학교 산학협력단	병해모니터링 교육연구실 구축					21.12.15.	51,735	농업생명과학대학 3호관 103호, 113호, 113-1호, 114호, 114-1호
경북대학교 산학협력단	검역해충 방제 교육 연구실 및 온라인 영상강의 스튜디오 구축		○			22.04.04	55,000	농생대2호관 410-2호, 411호
경북대학교 산학협력단	제작가구		○			22.05.17	22,00	농생대2호관 410-2호, 411호
경북대학교 산학협력단	냉난방 공사	엘지전자, R-W040P C2S, 냉방4.0/난 방4.5kW	○			22.05.09	7,351	농생대 2호관 210호, 222호
경북대학교 산학협력단	냉난방 공사	엘지전자, RNW060P A2U, 냉방6/난방 6.8kW	○			22.05.09		농생대2호관 208호
경북대학교 산학협력단	냉난방 공사	엘지전자, R-W023P C2S, 난방2.3/난 방2.6kW	○			22.05.09	8,188	농생대2호관 410-2호

경북대학교 산학협력단	냉난방 공사	엘지전자, R-W060Q G2S, 냉방6.0/난 방6.8kW	○			22.05.09		농생대2호관 410-2호
경북대학교 산학협력단	냉난방 공사	엘지전자, R-W032P C2S, 냉방3.2/난 방3.6kW	○			22.05.09		농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	책상	코아스, MMD291, 1600*800 *740mm	○			22.06.20	411	농생대2호관 410-2호
경북대학교 산학협력단	책상	코아스, MMD224, 1200*800 *740mm	○			22.06.20	273	농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	작업용의자	코아스, CHB0800 KSMF, 610-605- 1135~121 0mm	○			22.06.21	1,925	농생대2호관 410-2호, 411호, 405-3호
경북대학교 산학협력단	이동형파일서랍	코아스, HRD2003I , 394*527* 601mm, 3단	○			22.06.21	173	농생대2호관 410-2호
경북대학교 산학협력단	회의용탁자	코아스, TNC4028E N, 4000*120 0*740mm	○			22.06.21	1,227	농생대2호관 410-2호
경북대학교 산학협력단	작업용의자	코아스, CHD0450 KHMF, 610*545* 815mm	○			22.06.21	2,310	농생대2호관 410-2호, 411호
경북대학교 산학협력단	회의용탁자	코아스, TNC2424E N, 2400*120 0*740mm	○			22.06.21	627	농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	회의용탁자	코아스, TED2400 MA, 2400*120 0*735mm	○			22.06.21	1,059	농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	회의용탁자	코아스, TB7072E, Φ700×72 0mm	○			22.06.21	133	농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	실험실용싱크대	코아스, IS1121EN, 900×600 ×780mm	○			22.06.21	1,101	농생대2호관 405-2호, 405-3 호, 409-1호
경북대학교 산학협력단	이동형파일서랍	코아스, RSD3112TI, 403×570× 649mm	○			22.06.21	439	농생대2호관 405-2호
경북대학교 산학협력단	책장	MBC066, 800×380 ×1846mm , 5단	○			22.06.21	213	농생대2호관 405-2호
경북대학교 산학협력단	실험기구진열장	코아스, MLS001, 800×600 ×1900mm	○			22.06.21	1,584	농생대2호관 405-3호

