

(옆면)

(앞면)

314085-3

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개(), 발간등록번호(O)

11-1543000-002226-01

현장적용이
가능한
친환경
농업
육성
기술
개발
최종보고서

2018

농림축산식품부

경북대학교

현장 적용이 가능한 친환경농업 육성 기술 개발 최종보고서

2018. 02. .

주관연구기관 / 경북대학교
협동연구기관 / 예천군농업기술센터
(주)에코원

농림축산식품부
경북대학교

2. 제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "현장 적용이 가능한 친환경 농업 육성 기술 개발"(개발기간 : 2014. 12. 19. ~ 2017. 12. 18.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

⌘

2018. 02. .

주관연구기관명 : 경북대학교 (대표자)
 협동연구기관명 : 예천군농업기술센터 (대표자)
 참여기관명 : ㈜ 에코원 (대표자)

주관연구책임자 : 경북대학교
 세부연구책임자 : 경북대학교
 협동연구책임자 : 예천군농업기술센터
 참여기관책임자 : ㈜ 에코원

최계용 (인)
 남창진 (인)
 구경보 (인)
 이경연 (인)
 이인중 (인)
 김진원 (인)
 구경보 (인)



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제고유번호	314085-3	해 당 단 계 연 구 기 간	3년	단 계 구 분	3/3
연구사업명	중 사업명	농생명산업기술개발사업			
	세부 사업명	-			
연구과제명	대 과제명	-			
	세부과제명	현장 적용이 가능한 친환경 농업 육성 기술 개발			
연구책임자	이 경 열	해당단계 참 여 연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	해당단계 연구 개발비	정부: 천원 민간: 천원 계: 천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 35명 내부: 24명 외부: 11명	총 연구개발비	정부: 600,000천원 민간: 150,000 천원 계: 750,000천원
연구기관명 및 소속부서명	경북대학교 농업생명과학대학			참여기업명 (주) 에코원	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약				보고서 면수	
<ul style="list-style-type: none"> - 경북 친환경농업의 활성화를 위하여 설립된 경북친환경농업연구센터의 연구사업을 위한 연구팀으로서 경북 특성화 농작물의 친환경재배관리를 위하여 친환경농업기술을 집약하여 작물별로 적합하게 패키징하고 현장에 적용할 수 있는 매뉴얼 및 모델을 개발함 - 경북지역 특화작물인 사과와 고추를 대상으로 해충 진단, 방제 및 식물생장관리를 위하여 천적 및 미생물을 이용한 친환경농업기술을 집약하여 현장에 적용할 수 있는 기술개발을 시행함 					

4. 국문 요약문

		코드번호	D-01
<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>I. 연구 목적 친환경 생물농약(천적, 미생물)의 현장적용기술 개발 및 시스템화</p> <p>II. 연구내용 가. 친환경 병해충 관리 기술의 고도화 및 보급 모델 개발 나. 천적 및 미생물의 현장적용 가치 제고화 다. 경북지역 적합성 계절별, 작물별 친환경재배 기술의 현장적용 시험</p>		
<p>연구개발성과</p>	<p>가. 친환경 병해충 관리 기술의 고도화 및 보급 모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 천적자원의 seed bank 구축 유지 및 보급: 총채가시용애 외 6종 - 천적의 효율성 증대 기술 개발: 사육기술개발 및 분배용기 개발 완료 - 포식성 응애 대량생산시 대체먹이 효능 시험: 시험 완료 - 해충 유인식물 대량 생산 보급 여부: 담배 완료 - 작물별 해충 유인식물 활용 모델 확립 및 현장적용 자료 1건 실시 - 천적생산연구회를 통한 친환경기술의 현장적용 및 농가보급 - 농민사관학교 교육과정 <천적곤충생산 과정>을 통한 농가 교육 실시 - 친환경 천적 및 미생물 현장적용에 대한 경제성 분석 실시 <p>나. 천적 및 미생물의 현장적용 가치 제고화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 신속, 정확한 천적 및 미생물 동정법 개발 - 천적 및 미생물의 작물 유용 활성 측정과 활성 측정값의 DB화 - 천적 및 기능성 미생물 균주의 지속적인 관리를 바탕으로 한 최적 대량생산 조건 확립 - 안정적인 보급체계 구축을 통한 천적 및 기능성 미생물의 현장 활용 시험 및 피드백 제공 <p>다. 경북지역 적합성 계절별, 작물별 친환경재배 기술의 현장적용 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 생물농약의 현장적용 기술 확립 - 작물별 해충방제 친환경 기술 패키징화를 통한 매뉴얼 개발: 3건 - 친환경재배기술 사과, 고추, 참외 매뉴얼 작성 		
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>가. 기술적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 천적 및 미생물을 이용한 친환경 병해충관리에 대한 수요 증대 ○ 저비용 천적 및 미생물의 대량생산을 통한 보급모델 개발 ○ 천적 및 미생물 자원의 체계적 관리 및 정보화를 통한 학술적 가치 확산 		

	<p>나. 학문적, 인력양성 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 생물농약의 대량생산 및 현장적용에 대한 개발기술이 학문적 가치 증대 ○ 미래에 요구되는 친환경농생명공학 분야의 고급 전문 인력 양성 <p>다. 경제적·산업적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 농가애로사항 해결으로 안정적인 농작물 생산 및 농가소득 증대 ○ 경북 지자체와 연계한 천적 및 미생물 제제 생산 기술 보급에 대한 경제적 성장 기여 			
<p>중심어 (5개 이내)</p>	<p>천적</p>	<p>미생물</p>	<p>식물생장</p>	<p>친환경</p>

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose & Contents	<p>I. Purpose Development of practical application techniques and systems of environment-friendly biopesticides such as natural enemies and functional microbes</p> <p>II. Contents</p> <p>A. Development of advanced field-applicable techniques and control systems of biopesticides</p> <p>B. Development of advanced field-application models of biopesticides which are proved by extension experiments</p> <p>C. Expand research bases for e-friendly agricultural products and consulting of biopesticide application</p>		
Results	<p>A. Development of advanced E-friendly techniques for the pest and disease management</p> <ul style="list-style-type: none"> - Constructed the seed bank of natural enemies: 6 species including predatory mites - Developed economic mass-rearing techniques and high control efficacy of natural enemies (<i>Hypoaspis aculeifer</i>, <i>Hypoaspis miles</i>) and functional microbe application - Developed easy rearing methods of bank plants for parasitic wasps - Developed pest trap plants and practical application methods - Support farmers group field application techniques of natural enemies - Educated farmers how to use natural enemies and bank plants by opening the education program - Analyzed economic efficacy in field application of natural enemies and microbes <p>B. Evaluation of field efficacy of microbes which can be used in agricultural fields</p> <ul style="list-style-type: none"> - Developed rapid and accurate diagnostic techniques of natural enemies and microbes - Developed bioactive function of natural enemies and functional microbes for plant protection - Established the standard maintenance and mass rearing system of beneficial 		

	<p>natural enemies and functional microbes to the farmers</p> <ul style="list-style-type: none"> - Construction of the stable supply system of natural enemies and functional microbes into farmers <p>C. Establishment of field-applicable sustainable cultivation system suitable for the crops of Gyeongbuk Province</p> <ul style="list-style-type: none"> - Established field-application techniques of newly-developed biopesticides - Preparation of sustainable plant protection manuals suitable for local crops such as apple, pepper and oriental melon 				
<p style="text-align: center;">Expected Contribution</p>	<p>A. Technical aspect</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Improved e-friendly pest and disease control techniques using natural enemies and functional microbes ○ Developed the economic supply model of massively reared natural enemies and functional microbes ○ Increased the scientific values through the construction of systemic management and database of natural enemies and functional microbe natural resources <p>B. Education and job market aspects</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Increased the scientific values of sustainable agriculture with natural enemies and functional microbes ○ Increased hob opportunity in the field of biopesticides and sustainable agriculture <p>C. Economic and industrial aspects</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Increased stable production of agricultural products and farmers profits ○ Improved local economy of sustainable and organic agricultural industry 				
<p style="text-align: center;">Keywords</p>	<p style="text-align: center;">Biopesticides</p>	<p style="text-align: center;">Natural enemy</p>	<p style="text-align: center;">Microbes</p>	<p style="text-align: center;">Plant growth</p>	<p style="text-align: center;">Sustainable agriculture</p>

7. 본문목차

< 목 차 >

1. 연구개발과제의개요	1
2. 국내외 기술개발 현황	16
3. 연구수행 내용 및 결과	18
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	149
5. 연구결과의 활용계획 등	150
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	152
7. 연구개발성과의 보안등급	152
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	152
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	152
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	154
11. 기타사항	155
12. 참고문헌	155

<별첨> 자체평가의견서

1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

1-1. 연구개발 목적

- 친환경 생물농약(천적, 미생물)의 현장적용기술 모델 개발 및 패키징화
- 가. 친환경 병해충 예찰 및 방제기술 개발
 - 작물별(사과, 고추, 참외) 생물농약(천적, 미생물) 적용기술 개발
 - 해충(가루이류) 유인식물 선발 및 현장적용
 - 작물별(사과, 고추) 재배단지의 병해 발생 분석 및 조기 예찰 기술 개발
- 나. 미생물을 활용한 식물생장조절 및 살충·살균효능 검증
 - 친환경 기능성 미생물의 식물생장조절 효능 분석
 - 친환경 미생물제제(살충·살균)의 특성정보 분석시스템 기반구축 및 발효최적화 기술개발
- 다. 친환경 제제의 현장적용기술개발
 - 친환경 기능성 천적 미생물제제의 농가 현장 실증 시험
 - 천적 및 미생물 생산, 현장적용 기술 고도화를 위한 산학연 컨설팅 체계 구축
 - 천적 및 미생물제제 현장적용 모델의 경제성 분석

1-2. 연구개발의 필요성

1. 경북 친환경농업의 현황

- 경북은 다양한 지형적 특성으로 특화 농산물 생산에 유리하며 전국 1위 품목이 12개 (콩, 사과, 포도, 복숭아, 자두, 고추, 참외, 양잠, 천궁, 산약, 팥, 잎담배)임
- 친환경 농산물 생산량은 해마다 증가 추세이며 2010 친환경 농산물 인증면적은 22,326 ha 로서 전체 농가의 11.5%이고 농가 수의 13.9%, 출하량은 213.612톤(15.9%)으로 전국 2위이고, 과수생산은 전국 1위(54.8%)이며 그다음으로 채소, 특용작물, 곡류 순임
- 친환경농산물(과수, 축산물)인증이 증가 추세이며 2013년 경북도내 무농약 이상 농산물 인증 현황은 8,558ha에 9,996호로, 2005년에 비해 인증면적이 2.9배(192%, 연평균 24%), 인증농가는 2.4배(139%, 연평균 20%) 증가함
- 경북도내 광역친환경 농업단지조성사업이 확대되고 있으며 현재 8개 단지(김천, 봉화, 성주, 안동, 영주, 영천, 울진, 포항)가 조성됨
- 경북 제3차 친환경농업육성 5개년 계획 수립('11.8)되는데 그 목표로서 친환경재배면적을 2015년에 10.6%로 확대할 계획임. 또한, 화학비료 및 농약 사용량 매년 3%이상 감축(2015년까지 15% 감축)하며 무농약 재배면적을 6%('15)로 확대함. 또한, 경종과 축산을 연계한 광역단위 자원순환형 친환경농업단지 및 곤충산업 클러스터를 조성하고 친환경 유기 가공식품 명품화 기반을 구축할 계획임
- 친환경농업관련 교육프로그램의 전문화하기 위하여 경북농민사관학교를 법인설립하여 농민교육을 전담하고 있으며 또한 농업마이스터대학 및 농업전문CEO양성과정 등 다양한 농민교육과정을 운영하고 있음. 또한, 경북대에서는 농업인을 대상으로 한 경북대 농산업학과를 2012년에 신설하여 4년제 학위과정을 운영하고 있음

- 경북 친환경농업 발전을 위한 키워드 "건강 회복(Health Recovery)"를 설정하여 안전한 먹거리 생산에 의한 국민건강, 지역생태계 건강, 지역사회의 건강 및 농업인의 건강 성취를 위하여 친환경농업 발전을 추구하고 있음

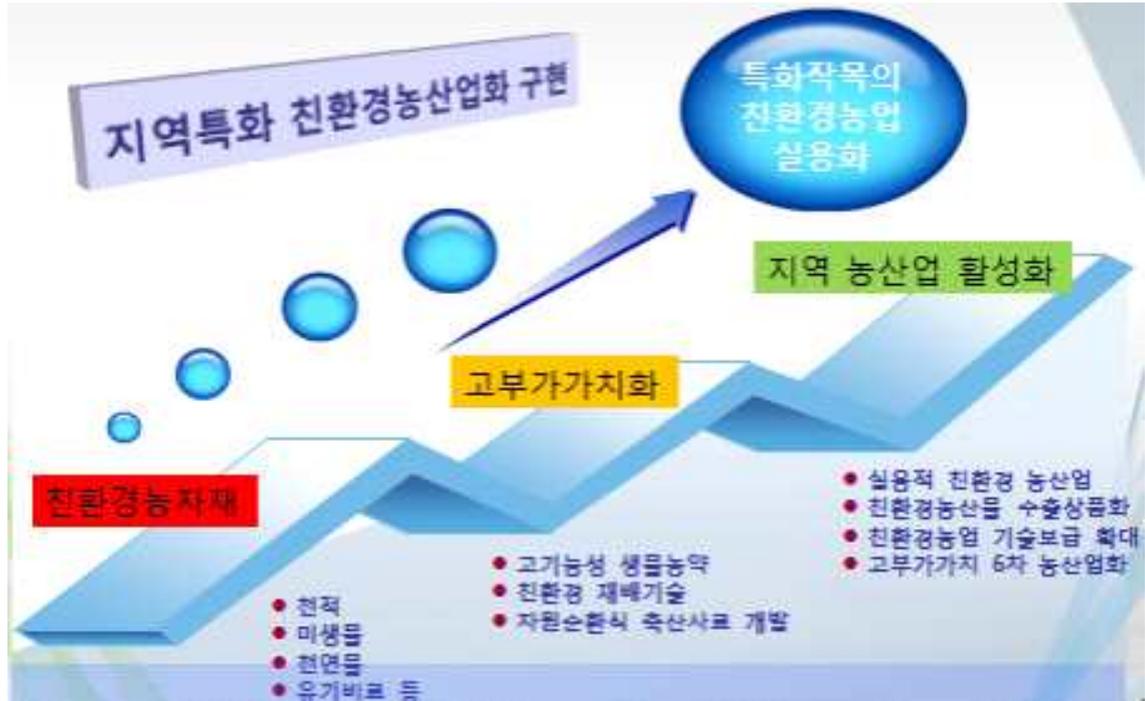
2. 친환경농업연구센터의 현황

- 경북 친환경농업연구센터는 FTA시대에 대응하여 친환경 유기농 관련 농자재, 농법 개발 및 교육 활성화를 통한 경북 농특산물의 경쟁력 강화를 추구하기 위하여 총사업비 100억원을 유치하여 경북 군위군 효령면에 위치한 경북대 농생대 부속실험실습장 내 친환경농업교육센터 부지에 본관 건물(지상3층), 온실, 식물공장, 천적생산시설을 갖추며 2014년 내에 설립을 마칠 계획임
- 본 센터의 운영재원으로 연구 및 용역사업 유치, 친환경 농자재 생산 및 기술비 로얄티, 교육비 등으로 구성된 연구비(30억원/년)를 확보할 계획임
- 본 센터의 조직 및 인력 구성으로서 조직은 자문위원회, 운영위원회 산하 기능별 협의회, 친환경단지 협의회 및 사무국(기술개발연구부, 교육지도부, 친환경인증센터, 시범농장운영부, 기획홍보마케팅부)으로 구성되며 인력은 센터장 외 26명[기존 교육센터(10), 농장(8), 인증센터(1) 포함]으로 구성됨. 또한, 신규 채용 인원으로 산학협력중점교수 3명, 전임연구원(박사급) 2명, 전임조교 1명 확보 등 총 6명을 확보할 계획임
- 본 센터의 핵심연구과제 및 사업화 전략으로서 경북 주요 특산물인 과수, 원예분야의 친환경 유기농 활성화를 위한 생물농약, 소재, 자원순환농법의 개발, 실용 및 산업화를 추진함

지역 내 연구기관과 역할분담



- 본 센터의 발전방안으로서 농촌진흥청, 경북농업기술원, 각 시군의 농업기술센터 및 광역친환경농업단지와 연계하여 현장애로, 기술 및 교육지원을 통한 친환경 유기농업 활성화를 추구함



[경북친환경농업연구센터 조감도 및 본관 건축 진행상황 (2014.11.12.)]



[경북친환경농업연구센터 유리온실 건축 진행상황 (2014.11.12.)]

3. 본 연구과제에 대한 선행 연구 및 연구개발의 필요성

가. 천적생산 및 실용화 연구

1) 포식성 및 기생성 천적 사육 기술 개발

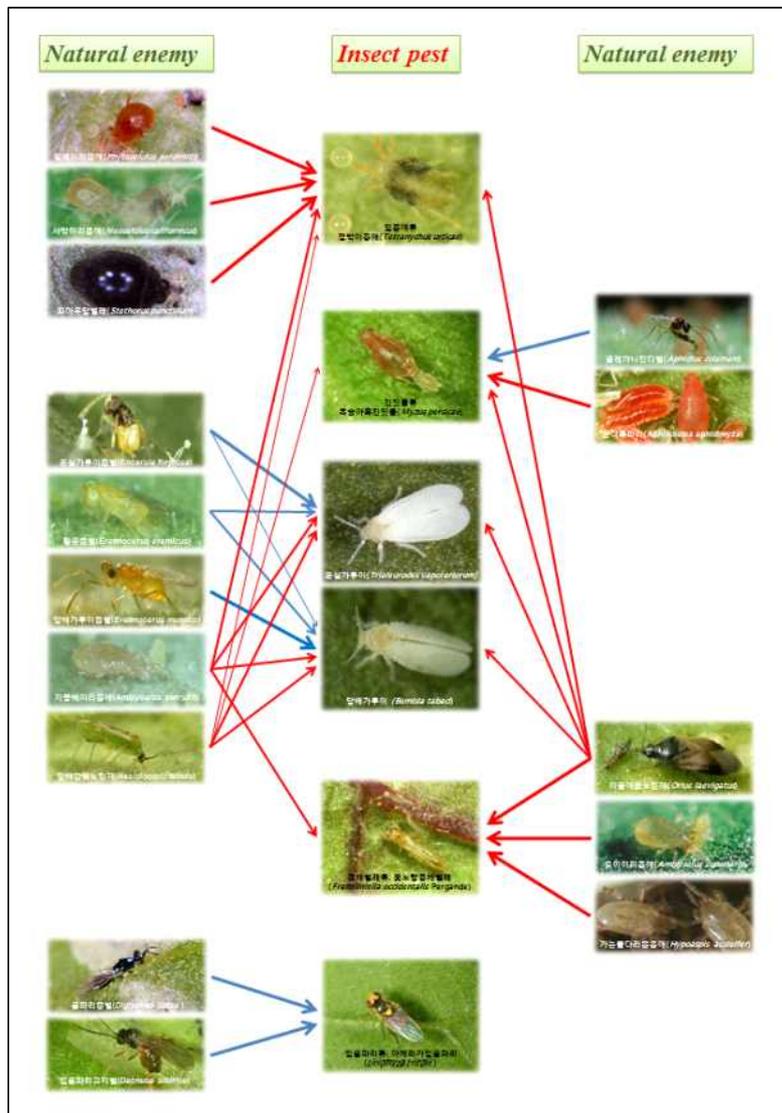
- 국내 천적산업은 2000년대 초부터 국가적 차원의 친환경농업 활성화사업에 기반하여 활발하게 이루어졌으나 국자 지원사업의 중단으로 인해서 한동안 국내천적산업이 위축되었음
- 최근 친환경농업의 활성화로 인해 천적의 수요는 계속 증가하고 있지만 국내 농가에서 활용하고 있는 천적들은 외국(주로 네덜란드 코퍼트사)에서 전적으로 수입하여 활용하는 실정이며 국내 산업체 및 농가의 자체 생산 시스템은 전무한 실정임
- 국내 천적산업의 문제점 중에 한가지로서 그동안 천적 대량생산 및 국내 재배환경의 현장적용에 대한 과학적인 연구가 거의 이루어지지 않아서 국내 자체 생산시스템 및 작물별 현장적용 매뉴얼이 부족한 실정임
- 장기적으로 고품질 농산물의 수요가 증가하고 국제시장에서 가격 경쟁력을 높이기 위해서 천적을 이용한 친환경농업은 필수적이기 때문에 천적 대량생산 기술 개발 및 국내 재배환경에 대한 현장적용 시스템 구축은 절대적으로 시급한 실정임
- 본 연구의 선행연구로서 천적자원인 콜레마니진디벌, 지중해이리응애, 총체가시응애를 대량생산할 수 있는 기반을 확보하였으며 이러한 기술을 고도화하고 작물별로 패키징하여 현장에 적용할 수 있는 매뉴얼 개발에 대한 연구를 수행할 예정임

해충과 천적의 상호관계

- 1) 지중해이리응애(*Amblyseius swirskii*)의 경우에는 먹이인 설탕응애를 이용하여 대량증식 방법 확보함. 그러나, 네덜란드 코퍼트사의 설탕응애를 사용한 증식방법에 대한 특허로 인하여 국내산업화를 위해서 지중해이리응애 사육용 대체먹이 선발에 대한 연구가 필요함



[본 연구과제팀에서 개발한 벙커플랜트 및 천적 사육 모습]



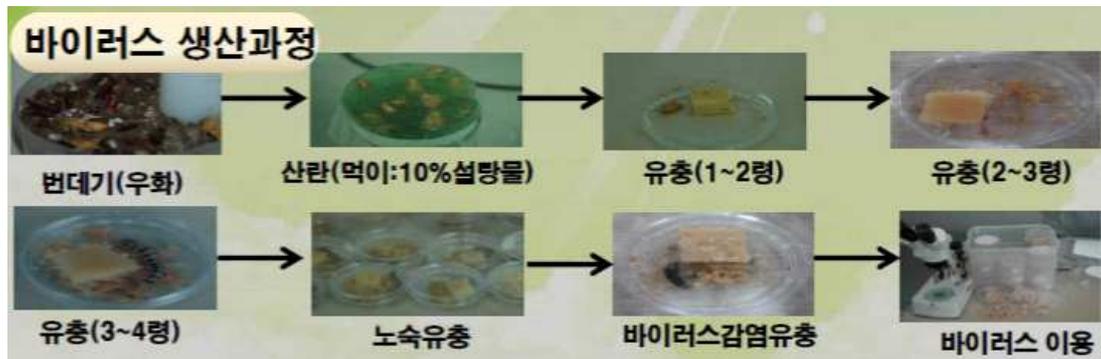
2) 백강균(*Beauveria bassiana*) : 해충 표피를 뚫고 감염, 가루이 총채벌레 방제효과 큼. 최근 백강균 포자를 대량증식하여 채집하는 기술을 개발했으며 이를 이용하여 농가에 현장 적용하는 기술개발을 필요로 하고 있다. 본 연구에서는 백강균 포자 대량생산 및 채집 기술을 경북지역의 농가에 보급하여 농가소득 향상에 기여할 수 있는 방법을 모색하고자 하며 또한 대량 채집된 포자를 현장에 적용할 수 있는 매뉴얼을 작성할 예정이다



[백강균 포자회수 방법]

3) 핵다각체 바이러스 제제 개발

- 핵다각체 바이러스(Has Nuclear Polyhedero Virus; HasNPV)는 곤충병원성 바이러스로서 고추의 주요 해충인 담배나방 유충의 방제효과가 뛰어나, 이 바이러스는 곤충의 섭식을 통해 장내로 들어간 뒤에 단백질 외피를 벗고 혈액내로 침입하여 병원성을 일으킴
- 본 과제의 선행연구로서 핵다각체 바이러스 증식용 담배나방의 인공사료 및 담배나방 사육기술을 개발했으며 이를 이용하여 핵다각체 바이러스의 대량생산 기반을 구축함
- 본 연구과제에서는 대량생산된 핵다각체 바이러스를 시설재배지에 처리하여 살충효능을 분석하고 그 결과를 현장에 적용하는 시험을 시행함



[핵다각체 바이러스 생산과정]

4) 곤충병원성 선충 및 그 장내공생균 배양액을 이용한 환경친화적 토양해충 방제제 개발 및 현장적용기술 확보

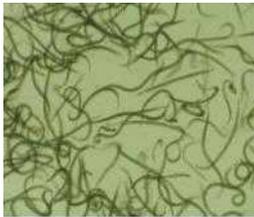
- 생물농약으로서 활용되는 미생물제제는 *Bacillus thuringiensis* (BT)균이 유일하게 곤충병원성선충의 장내에 기생하는 공생균은 다양한 살충독소를 생산하고 있어서 차세대의 새로운 미생물살충제로 활용가능 함
- 본 연구팀은 곤충병원성 선충뿐만 아니라 선충에서 분리한 공생균의 대량생산기술을 보유한 (주)에코원을 참여기업으로 포함하여 과수 및 시설재배지의 토양해충 방제를 위한 친환경방제기술을 개발하고자 함
- 본 연구팀에서는 곤충병원성선충에서 분리한 장내공생균의 인공 대량 배양기술을 기확보하여 가루이, 모기의 살충효과를 검증한 바가 있으며 (아래 표 참조) 본 연구에서는 개발된 곤충병원성 선충 및 배양액 제제를 이용하여 과수 및 시설재배지의 해충방제를 위한 효능 시험 및 작물별 적용 매뉴얼을 개발하고자 함

▶ 본 연구팀의 해당 주제에 관한 선행 연구성과

- Oral Toxicity of Photorhabdus Culture Media on Gene Expression of the Adult Sweetpotato Whitefly, *Bemisia tabaci*. ('11, J. Invertebr. Pathol.)
- Oral toxicity of symbiotic bacteria *Photorhabdus* spp. against immature stages of insects. ('11, J. Asia-Pacific Entomol. 14)
- Isolation and characterisation of the entomopathogenic bacterium, *Photorhabdus temperata* producing a heat stable insecticidal toxin. ('11, J. Plant Disease and Protection 118)

[국내 곤충기생성선충으로부터 분리된 공생균의 보유 ((주)에코윈)]

No.	분리지역	분리된 선충 종	분리된 공생균
1	간동	Steinerenmatidae속(10종) Heterorhabditidae속(3종)	Xenorhabdus sp.(10종) Photorhabdus sp.(3종)
2	관인	Steinerenmatidae속(14종) Heterorhabditidae속(5종)	Xenorhabdus sp.(14종) Photorhabdus sp.(5종)
3	내면	Steinerenmatidae속(2종) Heterorhabditidae속	Xenorhabdus sp.(2종) Photorhabdus sp.
4	사별	Steinerenmatidae속(3종) Heterorhabditidae속(3종)	Xenorhabdus sp.(3종) Photorhabdus sp.(3종)
5	상동	Steinerenmatidae속(4종) Heterorhabditidae속(5종)	Xenorhabdus sp.(4종) Photorhabdus sp.(5종)
6	소백	Steinerenmatidae속(16종) Heterorhabditidae속(14종)	Xenorhabdus sp.(16종) Photorhabdus sp.(14종)
7	소천	Steinerenmatidae속(20종) Heterorhabditidae속(13종)	Xenorhabdus sp.(20종) Photorhabdus sp.(13종)
8	영북	Steinerenmatidae속(7종) Heterorhabditidae속(5종)	Xenorhabdus sp.(7종) Photorhabdus sp.(5종)
9	오대산	Steinerenmatidae속(5종) Heterorhabditidae속(10종)	Xenorhabdus sp.(5종) Photorhabdus sp.(10종)
10	울진	Steinerenmatidae속(3종) Heterorhabditidae속(5종)	Xenorhabdus sp.(3종) Photorhabdus sp.(5종)



곤충기생성선충

분리된 공생균

공생균
전자현미경사진

공생균 Jar Fermentor
배양 모습

[국내 토착 선충에서부터 공생균을 분리하여 적용단계 사전 연구 모습 ((주)에코윈)]

[참여기업 에코윈의 특허 출원현황]

내용	실시기간	사업화 현황
곤충병원성선충의 배양방법 및 배양조	2009	특허 출원 1건
곤충병원성선충의 장기보관방법 및 이에 따른 곤충병원성선충	2009	특허 출원 1건
식물기생선충 방제용 제제 및 그 제조 방법	2009	특허 출원 1건
천적유지식물 화분의 포장 용기	2010	특허 출원 1건
곤충병원성선충의 제형화 방법	2010	특허 출원 1건
꿀벌부채명나방의 알을 이용한 포식성 천적의 사육방법	2010	특허 출원 1건



(주) 에코윈의 각종 Fermenter 시설



균체 분리 및 제형화 시설

고체 선충 배양기 시설

[관련기술에 대한 신청연구팀의 관련 시설 및 기술]

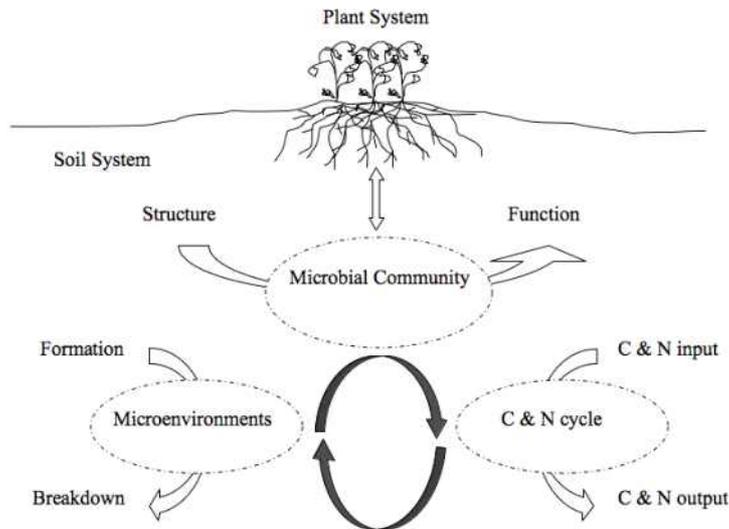
5) 천적자원 실용화 연구개발의 필요성

- 그동안 많은 대학교와 친환경농업관련 연구기관에서 친환경농업에 대하여 연구하였으나 단편적인 부분을 확대하여 영농에 접목했지만 대부분 실패하여 친환경농업기반마저 위태로움. 특히 해충방제는 반드시 천적이 보완되어야 하나 국내 천적시장이 붕괴되어 전무한 실정임
- 현재 국내 천적시장에는 외국계 천적회사인 “코퍼트”가 유일하며 천적을 독점 판매하여 국내회사가 있을 때 비해 2배 이상 비싼 가격으로 공급됨. 따라서 친환경농산물 생산단가를 높이는 원인이 되기에 회사의 영리를 떠나서 농가보급형 천적 생산 및 공급이 필요함
- 그러나, 경북지역 지자체에서는 유용미생물을 생산 및 농가에 공급함으로써 작물의 생육촉진과 병해억제에 크게 기여하였으며 2008년부터 천적을 이용한 해충방제 시험을 계속하고 있음. 2014년부터는 진딧물 천적인 콜레마니진디벌 벵커플랜트를 개발하여 농가에 보급하였으며 천적인 지중해이리응애, 총제가시응애 생산기술을 개발하고 있으며 천적을 보완할 수 있는 살충곰팡이, 담배나방 핵다각체 바이러스 생산기술을 개발하여 적용 중에 있음. 그동안 개발되어진 다양한 친환경 영농관련기술을 계절별, 작물별로 적용하여 최적의 친환경영농의 모델의 개발이 필요함
- 특히, 경상북도의 “맞춤형 친환경농자재 지원사업”이 2020년까지 250억원을 투입할 계획이며 지원품목은 천적 및 미생물제제 등 농촌진흥청이 친환경유기농자재로 공시한 품목으로서 지역별, 작목별 등 다양한 농업환경에 실질적으로 필요한 자재를 공급함
- 그러나, 천적인 경우 거의 수입에 의존하고 있으므로 국내에서 천적생산기술의 개발이 절실함. 또한, 미생물제제의 경우 무분별한 개발로 인해 그 효능이 검증되지 않은 것들이 많음. 이에 본 연구센터의 역할로서 이러한 친환경농자재의 기능을 고도화하고 작목별로 패키징하여 현장적용 가능한 메뉴얼을 개발함으로써 지역 친환경농업의 발전을 촉진함

나. 친환경 미생물자원의 실용화 연구

1. 연구개발의 필요성

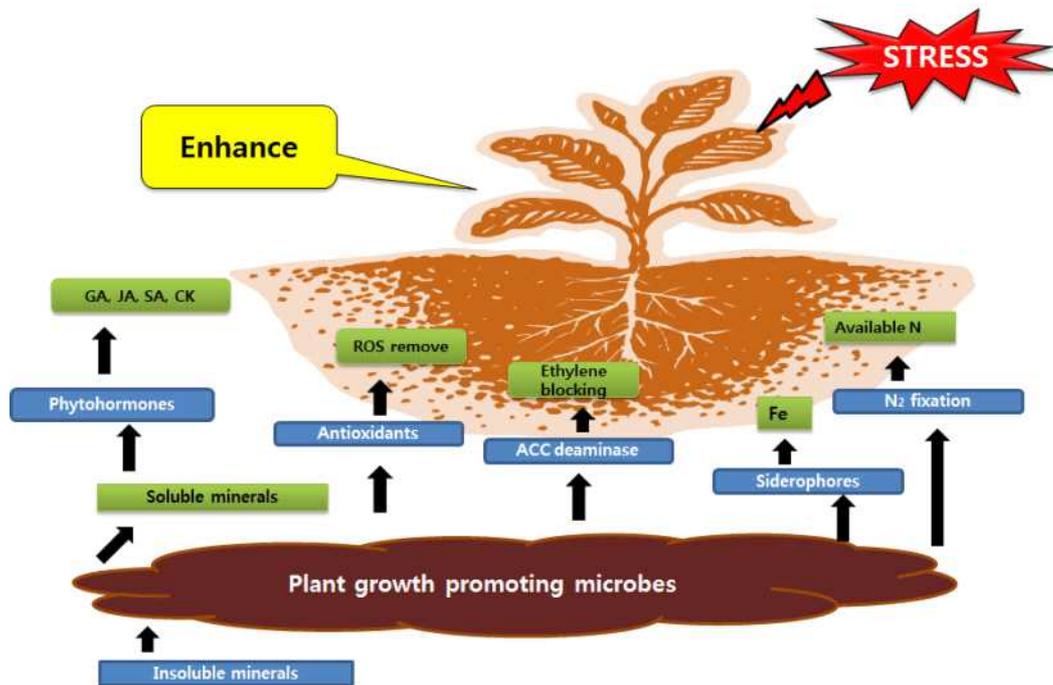
- 현재 근권에 존재하는 미생물들은 기주의 생육과 생태학적 적응도에 있어서 중요한 역할을 담당하고 있음. 근권에 존재하는 미생물은 식물 보호, 항생물질의 생산, 그리고 무기물과 식물 군체 형성의 지구화학적 순환 등 중요한 역할을 담당하고 있음. 이러한 대부분의 역할들은 많은 식물 종의 근권에서 분리에 성공한 박테리아와 균류 그룹의 연구를 통하여 잘 밝혀져 있음. 그러나 분리 및 동정에 성공한 박테리아는 소수이며, 아직까지도 근권에 존재하는 많은 미생물들이 동정되지 못한 상태임. 근권에서 발견되고 현미경으로 관찰이 되는 미생물 중 약 90%가 *in vitro*에서 인위적 배양에 실패한 것으로 알려져 있음. 그러므로, 근권에서 박테리아 그룹들을 분리해 내는 배양-독립적 기술의 사용이 고려되어야 할 것임. Semenov et al. (1999)은 근권에 살고 있는 개체군들이 뿌리 축을 따라 파도 모양을 형성한다는 것을 밝힌 바 있음. 그러므로 근권 토양 속의 박테리아 군집은 고정되어 있지 않으며, 시간이 지남에 따라 순환함. 그리고 박테리아 군집들은 토양의 종류, 식물의 종, 식물 생육 시기 및 지역 기후에 따라 모두 다르게 나타남.



[토양환경에서의 미생물 군집화 (Six and Kong, 2006)]

- 식물 근권에 서식하는 토양미생물은 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있음. 그 중 식물생장촉진 근권세균(plant growth-promoting rhizobacteria; PGPR)은 식물 근권에 서식하면서 식물의 성장을 증진 시키는 세균임. 이들은 식물 뿌리에 흡착하거나, 뿌리에 군락을 형성하고, 뿌리 삼출물을 이용하여 성장함. 토양미생물은 항생물질을 생산하여 식물병원균으로부터 식물을 보호하거나, 대기 중 질소를 고정하여 식물에게 질소원을 공급하거나, 식물의 성장을 조절하는 효소 또는 성장조절물질을 생산하거나, 여러 대사를 통하여 토양 내의 인과 같은 미네랄을 가용화시켜 식물이 흡수하기 쉽게 도와주는 등의 영향을 미침.
- 환경스트레스를 받은 식물에게 미생물을 접종했을 때 유도저항성이 일어나는데, 미생물에 의한 유도저항성은 1차적으로 군체외벽에 존재하는 LPS(lipopolysaccharide)에 의하여 식물체에 저항성 유도를 위한 신호가 전달되는 것으로 보고되어 있음. 또한 형광성 *Pseudomonas*에서 생산되는 ng 단위의 SA가 ISR의 신호 물질로 작용한다고 잘 알려져 있음. 이와 같이 미생물에 의하여 식물체의 저항성이 유도되면 병저항성 단백질이

증가될 뿐 아니라, 식물조직의 리그닌 화에 의해 조직세포가 강화되며, phenol 및 phytoalexin 등의 저항성 관련 방어물질을 증가되어 차후의 병원균의 침입으로부터의 감염이 억제되는 것으로 알려져 있음. 이와 같은 기작으로 얻어지는 저항성을 ISR(induced systemic resistance)이라 하며, 병원균-기주 식물과의 관계에서 일어나는 전신획득저항성(SAR)과 매우 유사한 반응임.



[식물생육촉진 미생물의 효과]

- 식물체내의 호르몬 균형은 식물 생육과 발육 조절에 매우 중요한 요소로 작용함. 식물 성장호르몬은 식물뿐만 아니라 많은 곰팡이와 박테리아를 포함하는 다양한 미생물에서도 생성되며 그 중 근권 곰팡이류에 대한 보고가 가장 많음. 식물 호르몬을 생성하는 미생물 연구는 국내외의 다수의 연구자에 의해 활발히 진행되고 있음. 미생물이 생산하는 식물성장호르몬으로는 지베렐린(gibberellin, GA), 옥신(auxin, IAA), cytokinin, abscisic acid(ABA)를 포함하여 아직 식물계에서 다양한 신규 식물 성장조절물질들이 보고되고 있음.

GA_s producing microbe groups

<Fungi>

Gibbrella fujikuroi, *Phaeospheria* sp., *Sphaceloma bidentis*, *Sphaceloma manihitcola*, *Sphaceloma men*, *Sphaceloma perseae*, *Sphaceloma rhois*, *Fusarium proliferatum*, *Penicillium* sp., *Arthrinium phaeosperm*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Scolecobasidium tshawytschae*, *Gliomastix murorum*, *Aspergillus fumig*, *Chrysosporium pseudomerdarium*, *Phoma herbarum*

<Bacteria>

Acetobacter diazotrophicus, *Azotospirillum lipoferum*, *Azotospirillum brasilense*, *Bacillus licheniformis*, *Bac*, *pumilus*, *Herbospirillum seropedicae*, *Rhizpbium phaseoli*, *Bacillus cereus*, *Bacillus microides*, *Burkhol*, *cepacia*, *Acinetobacter calcoaceticus*

Auxin producing microbe groups

Azospirillum sp, *Alcaligenes faecalis*, *Klebsiella*, *Enterobacter cloacae*, *Acetobacter diazotrophicus*, *Herbaspiri*, *seropedicae*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Pseudomonas*, *Xathanmonas*

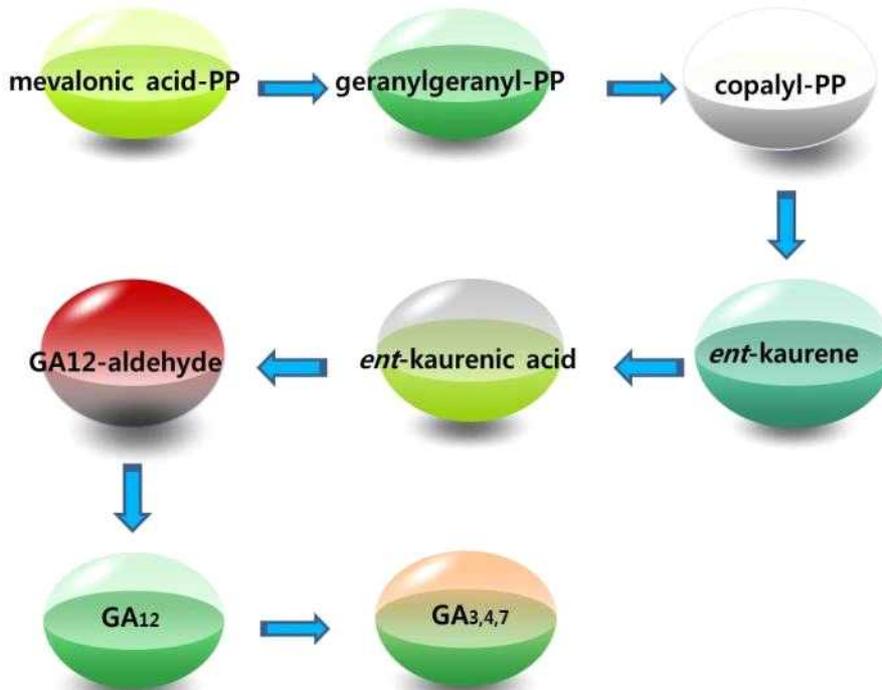
Cytokinin producing microbe groups

Pseudomonas fluorescens, *Erwinia herbicola*, *Agrobacterium* sp., *Rhodococcus fascians*, *Pseudomonas savast*
Gypsophila paniculata, *Azotobacter* sp.

ABA producing microbe groups

Botrytis cinerea, *Cercospora cruenta*

- 몇몇 PGPR은 GAs를 생성하는 기능을 가지고 있음. 이러한 PGPR이 생성한 GAs는 많은 작물의 성장과 수량을 증진시키는데 영향을 미치는 것으로 알려졌으며, 박테리아의 GA 생합성 경로 연구는 식물과 균류에서의 GA 생합성 경로 연구결과를 바탕으로 수행되어지고 있음. 일반적으로 GA는 GGPP(geranylgeranyl-PP)로부터 합성되어지며, GGPP는 copalyl-pp, *ent*-kaurene, *ent*-kaurene oxidase, *ent*-kaurenoic acid oxidase, GA₁₂-aldehyde, GA₁₂의 순서로 변환되며, 그 후 여러 대사작용들을 통하여 여러 GAs가 생성되어짐. Morrone et al.(2009)은 또한, 박테리아 operon의 개입에 대하여 보고하였는데, 박테리아 operon의 효소적 구성이 식물과 균류의 GA 생합성 경로와는 다른 독립적으로 집합된 새로운 GA 생합성 경로를 작동시키는 것을 밝힌 바 있음. 이 박테리아 특이적 GA 생합성 경로는 대체로 균류보다는 식물체의 GA 생합성 경로와 비슷한 것으로 밝혀짐. 이 후, 수많은 GA group의 물질들이 고등 식물, 균류, 박테리아들로부터 136종의 지베렐린을 분리 및 동정됨(Hedden and Thomas 2012).



[미생물의 지베렐린 생합성 경로]

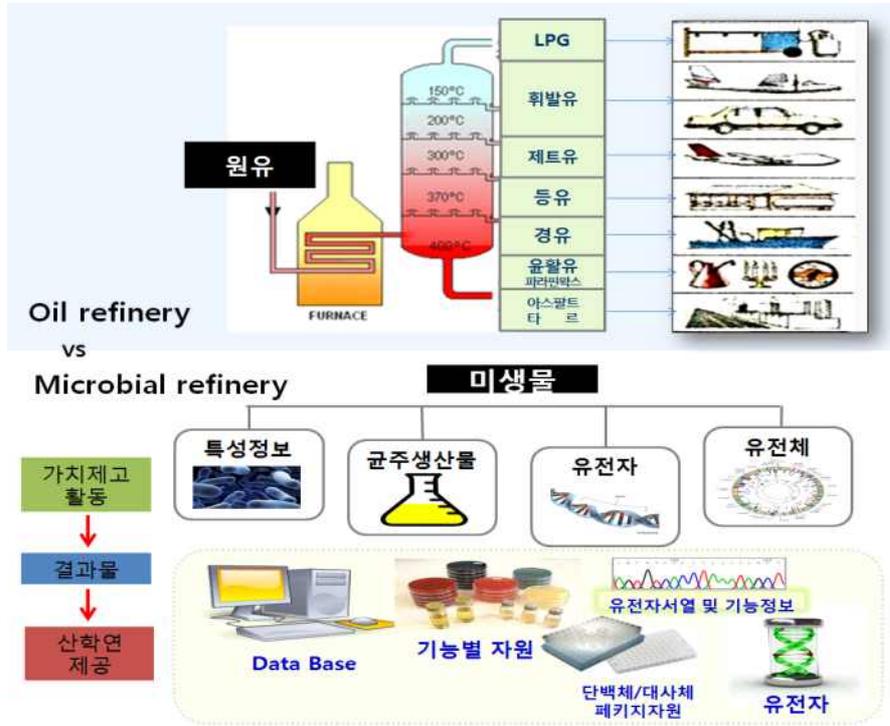
- 본 연구진의 작물성장촉진 연구결과 확보된 식물호르몬 생성균주는 다음과 같음. 국내의 열악한 지원하에서도 본 연구팀은 식물호르몬 분야에 대한 지속적인 연구를 수행하였고, 단독 또는 다수의 국내 연구팀과의 공조를 통해 다양한 연구결과를 도출하였으며, 현재도 많은 연구팀과 공동연구를 진행 중에 있음.

[본 연구진의 연구결과물인 식물호르몬 생성균주]

Host plant	Endophyte	Hormone	Published journal
Soybean	<i>Aspergillus fumigatus</i> sp. LH02	GA _{4, 9, 12} (3)	Process Biochem., 2011
	<i>Cladosporium Sphaerospermum</i>	GA _{3, 4, 5, 7, 15, 19, 20} (7)	J. Microbiol Biotechnol, 2009
	<i>Phoma herbarum</i>	GA _{1, 3, 4, 7, 9, 12, 15, 19, 20} (9)	
	<i>Chrysosporium Pseudomerdarium</i>	GA _{1, 3, 4, 9, 15, 19, 20} (7)	J. Microbiol., 2009
Cucumber	<i>Phoma glomerata</i> LWL2	IAA (1)	Molecules, 2012
	<i>Penicillium</i> sp. LWL3	IAA (1)	
	<i>Paecilomyces formosus</i> LHL10	IAA (1)	BMC Microbiol., 2012
	<i>Cladosporium</i> sp. MH-6	GA _{1, 3, 4, 7, 9, 12, 15, 19, 20} (9)	Mycologia, 2010
	<i>Phoma</i> sp. GAH7	GA _{1, 3, 4, 9, 15, 19, 20} (7)	J. Microbiol Biotechnol, 2010
	<i>Burkholderia cepacia</i> SE4	GA _{1, 3, 4, 9, 12, 15, 19, 24} (8)	J. Microbiol., 2009
Crown Daisy	<i>Penicillium</i> sp. MH7	GA _{1, 3, 4, 7, 9, 12, 15, 19, 20} (9)	J. Microbiol. Biotechnol., 2010
	<i>Acinetobacter Calcoaceticus</i> SE370	GA _{1, 3, 4, 9, 12, 15, 19, 20, 24, 53} (10)	Biotechnol. Lett., 2009
Pepper	<i>Bacillus pumilus</i> CJ-69	GA _{1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 19, 20, 24, 44} (12)	Biotechnol. Lett., 2004
	<i>Bacillus cereus</i> MJ-1	GA _{1, 3, 4, 7, 9, 12, 19, 20, 24, 34, 36, 44, 53} (13)	
	<i>Bacillus macroides</i> CJ-29	GA _{1, 3, 4, 7, 9, 12, 19, 20, 24, 34, 36, 44, 53} (13)	

- 유용 미생물은 친환경 기술과 안정적인 작물 생산을 기대할 수 있는 소재로써 가치가 제고됨. 아직 국내에서 이와 관련된 연구는 아직 기초적인 단계에 불과할 뿐만 아니라 친환경 기술에 대한 방안은 빈약하고 부실함. 따라서 작물의 생육을 증진시킬 수 있는 우수 균주를 선발함과 동시에 효력을 증대하는 기술 개발에 활용함으로써 본 연구는 친환경농업 소재와 기술 개발에 유용하게 적용할 수 있을 것으로 사료됨.
- 수확량 증대 및 병해충 방제를 위한 지속적인 친환경 농업 개발에도 불구하고, 작물 병해는 지속적으로 증가하고 있으며, 2008년 비료 부족현상으로 인한 작물 재배에 어려움이 발생하는 추세임. 이로 인해 효능이 뛰어난 미생물 농약이 개발되어 현재 농가에 보급되고 있음. 하지만 배양환경이 일정하지 않고, 외부 균으로 인한 오염으로 인해 실제 농가에서 배양에 어려움이 있을 뿐만 아니라, 중요한 농업 자원인 기능성 미생물 종균의 안정적인 보존, 지속적인 보급에 문제 발생
- OECD는 바이오 신기술이 타 기술들과 융합을 지속하여 2030년경에 글로벌 경제에 대규모 변화를 가져오는 바이오경제시대로 진입할 것으로 전망(OECD, 2009)
 - 바이오기술은 21C 인류가 직면한 식량, 에너지, 환경, 보건 문제의 4대 문제를 해결하는데 핵심적인 역할을 할 것으로 기대함.
- 생명연구자원 인프라는 바이오경제를 지원하는 미래자원으로서의 중요성 증대
 - 생명연구자원은 바이오 분야의 발전과 혁신을 위한 필수적인 연구소재이며 에너지, 환경, 농업, 식량, 질병 등 인류난제 해결은 물론 바이오경제 창출을 위한 핵심 원천기술 확보를 위한 핵심열쇠로 인식됨.

