

영역	2	어젠다	2	대과제	3
과제 및 세부과제명	과제구분	연구분야	수행기간	과제책임자 및 세부과제 책임자	
농업미생물 자원 확보 및 실용화 기술 개발	기관고유	미생물	'20~'25	친환경미생물 연구소	문지영
1) 작물 생육촉진용 미생물 개발 및 현장 적용연구	기관고유	미생물	'20~'23	친환경미생물 연구소	임성희
2) 복합 병 방제용 미생물 개발 및 현장 적용연구	기관고유	미생물	'20~'23	친환경미생물 연구소	문지영
3) 시군 공급 미생물 원균 배양기준 설정 및 보급	기관고유	미생물	'22~'23	친환경미생물 연구소	문지영
4) 경기 농경지 토양미생물 변동조사	어젠다	미생물	'21~'25	친환경미생물 연구소	문지영
색인용어	친환경농업, 미생물, 생육촉진, 병 방제, 대량배양, 토양미생물 변동조사				

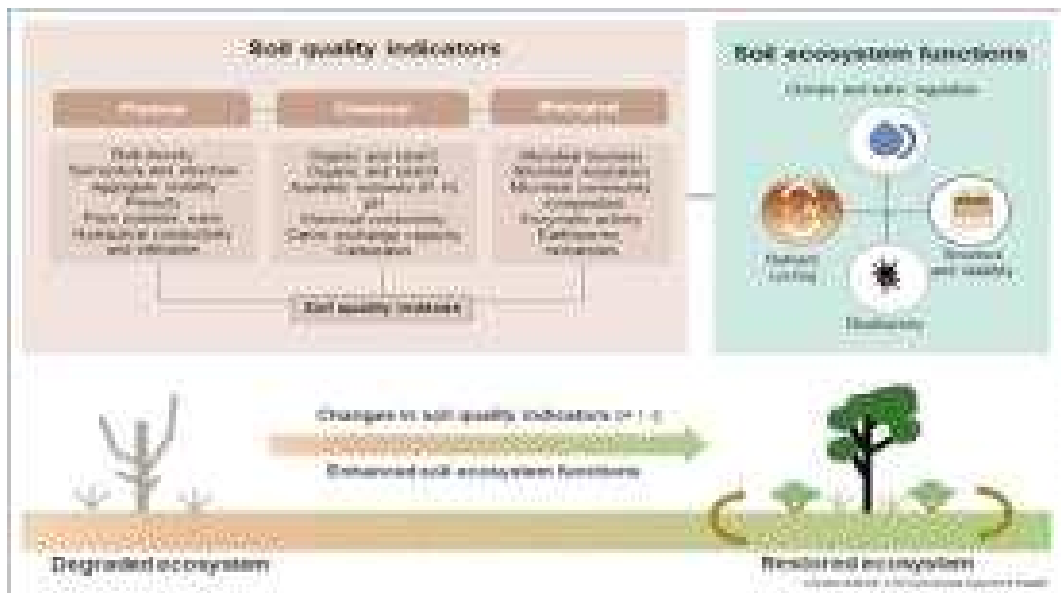
1. 연구개발의 필요성

가. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 1) 농업미생물은 화학비료와 농약을 대체할 수 있는 가장 중요한 친환경농업의 자원이며, 친환경 재배작물 농가에서는 작물생육촉진, 양분공급(생물비료), 병충해방제(생물농약) 등을 목적으로 유용한 미생물을 활용하고 있음.
- 2) 친환경농산물에 대한 수요 증대, 친환경농업 및 녹색성장에 따른 유용미생물의 수요와 시장 증가로 작물 생육촉진 및 병방제에 활성을 가지는 미생물제 개발이 확대되고 있으며, 미생물제로 가장 많이 상용되는 바실러스는 내생포자를 생성하여 제제화하기 용이한 미생물로 활용도가 높음(Nicholson, 2002; Cawoy *et al.*, 2011).
- 3) 국내에 등록된 토양개량 및 작물생육용 미생물제는 173종, 병충해방제용 미생물제는 103종으로 알려져 있으며(2019), 국내에서 개발된 생물농약의 90% 이상이 *Bacillus* sp. 으로 펩타이드계 항균물질을 생산함.
- 4) 세계 미생물제품 시장 규모는 2,590억 달러(297조원, 2016년)이고, 그 중 농업미생물 시장은 23억 달러(2조6,400억원, 2015년) 수준임. 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).
- 5) 국내 미생물 시장 규모는 3.4조원(2016)이며, 그 중 미생물비료가 297억, 미생물농약이 139억 정도임. 국내 미생물 시장의 대표 기업으로는 팜한농, 그린바이오텍, 대유(농업용), CTC바이오, 대호(축산용), 대상, CJ, 국순당, 오뚜기, 샘표(식품용) 등이 있음.

