

영역	II	어젠다	3	대과제	(1)
과제 및 세부과제명		과제 구분	연구분야	수행 기간	과제책임자 및 세부과제 책임자
검역 및 세균성 병해 확산방지 기술 개발		기관고유	작물보호	'20~'24	환경농업연구과 최중윤
1) 과수화상병 화기감염 검출 기술 개발		어젠다	작물보호	'20~'24	환경농업연구과 이상우
2) 경기지역 과수화상병 발생지 특성조사 및 정밀예찰		"	"	'20~'24	" 최중윤
3) 배나무 화상병 발생지 격리시설에서의 화상병 방제효과 구명		"	"	'21~'24	" "
4) 장미 세균성시들음병 발생 실태조사 및 방제법 연구		기관고유	"	'21~'23	" 이상우
색인용어	과수 화상병, 장미 세균성시들음병, 예찰, 방제				

1. 연구개발의 필요성

가. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 1) 과수화상병은 1780년 미국에서 William Denning에 의해 최초로 병징이 발견되었고, 1794년에 공식적으로 보고됨(Denning, W. 1794)
- 2) 과수화상병은 국내에서 2015년 5월에 안성의 배 과수원에서 처음 발생한 이후 2019년에는 4개도 11개 시군으로 확산하였으며, 2021년에는 기존의 경기, 강원, 충청, 전북지역으로부터 경북지역까지 확대되고 있음
- 3) 과수화상병은 사과, 배를 포함한 장미과 식물을 기주 범위로 하고 꽃, 열매, 가지, 목부 등을 가해하여 심하면 3년 내에 과사하며 특히, 여름에 세균 활동이 활발하여 비바람과 곤충에 의한 2차적 전염이 가능하여 여름철 태풍 등에 의해 빠르게 확산될 가능성이 높음
- 4) 급속한 과수화상병 확산은 전정 등 인위적인 전반보다도 매개충, 비, 태풍 등에 의한 자연 전반 가능성이 높으며 이에 따라 정밀한 화상병 예찰이 필요하며 꽃에서 화상병균 검출과 무병징 가지에서의 화상병균 조사를 통한 화상병 발생 가능성을 예측하고 효과적인 방제 대책 수립이 필요한 실정임
- 5) 장미 세균성시들음병은 네덜란드에서 Tjou-Tam-Sin에 의해 2015년 8월 Armando 품종에서 최초로 병징이 발견되었고, 2016년 공식적으로 보고됨(Tjou-Tam-Sin, 2017)

- 6) 2016년 12월 스위스 베른, 서북부 절화장미(Dali, Savannah, Alpe d'Huez, Hypnotic, and SR 75965)에서 2번째로 발견되었음(EPPO Reporting Service no. 04-2017)
- 7) 2017년 7월 충남 태안군, 경기 파주시 장미재배농가 푸에고, 헤라 품종에서 국내 최초로 병징이 발견되었고, 2019년 미국식물병리학회 저널 'Plant Dis. 103(6):1407'에 장미병해로 국내 최초 및 공식적으로 세계적으로 두 번째 발생 보고됨(Kim, 2019)
- 8) 2020년 12월 국내에서는 2016년 충남 태안의 장미 농가에서 처음 발생한 뒤, 충남, 경기, 전북, 경북, 충북 등 11지역 16농가로 피해가 확산하고 있어, '새로운 병 장미 세균성시들음병 피해 주의' 라는 제목으로 보도되었음(농진청)
- 9) 장미 세균성시들음병은 세균성 식물병으로 감염 시 유관속 내 물관에 피해를 주어 결국 시들어 고사하게 되며, 감염된 개체로부터 작업기구에 의한 전염의 가능성이 높아 조기에 병든 개체를 제거하여 병의 전파를 막아야 하지만 정확한 병징의 확인을 통한 진단이 이루어지고 있지 않음
- 10) 장미 세균성시들음병에 의한 피해는 주로 여름철 고온기에 전형적인 시들음증상으로 나타나지만, 장미재배 농가에서는 여름철 고온기 생리장애 증상으로 오인하는 경우가 많아 초기에 적절한 방제를 하지 못하여 피해가 큼
- 11) 장미 세균성시들음병은 새로운 병해로 방제약제가 등록돼 있지 않아, 발생실태 조사 및 저항성 품종 선발 등의 연구가 필요한 실정임