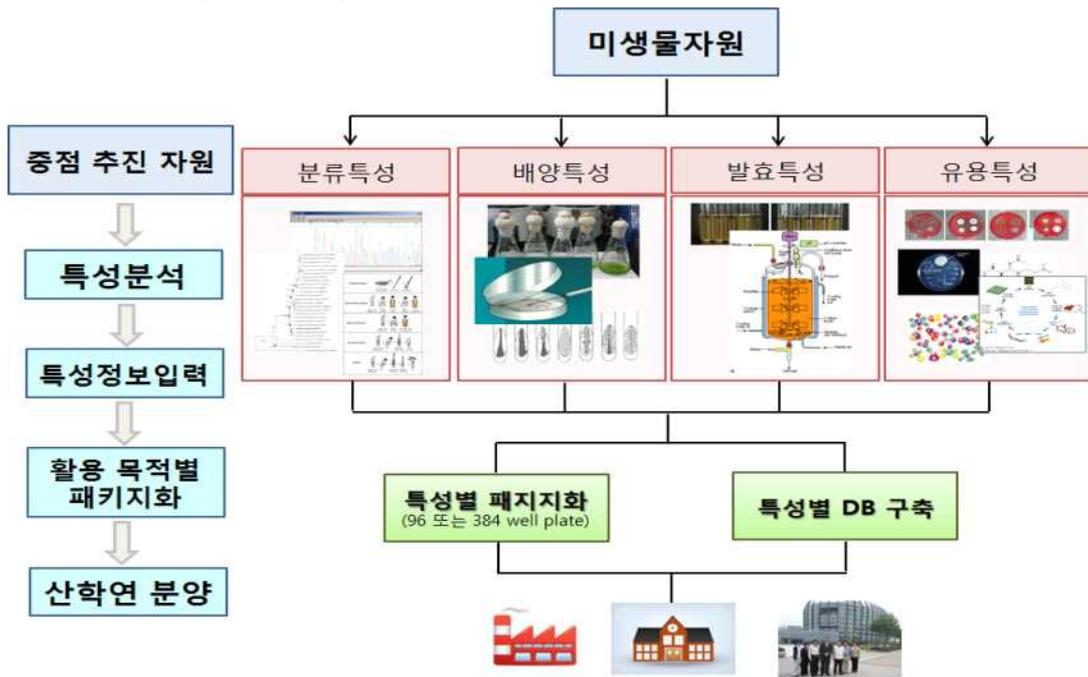
- 미생물자원은 바이오산업의 소재로서 미래의 보물이라는 새로운 가치가 부각되고 있음
 - 전 세계적으로 생명공학 시장 및 제품 개발의 상당수는 미생물자원으로부터 이루어지고 있어 고부가가치 경제적 이윤을 창출할 수 있는 핵심생물소재로 각광을 받고 있음.
 - 미생물은 지구 생태계의 근간을 이루고 있으며, 그들의 다양한 물질대사 능력과 상호작용은 중요한 친환경 농업 및 산업용 소재를 제공함.
 - 식물 성장을 증진시키는 미생물, 적조현상을 개선하는 미생물, 오염물질을 분해하는 미생물 등의 특수미생물 산업 등에서도 두각을 나타냄.
 - 현재 지구상에 존재하는 미생물종의 1% 이하만 밝혀져 있어 새로운 미생물의 발견에 대한 무한한 활용 가능성이 있음
- 미생물자원은 다양한 첨단기술과 융합하여 다양한 분야로 발전 가능
 - 미생물로부터 생리활성물질, 식물용 생육 조절물질 등 많은 유용물질들을 탐색하여 식량 및 농업, 환경, 자원 등 산업분야에 활용되고 있음.
 - 미생물자원은 자원활용의 새로운 가능성을 통해 패러다임이 전환됨.
- 국내 미생물자원의 보유수는 세계적 수준이나 활용성은 미흡
 - 교과부는 G7 프로젝트, 21C 프론티어사업 중 미생물유전체활용기술개발사업 등 국가적 투자를 통해 글로벌 수준의 미생물자원을 축적함.
 - 세계 신종미생물 발굴수 측면에서 2004년 이후 7년 동안 세계 1위를 유지
 - 국가연구개발사업에서 미생물자원의 가치제고 분야는 지원 공백영역
 - 개별 연구자가 자원을 분양받아 자체적으로 특성을 분석하거나 균주가공물을 직접 만들어 사용함으로써 막대한 시간 및 비용 낭비 우려됨.
- 미생물자원의 활용성 증대를 위한 가치제고 필요
 - 생명자원은 생물자원(실물), 생물다양성 및 생명정보를 모두 포함하고 있으며, 특히 미생물자원은 어떤 생물자원과 비교해도 가장 큰 비중을 차지할 정도로 중요함.
 - 미생물 자원은 일·이차 대사산물의 생산을 통해 인류의 농축산업 뿐 아니라 산업 전반에 필요한 생물 소재를 제공하며 작물/가축의 생산성, 환경 복원, 오염 예방 및 질병 극복 등 인류 난제 해결의 핵심 열쇠가 됨.
 - 농림축산식품부 연구개발사업에서 미생물자원의 가치제고 분야는 지원 공백영역으로 가치제고를 위한 연구사업 필요함.
 - 개별 연구자가 자원을 분양받아 자체적으로 특성을 분석하거나 균주가공물을 직접 만들어 사용함으로써 막대한 시간 및 비용 낭비됨.
 - 미생물자원으로부터 생리활성 물질 최대 생산능 발효 조건 확립 및 효능 검증을 효율적으로 탐색할 수 있는 연구기술개발을 통하여 보유미생물 또는 생명연구자원의 유용성 및 효율성 가치의 제고를 이룰 필요가 있음.
 - 친환경 농업분야에서 고액의 연구개발비, 장기간의 연구개발 노하우를 보유한 선진국과 경쟁하기 위해서는 국내 산학연의 연구자들을 적극적으로 지원하는 신개념의 친환경 농업 인프라 지원기지 구축이 필수임.
 - 농업 현장에서의 필요성에 부합하는 목적·수요지향적 가치제고를 통한 가공실물 및 정보를 제공하여 농업 산업에서의 바틀렉 부분의 해소와 현장 적용 가능한 실증 모델 개발 가속화가 필요함.
- 미생물자원의 활용도 제고를 위한 제반활동을 의미하며 특성정보, 균주생산물정보 등을 포함함



미생물자원 가치제고 활동의 개념

○ 특성정보

- 정의: 미생물자원이 보유한 산업적, 학문적으로 유용한 생물학적 특성에 대한 정보
- 범위: 배양특성, 발효특성, 기능성



[특성정보 가치제고 프로세스]

○ 미발굴 유용특성 조사를 통해 신규 활용분야에 대한 정보 제공 가능

- 다양한 기질에 대한 미생물자원의 특성정보 제공 시 농축산업, 식품, 산업공정 등 활용 분야의 다양화 및 차별화가 가능

- 특성정보 제공을 통한 미생물자원 활용성 극대화 달성 및 부가가치 상승 기대
 - 다양한 특성정보를 조사하고 DB화하여 특성별 균주패키지 형태로 제공할 시 분양건수의 증가와 함께 자원활용도의 획기적 제고가 가능
- 균주생산물에 대한 체계적 최적 발효 기술 확립을 통한 원천기술개발 촉진화
 - 미생물 자원의 균주생산물 최적 발효 기술 인프라가 구축될 경우 기존 자원에 대한 활용도가 수십배 증가할 것으로 기대
 - 미생물 자원의 최적 발효 기술 확립 시스템의 개발로 다양하고 많은 미생물자원 균주생산물에 대한 미생물 분류별, 기능별 또는 연구 목적별 패키지 제공이 중요
- 패키지 제공을 통하여 미생물자원 활용성 제고 및 부가가치 창출 기대
 - 균주생산물 가치제고를 통한 패키지 제공으로 인하여 분양에 대한 미생물자원의 활용도가 7배 정도 높아질 것으로 예상
 - 균주생산물 제공 시 수요자들은 미생물 균주당 30만원 정도를 추가지급할 수 있는 것으로 조사되어 미생물자원의 부가가치가 올라갈 것으로 기대

1-3. 연구개발 범위

가. 현장애로 기술 발굴 및 해결방안 모색

- 작물별 천적자원 실용화 기술 고도화 기술 개발
 1. 천적 사육 및 기술 보급 기반 확립: 포식성 천적, 기생성천적
 2. 경북지역 특화작물에 대한 천적 현장적용 매뉴얼 개발
 - 과수(사과): 곤충병원성 선충의 토양처리에 의한 복숭아심식나방 월동충 방제효능 시험
 - 시설재배지(참외): 포식성 천적 및 기생벌을 이용한 가루이류 방제효능분석 및 매뉴얼 작성
- 해충(가루이류) 유인식물 선발 및 현장적용
 1. 가루이 피해작물(고추, 참외)에 대한 야생담배의 유인효능 분석 및 현장적용
- 병해충 정밀진단 및 조기 예찰 기술 개발
 1. 친환경 사과 및 고추 재배단지에서 발생하는 주요 곰팡이/세균 병해 동정 및 특성 비교
 2. 주요 친환경농산물 재배단지에서 발생하는 병해의 진단 매뉴얼 작성 및 경감 대책 제시
- 친환경 기능성 미생물의 생장조절 효과와 농가 현장 실증 시험
 1. 효율적이고 신뢰성 있는 미생물의 생장 촉진/억제 활성 검정 확인
 2. 미생물 처리 시 작물의 생리적 변화 조사
- 미생물 농약의 유전자원 확보 및 보급 모델 개발
 1. 친환경 기능성 미생물 유전자원 확보, 최적 발효조건 확립 및 효능 검증

나. 현장 실증시험을 통한 보급 모델 개발 및 확산

- 작물별 생물농약(천적, 미생물) 적용기술 패키징화 및 현장적용 매뉴얼 개발
- 유용미생물 균주 특성분석을 통한 유전자원 확보 및 안정적 보급 체계 구축

다. 친환경 농산물 연구기반 확충 및 컨설팅 추진

- 천적 및 미생물 생산 및 현장적용 보급을 위한 산학연 컨설팅 개최: 년 4회
- 경북지역 친환경농업 R&D Hub 기능을 수행하기 위하여 산학연 연계 SNS network 구축
- 친환경농업연구센터에 천적 및 유용미생물의 생산 및 분석을 위한 장비를 확보함

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-05

가. 천적 분야

(1) 생산 및 시장현황

(가) 국내 제품생산 및 시장 현황

- 국내의 경우 천적분야에서의 시장규모가 축소하고 있으며 대부분의 천적을 직접생산하지 않고 해외 업체에서 수입 판매하는 실정. 천적 소규모 일부 자체 생산은 농촌진흥청, 농업기술센터, 대학, 일반기업 등을 중심으로 진행되고 있으나 일부품목에서 소량 공급할 수준, 아직 database화 되어있지 않아 정확한 시장상황을 파악하기가 어려운 실정임.
 - 천적시장 성장부진: 진흥청/지자체 천적 시범사업 확대 필요
 - 천적제품 고객 사용의지 미흡: 난방제 해충 해결 방안 모색
- ㈜동부 팜 세레스
 - 천적사업 축소 후 생산 판매 중단
- ㈜경농(<http://www.knco.co.kr>)
 - 판매되는 천적은 전량을 해외 업체에서 수입하여 판매, 천적 생산하지 않음
- 코퍼트 코리아(<http://www.koppert.com>)
 - 천적 적용작물 확대: 과수, 시장 영업 준비
- 한국유용곤충연구소(<http://www.kbil.co.kr>)
 - 전남지자체 천적사업 수주 축소로 인한 자부담 납부 거부 농가 수주 중단
 - 시설 천적 보다는 축사 천적사업 집중
- 그 외 오상킨텍스, 엔코윈 등

(나) 국외 제품생산 및 시장 현황

- 전 세계적으로 천적사업 1위 기업은 네덜란드 Koppert社
 - Koppert 코리아를 통해서 국내 시장 잠식

(2) 개발기술의 산업화 방향

- 국내 천적 생산의 원천기술 및 생산시설 등의 부족으로 인한 외국 천적업체의 국내시장을 잠식하고 있으며 국내 천적 농업의 정착 또한 미흡한 실정임
- 국내 친환경 농업의 육성을 위하여 농촌진흥청, 농업기술센터, 대학 등을 중심으로 천적 농업을 정착시키고 사업체에 대한 육성화 정책을 통화여 미흡한 국내 천적 사업을 활성화를 진행하여야 할 것임

나. 식물병리 분야

- 세계 각국의 생물비료 현황을 살펴보면 먼저 미국의 경우 친환경 비료를 사용하는 농업인들이 늘고 있고 대량생산 및 대규모 농장 협동조합 전진농업기술에 중점을 두어 생물비료 수요 증

가 및 북미 시장 범위가 확장됨에 따라 2018년 생물비료 시장 수익은 약 2억 560만 달러로 전망됨

- 일본은 recycling에 의한 유기질 배토 토양개량제 비료시장이 활성화되어 있으며 생물비료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 토양미생물제제를 지력증진법에 의한 토양개량자재로서 품질표시를 규정하도록 하고 있으며 현재 VA 균근을 포함한 자재가 지정됨
- 중국의 경우, 2012년 친환경비료의 매출액은 전체 비료 매출액의 7%인 595억 위안에 불과하였으나 친환경비료에 대한 관심 증가와 현재 적국 정부가 생물비료 산업을 적극적으로 지원하는 전략적 지원 사업으로 인해 2015년 매출액은 900억 위안, 2020년에는 1,400억 위안으로 향후 5~10년 이내에 친환경비료의 비중이 15%를 차지할 것으로 전망됨 (ipet, 2016)
- 국외에서는 주요 유전체 연구 선도 국가를 중심으로 미생물 유전체 해독 및 분석을 위한 대규모 투자와 국제 공동 프로젝트가 진행 중이며, 실용화·산업화를 촉진시키기 위해 제도, 정책 측면에서 개선 보완되어 진행됨
- 중국의 BGI(Beijing Genome Institute)는 2009년부터 만개의 미생물 참조유전체를 생성하는 목표를 가지고 프로젝트(10,000 Microbial Genome Project)를 수행했으며 여기에는 농축산, 생물에너지, 환경, 의학 등 다양한 분야의 미생물들을 포함함
- 일본은 2005년에 일본 내에서 수행되고 있는 인간과 동물 마이크로바이옴 연구 데이터를 수집, 공유, 및 통합 관리하는 대형 마이크로바이옴 프로젝트를 수행하기 위해 휴먼 메타지노믹 컨소시엄 재팬(Human MetaGenome Consortium Japan, HMGJ)을 구성하였고, 현재는 기업 및 국립연구소 단위의 규모를 통해서 연구가 활발히 진행됨 (박수정 등, 2016)

3. 연구수행 내용 및 결과

코드번호

D-05

3.1. 연구내용

I. 제1세부: 친환경 병해충 관리 기술의 고도화 및 보급 모델 개발

1. 작물별 천적 및 미생물농약 자원 패키징화 및 현장적용 매뉴얼 개발

가. 친환경농업연구센터에 천적 자원의 seed bank 구축 유지 보급

포식성 천적: 4종 (총채가시응애, 지중해이리응애, 담배장님노린재, 칠레이리응애)

뱅크 플랜트: 2종 (보리-기장테두리진딧물, 소루쟁이-소루쟁이진딧물)

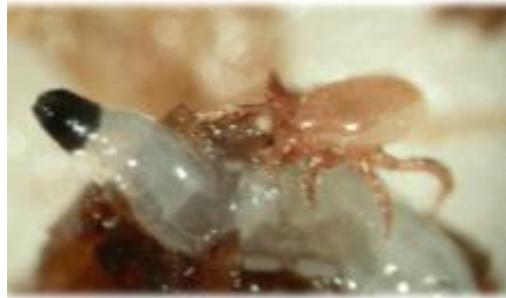
기생성 천적: 1종 (콜레마니진디벌)

도착 천적 탐색 및 종 동정: 3종

1) 총채가시응애

아큐레이퍼응애(*Hypoaspis aculeifer*)는 거미강(Arachnida) 응애목(Acarina) 가시응애과(Laelapidae)에 속하는 포식성 응애로 우리나라를 비롯한 일본, 유럽, 북아메리카 등지에 서식하고 있다. (토착천적)

해충의 포식범위가 넓으며, 지표에서 서식한다. 1995년부터 유럽에서 사용하기 시작하였고, 총채벌레류 번데기, 뿌리응애류, 독토기류, 작은뿌리파리 등의 해충방제 목적으로 활용되고 있다.



생활사

알, 유충, 전약충, 후약충, 성충 발육 단계를 거친다.

1) 알, 유충

알은 흰색의 달걀모양이고, 길이는 약 0.35mm이다. 유충은 0.44mm까지 자란다.

2) 후약충, 성충

후약충은 등쪽 부분이 얇은 노란색 또는 밝은 갈색을 띠며, 크기는 0.6~0.8mm 이다.

성충은 갈색을 띠며, 크기는 1mm이다.



총채가시응애의 생활사

생태적 특성

A. 좋아하는 환경 : 발육 최적 온도는 22℃이며, 최저 12℃에서 최고 32℃ 온도 범위에서 활동할 수 있다. 어둡고 축축한 상태의 토양 환경을 좋아하며, 상토나 락울(rock wool) 등 다양한 재배 환경에서 정착, 서식 할 수 있다. 암컷으로 월동하며, 휴면하지 않는다.

B 습성 : 토양지표면에서만 서식하는 천적이다. 작물의 줄기나 잎으로 기어 올라가지 않는다.

C 발육기간 : 알부터 성충까지 12~40일 걸리며, 온도에 따라 많은 차이가 있다.

D 수명 : 토양에 서식하는 관계로 23~194일로 비교적 긴 수명을 가지고 있다



작은뿌리파리



버섯파리



뿌리응애



톡토기



총채벌레



선충류



총채가시응애의 포식범위

- ☑ 2015년 6월 19일 예천군농업기술센터로부터 분가 받은 총채가시응애를 왕겨+쌀겨+긴 털가루응애에 접종하여 누대 사육 진행중.
- ☑ 농가주도형 총채가시응애 생산방법 개발 후 농민사관학교 천적생산과정을 통하여 농민들에게 교육(특히 출원: 총채가시응애의 자가생산 방법 및 이를 이용한 해충방제)
- ☑ 2016년 10월부터 군위 천적곤충생산 작목반 교육 및 분양 군위군 경북대학교 친환경 농업연구센터 사육실에서 사육시작해서 현재까지 사육중
- ☑ 현재 총채가시응애 밀도는 성충기준 약 박스 당 약 50,000~80,000마리 천적곤충생산 작목반 60 박스 유지중.

☑ 2016년 10월~2017년 10월까지 천적곤충생산 작목반 총채가시응애 생산량

참여 농가	10 농가
농가 적용량	428 박스
현재 사육량	36 박스
Seed 공급량	62 박스
총 생산량 (Seed 공급량 제외)	464 박스

☑ 천적곤충생산 작목반 총채가시응애 생산 천적응애의 가격 환산
(상업용 마일스응애 공급가격 대비)

품목	현장적용량(330m ²)	단가 비교
마일스응애(상업용)	3병	96,250원
총채가시응애	1박스	96.250원
총 생산량 (Seed 공급량 제외)	464박스	44,660,000원



군위군 천적생산작목반 천적 생산관련 사진



군위군 천적생산작목반 천적 사육실 전경

2) 지중해이리응애

지중해이리응애(*Amblyseius swirskii*)는 거미강(Arachnida) 응애아강(Acari) 전기문아목(Prostigmata)의 이리응애과(Phytoseiidae)에 속한다.

원산지는 동지중해 연안지역인 이스라엘, 이집트, 이탈리아 등지의 사과, 목화, 오렌지, 채소류의 작물에서 발견된다. 네덜란드를 비롯한 유럽지역과 북미지역에서 가루이류 방제용 천적으로 널리 활용되고 있다.

우리나라는 2005년부터 외래해충인 담배가루이가 전국적으로 확산되어, 작물에 심각한 경제적 피해를 일으키고 있는 실정이다. 농림수산물검역검사본부는 수입허용 천적으로 승인(2006. 10. 9)하였고, 현재 담배가루이 발생 농가에 활용하고 있는 중이다.



생활사

알, 유충, 전약충, 후약충, 성충의 발육과정을 거쳐 세대가 순환된다.

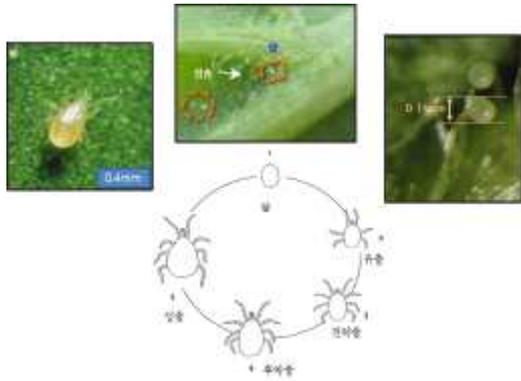
1) 발육과정

알의 길이는 약 0.1mm이고, 유백색의 타원형모양이다. 유충은 다리가 3쌍이고, 갓 부화한 유충은 유백색을 띠며, 성숙할수록 연노랑색에 가까워 진다. 오이이리응애와 거의 똑같아 눈으로 종을 구별하기 어렵다.

2) 생태

약충과 성충은 모두 작물의 잎 과 꽃에서 빠르게 이동하며, 포식활동을 한다.

A. 발육기간: 알부터 성충까지 발육하는 기간은 온도에 따라 차이가 있다. 26℃ 온도 조건에서 5~6일 정도 걸리며, 겨울과 환절기 시기는 주야간의 온도 변화 폭이 크므로 천적의 발육이 일정치 않음을 참고해야 할 것이다.



B. 좋아하는 환경: 다른 포식성 응애류와 마찬가지로 온습도가 발육과 활동에 많은 영향을 미치고 있다. 특히, 온도 25~28℃, 습도 75~85%에서 가장 활동성이 뛰어나다. 상대습도가 70% 이하일 경우 부화율이 떨어질 수 있다. 해충 먹이가 없을 경우 꽃가루를 먹고 수명을 유지하는 습성이 있다.

C. 산란수 및 수명: 1일 산란수는 약 2개 정도이다.

지중해이리응애의 생활사

D. 포식량: 가루이류의 포식상태는 알과 알에서 갓 부화한 어린 약충 상태이다. 가루이류의 알을 하루에 20여개를 먹는다(25℃ 조건). 어린 총채벌레를 1일 5마리 정도 먹고, 점박이응애 알과 어린 약충을 먹는다.



지중해이리응애의 포식범위

- ☑ 2015년 10월 12일 바이오베스트사로부터 구입한 지중해이리응애를 왕겨+쌀겨+설탕응애 1박스에 접종하여 1차 test 사육
- ☑ 2016년 10월 15일 바이오베스트사로부터 구입한 지중해이리응애를 왕겨+쌀겨+설탕응애 1박스에 접종하여 2차 test 사육
- ☑ 2017년 6월 13일 바이오베스트사로부터 구입한 지중해이리응애를 왕겨+쌀겨+설탕응애 1박스에 접종하여 현재 지중해이리응애 밀도는 성충기준 약 박스 당 약 10,000~15,000마리 5박스 사육
- ☑ 농가주도형 지중해이리응애 생산방법으로 2018년 3월 이후 농민사관학교 천적곤충생산 과정 교육을 통하여 교육 후 분양예정
- ☑ 2018년 5월부터 군위군 경북대학교 친환경농업연구센터에 지중해이리응애 사육실을 구비하여 군위 천적생산작목반 생산 예정



바이오베스트사로부터 구입한
지중해이리응애



설탕응애 3bin



왕겨+ 쌀겨+ 설탕응애 +
지중해이리응애



지중해이리응애 5bin

3) 담배장님노린재

담배장님노린재(*Nesidiocoris tenuis*)는 노린재목(Hemiptera) 장님노린재과(Miridae)에 속한다. 담배장님노린재는 토착 천적으로 한국, 일본, 타이완, 중국 본토, 동남아시아, 아프리카등에 분포한다.

유럽에서는 장님노린재과에 속하는 *Macrolophus caliginosus*, *Macrolophus nubilus*, *Dicyphus hesperus* 종이 가루이류 방제로 널리 활용되고 있다.



생활사

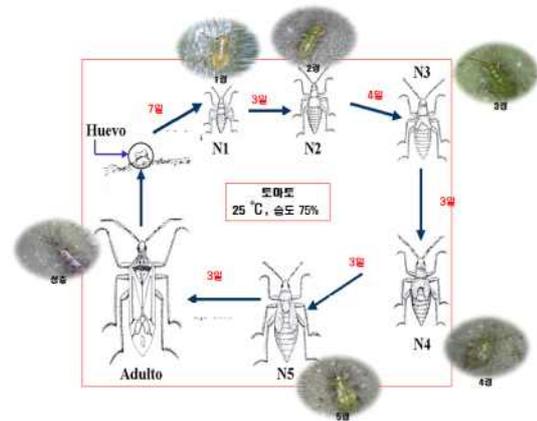
알, 1~5령 약충을 거친 후 성충으로 된다.

1) 성충 및 생태적 특성

A. 크기: 성충의 몸길이는 3.5~4mm이고, 몸은 가늘고 길다.

B. 좋아하는 환경: 15~35℃에서 활동성이 좋다.

C. 산란습성: 알은 식물체의 조직속에 산란하기 때문에 육안으로 관찰하기 어렵다.



담배장님노린재의 생활사

E. 수명: 25℃에서는 35일, 30℃에서는 40일 정도 산다.

F. 포식량: 1일 가루이알 약 30~40여개, 약충 15~20마리, 성충 2~5마리 정도를 포식한다.

G. 산란수: 암컷은 약 80~130여개(25~30℃)를 산란 한다.

2) 해충방제 특성

광포식성 천적으로 가루이류, 응애류, 진딧물류, 나방알, 총채벌레류 등을 포식한다.

3) 방제효과

가루이류 소발생 및 대발생시에 방사하는 것이 좋다.



가루이 약충 및 성충 포식



점박이응애 및 진딧물 포식

담배장님노린재의 포식범위

- ☑ 2017년 03월 14일~21일 경농(동오)에서 구입한 담배장님노린재를 담배와 담배가루이가 집중된 1 Cage에 접종하여 1차 test 사육(1주일 간격으로 2회 접종)
- ☑ 2017년 5월 11일 경농(동오)에서 구입한 담배장님노린재를 담배사육 중인 유리온실에 적용
- ☑ 담배장님노린재는 토착 천적으로 담배에 정착되어 2017년 4월~10월까지 Seed가 유지됨



담배가루이 유인식물 선발 Test 후 담배장님노린재 적용

- ☑ 농가주도형 생산방법으로 2018년 5월 이후 농민사관학교 천적곤충생산 과정 교육을 통하여 교육 후 분양예정
- ☑ 현재 담배장님노린재 3 Cage Seed 유지중



경농(동오)에서 구입한
담배장님노린재



담배+가루이+담배장님노린재 3 cage

4) 칠레이리응애



차응애



차먼지응애



점박이응애

칠레이리응애의 포식범위

- ☑ 15년 09월 11일 코퍼트사로부터 구입한 칠레이리응애를 점박이응애가 집중되어 있는 강낭콩 1bin에 집중하여 누대 사육 진행중
- ☑ 현재 칠레이리응애를 1cage Seed 유지중



코퍼트사로부터
구입한 칠레이리응애



점박이응애가 접종되어 있는 콩 1 cage에 접종

☑ 칠레이리응애는 점박이응애를 기주로 하는 천적으로 사육방법이 까다로워 농가주도적인 생산이 힘든 천적이다. 이와 같은 효과를 볼 수 천적으로 사막이리응애가 있다. 이 종은 실내사육이 가능한 천적으로 가나다리고기응애를 먹이응애로 총채가시응애, 지중해이리응애와 같은 사육 방법으로 사육이 가능하다. 2018년 10월 이후에는 칠레이리응애 대신 사막이리응애를 사육 Test를 진행한 후 농가 교육 후 분양할 예정이다.

☑ 사막이리응애

사막이리응애(*Phytoseiulus persimilis*)는 거미강 (Arachnida) 응애아강(Acari) 전기문아목(Prostigmata) 이리응애과(Phytoseiidae)에 속한다. 이 천적은 아시아, 유럽, 북미 등 세계적으로 널리 분포되어 있는 종이다. 우리나라는 제주도에 서식하고 있는 것으로 보고되었다(2006).



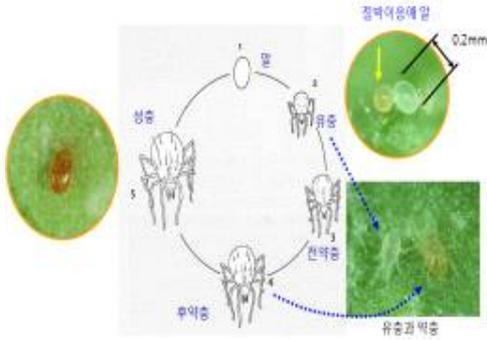
생활사

칠레이리응애 또는 오이이리응애와 같이 알, 유충 제1약충, 제2약충, 성충의 발육과정을 거쳐 세대가 순환된다.

1) **발육과정** :성충의 크기는 약 0.4mm이고, 알은 0.2mm, 유충과 약충은 0.3mm내외이다. 알은 타원형이며, 유충은 색깔이 없으며 약충은 옅은 오렌지색을 띠며 성충이 되면 보다 진하게 된다.

2) **생태** : 약충과 성충은 모두 식물의 잎에서 빠르게 이동하며, 점박이응애의 모든 발육 단계를 포식한다. 암컷들은 모든 단계를 포식하고, 유충들은 주로 알을 그리고 약충 단계는 알, 유충, 약충 단계를 포식하는 특성이 있다. 점박이응애가 없고 가루이류 해충이 있을 경우 알과 1령 충을 포식하기도 하나 밀도억제 효과 여부에 대해서는 아직 밝혀진 바 없다.

A. 발육기간 : 알부터 성충까지 발육하는 기간은 온도에 따라 차이가 있다. 온실의 온도가 17~33℃ 범위일 경우 약 12일, 고온에서 4일 정도 걸린다.



사막이리응애의 생활사

B. 좋아하는 환경 : 온습도 변화에 대한 적응범위가 넓어 시설작물은 물론 노지 과수작물 등에 활용되고 있다. 20~30℃의 온도와 40~80%의 습도에서 최적이다. 환경적응성이 칠레이리응애보다 훨씬 우수하지만 포식량이 현저하게 적다. 포식량이 적다고 해서 방제효과가 떨어지는 것은 아니며 점박이응애 발생초기에 사전정착을 시키면 무난하게 활용할 수 있는 천적이다.

C. 산란수 및 수명 : 1일 산란수는 약 2~4개이며, 일생동안 약 60여개를 산란한다. 수명은 저온일수록 1개월 넘게 살며, 고온일수록 수명이 20일 내외로 줄어든다.

D. 포식량 : 발육단계별로 포식량은 차이가 있으며 일생동안 170여 마리를 먹는다.

※ 칠레이리응애와 사막이리응애의 생물적 특성 비교

사막이리응애의 가장 큰 장점은 건조한 환경과 고온적응성 그리고 먹이가 없어도 생존능력이 뛰어난 점이다. 우리나라 환경에서는 봄, 여름, 가을철에 걸쳐 활용하기에 적합한 천적이라 볼 수 있다.

5) 뱅커 플랜트(기장테두리진딧물, 소루쟁이진딧물)

가. 뱅커플랜트의 구성 원리

뱅크플랜트는 1987년 러시아의 Matskevich가 오이에 발생하는 진딧물에 진디벌이 정착할 수 있도록 밀(wheat)에 기장테두리진딧물(*Rhopalosiphum padi*)을 접종하여 이용한 것이 처음이다. 우리나라에서는 1996년 농업과학기술원에서 보리에 기장테두리진딧물을 접종하여 처음 연구를 시작하였다. 뱅커플랜트에 활용되는 진딧물은 기장테두리진딧물, 보리두갈래진딧물(*Schizaphis graminum*), 옥수수테두리진딧물(*Rhopalosiphum maidis*)등이며, 화본과 작물만 가해하므로 고추, 오이, 딸기, 수박 등 다른 작물에는 피해를 주지 않는다. 이와 같이 진딧물의 먹이 선호 특성을 이용하여, 보리나 밀 등의 화본과 식물에 진딧물을 접종하여 진디벌이 계속적으로 유지되게 하는 천적 활용 기술이다.

나. 해충방제 특성



천적유지식물에 활용되는 진딧물 종류

뱅크플랜트는 천적을 지속적으로 유지시켜 주는 기능을 가지고 있다. 이 식물에 가장 많이 활용되는 천적이 진딧벌류이다. 작물에 발생하는 진딧물의 급격한 번식을 지속적으로 감소시켜 주는 기능이 있다. 작물을 아주심기 때 함께 병행 사용 하여 진딧물 발생밀도의 증가를 근본적으로 사전 차단시키며, 1회 설치로 장기간에 걸쳐 지속적인 방제효과를 나타내는 장점이 있다.



기장테두리진딧물 접종 2 cage



소루쟁이진딧물 접종 2 cage

- ☑ 16년 4월 예천에서 부양 받은 보리에 접종된 기장테두리진딧물 누대 사육 진행중.
- ☑ 현재 기장테두리진딧물 2 cage seed 유지중.
- ☑ 16년 7월 예천에서 부양 받은 소루쟁이에 접종된 소루쟁이진딧물 누대 사육 진행중.
- ☑ 현재 소루쟁이진딧물 2 cage seed 유지중.
- ☑ 17년 농민사관학교 천적곤충생산과정을 통하여 보리, 소루쟁이 뱅커플랜트 농가가 직접 생산 후 농가 공급(보리뱅크 50EA, 소루쟁이뱅크 30EA)



보리 뱅커플랜트:

보리+기장테두리진딧물+콜레마니진딧물

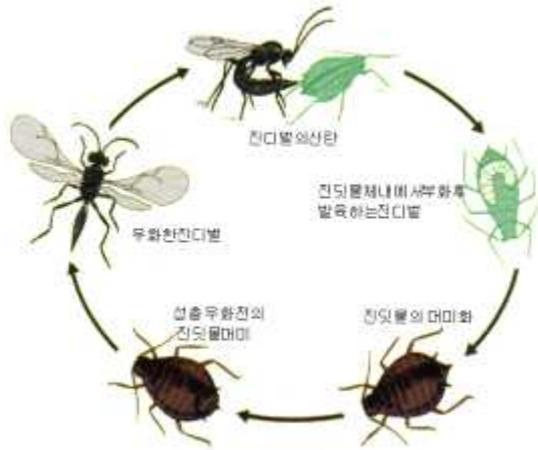


소루쟁이 뱅커플랜트:

소루쟁이+소루쟁이진딧물+콜레마니진딧물

6) 콜레마니진디벌

콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*)은 벌목 고치벌과(Braconidae) 진디고치벌아과(Aphidiinae)에 속하는 기생벌이다. 복숭아혹진딧물, 목화진딧물, 복숭아가루진딧물, 기장테두리진딧물, 보리두갈래진딧물 등의 약충 또는 성충에 기생한다.



콜레마니진딧물의 생활사

생활사 및 생태적 특성

콜레마니진디벌은 자신의 산란관을 이용하여 진딧물 몸 속에 알을 낳는다. 알에서 부화한 기생벌 유충은 체내 영양분을 먹고 발육한다. 이때 진딧물에 치명적인 부분은 먹지 않으므로 죽지 않는다. 일정 시간이 지나 진디벌 유충이 다 자라면 진딧물은 죽은 상태가 되고 유충은 번데기 상태로 변한다. 4~5일 후 성충으로 우화하여 진딧물의 등 부분에 구멍을 뚫고 탈출하여 다시 진딧물을 공격한다. 진딧물 몸 속에서 알, 유충, 번데기, 성충의 발육 단계 과정을 거친다.

A 크기 : 성충의 크기는 보통 2~3mm 정도이며 이 크기는 일반적으로 기주인 진딧물의 크기와 관계가 있다. 체색은 보통 검정과 갈색형이 있다(그림 2).

B 습성 : 산란 할 때 기주 진딧물의 모든 충태에 대하여 공격을 할 수 있으나, 보통 어린 진딧물을 좋아한다. 진디벌은 기주 탐색 시 기생된 진딧물을 인지할 수 있는 능력이 있어 대부분 기생당한 진디물을 재차 공격하지 않는다. 교미한 암컷은 진딧물을 찾아 다니며 산란을 하게 된다.

C 발육기간 : 온도에 따라 차이가 있으나, 25℃ 내외의 조건에서 알부터 성충이 되기까지는 약 2주 정도 걸린다. 보통 온도가 높아질수록 발육속도가 빨라지나 일반적으로 10℃ 이하에서는 발육을 하지 않는다. 종령기에는 진딧물 내부의 모든 조직을 먹고 진딧물이 껍데기만 남게 되는데 이것을 머미(mummy)라고 한다. 발육이 끝난 후 성충은 머미의 복부 뒷부분에 구멍을 뚫고 우화한다. 보통 수컷이 암컷보다 먼저 우화를 하며 암컷이 우화하자마자 교미가 이루어진다.

☑ 15년 10월 12일 코퍼트사로부터 구입한 콜레마니진디벌 머미를 기장테두리진딧물이 접종된 보리에 접종하여 누대 사육 진행중.

☑ 현재 콜레마니진디벌 밀도는 머미기준 약 200~300마리 10EA 유지중.



보리 파종



기장테두리진딧물 접종



진딧물 공격(산란)



머미 형성



진딧벌 탈출 구멍



기장테두리진딧물 접종된
보리에 진딧벌 접종

7) 토착 천적 탐색 및 종 동정

목적: 천적을 활용한 효율적인 해충방제를 위하여 국내 토착천적을 탐색하고 그 종을 진단함

가) 재료 및 방법

A. 기생벌에 기생된 해충 채집

- 기생벌에 기생된 담배나방 유충, 기장테두리진딧물 성충, 배추흰나비 번데기 채집함

B. 기생벌의 분자진단

- 각각의 해충에서 우화하는 기생벌을 모아 3개체씩 분자진단을 수행함
- DNA 추출은 InVitrogen Kit를 사용하였고 Solgent 2X tag premix 이용하여 PCR 수행함
- Primer은 HCO2198/ LCO1490 (COI universal primer) 사용
 - HCO2198 : 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3'
 - LCO1490 : 5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3'
- 염기서열 분석은 NCBI database 및 MEGA 6 사용

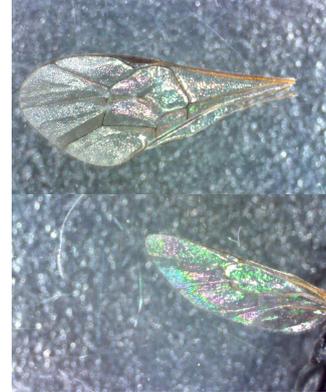
나) 결과

(1) 담배나방 기생벌

A. 담배나방 기생벌의 형태



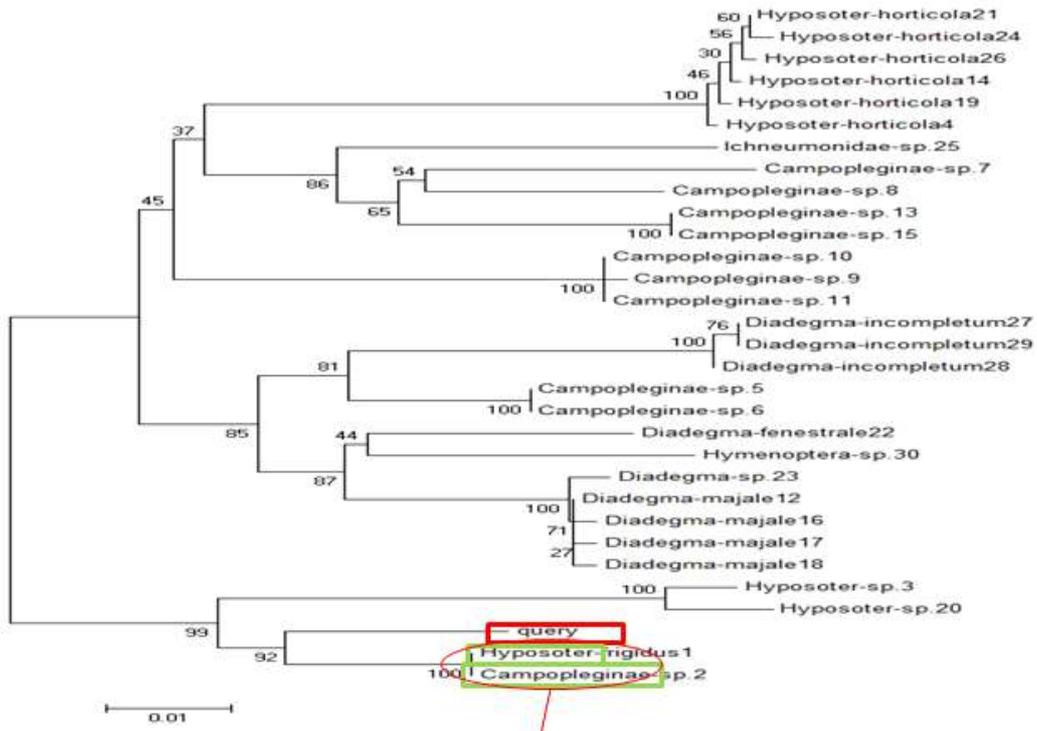
담배나방 기생벌



기생벌 날개

B. 담배나방 기생벌의 분자진단

- 담배나방에 기생한 기생벌의 COI (621 bp)의 염기서열을 NCBI database에서 분석해 본 결과 자루맵시벌아과의 송충자루맵시벌속에 속하는 *Hyposoter frigidus*, *H. didymator*, *H. sp.* 등과 97% 이고 그외 *H. sp.* 와 94-97%로 나타남
- 국내 자루맵시벌아과(Campopleginae)에는 왕담배자루맵시벌속(Genus *Campoletes*)와 송충잡이자루맵시벌속(Genus *Hyposoter*)등 12속이 보고되어 있음
- 국내에는 *Hyposoter*속에 1종인 송충잡이자루맵시벌(*H. takagii*)이 보고되어 있는데 이 종은 염기서열 정보가 없고 또한 기주곤충이 주로 송충이인 솔나방, 독나방으로 알려져 있으므로 이 종도 아닐 것으로 판단됨
- *H. takagii* (송충잡이자루맵시벌) : 암컷의 길이는 1.1 cm 정도이며 송충이에 기생하는데 한국, 일본 등지에 분포함
- 그리고 국내에 왕담배자루맵시벌속(Genus *Campoletes*)의 *Campoletis chlorideae* (왕담배나방자루맵시벌)이 보고되어 있으나 이 종의 염기서열이 보고되어 있지 않음. 그러나, NCBI에 기록된 이 속의 다른 한 종인 *Campoletis sp.* 와 염기서열을 비교한 결과 86%이므로 이 종은 아닌 것으로 판단됨
- 본 샘플은 송충잡이자루맵시벌속(*Hyposoter*)에 속하지만 송충잡이자루맵시벌(*H. takagii*)은 아닌 다른 종으로 판단됨
- 그리고 *Hyposoter didymator*는 왕담배나방에 기생하는 것으로 알려져 있으며 본 샘플과 가장 높은 97% 유사성을 가지므로 이 종일 가능성이 높지만 정확한 종 동정에는 추후 연구가 필요함



같은것.

계통 비교

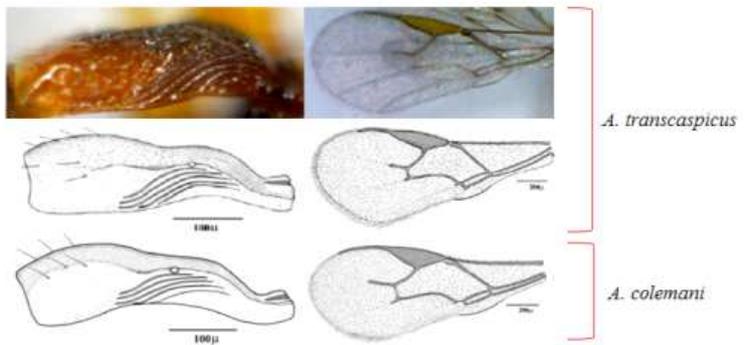
- 또한, NCBI에서 *H. frigidus*, *H. didymator*, *H. sp.* 등 염기서열이 서로 간에 99-100%로 나타나는 것으로 봐서 이 속내의 종간에 정확한 구분이 어려운 것으로 판단됨

(2) 기장테두리진딧물에 기생하는 기생벌

A. 기장테두리진딧물에 기생하는 기생벌 형태



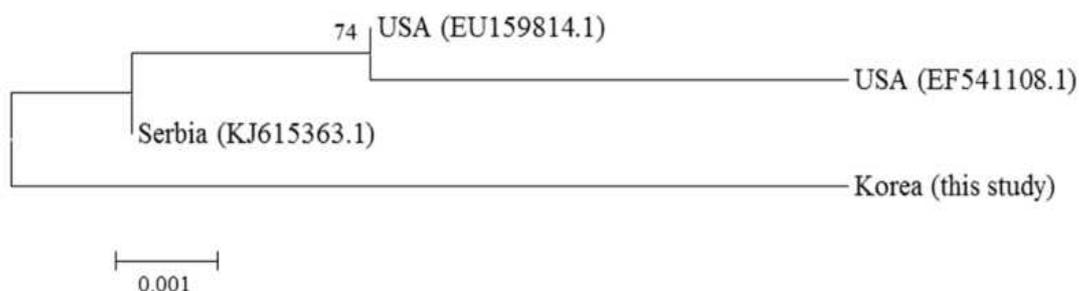
기장테두리진딧물 기생벌



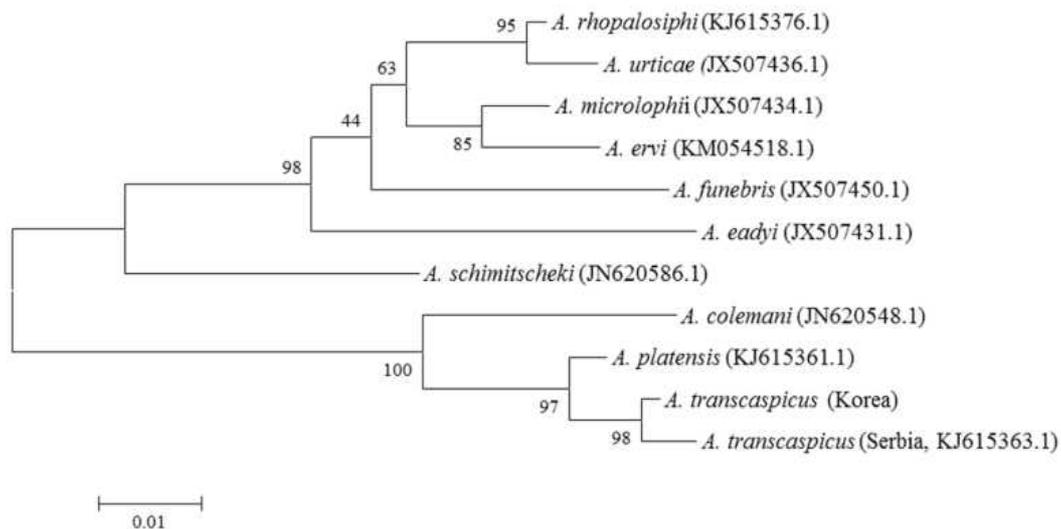
기생벌 날개 및 petiole

B. 기장테두리 진딧물에 기생하는 기생벌의 분자진단

- 채집한 기생벌에서 DNA를 추출하여 COI 영역에 대한 분자진단 수행
- 염기서열 분석 결과 *Aphidius transcaspicus*가 유사성 99%로 가장 높게 나옴
- *A. transcaspicus*는 산업화된 *A. colemani*와 형태적으로 매우 유사하다고 보고가 되어 있으며 차이점은 기생하는 진딧물 종류가 서로 다르고 *A. colemani*는 국내에 보고된 바가 있지만 *A. transcaspicus*는 아직까지 없음.



Intraspecific variation of *A. transcaspicus*



Interspecific variation of the Genus *Aphidius*

(3) 배추흰나비 번데기에 기생하는 기생벌

A. 배추흰나비 번데기에 기생하는 기생벌 형태



배추흰나비에 기생하는 기생벌

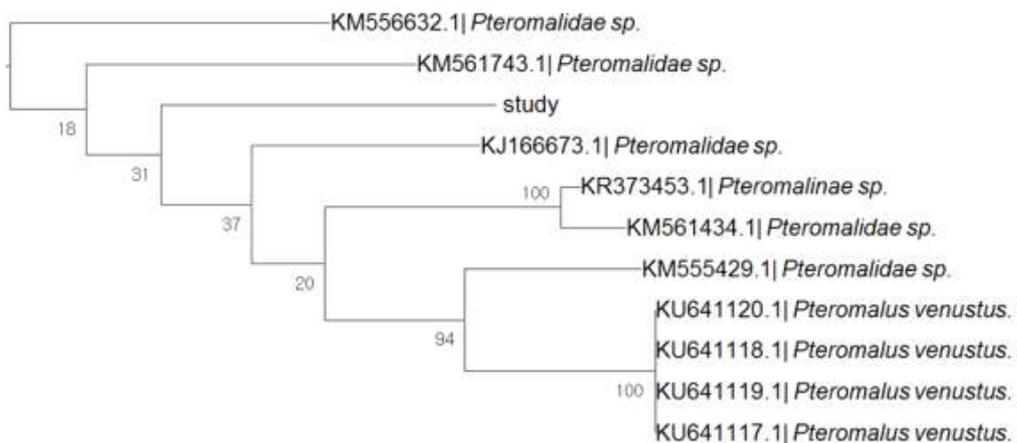


배추흰나비 번데기 기생



B. 배추흰나비 번데기에 기생하는 기생벌의 분자진단

- 채집한 기생벌에서 DNA를 추출하여 COI 영역에 대한 분자진단 수행
- 염기서열 분석 결과 *Pteromalus venustus*가 유사성 91%로 가장 높게 나왔지만 이 종은 alfalfa leafcutting bee (*Megachile rotundata*)에 기생하는 기생벌로서 본 연구에서 배추흰나비에 기생하는 것과 다른 종이라고 판단됨.
- 우리나라 금좀벌과(*Pteromalidae*)는 24속 33종이 보고되어 있고 그 중 *Pteromalus* 속에는 오직 배추벌레살이금좀벌(*P. puparum*) 단 1종이 기록되어 있음.
- NCBI database에서 배추벌레살이금좀벌 염기서열은 호주에서 보고된 2개 [COI 1개 (AF379977), 28S rDNA 1개(AF379909)]인데 COI서열은 본 연구에서 결정한 염기서열과 다른 부위의 서열로서 유사성을 조사할 수가 없음
- 그러나, 본 연구에서 발견한 기생벌은 기주곤충, 형태 및 염기서열을 분석해본 결과 배추벌레살이금좀벌이라고 추정됨



계통비교

나. 천적의 효율성 증대 기술 개발

1) 총채가시응애 분배용기를 이용한 효율성 증대

총채가시응애는 작물의 정식 시기에 투입하면 습기가 많은 토양 속에 살아가므로 토양 속에 해충 방제에 매우 효과적이다. 그러나 이른 봄에는 토양 속에서 대부분의 해충이 증식되지 않은 상태이므로 바로 뿌려주게 되면 총채가시응애가 먹이부족으로 인하여 정착하기 어렵게 된다. 따라서 천적이 효율적으로 유지 및 정착할 수 있도록 분배 용기를 설치한다.



오이에 총채가시응애 적용



총채가시응애 분배용기

분배용기는 1.5리터 페트병의 윗부분을 잘라내고 높이의 1/2은 젖은 왕겨를 채운 후 1/4은 증식된 총채가시응애를 넣고 나머지 1/4는 쌀겨를 채워서 토양 속에 심어두면 총채가시응애가 계속적으로 발생되며 15일이 지나면 쌀겨가 왕겨 밑으로 내려가 보이지 않는데 이때는 쌀겨를 보충해 준다. 2개월 정도 지나면 쌀겨가 더 이상 내려가지 않는데 이럴 때는 페트병을 뽑아서 처음처럼 왕겨와 페트병에 남아 있던 총채가시응애와 쌀겨를 채우면 작물 생육기간 중 계속적으로 총채가시응애가 생산된다.

포장에 설치 시에는 페트병이 땅에 묻힐 수 있을 정도로 땅을 판 후 페트병을 넣은 후 분배용기 내에 있는 배지의 수분 유지 및 유입수로 인한 과습을 막기 위하여 페트병 윗부분에 나무로 된 판자나 넓은 돌 등으로 덮어 놓는다.



멀칭을 했을 경우 작물과 작물 사이
부분을 찢어 수저로 일정량 방사



총채가시응애
분배용기



고추 포장에
분배용기 설치

2) 지중해이리응애 분배용기를 이용한 효율성 증대

지중해이리응애는 왕겨에 설탕응애를 혼합한 배지를 사용하기 때문에 건조해지기 쉽다. 적절한 사용방법은 분배용기를 이용하는 방법과 양과망을 이용하는 방법, 직접 뿌려주는 방법이 있다. 천적 제품 중에는 백 타입으로 작물에 하나씩 걸어 놓으면 백 안에 설탕응애와 지중해이리응애와 배지가 15~20ml로 구성되어 있다. 이 제품에 착안하여 종이컵을 이용하여 분배용기를 제작하여 작물에 걸어둔다.

분배용기 제작방법:

- 준비물: 종이컵, 숟가락, 식물 지주끈(빵끈), 스템플러, 증식한 지중해이리응애
- 방법:
 - 종이컵의 윗부분을 반으로 접는다.
 - 식물 지주끈을 적당한 크기로 자른다.(작물에 고정할 용도)
 - 숟가락을 이용하여 지중해이리응애가 증식된 배지를 한 숟가락 종이컵에 넣는다.
 - 종이컵이 접힌 중앙에 적당한 크기로 자른 지주끈의 정중앙이 들어가도록 한 다음 스템플러로 종이컵이 접힌 부분을 3~4회 짊는다.
 - 종이컵의 양쪽으로 나온 지주끈을 이용하여 작물 체에 고정시킨다.



백 타입:

지중해이리응애+설탕응애+배지



종이컵을 이용하여 분배용기 제작



배 봉지를 이용한 분배용기



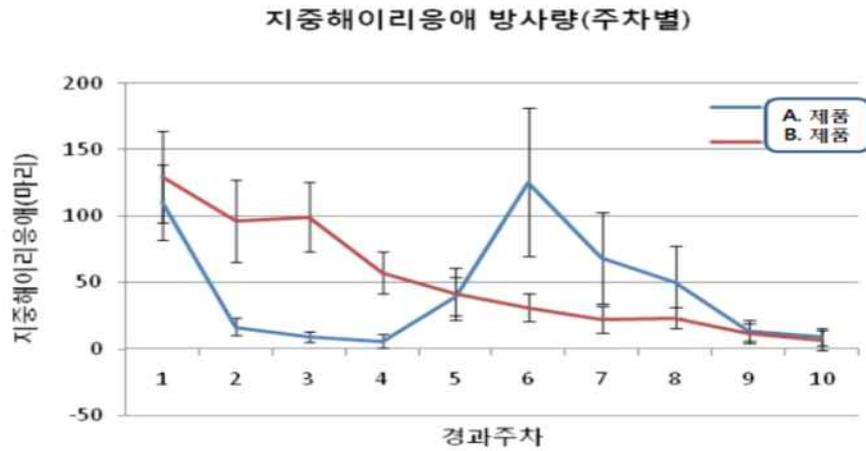
배 봉지 분배용기를 이용하여
오이에 지중해이리응애 적용



배 봉지 분배용기 설치모습

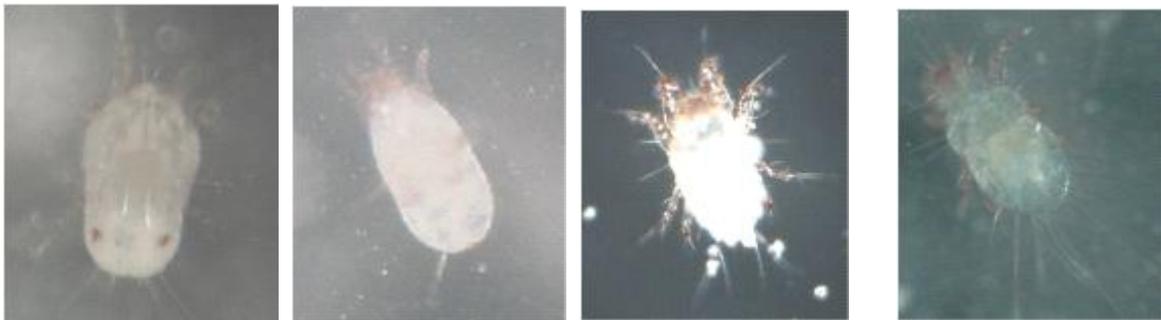
분배용기 효과:

작물에 직접 뿌리게 되면 해충방제 일시적인 효과는 볼 수 있으나 천적의 정착 또는 장기적인 효과를 보기 위해서는 분배용기가 필요하며 이러한 제품으로 판매되는 백 타입의 경우 방사기간이 약 8~10주이므로 제작된 분배용기의 교체는 최대 6~8주 간격으로 교체하는 것이 효과적이다.



