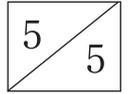


보안과제( ), 일반과제(✓) 과제번호 605002-5



친환경농업연구사업단  
(Environment-Friendly Agriculture Research Center)

제 4 핵심과제 친환경농자재 검증 및 개발

<Theme IV>Investigation into Activity in Disease and Pest Control of  
Environmental -Friendly Materials and Development

전남대학교 산학협력단

농 립 수 산 식 품 부



## 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “친환경농업연구사업단” 과제(핵심과제 “제 4 핵심과제 친환경농자재 검증 및 개발”에 관한 연구)의 보고서로 제출합니다.

2010년 11월 1일

주관연구기관명 : 전남대학교 산학협력단

주관연구책임자 : 박 노 동

세부연구책임자 : 이 향 범

세부연구책임자 : 정 우 진

세부연구책임자 : 김 익 수

세부연구책임자 : 김 인 선

협동연구기관명 : 충남대학교 산학협력단

협동연구책임자 : 김 승 범



# 요 약 문

## I. 제 목: 친환경농자재 검증 및 개발 [제 4 핵심]

### II. 연구개발의 목적 및 필요성

#### 가. 연구개발의 목적

친환경농업은 합성농약의 사용을 줄여 깨끗한 농업환경을 마련하고 안전한 농산물을 생산하고자 하는 농업으로서 수입농산물에 대한 경쟁력을 높일 수 있고 고부가가치 농가소득 향상과 더불어 농산업의 발전을 기대할 수 있는 미래 농업기술로 받아들여지고 있다. 본 연구에서는 친환경 농업소재의 방제활성 평가를 통해 우수한 농업소재를 선별하고, 시설재배 채소류 및 벼의 친환경적 방제를 위한 미생물의 선별 및 제제를 개발, 친환경농자재의 미생물학적 활성 검증, 친환경 농자재의 병 방제 활성을 평가한 결과를 토대로 시설재배 고추, 들깨, 상추 및 벼의 병 방제 매뉴얼을 작성하고 농가에 보급하는 것이다. 또한 본 연구에서는 주요 과채류 해충의 체계적 연중 실내 계대사육 시스템 확립 및 이를 통한 진딧물류와 나방류를 포함한 과채류 해충의 방제를 위한 친환경 농자재에 대한 실내 검증 및 선별, 천연식물 및 미생물 유래의 진딧물 방제용 제제의 개발 및 산업화, 시판 및 개발된 제제를 이용한 시설재배 작물의 진딧물 방제용 매뉴얼을 개발하는데 있다.

#### 나. 연구개발의 필요성

○ 오늘날 환경보존형 농업에 대한 관심이 고조되면서 식물병해충 방제에 있어서도 기존 화학농약의 오남용으로 인한 환경오염과 파괴를 극복하고 자연생태계의 순환과 조절기능을 가능토록 하는 미생물 및 천연식물유래의 친환경농업 소재를 활용한 병해충 방제 기술이 요구되고 있다. 따라서 전국적으로 시판되고 있는 다양한 종류의 친환경 자재의 효능을 검증하고 이러한 정보를 바탕으로 매뉴얼 개발에 활용하는 것이 중요하다.

○ 우리나라의 경우 2009년부터 생물농약 보조 사업을 실시하고 있는 바, 그 동안 친환경유기농자재나 4종 복합비료에 의하여 시장이 잠식되어 확대되지 않았던 생물농약을 포함하는 친환경농업 시장이 급속하게 성장할 것으로 판단된다. 이에 따라 시장의 팽창에 따른 우수한 미생물농약 및 생화학농약의 등록이 활발하게 진행될 것으로 예측되고 있다.

○ 현재 300여종의 친환경농자재가 시판 또는 이용되고 있으며, 농자재의 정확한 작용 및 특성이 연구되지 않은 채 무분별하게 사용되고 있는 바 이에 대한 과학적이고 체계적인 활성 검증 및 평가를 위한 연구가 필요한 실정이다.

○ 2004년 농림부에서 발표한 친환경농업육성과 농산물 안전 확보 대책에 따르면 2013년까지 2004년 현재 대비 비료와 합성농약의 사용량을 60%이상 감소하여 친환경농산물의 생산량을

10%이상 증가시키는 것을 목표로 설정하였다.

○ 친환경 농산물의 수요가 꾸준히 증가함에 따라 보다 저렴하고 고효율의 농자재 개발이 시급한 시점이다. 그러나 아직도 많은 경우 화학적 방제가 농업 현장에서 쓰이고 있으며, 이를 대체할 수 있는 친환경적 생물제제 개발을 위한 새로운 유용 미생물의 발굴이 중요한 실정이다.

○ 우리나라 친환경농작물의 재배면적은 2009년 현재 전체 농작물 재배면적의 약 3% 수준이내로 미비하지만 친환경농산물에 대한 국내 소비자 선호도의 증가 및 농산물 간의 경쟁력 강화 등에 힘입어 그 시장성은 지속적으로 증가하고 있다. 국립 농산물품질관리원이 2009년 보고한 자료에 따르면 2010년에는 1조 8천억원의 매출이 예상되고 2015년에 약 5조원 수준의 매출액이 예상되고 있다.

○ 우리나라에 공식적으로 등록된 병해충 방제용 생물농약은 2010년 5월 현재 살균제 19종, 살충제 13종, 그리고 제초제 1종으로서 총 33종이며 이중 40%에 해당하는 12종이 수입품이다. 또한, 등록된 병해충 방제용 생물농약을 품목별로 보면 살충제가 15개, 살균제가 16개로서 매우 한정되어 있고, 일부 해충과 식물병 방제에 국한하고 있다.

○ 현재, 우리나라의 친환경유기농자재로 분류되어 해충방제에 사용되고 있는 자재는 총 1,085개 품목 중 24.6%인 267개에 불과하다(2010년 9월 현재, 농촌진흥청). 특히, 해충방제용 생물농약의 경우 등록된 대부분 자재가 Bt 제로서 나방류 방제에 국한하고 있으며 진딧물 방제용 제제는 전무한 실정이다. 또한 이들 자재의 살충성분을 고려할 때 농자재의 종류가 소수에 불과하며 대부분의 자재가 유효성분은 동일하지만 제품명만이 다르게 등록되어 있어 실질적으로 적용할 수 있는 품목 수는 매우 소수에 불과하다고 할 수 있다.

○ 등록된 제품에 표기된 정보를 보면 자재의 유효성분에 대한 언급이 없을 뿐만 아니라 등록된 해충방제용 자재의 적용매뉴얼이 전무한 실정이어서 적용매뉴얼 개발을 위한 연구가 필요하며, 무엇보다도 친환경농업에 적용할 수 있는 다양한 자재가 개발되어 적용 병해충의 스펙트럼을 높일 수 있는 기술이 필요하다.

○ 최근에 사용 또는 시판되고 있는 친환경농자재가 재배작물에 따른 병충해에 대하여 농가현장에서 실제로 유용하게 적용되고 있는지에 대한 효과검증이 필요하고 손쉽게 선택하여 사용할 수 있는 병해충 방제 매뉴얼화가 필요한 실정이다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 친환경 농업소재의 식물병 방제 활성 평가, 병 방제용 미생물 개발 및 병 방제 매뉴얼 연구 [4-1세부과제]

가. 시판중인 다양한 친환경 농업소재의 *in vitro* 활성평가

- 친환경 농업소재의 *in vitro* 및 *in vivo*에서의 병 방제활성 검증

나. 친환경 후보 소재의 *in vivo*에서의 병 방제활성 검증 및 포장 적용시험

- 친환경 농업소재의 포장에서의 적용시험을 통한 실증 실험 및 특성 연구
- 다. 시판중인 친환경 농업소재의 병 방제 활성 및 특성 조사
- 병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 평가
- 라. 병 방제를 위한 항미생물 활성 검정을 통한 우수 미생물 선발 및 적용
- 병 방제활성 균주 선발
- 마. 병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 평가
- 병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 조사
- 바. 활성균주의 대량 배양 및 활성물질 생산법 연구
- 활성균주의 대량 생산성
- 사. 농업소재의 포장적용 실험을 통한 병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 확보
- 매뉴얼 개발을 위한 병 방제 정보 확보 여부
- 아. 상기의 연구 대상 식물병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 종합 및 매뉴얼화
- 병 방제용 매뉴얼 작성

## 2. 시설재배 고추, 쌈채(잎들깨) 및 벼 병 방제를 위한 친환경농자재 검증 및 방제법 개발 [4-2세부과제]

### 가. 연구개발 내용

- 시설재배 식물병에 대한 친환경농자재의 검증
- 시설재배 고추, 쌈채(잎들깨)에 대한 식물병에 대한 친환경농자재 개발
- 벼 식물병에 대한 친환경농자재 검증 및 개발

### 나. 연구개발 범위

- 시판 친환경농자재의 고추, 쌈채(잎들깨)와 벼 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사
- 관행구와 무농약재배구 작물의 일반적 생육 및 성장 조사
- 시험구의 식물체내 병발생관련단백질 및 병 저항성 관련 효소의 활성변화 패턴조사
- 선발미생물로부터 얻어진 가수분해효소의 특성조사 여부 조사
- 선발된 친환경농자재를 이용한 시설재배 및 포장 내 식물병의 방제효과 검증

## 3. 친환경농자재의 미생물학적 분석 및 유용미생물의 활용 [4-3세부과제]

### 가. 시판되거나 자체 개발한 친환경농자재의 미생물학적 활성 분석

### 나. 항균활성 및 식물생장촉진활성을 가지는 작물 내생 유용미생물의 발굴 및 활용

### 다. 고추 시설재배지 미생물상 비교 분석 방법의 확립

### 라. 친환경농자재의 투여에 따른 미생물상 변화 관찰 및 병 방제를 위한 활용

### 마. 쌈채류 시설재배지의 미생물상 비교 분석을 통한 친환경농자재 검증

### 바. 병방제 매뉴얼의 미생물학적 정보 제공

## 4. 친환경농업 해충방제 매뉴얼 연구 - 시설재배 벼, 고추, 쌈채류 나방류 방제 [4-4세부과제]

본 연구목적을 달성하기 위한 연구개발의 내용 및 범위는 다음과 같다.

### 가. 실내사육법 정착

- 배추좀나방, 담배거세미나방, 들깨잎말이나방, 무테두리진딧물, 담배가루이, 온실가루이 등 의 실내 사육 정착

나. 이들에 대한 시판 친환경농자재 실내 검정

- 전남도 시판 및 사업단 개발 친환경 농자재 42종에 대한 실내 검정 수행

다. 주기별 재배 농가에 대한 해충발생 모니터링

- 주 1회 정도 친환경 재배 농가에 대한 해충발생 모니터링을 통해 매뉴얼 작성을 위한 발생 정보 축적 및 조기, 적정 친환경적 방제전략 제시

라. 매뉴얼 작성

- 이러한 실내 및 현장 경험을 토대로 한 친환경 매뉴얼 작성

#### 5. 시설재배 작물 진딧물 방제매뉴얼 연구 및 개발 [4-5세부과제]

가. 진딧물 방제용 시판 농자재 방제효능 실내 검증 선발

나. 진딧물 방제용 시판 농자재 방제효능 농가포장 검증

다. 천연식물 추출물 유래 진딧물 방제용 제제 개발 및 산업화

라. 미생물 유래 진딧물 방제용 제제 개발 및 산업화

마. 개발된 진딧물 제제의 실내 및 농가현장 포장 검증

바. 검증된 자재 및 제제 이용 진딧물 방제매뉴얼 연구

### IV. 연구개발결과

#### 1. 친환경 농업소재의 식물병 방제 활성 평가, 병 방제용 미생물 개발 및 병 방제 매뉴얼 연구 [4-1세부과제]

가. 실내 및 실외에서의 친환경농자재 효과 검정

(1) 생물농약으로 등록된 제품을 비롯한 10여개의 회사에서 출시된 24개의 친환경농자재 제품을 대상으로 *in vitro*에서 식물병원균에 대한 항균활성을 일차 검정한 결과, 5개의 친환경농자재인 GARS, DrP, TOP, DOR, KKA가 세균과 곰팡이 모두에서 높은 항균활성 효과를 보였으며, 해충방제용으로 개발된 마늘 농축액 (일부 살충성분 및 보조제 함유) 역시 높은 항균활성을 보였다.

(2) 고추포장에서의 시들음병 및 흰가루병, 들깨포장에서 잣빛곰팡이병 및 줄기마름병, 그리고 벼포장에서의 도열병, 잎집무늬마름병 및 깨씨무늬병에 대해 친환경농자재의 방제활성을 검정한 결과, 고추 시들음병에는 MAI, GL의 농자재의 방제활성이 좋았으며, 흰가루병에는 GL, ECOZ, QPA, HET의 효과가 좋았다. 또한, 들깨 잣빛곰팡이병 및 줄기마름병에는 GL, YSL2의 방제 활성이 높았으며, 벼 도열병 및 잎집무늬마름병에는 TS와 YS제가 병 방제 효과가 좋았고, 벼 깨씨무늬병에는 TS와 DP제가 병 방제 활성이 높았다.

(3) 친환경 농업소재의 병해충 방제 현장 실증 연구 및 컨설팅에 참여한 광양지역 농가는 총 5개 농가이며, 총 재배면적은 40,809m<sup>2</sup>이었다. 고추, 토마토, 부추, 애호박 등 채소류에 발생하는 잎곰팡이병 및 흰가루병 등에 대한 병 방제 실증 시험을 현지 농가와 협력하여 실시하여 다양한 병 방제 정보를 확보하고 매뉴얼 개발에 활용하였다.

나. 병 방제제 개발 및 연구

(1) 친환경농자재로 개발 가능한 활성균주를 선별하기 위해 본 연구실에 보관 중인 500여 개의 균배양액을 대상으로 항균활성 검정을 실시하여 우수균주로 EML-BS2균주를 선별하였다. EML-BS2 균주는 *in vitro*에서 다양한 식물병원균에 대해 높은 항균활성을 보였으며, *in vivo*상에서의 포장 실험 결과, 고추 흰가루병, 애호박 흰가루병, 들깨 잿빛곰팡이병 및 줄기마름병, 벼 도열병에서 높은 방제효과를 보였으며 식물생장촉진효과도 확인하였고 특허출원(출원번호: 10-2010-0065557)을 실시하였다. 본 발명은 *Bacillus amyloliquefaciens* EML-BS2 균주 및 이를 이용한 식물병방제제 및 식물생장촉진제에 관한 것으로서, EML-BS2 균주는 흰가루병, 탄저병, 잎도열병 및 시들음병 등 다양한 식물병원균에 대하여 광범위한 항균활성을 가져 각종 병해에 대한 우수한 방제 효과가 있을 뿐만 아니라, 애호박 등 식물의 생장을 촉진하는 효과를 보여 유기합성 농약을 대체하는 친환경 생물농약으로 쓰일 수 있다는 장점이 있다. 현재 본 균주를 이용한 친환경유기농자재 등록을 위한 후속 연구과제를 구상 중에 있다.

(2) 병 방제용 소재를 탐색하고 활성을 평가하기 위하여는 포장에서 직접 분리되는 병원균을 target으로 방제활성을 평가하는 것이 매우 중요한데 그 이유는 동일 병원균종이라 하더라도 병원성 및 사용 약제에 대한 저항성(감수성) 정도가 상이하기 때문이다. 본 연구 과정에서 식물병리학적으로 매우 중요한 잎들깨 마름병 (*Corynespora cassiicola*) 및 벼잎마름병 (*Pantoea agglomerans*)을 발견하였으며 병원균을 이병 병반으로부터 분리하였으며 분자계통분류학적으로 동정하여 Plant Disease에 국내 미기록 식물병원균으로 최초로 보고하는 부수적인 성과를 얻었다. 이러한 병원균에 대한 정보는 효율적인 병 방제에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

다. 시설재배 고추, 들깨 및 벼 재배 매뉴얼 작성

본 연구과정에서 실시한 친환경 농업소재의 병 방제 활성 평가, 이들의 포장 적용 연구 및 방제 활성 평가, 병원균의 특성 및 방제 방법 연구 등을 통해 확보된 다양한 정보를 종합하여 고추, 들깨, 상추 및 벼를 포함하는 4종류의 유기·무농약 재배 매뉴얼을 작성하였다. 본 매뉴얼은 향후 농가에 보급되어 친환경 작물 재배 및 식물병 방제를 위한 지침서로서 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

## 2. 시설재배 고추, 짬채(잎들깨) 및 벼 병 방제를 위한 친환경농자재 검증 및 방제법 개발 [4-2세부과제]

가. 고추 시설재배 연구결과

(1) 공동포장 내 관행재배동과 무농약재배동에서 고추(청양)작물의 생육기간동안 초장변화 및 수확량을 조사한 결과, 최종 수확량은 관행재배동에서 1,148 kg, 무농약재배동에서 1,187 kg으로 유사한 수확량을 보였다.

(2) 공동포장 내 관행재배동과 무농약재배동에서 사용된 자재의 방제횟수, 방제비용을 조사한 결과, 무농약재배구에서 사용한 방제비용이 관행재배구에 비해 더 많이 소요되었으나 무농약재배구에서 더 높은 농가 소득을 보였다.

(3) 고추 역병균에 대해 우수한 항균활성을 보이는 균주를 분리한 결과, *B. thuringiensis*

GS1과 *L. adecarboxylata* MG815로 동정되고 명명되었다. 또한 키틴분해능력이 강한 균주를 분리한 결과, *Serratia marcescens* AKL1과 *Aeromonas hydrophila* AKR1로 동정되고 명명되었다.

#### 나. 시설재배 잎들깨 연구결과

(1) 시설재배 잎들깨(품종: 만추)의 시험기간 중 대조구(C), 키틴퇴비구(CF), 키틴미생물배양액 처리구(CM)에 대한 작물의 일반적인 생육 특성을 조사한 결과, 초장, 주당 마디수, 잎수량의 경우 키틴미생물배양액 처리구에서 약간 높은 경향을 보였다.

(2) 시설재배 잎들깨의 재배기간 동안 각 처리구별 병 발생율을 조사한 결과 균핵병과 노균병의 경우 대조구에 비하여 키틴퇴비구와 키틴미생물처리구에서 약간 높은 병방제 효과를 보였다.

(3) 잎들깨 작물의 정식 후 112일차에 1차 시료를 채취하여 잎들깨 조직내 병발생관련단백질 함량변화를 조사한 결과, 시판 친환경농자재를 처리한 무농약재배동의 본 시험구에서 키틴아제 활성의 경우 키틴미생물처리구에서 활성이 가장 높게 나타났고, 대조구와 키틴퇴비구는 유사한 수준으로 다소 낮은 경향을 보였다.

(4) 잎들깨에서 발생하는 식물병에 대한 항균 활성을 가진 우수한 균주 분리 분리한 결과, *Glucoacetobacter liquefaciens* BW1과 *Leuconostoc mesenteroides* BW2로 동정되고 명명되었다. 또한 키틴분해활성이 강한 균주를 분리한 결과, *Lysobacter enzymogenes* MG18S와 *Pseudomonas entomophila* MG23S로 동정되고 명명되었다.

#### 다. 벼 포장 연구결과

(1) 호평벼 잎도열병의 경우 100주당 발병율을 조사한 결과 울금추출물 처리구에서 1차와 2차 조사일에 각각 1.11%와 2.27%로 가장 낮게 나타났다. 이삭도열병의 경우 식물추출물 처리구에서 1.3%로 가장 낮게 나타났다.

(2) 호평벼 잎집무늬마름병 방제에 대하여 100주당 발병율을 조사한 결과 석회보르드액 처리구에서 1.53%로 가장 낮게 나타났다.

(3) 호평벼 흰잎마름병 방제에 대하여 자연 감염율을 조사한 결과 비타민제 처리구에서 1차, 2차 조사일에 각각 1.4%, 4.6%로 가장 낮게 나타났다.

### 3. 친환경농자재의 미생물학적 분석 및 유용미생물의 활용 [4-3세부과제]

가. 토양 및 작물 내생 세균의 생균수 (colony forming unit) 측정

- 토양과 작물 내생세균 모두 관행 재배 토양이 친환경 재배 토양 보다 다소 많았다. 시들음병 증상을 보이던 식물체의 토양세균은  $10^6$  CFU/g, 내생세균은  $10^2$  CFU/g였다. 식물체 부위별 내생세균의 수는 뿌리, 그 다음으로 잎, 줄기 순이었다.

나. 미생물의 분리, 배양 및 다양성 분석

- 친환경 시설재배지 토양에서 분리한 세균의 16S rRNA 유전자 분석을 이용한 동정 결과 *Bacillus* sp. 51주, *Microbacterium* sp. 7주, *Streptomyces* sp. 10주 등 *Proteobacteria* 7속, *Firmicutes* 4속, *Actinobacteria* 5속이 각각 분리되었다. 분리된 균주의 개수로는 *Proteobacteria*가 11주, *Firmicutes*가 51주, 그리고 *Actinobacteria* 23주로 나타났다.

다. 고추 탄저병균 (*Colletotrichum gloeosporioides*)에 대한 길항 세균의 분리

- 고추 재배 토양 및 고추 식물체로부터 분리한 290개의 균주를 대상으로 고추 탄저병균에 대한 길항력을 보이는 균주를 선발하였다. 모두 8균주가 선발되었으며 그 중 7균주가 토양 세균이었고 나머지 한 균주가 고추 뿌리에서 분리된 내생세균으로 다른 토양세균 균주들에 비하여 길항력이 가장 좋았다.

라. Fingerprinting 기법을 이용한 재배지토양 미생물상 비교 분석

- T-RFLP 결과 모든 토양 시료에서 관행 재배와 친환경 재배 간에 T-RFLP profile상의 뚜렷한 차이는 발견되지 않았다. 한편 DGGE profile의 경우에서도 관행 재배와 친환경 재배간에 일부 밴드의 intensity 차이만 발견되었을 뿐 전체적인 양상에 있어서 큰 변화는 나타나지 않았으며 지역 간에 약간의 차이만 발견되었다.

마. 친환경 재배지의 미생물 개체군 변화 분석

- 고추재배지 토양과 잎에서 모두 관행구, 무처리구 그리고 친환경 제제 처리구간에 총세균 및 진균 개체군의 뚜렷하고 의미있는 차이는 발견할 수 없었다. 친환경 제제 처리구에서 전반적으로 다양한 양상의 개체군 특성을 나타내었다.

바. 제제 미생물의 환경 적응성

- 각 친환경 제제 처리구의 활성 미생물인 *Bacillus* spp.의 밀도가 토양에서는 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 반면 고추 잎 시료에서는 별 차이가 없었다. *Bacillus* spp. 활성 미생물들은 그 균주의 특성상 토양에 한달 간격으로 3회 정도 반복 관주하면 토양에 잘 정착하여 옆면의 경우보다 그 밀도가 지속될 것으로 예상된다.

사. 친환경 제제의 효과 검증을 위한 병원균의 검출과 정량 분석

- 각 토양시료로부터 식물병원성 진균 5종의 정량 비교 결과 *F. oxysporum*의 경우 모든 친환경제제 처리구에서 그 밀도가 대조구 및 관행구에 비해 떨어졌으며 *A. alternata*, *C. gloeosporioides*과 *S. sclerotiorum*은 일부 친환경 처리구에서 그 밀도가 감소하였다. 이로부터 친환경제제 처리시 토양내 전체 미생물의 구성에 당장 큰 변화를 가져오지 않지만 식물 병원성 진균에 대해서는 억제효과가 있었다.

아. 쌈채류 친환경 재배지의 미생물 개체군 변화 분석

- 썩갯의 경우 관행구와 친환경 처리구가 토양 중 세균의 군집이 서로 유사한 반면 상추의 경우에 관행구와 친환경 처리구가 썩갯보다 그 차이가 큰 것으로 나타났다. 한편 무농약 재배시 일부 배추 잎 시료의 세균 군집이 서로 유사한 것 이외에 대부분의 배추 및 청경채 잎

에서 그 세균 군집이 서로 다양하게 나타났다. 뿌리의 경우에는 한 시료를 제외한 다른 모든 배추가 청경채에 비해 서로 유사한 세균 군집을 보였다. 한편 청경채 및 배추 무농약 재배 토양내 세균 및 진균 군집의 차이를 조사한 결과 청경채와 배추간에 뚜렷한 차이가 없이 전 시료가 다양한 양상을 나타내었다.

자. 미생물 제제화 연구

- 3차년도 실험에서 선발한 길항 미생물 *Bacillus subtilis* 속 미생물을 이용해 청양고추 종자를 코팅하였다. 그 결과 종자의 초기 코팅 밀도는  $10^6$  cfu/seed 이었으며 3주경과 후 보존중인 종자의 생균 밀도는  $10^5$  cfu/seed로 떨어졌으나 파종되어 발아된 근권의 밀도는  $10^6$  cfu/root로 나타났다. 이후 6주 경과 후 보존된 종자는 그 생균 밀도가  $10^5$  cfu/seed로 지속되었으며 근권의 밀도는  $10^5$  cfu/root로 나타났다. 따라서 추후 길항균의 생존력과 근권내 정착 밀도를 높일 방안 등이 고려되어야 할 것으로 보인다.

차. 미생물 제제의 안정성 평가

- 시중에 상업적으로 시판되고 있는 9종의 미생물 제제를 가지고, 이들이 얼마나 안정성이 유지 되는지 실험을 수행하였다. 안정성은 3달간에 걸쳐 이루어 졌으며, 그 결과 거의 대부분의 경우 각 제품에 표시된 미생물 기준 농도 보다 상회하는 결과를 보였고, 3개월이 지난 시점에서도 농도는 그대로 유지됨을 알 수 있었다.

#### 4. 친환경농업 해충방제 매뉴얼 연구 - 시설재배 벼, 고추, 쌈채류 나방류 방제 [4-4세부과제]

가. 고추 및 들깨에 발생하는 주요 해충 중 나방류 (배추좀나방, 담배거세미나방, 들깨잎말이나방, 온실가루이, 담배가루이, 무테두리진딧물 등)의 실내사육 체계 구축하였다.

나. 이들을 이용하여 시판 친환경농자재 총 42종에 대해 해당 상품의 효능 표시 여부에 따라 나방류 각 종에 진딧물에 또는 가루이류에 대한 살충 정도를 조사하였다 (총 6종 해충에 대하여 총 86개 자재에 대하여 분석함).

다. 그 결과, 나방류는 어린 유충에는 그 효과가 높은 농자재가 다수 존재하나 고령 유충은 친환경농자재만에 의한 방제는 매우 어려운 실정이며, 진딧물은 영에 관계없이 효과가 높은 농자재가 다수 존재하는 반면 가루이류는 대부분의 경우 그 효능이 낮은 편이었다.

라. 그러므로 성공적인 무농약 재배를 위해선 조기 예찰과 이에 따른 조기 방제가 매우 중요하며 물질적 방제, 포집기 사용, 시설내 온습도 환경 조정 등 종합적인 판단하의 작물 재배가 필수적이라고 판단된다.

마. 실험실내의 농자재 실험결과와 야외 현장에서의 예찰 및 무농약 재배 경험을 바탕으로 시설고추, 시설쌈채류 및 벼 무농약 재배 매뉴얼을 발간하기에 이르렀다.

#### 5. 시설재배 작물 진딧물 방제매뉴얼 연구 및 개발 [4-5세부과제]

가. 실내검증에서 진딧물 살충효율이 80% 이상인 시판자재 17개 품목을 선별한 다음 이를 농가포장에서 방제효과를 검증한 결과 진삼이, 해충박사, 선초, 응삼이, 디펜스엠, 죽순액이 80% 이상 수준이었다. 따라서 진딧물 방제매뉴얼 연구를 위해 이들 농자재를 적용하고자 하였다.

나. 국내토착 천연식물 추출물을 이용하여 진딧물 방제용 농자재를 개발하여 산업화하고자 친환경농업 선도농가들 사이에 진딧물 살충효능을 가지고 있는 것으로 알려진 꾸지뽕, 고삼, 어성초, 계피, 고추정유, 백두옹, 마늘, 녹나무, 대과, 땅빈대, 된장풀, 반하, 부자, 생강, 석창포, 소리쟁이, 역귀, 초피나무, 흰민들레, 고추냉이 등의 20개 추출물을 대상으로 조사한 결과 1,000 mg/L 수중에서 50% 이상의 살충효과를 보인 식물은 꾸지뽕과 고삼뿐이었다. 하지만 이들 식물은 국내에서 재배면적이 협소하고 살충물질 생상에 대한 일관성, 그리고 제제화 과정에서 소요되는 개발비를 고려할 때 산업화 가능성이 낮았다.

다. 진딧물 살충 미생물 소재를 탐색하기 위해 유화제를 생산하는 오일 분해 미생물 20여종을 분리하여 활성이 우수한 2종의 미생물을 선별하였다. 분리한 미생물은 *Rhodococcus*와 *Pseudomonas* 종으로서 계면활성력은 우수하지 않았지만 유화력지수가 48시간 후에 70% 이상으로 우수하였다. 또한 분리한 미생물은 콩기름을 탄소원으로 배양하였을 때 C18 불포화 지방산을 생산하였으며 상기에서 얻은 식물추출물과 혼합하여 처리시에 진딧물 살충효율이 실내에서 80-96% 수준이었다. 진딧물 방제용 시판자재를 1/2 및 1/4 수준으로 미생물 배양액에 희석하여 농가포장에서 발생하는 고추 진딧물을 대상으로 실험한 결과 처리 7일 후에 완전한 방제효과를 얻을 수 있었다. 따라서 유화제를 생산하는 미생물 배양액은 진딧물 살충효과를 상승시키는 협력제 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

라. 진딧물 방제용 미생물 제제를 개발하기 위해 진딧물에 기생하여 살충력을 갖는 곤충병원성 곰팡이를 분리하고 이를 *Lecanicillium attenuatum* CNU-23이라고 명명하였다. CNU-23을 실내검증에서  $1 \times 10^6$  수준으로 진딧물에 처리하였을 때 처리 7일 후 85% 이상 수준의 살충효과를 얻을 수 있었으며 50% 살충효과를 나타내는 시간은 약 3.72일으로서 기존 발표된 유사한 제제보다 빨랐다. 또한 CNU-23의 진딧물 방제효과를 농가포장에서 발생하는 고추 진딧물을 대상으로 실시한 결과 3일 간격으로 2회 처리시 10일 후 방제효과가 90% 이상 수준이었다. 이렇게 실내 및 농가포장에서 진딧물 방제효과가 있는 것으로 검증된 CNU-23 제제는 '에피스'라는 이름으로 시제품을 제작하고 (주)흙사랑을 통해 산업화되었다.

마. 천연식물 추출물에서 유래한 진딧물 방제용 자재를 산업화하기 위해 한약재인 오스틀과 제충국 추출물, 그리고 콩기름 및 창포오일을 식용성 계면활성제와 적절하게 배합하여 개발한 다음 진딧물 살충효과를 실내에서 검증한 결과 처리 24시간 후 90% 이상 수준이었다. 개발된 제품은 '농부각시'라는 이름으로 시제품을 제작하여 (주)흙사랑을 통해 산업화되었다. 농부각시를 농가포장에서 발생하는 고추 진딧물을 대상으로 방제효과를 검증한 결과 80% 이상 수준이었다. 또한, 진딧물 살충 보조제를 개발하기 위해 콩기름을 촉매적으로 가수분해한 다음 이를 진딧물 살충효과에 검증한 결과 살충효율을 현저하게 증가시켰으며 이를 '나노큐'라는 이름으로 시제품을 제작하고 (주)흙사랑을 통해 산업화시켰다.

바. 다양한 진딧물 방제용 자재를 개발할 목적으로 님오일과 데리스 추출물을 원료로 하는 O/W 에멀전 제제를 개발하여 실내에서 진딧물 살충효과를 검증한 결과 97% 이상 수준이었다. 또한, 이를 농가포장에서 발생하는 고추 진딧물을 대상으로 방제효과를 검증한 결과 75% 이상 수준이었으며 이를 '아디스'라는 이름으로 시제품을 제작하고 (주)홍사랑을 통해 산업화하였다.

사. 이상의 연구에서 선발한 진딧물 방제용 시판 농자재와 본 연구에서 개발한 제제를 이용하여 시설재배 고추 진딧물 방제매뉴얼을 연구한 결과 다음과 같이 요약할 수 있었다.

- (1) 작물의 재배지수를 고려하여 서로 다른 살충성분으로 구성된 자재를 진딧물 발생이 관찰된 직후 1회 살포하고 1회 살포 3일 후 2회 살포, 그리고 그 이후 5-7일 간격으로 진딧물 밀도를 관찰하면서 살포한다.
- (2) 진딧물의 생활주기를 고려할 때 2-3일 이내에 밀도가 2배 증가하며 12-16시간 간격으로 하므로 큐티클을 탈피하므로 30일 이내에 살충성분이 중복되는 자재살포를 피하여 저항성 유발 가능성을 최대한 억제한다.
- (3) 진딧물을 방제하는데 있어서 가장 중요한 사항 중 하나는 진딧물 발생이 관찰될 때부터 자재를 살포하는 것이며 진딧물 발생과 무관하게 정기적으로 자재를 살포하면 작물의 수확시기에 진딧물의 밀도가 기하급수적으로 증가하여 작물의 해를 가져올 수 있다.
- (4) 본 연구에서는 서로 다른 살충성분을 함유한 시판자재와 개발된 자재 5개를 선발한 다음 작물 재배지수를 고려하여 교호적으로 살포한 결과 성공적인 진딧물 방제를 달성할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 연구된 매뉴얼을 농가에 보급하기 위한 노력을 하고 있다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

### 가. 제 4 핵심과제 연구성과 총괄표

연구 책임자	학술논문		학술발표		특허		영능 활용	시책 건의	기술 이전	유전 자원 등록	상품 제작	산업 화	국제 협력	홍보	교육 지도	인력 양성
	국내	SCI(E)	국내	국외	출원	등록										
이항범		5	21		1				3				2	1	4	8
정우진	4	2	23						2		1		1	17	11	7
김승범		1	3							80						2
김익수	4		13												3	9
김인선	2	3	12			1			1			4		5	11	6
김영철	4	9	13		1	1			3					5	1	7
박서기	1	1	3			2									1	
김길용	3	3	11											46	9	3
안성주		1														
김월수			1	3		1										
박준근			1													
4핵심소계	18	25	100	3	2	5			9	80	1	4	3	74	40	42

## 나. 성과활용계획

### 1. 친환경 농업소재의 식물병 방제 활성 평가, 병 방제용 미생물 개발 및 병 방제 매뉴얼 연구 [4-1세부과제]

#### 가. 지식재산권 확보계획

본 연구과정에서 광범위 병 방제 활성과 식물생장촉진 활성으로 기 특허출원된 EML-BS2 균주에 대해 후속 연구를 통해 친환경유기농자재 이상의 식물병 방제용 제품으로 개발될 수 있을 것이다. 따라서 향후 후속과제를 통해 본 균주를 활용한 친환경유기농자재 이상의 미생물 살균제 개발 기술을 특허화 할 예정이다.

#### 나. 기술확산 계획

○ 광양 및 남평 등 전남지역의 친환경 재배지역에서 수행한 현장 적용 연구 결과와 본 연구실에서 확보한 병 방제 관련 자료를 종합하여 작성된 재배 매뉴얼에 기초하여 향후 병 방제 기술 정보를 대농민을 상대로 제공하고 관련 교육을 확대 실시할 계획이다.

○ 본 연구를 통해 확보된 식물병 방제 활성 및 식물생장촉진 기능을 갖는 신규 바실러스 아밀로리퀴파시엔스 EML-BS2 균주를 대상으로 친환경유기농자재 등록 및 산업체로의 기술이전이 가능하도록 실용화연구를 추진하고자 한다.

#### 다. 연구 결과의 논문화

○ EML-BS2 균주의 다양한 식물병에 대한 병 방제 및 식물생장촉진 활성 (학술진흥재단등재 이상의 논문 투고 예정).

### 2. 시설재배 고추, 쌈채(잎들깨) 및 버 병 방제를 위한 친환경농자재 검증 및 방제법 개발 [4-2세부과제]

가. 친환경농자재를 이용한 식물병에 대한 효율적 방제기술 개발

나. 친환경농자재를 이용한 안전한 친환경농업 발전에 기여

다. 친환경농자재를 이용함으로써 농약의 사용을 줄이고 작물생장을 향상 시키는 작물재배 기술의 개발

라. 작물별 식물병 방제에 대한 일반 농가에 매뉴얼 보급

### 3. 친환경농자재의 미생물학적 분석 및 유용미생물의 활용 [4-3세부과제]

#### 가. 미생물학적 분석 기법 확립

○ 친환경농자재 개발은 미래형 바이오 산업의 대표적인 한 예라고 할 수 있으며, 미생물 구성에 대한 연구는 그 핵심이 되는 부분이다.

○ 친환경농자재의 미생물학적 평가는 친환경농자재의 효과를 측정할 수 있는 가장 중요한 방법이며, 따라서 평가 기준의 확립은 친환경농자재 개발 과정에 필수적인 지표로 이용될 수 있을 것이다.

#### 나. 신규 친환경농자재 개발

○ 높은 활성을 가진 미생물제제의 개발과 이의 효과적인 적용법 확립은 지속적으로 수행되어야 할 과제이며, 본 연구를 통하여 보다 우수한 효과를 가지는 친환경농자재 개발을 기대한다.

다. 친환경 농법 매뉴얼 개발

- 본 연구를 통하여 국내 주요 작물의 병해 방지를 위한 효과적인 정보를 제공할 수 있는 병 방제 매뉴얼의 개발을 기대한다.

#### 4. 친환경농업 해충방제 매뉴얼 연구 - 시설재배 벼, 고추, 쌈채류 나방류 방제 [4-4세부과제]

가. 관련 기관 친환경농업정책에 활용

나. 영농활용자료 제공 및 농민 및 농산업체 대상 교육, 홍보 계획

- 시설재배 고추 진딧물 방제법
- 진딧물 방제용 제제 개발을 위한 과학적 지식 고취
- 진딧물 방제용 자재 공급 및 산업화

다. 논문투고 및 학술대회 발표

- 천연식물 유래 추출물 이용 진딧물 방제
- 미생물 유래 소재 이용 진딧물 방제

라. 추가연구, 타 연구에 활용계획 등

- 농림수산식품부에서 공고되는 해충방제용 제제의 산업화 과제에 지원

#### 5. 시설재배 작물 진딧물 방제매뉴얼 연구 및 개발 [4-5세부과제]

가. 관련 기관 친환경농업정책에 활용

나. 영농활용자료 제공 및 농민 및 농산업체 대상 교육, 홍보 계획

- 시설재배 고추 진딧물 방제법
- 진딧물 방제용 제제 개발을 위한 과학적 지식 고취
- 진딧물 방제용 자재 공급 및 산업화

다. 논문투고 계획 및 학술대회 발표

- 천연식물 유래 추출물 이용 진딧물 방제
- 미생물 유래 소재 이용 진딧물 방제

라. 추가연구, 타 연구에 활용계획 등

- 농림수산식품부에서 공고되는 농림바이오산업화 과제 지원할 계획임

## SUMMARY

### IV. Investigation into Activity in Disease and Pest Control of Environmental -Friendly Materials and Development <Theme IV>

#### 4-1. Investigation into activity in disease control of environment-friendly materials for red pepper, rice, perilla and lettuce; Screening for biocontrol agents against plant diseases and development of manual for the control.

This study was performed to evaluate the disease control activity of various environment-friendly materials from commercial markets, to screen microbes for biocontrol agents, and to develop a manual for disease control. Out of 24 commercial products from 10 companies, 5 have shown to have *in vitro* activity in disease control. The products contain GARS, DrP, TOP, DOR and KKA and they showed antibacterial and antifungal activities. On the other hand, in the field test, MAI and GL products showed high activity against red pepper wilt while GL, ECOZ, QPA and HET against powdery mildews. In addition, TS and YS were active against rice blast and sheath blight while TS and DP against leaf brown spot. In the course of field testing and consulting for farmers, two important plant diseases were firstly reported to cause stem blight on perilla caused by *Corynespora cassiicola* and leaf blight on rice caused by *Pantoea agglomerans*. These findings will be effectively considered in establishing the management strategy for these diseases. Through *in vitro* and *in vivo* study, a bacterial strain has been selected as a candidate for biocontrol with wide control spectrum against powdery mildews, wilts, blights and rice blast. The liquid culture of the active strain also was shown to have plant growth promoting activity on vegetable crops including pumpkin and red pepper. To develop a manual for disease control, a lot of information regarding the environment-sound cultivation, evaluation and selection of the materials through *in vitro* and *in vivo* experiment, and eco-friendly environment management in crop cultivation were gathered and analysed. On the basis of the analysis and study, 4 kinds of manuals for disease control in red pepper, rice, perilla and lettuce were published and will be distributed for farmers.

#### 4-2. Evaluation of environment-friendly agricultural materials and development of biological control method for phytopathogens of *Capsicum annuum* L., *Perilla frutescens*, and *Oryza sativa* L.

To establish a biological control manual for crop cultivation, environment-friendly agricultural materials were used and tested in greenhouse for *Capsicum annuum* L. and *Perilla frutescens* crops, and in field for *Oryza sativa* L. crop. Total yields of pepper

(Chungyang) at the cultivation with conventional practice and environment-friendly agricultural (EFA) materials were similar as 1,148 kg and 1,187 kg/10a, respectively. Net income was also higher in EFA than in conventional practice. As for candidates of biocontrol agents, *Phytophthora capsici*, *Bacillus thuringiensis* GS1 and *Leclercia adecarboxylata* MG815 were isolated and identified. When treated green perilla (Manchew) with chitin fertilizer (CF), and chitinase-producing microorganism (CM) treatment in greenhouse, plant height, node number per plant and yield of leaves were slightly higher in CM treatment compare with other treatments. CF and CM treatment also effectively prevented Sclerotiose and Downy mildew incidence. Chitinase activity in leaves of green perilla was the highest in CM treated plants. On screening strains against phytopathogens of green perilla, *Glucoacetobacter liquefaciens* BW1 and *Leuconostoc mesenteroides* BW2 were isolated and identified. As for chitinase-producing bacteria, *Lysobacter enzymogenes* MG18S and *Pseudomonas entomophila* MG23S were isolated and identified. The incidence of leaf rice blast (Hopyung) was lowest of 1.11% and 2.27% when Wolgum extract treated at 1st and 2nd sampling, respectively. The incidence of neck rice blast was lowest of 1.3% in plants extract treatment. The incidence of rice sheath blight was the lowest of 1.53% in bordeaux mixture treatment. The incidence of bacterial leaf blight was lowest of 1.4% and 4.6% in vitamin treatment, respectively, at 1st and 2nd sampling.

#### **4-3. Microbial analysis of environment-friendly agricultural agents and application of useful microbes**

From the analysis of the 16S rRNA genes, the bacterial isolates were assigned to *Bacillus* sp. (51 strains), *Microbacterium* sp. (7 strains), *Streptomyces* sp. (10 strains) and 13 other genera. Proteobacteria included 7 genera, Firmicutes 4, and Actinobacteria 5. Eleven strains belonged to Proteobacteria, 51 strains to Firmicutes and 23 strains to Actinobacteria, respectively. Among 290 strains isolated from soil and chili pepper plants, strains exhibiting antagonistic activities against pepper anthracnose were screened. Eight strains in total were selected, 7 among them were from soil and 1 from the pepper root. The root isolate showed better antagonistic activity than soil isolates. From the T-RFLP and DGGE analyses, no significant differences in bacterial and fungal compositions could be observed among control, CC and EFC fields. The density of active microbial agent *Bacillus* spp. did not increase in the first two months, but consistently increased in the third month in EFC field, In contrast, no differences were found between EFC field and other fields in leaf samples. Thus it is advised to treat with biocontrol agents each month for 3 times to soil. The density of *F. oxysporum* was lowered in EFC fields. In contrast, the density of *R. solani* was lowered only in CC fields. The biocontrol agent B1 did not significantly change in the density of plant pathogenic fungi except for *F. oxysporum*. Using the selected antagonistic microorganism, *Bacillus subtilis* strain 7-011, Chengyang pepper seeds were coated. The dried seeds were then kept in the dessicator. As a result, the initial coating of seed density was

$10^6$  cfu/seed, which was dropped to  $10^5$  cfu/seed after preservation for 3 weeks. The density in the sprouting seed rhizosphere was also at  $10^5$  cfu/seed and maintained after 6 weeks. The stability of the commercially marketed biocontrol products have been checked over a period of three months.

#### **4-4. A research for the composition of environment-friendly pest-control manual: Control of pest moths occurring in facilitated pepper, vegetables, and rice plantations**

This research was carried out for the practice of eco-friendly agriculture (EFC) for the facilitated pepper plantation, facilitated vegetables plantation, and rice plantation. The indoor-rearing systems for the diamondback moth, the tomato cutworm, the perilla leaf pyralid moth, the greenhouse whitefly, the sweet potato whitefly, the turnip aphid and so on were established and stabilized. Forty-two EFC specific for the control of the pest species, particularly for moths (a total of 86 EFC for 6 pest species) were tested using the insect pest stabilized indoor. There are several EFC materials that are effective to the young ages of moths, but these were difficult for the control of old caterpillar. In the case of whitefly, most of the EFC materials were low in their control efficacy. Based on the early monitoring practice and non-pesticide based agriculture, EFC manuals for the facilitated pepper, lettuce, perilla leaf, and rice plantations were published.

#### **4-5. Development of an applicable manual for aphid control in greenhouse pepper plants.**

This study was conducted to examine agricultural agents for aphid control in greenhouse plants. The agents tested were derived from plant extracts and microbial materials. Seventeen agents that are commercially available were proved to exhibit more than 80% mortality against green peach aphids (*Myzus persicae*) under laboratory conditions. Among them, only five agents were shown to exhibit more than 80% mortality against aphids under greenhouse conditions. Twenty plants available in Korea were dried and extracted in ethanol and examined at 1,000 mtoL for aphid mortality. Among them, only two extracts from *Cudrania tricuspidata* and *Sophora flavescens* showed more than 50% mortality against *Myzus persicae*, but these plant extracts were not supposed to easily commercialized because of bioresource limitation and labor cost. Two botanical insecticide, derived from osthole plus pyrethrin plus neem oil plus derris that were combined with soybean oil and acorus oil in food-acceptable surfactants, were developed and commercialized by a domestic company. They showed more than 90% aphid mortality under laboratory conditions and more than 80% under greenhouse conditions. An entomopathogenic fungus named *Lecanicwlliuier ttenuatum* CNU-23 was examined as a biopesticide for aphid control in greenhouse pepper plants. CNU-23 was grown in potato dextrose broths to produce

blastospores at  $10^6$ - $10^8$ /mL. The harvested blastospores were mixed with 0.2% soybean oil fatty acids and examined for aphid control under both laboratory and greenhouse conditions. More than 90% aphid mortality was observed 10 days after application of CNU-23. CNU-23 showed 3.72 day of  $LT_{50}$  which represents the time required to reach 50% mortality. CNU-23 controlled successfully aphid populations and commercialized by a domestic company.

**제 1 장 친환경 농업소재의 식물병 방제 활성 평가,  
병 방제용 미생물 개발 및 매뉴얼 연구 [4-1]**



# 제 1 장 친환경 농업소재의 식물병 방제 활성 평가, 병 방제용 미생물 개발 및 매뉴얼 연구 [4-1]

## 요 약 문

I. 제 목 : 친환경 농업소재의 식물병 방제 활성 평가, 병 방제용 미생물 개발 및 매뉴얼 연구

### II. 연구개발의 목적 및 필요성

#### 가. 연구개발의 목적

본 연구는 친환경 농업소재의 방제활성 평가를 통해 우수한 농업소재를 선별하고, 시설재배 채소류 및 벼의 친환경적 방제를 위한 미생물의 선별 및 제제를 개발하고자 하였으며, 친환경 농자재의 병 방제 활성을 평가한 결과를 토대로 시설재배 고추, 들깨, 상추 및 벼 병 방제 매뉴얼을 작성하고 농가에 보급하는 것이다.

#### 나. 연구 필요성

○ 오늘날 환경보존형 농업에 대한 관심이 고조되면서 식물병 방제에 있어서도 기존 화학농약의 오남용으로 인한 환경오염과 파괴를 극복하고 자연생태계의 순환과 조절기능을 가능토록 하는 미생물 및 천연식물유래의 친환경농업 소재를 활용한 병 방제 기술이 요구되고 있다. 따라서 전국적으로 시판되고 있는 다양한 종류의 친환경 자재의 효능을 검증하고 이러한 정보를 바탕으로 매뉴얼 개발에 활용하는 것이 중요하다.

○ 미생물농약은 진균, 세균, 바이러스 및 원생동물 등 살아있는 미생물을 이용한 농업용 미생물방제제로서 우리나라의 경우 2005년 4월 25일 공시된 농촌진흥청 고시 제 2005-3호의 생물농약의 등록시험 방법 및 등록신청서류 검토기준에는 생물농약을 살아있는 미생물"로 정의하고 있다. 따라서 생물농약은 합성농약보다 일반적으로 독성이 약하므로 GRAS (generally recognized as safe)라 일컬어지고 있다.

○ 우리나라의 경우 2009년부터 생물농약 보조 사업을 실시하고 있는 바, 그 동안 친환경유기농자재나 4종 복합비료에 의하여 시장이 잠식되어 확대되지 않았던 생물농약을 포함하는 친환경농업 시장이 급속하게 성장할 것으로 판단된다. 이에 따라 시장의 팽창에 따른 우수한 미생물농약 및 생화학농약의 등록이 활발하게 진행될 것으로 예측되고 있다.

○ 현재 300여종의 친환경농자재가 시판 또는 이용되고 있으며, 농자재의 정확한 작용 및 특성이 연구되지 않은 채 무분별하게 사용되고 있는 바 이에 대한 과학적이고 체계적인 활성 검증 및 평가를 위한 연구가 필요한 실정이다.

○ 외국의 경우는 그 나라에 발생하는 다양한 미생물을 분리하여 미생물살균제로서 실용화된 예가 있으나 각 나라에서 문제시되는 병원형과 주 재배작물은 서로 상이하므로 우리나라에 적

합한 고유의 미생물살균제 개발을 위한 미생물소재 및 관련 기술의 확보가 필요하다.

○ 최근에 사용 또는 시판되고 있는 친환경농자재가 재배작물에 따른 병해에 대하여 농가현장에서 실제로 유용하게 적용되고 있는지에 대한 효과검증이 필요하고 손쉽게 선택하여 사용할 수 있는 병 방제 매뉴얼화가 필요하다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

- 가. 시판중인 다양한 친환경 농업소재의 *in vitro* 활성평가
  - 친환경 농업소재의 *in vitro* 및 *in vivo*에서의 병 방제활성 검증
- 나. 친환경 후보 소재의 *in vivo*에서의 병 방제활성 검증 및 포장 적용시험
  - 친환경 농업소재의 포장에서의 적용시험을 통한 실증 실험 및 특성 연구
- 다. 시판중인 친환경 농업소재의 병 방제 활성 및 특성 조사
  - 병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 평가
- 라. 병 방제를 위한 항미생물 활성 검정을 통한 우수 미생물 선발 및 적용
  - 병 방제활성 균주 선발
- 마. 병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 평가
  - 병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 조사
- 바. 활성균주의 대량 배양 및 활성물질 생산법 연구
  - 활성균주의 대량 생산성
- 사. 농업소재의 포장적용 실험을 통한 병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 확보
  - 매뉴얼 개발을 위한 병 방제 정보 확보 여부
- 아. 상기의 연구 대상 식물병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 종합 및 매뉴얼화
  - 병 방제용 매뉴얼 작성

### IV. 연구개발 결과

가. 실내 및 실외에서의 친환경농자재 효과 검정

(1) 생물농약으로 등록된 제품을 비롯한 10여개의 회사에서 출시된 24개의 친환경농자재 제품을 대상으로 *in vitro*에서 식물병원균에 대한 항균활성을 일차 검정한 결과, 5개의 친환경농자재인 GARS, DrP, TOP, DOR, KKA가 세균과 곰팡이 모두에서 높은 항균활성 효과를 보였으며, 해충방제용으로 개발된 마늘 농축액 (일부 살충성분 및 보조제 함유) 역시 높은 항균활성을 보였다.

(2) 고추포장에서의 시들음병 및 흰가루병, 들깨포장에서 잣빛곰팡이병 및 줄기마름병, 그리고 벼포장에서의 도열병, 잎집무늬마름병 및 깨씨무늬병에 대해 친환경농자재의 방제활성을 검정한 결과, 고추 시들음병에는 MAI, GL의 농자재의 방제활성이 좋았으며, 흰가루병에는 GL, ECOZ, QPA, HET의 효과가 좋았다. 또한, 들깨 잣빛곰팡이병 및 줄기마름병에는 GL, YSL2의 방제 활성이 높았으며, 벼 도열병 및 잎집무늬마름병에는 TS와 YS제가 병 방제 효과가 좋았고, 벼 깨씨무늬병에는 TS와 DP제가 병 방제 활성이 높았다.

(3) 친환경 농업소재의 병해충 방제 현장 실증 연구 및 컨설팅에 참여한 광양지역 농가는 총 5개 농가이며, 총 재배면적은 40,809m<sup>2</sup>이었다. 고추, 토마토, 부추, 애호박 등 채소류에

발생하는 잎곰팡이병 및 흰가루병 등에 대한 병 방제 실증 시험을 현지 농가와 협력하여 실시하여 다양한 병 방제 정보를 확보하고 매뉴얼 개발에 활용하였다.

나. 병 방제제 개발 및 연구

(1) 친환경농자재로 개발 가능한 활성균주를 선별하기 위해 본 연구실에 보관 중인 500여 개의 균배양액을 대상으로 항균활성 검정을 실시하여 우수균주로 EML-BS2균주를 선별하였다. EML-BS2 균주는 *in vitro*에서 다양한 식물병원균에 대해 높은 항균활성을 보였으며, *in vivo*상에서의 포장 실험 결과, 고추 흰가루병, 애호박 흰가루병, 들깨 잿빛곰팡이병 및 줄기마름병, 벼 도열병에서 높은 방제효과를 보였으며 식물생장촉진효과도 확인하였고 특허출원(출원번호: 10-2010-0065557)을 실시하였다. 본 발명은 *Bacillus amyloliquefaciens* EML-BS2 균주 및 이를 이용한 식물병방제제 및 식물생장촉진제에 관한 것으로서, EML-BS2 균주는 흰가루병, 탄저병, 잎도열병 및 시들음병 등 다양한 식물병원균에 대하여 광범위한 항균활성을 가져 각종 병해에 대한 우수한 방제 효과가 있을 뿐만 아니라, 애호박 등 식물의 생장을 촉진하는 효과를 보여 유기합성 농약을 대체하는 친환경 생물농약으로 쓰일 수 있다는 장점이 있다. 현재 본 균주를 이용한 친환경유기농자재 등록을 위한 후속 연구과제를 구상 중에 있다.

(2) 병 방제용 소재를 탐색하고 활성을 평가하기 위하여는 포장에서 직접 분리되는 병원균을 target으로 방제활성을 평가하는 것이 매우 중요한데 그 이유는 동일 병원균종이라 하더라도 병원성 및 사용 약제에 대한 저항성(감수성) 정도가 상이하기 때문이다. 본 연구 과정에서 식물병리학적으로 매우 중요한 잎들깨 마름병 (*Corynespora cassiicola*) 및 벼잎마름병 (*Pantoea agglomerans*)을 발견하였으며 병원균을 이병 병반으로부터 분리하였으며 분자계통분류학적으로 동정하여 Plant Disease에 국내 미기록 식물병원균으로 최초로 보고하는 부수적인 성과를 얻었다. 이러한 병원균에 대한 정보는 효율적인 병 방제에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

다. 시설재배 고추, 들깨 및 벼 병 방제 매뉴얼 작성

본 연구과정에서 실시한 친환경 농업소재의 병 방제 활성 평가, 이들의 포장 적용 연구 및 방제 활성 평가, 병원균의 특성 및 방제 방법 연구 등을 통해 확보된 다양한 정보를 종합하여 고추, 들깨, 상추 및 벼를 포함하는 4종류의 병 방제 매뉴얼을 작성하였다. 본 매뉴얼은 향후 농가에 보급되어 친환경 작물 재배 및 식물병 방제를 위한 지침서로서 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

가. 연구성과

논문게재		학술 발표	특허 (출원 /등록)	영농 활용	시책 건의	기술 이전	유전 자원 등록	교육 지도	산업화	국제 협력	홍보	인력 양성	성과물 제작
국내	SCI(E)												
	5	21	(1/0)			3		4		2	1	8	

#### 나. 성과활용계획

##### - 지식재산권 확보계획

본 연구과정에서 광범위 병 방제 활성과 식물생장촉진 활성으로 기 특허출원된 EML-BS2 균주에 대해 후속 연구를 통해 친환경유기농자재 이상의 식물병 방제용 제품으로 개발될 수 있을 것이다. 따라서 향후 후속과제를 통해 본 균주를 활용한 친환경유기농자재 이상의 미생물 살균제 개발 기술을 특허화 할 예정이다.

##### - 기술확산 계획

○ 광양 및 남평 등 전남지역의 친환경 재배지역에서 수행한 현장 적용 연구 결과와 본 연구실에서 확보한 병 방제 관련 자료를 종합하여 작성된 병 방제 매뉴얼에 기초하여 향후 병 방제 기술 정보를 대농민을 상대로 제공하고 관련 교육을 확대 실시할 계획이다.

○ 본 연구를 통해 확보된 식물병 방제 활성 및 식물생장촉진 기능을 갖는 신규 바실러스 아밀로리퀴파시엔스 EML-BS2 균주를 대상으로 친환경유기농자재 등록 및 산업체로의 기술이전이 가능하도록 실용화연구를 추진하고자 한다.

##### - 연구 결과의 논문화

○ EML-BS2 균주의 다양한 식물병에 대한 병 방제 및 식물생장촉진 활성 (학술진흥재단등재 이상의 논문 투고 예정).

## VI. SUMMARY

**Title : Investigation into activity in disease control of environment-friendly materials for red pepper, rice, perilla and lettuce; Screening for biocontrol agents against plant diseases and development of manual for the control.**

There has been a rising interest in discovery and utilization of environmental-friendly materials and the application to the fields in sustainable agriculture. This study was performed to evaluate the disease control activity of various environmental-friendly materials from commercial markets, to screening of microbes for biocontrol agents, and to write manual for disease control. The research contents contain: 1. *In vitro* evaluation of activity in disease control of 24 environmental-friendly materials collected from commercial markets and companies, 2. Field test of the materials, 3. Investigation into activities and properties of the materials, 4. Screening for biocontrol agents and selection of active strain, 5. Study on the liquid fermentation of the active strain and the evaluation of control activity in the fields, 6. Study on the manual for disease control in red pepper, rice, perilla and lettuce and writing the manual for disease control.

Out of 24 commercial products from 10 companies, 5 have been shown to have *in vitro* activity in disease control. The products contain GARS, DrP, TOP, DOR and KKA and they showed antibacterial and antifungal activities. On the other hand, in the field test, MAI and GL products showed high activity against red pepper wilt while GL, ECOZ, QPA, MO and

HET against powdery mildews. In addition, TS and YS was active against rice blast and sheath blight while TS and DP against leaf brown spot. Our results suggest that the activity of the materials should be maintained for the term validity and the information about the main active components should be accurately described on the commercial products in detail.

In the course of field testing and consulting for farmers, two important plant diseases were first reported to cause stem blight on perilla caused by *Corynespora cassicola* and leaf blight on rice caused by *Pantoea agglomerans*. These information of the disease will be effectively considered in establishing the management strategy for these diseases.

Through *in vitro* and *in vivo* study, a bacterial strain has been selected as a candidate for biocontrol with wide control spectrum against various diseases including powdery mildews, wilts, blights and rice blast. The liquid culture (LB) of the active strain also was shown to have plant growth promoting activity on vegetable crops including pumpkin and red pepper. This study revealed that the strain may be used as a biocontrol and growth promotion agent on various vegetable crops.

To develop a manual for disease control, a lot of information regarding the environment-sound cultivation, evaluation and selection of the materials through *in vitro* and *in vivo* experiment, and eco-friendly environment management in crop cultivation were gathered and analysed. On the basis of the analysis and study, 4 kinds of manuals for disease control in red pepper, rice, perilla and lettuce were published and will be spread for farmers throughout the country.



# 목 차

제 1 절 연구개발과제의 개요 .....	1
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구의 목적 .....	2
제 2 절 국내외 기술개발 현황 .....	3
1. 국내 기술개발 현황 .....	3
2. 국외 기술개발 현황 .....	5
제 3 절 연구개발수행 내용 및 결과 .....	7
1. 연구개발 수행 내용 .....	7
2. 연구개발 수행 결과 (I) .....	8
가. 친환경농자재 효과 검정 .....	8
(1) 실내에서의 친환경농자재 효과 검정 .....	8
(2) 실외에서의 친환경농자재 효과 검정 .....	12
나. 병 방제제 개발 및 연구 .....	19
(1) 포장에서의 주요 병원균 분리 및 특성 연구 .....	19
(2) 친환경 농자재 및 방제법 개발 연구 .....	29
(3) 병 방제 매뉴얼 연구 .....	35
3. 연구개발 수행 결과 (II) .....	38
4. 연구개발 수행 결과 (III) .....	56
제 4 절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	80
1. 평가의 착안점 및 기준 .....	80
2. 연구개발목표의 달성도 .....	81
3. 관련분야의 기술발전 기여도 .....	82
제 5 절 연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....	83
1. 연구개발 성과 .....	83
2. 성과활용 계획 .....	85
제 6 절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	87
제 7 절 참고문헌 .....	89



## 제 1 절 연구개발과제의 개요

### 1. 연구의 필요성

- 가. 오늘날 환경보존형 농업에 대한 관심이 고조되면서 식물병 방제에 있어서도 기존 화학농약의 오남용으로 인한 환경오염과 파괴를 극복하고 자연생태계의 순환과 조절기능을 가능토록 하는 미생물 및 천연식물유래의 친환경농업 소재를 활용한 병 방제 기술이 요구되고 있다. 따라서 전국적으로 시판되고 있는 다양한 종류의 친환경 자재의 효능을 검증하고 이러한 정보를 바탕으로 매뉴얼 개발에 활용하는 것이 중요하다.
- 나. 우리나라의 경우 2009년부터 생물농약 보조 사업을 실시하고 있는 바, 그 동안 친환경유기농자재나 4종 복합비료에 의하여 시장이 잠식되어 확대되지 않았던 생물농약을 포함하는 친환경농업 시장이 급속하게 성장할 것으로 판단된다. 이에 따라 시장의 팽창에 따른 우수한 미생물농약 및 생화학농약의 등록이 활발하게 진행될 것으로 예측되고 있다.
- 다. 현재 300여종의 친환경농자재가 시판 또는 이용되고 있으며, 농자재의 정확한 작용 및 특성이 연구되지 않은 채 무분별하게 사용되고 있는 바 이에 대한 과학적이고 체계적인 활성 검증 및 평가를 위한 연구가 필요한 실정이다.
- 라. 2004년 농림부에서 발표한 친환경농업육성과 농산물 안전 확보 대책에 따르면 2013년까지 2004년 현재 대비 비료와 합성농약의 사용량을 60%이상 감소하여 친환경농산물의 생산량을 10%이상 증가시키는 것을 목표로 설정하였다.
- 마. 친환경 농산물의 수요가 꾸준히 증가함에 따라 보다 저렴하고 고효율의 농자재 개발이 시급한 시점이다. 그러나 아직도 많은 경우 화학적 방제가 농업 현장에서 쓰이고 있으며, 이를 대체할 수 있는 친환경적 생물제제 개발을 위한 새로운 유용 미생물의 발굴이 중요한 실정이다.
- 바. 우리나라 친환경농작물의 재배면적은 2009년 현재 전체 농작물 재배면적의 약 3% 수준이 내로 미비하지만 친환경농산물에 대한 국내 소비자 선호도의 증가 및 농산물 간의 경쟁력 강화 등에 힘입어 그 시장성은 지속적으로 증가하고 있다. 국립 농산물품질관리원이 2009년 보고한 자료에 따르면 2010년에는 1조 8천억원의 매출이 예상되고 2015년에 약 5조원 수준의 매출액이 예상되고 있다.
- 사. 우리나라에 공식적으로 등록된 병해충 방제용 생물농약은 2010년 5월 현재 살균제 19종, 살충제 13종, 그리고 제초제 1종으로서 총 33종이며 이중 40%에 해당하는 12종이 수입품이다. 또한, 등록된 병해충 방제용 생물농약을 품목별로 보면 살충제가 15개, 살균제가 16개로서 매우 한정되어 있고, 일부 해충과 식물병 방제에 국한하고 있다.
- 아. 현재, 우리나라의 친환경유기농자재로 분류되어 해충방제에 사용되고 있는 자재는 총 1,085개 품목 중 24.6%인 267개에 불과하다(2010년 9월 현재, 농촌진흥청). 특히, 해충방제용 생물농약의 경우 등록된 대부분 자재가 Bt 제로서 나방류 방제에 국한하고 있으며 진딧물 방제용 제제는 전무한 실정이다. 또한 이들 자재의 살충성분을 고려할 때 농자재의 종류가

소수에 불과하며 대부분의 자재가 유효성분은 동일하지만 제품명만이 다르게 등록되어 있어 실질적으로 적용할 수 있는 품목 수는 매우 소수에 불과하다고 할 수 있다.

자. 등록된 제품에 표기된 정보를 보면 자재의 유효성분에 대한 언급이 없을 뿐만 아니라 등록된 해충방제용 자재의 적용매뉴얼이 전무한 실정이어서 적용매뉴얼 개발을 위한 연구가 필요하며, 무엇보다도 친환경농업에 적용할 수 있는 다양한 자재가 개발되어 적용 병해충의 스펙트럼을 높일 수 있는 기술이 필요하다.

차. 최근에 사용 또는 시판되고 있는 친환경농자재가 재배작물에 따른 병해에 대하여 농가현장에서 실제로 유용하게 적용되고 있는지에 대한 효과검증이 필요하고 손쉽게 선택하여 사용할 수 있는 병 방제 매뉴얼화가 필요하다.

## 2. 연구의 목적

가. 친환경 농업소재의 방제활성 평가를 통한 우수 농업소재 선발

나. 시설재배 채소류 및 벼의 친환경적 방제를 위한 미생물 선발 및 제제 개발

다. 친환경 농자재의 검증결과의 활용 연구를 통해 시설재배 고추, 들깨, 상추 및 벼 병 방제 매뉴얼 작성 및 보급

### (1) 연차별 연구목표

- 1년차 : 비참여
- 2년차 : 친환경농업에서 사용되는 농자재의 활성 평가, 식물병 방제용 우수 미생물 선발
- 3년차 : 친환경 농업소재의 식물병 방제활성 검증, 고추 병 방제를 위한 미생물 선발 및 적용, 친환경 농업소재의 포장 적용실험 및 매뉴얼 개발 정보 확보, 논문발표 및 특허자료 확보
- 4년차 : 병 제어를 위한 친환경 농자재의 활성 평가 및 선발, 고추 병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 확보 및 작성, 고추 병 방제용 미생물제제 개발, 고추 및 들깨 병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 확보, 논문발표 및 특허출원 준비
- 5년차 : 병 제어를 위한 친환경 농자재의 활성 평가 및 선발, 들깨, 상추 및 벼 병 방제를 위한 미생물 선발 및 제제 연구, 친환경 농업소재의 포장적용실험 통한 들깨, 상추 및 벼 병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 확보, 논문발표 및 특허출원

## 제 2 절 국내외 기술개발 현황

### 1. 국내 기술개발 현황

가. 국내를 포함하여 전 세계적으로 미생물대사산물들 중 직접적으로 병원균의 생육을 저해함으로써 식물병을 방제하는 미생물대사산물의 경우에는 대부분 합성농약의 기준으로 등록되어 시판되고 있으나 식물체에 유도저항성을 유도함으로써 식물병을 방제하는 기작을 가진 물질의 경우에는 합성농약에 비하여 훨씬 절차가 간단한 생화학농약, 즉 생물농약의 하나로 등록되어 시판되고 있다.

나. 미생물 유래 활성물질의 경우 *Bacillus thuringiensis* 균주 유래 물질, *B. subtilis* 균주 유래 물질, *B. pumilus* 균주 유래 물질 등 다양한 활용기술이 주류를 이루고 있다. 전체적으로 보면 천연물질을 이용한 생화학농약 개발보다는 미생물을 이용한 제품이 많이 개발되어 있으며, 새로운 미생물 또는 기존의 미생물을 이용한 고효성 살균제를 개발하고자 하는 연구를 지속적으로 실시하고 있으며, 특히 제제에 있어 그람 음성균 제품의 경시안정성을 증진하고자 하는 연구와 제제 중에 미생물이 생산하는 활성물질을 고함량으로 넣고자 하는 수확 및 제제 기술 개발에 집중하고 있는 것으로 나타났다. 또한 공기전염성 식물병 뿐만 아니라 토양전염성 식물병을 효과적으로 방제하고자 하는 제품 개발에도 집중하고 있는 것으로 나타났다.

다. 국내의 농업용 미생물 살균제 개발 연구는 외국에 비해 매우 미진한 편이나 최근에는 한국화학연구원에서는 *Bacillus* 계통을 이용한 식물병 방제제 개발을 비롯하여, *Xylaria* 균류가 생산하는 griseofulvin 항생제 생산균주와 *Acremonium* 균주를 이용한 잣빛곰팡이병 방제제 개발을 위한 산업화 연구가 시도되고 있다. 또한, 모잘록병의 생물학적 방제를 위해 *Bacillus ehimensis* YJ-37 (주 등, 2002)과 *B. stearoothermophilus* YC 4194 균주 (양 등, 2002)에 대한 연구를 시행하였으며, 김 등 (2004)은 결구상추 균핵병균에 대한 길항세균으로서 *B. amyloliquefaciens* A-7 균주가 보고되었고, 들깨 잣빛곰팡이병에 대한 *B. licheniformis* N1의 미생물농약으로서 가능성에 대해 보고된바 있다 (문 등, 2002).

라. 미생물농약 등록과 관련하여 현재까지 15종이 등록을 완료하거나 추진 중에 있으며 그린바이오텍은 그린올, 쉐러스, 큐펙트, 탐시드 등을 독자적으로 개발하였으며, 동부하이텍은 세레모니, 토박이, 테라스, 홀인원 등을 최근에 등록 시판하고 있으며, 신영아그로는 에코제트와 에코스마트, 에코센스를 수입 등록을 추진한바 있으며, 한국삼공과 홀살림이 최근에 각각 재노탄과 잎살림을 개발 등록한바 있으나 주로 채소 작물을 대상으로 한 제품들이다. 이 중 그린바이오텍의 큐펙트는 *Ampelomyces quisqualis* AQ94013 균주로 개발되었으며 채소 작물의 흰가루병 방제에 사용되며, 동부하이텍에서는 *Bacillus subtilis* DBB1501 균주로 개발된 테라스가 고추와 오이의 흰가루병 방제를 대상으로 개발되었다 표 1은 국내 병방제용 생물농약 등록 현황을 보여주고 있다.

[표 1] 병 방제용 생물농약 등록의 국내 현황\*

구분	농약 품목명	주성분 함량	상표명	등록회사	농작물	적용병해충
수입	바실루스서브틸리스와이1336 수화제	1×10 <sup>9</sup> cfu/g	바이봉	한국삼공(주)	고추(단고추류 포함) 딸기 오이	흰가루병 흰가루병 흰가루병
	바실루스서브틸리스큐에스티 713 수화제	5×10 <sup>9</sup> cfu/g	에코제트	(주)신영아그로	고추(단고추류 포함) 딸기 복숭아 오이 인삼 참외	흰가루병 갯빛곰팡이병 세균성구멍병 흰가루병 점무늬병 흰가루병
제조	바실루스서브틸리스큐에스티713 액상수화제	1×10 <sup>9</sup> cfu/g	에코스마트	(주)신영아그로	딸기 오이 토마토(방울토마토 포함)	갯빛곰팡이병 흰가루병 갯빛곰팡이병
	바실루스푸밀루스큐에스티2808 액상수화제	1×10 <sup>9</sup> cfu/g	에코센스	(주)신영아그로	고추(단고추류 포함)	역병
	바실루스서브틸리스디비비 1501 수화제	1.0×10 <sup>9</sup> cfu/g	테라스	(주)동부하이텍	고추(단고추류 포함) 오이	흰가루병 흰가루병
	바실루스서브틸리스디비비 1501 입제	1×10 <sup>6</sup> cfu/g	홀인원	(주)동부하이텍	잔디	갈색잎마름병
	바실루스서브틸리스케이케이케이 238 액상제	5.0×10 <sup>7</sup> cfu/ml	일살림	(주)홍살림	딸기	흰가루병
	바실루스서브틸리스지비365 수화제	3.0×10 <sup>7</sup> cfu/g	그린올	(주)그린바이오텍	잔디	피티옴마름병
	바실루스서브틸리스지비365 액상수화제	1.0×10 <sup>7</sup> cfu/ml	셀러스	(주)그린바이오텍	무화과 토마토(방울토마토 포함)	역병 갯빛곰팡이병
	바실루스서브틸리스케이비401 유상현탁제	2.0×10 <sup>7</sup> cfu/ml	슈팅스타	고려바이오(주)	오이	흰가루병
	바실루스서브틸리스케이비시 1010 수화제	1×10 <sup>5</sup> cfu/g	제노단	(주)한국바이오케미칼	오이	갯빛곰팡이병
	스트렙토마이세스고사카엔시스더블유와이 324 액제	1×10 <sup>5</sup> cfu/ml	셰이프그로	(주)케이아이비씨	벼 잔디	잎집무늬마름병 라이족토니아마름병
	스트렙토마이세스콜롬비엔시스 더블유와이20 액제	1×10 <sup>4</sup> cfu/ml	마이코싸이드	(주)케이아이비씨	딸기 잔디 호박	갯빛곰팡이병 갈색잎마름병 흰가루병
	암펠로마이세스퀸스팔리스에이 큐94013 수화제	1.0×10 <sup>7</sup> cfu/g	큐팩트	(주)그린바이오텍	딸기 상추 오이 항미나리	흰가루병 흰가루병 흰가루병 흰가루병
페니바실루스플리크사에이시-1 액상수화제	5×10 <sup>6</sup> cfu/ml	탑시드	(주)그린바이오텍	고추(단고추류 포함) 오이	역병 흰가루병	

\*2010년 1월 현재 상품화된 생물농약자료(농진청 제공).

## 2. 국외 기술개발 현황

가. 생물방제제라고도 일컬어지고 있는 생물농약은 자연계에 존재하는 생물체 및 그로부터 유래한 소재를 이용하여 농작물 생산 및 보존에 피해를 미치는 병원균, 해충 및 잡초 등을 방제하는 작물보호제를 일컫는다. 생물학적 방제제로 사용되는 미생물로는 바실러스 속 (*Bacillus*), 슈도모나스 속 (*Pseudomonas*), 스트렙토마이세스 속 (*Streptomyces*), 엔테로박터 속 (*Enterobacter*) 등의 세균과 암펠로마이세스 속 (*Ampelomyces*), 트라이코더마 속 (*Trichoderma*) 등의 진균이 있다. 표 2는 세균의 종에 따른 세균 생물농약의 세계시장 분포를 나타낸 것으로서 *Bacillus thuringiensis*가 가장 많은 것을 알 수 있다. 선진국에서는 생물농약 개발에 대한 연구를 청정화학의 한 분야로 인식하여 미국의 경우 EDEN Bioscience사가 Harpin (생화학 살균제), Agraquest사가 Serenade (미생물 살균제), 그리고 Jeneil사가 Rhamnolipid (생화학 살균제)를 개발하였다.

[표 2] 세균의 종에 따른 세균 생물농약의 세계시장 (단위: 백만불)

분류	2003	2004	2005	2010	성장률
<i>Bacillus thuringiensis</i>	242.2	290.4	347.8	611	11.9
<i>Bacillus subtilis</i>	51.9	62.3	74.6	94	4.7
<i>Pseudomonas fluorescense</i>	34.6	41.5	49.7	62	4.5
기타	17.3	20.8	24.9	29	3.1
총계	346	415	397	796	9.9

(참조: The New Biopesticide Market, Business Communications Co., Inc., 2006.1)

나. 생물제제와 관련하여 병 방제용 생물농약 중 *Agrobacterium radiobacter* 84 및 K1026 균주를 이용한 Galltrol 등이 개발된 이후에 가장 최근에 AgraQuest가 개발하여 EPA에 등록한 Serenade가 미생물살균제로서 등록되어 병 방제에 이용되고 있음. 지금까지 흰가루병 방제용 미생물살균제로 Sonata<sup>®</sup>와 AQ10 등이 흰가루병 방제에 적용되고 있으며, 이외에도 *Pseudomonas* spp.를 이용한 사탕무우, 모잘록병 방제제의 개발 등에 많은 연구가 이루어져 왔으며, *Bacillus subtilis*를 이용한 유묘병 방제 및 중자 전염방제제인 Quantum 4000, 밀 뿌리썩음병 방제제인 *Pseudomonas*가 생산하는 phenazine계 항생물질 및 2,4-diacetylphloroglucinols, *Pseudomonas cepacia*를 이용한 유묘뿌리병 방제제인 Blue circle, *P. fluorescens* EG-1053을 이용한 모잘록병 방제제인 Dagger G, *Streptomyces griseovirides*를 이용한 모잘록병 방제제인 Mycostop 등이 개발되어 사용된바 있다.

다. 미생물농약은 미생물체와 그 대사산물을 이용하는 것으로서 전 세계적으로 100여 종 이상이 보고되었으며 세균 중에는 *Bacillus* sp.와 *Pseudomonas* sp.를 이용하는 연구가 활발하고 곰팡이 중에는 *Trichoderma* sp.를 이용한 연구가 활발한데 이들 대부분이 토양전염성인 *Phytophthora*, *Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* 등에 의해 발생하는 식물병 방제용으로 개발되었다. 미생물 살균제 개발에는 주로 식물병원균에 길항을 보이는 세균 및 곰팡이를 이용하는데 최근에는 유독성 농약사용에 대한 규제가 전 세계적으로 확산되는 과정에서 많은 선진국들이 생물제제 개발을 더욱 서두르고 있어 현재 50여개에 달하는 미생물 살균제가 등록되어 있다. 표 3은 국외에서 식물병 방제를 위해 상품화된 미생물농약을 나타낸 것이다.

[표 3] 국외의 식물병의 방제를 위하여 상품화된 미생물 농약

상품명	유용 미생물	방제 대상병 또는 병원균	작물	개발 회사
AQ10 Biofungicide	<i>Ampelomyces quisqualis</i> M-10	흰가루병	사과, 오이, 딸기, 토마토, 포도	Ecogen, Inc. Langhorne, PA, USA
Aspire	<i>Candida oleophila</i> -182	갯빛곰팡이병균 푸른곰팡이병균	감귤, 사과, 배	Ecogen, Ins. Langhorne, PA, USA
Binab T,W	<i>Trichoderma harzianum</i> (ATCC20476)와 <i>Trichoderma polysporum</i> (ATCC 20475)	작물의 곰팡이병 목재 부후균	화훼, 과수, 잔디, 채소	Bio-Innovation AB, SWEDEN, Binab USA, Madison, WI
Bio-Ag 22G Bio-Trek22G	<i>Trichoderma harzianum</i> KRL-AG2	토양식물병원곰팡이	채소, 잔디, 온실재배 시의 병 방제	Wilbur-Ellis Fresno, CA,USA
Bio-Save 10	<i>Pseudomonas syringae</i> ESC-10	갯빛곰팡이병균 푸른곰팡이병균 검정빵곰팡이병균, <i>Geotrichum candidum</i>	감귤, 사과, 배	EcoScience Corp. Worcester, MA USA
BlightBan A506	<i>Pseudomonas fluorescens</i> A506	세균성 무름병	아몬드, 사과, 복숭아, 배, 감자, 딸기, 토마토	Plant Health Technologies Boise, ID USA
Blue Circle	<i>Burkholderia (Pseudomonas) cepacia</i>	토양 병원곰팡이, 토양 선충	채소	CTT Corp. Carlsbad, CA
Dagger G	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	모잘록병	목화 종자 처리	Ecogen, Inc. Langhorne, PA USA
Epic*	<i>Bacillus subtilis</i>	모잘록병, 반점무늬병, 저장병	목화, 대두	Gustafson, Inc. Dallas, TX USA
Galltrol-A*	<i>Agrobacterium radiobacter</i> Strain 84	세균 근두암종병	밤나무 대목	AgBioChem Inc., Orindi, CA, USA
Intercept*	<i>Burkholderia(Pseudomonas) cepacia</i>	모잘록병	옥수수, 목화, 채소	Soil Technologies Corp. Fairfield, IA USA

### 제 3 절 연구개발 수행 내용 및 결과

#### 1. 연구개발 수행 내용

구분	연구개발의 내용	연구범위
1차년도	비 참여	
2차년도	시판중인 다양한 친환경 소재의 <i>in vitro</i> 활성평가	친환경 농업소재의 <i>in vitro</i> 및 <i>in vivo</i> 에서의 병 방제활성 검증
	친환경 후보 소재의 <i>in vivo</i> 에서의 병 방제활성 검증 및 포장 적용시험	친환경 농업소재의 포장에서의 적용시험을 통한 실증 실험 및 특성 연구
3차년도	시판중인 친환경 농업소재의 병 방제 활성 및 특성 조사	병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 평가
	병 방제를 위한 항미생물 활성 검정을 통한 우수 미생물 선발 및 적용	우수 미생물 균주 선발
4차년도	병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 평가	병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 조사
	활성균주의 대량 배양 및 활성물질 생산법 연구	활성균주의 대량 생산법 연구
5차년도	농업소재의 포장적용 실험을 통한 병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 확보	매뉴얼 개발을 위한 병 방제 정보 확보 여부
	상기의 연구 대상 식물병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 종합 및 매뉴얼화	병 방제용 매뉴얼 작성

## 2. 연구개발 수행 결과 (I)

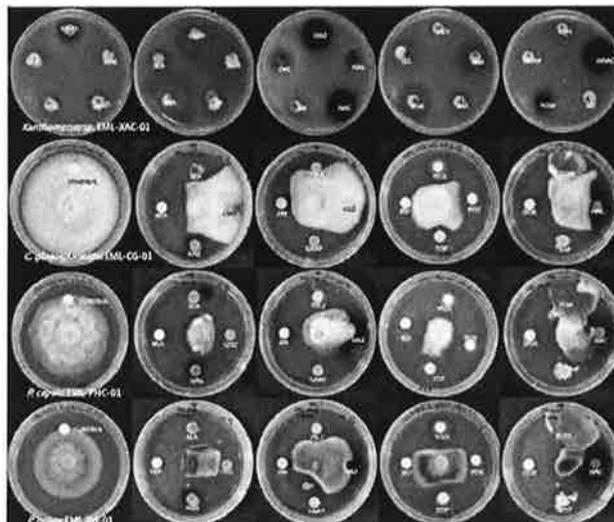
### 가. 친환경농자재 효과 검정

#### (1) 실내에서의 친환경농자재 효과 검정

본 연구에서는 생물농약으로 등록된 제품을 비롯한 10여개의 회사에서 출시된 24개의 친환경 농자재 제품을 대상으로 실내에서 항균활성 검정을 실시하였다 (표 1). 항균활성 검정에 사용된 시험균주로는 고추 탄저병원균인 *C. gloeosporioides* EML-CG-01, 고추 역병원균인 *P. capsici* EML-PHC-01, 벼 도열병원균인 *P. grisea* EML-PG-01과 *Xanthomonas* sp. EML-XAC-01 균주를 사용하였다. 총 24개의 친환경제제 가운데 미생물 원료의 제제 중에서는 실내 활성 검정 결과 GARS 제품이 항균활성이 가장 좋은 것으로 나타났고, GARS와 DrP, TOP를 제외한 나머지 제제는 곰팡이에 대해서는 항균 활성을 보였지만 세균에 대해서는 거의 활성을 보이지 않았다. 식물이나 해조 추출물을 사용한 약제 중에서는 DOR와 KKA가 곰팡이 병원균과 세균에 대해 모두 높은 항균 활성을 보였고, 살충효과가 있는 것으로 표기된 GARP과 JIN 제제 역시 항균 활성을 나타내었다. 이러한 결과는 상당히 높은 농도 (원액수준)에서 측정된 수치이므로 자재 별로 요구하는 희석배수에 따라서는 활성 결과도 달리 나타날 수 있을 것이다.



[그림 1] 병 방제 활성 검증 실험에 사용된 시판중인 친환경제제.



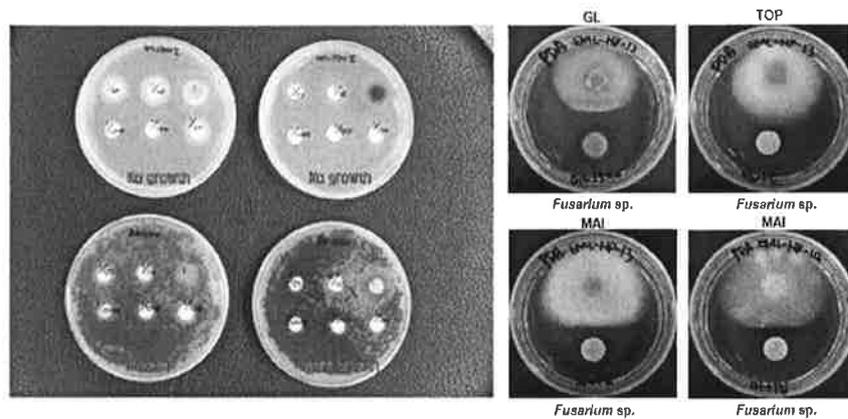
[그림 2] *In vitro*에서의 식물병원균에 대한 친환경 제제의 항균활성 검증.

[표 1] Antimicrobial activities of environmental friendly materials and agents

Source	Product name	Company	Major components	Type	Activity to	
					fungi	bacteria
Microbe	GARS	KOR	<i>Bacillus subtilis</i>	Fun**	+++*	+
	QPA	GRB	<i>Ampelomyces quisqualis</i> AQ94013	Fun	+	-
	YPS2	HSL	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Fun	+	-
	DrP	DAU	<i>Bacillus subtilis</i> DY6343	Fun	++	+
	MAI	DAU	<i>Streptomyces griseofuscus</i> 200401	Fun	+	-
	CHU	HSL	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Fun	++	-
	HOAY	HSL	<i>Lactobacillus fermentum</i> 등의 유산균과 바실러스	Nut	+	-
	POW	HSL	<i>Penicillium</i> sp. PS113, 인산비료활성화 미생물	Nut	++	-
	BIT	HSL	<i>Rhodopseudomonas</i> spp. 광합성세균 미생물	Nut	-	-
	HOAC	PAI	<i>Bacillus subtilis</i>	Nut	++	-
	TOP	GRB	<i>Paenibacillus polymyxa</i> AC-1	Fun	++	++
	Plant extract	DOR	KOR	항균성 천연식물추출물과 식물성 기름, 기능성미생물 및 미생물 대사산물	Fun	+++
KKA		TOT	유기산, 비타민, 이온화미네랄, 한약재료 추출물	Nut	+++	+++
GARP		YJC	천연 식물 추출물	Ins	++	+++
SEA		DAU	Guano phosphate, Langbeinite 등 광물질	Nut	++	+
HAZ		DAU	바다식물인 <i>Ascophyllum nodosum</i> 과 유기물질 등의 해조추출물	Nut	-	-
HET		BU	마늘 추출물	Fun	NE	NE
DAL		DAU	야생식물 종실 추출물, 달팽이 기피물질	Ins	++	-
JIN		HSL	식물 추출물	Ins	+++	+
HAC		HSL	캐나다에서 채취한 해초의 수용성 농축 분말	Nut	++	-
HAS		PAI	해조 추출물	Nut	++	-
VIDr		PAI	미생물 추출물	Avi	++	-
YEOL		BIO	꽃 박하 추출물을 주 원료로 식물 추출물	Fun	++	++
POX		GD	식물 추출물	Fun	++	++
BID		KGB	식물 추출물 (석회 보르도액)	Fun	++	+

\* - : no activity, +: low, ++: moderate, +++: high activity against phytopathogens, NE: not examined. \*\* Fun: fungicidal agent, Ins: insecticidal agent, Nut: nutrient agent, Avi: antiviral agent.

Bu사의 제품은 원래 주로 친환경 살충제로 개발하였으며 제품 간 조합을 통하여 일부 병 방제에 응용되고 있었으며 마늘 농축액 (약간의 미량원소인 붕소, 아연 등이 함유된 제품) 및 고삼 (또는 데리스 등) 성분이 주요 성분으로 포함되어 있으며 본 소재는 *Fusarium* 및 *Cladosporium* 균을 대상으로 한 활성검정에서도 높은 항균활성을 보였다 (그림 3).



[그림 3] 친환경농자재의 농도별 *Cladosporium* 및 *Fusarium* 균에 대한 억제효과 검정.

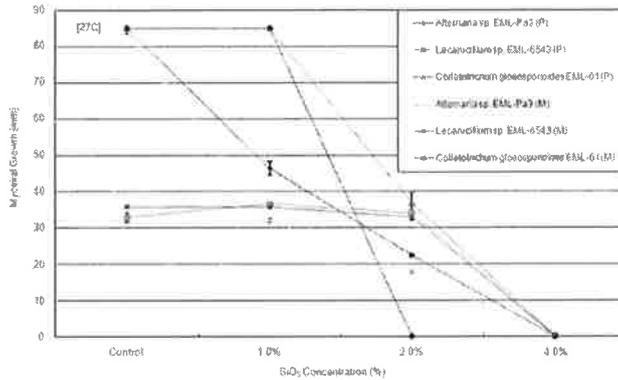
이러한 마늘 농축액에는 붕소, 아연 등 미량 원소가 함유되어 있었으며 마늘농축액 뿐만 아니라 타 종류의 식물뿌리추출물이 주를 이루었으며 미량의 철, 몰리브덴이 함유되어 있으나 본 연구에서는 곰팡이 보다 세균류에 대해서도 높은 활성을 보여 곰팡이병 이외에 세균병 방제에도 효과적임을 알 수 있었다. 대체로 마늘 농축액 및 식물추출물 제품은 진딧물 등 충에 대해 높은 억제효과가 있는 것으로 나타났으며 GL계통의 경우 1/1000 희석시에도 항균활성을 나타내 병 뿐만 아니라 해충 방제시에도 사용할 수 있을 것으로 판단되었으며 특히 제품내 휘발성의 물질들이 균 및 해충의 억제 활성에 관여하는 것으로 생각되어졌다. 본 소재는 친환경 농자재의 농가 적용 연구에서 일차로 부추 잎곰팡이병 (*Cladosporium* sp.) 방제에 적용하였으며 작물에 대한 약해 없이 높은 병 방제 및 해충 회피 효과가 있음이 확인되어 친환경재배지에서 병해충 방제에 효과적으로 사용할 수 있을 것으로 판단되었다. 그러나 이의 확대를 위하여는 제품내 유효성분의 정확한 표기와 친환경목록공시를 위한 정식 등록 등이 필요한 것으로 판단되었다.

