

영역	2	아젠다	2	대과제	3
과제 및 세부과제명		과제구분	연구분야	수행기간	과제책임자 및 세부과제 책임자
시군 공급 미생물의 원균관리 및 생산체계 구축		기관고유	미생물	'20~'21	버섯연구소 문지영
1) 시군 미생물 배양·관리 실태 및 품질조사		기관고유	미생물	'20	버섯연구소 문지영
2) 시군 공급 미생물의 우수 원균 선발 및 작물 적용시험		기관고유	미생물	'20~'21	버섯연구소 백일선
3) 시군 공급 미생물 생산·관리 기준 설정		기관고유	미생물	'20~'21	버섯연구소 문지영
색인용어	시군친환경미생물배양실, 농가보급, 실태조사, 특성검정, 친환경농업				

1. 연구개발의 필요성

가. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 1) 세계 미생물제품 시장 규모는 2,590억 달러(297조원, 2016년)이고, 그 중 농업미생물시장은 23억 달러(2조6,400억원, 2015년)임. 농업미생물 시장은 연간 평균 15.5% 성장하여 2020년까지 47억 달러(5조4,300억원)까지 성장할 것으로 예상됨(Global Agricultural Microbials Market - Growth, Forecasts and Trends (2016-2021), Research and Markets).
- 2) 국내 미생물 시장 규모는 7,714억원(2010)으로 추정되며, 그 중 농업미생물 시장은 645억원 수준으로 추정됨. 생균제가 400억원, 지자체보급 미생물제가 145억원, 미생물제제가 100억원 정도의 시장을 형성하는 것으로 보고됨(작지만 아름다운 미래의 보물 미생물, 인터라벳).
- 3) 전국 시·군 농업기술센터 미생물 배양실 139개소에서 연간 43,463톤(2019)의 미생물제를 보급하고 있으며, 경기도는 전국 공급량의 29.9%인 13,003톤을 보급하여 공급량 1위를 기록하였음(경기도농업기술원 기술보급과).
- 4) 경기도는 양평, 이천, 여주의 미생물 공급량이 도 전체 공급량의 약 47.6%를 차지(2019)하며, 이는 팔당유역 상수원 보호구역의 지리적 특성과 관련이 있음.
- 5) 도내 시군센터 유용미생물 농가 보급량은 축산용 6,648톤, 농업용 6,355톤(2019)으로 '18년 대비 각각 6.1%, 2.9% 증가하였으며 사용이 보편화되고 있음('18년 축산용 6,262톤, 농업용 6,174톤). 농업용은 광합성세균(676톤), 고초균(450톤), 유산균(331톤), 효모(197톤) 순으로 많이 보급됨.
- 6) 도내 시군센터에서 법적으로 생산업이 등록된 미생물제는 광합성세균이 3종(*Rhodobacter sphaeroides*, *Rhodobacter capsulatus*, *Rhodoseudomonas capsulatus*), 바실러스균이 4종(*Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa*),

유산균이 2종(*Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*), 효모가 1종(*Saccharomyces cerevisiae*)임.

- 7) 대부분 시군센터에서의 미생물 분양은 배지판매업체로부터 받아 배양하여 농가에 보급하고 있으나 미생물의 특성검정 및 현장효과에 대한 연구는 거의 수행되지 않았음.
- 8) 도내 시군센터에서 공급하는 4종의 미생물에 대한 작물별 최적 처리주기, 환경정착능 등 현장적용 연구가 미비함.
- 9) 바실러스는 작물의 생육 촉진, 병 저항성 증진, 병 방제 뿐 아니라 해충 방제, 약취 저감, 사료제조 등의 목적으로 다양한 농업 현장에 사용되고 있음(Velivelli *et al.*, 2014).
- 10) 광합성세균 및 효모는 작물에 유용한 생리활성물질을 분비하며, 유산균은 토양의 난분해성 유기물을 가용화하는 역할을 함.
- 11) 경기도는 유용미생물을 동물위생시험소(축산용), 버섯연구소(농업용)에서 각 시군센터로 공급하고자 하며, 2019년에 동물위생시험소를 주축으로 5개 시군에 시범 공급하였음.
- 12) 경기도형 유용미생물 공급체계를 구축하고, 고품질 미생물을 생산·보급하기 위해 시군센터의 미생물 배양, 관리 실태와 생산하고 있는 미생물의 품질을 조사할 필요가 있음.
- 13) 도내 미생물생산 18개 시군센터에서 공통적으로 공급하는 미생물 광합성세균, 고초균, 유산균, 효모 4종에 대한 기능성 검정, 적합 원균을 선발하여 우수 군주에 대한 체계적인 종균 관리가 필요함.