다. 지중해이리응애 대체먹이 효능 시험

1) 기주 곤충(Host Insect)의 list: 설탕응애를 제외한 기주곤충 선발 test 결과



설탕응애 (*Carpoglyphus lactis*)
 고리뿌리응애 (*Suidasia medanensis*)
 굵은다리가루응애 (*Acarus siro*)
 긴털가루응애 (*Tyrophagus putrescentiae*)

실험 방법: 사육용기에 동일한 배지조건(왕겨+쌀겨+밀겨+이스트 혼합배지)에 지중해이리응애를 ml당 각각 10마리씩(500ml x 6반복) 넣고 먹이응애는 지중해이리응애 밀도의 2배를 유지시킨다. 주 1회 증식 밀도와 먹이 조건을 확인하여 부족한 먹이를 보충 해주고 증식밀도가 높을 경우(ml당 30마리 이상) 분가를 진행한다. 10주간 ml당 밀도와 분가 비율을 기록하여 증식율을 조사했음



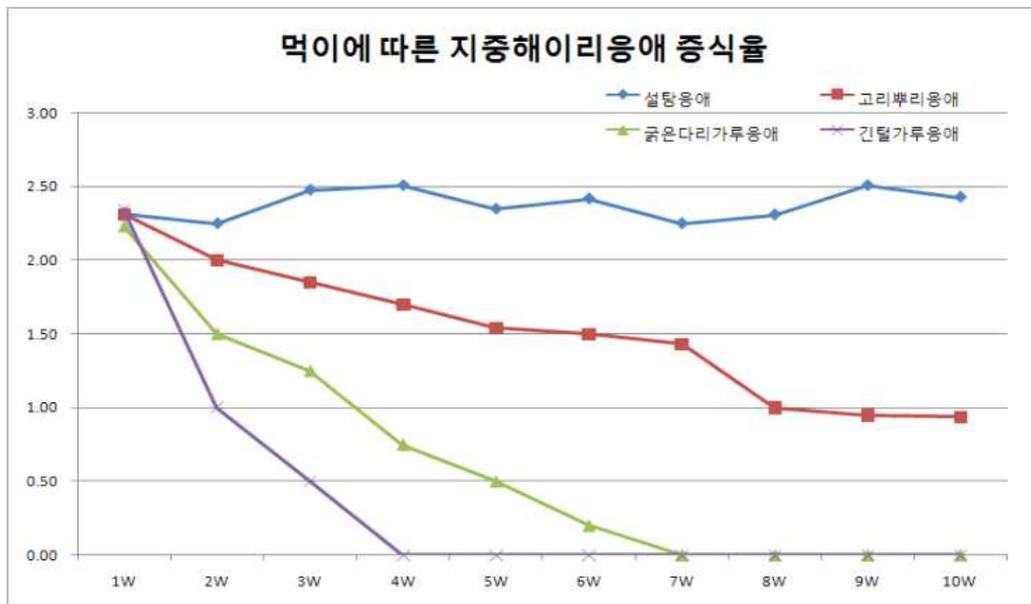
사육용기에 처리



주1회 밀도조사

실험 결과:

- 긴털가루응애와 굽은다리가루응애의 경우 지중해이리응애 누대 사육이 불가능함.
- 고리뿌리응애의 경우 사육의 경우 지중해이리응애 증식율이 매우 낮으며 약 8주차 이후 지중해이리응애 증식율이 급격하게 감소하는 경향을 보임

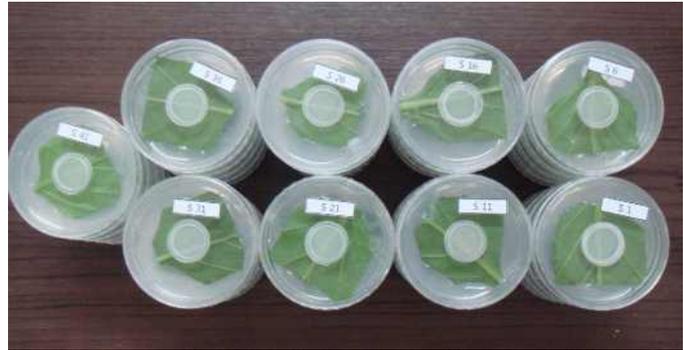


2) 특허권 회피 방법

Koppert사에서 특허출시로 인하여 설탕응애로의 생산 판매는 금지되었으나 이윤이 목적이 아닌 농가 보급형 천적 생산 및 보급에서의 사용은 특허권을 침해하는 범위가 아님. 설탕응애 + 지중해이리응애 조합은 현재까지 개발된 기주곤충 중에서 가장 생산효율이 높음.

3) 식물성 배지를 이용한 지중해이리응애의 증식관련 실험

실험 방법: 페트리디쉬에 1% agarose 배지에 담배 잎 디스크를 만들어 그 위에 암컷 성충 한 마리씩(처리구 당 30반복) 붓을 이용하여 옮긴 다음 각각의 먹이를 공급한 후 6시간 간격으로 산란한 알을 조사하였다. 조사된 알은 붓으로 제거 하였다. 설탕응애의 산란율을 제외하고 다른 처리구에서 산란을 하지 않을 때까지 조사를 진행하였음



1% agarose 담배 잎 디스크

실험 결과: 설탕응애를 제외한 화분이나 설탕을 이용한 증식실험 결과 먹이 변경 12시간 후부터 산란율이 급격히 감소하는 경향을 보였고 모근 처리구에서 지중해이리응애는 생존하고 있으나 산란을 중단하는 경향을 나타냄



다. 노지: 곤충병원성 선충의 토양처리에 대한 복숭아심식나방 월동약충 방제 효능 시험

1) 곤충병원성 선충을 활용한 복숭아심식나방 유충의 살충효과 분석

목적: 과원의 주요 해충인 복숭아심식나방을 친환경적으로 방제하기 위하여 곤충병원성 선충을 활용함

- 복숭아심식나방의 노숙유충이 과실에서 탈출하여 지표면 아래에서 고치를 형성하고 변태를 한 뒤에 성충으로 우화하는 현상을 이용하여 곤충병원성 선충을 적절한 시기에 토양에 살포하면 노숙유충이 선충에 기생이 되어 사멸되어 방제될 것으로 기대됨
- 2년차에 실내 및 야외 시험을 실시함

가) 재료 및 방법

A. 공시충 채집

- 경북대 내 약제처리하지 않은 복숭아나무에서 복숭아심식나방 피해흔이 있는 복숭아 열매 채취함
- 플라스틱 통에 모래흙을 3-4 cm 정도로 깔고 복숭아를 넣은 뒤에 과실에서 탈출한 노숙 유충 채집
- 실험에 사용된 모래흙은 다른 선충의 감염을 우려하여 체로 돌맹이를 걸러내고 멸균하여 사용
- 플라스틱 통은 망으로 덮어 유충 및 용화한 나방이 빠져나가지 못하도록 함과 동시에 통기성 확보
- 주기적으로 물을 뿌려 적절한 수분 유지함



복숭아 열매 채집



복숭아심식나방 유충의 용화 유도

B. 곤충병원성 선충의 준비

- 곤충병원성 선충은 에코원에서 생산된 *Steinernema carpocapsae* 이용
- 약 200여개의 작은 스펀지 조각 중 30개를 꺼내어 200 ml 물에 적셔 스펀지를 짜낸 뒤, 그 중 1 ml에서 선충을 계수하고 활력을 분석함
- 1 ml에 총 1630마리가 검정되었고 활력이 좋음



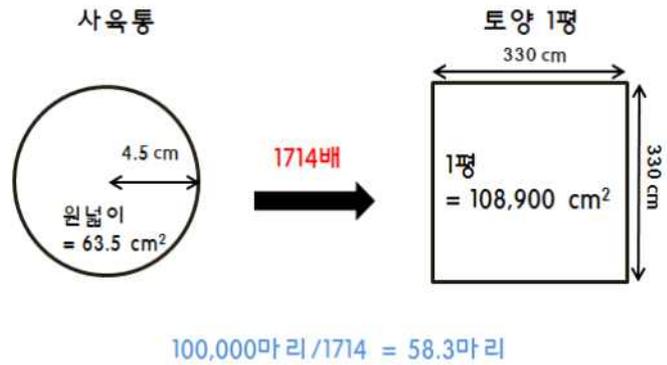
실험에 사용된 식물병원성 선충



증류수와 선충현탁액

C. 복숭아심식나방 유충에 대한 곤충병원성선충의 처리

- 노숙 유충과 번데기를 대상으로 곤충병원성 선충의 감염율을 측정함
- 유충(n=12)과 고치(n=25)는 각각 무처리구(증류수 처리)와 처리구(곤충병원성선충 처리)로 나눔
- 제품에 표기된 야외 처리량(100,000마리/평)을 실내시험조건으로 본 시험에서 사용한 곤충 사육통의 크기로 계산하면 58마리가 처리 적정량이지만 본 시험에서는 총 200마리씩 처리함
- 처리시 증류수의 양은 10 ml로 함

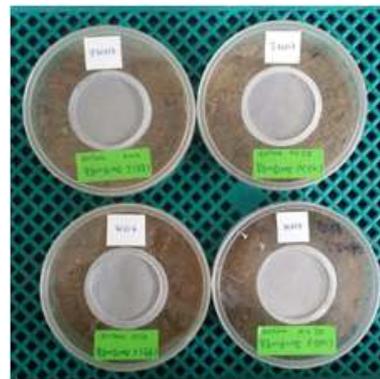


제품에 표기된 선충처리량

선충 처리량의 계산



실험에 사용한 유충과 번데기



선충을 처리한 복숭아심식나방

D. 복숭아심식나방에 대한 곤충병원성선충의 감염 확인

- 복숭아심식나방 유충 및 번데기에 곤충병원성선충을 처리 후, 처리구에서 죽은 유충이나 부화하지 않은 고치를 꺼내어 해부한 뒤 선충의 감염여부를 현미경을 통해 진단

E. 곤충병원성선충의 현장적용 가능성 실험

- 곤충병원성 선충이 살충효과를 야외에서 검증하기 위하여 복숭아심식나방 피해과에 처리하여 야외에서 실시함
- 복숭아심식나방 피해 복숭아 과실(n=20)을 채집하여 두 군데로 나누어 토양에 둔 뒤에 복숭아심식나방이 빠져나갈 수 없을 정도의 바구니로 덮음
- 그 위에 땅을 한번 더 씌우고 가장자리를 흙으로 덮어 복숭아심식나방의 탈출을 차단함
- 무처리구 및 처리구로 두고 무처리구에는 물을, 처리구에는 곤충병원성선충 약 300,000마리를 처리



곤충병원성선충 현장적용 가능성 실험 모습

나) 실험 결과

A. 복숭아심식나방의 우화율

샘플	처리후 우화 개체수									우화율	
	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일	합계		
유충 (n=12)	무처리	0	5	7	0	0	0	0	0	12	100
	처리	0	0	0	0	0	1	0	0	1	8.3
고치 (n=25)	무처리	10	8	3	1	0	1	0	0	23	92
	처리	3	1	0	0	0	0	0	0	4	16

- 처리후 8-9일차부터 우화한 복숭아심식나방이 발견됨
- 무처리구의 유충과 고치에서 우화율은 100%, 92%이지만 처리구의 유충과 고치에서는 8.3%, 16%로 현저히 낮았음
- 곤충병원성선충이 노숙유충 뿐만 아니라 고치를 형성한 유충에도 침입하여 우화를 억제한 것으로 판단되면 그 감염율이 무처리구에 비하여 현저히 감소한 것으로 보

아 감염 효율이 아주 높은 것으로 판단됨

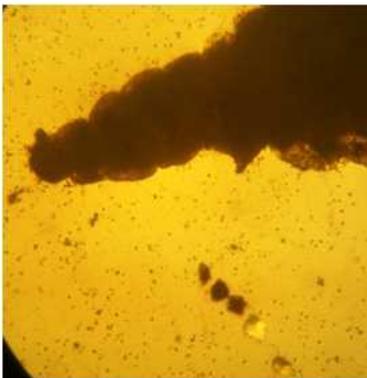
- 고치에 비해 유충의 처리구에서 우화율이 더 낮으므로, 곤충병원성선충은 복숭아심식나방의 유충기에 처리시 보다 높은 효과를 볼 수 있을 것으로 생각됨.

B. 복숭아심식나방에 대한 곤충병원성선충의 감염 확인



곤충병원성선충 처리 후 유충의 형태 곤충병원성선충 처리 후 고치의 형태

- 고치를 트지 않은 유충은 갈변하다가 시간이 지남에 따라 검게 변하고 말랐으며 곤충병원성선충이 발견되지 않음
- 고치안의 유충은 번데기가 되지 못하고 검게 변하였고 형태 또한 부정형으로 변
- 부화하지 않은 고치 속 유충은 해부결과 다량의 곤충병원성선충이 발견됨
- 고치안의 유충은 수분 증발이 적어 곤충병원성 선충의 생존이 용이했으나 고치를 트지 않은 유충의 경우 말라가면서 내부에 있던 선충도 함께 사멸했을 것으로 추정됨



유충의 해부결과



고치 속 유충의 해부결과



C. 곤충병원성선충의 현장적용 가능성 실험결과

- 곤충병원성선충 처리 후 주기적으로 무처리 및 처리구의 우화율을 확인함
- 그러나, 무처리구 및 처리구 모두에서 복숭아가 부패하였고 우화한 나방은 발견되지 않음
- 이는 나방의 탈출을 방지하기 위하여 바구니위에 망사천을 덮어 씌운 것이 내부의 습도를 높이는 결과를 초래하여 균의 발생을 초래한 거승로 판단됨
- 무처리구 및 처리구의 통풍을 위한 실험방법 개선이 필요할 것으로 생각됨
- 차년도에는 현장 적용시 복숭아심식나방의 1화기(-5-6월), 및 2화기(9-10월)에 처리하여 그 결과를 살펴볼 예정임
- 처리시기에 따른 곤충병원성선충의 효과를 검증할 수 있을 것으로 판단됨

2. 해충(가루이류) 유인 및 살충식물 선발 및 현장적용

가. 가루이 유인 식물의 현장적용

15년도 작물별 유인 test 실험 결과 가루이가 야생담배나 야생토마토에 비하여 가지에서 월등히 높은 유인력을 확인 하였다.



가루이



야생담배



야생토마토



토마토



토마토



고추



가지



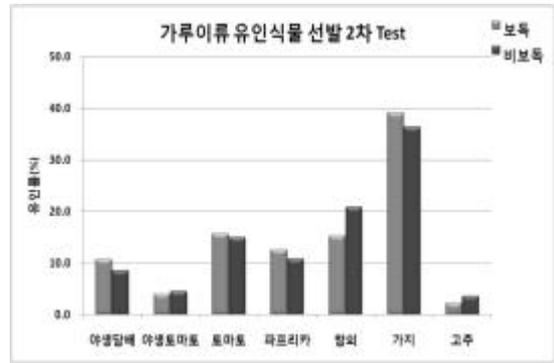
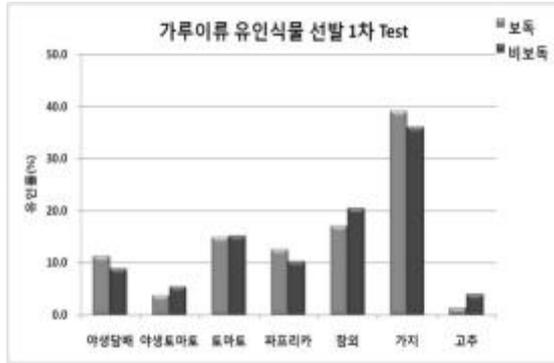
파프리카



유인식물 배치 후 담배가루이(n=200) 방사

결과

- 작물별 기주 실험 결과 담배가루이가 가지에서 유인력이 가장 높은 것으로 확인됨
- 유인력은 가지 > 토마토 > 토마토 > 파프리카 순으로 나타났음
- 야생토마토, 야생담배는 유인력이 매우 낮게 나타남.



가루이류 유인식물선발 실험 1~2차

◎ 천사의 나팔(Angel's Trumpet)은 가지과에 속하는 유독성 식물로 관상용으로 많이 재배되며, 가루이를 유인력이 매우 높기 때문에 새순을 예찰하여 가루이 발생을 확인예찰 식물로 적합하다. 또한 삼목 후 원 줄기를 키우면 13~15마디까지 큰 잎이 발생하는데 이것은 가루이 유인 및 보유 능력이 뛰어나기 때문에 천적을 적용 또는 유지에도 매우 적합한 식물이다. 또한 천적 접종 후 머미의 수확에도 용이하여 가루이 기생성천적 유지식물인 벵커플랜트로 활용되고 있다.



천사의 나팔



천사의 나팔에 유인된 가루이



가루이 천적인 황온좁벌에 기생된 머미(검은색)

◎ 천적생산 연구회 회원인 K농가(토마토), H농가(오이)에서 뱅커플랜트로 적용



오이 농가에 활용하고 있는 천사의 나팔

◎ 천사의 나팔은 담배가루이 유인 능력은 뛰어나나 K농가(토마토), H농가(오이)에 적용했던 천사의 나팔에 점박이용애 발생이 심각하게 발생하였다. 점박이용애가 발생하는 경우 광합성 능력이 저하되어 잎이 노란색 되면서 고사하는 현상이 발생하였다.



오이 농가에 활용하고 있는 천사의 나팔에 점박이용애 발생으로 폐기

◎ 담배는 담배가루이 유인능력이 매우 뛰어나며 점박이용애 발생이 적으며 담배장님 노린재, 황온좀벌, 온실가루이좀벌, 담배가루이좀벌 생산에 이용될 만큼 천적 사육에 유용한 식물이다.



황온좀벌, 온실가루이좀벌 접종용 담배



담배에 접종된 가루이



온실가루이좀벌(*Encarsia formosa*)

온실가루이좀벌



황온좀벌(*Eretmocerus eremicus*)

황온좀벌



담배가루이좀벌(*Eretmocerus mundus*)

담배가루이좀벌



담배장님노린재(*Nesidiocoris tenuis*)

담배장님노린재

◎ 군위군 경북대학교 친환경농업연구센터 유리온실에서 담배가루이 유인력을 필드 Test 한 결과: 담배 > 가지 > 토마토 > 오이 순으로 나타났다.



토마토



가지



오이



담배

- ◎ N토마토 농가에 담배 종자 보급 토마토 기주 사이에 담배 정식(600평에 12기주)
- 12월에 정식하여 최초 2월말부터 온실가루이 발생하였으나 담배에만 발생
 - 3월 초에 담배장님노린재 600평에 2병 투입, 황온좁벌 2박스 설치
 - 5월 달까지 토마토에 가루이 발생하지 않음.
 - 담배에 가루이 증식 및 담배장님노린재, 황온좁벌 정착됨.
 - 6월말까지 토마토 수확



토마토 농장 중간에 담배 파종



토마토에 가루이 발생조사

◎ N토마토 친환경 농가에 유인용 담배 및 님제제(azadirachtin 10 ppm) 처리

(1) 재료 및 방법

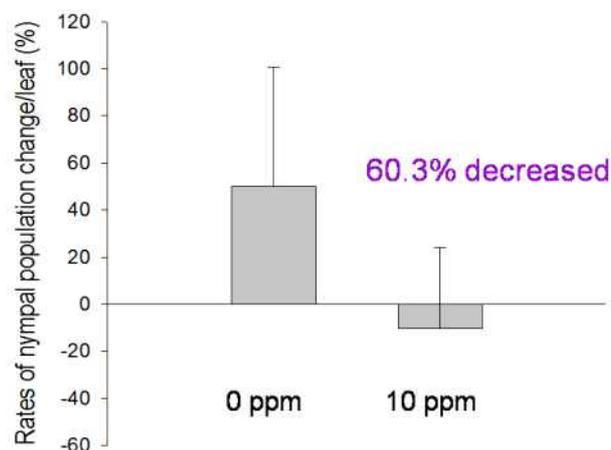
현장적용실험을 위하여 군위 부계면 친환경 토마토 농가에서 님제제(azadirachtin 10 ppm)를 7일 간격으로 3회 관주처리하고 잎 당 약충 수를 현미경을 통해 측정하였다. 또한 토마토의 약해를 육안으로 관찰했다.



친환경 토마토 농가에 현장적용 시험

(2) 결과 및 고찰

친환경 토마토 농가에 님제제(azadirachtin 10 ppm)를 3회 관주처리한 결과 잎 당 약충 수가 무처리구에 비하여 평균 60.3% 감소하였다. 또한, 토마토의 성장을 육안 상 비교해 본 결과 무처리구와 차이가 없었다.



님제제 관주 처리에 따른 잎 당 약충 수 분석함.



예천군 농업기술센터 견학: 뱅커 플랜트 생산 교육



거창 천적생태관 견학: 황온좁벌 머미 밀도조사



친환경농업연구센터 유리온실 천적 실습

총채가시응애 밀도조사 실습



칠레이리응애 생산시설 견학

총채가시응애 사육 실습

나. 천적생산연구회를 통한 친환경기술의 현장적용 및 농가보급

1) 천적생산연구회를 결성.

농민사관학교 교육과정 <천적곤충 생산 과정>을 교육을 이수한 군위군 소속 친환경 9 농가가 중심이 돼 ‘천적생산연구회’를 결성했다. 본 연구회에서는 그동안 배운 천적관련 지식을 토대로 하여 천적을 스스로 생산하고 재배현장에 적용할 계획이다. 그 동안 천적 구입에 대한 경제적 부담이 높았는데 자가 생산을 통하여 경제적 부담을 크게 줄일 수 있게 되었다. 본 연구회는 경북대 친환경농업연구센터에 두고 친환경농업연구센터의 천적연구팀과 협력하여 생산기술의 개선을 한다. 대상천적으로는 총채가시응애, 지중해이리응애, 콜레마니진디벌 및 벵커플랜트를 우선적으로 생산할 계획이다.

본 연구회의 친환경농가들은 저비용으로 충분한 양을 생산할 수 있으므로 농가소득 증대에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 천적농법에 의한 고품질 농산물 생산할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 농민, 지자체 및 대학이 상호 협력하여 천적 자가 생산기술을 보급하게 됨으로서 경북 친환경농업의 활성화에 기여한다고 판단된다.



군위군 소속 친환경 9농가가 중심이 돼 '천적생산연구회'를 결성했다.

경북일보_160926_군위군 친환경 농가"천적생산연구회" 결성

1) K 파프리카 농가(상반기 수료생)

- 천적곤충 생산 과정을 통하여 총채가시응애, 지중해이리응애 사육 기술을 습득하여 농가에서 사육 및 현장에 적용.



지중해이리응애 사육



총채가시응애 사육

- 여러 가지 천적의 유지 식물인 벙커플랜트를 작물의 중간에 정식:
참깨(장님노린재), 담배(가루이 기생성 천적), 보리 옥수수(진딧물 기생성천적) 등



참깨 벙커플랜트



담배 벙커플랜트



옥수수 벙커플랜트



보리 벙커플랜트

2) 토마토, 오이, 가지 농가(상/하반기 수료생)

- 천적곤충 생산 과정을 통하여 총채가시용애, 지중해이리용애 사육 기술을 습득하여 친환경농업연구센터에서 총채가시용애를 관리 및 증식 생산하여 농가에 적용



K 오이 농가 부부



H 오이농가 부부



C 가지 농가 부부



N 토마토 농가

총채가시용애 사육중



16년 12월 19일 K 오이 농가 총채가시용애 적용



16년 12월 27일 H 오이 농가 총채가시용에 적용



16년 12월 16일 N 토마토 농가 총채가시용에 적용



16년 12월 20일 C 가지 농가 총채가시용에 적용

다. 친환경 천적 및 미생물 현장적용에 대한 경제성 분석 실시

1) 천적 제품 가격 분석(16년 기준)

구분	제품명	단위	규격	소비자가
국외 제품	미끌애꽃노린재	병	500마리/병	44,000
	마일즈응애	병	10,000마리/병	28,000
		벌크	12,500마리/bulk	300,000
	지중해이리응애	pack/박스	500pack/박스	350,000
		pack/박스	100pack/박스	80,000
		병	25,000마리/병	65,000
	칠레이리응애	병	2,000마리/병	33,000
	총채이리응애	병	500마리/병	80,000
	사막이리응애	pack/박스	500pack/박스	680,000
		병	2,000마리/병	25,000
	오이이리응애	병	25,000마리/병	40,000
	온실가루이좀벌	카드	5,000마리/카드	50,000
	황온좀벌	카드	5,000마리/카드	50,000
	어비진디벌	병	250마리/병	40,000
	콜레마니진디벌	병	500마리/병	22,000
	복숭아혹진디벌	병	500마리/병	30,000
	굴파리좀벌	병	250마리/병	48,000
	진디혹파리	트레이	1,000마리/트레이	44,000
	깍지무당벌레	병	500마리/병	220,000
어리줄풀잠자리	병	1,000마리/병	60,000	
	벌크	10,000마리/bulk	300,000	
국내 제품	뱅커플랜트	화분	100머미/화분	35,000
	담배장님노린재	병	250마리/병	60,000

2) 총채가시응애 농가사육 현장적용

2016년 10월~2017년 10월까지 천적근충생산 작목반 총채가시응애 생산량

참여 농가	10 농가
농가 적용량	428 박스
현재 사육량	36 박스
Seed 공급량	62 박스
총 생산량 (Seed 공급량 제외)	464 박스

- ☑ 천적근충생산 작목반 총채가시응애 생산 천적응애의 가격 환산
(상업용 마일즈응애 공급가격 대비)

품목	현장적용량(330m ²)	단가 비교
마일즈응애(상업용)	3병	96,250원
총채가시응애	1박스	96.250원
총 생산량 (Seed 공급량 제외)	464박스	44,660,000원

- ☑ 친환경인증 시설과채류(오이, 토마토) 농가의 경우 토양 해충방제만을 위하여 1작기(6개월)당 마일즈응애 약 1,000원/평당(600평 1회 사용시 약 600,000원) 사용함

- ☑ 위 표의 금액은 인당 1,000평 기준, 참여농가 10농가, 1년 2작기, 2회 사용시
 - 1,000평 x 10농가 X 평당 1,000원 X 2작기 X 2회 사용시 = 40,000,000원
 - 천적을 직접생산 사용함으로써 연간 1인당 약 400만원의 비용 절감 효과(천적, 친환경자재 또는 화학 농약 사용 비용)를 가져옴
 - 비용절감 효과뿐만 아니라 천적을 예방적인 차원에서 적절한 시기에 적절 투입량으로 해충을 방제함으로써 농작물의 생산성 향상에도 큰 도움을 줌

- ☑ 군위 D 오이농가

- 친환경인증농가로 천적을 지속적으로 사용
- 시설 주변에 분뇨 처리장이 있어 작은뿌리파리 피해가 매년 심각
- 주기적으로 마일즈응애를 구매하여 사용
- 16년 1월에 코퍼트에서 천적을 구입하여 농가에 적용
- 해외에서 배송되는 천적의 경우 배송기간이 1주일 소요됨



16년 1월에 코퍼트에서 천적을 구입

- 천적의 방제 효과를 보지 못하여 정상적인 작기는 6월 말이었으나 작은뿌리파리 피해로 3월 조기 수확 후 전량 폐기
- 작기 전체 수확량의 50% 수확



오이 작은뿌리파리 피해 양상



작은뿌리파리 피해로 3월 조기 수확 후 전량 폐기

- 16년 천적곤충생산 과정 이수 후 10월 총채가시용에 분양 후 사육 및 농가 적용
- 16년 10월~현재까지 작은뿌리파리 피해가 발생하지 않음



17년 12월 15일 D 오이 농가 총채가시용에 적용

II. 제2세부: 친환경 농업 미생물의 실증 가치 제고화

1. 친환경 기능성 미생물의 동정법 확립과 활성의 DB화

가. 효율적이고 신뢰성 있는 유식물의 생장 촉진/억제 활성 실내 검정 확인

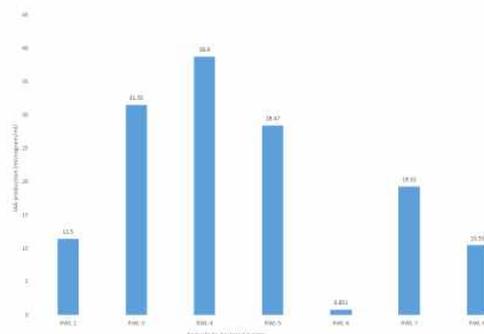
○ 벼 종자에서 분리한 내생균의 식물 생장 촉진 활성 및 호르몬 생성능 확인

- 유용미생물의 분리 및 동정

공시품종인 진소미를 NaOCl solution을 2.5%로 희석한 용액으로 30분간 종자 소독을 실시 한 후, 75% 에탄올에 담귀 완전 살균하였다. 살균된 종자는 이차증류수를 이용하여 세차례 씻어낸 후 분쇄하여 phosphate buffer saline solution에 침수시켜 내생균 분리를 진행하였다. 분리된 내생균들은 1차로 Salkowski's method를 이용하여 Indole acetic acid(IAA) 생성능을 기준하여 10종의 내생균을 선발하였다. 선발된 내생균들은 LB media에 접종하여 배양하였으며, 각각의 배양액은 15% glycerol을 이용하여 -20℃에 저장하였다. 1차 선발된 균주의 동정을 위해 16S rRNA 염기서열로 분석하였다. 균주의 16S rRNA의 영역을 증폭하기 위하여 27f primer(5'-AGAGTTTGATC (AC) TGGCTCAG-3')와 1492r primer(5'-CGG (CT) TACCTTGTTACGACTT-3')을 이용하여 추출된 염색체 DNA를 template로 하여 PCR을 수행하여 산물을 얻어 염기서열을 결정하였다. 결정된 염기서열은 NCBI에서 운영하는 BLAST를 통해 상동성을 검색하여 동정하였다. 분리된 내생균들의 동정결과, 각각 *Arthrobacter oryzae* RWL-2, *Micrococcus luteus* RWL-3, *Enterobacter soli* RWL-4, *Micrococcus luteus* RWL-5, *Pantoea agglomerans* RWL-6, *Leclercia adecarboxylata* RWL-7 와 *Citrobacter youngae* RWL-8로 동정되었다.

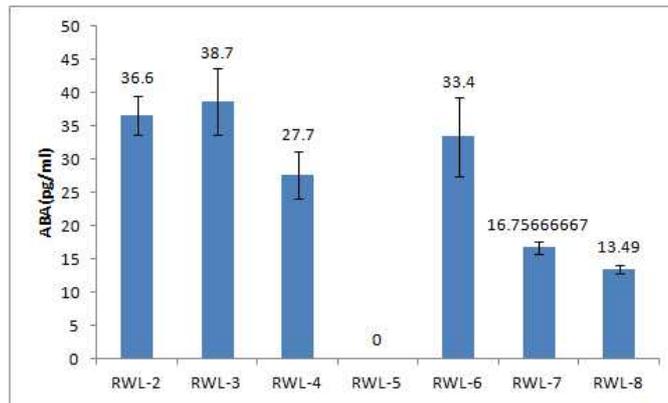
- 각 내생균의 분비 물질 양상 조사

내생균 배양액을 원심분리기를 이용하여 10000g, 4℃에서 분리를 진행한 후 상층액을 회수하여 상층액의 pH를 2.5로 조정된 뒤 ethyl acetate를 이용한 분획과 역상크로마토그래피 등을 통해 여러차례 정제한 후 GC-MS SIM을 이용해 IAA 함량을 보다 더 정확하게 확인하였다.



[유용 내생균의 IAA 함량]

IAA 분석 결과, *Enterobacter soli* RWL-4에서 가장 높은 IAA 함량($38.8\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)을 확인하였으며, 다음으로 *Micrococcus luteus* RWL-3($31.55\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)과 *Micrococcus luteus* RWL-5($28.47\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)에서 많은 IAA 함량을 확인하였다. 이와 반대로 *Pantoea agglomerans* RWL-6($0.851\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)에서는 가장 적은 IAA 함량을 확인하였다. 유용 내생균이 생성하는 ABA 함량을 분석한 결과, 총 7균주 중에서 6균주가 ABA를 생성하는 것으로 나타났으며, 그 중 *Micrococcus luteus* RWL-3가 $38.7\text{ pg}\cdot\text{ml}^{-1}$ 으로 가장 함량이 높았다.



[유용 내생균의 ABA 함량]

- 내생균의 식물 성장 촉진능 확인

분리된 내생균들을 기주 식물인 벼를 대상으로하여 식물성장 촉진능을 확인하였다. 각각의 균주는 500ml의 LB media에 접종하여 shaking incubator에서 150rpm, 27°C로 5일간 배양하였다. 각각의 내생균 배양액은 spectrophotometer를 사용해 optical densities를 0.5정도로 맞추도록 2차 증류수를 추가하여 동일한 농도로 희석하였으며, 벼 종자는 2.5%의 NaOCl을 이용하여 표면을 살균한 뒤 이차증류수를 이용해 발아시켜 sand medium에서 수경재배하였다. 재배는 식물 성장상을 이용하였고, 28°C에서 14시간, 24°C에서 10시간 습도는 60~70%로 하였다. 내생균을 접종한 후 2주간 키워 생육과 SPAD를 이용하여 엽록소 함량 등을 조사하였다.

[표] 유용내생균 처리에 따른 벼의 생육 효과

Treatment	S.L. (cm)	R.L. (cm)	S.F.W. (g)	S.D.W. (g)	C. C. (SPAD)
Distilled Water	17.00±2.58 f	2.71±0.57 e	0.083±0.03 e	0.021±0.0003	22.73±2.29 c
IAA	23.92±2.41 cd	4.17±0.75 bc	0.122±0.01 d	0.030±0.006 d	27.94±3.81 b
RWL-2	25.71±1.81 ab	5.00±0.76 a	0.139±0.01	0.033±0.002	38.73±2.75 a
RWL-3	23.31±2.77 d	4.29±0.81 abc	0.129±0.01 d	0.029±0.003 d	38.78±3.70 a
RWL-4	22.00±2.52 e	3.33±0.41 de	0.133±0.01 cd	0.029±0.004 d	39.91±3.58 a
RWL-5	24.92±2.61	4.50±0.76 ab	0.152±0.01	0.034±0.003	40.54±2.45 a
RWL-6	24.29±2.51 cd	3.79±0.39 bcd	0.143±0.02	0.031±0.003	39.10±3.13 a
RWL-7	26.07±2.34 a	3.79±0.70 bcd	0.159±0.01 ab	0.037±0.001 b	38.53±3.79 a
RWL-8	26.14±2.81 a	3.64±0.38 cd	0.170±0.01 a	0.423±0.004 a	40.75±1.82 a

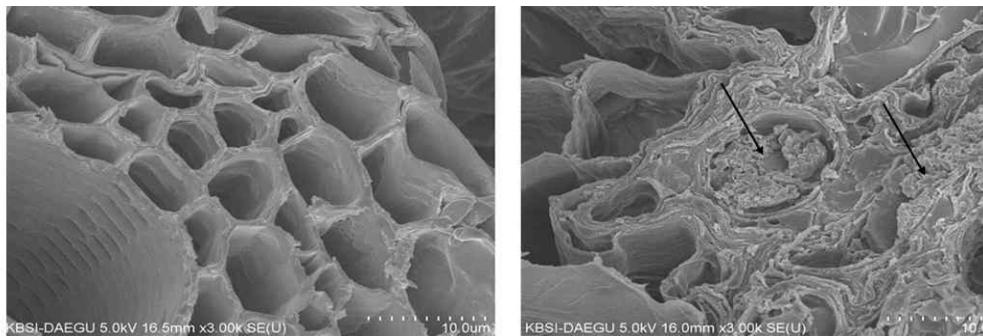
S.L. = Shoot length, R.L. = Root length, S.F.W. = Seedling fresh weight, S.D.W. = Seedling dry weight, C.C. = Chlorophyll content. Each value represents mean \pm SD of eight replicates from three independent experiments. Values in columns followed by different letters are significantly different at $P \leq 0.05$ based on LSD

7종의 최종 선발된 내생균과 대조구인 IAA처리 결과 벼의 생육은 *Citrobacter youngae* RWL-8 처리구에서 가장 촉진됨을 확인하였다. 초장의 경우 26.14 ± 2.81 cm로 무처리구에 비해 생육이 53.8% 증가하였으며 근장의 경우 34.3% 증가하였고 엽록소 함량의 경우 무처리구에 비해 두 배 이상의 차이를 확인할 수 있었다. IAA생성능은 다른 처리구에서 더 높았으나 식물생장 촉진 활성을 보이는 농도는 오히려 *C. youagae* RWL-8이 함유한 $10 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 전후에서 촉진 능이 가장 우수할 것으로 사료된다.



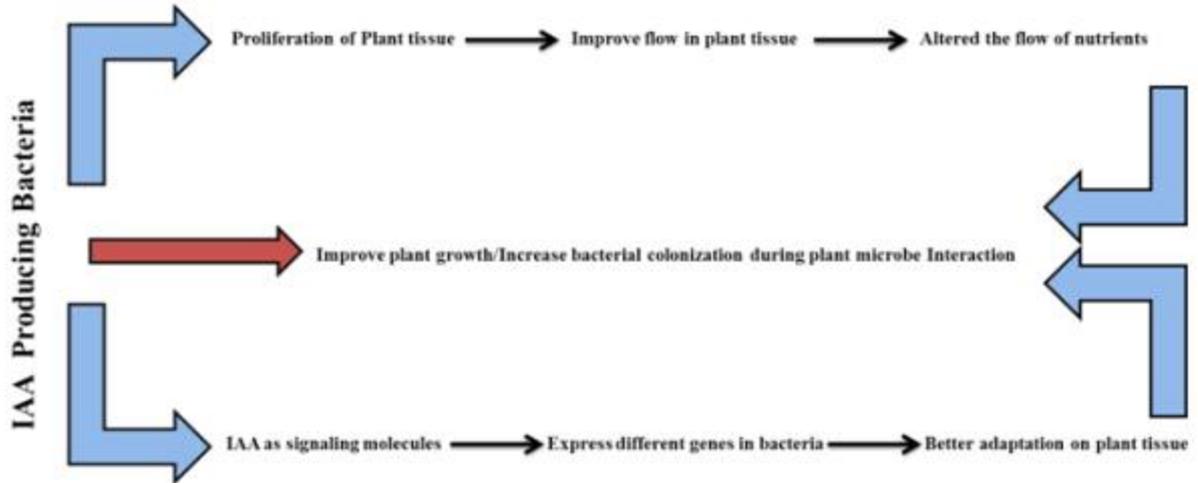
[유용 내생균 처리에 따른 벼의 생육 효과]

유용내생균을 벼에 처리하여 뿌리의 균락 형성을 확인하기 위하여 광학현미경인 SEM을 통해 뿌리의 단면을 확인한 결과, 곳곳에 균락을 형성하고 있다는 것을 확인하였다. 이는 본 균주가 벼의 근권 정착이 우수함을 나타낸다.



[광학현미경을 통한 유용 내생균의 뿌리 내 균락화 형성 확인]

따라서 본 연구팀에서는 기능성·내생균을 확보하여 친환경 성장조절제로서의 개발가능성이나 친환경 비료로서의 활용가능성을 확인하였고, 추가적으로 미생물의 최적화된 생존법 확립과 여러 작물에 대한 성장 촉진 효과를 확인할 예정이다.

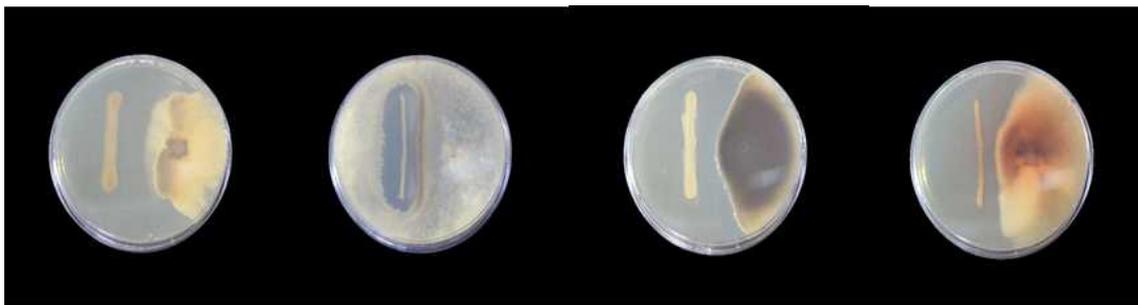


[내생균이 생성하는 IAA 처리에 따른 작물의 반응]

나. 유용미생물 처리 시 작물의 생리적 변화 조사

○ 작물의 병 방제를 위한 길항균의 분리 및 동정

길항성 균주를 분리하기 위해 경산, 대구, 군위 등 무병 지역에서 밭 토양 및 논 토양을 채취하였다. 채취한 토양 시료는 1g씩 생리식염수(0.85% NaCl) 9ml에 현탁한 후 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 로 희석하여 100ul씩 Tryptic Soy Broth Agar에 도말하여 균 분리를 진행하였다. 분리된 균주 104종의 단일 콜로니와 병원성 곰팡이를 Potato Dextrose Agar에 대치배양하고 클리어 존 생성여부를 확인하였다. 그 결과 5개 균주가 클리어 존을 생성하였고 그 중 가장 넓은 클리어 존을 생성한 균주를 최종 선발하였다.



Botrytis cinerea

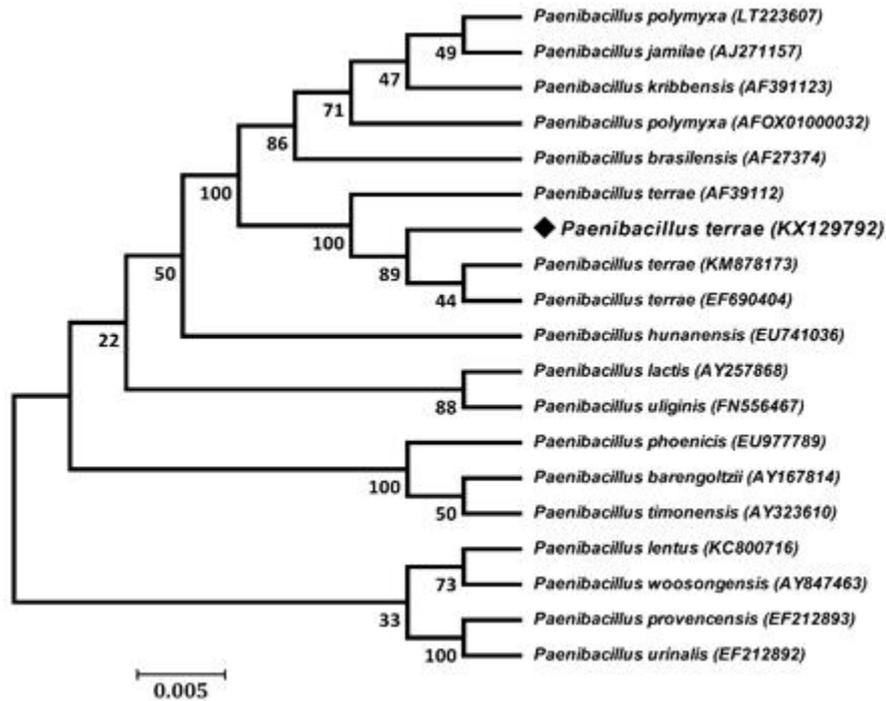
Sclerotinia sclerotiorum

Colletotrichum truncatum

Fusarium solani

[병원성 곰팡이와 AY38의 대치 배양]

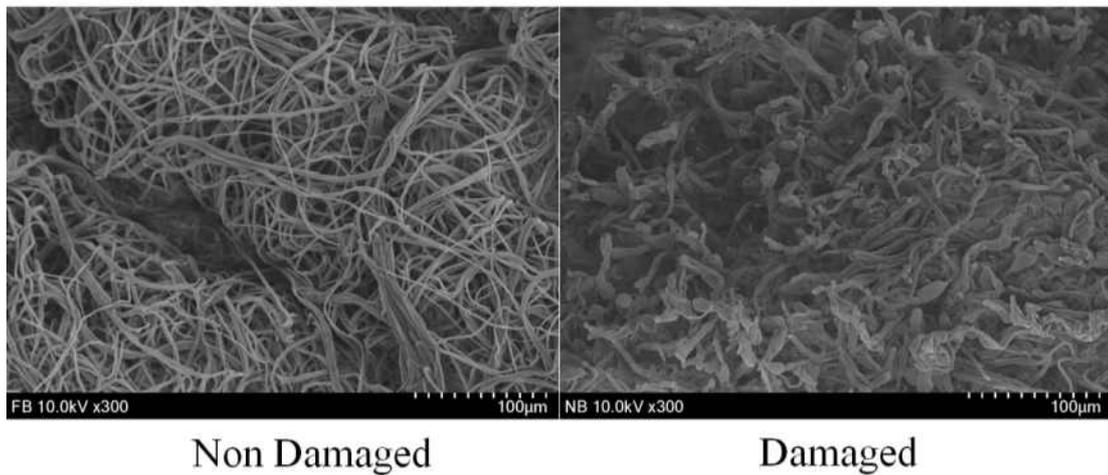
선발된 균주를 16S rRNA 염기서열로 분석하여 동정하였다. 동정 결과 *Paenibacillus terrae*와 99%의 상동성을 나타내었기에 *Paenibacillus terrae*로 동정하였고 *Paenibacillus terrae* AY38이라 명명하였다.



[*Paenibacillus terrae* AY38의 계통수]

○ FE-SEM을 이용한 병원성 곰팡이의 생육억제 확인

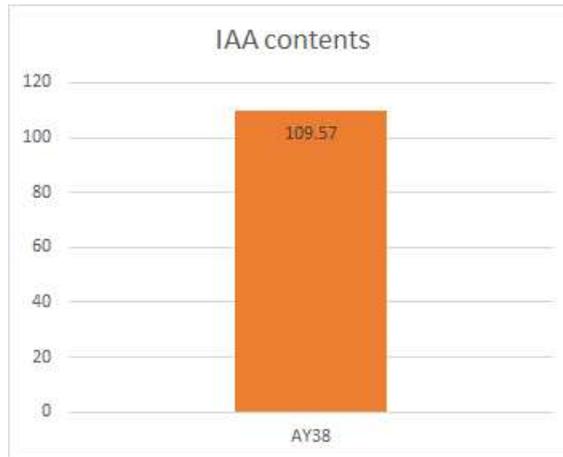
P. terrae AY38과 *Botrytis cinerea*를 PDA에 대치배양한 후 *B. cinerea*의 생육이 억제된 부분과 영향을 받지 않은 부분을 관찰하기 위해 FE-SEM으로 촬영하였다. 배지 내 관찰할 부분을 절단한 후 고정 및 탈수 과정을 거쳐 CPD로 건조하였으며, 코팅 후 FE-SEM을 이용하여 시료의 형상을 확인하였다. 그 결과 *P. terre*a AY38의 영향을 받은 부분은 균사가 짧고 찌그러져 손상되었을 뿐만 아니라 균사가 끊겨 있음을 확인하였다.



[*P. terre*a AY38과 대치배양 된 *B. cinerea*의 형상]

○ GC-MS를 이용한 길항균의 IAA 생성능 확인

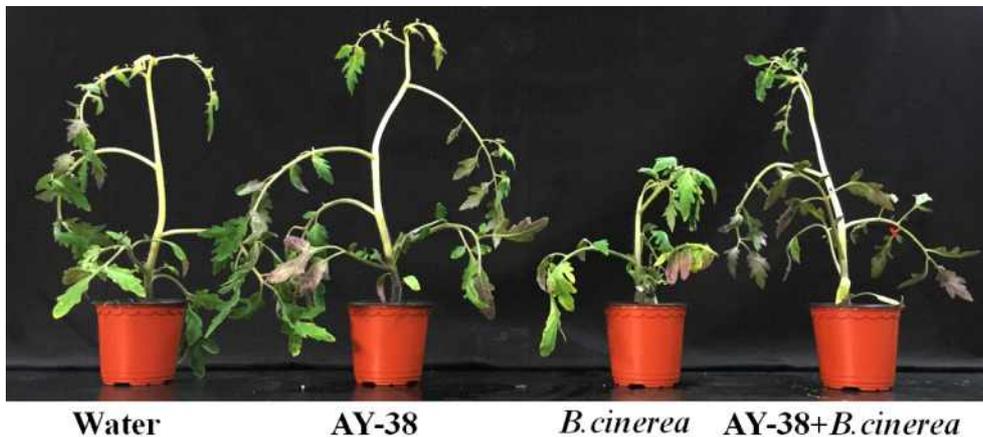
P. terrea AY38 배양액을 10000g, 4°C에서 원심분리한 후 상층액을 회수하여 pH를 2.5로 조정하였다. 이어서 ethyl acetate를 이용한 분획과 역상크로마토그래피 등을 통해 여러 차례 정제한 후 GC-MS SIM을 이용해 IAA 함량을 확인하였다. IAA 함량 분석결과 *P. terrea* AY38이 다량($109.57\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)의 IAA를 분비한다는 것을 확인할 수 있었다.



[*P. terrea* AY38의 IAA함량]

○ *P. terrea* AY38의 토마토의 식물생장 촉진능

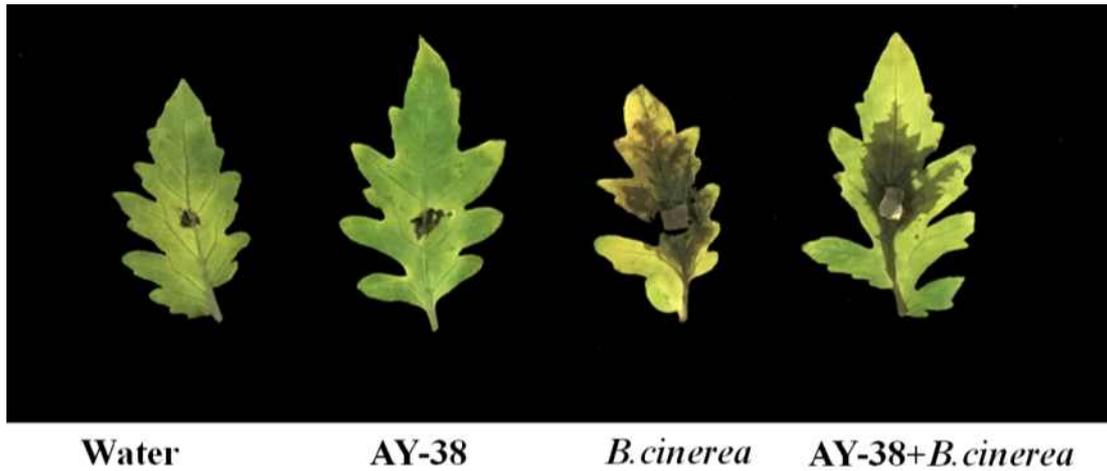
토마토를 대상으로 하여 *P. terrea* AY38의 식물생장 촉진능을 확인하였다. *P. terrea* AY38 배양액을 약 한 달간 키운 토마토에 엽면 분사하여 접종하였으며, 동시에 *B. cinerea*를 키운 배지를 절단하여 접종하였다. 접종일로부터 0일, 1일, 2일, 3일, 5일, 7일간 생육조사를 진행하였다. 측정결과, AY38처리구가 무처리구에 비해 초장, 엽장, 엽폭이 각각 26%, 6%, 7% 증가하였고, 특히 *B. cinerea* 처리구에 비해 *B. cinerea* + AY38처리구의 초장이 크게 증가하였음을 확인 하였다.



[AY38 처리에 따른 토마토의 생육촉진 효과]

○ AY38에 의한 생물학적 방제 효과

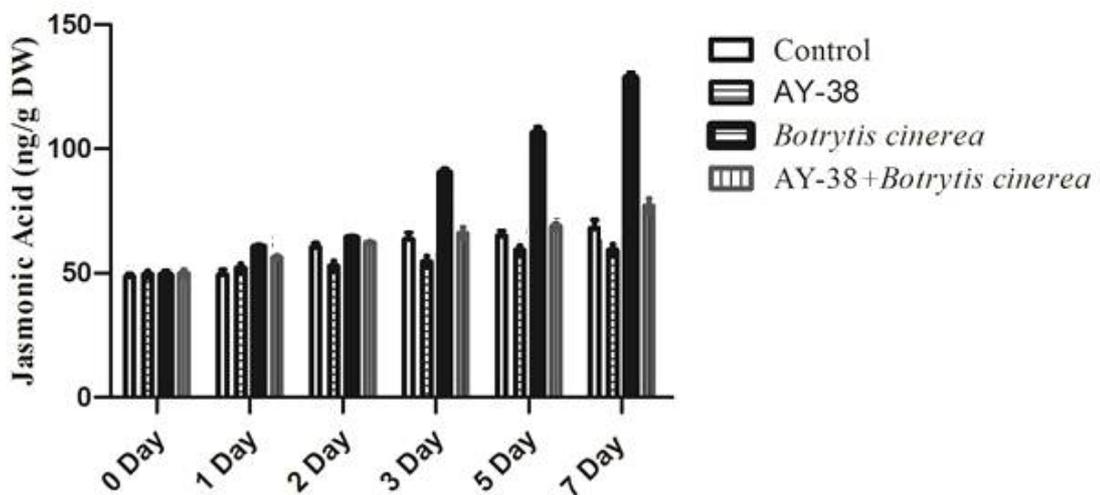
AY38의 생물학적 방제 효과를 확인하기 위하여 한 달된 토마토에 균 배양액을 엽면 처리하였으며, 병 처리는 AY38균 접종 후 PDA에 배양한 *B. cinerea*를 절단 및 엽면 부착하여 진행하였다. 접종 7일 후 WinDIAS 3을 이용하여 병반의 면적을 측정하였으며, *B. cinerea* 처리구에서는 건강한 잎이 4.245cm², 병든 잎이 3.649cm²로 병반율이 46.2%였고 *cinerea*와 AY38을 함께 처리한 구에서는 건강한 잎이 6.59cm², 병든 잎은 2.554cm²로 병반율은 27.9%로 나타났다. 그 결과 *B. cinerea*와 *P. terrea* AY38 처리구가 *B. cinerea* 단독처리구보다 토마토 잎의 병반이 18.3% 감소하였음을 확인하였다.