나. 연구개발대상 기술의 국내.외 현황

1) 국내 연구 현황

- 가) 화상병 외국 사례분석을 통해 예찰 방제 사업 방향 설정을 위한 연구용역이 수행되어 외국 사례분석과 국내 과수화상병의 발생상황 분석 연구가 수행되었음(경희대, 2018)
- 나) 항혈청 기반으로 현장에서 사용할 수 있는 스트립이 개발되어 과수화상병 진단에 사용하고 있으며 최저 민감도 세균밀도는 10^5 cfu/ml이었으며 화상병과 가지검은마름병과 구분이 불가능하였음(충북대, 2017)
- 다) 과수화상병과 가지검은마름병에 대한 박테리오파지를 이용한 생물학적 방제 방법에 관한 연구가 수행되었음(경희대, 2018)
- 라) 과수화상병의 꽃 감염 확산 가능성과 감염위험 예측을 위하여 미국의 예찰 모델인 Maryblyt모델의 적용성을 조사한 결과, 2015년 최초 발병지인 경기 안성, 충남 천안, 충북 제천의 꽃 감염 경보 결과는 감염 위험성이 높게 나왔음(선문대, 2018)

- 마) 화상병 발생 포장에서 폐원 직전까지 항생제 등 방제약제의 수간주사 효율성과 국내 적용 가능성 검토 결과 스트렙토마이신, 옥솔린산 등 일부 약제에서 병 발생 억제 효과를 확인하였음(국립농업과학원, 2020)
- 바) 2017년 고양시 장미재배 농가의 네델란드 품종 '나이팅게일'에서 하엽이 시들고 줄기 기부가 검게 변하는 피해가 발생하였고, 피해 개체로부터 *R. solanacearum*를 분리 및 '장미 세균성시들음병 피해 증상'을 영농활용 하였음(경기도, 2017)
- 사) 국내에서 2017년부터 2019년에 걸쳐 분리된 17균주의 분자생물학적 동정 분석결과 네델란드에서 보고된 장미 세균성시들음병의 병원균과 같은 *R. pseudosolanacearum* (*R. solanacearum* Phylotype I)으로 동정하였으며, 유전적 차이가 없어 국내에서 발생하고 있는 장미 세균성시들음병이 네델란드에서 수입된 장미 삽수에 의해 국내로 유입되었을 가능성을 보고하였음(Park, 2020)

2) 국외 연구 현황

- 가) 과수 화상병의 발생은 개화기 동안의 온도, 상대습도, 강우, 온화한 기후 등의 요인에 영향을 받음(van der Zwet and Keil, 1979)
- 나) 암술머리에서 과수화상병 생장은 평균온도에 영향을 받으며 39°C까지 생육이 가능(Curry, 2004)
- 다) 화상 병균의 침입에 의한 발병은 화기(花期), 강우, 온도 등에 따라 결정되며 주요 기상요인은 온도와 강우임(Shwatz, 2003)
- 라) 사과 'Gala'품종은 개화 후 12일 동안 암술머리에서의 화상병균 등의 미생물 생육을 촉진
- 마) 과수 화상병의 진단은 병징이 발생한 꽃 등의 조직을 한천배지에 치상하여 세균 코로니 형태로 진단하고 그 이후 PCR이나 항혈청분석 방법 등을 이용하여 진단하나 병징이 발생하지 않은 조직에서는 화상병균 밀도가 낮아서 일반적인 방법에서는 다른 미생물의 밀도가 높아 오염이 되거나 진단이 지연됨
- 바) *R. solanacearum*, *R. pseudosolanacearum*의 양액에서의 온도별 생존 기간 조사 결과 4, 12, 20, 28°C 모두 최소 56일 생존 가능하였음(Stevens, 2018)
- 사) 장미 세균성시들음병은 Red Naomi 품종이 Armando 품종보다 상대적으로 저항성이며, 토양 관주접종 대비 줄기접종이 병원균 접종 시 더욱더 효과적이고 Red Naomi 품종은 20°C 이하에서도 잠복감염 가능함(Tjou-Tam-Sin, 2017)

