

영역	2	아젠다	1	대과제	3
과제 및 세부과제명	과제구분	연구분야	수행기간	과제책임자 및 세부과제 책임자	
농업부산물을 활용한 농산업 소재 개발	기관고유	농업환경	'20~	버섯연구소	원태진
1) 버섯 수확 후 배지 이용 유기질 퇴비 개발	기관고유	농업환경	'20~'22	버섯연구소	원태진
2) 버섯 수확 후 배지 이용 산업용 곤충먹이 개발	기관고유	농업환경	'20~'22	버섯연구소	원태진
3) 농업부산물을 활용한 친환경과수 병 방제 기술 개발	기관고유	농업환경	'20~'22	버섯연구소	남주희
색인용어	농업부산물, 버섯 수확 후 배지, 퇴비, 곤충먹이, 과수				

1. 연구개발의 필요성

가. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 1) 버섯 수확 후 배지는 버섯(자실체)를 수확하고 남은 배지로 주재료인 톱밥, 옥수수속대 등과 비트펄프, 면실박, 미강, 밀기울 등 사료용 재료가 혼합되어 있으며, 버섯균이 분비한 다양한 생리활성물질과 목재 및 섬유소 분해효소가 함유되어 있어 재활용 가치가 높음
- 2) 버섯은 대부분 대량생산 체계로 생산량이 증가하면서 버섯 수확 후 발생하는 배지 발생량도 증가하고 있으나 폐기물로 분류되어 있으므로 처리비용 부담으로 버섯 재배 농가들의 어려움이 가중되어 있고, 이를 해결하기 위하여 버섯 수확 후 배지를 재활용할 수 있는 연구가 필요함
- 3) 버섯배지 국내 생산량은 연간 167만톤이며, 버섯 수확 후 배지(Spent Mushroom Substrates; SMS, 폐배지)는 연간 97만톤에 이르고 있는 실정임
- 4) 곤충은 최근에는 식용, 가금류 사료 및 애완용 먹이로의 산업이 활발하게 진행되어 있고, 영양분이 풍부하여 미래 가능성이 높은 대체식량자원으로 중요한 역할을 담당하고 있어 이를 산업적으로 이용하기 위한 저비용 고효율의 사료 개발이 필요함
- 5) 곤충산업은 대량사육기술이 많아지고 있고, 근래에는 곡물가격 상승으로 대체먹이원 개발이 요구되는 실정이므로 버섯 수확후배지 등 연중생산이 가능하고 친환경적인 원재료를 이용하여 사료자원으로서의 재활용가치를 높이는 방안이 필요함.
- 6) 미국에서는 1988년 과수의 유기농산물 인증이 시작되었으며, 미국 최대의 사과 주산지인 워싱턴주에서 2000년에 사과 전체 재배면적 6만여ha 중 6%가 넘는 3,330ha에서 유기재배 인증을 받았고 더욱 증가할 것으로 예상하였음.

- 7) 국내에서는 2001년 친환경농산물 인증제도가 시행되었으며, 2005년부터 의성, 청송 지역의 일부 사과원에서 무농약농산물과 유기농산물 인증을 받은 이후 과수 유기 재배에 대한 농업인 관심이 증가하였으며, 2007년 무농약·유기재배 농업인이 ‘한국 유기농사과연구회’를 결성하여 유기 재배 사과 체계를 구축하고 있는 실정임.
- 8) 국내 사과 재배면적은 약 16만 ha, 2백만톤으로 유지되고 있는 실정이며, 주로 ‘홍로’, ‘부사’ 등의 품종을 이용하고 있음.
 - 재배면적(ha) : '16) 166,473 → '17) 166,957 → '18) 164,718ha
 - 생산량(톤) : '16) 2,387,183 → '17) 2,357,867 → '18) 2,160,457톤
- 9) 친환경사과는 학교 급식용으로 발주량이 147,467톤으로 높은 편이나 갈변, 착색불량, 병으로 인한 점박이 무늬 등 외관 품질 저하로 원물 자체의 납품이 어려워 사과즙 등 가공 후 출하되고 있어 이로 인한 농가 소득 피해가 큼.
- 10) 친환경 사과 재배시 자주 발생하는 탄저병, 점무늬썩음병 등으로 인한 당도, 경도 등 품질저하가 쉬우며 친환경재배에 대한 인식이 높아지고 있으므로 천연물을 이용한 병해 방제기술 개발이 요구되고 있음.
- 11) 도내 친환경사과 재배 농가에서는 석회유황합제, 석회보르도액, 키틴분해미생물을 병해 예방과 개화기 적화를 목적으로 이용하고 있으나 복합적인 병 방제효과가 낮아 다양한 소재를 활용한 친환경 병해 관리용 방제제 개발이 필요함.
- 12) PLS 정책에 따라 농가에서 화학농약의 이용이 점차 까다로워지고 있으며, 안전한 친환경 먹거리를 원하는 소비자 요구에 부응하여 농업부산물을 이용한 추출물, 미생물 등 잔류위험이 적고 친환경적으로 병 방제를 할 수 있는 방제기술 개발이 필요함.
- 13) 친환경농업의 중요성이 인식되어 감에 따라 학교급식, 군납 등을 통하여 친환경농산물 수요는 증가할 것으로 예측되나 친환경농업 재배시 유기농자재 비용에 따른 농가의 어려움이 있어 농업부산물을 활용한 친환경농자재 개발이 필요함.