[AY38 처리에 따른 병발생 억제 효과]

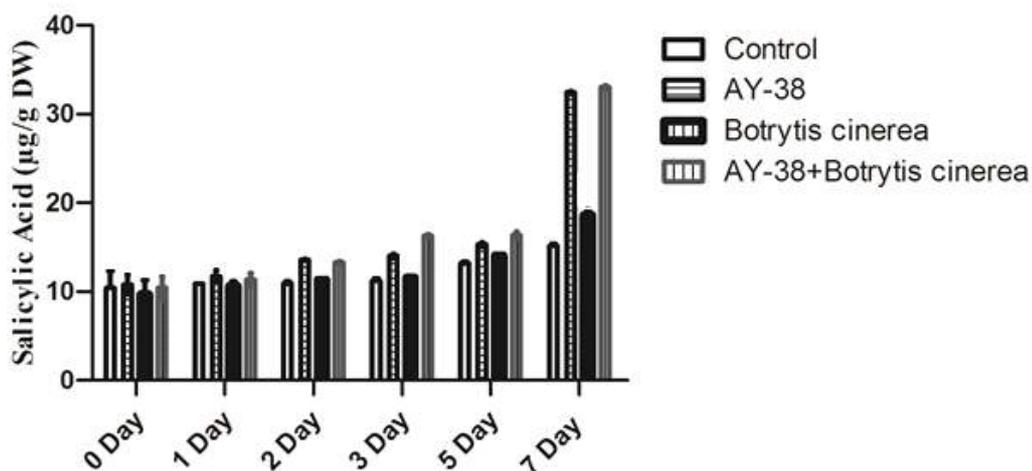
○ AY38 처리에 따른 호르몬 변화양상 조사

JA 분석은 동결건조된 시료를 추출 및 정제하여 GC-MS에 주입하여 분석하였고, 그 결과 3일차부터 *B. cinerea* 단독 처리구에서 JA가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이에 비해, *B. cinerea*와 AY38을 함께 처리하였을 때에는 JA함량에 큰 변화가 없음을 확인하였다.



[AY38 처리에 따른 토마토의 JA 함량 변화]

SA 분석은 동결건조한 시료를 MeOH로 추출하여 12,000g 4°C에서 15분간 원심분리한 후 pellet을 제외한 상등액을 정제하여 이용하였다. 추출여액을 질소가스로 용매를 제거한 후 HPLC에 주입하여 정량분석하였다. SA 정량은 standard SA의 면적을 이용하여 검량곡선 $y=130367x-93086(R^2=0.9711)$ 을 작성한 후 정량하였다. 그 결과 *B. cinerea*와 AY38의 동시 처리구에서 SA의 함량이 서서히 증가하기 시작하였으며 7일차에는 *B. cinerea*비해 SA함량이 현저하게 증가하였음을 확인할 수 있었다.



[AY38 처리에 따른 토마토의 SA 함량 변화]

○ AY38의 현장 적용 가능성 확인

AY38의 기내실험 결과를 토대로 경북대학교 부속실험실습장에 토마토를 대상으로 AY38 처리에 의한 *B. cinerea* 활성 저하 검정을 반복 수행하였다. 그 결과, *B. cinerea*와 AY38의 동시 처리구에서는 *B. cinerea*의 포자생성이 현저하게 억제됨을 확인하였고, 토마토의 갈라짐, 무름 현상 또한 감소됨을 확인하였다.



Water

AY-38 + *Botrytis cinerea*

Botrytis cinerea

[AY38 처리에 따른 토마토의 과실의 병 방제 효과]

다. 유용 미생물의 농가 현장 적용성 및 실용화 가능성 평가

○ 현장 적용 가능성을 위한 길항균의 분리 및 동정

친환경 농업 미생물을 농업 현장에서의 실제 적용성을 높이기 위해 토마토 농가에서 토양시료를 채취하였다. 채취한 토양 시료는 1g씩 생리식염수(0.85% NaCl) 9ml에 현탁한 후 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 로 희석하여 100ul씩 Luria-Bertani Broth Agar(LBA)에 도말하여 균 분리를 진행하였다. 분리한 균주 중 단일 콜로니를 따로 선발하여 병원성 곰팡이(시들음병)와 Potato Dextrose Agar(PDA)에 대치배양하고 클리어 존 생성여부를 확인하였다. 그 결과, 길항효과가 우수한 균주 RWL-1을 최종 선발하였다.

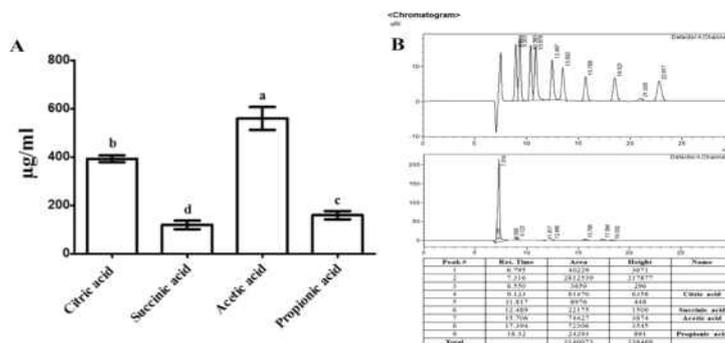


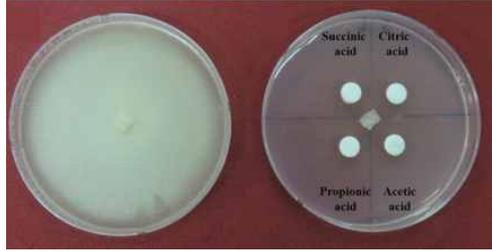
[*F. oxysporum f. sp. lycopersici*(시들음병)와 RWL-1의 대치 배양]

최종 선발한 균주 RWL-1은 16s rRNA방법으로 염기서열을 결정하였다. 동정 결과, *Bacillus amyloliquefaciens*와 99%의 상동성을 가졌으며, *Bacillus amyloliquefaciens* RWL-1이라 명명하였다.

○ 길항 미생물의 분비 물질 인 유기산 생산을 통한 병원성 곰팡이의 생육억제 확인

B. amyloliquefaciens RWL-1이 생성하는 유기산을 분석하기 위해 RWL-1 배양액을 0.22 μ m-filter를 이용하여 정제한 후, HPLC로 분석하였다. 분석한 결과, *B. amyloliquefaciens* RWL-1은 4종류의 유기산(succinic acid, citric acid, propionic acid, acetic acid)을 생성하였다. 가장 많이 생성된 유기산은 acetic acid이며, citric acid는 약 400 μ g/ml를 생성하는 것을 확인하였다. 이에 병원성 곰팡이의 생육을 억제하는 것을 확인하기 위해 병원성 곰팡이인 *F. oxysporum f. sp. lycopersici*을 PDA에 4종의 유기산(succinic acid, citric acid, propionic acid, acetic acid)과 대치 배양한 결과, 병원성 곰팡이의 생육이 억제되는 것을 확인하였다.





[*B. amyloliquefaciens* RWL-1이 생성하는 유기산 및 대치배양 된 *F. oxysporum f. sp. lycopersici*의 형상]

○ *B. amyloliquefaciens* RWL-1의 토마토의 식물생장 촉진 및 병 방제효과 검증

토마토를 대상으로 하여 *B. amyloliquefaciens* RWL-1의 식물생장 촉진능 및 병원성 곰팡이 방제 효과를 확인하였다. *B. amyloliquefaciens* RWL-1 배양액을 2주간 키운 토마토에 관주 처리 하여 접종하였으며, *F. oxysporum f. sp. lycopersici*를 동시에 접종하였다. 접종일로부터 2주 후 생육조사를 진행하였다. 측정결과, RWL-1처리구가 무처리구에 비해 지상부 길이, 지하부 길이, 생체중 및 건체중이 각각 28.23%, 149.14%, 168.68%, 175.47% 증가하였고, 특히 *F. oxysporum f. sp. lycopersici* 처리구에 비해 *F. oxysporum f. sp. lycopersici* + RWL-1처리구의 지상부 생육이 크게 증가하였음을 확인하였다.

[RWL-1처리에 따른 토마토 생육조사]

Treatment	S.L.(cm)	R.L.(cm)	S.F.W.(g)	s.D.W.(g)	SPAD
Control	17.71±0.81 ^b	4.07±0.53 ^b	10.74±0.71 ^b	0.53±0.06 ^b	26.79±2.28 ^b
RWL-1	22.71±1.52 ^a	10.14±0.63 ^a	30.79±2.76 ^a	1.46±0.04 ^a	34.19±1.53 ^a
<i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici</i>	13.83±0.78 ^b	2.21±0.27 ^b	7.31±0.54 ^b	0.38±0.01 ^b	13.47±1.98 ^b
RWL-1 + <i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici</i>	17.57±1.02 ^a	4.21±0.64 ^a	12.78±0.24 ^a	0.73±0.04 ^a	24.76±0.73 ^a

S.L., Shoot length; R.L., Root length; S.R.W., Seedling fresh weight; S.D.W., Seedling dry weight; Values in columns followed by different letters are significantly different at $p \leq 0.05$.

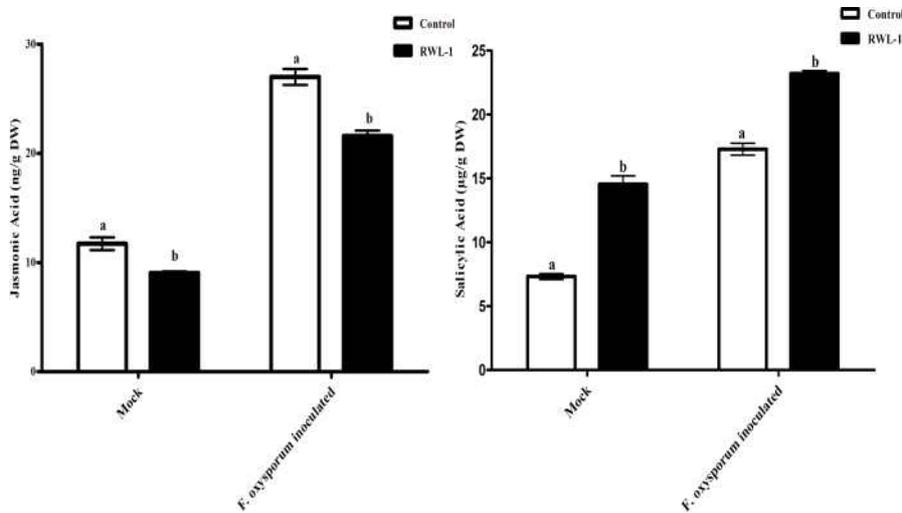


[RWL-1 처리에 따른 토마토의 곰팡이병 방제효과]

○ RWL-1 처리에 따른 호르몬 변화양상 조사

- JA 분석은 동결건조된 시료를 추출 및 정제하여 GC-MS에 주입하여 분석하였다. JA는 병원균의 공격에 대한 방어 반응을 수행하는 역할로 연구된 바가 많으며 함량을 분석한 결과, *F. oxysporum f. sp. lycopersici* 단독 처리구에서 무처리구에 비해 56.67% 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이에 비해, *F. oxysporum f. sp. lycopersici*와 RWL-1을 함께 처리하였을 때에는 JA함량이 20.07% 감소하는 것을 확인하였다.

- SA 분석은 동결건조한 시료를 MeOH로 추출하여 12,000g 4℃에서 15분간 원심분리한 후 pellet을 제외한 상등액을 정제하여 이용하였다. 추출여액을 질소가스로 용매를 제거한 후 HPLC에 주입하여 정량 분석하였다. SA는 저항성 식물 면역반응의 주요 조절 호르몬으로 알려져 있으며 함량을 분석한 결과, RWL-1처리구에서 SA함량이 전반적으로 증가하는 것을 확인하였다.

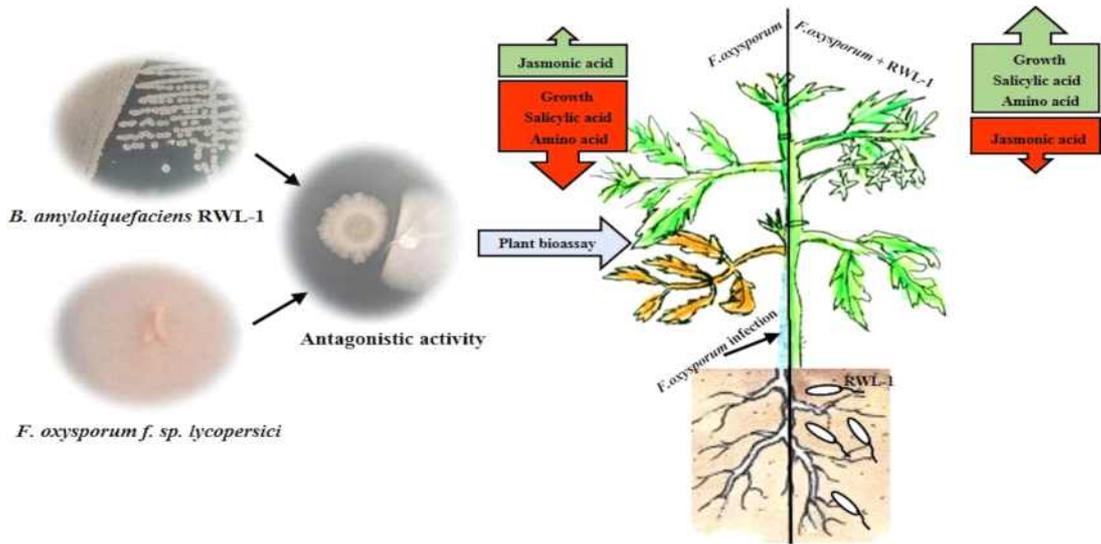


[RWL-1 처리에 따른 토마토의 JA(좌), SA(우) 함량 변화]

○ RWL-1 처리에 따른 구성아미노산과 무기영양 함량 변화

토마토의 구성아미노산 분석 결과, 구성아미노산 17종이 전반적으로 모두 무처리에 비해 RWL-1처리시 함량이 증가하였으며 반대로 *F. oxysporum f. sp. lycopersici* 처리시 구성아미노산 함량이 약 50%가량 감소한 것을 확인하였다. 또한 RWL-1과 병원성 곰팡이를 동시에 처리한 구에서는 무처리에 비해 약 10~20% 증가한 것을 확인하였다.

그리고, 무기양분인 P, K, Ca, Mg 등의 함량 결과, RWL-1 처리 시 무처리구에 비해 P와 Mg 함량이 10~20%정도 증가하였으며, 병원균인 *F. oxysporum f. sp. lycopersici* 처리 시 무처리구보다 전반적인 무기영양 원소가 20~30% 감소하였지만, RWL-1과 병원성 곰팡이를 동시에 처리한 구에서는 어느 정도 회복하는 것으로 나타났다.



[RWL-1 처리에 따른 작물의 병 방제 효과 및 실용화 가능성]

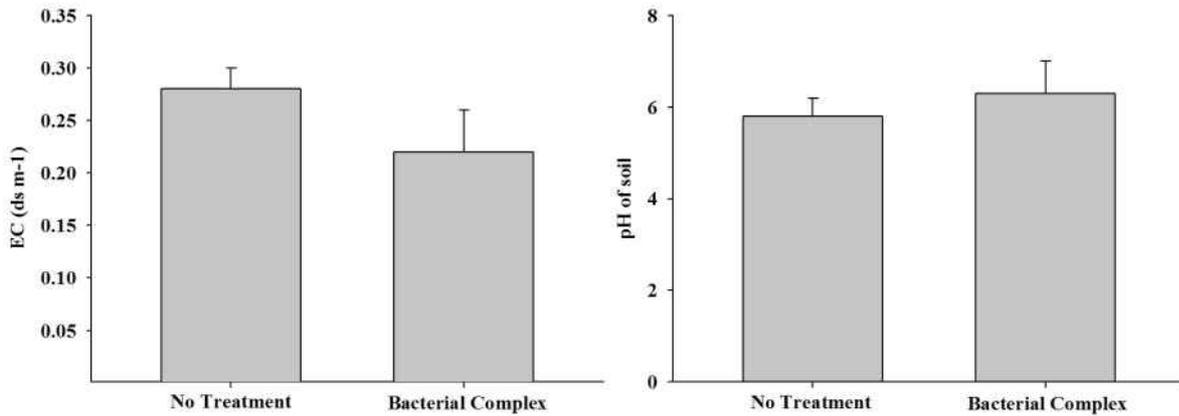
○ 유용 미생물의 현장 적용성 및 실용화 가능성 평가

- 식물생육촉진과 병 방제에 효과가 있는 유용미생물인 *Paenibacillus terrae* AY38과 *Bacillus amyloliquefaciens* RWL-1를 5일 동안 혼합 배양한 후, 100배 정도 희석하여 한 달동안 2주마다 한 번씩 고추와 배추의 유묘에 처리하여 작물의 생육 평가를 확인하였다. 혼합균을 처리한 작물은 무처리구보다 생육이 우수하였으며, 혼합균 처리에 대한 피해는 나타나지 않았다. 지상부의 길이와 엽색도는 증가하였지만, 엽면적은 큰 차이가 나타나지 않았다.



[작물재배지에서 혼합 길항균 처리에의 생육평가]

- 혼합 길항균을 처리한 후, 토양을 채취하여 pH와 전기전도도를 분석한 결과, 토양의 전기전도도는 혼합균 처리구가 무처리구에 비해 감소하였으며, 토양의 pH는 혼합균처리구가 조금 증가하는 하는 것으로 나타났다.



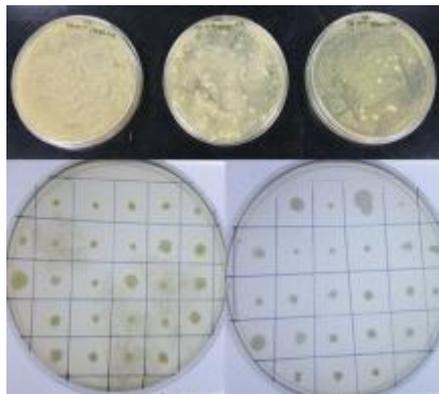
[혼합 길항균 처리에 의한 토양의 전기전도도와 pH 변화]

- 친환경 농업자재로서의 활용가능성이 높은 *Paenibacillus terrae* AY38과 *Bacillus amyloliquefaciens* RWL-1를 액제 또는 과립화 등의 제형화하여 그 효과를 더욱 증진시키는 기술 개발이 필요하다.

2. 미생물 농약의 유전자원 확보 및 보급 모델 개발

가. 살충기능성, 살균기능성, 식물생장촉진기능성 등으로 대표되는 친환경 기능성 보유 미생물의 분리 및 확보

- 경상북도 각급의 농업기술센터 및 영농조합에서 개발 및 활용 중인 살균/살충/식물생장촉진 기능성 미생물 및 2) 경상북도 내 참깨, 두릅, 장뇌삼 등의 다양한 작물 근권 토양시료 유래 미생물 분리를 통한, 친환경 기능성 미생물 균주의 확보.



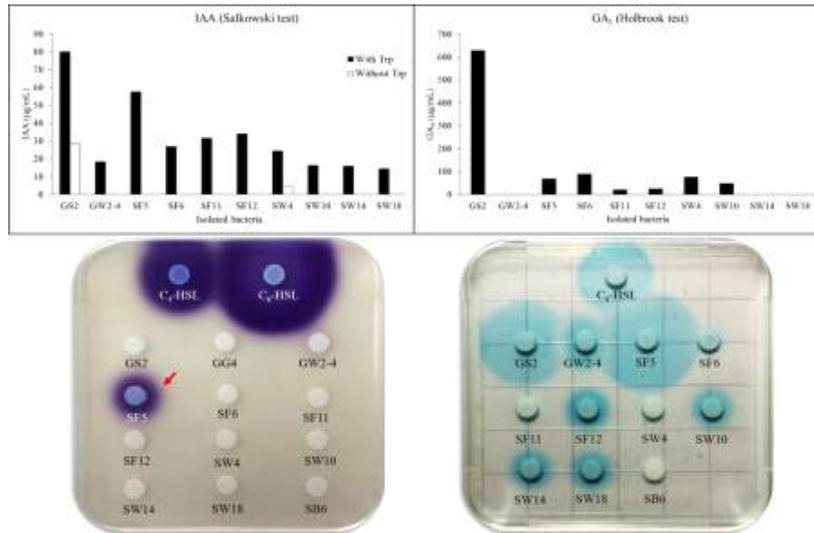
[친환경 기능성 보유 미생물의 분리]

- 1차적으로 확보된 미생물 균주를 대상으로, 살충기능성, 살균기능성, 식물생장촉진기능성 등으로 대표되는 친환경 기능성의 활성도 조사

○ Salkowski test, holbrook test 등을 통해 식물생장촉진호르몬인 auxin과 gibberellin

생산능을 확인

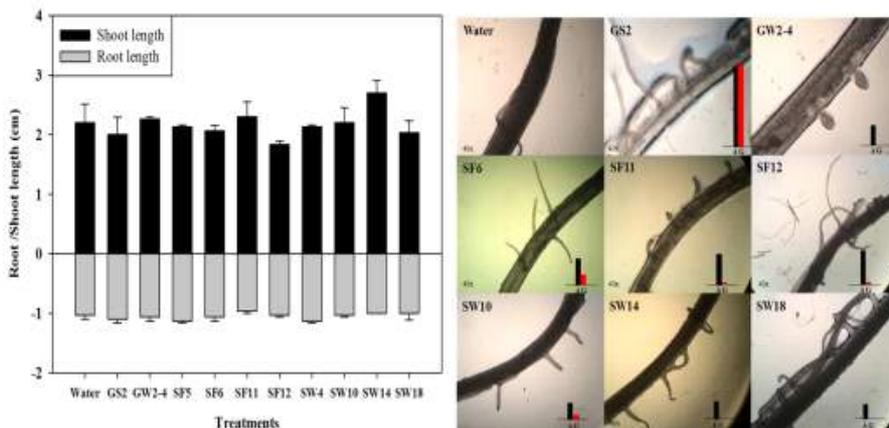
- 그 결과, 확보된 미생물 균주들 중에서, 약 10종이 auxin 생산량이 우수한 것으로 조사
- 특히, GS2 미생물 균주의 경우, 배양배지에 auxin의 전구체인 L-tryptophan의 첨가 및 무첨가 조건 모두에서 auxin 생산능이 우수한 것으로 확인. 또한, holbrook 법을 이용한 gibberellin 생산능을 조사한 결과, GS2 미생물 균주가 약 600 ug/mL의 농도로 가장 많은 gibberellin을 생산하는 것으로 확인 (그림 2).



[분리 미생물 균주의 auxin 및 gibberellin 생산능 검증(상) 및 quorum sensing signal molecules의 생산 확인(하)]

○ 식물생장촉진호르몬 생산 미생물 균주의 식물생장촉진능 검증

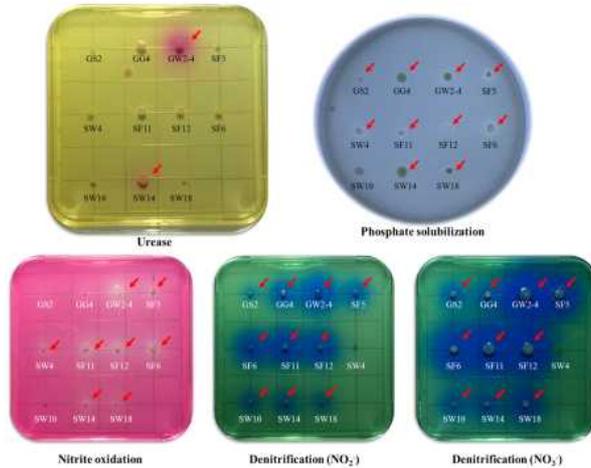
- “waito-c” rice 종자를 이용하여 선발된 미생물 균주를 10^8 CFU/mL의 밀도로 각 종자에 처리하고, 암조건에서 3일간 발아, 이후 현미경관찰을 통해 뿌리의 발달정도를 측정.
- 그 결과, auxin을 많이 생산하는 미생물 균주가 처리된 종자의 경우, 뿌리 발달 정도가 촉진되는 것으로 확인.



[식물생장촉진호르몬 생산 미생물 균주의 식물생장촉진능 검증 (좌, 뿌리 및 줄기 길이측정; 우, 뿌리 현미경관찰)]

○ 선발된 미생물 균주의 에너지 흡수촉진능 및 질소순환능 조사

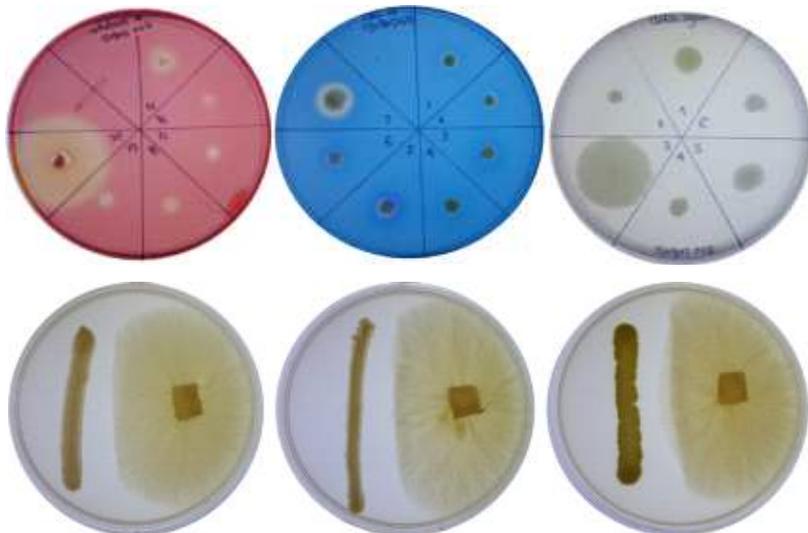
- 확보 미생물 균주를 대상으로 urea 및 불용성 인산염을 첨가한 배지 및 아질산과 질산이 첨가된 배지를 이용하여 1) urease 생산능, 2) 불용성 인산염 가용능, 3) 아질산산화능 및 4) 탈질능을 조사.
- 각각의 선별배지에 확보된 미생물 균주를 점적하여 발색반응 및 투명화 생성의 비교를 통해 각 기능에 대한 활성을 조사.



[분리 미생물 균주의 urease 생산, 불용성 인산염 가용 및 질소 순환능 조사]

○ 항진균물질 생산능을 가지는 미생물 균주의 분리 및 선발

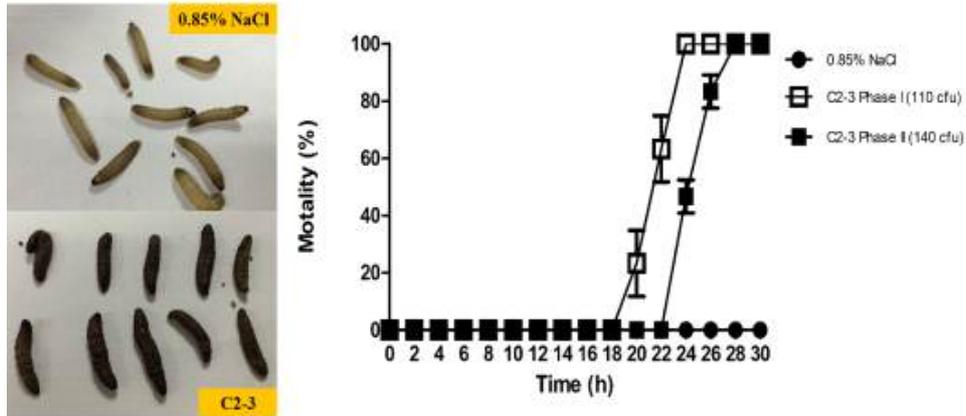
- 식물병원성 진균의 생육을 억제하는 물질인 cellulase, siderophore 및 chitinase 등을 생산하는 미생물 균주를 분리 확보
- 미생물 선별배지를 사용하여 cellulase, siderophore 및 chitinase 생산능을 조사, 뿌리썩음병을 유발하는 대표적 진균인 *Fusarium oxysporum*과의 대치배양을 통해 항진균 활성이 우수한 미생물 균주를 선발.



[항진균 물질 cellulase, siderophore, chitinase 생산능 및 식물병원성 진균에 대한 생육저해능 조사]

○ 해충에 대한 살충기능성 보유 미생물의 분리 및 선발

- 분리 균주를 대상으로 해충인 꿀벌부채명나방에 대하여 독성을 나타내는 균주를 선발
- 미생물 배양 후 미생물 균체만을 집균하고, 이를 생리식염수에 현탁하여 꿀벌부채명나방의 유충에 주입, 이후 시간의 경과에 따라 유충의 사멸 정도를 조사, 비교
- 그 결과, 미생물 균주 C2-3이 가장 우수한 살충능을 보이는 것으로 확인 (24시간 이내에 50%의 유충이 펠라닌화 반응을 일으키며 사멸됨) .



[미생물균주의 주입 후 유충의 모습(좌) 및 시간에 따른 유충의 사멸 정도 조사를 통한 미생물 균주 유래의 살충성 확인]

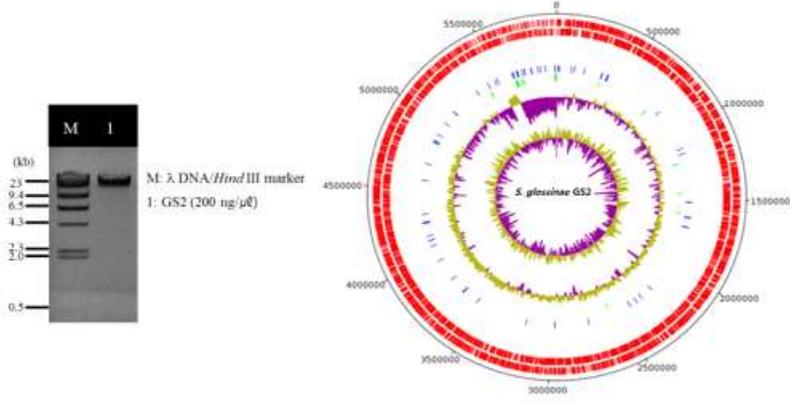
○ 분리 확보된 미생물에 대한 16S rRNA gene 염기서열 분석을 통한 미생물 동정

- 분리 확보된 친환경 기능성 미생물의 동정을 위해 DNA를 추출한 후 universal primer인 27F, 1492R primer를 사용하여 16S rRNA gene을 증폭, 염기 서열 분석을 실시. 이후 확보된 16S rRNA gene 염기 서열의 비교 분석을 실시, 미생물 동정함
- 그 결과, 분리 확보된 미생물의 경우, 식물생장촉진근권세균으로 널리 알려진 *Pseudomonas*, *Serratia*, *Burkholderia*, *Bacillus* 속 등으로 확인함

Characteristics	Isolated bacteria	Identification	Similarity (%)
Plant growth promoting bacteria	GS2	<i>Serratia glossinae</i>	99.8
	GW2-4	<i>Pseudomonas jessenii</i>	99.9
	SF5	<i>Serratia proteamaculans</i>	98.2
	SF6	<i>Pseudomonas chlororaphis</i> subsp. <i>piscium</i>	99.6
	SF11	<i>Pseudomonas arsenicoxydans</i>	99.9
	SF12	<i>Pseudomonas simliae</i>	98.3
	SW10	<i>Pseudomonas rhodesiae</i>	99.3
	SW14	<i>Pseudomonas rhodesiae</i>	99.3
Antifungal bacteria	SF1	<i>Bacillus aryabhatai</i>	99.7
	SF2	<i>Bacillus aerophilus</i>	99.7
	SF3	<i>Burkholderia stabilis</i>	99.6
	SF7	<i>Bacillus anthracis</i>	99.9
Insecticidal bacteria	C2-3	<i>Xenorhabdus nematophila</i>	99.1

[16S rRNA gene 염기서열 분석을 통한 분리 미생물 균주의 동정]

- 확보된 친환경 기능성 미생물에 대한 차세대 염기서열 분석법 기반의 미생물 유래 전장 유전체에 대한 염기 서열 분석 (whole genome sequencing) 실시 및 이를 통한 친환경 기능성 미생물 유래 유용 유전자원의 확보
 - 분리 미생물 균주 GS2를 대상으로 whole genome sequencing을 수행(그림 6).
 - 유전체 분석결과, auxin 생합성, phosphatase, 중금속 내성 등으로 대표되는 친환경 기능성 유용 유전자군을 확인



[미생물 균주 GS2로부터 chromosomal DNA의 추출(좌) 및 전장 유전체에 대한 염기 서열 분석 (whole genome sequencing) 실시를 통해 완성된 미생물 균주 GS2 유전자 지도(우)]

나. 친환경 농업 미생물의 분리, 작물 유용활성 확인 및 최적 배양 조건 확립

① 친환경 농업 미생물의 분리 및 작물 유용 활성 확인

㉞ 친환경 농업 유용미생물로 활용 가능한 *Bacillus megaterium* KNU-01

1) 상기 균주의 분리 및 동정

- 친환경 농업 유용미생물을 위한 균 분리를 위해 경상북도 경주시 소재 유채꽃 밭에서 근권토양을 시료로 채취하였다. 시료로부터 단계희석 도말법을 nutrient agar에서 진행하였으며 분리된 균은 16S rRNA gene sequencing 및 BLAST search를 이용하여 분리균을 동정하였다. 그 결과 *Bacillus megaterium*과 99% 상동성을 가지는 것으로 확인되어 *B. megaterium* KNU-01라 명명하였다. 그림 1은 KNU-01 균주의 계통 발생학적 모식도를 나타낸다.

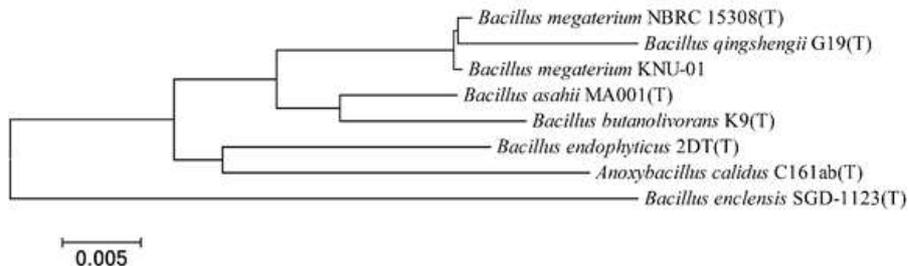


그림 1. *B. megaterium* KNU-01 균주의 계통발생학적 모식도

2) 상기 균주의 작물유용활성

- 분리한 *B. megaterium* KNU-01 균주를 대상으로 12가지 작물 유용활성을 측정하였다. 12가지 작물 유용활성 중 KNU-01 균주는 식물생장호르몬인 IAA를 생합성했으며 불용성 인산염, 요소를 분해할 수 있는 인산 가용화와 요소 가용화 능력을 가지고 있었다. 또한 질소 순환 능력 중 질소를 암모니아의 형태로 고정하는 질소 고정 능력을 가지고 있었다. KNU-01 균주가 가지고 있는 IAA 생산, 인산 가용화, 요소 가용화, 질소 고정 능력은 아래 그림과 같다.

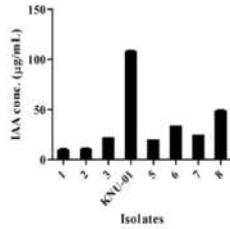


그림 2. KNU-01 균주의 IAA 생산 활성

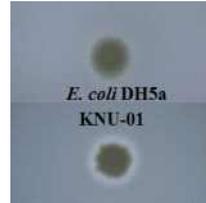


그림 3. KNU-01 균주의 인산가용화 활성

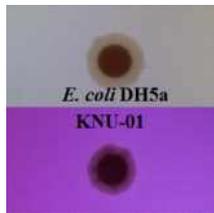


그림 4. KNU-01 균주의 요소가용화 활성



그림 5. KNU-01 균주의 질소 고정 활성

3) 상기 균주가 가지고 있는 작물유용활성 관련 유전자

- 4가지 작물 유용활성이 있는 KNU-01 균주의 작물유용활성 관련 유전자를 탐색하기 위해 상기 균주의 genomic DNA를 추출하였고 Ion torrent PGM sequencing machine을 이용하여 분석했다. Sequencing data는 assemble program 중 하나인 MIRA 4 genome assembler를 이용하여 일차적으로 처리 한 후 RAST server를 이용하여 작물 유용활성 관련 유전자를 탐색하였고 표 1과 같이 작물 유용 활성 관련 유전자 및 그 서열을 확인할 수 있었다.

작물 유용 활성	작물 유용 활성 관련 유전자
IAA 생합성 및 생산	Tryptophan synthase alpha chain (EC 4.2.1.20)
	Anthranilate phosphoribosyltransferase (EC 2.4.2.18)
	Tryptophan synthase beta chain (EC 4.2.1.20)
	Phosphoribosylanthranilate isomerase (EC 5.3.1.24)
인산 가용화 활성	Alkaline phosphatase (EC 3.1.3.1)
요소 가용화 활성	Urease alpha subunit (EC 3.5.1.5)
	Urease beta subunit (EC 3.5.1.5)
	Urease gamma subunit (EC 3.5.1.5)
질소 고정 활성	Nitrate/nitrite sensor protein (EC 2.7.3.-)
	Assimilatory nitrate reductase large subunit (EC 1.7.99.4)
	Nitrite reductase large subunit (EC 1.7.1.4)
	Nitrite reductase small subunit (EC 1.7.1.4)

표. *B. megaterium* KNU-01 균주의 작물 유용 활성 유전자

㉔ 친환경 농업 유용미생물로 활용 가능한 *Lactobacillus plantarum* KNU-03

1) 상기 균주의 분리

- 친환경 농업 유용미생물을 위한 균 분리를 위해 경상북도 상주시에 위치하며 품질이 좋은 것으로 알려진 사과 농장의 근권토양을 시료로 채취하였다. 시료로부터 단계희석 도말법을 *Lactobacilli* MRS agar에서 진행하였으며 분리된 유산균은 16S rRNA gene sequencing 및 BLAST search를 이용하여 분리균을 동정하였다. 그 결과 *Lactobacillus plantarum*과 99% 상동성을 가지는 것으로 확인되어 *L. plantarum* KNU-03라 명명하였다. 그림 6은 KNU-03 균주의 계통 발생학적 모식도를 나타낸다.

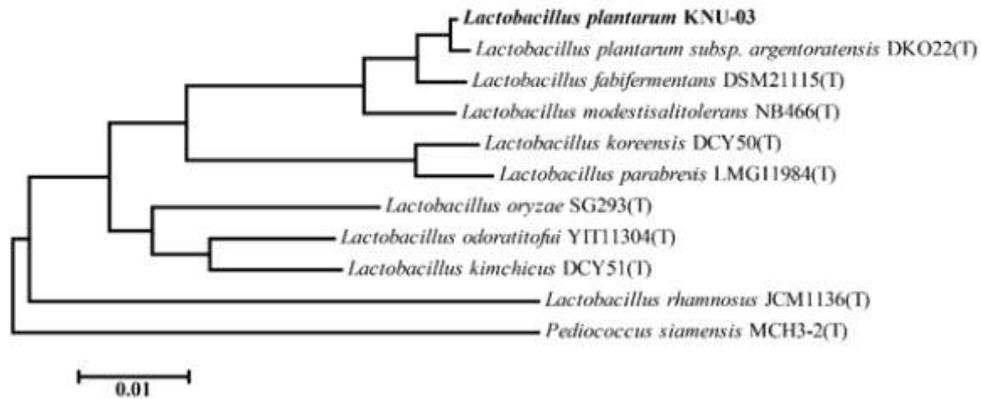


그림 6. *L. plantarum* KNU-03 균주의 계통발생학적 모식도

2) 상기 균주의 작물유용활성

- 분리한 *L. plantarum* KNU-03균주를 대상으로 12가지 작물 유용활성을 측정하였다. 12가지 작물 유용활성 중 KNU-03 균주는 식물생장호르몬인 IAA를 생합성 할 수 있으며 불용성 인산염을 분해할 수 있는 인산 가용화 능력을 가지고 있는 것으로 확인 되었다. 또한 세균과 진균을 동시에 배양할 수 있는 potato dextrose nutrient agar에서 식물 병원성 진균으로 알려져 있는 *Phythium ultimum*과의 대치배양을 통해 항진균 활성이 있는 것을 확인하였다. KNU-03 균주가 가지고 있는 IAA 생산, 인산 가용화, 항진균 활성은 그림 7에서 9와 같다.

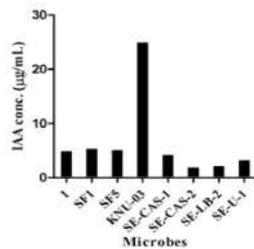


그림 7. KNU-03 균주의 IAA 생산 활성



그림 8. KNU-03 균주의 인산가용화 활성



그림 9. 식물 병원성 진균 *Phytium ultimum*에 대한 KNU-03 균주의 항진균 활성

3) 상기 균주가 가지고 있는 작물유용활성 관련 유전자

- 2가지 작물 유용활성과 항진균 활성이 있는 KNU-03 균주의 작물유용활성 관련 유전자를 탐색하기 위해 상기 균주의 genomic DNA를 추출하였다. 추출한 genomic DNA는 Ion torrent PGM sequencing machine을 이용하여 genomic DNA 전체를 분석하였다. Sequencing data는 assemble program 중 하나인 MIRA 4 genome assembler를 이용하여 일차적으로 처리 한 후 RAST server를 이용하여 IAA 생합성 및 생산, 인산 가용화 활성 관련 유전자를 탐색하였고 해당 작물 유용 활성 관련 유전자는 표 2와 같다.

표 2. *L. plantarum* KNU-03 균주의 작물 유용 활성 유전자

작물 유용 활성	작물 유용 활성 관련 유전자
IAA 생합성 및 생산	Tryptophan synthase alpha chain (EC 4.2.1.20)
	Anthranilate phosphoribosyltransferase (EC 2.4.2.18)
	Tryptophan synthase beta chain (EC 4.2.1.20)
	Phosphoribosylanthranilate isomerase (EC 5.3.1.24)
인산 가용화 활성	Alkaline phosphatase (EC 3.1.3.1)

㉔ 친환경 농업 유용미생물로 활용 가능한 *Rhodobacter sphaeroides* KNU-04

1) 상기 균주의 분리

- 친환경 농업 유용미생물을 위한 균 분리를 위해 경상북도 성주시에 위치하며 품질이 좋은 것으로 알려진 토마토밭의 근권에서 토양 시료를 채취하였다. 시료로부터 단계희석 도말법을 LB agar에서 진행하였으며 분리된 균은 16S rRNA gene sequencing 및 BLAST search를 이용하여 분리균을 동정하였다. 그 결과 *Rhodobacter sphaeroides*와 99% 상동성을 가지는 것으로 확인되어 *R. sphaeroides* KNU-04라 명명하였다. 그림 10은 KNU-04 균주의 계통 발생학적 모식도를 나타낸다.

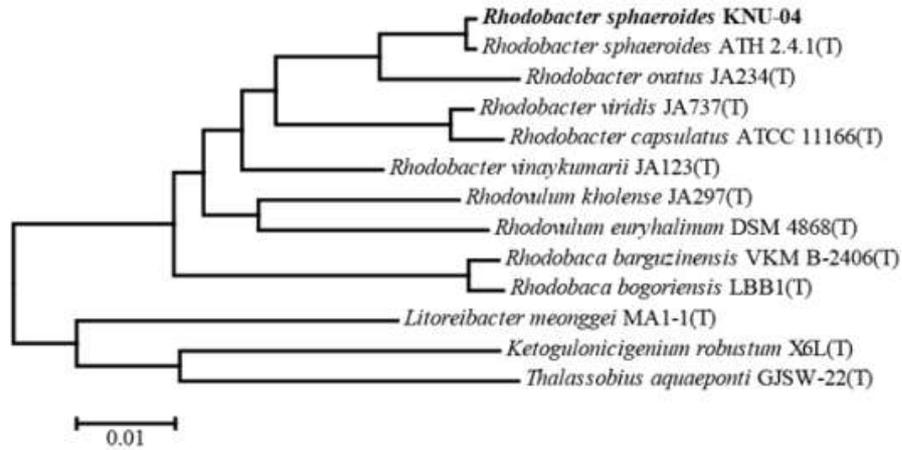


그림 10. *R. sphaeroides* KNU-04 균주의 계통발생학적 모식도

2) 상기 균주의 작물유용활성

- 분리한 *R. sphaeroides* KNU-04 균주의 작물 유용 활성을 확인하기 위해 앞에서 시행한 방법과 동일하게 실험을 진행하였고 12가지 작물 유용 활성 중 식물 성장호르몬인 IAA를 생합성 할 수 있으며 질소 순환 활성 중 질소 고정 활성이 있는 것을 확인하였다. KNU-04 균주가 가지고 있는 IAA 생산, 질소 고정 활성은 그림 11 및 12와 같다.

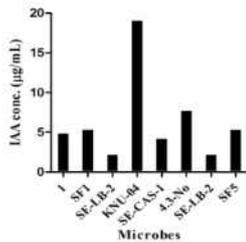


그림 11. KNU-04 균주의 IAA 생산 활성



그림 12. KNU-04 균주의 질소 고정 활성

3) 상기 균주가 가지고 있는 작물유용활성 관련 유전자

- 2가지 작물 유용활성이 있는 KNU-04 균주의 작물유용활성 관련 유전자를 탐색하기 위해 상기 균주의 genomic DNA를 추출하였다. 추출한 genomic DNA는 Ion torrent PGM sequencing machine을 이용하여 genomic DNA 전체를 분석하였다. Sequencing data는 assemble program 중 하나인 MIRA 4 genome assembler를 이용하여 일차적으로 처리 한 후 RAST server를 이용하여 IAA 생합성 및 생산, 질소 고정 활성 관련 유전자를 탐색하였고 해당 작물 유용 활성 관련 유전자는 표 3과 같다.

표 3. *R. sphaeroides* KNU-04 균주의 작물 유용 활성 유전자

작물 유용 활성	작물 유용 활성 관련 유전자
IAA 생합성 및 생산	Tryptophan synthase alpha chain (EC 4.2.1.20)
	Anthranilate phosphoribosyltransferase (EC 2.4.2.18)
	Tryptophan synthase beta chain (EC 4.2.1.20)
	Phosphoribosylanthranilate isomerase (EC 5.3.1.24)
질소 고정 활성	Nitrogenase (molybdenum-iron) alpha chain (EC 1.18.6.1)
	Nitrogenase (molybdenum-iron) beta chain (EC 1.18.6.1)
	Nitrogenase (molybdenum-iron)—specific transcriptional regulator NifA
	Nitrogenase FeMo-cofactor synthesis FeS core scaffold and assembly protein NifB
	Nitrogenase FeMo-cofactor scaffold and assembly protein NifE
	Nitrogenase (molybdenum-iron) reductase and maturation protein NifH
	Nitrogenase FeMo-cofactor scaffold and assembly protein NifN
	Nitrogenase FeMo-cofactor synthesis molybdenum delivery protein NifQ
	Nitrogenase stabilizing/protective protein NifW
	Nitrogenase FeMo-cofactor carrier protein NifX

② 친환경 농업 유용미생물의 발효를 위한 최적 배지 조건 탐색 및 database 화

㉠ 최적 배지 조건 탐색을 위한 다양한 배지 준비 및 장비 구축

1) Placket and Burman design

- 앞에서 작물 유용 활성이 확인된 친환경 농업미생물의 발효를 위해 최적 배지 조건 탐색에 placket and burman design을 사용 하였다. 탄소원과 질소원을 변경하여 여러 조건의 배지를 만들기 위해 표 4에 나열된 탄소원과 질소원을 이용하였다.

표 4. 최적 배지 조건 탐색에 사용된 탄소원 및 질소원

탄소원 (Carbon source)	질소원 (Nitrogen source)
Glucose	Peptone
Sucrose	Tryptone
Xylose	Amino acid
Fructose	Potassium nitrate
Lactose	Ammonium citrate

- 표 4에서 언급된 탄소원과 질소원을 이용하여 탄소원 변경이 된 배지, 질소원 변경이 된 배지를 제조하였고 배지 제조에 사용된 placket and burman design은 그림 13과 같다.

Placket and Burman design – Carbon source (%)						Placket and Burman design – Nitrogen source (%)					
	Glucose	Sucrose	Xylose	Fructose	Lactose		Peptone	Tryptone	Potassium nitrate	Ammonium citrate	Amino acid
A-1	0	1	0.5	1	0.5	A-1	0	1	0.5	1	0.5
A-2	0.015	1	0.5	1	0.5	A-2	0.015	1	0.5	1	0.5
A-3	0.03	1	0.5	1	0.5	A-3	0.03	1	0.5	1	0.5
B-1	0.02	0	0.5	1	0.5	B-1	0.02	0	0.5	1	0.5
B-2	0.02	0.5	0.5	1	0.5	B-2	0.02	0.5	0.5	1	0.5
B-3	0.02	2	0.5	1	0.5	B-3	0.02	2	0.5	1	0.5
C-1	0.02	1	0	1	0.5	C-1	0.02	1	0	1	0.5
C-2	0.02	1	0.25	1	0.5	C-2	0.02	1	0.25	1	0.5
C-3	0.02	1	1	1	0.5	C-3	0.02	1	1	1	0.5
D-1	0.02	1	0.5	0	0.5	D-1	0.02	1	0.5	0	0.5
D-2	0.02	1	0.5	0.5	0.5	D-2	0.02	1	0.5	0.5	0.5
D-3	0.02	1	0.5	2	0.5	D-3	0.02	1	0.5	2	0.5
E-1	0.02	1	0.5	1	0	E-1	0.02	1	0.5	1	0
E-2	0.02	1	0.5	1	1	E-2	0.02	1	0.5	1	1
E-3	0.02	1	0.5	1	2	E-3	0.02	1	0.5	1	2
Control	0.02	1	0.5	1	0.5	Control	0.02	1	0.5	1	0.5
*Commercial medium	0.02	1	0.5	1	0.5	*Commercial medium	0.02	1	0.5	1	0.5

* *Bacillus*: Nutrient broth, *Lactobacillus*: MRS broth, *Rhodobacter*: Van Niel's Yeast broth

그림 13. 다양한 탄소원 및 질소원을 이용한 placket and burman design

2) Bench-top fermenter를 이용한 small scale fermentation

- Placket and Burman design을 이용하여 다양한 조건의 배지를 이용하여 미생물 배양을 실시하였다. Small scale fermentation에 사용된 발효기는 경상북도 군위군 소재 경북대학교 친환경농업연구센터에 있는 2.5 L, 5 L, 30 L 규모의 fermenter를 사용하였다 (그림 14).



그림 14. 5 L scale fermenter(좌) 와 30 L scale fermenter(우)

㉔ 대량 배양을 위한 친환경 농업 미생물의 최적 배지 조건 database

1) *Bacillus megaterium* KNU-01

- 다양한 조성의 배지를 이용하여 친환경 농업 미생물로 확보한 *B. megaterium* KNU-01 균주를 배양하였다. 균주의 배양에 최적 온도는 일반적인 *Bacillus*의 배양 온도인 30도에서 배양을 진행하였고 2일 동안 4시간 단위로 sampling을 실시하여 균주 성장을 확인하였다. 대조군으로는 일반적인 *Bacillus*의 배양에 사용되는 nutrient broth를 사용하였다. 그 결과 *Bacillus*의 생장이 개량된 배지에서 더 잘 자라는 것을 확인할 수 있었으며 (그림 15) 개량된 배지의 조성은 표 5와 같다.

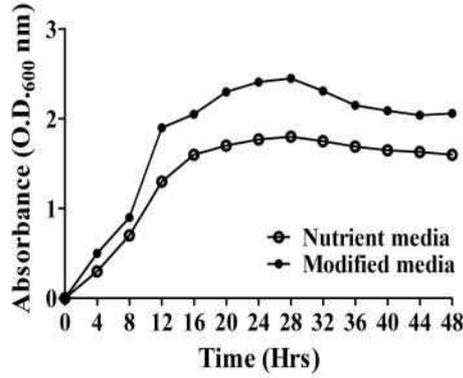


그림 15. 배지에 따른 *B. megaterium* KNU-01의 균주 성장 곡선

표 5. *B. megaterium* KNU-01의 최적 발효를 위한 최적 배지 조성

<i>Bacillus</i> 최적 배지 (pH 6.05)	
재료	성분비(% per 1 L)
Glucose(Dextrose)	0.8
Yeast extract	0.6
Magnesium sulfate 7H ₂ O	0.1
Dipotassium phosphate	0.1
Ammonium citrate (dibasic)	0.2
L-글루타민산나트륨	0.2

2) *Lactobacillus plantarum* KNU-03

- 다양한 조성의 배지를 이용하여 친환경 농업 미생물로 확보한 *L. plantarum* KNU-03 균주를 배양하였다. 균주의 배양에 최적 온도는 일반적인 *Lactobacillus*의 배양 온도인 30도에서 배양을 진행하였고 2일 동안 4시간 단위로 sampling을 실시하여 균주 성장을 확인하였다. 대조군으로는 *Lactobacillus*의 최적배지인 MRS broth를 사용하였다. *Lactobacillus*의 성장에서는 일반적으로 MRS broth보다 개량된 배지에서 더 잘 자라는 것을 확인하였고 (그림 16) 개량된 배지의 조성은 표 6과 같다.