나. 연구개발대상 기술의 국내·외 현황

1) 국내 연구 현황

가) 종균, 배지, 시설, 품질관리, 전문인력 부분의 문제점을 분석하고 개선하여 시·군센터로부터 매월 품질관리 결과보고를 받고 있음(보급미생물 정도관리 연구, 충북도원, 2016).

나) 시군센터의 생산시설, 예산규모, 배양제, 배지 공급방법 등을 조사하였고, 유산균과 고초균의 토마토, 오이에 대한 생육, 병해방제 효과를 검증함. 유산균과 고초균의 혼합사용으로 토마토의 과실 개체수와 수량이 향상되었고, 흰가루병에 대한 병반면적율이 감소되었음. 동절기 오이 재배 시 초장과 수량을 증가시켰음(시군센터 미생물배양 및 현장사용 실태조사, 경북도원, 2014).

다) 배양센터의 현안 문제점과 배양 담당자의 역량에 관한 설문(94문항) 결과를 제시하였음. 경기도는 14개소가 응답하였고, 전국 공통적으로 인력 부족과 노후장비의 문제점을 들었음(전국 시군센터 미생물 관리 현황 보고서, 경상대, 2017).

라) 경기도는 11개소에서 단일균을, 3개소에서 복합균과 단일균을 배양하고 있었으며, 배양균은 바실러스, 광합성세균, 효모, 유산균이 많고 일부에서 클로렐라, 초산균, 페니바실러스 등을 배양하고 있었음. 10개소에서 미생물은 배지를 공급하는 사기업을 통해 확보한다고 하였으며 출처는 모른다고 응답함. 7~8개소에서 미생물 성장속도 측정, 배지 적합성 검사, 동정을 하고 있었으며, 10개소에서 배양균 오염검사를 수행한다고 응답함.

마) 설문조사를 통한 전반적인 실태조사는 이루어졌으나, 경기도 14개소에서 보급하는 실제 종균과 배양균에 대한 오염검사(법적금지균 검사), 효능검사 등은 이루어지지 않음.

- 바) 시군 배양센터에서 사용하는 배지를 분석하고, soytone (대두 효소분해물)을 활용한 유산균 대량생산용 실용배지를 개발하였음(경기도원, 2011).
- 사) 고가의 시판배지를 대체하기 위한 고초균, 효모, 유산균용 저가 배지를 개발하여 배지 구입비용을 기존의 15~20% 수준으로 낮춤. 군주별 성장곡선과 생균수는 저가 배지와 시판배지에서 유사한 수준이었음(농가 보급용 미생물 생산비 절감 연구, 강원도원, 2015).
- 아) 시군보급 미생물(EM) 시설고추 재배효과 구명시험 결과, 미생물처리구의 생산성효과 및 저장에 의한 상품성 증대효과는 매우 낮음(충남도원, 2015)
- 2) 국외 연구 현황
- 가) 국외 미생물제제는 소품목이고 효과가 우수하며, 유용미생물 개발 후 유기농업자재로 제품화하여 판매하고 농업관련기관에서 무상공급은 하지 않음.
- 나) EM의 주요미생물은 광합성세균인 *Rhodopseudomonas* sp., 젖산균인 *Lactobacillus* sp., *Saccharomyces* sp. 임(Zuraini 등, 2010).
- 다) EM처리로 목화 재배에 수량증진효과(Abdul 등, 2006)
- 라) *Rhodopseudomonas* sp., *Lactobacillus* sp., *Streptomyces griseus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Streptomyces albus*, *Aspergillus oryzae* 등 여러 유용곰팡이를 $10^5/\text{ml}$ 밀도로 첨가한 EM균(당밀 배양) 처리로 양파, 옥수수 수량이 증진됨(M.J daly 등, 2002).
- 마) 토양에 EM 접종으로 토양 개량효과 및 작물의 수량과 생장이 증진됨(Gengo and Hui-lian, 2000).
- 바) 젖산균인 *Lactobacillus* sp.은 토양에서 효모와 광합성세균이 공존할 때 유기산을 많이 만듦. 유기산은 식물병을 일으키는 선충 밀도를 낮추어 병을 방제하는 효과를 가지며 토양 유기물인 셀룰로오스 및 리그닌을 분해하는 역할을 함(Ouwehand, 1998).