경북대학교 산학협력단	회의용탁자	코아스, KRT216SA , 2380×118 0×720mm	○			22.06.21	530	농생대2호관 405-3호
경북대학교 산학협력단	책상	코아스, HDD2018 R, 1800×120 0×720mm , 1인용	○			22.06.20	401	농생대2호관 410-2호
경북대학교 산학협력단	캐비닛	(부품)코아 스, MMS023, 800×403 ×23mm	○			22.06.20	33	농생대2호관 405-2호
경북대학교 산학협력단	실험대	코아스, DID1891B C, 1800×900 ×800mm, 라미스상판	○			22.06.20	634	농생대2호관 405-3호
경북대학교 산학협력단	칸막이형열람대	코아스, KRT133A, 2416×680 ×1165mm	○			22.06.20	361	농생대2호관 405-3호
경북대학교 산학협력단	레이저프린터	Canon, CN/image CLASS LBP712Cx , A4/흑백38 /컬러38pp m	○			22.05.23	1,216	농생대2호관 410-2호
경북대학교 산학협력단	노트북컴퓨터	Dell, CN/G2B35 61-7350P G2, Intel Core i7 11800H(2. 3GHz)	○			22.05.18	2,660	농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	노트북컴퓨터	삼성전자, VN/NT950 QDB-KG7 8S, Intel Core i7 1165G7(2. 8GHz)	○			22.05.19	2,060	농생대2호관 410-2호
경북대학교 산학협력단	비디오프로젝터	NEC, TH/NP-H5 541U, 5300ANSI lm	○			22.06.03	2,211	농생대2호관 208호
경북대학교 산학협력단	시놀로지나스	SYNOLOG Y DS 1621+	○			22.06.16	5,094	농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	인터랙티브화이 트보드	한국크레아 , HCB-CRE A860SUH D, 217.4cm, IR센서/손/ 도구/LED	○			22.07.18	5,170	농생대2호관 410-2호
경북대학교 산학협력단	인터랙티브화이 트보드	한국크레아 , HKC-T22 W, 54.6cm, 전자유도방 식/전자펜/ LCD	○			22.07.18	960	농생대2호관 411호

경북대학교 산학협력단	영사용스크린	윤씨네, YC -150BL, 3000*240 0mm	○			22.07.28	2,360	농생대2호관 410-2호, 411호
경북대학교 산학협력단	무선음향시스템	HKC-SW1 20	○			22.08.03	770	농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	추적카메라	AVER DL30	○			22.08.03	2,900	농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	가상스튜디오솔 루션	애니셋 가상스튜디오 소프트웨어	○			22.08.03	6,600	농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	데스크탑	조립	○			22.08.11	3,520	농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	모니터	엘지전자, 24MK430, 60.4cm	○			22.08.11	200	농생대2호관 411호
경북대학교 산학협력단	작업용의자	코아스, TCT320LF , 610-605- 1135~121 0mm	○			22.11.07	664	농생대2호관 222호
전남대학교 산학협력단	작업용 의자	AIS-CS04 1	○			21.11.	451,420	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	접의식 의자	AIS-PK36 6	○			21.11.	879,720	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	스피커	SM-5A (다운엑스 디)	○			21.11.	971,210	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	스피커브라켓	WM-200 (다운엑스 디)	○			21.11.	94,510	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	무선마이크시스 템	MS-991R B(다운엑스 디)	○			21.11.	1,696,110	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	오디오믹서	VMX-1202 Q(대경바 스کم)	○			21.11.	582,270	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	AV스위처	VHS-4141 D(대경바 스کم)	○			21.11.	1,195,740	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	통신케이블어셈 블리	CME-220 G10(대경 바스کم)	○			21.11.	1,592,560	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	탁상용마이크	DCM-620 H(디라직)	○			21.11.	351890	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	통신케이블어셈 블리	DHC-20( 디라직)	○			21.11.	1457830	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	데스크톱컴퓨터 설치	DG375-G A71-5DH N(삼보)	○			21.11.	1,584,000	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	액정모니터	CN/32QN6 00(LG)	○			21.11.	346,860	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	모니터	55UP8200 KNA(LG)	○			21.11.	945,070	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	텔레비전거치대	OWL480A( LG)	○			21.11.	39,210	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	크로마키스크린	JL-120(진 전스크린)	○			21.11.	965,180	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	높이조절 책상	WRED72( 우리OA가 구산업)	○			21.11.	854,590	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	영사용스크린	HU-SBM1 590(휴그 린)	○			21.11.	573,070	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	캠코더	GY-HM18 0U(디지털 홍일)	○			21.11.	3,428,410	농생대 6호관 501호