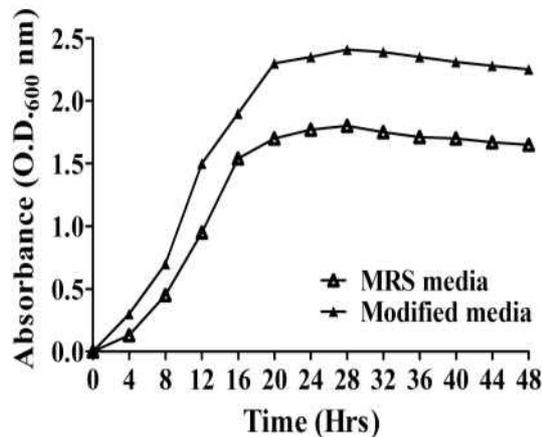


그림 16. 배지에 따른 *L. plantarum* KNU-03의 균주 성장 곡선

표 6. *L. plantarum* KNU-03의 최적 발효를 위한 최적 배지 조성

<i>Lactobacillus</i> 최적 배지 (pH 6.18)	
재료	성분비(% , per 1 L)
Glucose(Dextrose)	0.8
Yeast extract	0.6
Dipotassium phosphate	0.1
Sodium acetate	0.06
Magnesium sulfate 7H ₂ O	0.04
Ammonium citrate (dibasic)	0.2
L-글루타민산나트륨	0.2

3) *Rhodobacter sphaeroides* KNU-04

- 다양한 조성의 배지를 이용하여 친환경 농업 미생물로 확보한 *R. sphaeroides* KNU-04 균주를 배양하였다. 균주의 배양에 최적 온도는 일반적인 *Rhodobacter*의 배양 온도인 30도에서 배양을 진행하였고 앞의 두 균주와 동일하게 sampling을 실시하여 균주 성장을 확인하였다. 대조군으로는 *Rhodobacter*의 최적배지로 알려진 사용되는 Van Niel's Yeast broth를 사용하였다. 그 결과 개량된 배지에서 더 잘 자라는 것을 확인할 수 있었으며 (그림 17) 개량된 배지의 조성은 표 7과 같다.

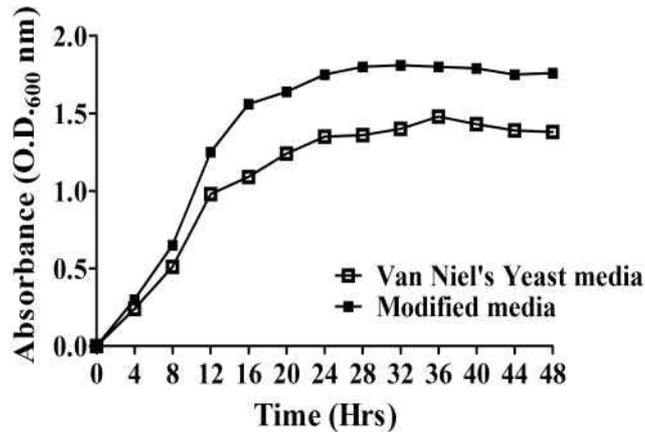


그림 17. 배지에 따른 *R. sphaeroides* KNU-04의 균주 성장 곡선

표 7. *R. sphaeroides* KNU-04의 최적 발효를 위한 최적 배지 조성

<i>Rhodobacter</i> 최적 배지 (pH 6.63)	
재료	성분비(% , per 1 L)
Sodium acetate	0.4
Yeast extract	0.2
Sodium chloride	0.1
Magnesium Sulfate 7H ₂ O	0.1
Ammonium sulfate	0.2
L-글루타민산나트륨	0.4

다. 친환경 미생물의 신속 정확한 동정법과 작물 유용 활성 측정법의 개선 및 농업 현장에의 적용

① 친환경 미생물의 신속 정확한 동정법 확립 및 작물 유용 활성 측정법의 개선

㉞ 친환경 미생물의 신속 정확한 동정을 위한 DNA polymerase 개선

1) DNA polymerase의 recombination

- 미생물 동정을 비롯한 분자생물학 실험에서 사용되는 DNA polymerase로는 KOD polymerase, Taq polymerase, PFU polymerase가 있는 것으로 확인 됨. 이 중 Taq polymerase의 경우 proof reading 기능이 없는 것으로 확인 되며 PFU polymerase의 경우 증폭 속도가 다른 두 polymerase에 비해 느린 것을 확인 됨. KOD polymerase는 processivity가 다른 polymerase에 비해 높으며 proof reading 기능을 가지고 있어 신속 정확한 동정에 적합한 것으로 조사 되어 본 연구에서 개선할 polymerase로 설정 함
- 먼저 KOD polymerase C-terminal의 종결 코돈 TAA에 Sso7d 유전자를 PCR을 통해 삽입을 실시 하고 이를 sKOD polymerase라 명명 함. Construction은 gateway system에서 사용되는 pDONR201 vector를 사용하여 PCR product를 삽입하여 sequencing을 실시 함. Sequencing 결과 종결코돈 앞으로 Sso7d 유전자가 정상적으로 삽입 된 것을 확인 함 (그림 1).

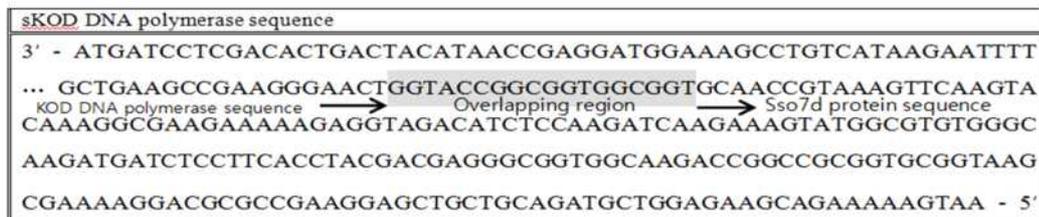


그림 1. KOD polymerase coding sequence 내 Sso7d 유전자의 fusion

- pDONR201 vector에 삽입한 유전자를 발현하기 위해 LR reaction으로 pDEST-HisMBP expresison vector에 삽입 함. 최종 construct는 *E. coli* BLR(DE3)pLysS에 transformation 한 후 pET system을 기반으로 발현하고 Ni-NTA affinity chromatography를 통해 정제 함. SDS-PAGE를 활용하여 발현된 단백질의 크기를 확인 한 결과 발현된 sKOD polymerase는 약 140 kDa인 것으로 조사 되었으며 0.2 M 및 0.3 M imidazole 농도에서 많이 elution 되는 것으로 확인 됨 (그림 2).

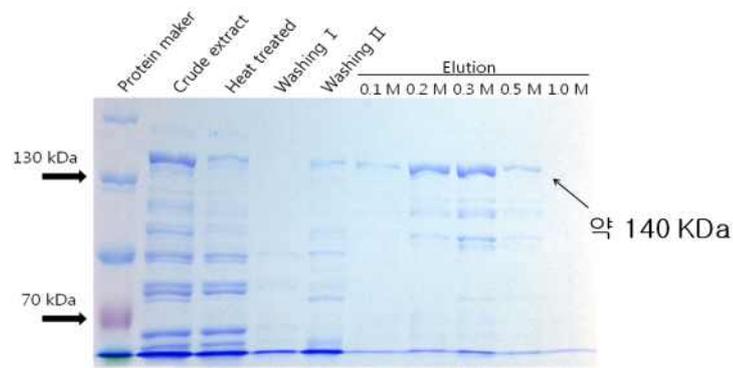


그림 2. 발현된 sKOD polymerase의 SDS-PAGE

2) 시판되는 DNA polymerase와의 비교

- 정제된 sKOD polymerase와 시판되고 있는 KOD polymerase의 안정성 및 annealing temperature 변화에서의 PCR pattern을 확인하기 위하여 PCR을 실시 함. PCR에서는 processivity 및 안정성 확인과 현장에서 DNA 추출이 힘들다는 점을 감안하여 기존 미생물 동정에 사용되는 16S rRNA gene보다는 7 kb DNA가 삽입된 vector가 포함된 colony를 이용하여 colony PCR을 실시 함. PCR 결과 두 polymerase 모두 다양한 annealing temperature에서 PCR이 되는 것을 확인 하였으나 시판 KOD polymerase의 경우 낮은 annealing temperature에서 non specific band를 확인하여 안정성이 떨어지는 것으로 확인됨. 또한 미생물 동정에 시행되는 PCR의 annealing temperature 구간에서는 본 연구에서 정제된 sKOD polymerase의 PCR band에 non specific band가 없는 것으로 확인되어 더 안정적인 것을 확인 함 (그림 3).

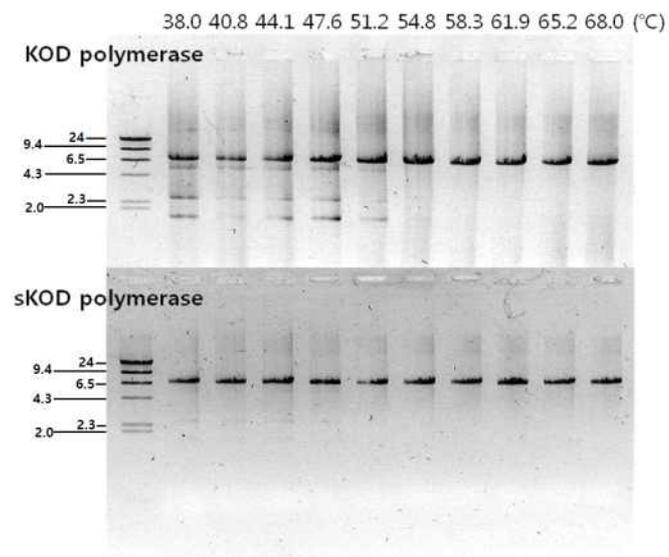


그림 3. 시판 KOD polymerase와 본 연구의 sKOD polymerase의 PCR 결과

㉔ 활성 지표별 작물 유용 활성 측정 기술의 개량

1) 개량된 작물 유용 활성 측정 기술의 개요

- 현재 작물 유용 활성을 측정하기 위해서는 특정 작물 유용 활성마다 각각의 시약을 넣어 줘야 하므로 번거로우며 때로는 넣어주는 물질이 위험한 것으로 조사 됨. 하지만 본 연구에서는 공통되거나 위험한 물질을 대체할 물질을 넣어줘 좀 더 간편하고 한 번의 시약 제조로 여러 개의 활성을 볼 수 있도록 작물 유용 활성 측정법을 개량함 (그림 4).

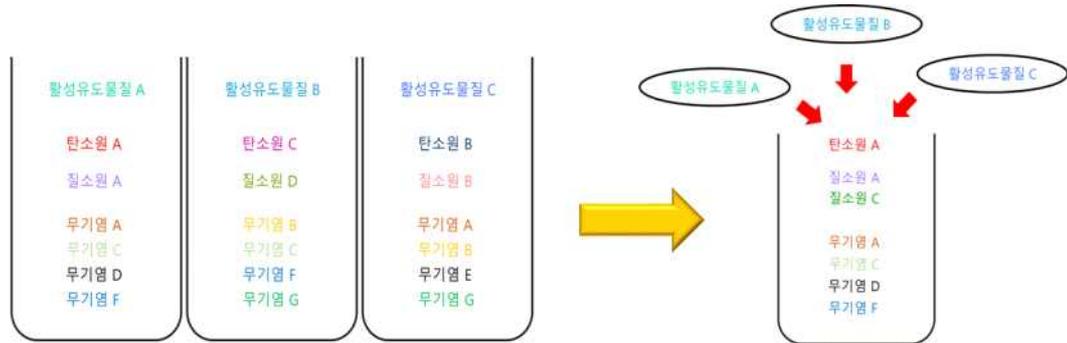


그림 4. 작물 유용 활성 측정 기술 개량의 모식도

2) 개량된 작물 유용 활성 측정법을 기반으로 한 작물 유용 활성 측정

- 개량된 작물 유용 활성 측정에는 식물 성장 촉진 호르몬인 auxin, 탈질 활성, 영양분 공급의 urease 및 phosphatase 활성을 대상으로 개량된 작물 유용 활성 측정법을 제조 함. 개량된 작물 유용 활성 측정에 사용된 균주로는 농업 유용 미생물로 활용 가능한 *Bacillus* 균주들을 농업유전자원센터 KACC에서 분양 받았으며 연구실에서 보유하고 있는 *Bacillus* sp. LB2 균주를 활용하여 개량된 작물 유용 활성 측정법의 활용 가능성을 확인 함. 그 결과 상기 언급한 활성을 모두 가지고 있는 것으로 조사 되었으며 KACC 분양 균주의 경우 활성의 차이가 있는 것을 확인 함 (그림 5).

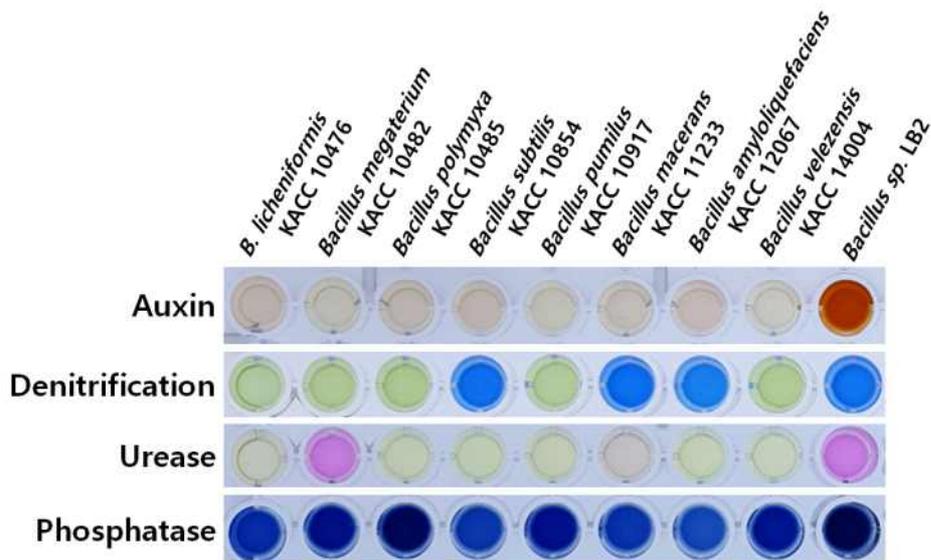


그림 5. Bacillus 분양 균주 및 분리 균주를 대상으로 한 개량된 작물 유용 활성 측정법의 검증

㉔ 친환경 미생물 제제 및 시판 미생물 제제의 활성 비교

1) 친환경 미생물 및 시판 미생물 제제의 미생물 밀도 비교

- 개량된 작물 유용 활성 측정에 앞서 본 연구실에서 보유하고 있는 친환경 미생물 단일 균주의 미생물 밀도와 시판 미생물 복합 제제의 미생물 밀도를 확인 함. 미생물 밀도는 평판 도말법 실시 후 colony counting을 통해 얻음. 결과 시판 미생물 제제의 미생물 밀도는 친환경 미생물 단일 균주의 미생물 밀도에 비해 현저히 낮은 것으로 조사 됨 (표 1).

표 1. 친환경 미생물 및 시판 미생물 제제의 미생물 밀도 비교

	Microbes	cfu/mL
단일	<i>B. megaterium</i> KNU-01	1.87×10^9
	<i>L. plantarum</i> KNU-03	1.18×10^9
	<i>R. sphaeroides</i> KNU-04	1.1×10^9
	<i>S. cerevisiae</i> KNU-06	2.5×10^7
복합	<i>Lactobacillus</i>	2.48×10^3
	<i>Bacillus</i>	1.99×10^3
	<i>Saccharomyces</i>	1.50×10^4
	<i>Rhodopseudomonas</i>	2.18×10^3

2) 개량된 작물 유용 활성 측정 기술을 기반으로 한 작물 유용 활성의 비교

- 개량된 작물 유용 활성 측정 기술을 기반으로 하여 본 연구실에서 보유하고 있는 단일 미생물 균주 *B. megaterium* KNU-01, *L. plantarum* KNU-03, *S. cerevisiae* KNU-06, 및 시판되고 있는 미생물 복합제제의 작물 유용 활성 측정을 실시 함. 먼저 식물 성장 촉진 호르몬인 auxin의 경우 미생물 복합제제의 auxin 농도는 다른 단일 균주에 비해 auxin 농도에 비해 낮은 것으로 조사 됨 (그림 6).

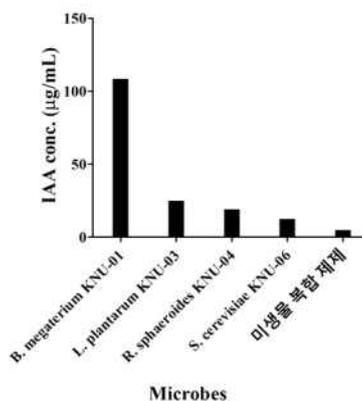


그림 6. 농업 유용 단일 미생물 균주와 복합 제제의 auxin 농도

- 탈질 활성의 경우 단일 미생물로 *Bacillus* sp. LB2 균주와 미생물 복합 제제를 활용 하여 denitrification 활성을 측정 한 결과 미생물 복합 제제에서는 denitrification 활성을 확인할 수 없음 (그림 7).

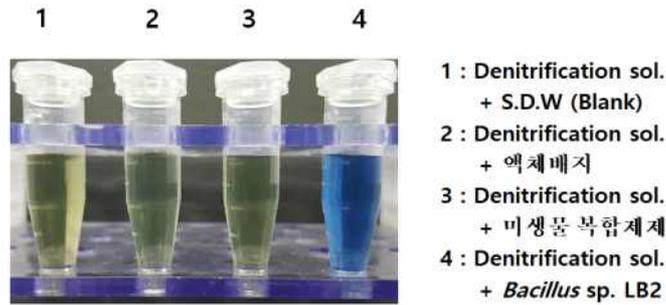


그림 7. 농업 유용 단일 미생물 균주와 복합 제제의 denitrification 활성

- 영양분 공급 활성 중 urease의 경우 단일 미생물로는 *B. megaterium* KNU-01 균주와 미생물 복합 제제를 활용하여 활성을 측정 한 결과 미생물 복합 제제에서는 urease 활성이 없는 것으로 조사 됨 (그림 8).

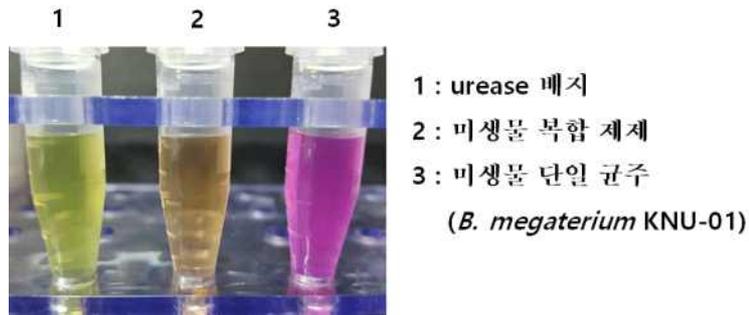


그림 8. 농업 유용 단일 미생물 균주와 복합 제제의 urease 활성

- 또한 영양분 공급 활성 중 phosphatase 활성 역시 본 연구에서 개발된 개량 활성 측정법으로 측정 되었으며 *L. plantarum* KNU-03 균주, *S. cerevisiae* KNU-06 균주, 및 미생물 혼합 제제를 대상으로 하였으며 측정 결과 미생물 혼합 제제에서는 phosphatase 활성이 없는 것으로 조사 됨 (그림 9).

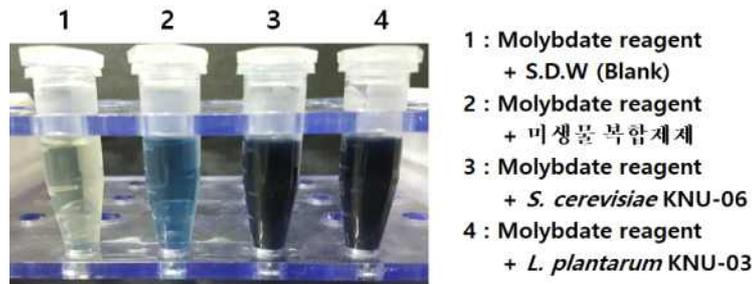


그림 9. 농업 유용 단일 미생물 균주와 복합 제제의 phosphatase 활성

② 친환경 기능성 미생물 제제의 최적 배양 및 농업 현장에 보급

㉠ 친환경 기능성 미생물의 배양

1) 최적 배양 조건을 활용한 친환경 기능성 미생물의 배양

- 전년도 연구에서 Plackett-Burman design을 적용하여 확보된 최적 배양 배지 조건을 활용하여 친환경 기능성 미생물인 *B. metagerium* KNU-01, *L. plantarum*

KNU-03, *R. sphaeroides* KNU-04의 배양을 실시하고 추가적으로 친환경 기능성 미생물 *S. griseus* KNU-05 균주와 *S. cerevisiae* KNU-06 균주를 추가적으로 배양함. 친환경 기능성 미생물 배양을 위한 최적 배양 배지의 조성은 표 2와 같음.

표 2. 친환경 기능성 미생물 KNU 시리즈 배양에 사용된 최적 배양 배지 조성

<i>Bacillus</i> 최적 배지 (pH 6.05)	
재료	성분비(% per 1 L)
Glucose(Dextrose)	0.8
Yeast extract	0.6
Magnesium sulfate 7H ₂ O	0.1
Dipotassium phosphate	0.1
Ammonium citrate (dibasic)	0.2
L-글루타민산나트륨	0.2
<i>Lactobacillus</i> 최적 배지 (pH 6.18)	
재료	성분비(% per 1 L)
Glucose(Dextrose)	0.8
Yeast extract	0.6
Dipotassium phosphate	0.1
Sodium acetate	0.06
Magnesium sulfate 7H ₂ O	0.04
Ammonium citrate (dibasic)	0.2
L-글루타민산나트륨	0.2
<i>Rhodobacter</i> 최적 배지 (pH 6.63)	
재료	성분비(% per 1 L)
Sodium acetate	0.4
Yeast extract	0.2
Sodium chloride	0.1
Magnesium Sulfate 7H ₂ O	0.1
Ammonium sulfate	0.2
L-글루타민산나트륨	0.4

표. (계속)

<i>Streptomyces</i> 최적 배지 (pH 6.47)	
재료	성분비(% per 1 L)
Glucose(Dextrose)	0.6
Yeast extract	0.6
Dipotassium phosphate	0.2
Sodium acetate	0.1
Magnesium sulfate 7H ₂ O	0.1
Ammonium citrate (dibasic)	0.2
L-글루타민산나트륨	0.2
<i>Saccharomyces</i> 최적 배지 (pH 6.00)	
재료	성분비(% per 1 L)
Glucose(Dextrose)	0.5
Yeast extract	0.6
Dipotassium phosphate	0.2
Magnesium sulfate 7H ₂ O	0.1
Ammonium citrate (dibasic)	0.4
L-글루타민산나트륨	0.2

- 모든 친환경 미생물은 각 1 L씩 배양을 실시하였으며 배양 결과 모든 친환경 미생물

이 1.0×10^9 cfu/mL 농도 이상의 높은 밀도로 배양된 것을 확인하였다 (그림 10).



그림 10. 친환경 기능성 미생물 KNU시리즈의 배양액

㉔ 최적 배양 배지 조건을 적용하여 배양된 친환경 기능성 미생물의 농업 현장 적용

1) 고추 시험장 field test를 위한 experimental design

- 친환경 기능성 미생물을 이용한 고추 시험장 filed test는 경상북도 농업기술원에서 관리하는 경상북도 영양 소재의 고추 시험장을 활용함. 총 7개의 이랑 중 2개의 이랑에 물과 배지를 처리하여 대조구으로 설정하고 나머지 5개의 이랑에 친환경 기능성 미생물 KNU시리즈를 처리함. 그림 11와 같이 각 이랑간의 거리는 30 cm 이상 간격을 유지하였으며 총 고추 재배 기간 중 1주에 1번 1,000배 희석한 친환경 기능성 미생물 배양액을 고추 재배지에 네 차례 관주함.

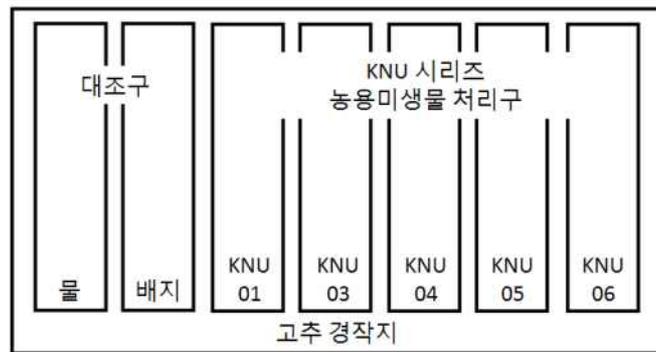


그림 11. 고추 시험장에서의 field test 모식도

2) 친환경 기능성 미생물 처리에 의한 고추 생육 변화

- 최적 배양 조건으로 배양한 친환경 기능성 미생물 처리에 의한 고추 생육 변화는 고추 생육의 초기와 후기로 나눠 변화를 확인함. 고추 생육의 초기와 후기에 각각 초장 길이와 분지수를 측정 하였으며 추가적으로 후기에 엽록소 (chlorophyll)와 뿌리 길이를 측정함.

- 고추 생육 초기 및 후기에서 초장 길이를 관찰한 결과 초기의 경우 대조군과 처리군 간의 차이를 볼 수 없었으나 후기에서 뚜렷한 차이를 확인함. 특히 *L. plantarum* KNU-03을 처리한 고추의 초장 길이가 가장 크게 자란 것을 확인함 (그림 12).

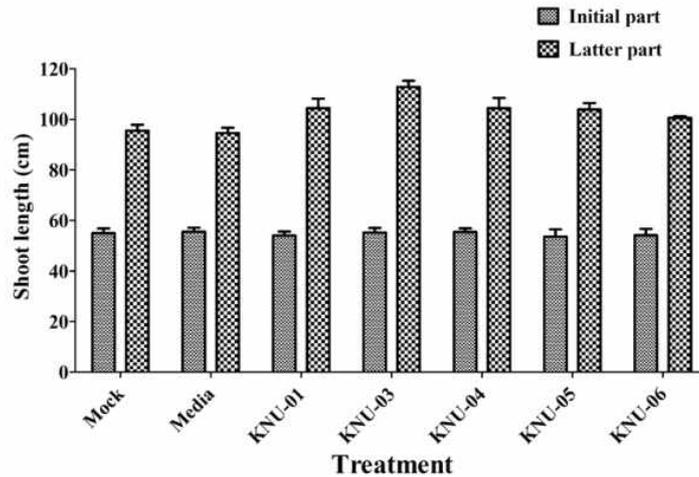


그림 12. 친환경 기능성 미생물 처리에 의한 고추 초장 길이의 변화

- 동일한 시기에 고추 분지수를 관찰한 결과 초기의 경우 대조군과 처리군 간의 차이를 볼 수 없었으나 후기에서 뚜렷한 차이를 확인함. 특히 *L. plantarum* KNU-03과 *S. griseus* KNU-05을 처리한 고추가 더 많은 분지수를 나타냄 (그림 13).

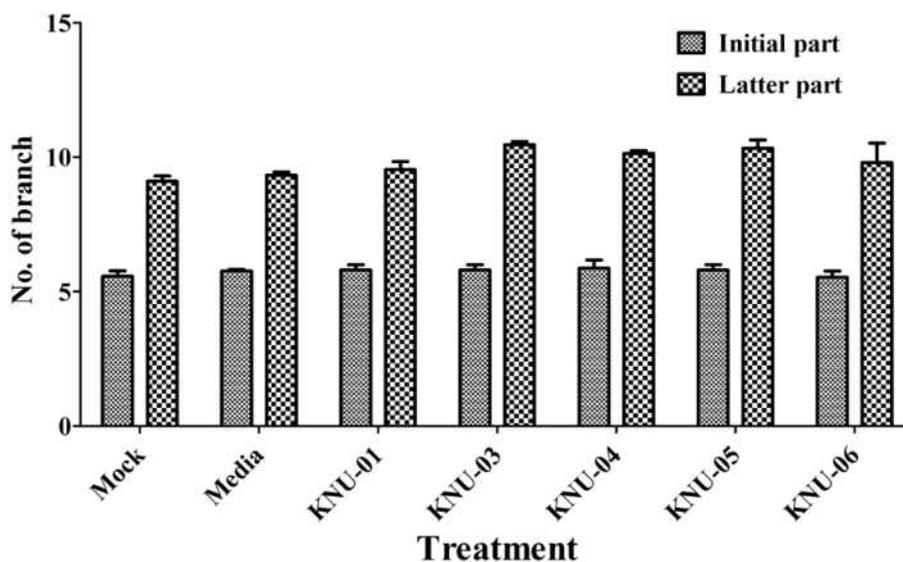


그림 13. 친환경 기능성 미생물 처리에 의한 고추 분지수의 변화

- 고추 생육 후기에 각 처리군의 고추를 대상으로 엽록소 함량을 측정 함. 엽록소 함량의 측정에는 chlorophyll SPAD meter를 사용함. 측정 결과 대조군에 비해 친환경

미생물 KNU 시리즈를 처리한 구간에서 더 높은 엽록소 함량을 확인할 수 있었고 특히 *B. megaterum* KNU-01과 *S. cerevisiae* KNU-06을 처리한 고추에서 더 많은 엽록소 함량을 나타냄 (그림 14).

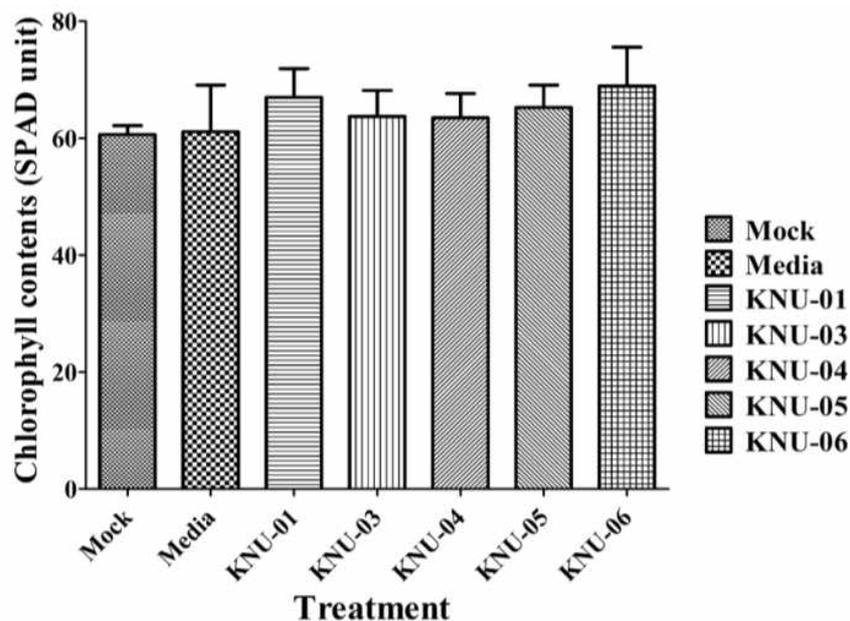


그림 14. 친환경 기능성 미생물 처리에 의한 고추 내 엽록소 함량 변화

- 고추 생육 후기에 각 처리군의 고추를 대상으로 뿌리 길이를 측정함. 측정 결과 대조군에 비해 친환경 미생물 KNU 시리즈를 처리한 구간의 고추 뿌리 길이가 더 긴 것으로 확인되었으며 특히 *S. cerevisiae* KNU-06을 처리한 고추의 뿌리 길이가 가장 긴 것으로 확인됨 (그림 15).

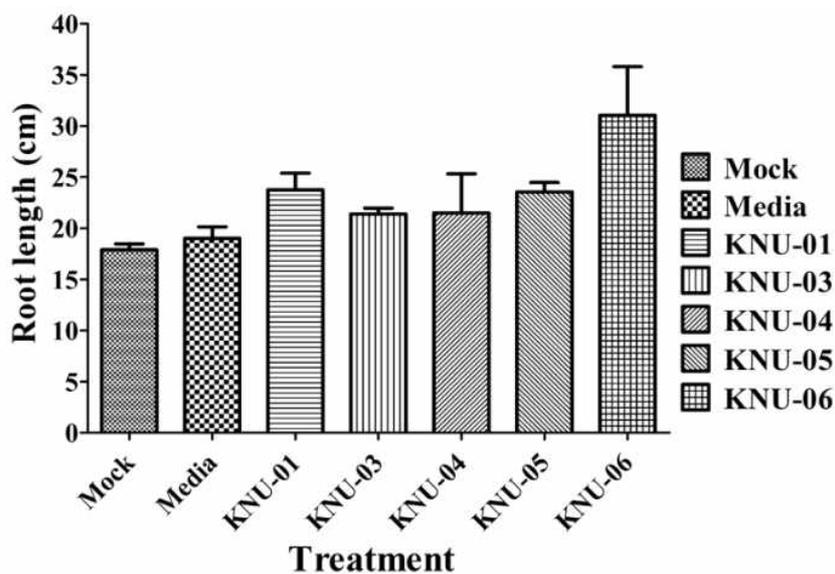


그림 15. 친환경 기능성 미생물 처리에 의한 고추 뿌리 길이의 변화

- 결과를 종합하였을 때 친환경 기능성 미생물 *B. megaterium* KNU-01, *L. plantarum* KNU-03, *R. sphaeroides* KNU-04, *S. griseus* KNU-05, 및 *S. cerevisiae* KNU-06을 처리하였을 때 대조군에 비해 초장 길이, 분지수, 엽록소 함량 및 뿌리 길이에서 더 나은 생육을 보인 것으로 확인됨. 특히 초장 길이 및 분지수 증대에는 KNU-03 균주를 처리하였을 때, 엽록소 함량과 뿌리 길이 증대에서는 KNU-01 균주와 KNU-06 균주를 처리하였을 때 더 좋은 결과를 보임.

3. 친환경 미생물 최적 발효조건 확립 및 활성 검증 시스템 개발

가. 돼지분뇨 발효 액비화를 위한 기능성 미생물 균주 선별

- 기능성 미생물 발효균주 선별을 위하여 예천군 친환경농업센터가 보유중인 기능성 미생물 9종을 사용함.

[시험 대상미생물의 종류]

균주명	특성
<i>Bacillus subtilis</i>	고초균, 토양의 유기물을 분해, 다량의 무기태 질소원을 이용하여 염류장해 방지 효과. 본 시험에서는 유기태 질소를 분해하여 냄새를 억제 할 수 있을 것으로 기대, 6종 혼합미생물로 사용
<i>Aspergillus oryzae</i>	누룩균, 섬유소를 분해하는 효과, 6종 혼합미생물로 사용
<i>Lactobacillus casai</i>	유산균, 다당류를 분해하여 다양한 유기산 생산으로 인한 pH저하에 따른 유해미생물의 증식 억제 효과가 있을 것으로 기대, 염류장해 개선, 착과 및 발근촉진, 퇴비부숙 효과, 3종 및 6종 혼합미생물로 사용
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	효모, 다당류를 분해하여 알콜 발효를 통한 알콜 생산, 유산균과 함께 배양이 가능, 유기물 분해, 토양 비옥도 증진효과, 3종 및 6종 혼합미생물로 사용
<i>Streptomyces griseus</i>	방선균, 병원미생물을 억제하는 효과, 토양의 식물병 예방에 효과가 있을 것으로 기대, 6종 혼합미생물로 사용
<i>Rhodobactor capsulata</i>	광합성균, 저급태 유기산을 고정하여 냄새를 억제하는 효과, 광합성을 통한 토양 중에 유기물 증가에 효과가 있을 것으로 기대, 항균력, 악취제거, 냉해예방, 식물생육촉진, 3종 및 6종 혼합미생물로 사용
<i>Bacillus amyloliquefaciens (BA)</i>	고초균의 일종, 근권 미생물로 통양병해 억제 효과, 식물뿌리에 자극을 주어 뿌리를 튼튼하게 함.
<i>Bacillus vallismortis (BV)</i>	고초균의 일종, 근권 미생물로 통양병해 억제 효과, 식물뿌리에 자극을 주어 뿌리를 튼튼하게 함.

Bacillus megaterium (BM)

토양 속의 불용성 인산질 비료성분을 가용화시킴, 가축분뇨 사용시 유효태 인산성분을 수용성 인산으로 바꾸어 주는 효과가 기대

- 각각의 시험 미생물(1×10^9 CFU/ml)의 다양한 조합으로 2배 희석한 돼지 분뇨액의 1/5배, 1/10배, 1/20배, 1/20배(설탕 0.5%)에 해당되는 미생물 배양액을 접종한 후 33°C에서 5일 간 발효 후(그림 1) 악취도 평가를 확인한 결과(표 2), 3종 혼합 미생물 배양액을 활용한 돼지 분뇨액비의 경우, 냄새 경감 효과가 가장 좋은 것으로 확인되어 3종 혼합 미생물(*Lactobacillus casai*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodobactor capsulata*)을 발효 균주로 선별함.

[33°C에서 5일간 미생물 발효시 악취도 평가]

미생물 희석배수	6종 혼합	3종 혼합	광합성균	BM	BA	BV
5배	2	1	3	2	1	2
10배	3	1	2	4	3	4
20배	3	1	1	2	4	4
20배+설탕 0.5%	3	3	5	3	4	4

* 냄새정도는 심한 악취를 5이라 하였을 때 냄새가 극히 미미한 수준을 1이라 설정하여 냄새를 맡아 조사자의 주관적인 관능평가를 실시함.



[발효 균주 선별을 위한 돼지 분뇨 발효 예비실험]

- 선별된 기능성 미생물 3종(*Lactobacillus casai*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodobactor capsulata*)의 단일배양에 따른 생육특성 확립을 위하여 그림 2에 나타낸 것처럼 MRS (37°C, 180rpm), GPY (25°C, 200 rpm) 및 VNY (35°C, 100 rpm) 최적배지를 사용한 생육조건을 확인함(그림 2).

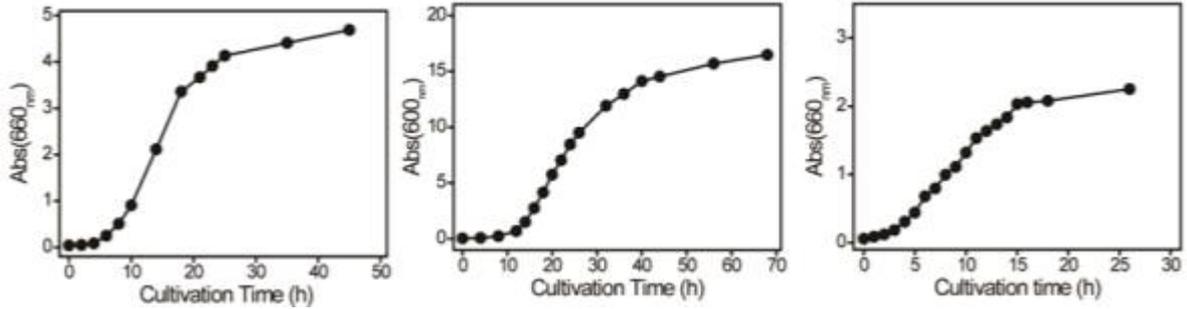
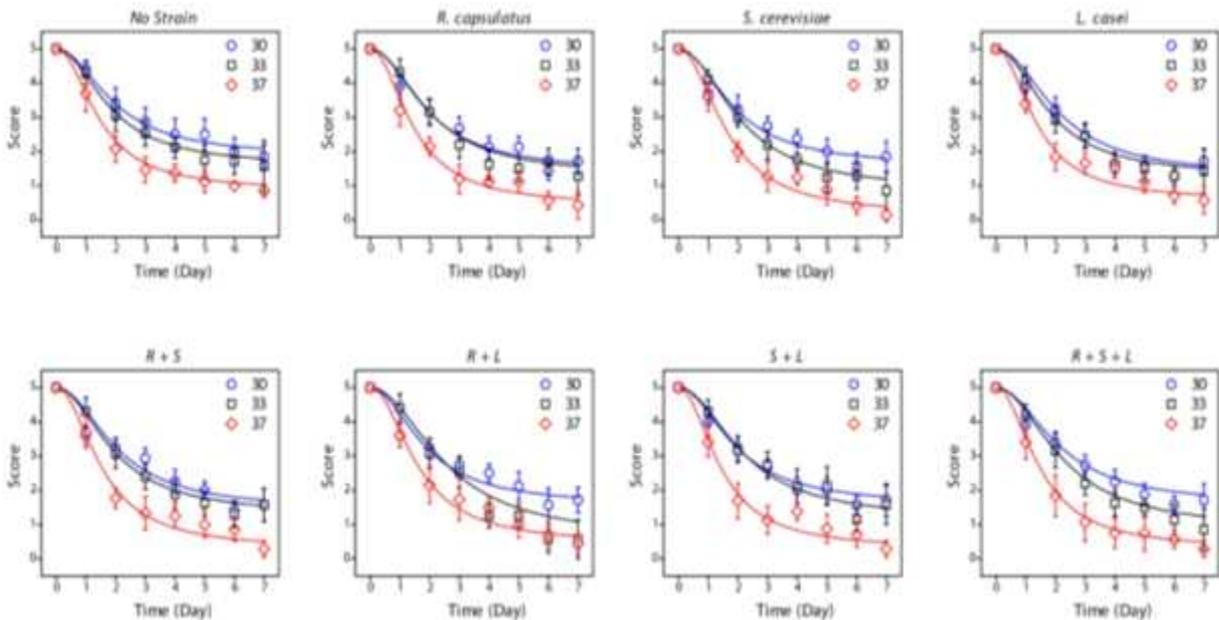


그림 2. 발효 균주들의 최적배지를 사용한 단일배양 생육 곡선

○ 돼지분뇨의 발효 액비화를 위한 기능성 미생물 혼합배양 최적화

- 돼지분뇨 발효액비 효능(악취성분제거 및 비료화 성분)을 위한 플라스크 수준에서의 기능성 미생물별 배양 및 발효특성을 조사하기 위하여 희석한 돼지분뇨 15 ml을 50 ml tube에 넣은 후, 유산균(*Lactobacillus casei*, 1×10^9 CFU/ml), 효모(*Saccharomyces cerevisiae*, 1×10^9 CFU/ml), 광합성균(*Rhodobacter capsulatus*, 1×10^9 CFU/ml)의 단독배양 및 혼합배양 (*Lactobacillus casei* + *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus casei* + *Rhodobacter capsulatus*, *Saccharomyces cerevisiae* + *Rhodobacter capsulatus*, *Lactobacillus casei* + *Saccharomyces cerevisiae* + *Rhodobacter capsulatus*)을 수행함.

- 각각의 배양 샘플을 30°C, 33°C, 37°C에서 배양을 하며 돼지분뇨의 악취제거 확인을 위한 기간별 관능평가(악취정도는 심한 악취를 5, 냄새가 극히 미미한 수준을 0으로 설정하여 조사자들의 주관적인 관능평가를 실시)를 수행한 후 그 결과를 그림 3에 나타냄.



[유용 미생물을 활용한 온도에 따른 돼지분뇨 발효 조건 최적화]

- 위 그림에서 나타낸 것처럼, 33~37°C에서 선별 균주의 혼합 배양에 따른 돼지분뇨 악취의 감소 반감기가 가장 빠른 것으로 확인됨.

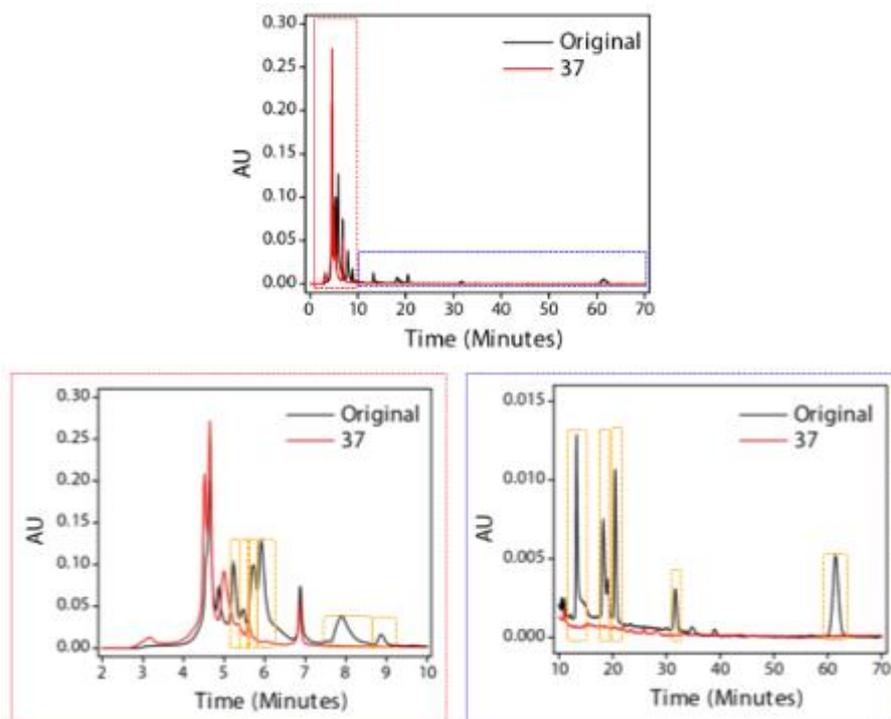
○ 돼지 분뇨 냄새 유발 물질의 화학적 성분 분석

-고성능 분석장비(HPLC, GC-MS)를 활용한 돼지분뇨 원액과 발효액비의 비교를 통하여 돼지 분뇨 악취 유발물질의 정성 및 정량화를 수행 중임.

-먼저 고성능 액체크로마토그래피(HPLC)분석을 위하여 20배 희석한 돼지분뇨 원액을 사용하여 측정 파장의 선택을 위한 분석을 수행한 결과, 230 nm보다 210 nm에서의 파장에서의 분석 결과가 높은 민감도를 나타내는 것으로 확인됨.

-20배 희석한 돼지분뇨 원액과 돼지분뇨 발효액비의 고성능 액체크로마토그래피(HPLC)분석 결과를 통하여 돼지원액 대비 돼지분뇨 발효액비에서 감소한 peaks를 돼지분뇨 악취 유발 물질로 예상하여 정성 및 정량화를 수행 예정임(그림 4).

(Column: SunFire C18 (pore size-5 μ m), Mobile phase: 20% acetonitrile, Flow rate: 0.5 ml/min, Detection: 210 nm)

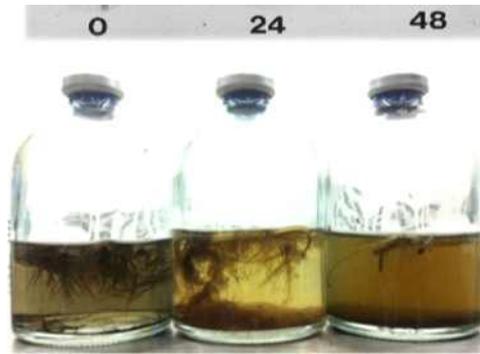


[돼지 분뇨 냄새 유발 물질 탐색을 위한 분획화 조건 설정]

나. 친환경 기능성 미생물의 최적 발효 조건 확립

- 친환경 기능성 미생물 중 폐자원(폐담털) 분해능을 지닌 고온 혐기성 미생물의 최적 배양 조건 확립

- 난분해성 폐담털 분해능을 가진 *Fervidobacterium islandicum* AW-1 균주의 폐담털 분해능 최적화를 위한 배양조건을 확립하기 위하여 생육 배지 최적화를 수행하여 표 1에서 나타낸 것처럼 최종 첨가 성분 및 첨가량을 확립함.

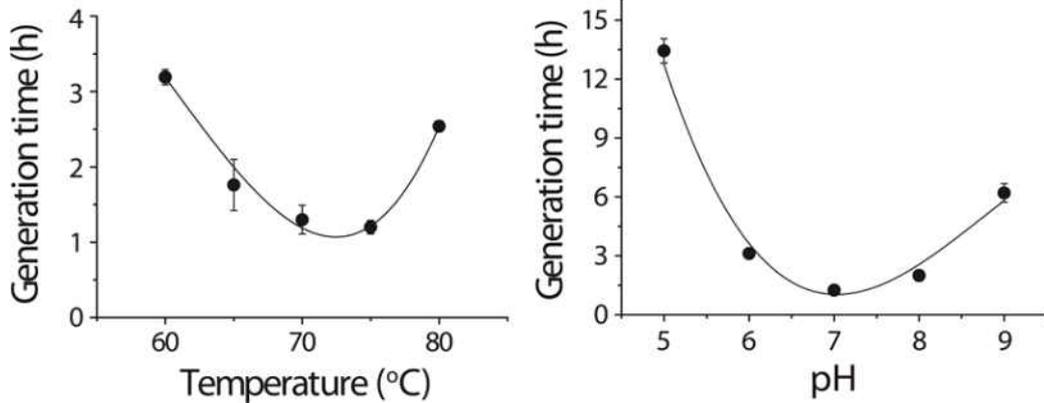


[케라틴(native feather) 분해균주 *Fervidobacterium islandicum* AW-1의 시간별 배양에 따른 폐담털 분해능 확인 결과]

표 1. 케라틴 분해 미생물 배지 (modified TF medium) 조성표

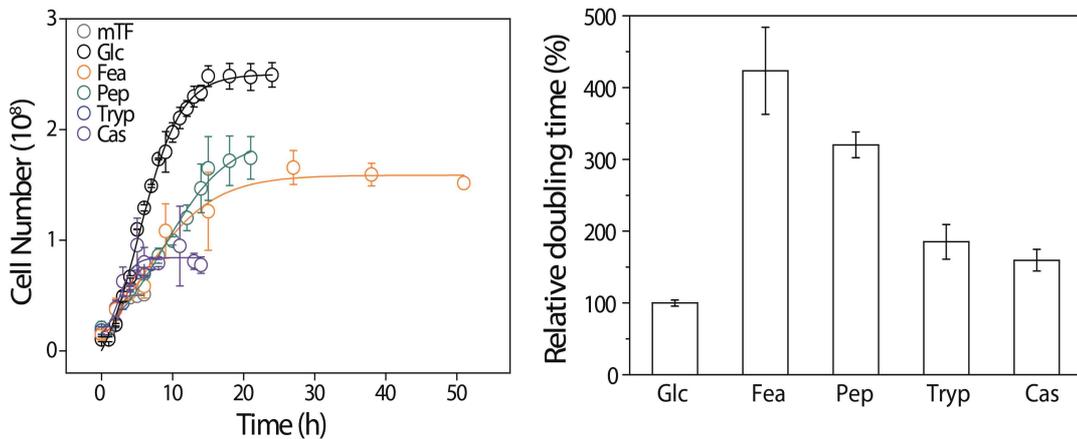
Component	Conc. (g/l)	Component	Conc. (g/l)
K ₂ HPO ₄	1.6		
NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O	1		
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.16		
chicken feather	8		
yeast extract	1		
NH ₄ Cl	0.1		
Vitamin solution	10 ml	Trace element solution	10 ml
biotin	0.002	nitrilotriacetic acid	2
folic acid	0.002	MgSO ₄ · 7H ₂ O	3
pyridoxine · HCl	0.01	MnSO ₄ · 2H ₂ O	0.5
thiamine · HCl	0.005	NaCl	1
riboflavine	0.005	FeSO ₄ · 7H ₂ O	0.1
nicotinic acid	0.005	CoSO ₄ · 7H ₂ O	0.18
calcium panthothenate	0.005	CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.1
B ₁₂	0.00001	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.18
p-aminobenzoic acid	0.005	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.01
thioctic acid	0.001	KAl(SO ₄) ₂ · 12H ₂ O	0.1
		H ₃ BO ₃	0.01
		Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.01
# adjusted to pH 7.0 with KOH		NiCl ₂ · 6H ₂ O	0.025
resazurin	1 mg/l	Na ₂ SeO ₃ · 5H ₂ O	0.0003

- AW-1균주의 분해능(분해효소군 생산)이 최대치를 나타내는 배양조건(최적온도, 최적 pH)을 확인한 결과 70℃에서 최적배양온도를, pH 7.0에서 최적배양 pH를 확인함.