- 6) 우리나라는 균주 16만여주를 보유한 세계 5위 미생물자원 보유국(Linhuan Wu *et al.*, 2016)이고 신규 미생물 발굴 능력이 우수하지만(과학기술정책연구원, 2011), 미생물제품으로 사업화나 실용화가 미흡한 수준임.
- 7) 세계적으로 생물다양성이 감소되는 상황으로 1992년 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity)이 채택됨. 생물다양성협약은 생물 및 유전자원에 대한 국가의 주권적 권리가 인정되고, 이용으로부터 발생하는 이익의 공정하고 공평한 공유를 규정함.
- 8) 2010년 UN 생물다양성협약 10차 총회에서 ‘생물 및 유전자원에 대한 접근 및 그것으로 인하여 발생하는 이익의 공유’를 다룬 나고야의정서(ABS; Nagoya Protocol on Access and Benefit Sharing) 채택됨. 우리나라도 2018년 8월 18일, 나고야의정서 이행을 위한 유전자원법이 전면 시행되어 외국의 생물 및 유전자원을 사용할 때 제공국에게 사전에 통보하여 허가를 받고, 발생한 이익에 대하여 대가(로열티)를 지불해야 함. 이로 인한 분쟁이 생겼을 경우, 우리나라는 환경부 국립생물자원관에서 대응, 교육 등을 수행함.
- 9) 식물호르몬 생산, 질소고정능, 박테리오클로로필 함량 우수 등 농업적 가능성이 우수한 토착 미생물을 지속적으로 탐색하고 선별할 필요가 있음.
- 10) 유익한 토양미생물은 각종 양분을 가용화하고 유기질을 분해하여 토양 유기물 함량을 높여주므로 토양개량제로서의 생물비료 개발이 지속적으로 필요함.
- 11) 농업 현장에서 미생물비료(biofertilizer)로 가장 많이 활용되고 있는 광합성세균은 IAA (indole acetic acid) 생성, 인산가용화, 질소고정 등의 역할을 함.
- 12) 건강한 작물 주변 마이크로바이옴을 진단하여 미생물 군집을 인공적으로 토양에 처리하여 병을 방제하고 수량을 증가시키는 식물 마이크로바이옴 연구가 이루어지고 있음.
- 13) 토양근권미생물은 작물 뿌리생육 발달에 유리한 토양환경을 조성하며 토양 내 유해균과 길항작용으로 유익균을 증가시키는 역할을 함.
- 14) 경작지 건전토의 미생물 분포는 호기성세균, 방선균, 사상균, *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Azotobacter* sp., 탈질균, 암모니아산화균, 아질산산화세균 등 있음(Suh and Shin, 1997).
- 15) 밭토양에서 분리된 인산가용화균은 *Bacillus pumilus*, *Breviacillus* sp., *Paenibacillus peoriae*, *Cedecea davisae*, *Pseudomonas chlororaphis*, 시설재배지 토양에서 분리한 인산가용화균은 *Bacillus lentimorbus*, *Bacillus megaterium*, *Cellulimonas biazotea*, *Cellulomonas turbata* 등이 있음(Shu and Kwon, 2008).
- 16) 식물에 대한 양분흡수는 토양의 pH에 의해 영향을 받으며 작물마다 재배 적합 pH는 다르지만, 일반적으로 pH 6.5 내외에서 토양의 미네랄 및 칼슘이 풍부하므로 토양의 산성화를 막는 것이 중요함.