전남대학교 산학협력단	작업용 의자	AIS-CS04 1	○			21.11.	451,420	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	접의식 의자	AIS-PK36 6	○			21.11.	879,720	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	스피커	SM-5A (다운에스 디)	○			21.11.	971,210	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	스피커브라켓	WM-200 (다운에스 디)	○			21.11.	94,510	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	무선마이크시스 템	MS-991R B(다운에스 디)	○			21.11.	1,696,110	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	오디오믹서	VMX-1202 Q(대경바 스컴)	○			21.11.	582,270	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	AV스위처	VHS-4141 D(대경바 스컴)	○			21.11.	1,195,740	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	통신케이블어셈 블리	CME-220 G10(대경 바스컴)	○			21.11.	1,592,560	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	탁상용마이크	DCM-620 H(디라직)	○			21.11.	351890	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	통신케이블어셈 블리	DHC-20( 디라직)	○			21.11.	1457830	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	데스크톱컴퓨터 설치	DG375-G A71-5DH N(삼보)	○			21.11.	1,584,000	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	액정모니터	CN/32QN6 00(LG)	○			21.11.	346,860	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	모니터	55UP8200 KNA(LG)	○			21.11.	945,070	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	텔레비전거치대	OWL480A( LG)	○			21.11.	39,210	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	크로마키스크린	JL-120(진 전스크린)	○			21.11.	965,180	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	높이조절 책상	WRED72( 우리OA가 구산업)	○			21.11.	854,590	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	영사용스크린	HU-SBM1 590(휴그 린)	○			21.11.	573,070	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	캠코더	GY-HM18 0U(디지털 홍일)	○			21.11.	3,428,410	농생대 6호관 501호
전남대학교 산학협력단	레이저빔 프로젝 터	6000ANSI	○			22.03.	4,310.84	농생대6호관 214호

\* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

1. 농촌진흥청 국립농업과학원 제6회 농업기술 혁신포럼(전북대)

가. 일자: 2023. 11. 14.(화) 14:00~17:20, 농촌진흥청 국제회의장

나. 내용: 산학연 협력을 통한 농작물 병해충 분야 인력양성 방안 발표  
(전북대 윤주연)

다. 결과: 국립농업과학원 내 방역대학원 경북-전북-전남대 연계 병해충 진단  
워크숍 추진 계획 수립(2회/년)



주제발표 (전북대학교)



종합토론

2. 식물방역대학원-워싱턴 농무성 공동세미나 개최(1차) (경북대)

가. 일자: 2022.06.21.(화)

나. 장소: 경북대학교 농업생명과학대학 2호관 410-2호

다. 내용

- 1) 미국 외래 침입종 장수말벌에 대한 기본적 특성 발표 및 토의
- 2) 장수말벌 비행 행동 실험을 위한 레이더 및 태그 실험 논의
- 3) 장수말벌 벌집 특성에 대한 분석을 위한 실험 방법 논의
- 4) 장수말벌 벌집 추적을 위한 마이크로 태그 실험 방법 논의
- 5) 장수말벌 트랩 개발을 위한 루어 성분 논의
- 6) 장수말벌 비행능력 평가를 위한 flight mill 설치 논의



3. 식물방역대학원-워싱턴 농무성 공동세미나 개최(1차) (경북대)

가. 일자: 2022.10.25.(화)

나. 장소: 경북대학교 농업생명과학대학 2호관 410-2호

다. 내용

- 1) 미국 외래 침입종 장수말벌에 대한 특성 발표 및 토의
- 2) 장수말벌 비행 행동 실험을 위한 레이더 및 테그 실험 경과 발표 및 향후 논의
- 3) 장수말벌 벌집 특성에 대한 분석을 위한 실험 경과 발표 및 향후 논의
- 4) 장수말벌 벌집 추적을 위한 마이크로 테그 실험 경과 발표 및 향후 논의
- 5) 장수말벌 비행능력 평가를 위한 flight mill 설치 경과 발표 및 논의



4. 국제심포지엄(전남대)

가. 일자: 2022. 09. 23.(금)

나. 내용: 전남대학교 식물방역대학원에서 ‘탄소저감 실천을 위한 화학비료·화학농약’ 절감을 주제로 제주특별자치도 농업인단체협의회, 제주특별자치도 농업기술원과 공동 주관으로 개최

- 1) 김길용 교수(GCM 활용한 작물의 병해충 방제 관리)
- 2) 정우진 교수(국내외 친환경 미생물비료 연구동향)
- 3) 아키프 에스칼렌 교수(미국 캘리포니아주 농업환경 현황)
- 4) 정서경 학생(기능성 미생물을 이용한 고창 멜론 재배기술)
- 5) 한연수 교수(유용미생물과 식물바이러스)



(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등
품목허가	미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서
임상시험실시	임상시험계획(IND) 승인서