다. 국내외 연구현황 비교 및 필요 연구 분야

연구현황 비교		필요연구 분야내용
국 내	국 외	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 화상병 외국사례 분석을 통한 예찰 방제 방향설정 및 국내 발생상황 분석 연구 추진 ○ 격리시설을 이용한 사과화상병 억제방제 효과시험 추진중(국립농업과학원) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 화상병 발생 기상환경, 화기 감염 경로 등 생태연구를 통한 방제 연구 ○ RT-PCR을 이용한 진단 방법 연구 중 ○ 검역관련 병해충 연구를 위한 BL3 격리시설 운영 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 화상병균 검출 시료 전처리 기술 개발 필요 ○ 화상병의 발생 생태와 정밀 예찰 연구에 의한 확산 방지 대책 연구 필요 ○ 화상병의 확산저지와 방제를 위한 억제선발 필요
<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외 보고 병원균과 국내 발생 병원균의 분자생물학적 비교분석 ○ 국내 발생상황 분석 연구 추진 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 장미 세균성시들음병원균의 양액 내 생존기간 연구 ○ 품종 간 저항성 및 접종 방법에 따른 병원성 비교 및 병원균의 잠복감염 연구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 장미 세균성시들음병 발생 환경 등 발생실태 조사 ○ 저항성 품종 선발, 고온기 환경관리 등 확산방지 연구 필요

2. 연구개발 목표 및 내용

가. 정성적 성과 목표

연차	목 표
2차년도 (2021년)	<ul style="list-style-type: none"> - 과수 화상병균 조기 검출 기술 개발 및 정밀 예찰 - 격리시험 포장 병해충 및 배 화상병 발생 특성조사 - 장미 세균성시들음병 발생 실태조사 및 확산방지 기술 개발
3차년도 (2022년)	<ul style="list-style-type: none"> - 과수 화상병균 조기 검출 기술 개발 및 정밀 예찰 - 배 개화기 및 생육기 방제를 위한 항생제 등 약제 선발 - 장미 세균성시들음병 조기진단 및 방제 매뉴얼 개발
4차년도 (2023년)	<ul style="list-style-type: none"> - 과수 화상병균 조기 검출 기술 개발 및 정밀 예찰 - 배 개화기 및 생육기 방제를 위한 항생제 등 약제 선발 - 장미 세균성시들음병 확산방지 기술 개발
5차년도 (2024년)	<ul style="list-style-type: none"> - 과수 화상병균 조기 검출 기술 개발 및 정밀 예찰 - 배 개화기 및 생육기 방제를 위한 항생제 등 약제 선발
최종	<ul style="list-style-type: none"> - 과수 화상병 확산저지 및 방제를 위한 억제선발 및 종합방제체계 구축 - 장미 세균성시들음병 종합방제체계 구축

나. 정량적 성과 목표

성과지명		2년차 (2021년)		3년차 (2022년)		4년차 (2023년)		5년차 (2024년)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문개재	SCI	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-
	비SCI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
학술발표	국제	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-
	국내	1	2	-	-	1	-	1	-	3	2
산업재산권 출원		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
산업체 기술이전		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
영농활용(지체)		1	1	1	-	1	-	1	-	4	1
정책자료		-	-	-	-	1	-	-	-	1	-
현장기술지원		2	3	2	-	2	-	5	-	11	3
농자재 심사 등록		-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
홍보		0	1	-	-	-	-	-	-	1	1
계		4	7	4	-	6	-	8	-	23	7

다. 종합연구내용

세 부 과 제	주 요 연 구 내 용	연 구 목 표	수행기간
1) 과수화상병 화기염염 검출 기술 개발	○ 꽃에서 화상병균 검출 기술개발 ○ 화상병균 시료 전처리에 의한 민감도 향상	○ 화상병균 민감, 신속, 조기 검출진단 기술 개발	'20~'24
2) 경기지역 과수화상병 발생지 특성조사 및 정밀예찰	○ 경기지역 화상병 발생지 특성 조사 ○ 꽃, 궤양 등에서 화상병 정밀 예찰	○ 화상병 발생 요인 분석 및 정밀 예찰에 의한 확산 저지	'20~'24
3) 배나무 화상병 발생지 격리시설 에서의 화상병 방제효과 구명	○ 시설내 화상병 등 병해충 발생 실태조사 ○ 배 개화기 및 생육기 방제를 위한 항생제 등 약제 선발	○ 배나무 화상병의 확산 저지 및 방제를 위한 약제 선발	'21~'24
4) 장미 세균성 시들음병 발생 실태조사 및 방제법 연구	○ 발생환경 등 발생 실태조사 ○ 저항성 품종 선발 등 방제법 개발	○ 장미 세균성시들음병 방제법 개발에 의한 확산저지	'21~'23

3. 당초 연구계획과 변경된 사항

『배나무 화상병 발생지 격리시설에서의 화상병 방제효과 구명』 연구 수시 설계로 추가(환경 농업연구과-6982, 2021.8.20.)