[표 2] Bu사의 마늘농축액 제품의 실내 항균활성 검정

시험균주	제품							
	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>S. aureus</i> R209	+	+	-	++	+	++	+++	+++
<i>S. aureus</i> 209	++	++	-	++	-	+	+++	-
<i>Candida albicans</i> EML-001	+	-	-	-	-	+	+	-
<i>E. coli</i> EML-001	+	+	+	++	-	+	+++	-
<i>Salmonella typhimurium</i> EML-001	-	-	-	-	+	++	+	-
<i>Alternaria</i> sp. EML-001	+++	++	+	++	++	++	+	-
<i>Cladosporium</i> sp. EML-001	+++	++	+	-	+	-	+	-

\* - : no activity, +: low, ++: moderate, +++: high activity against phytopathogens, NE: not examined.

토양개량제로 널리 사용되는 규산염 (SiO<sub>3</sub>) 제품을 수용성으로 조제하여 항균활성을 검정한 결과 대체로 수용액 유효농도 2% 수준에서 활성이 있음을 파악하였다 (그림 4, 표 3).



[그림 4] 규산염 수용액의 곰팡이의 균사생장에 대한 억제 효과 [처리 12일후 균사생장 (mm)].

그림 4에서 보는 바와 같이 검정균의 배지조성 (ME broth, PD broth)에 따라 곰팡이에 대한 저해활성이 변하였지만 대체로 제품의 2% (실제 SiO<sub>3</sub>의 유효농도는 1.2%) 수용액 수준에서 상당히 곰팡이의 생장을 억제하는 것으로 판단되었다.

규산염 수용액의 곰팡이 및 세균에 대한 살균효과를 검정한 결과 유효농도 2.4%에서는 12시간 침지할 경우 대부분의 공시 세균이 억제되는 것으로 나타났으며 이는 주로 높은 용질의 삼투압효과에 의한 세포질의 용출에 기인하는 것으로 판단되며 대체로 억제효과를 보이므로 향후 친환경자재로 사용할 경우 작물생장에 영향을 주지 않는 농도범위에서 적절히 처리가 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

[표 3] 규산염용액의 세균에 대한 억제 효과 검정

<i>Pseudomonas</i> sp. EML-0010				
Exposure Time (hr)	SiO <sub>3</sub> concentration (%)			
	1 (0.6)*	2 (1.2)*	4 (2.4)*	Control
12	5.9 x 10 <sup>2</sup>	2.4 x 10 <sup>2</sup>	2	1.3 x 10 <sup>9</sup>
	4.9 x 10 <sup>2</sup>	69	3	1.1 x 10 <sup>9</sup>
24	0	0	0	4.0 x 10 <sup>8</sup>
	0	0	0	3.0 x 10 <sup>8</sup>
48	0	0	0	2.9 x 10 <sup>8</sup>
	0	0	0	3.3 x 10 <sup>8</sup>

<i>Pseudomonas melonis</i> EML-0011				
Exposure Time (hr)	SiO <sub>3</sub> concentration (%)			
	1 (0.6)*	2 (1.2)*	4 (2.4)*	Control
12	12	0	0	2.2 x 10 <sup>9</sup>
	50	1	0	1.9 x 10 <sup>9</sup>
24	0	0	0	1.7 x 10 <sup>8</sup>
	0	0	0	1.9 x 10 <sup>8</sup>
48	0	0	0	2.7 x 10 <sup>8</sup>
	0	0	0	2.6 x 10 <sup>8</sup>

\*괄호안의 수치는 규산염 유효성분의 % 농도이며 용액내 세균세포를 12-48시간 처리후 CFU를 측정된 결과임.

(2) 실외에서의 친환경농자재 효과 검증

(가) 고추 병 방제를 위한 친환경농자재의 효과 검증

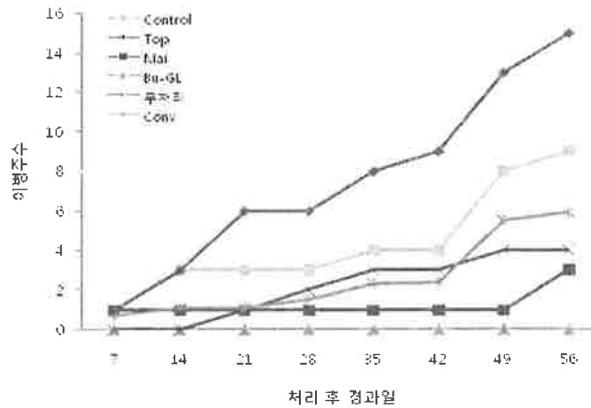
전남 나주 남평의 고추포장에서 시들음 증상이 나타나기 시작하는 시기에 4종류의 자재를 대상으로 농도를 공시농도의 2배 이상을 관주 처리하면서 병 억제를 조사하였다. Bu사의 GL이 높은 방제 효과를 나타냈고 그 다음으로 Mai가 중간 정도의 방제효과를 보였지만 이량에 따라 시들음 이병 정도 (severity)가 다 달라 약제 비처리구 (대조구)에서도 병 발생이 적게 나오는 이량구도 있어 정확한 판정을 하기에는 어려움이 있었다. 한편, 병 발생이 심할 경우에는 기존 약제의 농도를 2배 이상으로 처리하여도 효과를 보이지 않았는데 이는 *Fusarium* 균의 특성상 균포자가 도관을 막기 때문에 (영양)물질의 이동이 어려워 금방 시드는 것이기 때문에 감염이 진행중일 때는 방제효과가 낮다는 것으로 보여주는 것이며 따라서 예방이 매우 중요하다고 판단되었다. Top 처리 구역이 처리 전에도 의외로 병 발생이 많아 높은 수치를 보였으며 본 시험 약제들의 경우 시들음 증상을 보이는 식물에 2배농도 (기존의 농도에 비해) 로 처리하였으나 효과가 없었다. 따라서 이러한 약제는 방제 매뉴얼 개발 시 병 발생 전에 처리하는 보조제 정도의 수준으로 사용 될 수 있을 것으로 판단되었다.

[표 4] 남평 시험 포장 시들음 증상 발생 현황

처리횟수	관찰일	Control	처리구				Conv
			Top	Mai	GL	무처리	
1st	May-21	NC***	NC	NC	NC	NC	NC
2nd	May-28	1 (C1/S0)****	1 (C1/S0)	1 (C1/S0)	0	0	0.7
3rd	Jun-04	3 (C1/S2)	3 (C3/S0)	1 (C1/S0)	0	0	1.1
4th	Jun-11	3 (C1/S2)	6 (C5/S1)	1 (C1/S0)	0	1 (C1/S0)	1.1
5th	Jun-18	3 (C2/S1)	6 (C5/S1)	1 (C1/S0)	0	2 (C2/S0)	1.5
NT**	Jun-25	4 (C2/S2)	8 (C6/S2)	1 (C1/S0)	0	3 (C3/S0)	2.3
NT	Jul-02	4 (C2/S2)	9 (C7/S2)	1 (C1/S0)	0	3 (C3/S0)	2.4
NT	Jul-09	8 (C4/S4)	13 (C10/S3)	1 (C1/S0)	0	4 (C3/S1)	5.5
NT	Jul-16	9 (C6/S3)	15 (C13/S2)	3 (C3/S0)	0	4 (C4/S0)	5.9

\* control 처리구 총 54주, Top 총 64주, Mai 총 63주, GL 총 65주, 무처리구 총 64주, 관행구 약 600주로 1/10로 나눠서 다른 처리구와 비교함. Top : G사, Mai : D사, GL : B사

\*\* NT : Not treated, \*\*\* NC : Not counted, \*\*\*\* C/S : no. of completely wilted pepper/no. of slightly wilted pepper.



[그림 5] 시들음병 방제에 사용된 친환경 농자재별 방제효과.

전남 나주의 반남 고추 포장에서 고추 잎에 발생하는 흰가루병에 대한 병 방제 효과를 조사하였다. 흰가루병 방제를 위해 GL, CIL, ECOZ 3개의 친환경농자재를 일주일 간격으로 총 5회 처리하며 2번째 분지부터 상위엽 20개 잎 중 흰가루 병반 수를 측정하여 기 등록된 F사의 ECOZ의 경우 약 85%의 흰가루병 방제 효과를 보였으며, GL은 77%, CIL은 65%로 높은 방제 효과를 보였다 (표 5).

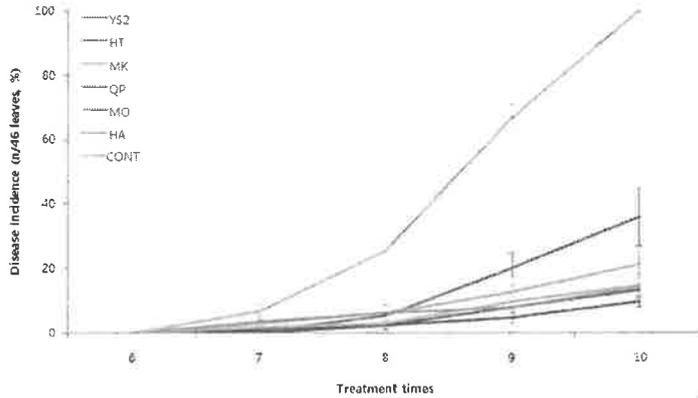
[표 5] 반남 고추 잎 흰가루병 발생 빈도

측정 횟수	CONT	GL	CIL	ECOZ
1st	0	NE*	NE	NE
2nd	0	NE	NE	NE
3rd	0	0(0**)	0(0)	NE
4th	0	0(0)	0(0)	0(0)
5th	0	0(0)	0(0)	0(0)
6th	0	0(0)	0(0)	0(0)
7th	5.33	0.67(87.43%)	0.33(93.81%)	0.33(93.81%)
8th	8.67	2(76.93%)	3(65.4%)	1.33(84.66%)

\*NE: Not examined, \*\*(%): 대조구 대비 방제값 차이(백분율), \*\*\*Bu-GL : B사, CIL : G사, ECO : F사, 7일 간격으로 총 5회 처리, 2번째 분지부터 상위엽 20개 잎 중 흰가루 병반 수.

이병된 잎을 측정하는 방법은 청양고추의 2-6분지 (대략 45개의 잎)에서의 이병엽을 측정하였는데 관찰 중 흰가루병에 걸린 잎이 발생하면 그 잎을 제거하면서 측정하였고 제거한 잎은 다음번 측정 시 흰가루병 발생엽과 더해 측정하였다. 또한 잎자루에 label을 붙여 이병엽을 세는 방식을 취하였다. 한편, 고추 가지의 2-6 분지상의 총 45개의 엽에서 흰가루병이 발병한 이병엽수의 백분율 값으로 그래프를 작성하였다. 이번 연구에서는 그림 10에서 보는 바와 같이 대조구 (CONTROL=친환경약제 비처리구)에 비해 친환경제제의 처리구에서 흰가루병의 발생이

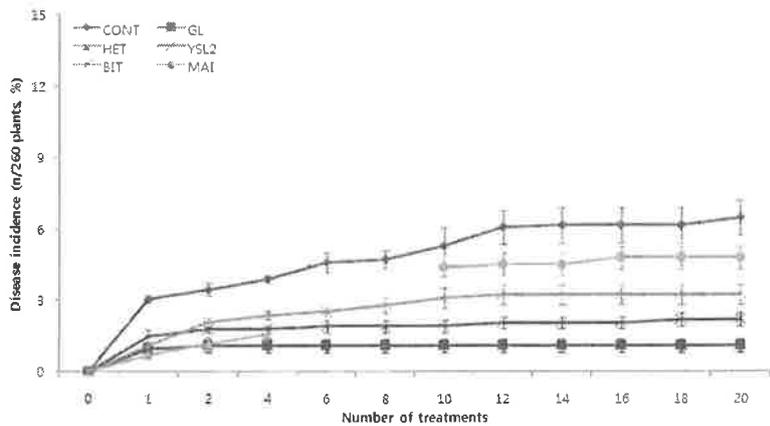
상당히 감소하는 것을 볼 수 있었다. 이번 관행구 포장에서 흰가루병의 발병이 매우 높았는데 이는 흰가루병 방제 약제를 적기에 예방적으로 살포하지 않아 크게 발병한 것으로 생각되었다. 특히, 친환경제제 비처리구 (CONT)보다 QP, HT, MO 및 HA 처리구가 다른 약제 처리구에 비해 흰가루병의 방제율이 훨씬 좋은 것으로 나타났다.



[그림 6] 청양고추의 흰가루병 방제를 위한 친환경제제의 처리 효과. 6회-10회 처리 후의 병 발생율을 측정 한 값임 (%).

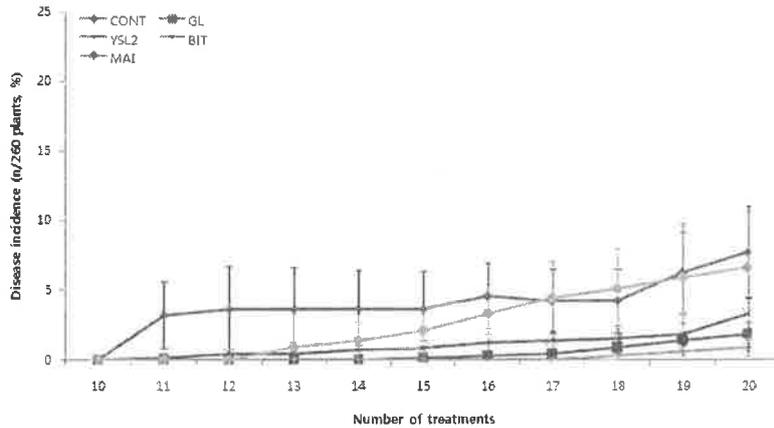
(나) 들깨 병 방제를 위한 친환경제제의 효과 연구

친환경 농자재의 들깨포장에서의 병 방제 효과를 조사하고자 약 260개의 들깨 식물 주를 1구역으로 하고 자재처리구는 1구역을 1반복으로 하여 총 3반복으로 실험을 실시하였다. 그림 7에서 보는 바와 같이 가을 작기의 들깨의 2월 시기에는 들깨에 잣빛곰팡이병이 많이 발병하였는데 대조구에서 잣빛곰팡이병의 발병율이 가장 높았고, GL 및 YSL2 처리구에서 잣빛곰팡이병 방제율이 감소하는 경향을 보였다. HET 자재의 경우 일조량이 적은 계절에 처리하게 되면 들깨의 가장자리 부분이 노랗게 타들어가는 현상이 일어나는 약해가 나타나는 현상을 보이기도 하였다. 따라서 HET 자재 처리를 중단하였으나 2주 후까지도 약해현상이 지속된바 선택적으로 사용되어야 할 것으로 판단되었다.



[그림 7] 들깨 포장에서의 잣빛곰팡이병 방제를 위한 친환경제제의 처리효과.

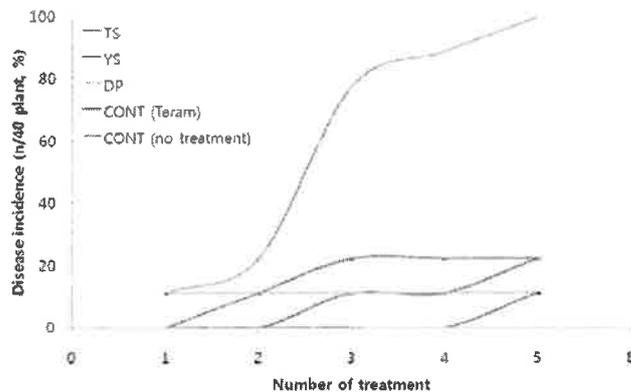
처리자재별 줄기마름병 방제효과를 조사한 결과 그림 8에서 보는 바와 같이 BIT와 GL 처리구에서 줄기마름병 방제율이 다른 자재 처리구에 비해 더 높게 나타났다.



[그림 8] 들깨 포장에서의 줄기마름병의 방제를 위한 친환경제제의 처리 효과.

(다) 벼 병 방제를 위한 친환경농자재의 효과 검정

벼에 발생하는 병에 대한 친환경농자재의 효능을 검정하기 위해 전남 나주의 농업기술원에 위치한 공동포장을 사용하였다. 각 약제의 처리는 난피법으로 각각 40주씩 3반복으로 실시하였으며, 대조구는 물만 처리한 구역과 대조약제인 테람을 처리한 구역을 각각 설정하였다. 벼 포장에서 총 6가지 약제를 7-10일 간격으로 총 5회 처리하였으며 벼 도열병, 잎집무늬마름병, 깨씨무늬마름병의 발생율을 조사한 결과, 6개의 약제 중 TS, YS, DP의 3개 약제 처리구에서 병 방제 효과가 나타났으며 그 결과는 아래 그림과 같다 (그림 9-11).

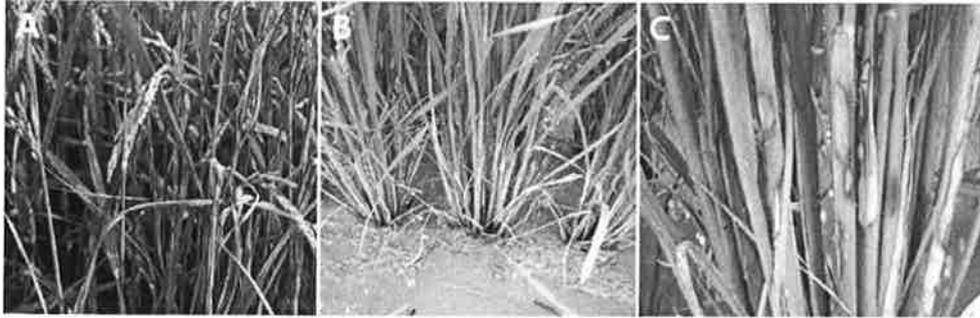


[그림 9] 벼 도열병에 대한 방제 효과.

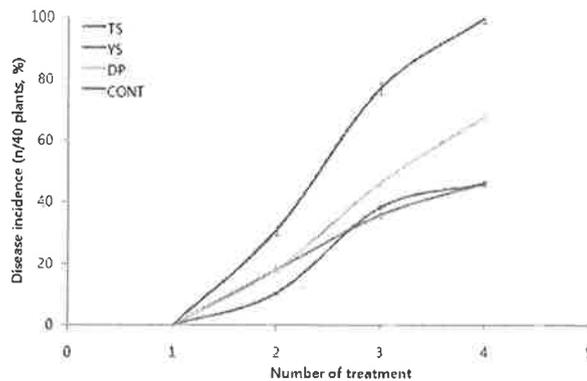
벼 도열병에 TS, YS, DP의 3가지 약제를 1주일 간격으로 5회 처리하여 병 발생율을 조사한 결과, 무처리 대조구의 병 발생율을 100%로 했을 때 3가지 약제 모두 병 발생율이 20%이하로 80% 이상의 방제효과를 보였다 (그림 9). 벼 잎도열병 방제를 위해 여러 종류의 친환경 자재를 벼 포장에 적용한 결과 *Bacillus (Paenibacillus)* 및 *Pseudomonas* 계통의 미생물제제를 처리한 구역에서 벼 잎도열병 방제율이 대조구에 비해 더 높게 나타났으며 특히, 친환경 미생물자재를

병 발생 전에 적절히 사용할 경우 잎도열병 예방 및 방제에 큰 효과를 보이는 것으로 나타났다.

한편, 친환경자재의 벼잎집무늬마름병 방제 활성평가를 위해 아래의 포장(그림 10 참조)에서 TS, YS, DP의 3가지 약제를 1주일 간격으로 4회 처리하여 병 발생율을 조사한 결과, 무처리 대조구의 병 발생율을 100%로 했을 때 TS와 YS 처리구에서는 병 발생율이 50% 미만으로 50% 이상의 병 방제효과를 보였으나, DP의 경우 65% 이상의 병 발생율을 보여 35% 이하의 병 방제효과를 나타냈다(그림 11).

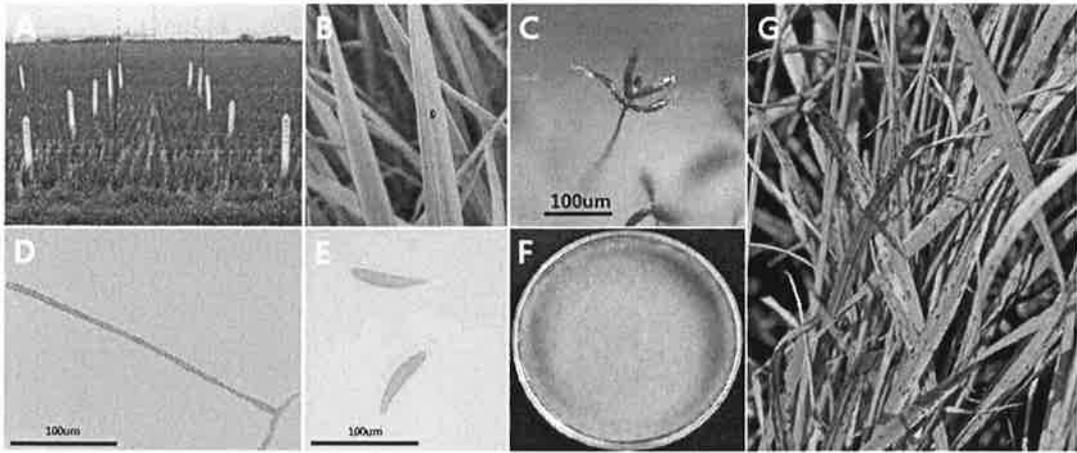


[그림 10] 전남농업기술원 병 방제 실험을 위한 공동 포장에서의 벼잎집무늬마름병 발생 포장에서의 증상. A: 심하게 이병된 벼의 모습, B-C: 전형적인 잎집무늬병 증상 (나주 호평벼 재배 포장, 2009년 9월).

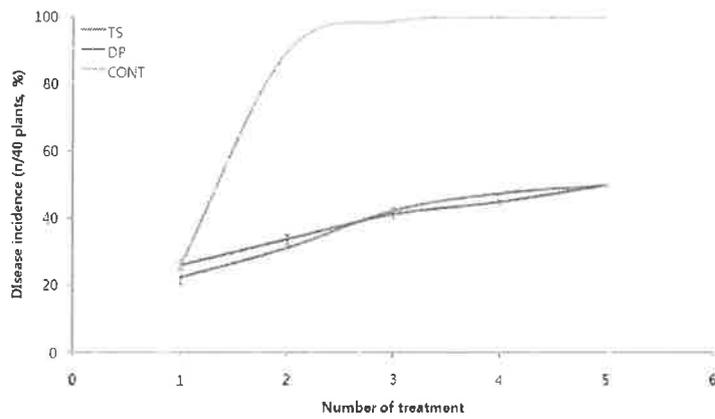


[그림 11] 벼 잎집무늬마름병에 대한 방제 효과,

한편, 친환경자재의 벼깨씨무늬병 방제 활성을 평가하기 위해 아래의 포장(그림 12A 참조)에서 TS, DP의 2가지 약제를 1주일 간격으로 5회 처리하여 병 발생율을 조사한 결과, 무처리 대조구의 병 발생율을 100%로 했을 때 TS와 DP 처리구에서는 병 발생율이 50% 미만으로 50% 이상의 병 방제효과를 보였다(그림 13).



[그림 12] 전남농업기술원 병 방제 실험을 위한 공동 포장 전경 (A), 깨씨무늬병 증상 및 병원균 (B-G).



[그림 13] 벼 깨씨무늬병에 대한 방제 효과

(라) 광양시 친환경 농가에서의 농자재 검증 및 컨설팅

① 친환경농자재의 포장에서 실증효과 검증

2007년에서 2010년까지 친환경 농업소재의 병해충 방제 현장 실증 연구 및 컨설팅에 참여한 광양지역 농가는 표 6에서와 같이 애호박, 고추, 토마토, 파프리카, 부추 등 시설재배 농가이다. 친환경농자재의 실증시험에 참여한 농가수는 총 5개 농가이며 총 재배면적은 40,809 m<sup>2</sup> 이었다. 다양한 병해충 방제용 친환경 농업소재를 확보하기 위해 이미 상품화 되어 시판되고 있는 제품중에서 효능이 있다고 판단되는 농자재와 본 연구실의 *in vitro* 실험에서 좋은 결과를 보인 제품을 대상으로 광양시 시설하우스 재배지에서 활성검증 실험 및 무농약 재배를 위한 컨설팅을 실시하였다.

[표 6] 친환경농업연구사업단 무농약 재배 실증시험 참여농가 현황 (총 40,809 m<sup>2</sup>)

농가 (수)	재배형태	시험포장	재배작물	재배면적 (m <sup>2</sup> )
황영기	유기농	옥룡면 산남리	파프리카, 애호박, 고추	4,619
김윤구	유기농	옥룡면 산남리	가지, 애호박	4,290
서병호	무농약	광양읍 용강리	풋고추, 애호박, 토마토	3,300
유상남	무농약	광양읍 인서리	파프리카, 애호박, 토마토	7,900
김승기	유기농	광양읍 도월리	부추, 기타 다수의 쌈채류	20,700
총 면적				40,809 m <sup>2</sup>

본 연구에 사용된 농자재로는 슈퍼미생물치료사, 농부각시 (2종), 마늘농축액 (8종 이상), 규산염제품, 한KAN, 엑스텐 및 자체개발 균주 등 15종 이었으며 슈퍼미생물치료사의 경우 작물 성장 증진 및 병 예방효과가 큰 것으로 나타났으며, 제충국을 원료소재로한 농부각시는 진딧물 방제에 효과적이었으며, GL계통의 마늘농축액 (고삼 또는 제충국과 데리스 성분 포함) 제품중에는 병해충 모두에 억제활성을 보여 친환경소재로서의 잠재성을 보여주었으며, 제품내 휘발성 물질 및 제형 (유화제)의 항균활성 등에 대한 추가 연구가 필요하다고 판단된다. 한편, 규산염 제품 등이 실내실험결과 일정 농도에서 세균 증식에 억제효과를 보여 세균병 방제용 농자재로서의 잠재성을 보였으나 향후 다양한 세균류에 대한 농도별 저해 효과 및 적용 시험 연구가 요구된다.

② 부추에서의 마늘농축액을 이용한 잎곰팡이병 방제 실증시험

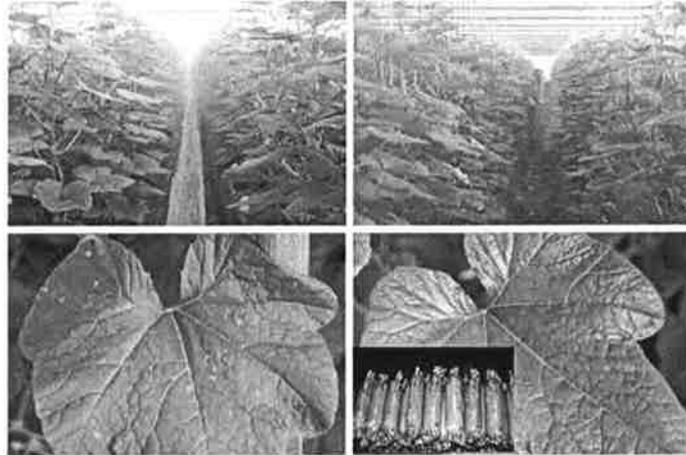
대체로 낮은 온도에서도 부추작물에 만연하고 있는 잎곰팡이병 (그림 14)의 방제에 효과적인 농자재를 탐색하는 과정에서 마늘농축액이 효과가 있음을 확인하고 실증시험을 실시하였다. 본 연구에서 본래 해충 억제효과가 알려진 Bu사의 마늘농축액이 해충억제효과 뿐만 아니라 *in vitro* 실험에서 곰팡이에도 억제효과가 있는 것을 확인하고 시설하우스 농가에 직접 적용해 보았으며 대체로 높은 병 발생 억제 효과를 보였으며, 일부 휘발성 성분에 의한 억제효과도 확인하였다. 이에 대한 방제 작용기작에 대한 연구는 추가 연구가 필요하다고 판단되었다. 한편, 향후 이들 제품이 널리 사용되기 위해서는 제품의 유효성분의 정확한 기재 및 친환경유기농자재 목록고시를 위한 정식 등록 등의 추진이 추가로 필요할 것으로 생각되었다.



[그림 14] *Cladosporium* sp.에 의해 발생한 잎곰팡이 병반 사진.

### ③ 은나노 제품의 흰가루병 방제 실증 시험

은나노 제품인 D사의 NSSF의 흰가루병에 대한 실증 시험 결과 일정 기간 병 발생 억제 및 예방 효과를 보이는 것으로 밝혀졌으나 흰가루병이 대발생하는 환경조건에서는 그 효과가 크지 않았으므로 병 대발생에 의한 피해를 막기 위하여는 타 친환경 약제 등과 함께 보조제품으로 사용해야 할 것으로 판단되며 다만 흰가루병의 일시적인 지연(예방) 효과는 갖는 것으로 판단된다. 한편, 다양한 종류의 은나노 제형이 출시되고 있는 실정인바 이에 대한 병별, 작물별 효능에 대한 체계적인 연구가 필요하다도 판단되었다.



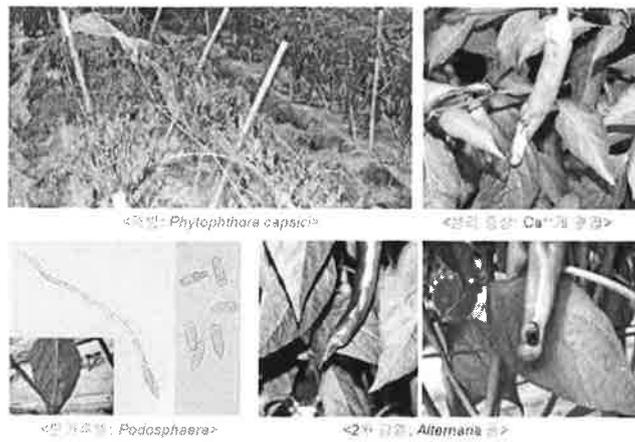
[그림 15] 은나노 제품의 흰가루병 방제 효과 검증  
[비처리구 (좌), 병발생 초기 NSSF 처리구 (우)].

#### 나. 병 방제제 개발 및 연구

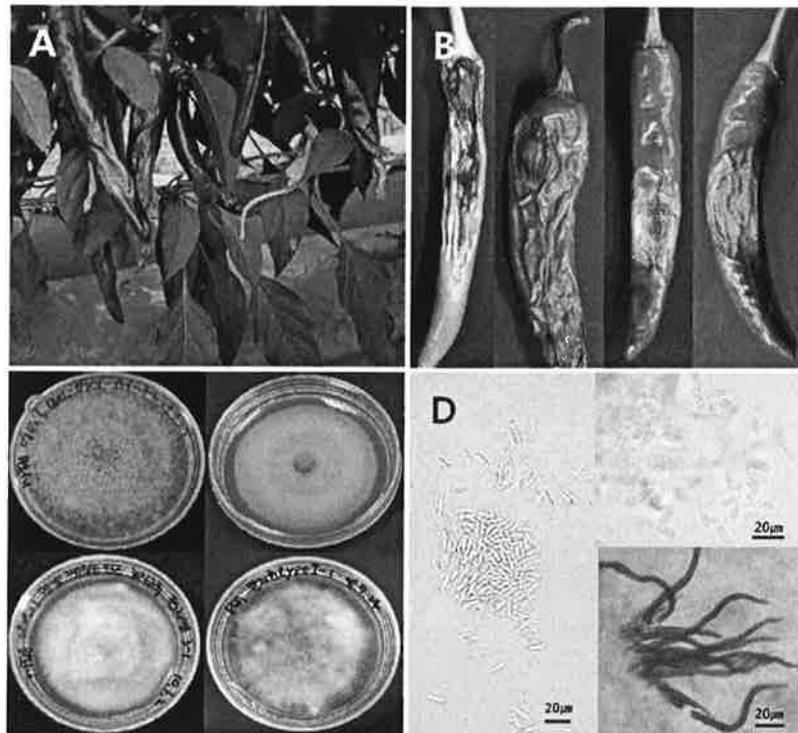
##### (1) 포장에서의 주요 병원균 분리 및 특성 연구

###### (가) 고추 병 연구

본 연구에서는 포장에서 발생하는 병의 원인균의 분리 및 특성 연구를 수행하였다. 우리나라에서 고추에 발생하는 병은 대략 곰팡이 23종, 세균 5종, 바이러스 16종이 보고되어 있으며 주요 병으로는 흰가루병, 역병, 탄저병, 풋마름병 (청고병) 등이 있다. 배꼽썩음병은 칼슘부족으로 생기는 생리장애에 의한 것으로 알려져 있지만 2차 감염이 일어나 과실에 큰 피해를 준다. 그림 1은 고추에 발생하는 다양한 병으로 특히, 역병 및 흰가루병, 그리고 배꼽썩음병과 배꼽썩음병반에 2차 감염된 병징을 보여준다. 한편, 시설재배지에서는 거의 관찰되지 않는 탄저병 (그림 2)은 본 연구 과정에서 노지 탄저병 발생 포장으로부터 다양한 탄저병원균의 분리 및 이들을 대상으로한 병 방제 활성 검정을 실시하였다.

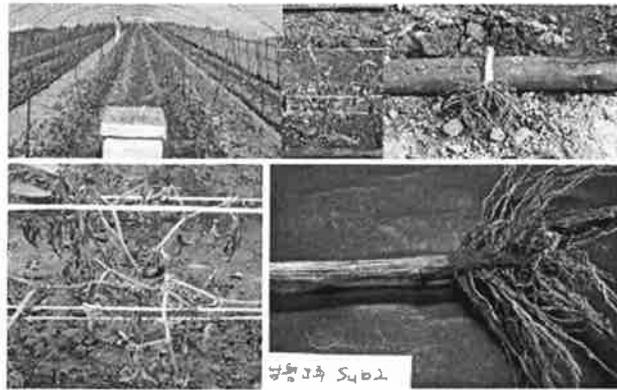


[그림 1] 다양한 종류의 고추병.



[그림 2] 국내 고추 탄저병 이병 포장에서 분리된 고추 (A-B), 병원균의 콜로니 (C) 및 병원균 (D의 좌: *Colletotrichum acutatum*; D의 우: *Colletotrichum gloeosporioides*).

전남 나주 남평의 고추포장에서 분리된 시들음 증상을 갖는 식물조직 (뿌리 및 줄기) 으로부터 시료를 채취하여 분리 동정한 결과 주로 *Fusarium* 균에 의한 도관시들음병 (vascular wilt)이었다 (그림 3).



[그림 3] 고추 도관시들음병의 병징.

또한, 본 연구에서는 고추 이병 및 건전 고추로부터 세균을 분리하여 16s rDNA의 염기서열에 기초하여 동정하였다.

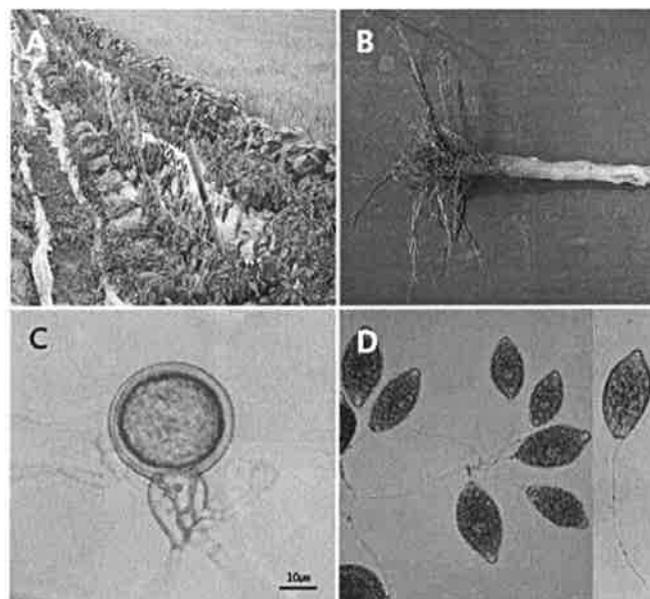
[표 1] 이병 및 건전 고추 식물에서 분리된 세균의 종류

Isolate	Accession	Description	Max Score	Total Score	Query coverage	E value	Max ident
EML-NP1	<a href="#">EU714365.1</a>	<i>Microbacterium testaceum</i> strain 343 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2495	2495	99%	0.0	99%
EML-NP2	<a href="#">EU834243.1</a>	<i>Bacillus subtilis</i> strain DS13 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2572	2572	99%	0.0	99%
EML-NP5	<a href="#">EU714365.1</a>	<i>Microbacterium testaceum</i> strain 343 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2484	2484	99%	0.0	98%
EML-NP6	<a href="#">AB244469.1</a>	<i>Enterobacter cloacae</i> gene for 16S rRNA, partial sequence, strain: NC1111	1611	1611	99%	0.0	99%
EML-NP8	<a href="#">EU194337.1</a>	<i>Bacillus megaterium</i> strain XIJHX-40 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2574	2574	99%	0.0	99%
EML-NP10	<a href="#">FM164631.1</a>	<i>Bacillus megaterium</i> 16S rRNA gene, isolate TS IW 36	2590	2590	99%	0.0	99%
EML-NP11	<a href="#">EU816586.1</a>	<i>Enterobacter</i> sp. MB-1-6-6 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	1638	1638	99%	0.0	99%
EML-NP14	<a href="#">EF673038.1</a>	<i>Pseudomonas mediterranea</i> G-229-21T 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2518	2518	98%	0.0	99%
EML-NP15	<a href="#">AB244469.1</a>	<i>Enterobacter cloacae</i> gene for 16S rRNA, partial sequence, strain: NC1111	1692	1692	99%	0.0	99%
EML-NP16	<a href="#">EU046269.1</a>	<i>Flavobacterium anhuiense</i> strain D3 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2464	2464	98%	0.0	99%
EML-NP17	<a href="#">CP000094.1</a>	<i>Pseudomonas fluorescens</i> PfO-1, complete genome	1696	1.013e+04	99%	0.0	99%
EML-NP18	<a href="#">EF673038.1</a>	<i>Pseudomonas mediterranea</i> G-229-21T 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2531	2531	99%	0.0	99%
EML-NP20	<a href="#">EF673038.1</a>	<i>Pseudomonas mediterranea</i> G-229-21T 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2531	2531	98%	0.0	99%
EML-NP21	<a href="#">EU523226.1</a>	<i>Paenibacillus amylolyticus</i> strain P17 16S ribosomal RNA gene, partial sequence	2432	2432	98%	0.0	97%

표 1에서 보는 바와 같이 *Microbacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*속 세균이 자주 검출되었다. 이들 세균의 역할과 병 발생/억제와의 관련성 등에 대해서는 추가 연구가 필요하다고 판단되었다. 또한, 표 2에서 보는 바와 같이 상기의 고추시료에서 분리된 균 중에는 *Fusarium*균이 우점을 차지하였고, 고추 역병병원균인 *Phytophthora capsici*가 자주 검출되었다 (그림 4).

[표 2] Isolation of fungi from wilted red pepper in Nampyung area

Sample no.	Part	No. of isolates	Isolate name	Genus/ Species
S-1	Basal stem	2	EML-NP-CAPBS-1	<i>Phytophthora capsici</i>
			EML-NP-CAPBS-2	<i>Fusarium</i> sp.
	Root	2	EML-NP-CAPR-1 EML-NP-CAPR-2	<i>Fusarium</i> sp. <i>Fusarium</i> sp.
S-2	Stem	4	EML-NP-CAPS-8	<i>Phytophthora capsici</i>
			EML-NP-CAPS-9	UI
			EML-NP-CAPS-10	"
			NP-Sub2-EN-3	<i>Trichoderma</i> sp.
	Basal stem	5	EML-NP-CAPBS-8	UI
			EML-NP-CAPBS-9 EML-NP-CAPBS-10	<i>Fusarium</i> sp. UI
	Root	5	NP-Sub2-EN-1	<i>Trichoderma</i> sp.
			EML-NP-CAPR-5	<i>Fusarium</i> sp.
			EML-NP-CAPR-6	<i>Fusarium</i> sp.
			EML-NP-CAPR-7	<i>Fusarium</i> sp.
			NP-Sub1-2R-EN-3	<i>Fusarium</i> sp.
			NP-Sub2-R-EN-2	<i>Fusarium</i> sp.

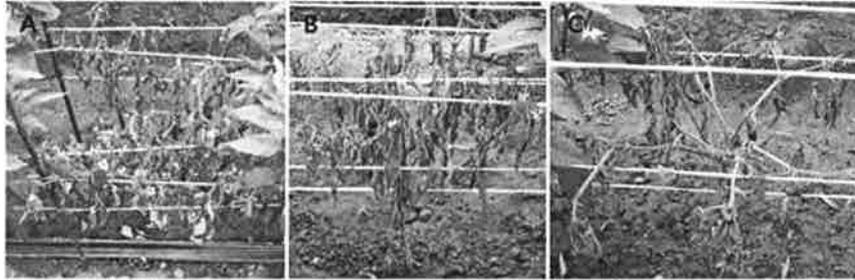


[그림 4] 노지고추 역병 발생 포장에서의 이병 고추 (A, B) 및 병원균 *Phytophthora capsici*의 난포자 및 유주자 (C,D) >

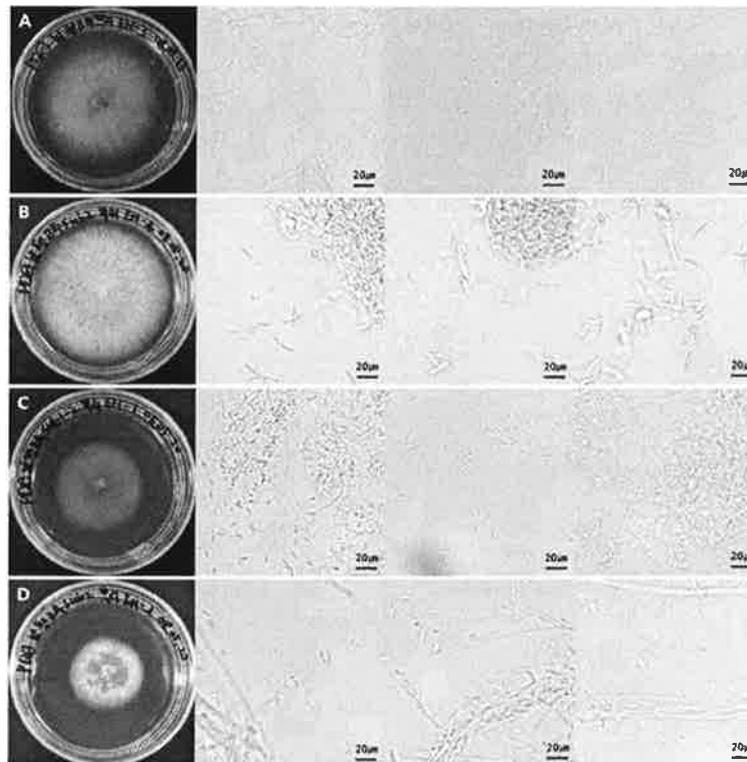
한편, 고추 재배 포장에서의 지하부 병인 시들음병과 관련하여 주 병원균으로 *Fusarium*

*oxysporum*에 의한 것으로 확인하였으며 재배되고 있는 많은 종류의 고추 품종이 인위적인 병원성 실험 결과 대부분 저항성 (일부는 중도저항성으로 인공접종시 미약)으로 나타나 병원성 유발이 용이하지 않았다. 향후 분리된 다양한 종류의 균류를 대상으로 병원성 및 병원성 관련 기주-병원균 상호작용에 대한 추가 연구가 필요하다고 판단되었다.

본 연구기간 중 시들음병에 이병된 식물체로부터 분리된 병원균의 종류와 병원성에 대해 조사 중에 있다. 그림 5는 청양고추 포장에서 발생한 전형적인 시들음병 발생 사진이며 그림 6은 이병 부위로부터 분리된 병원균의 모습이다.



[그림 5] 청양고추 포장의 시들음병 발생 모습 (이화철 농가, July 9 2009).



[그림 6] 시들음병에 감염된 고추 뿌리에서 분리된 *Fusarium* spp.의 다양한 형태의 colony 및 포자 모습. A: EML-NP-CAPR-1, B: EML-NP-CAPR-7, C: EML-NP-CAPR-5, D: EML-NP-CAPR-11, 배양조건은 PDA배지/23°C에서 6일간 배양.

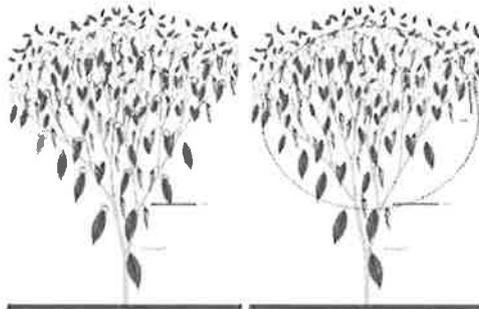
한편, 남평포장에서 수집한 흰가루병원균 (그림 7)의 균체로부터 genomic DNA를 추출한



본 연구를 통해 조사한 바에 따르면 대부분의 시설하우스에서 흰가루병이 발생하며 작물 생육기 후반기가 되면서 대부분의 시설하우스에서 대량 발생하는 경향을 보였다. 고추 흰가루병의 발생이 작물생산에 직접적으로 커다란 영향을 주지는 않지만 시간이 지나면서 잎이 조기에 시들고 떨어져 광합성 등 효율이 떨어지므로 피해를 가져온다. 따라서 경제적 피해수준 (economic threshold)으로 발생 수준을 유지할 필요가 있으며 이러한 threshold 기준을 정하는 것이 매우 중요할 것으로 판단되었다. 이러한 기준이 마련된다면 흰가루병 예찰 및 방제프로그램에 유용하게 적용할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 표 3에서와 같이 흰가루병의 발생지수 (index)를 0-5단계의 1차 조사단계 (20개의 잎에 label을 붙임)와 병이 식물전체에 대부분 발생하였지만 작물생산에 커다란 영향을 주지 않은 경제적 피해 수준을 제시하는 심각 정도 (disease severity)의 2차 조사 단계 (L-S)로 나누어 예찰할 수 있을 것이다 (그림 9).

[표 3] 흰가루병의 예찰 단계별 병 발생지수 및 발생율

Disease index	Examination steps		
	1st step	Disease severity	2nd step
0	흰가루병이 발생하지 않음		
1	20개의 고추 잎 중 감염된 고추의 잎의 수가 4개 이하	Slight	<30%
2	5-8개의 이병엽		
3	9-12개의 이병엽	Moderate	>30- <70%
4	13-16개의 이병엽		
5	흰가루병에 감염된 잎의 수가 17개 엽 이상	Severe	>70%

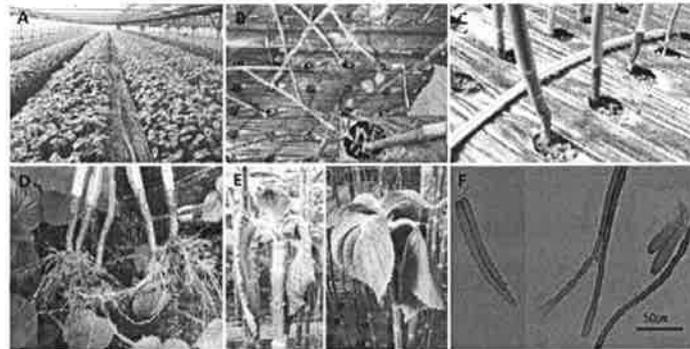


[그림 9] 고추 잎 상에서 흰가루병 발병 측정 방법 [좌: 2번째 분지에서 위쪽으로 20개의 잎을 지정하여 지정한 잎에 label을 붙이고 흰가루병에 감염되었는지의 여부를 측정함, 우: 2-6번째 분지에서 나온 잎 (대략 45개)에서 감염여부를 측정하는 방식을 사용함].

#### (나) 들깨 및 상추 병 연구

본 조사에 따르면 시설하우스 내에서 잎들깨에 발생하는 병해의 종류는 다양하며 연작 횟수가 오래 될수록 특정 병의 발생이 지속적으로 발생하는 특징을 가지고 있었다. 전남지역 시설 잎들깨 재배지역에서는 줄기마름병, 균핵병, 잿빛곰팡이병의 발생이 높으며 노균병, 녹병,

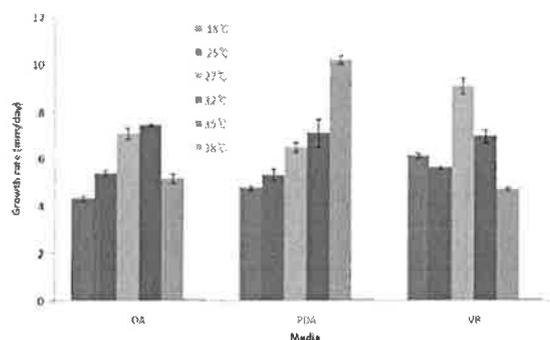
잘록병 등이 자주 관찰되었다. 특히 본 연구를 통해 발견된 *C. cassiicola*에 의한 들깨 줄기마름병을 국내에서 최초로 구명하였다. 들깨의 줄기 지제부에 발생하는 갈변 현상의 주요 원인이 초기 정식시 미부숙된 퇴비의 사용으로 인한 가스발생 등에 기인하는 것으로 밝혀졌으며 이러한 식물 상에 일차 피해는 본 병원균의 침입을 더욱 용이하게 하는 것으로 추정되었다 (그림 9).



[그림 9] 들깨포장에 발생한 줄기마름병 (A: 나주 들깨포장 (2009. 5월), B-D: 줄기마름병에 걸린 들깨 지제부, E: 지제부위의 마름병 피해로 인하여 생육에 영향을 받아 늘어난 들깨잎, F: 줄기마름병의 원인균으로 파악된 *C. cassiicola*의 포자와 분생자경).

들깨 줄기마름병원균의 포자와 분생자경을 관찰한 결과 분생포자는 갈색을 띠며 형태적으로 (준)원통형, 방추형 또는 역곤봉형이며 흔히 약간 구부러진 모양을 하며 5-16개 (평균 13개)의 격벽을 가지며 분생자경은 3-8개의 격벽을 가지는 것으로 조사되었다. 본 균은 이러한 형태 및 18S rDNA에 기초하여 *Corynespora cassiicola* (Berk. & Curt.) Wei. (Ellis, 1971)로 동정되었으며 본 연구 결과는 현재 Plant Disease (2009)에 게재되어 있다.

들깨 줄기마름병 병반에서 분리한 *C. cassiicola* 균주의 균사생장을 조사한 결과 배지 및 온도에 따라 큰 차이를 보였다. 그림 10에서 보여지는 바와 같이 균사생장은 PDA/35°C에서 가장 양호하였으며 38°C에서는 생장이 현저히 감소하였다.



[그림 10] *C. cassiicola* EML-PER1의 배지(PDA, OA, V8A)와 온도(18-38°C) 조건에 따른 균사 생장을.

들깨 재배시기가 오래 지속되면 *C. cassiicola*에 의해 발생하는 줄기마름병의 발병율이 높아졌다. 특히, 들깨식물의 이식 전에 부숙퇴비가 처리되는데 이러한 부숙퇴비가 부숙이 잘 안될 경우 가스발생으로 인한 지재부 부분의 타는 듯 한 갈변현상이 발생하고 재배 기간이 경과하면서 *C. cassiicola*의 2차 침입에 기인한 줄기마름병이 다수 발생하는 것으로 관찰되었다. 따라서 들깨 재배 시에 충분히 부숙된 퇴비를 이용하고, 재배 온도가 너무 높지 않도록 유지하고, 적절히 친환경제제를 처리함으로써 본 병의 발생을 줄일 수 있을 것으로 생각되었으며 본 연구 결과는 병 방제 매뉴얼에도 수록되었으며 향후 들깨 병 방제를 위한 기초정보로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 생각되었다.

한편, 잎들깨 재배 포장에서 자주 발생하는 잿빛곰팡이병 (그림 11)은 잎과 줄기에 발생하여 주로 잎을 수확하는 들깨의 수확량에 큰 피해를 가져오며, 죽은 들깨 식물조직에 부생균으로도 발생하므로 잿빛곰팡이병의 초기 방제 및 예방이 매우 중요한 것으로 판단되었다.



[그림 11] 들깨 포장에서의 잿빛곰팡이의 모습. A: 들깨에 발병한 잿빛곰팡이의 증상, B: 들깨 줄기에 발병한 잿빛곰팡이, C: 광학현미경에서 관찰한 들깨 잿빛곰팡이병원균 *Botrytis* sp. 균주의 포자 모습 (X400), D: 입체현미경에서의 들깨 줄기에 발병한 잿빛곰팡이의 모습 (X8), E: 입체현미경에서의 잿빛곰팡이의 모습 (X50), F: 분리된 잿빛곰팡이의 배지에서의 모습.

한편, 최근에 들깨와 상추의 노균병이 자주 발생하였다. *Pseudoperonospora* sp.에 의해 발생하는 들깨 노균병 (그림 13)의 발생을 줄이기 위해서는 습도를 낮추고 주야간 기온차가 크지 않도록 하는 것이 중요하다. 특히, 통풍 및 배수불량, 저온 다습조건이 지속될 때 대 발생하므로 아침에 열풍기 가동, 물방을 제거하고, 이병잎을 조기에 제거하는 것이 중요하다.

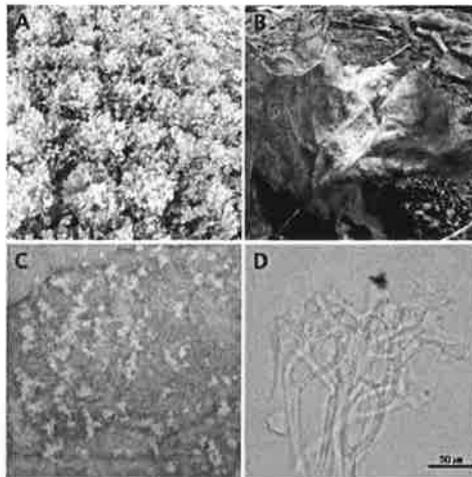


[그림 13] 들깨에 발생한 노균병의 모습. A, B, C: 들깨 포장에 발생한 노균병의 모습, D: 광학현미경에서 관찰한 노균병원균인 *Peronospora* sp.의 포자 모습.

마늘 농축액 제품을 잎들깨 잎에 처리한 결과 *Botrytis*균에 의한 잿빛곰팡이병의 발생이 상

당히 감소하는 것으로 조사되었다. 따라서 시설재배 포장에 유용하게 적용할 수 있을 것으로 판단되지만 주요 활성성분이 식물유래의 성분이긴 하지만 향후 농약성분으로 분류될 수 있기 때문에 유기농자재 목록 공시 등의 법규가 강화된다면 사용이 어려워질 수도 있을 것으로 예상되는 상황이다. 그러나 현재의 농업 현실에서 살충 성분의 대부분이 상기에서 언급한 물질을 함유한 식물추출물이 대부분을 차지하고 있는 실정이어서 이를 대체할 수 있는 보다 안전하고 효능을 갖는 유기농 및 친환경 자재의 개발이 요구되는 상황에 있다고 판단된다.

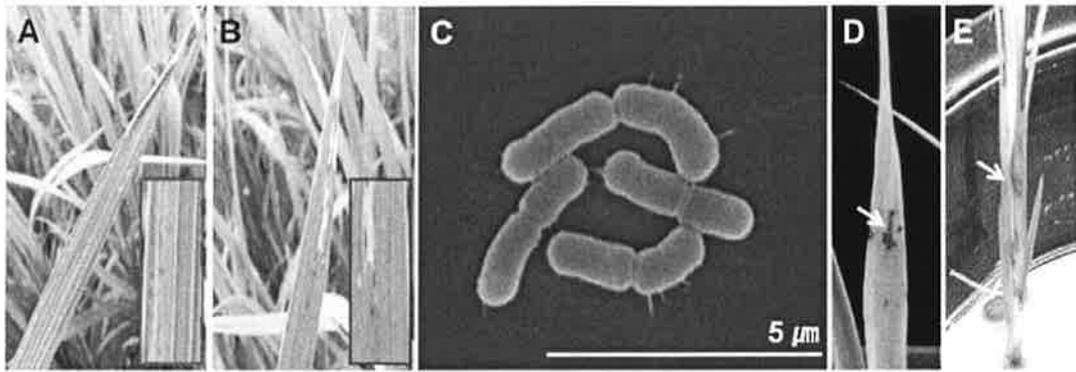
한편, 상추 노균병도 잎에 자주 발생하는 것이 관찰되었다. 다습할 때 발생이 심하였으며 늦은 가을과 봄에 환기가 불량하고 관수량이 과다하며, 무밀칭 재배지역에서 그 피해가 큰 것으로 조사되었다. 병 발생을 억제하기 위하여는 윤작을 실시하고, 발병 가능성 기주를 조기에 제거하고, 환기를 철저히 하고, 관주처리를 통한 엽면 수분의 양을 줄이는 것이 중요한 것으로 조사된바 있다.



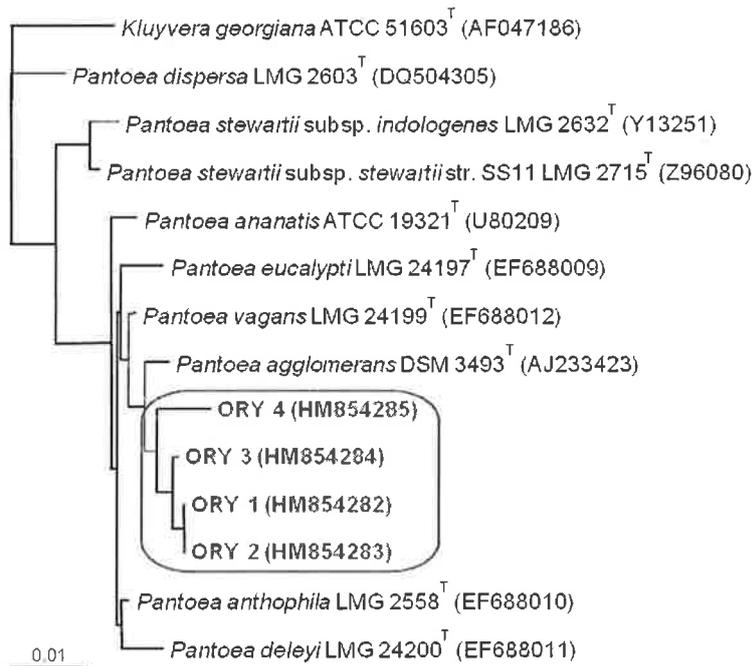
[그림 14] 광주시 남구의 시설재배 상추 지역에 발생한 고균병 발생 양태 및 병원균 (A: 시설재배 상추, B: 노균병에 감염된 상추잎의 밑면, C: 이병잎 표면위의 흰색 균체, D: 이병 병반으로부터 취한 *Bremia* sp.의 균체). 광주시 남구 승촌동 인근 포장 (2010년 2월).

#### (다) 벼 병 연구

나주와 광양 벼 포장에서 벼 흰잎마름병과 유사한 증상을 보이는 잎마름병 병반이 자주 관찰되었다. 이에 본 병반을 채집하여 실험실에서 관찰한 결과 붉은 반점과 옅은 갈색의 줄무늬가 형성되었으며, 16S rDNA로 동정한 결과 *Pantoea* spp. 임이 밝혀졌다 (그림 15, 16). 특히 병원성이 가장 강한 *Pantoea* 종은 *P. agglomerans*로 동정되었으며 *Pantoea*에 의해 발생하는 벼 잎마름병 (leaf blight)으로 한국에서의 발생 보고는 본 연구에 의해 최초로 이루어졌으며 현재 Plant Disease (2010)에 게재중에 있다. 이러한 새로운 병은 기후변화와도 관련되어 있을 것으로 판단하고 있으며 병 방제를 위한 전략에도 중요한 정보로 활용될 수 있을 것으로 판단되었다.



[그림 15] 벼에 발생한 벼 잎마름병의 증상 (A,B), *Pantoea agglomerans* 세균의 전자현미경하에서의 모습 (C), 이들의 벼 잎에 대한 병원성 (D,E).



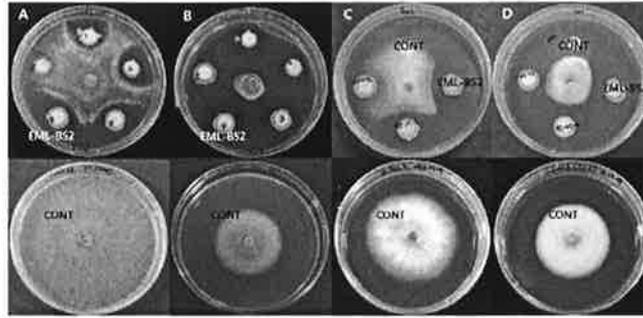
[그림 16] 벼 재배지의 잎마름병 이병 병반에서 분리한 *Pantoea* spp (ORY1-ORY4)의 NJ 계통도.

## (2) 친환경 농자재 및 방제법 개발 연구

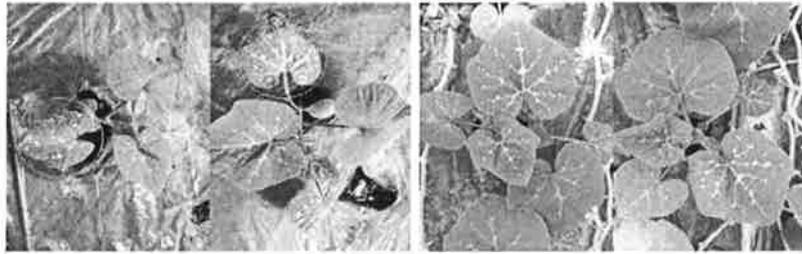
### (가) 고추 병 방제를 위한 생물농약으로서의 가능성 연구

#### ① 미생물살균제 개발을 위한 우수균주 선발

본 연구에서는 채소류의 흰가루병 및 탄저병에 활성을 갖는 균주를 탐색하고자 하였다. 활성균주의 탐색을 위하여 본 환경미생물실험실에 보관중인 500여 개의 균배양액을 일차검정에 사용하였으며 *in vitro* 상에서 *Rhizoctonia solani* KACC 40113, *Pyricularia grisea* KACC 40418, *Fusarium* sp. EML-FUS1 및 *Colletotrichum acutatum* EML-COL1 등의 식물병원균에 대한 항균 활성을 검정하였으며, 한국화학연구원의 *in vivo* 병 방제활성 검정시스템을 활용하여 EML-BS2 균주를 선발하였다 (그림 1,2).



[그림 1] *In vitro* 상에서 바실러스 아밀로리퀴파시엔스 EML-BS2 균주의 식물 병원균에 대한 항균 효과. A: *Rhizoctonia solani* KACC 40113, B: *Pyricularia grisea* KACC 40418, C: *Fusarium* sp. EML-FUS1 및 D: *Colletotrichum acutatum* EML-COL1.



[그림 2] *Bacillus* sp. EML-BS2 균주의 애호박흰가루병 방제효과 [배양체 미처리 조건하에서의 흰가루병이병엽 (좌)과 미생물처리구의 흰가루병 방제사진 (우)].

EML-BS2 균주 배양액을 여과한 배양액을 이용하여 흰가루병원균 (*Sawadaea* 종)의 포자에 대한 발아억제율을 조사하였다. LB배지에 배양한 후 무균상태에서 여과함으로써 균 (세포)을 제거한 배양여액을 10-40배로 희석한 후 점적배양 (drop culture)하여 상기의 흰가루병원균의 포자에 대한 발아 억제율을 조사하였다. 대조구 (증류수)의 평균 발아율은 대략 10% 이었으며 발아억제율 (%) =  $100 - \text{발아율} / \text{대조구발아율} \times 100$ 의 공식으로 산정하였으며 억제활성을 조사한 결과는 표 1과 같다.

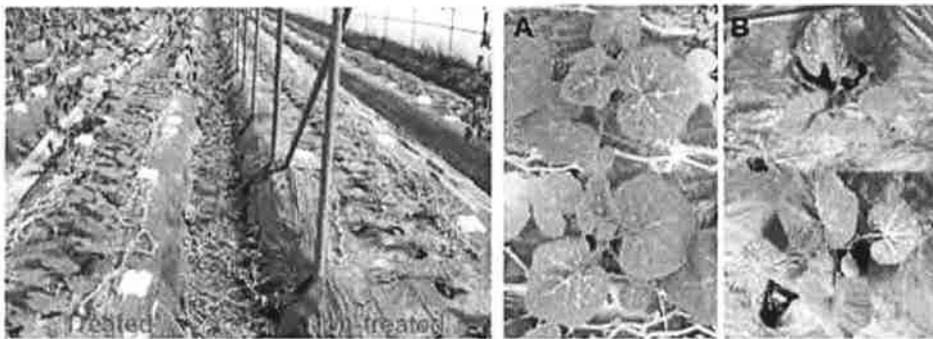
[표 1] EML-BS2 균주의 흰가루병원균에 대한 발아억제효과

균배양액 희석배수	발아억제율 (%) <sup>1)</sup>
대조구 (증류수)	0
10	100
20	100
30	89.7
40	27.9

1) 발아억제율(%) =  $100 - \text{발아율} / \text{대조구 발아율} \times 100$ .

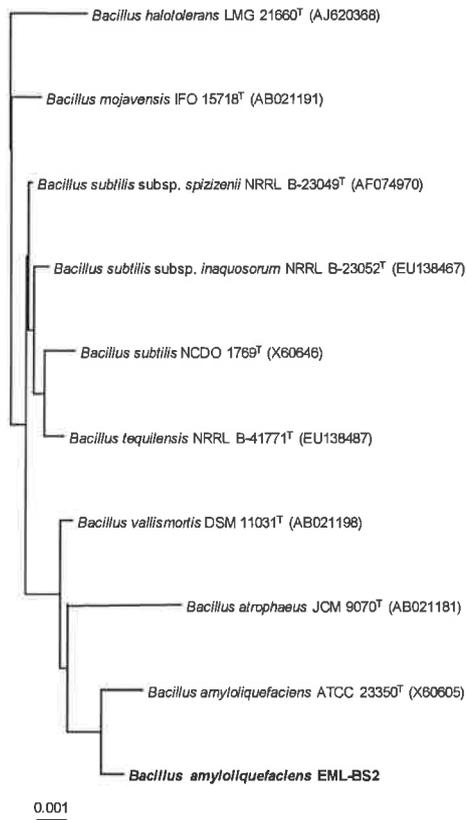
## ② 활성균주의 하우스내 적용실험

본 일차 스크리닝 연구를 통하여 활성을 보인 수개의 *Bacillus* 균주를 선발하였으며 LB배지에 대량배양하여 그 배양체를 희석배율을 달리하여 광양지역의 시설하우스 포장에서 하우스내 흰가루병 방제활성 포장 실증 시험을 실시한 결과 (그림 3), *Bacillus* sp. EML-BS2 균주가 애호박흰가루병 (*Sphaerotheca fuliginea*)에 대해 50배 희석 배양체에서도 90-95%의 높은 병 방제가를 보일뿐만 아니라 고추탄저병 (*Colletotrichum gloeosporioides*)에 대해서도 활성을 보여 복합활성 (dual activity)을 갖는 병 방제용 생물학적 방제제 (biocontrol agent)로서의 산업화 잠재성 뿐만 아니라 식물성장 촉진활성 (plant growth promoting activity)을 보였다.



[그림 3] *Bacillus* sp. EML-BS2 균주의 애호박 (유묘) 재배포장에서의 흰가루병 방제 및 식물 성장 촉진 활성.

한편, 활성균주를 16S rDNA에 기초하여 분자계통분류학적으로 동정한 결과 *Bacillus amyloliquefaciens*로 최종 동정되었으며 (그림 4) 특허출원 (출원번호: 10-2010-0065557)중에 있다 (그림 5).



[그림 4] 활성균주 (EML-BS2)의 16S rDNA에 기초한 분자계통도.

나주 반남에 위치한 고추 포장에서 발생한 고추 과실 배꼽썩음병과 흰가루병에 대한 EML-BS2 균주의 병 방제 효과를 검증하였다. 1주일 간격으로 본 균주의 배양액을 50배 희석하여 총 5회 처리한 결과는 표 2 및 표 3과 같다.

칼슘 결핍으로 발생하는 배꼽썩음병에 대해서는 특별한 약제가 없으며 예방을 위해 칼슘제제를 주기적으로 살포해주어야 한다. 본 균주를 이용한 배꼽썩음병의 방제 효과를 검증한 결과, 대조구에 비해 50% 이상의 방제효과를 나타냈다.

[표 2] 반남 시험포장 고추 과실 배꼽썩음 병반 발생 현황

측정 횟수	CONT	EML-BS2
1st	0.17	NE
2nd	1.5	NE
3rd	3.67	1.5
4th	3.83	1.5
5th	4.5	1.5
6th	5	2
7th	5.17	2

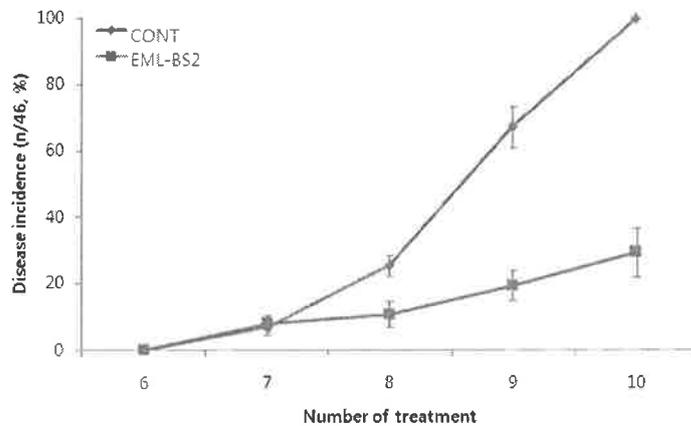
\*NE: Not examined, 반남 시험 포장에서 측정한 결과 Ca 결핍에 의한 피해발생으로 특별한 약제 없음. 칼슘제제(칼짱) 7/24일부터 7일 간격으로 4회 처리함.

고추 잎에 발생하는 흰가루병의 방제 효과를 검정하기 위해 EML-BS2 균주를 50배 희석하여 7일 간격으로 총 10회 처리하였다. 흰가루병의 발생 빈도는 고추의 2번째 분지에서부터 상위엽 20개의 잎에 발생한 흰가루병반 수를 측정한 바, EML-BS2 균주는 60%에 가까운 방제 효과를 보였다.

[표 3] 반남 고추 잎 흰가루병 발생 빈도

측정 횟수	CONT	EML-BS2
1st	0	0(0)
2nd	0	0(0)
3rd	0	0(0)
4th	0	0(0)
5th	0	0(0)
6th	0	0(0)
7th	5.33	2(62.48%)
8th	8.67	3.67(57.67%)

\*NE: Not examined, \*\*(%): 대조구 대비 방제값 차이(백분율). \*\*\*EML-BS2 : 7일 간격으로 총 10회 처리, ECO : 7일 간격으로 총 5회 처리, 2번째 분지부터 상위엽 20개 잎 중 흰가루 병반 수.

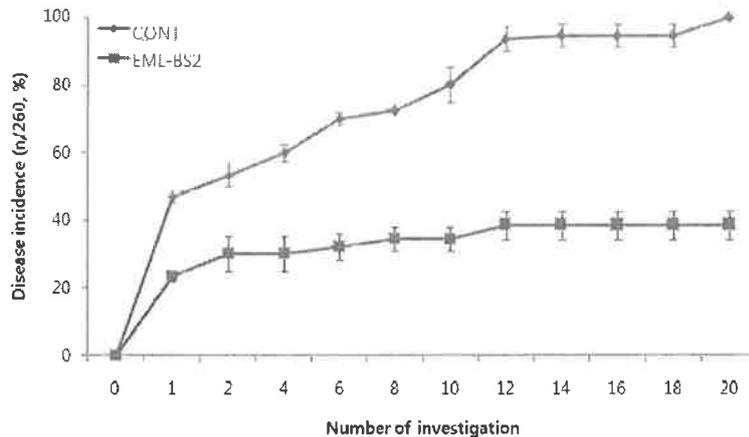


[그림 4] 청양고추 재배구에서의 흰가루병 방제를 위해 EML-BS2 균주의 처리 효과.

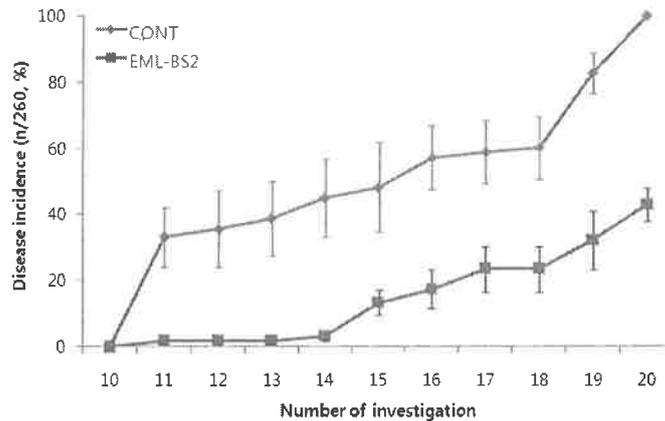
청양고추 재배구에서 흰가루병의 발생율을 조사한 결과 본 연구실에서 개발 중인 EML-BS2 제제의 처리구에서 대조구에 비해 흰가루병의 발생율이 현저히 낮았다 (그림 4). 이러한 결과를 통해 EML-BS2 균주가 미생물농약 균주로 활용 될 수 있을 것으로 기대된다 하겠다.

(나) 들깨 병 방제를 위한 생물농약으로서의 가능성 연구

본 연구에서는 EML-BS2 균주를 이용하여 잎들깨 작물에 발생하는 잣빛곰팡이병과 줄기마름병 등 다양한 병해에 대한 방제효과를 조사하고자 하였다. 이를 위해 미생물 배양액을 50배 희석하여 7-14일 간격으로 들깨 잎에 살포한 후 병 발생 억제효과를 조사하였다.



[그림 5] 들깨 재배구에서 잣빛곰팡이병의 방제를 위해 EML-BS2 균주를 처리한 후 방제 효과.



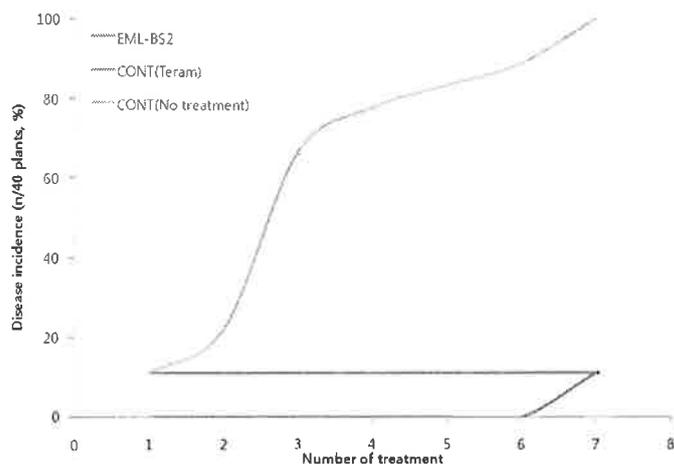
[그림 6] 들깨 재배구에서 줄기마름병의 방제를 위해 EML-BS2 균주를 처리한 후 방제 효과.

본 연구에서 EML-BS2 균주를 들깨 잎과 줄기에 처리한 후 잣빛곰팡이병 (그림 5) 및 줄기마름병 (그림 6)의 발생을 조사한바 대조구 (CONT)에 비해 대체로 높은 방제가 (즉 대조구의 2배 정도)를 나타내 친환경 소재로서의 가능성을 보였다.

(다) 벼 병 방제를 위한 생물농약으로서의 가능성 연구

본 연구에서 개발중인 미생물제제인 EML-BS2의 벼에 발생하는 벼 도열병에 대한 생물농약으로서의 가능성을 검증하기 위해 포장에 적용하였다. 본 균주의 처리는 난피법으로 각각 40주씩 3반복으로 실시하였으며, 대조구는 물만 처리한 구역과 대조약제인 테람을 처리한 구역을 각각 설정하였다. EML-BS2 균주를 1주일 간격으로 총 5회 살포한 결과, 무처리 대조구가

100% 병 발생율로 비교했을 때 EML-BS2 균주를 처리한 구역에서 병 발생율이 10%이하로 약 90%의 병 방제 효과를 보였다.



[그림 7] 벼 도열병에 대한 EML-BS2의 방제 효과.

이상의 결과를 바탕으로 특허를 출원하였는바 본 발명은 *Bacillus amyloliquefaciens* EML-BS2 균주 및 이를 이용한 식물병방제제 및 식물생장촉진제에 관한 것으로서, EML-BS2 균주는 흰가루병, 탄저병, 잎도열병 및 시들음병 등 다양한 식물병원균에 대하여 광범위한 항균활성을 가져 각종 병해에 대한 우수한 방제 효과가 있을 뿐만 아니라, 애호박 등 식물의 성장을 촉진하는 효과를 보여 유기합성 농약을 대체하는 친환경 생물농약으로 쓰일 수 있다는 장점이 있다. 현재 본 균주를 이용한 친환경유기농자재 등록을 위한 후속 연구과제를 구상중에 있다.

### (3) 병 방제 매뉴얼 연구

#### ① 벼 병 방제 매뉴얼 작성

벼 재배 중에서 발생하는 병해로는 줄무늬잎마름병(호엽고병), 오갈병(위축병), 검은줄오갈병(흑조위축병) 등 바이러스에 의한 병해 3종, 흰잎마름병(백엽고병), 세균성벼알병(인고성세균병) 등 세균에 의한 병해 5종, 도열병, 입짚무늬마름병(문고병), 깨씨무늬병 (호마엽고병), 키다리병, 노균병(황화위축병), 이삭누룩병(도국병), 갈색잎마름병(갈색엽고병) 등 곰팡이에 의한 병해 32종 등 40종이 보고되었다 (KSPP, 2009). 본 매뉴얼에서는 주요 벼 병의 병원균과 발생조건, 친환경 병 방제 방법 등을 기술하고 있다 (주요 벼 병 및 방제 방법의 자세한 내용은 벼 유기재배 매뉴얼의 제 6장 병해충 관리 부분 참조).

생육시기	11		12		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10
생육과정	수확 후 복합재배(종자 대류)		배양(비닐 적지식기정식)		경운		묘관리		이앙지		분담기 및 유수형성기		수영기		출수 및 동숙기		수확기									
벼의 주요 병과 방제대책	<ul style="list-style-type: none"> <li>재배시기 및 재식밀도 조절, 균형적인 시비</li> <li>석회비료를 벼의 연면에 살포하여 병원균의 포자발아를 억제함</li> </ul>																									
	<ul style="list-style-type: none"> <li>지나친 밀식이나 질소질 비료의 과다 사용을 금지함</li> <li>풍상을 흉개 하고 조기이앙을 피하며 석회비료를 벼에 처리함</li> <li>다양한 친환경 재료를 식물 전체에 처리함</li> </ul>																									
	<ul style="list-style-type: none"> <li>작토층이 얇고 척박한 토양에서는 질소, 인산, 가리, 칼륨 등 무기성분이 부족하지 않도록 균형 시비함</li> <li>다양한 친환경 재료를 사전에 엷은 처리함</li> </ul>																									
	<ul style="list-style-type: none"> <li>중저소독 (병은항침지법이나 열탕소독) 실시</li> <li>못자리나 분담 초기에 벼에 엷은 이병주 죽서 제거</li> <li>다양한 친환경 재료를 이앙한 종자 소독을 실시함</li> </ul>																									

[그림 1] 벼 재배 및 병 방제력 (벼 유기재배 매뉴얼).

### ② 고추 병 방제 매뉴얼 작성

우리 나라에서 고추에 발생하는 병은 대략 곰팡이 23종, 세균 5종, 바이러스 16종이 보고되어 있으며, 주요 병으로는 흰가루병, 역병, 탄저병, 풋마름병 (청고병)과 CMV (Cucumber mosaic virus), AMV (Alfalfa mosaic virus), PMMoV (Pepper mild mottle virus), PepMoV (Pepper mottle virus) 등을 포함하는 바이러스 병이 있다 (KSPP, 2009). 본 매뉴얼에서는 흰가루병을 포함한 주요 고추 병의 병원균과 발생조건, 친환경 병 방제 방법 등을 기술하고 있다 (고추 유기재배 매뉴얼의 제 8장 주요 고추 병 및 방제요령 부분 참조).

시기	1월		2월		3월		4월		5월		6월		7월		8월		9월		10월		11월		12월	
	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>1월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>2월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>3월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>4월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>5월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>6월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>7월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>8월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>9월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>10월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>11월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>12월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> </ul>																							
병해충 발생시기	<ul style="list-style-type: none"> <li>1월: 역병, 탄저병</li> <li>2월: 역병, 탄저병</li> <li>3월: 역병, 탄저병</li> <li>4월: 역병, 탄저병</li> <li>5월: 역병, 탄저병</li> <li>6월: 역병, 탄저병</li> <li>7월: 역병, 탄저병</li> <li>8월: 역병, 탄저병</li> <li>9월: 역병, 탄저병</li> <li>10월: 역병, 탄저병</li> <li>11월: 역병, 탄저병</li> <li>12월: 역병, 탄저병</li> </ul>																							
병해충 방제	<ul style="list-style-type: none"> <li>1월: 역병, 탄저병 방제</li> <li>2월: 역병, 탄저병 방제</li> <li>3월: 역병, 탄저병 방제</li> <li>4월: 역병, 탄저병 방제</li> <li>5월: 역병, 탄저병 방제</li> <li>6월: 역병, 탄저병 방제</li> </ul>												<ul style="list-style-type: none"> <li>7월: 역병, 탄저병 방제</li> <li>8월: 역병, 탄저병 방제</li> <li>9월: 역병, 탄저병 방제</li> <li>10월: 역병, 탄저병 방제</li> <li>11월: 역병, 탄저병 방제</li> <li>12월: 역병, 탄저병 방제</li> </ul>											
작업요령	<ul style="list-style-type: none"> <li>1월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>2월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>3월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>4월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>5월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>6월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> </ul>												<ul style="list-style-type: none"> <li>7월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>8월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>9월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>10월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>11월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> <li>12월: 고추묘 재배(비닐재배)</li> </ul>											

[그림 2] 고추 재배 및 병 방제력 (고추 유기재배 매뉴얼).

### ③ 들깨 병 방제 매뉴얼 작성

시설하우스 내에서 잎들깨에 발생하는 병해로는 줄기마름병, 균핵병, 갯빛곰팡이병의 발생이 높으며 노균병, 녹병, 갈록병 등이 자주 발생하고 있다. 본 매뉴얼에서는 상기에서 언급된 병의 병원균과 발생조건, 친환경 병 방제 방법 등을 기술하고 있다 (주요 들깨 병 및 방제 방법의 자세한 내용은 잎들깨 유기재배 매뉴얼의 제 6장 병해충 관리 부분 참조).



### 3. 연구개발 수행 결과 (II) : 1-2차년도 연구결과 (김영철 교수)

#### 1. 연구개발 수행 내용

구분	연구개발의 내용	연구범위
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 주요 작물병해 방제용 시판 친환경 자재 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경농자재의 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사</li> <li>○ 흰가루병과 흑성병의 포장 실증 실험</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 간이진단용 kit를 이용한 작물별 재배 토양 및 환경표준지수 개발 및 실증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고추 토마토 표준 재배 매뉴얼과 진단 키트를 이용한 분석</li> <li>○ 토마토 저온 피해 즙액 분석에 의한 간이 진단 방법 개발</li> <li>○ 무농약과 관행 수박 재배 수박의 즙액 분석</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경 자재를 이용한 친환경 무농약 재배 포장 실증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 사업단에서 개발된 자재 선발된 자재 및 진단 방법에 준하여 수박 무농약 성공의 교육과 컨설팅 진행</li> </ul>
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 주요 작물병해 방제용 시판 친환경 자재 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경농자재의 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사</li> <li>○ 시제품 제형의 벼와 오이 실증에 의한 bioassay</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 선택적인 미생물 배양방법을 이용한 친환경 식물병 방제제 산업화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 저영양상태에서 분리한 식물병 저항성 유도 균주들의 생물적 방제 특성 조사</li> <li>○ 미생물들의 시제품들을 조제하여 선택적 배양에 의한 벼 도열병 흑명나방, 오이 흰가루병과 온실가루이 방제 효능 분석</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경 자재를 이용한 친환경 무농약 재배 포장 실증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 선발 친환경 자재와 시제품을 이용한 수박, 멜론, 딸기, 배, 사과 무농약 재배 매뉴얼 개발 및 무농약 재배 성공, 컨설팅 및 교육</li> </ul>

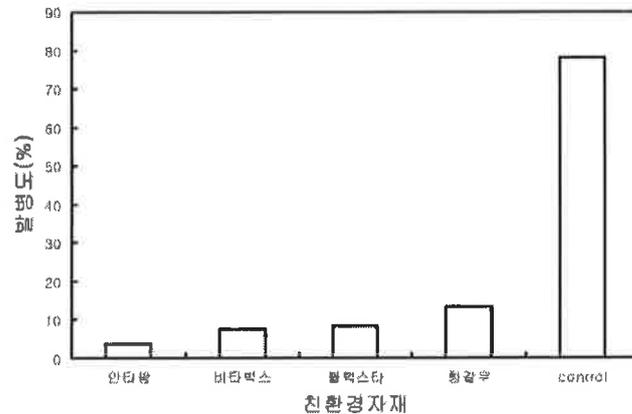
2. 연구개발 수행 결과(2005년도 수행 연구 결과)

가. 시판 중인 친환경 자재의 효능 검증

(1) 오이 흰가루병 방제용 친환경 자재 검증.

- 시판중인 50여종의 친환경 식물병 방제제를 오이 흰가루병에 대한 식물병 방제 억제 능력을 screening하여, 효능이 좋은 4종의 친환경 자재들(안티팡, 비타박스, 블랙스타, 핑갈우)를 선발함

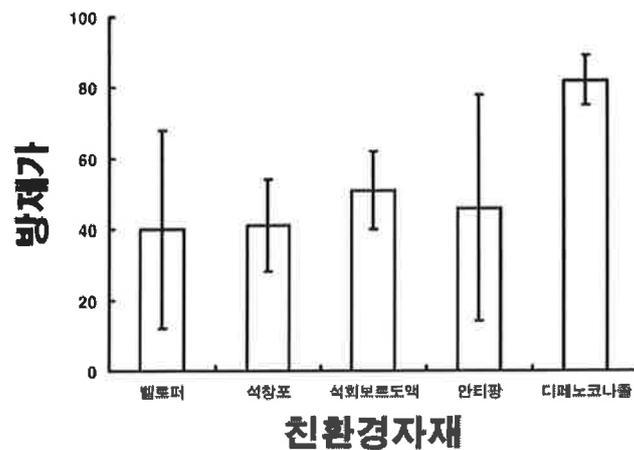
■ 오이 흰가루병 친환경 자재 검증 (50개 이상)



[그림 1] 시판용 친환경 자재의 오이 흰가루병 방제 효과 검증 및 자재 선발

(2) 배나무 흑성병 방제용 친환경 자재 검증

- 현재 시판중인 친환경 식물병 자재 중 배나무 흑성병에 효과가 있는 친환경 자재를 선발하기 위하여 나주 배 연구소에 4년생 신고배나무에 친환경 자재를 살포하고 난 다음에 흑성병 발생 억제 능력이 좋은 친환경자재 4종(벨로퍼, 석창포 추출물, 석회보르도액, 안티팡)을 선발함



[그림 2] 시판용 및 개발된 친환경 자재의 배나무 적성병 효과 검증 및 자재 선발

나. 간이 진단용 kit를 이용한 표준재배환경지수 및 생체지수 확립

(1) 작물별 표준재배 환경 지수 확립

- 토마토, 고추, 멜론의 표준재배 토양 및 환경 지수를 확립하였다. 즉 각 작물별 생육 최적 pH, EC, OM, 영양분의 농도를 조사하고 각 생육기별 최적 온도, 습도 일사량, 공중 습도등에 준하여 식물을 생육 시키기 위해 간이 진단용 pH, EC meter, 온습도 측정기등의 측정장치를 이용하여 식물의 생육을 모니터링하고 이들의 생육을 최적의 환경으로 맞추기 위해 각 작물별 표준재배 환경 지수를 확립하고자 하였다 (그림 3).

■ 재배 토양 및 환경 표준 지수 (토마토)

토양

구분	pH	EC	OM	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
건강	6.0-6.5	<2.0	2.0-3.0	-	400-500	0.7-0.8	5.0-6.0	1.5-2.0

인산	용성인비, 용가린(동물배, 수용성인산, 쌀기)
질소	요소, (유안), 깻묵, 녹비작물, 식물성유박, 청초액비, 생산아미노산
카리	염화加里, 황산加里, 깻대(제), 해조류액비, 진계분, 청초액비
칼슘	생석회, 소석회, 폐화석, 동물배
추천량	(기비: 퇴비, 숯, 추비: 예비 50-100배액 관주)

■ 재배 토양 및 환경 표준 지수 (토마토) - 계속

생육 시기별 환경 지수 (개화기, 영양생장기)

구분	주간온도 (°C)			야간온도 (°C)			지온 (°C)	일사량 (lux)	공중 습도	토양 수분		
	상한	최적	하한	상한	최적	하한						
건강	35	27	24	20	15	10	25	22	18	70,000	75	25

온도	주간 적온 25-27°C, 야간 적온 초기 20°C, 중기 15°C
일사량	70,000lux
공중습도	주간 야간 공중 습도 (70-80%)
토양수분	주간 야간 최적 토양 수분 : 20-35%(관수후 24시간 측정)
기타	

■ 재배 토양 및 환경 표준 지수 (토마토) - 계속

생육 시기별 환경 지수 (육묘기)

구분	주간온도 (°C)			야간온도 (°C)			지온 (°C)	일사량 (lux)	공중 습도	토양 수분		
	상한	최적	하한	상한	최적	하한						
건강	29	25-27	18	25	15-20	13	25	23	15	70,000	70-80	25

온도	주간 : 25-27°C, 야간 초기 20°C, 중기 15°C
일사량	70,000lux(어름철 맑은 날을 제외하고 부족)
공중습도	주간 70-80%, 야간 70%(야간은 대부분 90% 이상)
토양수분	25%
기타	

■ 재배 토양 및 환경 표준 지수 (토마토) - 계속

생육 시기별 환경 지수 (수확기)

구분	주간온도 (°C)			야간온도 (°C)			지온 (°C)	일사량 (lux)	공중 습도	토양 수분		
	상한	최적	하한	상한	최적	하한						
건강	35	25-28	24	20	17	8	25	15-18	13	70,000	60	20

온도	주간 온도가 낮으면 데려가 생산되고 수확기 지연됨
일사량	우리나라 시설재배는 여름을 제외하고 대부분 부족
공중습도	주간 60%, 야간 70%
토양수분	20%
기타	수확기 고품질 토마토 생산을 위해서는 공중습도와 토양수분을 낮추어야 함(열과발생 억제 및 당도증진)

[그림 3] 토마토 재배 토양 및 표준 환경 지수 확립

(2) 간이용 진단 키트를 이용한 식물생체진단

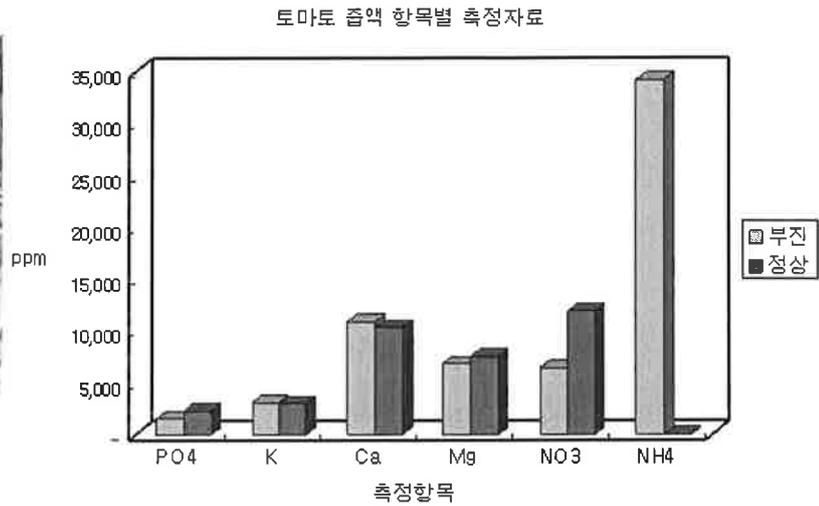
- 식물이 환경적인 스트레스나 병원균의 침입 시 식물의 생체 반응을 측정하여 그 차이에 의해 식물의 건강상태 측정을 시도하였다. 토마토의 경우 생육최저온도보다 낮은 온도에서 토마토가 저온 피해를 받은 경우, 식물체내의 NH<sub>4</sub>의 함량이 급격하게 증가함을 알 수 있었다. 따라서 토마토의 즙액을 측정 시 NH<sub>4</sub> 함량이 증가할 시에는 저온에 의한 스트레스를 받고 있는 것으로 진단을 할 수 있다 (그림 4).