<참고 2> 국가연구개발혁신법 시행령 제33조제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상 (부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다]
기탁	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 특수대학원 신설	○전북대(예찰)-경북대(검역)-전남대(방제) 컨소시엄기반, 식물방역대학원 신설	○ 100
○ 3개대학 인프라구축 및 교과과정 개설	○3개대학 인프라구축 및 교과과정 개설	○ 100
○ 특수대학원 교재개발	○특수대학원 교재개발	○ 100
○ 창의인재양성 질적 도약을 위한 연구 프로그램 운영	○참여 대학원생 교육 및 연구과제 참여 ○우수프로그램개발 및 운영, 대학원생 성장기회 제공	○ 100
○ 연구개발과제 목표달성 및 성과확보	1.1. AI기반 병해 모니터링 및 정밀진단기술 개발	○ 100
1. AI 기반 병해충 관리 시스템 구축	· PepMoV와 고추탄저병에 대한 인공지능 영상판독시스템 구축 · 등온기반 PepMoV 정밀진단 기술개발 -민감성 및 특이성 검정과 현장 적용립 -LFA 키트화	○ 100
2.1. AI기반 총해 모니터링 및 방제기술 개발	· 해충에 대한 인공지능 영상판독시스템 구축 · 선별 미생물의 대량 배양 조건 구명 · 선별 미생물의 해충에 대한 실내·외 살충활성 평가	○ 100
3.1. 검역·농업 해충류 인공지능 영상판독 시스템 개발	· 바구미류 및 진딧물류에 대한 동정 인식 딥러닝 모델 개발 · 바구미류 및 진딧물류에 대한 동정 인식 인공지능 적용 평가 · 바구미류(60종) 및 진딧물류(48종)에 대한 인공지능 영상판독 시스템 구축	○ 100
2.1. 검역해충 방제기술 개발	· 대상 검역해충의 소독 기술 개발 · 검역해충의 국내 분포 조사 및 확산억제 기술 개발 · 검역해충의 약제저항성 돌연변이 탐색 및 저항성 모니터링 마커 개발	○ 100
2.2. 검역해충 예찰진단기술 개발	· 검역해충/선충 분류 동정 및 국가별 작물별 자료 구축 · 검역해충/선충 발생 분류 동정 · 규제해충 및 잠정규제해충 등 단계별 검역해충의 차등관리 및 방안 마련 · 국내 검역해충 동정을 위한 도해자료 제작 · 다종 집단내 각 종의 비율을 정량적으로 분석하기 위한 PCR법 구축	○ 100
2.3. 검역병원균 관리기술 개발	· 감염병해충과 숙주의 자가포식체 조절을 통해 감염병해충의 방제 효과 분석 · 중규모 실증시험을 통한 목재류 및 목재포장재 처리 결과 분석	○ 100
3.1. 원예작물 주요 병해충 종합적 방제 기술 개발	· 원예작물 주요 병해충 화학적 방제 실태 조사 및 바이러스병 방제 기술 조사 · 원예작물 주요 병해충 방제 농약저항성 관리법 확립 및 바이러스병 억제제 개발 · 원예작물 주요 병해충 화학적 방제법 개발 및 바이러스병 방제 기술 개발	○ 100
3.2. 시설채소 병해충 조기 진단법 및 친환경 방제기술 개발	· 시설채소 병해충 조기 진단 기술 개발 · 시설채소 병해충 조기 진단 기술 활용 및 친환경 작물보호제 개발 · 시설채소용 친환경 농법 개발	○ 100
○특수대학원 석사학위 60명 배출	○60명 배출예정(사업종료 후 2년이내)	○ 100
○자립화 방안 계획 및 이행성과도출	○중앙정부 및 지자체 지원사업수주 위해, 식물의약사도입방안 추진 ○농림축산검역본부와의 교육사업 연계 추진 및 이행 ○유관기관과의 지속적인 연구 및 성과교류회 개최	○ 100

#### IV. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

##### 1. 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

---

해당없음

---

##### 2. 자체 보완활동

---

해당없음

---

##### 3. 연구개발 과정의 성실성

---

해당없음

---

## V. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

### 1. 농림축산검역본부 검역관 교육과 자격시험 위탁 시행

#### 가. 목적

- 1) 식물검역관 및 식물검사원 자격 전형시험 실시 전 업무전반에 대한 교육으로 업무 이해도 증진 및 자격 전형시험 합격률 제고
- 2) 시험과목에 맞는 교육 프로그램 개발 및 식물방역대학원 강의제공 및 대학원 홍보