- 17) 국내 미생물농약 연구는 1980년 전후로 기초연구가 시작되어 인삼뿌리썩음병, 모잘룩병, 역병, 잣빛곰팡이병 등의 방제를 위한 연구가 수행되었음.
- 18) 국내 최초의 미생물농약은 2003년에 등록된 오이흰가루병 방제용 '탑시드액상수화제' ((주)그린바이오텍), 배추좀나방 방제용 '솔빛채액상수화제'임. 현재 생물농약은 살균용 17종, 살충용 12종이 등록되어 있음.
- 19) 농업생태계에서 토양미생물은 다양하게 상호작용 함으로써 양분순환, 작물 생장에 큰 영향을 끼치고 있으므로 토양미생물 변동에 대한 지속적 모니터링이 필요함.
- 20) 일반농경지를 대상으로 토양미생물의 서식지에 영향을 주는 주요인자인 토양의 물리·화학적인 특성에 관한 조사는 꾸준히 이루어져 왔으나, 미생물 특성 조사 및 데이터 베이스(DB) 구축은 여전히 부족한 상황임.
- 21) 토양 내 생물다양성에 미치는 효과의 객관적인 평가를 위해 핵심지표를 이용한 지속적 모니터링이 필요하며 다양한 농업활동에 따른 토양 내 미생물 다양성과 군집구조 해석을 통한 토양질 평가 및 개선이 필요함.
- 22) 토양질(soil quality)은 농경지 토양의 단계적 발전과정에서 토양의 물리·화학적 특성이 순차적으로 개선된 후 생물학적 특성(활성과 다양성)이 개선되면서 토양의 질과 생태적 기능이 향상될 수 있음.
- 23) 토양질과 생태학적 기능의 평가지표로서 미생물학적 특성을 파악하는 것은 필수적이나, 관련 연구는 여전히 부족한 상황임.



< 토양질 지표와 생태계 기능>

Muñoz-Rojas (2018) Curr Opin Environ Sci Health.

- 24) 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).
- 25) 경기도는 양평, 이천, 여주의 미생물 공급량이 도 전체 공급량의 약 47.6%를 차지하며 (2019), 이는 팔당유역 상수원 보호구역의 지리적 특성과 관련이 있음.
- 26) 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.
- 27) 대부분 시군센터에서 미생물 원균은 배지 판매업체로부터 받아 배양하여 농가에 보급하고 있으며 미생물의 특성검정 및 현장효과에 대한 연구는 미비함.
- 28) 도내 시군센터에서 공급하는 4종의 주요 미생물에 대한 작물별 최적 처리주기, 토양정착능 등 현장적용 연구가 필요함.
- 29) 바실러스는 작물 생육 촉진, 병 저항성 증진, 병 방제 뿐 아니라 해충 방제, 악취 저감, 사료제조 등의 목적으로 다양한 농업 현장에 사용되고 있음(Velivelli *et al.*, 2014).
- 30) 광합성세균 및 효모는 작물에 유용한 생리활성물질 분비하며, 유산균은 토양의 난분해성 유기물을 가용화하는 역할을 함.
- 31) 경기도는 유용미생물 원균을 동물위생시험소(축산용), 친환경미생물연구소(농업용)에서 시군센터로 공급하고자 하며, 2019년에 동물위생시험소를 주축으로 4개 시군에 시범 공급하였음.
- 32) 도내 미생물생산 18개 시군센터에서 공통적으로 공급하는 광합성세균, 고초균, 유산균, 효모 4종에 대한 기능성을 검정하여 정보 제공할 필요가 있고, 우수 미생물을 수집, 선별하여 공급하는 등 원균과 배양균에 대한 체계적인 생산·관리 시스템이 필요함.

나. 연구개발대상 기술의 국내·외 현황

1) 국내 연구 현황

- 가) 작물 생육촉진 및 병방제 복합기능성 *Bacillus velezensis* GH1-13(농약과학회지, 2016)
- 나) 토착 광합성세균(*Rhodospseudomonas palustris* 32-J)의 딸기 수량증진 및 과실품질 증진 효과(제주도원, 2015)
- 다) *Arthrobacter woluwensis* ED의 토마토 생장촉진 효과(한국미생물학회지, 2014)
- 라) *Bacillus* sp.가 생산하는 Fusaricidin 대량생산기술 개발(생명공학연구원, 2014)
- 마) 전남 주요 원예작물인 배추, 양파를 대상으로 농진청에서 개발한 *Bacillus subtilis* (B91281) *Pseudomonas* sp.(P91282), *Kluyvera* sp.(K91283)의 현장효과 검정(전남도원, 2014)