실제로 수박 무농약에 성공한 담양 유병호 씨의 포장의 경우에도 온실 내부의 온 습도를 측정하면서 수박 생육에 최적의 온도를 유지할 수 있도록 하였고, 차년도에 이러한 데이터를 기초로 하여 온실의 환경을 실시간으로 조절할 수 있도록 할 것이다 (그림 5). 또한 무농약과 농약 살포구의 식물생장 차이와 수확한 수박의 당도 등의 차이를 비교해 본 결과, 무농약 수박의 경우에 수박의 당도와 크기가 농

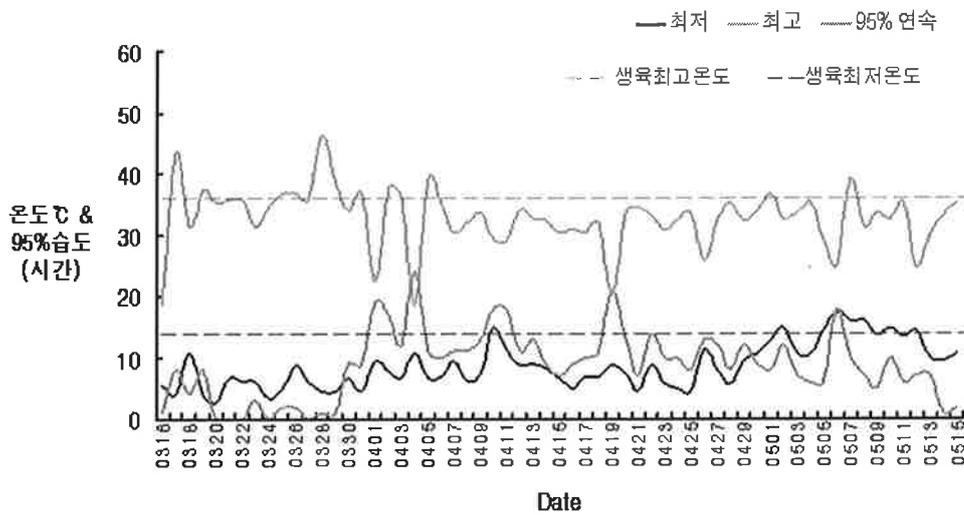
약 살포구에 비해 훨씬 더 높고 컸다 (그림 6).



저온 장해 토마토



[그림 4] 토마토의 즙액 측정에 의한 암모니아 농도의 증가에 의한 저온 장해 진단

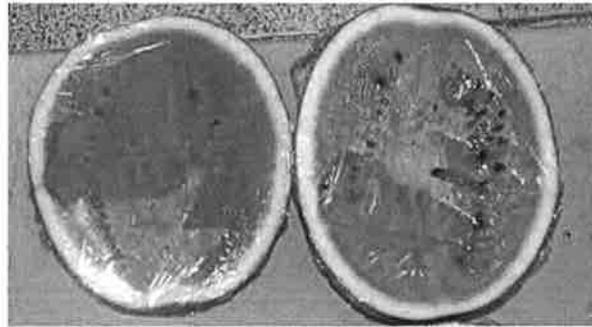


[그림 5] 온습도 측정 장치에 의한 수박 생육기동안의 온습도 변화

수박 과실 즙액 측정(06.05.27 담양 유병초)

(단위:ppm)

유병초	무게 (kg)	면적 (cm <sup>2</sup> )	당도 (Brix)	K	PO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>
1	9	672	12.1	Low	550	Low	80	130	50
2	9.1	662	12.1	2,900	640	230	90	150	50
3	8.2	623	13	2,700	810	240	80	150	50
SD	0.5	25.9	0.5	141	132	7	6	12	-
평균	8.8	652	12.4	2,800	667	235	83	143	50
관행	무게	물레	당도	K	PO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>
1	6.8	551	9.2	2,700	920	320	130	180	50
2	7.6	621	9.3	2,900	920	240	90	190	60
3	7.8	612	10.2	2,800	940	370	120	170	50
SD	0.5	37.9	0.6	100	12	66	21	10	6
평균	7.4	595	9.6	2,800	927	310	113	180	53



**관행재배      친환경재배**

[그림 6] 간이 진단용 계측기를 이용한 무농약 재배 수박과 농약처리구 수박의 품질 비교

(3) 식물추출물을 이용한 식물병 방제 효과

- 다양한 한약재로부터 다양한 용매로 추출하여 주요 식물병원균에 대한 항균활성을 측정하여 친환경 자재를 선발하고자 하였다. 석창포근과 지모근의 추출물이 모잘록병과 탄저병에 대한 탁월한 항균활성을 보였다 (표 1). 하지만 문고병과 벼 도열병의 경우 석창포근만 항균활성을 보여 석창포근이 다양한 식물 병원균팡이에 항균활성을 보여 앞으로 석창포를 이용한 친환경 자재의 개발이 기대된다.

[표 1] 식물추출물의 식물병원균팡이에 대한 항균활성

**추출용매별 원예작물 병원균에 대한 항균 (20,000ppm)**  
 (아세톤, 아세토니크릴, 부탄올, 에칠아세테이트, 헥산 추출용매의 항균효과 없음)

추출식물	추출용매	시들음병	모잠복병	모잠복병	잣빛곰팡이병	탄저병
		<i>Fusarium</i>	<i>Pythium</i>	<i>Rhizoctonia</i>	<i>Botrytis</i>	<i>Collectotrichum</i>
지모근	EtOH	++	+	+++	++	+++
	MeOH	++	+	+++	+	+++
꾸지뽕 나무근	EtOH	+	-	-	-	-
	MeOH	++	+	-	-	-
꾸지뽕 나뭇가지	EtOH	+	+	++	++	+
	MeOH	++	+	++	+	++
산수유 잎	EtOH	++	+	++	++	++
	MeOH	++	+	+++	+	++
자귀 나뭇가지	EtOH	+	+	+	+	+
	MeOH	++	++	++	++	+
자귀 나무근	EtOH	++	++	++	++	+
	MeOH	++	+++	+++	++	++

**추출용매별 벼 문고병균 (*T. cucumeris*)에 대한 항균활성 검정**

구분	EtOAc	AcOH	EtOH	MeOH	BuOH	CH <sub>3</sub> CN	Hexane
지모근	-	-	-	-	-	+	+
석창포근	-	+	+	++	-	++	-
황련	+	-	-	-	-	-	-

**추출용매별 벼 도열병균 (*M. grisea*)에 대한 항균활성 검정**

구분	EtOAc	AcOH	EtOH	MeOH	BuOH	CH <sub>3</sub> CN	Hexane
지모근	-	-	-	-	-	-	-
석창포근	+	-	-	+	+	+	+
황련	-	-	-	-	-	-	-

다. 친환경 무농약 작물재배 포장 실증

(1) 수박 무농약 재배 포장 실증

- 담양군 봉산면 유병호 씨 포장에서 수박을 친환경 병 방제 매뉴얼에 준하여 재배하여 무농약 재배에 성공하였다 (표 2). 수박 친환경 병 방제 매뉴얼은 본 사업단에서 개발한 미생물 치료사와 오팜스피드, 오팜가드, 리보라이트를 기본적으로 병해를 방제하기 위한 친환경 자재로 사용하였고, 충해 방제제로는 친환경 사업단 참여업체인 고려바이오의 진삼이 플러스를 충해 방제제로 병해충 발생 시기에 예방위주로 살포하였다 (표 2).

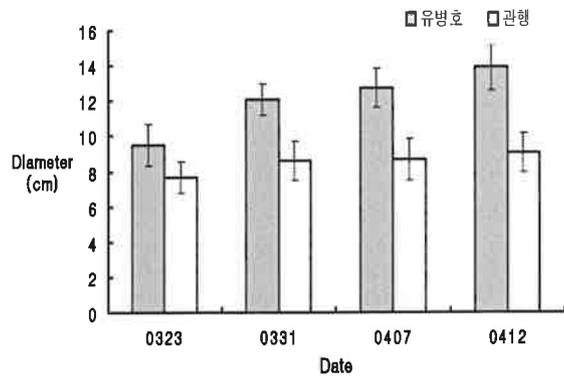
[표 2] 수박 친환경 재배 병해충 방제 매뉴얼

수박 친환경 방제 실증

(1,600평)

(단위:원)

시기	친환경 방제법		품목	수량	단가	금액
정식전	미생물 지킴이 32포를 살포(200평당 4포씩) (정식:1월 26일 & 2월 1일)		미생물지킴이	32	12,000	384,000
	병해	총해				
2주후	오팜스피드 관주		미생물치료사	12	25,000	300,000
3주후	미생물치료사 관주		리보라이트	10	20,000	200,000
4주후	4종복비 관주(선모아)		오팜스피드	4	20,000	80,000
5주후	미생물치료사 관주	진디벌투입(진딧물방제)	오팜가드	5	20,000	100,000
6주후	포기관주 영양제 처리		옥시팜	4	20,000	80,000
7주후	미생물치료사 관주		진삼이플러스	12	38,000	456,000
8주후	옥시팜관주(선충방제)		응삼이	2	38,000	76,000
9주후	오팜가드(배양액) 관주	진삼이플러스	기타자재	5	30,000	150,000
	미생물 치료사(엽면살포) 및 오팜가드관주					
10주후		진삼이플러스 2회방제				
11주후	미생물치료사+리보라이트 엽면시비					
	칼슘 엽면시비 및 친환경자재 관주					
12주후		진삼이플러스				
13주후	오팜스피드 관주					
	미생물치료사+리보라이트 엽면시비					
14주후	친환경 자재 관주	진삼이플러스				
15주후	옥시팜관주(선충방제) 및 오팜스피드 관주					
	미생물치료사+리보라이트 엽면시비					
합계						1,826,000



[그림 8] 병해충 방제 매뉴얼에 의해 재배된 포장의 수박과 관행구의 수박의 줄기 두께 비교

- 병해충 방제 매뉴얼에 의해 재배한 수박의 생육 차이를 비교해 본 결과, 무농약 재배 매뉴얼 포장에서 생육한 수박의 줄기의 두께가 관행구에 비해 훨씬 더 컸으며, 전체적인 생육이 좋았다 (그림 8). 수확한 후 수박 과실의 즙액을 측정된 결과 관행구는 당도가 평균 9.6 brix였으나 매뉴얼 처리구는 12.4 brix였으며, 무게와 둘레에서도 매뉴얼 처리구에서 더 높은 경향치를 나타내었다 (그림 6).

- 무농약 농약의 성공사례는 2006년 6월 9일 광주타임스와 인터넷 신문에 홍보되었으며 (그림 9), 무농약 농가의 조수익을 계산하여 본 결과 약 22,000,000원/1,600평의 조수익을 올렸다 (표 3).



보다 높았다 (표 5).

[표 4] 멜론 친환경 표준 병해충 방제 매뉴얼

**멜론 친환경 방제력(봄 무가온 하우스 작형)**

시기	대상병해충	친환경방제법	
육묘상		파종 2주일 후 부터 물과 미생물치료사 와 오팜스피드 1주일간격으로 2회	
		씩 총 4회 살포하고 이후에 오팜가드 2회 살포	
정식전	선충, 만할병, 만고병	정식 예정 시설하우스 경종적 방제 철저 (토양관리, 토양위생, 윤작 등)	
		미생물 지킴이 24포를 살포(600평기준)	
		병해	충해
정식후 2주일		미생물 치료사 관주	해충 예찰시 응삼이, 진삼이 살포
정식후 3주일		오팜스피드관주	
정식후 4주일	덩굴마름병, 노균병	미생물치료사 관주	
정식후 5주일	덩굴마름병, 노균병, 진딧물	미생물 치료사(엽면살포 및 관주)	
정식후 6주일	덩굴마름병, 노균병, 진딧물	리보라이트 살포	
정식후 7주일	덩굴마름병, 노균병, 진딧물	오팜가드 관주	
정식후 8주일	덩굴마름병, 흰가루, 진딧물	미생물 치료사(엽면살포 및 관주)	
정식후 9주일	덩굴마름병, 흰가루, 응애, 진딧물	오팜가드 관주	
정식후 10주일	덩굴마름병, 흰가루, 응애, 진딧물	미생물 치료사(엽면살포 및 관주)	
정식후 11주일	덩굴마름병, 흰가루, 응애, 진딧물	리보라이트 살포	

[표 5] 관행구와 매뉴얼 재배구의 멜론 과실 함량 비교

(단위: ppm, brix)

관행	K	PO4	NH4	Ca	Mg	NO3	당도
#1	8,000	580	350	Low	60	50	14.2
#2	7,500	510	210	Low	30	50	11.2
#3	7,100	540	Low	Low	50	50	9.3
평균	7,533	543	280	Low	47	50	11.6
무농약	K	PO4	NH4	Ca	Mg	NO3	당도
#1	4,400	820	Low	Low	140	Low	12.2
#2	7,700	770	Low	Low	90	Low	13.2
#3	6,600	810	Low	Low	110	Low	12.9
평균	6,230	800	Low	Low	113	Low	12.8

(3) 벼 무농약 재배 포장 실증

- 담양과 곡성에 5농가가 참여하여 본 사업단에서 작성한 친환경 병해충 방제 매뉴얼에 준하여 무농약 벼 재배를 시작하여, 2006년 7월 26일 현재 모든 농가가 친환경으로 재배를 하고 있는 중이다 (표 6).

[표 6] 벼 친환경 무농약 병해충 방제 매뉴얼

시기	대상병해충	친환경 방제법	
잡초방제	일년생, 다년생 잡초	무형이와 오리를 투입하여 방제	
		병해 및 충해	충발생이 심할때
이앙후 25일	벼멸바구미, 도열병	미생물치료사 1회 살포	벼멸구 발생시: 멀디이 사용 혹명나방, 이화영나방 발생시: 수로용살이 사용
이앙후 45일	혹명나방, 도열병	미생물치료사 1회 살포	
이앙후 65일	벼멸구, 혹명나방, 도열병	미생물치료사 1회 살포	
이앙후 75일	벼멸구, 혹명나방, 이화영나방, 도열병	미생물치료사 1회 살포	
이앙후 85일	벼멸구, 혹명나방, 이화영나방, 도열병	미생물치료사 1회 살포	
이앙후 95일	벼멸구, 혹명나방, 문고병	미생물치료사 1회 살포	
이앙후 110일	벼멸구	경우에 따라 치료사 살포	

(4) 배 무농약 재배 포장 실증

- 곡성에 4농가가 참여하여 본 사업단에서 작성한 친환경 병해충 방제 매뉴얼에 준하여 무농약 배 재배를 시작하였으나, 당해 년도의 일기 조건과 친환경 자재 살포 시기를 맞추지 못해서 3농가는 흑성병이 다발하여 농약을 살포하여 저농약 배 재배 생산을 목표로 하고 있으며, 김봉우 농가에서 현재까지 무농약으로 배를 재배하고 있다 (표 7).

[표 7] 배 무농약 병해충 방제 매뉴얼

시기	대상병해충	친환경 방제법	
월동후	월동병해충	석회유황합제, 기계유, 미생물치료사 살포	
		병해	충해
개화 바로 전	흑성&적성병, 꼬마배 나무이	미생물 치료사 5일간격 4회 이상 살포	해충 예찰시 응삼이, 진삼이플러스, 토박이, 슈리사이드 살포
개화 바로 후	흑성&적성병, 꼬마배 나무이	미생물치료사 7일간격 3회 이상 살포	
봉지산후	흑성&적성병, 응애	미생물치료사 10일간격 3회 이상 살포	
과실비대기	응애, 나방류	미생물치료사 10일간격 3회 이상 살포	

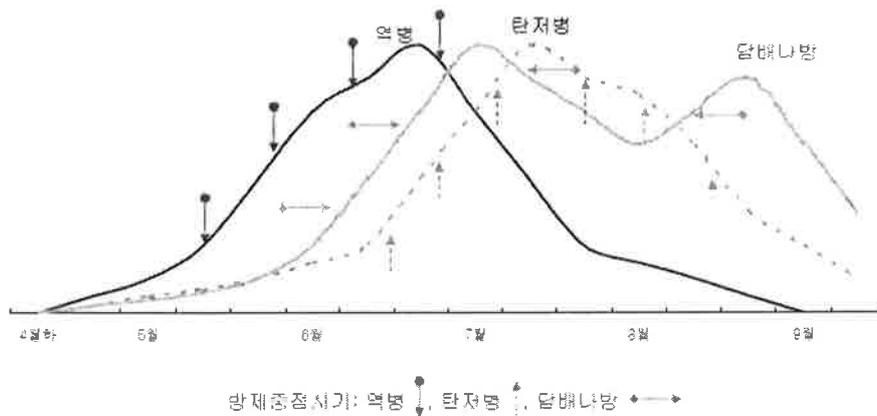
(5) 고추 무농약 재배 포장 실증

- 곡성 고달면 임주섭씨 농가에 본 사업단에서 작성한 병해충 방제 매뉴얼에 준하여 노지 고추 무농약 재배를 시도하였다. 역병 저항성 품종, 청양 고추, 역병 감수성 고추를 이식하여 재배하는 동안 초기 생육이나 초세가 아주 좋았으나 이미 풋고추를 수확하여 조수익을 올릴 수 있었으나, 고추 포장의 물빠짐이 불량한 논 한 가운데에 위치한 여건 때문에 최근 장마비에 역병이 발생하여 청양고추와 역병 감수성 고추의 경우는 실패하였으나, 현재 역병 저항성 품종은 현재까지 무농약으로 재배를 하고 있는 중이다 (표 8).

[표 8] 노지 고추 친환경 병해충 방제 표준 매뉴얼 및 병해 발생 소장

구분	5월		6월		7월		8월		9월		
	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하
미생물 치료사		●		●		●		●		●	
오팜가드 & 리보라이트					●			●			
석회보르도액						●		●			
아인산			●		●						
역병 발생시	아인산제형(피토알렉신 & 엑시모 사용)										
탄저병 발생시	석회보르도액 (약해경감제와 함께 사용)										
진딧물 & 담배나방	진딧물 발생시: 진삼이 플러스 & 김인선 교수제품 담배나방 예찰시: 토박이 & 슈리사이드										

고추 역병, 탄저병, 담배나방 발생소장



3. 연구개발 수행 결과(2006년도 수행 연구 결과)

가. 식물병 저항성 유도 미생물의 분리

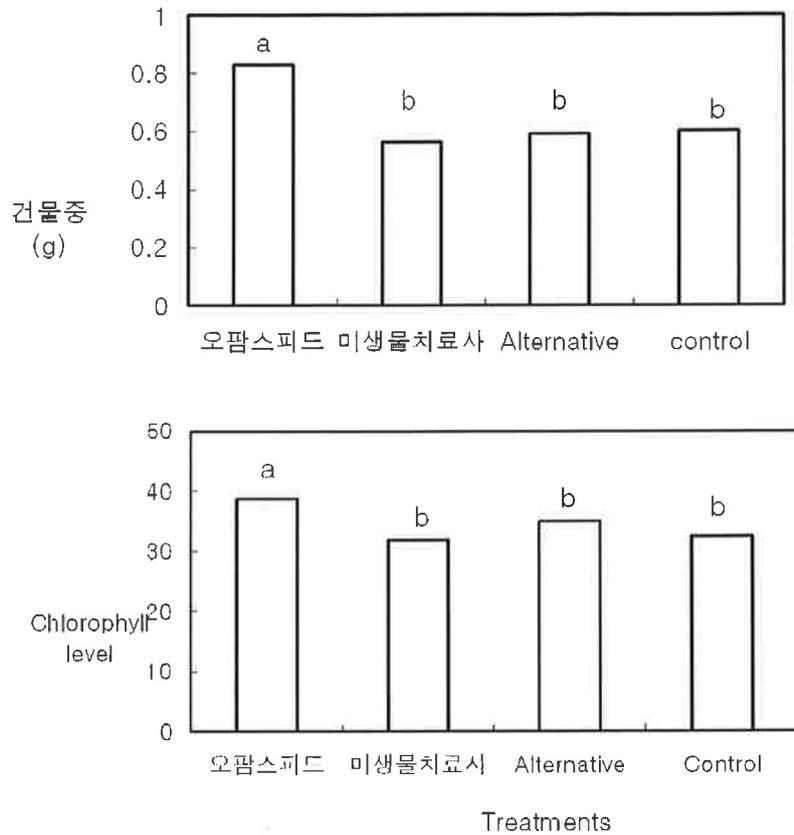
○ 토양에서 식물병 예방제를 분리하기 위하여 500여개 이상의 식토양 서식균을 분리하여 담배의 세균성 무름병균에 대해 병 저항성을 유도하는 균주를 스크린하여 80%이상의 병 저항성을 유도하는 5개의 균주를 선발하여 동정하였다. *Chryceobacterium* sp. A003, *Pseudomonas putida* B001, *Bacillus cereus* C003, *Klebsiella oxytoca* C1036, *Pseudomonas chlororaphis* O6 균주들이 80%이상의 식물병 저항성 유도 능력을 보였다 (표 9). 이들 분리된 식물병 저항성 유도 미생물 중 식물과 동물에 병을 일으키지 않는다고 알려진 *P. putida* B001, *K. oxytoca* C1036 및 *P. chlororaphis* O6 균주를 최종 선발하여 식물병 저항성 유도 미생물제품을 개발하는데 사용하였다. 특히 *P. putida* B001균주는 키틴분해, 인산가용 능력, 식물병원성 곰팡이인 *Fusarium*과 *Pyricularia*에 대해 항균 활성이 뛰어난 반면, *K. oxytoca*는 식물생장 촉진 효과가 있었으며, *P. chlororaphis* O6 균주 또한 식물 생장 촉진 및 항균활성이 탁월하였다 (표 9).

[표 9] 다양한 토양에서 분리된 식물병 저항성 유도 미생물들의 유용형질

선발 균주	저염양	키틴분해	인산가용	식물생장촉진	병 저항성 유도	항균활성	
						<i>Fusarium</i>	<i>Pyricularia</i>
<i>Chryceobacterium</i> sp. A003	++	+++	++++	+	83%	+	+
<i>Pseudomonas putida</i> B001	++	+++	++++	-	83%	++	++
<i>Bacillus cereus</i> C003	++	+++	++++	+	83%	++	+
<i>Klebsiella oxytoca</i> C1036	++	+	-	+	84%	-	-
<i>Pseudomonas chlororaphis</i> O6	++	-	-	+	83%	++	++

나. C1036균주의 작물 효능 검정

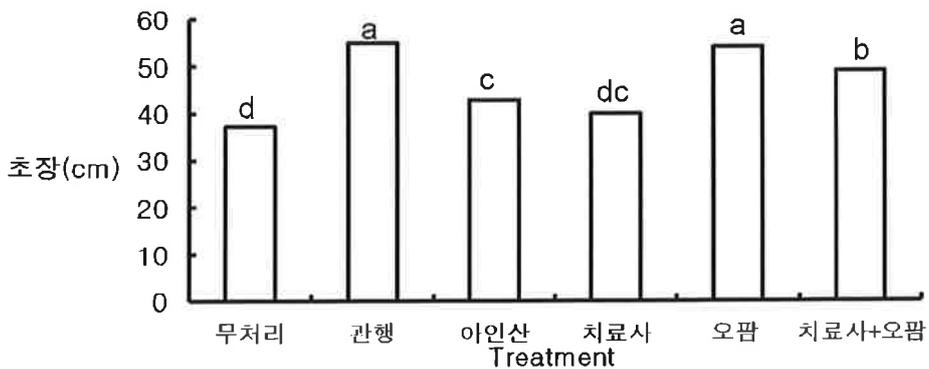
○ *Klebsiella oxytoca* C1036균주의 고추 유묘에 대한 효능을 검정해 본 결과, 2회 관주하였을 때, 건물중과 유묘에서의 chlorophyll함량이 무처리구나 다른 미생물제 처리구에 비해 월등하였다 (그림 10).



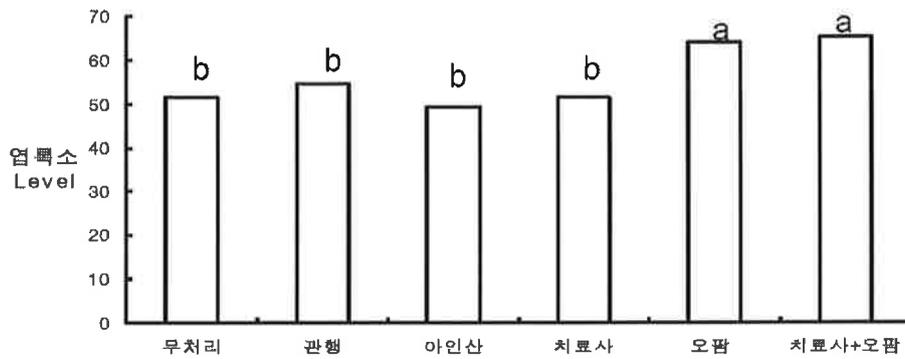
[그림 10] C1036관주에 의한 고추 유묘의 건물중과 chlorophyll 함량 증가

다. 미생물 시제품의 작물에 대한 효능 실증

○ 개발된 미생물 시제품을 고추의 유묘에 처리하여 식물의 생육에 대한 영향을 측정하여 본 결과, 관행과 비슷한 정도의 식물의 초장을 보였으나, 무처리구나 다른 친환경 자재 처리구 보다는 초장의 길이도 현저히 증가하였다 (그림 10). 그러나 고추 유묘의 엽록소 함량은 시제품인 오팜을 처리한 구에서 훨씬 더 높은 엽록소 함량을 보였다 (그림 11). 이상의 결과는 시제품인 오팜을 처리하였을 때 식물의 초장이 증가할 뿐만 아니라 엽록소의 함량도 다른 처리구보다 높아 식물의 생육에 도움을 주는 것으로 사료된다.



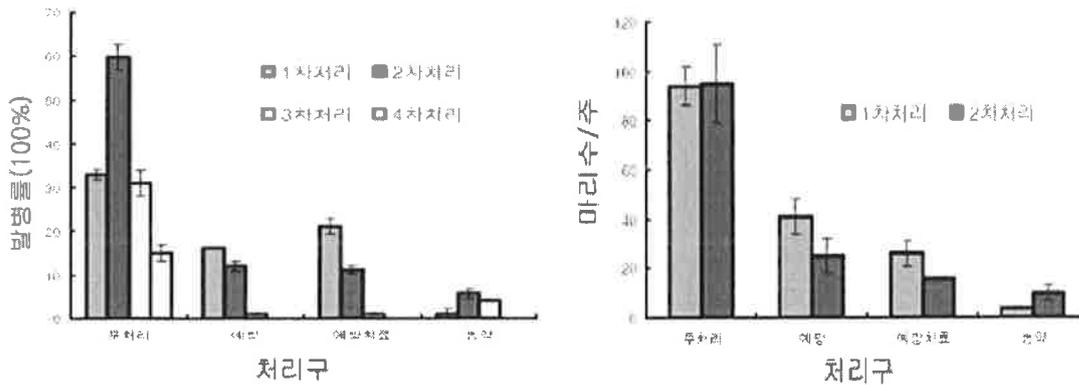
[그림 11] 친환경 자재 처리에 의한 고추 유묘의 초장



[그림 12] 친환경 자재 처리에 의한 고추 유묘의 엽록소 함량 변화

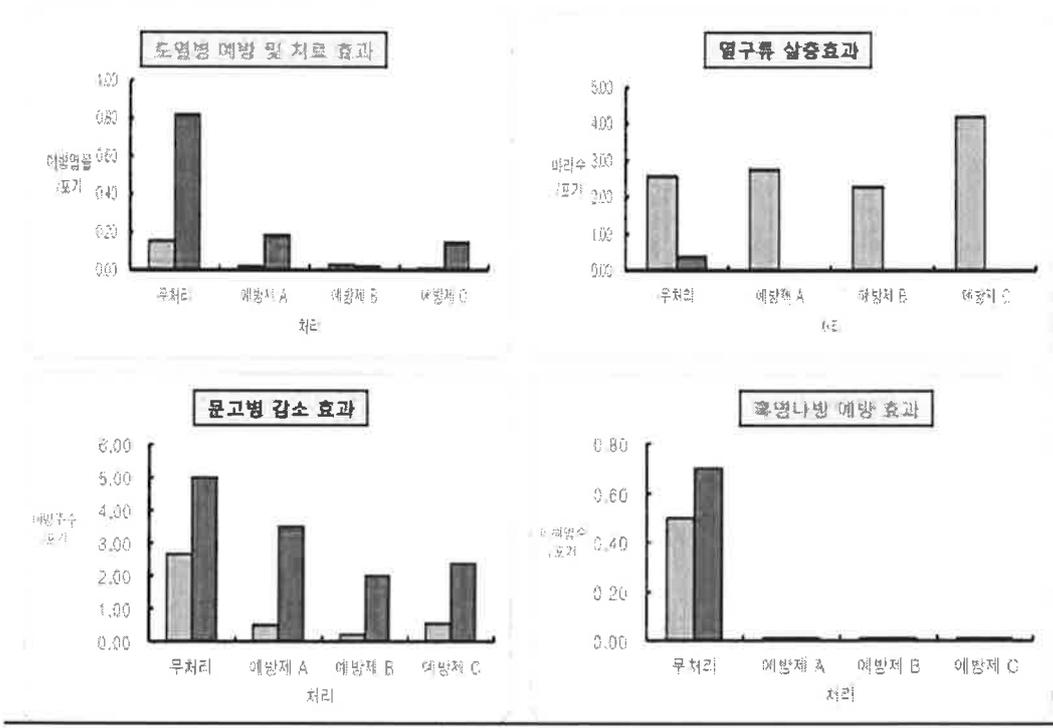
라. 미생물 시제품의 포장 실증 결과

○ 개발된 미생물 시제품을 구례 채소 시험장에서 오이의 흰가루병과 온실가루이의 예방 및 방제 효과에 대해 포장 실증 실험 결과, 2주 간격으로 2 - 3회 살포하였을 경우, 오이 흰가루병의 발생량을 현저히 감소시켰으며, 온실가루이의 발생량도 크게 감소시켰다 (그림 12).



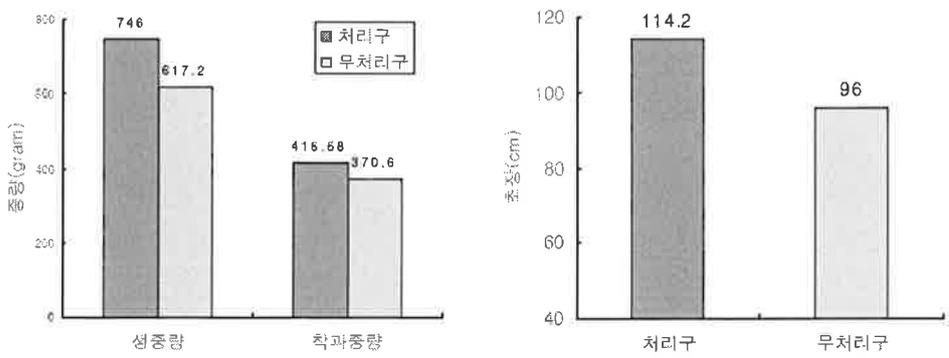
[그림 13] 미생물 예방제 살포에 따른 오이 흰가루병과 온실가루이 발생억제 능력

○ 개발된 미생물 시제품을 나주 반남 포장에서 벼 생육기 동안 5회 살포한 다음 주요 병해충 발생 양상을 조사해 본 결과, 미생물 예방제를 살포하였을 때는 도열병과 흑병나방의 발생량을 감소시키는 데는 탁월한 효과가 있었으나, 문고병이나 멸구류의 발생에는 영향을 미치지 않음 (그림 14).



[그림 14] 미생물 예방제 살포에 따른 주요 병해충 발생 양상

○ 개발된 미생물 시제품을 곡성 고달 포장에서 고추에 5회 살포한 결과, 착과 중량과 초장의 길이가 무처리에 비해 현저히 증가하였다 (그림 15).



[그림 15] 시제품 미생물제 처리에 의한 고추 착과중량과 초장에 미치는 영향

마. 친환경 무농약 작물재배 포장 실증

○ 담양군 봉산면 유병호, 정승기 씨 포장에서 수박을 친환경 병 방제 매뉴얼에 준하여 재배하여 무농약 재배에 성공 (표 10). 수박 친환경 병 방제 매뉴얼은 본 사업단에서 개발한 미생물 치료사와 한소리를 기본적으로 병해를 방제하기 위한 친환경 자재로 사용하였고, 충해 방제제로는 43세부 과제에서 개발한 농부각시를 충해 방제제로 병해충 발생 시기에 예방위주로 살포하였다 (표 10). 또한 식물병 발병 환

경을 개선하기 위해 교반기와 방충망 등을 설치하여 식물병해충 발생량을 최소한으로 유지함 (그림 16, 표 11).

[표 10] 수박 무농약 재배 병해충 방제 메뉴얼

시 기	1월			2월			3월			4월			5월					
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하			
생육단계	육묘			정식			수박순제거			수정 및 적과			과실비대기			수확		
작업내용	* 육묘관리 오팜가드 육묘관주  * 하우스토양관리 미생물지킴이, 4포/200평			* 식물병저항성 유도 및 영양공급 - 슈미치토사 관주 및 엽면살포 2회 - 오팜가드 관주 및 엽면살포 1회			* 식물병저항성 유도 및 영양공급 - 미생물치토사 관주 2회 - 오팜가드 관주 및 엽면살포 2회			* 식물병저항성 유도 및 영양공급 - 미생물치토사 관주 2회 - 오팜가드 관주 및 엽면살포 2회								
중점병해	토양소독 철저									* 살충제제 (해충 예찰시 살포) - 제충국(농부각시, 바이오조골드 등) 2회 살포 - 끈당병원성 마생썬(Verticillium) 1회 살포			* 살충제제 (해충 예찰시 살포) - 제충국(농부각시, 바이오조골드 등) 2회 살포 - 끈당병원성 마생썬(Verticillium) 2회 살포					
중점해충										* 곰팡이류병, 균핵병 (환기절제)								
										진딧물, 응애								

\* 무농약 반축성 수박 재배 병해충 예상 방제 비용: 150,000/200평  
\* 관행 반축성 수박 재배 병해충 예상 방제 비용: 210,000/200평



[그림 16] 식물병해충 발생 환경 개선을 위한 교반기, 환풍기, 및 방충망 설치 전경

[표 11] 시설하우스내의 환경 개선에 의한 고추 병해충 발생상황 및 온도 감소 효과

하우스 구분	수량 (200평)	병해충 발생	농약 살포횟수	여름 14시 온도
교반기, 환풍기 방충망 설치	170상자/10kg	경미	미생물제 7회 적용	34-36°C
관행재배 포장	150상자/10kg	해충발생 많음	농약 7회 투여	36-40°C

○ 담양군 봉산면 이만석 농가의 3농가를 대상으로 본 연구 계획서에서 작성한 딸기 무농약 병해충 방제 매뉴얼에 준하여 재배하여 참여 농가 모두 무농약에 성공함. 본 매뉴얼에 사용된 자재는 식물생장촉진 미생물, 병 저항성 유도 균주 등을 교호로 살포하여 식물병 발생을 미리 예방하였고, 식물 해충 발생시 농부각시와 살충 미생물을 동시에 이용하여 해충을 방제함 (표 12)

[표 12] 딸기 무농약 재배 병해충 방제 매뉴얼

시 기	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월
	육묘관리	정식	보온	개화	수확시기				
생육단계									
작업내용	*식물병저항성 유도 및 살균 제제 →슈퍼치토사 관주 및 엽면살포 2회 →오팜가드 관주 및 엽면살포 2회 →흰가루병 예방시 무기활 혼중				*식물병저항성 유도 및 영양공급 →오팜가드 관주 및 엽면살포 2~3회 →미생물치토사 관주 2~3회 →흰가루병 예방시 무기활 혼중		*식물병저항성 유도 및 살균 및 영양 →슈퍼치토사 관주 및 엽면살포 2~3회 →오팜가드관주 및 엽면살포 2~3회 →미생물치토사 관주 2~3회		
	* 살충제제 →제충국(농부각시, 바이오조곶드 등) →넙오일(그린졸 등) →곤충병원성 미생물(Verticillium)				* 살충제제 →제충국(농부각시, 바이오조곶드 등) →넙오일(그린졸 등) →곤충병원성 미생물(Verticillium)		* 살충제제 →제충국(농부각시, 바이오조곶드 등) →넙오일(그린졸 등) →곤충병원성 미생물(Verticillium)		
중점병해	탄저병		흰가루병 주의		흰가루병 (통풍 및 환기 철저, 이병엽 즉시 제거, 차광망 사용)				
					젓빛곰팡이병 (통풍 및 환기 철저, 다습을 피하고, 병에 걸린 잎&과실 즉시 제거)				
중점해충	거세미나방				응애, 진딧물				
	은실가루이, 응애, 진딧물								

-무농약 딸기 재배 병해충 예방 방제 비용: 195,000/200평  
 -관행 딸기 재배 병해충 예방 방제 비용: 240,000/200평

○ 곡성읍 멜론 3농가를 대상으로 본 연구 계획서에서 작성한 멜론 무농약 병해충 방제 매뉴얼에 준하여 멜론을 재배하였으나, 이중 두 농가는 농가들의 참여 부족과 환기 부족으로 한 번 농약을 살포하였으나, 한 농가는 무농약 재배를 성공하였다 (표 13).

[표 13] 멜론 무농약 병해충 방제 매뉴얼

시 기	2월			3월			4월			5월			6월								
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하						
생육단계	육묘기			정식기			영양생장기			개화기			수정기			과실비대기					
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 육묘관리</li> <li>-오팔가드 정식전 관주</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>* 식물병저항성 유도 및 영양공급</li> <li>- 미생물치료사 관주 1회</li> <li>- 오파가드 관주 및 엽면살포 1회</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>* 식물병저항성 유도 및 영양공급</li> <li>- 슈퍼치료사 관주 및 엽면살포 1회</li> <li>- 미생물치료사 관주 1회</li> <li>- 오파가드 관주 및 엽면살포 1회</li> <li>- 흰가루병병시 무기황살포</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>* 식물병저항성 유도 및 영양공급</li> <li>- 슈퍼치료사 관주 및 엽면살포 1회</li> <li>- 미생물치료사 관주 1회</li> <li>- 흰가루병병시 무기황살포</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>* 살충제제</li> <li>- 제충국(농부각시, 바이오조골드) 1회</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>* 살충제제</li> <li>- 제충국(농부각시, 바이오조골드) 2회</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>* 살충제제</li> <li>- 제충국(농부각시, 바이오조골드) 2회</li> </ul>		
중점병해							멍굴마름병, 흰가루병 (하우스 환기관리 철저)														
중점해충							진딧물, 응애 (예찰시 제충국제 즉시 살포)														

-무농약 반축성 멜론 재배 병해충 예상 방제 비용: 103,000/200평  
 -관행 반축성 멜론 재배 병해충 예상 방제 비용: 110,000/200평

○ 곡성읍 사과 김영갑 농업인을 대상으로 본 연구 계획서에서 작성한 사과 무농약 병해충 방제 매뉴얼에 준하여 사과를 재배하여 조생종 품종인 산사와 홍로에 대해 친환경 재배를 성공함. 주로 사용된 자재는 본 사업단에서 개발한 식물병 예방 미생물과 나방의 교미 교란제를 설치하였고, 또한 농부각시를 이용하여 사과 무농약 재배에 성공함 (표 14).

[표 14] 사과 무농약 병해충 방제 매뉴얼

시 기	2월		3월		4월		5월		6월		7월		8월	
	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상
생육단계	휴면기		발아기		개화기		꽃분화기		과실비대기					
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>과원관리철저</li> <li>기계유제</li> <li>석회유황합제</li> <li>미생물치료사</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* 살균제제</li> <li>- 슈퍼치료사 1회</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* 살균제제</li> <li>- 슈퍼치료사 1회</li> <li>- 미생물치료사 1회</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* 살균제제</li> <li>- 오파가드 1회</li> <li>- 슈퍼치료사 1회</li> <li>- 석회보르도액 1회</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* 살균제제</li> <li>- 은나노제물 2회</li> <li>- 석회보르도액 2회</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* 살균제제</li> <li>- 은나노제물 1회</li> <li>- 석회보르도액 2회</li> <li>- 오파가드 1회</li> </ul>			
중점병해	철동병해 방제 및 철동 병원근 제거				점무늬낙엽, 갈색무늬 주의				점무늬낙엽, 갈색무늬					
중점해충	철동 해충 방제(응애류 등)				복숭아순나방 1차살기		복숭아실식나방		복숭아순나방 2차살기		복숭아실식나방		진딧물, 응애	
					진딧물, 응애				복숭아순나방 3차살기					

-무농약 사과 재배 병해충 예상 방제 비용: 923,000/1,000평  
 -관행 사과 재배 병해충 예상 방제 비용: 1,050,000/1,000평

### 3. 연구개발 수행 결과 (Ⅲ) : 1-2차년도 연구결과 (박서기 교수)

#### 1. 연구개발 수행 내용

구분	연구개발의 내용	연구범위
1차년도	○ 고추의 탄저병, 흰가루병 방제에 우수한 미생물제의 선발	- 공시 균주 : <i>Lysobacter enzymogenes</i> (Ly), <i>Chromobacterium</i> sp. strain C-61 (Ch), <i>Serratia plymuthica</i> (Se), <i>Streptomyces</i> sp. strain S-2 (S2) 균주 - Ly, Ch, Se의 단독 미생물제, Ly+Ch, Ch+Se, Ly+Se의 이중 미생물제, Ly+Ch+Se의 삼중 미생물제에 의한 병방제효과 비교
	○ 고추 역병과 들깨 시들음병 방제에 우수한 미생물제의 선발	- Ly, Ch, Se, S2의 단독 미생물제, Ly+Ch+Se의 삼중미생물제, Ly+Ch+Se+S2의 사중 미생물제에 의한 병방제효과 비교
2차년도	○ 고추의 탄저병, 흰가루병 방제에 우수한 미생물제의 최적 희석배수, 살포시기 및 횟수 결정	- 병 발생시기 및 정도 - 미생물제의 병 방제효과 검증 - 미생물제 살포시기의 환경에 따른 병 방제효과 비교 - 포장에서의 병 방제효과
	○ 고추 역병과 들깨 시들음병 방제에 우수한 미생물제의 최적 희석배수, 살포시기 및 횟수 결정	- 병 발생시기 및 정도 - 길항 세균의 키틴분해 및 토양전염성병원균 군사 억제 능력 - 길항세균의 대량배양 및 키티나아제 활성의 극대화 - 포트에서 모잘록병과 역병에 대한 길항세균들의 억제효과. - 포장에서의 병 방제효과.

#### 2. 연구개발 수행 결과

##### 1) 고추에 발생하는 병의 친환경적 방제 전략

2006년과 2007년, 전남 지방의 비닐하우스 고추재배 단지에서는 흰가루병, 역병, 잿빛곰팡이병, 균핵병, 더덩이병, 바이러스병 등이 발생하고 있었지만, 방제가 절실히 요구되는 병은 흰가루병과 역병이었다. 한편 노지재배 고추에서는 탄저병, 역병, 더덩이병, 바이러스병 등이 발생하고 있었는데, 탄저병과 역병의 경우에는 방제를 실시하지 않고서는 수확이 거의 불가능 할 정도로 피해가 심각하였다. 따라서 친환경적 고추재배를 위해서는 비닐하우스의 경우 흰가루

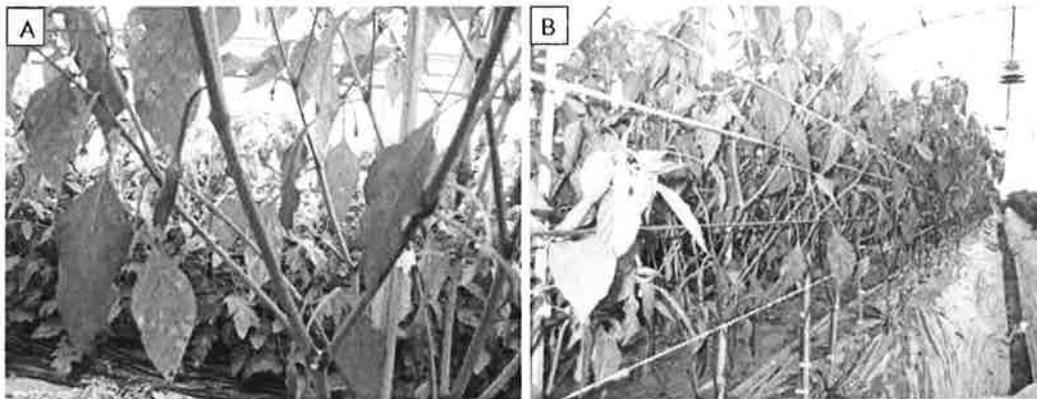
병과 역병, 노지의 경우에는 탄저병과 역병을 효과적으로 방제할 수 있는 시스템이 확립되어야 될 것으로 판단되었다.

#### 가). 고추 흰가루병의 친환경적 방제 전략

##### <1년차 연구결과>

##### (1) 고추 흰가루병 발생시기 및 정도

이 병은 비닐하우스 재배 고추에서 3월부터 6월까지 계속 발생하고 있었으며, 화학농약을 살포하지 않고서는 수확이 거의 불가능할 정도로 피해가 심하였다. 발병 초기에는 잎 뒷면에 흰가루가 보이기 시작하여 점점 확대되고(그림 1A), 후기에는 흰가루가 없어지고 잎 표면에 괴사 증상이 관찰된다 (그림 1B). 병이 더 진행되면 잎이 노랗게 변하면서 낙엽진다. 대부분의 비닐하우스 포장에서는 정식 1개월 후 썸에 표징이 관찰되기 시작하여 급속도로 확산되는 경향이 있었다.



[그림 1] 비닐하우스 재배 고추에 발생한 흰가루병의 전형적인 증상

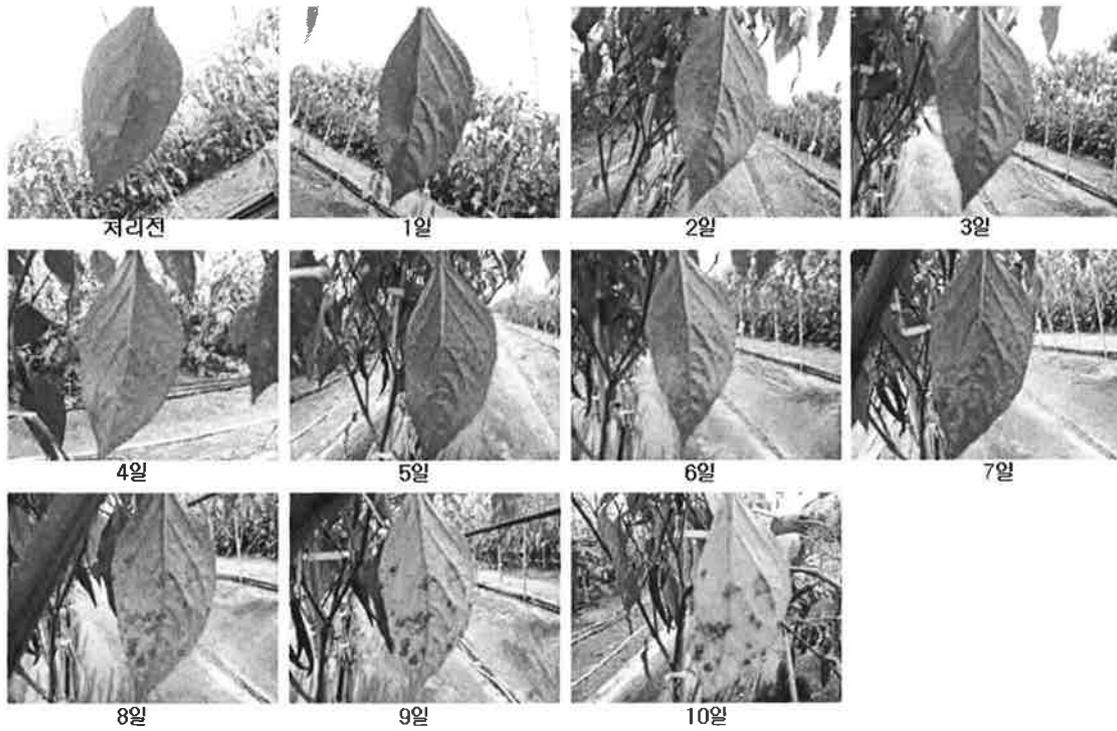
A: 잎 뒷면의 흰가루, B: 이병잎의 낙엽

##### (2) 미생물제의 병 방제효과 검증

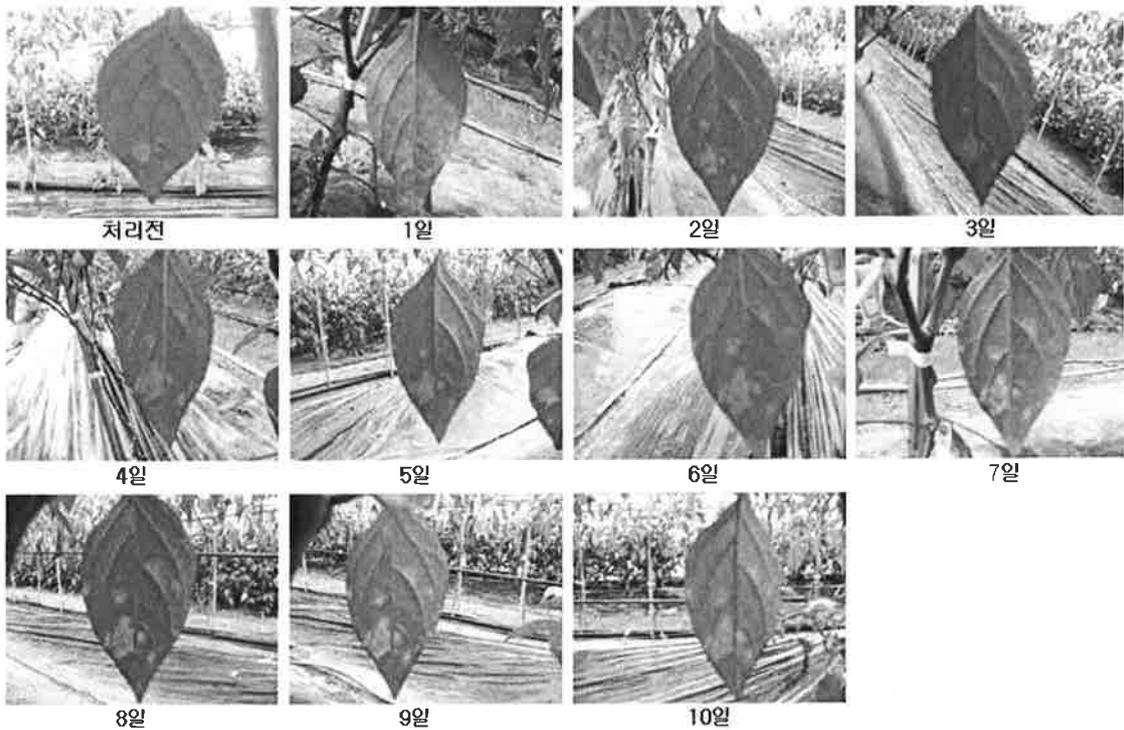
본 실험실에서 개발한 미생물제의 방제효과를 검증하기 위하여 흰가루병이 발생한 고추 잎에 살포 후 매일 표징(흰가루병원균의 균사)의 변화를 관찰하였다(그림 2). 아울러 발병 잎에 물을 살포하여 미생물제 처리 잎의 표징과 비교, 분석하였다 (그림 3). 그림 2에서 보는 바와 같이 미생물제를 처리하였을 경우에는 처리 후 1일째부터 흰가루가 감소되기 시작하여 3일 이후에는 거의 관찰되지 않았다. 반면, 물을 처리하였을 경우 (그림 3)에는 흰가루가 계속 번지고 있는 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 미생물제를 처리하였을 경우에는 흰가루 부위가 괴사되어 반점으로 변하고, 결국 잎이 떨어졌다. 물을 처리하였을 경우에도 흰가루 부위가 괴사되어 반점으로 변하고, 잎이 떨어지지만, 그 시기가 미생물물제를 처리하였을 경우에 더 빨리 일어났다.

고추 흰가루병원균의 균사는 다른 작물의 흰가루병원균과 다르게 식물의 조직내로 들어가는 것으로 알려져 있다. 따라서 미생물제의 처리에 의해서 흰가루 부분이 더 빨리 괴사되는 현상은 고추 흰가루병원균의 그런 특성 때문에 일어나는 현상으로 생각된다. 아무튼 본 미생물제는 흰가루병원균의 균사를 분해하여 병의 진전을 억제할 수 있지만 발병된 잎은 더 빨리 떨어지게

한다는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 미생물제는 발병초기에 살포하여 병의 진전을 억제하는 것이 더 효과적일 것으로 생각된다.



[그림 2] 미생물제처리 후 고추 흰가루병의 일별 변화



[그림 3] 대조구로서 물처리 후 고추 흰가루병의 일별 변화

(3) 미생물제 살포시기의 환경에 따른 병 방제효과 비교

여러 번의 반복 실험 과정에서 본 미생물제의 병 방제효과는 환경에 크게 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 따라서 환경이 다른 조건에서 본 미생물제를 살포 후 그 방제효과를 비교하여 보았다. 그 결과 (표 1)에서 보는 바와 같이 아침(오전 9시) 보다는 저녁(오후 6시) 때 살포하는 것이 훨씬 더 효과적이었다. 또한 저녁 때 살포하더라도 28 C 이상의 고온 때 보다는 24 C 정도의 선선한 날씨에 살포하는 것이 더 효과적이었다고, 건조한 날보다는 비오는 날 살포하는 것이 훨씬 더 효과적이었다.

위와 같은 현상은 여러 요인에 의해서 일어날 것이다. 그러나 본 실험에 이용된 미생물이 세균이기 때문에 건조한 날보다는 수분이 많이 있는 시기에 왕성하게 활동할 수 있고 또한 병 원균과의 접촉기회가 증대되어 병 방제효과가 더 컸으리라 생각된다. 저희는 건조한 날 미생물제를 살포하고 2~3일 후에 물만 살포해 주더라도 병 방제효과가 크게 증진됨을 알 수 있었다. 따라서 미생물제 살포 후의 수분유지는 생물적 방제효과에 매우 중요하다는 것을 알 수 있다. 흰가루병은 습도가 높을 경우에 덜 발생하기 때문에 이 또한 영향을 미쳤으리라 생각된다. 그러나 생물적 방제는 다른 병에서도 환경에 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있기 때문에 미생물제나 생물농약의 살포시에는 무엇보다 그에 알맞은 환경을 조성해주는 것이 중요할 것 같다.

[표 1] 미생물제 살포시기의 환경이 흰가루병 방제에 미치는 영향

살포시기	환경 조건	방제효과 지속 기간(일)*
5월 중순	오전 (9시경)	3일
	오후 (6시경)	6일
5월 하순	28C 정도의 시기	3일
5월 중순	24C 정도의 시기	5일
6월 초순	건조한 날	4일
	비오는 날	10일

\* 미생물제 처리에 의해서 사라진 흰가루가 다시 보이기 시작한 날까지의 일 수

(4) 시판되고 있는 친환경자제의 병 방제효과 비교

시판되고 있는 생물농약 또는 친환경자제와 본 미생물제의 고추 흰가루병 방제효과를 비교, 분석해 본 결과, 표 2에서 보는 바와 같이 본 미생물제의 원액과 답갑이 가장 우수한 경향이었고, 그 다음으로 은하수, 푸른손, 에코제트수화제, 본 미생물제의 10배 희석액등이었다. 그러나 클린존, 가루킹, 가루쌈, no.va 등은 거의 효과가 없었다 (표 2). 한편, 답갑의 경우에는 하엽부분에서 시드는 약해 현상이 관찰되었기 때문에 주의가 필요했다.

[표 2] 시판되고 있는 친환경자제의 흰가루병 방제효과 비교

친환경자제		방제효과 지속 기간(일)*
상표명	회사명	
은하수	경농	5일
탑 캡	제이아그로(주)	6일 * 약해 위험
푸른손	경농	5일
에코제트 수화제	동부한농화학	5일
클린존	(주) 남보	1일
가루킹	(주) 남보	1일
가루쌩	바이오아그로	1일
no.va	노바플러스(현대특산)	1일
미생물제 원액	본 시험 개발 약제	6일
10배 희석액	본 시험 개발 약제	4일

\* 친환경자제의 처리에 의해서 사라진 흰가루가 다시 보이기 시작한 날까지의 일 수

(5) 포장에서의 병 방제효과

전남 순천시 별량면의 두 비닐하우스 포장에서 실시되었다. 한 포장에서는 흰가루병이 이미 발생하였을 때 5일 간격으로 4회 살포하였다. 그 결과 본 미생물제의 1/10 희석액보다는 원액에서 병 방제효과가 더 우수하였고, 특히 원액을 살포하였을 경우에는 거의 완전히 방제되었다. 또 다른 포장에서는 흰가루병이 발생하기 시작할 때 7일 간격 3회 살포하였는데, 원액의 경우 거의 완전히 방제되었다(표 3).

본 미생물제는 일반 농가에서도 많은 량을 쉽게 배양할 수 있기 때문에 농가에서 배양할 수 있는 시스템을 도입한다면 원액을 살포 하더라도 문제가 되지 않으리라 생각된다.

[표 3] 비닐하우스 포장에서 흰가루병 발생 정도에 따른 미생물제의 병 방제효과

시험 포장 (품종)	처리 내용	이병엽율 (%)	방제가
제 1 포장 (청양고추)	미생물제 원액	1.2	95.3
	미생물제 1/10 희석액	4.7	81.6
	무처리	25.6	-
제 2 포장 (피망)	미생물제 원액	1.3	93.9
	미생물제 1/10 희석액	3.2	85.0
	무처리	21.3	-

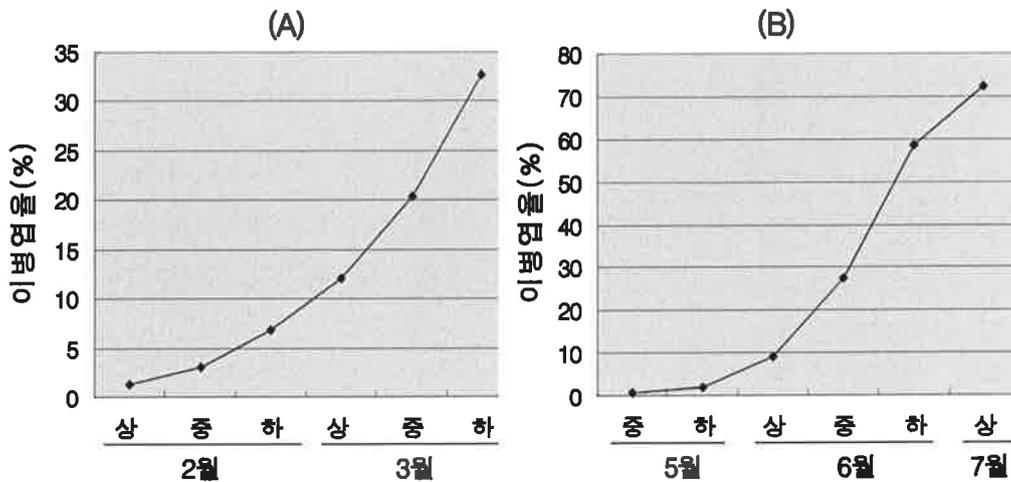
- \* 제 1 포장 : 청양고추, 2006년 4월 20일에 정식, 이병엽율이 약 20% 정도일 때 최초 약제살포(5월 21일)하고 5일 간격 4회 살포
- \* 제 2 포장 : 피망, 2006년 5월 10일에 정식, 병이 발생하기 시작할 때 최초 약제 살포(6월 7일)하고 7일 간격 3회 살포
- \* 이병엽율 : 약제 살포 이후에 새로이 발생한 이병엽

<2년차 연구결과>

(1) 고추 흰가루병 발생 양상

고추 흰가루병은 아래 잎에서부터 발생되기 시작하여 점차 상위 잎으로 번져가고, 방제를 하지 않은 포장에서는 최상위 잎에서도 관찰되었다. 특히, 병 발생초기에는 잎 뒷면에 흰가루를 뿌려 놓은 것처럼 보이나, 차츰 흰가루가 없어지면서 피사가 일어나고, 흰가루가 관찰된 후, 약 15~20일 정도 지나면 잎이 노랗게 변하면서 낙엽이 되었다. 따라서 비닐하우스 포장에서 흰가루병을 방제하지 않고서는 수확이 불가능할 정도로 피해가 심각하였고, 일반 농가에서는 무수한 농약을 살포하고 있었다.

2006년과 2007년, 전남 지방 비닐하우스 고추재배 단지에서는 흰가루병이 1년 내내 발생하고 있었다. 특히, 12월 상~중순에 정식된 포장에서는 약 1.5개월 후인 1월 하순~2월 상순에 병이 발생하기 시작하였고, 4월 중~하순에 정식된 포장에서는 약 1개월 후인 5월 중순~하순에 발생하기 시작하였다. 한편, 흰가루병은 겨울보다 봄철에 훨씬 더 빠른 속도로 진전되고, 피해도 더 심하였다(그림 4). 따라서 겨울철에는 정식 후 약 1.5개월 전, 봄철에는 정식 후 약 1개월 전부터 방제를 시작하고, 또한 봄철에는 겨울철에 비하여 더 자주 방제를 해야 할 것으로 생각되었다.

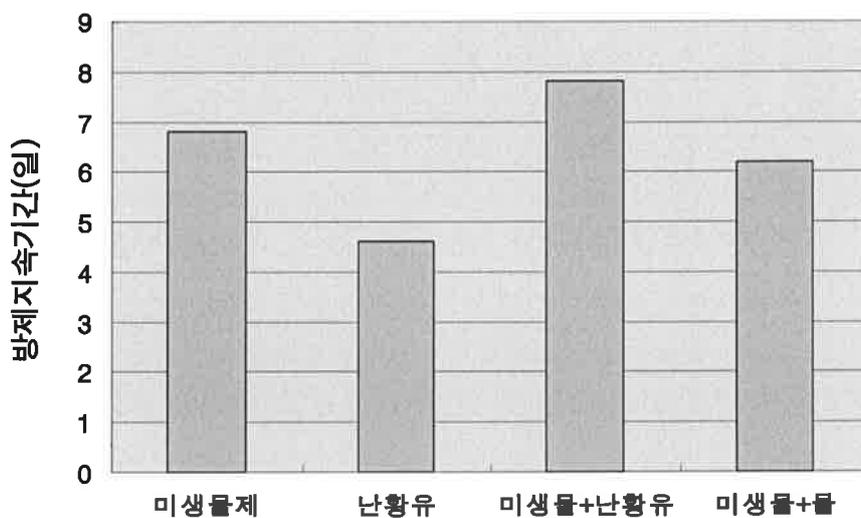


[그림 4] 시기별 고추 흰가루병 발생양상

(2) 미생물제를 활용한 흰가루병 방제효과 증대 전략

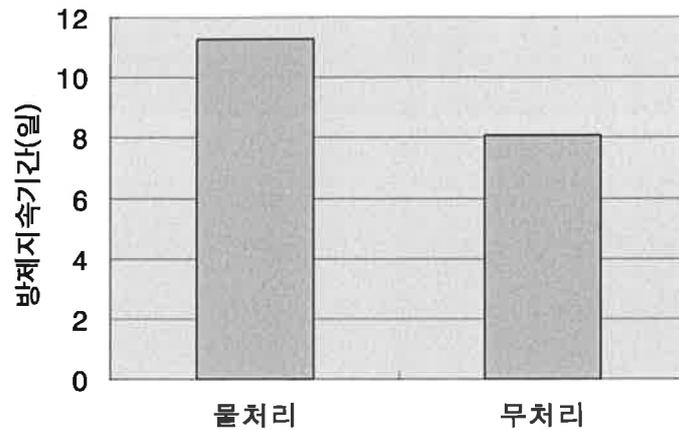
1년차 연구에서 개발된 미생물제는 고추 흰가루병에 대하여 친환경재배농가에서 활용할 수 있을 정도로 우수한 방제효과를 나타냈고, 난황유가 각종 흰가루병에 우수한 방제효과를 가진다는 보고가 있다. 따라서 이 실험에서는 본 과제에서 개발된 미생물제와 난황유, 그리고 미

생물제와 난황유의 1:1 혼합액(미생물제+난황유), 미생물제와 물의 1:1 혼합액(미생물제+물)을 처리하였을 경우의 방제효과를 비교 검토하였다. 고추 잎 뒷면에 분포하고 있는 흰가루는 공시된 모든 처리에 의하여 사라진다는 것을 알 수 있었다. 그러나 사라진 흰가루가 다시 나타날 때까지의 기간(방제효과 지속기간)은 난황유 처리에서 4.6일, 미생물제 처리에서 6.8일로서 미생물제 처리에서 훨씬 더 길었다. 한편, 미생물제+난황유는 방제효과 지속기간이 7.8일로서 미생물제+물은 물론 미생물제 단독처리에서 보다 더 긴 경향이였다(그림 5). 따라서 고추 흰가루병에 대한 방제효과는 미생물제만 처리하는 것 보다 미생물제와 난황유를 1:1로 혼합하여 처리하는 것이 더 좋을 것으로 판단되었다. 특히, 미생물제는 하나의 배양기에서 500L가 생산됨으로 대단위의 면적에 살포하고자 할 경우에는 미생물제+난황유를 이용하는 것이 합리적일 것으로 생각되었다.



[그림 5] 미생물제와 난황유의 방제효과 비교

우리는 또한 1년차 연구에서 흰가루병에 대한 미생물제의 방제효과는 살포후의 수분 유지가 매우 중요한 영향을 끼친다는 것을 알 수 있었다. 따라서 이 실험에서는 미생물제+난황유 살포 5일 후 물만 분무해주었을 경우의 방제효과지속기간을 조사하였다. 그림 3에서 보는 바와 같이 미생물제+난황유 처리 5일 후 물만 분무하더라도 무처리에 비하여 방제효과가 약 3일 정도 더 지속되었다. 흰가루에 물만 처리하였을 경우에는 흰가루가 제거되는 현상이 관찰되지 않았기 때문에 미생물제+난황유 처리 후 물 처리에 의하여 방제효과가 3일 정도 더 지속된 것은 처리된 미생물의 활동에 영향을 주어 나타난 현상으로 추정된다. 오이 흰가루병에서도 이와 비슷한 현상이 관찰되었고, 또한 물 이외의 다른 살충제나 영양액을 처리하였을 경우에도 비슷한 현상이 일어남을 알 수 있었다. 따라서 미생물제+난황유 살포 5일 전, 후에 물 혹은 다른 영양제 등을 살포해주는 것도 병 방제효과를 더 지속시킬 수 있는 하나의 방법이 될 수 있겠다는 생각이 들었다. 한편 미생물제+난황유 처리 5일 후 미생물제+난황유를 처리하였을 경우에는 흰가루가 다시 나타나지 않았다. 따라서 본 미생물제+난황유를 5일 간격으로 살포하면 병이 거의 진전되지 않을 것으로 생각된다.



[그림 6] 미생물제+난황유 살포후 물만 살포하였을 경우의 방제효과

(3) 효과적인 병 방제를 위한 미생물제의 살포 간격 및 횟수

1년차 연구에서 병 발생이 심한 포장에서는 5일 간격 4회, 병이 발생하기 시작한 포장에서는 7일 간격 3회 살포에 의해서 병이 완전 방제됨을 알 수 있었다. 이번 실험에서는 겨울철과 봄철에 발생하는 흰가루병의 효과적인 방제 간격 및 횟수를 결정하기 위하여 실시되었다. 표 1에서 보는 바와 같이 겨울철에 발생하는 흰가루병에 대해서는 10일 간격의 처리에 의해서 88.7%의 높은 방제효과를 나타냈지만, 20일 간격의 처리에 의해서는 낮은 방제효과를 나타냈다. 한편, 봄철에 발생하는 흰가루병에 대해서는 5일 간격의 처리에 의해서 완전 방제가 가능하였고, 10일 간격의 처리에 의해서는 만족할만한 방제효과를 얻을 수 없었다.

[표 4] 미생물제의 처리 간격 및 횟수에 따른 방제효과

처리 시기	처리 간격 및 횟수	이병엽율 (%)	방제가 (%)
겨울철 (2~3월)	10일 간격 4회	3.7	88.7
	20일 간격 2회	14.3	56.3
	무처리	32.7	-
봄철 (5~6월)	5일 간격 6회	2.3	96.1
	10일 간격 3회	23.5	59.9
	무처리	58.6	-

\* 겨울철 : 녹광 고추를 2006년 12월 14일에 정식하고, 2월 5일 최초 살포

\* 봄철 : 녹광 고추를 2007년 4월 16일 정식하고, 5월 15일 최초 살포

\* 이병엽율 : 마지막 약제살포 10일 후 조사

나) 고추 탄저병의 친환경적 방제 전략

<1년차 연구결과>

(1) 고추 탄저병 발생 현황.

4월 중순에 정식된 고추에서는 7월 중순부터 병 발생이 관찰되기 시작하였으나, 5월 중순에 정식된 고추에서는 7월 하순부터 관찰되었다.

(2) 포장에서의 병 방제효과

탄저병에 대한 방제효과는 strain C-1과 C-3의 혼합배양액 (미생물제)이 가장 우수하였다. 따라서 이 실험에서는 전남 고흥군 포두면의 포장에 천둥 고추를 5월 13일 정식하고, 6월 25일부터 5일과 10일 간격으로 원액과 10배액을 살포하였다. 그 결과 원액의 5일 간격 살포에서만 약 67%의 방제효과를 나타냈고, 다른 처리에서는 50% 이하의 방제효과를 나타냈다 (표, 그림 1). 전착제의 첨가와 역병 방제용 미생물제의 처리구에서 약간 더 우수한 방제효과를 보여주었지만, 실용화되기 위해서는 더 높은 방제효과를 낼 수 있는 미생물제를 개발하거나 다른 친환경적 방제법 등을 혼합한 종합방제 시스템이 필요할 것으로 판단되었다.

[표, 그림 1] 노지고추의 탄저병에 대한 미생물제의 방제효과

(표, 그림 6) 노지 고추의 탄저병에 대한 미생물제의 방제효과

처리농도	처리 간격	이병과율(%)	방제가(%)
원액처리	5일 간격	8.3	67.2
	10일 간격	12.9	49.0
10배액처리	5일 간격	13.6	46.2
	10일 간격	17.4	31.2
무처리	-	25.3	-



<2년차 연구결과>

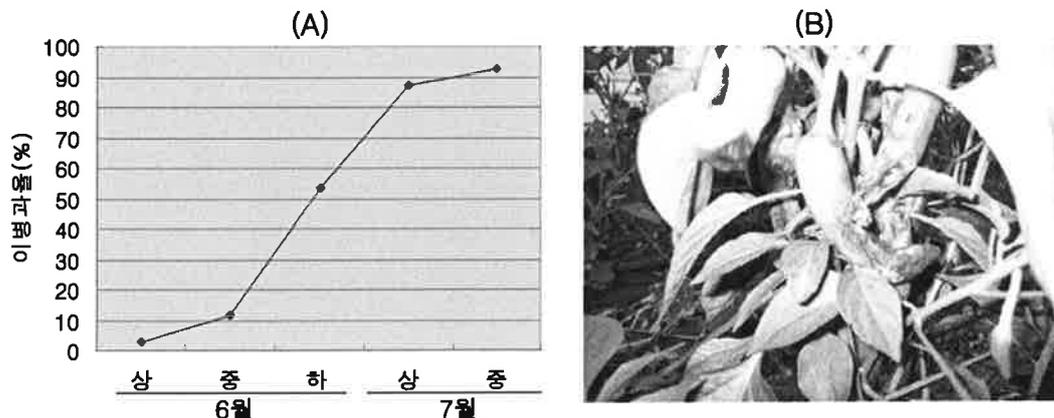
(1) 고추 탄저병 발생 양상

전남 지방에서 노지재배 고추는 대부분 4월 중, 하순에 정식되고 있었다. 따라서 이 실험에서는 천둥 고추를 4월 20일에 정식(그림 14)하여 탄저병 발생 양상을 조사하였다.



[그림 14] 고추 탄저병 시험 포장

1년차 실험(2006년)에서는 고추를 5월 13일 정식하였는데, 이 경우에는 탄저병이 7월 하순부터 관찰되기 시작하였다. 그러나 이번 실험(2007년)에서는 4월 20일에 정식하였다. 이 경우 고추 탄저병은 6월 초순에 최초 관찰되기 시작하여 점차 증가하다가 7월 상, 중순에는 어린 풋고추를 제외한 대부분의 풋고추에 병이 발생하여 약 90% 전후의 이병과율을 나타냈다(그림 15). 따라서 노지재배고추에서는 탄저병을 방제하지 않고서는 수확을 전혀 할 수 없을 것으로 생각되었고, 이러한 요인 때문에 일반 농가에서는 무수한 농약을 살포하고 있을 것으로 판단되었다.



[그림 15] 고추 탄저병의 발생장소

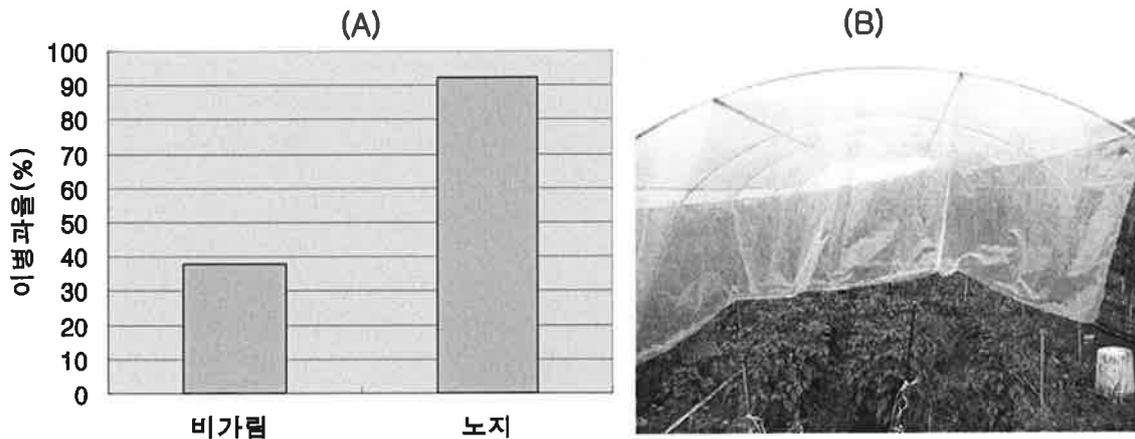
#### (2) 미생물제이외의 방법에 의한 탄저병 발생 억제

본 과제에서 개발된 미생물제가 고추 탄저병에 대하여 방제효과는 인정되었지만 일반 농가에 추천할 만한 방제효과는 얻어지지 않았다. 따라서 이 실험에서는 미생물제와 다른 방제법들을 강구하여 더 좋은 방제효과를 얻을 수 있는 방법을 모색하였다.

#### 가) 비가림재배에 의한 탄저병 발생 억제

탄저병균은 빗물에 의하여 분산, 전파되어 병을 만연시키기 때문에 비닐하우스재배에서는 거의 발생하지 않는 것으로 알려져 있다. 따라서 이 실험에서는 비가림재배에 의한 탄저병 방

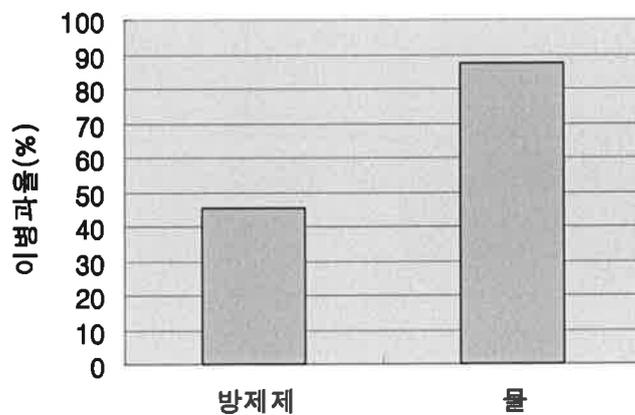
제효과를 조사하였는데, (그림 16)에서 보는 바와 같이 비가림재배에 의해서 병 발생이 크게 감소하였지만, 완전 방제는 이루어지지 않았다. 따라서 비가림재배를 하더라도 다른 방제법이 강구되어야 되리라 생각되었다.



[그림 16] 비가림 재배에 의한 고추 탄저병 방제효과

나) 역병 방제제의 토양관주에 의한 탄저병 발생 억제

고추 역병 방제용 미생물제를 4월 20일과 6월 10일 2회 토양관주했을 경우에는 놀랍게도 물만 관주하였을 경우보다 탄저병 발생이 크게 감소하였다(그림 17). 이러한 현상은 토양에 분포하고 있는 전염원이 감소하였기 때문에 일어났을 것으로 생각되는데, 이는 윤작을 한다든가 토양에 분포하고 있는 잔존물을 제거하여 전염원을 제거한다면, 탄저병 발생이 어느 정도 감소될 수 있다는 것을 암시한다.



[그림 17] 고추 역병 방제제의 처리에 의한 탄저병 방제효과

(3) 다른 방제법과 미생물제의 혼용에 의한 탄저병 방제효과 증대

미생물제를 6월 1일, 6월 20일, 7월 1일, 7월 10일 4회 처리하였을 경우에는 약 72%의 방제효과를 나타냈으나 비가림재배지나 역병 방제용 미생물제를 토양관주하고, 처리하였을 경우에는 훨씬 더 좋은 방제효과를 나타냈다(표 2).

처리	이병과율(%)	방제가(%)
비가림+미생물제	1.5	98.3
방제제+미생물제	4.3	95.1
미생물제	25.7	71.9
무처리	87.3	-

\* 역병 방제용 미생물제는 4월 20일과 6월 10일, 탄저병 방제용 미생물제는 6월 1일, 6월 20일, 7월 1일, 7월 10일 살포



(방제제+미생물제 처리)

(무처리)

[그림 18] 미생물제와 다른 방제법의 혼용에 의한 탄저병 방제효과

사실 일반 농가에서 비가림재배를 한다는 것은 쉽지 않을 것이다. 따라서 일반 농가에서 쉽게 활용할 수 있는 방법으로 역병과 탄저병 방제용 미생물제를 동시에 실시하는 것을 추천하고 싶다.

#### 다) 고추 역병의 친환경적 방제 전략

##### <1년차 연구결과>

##### 1) 길항세균의 선발.

고추 역병은 *Phytophthora capsici*뿐만 아니라 토양속에 분포하고 있는 *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporium*, *Fusarium solani*, *Ralstonia solanacearum* 등이 상호 복합적으로 작용하여 피해가 훨씬 더 증가된다. 따라서 본 실험에서는 키틴분해세균 중에서 *P. capsici*에 강한 억제 활성을 지닌 strain C-1, *R. solani*에 강한 억제활성을 지닌 strain C-61과 strain C-3, 그리고 *F. oxysporium*과 *F. solani*를 억제하는 strain C-3를 선발하였는데, 키틴분해 능력은 strain C-61에서 가장 우수하였고, 그 다음으로 strain C-3이었으며, strain C-1은 가장 낮은 분해력을 나타냈다 (그림 19).

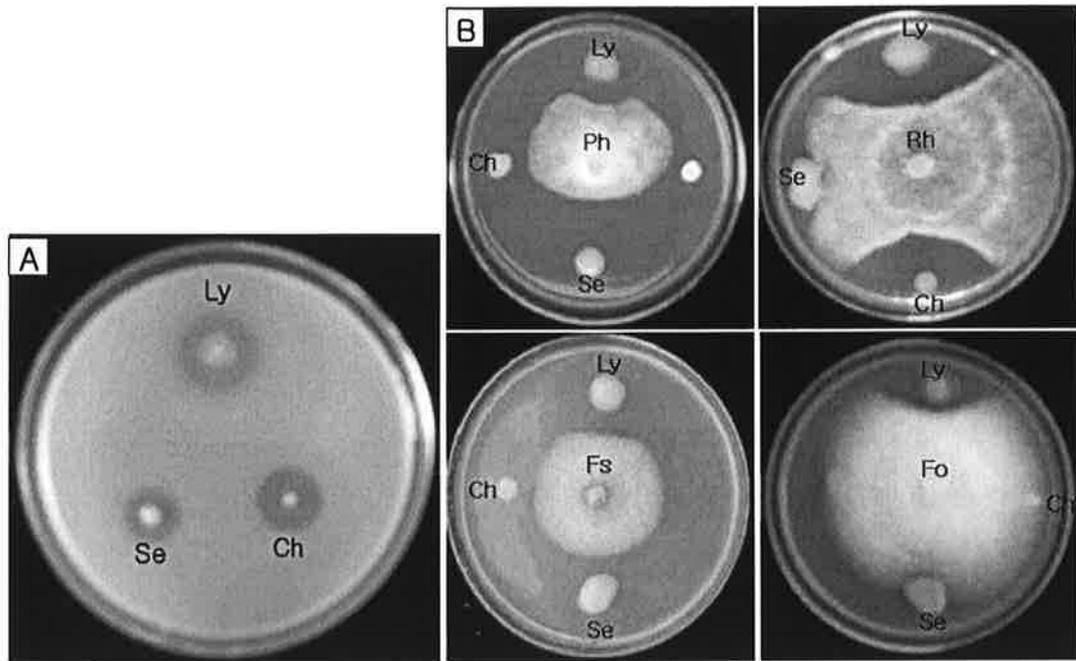


그림 1. 길항세균들의 키틴분해 능력 (A) 과 병원균에 대한 균사 억제 능력 (B). \* 식물병원균 ; Ph = *Phytophthora capsici*, Rh = *Rhizoctonia solani*, Fo = *Fusarium oxysporium*, Fs = *Fusarium solani*. \* 길항세균 ; Ly = *Lysobacter enzymogenes* strain C-3, Se = *Serratia plymuthica* strain C-1, Ch = *Chromobacterium* sp. strain C-61

[그림 19] 길항세균들의 키틴분해 능력(A)과 병원균에 대한 균사억제 능력(B) \* 식물병원균 ; Ph = *Phytophthora capsici*, ρ = *Rhizotonia solani*, Fo = *Fusarium oxysporium*, Fs = *Fusarium solani*, \*길항세균; Ly = *Lysobacter enzymogenes* strain C-3, Se = *Serratina plymuthica* strain c-1, Ch = *Chromobacterium* sp. strain C-61

## 2) 선발된 길항세균들의 병 억제효과

모잘록병(*R. solani*)에 대한 억제 효과는 strain C-61, C-3, C-1 순서로 우수하였고, 역병(*P. capsici*)에 대한 억제는 strain C-1, C-61, C-3순서로 우수하였다 (그림 20).

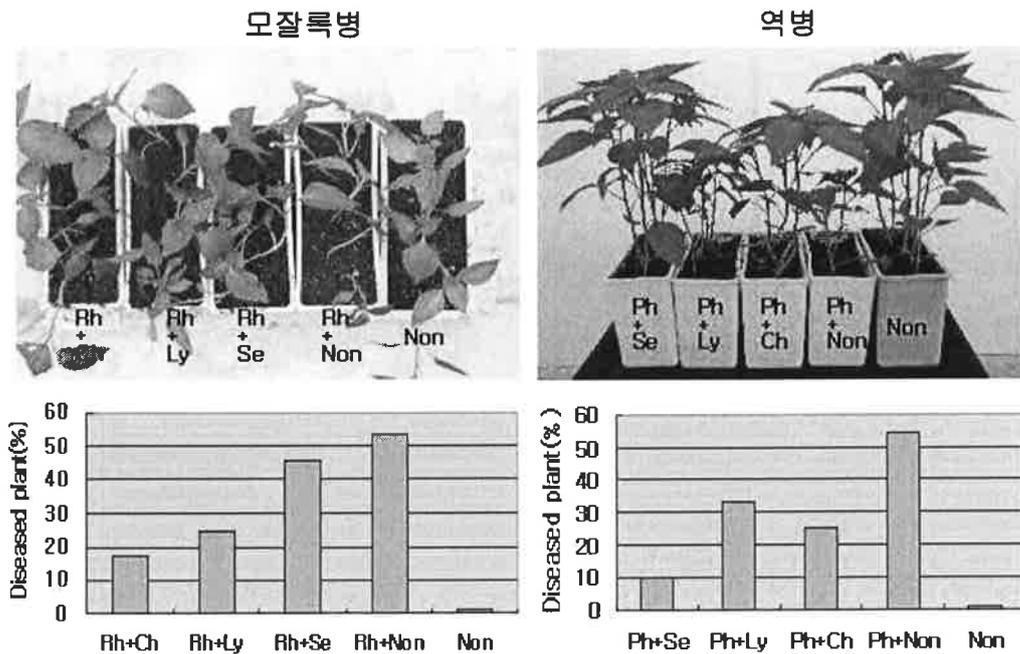


그림 2. 포트 상태에서 선발된 길항세균들의 병 억제효과. \* 식물병원균 ; Ph = *P. capsici*, Rh = *R. solani*, \* 길항세균 ; Ly = strain C-3, Se = strain C-1, Ch = strain C-61

[그림 20] 포트 상태에서 선발된 길항세균들의 병 억제효과. \*식물병원균 ; Ph = *P. capsici* Rh = *R. solani*, \* 길항세균 ; Ly = strain C-3 Se = strain C-1, Ch = strain C-61

3) 길항세균의 혼합에 의한 병 억제 효과 증대.

길항세균의 단독 혹은 혼합에 의한 병 억제효과를 *P. capsici*만 접종된 토양과 *P. capsici*, *R. solani*, *F. oxysporium*, *F. solani* 가 접종된 토양에서 비교하였다 (표 5). 단일 길항세균에 의한 병 방제효과는 strain C-1에서 가장 우수하였지만, 길항세균들이 혼합 처리되었을 경우에는 그 보다 더 우수한 방제효과를 보여주었다. 특히, 4병원균이 혼재된 토양에서는 단독보다 혼합 처리에 의한 방제효과가 더 크게 증가하였다. 또한, 두 균주 (C-1+C-61 혹은 C-1+C-3)의 혼합보다 3 균주 (C-1+C-61+C-3)의 혼합에서 더 우수한 방제효과를 나타냈다.

[표 5] 길항세균의 단독 혹은 혼합처리에 의한 역병 억제효과

처리 균주	Ph		Ph+Rh+Fo+Fs	
	이병주율 (%)	방제가(%)	이병주율 (%)	방제가(%)
C-1	13.7 ab	73.5	31.7 c	66.7
C-61	31.7 c	38.7	53.3 d	44.0
C-3	35.0 c	32.3	48.3 d	49.3
C-1+C-61	10.3 a	80.0	15.7 b	83.2
C-1+C-3	10.7 a	79.3	14.7 b	84.6
C-1+C-61+C-3	9.7 a	81.2	8.3 a	91.3
무처리	51.7 d	-	95.3 e	-

4) 혼합배양액(미생물제)의 대량 생산

배양액 자체를 식물병 방제제로 이용하기 위하여 식물병원균이 살지 못하면서 길항미생물만 살 수 있는 배지를 선발하였고, 대량배양기에서 길항세균과 키티나아제 활성이 최대로 될 수 있는 조건을 선정하였다. 3 길항세균 모두 배양 5일 까지 급격히 증가하여 배양 10일과 15일 사이 최고에 이르고, 그 이후 감소하는 경향이였다. 배양 10일째의 균주 밀도는 strain C-3이 ml 당  $1 \times 10^{10}$  CFU, strain C-1은  $7 \times 10^9$ , strain C-61은  $6 \times 10^8$  수준이였다. 키티나아제 활성은 배양 10일까지 급격히 증가하다가 15일에서 30일까지는 비슷한 수준을 유지하는 경향이였다 (표 6). 따라서 이들 배양액을 역병의 방제제로 이용하였다.

[표 6] 길항세균의 대량배양 및 키티나아제 활성의 극대화 조건

배양기간 (일)	세균밀도 (CFU/log 10)			키티나아제 활성 (%)
	Ly	Se	Ch	
0	5.4	5.5	4.9	0
5	8.2	7.8	7.2	50.6
10	10.1	9.7	8.6	92.8
15	10.3	9.4	8.7	97.5
20	9.9	9.1	8.0	99.7
25	9.1	8.3	7.2	97.5
30	8.7	7.5	6.8	100.0

\* Ch ; strain C-61, Ly ; strain C-3, Se ; strain C-1

5) 포장에서의 방제효과

가) 고추 역병 발생 현황 : 이 병은 정식시기 및 포장에 따라 발병시기가 상이하였지만 일찍 정식하고, 병 발생이 심한 포장에서는 일반적으로 6월 초, 중순부터 발생되기 시작하여 그 이후 급속도로 확산되었으며, 8월 초순 이후에는 크게 증가하지 않았다. 일부 농가에서는 저항성 품종이나 접목묘의 재배, 윤작, 태양열 소독 등을 실시하고 있었으나 대부분의 농가는 농약에 의존하고 있었다.