다. 국내외 연구현황 비교 및 필요 연구 분야

연구현황 비교		필요연구 분야 · 내용
국 내	국 외	
○ 유용미생물, EM 등을 전국 시군 센터에서 무상공급함 ○ 가능성이 뛰어난 미생물은 특허 군주로 등록되고 제품화되어 미생물농약으로 판매됨 ○ 농가에서는 무상공급되는 미생물제와 판매되는 미생물농약을 모두 활용함 ○ 타도 기술센터 공급미생물의 특성검정 및 작물 효과 검정	○ 유용미생물은 제품화하며 무상공급하지 않음 ○ EM에 대한 작물 생산성 향상 효과 검정 ○ EM 처리에 의한 토양미생물 군집 변화	○ 시군 공급 미생물의 품질 관리 등이 필요함 ○ 유용미생물이 원활하게 공급될 수 있도록 주기적인 정도 관리가 필요함 ○ 시군 공급미생물의 특정검정 후 작물에 따른 적합 미생물 선별 및 원균관리가 필요함

2. 연구개발 목표 및 내용

가. 정성적 성과 목표

연차	목 표
1차년도 (2020년)	- 미생물 배양센터 18개소에 대한 실태조사 - 원균 동정, 종균 및 배양균 품질조사 - 18개 시군에서 공급하고 있는 광합성세균, 고초균, 유산균, 효모에 대한 기능적 특성검정 및 원균 선발 - 시군공급 배양균에 대한 보관기준 설정
2차년도 (2021년)	- 특성이 검정된 선발 원균에 대한 배양조건 설정 - 농업용 유용미생물 대량생산기준 설정 - 작물별 최적 미생물 처리 기준설정
최종	시군 공급 미생물의 원균관리 및 작물 처리기준 설정

나. 정량적 성과 목표

성과지표명		연도		1년차 (2020년)		2년차 (2021년)		계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문게재	SCI								
	비SCI					2		2	
학술발표	국제								
	국내			2		2		4	
농가기술지도/컨설팅				1		1		2	
영농활용 기관제출						5		5	
자료발간						1		1	
홍보				1		2		3	
계				4		13		17	

다. 종합연구내용

세 부 과 제	주 요 연 구 내 용	연 구 목 표	수행기간
1) 시군 미생물 배양·관리 실태 및 품질 조사	○ 시군 미생물배양 실태조사 ○ 시군 배양미생물 품질조사	○ 실태조사를 통한 개선 방향 설정 ○ 품질조사를 통한 관리 현황 파악	'20

세 부 과 제	주 요 연 구 내 용	연 구 목 표	수행기간
2) 시균 공급 미생물의 우수 원균 선발 및 작물 적용시험	○ 각 시균 공급 4종 미생물에 대한 기능적 특성검정 ○ 작물 적용시험	○ 시균 공급미생물 4종의 우수 원균 선발 ○ 작물에 따른 적합미생물 선발	'20~'21
3) 시균 공급 미생물 생산·관리 기준 설정	○ 배양균의 보관기준 설정 ○ 미생물 생산기준 설정을 위한 배지 적합성 검사	○ 온도, 기간별 최적 보관 기준 설정 ○ 선발 원균에 대한 최적 배지 선정 ○ 유용미생물 대량생산기준 설정	'20~'21

라. 당해년도 세부연구내용

세 부 과 제	연차	연 구 내 용
1) 시균 미생물 배양·관리 실태 및 품질조사	1/1	<시험1> 시균 미생물 배양·관리 실태조사('20) 가. 조사대상 : 시균센터 18개소 나. 조사방법 : 설문, 현장방문, 선행연구 분석 다. 조사내용 : 원균 보존방법, 원균 확보주기, 구입처, 균주별 배지조성, 배양조건, 배지적합성검사 및 오염검사 수행 주기, 공급용기관리, 담당자역량, 오염도 및 관리체계 존재 여부 등 <시험2> 시균 배양미생물 품질조사('20) 가. 조사대상 : 시균센터 18개소 나. 조사주기 : 반기별 1회 다. 조사내용 : 종균, 배양균 순도·생균수(밀도), 법적금지균(병원성대장균, 살모넬라, 황색포도상구균, 바실러스 세레우스) 검출 여부
2) 시균 공급 미생물의 우수 원균 선발 및 작물 적용시험	1/2	<시험1> 시균 공급 미생물 특성검정('20) 가. 조사대상 : 시균센터(18개소) 나. 시험균주 : 4종 미생물 원균 ※ 광합성세균, 고초균, 효모, 유산균 다. 조사내용 : IAA생성능, siderophore 생성능, 인산가용화능, 항균능 등 <시험2> 시균 공급 우수 원균 선발('20) 가. 시험균주 : <시험1>에서 선발된 특성이 우수한 균주 ※ 미생물 종류별 1~2개 나. 처리내용 : 온도 4℃ 등 3수준, 저장기간 1주일 등 3수준 다. 조사내용 : 저장조건에 따른 균주별 특성검정, 생균수 측정