- 바) 토착 광합성세균 선발 및 대량배양조건 확립 연구(제주도원, 2013)
- 사) 난용성인산염 가용화 효모와 항진균 효과를 가진 세균 혼합배양액을 이용한 고추 병해의 생물학적 방제(한국미생물학회지, 2013)
- 아) 유용미생물 처리가 고추의 생육 및 과실성분에 미치는 영향(한국유기농업학회지, 2012)
- 자) 바실러스 생성 면역활성 유도물질 동정 및 합성(농과원, 2011)
- 차) 고추 플러그묘 초기 생육을 촉진시키는 *Bacillus amyloliquefaciens* MJ-3의 분리 및 상토내 처리 효과(생명과학회지, 2003) 및 양송이버섯으로부터 분리한 *Arthrobacter enclensis* Yangsong-1의 식물생장촉진효과(한국버섯학회지, 2019)
- 카) *Bacillus* sp. SD-10이 생산하는 항균물질에 의한 푸른곰팡이 저해 활성(생명과학회지, 2004)
- 타) 버 도열병 방제제로 *Kasugamycin*(*Streptomyces kasugaensis*에서 분리된 항생제), *Blasticidin-S*(*St. griseochromogenes*에서 유래)가 많이 사용되고 있으며, 다양한 식물 병원균에 억제효과를 나타내는 미생물유래 물질들(polyoxin, validamycin, mildiomyacin, natamycin, oxytetracyclin, streptomycin)이 개발되어 있음.
- 파) 항생기작 기반의 미생물농약과 달리, 식물에 면역기능을 부여하여 병 저항력을 높이는 미생물 제는 여러가지 병에 대해 복합 방제가 가능함. 병 저항성을 유도하는 생육촉진근권세균(GPBR: Plant Growth Promoting Rhizobacteria)은 식물 세포가 미생물의 유도저항성 신호물질을 감지하여 저항성물질과 조직의 강화를 통해 면역기능을 유도하는 원리임.
- 하) 식물에 병 저항성을 유도하는 바실러스 세균으로 *B. subtilis*, *pumilus*, *amyloliquefaciens*, *thuringiensis*, *mycooides*, *pasteurii*, *sphaericus*, *cereus*가 보고됨(KIC News, 2011).
- 가) 2006년에 개발된 *B. vallismortis* EXTN-1은 식물의 자체 방어기작을 활성화시켜 병 저항성 단백질 활성, 세포조직 강화, 과민감 반응, 생육촉진 효과를 나타냄(농과원, 2006). 이 균주는 동부한농으로 기술 이전되어 입제, 상토, 액제, 유기 비료 등 10여종의 제품으로 실용화됨.
- 나) 바실러스 세균으로부터 동정된 저분자 환형펩타이드(cyclic peptides)를 토대로 합성된 신규물질(H3)을 0.1~1.0 ppm 농도로 처리할 경우, 세균성 무름병균(*Pectobacterium carotovora*)을 97% 이상 방제한다고 보고됨.
- 다) *B. amyloliquefaciens*가 노지고추의 탄저병에 대해 36.5%의 방제가를, *Chryseobacterium* sp.이 세균성 점무늬병에 대해 47.6%의 방제가를 나타낸다고 보고됨(경북도원, 2015).
- 라) 키다리병 방제용 미생물 처리방법은 먼저 종자를 24~36시간 물에 침지 후, 미생물제에 36~48시간 처리하는 것이 효과가 좋았음. 전남 지역에서 활용되고 있는 고초균, 광합성 균, 유산균, 효모는 탄저병, 시들음병에 항균활성을 보였음(전남도원, 2014).
- 마) 1999년부터 전국 단위 농경지 토양미생물 변동 평가(1999~2016, 농진청)를 추진하여 토지 이용별(논·밭·과수원·시설재배지) 4년 1주기로 모니터링 하였고, 토양 pH, EC 등이 세균 군집구조에 미치는 영향(2016), 비료 장기연용이 논토양 미생물 군집구조에 미치는 영향(2016), 전국 시설재배지 토양의 16S rRNA 유전자 파이로시퀀스(2013)를 연구함.