나) 미생물제의 병 방제효과.

(1) 노지재배 고추에 대한 방제

(시험 1) : 전남 해남군 산이면 포장에 신태양 고추를 4월 23일 정식하고 미생물제 원액 (10 평당 1말)을 6월 12일, 7월 4일, 7월 25일, 3회 토양관주하였을 경우 99. 6%의 아주 좋은 방제효과를 보여 주었다(표, 그림 1).

[표, 그림 2] 노지고추의 역병에 대한 미생물제의 방제효과

(표, 그림 1) 노지고추의 역병에 대한 미생물제의 방제효과

처리	이병주율 (%)	방제가 (%)
원액처리	0.2	99.6
무처리	55.3	-



(시험 2) : 전남 해남군 산이면 포장에 신태양 고추를 4월 20일 정식하고 4월 20일, 6월 15일, 7월 29일, 3회 토양관주하였을 경우 원액에서는 92.3%, 10배액에서는 73.7%의 좋은 방제효과를 나타냈다(표, 그림 3).

[표, 그림 3] 노지고추의 역병에 대한 미생물제의 방제효과

(표, 그림 2) 노지고추의 역병에 대한 미생물제의 방제효과

처리	이병주율 (%)	방제가 (%)
원액처리	2.5	92.3
10배액처리	8.5	73.7
무처리	32.3	-



(시험 3) 전남 진도군 군내면 포장에 신흥 고추를 4월 23일 정식하고, 4월 23일과 6월 24일, 2회 토양관주하였을 경우 원액에서는 92.3%의 좋은 방제효과를 나타낸 반면, 10배액에서는 효과

가 없었다(표, 그림 4).

[표, 그림 4] 노지고추의 역병에 대한 미생물제의 방제효과  
(표, 그림 3) 노지고추의 역병에 대한 미생물제의 방제효과

처리	이병주율(%)	방제가(%)
원액처리	3.7	92.3
10배액처리	51.8	-
무처리	48.3	-

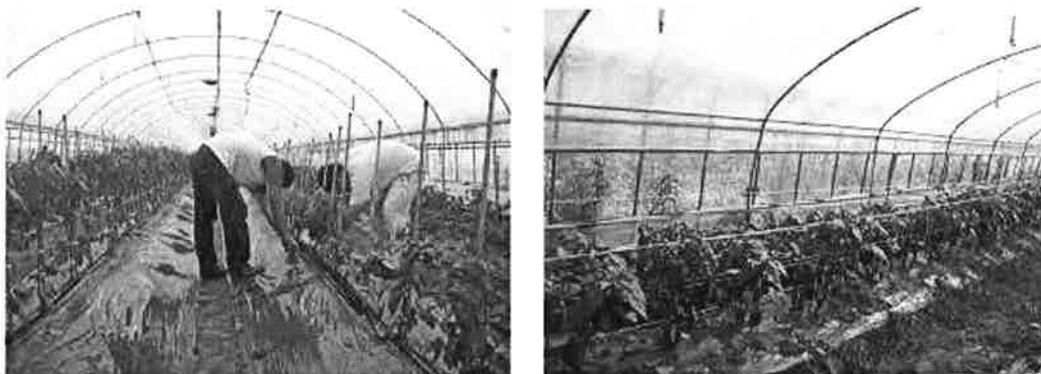


(2) 비닐하우스재배 고추에 대한 방제

(시험 1) 전남 순천시 별량면 비닐하우스에서 5월 10일 정식된 피망에 미생물제 원액을 5월 20일과 6월 13일 2회 처리하였을 경우 64.5%, 6월 13일 1회 처리하였을 경우에는 33.3%의 방제효과를 나타냈다(표, 그림 5).

[표, 그림 5]비닐하우스 고추의 역병에 대한 미생물제의 방제효과  
(표, 그림 4) 비닐하우스고추의 역병에 대한 미생물제의 방제효과

원액처리	이병주율 (%)	방제가 (%)
5/20, 6/13. 2회	19.8	64.5
- 6/13. 1회	37.2	33.3
무처리	55.8	-



\* 청양고추 : 무처리에서 무발병

(시험 2) 전남 순천시 대대동 비닐하우스에서 5월 14일 정식된 천둥 고추에 5월 14일, 6월 3일, 6월 23일 3회 처리하였을 경우 배양원액에서는 86.2%, 10배액에서는 50.3%의 방제효과를 나타냈다 (표, 그림 6)

[표, 그림 6] 비닐하우스 고추의 역병에 대한 미생물제의 방제효과

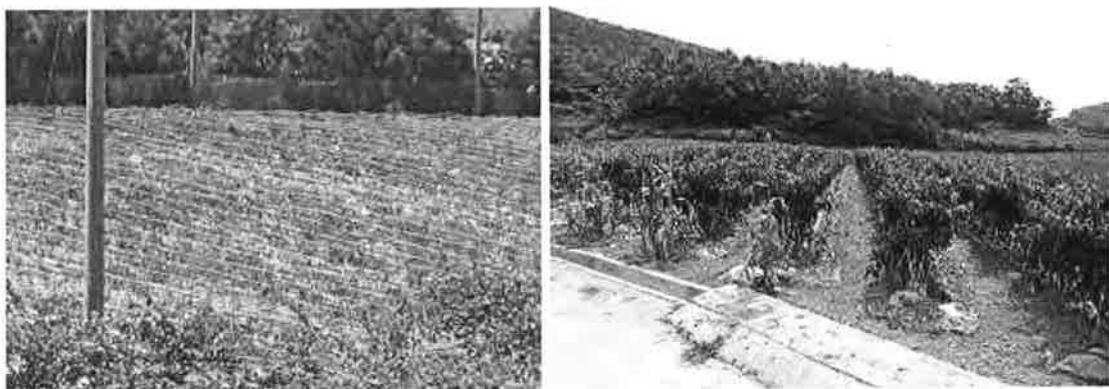
(표, 그림 5) 비닐하우스고추의 역병에 대한 미생물제의 방제효과

처리	이병주율(%)	방제가(%)
원액처리	12.8	86.2
10배액처리	43.3	53.2
무처리	92.5	-



다) 저항성품종에 의한 병 방제효과.

전남 지역의 일부 농가에서 재배되고 있는 저항성품종의 역병 발생 현황을 조사하였다 (그림 21). 그림에서 보는 바와 같이 윤작지에서는 상당한 방제효과가 인정되었으나, 연작지에서는 70%이상이 발병하여 큰 피해를 초래하고 있었다. 따라서 저항성품종일지라도 윤작지에 재배해야만 만족스런 방제효과를 얻을 수 있으리라 판단되었다.



(독야청청, 해남군 산이면, 연작지)

(독야 청청, 진도군 군내면, 윤작지)

그림 3. 일반 농가에서 재배되고 있는 저항성 품종의 역병 발생 현황

[그림 21] 일반 농가에서 재배되고 있는 저항성 품종의 역병 발생 현황

<2년차 연구결과>

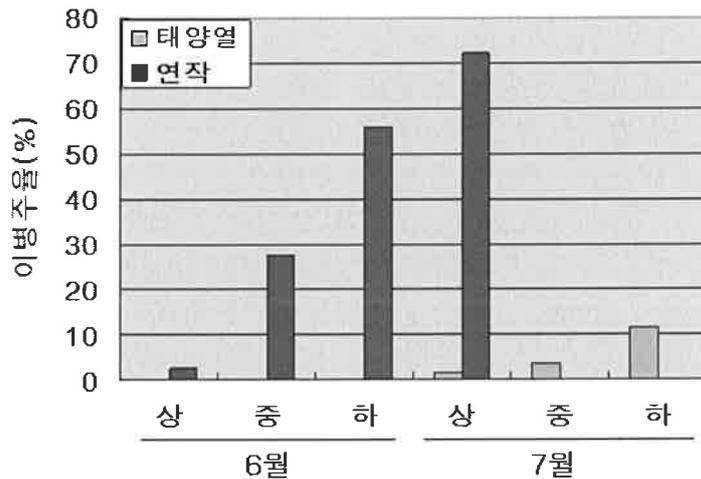
(1) 비닐하우스 재배 고추의 역병에 대한 친환경적 방제 전략

(가) 고추 역병 발생 양상

전남지방의 비닐하우스에서는 1년 내내 고추가 재배되고 있었지만, 역병은 가을보다 봄철(5~7월)에 많이 발생하고 있었다. 즉, 2월 상순~5월 상순에 정식되는 재배지에서 많이 발생하였는데, 12월 중~하순에 정식되는 고추도 역병이 발생하지 않으면 7월까지 수확이 가능하였다. 역병 발생시기 및 정도는 정식시기 및 포장에 따라 달라서 결론을 내리기 어려웠지만, 연작 횟수가 많을수록 병 발생이 빠르고 피해가 훨씬 더 큰 것은 분명하였다.

(나) 태양열소독에 의한 역병 방제효과

3년 연작지의 경우에는 6월 상순부터 역병이 발생되기 시작하여 7월 상순에 72.3%가 발병되어 더 이상 재배할 수가 없었다. 이에 반하여 전년도에 태양열 소독을 실시한 포장에서는 7월 상순부터 병 발생이 관찰되기 시작하여 7월 하순에 11.5%가 발병되었다(그림 22). 따라서 비닐하우스 재배고추의 역병은 태양열 소독에 의해서 충분한 방제가 될 것으로 판단되었다. 태양열 소독이 번거롭기 때문에 일반 농가에서 기피하는 현상이 있지만, 최소한 3년 정도의 연작 포장에서는 태양열소독을 하거나 윤작을 실시해야 할 것으로 생각되었다.



[그림 22] 태양열소독에 의한 고추 역병 방제효과

(다) 미생물제의 살포 농도 및 시기에 따른 역병 방제효과

1년차에 개발된 역병 방제용 미생물제를 토양에 관주하였을 경우, 태양열소독을 실시했던 포장에서는 원액과 10배액 모두에 의해서 90% 이상의 높은 방제효과를 보여 주었고, 연작 포장에서는 원액에 의해서만 78% 정도의 방제효과를 나타냈다(표 7). 따라서 비닐하우스 고추 재배 포장에서의 역병 방제를 위해서는 태양열 소독을 실시하는 것이 무엇보다 중요하고, 태양열 소독을 실시하지 못한 연작지의 경우에는 미생물제 원액을 3회 정도 살포해 줌으로서 어느 정도 방제할 수 있을 것으로 판단되었다.

[표 7] 미생물제의 살포 농도 및 시기에 따른 역병 방제효과

포장	희석배수	이병주율(%) <sup>b</sup>	방제가 (%)
태양열 소독	원액	0b	100.0
	10배액	0.9b	92.2
	무처리	11.5a	-
연작	원액	14.5c	78.0
	10배액	32.7b	50.3
	무처리	65.8a	-

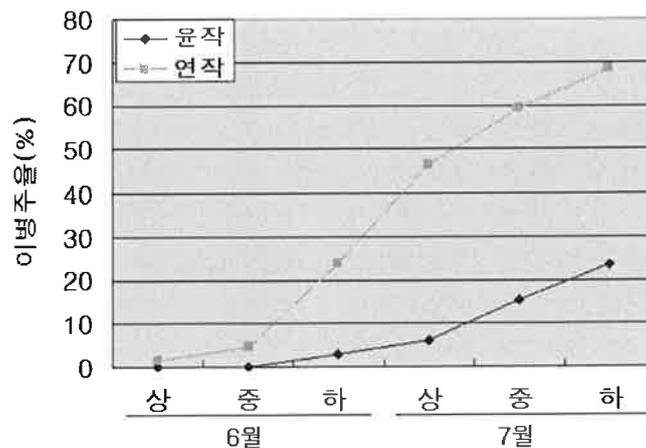
a/ 5월 1일에 정식 후, 미생물제를 20일 간격 3회, 토양관주

b/ 태양열소독의 이병주율은 7월 21일, 연작지는 7월 1일에 조사

(2) 노지 재배 고추의 역병에 대한 친환경적 방제 전략

(가) 고추 역병 발생 양상

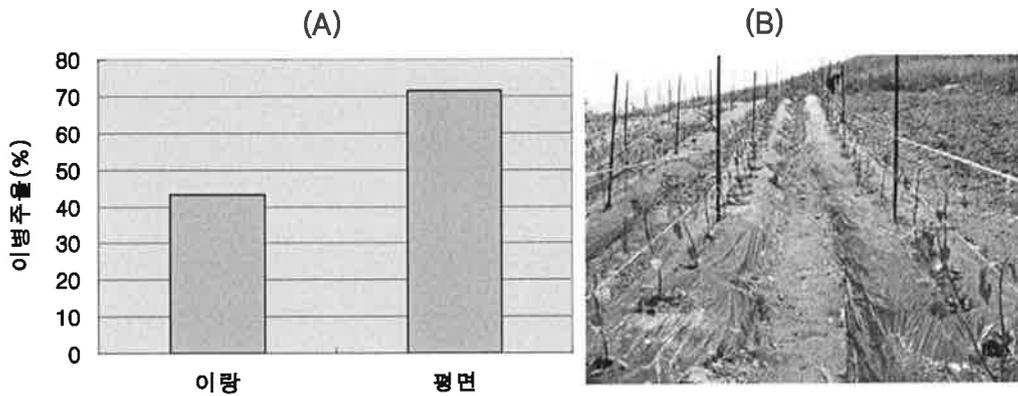
전남 지방에서 노지재배 고추는 대부분 4월 중, 하순에 정식되고 있었는데, 역병 발생시기와 피해 정도는 윤작과 연작지에 따라 크게 달랐다. 즉 연작지의 경우에는 6월 상순부터 병 발생이 관찰되기 시작하여 6월 하순부터 급격히 증가하였고, 7월 하순에는 68.5%의 이병주율을 나타냈다. 이에 반하여 윤작지의 경우에는 6월 하순부터 병이 발생하여 7월 하순에 23.4%의 이병주율을 나타냈다 (그림 23). 이와 같이 윤작지의 경우에도 역병이 발생하지 않은 것은 아니었지만, 연작지에 비하여 20일 정도 늦게 발생하고, 발병 정도도 훨씬 더 낮았다. 따라서 노지 재배고추에서 역병의 피해를 줄이기 위해서는 반드시 윤작을 실시하는 것이 필요할 것으로 생각되었다. 1년차 연구에서 우리는 저항성 품종이라도 윤작지에서는 방제효과가 인정되었지만, 연작지에서는 만족할만한 방제효과가 얻어지지 않는다는 것을 알 수 있었다. 따라서 저항성 품종을 재배하던 미생물제 혹은 살균제를 처리하던 윤작은 기본적으로 실시하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.



[그림 23] 연작과 윤작지에서의 고추 역병 발생 양상

(나) 재배 방식에 의한 역병 방제효과

고추 역병은 배수불량 토양이나 이랑이 낮아 물빠짐이 나쁠 경우 더 심하게 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 이 실험에서는 이랑을 만들어서 재배할 경우와 평면에서 재배하였을 경우의 발병정도를 조사하였다. 그 결과 (그림 24)에서 보는 바와 같이 이랑을 만들어 재배할 경우 병발생이 훨씬 저 적다는 것을 알 수 있다.



[그림 24] 재배 방식에 의한 역병 방제효과

(다) 미생물제의 살포 농도 및 시기에 따른 역병 방제효과

1년차에 개발된 역병 방제용 미생물제를 윤작 포장에 4월 20일 정식 때부터 1개월 간격으로 3회 살포하였을 경우에는 원액과 10배액 모두에 의해서 80% 이상의 방제효과를 나타냈지만, 6월 10일과 7월 10일 2회 살포하였을 경우에는 원액에서만 약 76%의 방제효과를 나타냈고, 10배액에서는 낮은 방제효과를 나타냈다. 반면 연작 토양의 경우에는 원액을 4월 20일, 6월 10일, 7월 10일, 3회 살포하였을 경우에만 80% 이상의 방제효과를 나타냈고 다른 처리에서는 낮은 방제효과를 나타냈다 (표 8). 이들의 결과는 역병 방제를 위하여 미생물제를 처리하더라도 윤작이 매우 중요하다는 것을 보여주고, 부득이 연작토양에 미생물제를 이용하고자 할 경우에는 원액을 1개월 간격으로 3회 정도 살포해주어야 할 것으로 생각되었다.

[표 8] 윤작과 연작포장에서 미생물제의 살포 농도에 및 시기에 따른 역병 방제효과

포장	처리시기 및 횟수	희석배수	이병주율(%)	방제가(%)
윤작	4/20, 6/10, 7/10	원액	1.5	93.6
		10배액	4.3	81.6
	6/10, 7/10	원액	5.7	75.6
		10배액	9.8	58.1
	-	무처리	23.4	-
	연작	4/20, 6/10, 7/10	원액	11.9
10배액			27.1	60.4
6/10, 7/10		원액	38.5	43.8
		10배액	47.4	30.8
-		무처리	68.5	-

a/ 천등고추를 4월 20일에 정식

## 2) 들깨 시들음병의 생물적 방제

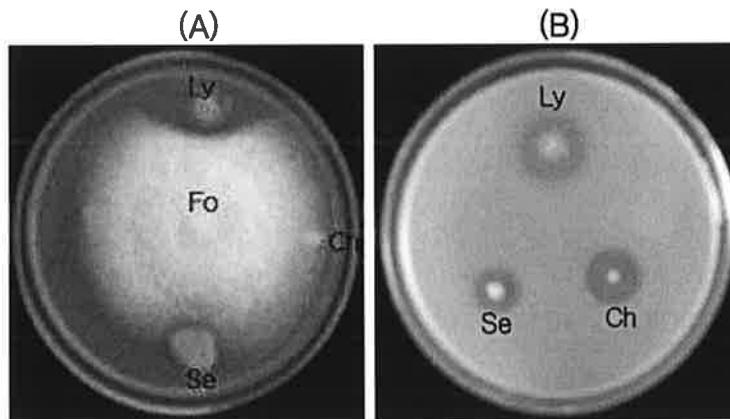
비닐하우스 재배 들깨에는 *Fusarium oxysporium*에 의한 시들음병이 가장 문제시되고 있었다. 이 병은 3월부터 발생하기 시작하여 5월 초순까지 급속히 진전되고, 그 이후에는 크게 진전되지 않았다



[그림 25] 비닐하우스 재배 들깨에 발생하는 시들음병의 병징

### 가) 공시균주의 시들음병균 억제력과 키틴분해 능력

들깨 하우스 뿐만 아니라 전남 지방의 여러 토양으로부터 시들음병균 억제력이 우수한 키틴분해세균을 선발하고자 하였으나, 그림 1에서 보는 바와 같이 키틴분해능력은 우수하나 병원균 억제능력이 우수한 균주는 선발되지 않았다.



[그림 26] 시들음병균에 대한 키틴분해세균들의 균사 억제효과

### 나) LY+CH의 혼합배양액에 의한 시들음병 방제효과

LY와 CH 두 균주를 고추 역병 방제용 미생물제의 조제 방법과 동일하게 조제하여 비닐하우스 들깨 포장에 관주 한 결과, 표 5에서 보는 바와 같이 2월 20일, 3월 10일, 4월 1일 3회 처리구에서는 80% 정도의 방제효과를 보여 주었으나, 3월 10일 이후의 2회 처리구에서는 만족할만한 방제효과를 얻지 못하였다. 그러나 2회 처리구 중에서 4월 1일과 4월 20일 처리구보다는 3월 10일과 4월 1일 처리구에서 더 우수한 방제효과를 보여 주었다. 따라서 앞으로 더 효과적인 방제시기 및 횟수 등이 검토되어야 할 필요가 있고, 또한 다른 친환경적인 방제법 등에 대해서도 검토되어야 될 것 같다.

처리시기 및 횟수	이병주율(%)	방제가(%)
2/20, 3/10, 4/1	9.3	80.5
3/10, 4/1	16.5	65.3
4/1, 4/20	29.3	38.4
무처리	47.6	-



(3회 처리)

(2회처리)

(무처리)

[그림 27] 미생물제의 처리시기 및 횟수에 따른 시들음병 방제효과

### 3. 요약

#### 가. 비닐하우스 재배 고추 흰가루병의 친환경적 방제 매뉴얼

- (1) 미생물제의 방제효과는 난황유를 첨가하고, 오전보다는 저녁때 살포함으로써 증가한다.
- (2) 효과적인 방제를 위해서 겨울철에는 정식 1.5개월 후부터 10일 간격, 봄철에는 정식 1개월 후부터 5일 간격 살포한다.

#### 나. 비닐하우스 재배 고추 역병의 친환경적 방제 매뉴얼

- (1) 미생물제의 방제효과는 연작지보다 태양열소독 포장에서 훨씬 우수하다.
- (2) 효과적인 방제를 위해서 연작지에서는 미생물제 원액, 태양열소독 포장에서는 10배액을 20일 간격 3회 토양관주한다.

#### 다. 노지 재배 고추 역병의 친환경적 방제 매뉴얼

- (1) 미생물제의 방제효과는 연작지보다 윤작지에서 훨씬 더 우수하다.
- (2) 효과적인 방제를 위해서 연작지에서는 미생물제 원액, 윤작지에서는 10배액을 20일 간격 3회 토양관주한다.

#### 라. 노지 재배 고추 탄저병의 친환경적 방제

- (1) 미생물제 원액을 10일 간격 4회 살포하였을 경우는 만족할만한 방제효과가 나오지 않았다.
- (2) 그러나 비가림재배지나 역병 방제용 미생물제를 처리한 포장에서는 미생물제 원액의 10일 간격 4회 살포에 의해서 만족할만한 방제효과가 나왔다.

#### 마. 들깨 시들음병 방제용 미생물제의 선발

- (1) 미생물제 원액의 3회 살포에 의해서 효과적으로 방제 되었다.

## 제 4 절 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

### 1. 평가의 착안점 및 기준

구분	연도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	2005	비 참여		
2차 년도	2006	- 시판중이거나 개발중인 농자재의 병 방제활성 평가	35 %	친환경자재의 확보 및 방제활성 평가
		- 농업 환경요인(작물별, 토양환경별 조건)에 안정적이고 우수한 미생물 선발	35 %	안정된 우수 미생물의 선발
		- 선발균주의 하우스내 적용실험	30 %	선발균주의 병 방제활성도
3차 년도	2007	- 병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 평가	25 %	병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 평가
		- 고추 병 방제를 위한 항미생물 활성 검정을 통한 우수 미생물 선발 및 적용	25 %	고추 병 방제활성 균주 선발
		- 친환경 농업소재의 포장적용 실험을 통한 고추 병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 확보	25 %	포장적용 실험을 통한 고추 병 방제 정보 확보 여부
		- 논문발표, 병 방제 기술 관련 특허 균주 및 자료 확보	25 %	논문발표, 특허관련 자료 확보 여부
4차 년도	2008	- 병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 평가	25 %	병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 조사
		- 활성균주의 대량 배양 및 활성물질 생산법 연구	25 %	활성균주의 대량 생산성
		- 친환경 농업소재의 포장 적용실험을 통한 쌈채 병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 확보	25 %	농업소재의 포장적용 실험을 통한 매뉴얼 개발을 위한 쌈채 병 방제 정보 확보
		- 논문발표 및 특허출원 준비	25 %	논문발표 및 특허출원 준비 여부
5차 년도	2009	- 병 방제용 친환경 농업소재의 확보 및 활성 평가	25 %	친환경 농업소재의 병 방제활성
		- 농업소재의 포장적용 실험을 통한 벼 병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 확보	25 %	매뉴얼 개발을 위한 벼 병 방제 정보 확보 여부
		- 상기의 연구 대상 식물병 방제 매뉴얼 개발을 위한 정보 종합 및 매뉴얼화	25 %	병 방제용 매뉴얼 작성 여부
		- 논문발표 및 특허출원	25 %	논문발표 및 특허출원 여부
최종 평가		- 친환경 농자재의 농작물 병 방제 활성 연구	30 %	친환경 농자재의 병 방제활성 검증 및 평가 여부
		- 농작물 병 방제용 미생물살균제 개발 연구	35 %	미생물살균제 개발 관련 논문 및 특허출원 여부
		- 병 방제 매뉴얼화 연구 및 작성	35 %	매뉴얼 개발 여부

2. 연구개발목표의 달성도

목 표	연구개발 수행내용	달성도(%)
- 친환경 농업소재의 식물병 방제활성 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 친환경 농업소재의 <i>in vitro</i> 및 <i>in vivo</i>에서의 병 방제활성을 검증함</li> <li>- 확보된 친환경 농자재에 대해 포장으로부터 분리된 병원균을 포함하는 다양한 병원성 균주를 대상으로 활성 검증하고 평가함</li> <li>- 시판중인 친환경 농자재의 시들음병 (<i>Fusarium</i>, <i>Phytophthora</i>, <i>Colletotrichum</i> 등), 흰가루병 (<i>Podosphaera</i>)에 대한 항균활성 검증 및 분석하였음</li> </ul>	100
- 채소류 병 방제용 미생물살균제 탐색개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 채소류 병 방제용 미생물살균제 개발을 위한 우수균주 선발</li> <li>- 활성균주의 하우스내 적용실험</li> </ul>	100
- 고추 병 방제를 위한 미생물 선발 및 적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 병 방제용 미생물제제 개발을 위한 우수균주를 선발하였음</li> <li>- 고추 병에 대한 방제활성이 높은 후보 미생물의 선발 및 포장 적용 시험을 실시하였음</li> <li>- 미생물제제 개발을 위한 기초연구로서 활성균주를 대상으로 액체 배양체의 병 방제효과를 검증하고 적용함</li> <li>- 후보 균주의 시들음병 (<i>Fusarium</i>, <i>Phytophthora</i>, <i>Colletotrichum</i> 등), 흰가루병 (<i>Podosphaera</i>)에 대한 병 방제 활성을 검증하였음</li> </ul>	100
- 친환경 농업소재의 포장 적용실험 및 매뉴얼 개발 정보 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발중이거나 시판중인 미생물제제를 대상으로 포장 실증 시험을 통한 고추 병 방제 매뉴얼 개발을 위한 다양한 정보를 확보함</li> <li>- 일차 선발된 친환경 농자재의 포장에서의 방제활성을 평가하기 위하여 남평 및 나주의 공동포장을 비롯하여 광양시 친환경 선도 농가의 포장에서 주기적으로 약제를 처리한 후병 방제 효과를 검증함</li> </ul>	100
- 논문발표 및 특허자료 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 활성 균주의 미생물제제로서 가능성을 평가하고 병 방제기술 관련 논문발표와 특허자료를 확보함</li> </ul>	100

### 3. 관련분야의 기술발전 기여도

- 가. 시판중인 친환경 농자재의 과학적인 검증과 이에 근거한 효율적인 병 방제를 정보를 확보하고 이를 농업현장에 적용함으로써 친환경 농업을 구현하고 확대하는 계기가 될 것으로 판단된다.
- 나. 다양한 종류의 친환경 농자재의 효능에 근거한 병 방제 전략을 세울 수 있음으로써 농자재 비용 절감 및 농업 생산성 향상을 가져올 수 있다.
- 다. 다양한 종류의 농업 생물소재의 활성 평가 및 검증을 통하여 주요 활성 성분을 파악할 수 있고 본 정보는 향후 신규 소재를 탐색하는데 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다.
- 라. 본 연구에서 확보한 광범위 병 방제 활성을 갖는 *Bacillus* sp. BS-2균주는 미생물농약으로서의 잠재성을 보인바 향후 친환경유기농자재 등록을 위한 응용한 미생물소재로 개발될 수 있을 것이다.
- 마. 고추, 들깨, 상추 및 벼의 주요 병에 대한 친환경 농업을 위한 식물병리학적 연구와 친환경 농자재의 병 방제 효과 검정 연구를 통하여 병 방제 매뉴얼을 개발하고 농가에 보급하는 계기가 되었다.
- 바. 효능이 우수하고 안전성이 보증된 친환경 농자재를 이용함으로써 농업생태계를 보호할 수 있고 농산물의 안전성을 제고할 수 있다.
- 사. 다양한 친환경소재의 개발 연구를 통해 이를 널리 보급함으로써 농업경쟁력을 강화시킬 수 있다.
- 아. 농업생태계를 고려한 친환경 병 방제용 미생물살균제 개발과 관련된 기술 및 균주의 특허권을 확보함으로써 미생물을 농업적으로 이용할 수 있는 분야에서의 국제 경쟁력을 제고시키는 계기가 될 수 있다.

## 제 5 절 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구개발 성과

#### 가. 학술지 게재 논문 실적

연번	논문제목	계재학술지명 (약자)	계재년도	권: 쪽수	SCI 구분	Impact Factor	제1저자	교신저자	공동저자	외국인 공동저자
1	Outbreak of Cucumber mosaic virus and Tomato spotted wilt virus on bell pepper grown in Jeonnam province in Korea	Plant Pathol J	2008.05	24(1): 93-96	SCIE	2.152	H Y Mun	H B Lee	M R Park, K H Kim	
2	First report of stem blight on perilla ( <i>Perilla frutescens</i> ) caused by <i>corynespora cassiicola</i> in Korea	Plant Dis	2009.05	93(5): 550	SCI	1.874	H B Lee	H B Lee	C J Kim, H Y Mun	
3	First Report of Powdery Mildew on Trident Maple Caused by <i>Sawadtea nankinensis</i> in Korea	Plant Dis	2009.12	93(12):1348	SCI	1.874	H B Lee	H B Lee	C J Kim, H Y Mun and J P Hong	D A Glawe
4	Evaluation of Insecticidal Activity of a Bacterial Strain, <i>Serratia</i> sp. EML-SE1 against Diamondback Moth	The Journal of Microbiology	2010 accepted	48(4): 541-545	SCIE		H W Jung	H B Lee	H Y Moon, H G Oh, S B Kim, K Y Yang, I S Kim	
5	First report of leaf blight caused by <i>Pantoea agglomerans</i> on rice in Korea	Plant Dis	2010 accepted	accepted	SCI		H B Lee	H B Lee	J P Hong	

#### 나. 특허 출원, 등록 실적

연번	출원인	제목	국가 및 출원/등록 구분	출원/등록번호 (출원/등록날짜)	제1발명자 (공동발명자)
1	전남대학교 산학협력단	식물병방제 활성 및 식물생장촉진 기능을 갖는 신규 바실러스 아틸로리퀴파시엔스 EML-BS2	대한민국/출원	10-2010-0065557 (출원/등록날짜: 2010.07.07)	이항범 (문혜연 김승범)

#### 다. 학술대회 실적

연번	저자명	논문 제목	학술대회 명칭	학술대회개최기간 및장소	발표형태
1	Lee, HB, Kim, EJ, Mun, HY, Seo, KH	Incidence of <i>Alternaria</i> mycotoxin-producing isolates on paprika fruits in Korea	2007년 춘계학술대회 및 임시총회	2007. 05. 04 전남대학교 용봉문화관	포스터
2	Lee, HB, Seo, KH, Mun, HY	Incidence of fruit rot on green fruits of bell pepper (paprika) by <i>Fusarium oxysporum</i> in Korea	2007년 춘계학술대회 및 임시총회	2007. 05. 04 전남대학교 용봉문화관	포스터
3	Lee, HB, Mun, HY, Kim K	Influence of water activity, temperature and media on mycelial growth of three <i>Leccinellium</i> isolates	2007년 춘계학술대회 및 임시총회	2007. 05. 04 전남대학교 용봉문화관	포스터
4	이항범	Biocontrol of powdery mildews using microorganisms	International Symposium, Environmentally Friendly Agriculture Research Center	2007. 07. 13 전남대학교	포스터
5	Lee, HB, Mun, HY, Kim, EJ	<i>Bacillus</i> sp. EML-JHL2 with bio fungicidal activity against powdery mildew and anthracnose	2007 International Meeting of the Federation of Korean Microbiological Societies	2007. 10. 11 - 12 Seoul, Korea 서울고육문화회관	포스터
6	Lee, HB, Mun, HY, Kim, EJ	Biofungicidal and growth promoting activity of <i>Bacillus</i> sp. EML JHL 2 against powdery mildew and anthracnose	2007 Annual Meeting of the Korean Society of Plant Pathology	2007. 10. 25 - 26 순천대학교	포스터
7	Lee, HB	Fungal diversity, discovery and bio exploitation of bioactive metabolites	Proceedings of 8th China-Korea Joint Symposium for Mycology	2007. 11. 18 - 21 중국, 서북농림과학기술포럼	구두
8	Lee, HB, Mun, HY, Kim, EJ	Biofungicidal activity of <i>Bacillus</i> sp. EML-JHL 2 against powdery mildew and anthracnose	Proceedings of 8th China-Korea Joint Symposium for Mycology	2007. 11. 18 - 22 중국, 서북농림과학기술포럼	포스터
9	Lee, HB, Mun, HY, Kim, CJ	First report of stem blight on green shiso ( <i>Perillafrutescens</i> ) caused by <i>Corynespora cassiicola</i> in Korea	2008년 춘계학술대회 및 임시총회	2008. 05. 23 충남대학교	포스터

10	Lee, HB, Choi, HS	First report of stem rot on red-edged dracaena ( <i>Dracaena marginata</i> ) caused by <i>Fusarium oxysporum</i> in Korea	2008년 춘계학술대회 및 임시총회	2008. 05. 23 충남대학교	포스터
11	문혜연, 정제용, 홍진표, 이항범	시설재배 고추 ( <i>Capsicum annuum</i> L.)농가에서 식물병의 다양성 조사, 진단, 병 방제 정보 수집 및 현장 교육	2009 친환경 농업 우수기술 발표회 및 전시회	2009. 04. 09 전남대학교	포스터
12	문혜연, 장형렬, 이유빈, 이항범	<i>Bacillus</i> sp. EML-BAC2 균주의 고추 병 방제 활성	2009 친환경 농업 우수기술 발표회 및 전시회	2009. 04. 09 전남대학교	포스터
13	문혜연, 이항범	시설재배 파프리카에서 오이 모자이크 바이러스와 토마토 반점 위즈 바이러스 병의 동시 발생	2009 친환경 농업 우수기술 발표회 및 전시회	2009. 04. 09 전남대학교	포스터
14	김창전, 문혜연, 이항범	둘개 줄기마름병을 일으키는 병원균의 동정, 병원성 및 균 생장에 관한 연구	2009 친환경 농업 우수기술 발표회 및 전시회	2009. 04. 09 전남대학교	포스터
15	이항범	시설재배 고추 병의 친환경적 방제 기술 개발	2009 친환경 농업 우수기술 발표회 및 전시회	2009. 04. 09 전남대학교	구두
16	Kim, C.J, Mun, H.Y, Hong, J.P, Glawe, D, Lee, HB	First report of powdery mildew on caused by <i>Phyllactinia</i> sp. on Asian fringetree in Korea	2009년 한국균학회 춘계학술대회 및 임시총회	2009. 05. 21 - 22 강릉원주대학교	포스터
17	Hong, J.P., Kim, S.B. and Lee, H.B	<i>Pantoea</i> spp. related to leaf blights on rice in paddy fields located in Gwangyang and Naju, Jeonnam province, Korea	2010한국식물병리학회 임시총회 및 춘계학술발표회	2010. 04. 22 - 24 부산 동아대학교	포스터
18	Jeong, J.Y., Kim, C.J., Mun, H.Y. and Lee, H.B.	Distribution of fungal endophytes in leaves and twigs of red pepper ( <i>Capsicum annuum</i> L.) cultivated in greenhouses and open fields	2010한국식물병리학회 임시총회 및 춘계학술발표회	2010. 04. 22 - 24 부산 동아대학교	포스터
19	Jeong, J.Y., Kim, C.J., Mun, H.Y. and Lee, H.B.	Diversity of fungal endophytes in leaves and stems of red pepper ( <i>Capsicum annuum</i> L.) cultivated in greenhouses and open fields	2010년도 한국균학회 춘계학술대회	2010. 05. 13 - 14 대전한화리조트	포스터
20	H B Lee, J Y Jeong, H R Jang, H Y Moon, C J Kim	Survey and Excavation of Endophytic and Phytopathogenic Fungi from some Herbaceous and Woody Plants Collected in Southern of Korea	2010 한국미생물학회연합 국제학술대회	2010.10.14-15 서울교육문화회관	구두
21	H Y Moon, H B Lee	Biocontrol Activity of <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> EML-B52 Against Plant Disease	2010 한국미생물학회연합 국제학술대회	2010.10.14-15 서울교육문화회관	포스터

## 라. 홍보실적

연번	홍보일자	홍보유형	매체명	제목	홍보내용
1	2009.12.29	인터넷신문	광양뉴스	친환경농업 병해충 표준재배 기술개발 연구과제 보고회 개최	이항범 교수가 2년간 광양시 실증농가와 연구한 친환경농업 병해충 표준재배 기술개발연구 보고회가 지역농업인 초청과 함께 열림

## 마. 교육실적

연번	교육일자	교육명	교재명	장소	참석대상 (인원:명)	주요내용	기대효과
1	2007.09.03	친환경농자재의 병 방제 활성 검정과 생물학적 방제제 개발	자체자료	광양시농업 기술센터	광양시친환경농가 및 기술센터직원(20명)	친환경농자재의 실내 및 포장 검정 결과를 소개하고 생물농약 개발에 관한 정보	친환경 농자재의 무분별한 사용을 지양하고 과학적인 사용과 영농 추수 가능
2	2008.06.13	바이러스병의 발생을 막기 위한 예방대책	자체자료	광양시농업 기술센터	광양시친환경농가 및 기술센터직원(10명)	바이러스병의 발생을 억제하기 위한 다양한 예방 및 진단법	바이러스병의 정확한 진단과 예방법의 이해
3	2009.12.22	친환경 농업에서 농작물의 상품성 유지를 위한 농작물의 관리	자체자료	광양시농업 기술센터	광양시친환경농가 및 기술센터직원(20명)	친환경 농업을 위해 과실에 발생하는 곰팡이독소 생성균의 생장을 억제하는 재배 전략과 우수 농산물 생산을 위한 수확후 관리의 중요성과 방법	우수 농산물 재배와 안전 농산물 생산의 중요성에 대한 인식 확대
4	2010.08.11	작목별 재배기술센터6종 종및리플릿3종	전남농업 기술원	전남농업기술원	도·시군공무원(친환경 농업연구·지도담당)67명	작목별 친환경 재배기술 개발 주요내용	「유기농생태전남실현」을 위한무농약·유기재배기술 신속보급

바. 국제협력실적

연번	상대국 책임자명, 소속	국가	진공/학위	구체적인 협력 내용 혹은 실적	협력형태	협력 기간	집행예산 (단위: 원)
1	Dean A. Glawe, Univ. of Washington	미국	식물병리학/박사	흰가루병 방제를 위한 전락수립에 균학적 정보를 제공 받고 Plant Disease (2009년)에 공동발표 함	전문가초청	2009.02.12 - 02.16	친환경사업단
2	Brian McSpadden Gardner, The Ohio State Univ.	미국	식물병리학/박사	DAPG 항생물질을 생산하는 <i>Pseudomonas</i> spp.의 병 방제 작용기작, 식물-미생물 상호작용에 관한 공동 연구를 진행할 예정임	전문가초청	2009.02.12 - 02.16	친환경사업단

사. 기술이전, 거래 실적

연번	기술실시계약명	기술실시 대상 업체 및 농가명	기술실시계약일	기술이전금액
1	시설재배 고추 병의 친환경적 방제기술 개발	애호박, 오이, 고추재배 농업인(황영기, 서병호)	2009-10-26	무상
2	시설재배 고추 병의 친환경적 방제기술 개발	부추 및 싹채류 재배 농업인(김승기)	2009-10-26	무상
3	시설재배 고추 병의 친환경적 방제기술 개발	고추, 피망, 토마토재배 농업인(유상남, 김윤구)	2009-10-26	무상

아. 인력양성

연번	인력양성연도 (졸업연도)	인력양성내용	성명	학위
1	2009	Ecophysiological Characteristics of <i>Venturia nashicola</i> Tanaka & Yamamoto Causing Pear Scab and Screening of Biocontrol Agent against the Causal Fungus	문혜연	석사
2	2009	활성 균주의 대량 배양 및 포장적용 연구	김은계	회사
3	2009	활성 균주의 대량 배양 및 포장적용 연구	김창건	학사
4	2009	활성 균주의 대량 배양 및 포장적용 연구	홍진표	학사
5	2009	시판 친환경농자재에 대한 식물병에 방제력 조사 및 항균력이 강한 미생물의 선발	이유민	학사
6	2009	시판 친환경농자재에 대한 식물병에 방제력 조사 및 항균력이 강한 미생물의 선발	장형철	학사
7	2009	시판 친환경농자재에 대한 식물병에 방제력 조사 및 항균력이 강한 미생물의 선발	정재용	학사
8	2009	시판 친환경농자재에 대한 식물병에 방제력 조사 및 항균력이 강한 미생물의 선발	박명주	학사

2. 성과활용 계획

본 연구과정에서 광범위 병 방제 활성과 식물생장촉진 활성으로 기 특허출원된 EML-BS2 균주에 대해 향후 후속 연구를 통해 친환경유기농자재 이상의 식물병 방제용 제품으로 개발 될 수 있을 것이다. 따라서 후속과제가 주어진다면 본 균주를 활용한 친환경유기농자재 이상의 미생물살균제 개발 기술을 특허화 할 예정이다.

(1) 지식재산권 확보계획

본 연구과정에서 광범위 병 방제 활성과 식물생장촉진 활성으로 기 특허출원된 EML-BS2

균주에 대해 후속 연구를 통해 친환경유기농자재 이상의 식물병 방제용 제품으로 개발될 수 있을 것이다. 따라서 향후 후속과제를 통해 본 균주를 활용한 친환경유기농자재 이상의 미생물살균제 개발 기술을 특허화 할 예정이다.

## (2) 기술확산 계획

- 광양 및 남평 등 전남지역의 친환경 재배지역에서 수행한 현장 적용 연구 결과와 본 연구실에서 확보한 병 방제 관련 자료를 종합하여 작성된 병 방제 매뉴얼에 기초하여 향후 병 방제 기술 정보를 대농민을 상대로 제공하고 관련 교육을 확대 실시할 계획이다.
- 본 연구를 통해 확보된 식물병 방제 활성 및 식물생장촉진 기능을 갖는 신규 바실러스 아밀로리퀴파시엔스 EML-BS2 균주를 대상으로 친환경유기농자재 등록 및 산업체로의 기술이전이 가능하도록 실용화연구를 추진하고자 한다.

## (3) 연구 결과의 논문화

- EML-BS2 균주의 다양한 식물병에 대한 병 방제 및 식물생장촉진 활성 (학술진흥재단등재 이상의 논문 투고 예정).

## 제 6 절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 1. *Bacillus* 균주 관련 해외 특허 조사

- 가. *Bacillus mycoides* isolate that induces systemic resistance. 미국. 2007: *Bacillus mycoides*가 식물에 유도 저항성을 야기시켜 식물병에 대해 생물학적 방제제로서 적용 가능함.
- 나. Method for inhibiting pathogenic fungi in plants using *Bacillus amyloliquefaciens*. 미국. 2004: 식물병원성 곰팡이를 방제하는데 *Bacillus amyloliquefaciens*를 이용함.
- 다. Biocontrol for plants with *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas putida*, and *Sporobolomyces roseus*. 미국. 2003: *Bacillus subtilis*를 식물병의 생물학적 방제에 이용함.
- 라. Novel strain of *Bacillus* for controlling plant diseases. 미국. 2001: *Bacillus*를 이용하여 식물병을 방제함.

### 2. *Bacillus* 균주 관련 해외 논문 조사

- 가. Arguelles-Arias<sup>1</sup> et al. 2009. *Bacillus amyloliquefaciens* GA1 as a source of potent antibiotics and other secondary metabolites for biocontrol of plant pathogens. Microbial Cell Factories: 2차 대사산물을 발현하는 유전체를 연구하여 생물학적 방제제로서의 가능성을 검정함.
- 나. Sharifi-Tehrani et al. 2006. Powder formulations of two strains of *Bacillus subtilis* for control of rape seed damping-off caused by *Rhizoctonia solani*. Commun. Agric. Appl. Biol. Sci: 유채 모잘록병을 방제하기 위한 *Bacillus subtilis* 균주의 제형화를 연구함.
- 다. Schisler et al. 2004. Formulation of *Bacillus* spp. for biological control of plant diseases. Phytopathology: *Bacillus* 균주를 이용한 시판중인 자재를 바탕으로 분석을 시도하여, 식물병에 대한 *Bacillus* 균주의 생물학적 방제제로 이용하기 위한 제형화를 연구함.
- 라. Marten et al. 2000. Genotypic and phenotypic differentiation of an antifungal biocontrol strain belonging to *Bacillus subtilis*. J. of Applied Microbiology: *Bacillus subtilis*가 속하는 생물학적 방제제의 유전적, 형태적으로 구명함.
- 마. Walker et al. 1998. *Bacillus* isolates from the spermosphere of peas and dwarf French beans with antifungal activity against *Botrytis cinerea* and *Pythium* species. J. of Applied Microbiology: *Botrytis cinerea*와 *Pythium* 균에 대한 *Bacillus* 균주를 이용한 항균 활성을 검정함.

### 3. *Bacillus* 균주 관련 국외 산업의 기술 조사

- 가. 2005년 현재 연간 3천만불 이상 매출의 비교적 큰 규모의 미생물농약 회사로는 Verdera OY사 (미생물농약 시장의 5%), Certis USA사 (미생물농약 시장의 6%), AgraQuest사 (미생물농약 시장의 6%) 등이 있으며, 작지만 성공적인 회사로 평가받고 있는 회사로는 BioWorks사와 E-nema사, 혁신적인 기술로서 이제 막 시작하는 회사로는 Pasteuria BioSciences사와 Exosect사 등이 알려져 있음 (참조: The Biopesticide market, Business Communications Co., Inc., 2006년).
- 나. 미국의 AgraQuest의 경우 2008년에 Serenade 제품만 1억불 이상 판매한 것으로 알려져 있음.

- 다. AgraQuest사의 미생물 살균제 제품을 살펴보면, Serenade MAX (*B. subtilis* QST713), Serenade ASO (*B. subtilis* QST713), Sonata (*B. pulmilus* QST2808) 및 Ballad Plus (*B. pulmilus* QST2808) 등 총 4개의 제품이 시판되고 있는데, 이들은 모두 두 개의 *Bacillus* 속에 속하는 미생물로 제조하였음.
- 라. 이들 4개의 제품 중에 가장 매출액이 큰 제품은 Serenade MAX와 Serenade ASO로서 *B. subtilis* QST713 균주로 만든 제품으로 본 균주는 30개 이상의 서로 다른 lipopeptide계 항균물질을 생산하는데, 흰가루병, 잿빛곰팡이병, 세균성점무늬병 등 매우 다양한 세균과 진균에 대한 방제효과가 뛰어나.

## 제 7 절 참고문헌

- Lee HB, Hong JP, Kim SB (2010) First report of leaf blight caused by *Pantoea agglomerans* on rice in Korea. Plant Disease 94: 1372.
- Lee HB, Kim CJ, Mun HY (2009) First report of stem blight on perilla (*Perilla frutescens*) caused by *Corynespora cassiicola* in Korea. Plant Disease 93(5): 550.
- Kim DH, Park JH, Lee JS, Han KS, Han YK, Hwang JH (2009) Effect of temperature, relative humidity on germination and development of powdery mildew (*Leveillula taurica*) on pepper and its inoculation method. Res. Plant Dis. 15(3): 187-192.
- Mun HY, Park MR, Lee HB, Kim KH (2008) Outbreak of cucumber mosaic virus and tomato spotted wilt virus on bell pepper brown in Jeonnam province in Korea. Plant Pathology Journal 24(1): 93-96.
- Barriers to adoption of biological control agents and biological pesticides (2007) In: CAB Reviews: Perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition and natural resources. CABI: published online, ISSN 1749-8848, 2, No. 051.
- Kim HY, Choi GJ, Lee HB, Lee SW, Lim HK, Jang KS, Son SW, Lee SO, Cho KY, Sung ND, Kim JC (2007) Some fungal endophytes from vegetable crops and their anti-oomycete activities against tomato late blight. Letters in Applied Microbiology 44(3): 332-337.
- Choi GS, Kim JH, Lee DH, Kim JS, Ryu KH (2005) Occurrence and distribution of viruses infecting pepper in Korea. Plant Pathol. J. 21(3): 258-261.
- Park JH, Choi GJ, Lee HB, Kim KM, Jung HS, Lee SW, Jang KS, Cho KY, Kim JC (2005) Griseofulvin from *Xylaria* sp. strain F0010, an endophytic fungus of *Abies holophylla* and its antifungal activity against plant pathogenic fungi. Journal of Microbiology and Biotechnology 15(1): 112-117.
- Lee HB, Kim Y, Kim JC, Choi GJ, Park SH, Kim CJ, Jung HS (2005) Activity of some aminoglycoside antibiotics against true fungi, *Phytophthora* and *Pythium* species. Journal of Applied Microbiology 99: 836-843.
- Joo GJ, Kim JH, Kang SJ (2002) Isolation and Antifungal Activity of *Bacillus ehimensis* YJ-37 as antagonistic against vegetables damping-off fungi. Korean Journal of Life Science, 12(2): 200-207
- Yang HS, Sohn HB, Chung YR (2002) Biological control of *Pythium* damping-off of cucumber by *Bacillus stearothermophilus* YC4194. Res. Plant Dis. 8(4): 234-238.
- The Korean Society of Plant Pathology. 2009. List of Plant Diseases in Korea.

**제 2 장 시설재배 고추, 쌈채(잎들깨) 및 버섯  
방제를 위한 친환경농자재 검증 및 방제법 개발  
[4-2]**



## 제 2 장 시설재배 고추, 쌈채(잎들깨) 및 벼 병 방제를 위한 친환경농자재 검증 및 방제법 개발 [4-2]

### 요 약 문

I. 제 목 : 시설재배 고추, 쌈채(잎들깨) 및 벼 병 방제를 위한 친환경농자재 검증 및 방제법 개발

#### II. 연구개발의 목적 및 필요성

##### 1. 연구개발의 목적

- 시설재배 고추 병 방제를 위한 친환경농자재의 검증 및 개발
- 시설재배 쌈채(잎들깨) 병 방제를 위한 친환경농자재 검증 및 개발
- 벼 병 방제를 위한 친환경농자재 검증 및 개발

##### 2. 연구의 필요성

- 2004년 농림부에서 발표한 친환경농업육성과 농산물 안전 확보 대책에 따르면 2013년 까지 2004년 현재 대비 비료와 합성농약의 사용량을 60%이상 감소하여 친환경농산물의 생산량을 10%이상 증가시키는 것을 목표로 설정하였다.
- 이러한 친환경농산물의 확보와 친환경 농업의 지속성 유지를 위한 방안으로 환경 보 존적 측면을 강조하는 동시에 생산성 및 경제성을 염두 해 두고 실천해야 만이 성공 의 결실을 이룰 것이다.

#### III. 연구개발 내용 및 범위

##### 1. 연구개발 내용

- 시설재배 식물병에 대한 친환경농자재의 검증
- 시설재배 고추, 쌈채(잎들깨)에 대한 식물병에 대한 친환경농자재 개발
- 벼 식물병에 대한 친환경농자재 검증 및 개발

##### 2. 연구개발 범위

- 시판 친환경농자재의 고추, 쌈채(잎들깨)와 벼 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사
- 관행구와 무농약재배구 작물의 일반적 생육 및 성장 조사
- 시험구의 식물체내 병발생관련단백질 및 병 저항성 관련 효소의 활성변화 패턴조사
- 선발미생물로부터 얻어진 가수분해효소의 특성조사 여부 조사
- 선발된 친환경농자재를 이용한 시설재배 및 포장 내 식물병의 방제효과 검증

#### IV. 연구개발결과

##### 1. 고추 시설재배 연구결과

- 공동포장 내 관행재배동과 무농약재배동에서 고추(청양)작물의 생육기간동안 초장변화 및 수확량을 조사한 결과, 최종 수확량은 관행재배동에서 1,148 kg, 무농약재배동에서 1,187 kg으로 처리간 유사한 수확량을 보였다.

- 공동포장 내 관행재배동와 무농약재배동에서 사용된 자재의 방제횟수, 방제비용을 조사한 결과, 무농약재배구에서 관행재배구에 비해 높은 방제비용이 소요되었으나 무농약재배구에서 약간 높은 농가 소득을 보였다.
- 고추 역병균에 대한 우수한 균주의 분리한 결과 *B. thuringiensis* GS1과 *L. adecarboxylata* MG815로 동정되고 명명되었다. 또한 키틴분해능력이 강한 균주를 분리한 결과, *Serratia marcescens* AKL1과 *Aeromonas hydrophila* AKR1로 동정되고 명명되었다.

### 2. 시설재배 잎들깨 연구결과

- 시설재배 잎들깨(품종: 만추)의 시험기간 중 대조구(C), 키틴퇴비구(CF), 키틴미생물배양액 처리구(CM)에 대한 작물의 일반적인 생육 특성을 조사한 결과, 초장, 주당 마디수, 잎수량의 경우 키틴미생물처리구에서 약간 높은 경향을 보였다.
- 시설재배 잎들깨의 재배기간 동안 각 처리구별 병 발생율을 조사한 결과 균핵병과 노균병의 경우 대조구에 비하여 키틴퇴비구와 키틴미생물처리구에서 약간 높은 병방제 효과를 보였다.
- 잎들깨 작물의 정식 후 112일차에 1차 시료를 채취하여 잎들깨 조직내 병발생관련단백질 함량변화를 조사한 결과, 시판 친환경농자재를 처리한 무농약재배동의 본 시험구에서 키틴아제 활성의 경우 키틴미생물처리구에서 활성이 가장 높게 나타났고, 대조구와 키틴퇴비구는 유사한 수준으로 다소 낮은 경향을 보였다.
- 잎들깨에서 발생하는 식물병에 대한 항균 활성을 가진 우수한 균주 분리 분리한 결과, *Glucoacetobacter liquefaciens* BW1과 *Leuconostoc mesenteroides* BW2로 동정되고 명명되었다. 또한 키틴분해활성이 강한 균주를 분리한 결과, *Lysobacter enzymogenes* MG18S와 *Pseudomonas entomophila* MG23S로 동정되고 명명되었다.

### 3. 벼 포장 연구결과

- 호평벼 잎도열병의 경우 100주당 발병율을 조사한 결과 울금추출물 처리구에서 1차와 2차 조사일에 각각 1.11%와 2.27%로 가장 낮게 나타났다. 이삭도열병의 경우 식물추출물 처리구에서 1.3%로 가장 낮게 나타났다.
- 호평벼 잎집무늬마름병 방제에 대하여 100주당 발병율을 조사한 결과 석회보르드액 처리구에서 1.53%로 가장 낮게 나타났다.
- 호평벼 흰잎마름병 방제에 대하여 자연 감염율을 조사한 결과 비타민제 처리구에서 1차, 2차 조사일에 각각 1.4%, 4.6%로 가장 낮게 나타났다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구성과

논문게재		학술 발표	특허 (출원 /등록)	영농 활용	시책 건의	기술 이전	유전 자원 등록	교육 지도	산업화	국제 협력	홍보	인력 양성	성과물 제작
국내	SCI(E)												
4	2	23				2		11			1	7	1

### 2. 성과활용계획

- 친환경농자재를 이용한 식물병에 대한 효율적 방제기술 개발
- 친환경농자재를 이용한 안전한 친환경농업 발전에 기여
- 친환경농자재를 이용함으로써 농약의 사용을 줄이고 작물생장을 향상 시키는 작물재배 기술의 개발

## VI. Summary

**Title : Evaluation of environmental-friendly agricultural materials and development of biological control method for phytopathogens of *Capsicum annuum* L., *Perilla frutescens*, and *Oryza sativa* L.**

To establish the cultivation manual of crops by biological control, environmental-friendly agricultural materials were used and approved in greenhouse for *Capsicum annuum* L. and *Perilla frutescens* crops, and in field for *Oryza sativa* L. crop.

The results were as follows:

1. Total yields of pepper (Chungyang) at the cultivation with traditional practice and environmental-friendly agricultural materials in communal greenhouse were similar level as 1,148 kg and 1,187 kg, respectively. Cost of chemicals and environmental-friendly agricultural materials used in communal greenhouse was to some degree higher in cultivation with environmental-friendly agricultural materials than in the cultivation with traditional practice. Totally, net income was high in cultivation with environmental-friendly agricultural materials. From the isolation of excellent strains for *Phytophthora capsici*, *Bacillus thuringiensis* GS1 and *Leclercia adecarboxylata* MG815 were identified on 16S rRNA gene sequencing.

2. From results of the general growth characteristics of green perilla (Manchew) at control (C), chitin fertilizer (CF), and chitinase-producing microorganism (CM) treatment in greenhouse, plant length, node number per plant and yield of leaves were slightly high in CM treatment compare with other treatments. In results of Sclerotiose and Downy mildew incidence, it were shown a high prevention percentage in CF and CM treated plants compared with control. From PR-proteins contents at 112 days after transplanting of green perilla, the chitinase activity in leaves of green perilla was the highest level in CM treated plant, and were slightly low level in C and CF treated plants. From the isolation of excellent strains for phytopathogens of green perilla, *Glucoacetobacter liquefaciens* BW1 and *Leuconostoc mesenteroides* BW2 were identified on 16S rRNA gene sequencing. From the isolation of chitinase-producing bacteria, *Lysobacter enzymogenes* MG18S and *Pseudomonas entomophila* MG23S were identified on 16S rRNA gene sequencing.

3. From results of the disease incidence percentage per 100 plants at rice (Hopyung), the incidence of leaf rice blast was the lowest level by 1.11% and 2.27% in Wolgum extract treatment, respectively, at 1st and 2nd sampling. The incidence of neck rice blast was the lowest level by 1.3% in plants extract treatment. The incidence of sheath blight at rice (Hopyung) was the lowest level by 1.53% in bordeaux mixture treatment. The incidence of bacterial leaf blight at rice (Hopyung) was the lowest level by 1.4% and 4.6% in vitamin treatment, respectively, at 1st and 2nd sampling.



# 목 차

제 1 절	연구개발과제의 개요 .....	1
제 2 절	국내외 기술개발 현황 .....	3
1.	세계적 수준 .....	3
2.	국내수준 .....	3
3.	국내·외의 연구현황 .....	6
제 3 절	연구개발 수행 내용 및 결과 .....	7
1.	연구개발 수행 내용 .....	7
2.	연구개발 수행 결과 (I) .....	8
가.	고추 식물병에 대한 친환경농자재의 개발 및 검증 .....	8
나.	잎들깨 식물병에 대한 친환경농자재의 개발 및 검증 .....	23
다.	벼 식물병에 대한 친환경농자재의 개발 및 검증 .....	36
3.	연구개발 수행 결과 (II) .....	43
4.	연구개발 수행 결과 (III) .....	50
제 4 절	목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	65
1.	평가의 착안점 및 기준 .....	65
2.	연구개발목표의 달성도 .....	66
3.	관련분야의 기술발전 기여도 .....	66
제 5 절	연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....	67
1.	연구개발 성과 .....	67
2.	연구 성과활용 계획 .....	69
제 6 절	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	70
1.	CRD 과제 기술정보 .....	70
2.	관련기술서 정보 .....	70
제 7 절	참고문헌 .....	71



## 제 1 절 연구개발과제의 개요

1. 작물의 생산토지에서는 기지현상(忌地現象, sickness of soil) 또는 연작장애로 인하여 농민들이 큰 어려움을 겪어 왔다. 그것의 주요한 원인은 토양중의 염류집적, 토양내에 독성물질의 축적, 토양비료분의 소모, 토양의 물리적 불량, 잡초의 번성 등의 무기적 요인들과 토양전염병, 토양선충의 번성을 중심으로 한 유해 미생물의 증가 등의 생물적 요인들로 크게 나누어 생각해 볼 수 있다. 특히 생물적 요인 중에는 토양전파성 식물병이 매우 중요한 요인이라는 사실이 밝혀져 식물병에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.
2. 고추에는 역병, 탄저병, 흰가루병이 주로 발생되며, 그 외에 바이러스병해, 반점세균병, 세균성무름병, 균핵병, 잣빛곰팡이병 등이 발생되고 있다. 특히 고추를 연작으로 재배할 경우 토양내 염류가 집적되고 전염원인의 밀도가 증가될 때 발생이 심하다.
  - 가. 고추에 가장 피해를 주는 것은 역병이다. 역병의 병징으로 유효기부터 발생되며 지하부를 포함한 모든 부위를 침해한다. 어린묘의 지체부가 감염될 경우 병든 부의는 암록색 내지는 암갈색의 수침상 병반이 생기며, 잎은 급격히 시들고 고사한다. 생육기중 후기에 지체부가 감염될 경우 갈색 또는 적갈색으로 변색 된다. 뿌리도 갈변, 부패되어 원뿌리가 침해를 받으면 시들면서 고사된다. 피해가 심한 포장은 고추가 고사되어 적갈색으로 변하기 때문에 포장 전체가 빨갱게 보이는 경우도 있다.
  - 나. 역병균(*Phytophthora capsici*)은 토양전염성 뿐만 아니라 물에 의해서도 전염성이 매우 높다. 하우스에서는 자주 관수를 하므로 내부습도가 높아, 이 병균의 증식 혹은 전파에는 매우 적합한 조건이다. 그러므로 일단 병이 발생하면 증상이 급히 진행되어 매우 심한 피해를 입게 되어 그 피해는 실로 막대한 실정이다.
3. 쌈채류 중에서 잎들깨에서 발생하는 식물병으로 역병(*Phytophthora capsici*), 점무늬병(*Cercospora perillae*), 줄기마름병(*Fusarium* sp.), 모자이크병(*Tumip mosaic virus, Cucumber mosaic virus*), 모잘록병(*Rhizoctonia solani*), 잣빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*), 녹병(*Coleosporium perillae, Puccinia* sp.), 가지균핵병(*Sclerotinia sclerotiorum*) 등으로 매우 많이 알려져 있다. 이러한 식물병원균들에 의한 잎들깨의 피해는 매우 심각한 실증이다.
4. 벼에서 발생하는 식물병으로 잎, 이삭도열병(*Pyricularia oryzae, Blast*), 잎집무늬마름병(紋枯病, *Thanatephorus cucumeris, Sheath blight*), 흰잎마름병(白葉枯病, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae, Bacterial leaf blight*), 줄무늬잎마름병(鎬葉枯病, *Rice stripe virus, Stripe*) 등이다. 잎집무늬마름병은 매년 40만ha내외로 많이 발생되고, 잎도열병은 변동폭이 커서 많은 해는 10~15만ha, 적은 해는 4~5만ha 발생되고 있으며, 세균성벼알마름병은 점차 늘어나는 추세에 있고 지난해부터는 경기지방을 중심으로 줄무늬잎마름병이 발생되고 있다 (전남도기술원, 2009).
5. 비료와 합성농약의 사용량을 줄이기 위한 방안으로 2004년 농림부에서 발표한 친환경농업육성과 농산물 안전 확보 대책에 따르면 2013년까지 2004년 현재 대비 이들 사용량을 60% 이상 감소하여 친환경농산물의 생산량을 10%이상 증가시키는 것을 목표로 설정하였고, 지속적 친환경 농업의 유지방안으로 자연환경 보전적 측면을 강조하는 동시에 생산성 및 경제성을 염두 해 두고 실천해야 할 것을 강조하고 있다.
6. 친환경 농업의 지속성을 유지하기위한 방안으로 환경보전적 측면을 강조하는 동시에 생산성

및 경제성을 염두 해 두고 실천해야 만이 지속적 친환경 농업이 가능할 것이다. 따라서 본 연구의 구체적인 개발 목표는 친환경농자재를 이용하여 벼, 고추, 잎들깨에 발생하는 병 방제에 대한 이들 농자재를 검증하고 친환경 미생물제제를 개발하여 식물병 방제와 더불어 이들 작물의 유기, 무농약 재배에 대한 최적의 친환경농업기술 매뉴얼을 개발하고자 한다.

## 제 2 절 국내외 기술개발 현황

### 1. 세계적 수준

- 가. 세계적인 농약 및 생물 산업체에서의 생물농약 개발에 본격적인 투자를 하기 시작하여 외국에서는 이미 병원균의 길항미생물을 이용한 생물농약인 Binab T, Mycostop, Soil Gard, Trichodex 등 최소한 20여종 이상이 이미 판매 되고 있으며, 현재 상품화를 위해 등록실험 중에 있는 것도 30여종 이상 이른다.
- 나. 환경문제에 대한 세계적인 관심과 노력이 확대되고 있는 가운데 환경친화적인 생물농약 기술 개발이 활발해지고 특허출원도 급증하고 있다. 국외의 생물농약의 개발 판매량은 계속적으로 증가하고 있다. 이러한 추세로 가면 2010년경 생물농약이 농약시장의 25 % 를 차지할 것으로 전문가들은 예측하고 있다.
- 다. 자연친화적인 환경보전에 대한 세계의 관심이 더욱 확대됨에 따라 합성 살균제 및 살충제 시장은 매년 성장률이 하강하고 있는 경향에 있다. 한편, 생물 살균제 및 살충제는 시장은 지속적으로 성장하여 향후 5년 이내에 높은 성장률을 보일 것으로 예측된다. 이는 종래의 살균제 및 살충제가 환경오염 및 국민의 건강에 나쁜 영향을 준다고 하며, 또한 환경문제에 대한 세계적인 관심이 높아진 것이 요인이 되어 있다.
- 라. 국제적인 생명공학분야 등록특허(1990-2006)의 세부기술별 점유율을 살펴보면, 측정진단 분야가 27%의 가장 높은 점유율을 보였고, 이어서 생물의약 분야가 23%, 생물공정 분야가 13%, 단백질체, 생물자원탐색, 동식물세포배양, 효소공학, 형질전환동식물, 생물농약, 항체이용, 발효식품 분야의 순으로 나타났다(특허청 자료실, 2007).

### 2. 국내수준

- 가. 농촌진흥청 국내 친환경유기농자재 등록 현황(2008. 9)에 따르면 작물병해관리용자재는 55건, 작물충해관리용자재는 43건, 작물병충해관리용자재는 5건입니다. 따라서 현재 친환경유기농자재 병충해관리자재는 모두 103 건에 달합니다. 이는 2008년 4월 41건 기준 5개월 사이에 등록이 2.5배가 증가하였다. 그러나 이들 중 역병방제용 농자재는 몇 건 되지 않는 실증이다.
- 나. 고추 역병의 방제방법으로 화학제품과 살균제의 사용은 현재 큰 효과를 얻지 못하고 있는 실정이다. 또한 길항미생물과 미생물제제를 이용한 연구가 계속 추진 중에 있으나 뚜렷한 방제효과를 나타내지 않아 작물의 대한 대책마련이 매우 시급한 실정이다. 따라서 국내에서 시판되고 있는 식물병 방제 특히 고추역병에 대한 국내 연구는 아직 저조한 실정이므로 이에 대한 연구의 필요성이 매우 강조된다.
- 다. 국내의 농촌진흥청에서 승인한 수도 병해관리용 유기농자재 목록이 표 1에 나타내었다. 또한, 국내외 미생물농약의 연구개발 현황 및 활용에 관한 일반정보를 표 2에 나타내었다.

[표 1] 국내 농촌진흥청 승인 수도 병해관리용 유기농자재 (2009. 9 현재)

번호	병충해명	주요성분 (자재명)	제조사	희석배수	사용법
1	키다리병	식물추출물(씨알100)	고려바이오	200배	침종후 최아전 24시간 1회침종
2	도열병	프로폴리스 (진농프로폴리스)	진농산업	500배	발병초 7일간격 3회살포
3	도열병	천연추출물 (비타박스)	비아이지	500배	발병초 7일간격 2회살포
4	도열병	구산나트륨 (코시액제)	코시바이오	1,000ml/1,000m <sup>2</sup>	7월상순부터 10일간격으로 수확30일전까지 6회이내
5	잎도열병	석회보르도액 (바이도열)	케이지바텍	125배 (약량2ℓ)	발병초기 1회살포
6	잎도열병	피마자 추출물 (박도열)	팜스코리아	1,000배	발병초 7일간격
7	잎도열병	울금추출물 (박스타골드)	대덕바이오	500배 120ℓ/1,000m <sup>2</sup>	발병초부터 수확7일전까지 2회살포
8	잎도열병	미생물제 (바이오랙스)	정수유통	10g/물20ℓ	발병초 7일간격 살포
9	잎도열병	미생물제 (청고이지)	파이오니아	300배	발병초기 10일간격 살포
10	목도열병	식물추출물 (열스탑골드)	바이코시스	500배	출수7일전 해진후나 이른새벽 3일간격 2-3회살포
11	목도열병 잎도열병 잎집무늬마름병	석회보르도액 (조은보르도)	동원화학	60배 40배 40배	출수전 1회처리 발병초 7일간격 발병초 7일간격
12	잎도열병 잎집무늬마름병	석회보르도액 (보드스타)	고려바이오	166배	발병 직후부터 6일간격 살포
13	잎집무늬마름병	자몽추출물(포엑스)	지디	1,000배 140ℓ/1,000m <sup>2</sup>	발병초 7일간격 살포
14	잎집무늬마름병	미생물제 (위조금지)	파이오니아	300배	발병초 7일간격 살포
15	잎집무늬마름병	석회보르도액 (바이문)	케이지바텍	125배 (약량1ℓ)	발생초기 10a당 150ℓ 살포
16	잎도열병 잎집무늬마름병	석회보르도액 (미볼드)	일신케미칼	500배 (약량2kg) 2kg/1000L(50달)	이양후 - 수확시

[표 2] 국내외 미생물농약의 연구개발 현황 및 활용

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황		
		제품명	제품제제	대상작물병
(주)바이오리소스	다기능성 미생물농약, 길항미생물의 대사산물에 의한 병원균의 억제효과	미생물제 (Bacillus E)	Bacillus E (1.0×10 <sup>11</sup> cfu/ml)	고추역병, 청고병, 뿌리썩음병, 고추 탄저병
		바이오퍼 (Biofer)	Aspergillus oryzae, Photosynthetic bacteria, Bacillus sp. Paenibacillus polymyxa, Lactobacillus sp.	뿌리의 비대 및 활착 촉진, 뿌리 썩음
		바이오그린키퍼 (Bio Green Keeper)	식물추출물 복합체	작물의 생리작용을 활성화
		피코 (FICO)	Bacillus sp. FICO (1.0×10 <sup>10</sup> cfu/ml)	입고병, 키다리병, 벼문고병, 벼 도열병
		응애지기 (Bugzero)	식물추출물	응애, 진딧물, 온실가루이
(주)그린바이오텍	BT(Biopesticide Technology) 농법틀 이용한 친환경농업을 위한 기술 프로그램	담시드	Paenibacillus polymyxa AC-1 (5.0×10 <sup>7</sup> cfu/ml)	고추 역병, 오이 흰가루병, 벼 도열병
		큐팩트	Ampelomyces quisqualis AQ94013 (1.0×10 <sup>7</sup> cfu/g)	오이, 딸기 흰가루병
		셀러스	Bacillus subtilis GB-0365 (1.0×10 <sup>7</sup> cfu/ml)	토마토 잿빛곰팡이, 무화과 역병, 인삼 모잘록병
		그린올	Bacillus subtilis GB-0365 (3.0×10 <sup>7</sup> cfu/ml)	잔디 피티움마름병
(주)케이아이비씨	환경친화적 미생물제제	프라미쓰	미생물제제	고추 역병
		네마토스탑 <sup>(R)</sup>	미생물제제	시설채소나 원예작물 등. 선충
(주)신영아그로	작물병관리용 자재	에코센스	바실러스 푸밀루스 큐에스티2808	고추 역병, 딸기 흰가루병, 양파 노균병
		에코제트	바실러스 서브틸리스 큐에스티713	흰가루병, 잿빛곰팡이병
(주)혹살림	병원균 성장억제하는 효소를 생성하여 작물병을 예방, 방제하는 미생물농약	잇살림 (1호-4호)	바실러스 서브틸리스 제이제이케이238 (5.0×10 <sup>7</sup> cfu/ml)	딸기 흰가루병, (벼 도열병, 딸기 잿빛곰팡이병, 토마토 시들음병, 역병균 등 시험중)
(주)대덕바이오	작물병관리용 자재	새로이	천연추출물	오이 흰가루병
(주)고려바이오	병해관리를 위한 고품질 증진제	도열이	항균성 천연식물추출물, 식물성 기름, 미생물, 대사산물 함유	벼의 도열병
		가루스타	Bacillus subtilis(1.0×10 <sup>7</sup> cfu/ml 이상)	오이 흰가루병
		슈퍼스타	Bacillus subtilis(1.0×10 <sup>5</sup> cfu/ml 이상)	과채류, 엽채류, 과수 등 노균병
		블랙스타	Bacillus subtilis(1.0×10 <sup>5</sup> cfu/ml 이상)	박과류, 십자화과, 백합과, 삼채류 등 흑성,균핵,잿빛곰팡이
(주)동부하이텍 (동부한농화학)	환경친화적 미생물농약개발	에코제트 수화제	Bacillus subtilis QST-713 (5.0×10 <sup>8</sup> cfu/g)	오이 고추 참외 흰가루병, 딸기 잿빛곰팡이병, 토마토 잎곰팡이병
		동부키토산(액상제제)	Chitosan 1.0% 이상	작물 병원균에 대한 저항성 증진
		세레모니(액상수화제)	Beauveria bassiana TBI-1 (1.0×10 <sup>8</sup> cfu/ml 이상)	딸기 접착이응애, 토마토 온실가루이
(주)세농	친환경농업 미생물제제	에모스팜, 에모스 5	유산균, 효모, 광합성균, 방선균 등 12종의 유용미생물 유산균 4.0×10 <sup>6</sup> cfu/g 이상, 효모 4.0×10 <sup>6</sup> cfu/g 이상, 방선균 3.0×10 <sup>5</sup> cfu/g 이상)	병충해예방 및 작물 성장촉진의 효과
Auburn 대학교	친환경농업 미생물제제 (배합방법 제제개발)	Naturize <sup>TM</sup>	Inorganic fertilizer 40중 이상의 식물성장촉진 미생물	다양한 병 저항성과 식물성장 촉진효과
Florida 대학교	친환경농업 미생물제제 (Gustafson LLC, Plano TX)	BioYield <sup>TM</sup>	Bacillus subtilis strain GBO3와 Bacillus amyloliquefaciens strain GB99	식물성장촉진미생물 이용한 미생물제제

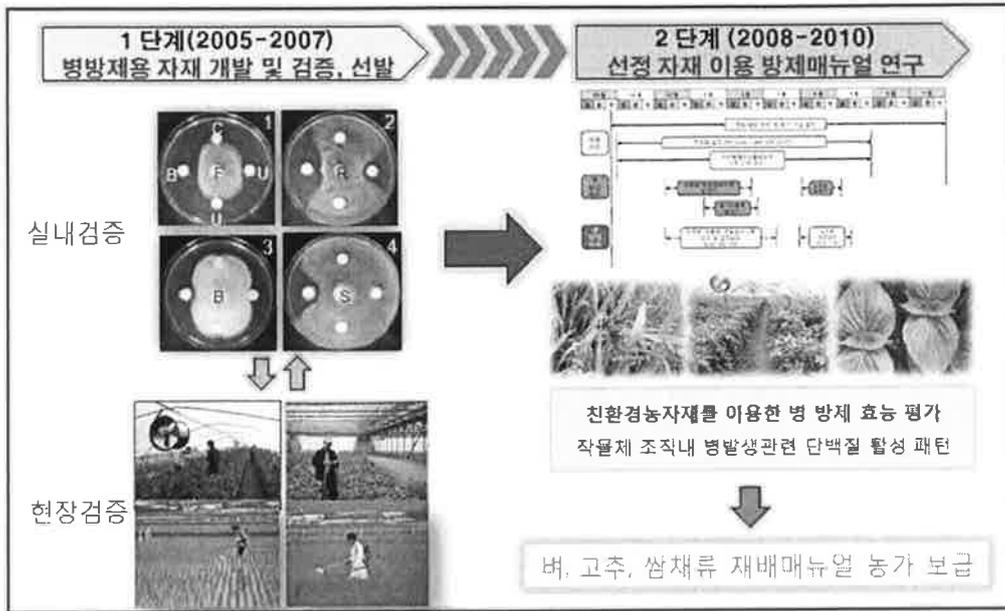
### 3. 국내·외의 연구현황

- 가. 국내에서는 토양미생물을 이용한 식물병인 역병에 관한 연구 중에 식물체내 병발생관련 단백질의 변화패턴 등에 관한 연구가 진행되어 왔다(이 등, 2005; 채 등, 2006; 정 등, 2003; 2004; 2005; 2006; 2007). 효소의 양적 변화에 관한 연구보고를 하였다(이 등, 2005). 근권 길항미생물을 이용한 포장에서 역병의 방제효과에 관한 연구가 보고되고 있다(상 등, 2008; 김 등, 2008).
- 나. 식물 내생 박테리아를 이용한 역병의 방제에 관한 연구(Melnick 등, 2008), 칠리고추의 근권으로부터 분리된 길항미생물 *Penicillium striatisporum* Pst10에 의한 역병의 생물학적 방제에 관한 연구(Ma 등, 2008)가 보고되고 있다.
- 다. 고추역병 *Phytophthora capsici*에 감염된 고추에서 길항미생물 *Paenibacillus illinoisensis*의 처리 후 식물체 근사율과 식물체내 목질화 효소의 유도(정 등, 2004), 식물체내 병원성관련단백질의 변화(정 등, 2005), 항산화와 관련된 효소의 유도(정 등, 2006)에 관한 연구보고를 하였다.
- 라. 고추역병에 감염된 고추에서 길항미생물 *Bacillus subtilis* HJ927에 의한 식물체 저항성과 관련된 효소의 양적 변화에 관한 연구보고를 하였다(이 등, 2005).
- 마. 키틴분해미생물이 포함된 퇴비처리 후 고추역병에 대한 방제 효과를 보고하였다(채 등 2006).
- 바. 우리나라의 경우 1990년~2006년 사이에 생명공학분야 특허출원의 세부기술별 특허접수율은 생물의약 및 측정진단 분야에서 25% 및 17%로 높게 나타났고, 이어서 단백질체(12%), 생물자원탐색(10%), 환경생물공학, 생물공정, 발효식품, 동식물세포배양, 효소공학, 형질전환동식물, 항체이용, 생물농약의 순이다(특허청 자료실, 2007). 현재까지 생물농약 분야에 대한 특허출원은 매우 낮은 실증이다.
- 사. 농림수산식품부에서는 친환경농업정책으로 다음과 같은 사업들로 친환경농업지구 조성 사업 확대, 2013년까지 1000ha 이상 광역 친환경농업단지 50개소 조성 추진, CODEX 기준에 맞는 유기 농산물 기준 강화, 농산물 안전성 조사 강화, 우수 농산물 관리제도(GAP) 및 이력추적제 실시, 비료 수급 정책의 전환, 천적 방제 지원 착수, 친환경 직접 지불제 개편, 기술개발·경영 컨설팅 시스템 구축, 친환경 농산물 유통 지원 강화, 농업환경 계측 시스템 구축, 소비자 영농 현장 확인·점검, 친환경농업대상 제정을 실시할 계획이다.

### 제 3 절 연구개발 수행 내용 및 결과

#### 1. 연구개발 수행 내용

구분	연구개발의 내용	연구범위
3차년도	○ 시설재배 식물병에 대한 친환경농자재 검증	○ 친환경농자재의 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사 ○ 작물의 일반적 생육 및 성장 조사 ○ 시험구의 식물체내 병발생관련단백질 및 효소의 활성변화 패턴조사
	○ 고추역병에 대한 친환경농자재의 개발	○ 고추역병에 대한 선발 미생물로부터 분리된 병발생관련단백질의 효소 활성 조사
	○ 쌈채(잎들깨)와 벼 식물병에 대한 친환경농자재 검증	○ 친환경농자재의 쌈채(잎들깨)와 벼 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사
4차년도	○ 시설재배 식물병에 대한 친환경농자재 검증	○ 친환경농자재의 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사 ○ 작물의 일반적 생육 및 성장 조사 ○ 시험구의 식물체내 병발생관련단백질 및 효소의 활성변화 패턴조사
	○ 쌈채(잎들깨) 식물병에 대한 친환경농자재의 개발	○ 쌈채(잎들깨) 식물병에 대한 선발 미생물로부터 분리된 병발생관련단백질의 효소 활성 조사 ○ 미생물로부터 얻어진 효소의 특성조사 여부
	○ 벼 식물병에 대한 친환경농자재 검증	○ 친환경농자재의 벼 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사
5차년도	○ 시설재배 식물병에 대한 친환경농자재 검증	○ 친환경농자재의 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사 ○ 작물의 일반적 생육 및 성장 조사 ○ 시험구의 식물체내 병발생관련단백질 및 효소의 활성변화 패턴조사
	○ 벼 식물병에 대한 친환경농자재의 개발	○ 벼 식물병에 대한 선발 미생물로부터 분리된 병발생관련단백질의 효소 활성 조사 ○ 미생물로부터 얻어진 효소의 분리·정제



[그림 1] 연구개발 추진전략

## 2. 연구개발 수행 결과 (I)

### 가. 고추 식물병에 대한 친환경농자재의 개발 및 검증

#### (1) 시험포장 재배환경

고추의 병방제 친환경농자재의 검증을 위하여 전라남도 나주시 남평읍 평산2리 이화철 농가의 공동포장 관행재배구와 무농약재배구 각각 1동씩에 동일한 조건으로 방충망, 차광망, 온도 조절을 위한 환기시스템, 유동팬과 온도/습도계를 설치하고, 벌을 투입하여 재배하였다(그림 1-1). 관행재배구 및 무농약재배구 시험포장의 면적은 각각 약 660 m<sup>2</sup> (200평)이었으며, 고추품종 청양을 2008년 2월 27일 각 시험구에 608주 유묘를 정식하였다. 정식 후 50일차 키턴미생물 배양액(250L/200평)을 관주하고, 재배기간 동안 약 7~10일 간격으로 총 12회 관주하였다.



[그림 1-1] 공동포장 내 유동팬, 방충망, 차광망 및 온도/습도계 설치 전경

(2) 시험포장에 사용된 주요 친환경농자재 및 화학농약

공동포장 내 관행재배구에 고추 식물병 관련하여 사용된 시판용 화학농약의 목록(표 1-1)과 무농약재배구에 사용된 시판되는 미생물 함유의 친환경농자재의 목록(표 1-2)을 나타내었다.

[표 1-1] 공동포장 관행재배구에 사용된 화학농약

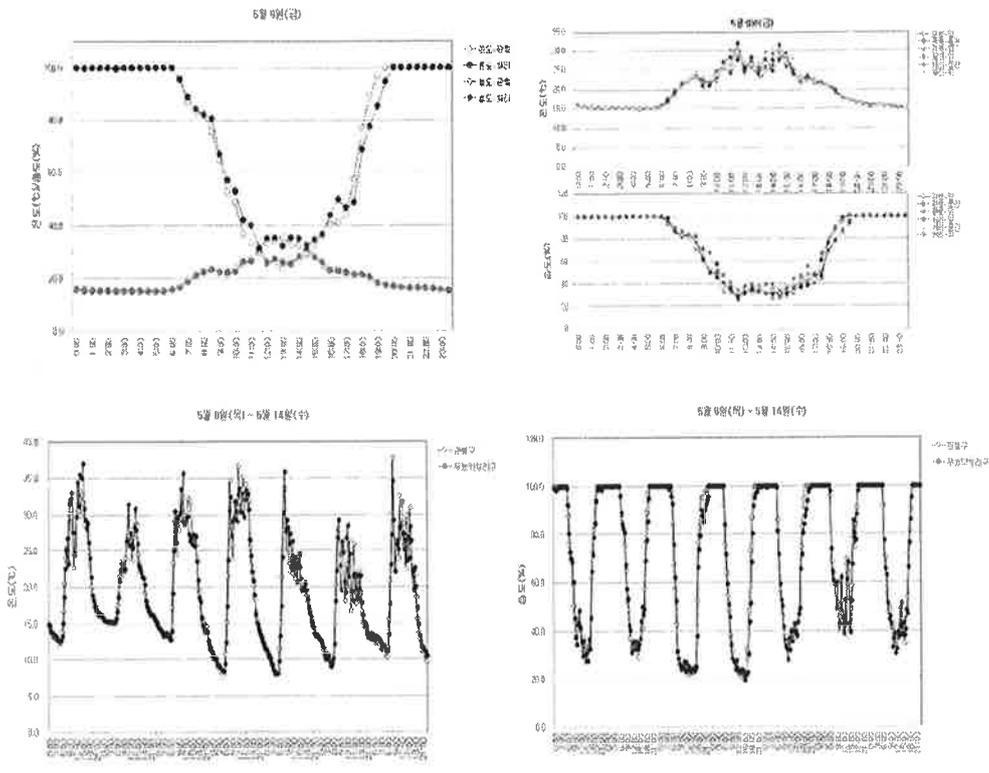
회사명	제품명	대상작물병	유효성분	기타성분
신젠타코리아(주)	웅달샘	역병	Ethaboxam 10% Dimethomorph 15%	계면활성제, 보조제, 중량제 75%
동부정밀화학	리도밀	역병	Metalacxyl 25%	계면활성제, 보조제 75%
한국삼공(주)	힌트	흰가루병	Cyflufenamid+ Hexaconazole	-
(주)동부하이텍	더마니	흰가루병	Polyoxin B	-

[표 1-2] 공동포장 무농약재배구에 사용된 미생물제 친환경농자재

회사명	제품명	대상작물병
A	Fic	역병, 청고병, 뿌리썩음병, 고추 탄저병
B	Eco	고추 역병, 딸기 흰가루병 양과 노균병
C	BC	토양전염성 식물병 감소
	BQ	토양전염성 식물병 감소, 생육촉진
	BH	BC와 BQ 균주 복합 배양하여 입제화

(3) 시험구별 온도·습도 제어현황 조사

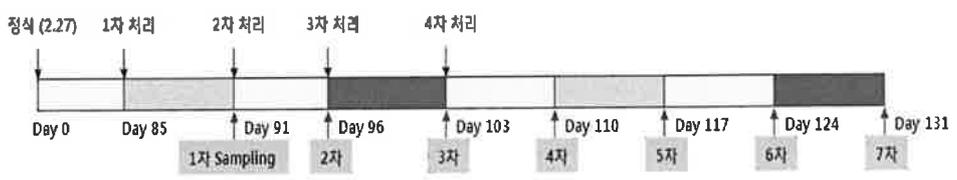
공동포장 내 관행재배동와 무농약재배동에서 작물의 생육기간동안 온도와 습도의 변화를 조사하였다. 일별 온도·습도변화와 하우스내 위치별 온도변화를 조사한 한 결과 관행재배구와 무농약재배구에서 큰 차이가 나타나지 않았다(그림 1-2).



(사업단 공동 시험포장에서 도출된 공동연구 결과임)  
 [그림 1-2] 일별, 주별, 하우스 내 위치별 온도·습도변화 (관행구, 처리구)

(4) 연구 방법

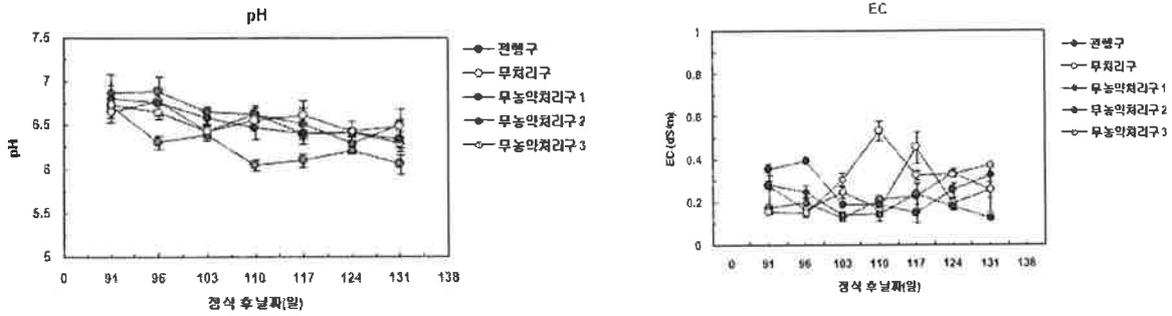
공동포장 내 친환경농자재 검증을 위하여 고추역병에 대한 농자재(Eco, Fic)를 사용하였다. 정식 후 85일차에 무농약재배구에 4개의 처리구[무처리구, 처리구1(Eco 500배 희석액-관주 방충망근처), 처리구2(Eco 500배 희석액-관주 안쪽), 처리구3(Fic 250배 희석)]으로 나누어 4회 관주처리하였다. 이후 7차까지 시료를 채취하여 관행재배구와 비교하여 토양중의 pH/EC, 식물병 발병율조사, 식물체내(잎·열매) 병발생관련단백질의 함량 및 활성변화를 조사하였다. 또한, 작물의 일반적 생육조사, 작물의 수확량, 농가소득 등을 비교 분석하였다.



(5) 연구 결과 (I) : 3차년도 시험결과

(가) 시험구에 대한 토양 pH·EC 변화조사

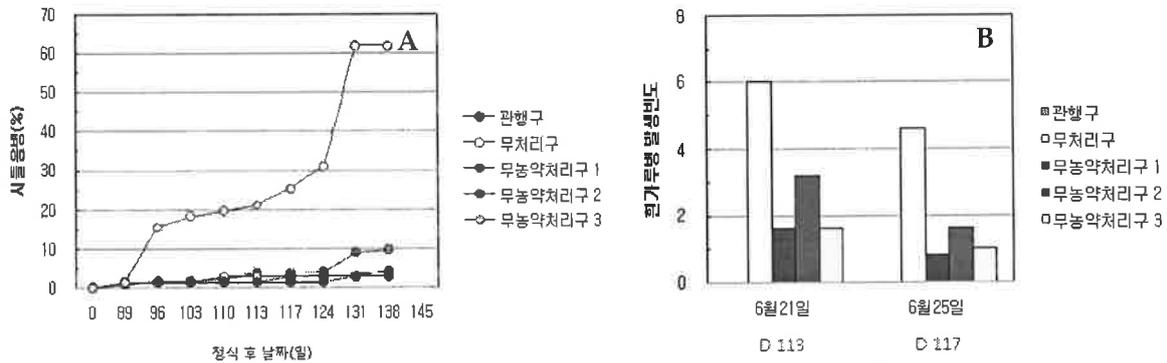
관행재배구와 무농약재배구에서 토양중의 pH·EC 변화를 조사하였다(그림 1-3). 관행구 토양에서 농자재 처리 후 무농약재배구에 비하여 약간 낮은 pH 함량을 보인 반면, EC 함량의 변화는 초기에 약간 낮은 수준을 보이다가 생육 후기에 증가하는 경향을 보였다.