나. 연구개발대상 기술의 국내·외 현황

1) 국내 연구 현황

- 가) 버섯 수확 후 배지의 산업적 활용 측면에서 식물생장촉진효과, 목질 분해효소분리, Bioremediation 효과, 작물 병해충 관리, 가축사료이용에 관한 연구가 되었음(강희완, 2019)
- 나) 버섯 수확 후 배지를 활용하여 양송이 복토 재료로 활용하거나 호모 생산에 이용하는 연구가 진행되고 있으나 대부분 관용적으로 유기질퇴비 재료로 사용하고 있는 실정이며, 큰느타리 버섯 수확 후 배지를 이용한 유기퇴비 제조를 통하여 배지 재활용에 대하여 연구하였음(이상화, 2018)
- 다) 채소부산물과 표고버섯 수확 후 배지를 이용하여 퇴비제조방법과 부숙도 평가에 대하여 연구하였음(김의영 등, 2016)

- 라) 팽이버섯 수확 후 배지와 축산폐기물을 혼합하여 폐상퇴비를 제조한 후 이화학성 성분과 미생물상을 분석하였으며, 대부분 바실러스 속으로 동정되었고, 각종 유용 미생물을 투입하기 용이하여 기능성 퇴비 제조로서의 가능성을 연구하였음(이인구 등, 2002)
 - 마) 팽이버섯과 큰느타리버섯 수확 후 배지를 퇴비화하여 원예용상토 재료로서의 이용성을 고추 규모의 발아율과 생육을 검토하였음(이찬중 등, 2009)
 - 바) 장수풍뎡이 대량사육을 위한 농업부산물 대체먹이 탐색(김선영 등, 2014)에서 팽이버섯의 수확 후 배지를 40~50% 혼합 시 밀기울 대체사료로 가능성이 있었음
 - 사) 버섯 수확 후 배지의 흰점박이꽃무지 사료화연구(이슬비 등, 2018)에서 큰느타리버섯의 수확 후 배지에서 번데기 무게를 증가시켰고 성충 산란량을 높이는 효과가 있다고 판단되었음.
 - 아) 국내 병해 연구는 관행농업현장에서 이용 가능한 기술개발이 중점적으로 이루어지고 있으며, 유기농업에서 이용 가능한 자재를 이용한 병해관리 연구도 진행되고 있으나 실제 유기농업 현장에서 효과적으로 적용할 수 있는 제재의 개발은 미흡한 상황임
 - 자) 식물추출물 내 항균특성이 있는 회합물은 약 217종 이상이 보고되어 있으며, 감자 잎, 줄기 내 sonanine, b-chaconine 등의 회합물 이용하여 사과 진딧물, 사과응애를 방제하거나 가막살나무 껍질, 잎을 추출하여 acetic acid, phytosterol 등의 회합물을 분리하여 사과검은별무늬병, 바이러스 등의 방제가 보고되어 있음(전라남도 농업기술원)
 - 차) 주요 허브 추출물의 항산화성 및 항균활성 검정에 대한 연구가 진행됨(전라북도농업기술원, 2010)
 - 카) 식물추출물의 식물병원성 곰팡이 포자에 대한 발아억제 활성 검정을 통해 식물추출물의 생화학 농약으로 이용가능성을 검토하였음(경상북도 농업기술원, 2017)
 - 타) 황련 추출물의 고추역병에 대한 *in vitro* 항진균활성 및 고추 생육촉진 효과 검정을 하였으며, 고추 역병 균사를 효과적으로 억제하였음(안동대, 2009)
- 2) 국외 연구 현황
- 가) 버섯 수확 후 배지는 버섯 균사체에 의하여 이용되고 남은 배지 성분과 생리활성물질이 남아 있기 때문에 재활용 자원으로써 활용가치가 높은 부존자원으로 보고됨(Williams *et al.*, 2001)
 - 나) 버섯 수확 후 배지는 친환경소재를 원료로 사용하며, 원료의 대부분이 사료원료와 동일하며 연중 생산된다는 장점이 있어서 사료자원으로써 활용가치가 높은 유기물임(Caswell, 1990; Adamovic *et al.*, 1998)
 - 다) 식물은 구조적으로 매우 다양한 항균물질을 생산하는데 phenolics, coumarins, flavonoids, isoflavonoids, steroid, alkaloids 및 기타물질 6개 등의 그룹으로 나눌 수 있음(Mitra *et al.*, 1984)
 - 라) 식물유래 항균성회합물은 lactones, quinones, ketones, phenolic compounds, tannins, alkaloids, flavonoids, 정유 및 배당체 등이 대표적으로 알려져 있으며(Harborne, 1950, Segal, 1961), 약용작물의 경우 인축에 대한 해독이 크지 않아 안전성이 높음.
 - 마) 사과는 페놀 및 플라보노이드가 함유되어 있고, 껍질 부분은 ursolic acid가 존재하여 혈당 강하효과, 체중감소 등의 효과가 있음(Kunkel *et al.*, 2012)