- 바) 종균, 배지, 시설, 품질관리, 전문인력 부분의 문제점을 분석하고 개선하여 시군센터로부터 매월 품질관리 결과보고를 받고 있음(보급미생물 정도관리 연구, 충북도원, 2016).
- 사) 시군센터의 생산시설, 예산규모, 배양균, 배지 공급방법 등을 조사하였고 유산균과 고초균의 토마토, 오이에 대한 생육, 병해방제 효과를 검증함. 유산균과 고초균 혼합사용으로 토마토 과실 개체수와 수량이 증가하고 흰가루병에 대한 병반면적율이 감소되었음. 동절기 오이 재배 시 초장과 수량을 증가시켰음(시군센터 미생물배양 및 현장사용 실태조사, 경북도원, 2014).
- 야) 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).
- 자) 경기도는 9개소에서 단일균을, 9개소에서 복합균과 단일균을 배양하고 있었으며, 배양균은 바실러스, 광합성세균, 효모, 유산균이 많고 일부에서 클로렐라, 질산화세균, 페니바실러스 등을 배양하고 있었음. 16개소에서 미생물은 배지를 공급하는 사기업을 통해 확보한다고 하였고 출처는 모른다고 응답함. 8개소에서 미생물 성장속도 측정, 배지 적합성 검사, 동정을 하고 있었으며, 18개소에서 배양균 오염검사를 수행한다고 응답함.
- 차) 시군 배양센터에서 사용하는 배지를 분석하고 soytone(대두 효소분해물)을 활용한 유산균 대량생산용 실용배지를 개발하였음(경기도원, 2011).
- 카) 고가의 시판배지를 대체하기 위한 고초균, 효모, 유산균용 저가 배지를 개발하여 배지 구입 비용을 기존의 15~20% 수준으로 낮춤. 균주별 성장곡선과 생균수는 저가 배지와 시판배지에서 유사한 수준이었음(농가 보급용 미생물 생산비 절감 연구, 강원도원, 2015).
- 타) 시군보급 미생물(EM)의 시설고추 재배효과 시험 결과, 미생물 처리구의 생산성 및 저장에 의한 상품성 증대효과는 매우 낮음(충남도원, 2015).

2) 국외 연구 현황

- 가) 광합성세균 *Rhodospseudomonas palustris*에 의한 벼 수량 증진 및 메탄배출 저감 효과 (Applied soil ecology, 2016)
- 나) *B. amyloliquefaciens* FZB42 대사 산물에 의한 병원균 억제 및 식물 전신유도 저항성에 대한 연구(Chowdhury 등, 2015)
- 다) PGPRs과 지렁이 분변토에 의한 발작물의 수량 및 품질 향상, 토양의 질 향상(중국, 2015)
- 라) 시설재배토양과 논토양은 인산부족현상이 빈번하게 발생되는데, 이는 난용성인산염이 가용화되지 못해 발생됨. 토양의 난용성인산염은 세균에 의해 유효인산으로 전환되며 관련된 세균은 *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Rhizobium*, *Meosorhisobium*, *Sinorhizobium* 등(Asea et al., 1988; Salih et al., 1989; Rodriguez and Fraga, 1999)

- 마) 세계 각국은 미생물관련 특허법을 강화하여 기능성 미생물의 자원 확보를 위해 탐색에 심혈을 기울이고 있음.
- 바) 네덜란드 Koppert사는 작물 생육촉진 미생물로 *Trichoderma* sp., 독일 EBi-Tep사에서 *Bacillus subtilis* FZB45를 상용화함.
- 사) 국외 생물농약 연구개발은 1970년 초에 본격 시작되었으며, 대표적인 제품으로 Harpin (미생물 추출 단백질, Eden bioscience사), Serenade(바실러스, Agrquest사), Triatum (곰팡이, Koppert사)이 있음.
- 아) 식물에 전신획득저항성을 부여하는 Harpin 단백질은 *Pectobacterium amylovora*가 생산하며 식물병 방제, 생육촉진 효과가 보고됨. Harpin 유전자를 대장균에 형질전환시켜 대량 생산하며 Messenger라는 상표로 상용화됨.
- 자) 뉴질랜드는 주요 토양과 대표필지 511개 지점을 대상으로 토양질 평가를 수행하고 있으며, 온라인 기반 플랫폼인 'Sindi'를 개발하여 데이터베이스 정보를 이용하여 토양 특성(토양 탄소, 질소, 무기태질소, pH, 유효인산, 용적밀도, 공극률) 등을 비교하고 있음.
- 차) 기후온난화는 종 풍부도와 군집구성 변화를 낮추는데, 이는 높은 기온에서 대사율이 높고 경쟁이 치열한 것과 관련이 있다는 결론을 도출함(Liang *et al.*, 2015).
- 카) 토양생태계에서 중요한 역할을 하는 토양미생물 마커를 개발하는 연구는 분자수준으로 쉽게 토양환경을 예측할 수 있고 작물생산 가능성을 측정할 수 있음(Michael *et al.*, 2018).
- 타) 토양미생물 지표는 수십 가지에 이르기 때문에 모든 것을 모니터링 프로그램에 포함시키는 것은 현실적으로 어려움. 일부 유럽 국가에서 자주 사용되는 공통 지표는 미생물체량, 토양 호흡이고, 미생물지표 외에 토양 건전도 모니터링을 위해 물리성, 화학성, 생물학 자료도 포함하고 있음. 지표가 기후, 지형, 모재, 식생, 토지 이용 형태에 따라 다르기 때문에 토양 유형과 지역에 따라 다름(Brejda *et al.*, 2000).
- 파) 농업 메타유전체 분석을 위해 영국 Rothamsted를 표준토양으로 "TerraGenome"(Vogel *et al.*, 2009) 연구계획을 수립하였으나, 토양미생물 상의 복잡성과 연구의 표준화를 두고 신속한 진전은 이루어지지 못하는 실정임.
- 하) 작물과 미생물간 상호작용을 마이크로바이옴 수준에서 설명할 수 있는 작물 홀로바이옴(작물과 주변 미생물 군집의 연합체로 간주해 연합체의 유전체정보 간 상호작용을 통해 작물의 기능이 조절될 수 있다는 개념) 연구를 최근 미국의 일부 연구팀이 시도 중임.
- 가) 국외 미생물제는 소품목이고 효과가 우수하며, 유용미생물 개발 후 유기농업자재로 제품화하여 판매하고 농업관련기관에서 무상공급은 하지 않음.
- 나) EM의 주요미생물은 광합성세균인 *Rhodospseudomonas* sp., 젖산균인 *Lactobacillus* sp., *Saccharomyces* sp.임(Zuraini 등, 2010).
- 다) EM처리로 목화 재배에 수량 증진효과(Abdul 등, 2006)