[그림 1-3] 시험구내 친환경농자재 처리 후 토양 pH·EC 변화

(나) 식물병(역병·시들음병·흰가루병) 발생을 조사

본 시험에서는 관행재배구와 무농약재배구에서 뚜렷한 역병의 병징은 나타나지 않았다. 시들음병의 발병율을 조사한 결과 관행재배구가 처리구1, 처리구2에 비해 정식 후 138일차에 약간 높은 경향을 보였고, 처리구3에서는 방충망 근처의 이랑으로 강우에 의한 침수의 피해를 받아 토양수분 함량이 너무 높아져 시들음병원균의 발생이 많았던 것으로 사료된다(그림 1-4A). 흰가루병의 발생빈도를 조사한 결과 정식후 113일차와 117일차를 비교한 결과 관행재배구 경우 거의 나타나지 않은 반면, 무농약재배구 경우 무처리구에 비하여 처리구에서 약간 낮은 병발생 빈도를 보였다(그림 1-4B).



[그림 1-4] 친환경농자재 처리후 시들음병 발생을 변화(A) 및 흰가루병 발생빈도(B)

(다) 식물체내 병발생관련단백질의 함량변화 조사

본 시험에서는 친환경농자재 처리후 생육기간동안 관행재배구와 무농약재배구 내 고추작물의 식물체 잎과 열매 조직내 병발생관련단백질의 변화를 조사하였다(그림 1-5). 고추 잎조직내에서 관행재배구와 무농약재배구 간에 유사한 활성변화는 보였다. 한편, 처리구3의 경우 수해로 인한 수분 스트레스의 원인으로 식물체내 병발생관련단백질의 활성변화가 크게 나타났다. 특히 키틴아제(chitinase) 활성의 경우 처리 후 5, 6차 채취시료에서 활성이 가장 높았고, 글루칸아제( $\beta$ -1,3-glucanase) 활성의 경우 처리 후 6차 채취시료에서 활성이 가장 높았으며, 퍼옥시다제(peroxidase) 활성의 경우 처리 후 7차 채취시료에서 가장 높은 활성을 보였다. 고추 열매 조직의 병발생관련단백질의 활성변화가 잎의 경우와 비슷한 경향을 보였다.

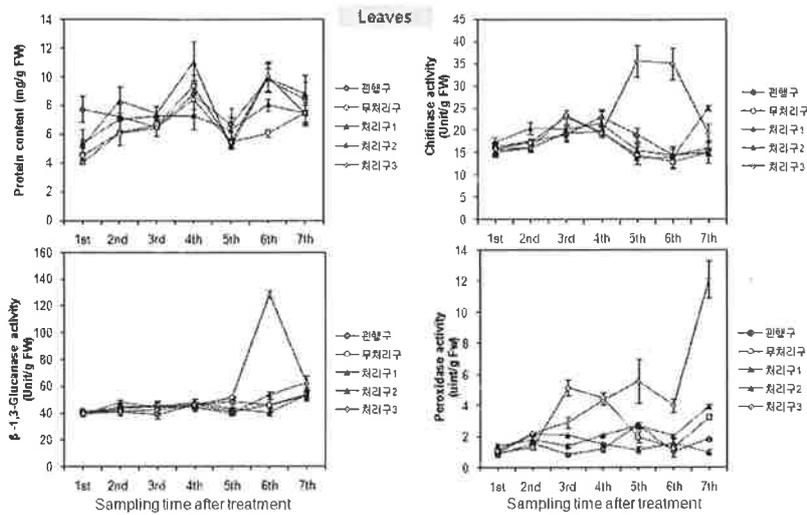


Figure. Changes of PR-proteins activity in pepper leaves during growth stage after treatment.

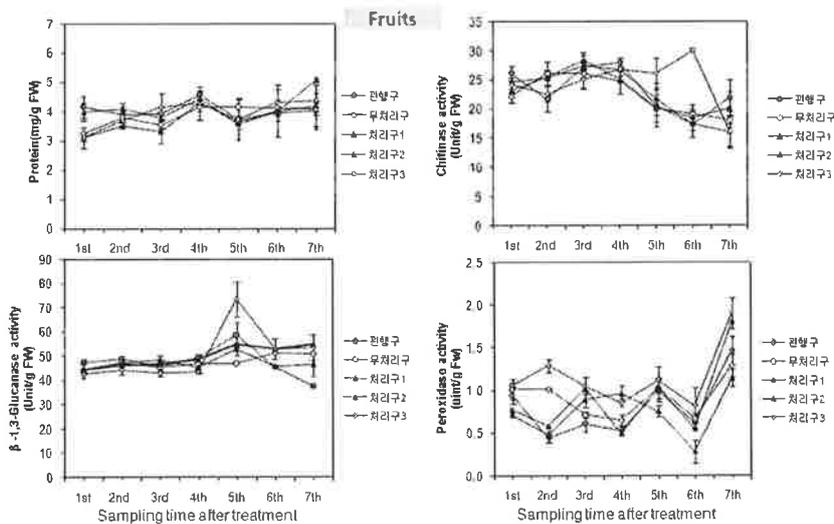
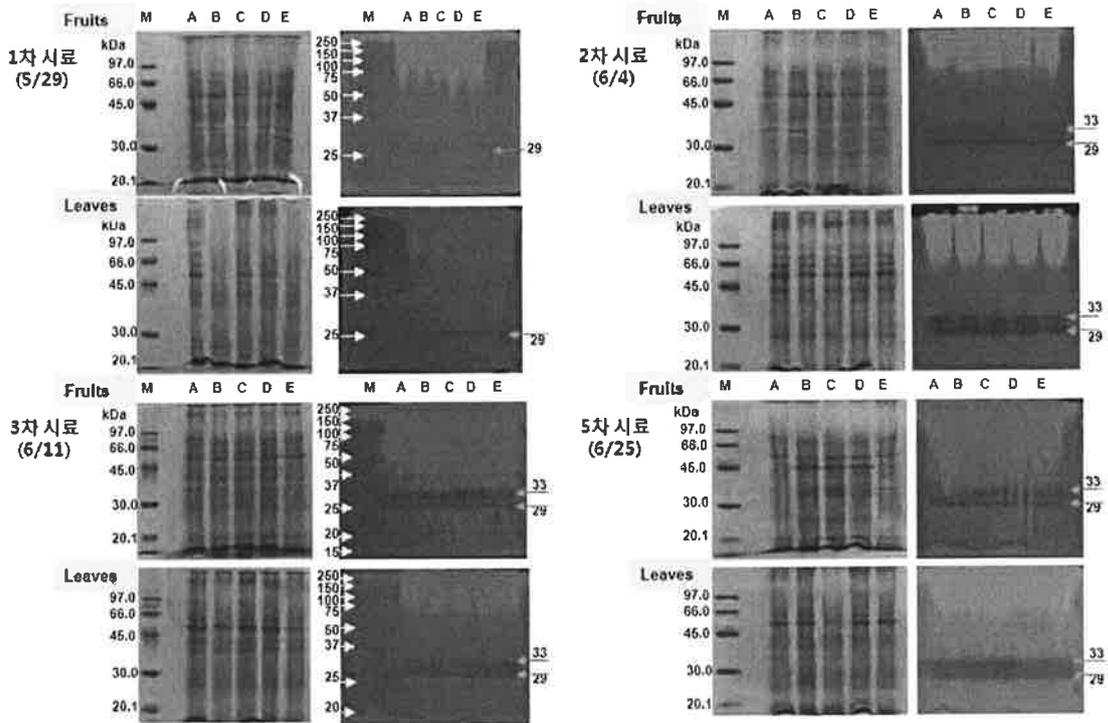


Figure. Changes of PR-proteins activity in pepper fruits during growth stage after treatment.

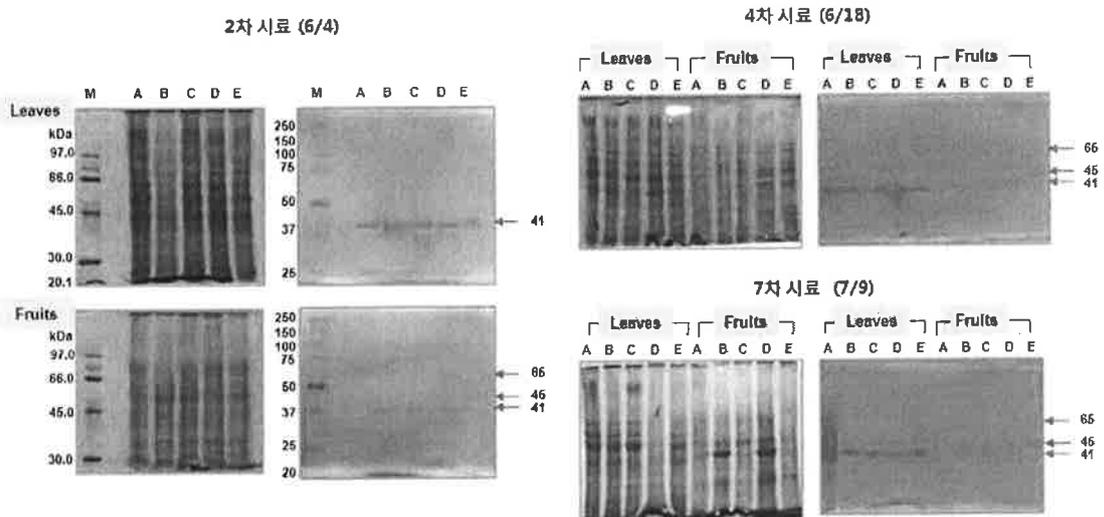
[그림 1-5] 시험구 식물체내 병발생관련단백질의 함량변화 조사

(라) 시험구 식물체내 병발생관련단백질의 활성염색 조사

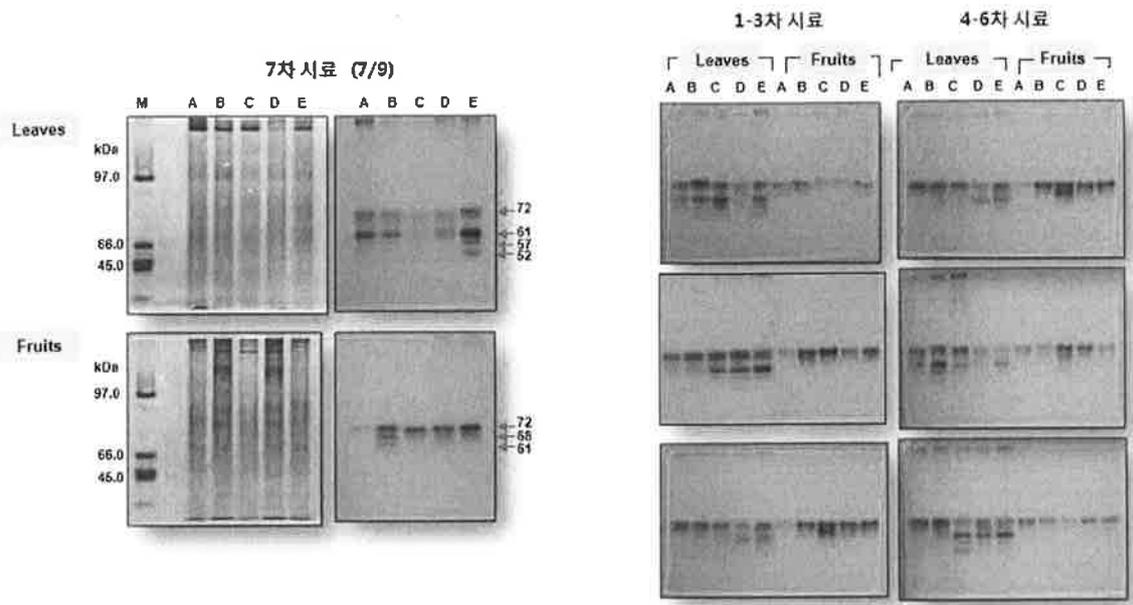
친환경농자재 처리후 생육기간동안 관행재배구와 무농약재배구 내 고추작물의 식물체 잎과 열매조직내 병발생관련단백질의 SDS-PAGE를 통한 활성염색을 조사하였다. 먼저 키틴아제의 활성염색 조사결과 1차 초기 열매와 잎시료에서는 약 29 kDa의 효소가 각각 확인되었고 이후 2차 시료부터는 열매와 잎시료에서 29 kDa과 33 kDa의 2개 이소자임(isozymes) 키틴분해효소가 나타났다(그림 1-6). 글루칸아제 활성염색 조사결과 잎시료에서는 약 41 kDa의 효소가 각각 확인되었고 열매의 경우는 41 kDa을 제외한 45 kDa, 65 kDa의 효소를 확인하였다(그림 1-7). 퍼옥시다제 활성염색 조사결과 잎시료에서는 4개 이소자임인 72, 61, 57, 52 kDa이 확인되었고 열매의 경우는 3개의 이소자임(72, 68, 61 kDa)을 확인하였다(그림 1-8). 특히 7차 시료 잎조직의 경우 처리구3에서 가장 강한 활성을 나타내는 것을 활성염색에서 잘 확인할 수 있었다. 식물체내 병발생관련단백질의 활성염색의 시험결과, 작물의 피해를 입은 처리구3을 제외하고는 변화의 폭이 매우 적었다.



[그림 1-6] 식물체내 병발생관련단백질 중 키틴아제의 활성염색. 12% SDS-PAGE (단백질 20ug), (A) 관행구, (B) 무처리구, (C) 처리구1, (D) 처리구2, (E) 처리구3



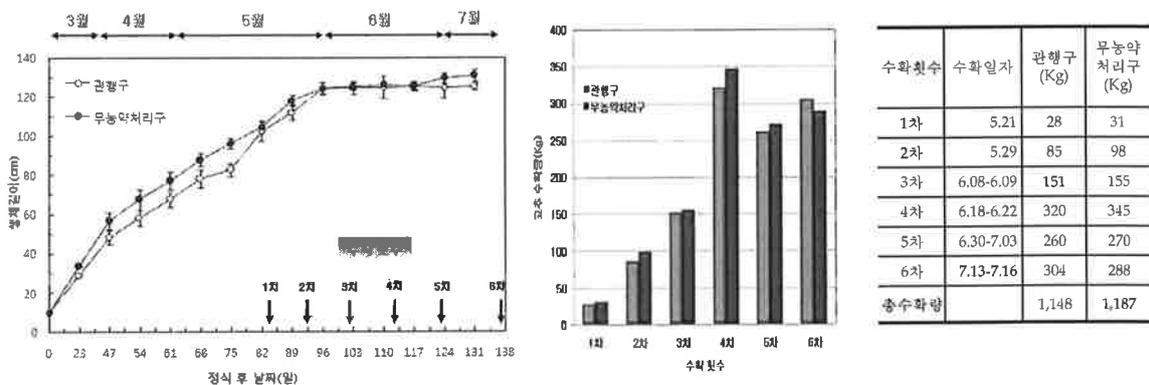
[그림 1-7] 식물체내 병발생관련단백질 중 글루칸아제의 활성염색. 10% SDS-PAGE (단백질 20ug), (A) 관행구, (B) 무처리구, (C) 처리구1, (D) 처리구2, (E) 처리구3



[그림 1-8] 식물체내 병발생관련단백질 중 퍼옥시다제의 활성염색. 8.5% Native PAGE (단백질 20ug), (A) 관행구, (B) 무농약재배구, (C) 처리구1, (D) 처리구2, (E) 처리구3

(마) 고추작물 생육조사 및 수확량

공동포장 내 관행재배동과 무농약재배동에서 작물의 생육기간동안 초장변화 및 수확량을 조사하였다. 정식 후 처리구 사이에는 초기 무농약재배구에서 초장이 약간 높았으나 생육이 진행됨에 따라 관행재배구와 유사한 경향을 보였다(그림 1-9). 정식 후 84일차에 1차 수확을 시작으로 생육기간 중 전체 6회에 걸쳐 수확량을 조사한 결과 수확시기별 무농약재배구에서 약간 높은 수확량을 보였으나 최종 수확량은 관행재배동에서 1,148 kg, 무농약재배동에서 1,187 kg으로 처리간 유사한 수확량을 보였다.



(사업단 공동 시험포장에서 도출된 공동연구 결과임)  
[그림 1-9] 고추(청양)작물의 초장변화 및 수확량

(바) 사용된 자재 방제회수 및 방제비용

공동포장 내 관행재배동과 무농약재배동에서 사용된 자재의 방제회수, 방제비용을 표 1-3에

서 나타내었다. 무농약재배구가 관행재배구에 비해 높은 방제비용이 소요되었다. 식물병 방제용 농자재 대비 농가 소득을 표 1-4에 나타내었다. 그 결과 무농약재배구에서 약간 높은 농가 소득을 보였다. 공동포장 관행재배구에 처리한 7가지 농약을 살포한 후 토양내 잔류농약을 HPLC, HPLC-MS,  $\mu$ -ECD,NPD기기로 분석한 결과 관행재배구와 무농약재배구 모두 잔류농약이 검출되지 않았다.

[표 1-3] 시험구별 농약(관행재배)과 친환경농자재(무농약재배) 사용현황

자재 사용 현황	관행 재배	무농약 재배
사용 농자재명	리도밀, 옹달샘, 더마니, 힌트	Top, Mai, Bu-GL, BAC-1, Eco, Fic
방제횟수	7	8
방제비용(사용량 기준)*	22,000원	32,755원

\* 식물병 방제용 친환경자재는 종류가 한정되어 있으며 원료가격 때문에 그 가격이 합성농약에 비해 높은 편임 (사업단 공동 시험포장에서 도출된 공동연구 결과임)

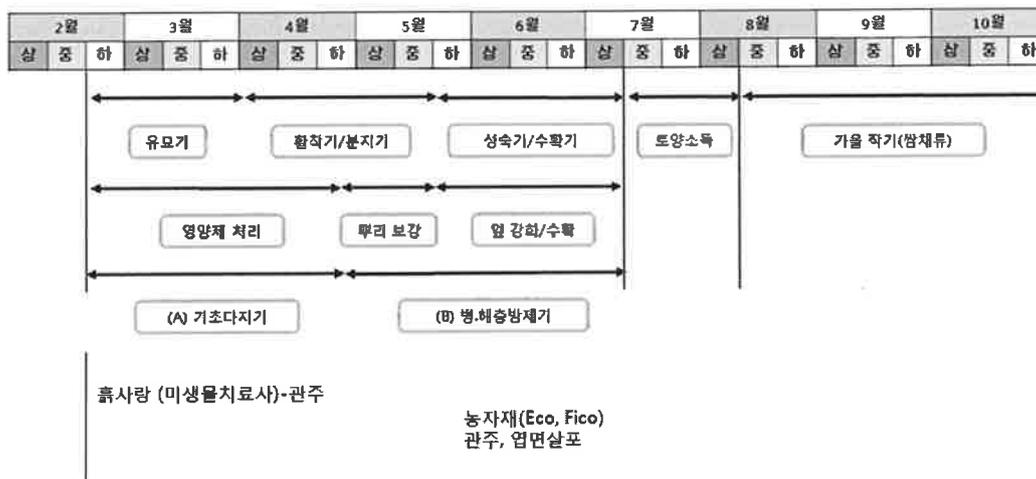
[표 1-4] 시험구별 (관행재배, 무농약재배) 농가소득 비교

작물 생산현황	관행 재배	무농약 재배
작물 생산량(Kg)	1,148	1,187
수입액(원)	2,926,000	3,025,300
식물병 방제용 자재 대비 소득(원)	2,904,000	2,992,545

(사업단 공동 시험포장에서 도출된 공동연구 결과임)

(사) 고추 식물병에 대한 친환경 재배력 예시(안)

시판 친환경농자재의 적절한 혼합 시용으로 고추 식물병에 대한 무농약 병 방제매뉴얼을 그림 1-10에 나타내었다.



(사업단 공동 시험포장에서 도출된 공동연구 결과임)

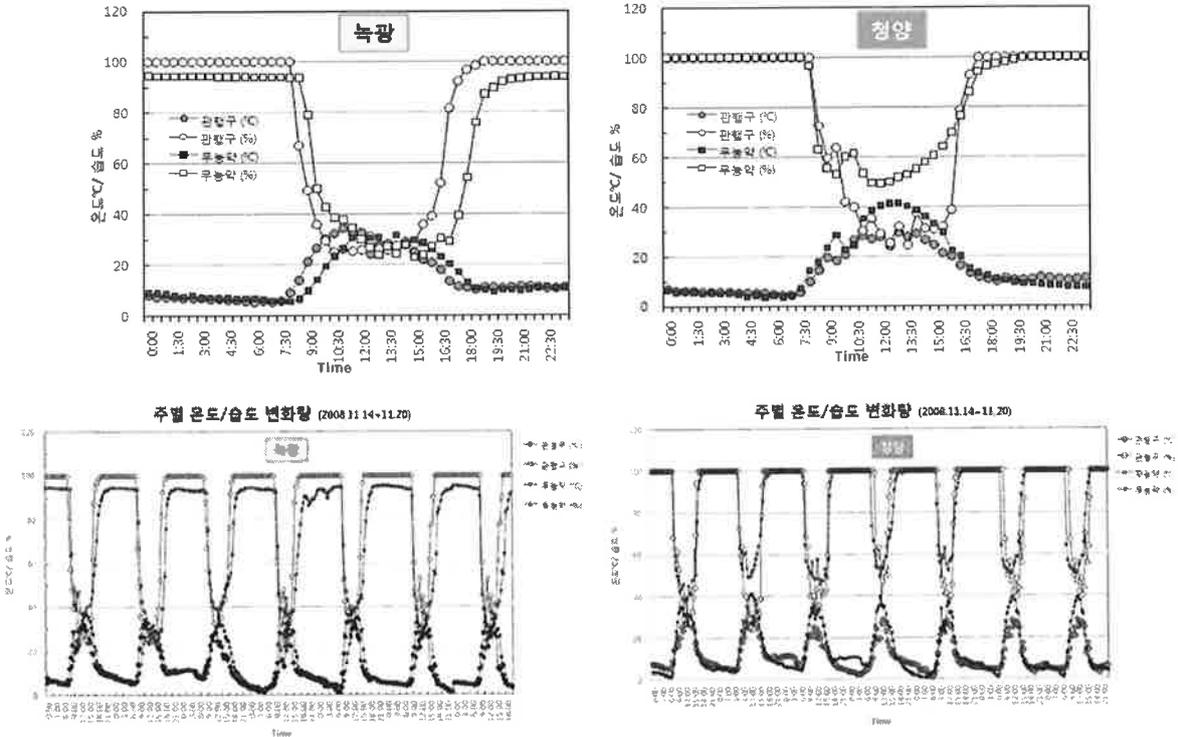
[그림 1-10] 고추 친환경 무농약 재배력

(6) 연구 결과 (II) : 4차년도 실험결과

(가) 시험구에 대한 온도/습도 변화량

공동포장 내 관행재배구와 무농약재배구에서 고추 녹광 및 청양품종의 생육기간동안 온도와 습도의 변화를 조사하였다(그림 1-11). 온도/습도 일일 변화량에서 녹광의 경우 관행재배구와 무농약재배구에서 온도/습도의 차이가 보이지 않았지만 청양의 경우 무농약재배구에서 온도/습도가 높게 나타났다.

일일 변화량 (2008.11.15)



[그림 1-11] 일별 및 주별 재배동 내 온도/습도 변화량 (관행구, 처리구)  
(사업단 공동 시험포장에서 도출된 공동연구 결과임)

(나) 시험구 식물체내 병발생관련단백질의 함량변화

고추 녹광 작물의 생육기간동안 관행재배구와 친환경농자재를 처리한 무농약재배구 내 식물체 잎과 열매 조직내 병발생관련단백질의 함량변화를 조사하였다(그림 1-12). 고추 잎조직의 경우 키틴아제는 시험구간에 유의적인 차이는 보이지 않았다. 글루칸아제 활성의 경우 2차 시료 분석에서 관행구의 활성이 무농약처리구에 비해 매우 높게 나타났으나 3차 시료분석 오히려 가장 낮은 활성을 보이고 있다. 펌옥시다제 활성의 경우 글루칸아제 활성의 변화와 비슷한 경향을 보였다. 고추 열매조직의 경우 글루칸아제 및 펌옥시다제 활성이 2차 시료분석시 각각 BI 처리구와 Eco 처리구에서 다른 처리구에 비해 가장 높게 나타났다.

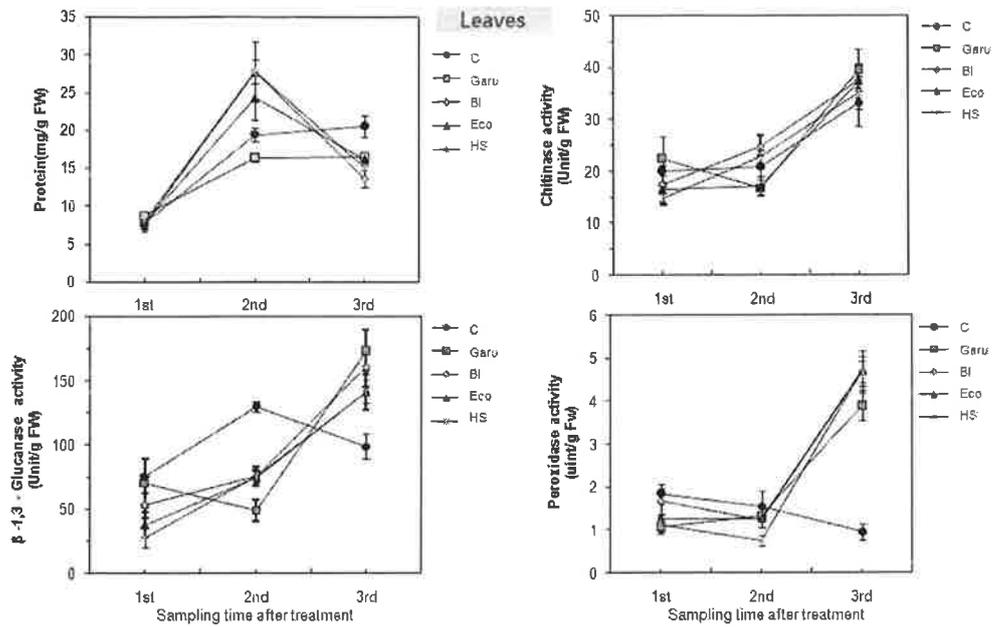


Fig Changes of PR-proteins activity in pepper (NG) leaves during growth stage after treatment.

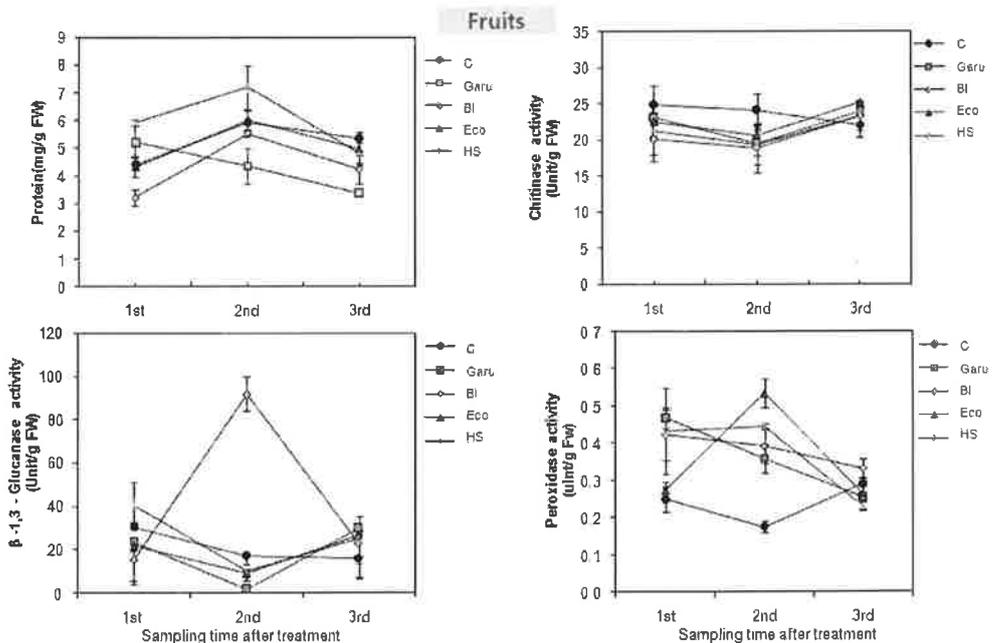


Fig Changes of PR-proteins activity in pepper (NG) fruits during growth stage after treatment.

[그림 1-12] 녹파고추 식물체내(잎과 열매) 병발생관련단백질의 함량변화

고추 청양 작물의 생육기간동안 관행재배구와 친환경농자재 처리 한 무농약재배구 내 식물체 잎과 열매 조직내 병발생관련단백질의 함량변화를 조사하였다(그림 2-13). 고추 잎조직의 경우 키틴아제와 퍼옥시다제 활성의 경우 3차 시료분석시 관행구의 활성이 더 높게 나타났다. 열매조직의 경우 키틴아제와 글루칸아제 활성의 경우 3차 시료분석시 Garu 처리구를 제외한 모든 처리구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 퍼옥시다제 활성의 경우 관행구에서 시기별 시료분석 모두 낮은 활성을 보였다.

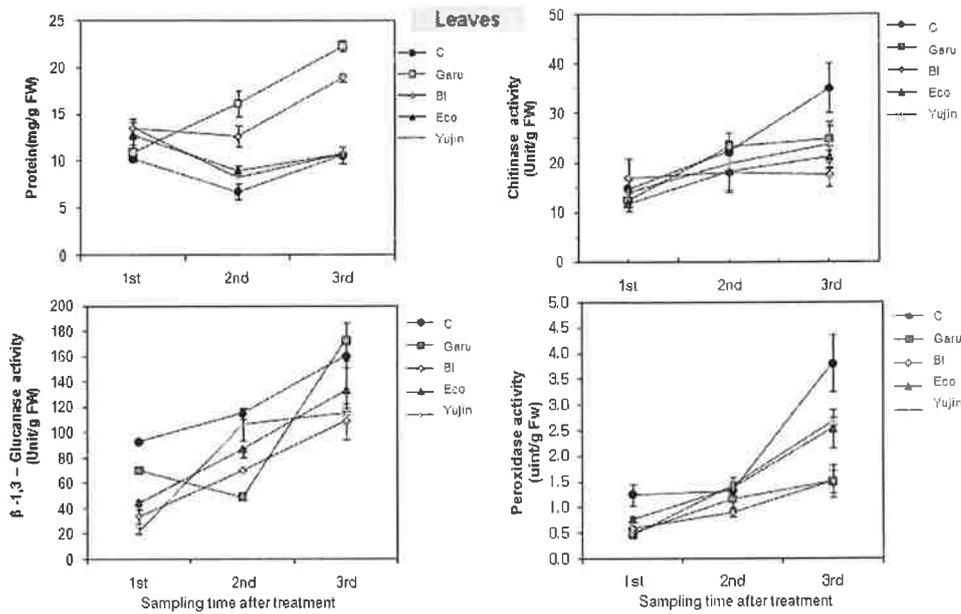


Fig. Changes of PR-proteins activity in pepper (CY) leaves during growth stage after treatment.

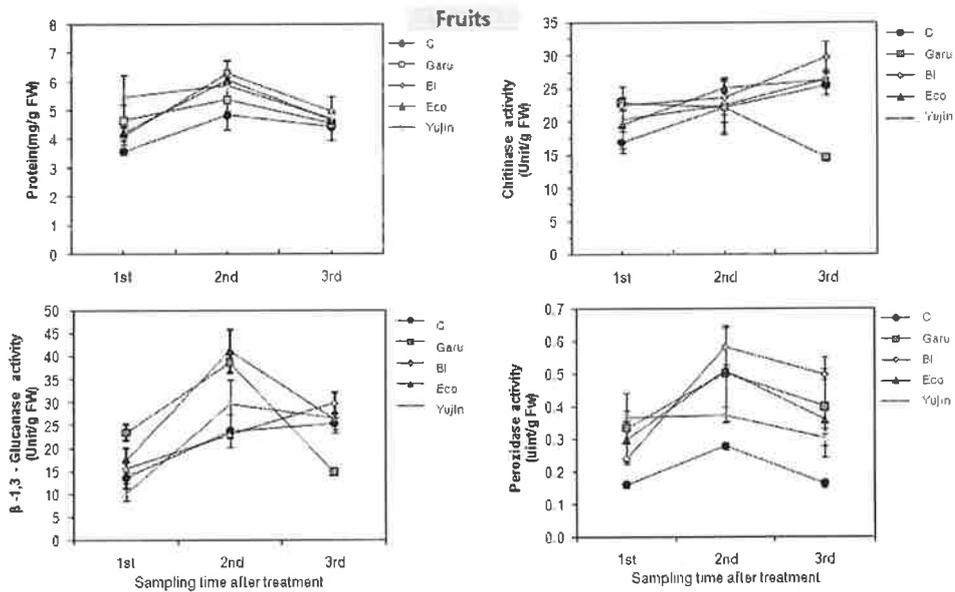


Fig. Changes of PR-proteins activity in pepper (CY) fruits during growth stage after treatment

[그림 1-13] 청양고추 식물체내(잎과 열매) 병발생관련단백질의 함량변화

(다) 시험구 식물체내 병발생관련단백질의 활성패턴

고추작물(청양 및 녹광)의 생육기간동안 관행재배구와 무농약재배구에서 고추작물의 식물체 잎과 열매 조직내 병발생관련단백질의 활성패턴을 조사하였다. 먼저 키틴아제의 활성패턴을 조사한 결과 녹광의 경우 1차 초기시료 잎조직내에서 약 29 kDa과 33 kDa의 이소자임이 확인된 반면 열매 조직내에서 관행구, Eco, HS, Yujin를 제외한 Garu 및 BI구에서는 29 kDa의 이소자임이 활성을 보였다(그림 1-14). 특히 BI의 경우 활성이 가장 강하게 나타났다. 2차 시료 잎과 열매 조직내에서 약 29 kDa과 33 kDa의 이소자임이 활성을 보였다. 3차 시료 잎조직내에서

관행구에 비해 친환경농자재 처리구에서 약 29 kDa과 33 kDa의 이소자임의 활성이 매우 높은 활성을 보였다. 청양의 경우 녹광과 거의 비슷한 경향을 보였으나 3차 시료 잎조직내 29와 33 kDa의 이소자임을 제외한 다른 한 개의 활성 효소가 추가로 나타났다. 글루칸아제 활성 패턴을 조사한 결과 녹광 및 청양의 잎조직내에서 뚜렷한 약 41 kDa의 효소가 각각 확인되었으나 처리간 활성의 변화는 나타나지 않았다(그림 1-15). 열매 조직내 글루칸아제 경우 활성 효소가 뚜렷하지 않았으나 청양의 경우 3개의 효소가 확인되었다. 퍼옥시다제 활성 패턴을 조사한 결과 녹광의 경우 1차 및 2차 시료 잎조직내에서 2개의 이소자임(69 kDa과 78 kDa)이 확인되었고 3차 시료 잎조직내에서 4개의 이소자임(53, 61, 69, 78 kDa)이 발현되었다(그림 1-16). 열매 조직의 경우는 약 78 kDa의 이소자임만이 강한 활성을 보였다. 청양의 경우 1차 시료 잎조직내 관행구에서 2개의 이소자임(69 kDa과 78 kDa)이 확인되었고 나머지 친환경농자재 처리구에서는 78 kDa 이소자임만이 뚜렷히 활성을 나타냈다. 2차 시료 잎조직내 관행구 및 모든 처리구에서 2개 이소자임(69 kDa과 78 kDa)이 강한 활성을 보였고 특히 BioD의 경우 4개의 이소자임(53, 61, 69, 78 kDa)이 나타났다. 3차 시료 잎조직내 2개 이소자임(69 kDa과 78 kDa)이 활성을 보였고 특히 관행구에서 매우 강한 활성을 보였다. 열매조직의 경우는 녹광의 품종과 같이 약 78 kDa의 이소자임만이 강한 활성을 보였다.

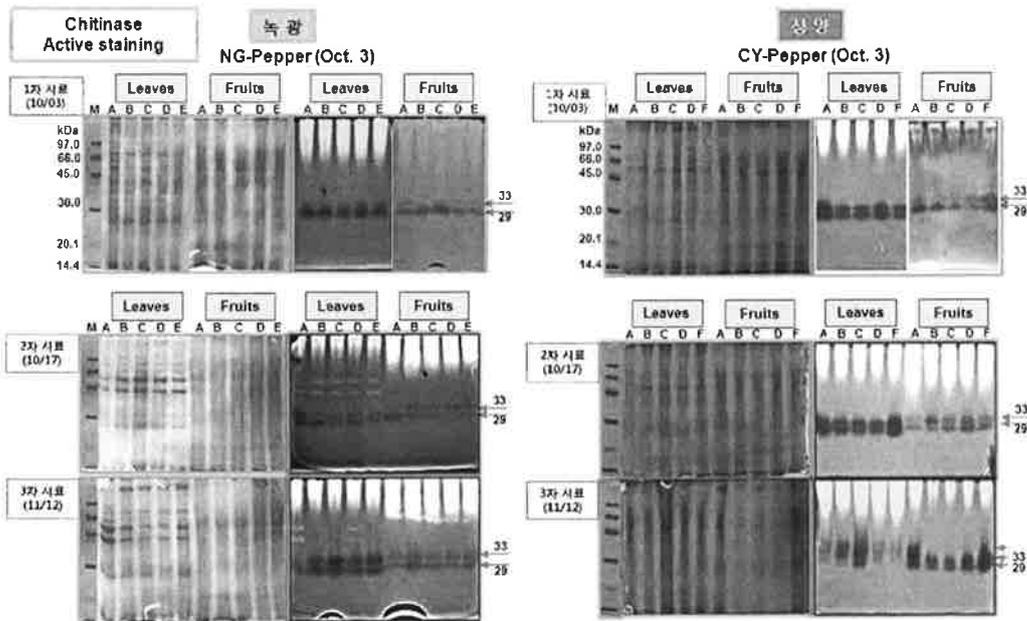


Fig. Changes of chitinase active staining on 12% SDS-PAGE (40 µg proteins) gel in Pepper at 63 days, 96 days and 103 days after treatment of environment-friendly materials: (A) Control, (B) Garu, (C) BioD, (D) Ecca, (E) HS, (F) YJ.

[그림 1-14] 식물체내 병발생관련단백질 중 키틴아제 발현패턴

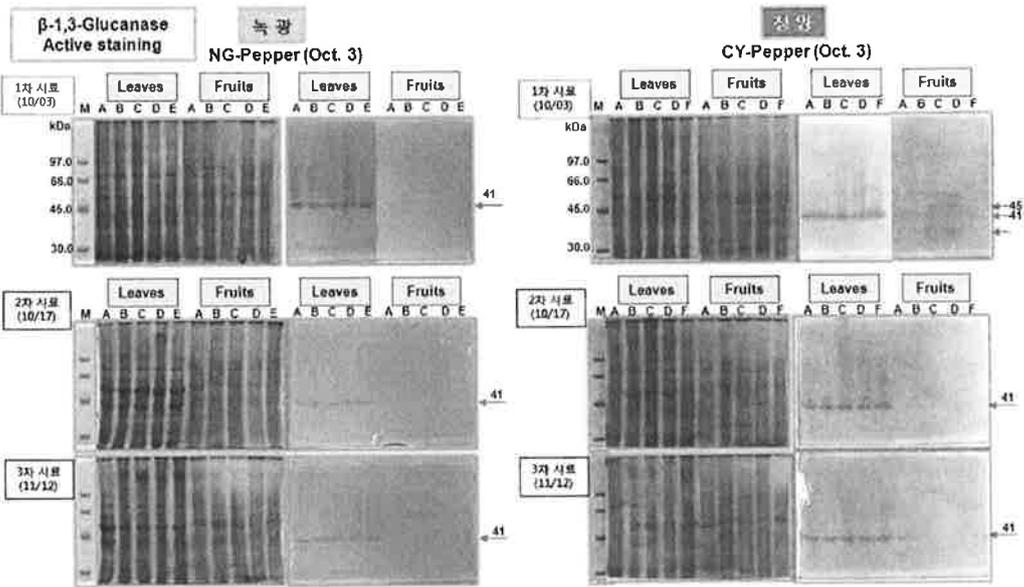


Fig. Changes of  $\beta$ -1,3-glucanase active staining on 10% SDS-PAGE (40  $\mu$ g proteins) gel in at 63 days, 96 days and 103 days after treatment of environment-friendly materials. ((A) Control, (B) Garu, (C) BioD, (D) Eco, (E) HS, (F) YJ)

[그림 1-15] 식물체내 병발생관련단백질 중 글루칸아제 발현패턴

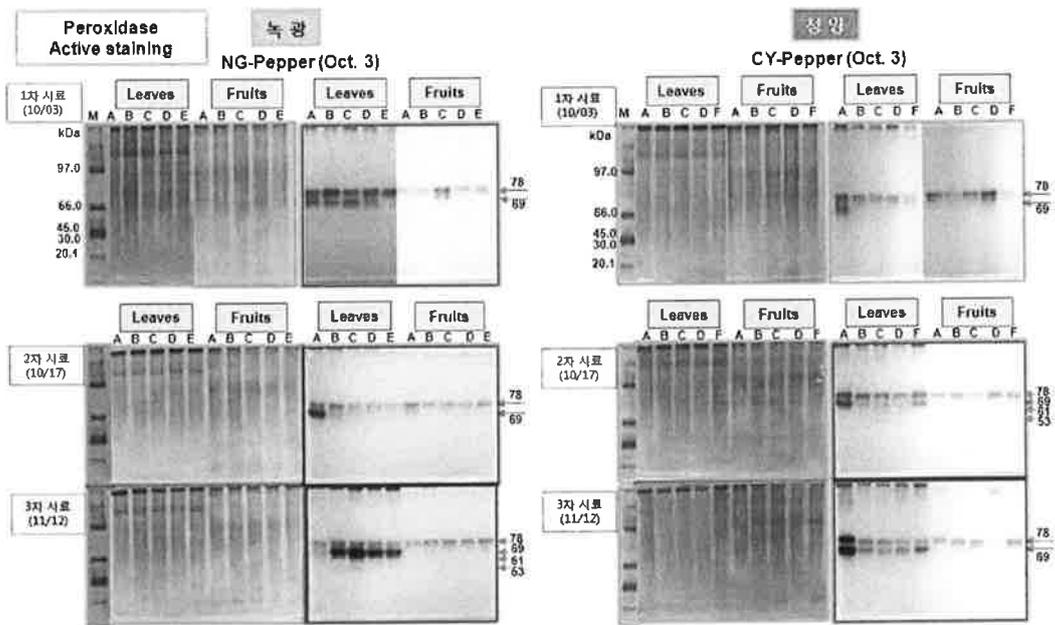


Fig. Changes of peroxidase active staining on 10% SDS-PAGE (40  $\mu$ g proteins) gel in Pepper at 63 days, 96 days and 103 days after treatment of environment-friendly materials. ((A) Control, (B) Garu, (C) BioD, (D) Eco, (E) HS, (F) YJ)

[그림 1-16] 식물체내 병발생관련단백질 중 퍼옥시다제 발현패턴

(7) 연구 결과 (III) : 고추 식물병 방제 자재 개발을 위한 실내 검정

공동포장 내 친환경농자재 검증을 위하여 고추역병에 대한 농자재 활성조사, 고추 역병균에 대한 우수한 균주의 분리, 선발된 미생물이 분비하는 병발생관련단백질의 활성조사, 식물체로부터 얻어진 추출물을 이용한 항균활성 조사를 수행하였다.

(가) 역병균에 대한 실내 시험

고추 역병균에 대한 우수한 균주의 분리를 위하여 다양한 환경조건하에서 활성이 강한 균주를 분리하였다(그림 1-17). 그 결과 고사리 식물체로부터 토양 근권미생물로부터 활성이 강한 균주를 선발하고 상동성 비교분석(16S rRNA)과 계통분석(Phylogenetic tree)을 한 결과 *Bacillus thuringiensis*와 *Leclercia adecarboxylata*로 동정되었다. 이를 각각 *B. thuringiensis* GS1와 *L. adecarboxylata* MG815로 명명하였다. 또한 키틴분해능력이 강한 균주를 식물내생균으로부터 분리하여 2개의 활성이 강한 균주를 분리하였다(그림 1-18). 그 결과 활성이 강한 균주를 선발하고 상동성 비교분석과 계통분석을 한 결과 *Serratia marcescens*과 *Aeromonas hydrophila*로 동정되었다. 이를 각각 *S. marcescens* AKL1과 *A. hydrophila* AKR1로 명명하였다.

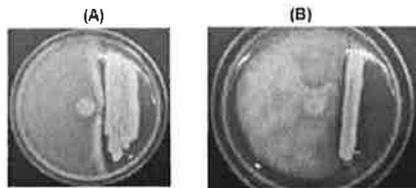
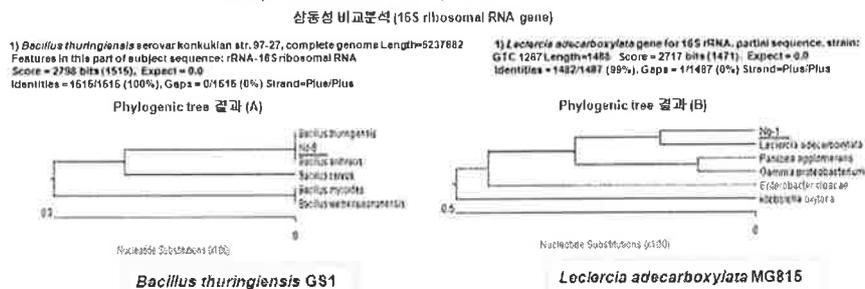


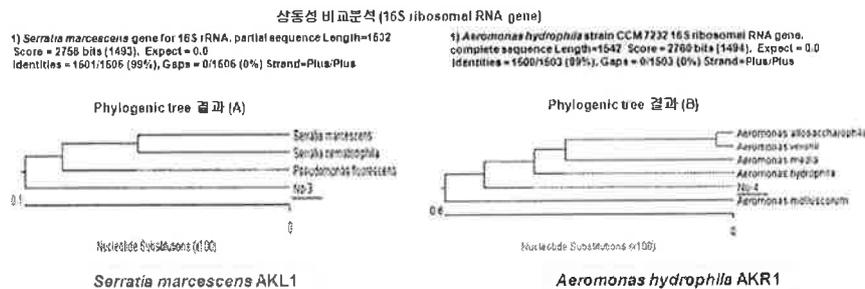
Fig. Antifungal activity against *Phytophthora capsici* Bacteria isolated from (A) *Pteridium aquilinum* var. (Gosali) and (B) Rhizosphere At 3 days after incubation with *P. capsici* KACC 40157 at 24 °C



[그림 1-17] 역병균에 활성이 우수한 균주분리 및 동정



Fig. Chitinolytic activity of endophytic bacteria Endophytic bacteria isolated from Rape(*Brassica napus*) Akela leaf (A) and Akela root (B)



[그림 1-18] 키틴분해활성이 우수한 내생균주분리 및 동정

(나) 선발 미생물이 분비하는 병발생관련단백질의 활성조사

고추역병균 방제를 위해 선발된 미생물로부터 이들이 분비하는 병발생관련단백질의 활성을

조사하였다(그림 1-19). 그 결과 유채 Akela 품종의 뿌리에서 분리된 내생미생물이 분비하는 키틴분해효소의 활성이 배양 후 3일차에 최대의 활성을 보였다.

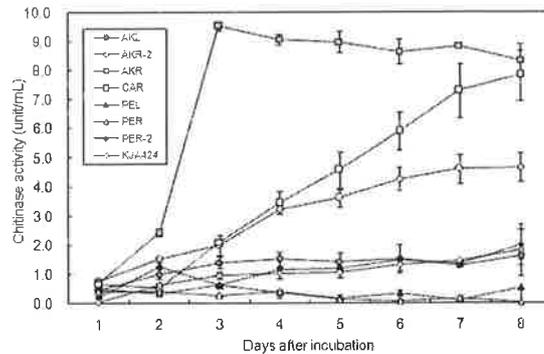


Fig. Changes of chitinase activity in supernatant by bacteria isolated from endophytic bacteria for 8 days after incubation [Rapes: Oil seed rape (Capitol), Forage rape (Akela and Petrova) KJA-424 (Rhizosphere)]

[그림 1-19] 선발된 미생물이 분비하는 식물 병발생관련단백질의 활성

(다) 식물체로부터 얻어진 추출물을 이용한 항균활성 조사

식물추출물을 이용하여 고추식물병을 일으키는 병원균들인 *P. capsici* KACC40157, *R. solani* KACC40111, *F. oxysporum* KACC40032에 대한 항균활성 및 저해율을 조사한 결과 물추출법에 얻은 백부근 시료에서 가장 높은 항균활성과 저해율을 보였다(그림 1-20). 또한, 편백나무 오일추출물 시험결과 *P. capsici* KACC40157, *R. solani* KACC40111, *B. cinerea* KACC40574에 대하여 원액, 10배 희석액, 100배 희석액을 각각 처리한 결과 원액과 10배 희석액 처리는 *B. cinerea* KACC40574 병원균에 대하여 높은 저해율을 보였다(그림 1-21).

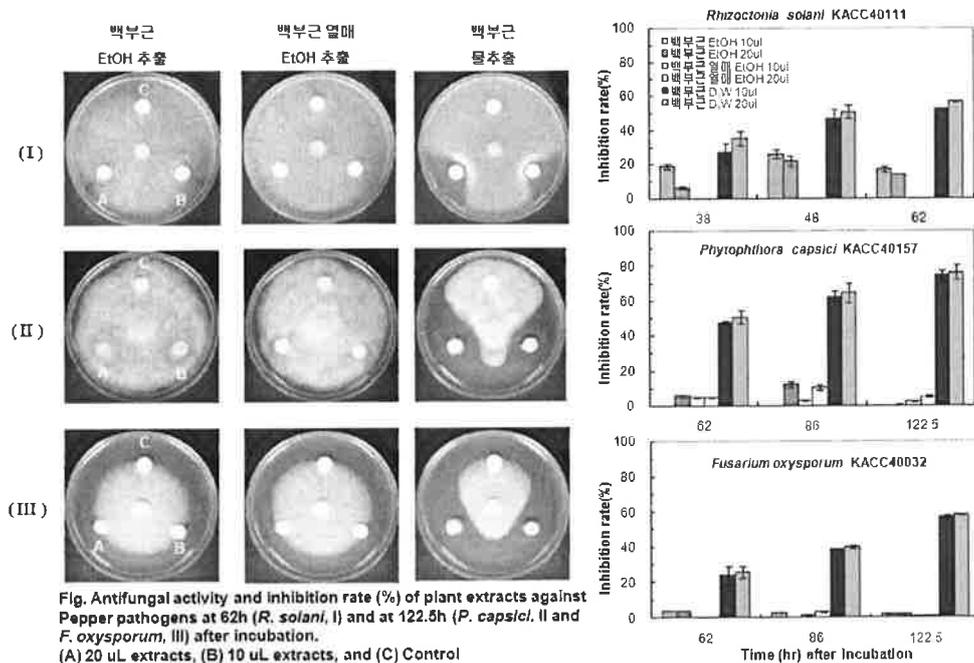


Fig. Antifungal activity and inhibition rate (%) of plant extracts against Pepper pathogens at 62h (*R. solani*, I) and at 122.5h (*P. capsici*, II and *F. oxysporum*, III) after incubation. (A) 20 uL extracts, (B) 10 uL extracts, and (C) Control

[그림 1-20] 고추 식물병에 대한 식물추출물에 의한 항균활성(1)

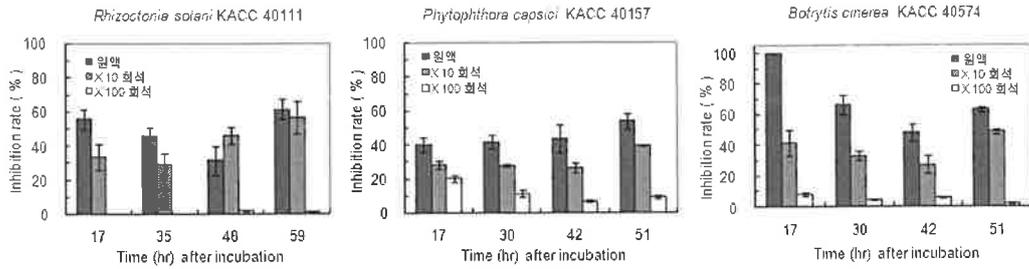


Fig. Inhibition rate (%) of oil extracts of *Chamaecyparis obtusa* against Pepper pathogens after incubation.  
 원액(퍼백나무 오일추출물), x10 희석(10배 희석오일), x100 희석(100배 희석오일)  
 $\text{Inhibition rate (IR, \%)} = (\text{Fungal colony in control} - \text{Fungal colony in treatment}) / (\text{Fungal colony in control}) \times 100$

[그림 1-21] 고추 식물병에 대한 식물추출물에 의한 항균활성(2)

나. 잎들깨 식물병에 대한 친환경농자재의 개발 및 검증

(1) 시험포장 재배환경

본 시험은 잎들깨 병방제를 위한 친환경농자재 매뉴얼을 개발하고자 한다. 시험포장은 전라남도 나주시 산포면 덕레리 박 용 농가의 공동포장 무농약재배구 3동에 방충망, 차광망, 환기시스템, 온도·습도계 및 전구시설(70구/672m<sup>2</sup>, 100w/220v)을 설치하였다(그림 2-1). 잎들깨 '만추' 품종의 육묘를 2008년 10월 27일 시험포장에 정식하였다. 무농약재배구 시험포장의 면적 규모는 한 동당 200평 (672 m<sup>2</sup>), 재식거리 5x7cm, 이랑폭 120cm, 이랑길이 80m, 휴폭 40cm이며, 1.0mx1.2m(폭x길이)당 143주 정식, 각 이랑(30평)당 총 주수는 11,440주(381주/평)였다. 본 시험구(4-2세부)의 경우 세부 처리구는 키턴퇴비처리구(CF) 2이랑 (키턴퇴비 2포/이랑), 키턴미생물처리구(CM) 2이랑 및 대조구(일반농자재처리구) 1이랑으로 나누어 시험을 실시하였다.



실험포장-잎들깨(만추)

방충망, 차광망, 온도/습도계, 전구시설

미생물 배양시설

[그림 2-1] 공동포장 내 방충망, 차광시설, 온도·습도계 및 전구시설 설치 전경

(2) 시험포장에 사용된 주요 친환경농자재 및 농약

공동포장내 무농약재배구에 처리된 기비의 사용량(표 2-1)과 잎들깨 식물병 방제에 사용된 주요 시판용 친환경농자재 목록(표 2-2)을 조사하였다.

[표 2-1] 잎들개 재배 포장에 처리한 기비의 목록 및 사용량

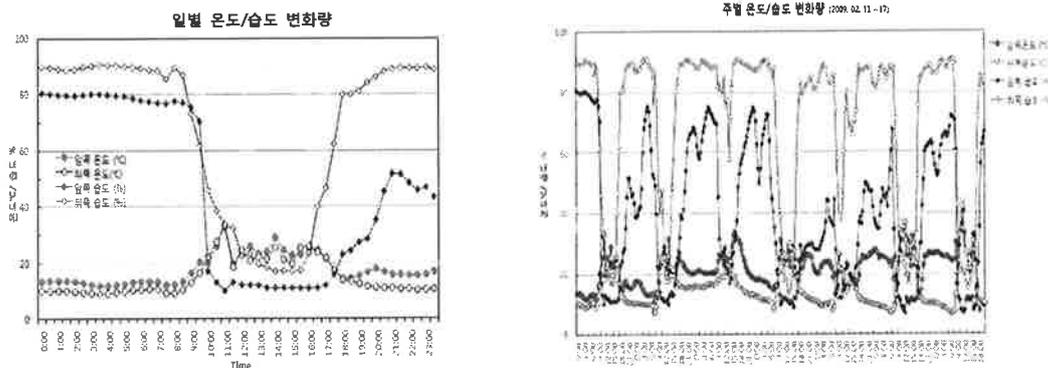
제조회사명	제품명	성분 및 효능	사용량
DHC	Magamo	완효성입상비료 N-P-K-Mg (6:40:6:15)	20kg/포 (3포/600평)
(주)신태	Mineral Gold	미량요소	10kg/포 (3포/600평)
한국바이오	퍼팩트	혼합유기질비료	20kg/포 (30포/600평)
(주)일신케미칼	흙도개비	토양활성필수영양제	10kg/포 (6포/600평)

[표 2-2] 식물병충해 방제용 시판 친환경농자재 목록

제조회사명	제품명	대상작물병	비고
A	BI	들깨 : 균핵무름병, 노균병	본 연구(4-2세부)
B	KM	들깨 : 균핵무름병, 노균병	본 연구(4-2세부)
C	CH	들깨 : 토양병	본 연구(4-2세부)
D	SM	들깨 : 노균병, 갯빛곰팡이, 녹병	본 연구(4-2세부)
E	BJ	들깨 : 잎반점병	전체구간
F	DA	들깨 : 민달팽이	전체구간

(3) 시험포장 온도·습도 제어현황

공동포장 내 무농약 재배에서 잎들개 작물의 생육기간동안 온도와 습도의 변화를 조사하였다. 일별(2009.2.11) 및 주별(2009.02.11~17) 온도·습도변화 조사한 한 결과 재배동의 위치별 뚜렷한 온도·습도 차이를 보였다(그림 2-2).



[그림 2-2] 일별 및 주별 무농약재배동 내 온도·습도변화량  
(사업단 공동 시험포장에서 도출된 공동연구 결과임)

(4) 연구 방법

공동포장 내 잎들개 작물에서 발생하는 식물병인 균핵병, 갯빛곰팡이, 줄기마름병, 노균병 등에 대한 병방제용 시판 친환경농자재(표 2-2)의 검증을 실시하였다. 잎들개 정식 후 초기 7일차



(5) 연구 결과 (I) : 4차년도 시험결과

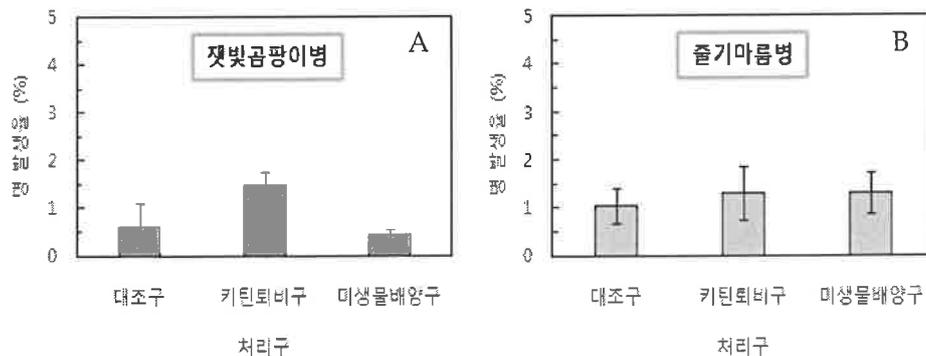
(가) 잎들깨 생육조사 및 병 발생을 조사

시설재배 잎들깨(만추)의 시험기간 중 각 처리구별 작물의 일반적인 생육 특성을 조사한 결과 표 3에 나타내었다. 초장, 주당 마디수, 잎수량의 경우 키틴미생물처리구에서 약간 높은 수치를 보였다. 본 시험구에서 잎들깨 작물의 생육후반기에 있어 뚜렷한 특징으로 대조구 작물은 웃자라는 경향이 뚜렷하게 보였으나 키틴퇴비구 및 키틴분해미생물배양액의 처리구는 작물이 건실하게 자라는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 작물의 전 생육기간 동안 최종 30 마디까지 들깨잎 수확이 가능하다고 볼 때 대조구에 비하여 수확량의 증가가 예상되며 이는 농가수익에 있어서 매우 중요한 역할을 할 것으로 사료된다. 따라서 전반적으로 이러한 키틴분해미생물이 다량 함유한 농자재와 더불어 시판 친환경유기농자재를 사용한 최적의 친환경농법을 적용함으로써 다양한 식물병해에 대한 방지 대책으로 우수한 병방제 효과를 가져 올 것으로 기대된다.

[표 2-3] 잎들깨 시험기간 중 각 처리구별 작물의 일반적 생육특성 조사

처리구	초장(cm)	마디수/주당	잎수량(g/80 leaf)
	(2009.03.18)		(2009.07.10)
대조구	68.6±3.8	10.8±0.2	110±7
키틴퇴비구	65.7±4.5	11.2±0.4	115±10
키틴미생물처리구	70.8±3.3	11.6±0.2	140±9

시설재배 잎들깨의 재배기간 동안 각 처리구별 식물병 발생율을 조사한 결과 균핵병과 노균병의 경우 대조구에 비하여 키틴퇴비구와 키틴미생물처리구에서 약간 높은 병방제 효과를 보였다. 또한 시험 후반기의 잣빛곰팡이병과 줄기마름병에 대한 병 발생율을 조사한 결과 그림 2-5에 나타내었다. 모든 처리구에서 2% 이하의 낮은 발생율을 보였으며, 유의적인 차이는 없었으나, 키틴미생물처리구에서 잣빛곰팡이병에 대해 발생이 약간 낮은 경향을 보였다.



[그림 2-5] 시험 후반기 잎들깨 잣빛곰팡이병(A) 및 줄기마름병(B) 발생을 조사(2009.07.20)

(나) 식물체내 병발생관련단백질의 함량변화

쌈채류 잎들깨 작물의 정식 후 112일차에 1차 시료를 채취하여 잎 조직내 병발생관련단백질 함량변화를 조사하였다(그림 2-6). 시판 친환경농자재를 처리한 무농약재배동의 본 시험구에서 키틴아제 활성의 경우 키틴미생물처리구(M)에서 활성이 가장 높게 나타났고 대조구(C)와 키틴 퇴비구(CF)는 유사한 경향을 보였다. 글루칸아제 활성의 경우 처리간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 퍼옥시다제 활성의 경우도 키틴미생물처리구에서 활성이 가장 높게 나타났다.

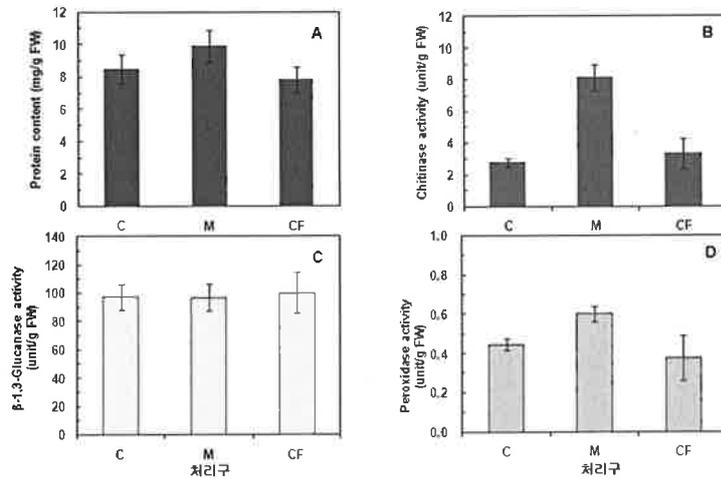


Fig. Changes of PR-proteins [Protein content (A), chitinase (B), β-1,3-Glucanase (C), and Peroxidase (D) activity] in Perilla leaves at 112 after transplanting

[그림 2-6] 잎들깨 조직내 병발생관련단백질의 함량변화

(다) 식물체내 병발생관련단백질의 활성패턴

쌈채류 잎들깨 작물의 정식 후 112일차 친환경농자재를 처리한 무농약재배동의 본 시험구에서 식물체 잎조직내 병발생관련단백질 활성패턴을 조사하였다(그림 2-7). 먼저 키틴아제 활성패턴을 조사한 결과 약 30 kDa의 이소자임이 확인되었다. 특히 키틴미생물처리구에서 약간 활성이 강하게 보였다. 글루칸아제 활성패턴을 조사한 결과 대조구에서 약 38 kDa의 이소자임이 보인 반면 키틴미생물처리구에서 3개의 이소자임(20, 25, 38 kDa)이 활성을 보였다. 반면 키틴 퇴비구에서는 활성의 정도가 뚜렷하지 않았다.

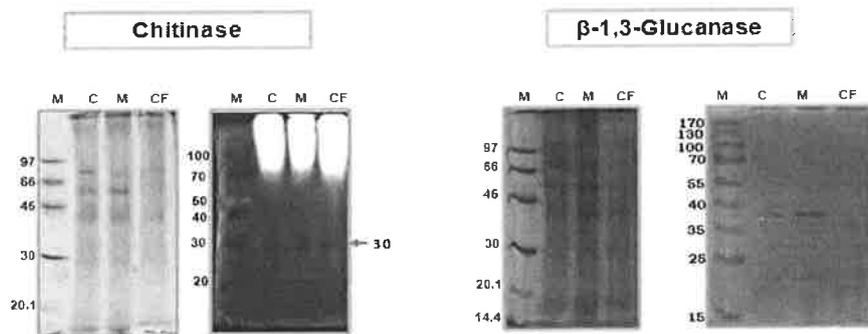


Fig. Chitinase and β-1,3-glucanase active staining on 12% SDS-PAGE gel in Perilla leaves at 112 after transplanting. (C) Control, (M) Microorganisms, and (CF) Chitin fertilizer

[그림 2-7] 들깨잎 조직내 병발생관련단백질 중 키틴아제 및 글루칸아제 발현패턴

(라) 식물체내 병발생관련단백질의 함량변화

잎들깨 작물의 생육시기 중 노균병의 발생초기에 병해방제용 친환경농자재(BI와 KM)를 처리한 후 3일차와 17일차 무농약재배동의 본 시험구에서 식물체 잎조직내 병발생관련단백질 함량변화를 조사하였다(그림 2-8). 처리 후 3일차 경우 잎 조직내 키틴아제 활성은 대조구에서는 처리간 변화가 없으나 키틴미생물처리구(M)와 키틴퇴비처리구(CF)에서는 BI 처리구 경우가 KM 처리구보다 활성이 더 높게 나타났다. 반면 처리 후 17일차의 경우 대조구에서는 KM 농자재 처리구가 더 높게 나타났고 키틴미생물처리구와 키틴퇴비처리구는 3일차와 유사한 경향을 보였다. 글루칸아제 활성의 경우 처리간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 퍼옥시다제 활성의 경우 처리 후 3일차 들깨잎 조직내 대조구와 키틴미생물처리에서는 농자재 처리간 유의적인 차이는 보이지 않았으나 키틴퇴비구는 BI 농자재가 약간 높은 경향을 보였다. 처리 후 17일차 들깨잎 조직내 키틴퇴비구는 두 농자재 처리간 유의적인 차이는 보이지 않았으나 대조구와 키틴미생물처리구는 KM 처리구가 약간 높은 경향을 보였다.

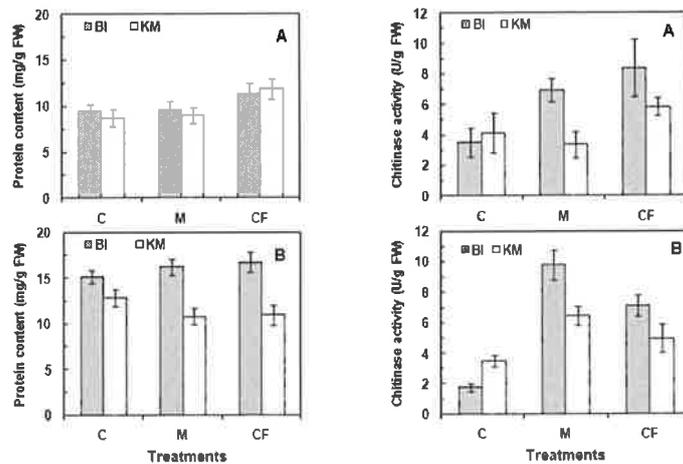


Fig. Changes of protein content and chitinase activity in Perilla leaves at 3 days (A) and 17 days (B) after treatment of environment-friendly materials (BI and KM).

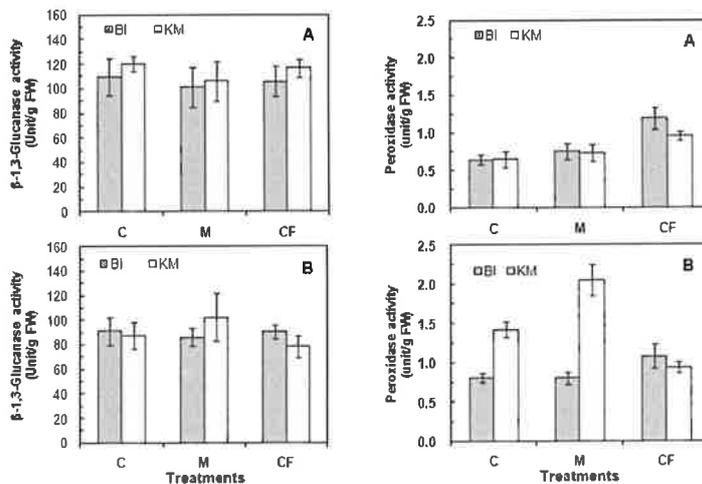


Fig. Changes of  $\beta$ -1,3-Glucanase and peroxidase activity in Perilla leaves at 3 days (A) and 17 days (B) after treatment of environment-friendly materials (BI and KM).

[그림 2-8] 들깨잎 조직내 병발생관련단백질의 함량변화

(마) 시험구 식물체내 병발생관련단백질의 활성패턴

쌈채류 잎들개 작물의 생육시기 중 노균병의 발생시기에 병해방제용 친환경농자재(BI와 KM)를 처리한 후 3일차와 17일차 무농약재배동의 본 시험구에서 식물체 잎조직내 병발생관련단백질 활성 패턴을 조사하였다(그림 2-9). 먼저 키틴아제 활성패턴을 조사한 결과 모든 처리구간에 약 30 kDa의 이소자임이 확인되었다. 글루칸아제 활성패턴을 조사한 결과 모든 처리구간에 3개 이소자임(20, 25, 38 kDa)이 활성을 보였다. 그 중에서 38 kDa에서 강한 활성을 보였다.

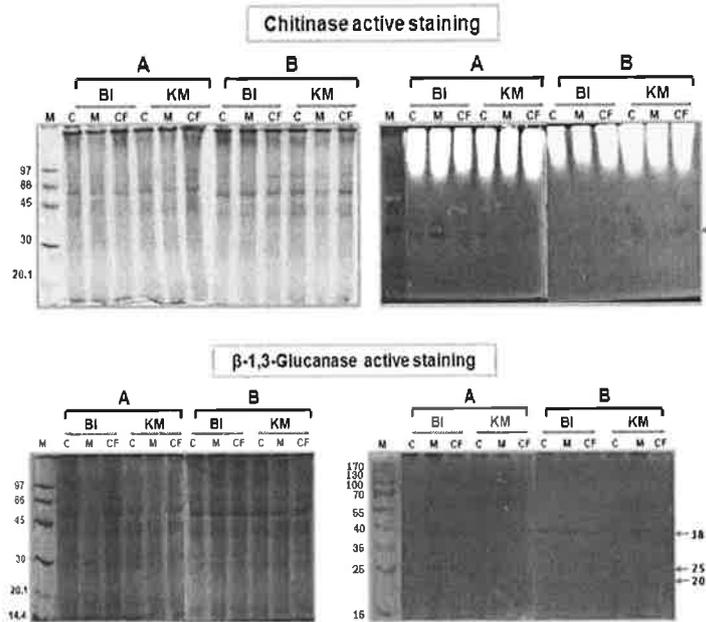


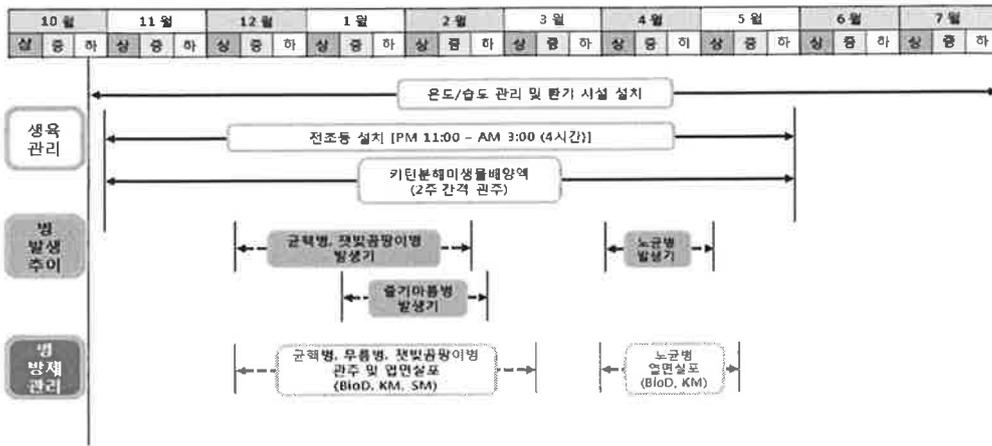
Fig Changes of  $\beta$ -1,3-glucanase active staining on 12% SDS-PAGE gel in Perilla leaves at 3 days (A) and 17 days (B) after treatment of environment-friendly materials (BI and KM), (C) Control, (M) Microorganisms, and (CF) Chitin fertilizer

[그림 2-9] 잎들개 조직내 병발생관련단백질 중 키틴아제 및 글루칸아제 발현패턴

(바) 잎들개 친환경 무농약 재배력(안)

시판 친환경농자재의 적절한 혼합 사용으로 잎들개 식물병에 대한 무농약 병 방제매뉴얼을 그림 2-10에 나타내었다.

## 시설재배 삼채류(들깨) 병해 방제 매뉴얼 초안



※ 1. 정식전 경운시 기비로서 유기질 비료 및 토양내 작물의 뿌리활착을 위해 키틴퇴비를 10포/200평 처리가 요구됨.  
 2. 균핵병, 잣빛곰팡이병, 줄기마름병, 노균병 방제 시기 및 처리량에 대한 다양한 농자재 검증 요구됨.

[그림 2-10] 시설재배 들깨 친환경 무농약 재배력

### (6) 연구 결과 (II) : 5차년도 시험결과

#### (가) 들깨 포장의 시험구 배치

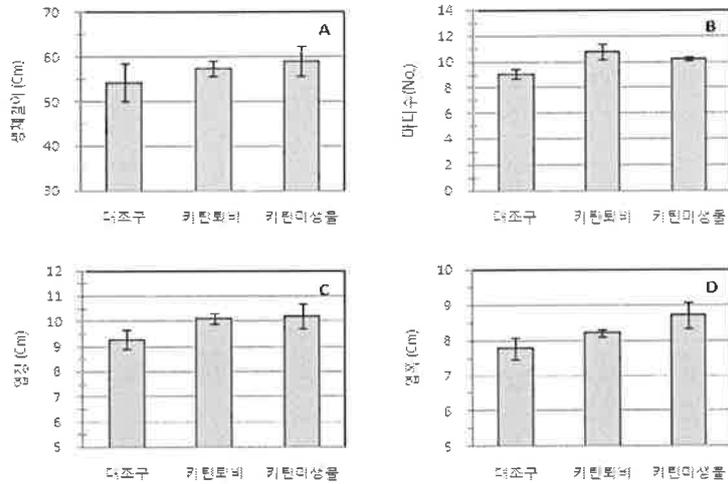
본 시험은 4차년도 조사한 동일한 포장으로 무농약재배동에 2009년 8월 28일 정식하고, 시험구 배치를 대조구(C), 키틴퇴비구(CF), 키틴미생물(CM)처리구로 나누었다(그림 2-11). 본 시험구의 경우 세부처리구(4-2세부)는 키틴퇴비구 2이랑 (키틴퇴비 2포/이랑), 키틴미생물처리구 2이랑 및 대조구(일반농자재처리구) 1이랑으로 나누어 시험을 실시하였다(4년차와 동일한 포장에서 동일한 조건으로 반복 시험 결과). 들깨 정식 후 초기 7일차에 키틴미생물처리구에 사용할 키틴분해미생물(500L/200평)을 1차 관주하고, 재배기간 동안 약 2주 간격으로 총 18회 관주하였다. 시험구내 전구시설(70구/672m<sup>2</sup>, 100w/220v)을 설치하여 일조량이 부족한 시험기간 11월부터 다음해 5월까지 오후11시부터 새벽3시까지 4시간 광을 보충하였다.



[그림 2-11] 들깨 정식 후 시험구 배치 (2009.08.28)

(나) 잎들깨의 일반적 생육특성 조사

시험구내 작물의 정식 후 177일차(2010.02.24)에 시료를 채취하여 처리간 잎들깨의 일반적 생육조사를 비교·분석하였다. 잎들깨의 생체길이, 마디수, 엽장, 엽폭 등을 분석한 결과 그림 2-12에 나타났다. 생체길이는 대조구에 비하여 키틴퇴비구와 미생물처리구에서 약간 높은 경향을 보였다. 마디수, 엽장, 엽폭의 경우 대조구에 비하여 키틴퇴비구와 키틴미생물처리구에서 유의적으로 높게 나타났다.

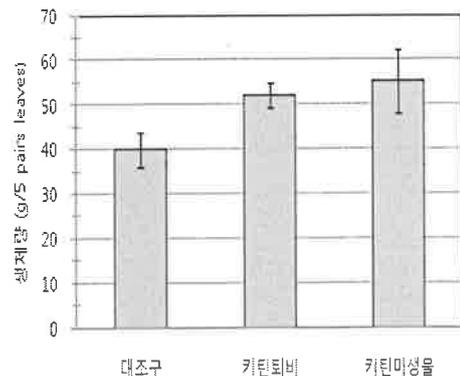


[그림 2-12] 잎들깨의 일반적인 생육특성 (2010.02.24)

작물의 정식 후 177일차에 대조구(C), 키틴미생물처리구(CM), 키틴퇴비구(CF) 처리간 잎들깨 생육 상태를 보여주고 있는 포장사진이다(그림 2-13). 잎들깨의 생체량의 경우 대조구, 키틴퇴비구, 키틴미생물처리구에서 5쌍 잎당 수량이 각각 39.9, 52.1, 55.2g이었다. 위와 같은 결과로서 잎들깨 생체량은 대조구에 비하여 키틴퇴비구와 키틴미생물처리구에서 유의적으로 높은 수준을 보였다(그림 2-14).



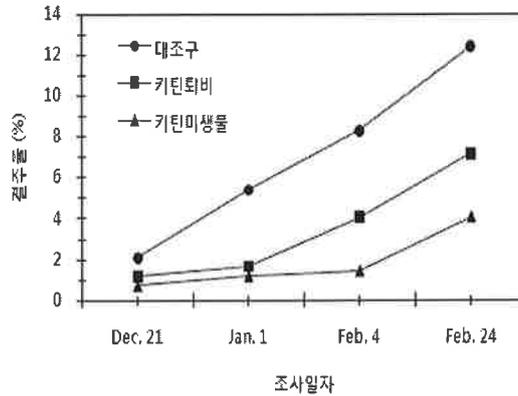
[그림 2-13] 잎들깨 처리간 생육상태(정식 후 177일차)



[그림 2-14] 잎들깨의 처리구별 생체량

(다) 잎들깨의 줄기마름병과 균핵병에 의한 결주수 조사

작물의 정식 후 시기별 처리간 잎들깨 줄기마름병과 균핵병에 의한 결주수를 분석하였다(그림 2-15). 그 결과, 대조구의 결주율은 시기별 증가추세가 높은 반면, 키틴퇴비구와 키틴미생물처리구에서 증가추세는 완만하게 진행되었다. 키틴미생물처리구가 가장 낮은 결주율을 보였다. 조사 마지막 2월24일차 결주율은 대조구, 키틴퇴비구, 키틴미생물처리구에서 각각 12.4, 7.1, 4.1%로 처리간 높은 차이를 보였다.



[그림 2-15] 잎들깨의 생육기간 중 줄기마름병과 균핵병에 의한 결주수 변화

(라) 잎들깨 줄기마름병과 균핵병 시기별 발생빈도 조사

작물의 정식 후 시기별 처리간 잎들깨 줄기마름병과 균핵병 발생빈도를 조사하였다(표 2-4). 그 결과 시기별 줄기마름병과 균핵병의 발생빈도는 잎들깨 140주당 발생주수로서 2월4일차 대조구에서 줄기마름병과 균핵병이 각각 2, 10주수로 가장 높게 나타났다. 반면, 키틴미생물처리구에서 줄기마름병과 균핵병이 각각 0, 3주수로 가장 낮은 발생빈도를 보였다.

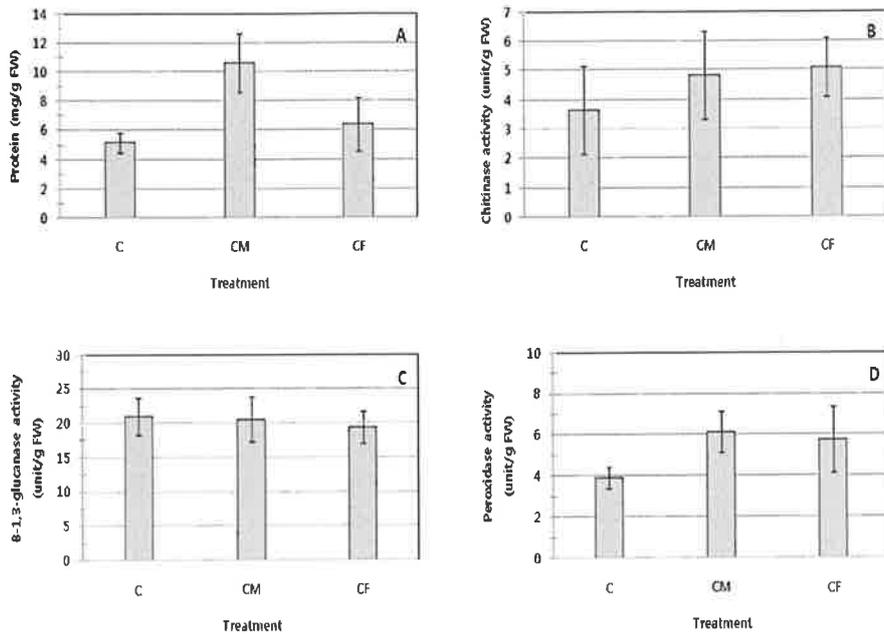
[표 2-4] 잎들깨 생육기간중 줄기마름병과 균핵병 시기별 발생빈도 조사

처리구	2009.12.21		2010.01.11		2010.02.04		2010.02.24	
	줄기마름병	균핵병	줄기마름병	균핵병	줄기마름병	균핵병	줄기마름병	균핵병
( 발생주수/140주 )								
대조구	2	2	2	2	0	2	2	10
키틴퇴비구	0	5	3	3	0	1	2	7
키틴미생물	0	1	0	2	2	3	0	3

(마) 식물체내 병발생관련단백질의 함량 조사

잎들깨 무농약재배동 내 대조구(C), 키틴미생물처리구(CM), 키틴퇴비구(CF)로 나누어 처리하였다. 작물의 정식 후 177일차에 시료를 채취하여 처리간 잎들깨 조직내 병발생관련단백질의 활성을 비교하였다(그림 2-16). 본 시험구에서 키틴아제 활성의 경우 키틴미생물처리구와 키틴퇴비구에서 대조구에 비해 약간 활성이 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 글루칸아제 활성의 경우 처리간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 펙옥시다제 활성의 경우도 키틴미생물

처리구와 키틴퇴비구가 대조구에 비해 유의적으로 높은 수준을 보였다.



[그림 2-16] 시험구 잎들개 조직내 병발생관련 단백질의 함량변화

(바) 식물체내 병발생관련단백질의 활성패턴 조사

잎들개 무농약재배동 내 대조구(C), 키틴미생물처리구(CM), 키틴퇴비구(CF)로 나누어 처리하였다. 작물의 정식 후 177일차에 시료를 채취하여 처리간 잎들개 조직내 병발생관련단백질의 활성패턴을 비교하였다. 본 시험구에서 키틴아제 활성패턴을 조사한 결과 모든 처리구에서 강한 활성을 가진 약 28 kDa의 이소자임과 약한 활성을 가진 약 25 kDa의 이소자임이 발견되었으나 처리간 큰 차이는 나타나지 않았다(그림 2-17). 글루칸아제 활성패턴을 조사한 결과 대조구에서 약 38 kDa의 이소자임이 강하게 발견되었다. 대조구에서는 약 20 kDa의 이소자임이 약간 활성을 나타내었다(그림 2-18). 퍼옥시다제 활성패턴을 조사한 결과 키틴퇴비구에서 가장 뚜렷한 활성밴드가 나타났다. 이들 이소자임 중에서 p2가 가장 강하게 발견되고, p1, p3, p4는 약하게 발견되었다(그림 2-18).

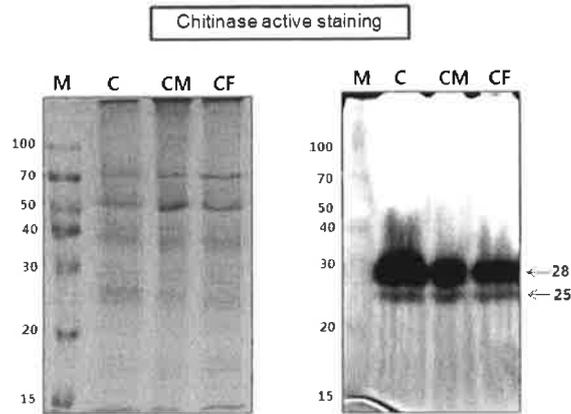


Fig. Chitinase active staining on 12% SDS-PAGE gel in Perilla leaves at 177 days after seeding. (C) Control, (CM) Chitinase-producing microorganisms, and (CF) Chitin fertilizer

[그림 2-17] 시험구 식물체내 병발생관련단백질 중 키틴아제 발현패턴

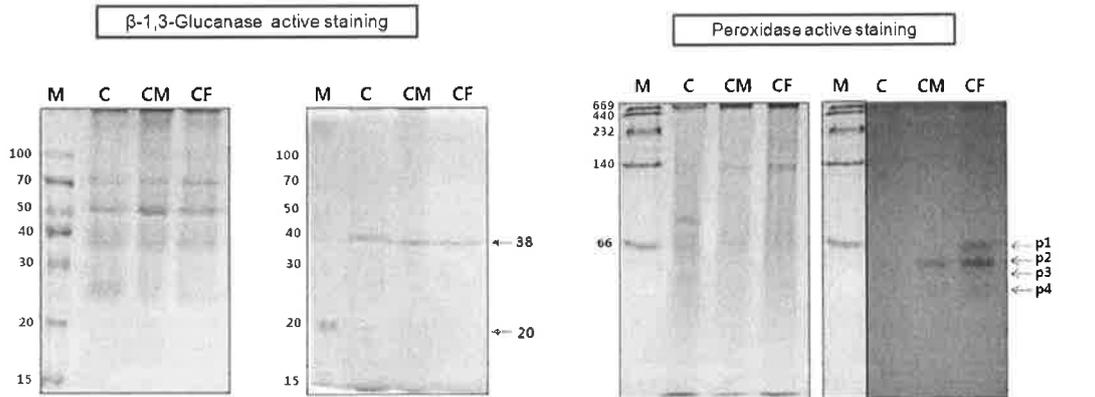


Fig.  $\beta$ -1,3-Glucanase active staining on 12% SDS-PAGE gel in Perilla leaves at 177 days after seeding. (C) Control, (CM) Chitinase-producing microorganisms, and (CF) Chitin fertilizer

Fig. Peroxidase active staining on 12% SDS-PAGE gel in Perilla leaves at 177 days after seeding. (C) Control, (CM) Chitinase-producing microorganisms, and (CF) Chitin fertilizer

[그림 2-18] 식물체내 병발생관련단백질 중 글루칸아제 및 퍼옥시다제 발현패턴

(7) 연구 결과 (III) : 잎들깨 식물병 방제 자재 개발을 위한 실내 검정

(가) 잎들깨 병원균에 대한 실내 시험

잎들깨에서 발생하는 시들음병(*F. oxysporium*), 모잘록병(*R. solani*), 잿빛곰팡이(*B. cinerea*), 줄기마름병(*F. solani*), 균핵병(*S. sclerotiorum*), 노균병(*Peronospora* sp.) 등에 대한 항균 활성을 알아보기 위하여 활성이 우수한 균주 분리 및 식물체 추출물을 이용하여 비교분석하였다. 먼저 다양한 환경조건하에서 균주를 분리하였다(그림 2-19). 그 결과 활성이 강한 균주를 선발하고, 선발된 균주들을 자동 염기서열 분석기(Automatic DNA sequencer: ABI prism 377)를 이용한 16S rRNA 염기서열 분석, NCBI의 유전자 data base를 이용한 염기서열 상동성 분석, DNA STAR 프로그램을 이용한 유전자 일치성(Gene identity)와 계통분석(Phylogenic tree)을 통하여 유사도 측정을 실시하였다. 그 결과 *Gluconacetobacter liquefaciens*와 *Leuconostoc mesenteroides*로 동정된 두 균주에 대한 항균 활성을 각각 조사하였다. 이 두 균주를 각각 *G. liquefaciens* BW1과 *L. mesenteroides* BW2로 명명하였다. 또한 키틴분해활성이 강한 두 균주를 캐나다 토양으로부터 분리하였다(그림 2-20). 그 결과 *Lysobacter enzymogenes*와 *Pseudomonas entomophila*로 동정되었다. 이를 각각 *L. enzymogenes* MG18S와 *P. entomophila* MG23S로 명명하였다.

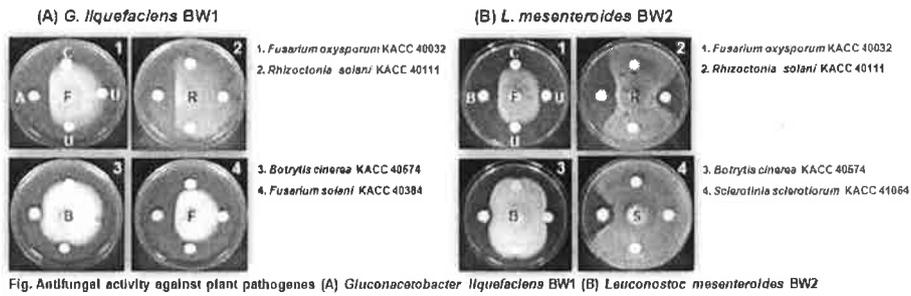
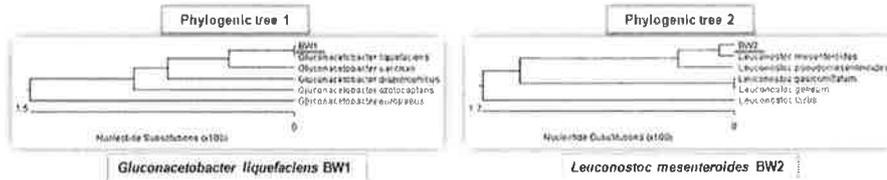


Fig. Antifungal activity against plant pathogens (A) *Gluconacetobacter liquefaciens* BW1 (B) *Leuconostoc mesenteroides* BW2

상동성 비교분석 (16S ribosomal RNA gene)

1) *Gluconacetobacter liquefaciens* isolate SRI244 16S ribosomal RNA gene, partial sequence Length=1401 Score = 2538 bits (1374), Expect = 0.0 Identites = 1379/1381 (99%), Gaps = 2/1381 (0%); Strand=Plus/Plus  
 2) *Leuconostoc mesenteroides* strain KLD5 5.0606 16S ribosomal RNA gene, partial sequence Length=1460 Score = 2658 bits (1439), Expect = 0.0 Identites = 1442/1443 (99%), Gaps = 1/1443 (0%); Strand=Plus/Plus



[그림 2-19] 잎들개 병원균에 활성이 우수한 균주분리 및 동정

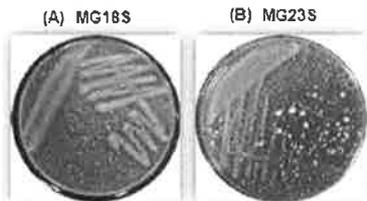


Fig. Chitinolytic activity of bacteria (MG18S and MG23S) isolated from Canada soil in colloidal chitin.

