

영역	4	아젠다	2	대과제	1
과제 및 세부과제명	과제구분	연구분야	수행기간	과제책임자 및 세부과제 책임자	
인삼 연작장애 경감기술 개발	기관고유	인삼·약초	'15~	소득자원연구소	안희정
1) 인삼밭 예정지 선정 및 관리의 우수 사례 발굴	기관고유	인삼·약초	'22~'23	소득자원연구소	이진홍
2) 인삼 뿌리썩음병 길항균과 친화력이 강한 유기자원 선발 및 실용화 연구	"	"	'18~'24	소득자원연구소	안희정
3) 인삼 뿌리썩음병 진단 및 모니터링	"	"	'20~	소득자원연구소	"
4) 인삼 재배지 토양염류 경감기술 개발	"	"	'21~'25	소득자원연구소	"
색인용어	인삼, 연작장애, 경감기술, 예정지, 뿌리썩음병, 길항균, 진단, 염류				

1. 연구개발의 필요성

가. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

1) 현재 인삼 재배면적과 농가수는 연작장애로 인한 수량성 및 품질 저하와 이동경작에 따른 경영비 증가 등으로 감소하는 추세임

가) 인삼 재배면적(ha) : ('09) 19,702 → ('20) 15,160(23.1%↓)

나) 인삼 생산량(톤) : ('09) 27,460 → ('20) 23,896(13.0%↓)

다) 인삼 농가수(호) : ('09) 23,285 → ('20) 17,707(24.0%↓)

2) 인삼 산업의 안정기반 구축을 위해서는 가업승계나 청년창업농이 정착할 수 있도록 미래 지향적인 인삼 정착재배 기반 구축이 절실함

가) 인삼 생산성 및 품질저하의 주요 원인인 토양의 이화학성과 연작장애 원인인 미생물상의 안정화를 위한 자연친화적인 예정지 관리기술 개발 필요

나) 연작장애의 원인 중 가장 큰 피해를 주는 뿌리썩음병균인 *C. destructans* 와 *Fusarium* sp.에 대해 강한 길항력을 보이는 미생물 활용기술 개발 필요

3) 인삼 안정생산을 위해서는 인삼 재배적지 진단을 통해 피해를 사전에 예방할 수 있도록 대농민 서비스 추진과 이를 지원하기 위한 기술개발이 절실함

가) 인삼 뿌리썩음병 원인균 중 *C. destructans*는 인삼을 재배한 토양에 후막포자 형태로 10년 이상 생존하여 연(재)작을 어렵게 하는 원인임

나) 특히, 미숙퇴비나 질소함량이 높은 가축분 사용에 따른 염류장애와 미소동물의 뿌리 가해 부위를 통해 발생하는 인삼뿌리썩음병을 경감하는 기술의 개발이 절실함

- 4) 인삼 재배를 위한 ① 인삼 초작지는 부족하고, 토양환경은 ② 다비성작물 재배확대와 가축분 퇴비 등의 이용확대에 따른 토양의 질소 및 인산 함량 과잉 등으로 인해 인삼 재배에 부적합 예정지가 많음. 따라서, 지속가능한 정착형 인삼 재배 체계 구축을 위해서는
- 가) 인삼 연작장해 대응 경제성 있고, 정착 재배에 적합한 우수사례 발굴 및 지원방안 개발
 - 나) 인삼 뿌리썩음병 및 염류장해의 해결방안 도출을 위한 토양 이화학적성과 미생물상 추적 필요
 - 다) 뿌리썩음병 경감을 위한 예정지 관리용 유기농자재 및 길항미생물 활용기술 개발
 - 라) 인삼 정착재배기술에 필요한 토양환경 개선연구 추진과 대농민 서비스 품질 개선 필요