- 라) *Rhodopseudomonas* sp., *Lactobacillus* sp., *Streptomyces griseus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Streptomyces albus*, *Aspergillus oryzae* 등 여러 유용곰팡이를 10^5 /ml 밀도로 첨가한 EM균(당밀 배양) 처리로 양파, 옥수수 수량이 증진됨(M.J daly 등, 2002).
- 마) 토양에 EM처리로 개량효과 및 작물의 수량과 생장이 증진됨(Gengo and Hui-lian, 2000).
- 바) 젖산균인 *Lactobacillus* sp.은 토양에서 호모와 광합성세균이 공존할 때 유기산을 많이 만듦. 유기산은 식물병을 일으키는 선충 밀도를 낮추어 병을 방제하는 효과를 가지며 토양 유기물인 셀룰로오스와 리그닌을 분해하는 역할을 함(Ouwehand, 1998).

다. 국내외 연구현황 비교 및 필요 연구

연구현황 비교		필요연구 분야·내용
국 내	국 외	
○ 작물 뿌리생육 발달에 영향을 미치는 미생물에 대한 연구	○ 미생물이 토양환경 및 대기 환경에 미치는 영향 분석	○ 토양 미생물 다양성을 위한 유용미생물 혼합 처리 효과 분석
○ 제제화하기 쉬운 특성을 가진 <i>Bacillus subtilis</i> 에 대한 연구가 집중됨	○ 생명공학 기법을 활용하여 미생물의 유용물질 생산 연구 수행	○ 작물 생육 단계별 적합 미생물 및 처리기준 연구
○ 식물병원성균에 대한 항균활성 우수 균주 선발, 실용화	○ 미생물의 대사경로를 변경하여 유용물질 생산을 극대화시키는 등 배양액의 효과보다 미생물이 생산하는 물질에 초점	○ 미생물 자원 확보를 위해서는 다양한 장소에서 미생물 분리가 필요
○ 항균활성 기작뿐만 아니라 농작물의 면역기능을 강화하는 미생물제 개발연구 진행	○ 식물 근권미생물 연구를 위한 토양 마이크로바이옴 분석 활발	○ 적용범위가 넓은 복합 기능성 유용미생물 발굴
○ 주로 미생물 배양액의 농도, 처리횟수별 방제효과 검정	○ 토양미생물 모니터링은 전국을 대상으로 토양질의 생물학적 평가를 목적으로 진행	○ 우수 균주 실용화, 산업화 연구(고활성, 환경스트레스 내성 균주 발굴)
○ 토양미생물군 유래 신기능성 물질 분리, 합성 연구 진행	○ 유용미생물은 제품화하며 무상 공급하지 않음	○ 우수 균주의 유효물질 동정
○ 유용미생물, EM 등을 전국 시군센터에서 무상 공급함	○ EM에 대한 작물 생산성 향상 효과 검정 및 토양미생물 군집 변화	○ 시군 공급 미생물의 기능적 특성 검정과 원균 관리 기준 필요
○ 농가에서는 무상 공급되는 미생물제와 판매되는 미생물농약을 모두 활용함		○ 유용미생물이 원활하게 공급될 수 있도록 주기적인 정도관리가 필요함