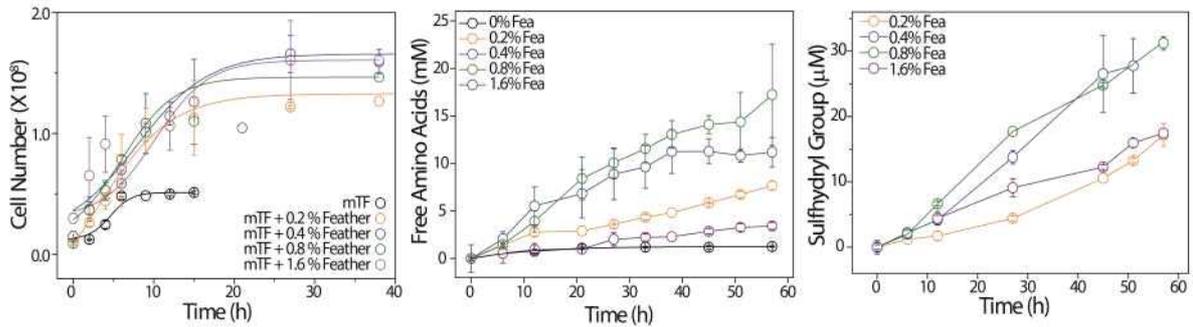
[AW-1 균주 배양 최적 온도(좌) 및 pH(우)]

- 탄소원(5 g/liter glucose), 질소원(8 g/liter native feather, 5 g/liter tryptone, 5 g/liter peptone, 5 g/liter casein)에 따른 혐기배양 최적화 및 케라틴 분해능 최적화를 위한 배양조건 확립을 위하여 배양액을 이용한 live cell counting 및 흡광도 측정을 통하여 생육곡선을 확인한 결과 glucose를 첨가한 배지에서 가장 빠르게 자라며, feather를 첨가한 배지에서 가장 느린 생육을 보임.



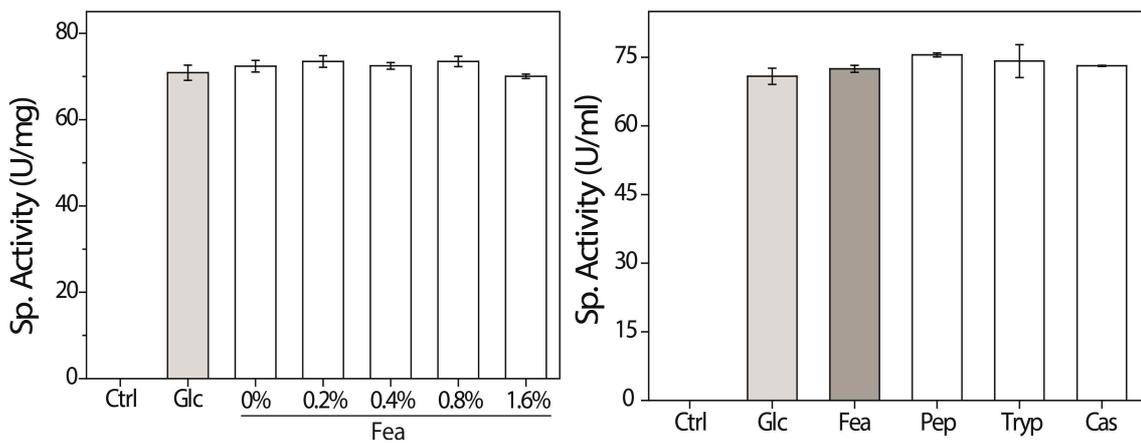
[영양원별 AW-1 균주의 생육 곡선(좌) 및 doubling time(우)]

- 또한 AW-1균주의 분해능(분해효소군 생산)이 최대치를 나타내기 위한 제한배지를 설계하고자 닭털첨가농도별 분해능 및 아미노산(free amino acids) 생산량을 분석한 결과, 0.8% (w/v)의 닭털을 첨가시 AW-1균주의 분해능 및 아미노산 생산량이 최대치를 보였으며, 1.6% 닭털 첨가시에는 오히려 균체의 생육 및 아미노산 생산량이 저해되는 것으로 확인됨.



[닭털 첨가량에 따른 AW-1 균주 생육곡선(좌), free amino acids 생산량(중) 및 sulfhydryl group 변화량(우)]

- 또한 AW-1 균주로부터 케라틴 분해효소들이 닭털첨가에 따른 특이적 발현이 유도성 여부를 조사하고자, 닭털의 첨가농도에 따른 배양 및 다양한 영양원별(탄소, 질소원) 배양에 의한 균체의 protease 활성 변화를 확인함. 각각의 배양조건에서 얻은 균체를 원심분리를 통해 회수한 후, 세포파쇄를 통하여 획득한 whole cell extracts를 조효소 액으로 사용하여 casein을 기질로 사용한 protease activity 및 닭털을 기질로 사용한 keratinolytic activity assay(닭털분해실험)를 수행함.
- 그 결과 닭털첨가농도 및 기타 영양원별에 따른 protease activity의 차이는 크게 없는 것으로 나타났으나 1.6% 닭털 첨가시에는 생육곡선 및 free amino acid 생산량이 저해를 받는 것처럼 protease activity 또한 저해를 받는 것으로 확인됨.



[닭털 첨가량(좌) 및 영양원별(우)에 따른 AW-1 균주의 protease activity 변화]

4. 친환경 기능성 미생물 특성분석을 위한 기기구축

가. 미생물 소재 관련 장비 도입 (I)

○ 기능성 미생물 표현형 분석을 위한 표현형 분석기 (Phenotype Microarray) 확보

-확보된 기능성 미생물 균주들의 다양한 조건하에서의 표현형 분석을 위하여 한 유기체의 1,920가지의 각기 다른 세포 표현형을 한 번에 정성적, 정량적으로 분석할 수 있는 표현형 분석기 (Phenotype microarray)를 국내에서 3번째로 확보함(그림 5).

-*Escherichia coli*를 포함한 Gram-negative, *Bacillus subtilis*를 포함한 Gram-positive, *Saccharomyces cerevisiae*를 포함한 효모 균주 등 다양한 종류의 균주의 표현형의 분석이 가능함.

-현재 본 기기를 활용한 기능성 미생물 균주의 표현형 분석 및 database화를 진행 중임. 향후, 각각의 기능성 미생물 균주의 표현형 분석 database는 배양 최적화 연구에 활용할 예정임.



[경북대 친환경연구센터에 설치된 표현형 분석기]

○ 기능성 미생물 균주의 배양 최적화를 위한 발효기 확보

- 표현형 분석 database를 통한 기능성 미생물 균주들의 다양한 조건하에서의 발효공정 최적화 연구를 위하여 lab scale의 1 liter (Multifors) 및 5 liter (Minifors) 발효기를 확보함. 또한 배양 scale-up을 위한 30 liter 용량 발효기(Fermentec Co.)도 확보함.



[경북대 친환경연구센터에 설치된 Lab scale 발효기(좌) 및 30 liter 발효기(우)]

나. 미생물 소재 관련 장비 도입(II)

- 표현형 분석기(phenotype microarray) 운영체제 구축

- 친환경 기능성 미생물 균주의 실증 가치 제고화를 위해 확보한 고가 장비의 지속적인 활용 및 유지 보수를 위한 교육 세미나를 실시함.
- 기능성 미생물 표현형 분석을 위한 표현형 분석기(phenotype microarray) 운영체제 확립을 위한 교육 세미나 실시함.

□ 표현형 분석기기의 1차 교육 세미나

- 일시 : 2016년 4월 14일
- 장소 : 경북대 군위 친환경연구센터 미생물 배양실
- 주최 : 경북대 친환경연구센터, (주) 인성크로마텍
- 교육 시간 : 4시간 (13:00 ~ 17:00)
- 참가 인원 : 연구교수 1명, 박사과정 2명, 석사과정 3명, (주)인성크로마텍 연구원 2명
- 교육 내용 : 미생물 표현형 분석기(phenotype microarray)의 원리, 시료 준비 방법, 및 프로그램 조작 방법에 관한 교육 세미나를 실시함.



[경북대 친환경연구센터 미생물 배양실에서 표현형 분석기기 1차 교육 세미나 실시 사진]

□ 표현형 분석기기의 2차 교육 세미나

- 일시 : 2016년 4월 19일
- 장소 : 경북대 군위 친환경연구센터 미생물 배양실
- 주최 : 경북대 친환경연구센터, (주) 인성크로마텍
- 교육 시간 : 2시간 (10:00 ~ 12:00)
- 참가 인원 : 연구교수 1명, 박사과정 2명, 석사과정 1명, (주)인성크로마텍 연구원 1명
- 교육 내용 : 미생물 표현형 분석기(phenotype microarray)의 결과 분석을 위한 프로그램 조작 방법에 관한 교육 세미나를 실시함.



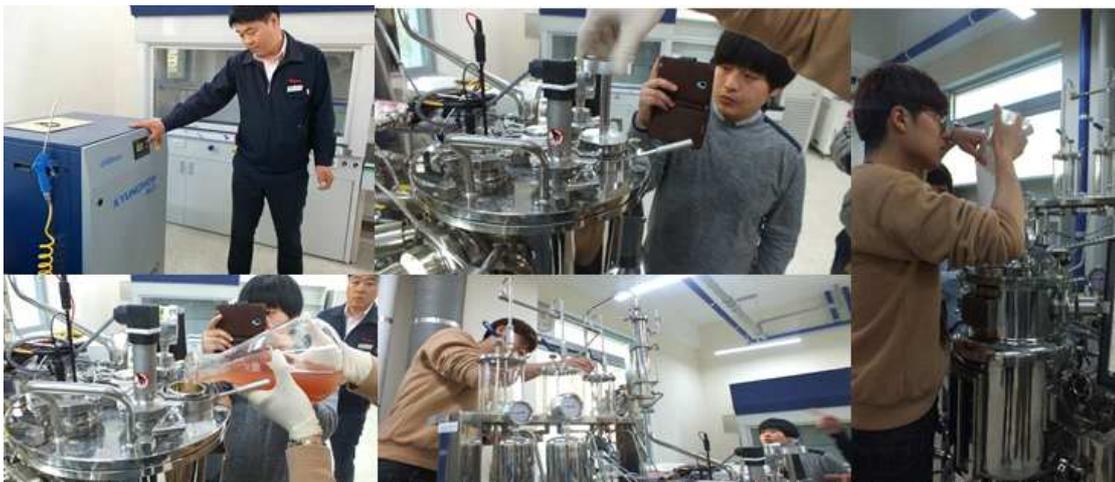
[경북대 친환경연구센터 미생물 배양실에서 표현형 분석기기 2차 교육 세미나 실시 사진]

- 발효기(30 L) 운영체제 구축

- 기능성 미생물 균주의 배양 최적화를 위한 발효기 (30 liter) 운영체제 확립을 위한 교육 세미나 실시함.

□ 30L 발효기의 교육 세미나

- 일시 : 2016년 4월 19일
- 장소 : 경북대 군위 친환경연구센터 미생물 발효실
- 주최 : 경북대 친환경연구센터, 퍼멘텍
- 교육 시간 : 3시간 (14:00 ~ 17:00)
- 참가 인원 : 교수 1명, 박사과정 2명, 석사과정 2명, 퍼멘텍 연구원 2명
- 교육 내용 : 30L 발효기의 작동을 위한 프로그램 조작 방법, 균주 접종법 및 배양 과정의 모니터링에 관한 교육 세미나를 실시함.



[경북대 친환경연구센터 미생물 발효실에서 발효기(30 L) 1차 교육 세미나 실시 사진]

- 향후 미생물 소재 관련 장비의 원활한 활용 및 유지 보수를 위한 추가적인 교육 세미나를 실시 예정임.

다. 기반 기술 구축

○ 확보 장비의 운영체제 확립을 위한 교육 세미나 실시

-친환경 기능성 미생물 균주의 실증 가치 제고화를 위해 확보한 고가 장비의 지속적인 활용 및 유지 보수를 위한 교육 세미나를 실시함.

-표현형 분석기기의 교육 세미나가 2015년 7월 9일 경북대 친환경연구센터 미생물 발효실에서 오후 1시부터 3시까지 2시간 동안, 교수 3명, 박사과정 4명, 석사과정 1명과 인성크로마텍 연구원 3명 및 Biolog 본사에서 연구원 1명이 참여하여 전반적인 분석기기의 원리 및 조작 방법, 시료 준비 방법, 프로그램 조작 및 결과 분석 방법에 관하여 교육 세미나를 실시함(그림 7).



[경북대 친환경연구센터 미생물 발효실에서 표현형 분석기기 교육 세미나 실시 사진]

- 향후 발효기의 원활한 활용 및 유지 보수를 위한 교육 세미나도 실시 예정임.

○ 기능성 미생물 균주 표현형 분석을 통한 특성 분석 및 DB화 수행

- 돼지분뇨 발효액비화 연구로부터, 돼지 분뇨 냄새 경감 효과가 가장 좋은 것으로 확인된 3 종류의 기능성 미생물 균주들(*Lactobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodobactor capsulata*)의 표현형 분석을 통한 배양 특성 확인 및 database화를 위하여, 우선적으로 광합성 균인 *Rhodobactor capsulata*의 표현형 데이터를 분석중.



[*Rhodobactor capsulata*의 표현형 분석 모식도]

-기능성 미생물 균주들에 대한 표현형 분석 및 database화 작업 수행.

- 친환경 농업 미생물의 실증 가치 제고화를 위한 기반기술 구축
- 미생물 전문가 풀 확보 및 친환경 기능성 미생물 균주의 기술확보를 위한 심포지엄 개최

심포지엄명: 농업유용미생물 생산, 보급과 위해요소 방지 방안

- 내용:
 1. 경상북도 농업기술센터에서의 농업유용미생물 생산, 보급 사업에 대한 교류 및 이해
 2. 농업유용미생물 보급 사업에서의 위해요소 방지 방안 토의
- 주관: 경상북도 농업기술원, 경북대학교 농산물안전성평가연구소
- 주최: 경북대학교 친환경농업연구센터
- 일시: 2015년 4월 24일 오후 13:30 - 17:00
- 장소: 경북대학교 농업생명과학대학 사과센터 내 와성홀
- 참석대상: 경상북도 농업기술센터 농업유용미생물 보급 사업 실무자
- 참석인원: 52 명

라. 기능성 미생물 특성 분석 및 DB화 운영체제 구축

- 1,2 차년도 연구를 통하여 확인된 돼지분뇨 약취 감소에 사용된 3종(표 2)의 발효 균주의 표현형 분석

표 2. 기능성 미생물 표현형 분석 균주 리스트

균주명	특성
<i>Lactobacillus casei</i>	유산균, 다당류를 분해하여 다양한 유기산 생산으로 인한 pH저하에 따른 유해미생물의 증식 억제 효과가 있을 것으로 기대, 염류장해 개선, 착과 및 발근촉진, 퇴비부숙 효과
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	효모, 다당류를 분해하여 알콜 발효를 통한 알콜 생산, 유산균과 함께 배양이 가능, 유기물 분해, 토양 비옥도 증진효과
<i>Rhodobactor capsulata</i>	광합성균, 저급태 유기산을 고정하여 냄새를 억제하는 효과, 광합성을 통한 토양 중에 유기물 증가에 효과가 있을 것으로 기대, 항균력, 약취제거, 냉해예방, 식물생육촉진

- 친환경 기능성 미생물 발효조건의 DB화 및 최적 발효 조건 결과를 활용한 lab scale 활성 검증 시스템 기술 구축
- 미생물 특성 분석 전문가 풀 확보 및 지속적인 친환경 미생물들의 균주 특성 분석 기술 확보

Ⅲ. 제1협동: 경북지역 적합성 계절별, 작물별 친환경재배 기술의 현장 적용 시험

1. 사과 친환경재배 매뉴얼

가. 사과 친환경 재배력

시 기 (월)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
작물생육	휴면타파기		발아전열기		세포분열기		화아분화기		과실비대기			
주요작업	동계전정		정화 인공수분		정과 봉지씌우기		엽분석 토양분석		하계전정		성숙·착색기	
대상병해충			점무늬낙엽병		갈색무늬병		갈색무늬병		탄저병			
방제방법			사과진딧물		복숭아순나방		복숭아심식나방		노린재류			
병 해			기계 유제		살충곰팡이, BT제		살충비누, 친환경제제		폴레마니진디벌, 총채가시응애, 이리응애류			
진딧물			석회보르도액		황토유황		미생물 제제					
응애류												
나방류												
기타준비사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초생재배, 천적 피난처설치 풀깎기작업, 배추-옥수수 보리를 이용한 진딧벌 벵크플렌드, 잡초를 이용한 진딧물 천적유지 ○ 오이-지중해 사막이리응애 방사, 토양에 총채가시응애 벵트플렌드 설치, 함께 식재로 담배장님노린재 유인 											

나. 동절기 관리

1) 월동 전 보리파종

10월달 이후가 되면 대부분의 해충은 월동준비를 하게 되며 해충을 먹이로 하는 천적도 월동준비에 들어간다. 4계절이 있는 지역의 천적은 먹이가 없는 시기에는 알, 유충, 머미, 성충의 상태로 월동하였다가 먹이가 많은 시기에 활동한다. 월동 전 과수원에 일정간격(10~15M)으로 보리를 뿌려두면 보리에만 기생하는 진딧물이 증식되고 월동한다. 다음해에 월동한 진딧물은 보리가 성장하면서 증식 된다. 월동 후 보리에 진딧물이 없으면 보리두갈래수염진딧물, 기장테두리진딧물, 옥수수테두리진딧물을 집중하여 증식한다. 보리에서 증식된 진딧물은 천적의 먹이가 되는데 이른 봄에 발생하는 천적은 어비진딧벌, 꽃등애가 있으며 도입천적인 콜레마니진디벌을 집중해주면 사과에 발생하는 복숭아혹진딧물과 사과진딧벌, 조팝나무진딧물을 예방할 수 있다.

2) 트리코데르마 하지아눔

가) 특성

트리코데르마 하지아눔(*Trichoderma harzianum*) 균은 1939년에 발견된 곰팡이 균이다. 미생물이 미생물을 직접적으로 먹이로 하는 경우는 매우 드문 편이며 트리코데르마 하지아눔

과 암펠로마이세스 큐스칼리스(*Ampelomyces quisqualis*) 2종에 학계에 보고되어 있다. 이러한 미생물을 중복기생균이라 한다. 트리코테르마 하지아눔은 진균류이며 불완전균으로 격막을 갖는 균사로 성장한다. 증식은 분생자경을 형성하여 녹색포자를 만들기 때문에 푸른곰팡이라고 불려진다. 토양에서는 매우 흔하게 존재하며 푸른곰팡이(*Penicillium*)과는 다른 균이다.

사과나무 뿌리에 피해를 주는 문우병과 균핵병, 시들음병(푸사리움), 문고병(라이족토니아), 역병(파이토포라), 갈록병(피시움) 등 많은 토양 병원균에 기생성을 나타내어 이들의 방제에 널리 사용할 수 있다.

트리코테르마 하지아눔 균은 식물체내 병원균에는 직접 침투하지 않는다. 그러나 토양 중에서 토양병원균이 발아하여 식물체로 침투하기 전에 균에 기생하므로 병원균이 식물체에 병을 일으키지 못하게 한다. 트리코테르마 하지아눔 밀도가 높은 토양에는 병원균 밀도가 떨어져서 토양 병 발생이 줄어든다. 트리코테르마 하지아눔은 살아있는 식물은 먹이로 하지 않기 때문에 식물에 전혀 피해가 없으며 죽은 식물체와 다른 곰팡이균을 먹이로 한다. 트리코테르마 하지아눔 균은 호기성이며 토양 가까이 서식하므로 토양공극이 클수록 활동에 좋다. 토양공극이 많은 친환경 과수원에는 토양병해가 적은 이유이며 토양병해 예방에 사용하기에 적절하다.

나) 트레고테르마 하지아눔 균 증식방법

트리코테르마 하지아눔 균은 농촌진흥청에서 무상으로 공급 받을 수 있으며 쉽게 구하는 방법은 시중에 판매되는 트리코테르마 하지아눔 균을 활용하는 방법이 있다. 야외에서는 표고버섯 나무에 발생하는 푸른곰팡이를 원균으로 사용할 수 있다.



PDA배지에서 자란 트리코테르마 균 속
자료출처 <http://blog.naver.com/trade004/100209939145>

증식방법은 농촌진흥청나 연구소, 야회에서 채집한 트리코테르마 하지아눔 균을 PDA(감자한천배지)에서 1차 증식하여 원균으로 보관한다. PDA 배지에 1차 증식된 미생물은 PDB(감자한천액체배지)를 만들어 접종한 후 진탕배양기에 30℃로 5 ~ 7일간 배양한다.

이렇게 배양된 액체배지를 짚겨 100kg당 2리터를 물 10리터에 희석하여 골고루 뿌린 후 쌓아두면 증식된다. 배양기간 중 짚겨 온도가 40℃가 넘어가면 뒤집기를 해주며 7 ~ 10일이 지나면 짚겨가 푸른곰팡이로 가득 차게 된다. 만들어진 트리코테르마 하지아눔 짚겨는 바로 사용한다. 바로 사용하기 어려울 때는 그늘진 곳에서 말리면 오래 동안 사용이 가능하다. 사용방법은 월동 전에 뿌려준다. 월동 후 사용할 때는 새싹이 나오는 시기에 살포하면 토양병해를 막을 수 있다. 생육기간 중에도 사용이 가능하며 사용

량은 10a당 쌀겨로 증식된 트리코데르마 하지아눔 제제 100 ~ 150kg이 적당하다.

시중에서 구입한 트리코데르마 하지아눔균은 쌀겨 100kg당 1리터를 물 10리터에 희석하여 끌고루 뿌린 후 발효시켜 사용한다.

다. 개화 전후 관리

1) 기계유제

1906년 윤활유를 원료로 하는 유제가 감귤 각지벌레의 방제에 유효한 것으로 알려졌고 1920년부터 일반에 보급되기 시작하였다. 현재 95~97%의 고농도 제품이 대부분을 이루고 있으며, 값이 싸고 독이 없어 과수의 해충방제에 많이 사용되고 있다.

조제방법은 크레졸·비누 등의 유화제를 기계유에 배합하여 만드는 살충제로 주성분은 보통의 기계유이다. 방제기작은 곤충의 몸 표면을 기름으로 싸서 질식시킨다. 기계유는 기름의 함유 정도에 따라 기계유유제 80, 기계유유제 60의 2종류가 있는데, 80은 수분 함량이 적어 저온에서 응고하지 않고 오랫동안 보관해도 유분을 분리하지 않는 장점이 있다.

배·포도·사과·감귤 등 과수의 월동해충에 대하여 겨울철 살포제로 쓰인다. 기계유의 가장 큰 장점은 해충에 대하여 연용해도 저항성이 없는 특징이 있다. 기계유를 살포한 후 고온이 경과되는 경우 잎이나 과실에 유침상이 나타난다. 이것은 기계유제가 잎이나 과실의 조직 내에 침투하여 나타나는 증상이다. 이 유침상의 정도는 동일한 기계유제에서는 부착량에 의해 좌우된다. 잎이나 과실의 조직에는 분자량이 작은 기계유가 보다 많이 침투하지만 빨리 증발하여 유침의 소실도 빠르게 된다. 이러한 유침상은 기계유의 잎이나 과실에 부착정도를 나타내는 척도로 약해와는 무관하다.

점도는 증류농도에 의해 결정되며 온도가 높게 됨에 따라 점도의 숫자는 크게 된다. 꿀응에 대한 방제효과는 점도가 높게 됨에 따라 높게 된다. 각지벌레류에서는 50~200의 범위에 점도라면 실용적인 방제 효과를 얻을 수 있다. 술폰가는 약해의 원인으로 불포화탄화수소의 함유량을 나타내는 단위로 숫자가 적게 될수록 불포화탄화수소의 함유량은 적게 된다. 파라핀화율은 해충의 살충효과에 관계하고 있는 탄화수소는 파라핀계와 나프틴계가 있지만 살충효과는 파라핀계 쪽이 뛰어나기 때문에 파라핀계의 유분(油分)이 높으면 살충효과는 높다.

앞서 기술한 것처럼 방제기작은 해충의 기문표면에 있는 밀납 물질을 녹여 기문을 막아 호흡을 못하게 하여 질식사 시킨다. 알, 유충, 성충은 한쌍의 기문이 있어 두 개다 막혀야 죽는다. 해충이 탈피를 위한 정지기에는 기문이 노출되지 않고, 갓 산란된 알은 기문이 형성되지 않아 죽이기 어렵다. 사용할 때 주의사항은 사용 시기 이외(6월이후)에 사용하면 착색 지연과 당의 저하 등이 발생할 수도 있다(하계 기계유 유제 제외). 근접살포는 석회보르도액 등은 30일 이상의 간격을 두어야 하며 3일 이내 비가 내리지 않으면 사용이 가능하다. 다른 제제와 혼용가능 여부를 반드시 확인하여 사용해야 하며 필요시에는 적은량을 혼용하여 작물에 처리한 후 2 ~ 3일내 피해가 나타나지 않으면 사용이 가능하다.

2) 진딧물 방제용 벙커플랜트 설치

사과에 발생하는 진딧물은 사과혹진딧물, 목화진딧물, 조팝나무진딧물이 있으며 어린순이 발생하는 시기에 피해가 나타난다. 잎이 단단해지고 생장점이 멈추어 꽃눈이 되면 대체적으로 피해가 나타나지 않는다. 다음해 꽃눈이 만들어진 8월 이후에는 진딧물이 다소 발생하더라도 피해가 적은 편이다. 따라서 사과에서 진딧물 피해는 새순이 자라는 시기에 많다. 방제방법으로는 사과 새순과 어린과실이 자라는 시기에 집중적으로 방제한다. 진딧물의 초기발생은 사과나무 껍질이나 어린눈에서 월동하던 진딧물이 원인이다. 초기 방제는 기계유제와 석회유황합제를 도포하여 과수원내 진딧물이 부화하지 않도록 한다. 과충엽이 발생하고 과대지가 신장하게 되면 외부에서 진딧물이 날아와서 잎을 말아서 피해를 준다. 진딧물 피해를 예방하기 위해서는 과수원내 진딧물 천적이 존재해야 된다.

새순 신장하는 시기에는 많은 종류의 진딧물 천적이 동면에서 깨어서나 활동하는 시기이지만 진딧물 밀도가 낮아서 증식되지 않아서 천적의 밀도도 낮다. 천적의 밀도를 높이기 위해서는 사과에는 피해를 주지 않는 진딧물을 증식시켜 천적밀도를 높인다.

먼저 전년도에 심어둔 보리에는 기장테두리진딧물을 접종하여 증식시키고 석회유황합제나 기계유제를 뿌릴때는 비닐 등으로 덮어서 증식된 진딧물이 죽지 않도록 한다. 방제를 한 후에는 콜레마니진디벌을 접종시켜 증식되도록 한다.



과원에 옥수수를 진딧물방제용 벙커플랜트 활용

기계유제와 석회유황합제 방제 후에는 육묘한 배추를 심어두면 무테두리진딧물이 유인된다. 무테두리진딧물은 사과에 피해를 주지않는 진딧물이다. 5월 상순에는 10m 간격으로 옥수수를 파종하여 옥수수테두리진딧물을 증식시켜 토착천적의 먹이로 사용한다.

사과 포장은 초생재배를 하며, 냉이에 발생된 아카시아진딧물, 소리쟁이에 발생된 소리쟁이진딧물, 지칭개에 발생된 지칭개수염진딧물, 망초에 발생하는 망초수염진딧물은 모두 토착천적의 먹이가 된다. 이 시기에 발생되는 토착천적은 꽃등애, 진디혹파리, 진디면충좀벌, 꼬마남생이무당벌레, 무당벌레가 있으며, 7월 이후부터는

풀잠자리와 담배장님노린재가 진딧물을 방제한다. 진딧물천적을 유지할 수 있는 배추, 옥수수, 보리에서 발생하는 진딧물은 사과에 피해를 주지 않는다. 또한 냉이, 소리쟁이, 지칭개, 망초에서 발생하는 진딧물 역시 사과에 피해를 주지 않으므로 관리해야 될 유의할 유의한 진딧물이다



냉이- 아카시아진딧물



망초- 망초수염진딧물



지칭개-지칭개수염진딧물

3) 토양해충 방제용 총채가시용애 접종

토양과 나무 틈 사이에서 월동하는 나방류 번데기와 생육 중 토양으로 내려오는 많은 나비목 해충은 토양에 서식하는 총채가시용애로 방제할 수 있다. 복숭아순나방, 사과심식나방 등 나비목 해충은 과일에 피해를 주다가 노숙유충이 되면 과일에서 나와서 번데기가 되는데 이때 총채가시용애가 해충을 방제한다. 낙과된 과일이 썩어서 조직이 느슨해지면 총채가시용애는 낙과된 과실 속으로 들어가 해충을 억제하는 효과가 있다. 토양 속에 총채가시용애 밀도를 높이기 위해서는 증식이 가능한 벅커플랜트를 만든다. 과수원내 물이 고이지 않는 다소 높은 지점에 10m 간격으로 가로 세로 각각 10 ~ 15cm간격으로 구덩이를 판 후 10cm정도 왕겨를 채운 후 쌀겨 500g 정도를 넣고 증식된 총채가시용애로 덮는다, 그 위에 낙엽이나 짚, 왕겨를 덮어서 강우와 건조를 방지하면 총채가시용애가 증식되어 과수원 포장 전면적에 확산되어 해충피해를 예방한다.

4) 초생재배 및 잡초관리

사과 무농약재배 및 유기농재배에 있어서 반드시 해야 할 것은 봉지씌우기와 초생재배이다. 초생재배를 하게 되면 사과와 잡초가 비료에 대하여 경합관계에 있다. 그러나 사과를 재배할 때 부족한 영양분은 추비로 공급하여 주면 비료 부족을 해결할 수 있다. 초생재배를 할 때 잡초가 일정 크기이상 자라게 되며 베어주면 잡초가 사과나무와 경합되는 것도 방지할 뿐 만 아니라 잡초가 분해되어 비료를 공급해주는 역할도 한다. 초생재배 할 때는 다양한 초종이 있을수록 친환경재배에 유리하다. 단위면적당 다양한 초종이 있으면 다양한 곤충과 미생물이 살아간다. 곤충이 있으면 곤충을 먹이로 하는 천적이 있으며 이러한 천적은 사과나무 해충도 방제하는 효과가 있다. 대부분의 곤충은 기주특이성이 있어서 가해하는 식물이 따로 있다. 예를 들어 옥수수에 피해를 주는 옥수수테두리 진딧물은 화분과 식물에는 피해를 주지만 사과와 같이 광엽식물에는 피해를 주지 않는다. 따라서 다양한 식생을 유지하면 해충방제에 유리하다. 초생재배 할 때 잡초관리 방법도 매우 중요하다. 잡초가 너무 무성하여 잡초를 베어줄 때도 부분적으로 잡초를 남겨서 곤충과 천적이 피해갈 수 있도록 하고 베어진 부분의 잡초가 재생되면 나머지 부분도 베어준다. 한꺼번에 전면적을 제초하게 되면

서식하던 곤충이 떠나고 천적도 사라지게 되어 해충의 피해가 나타난다. 초생 재배하던 곳이라도 풀을 바닥까지 깨끗하게 제거하면 잡초를 가해하던 점박이용애가 사과나무로 이동하여 피해를 주는 예가 많다. 친환경재배를 위해서는 초생재배를 해야 되며 다양한 잡초를 재배하여 곤충과 천적의 밀도를 높여줄 필요가 있다. 초생재배를 하면 토양물리적 성질이 좋은 쪽으로 변한다. 장마기에는 강우가 토양을 직접 타격하여 토양입단이 파괴되는 것을 막아주며 수직배수가 원활하게 하여 습해를 방지한다. 토양을 피복한 잡초는 토양 표면으로 흐르는 물의 유속을 늦추어 토양의 유실을 방지하여 비옥도를 높여주고 잡초의 잎, 줄기, 뿌리가 죽으면 영양분이 된다.

라, 과실비대기

1) 봉지 씌우기

사과는 봄에 착과하여 과실이 비대하여 가을에 수확하므로 5개월 이상 과일상태로 있다. 이 기간 중 언제든지 병해충 피해가 발생할 수 있고 한번 피해를 받은 과실은 상품성이 떨어진다. 잎에서 발생하는 병해충의 피해는 회복되지만 과실에 발생한 피해는 회복되지 않는다. 과실에 피해를 예방하기 위해서는 봉지 씌우기를 하여 병해충 피해에 노출되지 않도록 하는 것이 좋다.

2) 석회보르도액

구리 성분의 독성은 병원균을 억제하는데 매우 효과가 있다. 치료의 효과보다는 보호제 효과가 강하다. 사과를 재배할 때는 사과 잎에 구리를 도포하면 잎에 발생하는 병해를 예방할 수 있다. 그러나 구리성분이 과실에 묻으면 동록이 발생되고 잎에는 타는 증상이 발생된다. 이런 독성을 해결하기 위하여 생석회로 중화시켜 사용하는 것이 석회보르도액이다. 석회보르도액이 과실에 묻는 것을 방지하기 위하여 봉지 씌운 후에 사용한다. 봉지 씌운 후 새순이 신장할 때 2 ~ 3회 살포하며 살포직후 강우에 의하여 석회가 씻겨나가면 구리피해가 나타날 수 있다. 석회보르도액을 살포할 때는 반드시 하루정도 강우가 없는 시기가 적당하다. 석회가 잎에 부착되면 강우에 의하여 씻겨나가는 것이 적다. 석회가 씻겨나가는 것을 예방하기 위하여 과라핀유를 첨가하여 쓰기도 한다.

석회보르도액의 석회성분은 잎 표면에 부착되어 7 ~ 8월 고온기에 강한 햇볕을 차단하여 주는 효과가 있지만 9월 이후 햇볕이 약해질 때는 탄소동화작용을 저하하기 때문에 9월 이후에는 사용하지 않는다.

4) 미생물제제

많은 종류의 미생물은 자라면서 대사산물을 분비하는데 대사산물 중에는 병해충을 억제하는 물질이 많다. 이러한 물질의 농도를 높이기 위하여 미생물 별로 다양한 영양분을 첨가한다. 미생물을 이용하여 농촌진흥청에서 개발한 미생물제제로는 “엑스텐”, “에큐” 등이 있다. 본군

에서는 *Bacillus thuringiensis* 균을 이용하여 BT제를 생산한다. BT제는 곤충의 증장에서 분해되지 않아 소화불량을 일으켜서 해충을 죽게 하는 효과가 있다.

5) 참깨 파종

7 ~10월까지 해충방제에 강력한 효과가 있는 천적은 담배장님노린재다. 담배장님노린재는 지상부에서 발생하는 진딧물, 총채벌레, 응애류, 나방의 알 등을 먹고 산다. 담배장님노린재 밀도가 높을수록 해충피해가 적다. 담배장님노린재는 먹이가 되는 곤충이 없으며 식물의 즙액을 먹이로 한다. 그 중에서 가장 좋아하는 식물이 참깨이므로 과수원내 10m 간격으로 식재하여 두면 유인되어 해충을 방제할 수 있다.

6) 이리응애류 접종

지상부의 해충방제는 오이이리응애, 지중해이리응애, 사막이리응애를 방사하는 것이 좋다. 초생재배하는 포장에는 1회만 접종하여도 증식이 되고 사과나무에 정착되면 총채벌레 등 크기가 작은 해충피해를 예방할 수 있다.

마. 성숙·착색기

1) 황토유황(유황 + 소다)

유황은 고온에서 액체상태로 변하므로 그동안 석회유황합제를 만들기 위해서 물을 끓인 후 황을 넣어서 만들었다. 석회유황합제는 모든 병해를 효과적으로 방제할 수 있으나 만드는 과정이 어려워 사용하기 불편하다. 황토유황은 실제로는 나트륨(소다)과 유황 화합물이므로 소다유황이라 부르는 것이 합당하지만 제조 과정에서 황토를 넣는 경우도 있어서 황토유황이라고 부른다. 황토유황은 수산화나트륨이나 수산화칼륨이 물과 결합되면 고온이 발생하는 원리를 이용한 것이다. 수산화칼륨은 수산화나트륨에 비하여 고온으로 용해되기 때문에 제조 시 심하게 끓어서 작업자와 작업장에 피해가 발생할 수 있으므로 수산화나트륨을 사용한다. 수산화나트륨으로 용해된 유황에 황토, 천일염, 천매암을 넣으면 미량요소를 첨가하는 효과가 있다고 하지만 찌꺼기가 많이 생기므로 첨가하지 않아도 된다.

황토유황은 약혼이 남지 않아서 봉지를 벗긴 후에 사용이 가능하며 황성분은 병원균의 침입을 억제하고 병의 진전을 막는다. 그러나 고온기에 사용하면 과실 표면이 거칠어지고 잎 표면이 단단해지는 느낌이 있으므로 잎의 온도가 떨어지는 시기에 사용하는 것이 좋다.

사용 시기는 사과 생육 전 기간에 걸쳐서 사용이 가능하며 고온기에는 잎의 온도가 낮을 때 사용한다. 대체적으로 9월 이후 석회보르도액 처리 효과가 떨어지는 시기에 사용하며 봉지를 벗긴 후에는 농도를 낮게하여 자주 처리하는 것이 효과가 크다.

2) 살충곰팡이

최근 노린재가 다량의 발생되어 피해를 주고 있지만 효과적인 방제방법이 없다. 노린재류에

도 알에 기생하는 알좀벌이 약충과 성충의 몸에 알을 낳아 기생하는 좀벌류가 있지만 효과적으로 활용할 수 있는 기술이 개발되지 않았다. 살충곰팡이는 살아있는 해충에 침투하여 해충을 죽일 수 있다. 대부분의 살충곰팡이는 토양 속에 잠복해 있다가 곤충과 접촉할 경우 조건만 좋으면 곤충에서 병을 일으킨다. 곤충몸에 붙은 살충곰팡이는 발아관을 형성하여 곤충 표피의 연약한 곳으로 침입하여 병을 일으킨다. 병이 발생된 곤충은 기동성을 상실하여 죽게 되며 몸속에서 증식된 곰팡이는 먹이가 떨어지면 곤충표피로 나와 자실체나 포자를 만들어 분산되어 다른 곤충을 전염시킨다. 본군에서는 백강균(*Beauveria bassiana*) 이용하여 해충을 방제하는 기술을 개발하였다.

백강균의 증식은 고두밥을 이용하고 15 ~ 20일 동안 증식하면 살충곰팡이 포자를 형성하게 된다. 포자가 형성된 백강균 배양체는 물에 넣어서 교반하여 포자를 회수한다. 회수된 포자는 1×10^7 cfu/g으로 사용한다. 사과에서 살충곰팡이 사용은 전착제를 첨가하여 6월 이후 10 ~ 15일 간격으로 주기적으로 처리하여 해충에 몸에 곰팡이균이 부착토록한다. 부착된 살충곰팡이 포자는 강우 등으로 온도가 낮고 습도가 높아지면 발병된다. 장마기 전후에 처리하며, 사과봉지를 벗기기 전에 처리하여야 효과가 있다. 사과 봉지를 벗긴 후에 처리하면 사과에 피해가 발생된 후에 노린재가 죽어서 과실의 피해를 줄일 수 없다.

3) 살충비누 등 친환경제제

사과 재배에 있어 해충이 없거나 밀도가 낮을 때는 살충비누나 친환경제제는 최대한 사용하지 않는 것이 좋다. 대부분 천적은 크기가 작은 곤충이므로 살충비누나 친환경제제 역시 천적을 죽일 수 있다. 병해 예방에는 석회보르도액을 이용하는 방제가 적당하다. 급격하게 발생하는 돌발해충을 제외하고는 천적과 미생물을 사용하고 초생재배를 하게 되면 해충과 천적이 균형을 이루어 대부분 경제적 피해방제수준 이하가 된다. 해충의 밀도가 낮을 때는 살충비누 등 친환경제제를 살포할 필요가 없다.

바. 수확 및 후기관리

1) 낙과된 과실제거

낙과된 과일에는 병원균이 잠복할 수 있고 심식나방, 순나방 등 해충이 증식할 수 있는 장소가 될 수 있다. 낙과된 과일은 수거하여 물에 침적하여 액비로 이용하거나 깊게 묻어서 나방이 우화되지 않도록 한다.

2) 월동 잡초관리

과수원에서 월동하는 잡초에는 진딧물, 총채벌레 등 해충이 잠복할 수도 있지만 천적을 사용하여 해충을 방제한 포장에는 다양한 천적도 월동하는 장소가 된다. 곤충은 기주특이성이 있어서 잡초에 기생하는 대부분의 해충은 사과에 피해를 주지 않는다. 과수원에 월동하는 화본과 잡초, 냉이, 민들레, 소리쟁이는 관리를 잘할 경우 매우 좋은 천적의 월동처가 된다.

잡초는 이른 봄 천적의 먹이가 되는 곤충이 발생하는 장소이므로 사과와 직접적으로 경쟁관계에 있지 않으면 제거할 필요가 없다.

특히 민들레, 냉이, 별꽃, 주름잎, 개불알풀 등 이른 봄에 피는 야생화의 꽃꿀은 월동 후 천적이 살아가는 데 필요한 당분을 공급하는 역할을 하기 때문에 제거할 필요가 없다

사. 사과 친환경재배 매뉴얼

구분	작업내용	비고
사전포장관리	<ul style="list-style-type: none"> 토착천적 증식 조건 조성 - 과수원내 초생재배, 식물의 종다양성을 유지하여 토착천적활용 - 초종이 단일화된 경우 주변의 잡초씨, 보리, 밀, 유채, 메밀등 파종 	토착천적증식 기반조성
밭아 전	<ul style="list-style-type: none"> 기계유제 석회유황합제 : 기계유제 처리 후 20일 이상 간격을 두고 살포 	월동병해충 방제
개화 전	<ul style="list-style-type: none"> 황토유황 + 미생물(웹타이드혼합제) + 살충비누 	병해충 예방
	<ul style="list-style-type: none"> 총채가시응애 뱅커플랜트 설치 	나비목 해충
5월하반기	<ul style="list-style-type: none"> 살충비누 + BT+ 미생물+ 파리핀유 처리 	곰팡이병 미소해충방제
	<ul style="list-style-type: none"> 진딧물 방제 보리, 소리쟁이, 냉이, 지칭개 이용, 진딧물천적 뱅커플랜트 설치 	꽃대나사나벌, 꽃등애 등
	<ul style="list-style-type: none"> 교미교란제 설치 - 사과나무 정단부에 설치 	순나방, 심식나방
	<ul style="list-style-type: none"> 패로몬트랩 설치 - 트랩주위 황색끈끈이 설치하여 유인된 해충 포획 	툽다리개미허리 노린재 등
	<ul style="list-style-type: none"> 지중해이리응애, 오이이리응애, 사막이리응애 용기 분배 - 종이컵, 기름종이 봉투 이용 	응애류, 나방 알 방제
	<ul style="list-style-type: none"> 10m 간격으로 옥수수 파종 	진딧물 천적 유인
6월상반기	<ul style="list-style-type: none"> 석회보르도액 + BT제 	곰팡이병예방
	<ul style="list-style-type: none"> 붕지씨우기 	병해충예방
6월하반기	<ul style="list-style-type: none"> 석회보르도액 + BT제 + 파리핀유 	곰팡이병예방
7월 상순	<ul style="list-style-type: none"> 황토유황 + 살충비누 	병해 방제
7월 중순	<ul style="list-style-type: none"> 황토유황 + 살충비누 + 살충곰팡이 	곰팡이병방제 노린재 예방
7월 하순	<ul style="list-style-type: none"> 황토유황 + 살충비누 	곰팡이병방제 해충 방제
8월 상순	<ul style="list-style-type: none"> 황토유황 + 살충비누 	곰팡이병방제 해충 방제
8월 중순	<ul style="list-style-type: none"> 살충곰팡이 + 살충비누 + 살충곰팡이 	곰팡이병방제 노린재 방제

8월 하순	○ 황토유황 + 살충비누	곰팡이병방제 해충 방제
9월 상순	○ 목초액 + 살충비누 + 살충곰팡이	곰팡이병방제 노린재방제
9월 중순	○ 목초액 + 살충비누	노린재 기피
봉지 제거 작업 후	○ 황토유황 + 목초액	곰팡이병방제 노린재 기피

기계유제 1회, 석회유황합제 1회, 석회브르도액 2회 황토유황 7회, 살충곰팡이 3회
살충비누 9회(전착제로 활용)

2. 시설 고추 친환경재배 매뉴얼

가. 시설고추 친환경 재배력

시 기 (월)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
작물생육	육묘기		정식		일반 관리								
대상병해충	잘록병, 잎마름병류		진딧물, 온실가루이, 총채벌레, 점박이용애, 차먼지용애		흰가루병		담배나방, 담배거세미나방		파리허리노린재				
해충 별 방 제 방 법	병 해	미생물6중혼합, 3중혼합, BT, BV 주기적 처리					황토유황, 석회브르도액						
	진딧물	살충곰팡이		콜레마니진딧물		무당벌레		어리줄꿀잠자리, 진디혹파리, 꽃등애		물레마니진딧물			
	온실가루이	살충곰팡이		온실가루이 종벌		지중해이리용애, 오이이리용애							
	총채벌레	살충곰팡이		총채가시용애									
	점박이용애	살충곰팡이		사막이리용애						담배장님노린재			
	담배나방 등	살충곰팡이		교미교란제, 핵다각체바이러스									
고추 정식 전 준비사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진딧물 방제를 위하여 하우스 안쪽 양측 처마비닐 밑에 10m 간격으로 보리씨 5 ~ 10알 뿌려서 관리(뱅크플랜트) ○ 참깨를 고추 포기사이 10m간격으로 1 ~2포기 파종시기 달리하여(5월중, 6월하, 7월상) 파종할 것.(담배장님노린재유인) ○ 하우스 주위 빈공간에 옥수수를 시기를 달리하여(5월상, 6월상, 7월상) 파종. (진디벌 및 알기생분 유인) ○ 하우스 주위 밭둑, 빈공간 식물의 다양성 유지(냉이, 소리쟁이, 지칭개, 땅초 등 토착천적 유인 및 도피처) 												

나. 정식 전 관리

1) 토양관리

작물의 생육촉진과 병해충 저항성 증대를 위하여서는 반드시 토양은 물리성이 좋아야 한다. 토양의 물리성 확보를 위하여 입단조성이 필요하지만 시설하우스 토양은 짚은 경우므로 토양입단이 파괴된 상태이다. 이러한 토양에 물리성을 확보하기 위해서는 볏짚, 낙엽 등을 10a 500kg 이상 시용하거나 왕겨 300kg이상 시용하여 전면적으로 갈고 이랑 만들기를 한다. 거친 유기물을 사용하면 토양 중의 과도한 비료염은 탄소함량이 높은 유기물 분해에 이용되어 토양비옥도를 높인다. 토양의 공극이 확대되면 물빠짐 및 물지남성을 좋게하고 뿌리 내림을 촉진한다. 토양공극이 확대되면 뿌리의 활력이 높아져 병해충 및 환경에 대한 저항

력을 커진다. 3년 이상 연작한 시설토양에는 가축퇴비와 화학비료를 사용하지 않아야 비료 염 과다에 의한 염류장해를 해소할 수 있다. 작물재배 초기의 영양생장은 토양속의 비료를 이용하고 생식생장 이후부터는 추비를 통하여 과실의 착과 및 비대 관리로 상품성이 높은 과실을 생산토록 한다.

2) 고추 육묘 중 관리

고추 육묘 중에 생장점 부위에 나타나는 피해는 생리장해가 대부분이다. 생장점 부근에 발생하는 작물병 중에는 역병이 있지만 역병은 새순에만 발생하는 것이 아니라 새순, 잎, 줄기 등 무작위로 발생되며 병이 든 부위는 빠르게 고사되며 회복되지 않는다.

아래 그림과 같은 증상은 여러 가지가 원인이 있으며 저온피해, 고온피해, 상토피해, 암모늄 태질소 가스 또는 질산태질소 가스 피해가 있다



생리장해를 받는 고추 모종

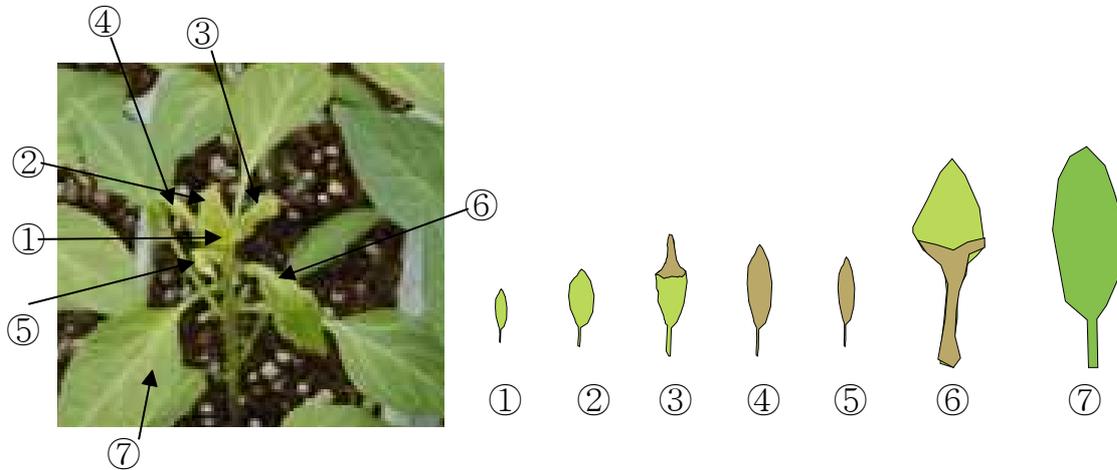
고온피해는 생장점이 하얗게 마르는 특징이 있다. 햇볕이 있을 때 온상을 밀폐시키면 온도가 높아져서 세포가 약한 생장점 부분에 먼저 피해가 발생된다. 고온피해는 엽록소가 파괴되어 흰색으로 나타나며 원줄기 끝에 있는 생장점이 죽어 회복 되더라도 아래마디에서 결가지가 발생하는 특징이 있다.

저온피해는 온도가 낮아지면 세포가 약한 어린잎에서 발생되며 피해 받은 당일에는 피해부분이 뜨거운 물에 데쳐 놓은 것처럼 보이다가

시간이 지나면 갈색으로 마르는 경향이 있다. 포기 전체가 죽지 않는 한 생장점은 살아 있으며 시간이 지나면 생장점에서 새순이 발생한다.

특징은 시간이 지나 회복하게 되면 상처부위가 잎이 나이에 따라 상처의 증상이 다르다. 저온피해에서 회복되면 새로 발생하는 잎은 정상이며 생리장해를 받은 부분의 잎은 나이에 따라 상처가 차이가 있다. 아래 그림은 숫자가 적을수록 나이가 어린잎으로 저온피해가 나타난 상태이다. 자세하게 보면 저온 피해를 받은 정도와 부위가 다르다. 저온피해를 받고 3일 정도 지난 잎으로 ①, ②번의 어린잎은 저온피해 당시 생장점에 묻혀있어 피해가 없으며 ③, ④, ⑤, ⑥ 번 잎은 저온피해 당시 어린잎 상태로 피해가 있다. ⑦번 잎 이하 어린잎은 전혀 피해가 없어 보이지만 표피는 저온피해를 받아 연한 녹색을 띤다.

저온피해를 받은 잎의 상태를 살펴보면 ③번의 잎 아래쪽은 저온피해



저온피해를 받은 잎과 피해특징

당시 잎의 아래 부분이 성장점에 묻혀 있던 부분으로 저온피해가 없다.

따라서 같은 잎이라도 윗쪽은 기형이 되었지만 아래쪽은 기형이 심하지 않다. 반대로 ⑥번 잎은 잎의 윗부분은 아래쪽 보다 일찍 분화되어 세포가 단단해져 피해를 보지 않았으나 아래 부분 잎은 세포가 단단해지기 전에 저온피해를 받아서 기형이 되었다. 이와 같이 일시적으로 약하게 저온피해가 올 경우에는 성장점의 잎을 보고 피해를 진단할 수 있다. 저온피해가 심하여 포기 전체가 죽지 않으면 저온피해로 생각하기 힘들며 그림에서 보는 것처럼 일시적으로 냉해 피해가 있는 모종이라도 성장점이 묻혀 있던 부분은 저온피해를 받지 않을 수 있다. 저온피해는 같은 모종 내에서도 저항성이 달라서 피해 상태가 다르다. 대책으로는 저온피해를 받은 모종은 요소 2%액을 엽면시비하면 회복된다.

상토의 문제로 인하여 새순이 장애를 받는 경우도 있다. 피해증상은 저온피해와 흡사하지만 시간이 지나도 회복이 되지 않고 피해가 계속 확산된다. 구입하는 상토는 대부분 피트모스에 펠라이트를 섞어서 만든다. 펠라이트는 피트모스의 흡수율을 조정하기 위해 사용된다. 피트모스는 이끼 퇴적물로 강산성을 나타낸다. 회사에서 상토를 만들 때 산성을 중화하기 위하여 알칼리성 물질을 첨가한다. 상토가 만들어진 기간이 짧을 경우 중화할 때 사용한 물질이 남아 있을 수 있다. 구입 당시 상토의 산도가 적당하더라도 육묘 중에 계속 관수를 하면 모종이 일정기간 성장하더라도 피해가 나타난다. 육묘 시 관수가 계속되면 산도를 낮추기 위해서 사용한 중화물질이 한꺼번에 용해되어 갑자기 상토의 산도가 높아지는데 경미한 경우에는 아래 그림과 같이 새순이 노랗게 된다.



상토의 산도가 높으면 황화현상 발생(미량요소결핍)

그러나 상토의 산도가 급격히 높아질 때는 새순이 괴사하게 되는데 저온피해와 달리 피해가 계속 늘어나서 병해로 진단할 우려가 있다. 상토 피해를 진단할 때는 포기를 뽑아서 뿌리를 물에 담그어 두거나 새로운 상토에 심어두고 3 ~ 4일 지나 새순이 나오면 상토 피해로 진단할 수 있다.

대책으로는 새로운 상토에 심거나 황산기가 많은 유안비료(황산암모늄)를 3일~ 4일 간격으로 준다. 비료 주는 양은 공정육묘 트레이 1개당 5g 정도 뿌려주고 비료가 녹을 수 있도록 물을 충분하게 준다.