2020 농업과학기술개발 ■ 시험연구계획서

바) 미국 최대 사과 주산지인 워싱턴주는 2000년 사과 전체 재배면적 6만여ha 중 6%가 넘는 3,300ha에서 유기재배 인증을 받았으며(Greanatstein *et al.*, 2005), 유기재배 체계가 유기 합성농약을 사용하는 관행방제체계 또는 병해충종합관리(IPM) 체계와 비교할 경우 수량성과 품질에서 경쟁가능성이 있는 것으로 나타남(Peck, 2006)

다. 국내외 연구현황 비교 및 필요 연구 분야

연구현황 비교		필요연구 분야·내용
국 내	국 외	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 장수풍뎅이 유충, 흰점박이 꽃무지 유충의 SMS 대체먹이 탐색 ○ 국내 식물추출물을 활용한 항균 특성 검정 연구 ○ 항균력이 우수한 천연물 포트 실험 및 기내검정연구 ○ 약용식물 기능성 물질 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 버섯 수확 후 배지 퇴비(SMC)와 버섯 수확 후 배지 토양(SMS) 작물 적용연구 ○ 버섯 수확 후 배지의 가축 및 물고기 사료화 연구 ○ 천연물 내 유용물질 분리 및 다양한 소재 활용 연구 ○ 추출방법 다양화 및 용매, 온도별 최적 추출방법 구명 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 버섯 수확 후 배지의 종류별 퇴비화 조건 및 미생물군집 연구로 미생물비료 개발 ○ 산업용 곤충 사료로 곤충 영양적 가치를 높일 수 있는 SMS 탐색 ○ 식물추출물 활용 항균특성 검정 및 유용물질 분리 ○ 분리한 유용물질을 타겟으로 한 최적 추출방법 구명

2. 연구개발 목표 및 내용

가. 정성적 성과 목표

연차	목 표
1차년도 (2020년)	<ul style="list-style-type: none"> - 버섯 수확 후 배지(SMS) 이화학성 분석 - 느타리 SMS함유 퇴비 부속촉진 미생물 선발 - 느타리 SMS 퇴비화 조건 구명 - 느타리 SMS의 흰점박이꽃무지 및 장수풍뎅이 유충의 적정 급이율 연구 - 친환경사과 주요 병해 분리·동정 - 친환경사과 병 방제를 위한 식물추출물 1차 스크리닝 및 선발
2차년도 (2021년)	<ul style="list-style-type: none"> - 큰느타리버섯 SMS 퇴비화 조건 구명 - 표고 SMS의 흰점박이꽃무지 및 장수풍뎅이 유충의 적정 급이율 연구 - 선발된 식물추출물 항균특성 검정 및 최적 추출방법 구명 - 선발된 식물추출물 최적 처리조건 구명
3차년도 (2022년)	<ul style="list-style-type: none"> - 양송이 SMS 퇴비화 조건 구명 - 양송이 SMS의 흰점박이꽃무지 및 장수풍뎅이 유충의 적정 급이율 연구 - 선발된 식물추출물 활용 친환경 사과 방제제 개발