2. 연구개발 목표 및 내용

가. 정성적 성과 목표

연차	목 표
1차년도 (2020년)	<ul style="list-style-type: none"> - 작물 생육촉진용 유용미생물 수집 및 특성검정 - 복합 병 방제용 유용미생물 수집 및 특성검정 - 특성 우수 균주 분리·동정
2차년도 (2021년)	<ul style="list-style-type: none"> - 작물 생육촉진·병 방제용 유용미생물 수집 및 특성검정 - 특성 우수 균주 분리·동정 - 선발 미생물 작물 생육효과 검정(pot test) - 선발 미생물 병 방제효과 검정(pot test) - 경기지역 발토양 토양미생물 특성 조사
3차년도 (2022년)	<ul style="list-style-type: none"> - 작물 생육촉진·병 방제용 유용미생물 수집 및 특성검정 - 특성 우수 균주 분리·동정 - 선발 미생물 작물 생육효과 검정(pot, field test) - 선발 미생물 병 방제효과 검정(pot, field test) - 우수 미생물 적합 배양조건 구명 - 선발 미생물 토양 정착능 및 토양 내 밀도조사를 위한 프라이머 제작 - 경기지역 과수원토양 토양미생물 특성 조사 - 특성 우수 광합성세균 대량배양 조건 구명 및 농가 현장적용 - 시균 생산 미생물배양액 품질 조사
4차년도 (2023년)	<ul style="list-style-type: none"> - 유용미생물 제제화 연구 - 경기지역 논토양 토양미생물 특성 조사 - 특성 우수 고초균 대량배양 조건 구명 및 농가 현장적용 - 시균 생산 미생물배양액 품질 조사
5차년도 (2024년)	<ul style="list-style-type: none"> - 경기지역 시설재배지 토양미생물 특성 조사
6차년도 (2025년)	<ul style="list-style-type: none"> - 경기지역 발토양 토양미생물 특성 조사
최종	작물 생육촉진·복합 병 방제용 미생물제 개발 및 현장 실용화

나. 정량적 성과 목표

성과지표명		연도		1년차 (2020년)		2년차 (2021년)		3년차 (2022년)		4년차 (2023년)		5년차 (2024년)		6년차 (2025년)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문게재	SCI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	비SCI	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	3
학술발표	국제	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	3
	국내	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
균주특허출원		-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
영농활용		-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
홍보		-	-	2	-	2	-	2	-	1	-	1	-	-	-	-	6
계		-	-	4	-	5	-	7	-	2	-	2	-	1	-	-	19

다. 종합연구내용

세 부 과 제	주 요 연 구 내 용	연 구 목 표	수행기간
1) 작물 생육촉진용 미생물 개발 및 현장적용연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물생육촉진용 미생물 수집·선발 및 특성검정 ○ 작물적용시험(pot, 포장) ○ 토양정착능 검정 ○ 우수균주 최적 배양조건 설정 ○ 유용미생물제 제제화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물생육촉진용 미생물 선발 ○ 유용미생물제 개발 	'20~'23
2) 복합 병 방제용 미생물 개발 및 현장적용연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유용미생물 수집, 특성검정 ○ 선발 균주 분리·동정 ○ 선발 미생물 작물 적용시험 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 항균활성 우수 균주 선발 ○ 우수 균주 생물자원 등록 ○ 선발 미생물 필드 적용가능 확인 ○ 선발 미생물 제제화 	'20~'23
3) 시균 공급 미생물 원균 배양기준 설정 및 보급	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기능적 특성 우수 광합성세균, 고초균 대량배양 조건 설정 ○ 우수 원균 보급·배양 및 농가 현장적용 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농업 활용도가 높은 기능적 특성 우수 원균 보급 ○ 시균 미생물배양실 정도관리 등 지원 	'22~'23
4) 경기 농경지 토양미생물 변동조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경기지역 밭·과수원·논·시설재배지 대표 조사지점 선정 및 토양미생물 시료 채취, 특성 조사 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경기지역 농경지 토양미생물 특성 분석 및 변동 평가 	'21~'25