또 다른 방법은 황산, 염산, 질산을 물10ℓ당 1cc 정도 넣어 희석하면 산도를 1정도 낮출 수 있는데 산도가 낮은 물을 관수하면 회복이 된다.

암모니아가스나 질산태가스 피해가 약하게 오면 생장점이 마르지만 대부분 일시적으로 나타난다. 그러나 새순이 죽을 정도로 심하게 피해가 난다면 어린 잎과 줄기에도 피해가 있으므로 쉽게 구분할 수 있다.

암모니아가스나 질산태가스 피해가 나타나면 물을 충분하게 주어 비료 농도를 희석시키면 해소되며 피해가 끝난 뒤에는 요소 0.2%액을 엽면시비하면 효과가 있다.

다. 정식 후 관리

1) 관수 및 비료 시용 자동화

고추를 비료 및 토양수분에 의한 스트레스 해소를 위하여 토양수분이 70~ 75%를 유지할 수 있도록 관수를 자동화 시킨다. 관수량은 토양수분 측정기를 이용하거나 작물의 생장점을 통하여 수분함량을 파악하여 조절한다. 수분센서를 이용할 경우 수분함량이 80%가 넘지 않도록 수분센서를 조절하되 토양재배 시에는 일몰 4시간 전까지는 관수를 마쳐서 야간에 토양수분이 높아서 뿌리 활력이 떨어지는 것을 방지한다.

한여름에는 고추잎과 토양에서 증발량이 많으므로 관수 횟수를 늘려주고 관수량도 증발량에 맞게 관리한다. 비료는 웃거름으로 사용하되 과실이 작은 청양고추의 경우 방아가지에 달린 열매가 완전하게 착과된 후에 액비로 추비한다.



관수량이 많을 때는 성장점 부근의 어린잎을 포함하여 연한녹색이 되며 수분이 부족하면 성장점까지도 진한 녹색이 되며 어린잎은 시든다.

녹광고추와 같이 과실이 큰 고추는 영양생장을 늘리기 위해서 방아가지에 달린 고추를 제거하거나 방아가지의 꽃이 필 때 액비를 준다. 비료는 관수할 때마다 주되 비료 사용량은 고추가 1일간 흡수할 수 있는 양을 액비로 준다. 1일표준시비량은 농촌진흥청 표준영농교본“양액재배기술”,“수경재배기술”에 준하여 준다.

2) 고추의 생리

고추의 생육은 분지각도를 보면 알 수 있다. 육묘 상에서 첫 꽃이 피고 열매가 맺은 고추 모종은 방아가지 분지 각도가 180°에 가깝지만 비료기가 많은 모종은 분지각도가 90°에 가까운 것을 볼 수 있다. 따라서 고추의 분지각도가 클수록 생식생장으로 치우치고 적을수록 영양생장을 한다고 볼 수 있다. 착과를 시켜야할 고추에서는 분지각도가 90°이상 벌어지도록 한다. 특히 소과종인 청양고추는 생육초기 영양생장으로 치우치게 되면 착과되지 않고 착과되었던 과실도 낙과된다. 3~4월에 청양고추를 시설에 심는 농가는 초기 생육을 억제하기 위하여 고추 꽃이 완전하게 피었거나 과일이 달린 모종을 심기도 하지만 초기생육이 심하게 억제되어 초기수량이 떨어진다. 청양고추를 심을 포장은 화학비료를 주지 않아도 되며, 토양 EC를 측정하여 2.5ms/cm 이상 된다면 질소질 비료는 사용하지 않아도 초기 생육에는 아무런 문제가 없을 뿐만 아니라 착과도 쉽게 된다.

그러나 대과종인 녹광고추는 초기세력을 강하게 키워야 과실에 생리장해가 적게 나타나므로 고추 꽃이 맺힌 어린모종을 심는 것이 좋다. 대과종은 과실이 크기 때문에 초기에 충분하게 영양생장이 되지 않으면 수량이 떨어지며 과실의 품질도 나빠진다.

고추꽃잎은 일조조건이 좋아 작물체가 튼튼하게 자라면 6개 꽃잎으로 전개되지만 생육이 불량하거나 일조가 부족할 때 분화된 것은 5개 꽃잎으로 전개된다. 따라서 5개의 꽃잎을 가진 고추의 어린열매는 위축되어 있어 정상과가 되기 어렵다. 고추꽃은 개화할 때 꽃잎의



기형화



고추꽃잎 예각



고추꽃잎 수평



고추꽃잎 둔각

<그림 3> 고추꽃잎의 형태

전개정도에 따라서 고추의 품질에 큰 영향이 있다. 소과종인 청양고추는 꽃잎이 호박꽃처럼 통꽃으로 보일 때는 대부분 석과가 된다. 질소질 비료가 많을 때 개화된 꽃은 지방의 발달이 나쁘고 수정이 불량하여 석과가 되는데 과실이 자라는 중에는 꽃잎이 치마처럼 과실에 붙어있다. 청양고추처럼 소과종인 경우에는 꽃잎이 코스모스처럼 180°로 전개되거나 뒤로 젖혀진다. 이러한 꽃은 착과되기 쉽고 영양관리를 잘 해주면 석과 발생도 줄어든다. 고추 꽃이 심하게 뒤로 젖혀질 경우에는 영양부족 및 착과가 많이 되었을 때 발생하므로 과실발육에 비료부족 현상이

생기지 않도록 충분한 비료를 공급해주어 한다.

대과종 고추는 고추꽃잎이 수평으로 전개되면 착과는 잘되지만 비료부족으로 과일이 크지 않으므로 개화 시 고추꽃잎을 보고 시비를 결정하면 관리하기 용이하다.

시설고추 재배 시 낙화, 낙뢰, 석과 원인은 다양하지만 크게 2가지로 대별할 수 있다. 먼저 기상조건에 의한 원인은 수정불량이라고 할 수 있다. 고추 꽃의 수정이 잘되는 온도는 주간 25 ~ 30℃, 야간 18℃이며 온도가 13℃이하로 내려가거나 35℃이상으로 올라가면 꽃가루 발아가 힘들고 꽃가루관 발생도 어려워 수정이 되지 않아서 낙화, 낙뢰가 발생된다. 개화시기에 실내 습도가 80% 이하로 낮으면 꽃가루관 발아가 어려워 수정되지 않는다. 5~6월에는 온도가 점점 높아져 환기하게 되면 온실 밖에는 습도가 낮아서 시설내 공기가 건조해지게 되고 석과 발생 원인이 된다. 녹광고추 등 대과종 고추는 피해가 적게 나타나지만 소과종인 청양고추에는 많은 피해를 준다. 또 다른 원인으로서는 비료 불균형이 있다. 석과 발생이 심한 소과종 청양고추는 3년 이상 연속하게 되면 석과 발생이 극히 심한 것으로 보아 토양중에 비료 불균형이 원인으로 생각된다. 연속재배를 한 토양에는 표토에 염류가 집적되어 비료 과다현상이 나타나며 미량요소 흡수장애로 석과가 발생되며 질소함량이 많은 토양에서도 석과 발생이 심한 것으로 보아 질소함량과 석과 관계가 밀접한 것으로 보인다.

작물은 자라면서 생육상태를 잎에 기록한다. 잎을 잘 관찰하게 되면 어떤 시기에 장애가 있었는지를 알 수 있을 뿐만 아니라 계속 진행이 되는지, 멈추었는지도 알 수 있다. 고추 잎 하나가 완전히 성숙하는 기간은 새잎이 나타난 후 7~8일 정도 소요되지만 잎이 발생되고 5일 정도 지나면 또 다른 새잎이 나타나므로 1개 잎이 나이를 대충 5일로 정할 수 있다. 성장점 가까이에 있는 어린잎 나이는 7~8일정도 되고 그 밑의 잎은 12~13일 정도 되었다고 볼 수 있다. 즉 5n+2 ~3을 하면 어떤 부위의 잎이 언제 태어났는지를 알 수 있다. 예를 들어 성장점 밑 4번째 성엽의 나이는 5× 4+ 2~ 3으로 22~23일 전에 태어났다는 것을 뜻한다.

3) 시설고추 일반 관리

소과종인 청양고추를 재배할 때는 일반적으로 석회결핍이 적다. 그러나 대과종인 녹광고추는 청양고추의 열매에 비해 5~7배정도 큰데 생육초기에 4~5번과의 태좌부에 석회결핍이 발생된다.

고추 잎과 과일과의 관계

	첫째마디	둘째마디	셋째마디	넷째마디	다섯째마디
총 과실수	1	3	7	15	31
총 엽수	13	15	19	21	29
총 엽수/총 과실수	13	5	2.7	1.4	1.1

이때 잎과 열매를 단순비교하면 위 표와 같이 과실의 수가 늘어남에 따라서 과실이 부담하는 잎의 수가 급격히 줄어드는 것을 알 수 있다.

고추 과실이 큰 대과종에서는 고추 잎이 1과당 2.7개 이하로 내려가면 칼슘부족현상이 나타날 수 있다. 또한 관리를 소홀히 할 경우 낙화 및 낙뢰가 발생되며 고추를 착과시킬 수 있는 능력이 떨어진다. 따라서 과실수가 급격히 많아질 때는 충분히 칼슘을 공급하는 것이 상품성이 높다.

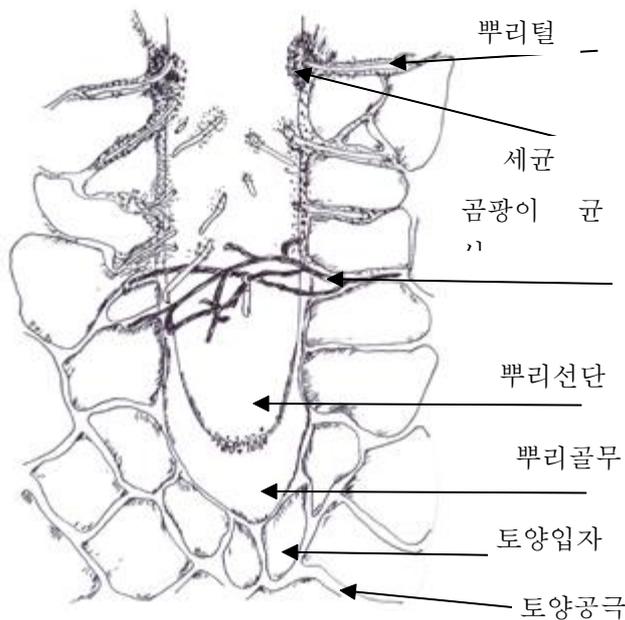


시설고추 재배 시 가지유인은 초기에는 V자형 후기에는 U자형으로 유인토록하고 있다. 그러나 소과종을 재배 할 때는 초기부터 U자형으로 관리해야 착과를 시킬 수 있다. 대과종 고추는 초기생육을 촉진하여 식물체를 크게 한 후 착과시키면 자연적으로 U자형으로 유인이 되지만 소과종인 청양고추는 영양생장이 왕성하기 때문에 초기에 세력이 강하며 가지 벌리기를 해주어야 정상적인 착과가 가능하다.

가지 벌리기 작업 생육초기의 고추 곁가지는 많을수록 뿌리발달이 촉진되므로 곁가지는 2~3회에 걸쳐서 제거한다. 뿌리의 발달은 성장점에서 분비되는 옥신의 영향을 받아서 늘어나게 되는데 곁가지가 많을수록 성장점이 많아지고 뿌리발달이 촉진된다. 그러나 많은 농가에서는 곁가지가 크면 제거하는데 노동력이 많이 들뿐 아니라 곁가지가 크면서 체내의 양분을 빼앗아 간다고 생각한다. 따라서 곁가지를 매우 어린시기에 방아다리가지 밑의 잎과 함께 모두 제거하여 초기 생육이 억제되는 포장이 많다. 특히 지온이 낮은 시기나 매우 더운 시기에 정식하는 고추는 곁가지를 충분히 키운 후 제거하는 것이 고추 초기생육에 좋다.

고추는 자신이 키울 수 있는 능력만큼만 과실을 착과시킨다. 착과가 많이 되면 생육이 일시 정지되어 개화도 되지 않는다. 따라서 많은 수량을 올리기 위해서는 영양생장을 충분히 유도하는 것이 좋다. 시설고추 대과종을 재배할 때는 방아가지 밑의 열매를 일찍 제거하면 영양생장이 촉진된다. 그러나 소과종일 경우에는 식물체가 과실을 발육시키고도 영양분의 여유가 있어 계속적으로 개화되고 착과가 된다. 특히 풋고추의 경우 20일 정도 되면 수확하므로 연속적인 착과가 이루어지도록 하는 것이 좋다.

4) 토양의 생물학적 성질 관리



뿌리가 있는 작토 층에 유용한 미생물 밀도를 높이면 병해발생이 줄어들는데 쟈겨에 미생물을 증식하여 뿌려주는 방법과 생육 중에 액체상태의 미생물을 주기적으로 관수하는 방법이 있다.

생육 중에 물에 희석하여 관수한 경우 대부분 미생물이 토양에 정착되지 않는 것으로 조사되므로 토양 속에 유용 미생물의 농도를 높이기 위해서 주기적으로 공급하는 방법이 있다.

토양 속에는 다양한 미생물이 공존하고 있으며 토양환경이 악화되면 토양병원균의 밀도가 늘어나서 토양병해인 역병, 시들음병, 청고병, 균핵병이 발생되므로 토양 공극을 늘려주고 배수가 잘되게 한다. 토양 속에 유익한 미생물을 증대시켜 토양병원균이 작물 뿌리와 마주치는 기회가 적게하고 유용한 미생물이 식물뿌리 가까이에 많이 서식할 수 있도록 관리한다. 토양 속에 유용한 미생물이 많도록 관리하기 위해서는 “6종 혼합물을 이용한 생균제 만들기”와 같이 쟈겨를 이용하여 증식한다. 유용한 미생물을 증식한 후에 작토층에 넣어주는 방법을 활용한다. 또 다른 방법은 고추 재배기간에 주기적으로 유용한 미생물을 관주하여 일시적으로나마 유용한 미생물 밀도가 높도록 관리한다. 그간 시험 결과에는 작물

5) 시비관리

밑거름으로 화학비료와 가축분뇨퇴비를 주지 않은 포장은 웃거름을 준다. 시설고추 포장의 웃거름은 가축분뇨퇴비 추출물을 사용하면 비료구입비를 절약하고 수량도 늘릴 수 있다. 웃거름은 관수할 때 사용하며 시비량은 과일크기가 작은 고추는 야마자끼 토마토액, 과일크기가 큰 고추는 농촌진흥청 고추액비를 사용한다.

시설하우스 고추재배 시 액비기준량(me/mg)

구 분	N	P	K	Ca	Mg
소과(야마자끼 토마토액)	7	2	4	3	2
대과(농촌진흥청 고추액)	12	3	7	4	2

유기농 재배농가나 비료를 절감할 농가는 화학비료 대신 가축분뇨추출물을 이용하여 웃거름으로 사용할 수 있다. 돼지분뇨를 이용한 가축분뇨퇴비를 추출한 결과 아래와 같다

가축분뇨퇴비(돈분)추출물 비료성분 분석결과 예천군농업기술센터(2014)

구 분	질 소	인 산	가 리
가축분뇨로 만든 퇴비 추출액	194ppm	96ppm	247ppm

가축분뇨 추출물 퇴비를 사용할 때 계산하는 방법은

질소를 기준하여 사용할 경우 질소의 원자량은 14ppm으로 질소 1당량은 14ppm 이다. 따라서 소과를 재배하였을 때는 7당량× 14ppm = 98ppm 으로 추출액 질소성분이 194ppm이므로 $194 \div 98 \approx 1.97$ 2배로 희석하여 사용하면 된다.

이때 인산은 4.3당량이 들어가고 칼륨은 3.2 당량이 들어간다.

- 비료계산방법

인산질 비료는 액비속의 인산함량이 96ppm 인데 2배로 희석하여 사용할 때

$96 \div 2 = 48$ ppm이며 인산 1당량은 11ppm이므로 $48 \div 11 = 4.3$ 당량이 들어간 셈이다 따라서 소과중 기준량이 2당량인데 4.3 당량이 들어간 셈이 된다. 그러나 인산은 토양 속에서 쉽게 고정되며 인산질 비료 중에는 구용성 인산도 포함되어 있어서 계속 사용하였어도 인산과다 현상은 발생되지 않았다.

칼리질 비료는 액비속의 칼리함량이 247ppm이며 액비가 2배로 희석하였기에 $247 \div 2 = 123.5$ ppm 이며 칼리 1당량은 39ppm이므로 $123.5 \div 39 \approx 3.2$ 당량이 된다. 따라서 칼리기준량 4당량과 비슷하여 단용비료 첨가 없이 사용하였다.

인산을 기준할 경우에는 인산 원자량이 32ppm이며 전자가가 3이므로 1당량은 약 11ppm이 된다. 인산은 2당량 기준이므로 $11 \times 2 = 22$ ppm이다. 액비 속의 인산이 96ppm이므로 $96 \div 22 \approx 4.4$ 배로 희석하여 사용하고 부족한 질소비료와 칼리질비료는 단용비료로 사용하거나 비료함량이 높은 액비를 이용한다.

부족한 질소비료를 요소로 사용할 때

요소비료 분자량이 60ppm이며 질소가 2개 있어서 30ppm이 1당량이 된다. 액비속 질소 질 비료량은 194ppm이므로 $194 \div 4.4$ (액비희석배율)= 44ppm이 되며 질소 1당량은 14ppm(원자량)으로 $44 \div 14 \approx 3.14$ 당량이 된다. 질소 표준시비량이 7당량이므로 $7 - 3.14 = 3.86$ 당량이며 요소로 환산하면 $30 \times 3.86 = 115.8$ ppm으로 희석된 액비 1톤당 115.8g을 넣으면 기준량이 된다,

부족한 칼리질 비료를 황산칼리로 사용할 때

황산칼리 분자량은 174ppm이며 칼리성분이 2개 있어서 1당량은 87ppm이다. 액비속 칼리 질비료량은 247ppm이므로 $247 \div 4.4$ (액비희석배율)= 56ppm이 되며 칼리 1당량은 39ppm(원자량)으로 $59 \div 39 \approx 1.5$ 당량이 된다. 칼리 표준시비량이 4당량이므로 $4 - 1.5 = 2.5$ 당량이며 황산칼리 환산하면 $87 \times 2.5 = 217.5$ ppm으로 희석된 액비 1톤당 217.5g을 넣으면 기준량이 된다,

라. 병해충관리

1) 병해관리

가) 친환경제제

시설고추에 발생하는 병해는 토양병해인 역병, 시들음병, 청고병이 있으며 지상부에 발생하는 병해는 흰가루병, 세균성더듬이병, 바이러스가 있다. 뿌리의 물리성을 확보하면 뿌리활력이 높아서 병해저항성이 높다. 병이 발생되었을 때는 친환경제제와 미생물 제제를 이용하여 방제한다. 친환경제제는 유황과 구리가 병해 억제 및 방제에 효과가 있다. 석회보르도액은 지상부 병해 예방에는 효과는 있으나 석회와 구리가 생산물에 묻어 품질이 떨어지므로 사용하지 않고 뿌리에 발생하는 병해에 사용한다. 역병이나 시들음병이 발생되면 석회보르도액이나 유산동 용액을 지제부에 처리하며 역병에는 아인산염을 이용하여 예방 및 방제에 사용한다. 유황은 병해의 예방과 방제에 효과적으로 사용할 수 있으며 지상부에 처리하더라도 약혼이 남지 않아 사용하기 편리하다. 특히 흰가루병 방제에 효과가 있다

나) 미생물제제

토양 속에는 다양한 미생물이 살고 있으며 미생물 총량도 1g에 백만마리에서 1억마리까지 살고 있다. 이러한 토양미생물은 계절에 따라서 서식밀도가 달라지며 우점하는 미생물도 달라진다. 현재 사용하는 유용한 미생물은 최적의 조건에서 최고의 먹이로 증식되었기에 토양 속에 들어가면 정착하기가 어렵다. 특히 시기에 따라 환경에 적응한 미생물을 몰아내고 유용한 미생물로 토양 미생물 상을 바꾼다는 것은 정말 어렵다. 따라서 현재 사용하고 있는 유용한 미생물의 효과를 높이기 위해서는 싸겨로 유용한 미생물을 배양시켜 토양 속에 공급하는 방법과 관수할 때 유용미생물의 농도를 높여서 토양에 공급하여 일시적이라도 유용한 미생물을 우점시키는 방법이 있다. 시용한 미생물이 토양에 정착하지 않더라도 반복적으로 미

생물을 사용할 경우에는 미생물의 효과가 나타난다.

미생물을 사용하는 방법은 생육초기에는 토양속의 질소성분을 이용하여 토양염류농도를 낮추는 황국균(*Aspergillus oryzae*), 방선균(*Streptomyces griseus*), 고초균 (*Bacillus subtilis*, *Bacillus vallismortis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus megaterium*)이 효과적이다. 예천군에서는 생육초기에 사용할 미생물로 6종 혼합미생물(*Aspergillus oryzae*, *Streptomyces griseus*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodococcus sp*)를 사용한다.

생육기간 중에 작물생육을 촉진할 때는 유산균(*Lactobacillus casei*) 효모(*Saccharomyces cerevisiae*), 광합성균(*Rhodobacter capsulata*)을 혼합하여 사용한다. 청고병이 발생하는 지역에는 정식 전부터 *Bacillus vallismortis*를 주기적으로 관주한다.

2) 진딧물

우리나라에서 발생하는 진딧물은 600여종이 있지만 시설고추에 발생하는 대부분의 진딧물은 목화진딧물과 복숭아혹진딧물이다. 그 외 포장 안과 밖에서 발생하는 많은 진딧물은 고추에 피해를 주지 않기 때문에 이러한 진딧물을 활용하여 시설 내 진딧물을 방제하는 기술을 개발해야한다. 이른 봄 냉이에 발생하는 아카시아진딧물, 소리쟁이에 발생하는 소리쟁이진딧물, 지칭개에 발생하는 지칭개수염진딧물, 망초에 발생하는 망초수염진딧물은 3월부터 7월까지 계속 연결된다. 이러한 진딧물은 토착천적의 먹이가 되며 고추에 발생하는 진딧물도 방제한다.



소리쟁이진딧물



지칭개진딧물



기장테두리진딧물



무테두리진딧물

그림. 고추에 피해를 주지 않는 진딧물

일반적으로 진딧물 방제를 위하여 토양에 침투이행성 살충제입제를 사용하여 방제하였으나 친환경농업에서는 농약사용이 어렵다. 따라서 시설 내에서도 고추에 피해를 주지 않는 기장테두리진딧물, 옥수수테두리진딧물, 무테두리진딧물을 증식시키면 목화진딧물과 복숭아혹진딧물을 방제할 수 있다. 늦가을에 하우스 안의 빈 공간에 파종한 보리에는 보리만 좋아하는 기장테두리진딧물이나 보리두갈래수염진딧물이 증식되어 봄에 콜레마니진디벌 벵커플랜트로 활용할 수 있다. 이른봄 고추포장에 파종한 배추에는 무테두리진딧물이 발생되어 콜레마니진디벌의 먹이가 된다. 4월 이후에는 옥수수를 파종하면 기장테두리진딧물이나 옥수수테두리진딧물이 발생되어 토착천적이 유인되어 고추진딧물 방제효과를 높일 수 있다. 이처럼 고추에 피해를 주는 진딧물은 목화진딧물과 복숭아혹진딧물이 대부분이므로 고추에 피해를 주지 않는 진딧물을 관리하여 고추생육기간 중에 도입천적과 토착천적이 계속 유지될 수 있도록

록 관리한다. 진딧물 천적 관리는 먼저 시설고추를 재배 할 포장에 전년도 10월 달에 하우스 골조 밑에 10~ 20m 간격으로 보리씨를 10~ 15개 파종한다. 하우스에 파종된 보리씨가 발아되면 외부에 있던 기장테두리진딧물이나 보리두갈래수염진딧물이 정착되어 겨울동안 증식된다. 보리에 증식된 진딧물은 월동 후 고추를 정식하기 전에 콜레마니진디벌을 접종하여 이른 시기에 고추에 발생하는 진딧물을 방제한다. 월동 중에 보리에 진딧물이 발생되지 않으면 발생된 포기의 진딧물을 발생하지 않는 보리에 접종한다. 하우스 주변에는 고추에 피해가 가지 않을 정도의 잡초를 관리하여 진딧물의 토착천적이 증식할 수 있도록 한다.

고추에 피해를 주는 진디물의 토착천적은 이른 봄부터 늦가을까지 발생하는 꽃등애, 5 ~ 6월 발생하는 어비진디벌, 진디혹파리, 진디면충좀벌, 풀잠자리가 있다.

이들 토착천적의 특징은 진딧물 발생이 충분히 늘어나서 먹을 것이 충분할 때 나타나는 습성이 있다. 따라서 진딧물 피해가 발생하기 전에는 도입천적인 콜레마니진디벌을 활용하고 6월 이후부터는 토착천적을 활용하는 방법이 필요하다.



진디벌



진디혹파리



꽃등애



풀잠자리



무당벌레

그림. 토착천적의 종류

3) 총채벌레

가) 총채벌레 발생원인

최근 총채벌레가 많이 발생하는 원인은 토양에 살충제를 많이 뿌려서 토착천적인 총채가시웅애 밀도가 떨어졌기 때문이다. 총채가시웅애는 작토 층의 토양 속을 이동하면서 총채벌레 번데기, 잎굴파리번데기, 뿌리파리유충과 알, 민달팽이, 토양선충 알과 유충의 즙액을 먹고산다. 최근 진딧물 방제를 위하여 고추모종에 살충제를 뿌리고 심거나 정식 전 토양에 살충제를 뿌린 후 작물을 심어 진딧물을 방제한다. 침투이행성 농약성분은 작물에 흡수되어 즙액을 먹은 진딧물이 방제된다. 그러나 침투이행성 살충제를 뿌린 토양은 토양 속에 있는 총채벌레의 천적인 총채가시웅애가 죽게 된다. 총채벌레는 알, 1령, 2령 초기에는 지상부의 잎과 꽃에서 서식하여 피해를 주다가 2령 노숙유충이 되면 땅으로 떨어져 번데기가 된다. 천적인 총채가시웅애가 없는 토양에는 총채벌레의 번데기 대부분 개체가 성충이 된다. 성충이 된 총채벌레는 고추꽃으로 올라가서 100 ~ 200배로 증식되어 한세대만 지나면 방제할 수 없을 정도로 많은 양이 증식된다. 토양에서 사라진 총채가시웅애를 복원하게 되면 총채벌레 피해를 예방할 수 있다.

나) 총채가시응애 복원방법

먼저 토양 중에 살충제 사용을 피해야 한다. 시설하우스 토양은 작물을 재배하기 위하여 자주 갈고 로타리 작업을 하여 총채가시응애 밀도를 낮게 한다. 따라서 이랑을 만든 후에는 총채가시응애가 복원될 수 있도록 토양에 접종한다. 접종방법은 작물을 심기 전에 토양에 구멍을 뚫고 밑에 구멍이 있는 용기를 넣은 후 소독된 왕겨와 종충, 쌀겨를 순서대로 넣어 주면 된다.

종충 속에는 총채가시응애와 긴털가루응애가 있으며 총채가시응애는 긴털가루응애를 먹이로 한다. 긴털가루응애는 쌀겨를 먹이로 하여 증식되므로 쌀겨만 공급되면 총채가시응애가 계속 증식된다. 증식된 총채가시응애는 작토 층 속으로 확산된다. 안정된 토양 속 생태계가 유지되면 총채벌레, 잎굴파리 등 방제가 어려운 해충의 밀도가 줄어든다,

이런 방법은 연중 계속되므로 50~ 60일이 지나면 용기를 꺼내어서 내용물을 바꾸어주는 데 처음과 같이 왕겨와 종충, 쌀겨를 보충하면 된다. 이때 필요한 종충은 꺼낸 내용물의 일부를 넣어주면 된다.

4) 기타 해충관리

해충방제는 각각의 해충을 단독으로 방제하기는 매우 어렵다. 해충은 천적, 미생물, 친환경제제를 적절하게 조절하여 관리한다. 1 ~ 2월에는 일장이 짧고 야간온도가 낮다. 또한 시설 내 환기가 나쁘고 습도가 높아서 해충이 발생되기 어렵다. 그러나 해충이 발생되면 천적 사용이 어렵고 친환경제제는 약해가 발생하여 방제하기도 어렵다. 이런 시기에는 살충곰팡이를 활용하면 모든 해충이 방제된다. 살충곰팡이는 *Beauveria bassian*, *Verticillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae* 등이 있으며 본군에서 개발하여 활용하는 *Beauveria bassian*는 고두밥으로 다량으로 생산할 수 있다. 살충곰팡이는 20~ 25℃의 온도에서 습도가 90% 이상 되는 환경에서 활용하기 쉽다. 이러한 환경은 겨울철 하우스에 적당하므로 농가에서 집적 살충곰팡이를 생산하여 사용한다.

고추가 자라서 겹쳐지기 시작하면 오이이리응애, 지중해이리응애, 사막이리응애를 증식하여 종이컵에 넣어서 달아주거나 잎에 뿌려주어 정착되도록 한다. 이리응애류는 총채벌레 알과 어린유충을 방제하며 온실가루이 알과 어린유충, 담배가루이 알과, 어린유충을 방제한다. 특히 사막이리응애는 점박이응애 등 잎응애류를 방제하는 효과가 있다. 천적이 있더라도 해충은 부분적으로 많이 발생할 수 있는데 이런 부분만 천적의 밀도를 높여주거나 친환경제제를 뿌려서 방제한다. 해충방제용 친환경제제를 전면에 살포하면 정착되었던 천적이 죽게 될 우려가 많다.

온실가루이나 담배가루이가 발생되면 끈으로 표시해 두었다가 온실가루이좀벌이나 담배가루이 좀벌을 구입하여 방사하면 온실가루이가 발생되지만 밀도가 낮아져서 피해를 주지 않는다.

지역에 따라 잎굴파리가 발생되어 피해를 주는 경우가 있는데 총채가시응애 밀도가 높으면 토양에서 잎굴파리번데기를 방제된다.

7 ~ 8월 더운 시기에는 대부분의 천적의 활동이 억제된다. 그러나 토착천적 중에서 담배장

님노린재는 더운 시기에 활동이 늘어난다. 담배장님노린재 증식을 위해서는 5월과 7월에 시설 내에 참깨를 파종하면 된다. 담배장님노린재는 참깨 즙액을 좋아하여 유인되며 먹이가 없을 때는 참깨 즙액을 먹고 산다.

고추에 가장 문제되는 해충은 고추담배나방이다. 고추담배나방 천적은 많지만 효과는 적은



편이다. 고추담배나방은 핵다각체바이러스를 이용하면 피해를 줄일 수 있다. 핵다각체바이러스 생산 방법은 농가에서 피해과실에서 유충을 채집한다. 고추를 잘라서 씨를 제거한 후 고추과육을 가로세로 5mm 로 잘라 먹이로 사용한다. 핵다각체바이러스로 죽은 유충을 채집하여 5~ 10배 물에 희석하여 자른 고추에 피복한 후 1조각씩 유충에 먹인다. 이후 냉장실에 1일정도 보관하였다가 상온에 사육하면 유충이 바이러스에 쉽게 증식된다.

핵다각체바이러스에 감염된 유충

바이러스에 증식된 유충 10마리 정도면 10a를 방제할 수 있다. 파밤나방이나 담배거세미나방 방제도 핵다각체

바이러스로 방제할 수 있다. 그러나 각각의 핵다각체바이러스는 기주특이성이 있어서 담배나방핵다각체바이러스로 파밤나방을 방제할 수 없다.

파밤나방이나 담배거세미나방 핵다각체바이러스 생산은 쉬운 편으로 양배추에 핵다각체 바이러스를 피복한 후 유충을 접종하면 쉽게 바이러스를 얻을 수 있다. 핵다각체바이러스 원균은 예천군농업기술센터에서 구할 수 있다.



고추담배나방성충



유충



인공사육중인 유충



피해과실

마. 시설고추 친환경 매뉴얼

구분	작업내용	비고
전년도 10월	<ul style="list-style-type: none"> 토착천적 증식 조건 조성 - 시설하우스내 측면 10m 간격 보리파종 기장테두리진딧물 증식 - 밭뜩 및 공한지 보리 및 유채파종 	토착천적증식 기반조성
육묘기	<ul style="list-style-type: none"> 미생물 처리 - 발아 후 20일경 바실러스 발리스몰티스 100배액 관주 	생육촉진
	<ul style="list-style-type: none"> 육묘상 병해방제 - 관수, 통풍작업, 아인산염으로 방제 	곰팡이병방제

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 육묘상 콜레마니 진디별 뱅커플랜트 설치(사진 - 우) - 육묘상에 보리기장테두리 진딧물이 있는 뱅커플랜트 설치 	
정식기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정식 시 유용미생물(바실러스발리스 몰티스)관주로 	활착촉진
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 포장주변 식물 종다양성 확보 - 메밀, 옥수수, 콩, 파 등 다양한 식물 공한지. 밭뚝에 파종 	토착천적 유인
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 황토유황살포 	곰팡이병방제
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총채가시응애 뱅커플랜트 설치(사진- 우) - 총채벌레번데기, 뿌리파리, 민달팽이 방제 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 하우스 측면에 심겨진 보리에 기장테두리진딧물 증식 - 콜레마니진디별 집중(사진- 우), 진딧물 방제 	
생육기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방충망 설치로 고추담배나방 예방 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 아인산염, 황토유황 15일 간격 교호 처리 	곰팡이병방제
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뱅커플랜트 관리 - 콜레마니진디별, 총채가시응애 증식유도 - 보리포기 옆에 옥수수, 참깨 파종 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온실가루이좀벌, 황온좀벌 방사 - 온실가루이, 담배가루이 방제 	
혹서기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 오이이리응애, 지중해이리응애 방사 - 온실가루이, 담배가루이, 점박이응애 방제 - 용기를 이용한 천적 분배(사진- 우) 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 아인산염, 황토유황 15일 간격 교호살포 흰가루병, 세균성병 예방 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 포장 주변 잡초관리 - 제초제 금지, 잡초 초장 30cm 유지 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시설내 뱅커플랜트 관리 - 콜레마니진디별, 총채가시응애 - 옥수수, 참깨 30일간격 파종 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 담배장님노린재 방사(사진- 우) - 혹서기 진딧물, 총채벌레, 가루이, 점박이응애 방제 - 해충 밀도 낮을 때 작물 피해 예방을 위한 대체식물 참깨입식 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 담배나방 방제 - 담배나방 성충 예찰후 BT제, 핵다각체 바이러스 5일 간격 3회 살포 - 장마기 습도가 높을 때 살충곰팡이 살포 	
생육후기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토착천적 관리 - 밭뚝, 공한지 종다양성 유지, 잡초 초장 30cm 내외로 유지 - 토착천적인 좀벌, 꼬치벌 등 증식 장소 제공 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵다각체 바이러스 10일 간격 주기적인 살포 	담배나방방제
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뱅커플랜트 유지 - 옥수수 초장 50cm 이하 유지, 참깨 후기 까지 유지 - 진디별, 총채벌레, 담배장님노린재 후기까지 유지 	

3. 시설 참외 친환경재배 매뉴얼

가. 시설참외 재배력

시 기 (월)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
작물생육	육묘기	정식	일반관리						포장준비		육묘기	
대상병해충	시들음병, 덩굴마름병		흰가루병		진딧물, 온실가루이, 총채벌레, 점박이용애, 차면지용애 파밤나방, 담배거세미나방, 작은각시들명나방							
병 해	미생물6종혼합, 3종혼합, BV 주기적 처리						6종혼합미생물이용, 생균제 생산 및 사용					
해충 별 방 제 방 법	진딧물	살충 공 방 이		폴리마니진딧벌		황토유황, 석회보르도액						
	온실가루이			온실가루이 종벌		어리줄물잠자리, 진디혹파리, 꽃등애						
	총채벌레			총채가시용애								
	점박이용애			지중해이리용애, 오이이리용애산막이리용애								
	파밤나방 등			핵담각체바이러스, BT제								
	참외 정식 전 준비사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진딧물 방제를 위하여 하우스 안쪽 양측 처마비닐 밑에 10m 간격으로 보리씨 5 ~ 10알 뿌려서 관리(뱅크플랜트) ○ 하우스내 10 ~ 20m 간격으로 4월중순에 옥수수 파종하여 참외 마지막 수확까지 유지 ○ 5월 상순 하우스 주위 빈공간에 옥수수를 파종하여 옥수수테두리진딧물 유인. (진디벌 및 알기생분 유인) ○ 하우스 주위 밭둑, 빈공간 식물의 다양성 유지(냉이, 소리쟁이, 지렁개, 망초 등 토착천적 유인 및 도피처) 										

나. 정식 전 관리

1) 토양관리



참외 재배 포장

참외의 긴 생육기간을 감안하고 작업할 때 이랑위로 올라가는 것을 감안하여 왕겨이용 소경운재배 기술을 활용한다. 단동하우스에 2열로 재배되는 참외는 결순제거, 잎따기, 수확 등의 작업으로 참외가 심겨진 이랑 위에서 작업할 수밖에 없다. 이런 원인으로 인하여 이랑이 단단해져서 토양 공극이 적고 참외 뿌리가 죽게 된다. 모든 작물의 뿌리는 수분과 영양분의 흡수는 물론이며 병해충에 대한 저항성에도 크게 영향이 있다. 작물의 새 뿌리 생성이 나빠지면 각종 병해가 발생된다. 참외가 착과되어 비대하기 시작하면 영양분 소모가 많아지고 세력이 떨어져서 덩굴마름병, 흰가루병이 발생된다. 착과비대가 시작되면 동화산물이 잎과 뿌리로 전달되는 것이 줄어들고 과일로 이동량이 많아지기 때문이다. 따라서 참외가 재배되는 기간 중에는 토양공극이 확보되어 뿌리 내림이 좋아야 된다. 이를 위하여 뿌리가 내리는 공간과 작업으로 토양이 다져지는 공간을 분리한다. 이는 양액재배 기술을 차용한 것으로 참외 뿌리가 있는 공간에만 물과 비료를 공급하는 방법이다.

무토양재배인 양액재배에서는 물리성이 좋은 락울, 펄라이트, 모래가 작물의 뿌리를 지지해 주는 역할만 한다. 왕겨이용 소경운재배기술(소경운재배)에서도 토양의 물리성을 확보하기



왕겨이용 소경운 재배 포장 만들기

위하여 다량의 왕겨를 토양과 혼합하여 재배상토로 이용한다. 무토양재배에서 밑거름을 넣지 않는 것처럼 소경운재배에서도 밑거름을 넣지 않고 참외를 정식한다. 작업방법은 2이랑을 재배하는 하우스에 길이 100m 당 왕겨 2,000리터를 확보하여 1이랑 당 1,000리터를 폭 40cm로 깔아둔다. 이후 관리기로 왕겨 있는 곳을 구굴하고 되묻기 작업을 하면 이랑이 완성된다. 자세한 방법은

앞서 서술한 “왕겨이용 소경운재배기술”을 참고하면 된다.

2) 생균제 및 살충곰팡이 시용

쌀겨를 이용하여 미생물을 증식시킨 생균제를 하우스 길이 100m 당 100 ~ 150kg을 정식할 부분에 뿌려주면 토양의 생물학적 성질이 바뀌게 된다. 유용한 미생물은 작물의 생육을 촉진하고 토양병원균과 경합하여 토양병해 발생도 억제하는 등 다양한 효과가 있다. 토양에 미생물만 넣어주면 토양에 정착하기 힘들다. 그러나 쌀겨를 이용하여 유용한 미생물을 증식하여 넣어주면 정착하기 쉽다, 이때 살충곰팡이 *Beauveria bassiana*를 증식한 쌀겨 3~ 5kg을 뿌려주면 굼벵이, 토양선충, 총채벌레응애 번데기 등 토양해충을 방제할 수 있다.

- 돼지분뇨 발효액비 이용

돼지분뇨는 많은 비료가 함유되어 있어 비료로 사용하면 비료절감과 과일의 맛과 향기가 높아진다. 그러나 냄새가 나서 사용하기 어렵지만 앞에서 서술한 미생물을 이용한 발효 방법으로 비료로 사용할 수 있다. 발효액비에 관비자동화 방법을 이용하면 액비 이용을 최적화 할수 있다. 2012년 포장시험결과 돼지분뇨 발효액비는 참외 재배에 좋은 결과가 있었다.

1) 돼지분뇨 대량발효

600리터 간이발효기를 이용하여 돼지분뇨와 물을 1 : 1로 희석하고 3종 혼합미생물(유산균, 효모, 광합성균) 6리터를 넣어서 7일간 발효하였을 때 질소 26%, 인산 24%, 가리 29%의 비료 손실이 있었으나 돼지분뇨에서 발생하는 악취가 현저하게 감소되었다.

돼지분뇨 대량발효 시 냄새와 비료성분 변화 예천군농업기술센터(2012)

	냄새(1~10)	비료 성분(ppm)		
		질소	인산	가리
발효 전	9	2,861	1,077	2,833
발효 후	2	2,112	1,024	1,989

* 돼지분뇨 50%액을 33℃에 7일간 미생물 처리결과

** 발효기는 프로펠라 교반기와 양수모터를 이용한 순환식 교반 방법을 동시에 사용
 *** 발효온도는 34℃ 유지(외부 노출로 인한 야간의 온도 유지를 위해 다소 높임)

2) 발효액비 사용기준

돼지분뇨 발효액비 사용기준		예천군농업기술센터(2012)		
구	분	N	P	K
참외재배 시 적정 N, P, K 당량		18.7	6.3	10.0
발효분뇨 1톤 속 비료량		2,112g	1,024g	1,989g
비료원소의 1당량(원자량/전자가)		14	11	39
발효분뇨 1톤 속의 비료 당량(비료량/당량)		150	93	51
물1톤에 희석량(총당량/ 비료별 적정당량)		8	15	5

참외에 알맞은 액비희석량은 발효분뇨를 5 ~ 8배정도 희석하여 사용하는 것이 적당하였으며 이때 부족한 비료는 별도로 용해하여 사용하였다.

참외는 생육시기에 따라 비료 요구량이 달라 생육초기는 분뇨발효 액비만으로도 충분히 생육이 가능하다. 착과 후 7~ 20일에는 비료 요구량이 많아지며 질소비료, 칼리비료, 칼슘비료를 희석하여 두었다가 사용한다.

3) 발효액비 시험결과

o 생육

초기 생육 조사결과		예천군농업기술센터(2012)	
	초장(cm)	마디수(개)	엽장/엽폭 (상위5엽)
시험구	31.3	8.9	0.81
대비구	29.9	8.2	0.91
p-value (95%)	0.073	0.329	0.074

* 초장, 마디수는 조사구당 10포기 포기당 1줄기

** 엽장/엽폭 조사는 조사구당 10포기, 포기당 1줄기의 상위5엽 조사

발효분뇨를 공급하는 생육 초기에는 초장과 마디수가 시험구에서 다소 큰 것으로 나타났으나 유의성은 없었으며 영양생장 정도를 알 수 있는 엽장과 엽폭의 비율은 대비구에서 다소 높았으나 유의성은 없었다. 따라서 발효분뇨를 공급하는 초기의 생육은 비슷하다고 할 수 있다.

발효분뇨 공급 21일후 생육조사

예천군농업기술센터(2012)

	초장	마디수	엽장/엽폭
시험구	108.0	19.4	0.79
대비구	91.8	17.8	0.92
p-value (95%)	0.0009	0.006	0.298

* 3월 7일 조사구 반복조사

발효액비를 21일 간 공급한 결과 시험구는 대비구에 비하여 초장은 118%, 109% 증가하였으며 엽장과 엽폭의 비는 유의성은 없으나 대비구에 비해 작아서 영양생장 단계로 더 크게 전환된 것으로 나타났다. 돼지분뇨 발효액비를 계속적으로 공급하는 시험구에서는 착과량이 많았는데 영양생장기간에서 생식생장으로 생육전환이 잘 된 것으로 볼 수 있다.

o 총수량

1차 착과된 참외는 5월 7일부터 수확하여 5월 25일 종료하여 총수량을 조사 결과한 결과 시험구에서 104% 증수되었다.(포장의 전수 조사)

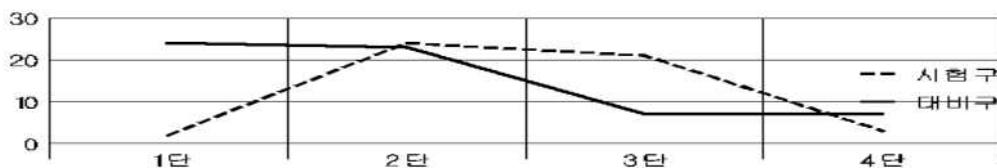
수량조사 결과

예천군농업기술센터(2012)

구 분	시험구	대비구	비율(시험구/대비구)
총 수량(kg/100m)	1,950	1,870	104%

o 크기별 분류

참외의 품질은 1개의 무게가 350g 전후 되는 것이 알맞다. 1개당 크기가 너무 커도 상품성이 떨어지고 너무 작아도 떨어진다.



참외 무게별 수량

* 크기분류 : 1개 무게가 380~500g 1단, 379~300 2단, 299~245 3단, 244~200 4단

대비구에서는 착과수가 적어서 굵은 참외가 많아 실질적인 소득이 떨어지지만, 분뇨액비를 발효시켜 공급한 시험구에서는 착과가 안정되어 상품성이 높은 참외가 생산되었다.

o 참외 길이와 폭의 비율

참외의 외관상 품질을 볼 때 과일표피 색과 적당한 크기, 과일의 모양(길이와 폭의 비율 약 1.35정도)에 따라 결정된다. 따라서 발효액비를 사용하더라도 과일의 품질을 유지해야 한다. 과일의 길이와 과일 폭을 통하여 품질을 확인할 수 있으며 결과는 아래와 같다.

	참외 크기별 길이와 폭의 비율		
	시험구	대비구	대비 % (시험구/대비구)
1단	1.292	1.394	85
2단	1.367	1.386	98
3단	1.351	1.428	94
4단	1.333	1.339	99

4) 토양환경

	토양이화학적 성질							
	산도	유기물	유효인산	칼륨	칼슘	마그네슘	전기 전도도	
적정치	6.0~6.5	20~30	300~400	0.6~0.7	5.0~6.0	1.5~2.0	0.0~2.0	
시험 전	6.4	16	109	0.6	5.1	4.7	1.36	
시험 후	시험구	5.5	8	84	0.15	4.8	3.1	1.3
	대비구	5.5	11	71	0.11	4.0	1.0	0.2

* 시험 전 조사 : 4월7일, 시험 후 조사 : 7월 6일

참외 생육초기의 토양은 유기물과 유효인산 함량이 낮았으며 마그네슘 함량은 높은 편이었다. 1차 수확이 끝난 후 토양의 이화학적 변화를 측정 한 결과 산도는 약 1도 떨어지고 유기물 함량이 시험구에서 더 많이 떨어졌는데 이는 영양생장과 생식생장이 활발하여 토양 영양분 용탈이 더 심하여 나타난 것으로 추정된다. 기타 유효인산, 칼륨, 마그네슘은 생육초기에 비하여 시험구에서 감소가 적게 나타났다. 따라서 분뇨발효 액비는 충분한 비료를 공급하면서도 토양의 비료유실을 적게 하는 효과가 있었다.

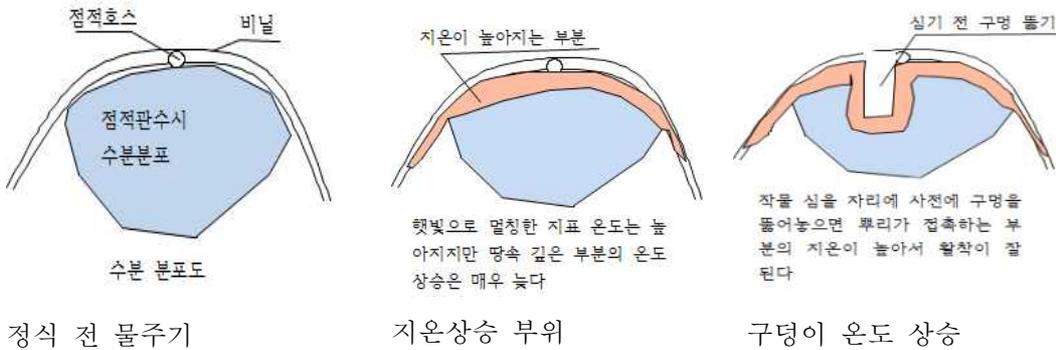
2) 참외 생리 및 관리

가) 물 관리

o 정식 전 물 관리

저온기에 재배되는 시설하우스에 심은 참외가 조기에 활착되는 것은 그해 농사에 승패를 가늠할 수 있다. 같은 날에 심은 참외가 활착하는 데는 농가마다 다르다. 관리를 잘하는 농가

는 정식한 다음날에 뿌리를 내려서 2~3일이면 활착이 완료되어 성장이 시작된다. 그러나 관리를 잘 하지 못하면 활착에 1~2주 이상 걸리는 경우가 허다하게 많다. 활착이 늦을 경우 수량과 품질에도 영향을 크게 미치며 각종 병해의 발생 원인이 된다. 따라서 저온기 시설하우스에 정식한 작물이 조기에 활착 할 수 있도록 관리해야 된다. 활착이 안되는 원인은 낮은 지온, 너무 많은 토양수분, 수분부족, 저온, 모 소질 불량 등이 있다. 우리지방에서는 지온이 낮을 때 정식하여 활착이 안되는 경우가 많다.



지온을 높이기 위해서는 정식 전에 비닐피복, 관수, 심기 전 부직포 개폐 작업으로 지온을 높이는 작업을 한다. 심기 직전에 관수를 많이 하면 지온이 낮아지는 경우가 많다. 그러나 위 그림 과 같이 정식 2~3주전에 적정량을 관수하게 되면 수분이 있는 토양에 태양열이 축적된다. 지표면의 온도가 15℃ 이상이 되면 작물의 뿌리내림이 빨라진다. 따라서 심기 4~5일전에 심을 자리에 구덩이를 먼저 만들면 구덩이 주변의 온도가 높아져 뿌리내림이 더 좋아진다.

o 관수량 계산

심기 전에 토양에 적정량의 물을 주면 지온을 높이는데 매우 좋지만 관수량이 과다하면 지온을 높이기 어렵고 과습상태가 되어서 활착이 되지 않는 원인이 된다. 뿌리가 활착되기 위해서는 반드시 뿌리에 산소 공급이 필요하지만 미세하게 부서진 토양은 소공극이 많아 물을 흡수한 상태에서 배수되기 어렵다. 이런 포장은 이량이 젖어 있을 뿐만 아니라 심할 경우 이랑 밖으로 물이 고이며 하우스 내 습도가 높아진다. 하우스 내 습도가 높으면 병해 발생의 원인이 되므로 적정량의 물을 관수해야 된다. 관수량을 계산하는 방법은 다음과 같다

- 관수할 토양의 부피 계산
- 관수할 토양 중에서 고상, 기상부분 제외
- 토양이 함유한 수분을 제외한 총 수분 량
- 양수기를 이용한 적정 관수시간 계산

예를 들어 100m 하우스에 2이랑을 재배하는 참외 재배의 경우 심기 전 관수는 폭 30cm 깊

이 30cm에 토양수분이 70% 되게 하는 것이 좋다. 따라서 관수할 부피는

$$100\text{m} \times 2\text{열} \times \text{폭 } 0.3\text{m} \times \text{깊이 } 0.3\text{m} = 18\text{m}^3$$

토양은 삼상으로 구성되어 있으며 적정 비율은 50 : 35 : 15 이므로 관수할 부분 중에서 고상 부분을 제외한다.

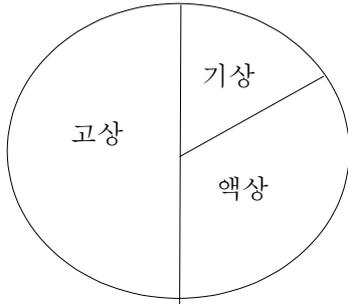


그림 338) 토양의 3상

$$\text{부피 } 18\text{m}^3 \times 50\% = 9\text{m}^3$$

포장에 따라 다르기는 하지만 시설하우스에서 경운하지 않는 토양이라도 수분을 50% 정도 함유하고 있으므로 관수량에서 제외한다. 이때 기상 부분과 액상부분을 합하여 수분 70%가 적정이므로 기존 토양에 함유된 50%를 제외하면 20%가 남는다.

따라서 20%만 관수하면 된다.

$$9\text{m}^3 \times 20\% = 1.8\text{m}^3, \text{ 관수량으로 환산하면 약 } 1.8\text{t이 된다.}$$

o 관수시간

위 계산으로 100m 시설하우스에서 참외를 2이랑 재배할 경우 심기 전에 약 1.8t의 물을 관수해야한다. 가장 쉬운 방법은 물통을 이용하여 포장에 필요한 물량을 담아서 전부 관수하면 적정량이 된다. 그러나 관정에서 직접 물을 퍼서 관수 할 경우에는 관수시간을 정해야 한다.

가장 간편한 방법은 점적호스의 경우 물 떨어지는 자리에 컵을 두고 5분정도 담기는 물의량으로 관수시간을 계산한다.