나. 정량적 성과 목표

성과지표명		연도	1년차 (2020년)		2년차 (2021년)		3년차 (2022년)		계	
			목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문게재	SCI									
	비SCI					1		1		
학술발표	국제									
	국내			2				2		
산업재산권 출원										
영농활용 기관제출		3		1		1		5		
자료발간										
홍보		1		1		1		3		
계		4		4		3		11		

다. 종합연구내용

세 부 과 제	주 요 연 구 내 용	연 구 목 표	수행기간
1) 버섯 수확 후 배지 이용 유기질 퇴비 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 버섯 수확후 배지 이화학적분석 ○ 느타리, 표고, 양송이 수확 후 배지 퇴비화 시험 ○ 퇴비 부숙도 검정 ○ 퇴비 양분 및 미생물상 조사 	○ 느타리, 큰느타리, 양송이 수확 후 배지 퇴비 적합 조건 구명	'20~'22
2) 버섯 수확 후 배지 이용 산업용 곤충 먹이 개발	○ 느타리, 표고, 양송이 수확 후 배지의 흰점박이꽃무지 및 장수풍뎅이 유충의 적정 급이율 연구	○ 느타리, 표고, 양송이 수확 후 배지의 흰점박이꽃무지 및 장수풍뎅이 유충의 먹이 조건 구명	'20~'22
3) 농업부산물을 활용한 친환경과수 병 방제 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 친환경사과 주요 병해 분리·동정 ○ 식물추출물 항균특성 검정 ○ 우수 항균 추출물 최적 처리기준 설정 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 식물추출물을 이용한 친환경사과 친환경 병 방제제 개발 ○ 학교 급식용 친환경 사과 외관 품질 향상 	'20~'22

라. 당해년도 세부연구내용

세 부 과 제	연차	연 구 내 용
1) 버섯 수확 후 배지 이용 유기질 퇴비 개발	1/3	<p><시험1> 느타리버섯 수확 후 배지(SMS) 이화학적 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 배지종류 : 느타리 수확 후 배지 3종 ○ 건조방법 : 현물(대조), 자연건조, 열풍건조 ○ 조사내용 : C/N, pH, 수분, 화학성, 미생물상 등 <p><시험2> 느타리버섯 SMS 함유 축분퇴비 부숙촉진 미생물 선발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 처리내용 : 축분 SMS퇴비(대조), 축분 SMS퇴비+고초균, 방선균 등 ○ 조사내용 : C/N, pH, 수분, 퇴비온도, 기계적 부숙도 평가 <p><시험3> 느타리버섯 수확 후 배지 퇴비화 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 처리내용 : SMS(대조-현재상태), SMS(수분 60%이하 건조), SMS+미생물(고초균, 트라이코더마 등) ○ 조사내용 : C/N, pH, 수분, 퇴비온도, 기계적 부숙도 평가
2) 버섯 수확 후 배지 이용 산업용 곤충 먹이 개발	1/3	<p><시험1> 흰점박이꽃무지 유충의 느타리 SMS 적정 급이율 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 처리내용 : 참나무발효톱밥(대조) 100%, 대조+SMS 30, 60, 100% ○ 조사내용 : 유충 생육조사, 유충 영양성분, 경제성 분석 등 <p><시험2> 장수풍뎅이 유충의 느타리 SMS 적정 급이율 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 처리내용 : 참나무발효톱밥 100%(대조), 대조+SMS 30, 60, 100% ○ 조사내용 : 유충 생육조사, 유충 사육기간, 용화율, 경제성 분석 등
3) 농업부산물을 활용한 친환경 과수 병 방제 기술 개발	1/3	<p><시험1> 경기지역 친환경 사과 주요 병해 분리·동정(20)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 수집작물 : 경기지역 친환경 사과 ○ 수집대상 : 사과에서 발병된 세균, 진균류 등 ○ 조사내용 : 주요 병해 분리·동정(ITS, 16srRNA) 및 형태적특성 검정 <p><시험2> 친환경 사과 병 방제를 위한 식물추출물 1차 스크리닝(20)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 수집재료 : 농업부산물 약 5여종 내외(고춧대 등) ○ 대상병해 : <시험1> 선발 병해 2-3종 ○ 추출방법 : 환류추출 및 감압농축 ○ 조사항목 : 항균검정을 위한 clear zone 확인, 균사억제력 측정