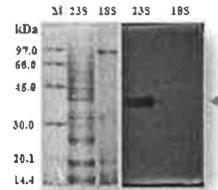
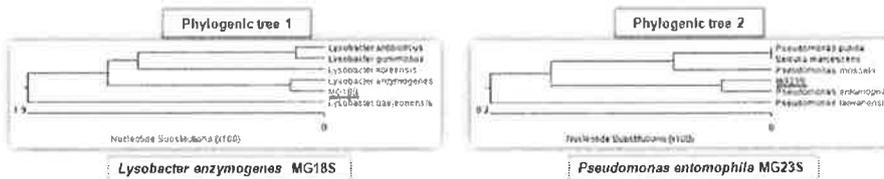


Fig. SDS-PAGE 12% (w/v) gels with Coomassie Brilliant Blue R-250 (A) and chitinase active staining (B) of crude enzymes (10 µg proteins) from MG23S and MG18S strain.

상동성 비교분석 (16S ribosomal RNA gene)

1) *Lysobacter enzymogenes* 16S rRNA gene, strain DSM 2043T Length=1509 Score = 2590 bits (1402), Expect = 0.0 Identites = 1417/1424 (99%), Gaps = 1/1424 (0%); Strand=Plus/Plus  
 2) *Pseudomonas entomophila* str. L48 chromosome complete sequence Length=5898760 Features in this part of subject sequence: rRNA-ribosomal RNA 16s Score = 2606 bits (1411), Expect = 0.0 Identites = 1413/1414 (99%), Gaps = 0/1414 (0%); Strand=Plus/Plus



[그림 2-20] 키틴분해활성이 강한 토양내 균주분리 및 동정

(나) 선발된 균주의 잎들개 병원균에 대한 저해율

선발된 균주인 *G. liquefaciens* BW1과 *L. mesenteroides* BW2를 이용한 잎들개 병원균 시들음 병(*F. oxysporium*), 모잘록병(*R. solani*), 잣빛곰팡이(*B. cinerea*), 줄기마름병(*F. solani*), 균핵병(*S. sclerotiorum*) 등에 대한 저해율을 조사한 결과 두 균주는 *R. solani* 병원균에 대하여 각각 71.2%와 78.2%로 매우 높은 저해율을 나타냈다(그림 2-21). 다른 병원균에 대해서도 높은 저해율을 보였다.

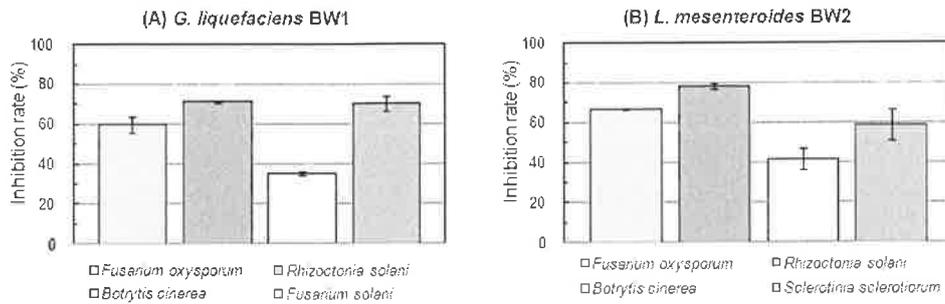


Fig. Inhibition rate (%) of supernatant obtained from antagonist against Leaf Perilla pathogens after incubation. Inhibition rate (IR, %) = (Fungal colony in control - Fungal colony in treatment) / (Fungal colony in control) X 100

[그림 2-21] 선발된 두 균주의 잎들개 병원균에 대한 저해율

(다) 계피(Cinnamomum cassia)로부터 얻어진 추출물을 이용한 항균활성

항균활성이 높은 식물추출물을 얻기 위해서 계피(C. cassia)의 껍질을 다양한 용매추출을 이용하여 각각 추출물을 분리하였다. 먼저 헥산층(n-Hexane) 용매추출에서 가장 많은 양의 화합물이 TLC상에서 확인되었다(그림 2-22). 이들 각각의 화합물들을 다시 농축시킨 후 메탄올에 녹여 잎들개 모잘록병을 일으키는 병원균인 R. solani KACC 40146에 대한 항균활성 및 저해율을 조사하였다. 그 결과 화합물 Comp. I과 Comp. II의 분리물질 600µg의 농도에서 병원균에 대한 높은 저해율을 나타냈다.

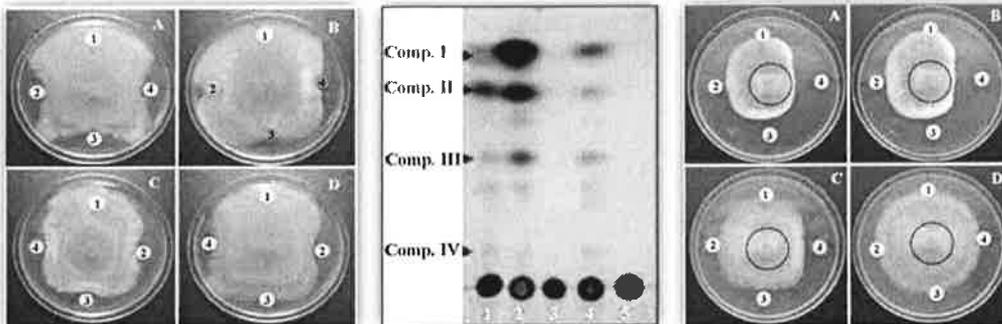


Fig. 1. Inhibition of *Rhizoctonia solani* mycelial growth by crude methanolic extracts from *Zingiber officinale* (A), *Cinnamomum cassia* (B), *Glycyrrhiza glabra* (C), and *Albisia galangal* (D). Plant crude methanolic extracts were placed on paper discs, which were subsequently used to treat the fungi. The discs contained either methanol alone (control) (1) or methanol solution containing 0.75 mg (2), 1.5 mg (3) or 3 mg of the pastes (4).

Fig. 2. TLC separation of compounds from different solvent fractions of cinnamon extract: crude compound in methanol (1), n-hexane fraction (2), ethyl acetate fraction (3), chloroform fraction (4) and n-butanol fraction (5). Major compounds (Comp. I, Comp. II, Comp. III, Comp. IV) were separated using a mobile phase comprised of hexane: ethyl acetate (80:20, v/v) and detected at 253 nm UV light.

Fig. 3. Mycelial growth inhibition by cinnamon-derived compounds against *Rhizoctonia solani* KACC 40146 at 30 h after treatment. Comp. I (A), Comp. II (B), Comp. III (C), and Comp. IV (D) were separated by silica gel plates and then redissolved in methanol. 30 µl of each compound solution containing either methanol alone as a control (1), or 150 µg (2), 300 µg (3), or 600 µg paste in methanol (4) were placed on paper discs.

[그림 2-22] 잎들개 식물병에 대한 계피추출물에 의한 항균활성

다. 벼 식물병에 대한 친환경농자재의 개발 및 검증

(1) 시험포장 재배환경

(가) 품종 선정 : 본 시험은 벼 병방제 친환경농자재의 검증을 위하여 우리나라에서 육성된 호평벼 품종을 선정하여 2009년 전라남도 농업기술원 유기농 벼 포장에서 수행하였다.

(나) 종자소독 및 육묘방법 : 육묘상토는 벼 친환경단지에서 제조하여 사용하고 있는 토양을 이용하였으며 종자는 마른 종자를 65°C에서 7분간 소독하였다. 육묘상자당 파종량은 100g을 파종한 후 40일간 부직포 육묘하였으며, 2009년 6월5일에 30×14cm(23.8주/

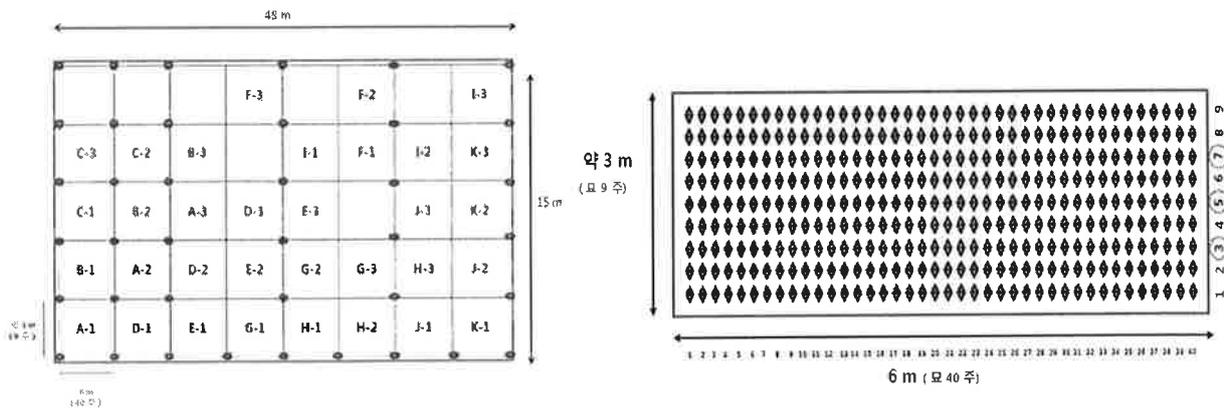
m<sup>2</sup>) 재식밀도로 기계이앙하였다.

- (다) 시비량 및 시비방법 : 2008년 10월에 헤어리벤티를 파종 및 재배하여 2009년 5월 20일경에 헤어리벤티 전량(생체량 2,500kg/10a)을 기비로 이용하였으며, 병해충 발생을 유도하기 위해 유기질비료 금수강산골드(질소성분 6%)를 출수 전 30일에 추비 1.8kg/10a(20%)를 사용하였다.
- (라) 잡초 방제방법 : 이앙 후 5일에 수심을 5cm정도로 유지한 후 왕우렁이 3kg/10a(약 750~900개)를 투입하여 잡초를 방제하였다.
- (마) 병해충 방제방법 : 병해충 방제는 이앙후 5일경에 물바구미를 방제하기 위해서 논둑 주변에 생석회와 친환경제재인 물바게미를 살포하였으며, 벼 생육중후기에 병해관리용 유기농자재 10종을 기준 희석비율을 맞추어 배분식분무기를 이용하여 3회 살포하였고, 규산질 액비를 생육중기, 출수기, 등숙기 등 3회 살포하였다.

(2) 연구방법

(가) 시험구 배치

공동포장내 본 시험구(4-2세부)의 세부 배치는 포장면적 15m x 48m 중에서 3m x 6m면적을 처리구당 1반복으로 하여 도열병 농자재 6종, 잎짚무늬마름병, 흰잎마름병 농자재 4종, 대조구(물) 등 총 11개 처리구로 나누어 병 발생율을 조사하였다. 시험구배치는 완전임의배치법 3반복으로 하였으며 통계처리는 병해관리용 유기농자재 처리간 유의성 유무를 실시하였다.



[그림 3-1] 벼 유기재배 시험구 배치 및 처리구 전경

(나) 벼 시험포장에 사용된 수도 병해관리용 유기농자재

본 벼 시험포장에 사용된 병해관리용 유기농자재 목록을 표 3-1에 나타내었다. 이들 유기농자재는 주로 천연 식물추출물과 석회보르도액이 대부분이고 목초액, 키토산, 비타민제도 포함되어 있다. 벼 시험포장 생육시기별 병 발생 방제 농자재를 처리하였다(그림 3-2).

[표 3-1] 벼 시험포장에 사용된 수도 병해관리용 유기농자재 목록

처리	병충해명	자재명	제조사	처리구	농자재 처리일
1	-	물 (Control)	-	K	매 처리시 마다
2	잎도열병	피마자 추출물 (BD)	PK	A	6/29, 7/6, 7/14
3	잎도열병	울금추출물 (BG)	DB	B	6/29, 7/6, 7/14
4	목도열병(이삭도열병)	식물추출물 (YG)	BC	C	7/29, 8/5, 8/12
5	1 잎도열병 2 잎집무늬마름병(문고병)	석회보르도액 (BS)	KB	D	6/29, 7/6, 7/14
6	잎집무늬마름병(문고병)	석회보르도액 (BM)	KT	E	7/14, 7/20, 7/29
7	1 잎도열병 2 잎집무늬마름병(문고병)	석회보르도액 (MB)	IK	F	6/29, 7/6, 7/14
8	잎도열병	목초액 (MC)	JC	G	6/29, 7/6, 7/14
9	흰잎마름병	키토산 (HB)	DB	H	7/14, 7/20, 7/29
10	흰잎마름병	비타민제 (AC)	SL	I	7/14, 7/20, 7/29
11	1 잎/목도열병(이삭도열병) 2 잎집무늬마름병(문고병)	대황추출물 (DE)	LM	J	7/6, 7/14, 7/29



[그림 3-2] 벼 포장 생육시기별 병 발생 방제 농자재 처리

(3) 연구 결과 (I) : 5차년도 시험결과

현재 벼 도열병 관리용으로 진흥청에 등록된 친환경 농자재는 석회보르도액(바이도열, 보르스타, 조은보르도), 천연 추출물로 비타박스(식물추출물), 박도열(피마자추출물), 박스타 골드(울금추출물), 포엑스(자몽추출물), 열스탑골드(식물추출물)가 있으며 미생물제제로는 청고이지, 바이오렉스가 있으며 기타 코시액제, 전농프로폴리탄 등이 있다.

(가) 벼 도열병 발생을 조사

본 시험에서 호평벼에 대한 잎도열병(표 3-2)과 이삭도열병(표 3-3) 방제를 위하여 병 발생시기 전에 친환경농자재를 살포하였다. 이후 잎도열병의 경우 100주당 발병율을 조사한 결과 1차 조사일에서 대조구와 피마자 추출물(BD)이 2.22%, 2차 조사일에서 대조구와 목초액(MC) 처리구가 각각 6.94%, 8.06%로 가장 높게 나타났다(표 3-2). 반면, 울금추출물(BG) 처리구에서 1차

와 2차 조사일에 각각 1.11%와 2.27%로 가장 낮게 나타났다. 이삭도열병의 경우 100주당 발병율을 조사한 결과 대조구에서 10.3%, 대황추출물(DE)에서 7.8%로 높게 보인 반면, 식물추출물(YG) 처리구에서 1.3%로 가장 낮게 나타났다(표 3-3).

[표 3-2] 벼 잎도열병 발생을 조사 (전남도기술원 포장, 호평벼 2009)

유기농자재	100주당 발병율 (%)	
	1차 조사일 (2009.08.05)	2차 조사일 (2009.08.13)
대조구 (Control)	2.22	6.94
피마자 추출물 (BD)	2.22	4.44
울금추출물 (BG)	1.11	2.78
석회보르도액 (BS)	1.67	3.33
석회보르도액 (MB)	1.11	3.06
목초액 (MC)	1.67	8.06
대황추출물 (DE)	1.67	3.33

\* 벼 유기농자재 처리일: 6월 29일, 7월 6일, 7월 14일

[표 3-3] 벼 이삭도열병 발생을 조사 (전남도기술원 포장, 호평벼 2009)

유기농자재	조사일 (2009.09.28)	
	발병주 (수/240주당)	100주당 발병율 (%)
대조구 (Control)	24.7	10.3±1.2
식물추출물 (YG)	3.0	1.3±0.7
대황추출물 (DE)	18.7	7.8±1.4

\* 벼 유기농자재 처리일: 식물추출물(YG) 7월 29일, 8월 5일, 8월 12일;  
대황추출물(DE) 7월 6일, 7월 14일, 7월 29일



[그림 3-3] 벼 잎도열병 및 이삭도열병 발생을 조사

(나) 벼 잎집무늬마름병 발생을 조사

- 2010년 현재 벼 잎집무늬마름병 관리용으로 진흥청에 등록된 친환경 농자재에는 석회보르드액(바이문, 보르스타, 서울보르도), 식물추출물(포엑스), 에코메이드 등이 있다. 본 시험에서 호평벼 잎집무늬마름병 방제에 대하여 100주당 발병율을 조사한 결과 석회보르드액(MB)처리구에서 12.22%로 가장 높게 나타났고, 석회보르드액(BS) 처리구에서 1.53%

로 가장 낮게 나타났다(표 3-4). 동일한 성분인데도 벼 발병율의 유의적 차이를 보였다.

[표 3-4] 벼 잎집무늬마름병 발생을 조사 (전남도기술원 포장, 호평벼 2009)

유기농자재	조사일 (2009.08.25)
	100주당 발병율 (%)
대조구 (Control)	7.92 ± 0.68
석회보르도액 (BS)	1.53 ± 0.20
석회보르도액 (BM)	5.83 ± 0.34
석회보르도액 (MB)	12.22 ± 1.71
대황추출물 (DE)	9.86 ± 2.00

\* 유기농자재 처리일: 6월 29일, 7월 6일, 7월 14일



[그림 3-4] 벼 잎집무늬마름병 발생을 조사

(다) 벼 흰잎마름병 발생을 조사

- 현재 흰잎마름병에 관리용으로 등록된 친환경 농자재에는 비타민제(AC) 등이 있다. 본 시험에서 호평벼 흰잎마름병 방제에 대하여 자연 감염율을 조사한 결과 대조구에서 1차, 2차 조사일에 각각 2.3%, 7.4%로 나타난 반면, 비타민제(AC) 처리구에서 1차, 2차 조사일에 각각 1.4%, 4.6%로 가장 낮게 나타났다(표 3-5).

[표 3-5] 벼 흰잎마름병 인공감염 및 자연감염 조사 (전남도기술원 포장, 호평벼 2009)

유기농자재	1차 조사 (08.25)			2차 조사 (09.28)	
	인공감염 길이(cm)	자연감염 (주수/360주 /18m <sup>2</sup> )	자연감염 (%)	자연감염 (주수/360주 /18m <sup>2</sup> )	자연감염 (%)
대조구 (Control)	8.7±1.2	8.3±2.5	2.3±0.7	26.7±4.6	7.4±1.3
키토산 (HB)	8.0±1.5	7.7±1.5	2.1±0.4	20.0±0.7	5.6±0.2
비타민제 (AC)	8.2±0.4	5.0±1.4	1.4±0.4	16.7±0.4	4.6±0.1

\* 유기농자재 처리일: 7월 13일, 7월 20일, 7월 27일



[그림 3-5] 벼 흰잎마름병 발생을 조사

- 2010년 현재 벼 줄무늬잎마름병에 등록된 친환경 농자재로는 미생물 추출물 등이 (굿모닝, 월드스타에코) 있다. 친환경농자재로 등록된 자재의 약효를 검증하기 위하여 호평벼를 시험 품종으로 하여 6월5일에 이앙하여 전남 표준재배법으로 관리 하였다. 벼 도열병은 6월29일부터 7월 7일 간격으로 3회, 벼 잎집무늬마름병과 흰잎마름병은 7월13일부터 7월 7일 간격으로 3회 경엽 살포 하여 약효를 조사하였다. 그 결과 벼 도열병에서는 석회볼드액(MB)과 울금 추출물(BG)의 약효가 대조구보다 좋았으며 벼 잎집무늬마름병에서는 석회볼드액(BS, BM)의 약효가 대조구에 비하여 우수하였다. 벼 흰잎마름병은 가위집종(7월30일)을 실시하여 감염길이와 2차 전염율을 조사한 결과 비타민제(AC)에서 대조구에 비해 2차 전염율을 크게 감소시켰다.

(4) 연구 결과 ( II ) : 벼 식물병 방제 자재 개발을 위한 실내 검증

(라) 벼 병원균에 대한 실내 시험

벼에서 발생하는 도열병 병원균인 *Pythium ultimum* KACC 40705, *Pyricularia grisea* KACC 40417, *Rhizoctonia solani* AG2-2 KACC 40151 등에 대한 항균 활성을 조사하였다. 활성이 우수한 균주 분리 및 식물체 추출물을 이용하여 비교분석하였다. 그 결과 활성이 강한 균주를 선발하고, 선발된 균주들을 자동 염기서열 분석기(Automatic DNA sequencer: ABI prism 377)를 이용한 16S rRNA 염기서열 분석, NCBI의 유전자 data base를 이용한 염기서열 상동성 분석, DNA STAR 프로그램을 이용한 유전자 일치성(Gene identity)와 계통분석(Phylogenetic tree)을 통하여 유사도 측정을 실시하였다. 그 결과 *Bacillus subtilis*로 동정된 균주에 대한 항균 활성을 조사하였다. 이 균주를 *B. subtilis* EG1으로 명명하였다(그림 3-6). 천연 식물추출물인 산수유, 계피, 감초를 이용하여 벼 잎집무늬마름병과 유사한 잔디의 병원균인 *Rhizoctonia solani* AG2-2(IIIB) KACC 40151과 *Rhizoctonia solani* AG2-2(IV) KACC 40151에 대한 저해율을 조사한 결과 계피의 2000ppm 농도에서 저해율이 90% 이상 높게 나타났다(그림 3-7).

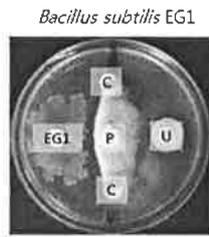
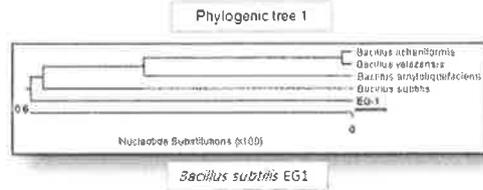


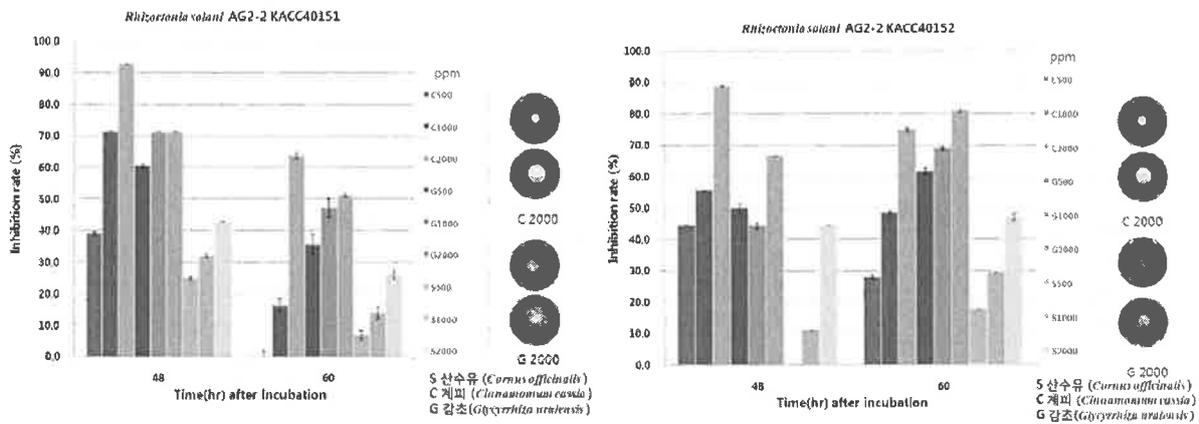
Fig. Antifungal activity of *Bacillus subtilis* EG1 against (*Pythium ultimum* KACC 40705

상동성 비교분석 (16S ribosomal RNA gene)

1) *Bacillus subtilis* strain XJ-PA-4 16S ribosomal RNA gene partial sequence  
 Length=1441 Score = 2649 bits (1434), Expect = 0.0  
 Identities = 1439/1441 (99%), Gaps = 1/1441 (0%) Strand=Plus/Plus



[그림 3-6] 벼 병원균에 활성이 우수한 균주분리 및 동정



[그림 3-7] 선발된 천연 식물추출물에 의한 Rhizoctonia solani에 대한 저해율

(5) 최종결과를 요약하면 다음과 같다. 현재 개발된 자재 및 개발 중인 농자재 뿐만아니라, 시판되고 진흥청에 등록된 농자재들을 검증한 연구결과를 바탕으로 농업현장에서 바로 적용되는 벼, 고추, 상추, 잎들깨에 대한 병해충 방제 및 재배기술을 요약한 「친환경농업기술 핸드북」 4종을 발간하는 성과를 거두었다. 그리고 벼, 고추, 상추, 잎들깨의 병해충 방제 및 재배기술을 보다 자세하게 소개한 「유기재배기술 매뉴얼」 4종을 발간하였고, 이를 앞으로 지속가능한 친환경농업을 실천하는 농가에 보급함으로써 친환경 식물병 방제에 이용할 수 있는 중요한 활용자료가 될 수 있을 것으로 기대된다.

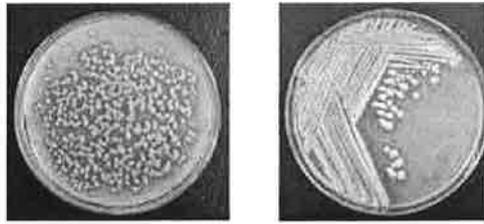
### 3. 연구개발 수행 결과 (II) : 1차년도 연구결과 (김길용 교수)

가. 확보된 기능성 미생물의 활성 확인 및 신종 기능성 미생물 분리

○ 병원성 곰팡이에 의한 심해가 피한 농가의 토양으로부터 선택배지를 사용하여 기능성 미생물을 분리 하였으며 그 특성을 조사 후 동정을 실시하였다.

○ 키틴분해 미생물의 분리

콜로이달키틴(colloidal chitin, 0.5 %)을 기질로 하여서 투명대를 형성하는 균을 선별하였으며, 그 가운데서 항 병원성 곰팡이 활성이 가장 강한 균주 1개를 분리하였으며, 16S rRNA sequence를 비교한 결과 98%로 *Lysobacter enzymogenes* 동정되었다(그림 3-1).

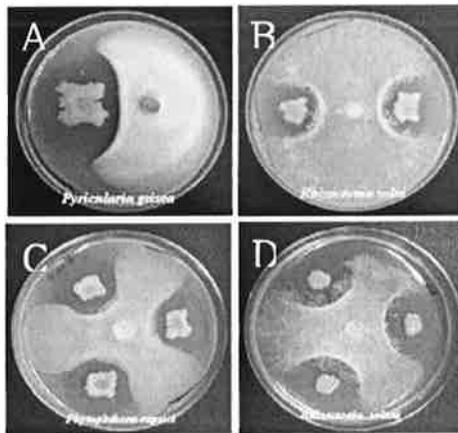


[그림 3-1] 키틴을 기질로 사용한 배지에서 *L. enzymogenes*는 콜로니 주위에 투명대,

나. 항 병원성 곰팡이 활성의 측정

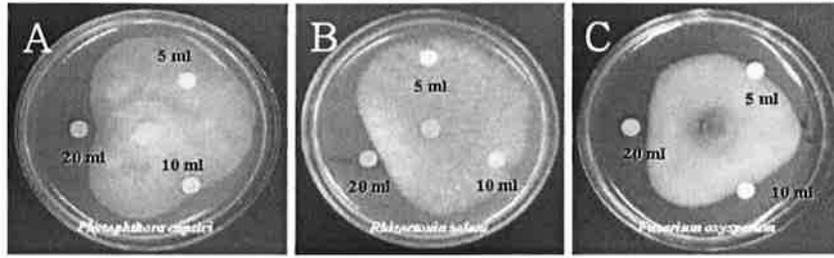
○ 항 병원성 곰팡이 활성의 측정

분리된 *Lysobacter enzymogenes*는 고추, 벼, 오이 등의 작물에 발생하는 주요 병원균의 성장을 효과적으로 제어함을 확인하였다(그림 3-2).



[그림 3-2] *Lysobacter enzymogenes*의 벼 도열병 KACC 40414 (A), 벼 잎집무늬마름병 KACC 40101 (B), 고추 역병 KACC 40483 (C), 오이 모잘룩병 KACC 40111 (D) 병원균의 성장 저해 작용

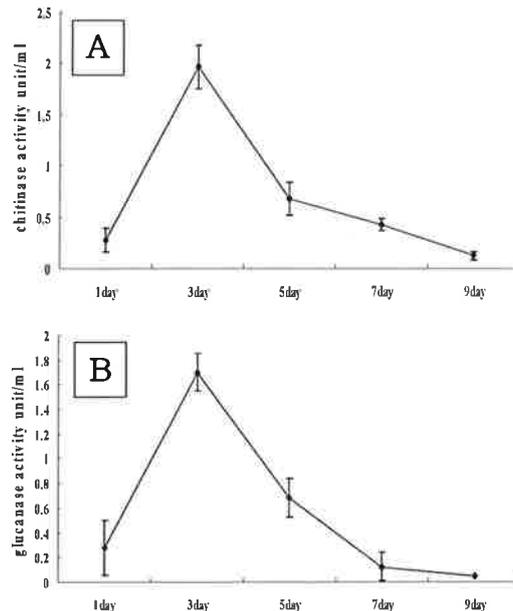
효소 이외의 다른 항곰팡이성 물질을 확인하기 위해 Paper disk법을 사용하여 배양액에서 유기용매로 항곰팡이성 물질을 추출하여 주요 병원균을 제어함을 확인하였다(그림 3-3.). 또한 항곰팡이성 물질이 Phenyl acetic acid임을 확인하였다.



[그림 3-3] *Lysobacter enzymogenes*의 고추 역병 KACC 40483 (A), 오이 모잘록병 KACC 40111(B), 토마토 시들음병 KACC 40527(C)에서 항곰팡이성 물질 활성 확인.

○ *L. enzymogenes*의 세포벽 분해 효소 측정

*L. enzymogenes*의 배양액에서 접종한 날로부터 1, 3, 5, 7, 9일차 시료를 채취하여 각자 chitinase activity와  $\beta$ -1,4-glucanase activity 측정하였다. 그 결과 chitinase activity,  $\beta$ -1,4-glucanase activity는 각각 2.1 unit/ml, 1.75 unit/ml로 둘 다 3일째 최대값을 보였다(그림 3-4).

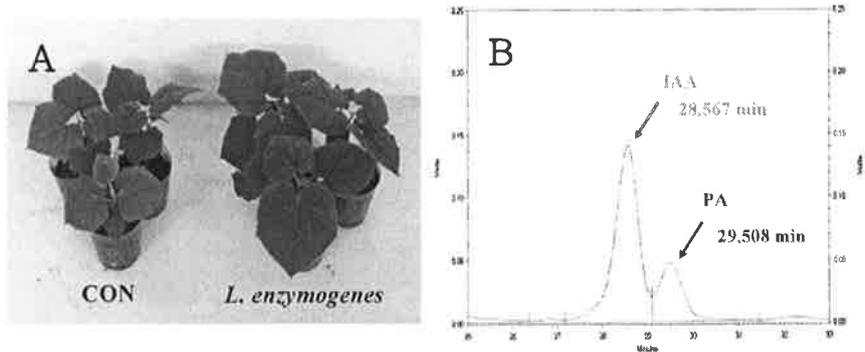


[그림 3-4] *L. enzymogenes*의 chitinase activity(A),  $\beta$ -1,4-glucanase activity(B) 측정

다. 식물병 방제 효과 검증

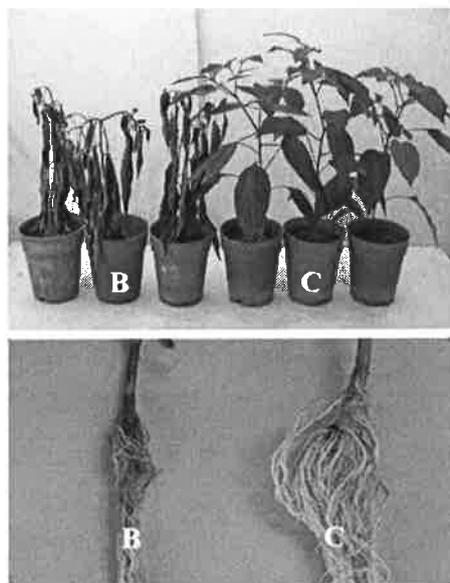
(가) 기내실험

○ 실험설명: *Lysobacter enzymogenes*의 오이의 초기 생육에 미치는 효과를 조사해 보기 위하여 실험을 실시하였다. *L. enzymogenes*는 IAA를 생성함으로써 오이의 초기 생육을 촉진시키고 있다(그림 3-5).



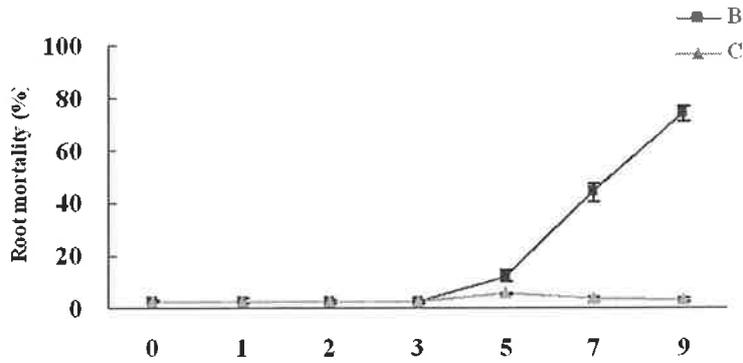
[그림 3-5] *L. enzymogenes* 의 오이 초기 생육 사진(A), *L. enzymogenes* 배양액 내에서 추출 후 HPLC로 IAA 생성확인(B).

○ 실험설명: *L. enzymogenes* 의 고추역병에 대한 방제 효과를 확인하고자 실험을 실시하였다. 고추 역병균 접종 후 9일 째 대조구의 고추는 정상 생장을 보인 *L. enzymogenes*를 처리한 고추와는 다르게 역병균의 침입으로 인하여 시들음 증세를 보였고 뿌리는 고사하였음을 확인하였다(그림 3-6).

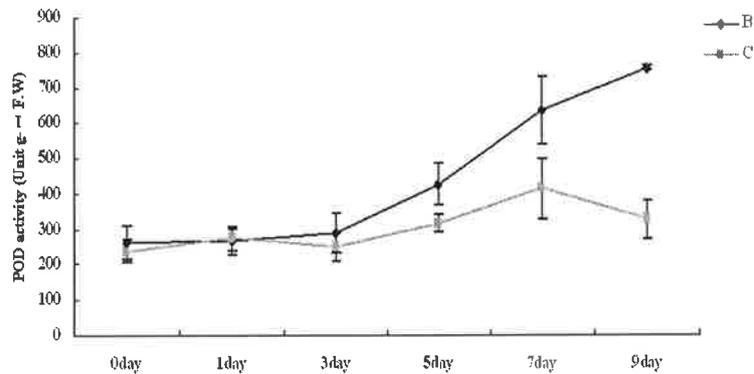


[그림 3-6] 무처리 (B), *L. enzymogenes*배양액 (C)의 처리 후 고추역병에 대한 방제 효과.

역병균 처리 후 기간별 뿌리의 사망률을 확인한 그래프로 무처리구(B)는 9일째 사망률이 72%였으나 *L. enzymogenes* 배양액 처리구(C)는 7%의 뿌리만 고사 한 것을 확인 하였다(그림 3-7). 또한 각 처리구별 고추잎의 Peroxidase(POD) 활성을 측정하였다. 역병균을 처리한지 9일 째 무처리구의 POD 활성은 745 Unit g<sup>-1</sup> F.W이고 *L. enzymogenes* 배양액 처리구는 311 Unit g<sup>-1</sup> F.W을 측정하였다(그림 3-8).



[그림 3-7] 무처리 (B), *L. enzymogenes* 배양액 (C)의 처리 후 고추의 뿌리 사망률.



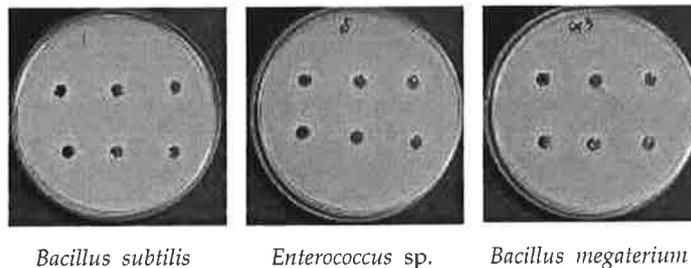
[그림 3-8] 무처리 (B), *L. enzymogenes* 배양액 (C)의 처리 후 고추잎의 POD 활성.

라. 확보된 기능성 미생물의 활성 확인 및 신종 기능성 미생물 분리

○ 선충에 의한 심해가 피한 농가의 토양으로부터 선택배지를 사용하여 기능성 미생물을 분리 하였으며 그 특성을 조사 하여 동정을 실시하였다.

○ 젤라틴분해 미생물의 분리

젤라틴(1%)을 함유한 배지에서 성장하는 균을 1차적으로 분리 하였으며 0.8% 젤라틴과 5% agar 그리고 trichloroacetic acid를 함유한 배지에서 미생물을 배양한 후 proteinase K를 standard로 하여서 활성을 측정하여, 활성이 제일 강한 3종의 미생물을 분리 하였으며 16S rRNA sequence를 비교한 결과 *Bacillus subtilis*, *Enterococcus sp* 및 *Bacillus megaterium*으로 동정되었다(그림 3-9).

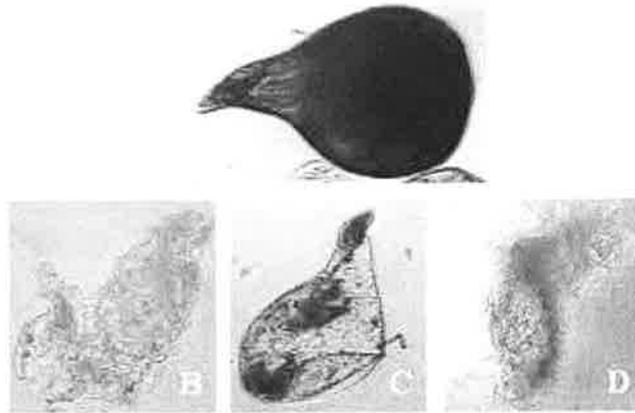


[그림 3-9] 젤라틴 분해 특성을 갖고 있는 3가지 균주에 의하여 생성된 clear zone.

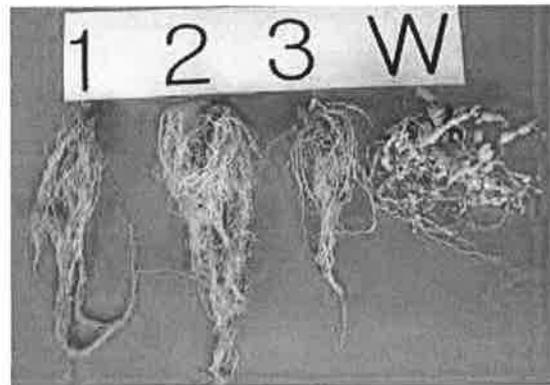
마. 항 선충 및 항 병원성 곰팡이 활성의 측정

○ 항선충 활성의 측정

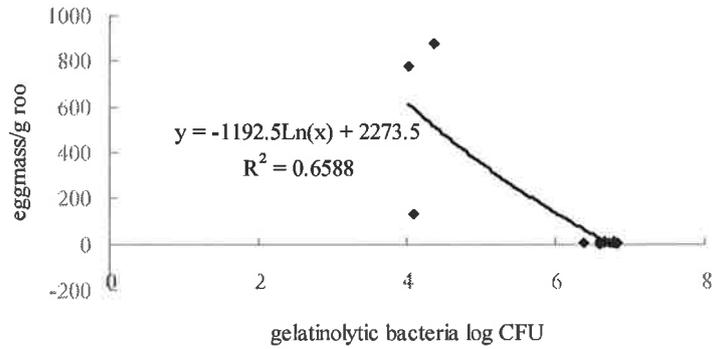
분리된 3 종의 젤라틴 분해 미생물이 고구마 뿌리혹선충의 난낭의 파괴를 현미경을 통하여 관찰하였다 (그림 3-10). 또한 이 3종의 미생물은 토마토 뿌리에서의 고구마 뿌리혹 선충의 침입을 효과적으로 방제 하여 주는 것을 확인할 수가 있었다(그림 3-11).



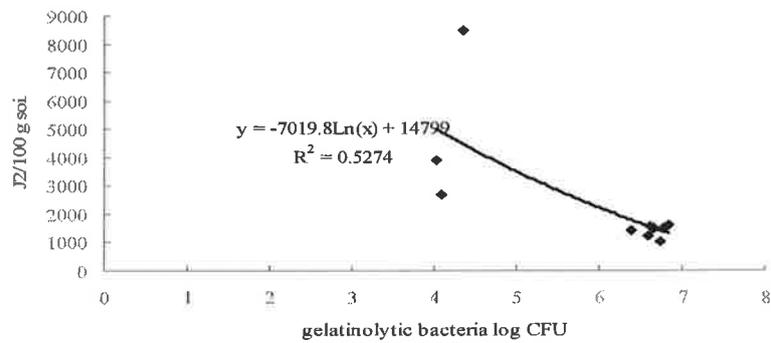
[그림 3-10] 젤라틴분해 미생물 *Bacillus subtilis* (B), *Enterococcus sp* (C) 및 *Bacillus megaterium* (D) 의 뿌리혹선충 난낭에 대한 파괴효과.



[그림 3-11] 선충이 감염된 토양에서의 젤라틴분해 미생물 *Bacillus subtilis*(1), *Enterococcus sp*.(2) 및 *Bacillus megaterium*(3) 의 처리가 토마토뿌리에 대한 방제효과.



[그림 3-12] 토양중의 젤라틴분해 미생물의 밀도가 증가가 뿌리의 난낭숫자에 대한 효과.



[그림 3-13] 토양중의 젤라틴분해 미생물의 밀도가 토양속의 2기유충의 밀도는 대한 효과.

바. 식물병 방제 효과 검증

(가) 기내실험

○ 실험설명: 예비 실험을 통하여 *Enterococcus* sp 가 항 선충 활성이 가장 좋은 것을 확인하였다. 선충에 심하게 오염된 토양 (*Meloidogyne* sp. 1320 J2/100 g soil) 에 토마토를 정식하여서 10주후 선충방제 효과를 높은 선충밀도에서 재배 시 선충제어 효과를 관찰하였다. 왼쪽으로부터 무처리, 살선충제(Cadusafos), *Enterococcus* sp + 유기물 및 *Enterococcus* sp 처리구 이다. 결과로부터 볼 때 유기물과 기능성 미생물 배양액 처리구는 토마토의 생육을 촉진할 뿐만 아니라 뿌리혹선충으로부터 작물을 효과적으로 보호함을 확인할 수가 있었다(그림 3-14).



[그림 3-14] 무처리(1), 살선충제(Cadusafos)(2), *Enterococcus* sp + 유기물(3) 및 *Enterococcus* sp.(4) 의 처리가 토마토의 뿌리혹선충 방제에 미치는 효과.

(나) 필드실험

① 키틴분해미생물과 젤라틴분해미생물을 이용한 포장 확인실험

전남 지역 200여개의 농가에서 고추, 토마토, 오이, 벼, 배, 사과, 유자, 감, 부지화, 대파, 딸기, 파프리카 등 성장 촉진 및 병 방제효과 확인 실험을 실시하고 있다.



#### 4. 연구개발 수행 결과 (III) : 2차년도 시험결과 (김길용 교수)

##### 가. 키틴분해 미생물의 분리 및 항균 활성 검증

전북 부안으로부터 서해안 해안선을 따라서 해안가 토양을 채집하였으며 0.5% 콜로이달 키틴을 함유한 배지를 사용하여서 키틴분해 능력이 있는 48 종의 미생물을 분리 하였다. 분리된 48종의 키틴분해미생물과 *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora capsici* 및 *Rhizoctonia solani*를 대치 배양하여 저해 능력이 강한 4종을 선택하여 A12, A3, B3, A7로 명명하였다. 분리된 균주들은 모두 chitinase를 생성했으며(표 2-1, 그림 2-1), A12와 A3는 *F. oxysporum*, *P. capsici* 및 *R. solani*를, B3는 *P. capsici*와 *R. solani*를, 그리고 A7은 *R. solani*를 저해하였다 (표 4-1, 그림 4-1).

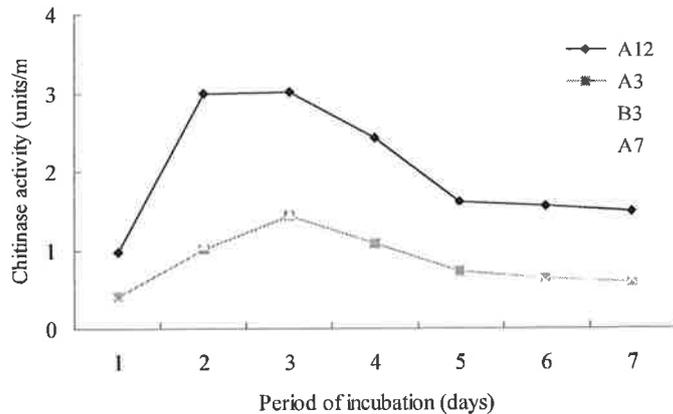
[표 4-1] 분리된 A12, A3, B3 및 A7 균주의 항 곰팡이 활성 및 효소 생성

Strain	<sup>a</sup> Antifungal activity			<sup>b</sup> Chitinase
	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Phytophthora capsici</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	
Strain A12	○○○	○○○	○	○
Strain A3	○	○	△	○
Strain B3	-	○	○	○
Strain A7	-	-	○○○	○

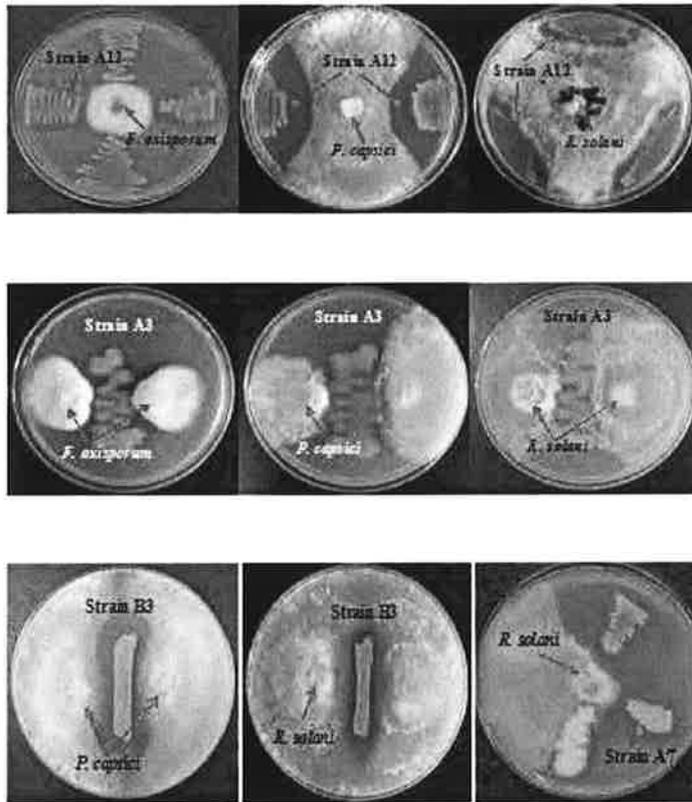
<sup>a</sup> △: 항 곰팡이 활성이 미약함 (저해거리 0.5cm 이하); ○: 항 곰팡이 활성이 약함 (저해거리 0.5~1cm)

○○○: 항 곰팡이 활성이 강함 (저해거리 1~2 cm); ○○○○: 항 곰팡이 활성이 매우 강함 (저해거리 2cm 이상)

<sup>b</sup> Chitinase ○: 활성이 강함 (투명대 2 cm 이상); △: 활성이 약함 (투명대 2 cm 이하)



[그림 4-1] 분리된 A12, A3, B3 및 A7 균주의 시간에 따른 chitinase 활성의 변화.



[그림 4-2] 분리된 A12, A3, B3 및 A7 균주가 *F. oxysporum*, *P. capsici* 및 *R. solani*의 균사생장 저해에 미치는 영향.

\* 분리된 A12, A7, A3, B3, *Burkholderia* sp. MPC-7 및 *Trichoderma asperellum* 등을 이용해 미생물 제제를 만들 예정이다.

#### 나. *Burkholderia* sp. MPC-7의 고추 역병 억제 효과 검증

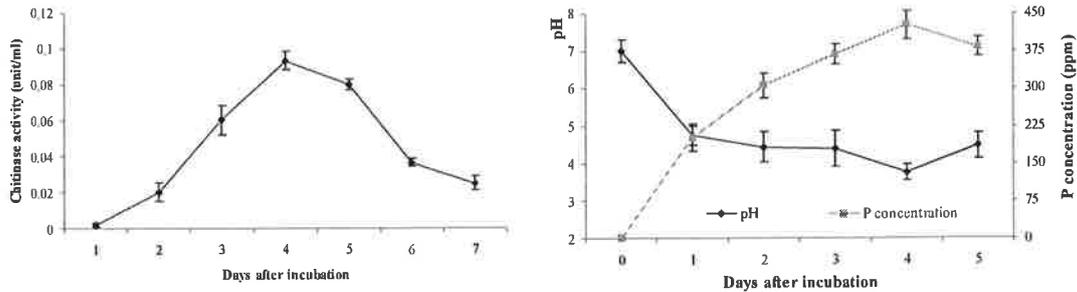
##### (1) *Burkholderia* sp. MPC-7의 분리

콜로이달 키틴 및 hydroxyapatite를 함유한 배지에서 투명대를 형성하는 미생물을 분리하였으며 (그림 4-3) 이 미생물의 생성하는 chitinase 및 불용성 인산용해력을 조사하였다 (그림 4-4). 이 미생물은 그 형태적특징 및 16S rRNA 염기서열 분석에 의하여 *Burkholderia* sp. 로 동정되었으며 *Burkholderia* sp. MPC-7이라고 명명하였다.



[그림 4-3] 0.25% 콜로이달 키틴, 0.5% glucose 및 0.2% hydroxyapatite 를 함유한 배지에서 *Burkholderia*

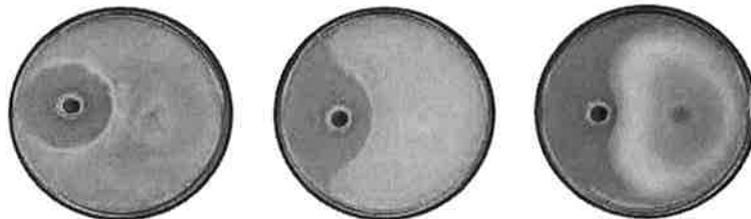
sp. MPC-7의 투명대 형성.



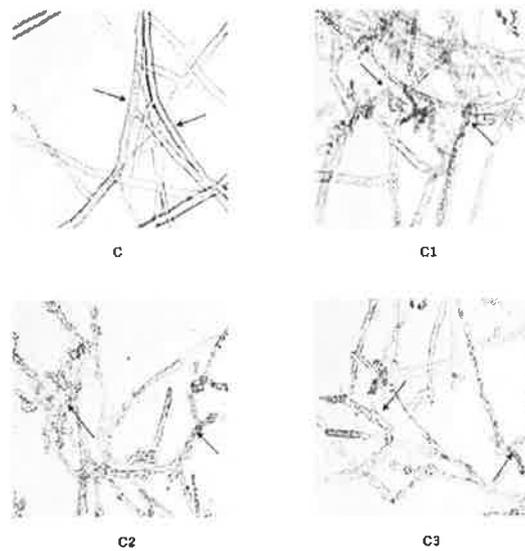
[그림 4-4] 0.5% 콜로이달 키틴, 2% glucose 및 0.4% hydroxyapatite를 함유한 배지에서 *Burkholderia* sp. MPC-7의 chitinase의 생성(좌) 및 pH와 인산농도의 변화(우).

(2) *Burkholderia* sp. MPC-7의 항 곰팡이 활성 및 페놀화합물의 생성.

*Burkholderia* sp. MPC-7 를 콜로이달 키틴이 함유된 PDA 배지에서 *Rozhoctonia solani*, *Phytophthora capsici* 및 *Fusarium oxysporum*와 대치 배양한 결과 상기 3 종의 병원균의 성장을 효과적으로 억제함을 확인 하였다(그림 4-5). *Burkholderia* sp. MPC-7 15 L를 MB 배지 (0.4%의 hydroxyapatite, 0.5%의 colloidal chitin 및 2%의 glucose)에서 배양하여 원심분리한 후 pH 3으로 조절하여서 ethyl acetate로 추출한 후 감압농축기로 농축시킨 후 메타놀에 용해 시켜서 Sephadex LH-20 컬럼으로 정제 하였으며 GC/EI-MS 로 분석한 결과 benzoic acid, phenylacetic acid 및 4-hydroxyphenylacetate methyl ester 를 생성함을 확인할 수가 있었다. 또한 분리 된 상기 3 종의 페놀 화합물은 고추역병원인 *Phytophthora capsici*의 균사를 파괴함을 현미경 관찰을 통하여 확인하였다(그림 2-6).



[그림 4-5] *Burkholderia* sp. MPC-7이 *R. solani*, *P. capsici* 및 *F. oxysporum*의 균사에 대한 성장 저해 효과.



[그림 4-6] *Burkholderia* sp. MPC-7로부터 분리된 페놀화합물의 고추역병균 *P. capsici* 균사에 대한 파괴 효과. C: 대조구 (20 µl 50% MeOH 처리) C1: benzoic acid (250ppm) C2: phenylacetic acid (250ppm) C3: 4-hydroxyphenylacetate methyl ester (250ppm) 처리.

(3) *Burkholderia* sp. MPC-7의 항균활성 검증

새롭게 분리된 미생물 *Burkholderia* sp. MPC-7이 생성하는 페놀화합물은 농도별로 수종의 세균 및 곰팡이의 성장을 억제함을 확인 하였으며 이러한 결과들은 이 미생물의 식물병 억제제로써의 가능성을 제시 하여주었다.

[표 4-2] *Burkholderia* sp. MPC-7가 분비하는 페놀화합물 benzoic acid (C1): phenylacetic acid (C2) 및 4-hydroxyphenylacetate methyl ester(C3) 의 항균 활성.

Microorganisms	Inhibition (Clear zone, mm) †								
	‡ C1			‡ C2			‡ C3		
	0.1 mg	0.25 mg	0.5 mg	0.1 mg	0.25 mg	0.5 mg	0.1 mg	0.25 mg	0.5 mg
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	9.2±0.2	8.7±0.2	nd	11.7±0.2	10.8±0.2	nd	15.2±0.2	15.3±0.2	nd
<i>Bacillus subtilis</i>	7.2±0.2	7.2±0.2	nd	10.3±0.2	9.7±0.3	nd	14.2±0.2	13.0±0.3	nd
<i>Clavibacter michiganensis</i> sub sp. <i>michiganensis</i>	7.5±0.3	7.3±0.3	nd	11.7±0.2	11.2±0.2	nd	15.3±0.2	14.8±0.2	nd
<i>Escherichia coli</i>	7.2±0.2	7.5±0.3	nd	9.8±0.2	10.3±0.2	6.8±0.2	13.7±0.2	15.7±0.3	8.2±0.2
<i>Micrococcus luteus</i>	7.5±0.3	7.2±0.2	9.3±0.3	9.7±0.2	8.3±0.2	12.0±0.3	11.2±0.2	11.0±0.3	15.0±0.3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	7.7±0.2	7.3±0.3	nd	9.8±0.2	9.8±0.2	nd	12.5±0.3	12.3±0.2	nd
<i>Pseudomonas syringae</i> <i>lachrymans</i>	7.3±0.2	7.3±0.2	nd	10.2±0.2	9.8±0.2	nd	12.7±0.2	13.2±0.2	nd
<i>Staphylococcus aureus</i>	8.3±0.2	7.3±0.2	nd	10.7±0.2	9.3±0.2	nd	13.0±0.3	12.3±0.2	nd
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	8.2±0.2	8.2±0.2	nd	9.7±0.2	9.8±0.2	nd	13.5±0.3	12.8±0.2	nd
<i>Xanthomoas campestris</i> pv. <i>Vesicatoria</i>	8.8±0.3	8.0±0.3	nd	11.5±0.3	11.0±0.2	nd	17.3±0.3	16.2±0.2	nd

\* 모든 값은 평균으로 나타냄 (± 오차)

‡ 6 mm 페이퍼디스크 당 접종된 페놀화합물의 건조량 (mg)

† 항균활성이 보이지 않음

[표 4-3] *Burkholderia* sp. MPC-7가 분비하는 페놀화합물 benzoic acid (C1): phenylacetic acid (C2) 및 4-hydroxyphenylacetate methyl ester (C3)의 항 곰팡이 활성.

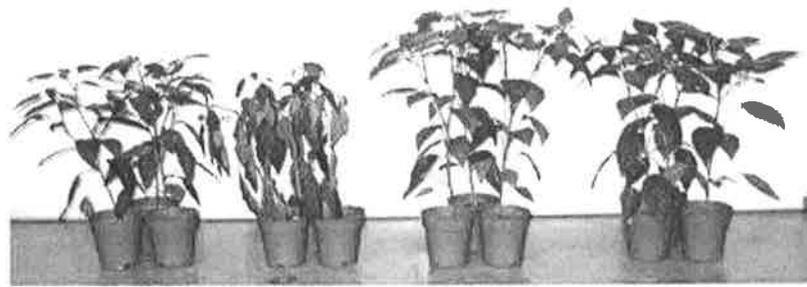
Fungi	Inhibition ratio*								
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
	--- 100 ppm ---			----- 250 ppm -----			----- 500 ppm -----		
<i>Alternaria brassicicola</i>	nd	---	nd	-	--	---	±	±	--
<i>Botrytis cinerea</i>	nd	--	--	±	-	--	+++	±	+
<i>Colletotrichum coccodes</i>	---	---	nd	--	-	--	-	±	-
<i>Chaetomium globosum</i>	nd	nd	nd	---	---	nd	--	- -	nd
<i>Didymella bryoniae</i>	-	±	--	+	+	--	+++	+	-
<i>Fusarium oxysporum f. sp gladioli</i>	---	---	nd	-	--	nd	+++	±	---
<i>Fusarium oxysporum f. sp melonis</i>	---	nd	nd	--	---	nd	+	-	nd
<i>Fusarium oxysporum f. sp lycopersici</i>	nd	nd	nd	--	---	nd	-	-	---
<i>Penicillium expansum</i>	nd	nd	nd	---	nd	nd	-	- - -	nd
<i>Phytophthora capsici</i>	+	--	---	+++	+++	--	+++	+++	-
<i>Pythium aphanidermatum</i>	+	+	nd	+++	++	nd	+++	+++	-
<i>Rhizoctonia solani</i> AG-1(KACC 40111)	nd	nd	nd	±	±	nd	+++	+++	±
<i>Rhizoctonia solani</i> AG-1(KACC 40101)	-	--	nd	+	+	---	+++	++	±
<i>Rhizoctonia solani</i> AG-2-2	---	nd	nd	-	-	--	+	+	±
<i>Stemphylium vesicarium</i>	---	---	nd	---	-	nd	±	±	--
<i>Trichoderma atroviride</i>	---	nd	nd	-	---	nd	+	±	---
<i>Trichoderma harzianum</i>	---	nd	nd	-	--	---	+	±	--

\* 페놀화합물의 농도를 각각 100, 250, 500 ppm으로 하여 실험하였다.

nd (not detected)는 5% 이하의 억제능을 보이는 것, (---)는 5에서 15%의 억제능, (--)는 15에서 30%의 억제능, (-)는 30에서 45%의 억제능, (±)는 45에서 60%의 억제능, (+)는 60에서 80%의 억제능, (++)는 80에서 100%의 억제능, 그리고 (+++)는 100% 억제능.

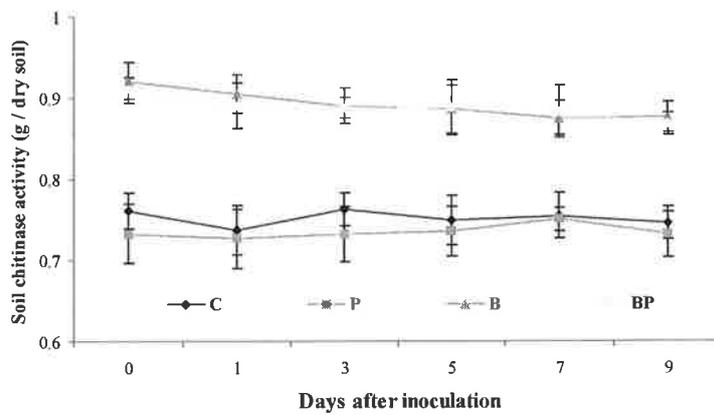
#### (4) *Burkholderia* sp. MPC-7의 고추 역병에 대한 억제 효과

*Burkholderia* sp. MPC-7의 고추 역병균에 억제 효과를 검증하고자 포트에서 아래와 같이 처리구를 나누고 실험을 실시하였다. C: MB 배지 (0.4%의 hydroxyapatite, 0.5%의 colloidal chitin 및 2%의 glucose를 함유) 처리; P: MB 배지 + *P. capsici* 처리; B: MB 배지에서 배양한 *Burkholderia* sp. MPC-7의 배양액 처리; BP: MB 배지에서 배양한 *Burkholderia* sp. MPC-7 + *P. capsici* 처리 결과 *Burkholderia* sp. MPC-7는 고추의 성장을 촉진할 뿐만 아니라 (표 4-4) 고추 역병을 효과적으로 억제 할 수 있음을 확인하였다 (그림 4-7). 또한 이 미생물의 처리는 토양중의 chitinase의 활성을 증가 시켜 주었으며 root mortality도 감소 시켰다 (그림 4-8, 4-9). MB 배지에서 배양한 미생물로 처리된 고추의 지상부 및 지하부의 PR-protein 및 lignification related enzyme은 대조구에 비해 변화가 적어 미생물의 처리가 고추역병을 억제하였음을 알 수 있었다 (그림 4-10, 4-11, 4-12, 4-13).



C P B BP

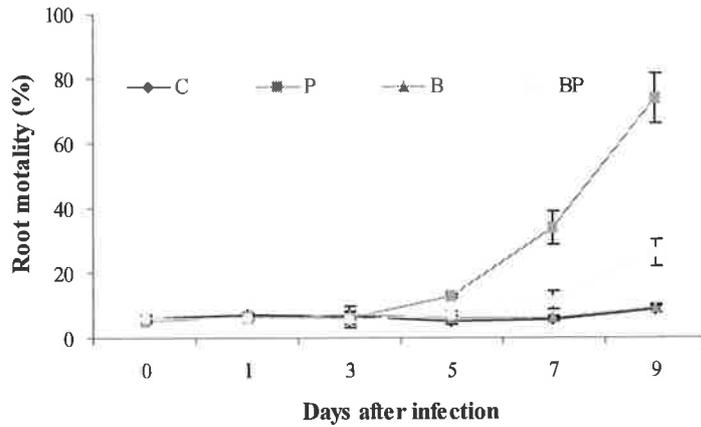
[그림 4-7] C (MB 배지); P (MB 배지 + *P. capsici*)처리; B (MPC-7 배양액); BP (MPC-7 배양액 + *P. capsici*)의 처리가 식물성장과 역병억제에 미치는 영향. 병원균 *P. capsici*의 접종 9일 후 고추.



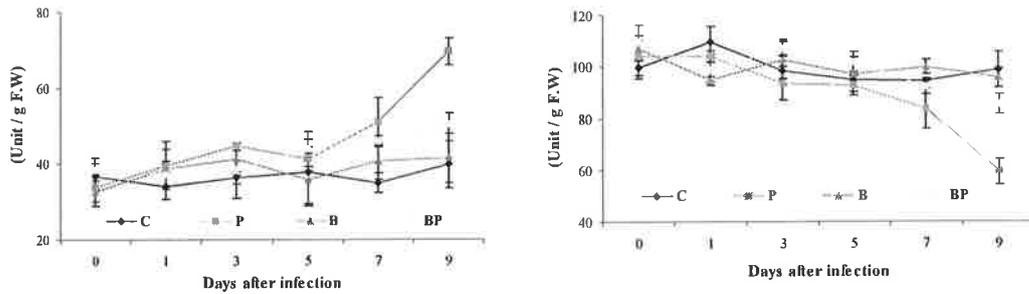
[그림 4-8] C (MB 배지); P (MB 배지 + *P. capsici*)처리; B (MPC-7 배양액); BP (MPC-7 배양액 + *P. capsici*)의 처리가 토양 chitinase 변화에 미치는 영향. *P. capsici*는 0일에 접종

[표 4-4] 병원균 접종 9일후 처리구에 따른 식물체의 초장, 엽수, 엽면적 및 생체중의 차이. C (MB 배지); P (MB 배지 + *P. capsici*)처리; B (MPC-7 배양액); BP (MPC-7 배양액 + *P. capsici*)

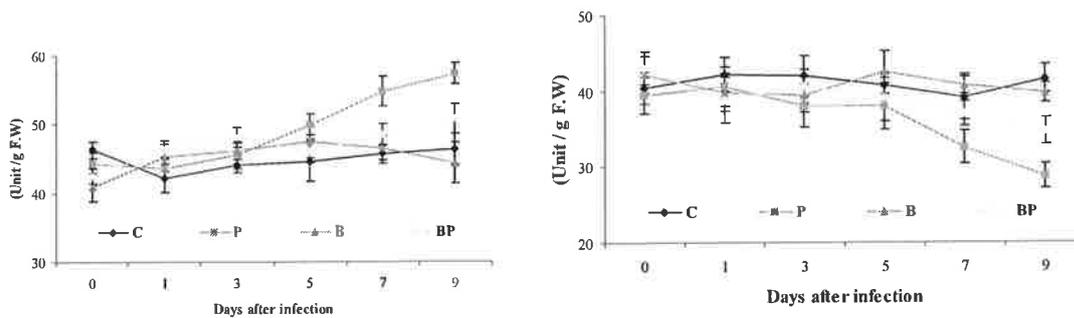
처리구	초장 (cm)	엽수 (ea)	엽면적 (cm <sup>2</sup> )	지상부생체중 (g)	지하부생체중 (g)
C	37.56	29	716.73	15.87	2.02
P	36.43	27	476.47	12.23	1.66
B	43.28	33	778.08	17.98	2.23
BP	40.08	31	734.71	16.45	1.92
LSD (%)	1.51	1.85	25.4	0.94	0.54



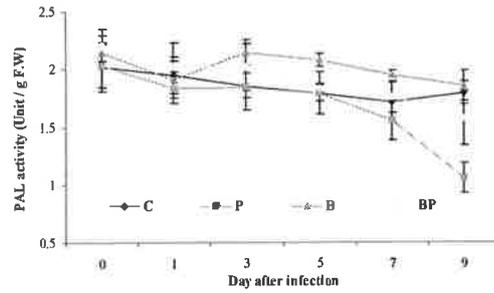
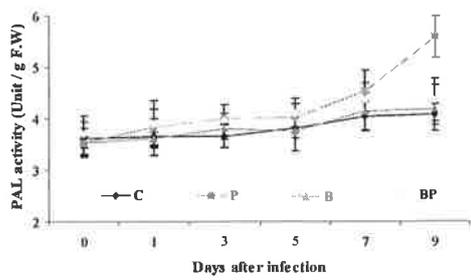
[그림 4-9] C (MB 배지); P (MB 배지 + *P. capsici*)처리; B (MPC-7 배양액); BP (MPC-7 배양액 + *P. capsici*)의 처리가 root mortality의 변화에 미치는 영향. *P. capsici*는 0일에 접종



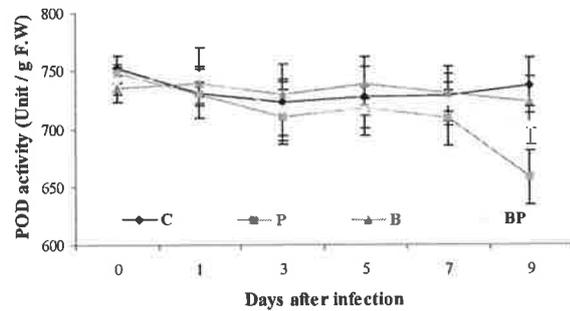
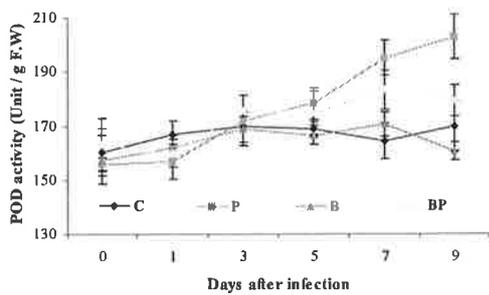
[그림 4-10] C (MB 배지); P (MB 배지 + *P. capsici*)처리; B (MPC-7 배양액); BP (MPC-7 배양액 + *P. capsici*)의 처리가  $\beta$ -1,3-glucanase 활성의 변화에 미치는 영향. *P. capsici*는 0일에 접종 (좌: 지상부, 우: 지하부).



[그림 4-11] C(MB배지); P(MB배지+*P. capsici*)처리; B(MPC-7배양액); BP(MPC-7배양액+*P. capsici*)의 처리가 chitinase활성의 변화에 미치는 영향. *P. capsici*는 0일에 접종(좌: 지상부, 우: 지하부).



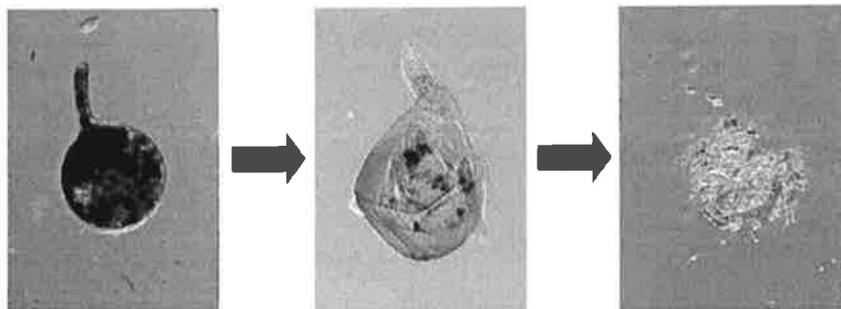
[그림 4-12] C (MB 배지); P (MB 배지 + *P. capsici*)처리; B (MPC-7 배양액); BP (MPC-7 배양액 + *P. capsici*)의 처리가 PAL 활성의 변화에 미치는 영향. *P. capsici*는 0일에 접종 (좌: 지상부, 우: 지하부).



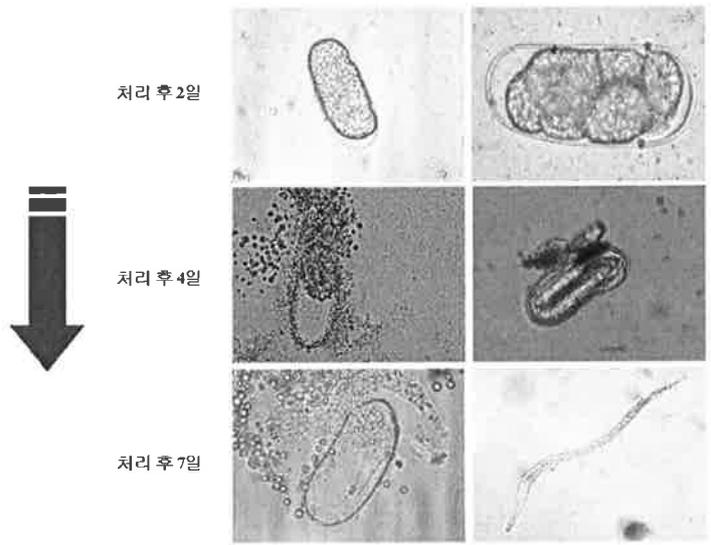
[그림 4-13] C (MB 배지); P (MB 배지 + *P. capsici*)처리; B (MPC-7 배양액); BP (MPC-7 배양액 + *P. capsici*)의 처리가 POD 활성의 변화에 미치는 영향. *P. capsici*는 0일에 접종 (좌: 지상부, 우: 지하부).

#### (5) *Bacillus megaterium* 의 항 선충 활성의 검증

젤라틴 분해 특성을 가지고 있는 미생물 *Bacillus megaterium*을 이용하여서 항 선충 활성을 검증 하였다. 최소양분 배지에 1% 젤라틴을 첨가하여 배지를 조성한 후 *B. megaterium* 을 접종 하여 27°C에서 5일간 배양하였다. 미생물의 뿌리혹선충 암컷에 대한 방제 효과를 조사 하기 위하여 선충에 감염된 토마토 뿌리를 깨끗이 씻어서 용액 (1% pectinase 및 cellulase 용액을 조제하여 혼합한 후 streptomycin surfate 를 0.5% 수준으로 첨가) 에 침지한다. 24 시간 후 해부 현미경 하에서 암컷을 분리하여 실험을 실시한다. 미생물 배양액의 처리는 뿌리혹선충 *M. incognita*의 암컷을 파괴하였으며(그림 4-14), 알의 부화를 억제함을 (그림 4-15) 현미경 관찰을 통하여 확인하였다.



[그림 4-14] *B. megaterium*의 처리가 뿌리혹선충 암컷에 대한 파괴 효과.



[그림 4-15] *B. megaterium*의 처리가 선충 알 부화의 억제에 미치는 효과.

5. 개발된 제제의 지속적인 효과검증 및 표준 재배 예비 매뉴얼 작성

전년도에 이어서 더욱 다양한 작물에 많은 면적에서 개발된 제제와 기능성미생물을 이용하여 농가에서 그 실질적인 효과를 검증하였으며 표준 재배기술 매뉴얼 확립을 위해 년 간 약 100여 일을 농가현장에 방문 (친환경 재배농가 방문 기술지도 현장 참조)하면서 예비 재배력을 작성하였다.

구분	1월	2월	3월	4월			5월			6월			7월			8월			9월			10월			11월			12월
				상순	중순	하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순	
생육 단계	휴면기			발아 및 전엽기			개화기			세포분열기			화아분화기			과실비대기			착색기			저장			낙엽기			
병해 충 방제	월동병해충 (응애)			붉은별무늬병, 부란병			검은별무늬병, 흰가루병			심식나방, 굴나방			부패병, 점무늬낙엽병, 탄저병, 갈색무늬병															

- 월동병해충 : 기계유제
- 붉은별무늬병, 부란병, 검은별무늬병, 흰가루병, 탄저병, 부패병, 점무늬낙엽병, 갈색무늬병 : 키틴분해미생물, 석회유황합제, 석회보르도액, 오일제제
- 나방류 : 천연식물 추출물제제
- 성페로몬제 : 충 교란제
- 진딧물 : 천연식물 추출물제제 + 오일제제
- 해충포획기 : 해충 밀도 예찰
- 응애 : 천연식물 추출물제제 + 오일제제
- 그물망 : 조류에 의한 피해를 예방

가. 노지 고추재배

나주시 남평농협 다도지점 고추작목반에서 육묘상부터 수확때까지 친환경 자재를 사용하여 농약의 살포 횟수를 줄였다. 주당 고추가 100개 이상 수확되 내년에는 면적을 늘림과 동시에 표준매뉴얼 작성을 위해 노력할 것이다.

(면적 : 3,309m<sup>2</sup>)

구분	품목	사용량	용도
정식 전	키틴 분말	125kg	키틴 분해 미생물 우점
	폐화석	750kg	석회 성분 공급
	위드스탑	8 Roll	제초방제
	핀	4 box	위드스탑 고정 핀
	베테랑, 코니도, 아타라 입제	500ml	진딧물 예방
정식 시	키틴분해미생물	250kg	생육촉진 역병예방(정식시)
정식 후 10일	팩턴	500ml	진딧물 발생시 방제
정식 후 25일	키틴분해미생물	1,000리터	생육촉진 및 역병 예방
정식 후 30일	아인산염	20리터	역병 예방
정식 후 35일	코니도	500ml	진딧물 발생시 방제
정식 후 40일	키틴분해미생물	1,000리터	생육촉진 및 역병 예방
정식 후 43일	오신	500ml	진딧물 발생시 방제
정식 후 45일	바이오스팟	1,000ml	청고병 방제
정식 후 48일	키틴분해미생물, 아인산염	1,000리터	생육촉진 및 역병 예방
정식 후 55일	바이오스팟	1,000ml	청고병 방제
정식 후 58일	키틴분해미생물, 아인산염	1,000리터	생육촉진 및 역병 예방
정식 후 65일	골드보르도액 5세대	1kg	탄저병 예방위주 방제
정식 후 70일	에이팜	500ml	담배나방 유충 발생시 방제
정식 후 75일	키틴분해미생물, 아인산염	1,000리터	생육촉진 및 역병 예방
정식 후 80일	파맘탄, 프린트	500ml	담배나방 유충 발생시 방제 탄저병 발생시 방제
정식 후 90일	아바타	500ml	담배나방 유충 발생시 방제
정식 후 100일	파워션	200ml	광합성 촉진
정식 후 110일	키틴분해미생물, 아인산염	1,000리터	생육촉진 및 역병 예방
정식 후 120일	파워션	200ml	광합성 촉진
정식 후 130일	파맘탄, 프린트	500ml	담배나방 유충 발생시 방제 탄저병 발생시 방제
정식 후 140일	키틴분해미생물, 아인산염	1,000리터	생육촉진 및 역병 예방



나. 인삼 재배

전남 곡성군 입면 박상백씨 농가에서 실험한 결과 키틴분해 미생물을 지속적으로 사용한 처리구의 인삼은 농약처리구보다 잔뿌리의 생장이 더 발달 되었다. 내년에는 3년 근과 4년 근을 중심으로 다양한 기능성미생물과 친환경 자재를 이용하여 표준매뉴얼 작성을 위해 노력할 것이다.

(면적 : 991.74m<sup>2</sup>)

구분	처리구			사용용도
날짜	관행구	키틴분해미생물 처리구	사용량	
4월 10일	다이젠	다이젠		모잘록병 예방
4월 20일	포리옥신	키틴분해미생물	미생물 배양액(300리터)에 물 (300리터)을 2배 희석해서 991.74m <sup>2</sup> 에 충분하게 엽면살포	모잘록병, 회색곰팡이병 예방
4월 30일	벨쿠트	키틴분해미생물		역병 예방
5월 10일	다이젠	키틴분해미생물		점무늬(줄기, 잎)병, 회색곰팡이병 예방
5월 20일	포리옥신	키틴분해미생물		점무늬(줄기, 잎)병, 회색곰팡이병 예방
5월 30일	벨쿠트	키틴분해미생물		점무늬(줄기, 잎)병, 회색곰팡이병 예방
6월 10일	다이젠	키틴분해미생물		점무늬(줄기, 잎)병, 회색곰팡이병 예방
6월 20일	포리옥신	키틴분해미생물		점무늬(줄기, 잎)병, 회색곰팡이병 예방
6월 30일	벨쿠트	키틴분해미생물		점무늬(줄기, 잎)병, 탄저병 예방
7월 3일	석회유황합제	키틴분해미생물		점무늬(줄기, 잎)병, 탄저병 예방
7월 10일	다이젠	키틴분해미생물		점무늬(줄기, 잎)병, 탄저병 예방
7월 20일	포리옥신	키틴분해미생물		점무늬(줄기, 잎)병, 탄저병 예방
7월 30일	벨쿠트	키틴분해미생물		점무늬(줄기, 잎)병, 탄저병 예방
8월 10일	다이젠	키틴분해미생물		점무늬(줄기, 잎)병, 탄저병 예방
8월 20일	포리옥신			
8월 30일	벨쿠트			



다. 배추 재배

전남 함평군 대동면 및 해남 화원면 10여 농가에서 키틴분해 미생물 및 식물성 총제 등을 이용하여서 재배하였다. 계속해서 다양한 기능성미생물과 친환경 자제를 이용하여 표준매뉴얼 작성을 위해 노력할 것이다.

(면적 : 3,306m<sup>2</sup>)

구분	품목	사용량	용도
정식 전	키틴분말+키틴분해미생물	125kg	배추 뿌리혹병 예방
	패화석	750kg	석회 성분 공급
정식 시	키틴분해미생물 퇴비	250kg	생육촉진 역병예방(정식시)
정식 직 후	토박이	250g	배추 좀나방, 파방나방 방제
정식 후 7일	농부각시 + 나노큐	1.5L	배추 청벌레, 진딧물 방제
정식 후 10일	선초골드	330ml	배추 좀나방, 진딧물 방제
정식 후 13일	솔빛채	200ml	배추 좀나방 방제
정식 후 15일	키틴분해미생물 + 붕소	300리터	노균병, 흰무늬병 예방 및 작물 생육 촉진 및 붕소 결핍 예방
정식 후 25일	토박이	250g	배추 좀나방, 파방나방 방제
정식 후 40일	키틴분해미생물 + 붕소	300리터	노균병, 흰무늬병 예방 및 작물 생육 촉진 및 붕소 결핍 예방
정식 후 45일	농부각시 + 나노큐	1.5L	배추 청벌레, 진딧물 방제
정식 후 55일	키틴분해미생물	300리터	노균병, 흰무늬병 예방 및 작물 생육 촉진
정식 후 70일	키틴분해미생물	300리터	노균병, 흰무늬병 예방 및 작물 생육 촉진

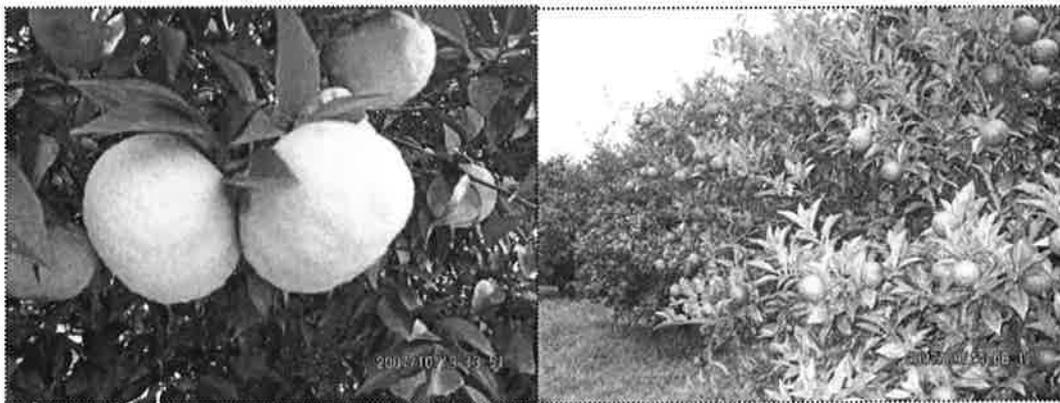


라. 유자재배

전남 고흥군 풍양면 20여 농가에서 키틴분해미생물 및 친환경 자재를 이용하여서 친환경유자 재배를 하였으며 일반 관행적인 농법에 비해 그 색도 및 크기가 우수함을 확인하였다.

(면적 : 3,306m<sup>2</sup>)

일자	주요 내용	주요 병해충
2월 25일	기계유제	월동 해충 방제
4월 6일	물 60말(1,200리터)에 기계유제 24L 희석하여 살포 즉 50배 희석	잿빛곰팡이병, 진딧물, 방화곤충 예방
4월 9일	키틴분해미생물 퇴비 10Kg*40포와 휴믹스테비아(5800*80)를 뿌리주위에 살포	
4월 24일	키틴분해미생물 25말 + 물 25말 (1:1) 비율로 희석 오후 4시 살포	
5월 8일	키틴분해미생물 20말 + 물 40말 (1:2) 비율로 희석 오후 4시 살포	
5월 28일	키틴분해미생물 20말 + 물 40말 (1:2) + 응칠이형 250ml*3병 잘 혼합하여 오후 6시 살포	
6월 26일	키틴분해미생물 20말 + 물 40말 (1:2) + 총킬러 1,000ml 잘 혼합하여 오전 8시 살포	
7월 21일	물 60말(1,200리터)에 석회유황합제 20L를 희석하여 오후 6시에 살포 즉 300배	흑점병, 더듬이병, 응애류, 진딧물 예방
7월 28일	키틴분해미생물 30말 + 물 30말 (1:1) + 응칠이형 250ml*3병 잘 혼합하여 오후 5시 살포	
8월 11일	키틴분해미생물 30말 + 물 30말 (1:1)제 1인산가리 10Kg + 목초액 2.4L + 응칠이형 250ml*3병을 잘 혼합하여 살포, 즉 제 1인산가리는 120배, 목초액은 500배 희석	
9월 15일	키틴분해미생물 25말 + 물 25말(1:1)+제 1인산가리 10Kg + 목초액 2L를 잘 혼합하여 오전 8시에 살포, 즉 제 1인산가리는 100배, 목초액은 500배 희석	굴나방 응애류, 진딧물 예방
10월 15일	키틴분해미생물 25말	



마. 벼 재배

전남 나주시 반남면과 장성군 남면 50여 농가에서 우렁이, 키티분해 미생물 및 친환경 자제를 사용하여 벼를 재배함으로써 기존에 벼 재배 시 사용되던 제초제 및 농약의 사용을 대신하였다. 다양한 기능성미생물과 친환경 자재를 이용하여 표준매뉴얼 작성을 위해 계속해서 노력할 것이다.

(면적 : 4,959m<sup>2</sup>)

구분	품목	사용량	용도
이앙전	쌀겨	500kg	미생물 정착 준비
	열탕소독	750kg	종자소독
	키티분해미생물	100L X 3회	건묘육성, 활착촉진, 묘 잘록병 예방
이앙 후 5일 이내	우렁이	25 kg	제초용 왕우렁이
이앙 후 10일	반딧불	400ml	벼물바구미 예방 및 방제
이앙 후 45일경 (유수분화기)	키티분해미생물	1,000L	도열병, 문고병, 흰잎마름병 예방
	농부각시	1L	청벌레 및 흑명나방
	나노큐	500ml	침투확산제
이앙 후 65일경 (수잉기 : 이삭패기 전)	키티분해미생물	1,000L	도열병, 문고병, 흰잎마름병 예방
이앙 후 73일(중요함) (출수전,후)	미보들 (석회보르도액)	1kg	도열병, 문고병, 흰잎마름병 예방
	선초골드	330ml	청벌레 및 흑명나방
이앙 후 84일 (등숙초기)	키티분해미생물	1,000L	도열병, 문고병, 흰잎마름병 예방
	농부각시	1L	이화명충, 흑명나방, 멸구 예방
	나노큐	500ml	침투확산제
이앙 후 95일 정도	키티분해미생물	1,000L	도열병, 문고병, 흰잎마름병 예방



바. 토마토 재배

전남 장흥군 관산읍과 영암군 도포면 10여 농가에서 키틴분해 미생물 및 친환경 자제를 사용하여 토마토를 재배하였다. 다양한 기능성미생물과 친환경 자재를 이용하여 표준매뉴얼 작성을 위해 노력할 것이다(1월 27일 정식).