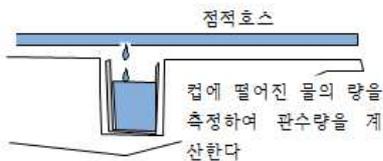


그림 339) 관수량 계산

100m하우스 5동에 20cm 간격의(1m 당 5개) 점적호스로 이용하여 관수할 때 5분간 컵에 떨어진 물이 200cc 일 경우 하우스 1동당 관수량은 200ℓ이다

$$(100\text{m} \times 5\text{개} \times 200\text{cc} \times 2\text{열} = 200\ell)$$

따라서 100m 하우스 5동을 관수하는 농가에서 하우스 1동당 1.8t을 관수하기 위해서는 위에서 서술하는 양수기로 45분이 소요된다.

$$(1,800\ell \div 200\ell \times 5\text{분} = 45\text{분})$$

즉 100m 하우스 5동에 2이랑 재배하는 참외하우스에 토양수분이 50%라 가정할 경우 하우스 당 1.8톤의 물을 관수한다.

양수기를 이용할 경우 20cm 간격의 점적호스를 이용하여 5분간 관수하였을 때 200cc가 관수 될 경우에는 45분간 양수를 가동하면 하우스 1동당 1.8t의 물을 관수할 수 있다.

o 생육초기 관수 시점



작물 생육초기의 관수시점을 알면 작물관리에 큰 도움이 된다. 시설작물을 재배할 때는 작물을 심기 전에 지온을 올리기 위하여 심을 자리에 관수를 한다. 물은 토양에 비해 열을 간직하는 힘이 크기 때문에 사전에 물을 주고 심을 자리에 지온을 높이는

것이 중요하다. 또한 작물을 심은 후에도 모종이 토양과 잘 결합되도록 물을 준다. 활착 후에도 대부분 포장에서는 물이 많은 상태가 유지된다. 토양 속에 물이 많으면 오랫동안 물을 주지 않아도 된다. 그러나 언제 물을 주어야 할 것인가 대해서는 잘 알지 못하는 실정이다. 따라서 처음 물주는 시기와 작물의 수분 요구를 잘 관찰할 필요가 있다. 아래그림과 같이 작물의 생육상태를 보고 관수할 시점을 알 수 있다, 아래그림에서 성장점의 어린잎①을 제외하면 성장점에서 첫 번째 어른 잎은 ②이다. 식물체내는 대체적으로 동일한 분포로 수분을 함유하는데 어린잎은 세포벽에 단단하지 않아 체내수분이 많으면 ①처럼 연하게 보인다. 어른잎이 되면 세포벽이 단단해지지만 오래된 잎에 비하여 세포벽이 무른 편이라 잎에 수분이 많으면 잎색이 ②처럼 연하게 보인다. 따라서 잎의 색깔을 보고 관수시기를 판단할 수 있다.

그동안의 경험으로 볼 때 참외의 경우 성장점의 첫 번째 어른잎②가 3번째 잎 ④와 같은 정도의 녹색이 되었을 때가 최적의 관수적기로 판단된다. 만약 첫 관수 시점이 너무 빠를 경우 토양이 과습하게 되어 지온이 낮아지고 생육이 억제되며 너무 늦으면 성장점의 잎색이 검은 녹색이 되며 수분 부족으로 인하여 생육이 지연된다. 따라서 관수시점을 잘 관찰하여 관리하는 것이 저온기 관수 요점이다. 첫 관수량은 뿌리의 범위에 따라 달라지는데 포기당 약 200cc정도 관수하여 1일 경과하면 작물이 물을 흡수하여 성장점 부위부터 엷색이 연하게 된다. 보통은 성장점에서 4엽까지 연한 녹색이 되면 적정량으로 보아진다. 작물 상태에 따른 수분량 관찰은 개개인의 노하우로 여겨진다. 따라서 성장점의 잎 상태를 관찰하는 방법을 개발할 필요가 있다.

o 생육기간 중 관수

우리지방에서 참외재배는 한겨울에 정식하여 여름을 지나 가을까지 수확하는 형태가 많다.

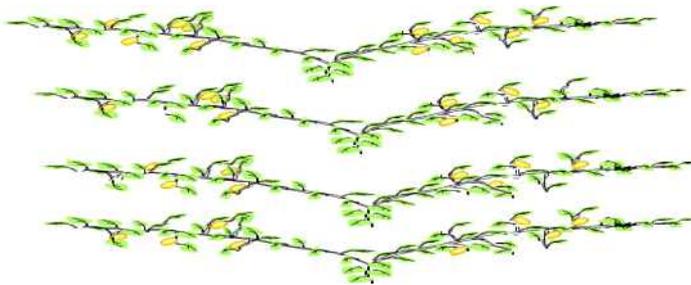


생육기간 중 관수시점 보는 방법

겨울철에 참외를 정식하면 3월 이전에는 토양온도가 낮아서 관수량을 조절해야 생육에 장애가 발생되지 않는다. 저온기에 관수량이 많으면 지온이 낮아져서 생육이 늦어지므로 관수 적기를 판단하기 어렵다. 위 그림과 같이 참외 잎을 보면 토양속의 수분을 알 수 있다. 토양 수분이 적으면 ②와 같이 진한 녹색을 나타내며 수분이 많으면 ①과 ③처럼 생장점 가까이 갈수로 인한 녹색이 된다.

연한 녹색 잎이 많을수록 토양속의 수분함량이 많다. 모든 작물은 새잎일수록 활동이 많고 세포노화가 적어 수분을 많이 함유하고 있으며 수분이 적은 잎보다 잎색이 연해 보인다. 위 그림과 같은 상태가 계속 유지되는 한 관수할 필요가 없다. 토양에 따라서는 지하수위가 높아져 정식 후 착과기까지 관수할 필요가 없는 토양이 많다. 그러나 농가에서는 토양 속, 특히 어린 실뿌리가 분포하는 부분의 토양수분을 알 수가 없어서 지표면의 가뭄 정도에 따라, 또는 주기적으로 관수하여 습해가 발생된다. 겨울철 관수는 새순 가까이의 어린 잎(잎 발생 후 5일이 경과된 잎) 2~3장까지 잎색이 진하여 질 때 한다. 작물의 상태를 보고 관수 시점을 정하는 것은 여름철에도 적용되지만 여름철은 토양온도가 높고 토양 증발량이 많아 토양이 다소 과습하더라도 크게 문제가 없다. 그러나 겨울철 토양은 하우스가 피복되어 증발량이 적으므로 과습하게 되면 과습 상태가 오래 유지되어 생리장애가 발생되므로 관수 시점을 잘 판단해야 한다.

3) 참외 덩굴유인



참외덩굴 유인과 착과

참외 덩굴을 유인하는 이유는 적기에 적당한 량의 참외를 착과시켜서 일시적으로 수확하기 위함이다. 참외는 손자덩굴 첫마디에 착과되는 습성이 있는데 3월 중순에 수확하는 경우 1포기에 8개를 수확해야 소득이 높다. 참외 착과에는 참외 잎이 매우 중요한데 참외 착과 시점에 잎 2매가 1개의 참외를 착과시킬 수

있다. 따라서 3월 중순에 8개의 과일을 수확하기 위해서는 1월 하순에 참외를 착과시켜야 하며 착과마디 밑에 잎이 총 16매 이상 유지해야 한다.

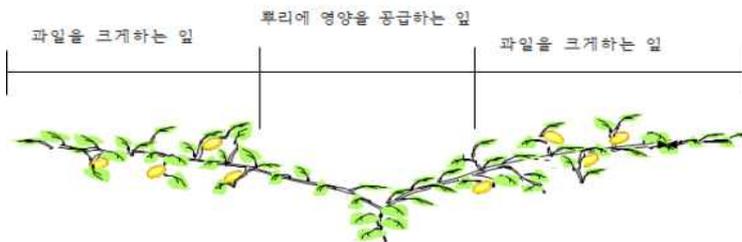
참외는 손자덩굴 첫마디에 착과되므로 원덩굴 4마디에 적심하게 되면 아들덩굴이 발생되며 아들

덩굴 2개에 6마디부터 착과시킬 경우 2덩굴의 잎이 총 12장이 된다. 따라서 원덩굴 4장의 잎과 아들덩굴 12장의 잎을 더하면 16장의 잎이 확보되므로 최대 8개의 참외를 착과시킬 수 있다.

참외 덩굴정리는 아래 그림처럼 아들덩굴에 잎이 6~7잎 정도 되었을 때 줄기를 2개 남기고 모두 제거하며 이때 아들덩굴의 5마디 이하여 결순도 제거한다.

덩굴유인(고르기)하기 전에는 결가지를 그대로 두면 생육초기에 뿌리확보가 잘되며 착과 비대기에 급성시들음 증상이 없어진다.

생육초기 새순이 많으면 뿌리발달이 촉진되는데 이는 오옥신의 영향이다. 오옥신은 성장점에서 생성되어 아래로 이동되어 뿌리발달을 촉진하는데 새순이 많을수록 뿌리에 공급되는 오옥신 함량이 많기 때문이다. 줄기가 서 있을 경우에는 정부우세성이 강하게 나타나 성장점에서 가까 눈에서는 가지가 발생되지 않지만 오옥신 농도가 낮은 아래쪽에서는 가지가 발생된다. 참외는 덩굴성이므로 정부우세성이 크게 나타나지 않아 결가지 발생이 용이하다. 착과 후부터는 착과된 아래 잎은 뿌리에 양분을 공급하는 역할을 하는데 착과를 많이 시킨 후 아래 잎을 제거하면 비대기부터 급성시들음 현상이 나타난다.



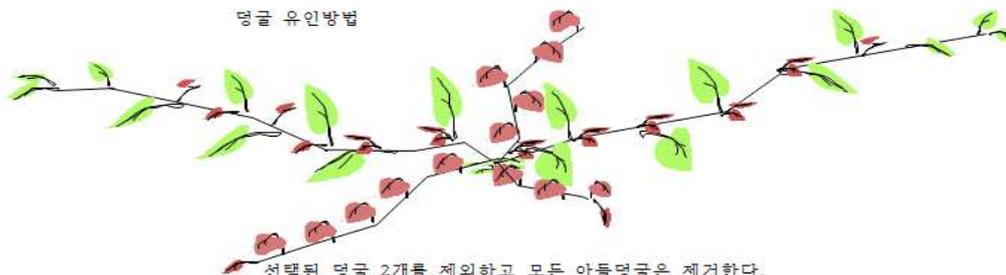
잎의 작용에 따른 분류



덩굴유인 하는 시기

o 착과를 위한 이상적인 관리방법

대부분 시설하우스에서는 관수시설이 있기 때문에 물 빠짐이 잘되면 생육별 적정 시비가 가능하므로 밑거름으로 화학비료나 퇴비를 사용할 필요가 없다. 2~3년 이상 작물을 재배한 하우스 토양은 작물 초기생육에 필요한 양의 비료가 충분하게 있기 때문에 추가로 비료를 사용할 필요가 없다. 질소 함량이 적당한 토양에서는 아들덩굴 6마디에 손자덩굴을 확보하고 과일을 착과시킨 후에 시비량을 증가하여 비대를 촉진한다.



선택된 덩굴 2개를 제외하고 모든 아들덩굴은 제거한다.
 선택된 덩굴 2개에서 6마디이하의 손자덩굴을 제거한다
 - 그림에서 살아있는 것은 녹색, 제거할 것은 황토색으로 표시

덩굴유인방법

일시 착과를 위해서는 유인하려는 2개의 아들덩굴이 6~7마디가 되면 아들덩굴 밑에 곁가지를 제거 한다. 이때 선택되지 않는 아들덩굴도 제거하며 위 그림과 같이 유인된 2줄기만 남긴다.

곁가지를 제거한 뒤 7~10일정도 지나면 아래그림과 같이 6마디 이후부터 12마디까지 동시에 손자덩굴이 발생되어 1줄기에 6~7개의 참외를 일시에 착과 시킬 수 있다. 착과가 된 후에는 1줄기에 좋은 과실 4개만 남기고 적과한다.



손자덩굴이 발생시기가 같아서 동시 착과가 가능

뿌리가 담당하던 새순이 없어지기 때문에 아들덩굴의 잎이 만들어짐과 동시에 손자덩굴의 새순이 발생되며 줄기당 6~7개의 손자덩굴을 유인할 수 있다.



잘못된 작업으로 착과절 아래잎을 제거하였다

이렇게 만들어진 손자 덩굴에서 착생된 참외 꽃은 일시적으로 개화가 되며 착과도 잘된다. 위 그림과 같이 덩굴의 잎을 자르고 착과 시킬 마디 밑의 잎이 1~2개만 남기면 1줄기에 1~2개만 착과가 된다.

잎이 적은 포기에서는 손자덩굴이 잘 발생되지 않아 수정시기가 크게 차이가 나는데 이때 먼저 수정된 과일이 비대하기 시작하면 늦게 수정된 과실은 착과되지 않고 낙과가 된다. 즉 아들덩굴 잎의 확보가 그해 참외 수량과 직접적으로 관련된다,

4) 비료 주기시기 판단



참외 잎을 보고 비료주는 시기 판단요령

대부분 참외농가에서는 비료 주는 시기를 정확하게 판단하지 못하고 관행에 따라 시비하여 참외를 정상적으로 비대 시키지 못한다. 참외는 수정 후 5일 이내 첫 비료를 공급하여 과일의 세포분열을 촉진하며 후기까지 질소비료가 떨어지지 않도록 하는 것이 중요하다. 잎의 색깔만 보고 비료 주는 시기를 판단하지만 참외 착과 비대기에는 잎색이 열리는 것을 보고 비료 주는 시기를 판단하면 늦다. 참외의 잎을 관찰하면 어느

시기가 비료 주는 시기인가를 정확하게 알 수 있다. 아래 그림은 참외 잎의 변화를 볼 수 있다. 아래 그림에서 보는 것처럼 ① ~ ⑧ 까지 숫자가 작을수록 잎의 나이가 적다. 나이가 많은 ⑧번 잎은 안쪽으로 많이 오그려든 것이 보인다. 참외 잎이 안으로 오그려든 것은 참외 잎이 만들어지는 시기에 토양 속에 질소질 비료 함량이 많았다는 뜻이다. ⑧번 잎에 비해 ⑦ ⑥번 잎은 오그려든 것이 적고 ⑤번 잎은 완전하게 다 퍼져 보인다. ⑤번처럼 잎이 다 퍼진 것은 이시기에 토양 속 질소질 비료가 적당하였으며 ④번 잎부터는 질소질 비료가 부족해지는 것을 보여준다. 질소질 비료가 적당하면 ⑤번 잎처럼 잎의 면이 수평으로 평편하다. 질소질 비료가 부족해지면 ④번 잎처럼 잎끝이 말리는 현상이 나타나며 더 부족해지면 ③번 잎처럼 잎이 뒤로 말리기 시작하며 칼슘이 부족할 경우 더 심하게 말린다. 위 그림은 사진 촬영 3일전에 질산태 질소비료를 공급하여 잎 전체에 질소질 비료가 퍼져 잎색이 진해 보이지만 잎의 형태는 변하지 않았다. 토양 속의 질소질 비료는 잎의 형태에 나타나며 잎이 만들어지는 시기에 질소질 비료가 과다하면 ⑥⑦⑧번 잎처럼 잎이 안으로 말린다. 질소질 비료가 부족하면 ③ ④잎처럼 잎끝이 말리거나 뒤집어진다. 따라서 비료를 주는 시기는 새로 나오는 잎이 ③번 잎처럼 뒤로 말리거나 ④번처럼 끝이 말리는 시기가 적기이다. 질소부족이 나타난 후에도 비료를 공급하지 않으면 잎이 작아지고 잎에 누른색이 많고 까칠해진다.

다. 병해충관리

1) 병해관리

참외에 발생하는 병해는 저온기에 발생하는 덩굴마름병과 착과되고 저항성이 떨어질 때 발생하는 흰가루병이 대표적이다. 덩굴마름병과 흰가루병은 황토유황 200~ 300배액으로 방제할 수 있다. 생육기간 중에는 토양병해 예방과 병해충에 대한 저항성 강화를 위하여 7일 간

격 유용미생물을 관주한다. 왕겨이용 소토양재배와 액비를 이용하여 재배하였을 때는 병해 발생이 현저하게 줄었으며 발생된 후에도 방제가 잘 되었다.

2) 진딧물

진딧물 방제를 위하여 10월 중순에 하우스 측면과 출입구 빈자리에 보리를 심어서 보리를 가해하는 기장테두리진딧물, 옥수수테두리진딧물, 보리두갈래수염진딧물을 유인하여 증식시켜 진딧물 천적의 벙커플랜트로 활용한다.

시설하우스 포장에서는 3월 이전에 발생하는 진딧물에 대해서는 진딧물이 발생된 부분에만 살충비누, 고삼·할미꽃뿌리 추출물 등 친환경제제를 살포하여 밀도를 낮춘다. 3월에는 보리에 증식된 진딧물에 대하여 콜레마니진디벌을 접종하여 3월~5월에 발생하는 진딧물을 방제한다. 하우스에 심겨진 보리는 콜레마니진디벌 벙커플랜트가 되어 진딧물 방제가 가능하다



보리에 증식된 기장테두리진디물



옥수수를 이용한 벙커플랜트

153

4월 중순에는 10~20m 간격으로 옥수수를 1~2알 파종하여 5월 하순이후 고사하는 보리를 대체할 수 있는 벙커플랜트로 활용한다.



총채가시웅애 벙커플랜트

2) 총채벌레

알, 1령충, 2령충 초기의 총채벌레 약충은 잎과 꽃, 열매에 피해를 주다가 2령 노숙유충이 되면 땅으로 내려와 번데기가 된다. 이때 땅속에 총채가시웅애 밀도가 높게 되면 총채벌레 번데기를 잡아먹어 밀도가 떨어진다. 토양 속에 총채가시웅애 밀도를 높이기 위해서는 총채가시웅애 벙커플랜트를 활용하면 효과가 크다.

3) 온실가루이, 담배가루이

온실가루이와 담배가루이는 참외보다 더 좋아하는 유인식물을 심어두면 예찰하기 편리하다. 온실가루이가 유인되는 식물은 여러 종류가 있지만 “엔젤트롬펫”을 사용할 수 있다.

엔젤트롬펫의 번식은 종자번식과 삽목을 하는 영양체 번식방법이 있다. 삽목하여 사용할 경우 마디에서 나온 잎은 13 ~ 14마디가 지나면 방아가지가 발생되고 이후부터는 계속적으로 분지되는 특징이 있다. 온실가루이가 발생하는 포장에는 먼저 엔젤트롬펫을 심어두었다가 작기가 끝나면 줄기를 잘라준다. 잘라진 줄기의 마디에서는 새줄기가 발생되고 여기에 온실가루이가 유인된다. 유인식물에 온실가루이가 보이면 온실가루이좀벌 머미나 온실가루이좀벌이 발생된 잎을 따서 집중하면 벵커플랜트로 이용할 수 있다.

온실가루이는 이리응애류를 집중하여도 밀도를 낮출 수 있다. 참외 포기가 커져서 잎과 잎이 겹치게 된 시기가 되면 이리응애를 집중한다. 본군에서 생산되는 이리응애류에는 지중해 이리응애, 오이이리응애, 사막이리응애가 있으며 이리응애는 온실가루이의 알과 어린유충을 먹는다.



온실가루이 약충과 온실가루이좀벌머미



하우스에 심겨진 엔젤트롬펫

4) 기타해충

점박이응애는 참외 재배 중에 항상 발생하는 해충이다. 초기에는 부분적으로 발생하였다가 방제하지 않으면 전면적으로 발생되어 방제하기 어렵다. 시설하우스는 밀폐하여 보온하는 시기에는 살충곰팡이를 증식하여 뿌려주거나 이리응애류를 넣어준다. 살충비누를 살포하여도 방제효과가 있으며 이때는 발생한 잎 부분을 골고루 살포하는 것이 방제효과를 높일 수 있다. 잎과 열매를 갈아먹는 나방류는 비티체를 엽면에 살포하여 소화중독이 되게 한다. 파밤나방이나 거세미나방은 핵다각체바이러스를 이용할 수 있다. 핵다각체바이러스는 기주특이성이 있으므로 해당 핵다각체바이러스를 이용한다. 농가에서 핵다각체바이러스를 사용하는 방법은 파밤나방이나 담배거세미나방 유충을 채집한다. 양배추잎과 같이 다소 두꺼운 잎에 핵다각체바이러스를 살포하여 수분을 말려서 채집된 유충의 먹이로 한다. 노숙유충은 핵다각체바이러스에 저항성이 강하므로 바이러스를 집중한 먹이를 1일 정도 먹게 한다. 바이러스를 먹은 담배거세미나방 유충은 5℃, 파밤나방 유충은 10℃ 되는 냉장실에 1일 정도 처리한다. 저온처리된 유충은 저항력 떨어져 핵다각체바이러스가 쉽게 증식된다. 핵다각체바

이러스가 체내에서 증식되어 죽은 유충은 통풍이 되도록 하여 죽은 유충에 물기가 없도록 하며 죽은지 5~7일이면 살충바이러스로 이용할 수 있다.

핵다각체바이러스를 이용할 때는 1.0×10^7 cfu/g으로 처리한다. 대체적으로 5령 3~4일 되는 유충이 핵다각체바이러스에 걸리면 10마리 정도를 100리터에 희석하면 1.0×10^7 cfu/g 살포할 수 있다.

라. 시설참외 친환경매뉴얼

구분	작업내용	비고
전년도 10월	○ 토착천적 증식 조건 조성 - 시설하우스 내 측면 10m 간격 보리과종	기장테두리진딧물 증식
	- 발뚝 및 공한지에 보리 및 유채과종 - 이른 봄 콜레마니진디벌 뱅커플랜트 - 토착천적 : 어비진딧벌, 꽃등애, 남생이무당벌레 유인	기장·무테두리진딧물 증식
육묘기	미생물 처리 - 접목 후 5일부터 7일 간격 바실러스 발리스몰티스 3회 관주	유도저항성 발현
	○ 육묘상 병해방제 : 관수, 통풍작업 ○ 육묘상 진딧물 방제 - 육묘상에 콜레마니진디벌 뱅커플랜트 입식(사진- 우)	아인산염 방제 
정식기	○ 정식 후 황토유황 살포	곰팡이병방제
	○ 포장주변 식물 종다양성 확보 - 메밀, 옥수수, 콩, 파 등 다양한 식물 공한지. 발뚝에 과종	토착천적 정착 유도
	○ 정식 시 유용미생물(바실러스발리스 몰티스)관주	활착촉진
	○ 총채가시응애 뱅커플랜트 설치(사진- 우) - 총채벌레번데기, 뿌리파리, 민달팽이 방제	
	○ 하우스 측면에 심겨진 보리에 기장테두리진딧물 증식 - 콜레마니진디벌(사진 - 우) 접종, 진딧물 방제	
생육기	○ 아인산염, 황토유황 15일 간격 교호살포 예방 ○ 흰가루병 발생시 황토유황 살포	흰가루병, 세균성병
	○ 뱅커플랜트 관리 - 고사한 보리 대신 옥수수, 참깨 과종 - 총채가시응애 뱅커플랜트 째겨 추가	토착천적, 총채가시응애 관리
	○ 온실가루이 쯤벌 뱅커플랜트 설치 - 하우스당 3~4개소에 엔젤트롬렛 식재	온실가루이, 담배가루이
	○ 오이이리응애, 지중해이리응애, 사막이리응애 방사 - 종이컵에 담아 덩굴밑에 넣어서 방제	가루이, 점박이응애
혹서기	○ 아인산염, 황토유황 15일 간격 교호살포	곰팡이병 방제

	<ul style="list-style-type: none"> 포장 주변 잡초관리 <ul style="list-style-type: none"> 제초제 금지, 잡초 초장 30cm 유지 	토착천적 유지
	<ul style="list-style-type: none"> 시설내 벙커플랜트 관리 <ul style="list-style-type: none"> 옥수수, 참깨 50일 간격 파종 	옥수수, 참깨
	<ul style="list-style-type: none"> 담배장님노린재 방사(사진- 우) <ul style="list-style-type: none"> 혹서기 진딧물, 총채벌레, 가루이, 점박이용애 방제 	
	<ul style="list-style-type: none"> 파밤나방 방제 <ul style="list-style-type: none"> BT제, 핵다각체바이러스 살포(유충을 이용하여 바이러스 증식) 	
생육후기	<ul style="list-style-type: none"> 토착천적 관리 <ul style="list-style-type: none"> 밭뚝, 공한지 종다양성 유지, 잡초 초장 30cm 내외로 유지 	토착천적 증식 장소 제공
	<ul style="list-style-type: none"> 벙커플랜트 유지 <ul style="list-style-type: none"> 옥수수 초장 50cm 이하 유지, 참깨 후기 까지 유지 	토착천적 유지

3.2 연구결과(정량적)

성과목표	사업화지표								연구기반지표								
	지식 재산권		기술이전	사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	출원	등록		제품화	기술창업	매출창출	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책 활용	홍보전시	
										SCI	비SCI						
목표	3	1	1						6	6	12	9	6	1	2		
실적	4	-	1						6	5	25	11	9	1	24		
달성율(%)	133.3	-	100						100	83.3	208.3	122.2	150	100	1150		

(1) 논문게재 (SCI 6 + 비SCI 5 = 총 11)

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)
1	Molecular characterization of heat shock protein hsp70 cognate cDNA and its upregulation after diapause termination in <i>Lycorma delicatula</i> eggs	Journal of Asia-Pacific Entomology	Jae-Kyoung Shim	18, 709-714	Korea	Elsevier	SCIE
2	Chilling results in failure of silk secretion by wandering larvae of <i>Plodia interpunctella</i>	Journal of Asia-Pacific Entomology	Jae-Kyoung Shim	18, 483-487	Korea	Elsevier	SCIE

3	Complete mitochondrial genome of the endemic species Korean aucha perch <i>Coreoperca herzi</i> (Teleostei, Centrarchiformes, Sinipercaidae)	Mitochondrial DNA	Chang Eon Park,	27(5) 3493-3495	USA	Taylor & Francis Online	SCI
4	Complete genome sequence of plant growth-promoting bacterium <i>Leifsonia xyli</i> SE134, a possible gibberellin and auxin producer	Journal of Biotechnology	Sang-Mo Kang	239	Netherlands	Elsevier	SCI
5	Complete Chloroplast Genome of <i>Nicotiana otophora</i> and its Comparison with Related Species	Frontiers in Plant Science	Sajjad Asaf	7	Switzerland	Frontiers Media SA	SCIE
6	Mitochondrial Genome Analysis of Wild Rice (<i>Oryza minuta</i>) and Its Comparison with Other Related Species	Plos one	Sajjad Asaf	11(4)	United States	Public Library Science	SCIE
7	Complete mitochondrial genome of the Korean endemic species <i>Microphysogobio yaluensis</i> (Teleostei, Cypriniformes, Cyprinidae)	Mitochondrial DNA	Chang Eon Park	27(5) 3557-3559	USA	Taylor & Francis Online	비 SCI
8	Draft genome sequence of <i>Pseudomonas taiwanensis</i> strain SJ9, a caprolactam degrader	Brazilian Journal of Microbiology	Sung-Jun Hong	48(2) 187-188	Brazil	Scientific Electronic Library Online	비 SCI
9	<i>Paenibacillus terrae</i> AY-38 resistance against <i>Botrytis cinerea</i> in <i>Solanum lycopersicum</i> L. plants through defence hormones regulation	JOURNAL OF PLANT INTERACTIONS	Ah-Young Kim	12(1)			비 SCI
10	Chloroplast genomes of <i>Arabidopsis halleri</i> ssp. <i>gemmifera</i> and <i>Arabidopsis lyrata</i> ssp. <i>petraea</i> : Structures and comparative analysis	Scientific Reports	Sajjad Asaf	7(0)			비 SCI
11	Plant growth-promoting endophytic bacteria versus pathogenic infections: an example of <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> RWL-1 and <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> in tomato	PeerJ	Raheem Shahzad	5:e3107			비 SCI

(2) 지식재산권 (특허 출원 4건)

지식재산권 [발명특허, 실용신안, 의장, 상표, 규격], **신품종, 프로그램개발** 등으로 구분하고, 세부적으로 전부(건별료)기록하며, 국외인 경우 반드시 국명을 기록합니다]

구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기타
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
발명특허	식물 생장 촉진 활성을 가지는 바실러스 메가테리움 KNU-01 균주	대한민국	경북대학교 산학협력단	2016.03.04	10-2016-0026174				

	및 이의 이용								
발명특허	작물 생육 촉진 또는 항진균 활성을 가지는 신규한 락토바실러스 플랜타럼(Lactobacillus plantarum) KNU-03 균주 및 이의 이용	대한민국	경북대학교 산학협력단	2016.09.22	10-2016-0121598				
발명특허	작물 생육 촉진 활성을 가지는 신규한 로도박터 스페어로이디스(Rhodobacter sphaeroides) KNU-04 균주 및 이의 이용	대한민국	경북대학교 산학협력단	2016.09.22	10-2016-0121604				
발명특허	총채가시용애의 자가생산 방법 및 이를 이용한 해충방제	대한민국	경북대학교 산학협력단	2016.11.10	10-2016-0149493				

(3) 국내 및 국제 학술회의 발표 (총 25건)

국내 및 국제 학술회의 발표					
번호	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2015 한국응용곤충학회 추계학술발표회	타히르 사피그	2015.10.15	군산 새만금 컨벤션센터	한국
2	2015 한국응용곤충학회 추계학술발표회	차상목	2015.10.15	군산 새만금 컨벤션센터	한국
3	2015 한국응용곤충학회 추계학술발표회	최치완	2015.10.15	군산 새만금 컨벤션센터	한국
4	2015 한국원예학회 정기총회 및 제 102차 춘계학술발표회	강상모	2015. 5. 20.~23.	농촌진흥청	한국
5	2016년도 한국곤충학회 국제 심포지움 및 춘계 학술연구발표	정덕용	2016.05.12	경북대학교 글로벌플라자	한국
6	2016년도 한국곤충학회 국제 심포지움 및 춘계 학술연구발표	황활수	2016.05.12	경북대학교 글로벌플라자	한국
7	2016년도(사)한국응용생명화학회 국제학술대회 및 제 105차 정기총회	라힘 샤자드	2016.06.16~18	제주컨벤션센터	한국
8	2016년도(사)한국응용생명화학회 국제학술대회 및 제 105차 정기총회	사자드 아사프	2016.06.16~18	제주컨벤션센터	한국
9	2016년도(사)한국응용생명화학회 국제학술대회 및 제 105차 정기총회	무하메드 아킬 칸	2016.06.16~18	제주컨벤션센터	한국
10	2016년도(사)한국응용생명화학회 국제학술대회 및 제 105차 정기총회	홍성준	2016.06.16~18	제주컨벤션센터	한국
11	2016년도(사)한국응용생명화학회 국제학술대회 및 제 105차 정기총회	정병권	2016.06.16~18	제주컨벤션센터	한국
12	2016년도(사)한국응용생명화학회 국제학술대회 및 제 105차 정기총회	정연균	2016.06.16~18	제주컨벤션센터	한국
13	한국미생물생명공학회	박영준	2016.06.22~24	대전컨벤션센터	한국
14	한국미생물생명공학회	박창언	2016.06.22~24	대전컨벤션센터	한국
15	한국미생물생명공학회	김민철	2016.06.22~24	대전컨벤션센터	한국

16	천적연구회	김진원	2016.06.22	거창군 천적생태과학관	한국
17	2017년 한국응용곤충학회_춘계학술대회	황활수	2017.04.27	경주 현대호텔	한국
18	천적연구회	정덕용	2017.05.16	경북대학교 친환경농업교육연구센터	한국
19	천적연구회	이경열	2017.05.16	경북대학교 친환경농업교육연구센터	한국
20	천적연구회	정덕용	2017.05.16	경북대학교 친환경농업교육연구센터	한국
21	2017년 한국응용곤충학회_추계학술대회	황활수	2017.10.26	강원도 횡성 웰리힐리파크	한국
22	2017년 한국응용곤충학회_추계학술대회	정덕용	2017.10.26	강원도 횡성 웰리힐리파크	한국
23	제 9회 아시아작물학회 학술대회	Khdiya Al-Hosnir	2017.06.05	제주컨벤션센터	한국
24	제 9회 아시아작물학회 학술대회	김윤하	2017.06.05	제주컨벤션센터	한국
25	17년 한국미생물생명공학회 동계심포지엄	박영준	2017.01.17	용평리조트 드래곤 밸리 호텔	한국

(4) 기술거래 및 기술료-1건

기술거래(이전)					
번호	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)
1	특허등록	식물 성장 촉진제로 활용 가능한 바실러스 메가테리움 (Bacillus meraterium) KNU-01과 이를 이용한 식물 성장 촉진 관련 유전자 서열	(주)아소	17.12.11	1,000,000원

(5) 교육 및 지도활용 내역 - 11건

교육 및 지도활용 내역				
번호	교육명	교재명	주요내용	활용년도
1	천적사육기술	천적사육기술 (지중해이리응애)	지중해이리응애 사육기술	2015
2	천적교육	천적사육기술	총채가시응애 사육기술	2015
3	천적교육	콜레마니진디벌 뱅크플랜트	뱅크플랜트를 이용한 진딧물 방제	2015
4	친환경농업기술	미생물과 천적활용	미생물과 천적을 이용한 친환경영농기술	2015
5	천적연구회	천적연구회지	예천군천적연구현황 및 기술	2015
6	농가주도형 천적곤충생산 및	농가주도형 천적곤충생산 및	농가주도형 천적생산기술	2016

	실용화과정(상반기)	실용화과정		
7	농가주도형 천적곤충생산 및 실용화과정(하반기)	농가주도형 천적곤충생산 및 실용화과정	농가주도형 천적생산기술	2016
8	천적생산 연구회	농가주도형 천적곤충생산 및 실용화과정	농가주도형 천적생산기술	2016
9	군위 천적생산 작목반 결성 및 운영	천적 곤충 생산 및 실용화과정	농가주도형 천적생산기술	2017
10	천적곤충생산	천적곤충생산 과정	농가주도형 천적생산기술	2017
11	천적연구회	천적연구회지	천적연구의 현장과 미래	2017

(6) 정책활용 내역 - 1건

정책활용 내역(농정시책 반영 및 정책건의)				
번호	정책활용상태	주관부처	시책추진실적 및 계획	활용년도
1	현장적용	예천군	콜레마니진디벌 뱅크플랜트 제작 및 농가 보급	2015

(7) 홍보실적 -24건

홍보실적(신문, 방송, 저널 등)				
번호	홍보유형	매체명	홍보내용	홍보일자
1	인터넷 뉴스	국제저널 외 6건	지중해이리응애 교육	2015-01-23
2	인터넷 뉴스	타임뉴스 외 9건	총채가시응애 사육기술	2015-02-27
3	인터넷 뉴스	경북방송 외 5건	콜레마니진디벌 교육	2015-05-06
4	인터넷 뉴스	예천뉴스 외 6건	친환경농업기술교육	2015-07-24
5	인터넷 뉴스	경북in 뉴스 외 14건	예천군친환경농업소개	2015-08-27
6	인터넷 뉴스	아시아 뉴스통신	군위군, 친환경 농가 활성화 간담회	2016-02-01
7	지방일간지	영남일보	천적곤충 활용 친환경농업 활성화 기여	2016-04-26
8	중앙일간지	농민신문	천적산업위축... 손쉬운활용기술보급을	2016-07-01
9	지방일간지	경북일보	군위군 친환경농가 '천적생산연구회' 결성	2016-09-26
10	지방일간지	경북일보	농가주도형 저비용 천적 곤충 대량 생산·활용	2016-10-31
11	지방일간지	경북일보	군위군서 국내 최초	2017-01-19

			‘천적곤충생산 작목반’ 탄생	
12	지방일간지	경북일보	[농업이 미래다] 5. 군위 천적곤충생산 작목반	2017-01-25
13	지방TV방송	대구 mbc 뉴스	작목반이 천적곤충을 직접 생산	2017-02-02
14	지방일간지	경북일보 외 4건	군위군, 친환경 농업 활성화 간담회 개최	2017-02-03
15	중앙일간지	경향일보	친환경 농사에 승부...“해충 천적 직접 길러요”	2017-02-13
16	중앙일간지	중앙일보	해충잡는 곤충-이충제충 농법 뒀다.	2017-04-04
17	지방일간지	경북일보 외 8건	군위, 경북대 친환경 농업연구센터 개소식 개최	2017-05-16
18	중앙TV방송	JTBC 뉴스룸	해충잡는 곤충	2017-06-25
19	지방일간지	경북일보	군위군, ‘천적 곤충생산 작목반’ 초청·간담회 개최	2017-07-05
20	중앙TV방송	ytn사이언스	녹색의 꿈_2017 외래 해충의 습격	2017-08-29
21	지방일간지	경북일보	살충제 대신 천적으로 ‘닭진드기’ 잡는다	2017-11-15
22	중앙일간지	농민신문	천적산업 다시 ‘꿈틀’...재도약 기반은 ‘비틀’	2017-12-11
23	지방TV방송	TBC 8뉴스	천적응에 이용닭진드기 퇴치	2017-12-29
24	중앙일간지	농민신문	(칼럼) 천적농법 활성화 위한 세가지 조건	2018-1-17

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

		코드번호	D-06	
4-1. 목표달성도				
세부연구목표 (연구계획서상의 목표)		비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
1세부	친환경 병해충 관리 기술의 고도화 및 보급 모델 개발	40 %	40	<ul style="list-style-type: none"> - 천적자원의 seed bank 구축 유지 및 보급: 총채가시응애 외 6종 - 천적의 효율성 증대 기술 개발: 사육기술개발 및 분배용기 개발 완료 - 지중해이리응애 대체먹이 효능 시험: 시험 완료 - 해충 유인식물 대량 생산 보급 여부: 담배 완료 - 작물별 해충 유인식물 활용 모델 확립 및 현장적용 자료 1건 실시 - 천적생산연구회를 통한 친환경기술의 현장적용 및 농가보급 - 농민사관학교 교육과정 <천적곤충생산 과정>을 통한 농가 교육 실시 - 친환경 천적 및 미생물 현장적용에 대한 경제성 분석 실시
2세부	친환경 농업 미생물의 실증 가치 제고화	40 %	40	<ul style="list-style-type: none"> - 우수 유용미생물 확보 및 병 방제 효과 검증 - 현장 적용 가능성 평가 - 16S rRNA 유전자 염기서열 분석을 통한 기본적인 기능성

				미생물의 동정 - 기능성 미생물의 표현형 및 유전자 분석을 동시에 실시하여 세부적이고 특화된 동정 매뉴얼 개발 - 최적환경에서 보존하고 있는 농업용 기능성 미생물의 안정적인 보급 후 실제 현장에서 활용 시 각각의 기능성 미생물이 보유하고 있는 활성 검증 - 보존-보급-동정-적용의 각 단계 별로 기능성 미생물의 생육상태 등의 품질검사를 실시하여 현장에 적용 시 최적의 활성상태 유지 - 미생물제제의 현장적용 경제성 분석 - 기장비의 도입 및 운영체계 구축 - 지속적인 친환경 미생물들의 균주 특성 분석 결과를 바탕으로 한 최적 발효 조건 확립 기술 확보 - 친환경 미생물들의 최적 발효 조건 결과를 활용한 lab scale 활성 검증 시스템 기술 구축
1협동	경북지역 적합성 계절별, 작물별 친환경 재배 기술의 현장적용 시험	20 %	20	- 개발된 기술 적용 및 문제점도출, 해결 - 작물별 해충방제 친환경 기술 패키징화를 통한 매뉴얼 개발: 3건 - 친환경재배기술 사과, 고추, 참외 매뉴얼 작성 완료
합계		100	100	

4-2. 관련분야 기여도

- 국내 처음으로 개발된 저비용 천적생산법은 친환경농가의 경제적 부담을 현저히 줄이는 효과를 농업현장에서 확인함으로써 천적농법의 활성화에 상당히 기여한다고 판단됨
- 본 연구에서 생산된 천적은 경비절감형밀 뿐만 아니라 대량생산한 천적을 바로 농업현장에 활용할 수 있기 때문에 활력이 아주 뛰어난 상태로 재배지에 투입됨으로서 천적에 의한 해충관리에 높은 성공률을 가지기 때문에 천적농업의 활성화에 큰 기여를 함
- 현재 농업 분야에 사용되는 농업 미생물에는 작물 유용 활성 검증이 되지 않은 미생물들이 친환경 농업 미생물로 보급되거나 판매되고 있는 실정이므로 본 연구를 통해 작물 유용 활성이 검증 된 친환경 농업 미생물을 보급 및 기술이전 할 수 있을 것으로 사료 됨.
- 농업 현장에서 친환경 농업 미생물이 가진 작물 유용 활성을 측정하기 위한 진단 장비는 현재까지 많이 개발되거나 보급되어지지 않는 것으로 조사되어 본 연구에서 확보한 sKOD polymerase와 개선된 작물 유용 활성 측정법은 친환경 농업 미생물 시장에서 작물 유용 활성 및 미생물 균주 검증의 주춧돌 역할을 할 수 있을 것으로 사료 되며 친환경 농업 기술을 한 단계 진보 시킬 수 있을 것으로 사료 됨.

5. 연구결과의 활용계획

	코드번호	D-07
가. 연구개발결과의 활용방안 ○ 본 연구과제의 수행 결과를 바탕으로 소비자와 농가들의 친환경 농업에 대한 기대에 부응하고, 우수한 기술에 대한 연구개발 투자를 통해 기대하는 경제적 성과의 안정성, 즉		

시장에서의 높은 수요를 통해 경제적 수익 증대를 위한 지식재산권 중심의 연구 개발로 글로벌 및 국내시장에서 제품과 기술의 우수성, 차별성 등을 입증할 것이다.

○ 활용방안

- 산업계 및 학계의 요구에 따른 친환경 미생물 정보 제공
- 정보 제공을 맞춤형으로 제공하여 활용 촉진
- 본 연구에서 확보된 친환경 기능성 미생물의 경우 균주 및 균주가 가지는 작물 유용 활성이 검증된 미생물들이며 이들 균주의 최적 배지 조성을 전국 시·군에 위치하는 농업 기술센터에 보급 가능
- 또한 신속 정확한 미생물 동정을 위해 개발된 sKOD polymerase는 processivity와 안정성이 향상되어 있으므로 미생물 동정 뿐만 아니라 다른 분자생물학적 연구에도 응용이 가능
- 본 연구에서 확보된 작물 유용 활성이 검증된 친환경 기능성 미생물과 개선된 작물 유용 활성 측정법 기술은 기업화 추진 예정
- 식물생육을 촉진하는 식물호르몬 생성 미생물, 식물병 방제에 효과있는 길항균 등의 유용미생물이 분비하는 최적 조건을 바탕으로 한 대량배양을 적용하고, 처리시기와 농도 등을 구명하여 생물학적 방제제 개발에 활용할 예정
- 우리 고유의 미생물 자원을 확보하고 유용균주 평가 시스템과 미생물 빅데이터, 유전체 분석의 활용으로 한국의 유용균주 산업화 기반 구축

나. 기대성과

(1) 기술적 측면

- 작물 맞춤형 미생물을 이용하여 건강한 작물 생육으로 병해충 발생 억제와 품질 향상 등의 효과
 - 친환경 방제기술 개발로 친환경농산물 재배면적 및 생산 확대
 - 유용미생물 효능 증진의 농가활용기술 개발로 농가현장으로 해결
 - 화학농약의 사용량 절감기술 개발로 농가의 소득증대
 - 살충/살균/식물생장촉진능을 가지는 기능성 미생물의 보급 모델을 개발함으로써 농가에 동일한 품질의 미생물 농약 보급이 가능
 - 기능성 미생물의 유전자 정보 및 표현형등의 특징들을 동시에 적용한 동정법을 개발함으로써 안정적인 종균의 보존 및 보급이 가능
 - 친환경 미생물의 생리학적 특성 분석을 통한 국내 농업 관련 미생물 자원 및 정보의 체계화 및 database화 가능
 - 친환경 미생물 자원의 체계적 관리 및 정보화를 통한 학술적 가치의 제고 가능
 - 친환경 미생물의 최적 발효 조건 확립을 통한 미생물 배양법 및 관련 조작 기술의 프로토클라 가능

(2) 학문적, 인력양성 측면

- 식물-미생물 상호작용 분야의 기초 자료를 확립함으로써 농업생명공학 발전 기여
- 유용 미생물 선발 동정하여 특허 출원·등록하여 유용미생물 확보
- 작물분야와 미생물 분야의 융합 학문 기틀 마련
- 미래에 요구되는 친환경 바이오 분야의 고급 전문 인력 양성
- 본 연구를 통한 연구기법의 습득은 추후 관련 분야의 유망 인재 육성
- 미래 인력의 학제 간 연구 중요성 인식 및 폭 넓은 학문 투시 능력 배양

(3) 경제적·산업적 측면

- 농가애로사항 해결 및 조기 대응책 마련으로 안정생산 및 농가소득 증대
- 친환경 농작물 소비확대
- 유용미생물 활용에 의한 소비자의 안전농산물 소비욕구 충족
- 토양의 활력도 증대
- 개발된 동정법을 통해 기능성 미생물의 순수 분리, 배양, 보존이 지속적으로 가능해 짐으로써 미생물 농약 내 기능성 미생물의 밀도 증가를 통해 병해방제, 작물의 수확량 증대 등의 효능을 극대화시킬 수 있을 것이라 기대할 수 있으며, 이로 인해 실사용자인 농민들의 신뢰성 또한 증가함으로써 지속적으로 미생물 농약에 대한 수요가 늘어날 것으로 기대됨
- 산업계 및 학계의 요구에 따른 맞춤형 생물자원의 보급화 가능
- 친환경 미생물 활용을 위한 초기연구개발 비용절감 및 고속화 가능
- 친환경 미생물 자원 취급기술의 전방위적 기술보급화 및 농업 현장에서의 대중화가 가능
- 천적과 미생물을 이용한 친환경 제품에 대한 강점, 약점, 차별점을 분석하고, 친환경 자제의 경쟁상황, 시장 환경 등 시장 분석을 통해 사업화 과정에 차질이 없도록 할 예정이며, 연구개발 시너지와 기업의 인프라를 통해 시너지 효과를 창출할 것임.

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 해당 없음

7. 연구개발결과의 보안등급

- 해당 없음

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

- 해당 없음

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

	코드번호	D-11
가. 연구실 안전조치 이행계획 ○ 기술적 위험요소 분석 (1). 경북대학교 안전조치 이행계획 (가) 연구실 안전환경관리자 지정 - 관련근거 : 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 제6조의 2 및 시행령 제5조 - 담당 : 총괄 - 사무국 시설과 (담당자: 남경환) 교육 - 환경과학기술연구소 (담당자: 이영호)		

(나) 연구실 안전관리규정 비치

- 관련근거 : 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 제6조 및 시행규칙 제2조
- 안전관리규정, MSDS, 비상연락망, 연구실 안전수칙 비치 및 게시
- 대상 : 923실(자연과학대학, 공과대학, IT대학, 농업생명과학대학, 예술대학, 사범대학, 수의과대학, 약학대학, 생활과학대학, 간호대학, 의학전문대학원, 치의학전문대학원, 공동실험실습관, 생태환경대학, 과학기술대학, 기타 연구시설 등)

(다) 연구실 안전점검 실시

- 관련근거 : 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 제8조 및 시행령 제7조
- 주관부서 : 시설과
- 정기점검 1회/년
- 점검대상 : 957개실
- 정기점검 실시 후 연구실 위험 요소, 전기시설 등 보완설치

(라) 연구실 정밀안전진단 실시

- 관련근거: 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 제9조 및 시행령 제9조, 시행규칙 제4조
- 정기점검: 1회/2년
- 정밀안전진단대상 : 유해화학물질 및 유해인자 취급 연구실, 독성가스 취급연구실에 대한 진단, 화학물질을 취급하는 연구실은 화학물질 반응성평가와 실내 공기질 측정
- 정밀안전진단 진단 결과에 의거 전기 및 안전시설 등 보완설치 진행

○ 안전관리대책

(1) 연구실 안전교육 실시

- 관련근거 : 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 제18조 및 시행령 제17조, 시행규칙 제9조, 경북대학교 연구실 안전관리 규정」 제5조, 제6조, 제7조
- 모든 과학기술분야 연구활동종사자는 반기 6시간 이상 정기교육 및 신규채용시 2시간 이상 신규교육 실시
- 우리 대학은 2013년 상반기 「경북대학교 연구실안전관리시스템 (<http://safe.knu.ac.kr/>)」을 구축하고 상반기, 하반기 온라인정기교육 실시중
- IT대학 전자공학부에서는 교내 반도체클린룸에 출입하는 연구활동종사자를 대상으로 상반기, 하반기 반도체공정 정기교육 실시중
- 신규교육의 경우, 집합교육이 원칙이므로 매년 상반기, 하반기에 과학기술분야 신규종사자를 대상으로 집합교육 실시중

(2) 연구활동종사자 보험 가입

- 관련근거 : 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 제14조 제1항 및 시행령 제15조 제1항

- 가입대상 : 학부생(14,563명), 대학원생(3,762명), 연구원 (420명) 총 18,945명 가입
- 공제가입금액 : 사망 1억원/인당, 부상 1천만원/인당

(3) 연구활동종사자 건강검진

- 관련근거 : 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 제18조 제4항 및 시행규칙 제10조 제1항
- 2015년 건강검진 기관 : 계명대학교 동산의료원
- 건강검진 대상사 : 위험물질 및 바이러스 등에 노출될 위험성이 있는 연구활동종사자 (대학원생 및 연구원으로서 연구실 상시 출입자)로 매년 실시
- 건강검진 대상인원 및 예산 : 약 1,100명/ 60,000천원
- 건강검진 종류 : 일반건강검진 + 특수건강검진

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적(5건)

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	특허	식물 성장 촉진 활성을 가지는 바실러스 메가테리움 KNU-01 균주 및 이의 이용	경북대학교 산학협력단	-	대한민국	-	2016.03.04	단독사사	-
2	특허	총채가시응애의 자가생산 방법 및 이를 이용한 해충방제	경북대학교 산학협력단	-	대한민국	-	2016.11.10	단독사사	-
3	논문	Complete Chloroplast Genome of <i>Nicotiana otophora</i> and its Comparison with Related Species	경북대학교	주저 자	Frontiers in Plant Science	4.495	2016.06.14	단독사사	SCIE
4	논문	Chloroplast genomes of <i>Arabidopsis halleri</i> ssp. <i>gemmifera</i> and <i>Arabidopsis lyrata</i> ssp. <i>petraea</i> : Structures and comparative analysis	경북대학교	주저 자	Scientific Reports	4.259	2017.08.08	단독사사	SCIE
5	논문	Mitochondrial Genome Analysis of Wild Rice (<i>Oryza minuta</i>) and Its Comparison with Other Related Species	경북대학교	주저 자	Plos one	3.057	2016.04.05	단독사사	SCIE

11. 기타사항

○ 해당 없음

12. 참고문헌

코드번호	D-14
김도익 외 (2012) 무농약 토마토재배에서 친환경자재와 담배장님노린재를 이용한 온실가루이 방제. 한국유기농업학회지 20, 49-58.	
김용현 외 (2005) 천적이용가이드. 아카데미서적	
김진주 외 (2006) 콜레마니진디벌에 대한 83종 농약의 독성평가 및 천적과 농약의 혼용에 대한 복숭아혹진딧물의 방제효과. 한국응용곤충학회지 45, 217-226.	
김형환 (2011) 여름작형 시설오이에서 총채가시응애와 지중해이리응애를 이용한 꽃노랑총채벌레의 방제. 한국응용곤충학회지.	
서연동 외 (2006) 해충방제 체계를 달리하는 차원에서 계절초기 해충 및 천적의 개체. J. Agriculture and Biotechnology 22, 21-27.	
이기상 (2003) 천적을 이용한 시설원예작물 해충 방제. 친환경농업연구 5, 125-150.	
이기상 (2013) 해충방제와 천적들. 나도 이제 벌레박사. 생태도시연구소 403 pp.	
이휘중 외 (2013)담배장님노린재, <i>Nesidiocoris tenuis</i> (Hemiptera: Miridae)의 먹이섭취량에 대한 식물체 흡즙의 영향. 한국응용곤충학회지 52, 409-413.	
전홍용 외 (2007) 작은뿌리파리에 의한 포인세티아의 피해실태와 총채가시응애를 이용한 방제. Kor. J. Sci. Technol. 25, 468-473.	
함은혜 외 (2012) 총채가시응애(<i>Hypoaspis aculeifer</i>) 와 긴털가루응애(<i>Tyrophagus putrescentiae</i>)의 저온저장 구멍. 한국잡사학회지 50, 109-111.	
홍순성 외 (2003) 천적을 이용한 착색단고추 주요 해충 방제 연구. 경기도 농업기술원 연구보고서.	
Beaulieu (2009) Review of the mite genus <i>Gaeolaelaps</i> Evans & Till (Acari: laelapidae), and description of a new species from North America, <i>G. gillespiei</i> n. sp.. Zootaxa 2158, 33-49.	
Huang N, Enkegaard A, Osborne LS, et al (2011) The banker plant method in biological control. Critical Rev. Plant Sci. 30, 259-278.	
Kazemi S, Beaulieu F (2016) A new genus and species of Laelapidae (Acari: Mesostigmata) from Iran. Zootaxa 4200, 487-500.	
Lv J, Li F, Wu et al (2016) Molecular and biological characterization of Neoseiulus species from China. Syst. Appl. Acarol. 21, 353-366.	
Matteoni JA (2015)Economics of banker plant systems in Canadian greenhouse crops. 1 st International Symposium on Biological Control of Arthropods.	
Pazyuk IM, Musolin DL, Reznik Y (2013)Geographic variation in thermal and photoperiodic effects on development of zoophytophagous plant bug <i>Nesidiocoris tenuis</i> . J. Appl. Entomol. 138, 36-44.	
Thompson, SN (1999) Nutrition and culture of entomophagous insects. Annu. Rev. Entomol. 44, 561-592.	

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.