나. 연구개발대상 기술의 국내·외 현황

1) 국내 연구 현황

<타기관>

- 가) 인삼 뿌리썩음병에 관여하는 다양한 토양 전염병을 제어하기 위하여 길항력이 있는 방선균 균주를 첨가한 기능성 퇴비를 이용하여 토양전염병 예방 확인(2014, 강원도원)
- 나) 토양내 인삼 뿌리썩음병원균의 밀도검정을 위한 선택배지 및 배양을 통한 RT-PCR 분석 방법 개발(2016, 농촌진흥청)
- 다) 바실러스 아밀로리퀴파시엔스 AK-0 균주 및 이를 포함하는 인삼 뿌리썩음병원균 방제용 미생물 제제 개발(2017, 안동대·농촌진흥청)
- 라) 항체진단법(indirect ELISA)을 이용한 인삼뿌리썩음병원균 간이검출방법 개발(2021, 농촌진흥청)
- 마) 녹비작물 환원과 태양열 소독에 의한 인삼뿌리썩음병 발생 억제 및 연작장해 경감효과 (2021, 농촌진흥청)

<우리원>

- 가) 메타제노믹스 분석을 통해 인삼 뿌리썩음병 관련 병원균 동시진단기술(Multiplex-PCR) 프라이머 개발(2014)
- 나) 인삼포 토양에서 분리한 인삼뿌리썩음병에 대한 길항력이 우수한 *Bacillus* sp.(ARRI17) 선발(2014)
- 다) 인삼 밭 염류집적 경감을 위한 피복자재 선발(2014)
- 라) 토양내 인삼 뿌리썩음병원균을 직접적으로 검정하기 위한 원인균 2종 동시진단 프라이머 개발 및 특허등록, 토양 DNA 추출 효율 개선키트 개발(2017)
- 마) 인삼 뿌리썩음병원균 발병밀도 및 피해정도 구명(2018)
- 바) 인삼 뿌리썩음병에 대한 길항력을 가지는 바실러스 벨레젠시스 ARRI17의 정착 여부 확인을 위한 프라이머 개발(2018)
- 사) 인삼뿌리썩음병 길항미생물인 *Bacillus velezensis*(ARRI17)를 벚짚퇴비에 접종하여 제조한 퇴비의 적정 시용량은 4.5톤/10a 이었음(2019)

2) 국외 연구 현황

- 가) 인삼 연작장애는 주로 *Cylindrocarpon destructans*와 *Fusarium solani* 등과 같은 토양전염성 병원균에 의한 뿌리썩음병 때문에 발생함(2005, Phytopathology)
- 나) Real-time PCR을 이용한 토양에 존재하는 *Cylindrocarpon destructans f. sp. panacis* 정량(2007, Plant Pathology)
- 다) ITS region, β -tubulin, translation elongation factor 1- α , histone h3 sequences를 이용한 multi-locus 분석과 형태학적 특성을 비교하여 *Nectria/Neonectria* species complex를 *Ilyonectria radicolica* species complex로 명명하고 complex 내에 존재하는 clade a와 b를 총 17개의 종으로 재분류 함(2012, Mycological Progress)

다. 국내외 연구현황 비교 및 필요 연구 분야

연구현황 비교		필요연구 분야·내용
국 내	국 외	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 인삼 연작에서 윤작물 재배시 토양화학성, 토양 미생물상에 미치는 영향 연구 ○ 인삼 뿌리썩음병 길항미생물 선발, 미생물 동정, 작용기작 규명, 미생물 대량생산 및 제제화 연구 ○ 인삼 염류 내성 품종, 염류 스트레스 반응 연구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인삼 뿌리썩음병 원인균 분자생물학적 연구 ○ 길항미생물을 이용한 인삼 뿌리썩음병원균 방제효과 연구 ○ 바이오작물보호제 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 길항미생물 제제 개발 → 광대역의 스펙트럼을 가진 길항미생물 선발 및 실용화 ○ 방제효과 증진 → 다양한 길항성을 가진 미생물의 복합제제 개발 ○ 인삼 재배지 토양환경 개선 → 길항미생물과 친환력이 강하고 제염능력이 강한 유기소재 발굴

2. 연구개발 목표 및 내용

가. 정성적 성과 목표

연차	목 표
7차년도 (2021년)	<ul style="list-style-type: none"> - 인삼 논 재작지 연작장애 경감을 위한 예정지 관리 기술 개발 (5, 6년근) - 인삼 뿌리썩음병 길항균 혼합퇴비 현장적용 및 효과 검정(3년근) - 인삼 뿌리썩음병 밀도 진단 및 농가 컨설팅 - 인삼 재배지 토양 염류경감 소재 시용효과 구명 - 인삼 예정지 관리용 유기물 시용량에 따른 토양이화학성 및 미생물상 분석