(면적 : 1,322m<sup>2</sup>)

구분	품목	사용량	용도
정식 시	키틴분해미생물 퇴비	500kg	시들음병, 역병
2주 후	키틴분해미생물	600L	시들음병, 역병 및 작물 생육
3주 후	젤라틴 분해 미생물	600L	작물 생육 및 선충 예방
4주 후	튼튼이 트랩	2권	충 예방
	옥시팜, 옥시팜분제	각각 500ml	청고병 예방
5주 후	키틴분해미생물 관주 및 엽면 살포	600리터	시들음병, 역병 및 작물 생육
7주 후	칼슘 엽면 시비	100g	배꼽썩음병 예방
8주 후	농부각시, 나노큐	500리터	온실가루이 예방
9주 후	키틴분해미생물 관주 및 엽면 살포 미량요소복합비료(붕사)	600리터	잎곰팡이병, 시들음병, 역병 및 작물 생육
10주 후	젤라틴 분해 미생물	600리터	작물 생육 및 선충 예방
11주 후	키틴분해미생물 관주 및 엽면 살포	600리터	잎곰팡이병, 시들음병, 역병 및 작물 생육
12주 후	농부각시, 나노큐	500리터	온실가루이 예방
13주 후	농부각시, 나노큐	500리터	온실가루이 예방
15주 후	키틴분해미생물, 미량요소복합비료(붕사, 마그네슘), 광합성 촉진제	600리터	시들음병, 역병 및 작물 생육
18주 후	키틴분해미생물 관주 및 엽면 살포	600리터	잎곰팡이병, 시들음병, 역병 및 작물 생육
20주 후	칼슘 엽면 시비	100g	
23주	철거		



## 제 4 절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 1. 평가의 착안점 및 기준

구분	연도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
3차 년도	2007	○ 시설재배 식물병에 대한 친환경농자재 검증	50 %	○ 친환경농자재의 고추역병에 대한 항균력 조사 및 활성화조사 여부 ○ 작물의 일반적 생육 및 성장조사 여부 ○ 식물체내 병발생관련단백질 및 효소의 활성화변화 패턴조사 여부
		○ 고추역병에 대한 친환경농자재의 개발	30 %	○ 미생물로부터 분리된 효소 활성화 조사 여부
		○ 쌈채(잎들깨)와 벼 식물병에 대한 친환경농자재 검증	20 %	○ 친환경농자재의 쌈채(잎들깨)와 벼 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성화조사 여부
4차 년도	2008	○ 시설재배 식물병에 대한 친환경농자재 검증	50 %	○ 친환경농자재의 쌈채(잎들깨) 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성화조사 여부 ○ 작물의 일반적생육 및 성장조사 여부 ○ 식물체내 병발생관련단백질 및 효소의 활성화변화 패턴조사 여부
		○ 쌈채(잎들깨) 식물병에 대한 친환경농자재의 개발	30 %	○ 미생물로부터 분리된 효소 활성화 조사 여부 ○ 미생물로부터 얻어진 효소의 특성조사 여부
		○ 벼 식물병에 대한 친환경농자재 검증	20 %	○ 친환경농자재의 벼 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성화조사 여부
5차 년도	2009	○ 시설재배 식물병에 대한 친환경농자재 검증	50 %	○ 친환경농자재의 벼 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성화조사 여부 ○ 작물의 일반적생육 및 성장조사 여부 ○ 식물체내 병발생관련단백질 및 효소의 활성화변화 패턴조사 여부
		○ 벼 식물병에 대한 친환경농자재의 개발	50 %	○ 미생물의 효소 활성화 조사 여부 ○ 미생물로부터 얻어진 효소의 특성조사 여부 ○ 관련 효소의 분리/정제 기술 여부
최종 평가		○ 친환경농자재를 이용한 식물병 방제에 대한 매뉴얼 개발	50 %	○ 방제 매뉴얼의 농가에 직접 적용시험을 위한 교육 및 향상성 여부
		○ 친환경농자재를 이용한 식물병 방제 매뉴얼 농가 보급	50 %	○ 농가 적용시험의 평가 및 보급화여부

2. 연구개발목표의 달성도

목 표	연구개발 수행내용	달성도(%)
시설재배 고추, 쌈채(잎들깨) 식물병에 대한 친환경농자재 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 작물의 일반적 생육 및 성장 조사</li> <li>○ 친환경 시판농자재의 방제 효과 실내 검정 및 포장 검증</li> <li>○ 시험구의 식물체내 병발생관련단백질 및 효소의 활성변화 패턴조사</li> </ul>	90
벼 식물병에 대한 친환경농자재 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 작물의 일반적 생육 및 성장 조사</li> <li>○ 친환경 시판농자재의 방제 효과 실내 검정 및 포장 검증</li> <li>○ 시험구의 식물체내 병발생관련단백질 및 효소의 활성변화 패턴조사</li> </ul>	85
시설재배 고추, 쌈채(잎들깨) 식물병에 대한 친환경농자재의 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고추, 쌈채(잎들깨) 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사</li> <li>○ 고추, 쌈채(잎들깨) 식물병 방제에 대한 선발 미생물의 배양에서 얻어진 병발생관련단백질 및 대사산물의 활성 조사</li> <li>○ 식물체로 추출물을 이용한 항균활성 조사</li> </ul>	90
벼 식물병에 대한 친환경농자재의 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 벼 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사</li> <li>○ 벼 식물병에 방제에 대한 선발 미생물의 배양에서 얻어진 병발생관련단백질 및 대사산물의 활성 조사</li> </ul>	85

3. 관련분야의 기술발전 기여도

작목별	주요 내용	기여도(%)
벼	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경재배 기술핸드북과 매뉴얼을 제작하여 농민과 관련기관 배포하고 친환경교육을 실시함.</li> <li>○ 재배기술 컨설팅에 의한 농민의 기술력 향상에 많은 도움이 됨.</li> </ul>	95
고추	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경재배 기술핸드북과 매뉴얼을 제작하여 농민과 관련기관 배포하고 친환경교육을 실시함.</li> <li>○ 재배기술 컨설팅에 의한 농민의 기술력 향상에 많은 도움이 됨.</li> </ul>	90
쌈채(잎들깨)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경재배 기술핸드북과 매뉴얼을 제작하여 농민과 관련기관 배포하고 친환경교육을 실시함.</li> <li>○ 재배기술 컨설팅에 의한 농민의 기술력 향상에 많은 도움이 됨.</li> </ul>	90

## 제 5 절 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구개발 성과

#### 가. 학술지 게재 논문 실적

연번	논문제목	게재학술지명 (약자)	게재 년도	권: 쪽수	SCI 구분	Impact Factor	제1저자	교신 저자	공동저자	외국인 공동저자
1	Nematicidal activity of compounds extracted from medicinal plants against the pine wood nematode <i>Bursaphelenchus xylophilus</i>	Nematology	2009.10	11(6):835-845	SCI	0,877	D M C Nguyen	W J Jung	D J Seo, R D Park	V N Nguyen
2	Antimycotic activities of Cinnamon-derived compounds against <i>Rhizoctonia solani</i> in vitro	Biocontrol	2009.11	54(5):697-707	SCI	1,957	V N Nguyen	W J Jung	D J Seo, R D Park	D M C Nguyen
3	Comparison of Rice Stripe Disease Occurrence and Yield under Different Rice ( <i>Oryza sativa</i> L.) Cultivars	Korean Journal Of Organic Agriculture	2010.03	18(1):75-82	KSCI		G H Cha	W J Jung	H J Oh, H C Park	
4	Comparison of Growth, Yield and Quality between Organic Cultivation and Conventional Cultivation in Rice ( <i>Oryza sativa</i> L.) Field	Korean Journal Of Organic Agriculture	2010.06	18(2) : 199-208	KSCI		G H Cha	W J Jung	H J Oh, R D Park, H C Park, K N An	
5	Comparison of Growth, Yield and Quality by Green Crop Treatments in Rice ( <i>Oryza sativa</i> L.) Organic Cultivation	Korean Journal Of Organic Agriculture	2010.09	accepted	KSCI		G H Cha	W J Jung	H J Oh, H K Park, K N An, R D Park	
6	Induction of Pathogenesis Related Proteins in Cucumber Plants from a Rhizospheric Chitinolytic Bacterium	J Chitin Chitosan	2010.09	15(3): 125-129	KSCI		D J Seo	W J Jung	M J Choi, Y S Song, DMC Nguyen	

#### 나. 학술대회 실적

연번	저자명	논문 제목	학술대회 명칭	학술대회 개최기간 및 장소	발표형태
1	Van-Nam Nguyen, 오인재, yong Zhou, 정우진, 박노동	Purification and Characterization of Chitinases from <i>Penicillium mycelosclerotii</i> DG-3	2007 한국응용생명화학회 추계국제학술대회	2007. 10. 11 - 13 경주, 교육문화회관	포스터
2	송용수, 서동준, 이복례, 김옥란, 정우진	Screening of pathogenesis-related proteins in different tissues of Rapeseed ( <i>Brassica napus</i> L.)	2008 한국응용생명화학회 추계학술대회	2008. 05. 16 진국대	포스터
3	서동준, 이복례, 김옥란, 정우진	Changes in pathogenesis-related proteins in forage and oil seed Rape ( <i>Brassica napus</i> L.) plants under sulfur deficiency	2008 한국응용생명화학회 추계학술대회	2008. 05. 16 진국대	포스터
4	정우진, 이복례, 이노신, 김옥란, 김태환	Amino acid and protein incorporation in water-stressed perennial ryegrass.	제21차 국제초지학회 및 제8차 국제목야학회	2008. 06. 29 - 07. 06 내몽고, 중국	포스터
5	송용수, 서동준, 정우진	Isolation and identification of chitinase-producing endophytic bacteria <i>Bacillus thuringiensis</i> GS-1 in Bracken ( <i>Pteridium aquilinum</i> )	제 17회 한국키네티토산학회 정기총회 및 학술대회	2008. 09. 25 - 26 부경대	포스터
6	서동준, 송용수, 이비호, 정우진	Isolation and identification of chitinase-producing endophytic bacteria in Rape ( <i>Brassica napus</i> L.)	제 17회 한국키네티토산학회 정기총회 및 학술대회	2008. 09. 25 - 26 부경대	포스터
7	송용수, 서동준, 이복례, Van-Nam Nguyen, 정우진	Activity of $\beta$ -1,3-glucanase and peroxidase in different tissues of Rape ( <i>Brassica napus</i> L.)	2008 한국응용생명화학회 추계국제학술대회	2008. 10. 23 - 25 대구 엑스코	포스터
8	Dang-Minh-Chanh Nguyen, Van-Nam Nguyen, 서동준, 박노동, 정우진	Screening of nematicidal activity of medicinal plant-derived compounds against pine wood nematode, <i>Bursaphelenchus xylophilus</i>	2008 한국응용생명화학회 추계국제학술대회	2008. 10. 23 - 25 대구 엑스코	포스터
9	서동준, 송용수, Dang-Minh-Chanh Nguyen, 이비호, 정우진	Biological control of soil-borne phytopathogens by endophytic bacteria isolated From Rape ( <i>Brassica napus</i> L.)	2008 한국응용생명화학회 추계국제학술대회	2008. 10. 23 - 25 대구 엑스코	포스터
10	송용수, 서동준, 정우진	Pattern of change in pathogenesis-related proteins of Rape seed ( <i>Brassica napus</i> L. cv. Saturnin) during germination	2009 한국응용생명화학회 추계학술대회	2009. 04. 24 광주과학기술원	포스터
11	서동준, Dang-Minh-Chanh Nguyen,	Antifungal activity of crude extracts derived	2009 한국응용생명화학회 추계학술대회	2009. 04. 24	포스터

	장영환, 정우진	from medicinal plants against <i>Phytophthora capsici</i> in vitro	계학술대회	광주과학 기술원	
12	Dang-Minh-Chanh Nguyen, 서동준, 송용수, 정우진	Biological control of the root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> in cucumber plants using <i>Cinnamomum cassia</i> crude extracts	2009 한국응용생명화학회 춘 계학술대회	2009. 04. 24 광주과학 기술원	포스터
13	M.J. Choi, D.M.C. Nguyen, D.J. Seo, Y.H. Jang, W.J. Jung.	Antifungal activity of chitinolytic bacterium <i>Bacillus cereus</i> M1K isolated from rhizosphere soil.	The 11th ICCS & 8th APCCS.	2009. 09. 06 - 09 Taiwan	포스터
14	D.J. Seo, D.M.C. Nguyen, Y.S. Song, G.H. Jo, W.J. Jung.	Biological control of chitinolytic bacterium <i>Bacillus thuringiensis</i> GS1 isolated from Bracken ( <i>Pteridium aquilinum</i> ) against soil-born pathogen.	The 11th ICCS & 8th APCCS.	2009. 09. 06 - 09 Taiwan	포스터
15	송용수, 서동준, D.M.C. Nguyen, 정 우진.	Expression pattern of chitinase isozymes in six cultivars of rape seeds ( <i>Brassica napus</i> L.).	제 18회 한국기턴키토산학회 정기총회 및 학술대회	2009. 09. 17 - 18 충주대학교	포스터
16	서동준, 정우진.	Purification of chitinase produced from <i>Bacillus thuringiensis</i> GS1.	제 18회 한국기턴키토산학회 정기총회 및 학술대회	2009. 09. 17 - 18 충주대학교	포스터
17	장영환, 마동택, 정우진.	Properties of <i>Lysobacter enzymogenes</i> MG18S as a biological control agent against the fungal pathogens.	2009 추계한국응용생명화학 회	2009. 10. 22 - 24 제주도 그랜드호텔	포스터
18	D.M.C. Nguyen, 서동준, 정우진.	Biocontrol of the soil-borne pathogen ( <i>Meloidogyne incognita</i> ) using cinnamyl acetate purified from <i>Cinnamomum cassia</i> .	2009 추계한국응용생명화학 회	2009. 10. 22 - 24 제주도 그랜드호텔	포스터
19	자광홍 오원중 박홍규 안규남 정우진	벼 유기재배와 관행재배의 수량과 품질 비교	한국유기농업학회 하반기 학 술대회	2009. 12. 11 국립한국농수산대학	포스터
20	Dong-Jun Seo, Yong-Su Song, Young-Hwan Jang, Woo-Jin Jung	Expression pattern of chitinase in cucumber treated with <i>Rhizoctonia solani</i> and endophytic bacteria <i>Bacillus thuringiensis</i> GS1	한국기턴키토산학회	2010. 06. 24 - 25 안성 환경대학교	포스터
21	Young-Hwan Jang, Dong-Jun Seo, Yong-Su Song, Woo-Jin Jung	Changes of chitinase activity with different chitin substrates and pH by <i>Lysobacter enzymogenes</i> MG18S	한국기턴키토산학회	2010. 06. 24 - 25 안성 환경대학교	포스터
22	K H Jo, R D Park	Development of biotechnological treatment for production of chitin	한국기턴키토산학회	2010. 06. 24 - 25 안성 환경대학교	포스터
23	Zhao Yong, R D Park	Characterization of a 52-kDa Chitin dsacetylase from <i>Mortierella</i> sp. DY-52	한국기턴키토산학회	2010. 06. 24 - 25 안성 환경대학교	포스터

#### 다. 홍보실적

연번	홍보일자	홍보유형	매체명	제목	홍보내용
1	2009.10.24	신문	한국장로신문	하나님이 주신 먹거리 쌀밥을 먹읍시다	쌀의 소비 강조(신문투고)

#### 라. 교육실적

연번	교육일자	교육명	교재명	장소	참석대상 (인원/명)	주요내용	기대효과
1	2009.11.18	영암서호마을 교육	친환경농산물 인증제도 및 절차의 이해	서호마을 복지센터	영암군 서 호마을 농 업인 30명	친환경농산물 인증제 도 및 절차의 이해	친환경농업 교육 및 홍보
2	2009.11.18	영암서호마을 교육	키티닌비, 액비 및 식물성 충제가 작물의 생장과 병 방지에 미치는 영향	서호마을 복지센터	영암군 서 호마을 농 업인 30명	키티닌비, 액비 및 식 물성 충제가 작물의 생장과 병방지에 미 치는 영향	친환경농업 교육 및 홍보
3	2009.12.01	영암서호마을 교육	친환경농작물 병해충 관리	서호마을 복지센터	영암군 서 호마을 농 업인 50명	친환경농작물 병해충 관리	친환경농업 교육 및 홍보
4	2009.12.14	영암서호마을 교육	유기농과 건강한 삶	서호마을 복지센터	영암군 서 호마을 농 업인 50명	유기농과 건강한 삶	친환경농업 교육 및 홍보
5	2009.12.14	영암서호마을 교육	키티닌/젤라틴 분해 미생물 이 작물의 생장과 병방제 에 미치는 영향	서호마을 복지센터	영암군 서 호마을 농 업인 50명	키티닌/젤라틴 분해 미 생물이 작물의 생장과 병방제에 미치는 영향	친환경농업 교육 및 홍보
6	2010.03.08	친환경농업 영농교 육	자체자료(ppt)	전남 합평 대동면사 무소	80명 내외	친환경 벼 병해충 관 리	친환경농업 교육 및 홍보
7	2010.04.28	친환경농업단지 농 가 교육	친환경농업 실천 기술	영암농협 회의실	200명	친환경농업 기술 홍보	친환경농업 교육 및 홍보
8	2010.06.26	도시민유치프로그램 지원사업 <예비곡성 인 자연학교 개설 및 아카데미>	친환경농과 건강한 삶	곡성 심청문화센터	곡성군 이 주 예정자 등	친환경 벼 농법을 소 개하고 그에 따른 권 문적인 지식을 제공	친환경농업 교육 및 홍보

9	2010.06.30	바우처교육 친환경 수도작과정	친환경 벼 농사 관리	함평군농업기술센터	50명	전남지역 중심으로 한 친환경 벼 재배에 관한 포괄적 지식 전달 및 실제 농업법 소개	친환경 벼 농법 소개 및 이해 도모
10	2010.07.22	바우처교육 친환경 수도작과정	친환경 벼 농사 관리	무안군농업기술센터	50명	친환경 벼 농사 관리	친환경 농업 교육 및 홍보
11	2010.10.23	도시민유치프로그램 지원사업 <예비목성인 자연학교 개설 및 아카데미>	우리가족의 건강지킴이 친환경농산물 제배법	목성군 봉조리 봉조 체험학교	30명	친환경농산물 제배법	예비 목성인의 자연친화적인 삶과 마을정착에 필요한 정보 제공

#### 마. 인력양성

연번	인력양성연도 (졸업연도)	인력양성내용	성명	학위
1	2010	Production of Chitin-oligosaccharides from Chitosan by Bacillus D-11 Chitosanase and $\gamma$ -irradiation	고성애	박사
2	2010	Biocontrol of Phytopathogen Rhizoctonia solani by Endophytic Bacteria Bacillus thuringiensis GS1	서동준	석사
3	2010	Nematicidal Activity of Compounds Extracted from Cinnamomum cassia against Root-Knot Nematode Meloidogyne incognita	당민찬	석사
4	2010	Purification and Characterization of N,N'-Diacetylchitinase from Aeromonas sp. GJ-18	정현철	석사
5	2008	Purification and Characterization of N-Acetyl- $\beta$ -D-hexosaminidase from Wheat Bran	주완택	석사
6	2010	친환경 농자재의 삼재류(들깨) 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사	이비호	학사
7	210	친환경 농자재의 삼재류(들깨) 식물병에 대한 항균력 조사 및 활성조사	권보람	학사

#### 바. 성과물 제작

연번	활용일자	구분	활용명칭	활용내역
1	2010.07.	저술	도서발간 :Chitin, Chitosan, Oligosaccharides and Their Derivatives: Biological Activities and Applications (Chaper: 4 Enzymatic Production of Chitin from Crustacean Shell Waste) ISBN: 9781439816035 / Gyung-Hyun Jo, Ro-Dong Park, and Woo-Jin Jung	Book Chapter 4의 교신저자

#### 2. 연구 성과활용 계획

- 가. 본 사업에서 연구한 친환경농자재 시제품은 충분한 검증을 통하여 산업화를 실시할 계획임.
- 나. 본 사업의 성과로 만들어진 친환경농업기술 핸드북과 매뉴얼을 농민과 관련기관에 배포한 것을 잘 활용하여 농민교육, 기술지도, 홍보를 추진할 계획임.
- 다. 본 사업에서 얻어진 연구결과들 중 학술지에 아직 투고되지 않은 것을 잘 활용하여 생물학적 방제와 관련된 저널에 추후 지속적으로 투고할 계획임.
- 라. 본 사업의 연구결과를 바탕으로 친환경농자재의 개발에 관한 미비한 점들을 보충하기 위하여 연구과제를 추가적으로 신청하고, 병방제와 더불어 식물생리·생화학학적 연구방식에 접근할 계획임.

## 제 6 절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. Collaborative Research and Development(CRD) Grant 과제 수행
  - 가. 캐나다 McGill 대학내 Donald L. Smith 교수 연구실에서 캐나다정부와 Savoura 회사(온실 토마토 재배)로부터 지원을 받고 수행중인 과제인 “Biocontrol of bacterial canker/wilt of tomato (*Lycopersicum esculentum*) caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* with rhizobacteria”에 관한 기초 연구수행.
  - 나. 친환경 미생물제제 개발 및 식물병 방제 검증 시험에 대한 기초 기술정보 습득.
  
2. 캐나다 McGill 대학내 Donald L. Smith 교수와 공동 저술한 병 방제 관련기술서 발간
  - 가. Mabood F., W.J. Jung and D.L. Smith. 2008. Signals in the underground: microbial signaling and plant productivity. pp. 291-318. In: Molecular mechanisms of plant and microbe coexistence. Series: Soil Biology, Vol. 15. Nautiyal CS and Dion P (Eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-75574-6.
  - 나. 식물과 미생물의 상호작용에 따른 식물병의 방제 기술에 대한 기술정보

## 제 7 절 참고문헌

- Bradford MM (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
- Chae DH, Jin RD, Hwangbo H, Kim YW, Kim YC, Park RD, Krishnan HB, Kim KY (2006) Control of late blight (*Phytophthora capsici*) in pepper plant with a compost containing multitude of chitinase-producing bacteria. *BioControl* 51: 339-351.
- Chance B, Maehly AC (1955) Assay of catalases and peroxidases. *Meth. Enzymol.* 2: 764-775.
- Jung WJ, An KN, Jin YL, Park RD, Lim KT, Kim KY, Kim TH (2003) Biological control of damping-off caused by *Rhizoctonia solani* using chitinase-producing *Paenibacillus illinoisensis* KJA-424. *Soil Biol. Biochem.* 35: 1261-1264.
- Jung WJ, Jin YL, Kim YC, Kim KY, Park RD, Kim TH (2004) Inoculation of *Paenibacillus illinoisensis* alleviates root mortality, activates of lignifications-related enzymes, and induction of the isozymes in pepper plants infected by *Phytophthora capsici*. *Biological control* 30: 645-652.
- Jung WJ, Jin YL, Kim KY, Park RD, Kim TH (2005) Changes in pathogenesis-related proteins in pepper plants with regard to biological control of phytophthora blight with *Paenibacillus illinoisensis*. *Biocontrol* 50: 165-178.
- Jung WJ, Jin YL, Park RD, Kim KY, Lim KT, Kim TH (2006) Treatment of *Paenibacillus illinoisensis* suppresses the activities of antioxidative enzymes in pepper roots caused by *Phytophthora capsici* infection. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 22: 901-907.
- Jung WJ, Mabood F, Kim TH, Smith D (2007) Induced of pathogenesis-related proteins during biocontrol of *Rhizoctonia solani* with *Pseudomonas aureofaciens* in soybean (*Glycine max* L. Merr.) plants. *Biocontrol* 52: 895-904.
- Laemmli UK (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-683.
- Lingappa Y, Lockwood JL (1962) Chitin media for selective isolation and culture of Actinomycetes. *Phytopathology* 52: 317-323.
- Lee HJ, Park KH, Shim JH, Park RD, Kim YW, Cho JY, Hwangbo H, Kim YC, Cha GS (2005) Quantitative changes of plant defense enzymes in biocontrol of pepper (*Capsicum annuum* L.) late blight by antagonistic *Bacillus subtilis* HJ927. *J. Microbiol. Biotechnol.* 15: 1073-1079.
- Ma Y, Chang ZZ, Zhao JT, Zhou MG (2008) Antifungal activity of *Penicillium striatisporum* Pst10 and its biocontrol effect on *Phytophthora* root rot of chilli pepper. *Biological Control* 44: 24-31.
- Meena B, Marimuthu T, Vidhyasekaran P, Velazhahan R (2001) Biological control of root

rot of groundnut with antagonistic *Pseudomonas fluorescens* strains. J. Plant Dis. Protect. 108: 369-381.

Melnick RL, Zidack NK, Bailey BA, Maximova SN, Guiltinan M, Backman PA (2008) Bacterial endophytes: *Bacillus* spp. from annual crops as potential biological control agents of black pod rot of cacao. Biological Control 46: 46-56

Mohammadi M, Kazemi H (2002) Changes in peroxidase and polyphenol oxidase activities in susceptible and resistant wheat heads inoculated with *Fusarium graminearum* and induced resistance. Plant Sci. 162: 491-498.

제 3 장 친환경 농자재의 미생물학적 분석 및  
유용미생물의 활용 [4-3]



# 제 3 장 친환경 농자재의 미생물학적 분석 및 유용미생물의 활용 [4-3]

## 요 약 문

### I. 제 목 : 친환경 농자재의 미생물학적 분석 및 유용미생물의 활용

#### II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 가. 환경친화적 식물병 방제기술은 친환경농법의 핵심기술의 하나로 지속적으로 연구 범위 및 대상이 확대되어 나가는 미래 핵심 생명공학 기술의 하나임
- 나. 친환경 농산물의 수요가 꾸준히 증가함에 따라 보다 저렴하고 고효율의 농자재 개발이 시급한 시점임
- 다. 그러나 아직도 많은 경우 화학적 방제가 농업 현장에서 쓰이고 있으며, 이를 대체할 수 있는 친환경적 생물제제 개발을 위한 새로운 유용 미생물의 발굴이 중요한 실정임
- 라. 가까운 미래에 미생물학적 제제가 화학 농약을 완전히 대체하기는 어려우나 사용이 꾸준히 증가할 것으로 예측되고 있음
- 마. 한편 친환경 농자재는 아직 화학적 방제에 비해 방제 활성이 전반적으로 높은 편이 아니어서 꾸준한 향상이 필요하고, 따라서 활성을 높일 수 있는 친환경적 생물제제 개발을 위한 새로운 유용 미생물의 발굴이 중요한 실정임
- 바. 고추역병의 경우 발생 이후 대처가 매우 어려우므로 사전에 방제할 수 있는 기술이 중요하며, 이를 위하여 미생물학적 제제로 구성된 친환경농자재의 개발의 중요성은 커지고 있음
- 사. 친환경 시설재배지에서의 미생물 분석과 유용미생물의 발굴을 통한 생물농약 산업의 발전이 기대됨
- 아. 본 사업에서 개발된 활성미생물제제의 미생물학적 평가 기술의 확립이 친환경자재의 개발 및 매뉴얼 작성에 매우 중요한 요소임

#### III. 연구개발 내용 및 범위

- 가. 시판되거나 자체 개발한 친환경농자재의 미생물학적 활성 분석
- 나. 항균활성 및 식물생장촉진활성을 가지는 작물 내생 유용미생물의 발굴 및 활용
- 다. 고추 시설재배지 미생물상 비교 분석 방법의 확립
- 라. 친환경농자재의 투여에 따른 미생물상 변화 관찰 및 병 방제를 위한 활용
- 마. 쌈채류 시설재배지의 미생물상 비교 분석을 통한 친환경농자재 검정
- 바. 병방제 매뉴얼의 미생물학적 정보 제공

#### IV. 연구개발결과

- 가. 배양을 통한 토양 내 미생물상 분석
  - 토양과 작물 내생세균 모두 관행 재배 토양이 친환경 재배 토양 보다 다소 많았다. 시들음 병 증상을 보이던 식물체의 토양세균은  $10^6$  CFU/g, 내생세균은  $10^2$  CFU/g였다. 식물체

부위별 내생세균의 수는 뿌리, 그 다음으로 잎, 줄기 순이었다.

- 친환경 시설재배지 토양에서 분리한 세균의 16S rRNA 유전자 분석을 이용한 동정 결과 *Bacillus* sp. 51주, *Microbacterium* sp. 7주, *Streptomyces* sp. 10주 등 *Proteobacteria* 7속, *Firmicutes* 4속, *Actinobacteria* 5속이 각각 분리되었다. 분리된 균주의 개수로는 *Proteobacteria*가 11주, *Firmicutes* 가 51주, 그리고 *Actinobacteria* 23주로 나타났다.
- 고추 재배 토양 및 고추 식물체로부터 분리한 290개의 균주를 대상으로 고추 탄저병균에 대한 길항력을 보이는 균주를 선발하였다. 모두 8균주가 선발되었으며 그 중 7균주가 토양 세균이었고 나머지 한 균주가 고추 뿌리에서 분리된 내생세균으로 다른 토양세균 균주들에 비하여 길항력이 가장 좋았다.

나. Fingerprinting 기법을 이용한 재배지토양 미생물상 비교 분석

- T-RFLP 결과 모든 토양 시료에서 관행 재배와 친환경 재배 간에 T-RFLP profile상의 뚜렷한 차이는 발견되지 않았다. 한편 DGGE profile의 경우에서도 관행 재배와 친환경 재배 간에 일부 밴드의 강도 차이만 발견되었을 뿐 전체적인 양상에 있어서 큰 변화는 나타나지 않았으며 지역 간에 약간의 차이만 발견되었다.
- 고추재배지 토양과 잎에서 모두 관행구, 무처리구 그리고 친환경 제제 처리구간에 총 세균 및 진균 개체군의 뚜렷하고 의미 있는 차이는 발견할 수 없었다. 친환경 제제 처리구에서 전반적으로 다양한 양상의 개체군 특성을 나타내었다.
- 각 토양시료로 부터 식물병원성 진균 5종의 정량 비교 결과 *F. oxysporum*의 경우 모든 친환경 제제 처리구에서 그 밀도가 대조구 및 관행구에 비해 떨어졌으며 *A. alternata*, *C. gloeosporioides*과 *S. sclerotiorum*은 일부 친환경 처리구에서 그 밀도가 감소하였다. 이로부터 친환경 제제 처리 시 토양 내 전체 미생물의 조성에 당장 큰 변화를 가져오지 않지만 식물 병원성 진균에 대해서는 억제 효과가 있었다.
- 쌈채류 재배지에서의 미생물상 분석 결과 썩갯의 경우 관행구와 친환경 처리구가 토양 중 세균의 군집이 서로 유사한 반면 상추의 경우에 관행구와 친환경 처리구가 썩갯보다 그 차이가 큰 것으로 나타났다. 한편 무농약 재배 시 일부 배추 잎 시료의 세균 군집이 서로 유사한 것 이외에 대부분의 배추 및 청경채 잎에서 그 세균 군집이 서로 다양하게 나타났다. 뿌리의 경우에는 한 시료를 제외한 다른 모든 배추가 청경채에 비해 서로 유사한 세균 군집을 보였다. 한편 청경채 및 배추 무농약 재배 토양 내 세균 및 진균 군집의 차이를 조사한 결과 청경채와 배추간에 뚜렷한 차이가 없이 전 시료가 다양한 양상을 나타내었다.

다. 미생물 제제 연구

- 각 친환경 제제 처리구의 활성 미생물인 *Bacillus* spp.의 밀도가 토양에서는 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 반면 고추 잎시료에서는 별 차이가 없었다. *Bacillus* spp. 활성

미생물들은 그 균주의 특성상 토양에 한 달 간격으로 3회 정도 반복 관주하면 토양에 잘 정착하여 옆면의 경우보다 그 밀도가 지속될 것으로 예상된다.

- 3차년도 실험에서 선발한 길항 미생물 *Bacillus subtilis* 속 미생물을 이용해 청양고추 종자를 코팅하였다. 그 결과 종자의 초기 코팅 밀도는 106 cfu /seed 이었으며 3주경과 후 보존중인 종자의 생균 밀도는 105 cfu /seed로 떨어졌으나 파종되어 발아된 근권의 밀도는 106 cfu /root로 나타났다. 이후 6주 경과 후 보존된 종자는 그 생균 밀도가 105 cfu /seed로 지속되었으며 근권의 밀도는 105 cfu /root로 나타났다. 따라서 추후 길항균의 생존력과 근권 내 정착 밀도를 높일 방안 등이 고려되어야 할 것으로 보인다.
- 시중에 상업적으로 시판되고 있는 9종의 미생물 제제를 가지고, 이들이 얼마나 안정성이 유지 되는지 실험을 수행하였다. 안정성은 3달간에 걸쳐 이루어 졌으며, 그 결과 거의 대부분의 경우 각 제품에 표시된 미생물 기준 농도 보다 상회하는 결과를 보였고, 3개월이 지난 시점에서도 농도는 그대로 유지됨을 알 수 있었다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구성과

논문게재		학술 발표	특허 (출원 /등록)	영농 활용	시책 건의	기술 이전	유전 자원 등록	교육 지도	산업화	국제 협력	홍보	인력 양성	성과물 제작
국내	SCI(E)												
	1	3					80					2	

### 2. 성과 활용 계획

#### 가. 미생물학적 분석 기법 확립

- (1) 친환경농자재 개발은 미래형 바이오 산업의 대표적인 한 예라고 할 수 있으며, 미생물 구성에 대한 연구는 그 핵심이 되는 부분이다.
- (2) 친환경농자재의 미생물학적 평가는 친환경농자재의 효과를 측정할 수 있는 가장 중요한 방법이며, 따라서 평가 기준의 확립은 친환경농자재 개발 과정에 필수적인 지표로 이용될 수 있을 것이다.

#### 나. 신규 친환경농자재 개발

- (1) 높은 활성을 가진 미생물제제의 개발과 이의 효과적인 적용법 확립은 지속적으로 수행되어야 할 과제이며, 본 연구를 통하여 보다 우수한 효과를 가지는 친환경농자재 개발에 활용하고자 한다.

#### 다. 친환경 농법 매뉴얼 개발

- 가. 본 연구를 통하여 국내 주요 작물의 병해 방지를 위한 효과적인 정보를 제공할 수 있는 병 방제 매뉴얼의 개발에 활용하고자 한다.

## VI. SUMMARY

**Title : Microbial analysis of environment-friendly agricultural agents and application of useful microbes**

More numbers of CFU were observed in conventional field soil than environment-friendly field soil. In case of endophytic bacteria, a greater number of CFU was observed in conventional fields than environment-friendly fields. Soil bacteria in fields with wilt symptoms were in the range of  $10^6$  CFU/g, and endophytic bacteria  $10^2$  CFU/g, respectively. Endophytic bacteria in plant roots were highest in numbers, followed by leaves and stems.

From the analysis of the 16S rRNA genes, the bacterial isolates were assigned to *Bacillus* sp. (51 strains), *Microbacterium* sp. (7 strains), *Streptomyces* sp. (10 strains) and 13 other genera. Proteobacteria included 7 genera, Firmicutes 4, and Actinobacteria 5. Eleven strains belonged to Proteobacteria, 51 strains to Firmicutes and 23 strains to Actinobacteria, respectively.

Among 290 strains isolated from soil and chili pepper plants, strains exhibiting antagonistic activities against pepper anthracnose were screened. Eight strains in total were selected, 7 among them were from soil and 1 from the pepper root. The root isolate showed better antagonistic activity than soil isolates.

From the T-RFLP results, no significant differences in the T-RFLP profiles were observed between environment friendly and other cultivation fields. In case of the DGGE analysis, only minor differences were detected between environment friendly and other cultivation fields.

In all practices no significant differences in bacterial and fungal compositions could be observed among control, conventional and environment friendly fields. Variance was observed in environment friendly field, whereas similar compositions were found in control and conventional fields. Meanwhile, in the case of leaf samples, bacteria and fungi that could not find no significant differences of bacterial and fungal compositions could be observed.

The density of active microbial agent *Bacillus* spp. did not increase in the first two months, but consistently increased in the third month in environment friendly field, In contrast, no differences were found between environment friendly field and other fields in leaf samples. Thus it is advised to treat with biocontrol agents each month for 3 times to soil. In case of applying to leaves, the density and frequency would have to be increased.

The density of *F. oxysporum* was lowered in the nature friendly fields, and those of *A. alternata*, *C. gloeosporioides* and *S. sclerotiorum* were in some nature friendly fields. In contrast, the density of *R. solani* was lowered only in conventional fields. The biocontrol agent B1 did not significantly change in the density of plant pathogenic fungi except for *F. oxysporum*. The above results indicate that the biocontrol agents have effects on selected plant pathogens.

In case of *Garland chrysanthemum*, the community size of soil bacteria in the nature friendly field was similar to that of conventional field, but in case of lettuce, differences were found between the two. In the organic cultivation, bacterial communities varied in the Chinese cabbage and bok choy leaves. In the case of roots, similar profiles could be observed between Chinese cabbage and bok choy. The bacterial communities in soil samples also varied, and there was no clear differences between Chinese cabbage and bok choy.

Using the selected antagonistic microorganism, *Bacillus subtilis* strain 7-011, Chengyang pepper seeds were coated. The dried seeds were then kept in the dessicator. As a result, the initial coating of seed density was  $10^6$  cfu/seed, which was dropped to  $10^5$  cfu/seed after preservation for 3 weeks. The density in the sprouting seed rhizosphere was also at  $10^5$  cfu/seed. The same density of coat and rhizosphere was maintained after 6 weeks.

The stability of the commercially marketed biocontrol products were checked over a period of three months. As a result, the bacterial concentrations were kept above than the marked concentrations during the period in most cases.



# 목 차

제 1 절	연구개발과제의 개요 .....	1
1.	연구개발의 필요성 .....	1
2.	연구 개발의 목적 .....	1
제 2 절	국내외 기술개발 현황 .....	2
1.	국내 기술개발 동향 .....	2
2.	국외 기술개발 현황 .....	3
제 3 절	연구개발수행 내용 및 결과 .....	4
1.	연구 개발 수행 내용 .....	4
2.	연구개발 수행 결과 .....	5
가.	배양을 통한 토양 내 미생물상 분석 .....	7
(1)	토양 및 작물 내생 세균의 생균수 (colony forming unit) 측정 .....	7
(2)	미생물의 분리, 배양 및 다양성 분석 .....	9
(3)	고추 탄저병균 ( <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> )에 대한 길항 세균의 분리 .....	11
나.	Fingerprinting 기법을 이용한 재배지토양 미생물상 비교 분석 .....	12
(1)	3차년도 결과 분석 .....	12
(2)	4차년도 결과 분석 .....	16
(3)	삼채류 친환경 재배지의 미생물 개체군 변화 분석 .....	22
(4)	친환경 제제의 효과 검증을 위한 병원균의 검출과 정량 분석 .....	25
다.	미생물 제제 연구 .....	29
(1)	제제 미생물의 환경 적응성 .....	29
(2)	미생물 제제화 연구 .....	31
(3)	미생물 제제의 안정성 평가 .....	31
라.	결과 요약 .....	32
제 4 절	목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	34
제 5 절	연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....	37
제 6 절	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	39
제 7 절	참고문헌 .....	40



## 제 1 절 연구개발과제의 개요

### 1. 연구개발의 필요성

- 가. 환경친화적 식물병 방제기술은 친환경농법의 핵심기술의 하나로 지속적으로 연구 범위 및 대상이 확대되어 나가는 미래 핵심 생명공학 기술의 하나임
- 나. 친환경 농산물의 수요가 꾸준히 증가함에 따라 보다 저렴하고 고효율의 농자재 개발이 시급한 시점임
- 다. 그러나 아직도 많은 경우 화학적 방제가 농업 현장에서 쓰이고 있으며, 이를 대체할 수 있는 친환경적 생물제제 개발을 위한 새로운 유용 미생물의 발굴이 중요한 실정임
- 라. 가까운 미래에 미생물학적 제제가 화학 농약을 완전히 대체하기는 어려우나 사용이 꾸준히 증가할 것으로 예측되고 있음
- 마. 한편 친환경 농자재는 아직 화학적 방제에 비해 방제 활성이 전반적으로 높은 편이 아니어서 꾸준한 향상이 필요하고, 따라서 활성을 높일 수 있는 친환경적 생물제제 개발을 위한 새로운 유용 미생물의 발굴이 중요한 실정임
- 바. 고추역병의 경우 발생 이후 대처가 매우 어려우므로 사전에 방제할 수 있는 기술이 중요하며, 이를 위하여 미생물학적 제제로 구성된 친환경농자재의 개발의 중요성은 커지고 있음
- 사. 친환경 시설재배지에서의 미생물 분석과 유용미생물의 발굴을 통한 생물농약 산업의 발전이 기대됨
- 아. 본 사업에서 개발된 활성미생물제제의 미생물학적 평가 기술의 확립이 친환경자재의 개발 및 매뉴얼 작성에 매우 중요한 요소임
- 자. 미생물 군집 분석 관련 새로운 기술(next generation sequencing technique)이 개발되어 실용화 단계에 있으며, 이를 본 과제에 도입하여 분석에 활용하고자 함

### 2. 연구 개발의 목적

- 가. 시판되거나 자체 개발한 고추 재배 친환경농자재의 미생물학적 활성 검정
- 나. 항균활성 및 식물 성장촉진활성을 가지는 작물 내생 유용미생물의 발굴 및 활용
- 다. 선발된 유용미생물의 항균활성 및 식물 성장촉진활성 검정
- 라. 친환경농자재의 투여에 따른 미생물상 변화 관찰 및 병 방제를 위한 활용
- 마. 병방제 매뉴얼의 미생물학적 정보 제공

## 제 2 절 국내외 기술개발 현황

### 1. 국내 기술개발 동향

#### 가. 친환경농법 및 미생물 자원

- (1) 친환경 농업이란 화학비료와 농약사용을 최소화 하여 환경 친화적인 농산물을 생산하고 환경을 보존하면서 소비자에게는 건전한 식품을 공급하고 생산자인 농업인에게는 고소득을 보장해 주는 농법으로 점점 그 위상이 커져가고 있는 분야이다. 최근 웰빙 산업의 지속적인 팽창과 더불어 친환경 농산물과 기능성 식품을 선호하게 되면서 그 중요성은 커지고 있다.
- (2) 친환경 농업의 핵심의 하나는 친환경 제제로 이용될 수 있는 미생물의 발굴이며, 최근 생물다양성협약 등 국제협약의 발효로 세계 각국은 미생물을 국가 자원으로 인식하여 자원 선점을 위한 경쟁이 치열해지고 있어 고유 미생물의 발굴 및 보존의 중요성이 강조되고 있다.
- (3) 미생물은 농업, 의약, 환경 등 여러 분야에서 고부가가치 창출이 가능한 핵심 원료로 활용 가치가 무궁무진한 것으로 평가되고 있으며, 잠재적인 경제적 가치 또한 매우 높아 세계 각국에서는 자국은 물론 국외의 미생물 자원까지 확보하여 상품화하려고 노력하고 있다.
- (4) 최근 선진 각국이 미생물자원의 보존 및 자원화를 경쟁적으로 강화하고 있으며, 우리의 경우에도 미생물의 자원화에 많은 노력을 기울이고 있다. 국내의 경우 김치, 된장, 막걸리 등과 같은 고유의 식품을 비롯하여 국내 환경에서 신규 미생물 자원을 발굴하고 이용하고자 하는 노력이 최근 이루어 지고 있다 (미생물유전체활용기술개발사업단, 바이오그린21 사업, 국가연구개발사업성과물 기탁제도 등).
- (5) 미생물은 식품, 농업, 의약, 환경 등 다양한 분야에서 고부가가치 창출이 가능한 핵심 원료로 그 활용 가치가 무궁무진한 것으로 평가되고 있으며, 잠재적인 가치 또한 매우 높아 세계 각국에서는 자국의 자원은 물론 해외의 미생물 자원까지 확보하여 이를 상품화하려고 노력하고 있다.

#### 나. 미생물 자원의 보존 및 활용

- (1) 미생물 자원은 그 자체로서도 상당한 잠재적 경제적 가치가 있는 것으로 알려져 있는데, 일례로 영국미생물보존센터가 보유하고 있는 자원 2만 8천점은 약 8백억 원의 가치를 가지는 것으로 추산된다.
- (2) 농촌진흥청은 1995년부터 미생물자원은행을 운영하여 현재까지 세균, 곰팡이, 야생버섯 등 농업미생물 유전자원 1만 9천여 점을 확보하여 보존하고 있으며, 연간 3천점 이상을 대학, 산업체, 연구소 등에 분양하여 생명공학 연구 개발에 활용하고 있다.
- (3) 국내 토착 유용 미생물을 국가 미생물 자원으로 보존, 활용하기 위하여 현재까지 11개의 미생물 자원연구 기관을 미생물 유전자원 관리기관으로 지정, 운영하여 소중한 토착 미생물 자원을 관리하고 있으며, 미국, 유럽, 일본 등 세계적인 생물 자원 부국과의 교류를 통하여 해외의 유용 미생물자원 확보에도 힘쓰고 있다.
- (4) 농림수산식품부와 농촌진흥청의 경우 국가 미생물 관련 산업의 지원을 위하여 국내외 식품 발효 미생물, 기능성 미생물 등 농수산업의 부가가치를 높일 수 있는 다양한 국내 고유 미

생물자원을 집중 수집하여 미생물 보유량을 2020년까지 3만점 수준까지 늘리고, 친환경 농산물 생산, 고부가가치 농업 실현을 위한 인프라 구축에 집중할 계획이다.

## 2. 국외 기술개발 현황

### 가. 미생물 제제 개발

- (1) 미생물제제는 농업 분야에서 널리 식물 질병을 줄이기 위해 사용하고 있으며 많은 종류의 미생물이 상업화되어 왔다 (Paulitz 등, 2001; Fravel, 2005; Haas 등, 2005). 식물 병원성 미생물 억제 활성을 가지는 미생물을 발굴하는 것은 매우 중요하다 (Yin 등, 2003; Mazzola, 2004; Borneman 등, 2007).
- (2) 동시에 환경 내 미생물 군집의 변동을 파악하는 것 역시 질병의 조절에 매우 중요한 것도 사실이다 (McSpadden Gardener 등, 2001; Whipps, 2001; Bankhead, 2004; Berg 등, 2005).
- (3) 미생물의 길항작용은 생물학적, 환경적 요인과 밀접한 관련을 가지고 있으므로, 미생물을 현장에 적용한 이후에 이의 동향을 파악하고 효율적인 생존 여부를 파악하는 것이 미생물 제제의 효과를 판단하는 데 있어 중요한 사항이 되고 있다.

### 나. 환경 내 미생물 분석기술

- (1) RAPD 및 실시간 PCR 등 PCR에 기반한 분자생물학적 기법들은 상기의 목적을 위해서 매우 유용하게 이용되었고(Schena 등, 2002; Joshi 등, 2006; Pujol 등, 2006; Larena 등, 2009), 그 중 T-RFLP는 미생물 군집의 변동 파악 및 미생물 제제 동향을 연구하는 데 있어 중요하게 이용된 기법이었다 (Bankhead 등, 2004; Benítez 등, 2007, 2009).
- (2) Terminal restriction fragment length polymorphism (T-RFLP) 분석법은 배양 비의존적인 미생물의 다양성을 조사하는 대표적인 방법의 하나이다 (Liu 등, 1997). T-RF 길이의 차이가 16S rDNA의 염기서열 다형성을 나타내기 때문에 T-RF의 profile을 조사하여 미생물 군집 조성을 파악할 수 있다 (Wang 등, 2004; Edel-Hermaan 등, 2004; Culman 등, 2008). T-RF는 정량적인 자료 역시 제시하고 있어 미생물의 정량적 조성을 조사하는 데에도 적합하다 (Blackwood 등, 2003; Castro 등, 2005; Jernberg 등, 2005; Sánchez 등, 2006).

### 제 3 절 연구개발수행 내용 및 결과

#### 1. 연구 개발 수행 내용 및 범위

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
친환경 재배지 토양 미생물 균집	배양학적인 방법과 비배양학적인 방법의 이용	CFU counting, T-RFLP, DGGE를 이용해 고추 관행 재배지와 친환경 재배지 토양 간의 비교 분석 수행
내생세균의 분리 및 특성 분 석	식물체 조직을 표면 소독 후 그 로부터 자라나는 세균 분리	잎, 줄기, 뿌리 별로 내생세균 을 분리
병원균에 대한 항균 활성	병원균과의 대치배양을 통해 길 항 미생물 선별	<i>C. gloeosporioides</i> 에 길항력을 보이는 수종의 세균을 선별
친환경 농자재의 미생물학적 평가	시판 친환경 미생물 제제 내 미 생물 분석	3종의 제제에 대해 CFU 측정 및 DGGE 분석
친환경 재배지의 미생물 균집	비배양학적 방법 및 PCR 이용	T-RFLP를 이용해 고추 관행 재배지와 친환경 재배지 시료 간의 비교 분석 수행
활성 미생물의 적응력 조 사	비배양학적 방법 및 PCR 이용	처리구 미생물 개체군내 활 성 미생물의 T-RFLP Profile 추적 및 정량 조사
병원균의 밀도 조사	PCR 이용	Specific primer를 이용한 검 출 및 Real-Time PCR 및 T-RFLP로 정량 분석
유용 미생물의 제제화	종자 코팅 기술	코팅 종자의 발아후 유용 미생물의 근권 정착능 조사

## 2. 연구개발 수행 결과

### - 시료 채취

실험에 사용한 토양 및 잎 시료는 활성미생물을 고추의 옆면과 토양에 각각 분무 및 관주한 전남 남평의 친환경 고추 재배지로 부터 얻었으며 2008년부터 2010년까지 매년 5월부터 8월까지 한달 간격으로 채취하였다. 또한 이들을 비교 분석하기 위해 무처리구와 관행 재배구의 시료도 함께 채취하였다.

### - 미생물의 분리 및 배양

배양의존적인 방법을 통하여 친환경 재배지의 미생물 다양성을 알아보기 위해서 토양 시료를 이용하였다. 다양한 미생물을 분리하기 위해서 별도의 선택적 처리는 하지 않았다. 각 토양 시료들로부터 미생물을 분리하는 방법은 아래와 같다.

- 채취한 토양시료 1g을 증류수와 Ringer 용액 (NaCl 2.25g, KCl 0.105g, CaCl<sub>2</sub> 0.12g, NaHCO<sub>3</sub> 0.05g / 증류수 1L)을 3:1 비율의 용액 9ml 에 섞어 실온에서 30분 동안 교반하였다. 교반 후 10<sup>-7</sup> 까지 연속 희석하였으며 영양한천배지 (Beef extract 3g, peptone 5g, agar 15g / 증류수 1L), tryptic soy 한천배지 (Pancreatic digest of casein 15g, papaic digest of soybean 5g, sodium chloride 5g, agar 15g / 증류수 1L) 에 10<sup>-5</sup> - 10<sup>-7</sup> 까지 각각 0.1ml 씩 3배수 도말하였으며, 진균의 억제를 위해 진균 억제제인 cycloheximide와 nystatin을 최종농도 50ug/ml 로 첨가하였다. 고체배지의 최종 pH는 토양시료의 pH를 고려하여 6.5로 적정하였다. 이를 30°C에서 1 - 7 일간 배양하였다. 1 - 7 일간 배양 후 생균수(colony forming units, CFU)를 측정하였고, 외관상의 형태를 고려하여 다양한 집락을 선별하였다. 선별된 집락들은 배양했던 배지에 계대하여 다시 30°C에서 1 - 7 일간 배양하였다. 단일집락의 형성여부와 오염여부를 확인하였고, 20% 글리세롤 용액에 넣어 -70°C에서 보관하였다.

### - 분리된 미생물의 동정

모든 선별된 균주들은 고체배지나 액체배지에서 1 - 7 일간 배양하여 Genomic DNA prep kit for Bacteria (Soldent, 한국)를 사용하여 gDNA를 추출하였으며, 단백질을 제거하는 과정에서 PCI (phenol /chloroform /isoamly alcohol, 25:24:1)를 추가적으로 처리하였다. DNA의 크기와 농도는 1X TAE 완충액에 1% agarose gel을 이용하여 100V에서 전기영동을 하고 EtBr (ethidium bromide)로 염색한 후 UV 조사로 확인하였다. 추출된 DNA는 -20°C에서 보관하였다.

- 16S rDNA 증폭은 my-cycler (BIO-RAD, 미국)를 이용하였으며, 반응에 사용한 반응혼합물은 최종 농도가 0.4 pmol이 되도록 primer 27F (5' - AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG -3')와 1492R (5' - GGY TAC CTT GTT ACG ACT T -3'), 0.2mM dNTP mix, 10X reaction buffer, 1.25 unit EX Tag DNA polymerase (TaKaRa, 일본), 25ng/ul template DNA를 첨가하여 최종 volume을 50ul로 PCR을 수행하였다. PCR 조건은 95°C에서 1분간 denaturing, 55°C에서 40초간 annealing, 그리고 72°C에서 1분간 extention의 으로 30cycle을 수행하였다. 초기 denaturing 은 95°C에서 3분, 최종 extention은 72°C에서 10분간, cooling 온도는 4°C로 하였다. PCR 산물은 1X TAE buffer에 2% agarose gel을 이용하여 100V에서 전기영동을 하고 EtBr (ethidium bromide) 로 염색한 후 UV 조사로 확인하였다. Size marker는 100bp DNA ladder (Bioneer, 한국)를 사용

하였다.

- PCR 산물은 Wizard SV Gel and PCR Clean up system (Promega, 미국)을 사용하여 정제한 뒤에 각각의 PCR 반응에 사용한 동일한 primer로 전체 염기서열 분석을 Macrogen에 의뢰하였다.

- 염기서열의 분석은 정제과정을 거친 PCR 산물로부터 얻은 염기서열을 PHYDIT version 3.1 (<http://plaza.sunac.kr/~jchun/phydit>)을 사용하여 정렬하였다. 정렬 후 NCBI (National Center for Biotechnology Information)의 BLAST 결과와 16S rDNA Database를 이용하여 분석하였다.

- T-RFLP 분석

각 친환경 제제 처리구에 사용된 활성미생물의 종류와 식물 병원성 진균의 검출과 밀도분석에 사용된 균주의 목록은 표 1-1과 같다.

- 각 토양 및 잎 시료로부터 전체 DNA를 각각 FastDNA Spin Kit for Soil (MP Biomedicals, LLC, France)과 Hot CTAB법을 이용하여 분리한 뒤 일반 세균과 진균 및 병원성 진균류에 대한 T-RFLP primer (표 1-2, 1-3) 로 PCR를 수행하였다. PCR 반응액의 조성은 AccuPower PCR PreMix (Bioneer, Korea)를 이용하여 각각 1  $\mu$ l의 primer (10 pmol/ $\mu$ l) 와 2.5 ng의 template DNA를 가해 총 50  $\mu$ l이 되도록 구성하였다. PCR 반응의 조건은 95 $^{\circ}$ C 5 min, (90 $^{\circ}$ C 30 sec, 55 $^{\circ}$ C 30 sec, 72 $^{\circ}$ C 1 min)  $\times$  32, 72 $^{\circ}$ C 10 min 로 하였다.

- 이어서 최종 PCR 산물을 제한효소 *Hha*I으로 4시간동안 처리한 후 얻어진 T-RFLP Profile을 토대로 SPSS 프로그램을 이용하여 다중대응분석법으로 각 시료간 미생물 개체군의 차이를 비교하였다. 이때 50 bp 이상과 500 bp 미만의 peak들만 선별하였으며 그 오차 범위는  $\pm 1$  bp로 하였다.

[표 1-1] 본 실험에 사용한 균주

Strain No.	Species	T-RFLP profile (bp $\pm$ 1)	친환경 제제 처리구
L1	<i>Bacillus</i> sp.	-	B1
L2	<i>Bacillus subtilis</i>	327	B2
CAP-01	<i>Bacillus subtilis</i>	327	B3
KACC 42131	<i>Alternaria alternata</i>	346	-
KACC 40003	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	171	-
KACC 40113	<i>Fusarium oxysporum</i>	329	-
KACC 41065	<i>Rhizoctonia solani</i>	390	-
KACC 40476	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	332	-

[표 1-2] T-RFLP에 이용된 PCR Primer

Target gene	Primer	Dye	Primer sequences (5'-3')
Bacteria 16S rDNA	799f	5'FAM	5'-AAC MGG ATT AGA TAC CCK G-3'
	1492r	-	5'-GGY TAC CTT GTT ACG ACT T-3'
Fungal ITS	ITS1f	5'HEX	5'-CTT GGT CAT TTA GAG GAA GTA A-3'
	ITS4r	-	5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3'

[표 1-3] 병원성 진균을 검출하기 위한 PCR Primer

Pathogen	Target gene	Primer sequences (5'-3')	Amplicon Size(bp)
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	ITS	SSFWD (GCT GCT CTT CGG GGC CTT GTA TGC) SSREV (TGA CAT GGA CTC AAT ACC AAG CTG)	278
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	ITS	CgInt (GGC CTC CCG CCT CCG GGC GG) ITS4 (TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC)	450
<i>Fusarium oxysporum</i>	ITS	FOF1 (ACA TAC CAC TTG TTG CCT CG) FOR1 (CGC CAA TCA ATT TGA GGA ACG)	340
<i>Phytophthora capsici</i>	ITS	CAPFW (TTT AGT TGG GGG TCT TGT ACC) CAPRV2 (TAC GGT TCA CCA GCC CAT CA)	595
<i>Rhizoctonia solani</i>	ITS	ST-RS1 (AGT GTT ATG CTT GGT TCC ACT) ITS4 (TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC)	180
<i>Alternaria alternata</i>	ITS	AAF2 (TGC AAT CAG CGT CAG TAA CAA AT) AAR3 (ATG GAT GCT AGA CCT TTG CTG AT)	340
Fungal rRNA LSU	25-28S LSU	LR3R (GTC TTG AAA CAC GGA CC) LR5 (TCC TGA GGG AAA CTT CG)	310

가. 배양을 통한 토양 내 미생물상 분석

(1) 토양 및 작물 내생 세균의 생균수 측정

토양 세균의 경우 6월 시료의 TSA 배지를 제외한 5월 및 6월 채취 관행 재배 토양이 친환경 재배 토양 보다 다소 많은 수의 밀도를 나타냈다 (표 2-1). 작물 내생세균의 경우에서도 6월 채취 시료의 모든 배지 상에서도 관행 재배에서 친환경 재배보다 많은 수의 밀도를 관찰할 수 있었다 (표 2-2).

[표 2-1] 고추 재배 토양으로부터 얻어진 토양세균의 밀도

Month	관행 재배 토양 ( $\times 10^6$ CFU/g)			친환경 재배 토양 ( $\times 10^6$ CFU/g)		
	NA	TSA	ISPII	NA	TSA	ISPII
5	18.3 $\pm$ 8.7	21.9 $\pm$ 6.0	14.3 $\pm$ 4.6	15.3 $\pm$ 4.5	11.7 $\pm$ 4.7	6.7 $\pm$ 2.1
6	9.0 $\pm$ 10.6	2.7 $\pm$ 1.2	8.0 $\pm$ 6.2	0.7 $\pm$ 0.6	5.0 $\pm$ 5.3	3.7 $\pm$ 1.5
7	3.0 $\pm$ 2.6	2.0 $\pm$ 1.0	0.7 $\pm$ 0.6	-	-	-

[표 2-2] 고추 식물 조직으로부터 얻어진 내생세균의 밀도

Month	관행 재배 잎 ( $\times 10^2$ CFU/g)			친환경 재배 잎 ( $\times 10^2$ CFU/g)		
	NA	TSA	ISPII	NA	TSA	ISPII
5	18.3 $\pm$ 8.7	21.9 $\pm$ 6.0	14.3 $\pm$ 4.6	-	-	-
6	9.7 $\pm$ 3.2	3.3 $\pm$ 2.5	5.0 $\pm$ 3.6	0.3 $\pm$ 0.6	0.3 $\pm$ 0.6	0
7	1.3 $\pm$ 2.3	4.7 $\pm$ 8.1	0	-	-	-

Month	관행 재배 줄기 ( $\times 10^2$ CFU/g)			친환경 재배 줄기 ( $\times 10^2$ CFU/g)		
	NA	TSA	ISPII	NA	TSA	ISPII
7	7.3 $\pm$ 2.5	9.3 $\pm$ 7.4	3.0 $\pm$ 4.4	-	-	-

Month	관행 재배 뿌리 ( $\times 10^2$ CFU/g)			친환경 재배 뿌리 ( $\times 10^2$ CFU/g)		
	NA	TSA	ISPII	NA	TSA	ISPII
7	69.3 $\pm$ 11.1	63.0 $\pm$ 21.7	30.7 $\pm$ 0.6	-	-	-

한편 7월 관행 재배지에서 시들음병 증상을 보이던 식물체의 토양세균 및 잎, 줄기, 뿌리의 내생세균의 밀도를 조사하였다. 그 결과 토양세균은  $10^6$  CFU/g 으로 관찰되었고 내생세균은 그보다 훨씬 적은  $10^2$  CFU/g을 나타내었다. 그리고 식물체 부위별 내생세균의 밀도는 뿌리가 가장 많았으며 그 다음으로 잎, 줄기 순으로 나타났다.

[표 2-3] 관행 재배지 시들음병 증상 고추의 토양 및 내생세균의 밀도

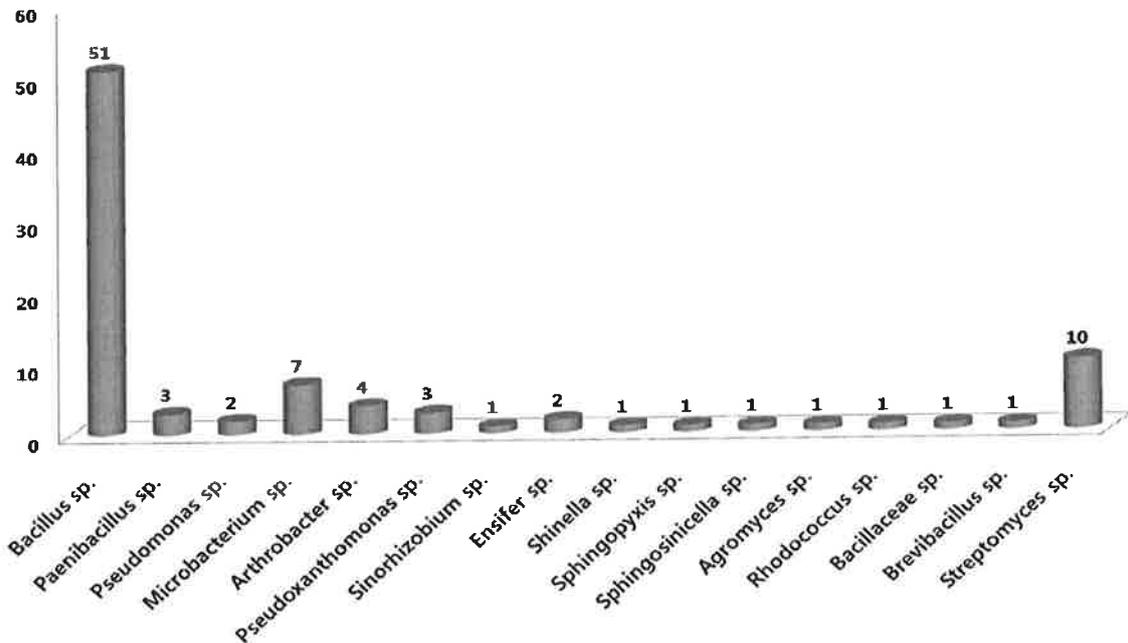
Month	토양 ( $\times 10^6$ CFU/g)			잎 ( $\times 10^2$ CFU/g)		
	NA	TSA	ISPII	NA	TSA	ISPII
7	77.0 $\pm$ 21.0	70.7 $\pm$ 30.7	31.7 $\pm$ 9.1	0.3 $\pm$ 0.6	23.7 $\pm$ 12.9	0.3 $\pm$ 0.6

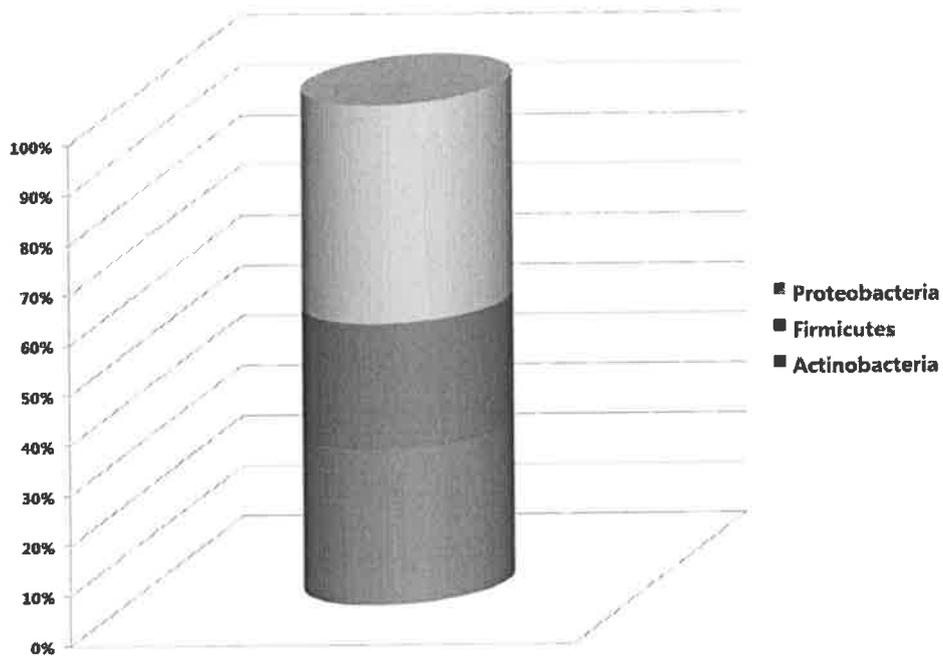
Month	줄기 ( $\times 10^2$ CFU/g)			뿌리 ( $\times 10^3$ CFU/g)		
	NA	TSA	ISPII	NA	TSA	ISPII
7	0.7 $\pm$ 0.6	0.3 $\pm$ 0.6	0.3 $\pm$ 0.6	35.7 $\pm$ 6.0	58.0 $\pm$ 17.4	16.3 $\pm$ 3.2

(2) 미생물의 분리, 배양 및 다양성 분석

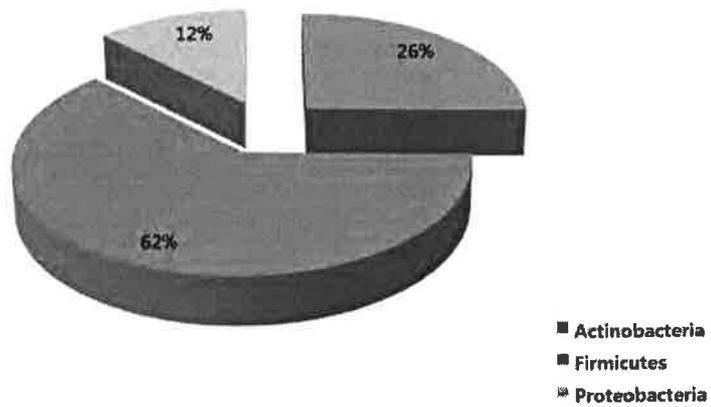
친환경 시설재배지 토양에서 분리한 세균의 16S rRNA 유전자 분석을 이용한 동정 결과 *Bacillus* sp. 51주, *Paenibacillus* sp. 3주, *Pseudomonas* sp. 2주, *Microbacterium* sp. 7주, *Arthrobacter* sp. 4주, *Pseudoxanthomonas* sp. 3주, *Sinorhizobium* sp. 1주, *Ensifer* sp. 2주, *Shinella* sp. 1주, *Sphingopyxis* sp. 1주, *Sphingosinicella* sp. 1주, *Agromyces* sp. 1주, *Rhodococcus* sp. 1주, *Bacillaceae* sp. 1주, *Brevibacillus* sp. 1주, *Streptomyces* sp. 10주를 분리하였다 (그림 2-1). 분리된 균주들은 *Proteobacteria*가 7속으로 가장 다양하게 분리되었고, *Firmicutes*가 4속, *Actinobacteria*가 5속이 각각 분리되었다 (그림 2-2). 분리된 종의 개수로는 *Proteobacteria*가 11종, *Firmicutes*가 51종 그리고 *Actinobacteria* 23종으로 나타났다 (그림 2-3).



[그림 2-1] 전남 남평 친환경 고추 재배지의 토양시료를 이용하여 분리, 동정된 세균의 속 수준에서의 분석.



[그림 2-2] 전남 남평 친환경 고추 재배지의 토양시료를 이용하여 분리, 동정된 세균의 문 수준에서의 다양성.



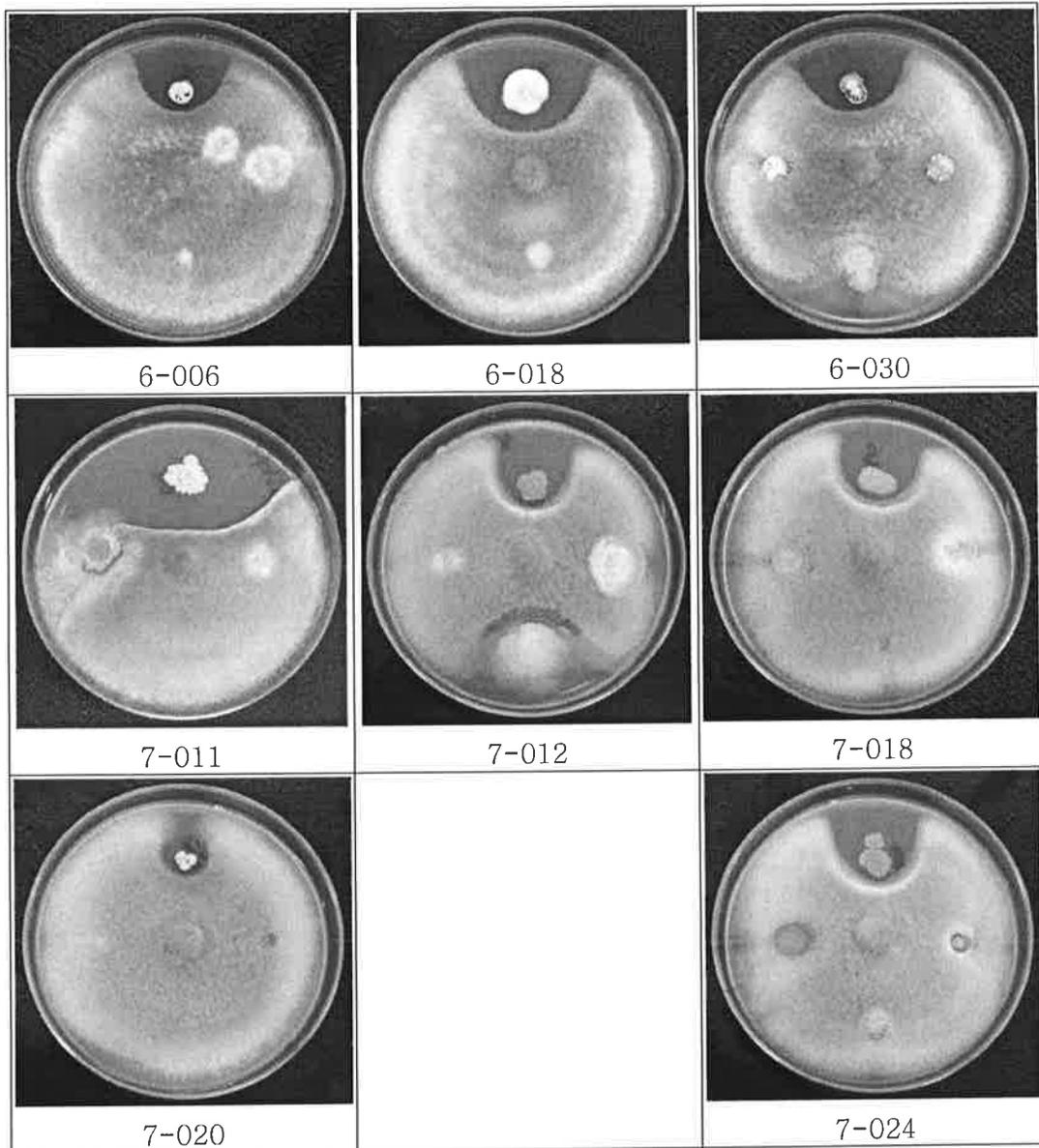
[그림 2-3] 전남 남평 친환경 고추 재배지의 토양시료를 이용하여 분리, 동정된 세균의 문 수준에서의 비중.

(3) 고추 탄저병균 (*Colletotrichum gloeosporioides*)에 대한 길항 세균의 분리

고추 재배 토양 및 고추 식물체로부터 분리한 290개의 균주를 대상으로 고추 탄저병균에 대한 길항력을 보이는 균주를 선발하였다. 모두 8균주가 선발되었으며 그 중 7균주가 토양세균이었고 나머지 한 균주가 고추 뿌리에서 분리된 내생세균으로 다른 토양세균 균주들에 비하여 길항력이 가장 좋았다 (표 2-4, 그림 2-4).

[표 2-4] 고추 탄저병균 (*Colletotrichum gloeosporioides*)에 대한 길항 세균 분리주

Isolate Number	분리장소	길항력
6-006	6월 친환경 고추 재배 토양 (남평)	++
6-018	6월 친환경 고추 재배 토양 (남평)	++
6-030	6월 친환경 고추 재배 토양 (남평)	++
7-012	7월 시들음병 증상 고추 재배 토양 (남평)	++
7-024	7월 시들음병 증상 고추 재배 토양 (남평)	++
7-018	7월 관행 고추 재배 토양 (반남)	++
7-020	7월 관행 고추 재배 토양 (반남)	+
7-011	7월 관행 고추 재배 뿌리 조직 (반남)	+++



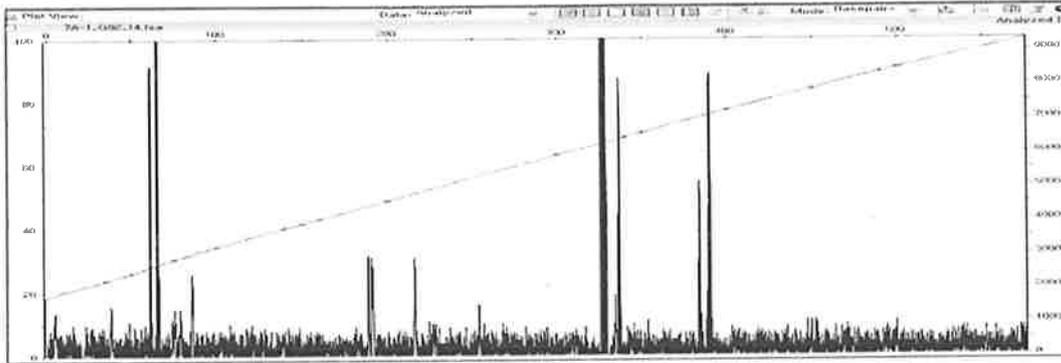
[그림 2-4] 고추 탄저병균 (*Colletotrichum gloeosporioides*)에 대한 길항 세균 선발 시험 결과

나. Fingerprinting 기법을 이용한 재배지토양 미생물상 비교 분석

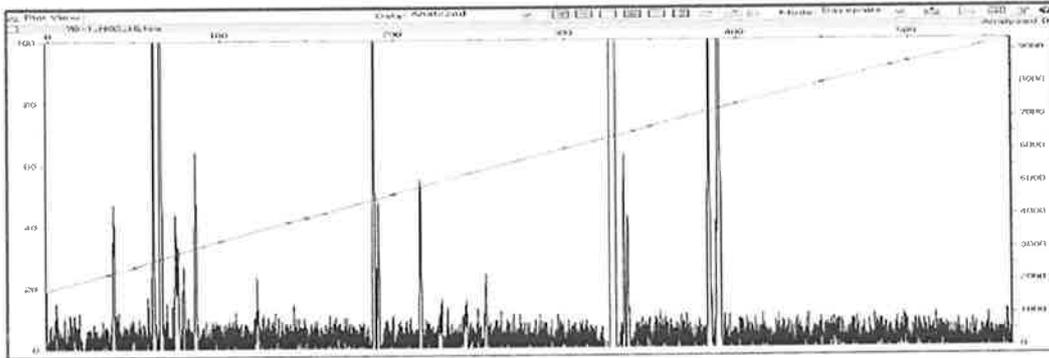
(1) 3차년도 결과 분석

T-RFLP 결과 5, 6, 7월 모든 토양 시료에서 관행 재배와 친환경 재배 간에 T-RFLP profile상의 뚜렷한 차이는 발견되지 않았다. 다만 재배 지역 간의 차이(남평과 반남)만 관찰할 수 있었다 (그림 2-5, 2-6). 한편 DGGE profile의 경우에서도 관행 재배와 친환경 재배 간에 일부 밴드의 강도 차이만 발견되었을 뿐 전체적인 양상에 있어서 큰 변화는 나타나지 않았으며 지역 간에 약간의 차이만 발견되었다 (그림 2-7).

<관행 재배 토양 7월 시료>

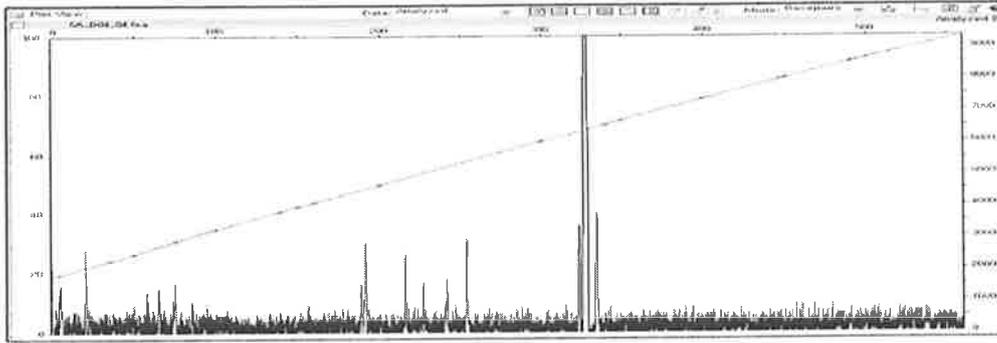


<친환경 재배 토양 7월 시료>

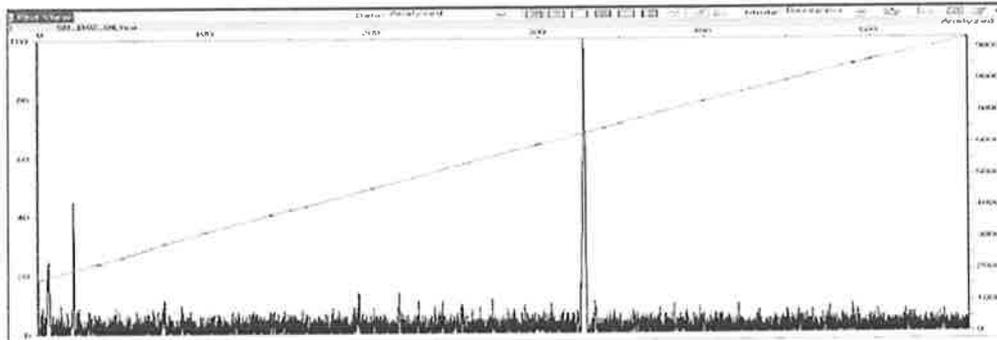


[그림 2-5] 7월 토양 시료(반남)의 T-RFLP를 이용한 군집 조성 분석 결과

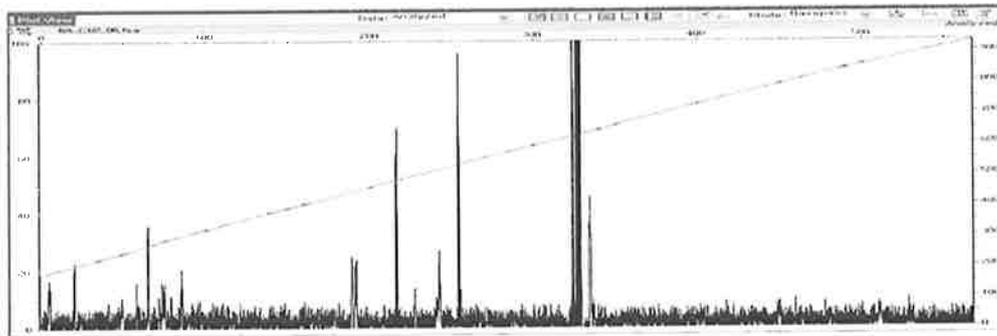
<관행 재배 토양 5월 시료>



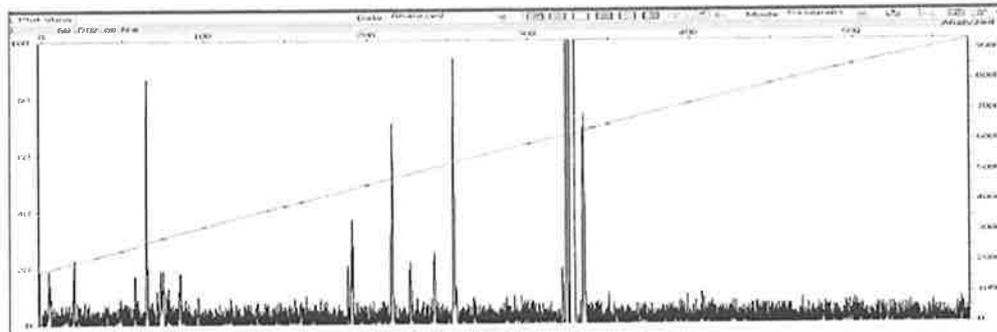
<친환경 재배 토양 5월 시료>



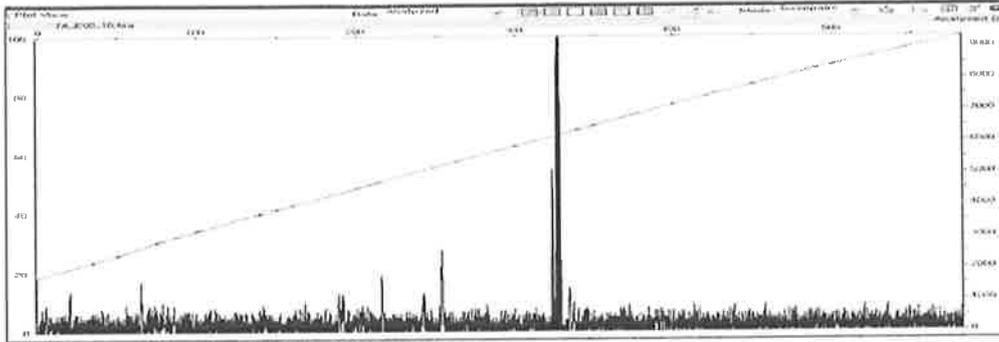
<관행 재배 토양 6월 시료>



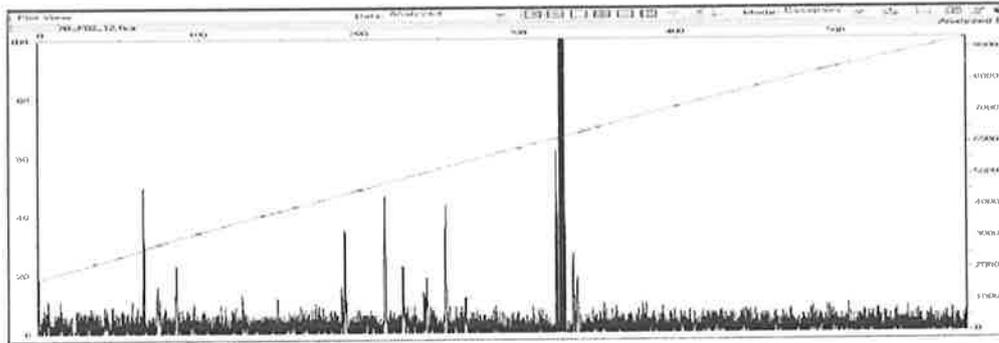
<친환경 재배 토양 6월 시료>



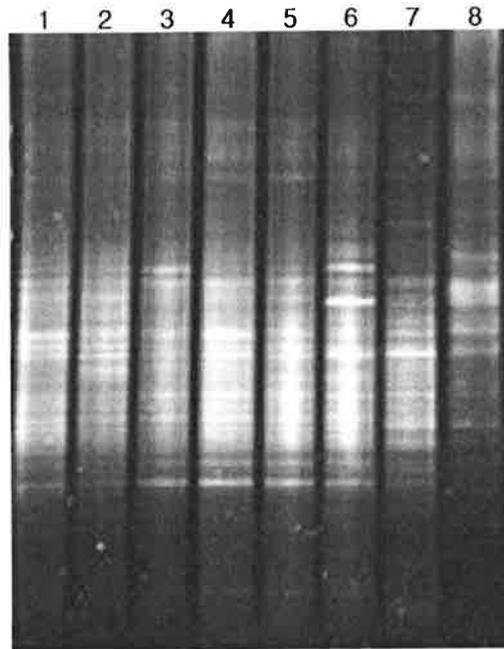
<관행 재배 토양 7월 시료>



<친환경 재배 토양 7월 시료>



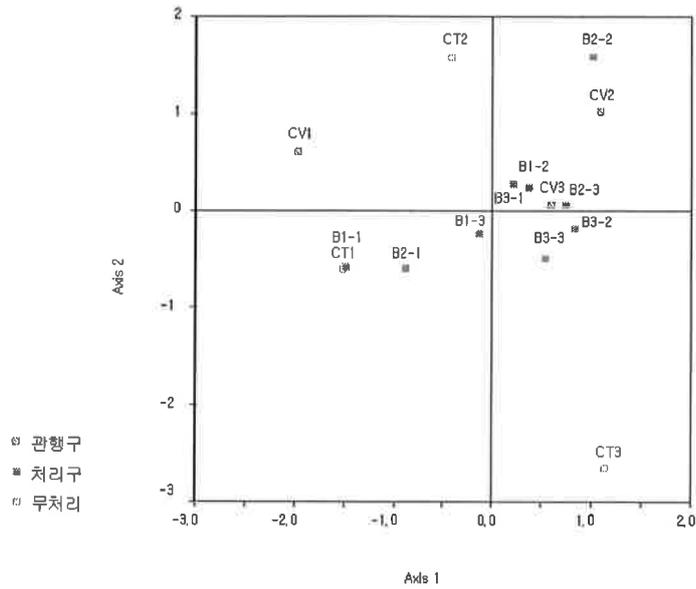
[그림 2-6] 5-7월 토양 시료(남평)의 T-RFLP 결과



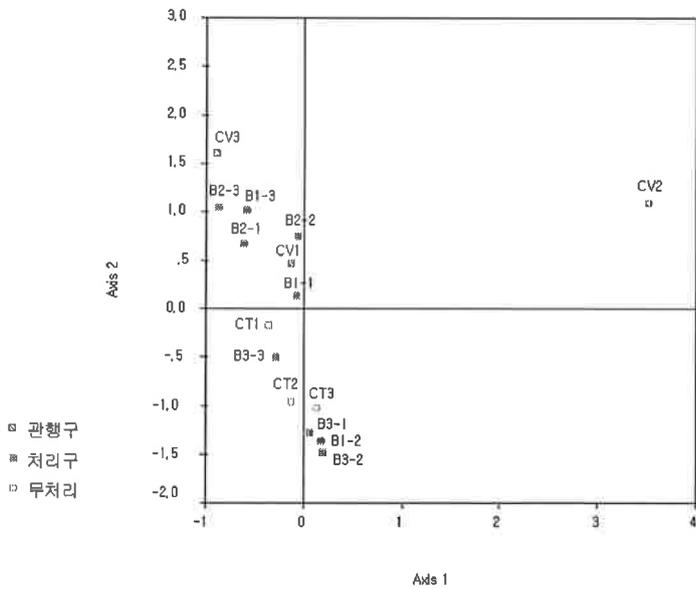
[그림 2-7] 토양 시료별 DGGE profile. 1; 5월 관행 재배 (남평), 2; 5월 친환경 재배 (남평), 3; 6월 관행재배 (남평), 4; 6월 친환경 재배 (남평), 5; 7월 관행 재배 (남평), 6; 7월 친환경 재배 (남평), 7; 7월 관행 재배 (반남), 8; 7월 친환경 재배 (반남).

(2) 4차년도 결과 분석

2009년도 고추재배지 토양 1, 2차 시료에서 모두 관행구, 무처리구 그리고 친환경 제제 처리구(B1, B2, B3)간에 Total 세균 및 진균 개체군의 뚜렷하고 의미있는 차이는 발견할 수 없었으나 3차 토양 시료의 경우 친환경 제제 처리구는 여전히 다양한 변이의 미생물 개체군을 보이는 반면 관행구간 또는 무처리구 간에 1, 2차 토양 시료의 경우에 비해 서로 유사해지는 경향을 나타내었다 (그림 2-8, 2-9, 2-10). 한편 앞 시료의 경우에서도 처리구에 따라 세균 및 진균 개체군간의 뚜렷한 차이는 발견할 수 없었으며 친환경 제제 처리구들 역시 다양한 양상의 개체군 특성을 나타내었다 (그림 2-11, 2-12).

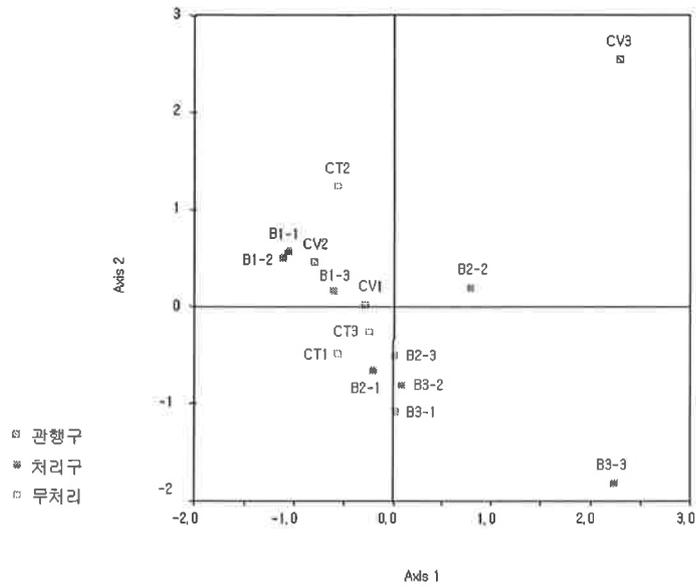


고추 1차 토양 샘플 세균 T-RFLP Profile 다중대응분석

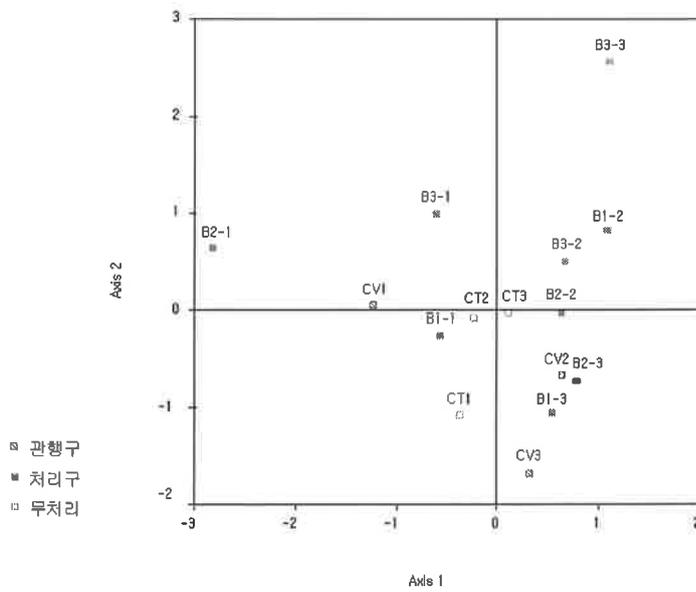


고추 1차 토양 샘플 진균 T-RFLP Profile 다중대응분석

[그림 2-8] 고추재배지 토양 미생물 개체군 1차 (5월) 분석 결과.  
 무처리 (CT), 관행구 (CV), 친환경 제제 처리구 (B1, B2, B3).

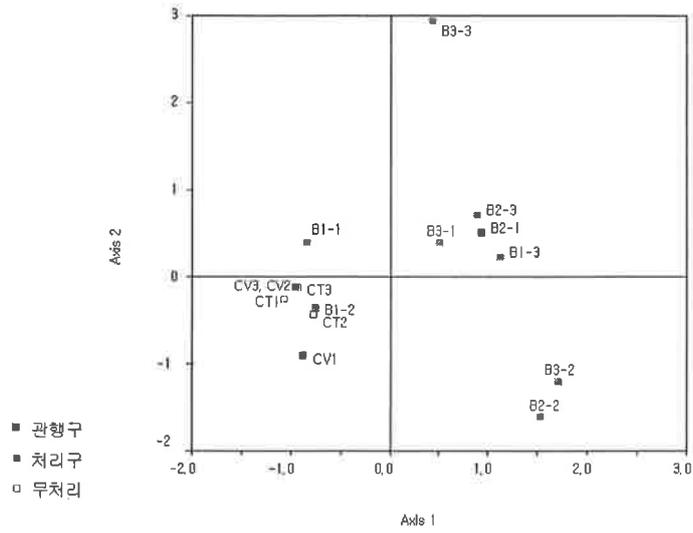


고추 2차 토양 샘플 세균 T-RFLP Profile 다중대응분석

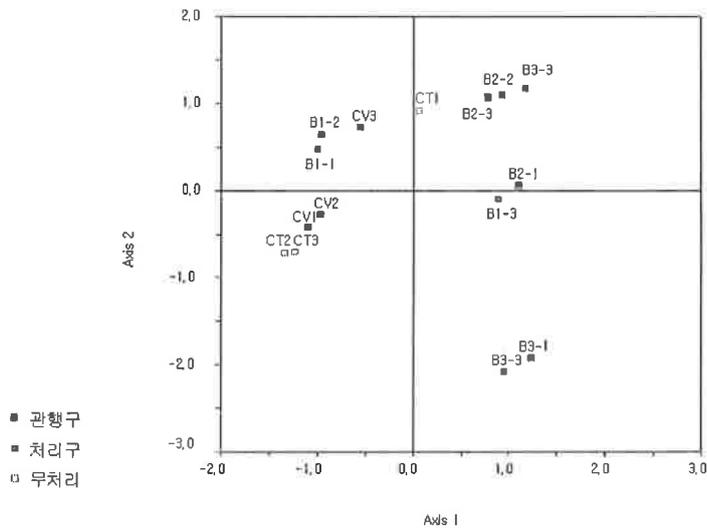


고추 2차 토양 샘플 진균 T-RFLP Profile 다중대응분석

[그림 2-9] 고추재배지 토양 미생물 개체군 2차 (6월) 분석 결과. 무처리 (CT), 관행구 (CV), 친환경 제제 처리구 (B1, B2, B3).