4. 연구개발결과의 활용방안 및 기대성과

가. 연구개발결과의 활용방안

1) 학술발표 및 논문게재

- 가) 과수 화상병균 검출 민감도 향상을 위한 전처리 기술(학술발표, 논문게재)
- 나) 과수화상병 발생 농가 특성 및 확산 원인(학술발표)
- 다) 경기지역 장미 세균성시들음병 발생현황(학술발표)
- 라) 장미 세균성시들음병 저항성 품종 선발(학술발표)
- 마) 장미 세균성시들음병 조기 진단법 개발(학술발표)

2) 영농활용

- 가) 과수화상병 꽃감염 및 궤양 증상 진단 방법
- 나) 과수화상병 확산 저지를 위한 재배 방법 개선
- 다) 장미 세균성시들음병 방제법 및 저항성 품종 선발
- 라) 장미 세균성시들음병 방제 매뉴얼

나. 기대성과

1) 기술적 측면

- 가) 과수 화상병 화기감염 조기 검출 기술개발
- 나) 화상병 방제 우수약제 선발 및 방제법 개발
- 다) 장미 세균성시들음병 방제법 개발에 의한 확산저지

2) 경제적·산업적 측면

- 가) 과수 화상병균의 확산 저지를 위한 종합방제 체계 구축
- 나) 장미 세균성시들음병 발생환경 구명 및 방제법 개발로 농가피해 최소화

5. 연구원 편성

세 부 과 제	구 분	소 속	직 급	성 명	참여기간	참여비율 (%)
1) 과수화상병 화기감염 검출 기술 개발	책 임 자	환경농업연구과	지방농업연구관	이상우	'20~'24	40
	공동연구자	"	"	최종윤	'20~'24	20
	"	"	"	이현주	'20~'24	10
	"	"	"	이영수	'20~'24	10
	"	"	"	김소희	'21~'24	10
	"	"	지방농업연구관	박중수	'22~'24	10
2) 경기지역 과수화상병 발생지 특성조사 및 정밀예찰	책 임 자	환경농업연구과	지방농업연구사	최종윤	'20~'24	35
	공동연구자	"	"	이현주	'20~'24	10
	"	"	"	이영수	'20~'24	10
	"	"	"	김소희	'21~'24	10
	"	기술보급과	지방농업지도사	권혜림	'21~'24	5
	"	환경농업연구과	지방농업연구관	이상우	'21~'24	20
3) 배나무 화상병 발생지 격리시설에서의 화상병 방제효과 구명	책 임 자	환경농업연구과	지방농업연구사	최종윤	'21~'24	40
	공동연구자	"	"	이현주	'21~'24	10
	"	"	"	이영수	'21~'24	10
	"	"	"	김소희	'21~'24	10
	"	"	지방농업연구관	이상우	'21~'24	20
	"	"	"	박중수	'22~'24	10
4) 장미 세균성시들음병 발생 실태조사 및 방제법 연구	책 임 자	환경농업연구과	지방농업연구관	이상우	'21~'23	40
	공동연구자	"	"	이현주	'21~'23	10
	"	"	"	이영수	'21~'23	10
	"	"	"	최종윤	'21~'23	10
	"	"	"	김소희	'21~'23	10
	"	원예연구과	"	황규현	'21~'23	10
	"	환경농업연구과	지방농업연구관	박중수	'22~'23	10

6. 연구개발비 소요명세서

(단위 : 백만원)

과제 및 세부과제명	1차년도 (2020)	2차년도 (2021)	3차년도 (2022)	4차년도 (2023)	5차년도 (2024)	합 계
○ 검역 및 세균성 병해 확산방지 기술 개발	70	180	145	145	110	650
- 과수화상병 화기감염 검출 기술 개발	40	40	40	40	40	200
- 경기지역 과수화상병 발생지 특성조사 및 정밀예찰	30	30	40	40	30	170
- 배나무 화상병 발생지 격리시설에서의 화상병 방제효과 구명	-	40	40	40	40	160
- 장미 세균성시들음병 발생 실태조사 및 방제법 연구	-	70	25	25	-	120