3. 연구개발결과의 활용방안 및 기대성과

가. 연구개발결과의 활용방안

1) 학술발표 및 논문게재

- 가) 작물 생육촉진 미생물 선발(학술발표, 2021)
- 나) 작물 생육촉진 미생물의 배양조건 구명(학술발표, 2022)
- 다) 경기지역 발토양의 토양미생물 다양성조사(학술발표, 2022)
- 라) 경기도 토착 미생물의 복합 병 방제효과(논문게재, 2023)
- 마) 작물 생육촉진 효과가 있는 미생물 특성(논문게재, 2023)
- 바) 경기지역 농경지 미생물 군집구조(논문게재, 2023)

2) 특허

- 가) 작물 생육촉진용 미생물(2023)
- 나) 작물 병 방제용 미생물(2022)
- 다) 작물 병 방제효과가 우수한 미생물의 대량배양 방법(2023)

3) 영농활용

- 가) 생육촉진용 미생물 작물 적용(2023)
- 나) 병 방제용 미생물 작물 적용(2023)

4) 홍보

- 가) 작물 생육촉진용 분리균주의 특성(2021)
- 나) 유용미생물의 작물 병 방제효과(2021)
- 다) 경기지역 일반농경지 미생물 군집구조 변화(2024)

나. 기대성과

1) 기술적 측면

- 가) 작물 생육촉진용 우수 미생물 균주 및 특허보유
- 나) 작물 병 방제용 우수 미생물 균주 및 특허보유
- 다) 작물별, 생육시기별 유용미생물 최적 처리 조건 설정
- 라) 경기도 유용미생물 공급체계 구축을 위한 품질관리기준 설정
- 마) 시군공급 미생물의 기능성 및 병 저항성 효과검증

2) 경제적·산업적 측면

- 가) 생육촉진용 미생물제 농가적용으로 안전 농산물 생산에 기여
- 나) 미생물 활용 효과적인 병 방제로 친환경 농가의 작물 병해발생 억제
- 다) 경기도 친환경 농가에 고품질 유용미생물 보급
- 라) 미생물의 기능성 검정에 따른 미생물 선택사용 가능

4. 연구원 편성

세 부 과 제	구 분	소 속	직 급	성 명	참여기간	참여비율(%)
1) 작물 생육촉진용 미생물 개발 및 현장적용연구	책임자	친환경미생물 연구소	지방농업연구관	임성희	'21 ~	50
	공동연구자	"	지방농업연구사	문지영	'20 ~	10
	"	"	"	장재은	'22 ~	10
	"	"	"	신민우	'21 ~	10
	"	"	"	남주희	'20 ~	10
	"	"	지방농업연구관	임갑준	'22 ~	10
2) 복합 병 방제용 미생물 개발 및 현장적용연구	책임자	친환경미생물 연구소	지방농업연구사	문지영	'20 ~	50
	공동연구자	"	지방농업연구관	임성희	'21 ~	10
	"	"	지방농업연구사	장재은	'22 ~	10
	"	"	"	신민우	'21 ~	10
	"	"	"	남주희	'20 ~	10
	"	"	지방농업연구관	임갑준	'22 ~	10
3) 시군 공급 미생물 원균 배양기준 설정 및 보급	책임자	친환경미생물 연구소	지방농업연구사	문지영	'22 ~	50
	공동연구자	"	지방농업연구관	임성희	'22 ~	10
	"	"	지방농업연구사	장재은	'22 ~	10
	"	"	"	신민우	'22 ~	10
	"	"	"	남주희	'22 ~	10
	"	"	지방농업연구관	임갑준	'22 ~	10
4) 경기 농경지 토양미생물 변동조사	책임자	친환경미생물 연구소	지방농업연구사	문지영	'21 ~	50
	공동연구자	"	지방농업연구관	임성희	'21 ~	10
	"	"	지방농업연구사	장재은	'22 ~	10
	"	"	"	신민우	'21 ~	10
	"	"	"	남주희	'21 ~	10
	"	"	지방농업연구관	임갑준	'22 ~	10

5. 연구개발비 소요명세서

(단위 : 백만원)

과제 및 세부과제명	1차년도 (2020)	2차년도 (2021)	3차년도 (2022)	4차년도 (2023)	5차년도 (2024)	6차년도 (2025)	합계
농업미생물 자원 확보 및 실용화 기술 개발	50	110	130	130	30	30	480
1) 작물 생육촉진용 미생물 개발 및 현장 적용연구	25	40	40	40	-	-	145
2) 복합 병 방제용 미생물 개발 및 현장 적용연구	25	40	40	40	-	-	145
3) 시군 공급 미생물 원균 배양기준 설정 및 보급	-	-	20	20	-	-	40
4) 경기 농경지 토양미생물 변동조사	-	30	30	30	30	30	150