3. 연구개발결과의 활용방안 및 기대성과

가. 연구개발결과의 활용방안

- 1) 학술발표 및 논문게재
 - 가) 식물추출물을 활용한 사과 병 억제 효과(학술발표, 2021)
 - 나) 느타리버섯 수확 후 배지의 이화학성(학술발표, 2021)
 - 다) 버섯 수확 후 배지를 이용한 농가 자가 제조 유기퇴비(논문게재, 2022)
- 2) 영농활용
 - 가) 버섯 종류별 수확 후 배지의 이화학성(2020)
 - 나) 느타리버섯 수확 후 배지 먹이 활용 흰점박이꽃무지 유충 사육방법(2020)
 - 다) 느타리버섯 수확 후 배지 먹이 활용 장수풍뎅이 유충 사육방법(2020)
 - 라) 버섯 수확 후 배지 활용 유기퇴비 농가 자가 제조 방법(2021)
 - 마) 친환경 사과 병 방제제 농가 자가제조 방법(2022)
- 4) 홍보
 - 가) 친환경사과 주요 병해 종류(2020)
 - 나) 버섯 수확 후 배지 활용 유기퇴비 농가 자가 제조 방법(2021)
 - 다) 버섯 수확 후 배지 먹이 활용 흰점박이꽃무지 유충 사육방법(2022)

나. 기대성과

- 1) 기술적 측면
 - 가) 버섯 수확 후 배지의 폐기물처리 농가애로기술 해결을 위한 퇴비, 곤충먹이 재활용 연구
 - 나) 친환경사과 재배시 병해저감 및 안정적 생산에 기여
- 2) 경제적 · 산업적 측면
 - 가) 버섯 수확 후 배지 활용 및 버섯농가 소득 창출
 - 나) 학교 급식용 친환경사과 품질 개선 및 공급 확대

4. 연구원 편성

세 부 과 제	구 분	소 속	직 급	성 명	참여기간	참여비율 (%)
1) 버섯 수확 후 배지 이용 유기질 퇴비 개발	책 임 자	버섯연구소	지방농업연구사	원태진	'20~'22	50
	공동연구자	"	"	백일선	"	10
	"	"	"	문지영	"	10
	"	"	"	남주희	"	20
	"		지방농업연구관	정구현	"	10

2020 농업과학기술개발 ■ 시험연구계획서

세 부 과 제	구 분	소 속	직 급	성 명	참여기간	참여비율 (%)
2) 버섯 수확 후 배지 이용 산업용 곤충 먹이 개발	책 임 자	버섯연구소	지방농업연구사	원태진	'20~'22	50
	공동연구자	"	"	남주희	"	20
	"	"	"	백일선	"	10
	"	"	"	문지영	"	10
	"	"	지방농업연구관	정구현	"	10
3) 농업부산물 활용 친환경 과수 병 방제 기술 개발	책 임 자	버섯연구소	지방농업연구사	남주희	'20~'22	50
	공동연구자	"	"	원태진	"	20
	"	"	"	백일선	"	10
	"	"	"	문지영	"	10
	"	"	지방농업연구관	정구현	"	10

5. 연구개발비 소요명세서

(단위 : 백만원)

과제 및 세부과제명	1차년도 (2020)	2차년도 (2021)	3차년도 (2022)	합 계
○ 농업부산물을 활용한 농산업 소재 개발	45	45	45	135
1) 버섯 수확 후 배지 이용 유기질 퇴비 개발	15	15	15	45
2) 버섯 수확 후 배지 이용 산업용 곤충먹이 개발	15	15	15	45
3) 농업부산물을 활용한 친환경 과수 병 방제 기술 개발	15	15	15	45