연차	목 표
8차년도 (2022년)	<ul style="list-style-type: none"> - 인삼 연작장해 대응 경제성 있고, 정착 재배에 적합한 우수사례 발굴 및 지원방안 개발 - 인삼 뿌리썩음병 길항균 혼합퇴비 현장적용 및 효과 검정(4년근) - 인삼 뿌리썩음병 밀도 진단 및 농가 컨설팅 - 인삼 재배지 토양 염류경감 소재 시용효과 구명 - 인삼 예정지 관리용 유기물 시용량에 따른 토양이화학성 및 미생물상 변화 구명
9차년도 (2023년)	<ul style="list-style-type: none"> - 인삼 연작장해 대응 경제성 있고, 정착 재배에 적합한 우수사례 발굴 및 지원방안 개발 - 인삼 뿌리썩음병 길항균 혼합퇴비 현장적용 및 효과 검정(5년근) - 인삼 뿌리썩음병 밀도 진단 및 농가 컨설팅 - 인삼 재배지 토양 염류경감 소재 시용효과 검정(2년근)
10차년도 (2024년)	<ul style="list-style-type: none"> - 인삼 뿌리썩음병 길항균 혼합퇴비 현장적용 및 효과 검정(6년근) - 인삼 뿌리썩음병 밀도 진단 및 농가 컨설팅 - 인삼 재배지 토양 염류경감 소재 시용효과 검정(3년근)
11차년도 (2025년)	<ul style="list-style-type: none"> - 인삼 뿌리썩음병 밀도 진단 및 농가 컨설팅 - 인삼 재배지 토양 염류경감 소재 시용효과 검정(4년근)
최종	인삼 연작장해 경감 기술을 통한 인삼의 안정생산

나. 정량적 성과 목표

성과지표명		7년차 (2021년)		8년차 (2022년)		9년차 (2023년)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문게재	비SCI	-	-	1	-	-	-	1	-
학술발표	국제	-	-	-	-	-	-	-	-
	국내	1	-	1	-	1	-	3	-
영농활용 기관등록		1	1	2	-	1	-	4	1
산업재산권 등록		1	1	-	-	-	-	1	1
농기기술컨설팅, 현장기술지도		-	-	2	-	2	-	4	-
홍보		1	1	1	-	1	-	3	1
계		4	3	7	-	5	-	16	3

다. 종합연구내용

세 부 과 제	주 요 연 구 내 용	연 구 목 표	수행기간
1) 인삼밭 예정지 선정 및 관리의 우수사례 발굴	○ 예정지 선정 및 관리 기술 비교, 유형별 경제성 분석	○ 인삼 정착 재배 우수사례 발굴 및 지원방안 개발	'22~'23
2) 인삼 뿌리썩음병 길항균과 친화력이 강한 유기자원 선발 및 실용화 연구	○ 인삼 뿌리썩음병 길항균과 친화력이 우수한 유기 자원 선발 ○ 인삼 뿌리썩음병 길항균과 친화력 우수한 유기퇴비 길항력 검정	○ 인삼 뿌리썩음병 길항미생물을 이용한 뿌리썩음병 경감	'18~'24
3) 인삼 뿌리썩음병 진단 및 모니터링	○ 인삼 뿌리썩음병원균 2종 (<i>C. destructans</i> , <i>F. solani</i>) 분석 ○ 인삼밭 재배관리 컨설팅	○ 인삼 재배적지 선정 및 관리 기술을 농가에 제공, 컨설팅	'20~
4) 인삼 재배지 토양염류 경감기술 개발	○ 인삼 재배지 염류 경감 소재 선발 및 효과 검정 ○ 인삼 예정지 관리용 유기물 사용량에 따른 토양화학성 및 미생물상 변화	○ 인삼 재배지 염류 피해 경감 기술확립	'21~'25

3. 당초 연구계획과 변경된 사항

당 초	변 경	사 유
○ 2세부과제명 - 인삼 근부병 길항균과 친화력이 강한 유기 자원 선발 및 실용화 연구	○ 2세부과제명 - 인삼 뿌리썩음병 길항균과 친화력이 강한 유기 자원 선발 및 실용화 연구	○ 근부병과 뿌리썩음병은 같은 의미의 단어로 하나의 단어로 통일하고자 함
○ 4세부과제 <시험 1> - 시험토양 : EC 약 2.0dS/m	○ 4세부과제 <시험 1> - 시험품종 추가 - 시험토양 : EC 1.5dS/m수준	○ 시험내용 변경을 통해 시험 결과 효율성을 증진하고자 함