나. 일시 : 2023. 2. 13.(월) ~ 2. 24.(금) 9:00~18:00

다. 장소 : 전북대학교 진수당 바오로홀 및 농업생명과학대학 3호관 410호

#### 라. 내용

- 1) (관련법규) 식물방역법령 및 식물검역 관련 행정규칙 등
- 2) (검역실무) 수출입 식물검역, 특사경 업무, 병해충위험분석, 격리 재배·수입금지품 제도 등
- 3) (국제협력) 식물검역 국제기구 및 국제기준 등
- 4) (병해충) 세균, 진균, 바이러스, 딱정벌레 등 식물병해충의 특성 및 분류동정 등
- 5) (실험실 정밀검역) 실험실 정밀검역 방법, 검역장비 사용 방법 등
- 6) (예찰방제) 외래병해충 예찰·방제, 역학조사 및 수출입식물 소독처리 기준 등
- 7) (LMO, 잡초) LMO 국경검역 방법 및 잡초의 분류 동정 등

마. 대상 : 32명(검역본부 28명, 인증원 3명, 기술센터 1명)



## VI. 연구개발성과의 관리 및 활용

### 1. 식물방역대학원 자립화 계획

- 향후 입학생 충원을 위한 방안으로 농촌진흥청 및 검역본부와의 협력체계를 구축하고 지역 도농업기술원, 농업기술센터와의 연계프로그램을 수주하여 특수대학원의 프로그램을 지속적으로 유지해 나갈 것이며, 특수대학원 참여 교수의 개발기술을 이용한 민간연구비 확보 및 지자체 지원사업으로 지역특화 산업체 연계 기술을 확보하기 위해 노력하고 있음
- 식물방역대학원은 식물의약사 유치를 위한 제도화와 관련 식물병원 건립사업 추진을 위해 총 3회의 포럼 및 공청회를 주최하여 관계 학회와 기관 및 유통업체 등 전문가 그룹의 자문과 의견을 교류, 제도 필요성에 대한 공감대를 형성함

### 가. 식물방역 인력의 전문화를 위한 식물의약사제도 법제화 공청회 개최

(중앙정부 및 지자체 지원 사업 수주 (식물의약사제도 및 식물병원 건립사업 추진))

#### 1) 식물의약사 추진을 위한 정책 포럼 개최

- 가) 목적 : 식물의약사 제도 추진으로 병해충 예찰-진단-처방-판매-방제의 전 주기적인 병해충 관리 시스템 구축하고, 농업인의 진단 및 처방에 대한 높은 수요에 대응하는 전문가 양성을 통한 안전한 농산물 생산 가능한 시스템 구축
- 나) 일자 : 2022. 06. 10.(금) 14:00~18:00
- 다) 장소 : 전북대학교 진수당 3층 교수회의실
- 라) 내용 : 농약 사용 관련 농업인 설문조사, 식물의약사 양성 교육 방안, 식물방역대학원의 역할과 기능



## 2) 식물 의사 추진을 위한 zoomference 개최

가) 목적 : 농작물 병해충의 진단 및 약제 처방을 위한 ‘식물 의사제도’ 도입 필요성 논의

나) 일자 : 2022. 09. 02.(금) 14:00

다) 장소 : 온라인 줌 회의실

라) 내용 : 식물 의사 제도 추진 현황을 주제로 식물 의사 제도 추진과 관련하여 작물보호제 생산업체, 판매조직 및 농업인 모두가 상생할 수 있는 시장 중심의 선택권을 부여하는 제도화 추진을 제안



### 3C-Company : 국내 전문가 의견 수렴

Company: 식물 의사 추진 포럼 (2022. 6/10)  
- 도입 방안 소개 및 농진청의 식물 의사 제도 추진 의지 확인



### 3) 식물의약사 정책토론을 위한 심포지엄

가) 목적 : 농작물 병해충의 진단 및 약제 처방을 위한 ‘식물의사제도’ 도입 필요성 논의

나) 일자 : 2023. 04. 20.(목) 13:00~17:00

다) 장소 : 전북대학교 농업생명과학대학 본관 세미나실

라) 내용 : 식물의사 제도 추진 현황을 주제로 식물의사 제도추진과 관련하여 작물보호제 생산업체, 판매조직 및 농업인 모두가 상생할 수 있는 시장 중심의 선택권을 부여하는 제도화 추진을 제안