세 부 과 제	연차	연 구 내 용
3) 시군 공급 미생물 생산·관리 기준 설정	1/2	<시험1> 원균 시범공급센터 생산·관리 모니터링('20) 가. 조사대상 : '20년도 원균 시범공급 4개소 나. 조사주기 : 분기별 2회 다. 시험내용 : 공급균주 종균, 배양균 순도·생균수(밀도), 법적금지균(병원성대장균, 살모넬라, 황색포도상구균, 바실러스 세레우스) 검출 여부, 중요기자재(클린벤치, 배양기 내부) 오염도 측정, 균주·장비관리 컨설팅 등 <시험2> 배양균 보관기준 설정('20~) 가. 시험균주 : 선발 원균 4종 나. 처리내용 : 온도 4℃ 등 3수준, 저장기간 1주일 등 3수준 다. 조사내용 : 순도, 활력도(생균수), 오염여부 등 <시험3> 생산기준 설정을 위한 배지 적합성 검사('20~) 가. 시험균주 : 선발 원균 4종 나. 조사대상 : 시판배지 3종 다. 처리내용 : 접종량 0.1% 등 3수준, 온도 3수준 라. 조사내용 : 성장곡선, 배지 적합성검사 등

3. 연구개발결과의 활용방안 및 기대성과

가. 연구개발결과의 활용방안

1) 학술발표 및 논문게재

- 가) 도내 시군공급미생물의 품질조사(학술발표, 2020)
- 나) 경기도 시군 미생물배양센터 실태조사 및 개선방안(논문게재, 2021)
- 다) 도내 시군공급미생물의 특성검정(학술발표, 2020)
- 라) 도내 시군공급미생물의 작물 효과검정(학술발표, 2021)
- 마) 시군 공급미생물 우수 원균의 작물 적용 연구(논문게재, 2021)

2) 영농활용

- 가) 농가의 배양균 적정 보관 기준(2020)
- 나) 시군공급미생물의 작물 처리기준 설정(2021)

3) 자료발간

- 가) 경기도 시군 공급 미생물 배양, 관리 매뉴얼(2021)

나. 기대성과

1) 기술적 측면

- 가) 경기도 유용미생물 공급체계 구축을 위한 품질관리기준 설정
- 나) 시군공급 미생물의 병저항성 및 기능성 효과검증

2) 경제적·산업적 측면

- 가) 경기도 친환경 농가에 고품질 유용미생물 보급
- 나) 미생물의 기능성 검정에 따른 미생물 선택사용 가능
- 다) 유용 미생물제 농가공급으로 안전 농산물 생산에 기여

4. 연구원 편성

세 부 과 제	구 분	소 속	직 급	성 명	참여기간	참여비율 (%)
1) 시군 미생물 배양·관리 실태 및 품질 조사	책 임 자	버섯연구소	지방농업연구사	문지영	'20~	50
	공동연구자	"	"	백일선	"	20
	"	"	"	원태진	"	15
	"	"	"	남주희	"	10
	"	"	지방농업연구관	정구현	"	5
2) 시군 공급 미생물의 우수 원균 선발 및 작물 적용시험	책 임 자	"	지방농업연구사	백일선	"	50
	공동연구자	"	"	문지영	"	20
	"	"	"	원태진	"	15
	"	"	"	남주희	"	10
	"	"	지방농업연구관	정구현	"	5
3) 시군 공급 미생물 생산·관리 기준 설정	책 임 자	"	지방농업연구사	문지영	"	50
	공동연구자	"	"	백일선	"	20
	"	"	"	원태진	"	15
	"	"	"	남주희	"	10
	"	"	지방농업연구관	정구현	"	5

5. 연구개발비 소요명세서

(단위 : 백만원)

과제 및 세부과제명	1차년도 (2020)	2차년도 (2021)	합 계
○ 시군 공급 미생물의 원균관리 및 생산체계 구축	45	30	75
1) 시군 미생물 배양·관리 실태 및 품질 조사	15	-	15
2) 시군 공급 미생물의 우수 원균 선발 및 작물 적용시험	15	15	30
3) 시군 공급 미생물 생산·관리 기준 설정	15	15	30