4. 연구개발결과의 활용방안 및 기대성과

가. 연구개발결과의 활용방안

- 1) 학술발표 및 논문게재
 - 가) 인삼 뿌리썩음병에 길항력이 있는 ARRI17의 특성
 - 나) 인삼 재배 토양 염류저감 소재 시용효과
- 2) 영농활용 및 시범사업 제안
 - 가) 인삼 재배지 뿌리썩음병 분석 및 재배적합성 진단
 - 나) 인삼밭 예정지 선정·관리기술 교육자료, 인삼농가 예정지 선정·관리 지원방안
- 3) 산업재산권 등록
 - 가) 인삼뿌리썩음병원균 길항미생물 검출용 핵산분자 및 이를 포함하는 검출 키트

나. 기대성과

- 1) 기술적 측면
 - 가) 인삼 뿌리썩음병 억제 및 재배적지 진단으로 인삼 정착재배 기반 구축
 - 나) 인삼 재배농가의 예정지 선정 및 관리 기술 지원으로 안정적 생산기반 조성
 - 다) 토양 및 기후 환경 변화에 따른 인삼 염류 피해 경감기술 확립
- 2) 경제적·산업적 측면
 - 가) 인삼 뿌리썩음병 방제기술 확립으로 인삼 안정 생산
 - 수량성 증대(kg/10a) : 현재) 640 → '30) 875
 - 나) 친환경 및 고품질 인삼 생산으로 수출 경쟁력 향상 및 인삼 종주국 위상 강화
 - 다) 인삼농가의 정착재배에 따른 예정지 비용 절감에 따른 소득 향상에 기여

5. 연구원 편성

세 부 과 제	구 분	소 속	직 급	성 명	참여기간	참여비율 (%)
1) 인삼밭 예정지 선정 및 관리의 우수사례 발굴	책 임 자	소득지원연구소	지방농업연구관	이진홍	'22~'23	40
	공동연구자	"	지방농업연구사	안영남	'22~'23	20
	"	"	"	안희정	'22~'23	15
	"	"	"	안예향	'22~'23	15
	"	"	지방농업연구관	김진영	'22~'23	10
2) 인삼 뿌리썩음병 길항균과 친화력이 강한 유기 자원 선발 및 실용화 연구	책 임 자	소득지원연구소	지방농업연구사	안희정	'19~'24	40
	공동연구자	"	"	안영남	'18~'24	20
	"	"	"	안예향	'19~'24	15
	"	"	지방농업연구관	이진홍	'22~'24	15
	"	"	지방농업연구관	김진영	'22~'24	10
3) 인삼 뿌리썩음병 진단 및 모니터링	책 임 자	소득지원연구소	지방농업연구사	안희정	'20~	40
	공동연구자	"	"	안영남	'20~	20
	"	"	"	안예향	'20~	15
	"	"	지방농업연구관	이진홍	'22~	15
	"	"	지방농업연구관	김진영	'22~	10
4) 인삼 재배지 토양 염류 경감기술 개발	책 임 자	소득지원연구소	지방농업연구사	안희정	'21~'25	40
	공동연구자	"	"	안영남	'21~'25	20
	"	"	"	안예향	'21~'25	15
	"	"	지방농업연구관	이진홍	'22~'25	15
	"	"	지방농업연구관	김진영	'22~'25	10

6. 연구개발비 소요명세서

(단위 : 백만원)

과제 및 세부과제명	6차년도 (2020년)	7차년도 (2021년)	8차년도 (2022년)	합 계
○ 인삼 연작장애 경감기술 개발	60	140	140	340
1) 인삼밭 예정지 선정 및 관리의 우수사례 발굴	20	20	20	60
2) 인삼 뿌리썩음병 길항균과 친화력이 강한 유기자원 선발 및 실용화 연구	20	20	20	60
3) 인삼 뿌리썩음병 진단 및 모니터링	20	80	80	180
4) 인삼 재배지 토양염류 경감기술 개발	-	20	20	40