## 나. 지역 유관기관과의 연구성과 교류회

### 1) 농업기술원 및 시군 농업기술센터와의 연계 프로그램 지속성 유지

- 식물방역대학원은 지역유관기관 중, 진안군 농업기술센터와 식물방역기술 관련 연계 프로그램을 계획, 지속을 위한 교류회를 개최 함
- 특히, 진안군 농업기술센터에서 재직하며 식물방역대학원에 입학한 학생들의 주요 연구성과들이 병해충 관리개발 기술에 기여할 수 있도록 성과교류회의 지속성을 유지하고자 함

### 1) 진안군 농업기술센터-식물방역대학원간 성과교류회

가) 목적 : 진안군 농업기술센터 연구 현황 벤치마킹 및 식물방역대학원 연구 현황 발표

나) 일시 : 2022. 04. 14.(금) 13:30

다) 장소 : 진안군농업기술센터 미래농업팀

라) 내용

- (1) 진안군농업기술센터와 전북대학교 식물방역대학원 간 연구현황 교류
- (2) 고품질 친환경 종자 생산을 위한 병발생 관리기술 개발 현황 교류



## 다. 중앙 정부기관과의 학/연/산 프로그램 지속 강화

- 식물방역대학원은 전북대 농업생명과학대학 산·관·학 세미나를 통해, 국가생물안보와 식물방역 분야에 있어 식물방역대학원의 역할과 기능에 대해 소개, 앞으로의 학/연/산 프로그램 개발 및 협조를 강화 함

### 1) 전북대 농업생명과학대학 산·관·학 세미나 개최

가) 목적 : 농업생명과학대학과 지역 주요기관(전라북도농업기술원, 전북농협, 농촌진흥청)이 산관학 세미나를 개최하여 지역 농업 미래와 발전 방향 논의

나) 일시 : 2023. 11. 16.(목) 15:00~17:20

다) 장소 : 전북대학교 농업생명과학대학 본관 1층 시청각실

라) 내용

- (1) 농생명 분야 RnD 동향과 과제, 전북농협의 산학협력사업 현황 및 과제, 전라북도 농업기술원 추진연구사업 현황 및 과제, RIS사업의 성공적 추진을 위한 산관학 협력의 과제
- (2) 지정토론 식물방역대학원 소개



### 2) 제1회 지역농업발전을 위한 식물병해충 예찰진단 심포지엄

가) 목적 : 전북지역 농업발전을 위한 식물병해충 예찰진단 관련 세미나

나) 일자 : 2023. 12. 16.(토) 10:00~12:00

다) 장소 : 전북대학교 농업생명과학대학 3호관 408호

라) 내용

- (1) 기후변화와 농작물 생산에서의 병해충 위해요소 증가에 따른 농업 발전 방향 논의
- (2) 농작물 병해충의 진단 및 약제(항생제 포함) 처방을 위한 식물의약사 제도 도입 필요성 논의
- (3) 참여기관 및 기업, 대학 : (주)팜한농, (주)대유, SG한국삼공, 농협, 부자컨설팅팜 진안군·익산시·세종시 농업기술센터, 농림축산검역본부, 식물보호연구소, 전북대학교, 원광대학교, 경상대학교 등



### 3) 지역사회 문제 해결을 위한 2023 전북 농축산 식품산업 간담회

가) 목적 : 사회문제 해결을 위한 전라도지역 기업과의 연계방안 구축

나) 일자 : 2023. 12. 18.(월)

다) 장소 : 전북대학교 농업생명과학대학 본관 206호 회의실

라) 내용

- (1) 전라북도 기업들과의 MOU 체결 논의
- (2) 지역의 미래를 준비하는 산학연 네트워크 구성 운영 방안 도출
- (3) 산학연 Collabo R&D 사업소개 및 기업소개
- (4) 지역사회 농축산 식품 분야 문제 해결을 위한 방안 논의





< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내
국외논문	SCIE	매년 목표치
	비SCIE	
	계	
국내논문	SCIE	
	비SCIE	
	계	
특허출원	국내	1
	국외	
	계	
특허등록	국내	1
	국외	
	계	
인력양성	학사	150
	석사	
	박사	150
	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 농식품기술융합창의인재양성사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농식품기술융합창의인재양성사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

— 주 의 —

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