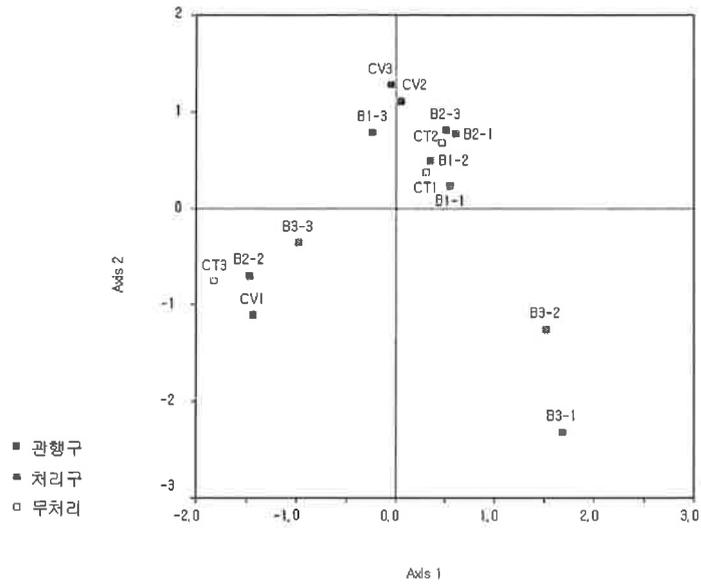


고추 3차 토양 샘플 세균 T-RFLP Profile 다중대응분석

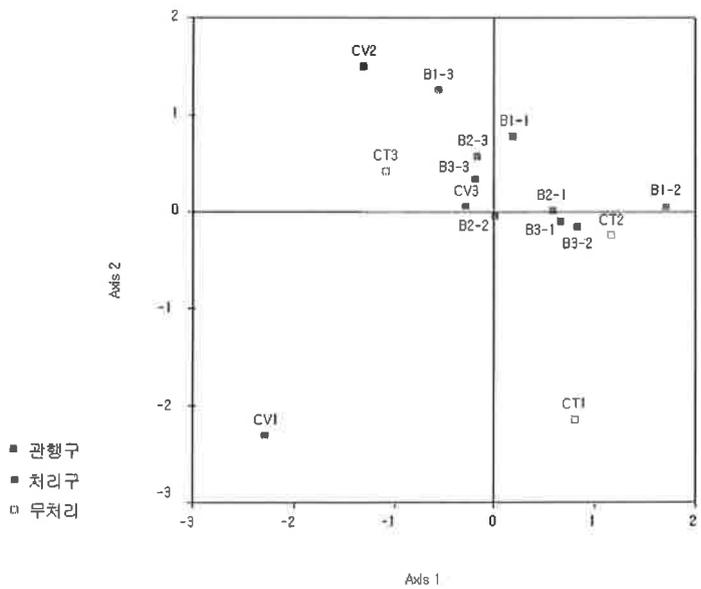


고추 3차 토양 샘플 진균 T-RFLP Profile 다중대응분석

[그림 2-10] 고추재배지 토양 미생물 개체군 3차 (7월) 분석 결과.  
 무처리 (CT), 관행구 (CV), 친환경 제제 처리구 (B1, B2, B3).

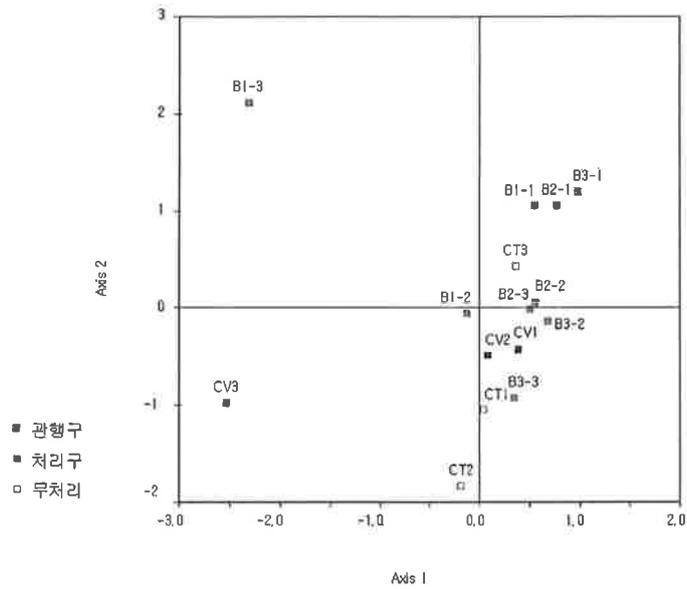


고추 1차 옆 샘플 세균 T-RFLP Profile 다중대응분석

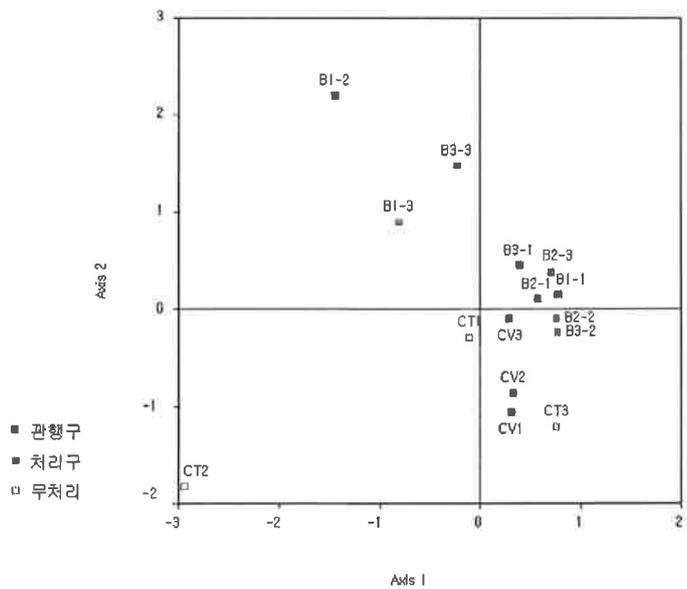


고추 1차 옆 샘플 진균 T-RFLP Profile 다중대응분석

[그림 2-11] 고추 옆면 미생물 개체군 1차 (5월) 분석 결과.  
 무처리 (CT), 관행구 (CV), 친환경 제제 처리구 (B1, B2, B3).



고추 3차 잎 샘플 세균 T-RFLP Profile 다중대응분석



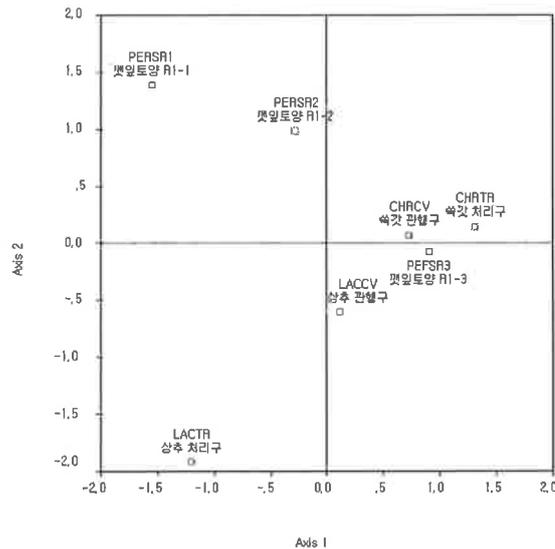
고추 3차 잎 샘플 진균 T-RFLP Profile 다중대응분석

[그림 2-12] 고추 옆면 미생물 개체군 3차 (7월) 분석 결과. 무처리 (CT), 관행구 (CV), 친환경 제제 처리구 (B1, B2, B3).

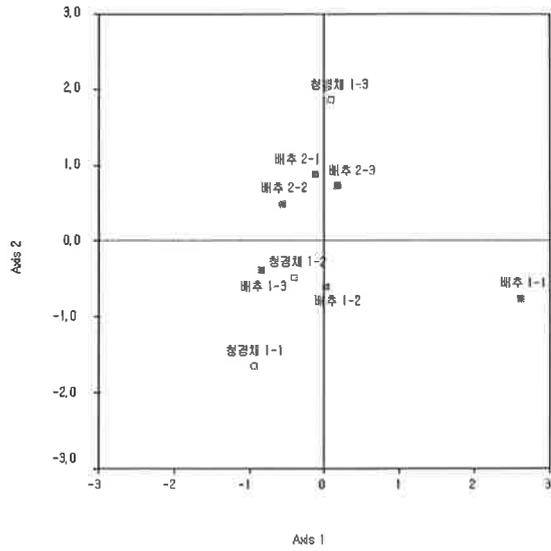
(3) 쌈채류 친환경 재배지의 미생물 개체군 변화 분석

쌈채류 재배지에서 채취한 토양시료로 부터 전체 DNA를 분리한 후 앞서 설명한 방법과 마찬가지로 각 시료에 대한 T-RFLP Profile을 분석하였다.

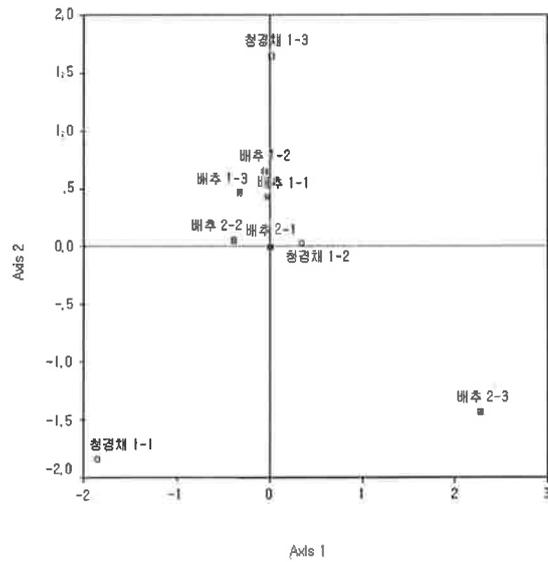
썩갓의 경우 관행구와 친환경 처리구가 토양 중 세균의 군집이 서로 유사한 반면 상추의 경우에 관행구와 친환경 처리구가 썩갓보다 그 차이가 큰 것으로 나타났다(그림 2-13). 한편 무농약 재배 시 일부 배추 잎 시료의 세균 군집이 서로 유사한 것 이외에 대부분의 배추 및 청경채 잎에서 그 세균 군집이 서로 다양하게 나타났다(그림 2-14). 배추 뿌리의 경우에는 한 시료를 제외한 다른 모든 배추가 청경채에 비해 서로 유사한 세균 군집을 보였다(그림 2-15). 한편 청경채 및 배추 무농약 재배 토양 내 세균 및 진균 군집의 차이를 조사한 결과 청경채와 배추 간에 뚜렷한 차이가 없이 전 시료가 다양한 양상을 나타내었다(그림 2-16, 17).



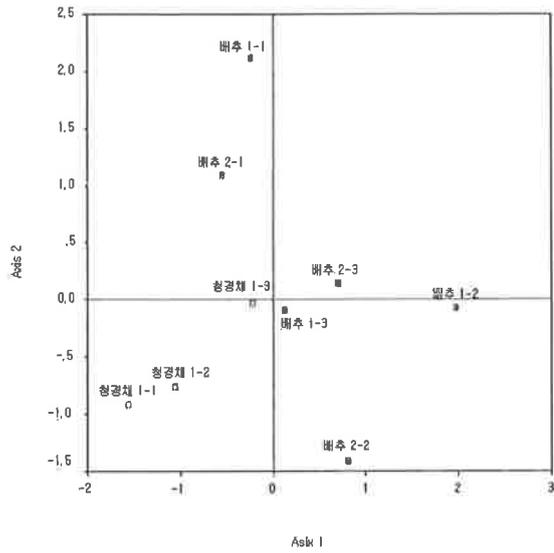
[그림 2-13] 쌈채류 재배지 토양 시료 세균 T-RFLP Profile 다중대응분석



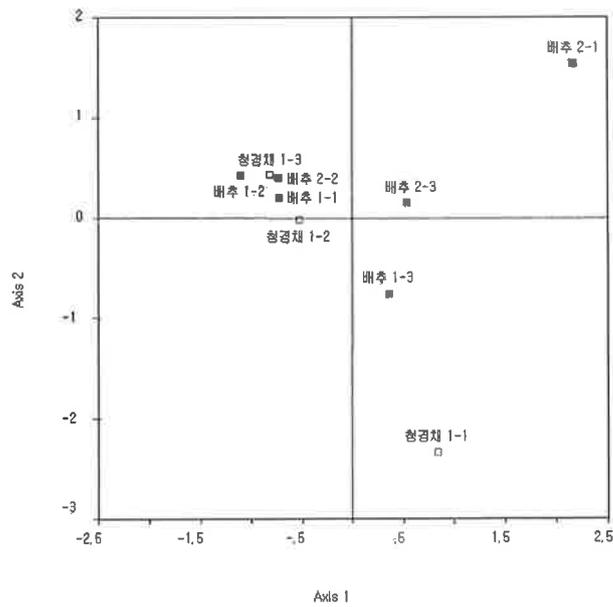
[그림 2-14] 무농약 재배 쌈채류 잎 시료 세균 T-RFLP Profile 다중대응분석



[그림 2-15] 무농약 재배 쌈채류 뿌리 시료 세균 T-RFLP Profile 다중대응분석



[그림 2-16] 무농약 재배 쌈채류 토양 세균 T-RFLP Profile 다중대응분석



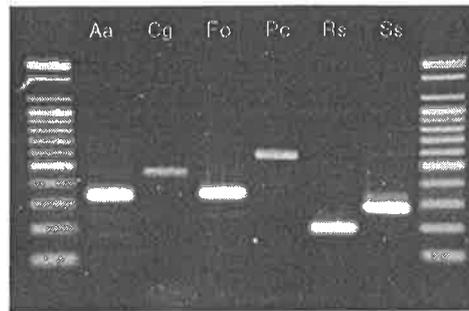
[그림 2-17] 무농약 재배 쌈채류 토양 진균 T-RFLP Profile 다중대응분석

(4) 친환경 제제의 효과 검증을 위한 병원균의 검출과 정량 분석

각 토양시료로 부터 식물병원성 진균 *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria alternata* 등을 검출하기 위한 PCR primer를 표 5와 같이 구성하고 PCR 반응액의 조성 및 반응 조건은 앞서 설명한 방법과 동일하게 실시하였다. 그 결과 각각의 식물병원성 진균에 대해 예상한 크기의 PCR 산물을 얻을 수 있었다 (그림 2-18). 한편 고추 2차 토양 시료에 대해 대상 병원성 진균의 PCR 증폭 여부를 조사한 결과 *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria alternata* 등이 관행구 및 무처리와 친환경 제제 처리구에서 모두 검출되었다 (그림 2-19). 따라서 이들의 상대적인 토양내 농도를 비교하기 위해 정량 PCR을 실시하였다. 정량 PCR은 Bio-Rad사의 CFX96 Real-Time PCR Detection System을 이용하였으며 PCR 반응액의 조성은 iQ SYBR Green Supermix (Bio-Rad, USA) 10  $\mu$ l와 각 부터  $\mu$ l의 Primer (10 pmol/ $\mu$ l), 터  $\mu$ l의 Template DNA를 첨가하여 총량이 20  $\mu$ l가 되게 하였다. PCR 반응 조건은 앞서 설명한 바와 동일하게 수행하였다. 그 결과 2차 토양시료에서 *F. oxysporum*의 경우 무처리구에서 그 기간 가장 높게 나타났으며 관행구는 무처리구 보다 다소 낮은 분포를 나타내었다. 모든 친환경 제제 처리구 (B1, B2, B3) 역시 관행구 수준의 분포를 나타내어 친환경 제제 처리시 토양내 *F. oxysporum*에 대한 억제 효과가 있음을 알 수 있었다 (그림 2-20). *R. solani*의 경우에서 관행구가 무처리구에 비해 병원균이 억제되어 있었다. 하지만 친환경 제제 처리구의 경우 B1 처리구만 관행구와 같거나 낮은 수준의 무처리구 보다 억제된 분포를 보이고 나머지 B2, B3 처리구는 무처리구와 유사한 수준의 *R. solani*의 분포를 나타내었다 (그림 2-21).

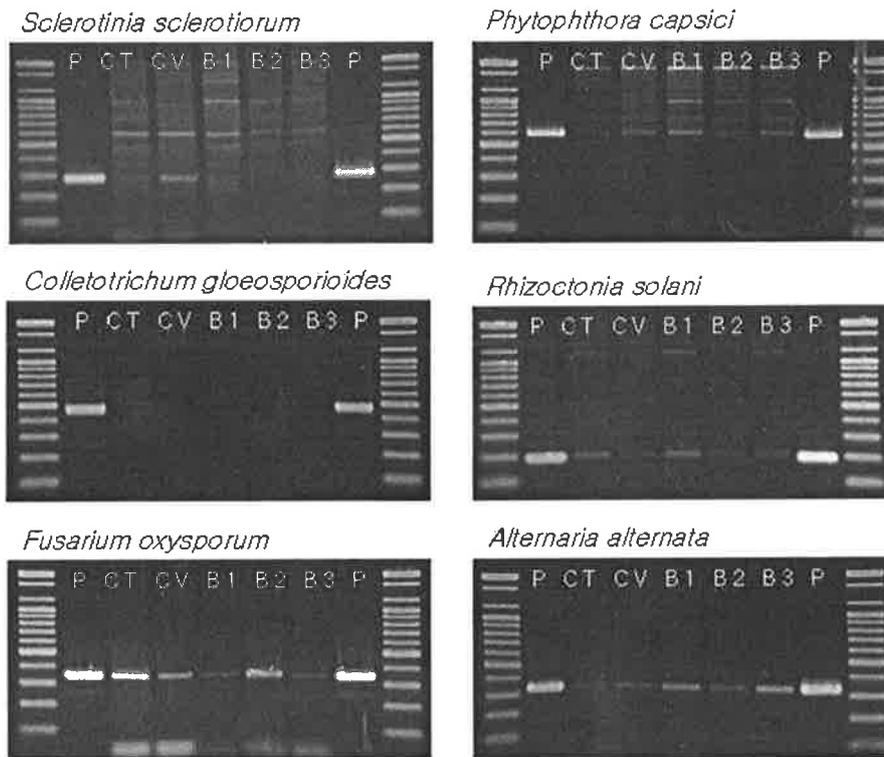
한편 3차 토양시료의 각 시료별 전체 peak 면적 총합에 대한 각 병원성 진균류의 T-RFLP profile과 일치하는 peak 면적의 비율을 계산하여 병원성 진균류의 상대밀도를 조사하였다. 그 결과 *F. oxysporum*의 경우 모든 친환경 제제 처리구에서 그 밀도가 대조구 및 관행구에 비해 떨어졌으며 *A. alternata*과 *C. gloeosporioides*는 B2, B3 친환경 제제 처리구에서, *S. sclerotiorum*은 B2 처리구에서 그 밀도가 감소하였다. 그 밖의 친환경 제제 처리구에서 위 4종의 병원성 진균의 밀도는 대조구 또는 관행구와 큰 차이를 나타내지 않았다. 한편 *R. solani*의 경우 친환경 제제 처리구에서 대조구 및 관행구보다 그 밀도가 같거나 오히려 더 높은 것으로 나타났다. 그리고 B1 친환경 제제는 *F. oxysporum* 을 제외한 다른 4종의 병원진균의 밀도에서 대조구 및 관행구와 큰 차이를 나타내지 않았다 (그림 2-22, 표 2-5).

이상의 결과로 친환경 제제 처리시 토양내 전체 미생물의 개체군 조성에 있어서 당장 큰 변화를 가져오지 않지만 B2 또는 B3 친환경 제제는 본 실험에 조사한 식물 병원성 진균에 대해서는 그 밀도를 줄이는 억제 효과를 나타내고 있음을 알 수 있었다.



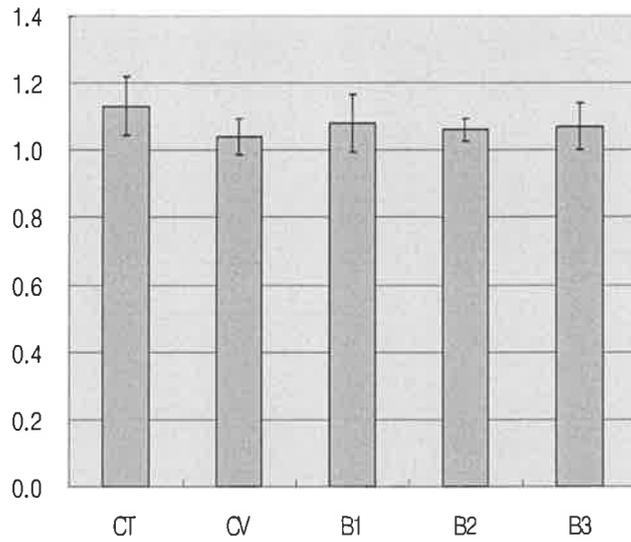
[그림 2-18] 병원성 진균을 검출하기 위한 PCR Primer의 증폭 결과.

Aa; *Alternaria alternata*, Cg; *Colletotrichum gloeosporioides*, Fo; *Fusarium oxysporum*, Pc; *Phytophthora capsici*, Rs; *Rhizoctonia solani*, Ss; *Sclerotinia sclerotiorum*.

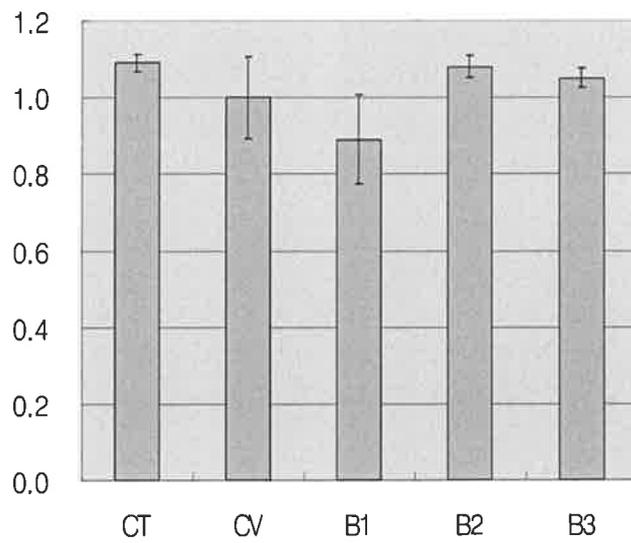


[그림 2-19] 고추 토양 2차 시료로 부터 병원성 진균 검출 결과.

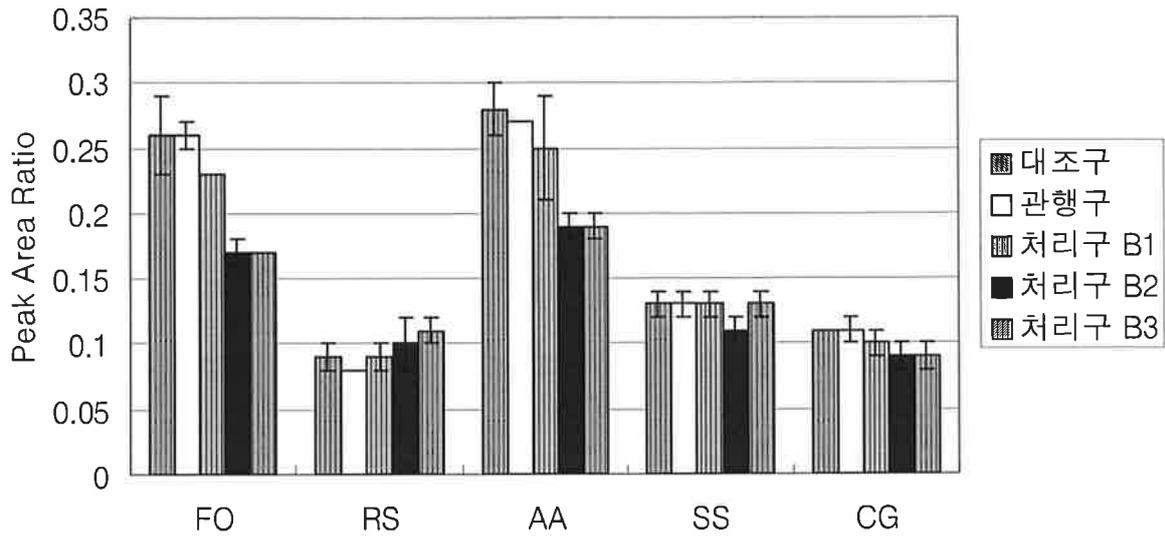
P; 각 병원균에 해당하는 Positive Control, CT; 무처리, CV; 관행구, B1, B2, B3; 친환경 제제 처리구.



[그림 2-20] 정량 PCR을 이용한 고추 재배지 토양 2차 시료내 *Fusarium oxysporum*의 밀도 (*F. oxysporum*의 Ct값/Total Fungal rDNA의 Ct값). CT; 무처리, CV; 관행구, B1, B2, B3; 친환경 제제 처리구.



[그림 2-21] 정량 PCR을 이용한 고추 재배지 토양 2차 시료내 *Rhizoctonia solani*의 밀도 (*R. solani*의 Ct값/Total Fungal rDNA의 Ct값). CT; 무처리, CV; 관행구, B1, B2, B3; 친환경 제제 처리구.



[그림 2-22] 병원성 진균류의 3차 토양 시료내 밀도 차이.

FO: *F. oxysporum*, RS: *R. solani*, AA: *A. alternata*, SS: *S. sclerotiorum*, CG: *C. gloeosporioides*.

[표 2-5] 병원성 진균류의 3차 토양 시료내 밀도

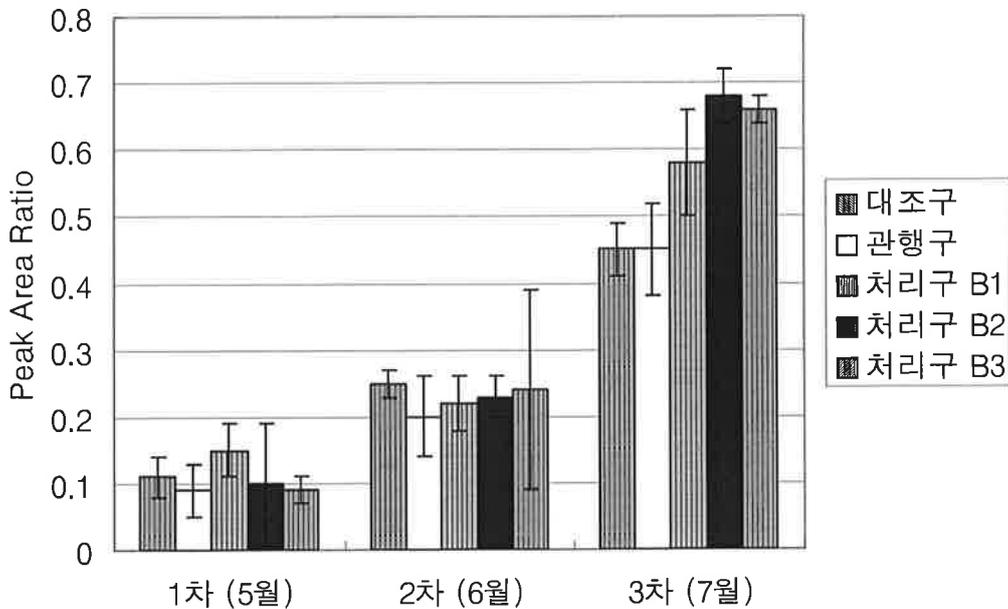
Fungi (bp ± 1)	Target peak area / 시료별 전체 peak area 총합 (3반복 평균 ± 표준편차)				
	무처리	관행구	처리구 B1	처리구 B2	처리구 B3
FO (329)	0.263 ± 0.029 c <sup>z</sup>	0.260 ± 0.006 c	0.233 ± 0.000 b	0.173 ± 0.006 a	0.170 ± 0.000 a
RS (390)	0.087 ± 0.012 a	0.080 ± 0.000 a	0.087 ± 0.006 a	0.103 ± 0.021 ab	0.113 ± 0.012 b
AA (346)	0.283 ± 0.015 b	0.270 ± 0.000 b	0.247 ± 0.040 b	0.187 ± 0.006 a	0.190 ± 0.010 a
SS (332)	0.133 ± 0.006 b	0.133 ± 0.006 b	0.127 ± 0.006 b	0.107 ± 0.006 a	0.130 ± 0.010 b
CG (171)	0.113 ± 0.000 c	0.113 ± 0.006 c	0.103 ± 0.012 bc	0.087 ± 0.006 a	0.093 ± 0.006 ab

FO: *F. oxysporum*, RS: *R. solani*, AA: *A. alternata*, SS: *S. sclerotiorum*, CG: *C. gloeosporioides*. <sup>z</sup>Anova and the multiple range test of Duncan (P < 0.05).

다. 미생물 제제 연구

(1) 제제 미생물의 환경 적응성

각 친환경 제제 처리구의 활성 미생물은 *Bacillus* spp.에 속하는 균주로 그 T-RFLP profile은 각 균주의 염기서열을 토대로 분석한 결과 모두  $327 \pm 1$  bp 이었다. 따라서  $327 \pm 1$  bp 의 T-RFLP peak 면적 값을 친환경 제제 처리구의 활성미생물 *Bacillus* spp.의 정상적 기준으로 삼아 각 처리구의 전체 peak 면적 값의 총합에 대한 비율로 계산하여 그 상대밀도를 구하였다. 그 결과 1차 (5월) 부터 3차 (6월)에 이르기까지 모든 처리구에서 시간이 경과할수록 *Bacillus* spp.의 밀도가 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 한편 1, 2차 시기에서는 각 처리구별로 *Bacillus* spp.의 밀도에 큰 차이가 나타나지 않았다. 하지만 조사 3차 시기에 이르러 친환경 제제 처리구의 *Bacillus* spp.의 밀도가 대조구 및 관행구에 비해 증가함으로써 처리된 활성미생물을 포함한 *Bacillus* spp.의 밀도가 보다 높음을 나타내었다 (그림 2-23, 표 2-6). 한편 고추 잎시료에 대해서도 동일한 방법으로 *Bacillus* spp. 밀도의 변화를 관찰하였다. 그 결과 1차 및 3차 잎 시료에서 친환경 제제 처리구 B3에서 가장 높았으며 그 외 친환경 제제 처리구들은 관행구 및 무처리구와 서로 유사한 밀도를 나타내었다 (그림 2-24, 표 2-7). 즉 토양의 경우 3차 처리 까지 경과한 후 친환경 제제 처리구의 *Bacillus* spp. 밀도가 증가한 반면 잎에서 *Bacillus* spp.의 밀도는 대조구 및 관행구 그리고 친환경 제제 처리구 간에 큰 차이가 없었다. 즉 *Bacillus* spp. 활성 미생물들은 그 균주 특성상 토양에 한달 간격으로 3회 정도 반복 관주하면 토양에 잘 정착하여 옆면의 경우보다 그 밀도가 지속될 것으로 예상되며 옆면 분무시에는 그 처리 밀도를 현저히 높이거나 처리 횟수를 증가시켜야 할 것으로 판단된다.

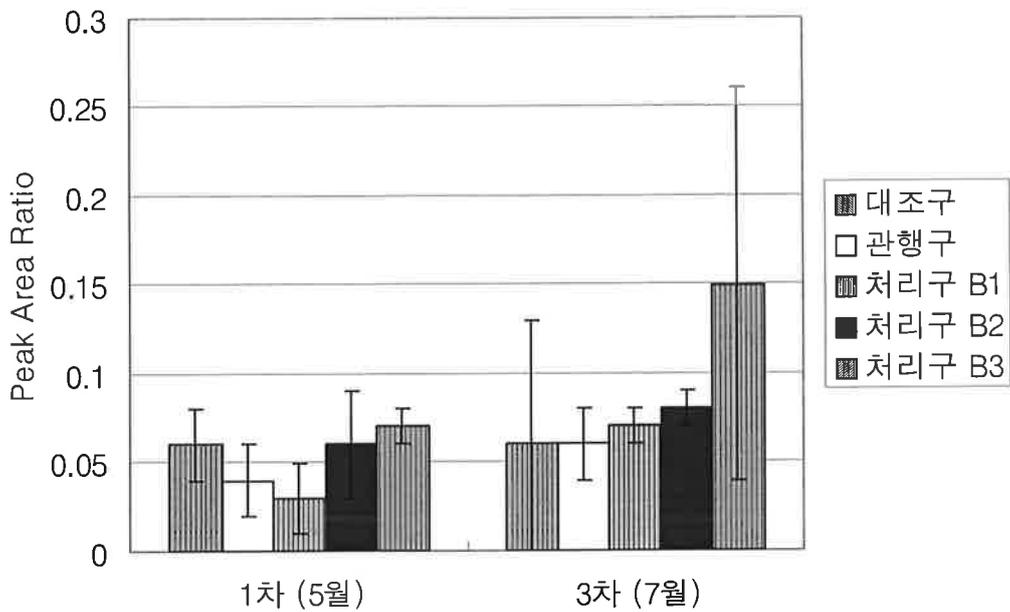


[그림 2-23] *Bacillus* spp.의 토양내 밀도 변화

[표 2-6] *Bacillus* spp.의 토양내 밀도

시료 채취일	327 ± 1 bp peak area / 시료별 전체 peak area 총합 (3 반복 평균 ± 표준편차)				
	무처리	관행구	처리구 B1	처리구 B2	처리구 B3
1 차 (5 월)	0.11 ± 0.03 a <sup>z</sup>	0.09 ± 0.04 a	0.15 ± 0.04 a	0.10 ± 0.09 a	0.09 ± 0.02 a
2 차 (6 월)	0.25 ± 0.02 a	0.20 ± 0.06 a	0.22 ± 0.04 a	0.23 ± 0.03 a	0.24 ± 0.15 a
3 차 (7 월)	0.45 ± 0.04 a	0.45 ± 0.07 a	0.58 ± 0.08 b	0.68 ± 0.04 b	0.66 ± 0.02 b

<sup>z</sup>Anova and the multiple range test of Duncan (P < 0.05)



[그림 2-24] *Bacillus* spp.의 옆면상 밀도 변화

[표 2-7] *Bacillus* spp.의 옆면상 밀도

시료 채취일	327 ± 1 bp peak area / 시료별 전체 peak area 총합 (3 반복 평균 ± 표준편차)				
	무처리	관행구	처리구 B1	처리구 B2	처리구 B3
1 차 (5 월)	0.06 ± 0.02 ab <sup>z</sup>	0.04 ± 0.02 ab	0.03 ± 0.02 a	0.06 ± 0.03 ab	0.07 ± 0.01 b
3 차 (7 월)	0.06 ± 0.07 a	0.06 ± 0.02 a	0.07 ± 0.01 a	0.08 ± 0.01 a	0.15 ± 0.11 a

<sup>z</sup>Anova and the multiple range test of Duncan (P < 0.05)

(2) 미생물 제제화 연구

3차년도 실험에서 선발한 길항 미생물 *Bacillus subtilis* 7-011 strain을 이용한 종자코팅을 다음과 같이 실시하였다. 우선 청양고추 종자를 1% 락스로 10분간 표면소독한 후 멸균수로 3회 세척한 후 상온에서 건조시켰다. 이어서 여기에 종자무게 2배의 7-011 세균 멸균수 현탁액과 종자무게와 동일한 양의 Talc를 가해 잘 섞은 후 크린벤치안에서 풍건하였다. 건조된 종자는 흡습제가 포함된 건조기에 보관하며 코팅된 길항세균의 활력을 조사하였고 일부는 멸균한 토양에 심어 발아후 근권 내 길항세균의 밀도를 조사하였다. 그 결과 표 2-8과 같이 종자의 초기 코팅 밀도는  $10^6$  cfu /seed 이었으며 3주경과 후 보존중인 종자의 생균 밀도는  $10^5$  cfu /seed로 떨어졌으나 파종되어 발아된 근권의 밀도는  $10^6$  cfu /root로 나타났다. 이후 6주 경과 후 보존된 종자는 그 생균 밀도가  $10^5$  cfu /seed로 지속되었으며 근권의 밀도는  $10^5$  cfu /root로 나타났다. 따라서 추후 길항균의 생존력과 근권 내 정착 밀도를 높일 방안 등이 고려되어야 할 것으로 보인다.

[표 2-8] 종자 코팅 길항 미생물의 활력과 근권 정착력 조사

고추 식물체	코팅 밀도	3주 경과	6주 경과
종자	$8.1 \pm 0.4$ $\times 10^6$ cfu /seed	$3.4 \pm 0.2$ $\times 10^5$ cfu /seed	$6.4 \pm 0.6$ $\times 10^5$ cfu /seed
근권	-	$2.2 \pm 0.2$ $\times 10^6$ cfu /root	$2.3 \pm 0.4$ $\times 10^5$ cfu /root

(3) 미생물 제제의 안정성 평가

시중에 상업적으로 시판되고 있는 9종의 미생물 제제를 가지고, 이들이 얼마나 안정성이 유지되는지 실험을 수행하였다. 안정성은 3달간에 걸쳐 이루어 졌으며, 일괄적으로 영양한천배지 (NA)를 사용하여 생균수를 측정하는 방법으로 이루어 졌다.

각각의 미생물 제제는 액상과 분말의 두 가지 형태가 존재하였다. 각각의 미생물 제제를  $10^{-1}$  -  $10^{-7}$  으로 연속 희석을 하여 NA에 3배수 도말하였다. 도말 후에 30°C에서 24시간 배양하였고, 육안으로 개수기를 이용하여 집락의 개수를 세었다 (표 2-9).

거의 대부분의 경우 각 제품에 표시된 미생물 기준 농도 보다 상회하는 결과를 보였고, 3개월이 지난 시점에서도 농도는 그대로 유지됨을 알 수 있었다.

[표 2-9] 시판되고 있는 미생물 제제의 영양한천배지에서의 집락 수 단위: CFU/ml

제제명	기준 농도	1개월	2개월	3개월
HST	$1 \times 10^5$	$4.8 \times 10^8$	$3.8 \times 10^8$	$2.9 \times 10^8$
EST	$1 \times 10^7$	$5.4 \times 10^6$	$5.3 \times 10^8$	$4.8 \times 10^6$
DDF	$1 \times 10^9$	$1.1 \times 10^{10}$	$6.4 \times 10^9$	$1.6 \times 10^{10}$
BYB	$1 \times 10^9$	$2.6 \times 10^8$	$5.5 \times 10^{10}$	$1.0 \times 10^{10}$
ESM	$1 \times 10^9$	$1.0 \times 10^{10}$	$2.6 \times 10^{10}$	$1.2 \times 10^{10}$
GST	$1 \times 10^5$	$8.3 \times 10^5$	$8.0 \times 10^5$	$1.9 \times 10^6$
TBI	$1 \times 10^9$	$1.1 \times 10^{10}$	$1.2 \times 10^{10}$	$2.1 \times 10^{10}$
CDL	$1 \times 10^6$	$3.6 \times 10^9$	$6.6 \times 10^8$	$5.8 \times 10^8$
NJA	$1 \times 10^9$	$3.4 \times 10^8$	$6.1 \times 10^7$	$7.0 \times 10^8$

라. 결과 요약

- (1) 친환경 제제를 이용한 시설재배지에서의 미생물상 분석을 실시한 결과 친환경 재배지에서의 토양 미생물 균집크기가 다소 감소하는 경향을 보였다. T-RFLP 및 DGGE 등 비배양학적 방법으로 조사한 전체 미생물 균집 조성의 비교 분석에서는 전반적으로 토양과 작물 내생세균 (뿌리 및 잎) 모두 무처리구, 관행구 및 친환경 처리구 간의 유의한 차이는 나타나지는 않았다.
- (2) 친환경 시설재배지 토양에서 총 370주 이상의 세균을 분리하였으며, 그중 *Bacillus* sp. 가 대부분을 차지하였고, *Streptomyces*와 *Microbacterium* sp. 역시 주요 세균군으로 나타났다. 그중 고추 탄저병균에 대한 길항력을 보이는 8개 균주를 선발하여 그 효능을 검정하였다.
- (3) 친환경 제제로 이용된 활성 미생물인 *Bacillus* sp.의 밀도는 토양의 경우 처리 3개월차에 이르러 뚜렷이 증가하였다. 반명 잎에서는 뚜렷한 처리구 별로 차이가 나타나지 않았다. 따라서 *Bacillus* spp. 활성 미생물들은 그 균주의 특성상 토양에 한 달 간격으로 3회 정도 반복 관주하면 토양에 잘 정착하여 옆면의 경우에 비해 그 밀도가 꾸준히 지속될 것으로 예상되며 옆면 분무 시에는 그 처리 밀도를 현저히 높이거나 처리 횟수를 증가시켜야 할 것으로 판단된다.
- (4) 친환경 제제의 효과 검증을 위하여 각 토양시료로부터 식물병원성 진균을 검출하한 결과 *F. oxysporum*의 경우 모든 친환경 제제 처리구에서 그 밀도가 대조구 및 관행구에 비해 떨어졌으며 *A. alternata*, *C. gloeosporioides*과 *S. sclerotiorum*은 일부 친환경 처리구에서 그 밀도가 감소하였다. 한편 *R. solani*의 경우 친환경 제제 처리구에서 대조구 및 관행구보다 그 밀도가 같거나 오히려 더 높은 것으로 나타났다.
- (5) 쌈채류 친환경 재배지의 미생물 개체군 변화 분석 결과 썩갯의 경우 관행구와 친환경 처리

구가 토양 중 세균의 군집이 서로 유사한 반면 상추의 경우에 관행구와 친환경 처리구가  
썩갯보다 그 차이가 큰 것으로 나타났다. 한편 청경채 및 배추 무농약 재배 토양내 세균  
및 진균 군집의 차이를 조사한 결과 청경채와 배추간에 뚜렷한 차이가 없이 전 시료가 다  
양한 양상을 나타내었다.

- (6) 선발된 길항미생물 *Bacillus subtilis* 7-011 strain의 제제화를 위한 연구에서는 청양고추 종자  
를 이용한 결과 세균의 생존력과 근권 내 정착 밀도가 꾸준히 유지되는 것을 관찰하였다.
- (7) 한편 시중에 상업적으로 시판되고 있는 미생물 제제의 미생물학적 안정성을 측정한 결과  
거의 대부분의 경우 각 제품에 표시된 미생물 기준 농도 보다 상회하는 결과를 보였고, 3  
개월이 지난 시점에서도 미생물 농도는 그대로 유지됨을 알 수 있었다.

## 제 4 절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 1. 평가의 착안점 및 기준

구분	연도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
3차 년도	2007-08	친환경농자재 평가-재배지 토양 미생물 균집 조성 분석	35 %	분석 결과의 정성적 평가
		고추 내생 세균의 분리 동정	25 %	내생세균의 분리 및 균주 수
		병원균에 대한 항균활성	20 %	활성 검정 항목 및 균주 수
		식물 성장촉진 활성-효소 활성	20 %	활성 검정 항목 및 균주 수
4차 년도	2008-09	친환경농자재 미생물 활성 분석	25 %	분석 시료의 수 및 정성적 평가
		유용활성 미생물의 발굴	25 %	발굴 및 활성 검정 균주 수
		재배지 미생물상 변화 관찰	25 %	분석 시료의 수 및 정성적 평가
		병방제 매뉴얼 기초 자료 확보	25 %	자료의 정성적 평가
5차 년도	2009-10	친환경농자재 평가-활성 미생물의 환경 적응성 조사	30 %	분석 결과의 정성적 평가
		발굴 유용활성 미생물의 친환경 재배 활용	30 %	발굴 미생물의 활용 결과
		병 방제 매뉴얼 자료 제공	40 %	제공 자료의 정성적 내용
최종 평가	2007-10	친환경농자재 미생물조성 비교	30 %	분석시료 수 및 정성적 평가
		재배지 미생물상 비교 분석	20 %	미생물상 비교 분석 결과
		활성미생물 발굴 및 활용	30 %	발굴 및 활용 결과
		병 방제 매뉴얼 자료 제공	20 %	제공 자료의 정성적 내용

2. 연구개발목표의 달성도

세부연구목표	연구개발 수행 내용	달성도 (%)
토양 미생물 군집 조성 비교 분석	- 고추 재배지 토양의 미생물 군집 조성 분석 - 배양의존 및 비배양학적 방법 이용	100
고추 내생 세균의 분리 동정	- 고추 내생 세균의 분리 및 배양	100
병원균에 대한 항균활성	- 분리주를 대상으로 병원균에 대한 항균 활성 조사	100
친환경농자재 미생물 활성 분석	- 친환경 및 관행재배지 토양 미생물상의 비교 및 병원균의 밀도 분석	100
유용활성 미생물의 발굴 및 활용	- 주요 병원성 진균류에 대한 우수 활성 미생물 선별 및 동정 실시	100
친환경농자재 평가 - 활성 미생물의 환경 적응성 조사	- 비배양학적 방법을 이용한 활성 관련 미생물의 밀도 분석	100
발굴 유용활성 미생물의 친환경 재배 활용	- 우수 미생물 분리주의 선별 및 재배지 적용 - 유용미생물의 제제화 연구 수행	100
친환경농자재 미생물조성 비교	- 주요 시판 친환경 제제 내 미생물 성분 및 농도 및 분석	100
병 방제 매뉴얼 자료 제공	- 고추 및 쌈채류 매뉴얼 작성	100

### 3. 관련 분야에의 기술발전 기여도

#### 가. 매뉴얼 작성

- 본 연구의 미생물 제제 분석과 토양 및 작물의 미생물학적 균집 분석 결과는 본 사업단의 고추 및 쌈채류 매뉴얼 작성의 바탕이 되었다.

#### 나. 미생물 제제화 연구

- (1) 본 연구에서 주요 작물 병원성 미생물에 대한 우수한 길항작용을 가지는 세균을 분리하여 일부를 재배지에 적용하였다.
- (2) 선발된 길항미생물의 제제화를 위한 연구를 수행하여 소기의 성과를 거두었고, 또한 기존에 시판되는 미생물 제제의 안정성을 검증하였다.
- (3) 본 핵심분야의 타 과제와의 연계를 통하여 우수 균주에 대한 공동 실험을 수행하였고, 특허를 출원하였다.

#### 다. 재배지 미생물 균집 분석 기법의 확립

- (1) 배양에 의한 방법 및 배양 비의존적 방법을 이용하여 작물 재배지 내의 토양 및 작물 내생 미생물 균집 조성 분석 방법을 확립하였다.
- (2) 재배지 토양 및 작물 시료에서 미생물을 분리하고 동정하여 다수의 균주를 확보하고 성과물로 기탁하였다.

#### 라. 학술적 성과

- (1) 본 연구의 수행을 통하여 1명의 박사후 연구원, 2명의 석사 및 3명의 학사학위자를 배출하여 인력 양성의 발판이 되었다.
- (2) 총 4회에 걸쳐 국내, 또는 국제 학술대회에서 포스터 및 구두 발표를 실시하여 본 연구의 학술적, 실용적 중요성을 알리고자 하였다.
- (3) SCI 급 학술지에 현재까지 2편의 논문을 게재하였고, 향후 2-3편의 논문을 추가로 발표할 계획이다.

## 제 5 절 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구성과

#### 가. 학술지 게재 논문 실적

연번	논문제목	게재학술지명 (약자)	게재년도	권: 쪽수	SCI 구분	Impact Factor	제1 저자	교신 저자	공동 저자	외국인 공동저자
1	Application of Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism(T-RFLP) Analysis to Monitor Effect of Biocontrol Agents on Rhizosphere Microbial Community of Hot Pepper ( <i>Capsicum annuum</i> L.)	The Journal of Microbiology	2010.12	accepted	SCIE		Y I Kim	S B Kim	M H Jo, H B Lee	

#### 나. 학술대회 실적

연번	저자명	논문 제목	학술대회 명칭	학술대회 개최기간 및 장소	발표형태
1	김영태, 이강선, 윤미영, 김승범	The influence of nature-friendly cultivation methods on soil bacterial communities	2008 International Meeting of the Federation of Korean Microbiological Societies	2008.10.16-17 Seoul, Korea 서울교육문화회관	포스터
2	김영태, 조병호, 김승범	Analysis of Microbial Communities under Different Cultivation Methods by Using T-RFLP	2009 International Meeting of the Federation of Korean Microbiological Societies	2009.10.22-23 서울교육문화회관	포스터
3	조병호 김승범	친환경재배지에서의 미생물상 관찰	한국환경생물학회 2010년 하계학술대회	2010.06.18-19 한국원자력연구소 방사선연구원	구두

#### 다. 인력양성

연번	인력양성연도 (졸업연도)	인력양성내용	성명	학위
1	2010	Endophytic Bacterial Diversity Associated with Native Plants	이강선	석사
2	2009	Molecular fingerprinting analysis of bacterial community associated with genetically modified <i>Brassica rapa</i> , sub sp, <i>pekinensis</i>	김문정	석사

#### 라. 유전자원등록 80건.

연번	기탁번호	생물자원명	분리번호	비고	연번	기탁번호	생물자원명	분리번호	비고
1	BP596188	Bacillus sp.	CMH-55	세균	41	BP596230	Microbacterium sp.	CMH-63	방선균
2	BP596189	Microbacterium sp.	CMH-78	방선균	42	BP596231	Bacillus sp.	CMH-65	세균
3	BP596190	Bacillus sp.	CMH-29	세균	43	BP596232	Bacillus sp.	CMH-66	세균
4	BP596191	Paenibacillus sp.	CMH-21	세균	44	BP596233	Bacillus sp.	CMH-67	세균
5	BP596192	Bacillaceae sp.	CMH-78	세균	45	BP596234	Ensifer sp.	CMH-69	세균
6	BP596193	Bacillus sp.	CMH-53	세균	46	BP596235	Pseudoxanthomonas sp.	CMH-70	세균
7	BP596194	Microbacterium sp.	CMH-68	방선균	47	BP596236	Bacillus sp.	CMH-72	세균
8	BP596195	Arthrobacter sp.	CMH-36	방선균	48	BP596237	Bacillus sp.	CMH-73	세균
9	BP596196	Microbacterium sp.	CMH-13	방선균	49	BP596238	Microbacterium sp.	CMH-74	방선균
10	BP596248	Bacillus sp.	CMH-88	세균	50	BP596239	Pasteurellas sp.	CMH-75	세균
11	BP596249	Paenibacillus sp.	CMH-89	세균	51	BP596240	Sphingopyxis sp.	CMH-76	세균
12	BP596250	Bacillus sp.	CMH-90	세균	52	BP596241	Microbacterium sp.	CMH-79	방선균
13	BP596251	Brevibacillus sp.	CMH-91	세균	53	BP596242	Microbacterium sp.	CMH-80	방선균
14	BP596252	Bacillus sp.	CMH-92	세균	54	BP596243	Arthrobacter sp.	CMH-82	방선균
15	BP596253	Bacillus sp.	CMH-93	세균	55	BP596244	Rhodococcus sp.	CMH-83	방선균
16	BP596254	Bacillus sp.	CMH-94	세균	56	BP596245	Bacillus sp.	CMH-84	세균
17	BP596255	Bacillus sp.	CMH-95	세균	57	BP596246	Pseudomonas sp.	CMH-85	세균
18	BP596256	Bacillus sp.	CMH-96	세균	58	BP596247	Bacillus sp.	CMH-87	세균
19	BP596257	Bacillus sp.	CMH-97	세균	59	BP596197	Bacillus sp.	CMH-1	세균
20	BP596258	Bacillus sp.	CMH-98	세균	60	BP596198	Bacillus sp.	CMH-6	세균
21	BP596259	Bacillus sp.	CMH-99	세균	61	BP596199	Pseudomonas sp.	CMH-12	세균
22	BP596260	Bacillus sp.	CMH-101	세균	62	BP596200	Microbacterium sp.	CMH-14	방선균

23	BP596261	Bacillus sp.	CMH-103	세균	63	BP596201	Agromyces sp.	CMH-15	방선균
24	BP596262	Bacillus sp.	CMH-104	세균	64	BP596202	Bacillus sp.	CMH-16	세균
25	BP596263	Bacillus sp.	CMH-106	세균	65	BP596203	Bacillus sp.	CMH-17	세균
26	BP596264	Bacillus sp.	CMH-108	세균	66	BP596204	Arthrobacter sp.	CMH-18	방선균
27	BP596265	Bacillus sp.	CMH-110	세균	67	BP596205	Bacillus sp.	CMH-19	세균
28	BP596266	Bacillus sp.	CMH-111	세균	68	BP596206	Bacillus sp.	CMH-22	세균
29	BP596267	Bacillus sp.	CMH-112	세균	69	BP596207	Bacillus sp.	CMH-23	세균
30	BP596219	Arthrobacter sp.	CMH-49	방선균	70	BP596208	Microbacterium sp.	CMH-24	방선균
31	BP596220	Bacillus sp.	CMH-50	세균	71	BP596209	Bacillus sp.	CMH-25	세균
32	BP596221	Bacillus sp.	CMH-51	세균	72	BP596210	Bacillus sp.	CMH-27	세균
33	BP596222	Bacillus sp.	CMH-52	세균	73	BP596211	Bacillus sp.	CMH-30	세균
34	BP596223	Sphingosinicella sp.	CMH-54	세균	74	BP596212	Bacillus sp.	CMH-31	세균
35	BP596224	Bacillus sp.	CMH-56	세균	75	BP596213	Bacillus sp.	CMH-34	세균
36	BP596225	Paenibacillus sp.	CMH-57	세균	76	BP596214	Pseudoxanthomonas sp.	CMH-35	세균
37	BP596226	Shinella sp.	CMH-58	세균	77	BP596215	Sinorhizobium sp.	CMH-37	세균
38	BP596227	Bacillus sp.	CMH-59	세균	78	BP596216	Bacillus sp.	CMH-38	세균
39	BP596228	Pseudoxanthomonas sp.	CMH-60	세균	79	BP596217	Bacillus sp.	CMH-45	세균
40	BP596229	Bacillus sp.	CMH-62	세균	80	BP596218	Ensifer sp.	CMH-47	세균

## 2. 연구 성과의 활용 계획

- 가. 친환경농자재 개발은 미래형 바이오 산업의 대표적인 한 예라고 할 수 있으며, 미생물 구성에 대한 연구는 그 핵심이 되는 부분이므로, 본 연구에서 얻어진 성과를 바탕으로 향후에도 관련 분야의 연구를 지속적으로 수행할 예정이다.
- 나. 친환경농자재의 미생물학적 평가는 친환경농자재의 효과를 측정할 수 있는 가장 중요한 방법이며, 따라서 평가 기준의 확립은 친환경농자재 개발 과정에 필수적인 지표로 이용될 수 있을 것이다.
- 다. 주요 병원균에 대해 우수한 길항작용을 보이고 동시에 식물 성장촉진 활성을 가지는 균주를 선발하여 작물에 특화된 친환경농자재의 개발 연구를 수행하고자 한다.
- 라. 높은 활성을 가진 미생물제제의 개발과 이의 효과적인 적용법 확립은 지속적으로 수행되어야 할 과제이며, 본 연구를 통하여 발굴된 우수 활성 균주를 이용하여 보다 우수한 효과를 가지는 친환경농자재의 개발을 수행할 예정이다.
- 마. 본 연구를 통하여 발간된 매뉴얼을 수정, 보완하여 국내 주요 작물의 병해 방지를 위한 효과적인 정보를 제공하고자 한다.
- 바. 본 연구의 수행으로부터 양성된 인력을 친환경 농업 분야에서의 전문 인력으로 육성하며, 향후에도 지속적인 인력 양성을 계획하고 있다.

## 제 6 절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 1. 미생물학적 제제 개발

- 가. *Bacillus subtilis*를 이용하여 *Rizoctonia solani*에 의한 토마토 모잘록병의 억제 관련 연구 (Asaka와 Shoda, 1996) - 항생물질인 iturin A와 surfactin을 생산하여 수종의 식물병원성 미생물에 대한 길항작용을 보이는 *B. subtilis*를 이용하여 토마토의 모잘록병이 억제될 수 있음을 보임
- 나. 생물학적 제제로 사용되는 *Pseudomonas fluorescens*가 원생생물에 의해 포식되는 것을 막는 방법에 대한 연구 (Jousset 등, 2006) - *P. fluorescens* CHA0 균주는 항진균물질과 세포외 단백질분해효소의 분비에 의해 원생생물의 성장억제, 경직, 분해 등을 일으키는 것을 밝힘
- 다. 밀의 뿌리 서식 *Pseudomonas fluorescens*가 다양한 밀 품종의 생육에 미치는 영향 연구 (Meyer 등, 2010) - CHA0 균주가 여러 품종의 밀에 대해 성장촉진 작용 및 병원균에 대한 보호 활성이 다르게 나타남을 연구
- 라. *Pseudomonas syringae* subsp. *syrinage*의 siderophore 생산에 의한 식물 건강성 및 병원성 *P. syringae* subsp. *glycinea*의 억제 (Wensing 등, 2010) - 대두의 내생세균인 *P. syringae* subsp. *syringae* 22d/93 균주가 siderophore 생산 능력을 가지고 다른 식물병원균을 억제하는 활성을 가지는 것을 보인 연구
- 마. *Trichoderma virens*로부터 생산되는 당분해효소가 균류기생 및 *Pythium ultimum* 억제에 관여 (Djonovic 등, 2006) - 당분해효소 생산 유전자가 손상되었거나 과발현되는 돌연변이주는 병원균 억제 활성이 떨어짐을 밝혀냄
- 바. *Trichoderma atroviridae*의 생물학적제제로서의 활성 평가 (Brunner 등, 2005) - 유전자조작균주인 SJ3-4가 병원균에 대한 길항작용과 식물의 유도면역체계를 활성화시킴을 연구
- 사. 균류에 기생성인 *Trichoderma*의 생물농약 활성에 관한 연구 (Mukherjee & Kenerley, 2010) - 돌연변이주를 이용하여 생물제제로서의 활성에 관여하는 유전자의 특성 연구

### 2. 미생물제제가 토양미생물에 미치는 영향

- 가. *Pseudomonas fluorescens*와 유전자 조작균주가 오이 근권의 균류 군집에 미치는 영향 (Girlanda 등, 2001) - 미생물제제의 처리가 비표적 토양 균류 군집에 미치는 영향을 조사한 결과 토양 미생물상에는 큰 영향을 미치지 않음을 밝힘
- 나. 3 종류의 *Pythium oligandrum* 균주의 토마토 재배 시 식물병원성 균류 억제 활성에 대한 연구 (Vallance 등, 2009) - oospore와 auxin 유사물질을 생산하는 균주가 토양 미생물상에 미치는 영향 및 병원균 억제 활성 조사

## 제 7 절 참고문헌

- Bankhead SB, BB Landa, E Lutton, DM Weller, B McSpadden Gardener (2004) Minimal changes in rhizobacterial population structure following root colonization by wild type and transgenic biocontrol strains. *FEMS Microbiol. Ecol.* 49: 307-318.
- Benítez M, B McSpadden Gardener (2009) Linking sequence to function in soil bacteria: sequence-directed isolation of novel bacteria contributing to soilborne plant disease suppression. *Appl. Environ. Microbiol.* 75: 915 - 924.
- Benítez M, FB Tustasa, D Rotenberg, M. D. Kleinhenzb, J. Cardinab, D. Stinnerc, S. A. Millera, and B. McSpadden Gardenera (2007) Multiple statistical approaches of community fingerprint data reveal bacterial populations associated with general disease suppression arising from the application of different organic field management strategies. *Soil Biol. Biochem.* 39: 2289 - 2301.
- Berg G, A Krechel, M Ditz, RA Sikora, A Ulrich, J Hallmann (2005) Endophytic and ectophytic potato-associated bacterial communities differ in structure and antagonistic function against plant pathogenic fungi. *FEMS Microbiol. Ecol.* 51: 215-229.
- Blackwood CB, T Marsh, SH Kim, EA Paul (2003) Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism Data Analysis for Quantitative Comparison of Microbial Communities. *Appl. Environ. Microbiol.* 69: 926-932.
- Borneman J, JO Becker (2007) Identifying microorganisms involved in specific pathogen suppression in soil. *Annu. Rev. Phytopathol.* 45: 153-172.
- Castro H, S Newman, KR Reddy, A Ogram (2005) Distribution and stability of sulfate-reducing prokaryotic and hydrogenotrophic methanogenic assemblages in nutrient-impacted regions of the Florida Everglades. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 2695 - 2704.
- Chelius MK, EW Triplett (2001) The diversity of archaea and bacteria in association with the roots of *Zea mays* L. *Microb. Ecol.* 41: 252-263.
- Conn VM, CMM Franco (2004) Effect of microbial inoculants on the indigenous actinobacterial endophytic population in the roots of wheat as determined by terminal restriction fragment length polymorphism. *Appl. Environ. Microbiol.* 70: 6407-6413.
- Culman SW, HG Gauch, CB Blackwood, JE Thies (2008) Analysis of T-RFLP data using analysis of variance and ordination methods: a comparative study. *J. Microbiol. Methods* 75: 55-63.
- Duncan DB (1955) Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11: 1 - 42.
- Edel-Hermann V, C Dreumont, A Pérez-Piqueres, C Steinberg (2004) Terminal restriction fragment length polymorphism analysis of ribosomal RNA genes to assess changes in fungal community structure in soils. *FEMS Microbiol. Ecol.* 47: 397-404.
- Fravel D (2005) Commercialization and implementation of biocontrol. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43: 337-359.

- Freeman J, Ward E, Calderon C, McCartney A (2002) A polymerase chain reaction (PCR) assay for the detection of inoculum of *Sclerotinia sclerotiorum*. Eur. J. Plant Pathol. 108: 877 - 886.
- Haas D, Defago G (2005) Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. Nature Rev. Microbiol. 3: 307-319.
- Hjort K, A Lembke, A Speksnijder, K Smalla, JK Jansson (2007) Community structure of actively growing bacterial populations in plant pathogen suppressive soil. Microb. Ecol. 53: 399-413.
- Jernberg C, A Sullivan, C Edlund, JK Jansson (2005) Monitoring of antibiotic-induced alterations in the human intestinal microflora and detection of probiotic strains by use of terminal restriction fragment length polymorphism. Appl. Environ. Microbiol. 71: 501-506.
- Joshi R, B McSpadden Gardener (2006) Identification and characterization of novel genetic markers associated with biological control activities of *Bacillus subtilis*. Phytopathology 96: 145-154.
- Larena I, Melgarejo P (2009) Development of a new strategy for monitoring *Epicoccum nigrum* 282, a biological control agent used against brown rot caused by *Monilinia* spp. in peaches. Postharvest Biol. Technol. 54: 63-71.
- Lievens B, M Brouwer, ACRC Vanachter, BPA Cammue B, PHJ Thomma (2006) Real-time PCR for detection and quantification of fungal and oomycete tomato pathogens in plant and soil samples. Plant Sci. 171: 155-165.
- Liu WT, TL Marsh, H Cheng, LJ Forney (1997) Characterization of microbial diversity by determining terminal restriction fragment length polymorphisms of genes encoding 16S rRNA. Appl. Environ. Microbiol. 63: 4516-4522.
- Manter DK, JM Vivanco (2007) Use of the ITS primers, ITS1F and ITS4, to characterize fungal abundance and diversity in mixed-template samples by qPCR and length heterogeneity analysis. J. Microbiol. Methods 71: 7-14.
- Mazzola M (2004) Assessment and management of soil microbial community structure for disease suppression. Annu. Rev. Phytopathol. 42: 35-59.
- McSpadden Gardener B, Weller D (2001) Changes in populations of rhizosphere bacteria associated with take-all disease of wheat. Appl. Environ. Microbiol. 67: 4414-4425.
- Mills PR, Sreenivasaprasad S, Brown AE (1992) Detection and differentiation of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates using PCR. FEMS Microbiol. Lett. 98: 137-144.
- Mishra PK, Fox RTV, Culham A (2003) Development of a PCR-base assay for rapid and reliable identification of pathogenic Fusaria. FEMS Microbiol. Lett. 218: 329-332.
- Paulitz T, Belanger R (2001) Biological control in greenhouse systems. Annu. Rev. Phytopathol. 39: 103-133.
- Pavlina K, Peter JM, Bonants, Marga, PE Van Gent-Pelzer, P van der Zouwen, R van den Bulk (2002) Development of specific primers for detection and identification of *Alternaria* spp. in carrot material by PCR and comparison with blotter and plating

- assays. Mycol. Res. 106: 23-33.
- Pujol M, E Badosa, C Manceau, E Montesinos (2006) Assessment of the Environmental fate of the biological control agent of fire blight, *Pseudomonas fluorescens* EPS62e, on apple by culture and real-time PCR methods. Appl. Environ. Microbiol. 72: 2421-2427.
- Sánchez JI, L Rossetti, B Martínez, A Rodríguez, G Giraffa (2006) Application of reverse transcriptase PCR-based T-RFLP to perform semi-quantitative analysis of metabolically active bacteria in dairy fermentations. J. Microbiol. Methods 65: 268-277.
- Schena L, MF Sialer, D Gallitelli (2002) Molecular detection of strain L47 of *Aureobasidium pullulans*, a biocontrol agent of postharvest diseases. Plant Dis. 86: 54-60.
- Silvar C, Duncan JM, Cooke DEL, Williams NA, Diaz J, Merino F (2005) Development of specific PCR primers for identification and detection of *Phytophthora capsici* Leon. Eur. J. Plant Pathol. 112: 43-52.
- Wang M, S Ahrné, M Antonsson, G Molin (2004) T-RFLP combined with principle component analysis and 16S rRNA gene sequencing: an effective strategy for comparison of fecal microbiota in infants of different ages. J. Microbiol. Methods 59: 53-69.
- Whipps JM (2001) Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. J. Exp. Bot. 52: 487-511.
- Yin B, L Valinsky, X Gao, JO Becker, J Borneman (2003) Identification of fungal rDNA associated with soil suppressiveness against *Heterodera schachtii* using oligonucleotide fingerprinting. Phytopathol. 93: 1006-1013.

**제 4 장 친환경농업 해충방제 매뉴얼 연구 :**  
**시설재배고추, 시설재배 쌈채류 및 벼 발생 주요 나방류**  
**방제 [4-4]**



# 제 4 장 친환경농업 해충방제 매뉴얼 연구: 시설재배고추, 시설재배 쌈채류 및 벼 발생 주요 나방류 방제 [4-4]

## 요 약 문

### I. 제 목 : 친환경농업 해충방제 매뉴얼 연구: 시설재배고추, 시설재배 쌈채류 및 벼 발생 주요 나방류 방제

#### II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구는 시설 고추, 시설 쌈채류 및 벼 발생 나방류의 체계적 연중 실내 계대 사육 시스템 정착하고 이를 통해 시판중인 이들 해충 방제용 친환경 농자재에 대한 실내 검정과 우수 농자재 선별하여 농업환경 개선 및 친환경 농자재를 이용하여 무농약 농업을 구현하고 이에 따른 친환경적 방제 매뉴얼 개발을 작성하고자 하였다.

#### III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구목적을 달성하기 위한 연구개발의 내용 및 범위는 다음과 같다.

##### 가. 실내사육법 정착

배추좀나방, 담배거세미나방, 들깨잎말이나방, 무데두리진딧물, 담배가루이, 온실가루이 등의 실내 사육 정착

##### 나. 이들에 대한 시판 친환경농자재 실내 검정

전남도 시판 및 사업단 개발 친환경 농자재 42종에 대한 실내 검정 수행

##### 다. 주기별 재배 농가에 대한 해충발생 모니터링

주 1회 정도 친환경 재배 농가에 대한 해충발생 모니터링을 통해 매뉴얼 작성을 위한 발생 정보 축적 및 조기, 적정 친환경적 방제전략 제시

##### 라. 매뉴얼 작성

이러한 실내 및 현장 경험을 토대로한 친환경 매뉴얼 작성

#### IV. 연구개발결과

본 연구는 시설 고추, 쌈채류 및 벼의 친환경 농업 구현을 위해 다음과 같은 연구목적을 구현하고자 하였다.

##### 가. 이들에 발생하는 주요 해충종 나방류의 실내사육 체계 구축(배추좀나방, 담배거세미나방, 들깨잎말이나방, 온실가루이, 담배가루이, 무데두리진딧물 등)

##### 나. 이들을 이용하여 시판 친환경농자재 총 42종에 대해 해당 상품의 효능 표시 여부에 따라 나방류 각 종에 진딧물에 또는 가루이류에 대한 살충 정도를 조사하였다(총 6종 해충에 대하여 총 86자재에 대하여 분석함)

다. 그 결과, 나방류는 어린 유충에는 그 효과가 높은 농자재가 다수 존재하나 고령 유충은 친환경 농자재만에 의한 방제는 매우 어려운 실정이며, 진딧물은 영에 관계없이 효과가 높은 농자재가 다수 존재하는 반면 가루이류는 대부분의 경우 그 효능이 낮은 편이었다.

라. 그러므로 성공적인 무농약 재배를 위해선 조기 예찰과 이에 따른 조기 방제가 매우 중요하며 물리적 방제, 포집기 사용, 시설내 온습도 환경 조정 등 종합적인 판단하의 작물 재배가 필수적 이라고 판단된다.

마. 실험실내의 농자재 실험결과와 야외 현장에서의 예찰 및 무농약 재배 경험을 바탕으로 시설고 추, 시설삼채류 및 벼 무농약 재배 매뉴얼을 발간하기에 이르렀다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구성과

논문게재		학술 발표	특허 (출원 /등록)	영농 활용	시책 건의	기술 이전	유전 자원 등록	교육 지도	산업화	국제 협력	홍보	인력 양성	성과물 제작
국내	SCI(E)												
4		14						3				9	

### 2. 연구성과 활용계획

- 이상의 연구결과로 얻어진 친환경방제 매뉴얼 친환경농업을 시작하는 농민에게 또 많은 경험을 갖고 있는 농민에게 농사경험에 따른 다양한 정도의 방법을 제시하고 있으므로 향후 국내 친환경 농업의 확산에 많은 도움이 될 것으로 판단됨
- 지속적인 농자재 검정이 가능한 해충 실내 사육시스템 구축 및 이를 통한 지속적인 해충방제 연구가능

## VI. Summary

1. Title : A research for the composition of environment-friendly pest-control manual: control of pest moths occurring in facilitated pepper plantation, facilitated vegetables plantation, and rice plantation

### 2. Purpose and necessity for the research

The purpose of this research was to 1) stabilize the indoor-rearing systems for the major moth species occurring in the fields of facilitated pepper plantation, facilitated vegetables plantation, and rice plantation, 2) select superior environment-friendly agricultural materials (EFAMs) that are on-the-market, 3) practice non-pesticide dependent agriculture by using EFAMs and improvement of agricultural environment, and 4) composite manuals for eco-friendly pest control based on the above mentioned experience.

### 3. Content and scope of the research

The content and scope of the research to fulfill the research aim us as follows:

1). Establishment and stabilization of indoor-rearing systems for the diamondback moth, the tomato cutworm, the perilla leaf pyralid moth, the greenhouse whitefly, the sweet potato whitefly, the turnip aphid and so on. 2) Life cycle investigation and test of efficacy of 42 EFAMs that are on-the-market in Jellanam-do area. 3) Weekly-based pest monitoring and suggestion of proper eco-friendly pest control strategy as the basis for the composition of the manuals. 4) Composition of non-pesticide based and eco-friendly manuals for facilitated pepper plantation, facilitated vegetables plantation, and rice plantation

#### 4. Results of research development

This research was carried out for the practice of eco-friendly agriculture for the facilitated pepper plantation, facilitated vegetables plantation, and rice plantation. In details are as follows: 1) The indoor-rearing systems for the diamondback moth, the tomato cutworm, the perilla leaf pyralid moth, the greenhouse whitefly, the sweet potato whitefly, the turnip aphid and so on were established and stabilized. 2) Forty-two EFAMs specific for the control of the pest species, particularly for moths (a total of 86 EFAMs for 6 pest species) were tested using the insect pest stabilized indoor. There are several EFAMs that are effective to the young ages of moths, but these were difficulty for the control of old caterpillar. On the other hands, there were many effective EFAMs for the control of aphids. In the case of whitefly, most of the EFAMs were low in their control efficacy. 3) For the successful control of the pest by non-pesticide basis, the control practice composed of early monitoring/control practice, physical control methods, light trap, and temperature/moisture control system are required. 4) Based on the early monitoring practice and non-pesticide based agriculture, eco-friendly manuals for the facilitated pepper plantation, facilitated lettuce, facilitated perilla leaf, and rice plantation were published.

#### V. Research achievement and plan for utilization of the achievement

The achievement obtained throughout this research will be beneficial to the expertise and beginners depending on their level of practice. Further, the achievement is expected to be overspread to many current farmers.

- 1) Research achievement: 3 times of agricultural education
- 2) Paper publication: 4 KSCI
- 3) Presentation: 9 presentation at relevant scientific meetings
- 4) Education: 6 undergraduates, 5 master's students, and 1 doctoral student (3<sup>rd</sup> year)
- 5) Continual use of pest control facilities and relevant techniques



## 목 차

제 1 절 연구개발과제의 개요 .....	1
1. 연구개발의 목적 .....	1
2. 연구개발의 내용 및 범위 .....	1
제 2 절 국내외 기술개발 현황 .....	2
제 3 절 연구개발수행 내용 및 결과 .....	4
1. 연구개발수행내용 및 범위 .....	4
2. 연구개발수행결과 .....	5
가. 과채류 발생 주요 해충의 채집 및 실내 누대 사육법 정착 .....	5
(1) 배추좀나방( <i>Plutella xylostella</i> ) 실내 누대 사육법 정착 .....	5
(2) 담배거세미나방( <i>Spodoptera litura</i> ) 실내 누대 사육법 정착 .....	7
(3) 무데두리진딧물( <i>Lipaphis erysimi</i> ) 실내 누대 사육법 정착 .....	9
(4) 시판 친환경 농자재에 대한 실내검정 .....	10
(5) 현장연구 .....	17
나. 친환경농업 해충방제 매뉴얼 연구: 시설재배 고추 나방류 방제(3년차 주요 연구내용 및 결과) ..	18
(1) 시설 고추 발생 해충의 채집 및 실내 누대 사육법 정착 및 생활사 연구 .....	18
(2) 시판 친환경 농자재에 대한 실내검정 .....	23
(3) 환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 시설 고추 재배 .....	28
(4) 시설재배 고추의 나방류 방제 전략 및 성과 .....	28
(5) 시설 고추 재배의 친환경적 방제 매뉴얼 .....	32
(6) 담배거세미나방의 지역적 유전변이 가능성 분석 .....	34
다. 시설 쌈채류 발생 해충의 친환경적 방제 매뉴얼 개발(4년차 주요 연구내용 및 결과) .....	36
(1) 시설 쌈채류 발생 해충의 채집 및 실내 누대 사육법 정착 및 생활사 연구 .....	36
(2) 시판 친환경 농자재에 대한 실내검정 .....	38
(3) 환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 시설 잎들깨 재배 .....	39
(4) 시설재배 쌈채의 나방류 방제 전략 및 성과 .....	39
(5) 시설 쌈채의 나방류 방제 매뉴얼 .....	41
(6) 들깨잎말이나방의 유전변이 가능성 분석 .....	43
라. 벼 발생 해충의 친환경적 방제 매뉴얼 개발(5년차 주요 연구내용 및 결과) .....	44
(1) 시설 쌈채류 발생 해충의 채집 및 실내 누대 사육법 정착 및 생활사 연구 .....	44
(2) 시판 친환경 농자재에 대한 실내검정 .....	45
(3) 친환경 농자재를 이용한 흑명나방 및 줄점팔랑나비 관리 .....	46
(4) 논 발생 흑명나방 및 줄점팔랑나비 방제 매뉴얼 .....	48
(5) 선발된 우수 농자재에 대한 성분분석 .....	49
제 4 절 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	53
제 5 절 연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....	55
제 6 절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	58
제 7 절 참고문헌 .....	59



## 제 1 절 연구개발과제의 개요

### 1. 연구개발의 목적

- 가. 주요 과채류 해충의 체계적 연중 실내 계대사육 시스템 확립 및 이를 통한 시판 과채류 해충 방제용 친환경 농자재에 대한 실내 검정과 이를 통한 우수 친환경농자재의 선발과 친환경적 방제 매뉴얼 개발(2년차부터 합류)
- 나. 시설 고추 발생 주요 나방류 및 가루이류의 체계적 연중 실내 계대 사육 시스템 정착 및 이를 통한 시설 고추 발생 해충 방제용 친환경 농자재의 실내 검정 및 우수 농자재 선발과 환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 고추 재배와 친환경적 방제 매뉴얼 개발(3년차 주요 목적)
- 다. 시설 쌈채류 발생 주요 나방류의 체계적 연중 실내 계대 사육 시스템 확립 및 이를 통한 시판 쌈채류 해충 방제용 친환경 농자재에 대한 실내검정과 이를 통한 우수 친환경농자재의 선발과 환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 시설 쌈채류 재배와 친환경 방제 매뉴얼 개발(4년차 주요목적)
- 라. 벼 발생 주요 나방류의 방제를 위한 환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 벼 재배와 친환경 방제 매뉴얼 개발(5년차 주요목적)

### 2. 연구개발의 내용 및 범위

가. 주요 과채류, 시설 고추 및 쌈채류 발생 해충의 실내 누대 사육법 정착

- (1) 과채류 해충 3종(배추좀나방, 담배거세미나방 및 무우테두리진딧물)의 야외 채집 및 실내 계대 사육 시스템 정립
- (2) 시설 고추 발생 나방류(담배나방), 가루이류(온실가루이 및 담배가루이)의 실내 계대 사육 시스템 정립
- (3) 쌈채류 발생 나방류(들깨잎말이명나방)의 실내 계대 사육 시스템 정립

나. 과채류, 시설 고추, 쌈채류 및 벼 발생 해충 방제용 시판 친환경 농자재에 대한 실내 검정

- (1) 시판 친환경 농자재의 과채류 발생 해충(배추좀나방, 담배거세미나방 및 무우테두리진딧물) 살충력 실내 검정
- (2) 시판 친환경 농자재의 시설 고추 발생 해충(담배나방)의 살충력 실내검정
- (3) 시판 친환경 농자재의 쌈채류 발생 주요 해충(들깨잎말이명나방)의 살충력 실내검정
- (4) 시판 친환경 농자재의 벼 발생 주요 해충(혹명나방)의 살충력 실내검정

다. 과채류, 시설 고추, 쌈채류 및 벼 재배 농가에서의 해충 발생 예찰 및 예찰 결과에 따른 친환경적 방제

라. 선발된 우수 농자재에 대한 성분분석

- (1) 나방류(배추좀나방, 담배거세미나방, 들깨잎말이명나방, 혹명나방)에 살충 효과가 높은 친환경 농자재에 대한 성분분석

마. 우수 친환경 농자재의 농가현장 적용 및 사용 매뉴얼 확립

바. 친환경 시설고추, 쌈채류 및 벼 재배에 대한 종합적인 방제 매뉴얼 작성

## 제 2 절 국내외 기술개발 현황

### 1. 실내사육

- 가. 일시적으로 채집된 해충을 이용하여 생활사 연구 및 친환경농자재 검증시 해당 해충의 생리·생태적 및 환경적 부적응, 생활사의 이질성, 유전적 불균질성 및 기존 농약에 대한 노출여부의 정보부재 등으로 부정확한 결과를 도출할 가능성이 있으므로 누대사육이 필수적임
- 나. 실내 사육환경에 잘 적응되고 또 타 농약이나 물질에 전혀 노출이 되지 않고, 생육상태 가균질한 "pure line"을 이용, 누대에 걸쳐 실내 사육된 해충을 통한 친환경 농자재의 생물적 검정이 필수적임
- 다. 자칫 단편적인 친환경 농자재의 실내검정 결과에 근거한 포장 살포시 돌발적 피해가 발생할 수 있음

### 2. 친환경 농자재

- 가. 세계적으로 수백 종 이상의 병해충 방제용 친환경 농자재가 상업적으로 이용되고 있으며 지금도 지속적으로 새로운 농자재가 생산·시판되고 있는 실정임
- 나. 국내도 친환경농산물 수요의 급증으로 생물농약의 개발 및 생물적 방제에 대한 관심이 매우 높음
- 다. 최근 농촌진흥청에서 유기농 재배를 위한 여러 가지 친환경 농자재 등록을 고시한 바 있으나 그 숫자나 적용범위가 미약하여 지역적으로 판매 보급되고 있는 농자재에 대한 추가적인 분석이 시급한 실정임
- 라. 한편 농업현장에서는 표기된 효능에 근거, 이들 농자재를 빈번하게 사용하고 있으나 때론 표기된 효능을 보지 못하는 등 소비자 피해가 발생하고 있어 이들에 대한 면밀한 효능 분석이 요구되는 실정임
- 마. 특히, 시설고추 및 쌈채류에서 발생하는 주요 나방류 및 은실가루이/담배가루이의 친환경적 방제를 위한 친환경 농자재는 그 종류가 미약하거나 부족하므로 이에 대한 검정을 통해 우수 친환경 농자재의 추가적인 선별이 요구됨
- 바. 한편 농업현장에서는 표기된 효능에 근거, 이들 농자재를 사용하고 있으나 때론 표기된 효능을 보지 못하는 등 소비자 피해가 발생하고 있어 이들에 대한 면밀한 효능 분석이 요구되는 실정임

### 3. 친환경 농자재를 이용한 시설고추, 쌈채류 및 벼 재배 적용 매뉴얼 연구

- 가. 시설고추, 쌈채류 및 벼에 대하여 개발된 친환경 재배 매뉴얼은 벼와 상추 재배 매뉴얼을 제외한 다른 작목은 없는 실정임. 벼의 경우 현재까지 '벼 : 친환경재배 매뉴얼(전라북도 농업기술원, 2007)', 친환경 벼재배 매뉴얼(전라남도농업기술원, 2007)'이 보고되어 있으며 고추의 경우 '고추 유기재배 매뉴얼(국립농업과학원, 2009)'이 보고되어 있으며 쌈채류 중 잎들깨의 매뉴얼은 보고되어 있지 않으며 상추의 경우 '상추 : 친환경재배 매뉴얼(전라북도 농업기술원, 2007)', 상추 유기재배 매뉴얼(농업과학기술원, 2006)' 등이 보고되어 있음
- 나. 시설고추, 쌈채류 및 벼에 발생하는 나방류의 실내사육, 관련 친환경 농자재의 검정, 주

기적인 나방류 해충의 예찰 그리고 재배 환경의 개선 등을 골자로 한 친환경 농업의 구현 및 관련 연구 결과의 확보 그리고 이를 통한 친환경 농업 해충 방제 매뉴얼의 작성은 향후 지역 농업을 비롯한 국내 농업환경 및 농법 개선을 위해 중요한 가치가 있다. 특히 친환경 농자재는 비록 해충 방제 효과가 있더라도 환경 요인이나 사용방법에 따른 약효 발현에 다소의 영향이 있을 수 있으므로 이들에 대한 시용시기, 방법 등을 포함한 방제 매뉴얼의 제작은 매우 중요한 연구 주제임

### 제 3 절 연구개발수행 내용 및 결과

1. 연구개발 수행 내용 및 범위

구분	연구개발의 내용	연구범위
1차년도	2년차부터 사업단 합류함	
2차년도	과채류 발생 해충 3종(배추좀나방, 담배거세미나방 및 무우테두리진딧물)에 대한 실내 누대 사육법 정착	배추좀나방, 담배거세미나방 및 무우테두리진딧물을 야외 채집후 제작된 실내 사육실에서 각 알기간, 영별 기간, 성충기간 등에 대한 발달과정을 추적하여 누대사육 체계를 확립
	배추좀나방과 담배거세미나방에 대한 친환경농자재 17종의 살충력 조사 및 무우테두리진딧물에 대한 친환경농자재 18종의 살충력 조사	이상의 3종 해충을 실내정착 후 시판 친환경 농자재에 대한 실내검정 (배추좀나방 및 담배거세미나방용 17종 및 무우테두리진딧물용 18종)
	주기별 과채류 재배 농가에 대한 해충발생모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 딸기농장(양상민님, 정남진님) 1000평 : 2006년 9월부터 매주 방문 예찰, 친환경농자재 공급, 병해충 방제</li> <li>▶ 배농가(박종상님) 1000평 : 2007년 2월부터 매주 방문, 병해충 예찰, 친환경농자재 공급, 병해충 방제</li> <li>▶ 벼농가(양학모님) 1300평 : 2007년 6월부터 매주 방문, 병해충 예찰, 친환경농자재 공급, 병해충 방제</li> </ul>
	예찰결과에 따라 조기, 적정 친환경적 방제법에 대한 방제전략 제시	▶ 적정 친환경적 방제 메뉴얼 초안 설정 (딸기의 경우만): 토양소독, 보온 및 환기, 미생물치료사의 주기적 처리 및 선발 친환경 농자재 이용 친환경 농업 제시

구분	연구개발의 내용	연구범위
3차년도	시설고추 발생 나방의 실내 누대사육법 정착	시설고추 발생 나방류 및 가루이 1종 이상의 실내 계대사육 시스템 확립
	담배거세미나방에 대한 유전분석	담배거세미나방 두 개개 집단 약 20개체에 대한 유전자 염기서열 분석을 통한 이종 가능성에 대한 기초적 정보 확보
	담배거세미나방에 대한 영별 농자재 검정	1차년도 선발된 우수 친환경 농자재에 대한 담배거세미나방 유충의 6령 전체 과정에 대한 검정
	가루이 및 나방류에 대한 친환경농자재 검정	전남도 시판 친환경 농자재 20종 이상에 대한 분석
	시설고추 재배 농가에서의 해충 발생 예찰	주 1회 정도 주기별 시설 고추 재배지에 대한 해충 발생 모니터링
	환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 시설 고추 재배	2번의 고추 작기동안 친환경농자재 및 물리적 방제 등 종합적인 친환경 농업 실천
4차년도	시설 고추의 친환경적 방제 매뉴얼 개발 및 적용	2번의 고추 작기동안 친환경농자재 및 물리적 방제 등 종합적인 친환경 농업 실천 및 이를 통한 매뉴얼 작성
	시설 싹채류 발생 주요 해충의 실내 누대사육법 정착	시설 싹채류 발생 주요 해충(들깨잎말이나방)의 실내 계대사육 시스템이 확립
	시설 싹채류 발생 주요 나방에 대한 유전분석	시설 싹채류 발생 들깨잎말이나방의 이종 존재 가능성 판단을 위한 기초적 정보 획득 및 분석(COI 유전자 분석)
	싹채류 재배 농가에서의 해충 발생 예찰	주 1회 정도 주기별 싹채류 재배지에 대한 해충 발생 모니터링
	환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 시설 싹채류 재배	싹채류 작기동안 친환경농자재 및 물리적 방제 등 종합적인 친환경 농업 실천
5차년도	시설 싹채류의 친환경적 방제 매뉴얼 개발 및 적용	싹채류 작기동안 친환경농자재 및 물리적 방제 등 종합적인 친환경 농업 실천 및 이를 통한 매뉴얼 작성
	벼 발생 해충류 예찰	주 1회정도 벼 재배 작기동안 벼 발생 해충 모니터링
	시설 고추에 대한 친환경적 방제 매뉴얼 보급	환경 개선, 해충 예찰, 선발 및 개발 친환경 농자재를 이용한 시설 고추 발생 나방류에 대한 친환경 농업 실천 매뉴얼 완성
	시설 싹채류에 대한 친환경적 방제 매뉴얼 보급	환경 개선, 해충 예찰, 선발 및 개발 친환경 농자재를 이용한 시설 싹채류 발생 나방류에 대한 친환경 농업 실천 매뉴얼 완성
5차년도	벼에 대한 친환경적 방제 매뉴얼 보급	환경 개선, 해충 예찰, 선발 및 개발 친환경 농자재를 이용한 벼 발생 나방류에 대한 친환경 농업 실천 매뉴얼 완성

## 2. 연구개발 수행 결과

가. 과채류 발생 주요 해충의 채집 및 실내 누대 사육법 정착

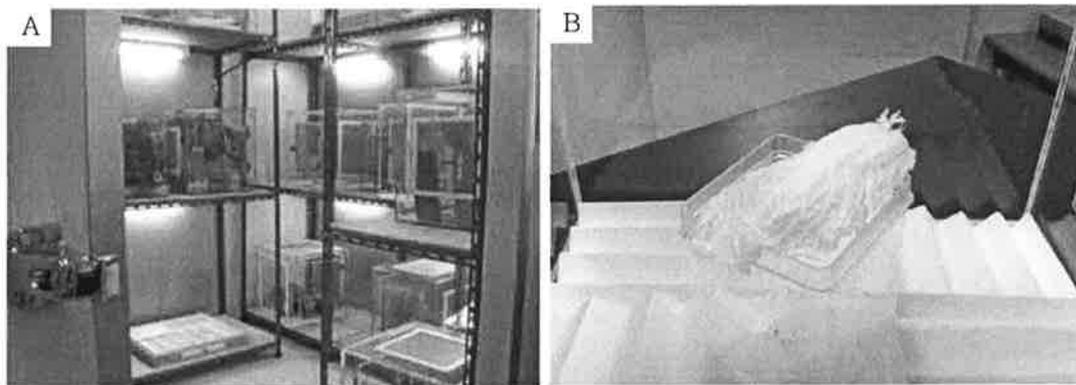
가. 배추좀나방(*Plutella xylostella*) 실내 누대 사육법 정착

(1) 배추좀나방은 나비목 집나방과로 전세계적으로 발생하며 난방제 해충으로 알려져 있다. 성충의 몸 길이는 6mm이며 날개의 길이가 12-16mm로 작은 나방이다. 성충의 등무늬에 다이아몬드 모양으로 인하여 일반적으로 diamondback moth(DBM)로 불린다. 우리나라에서는 노지에서 년 11세대를 경과하는 것으로 알려져 있으며 5-6월에 대량으로 발생하나 한 여름에는 발생하지 않고 가을이 되면 다시 발생하며

시설내에서는 연중 발생하기도 한다. 특히 배추좀나방의 방제를 위하여 오래전부터 화학약제를 통한 방제로 인하여 최초 DDT에 대하여 저항성이 보고되었으며(Ankersmit, 1953) 카바메이트계, 합성 피레스로이드 등 거의 모든 살충제에 저항성을 보이고 있으며(Noppun 등, 1983; Sasaki, 1982; Adams 등, 1990) 생물제제인 B.t 제제 역시 약제 저항성이 보고되었다(Tabashinik 등, 1990). 그러므로 실내사육을 통해 보다 정확한 생활사 및 생태적 특성 규명을 바탕으로 pure line을 확보하고 이를 통해 친환경 농자재의 정확한 검정을 수행함으로써 보다 효율적인 친환경적 방제전략을 수립하고자 하였다.

(가) 배추좀나방 실내 누대 사육

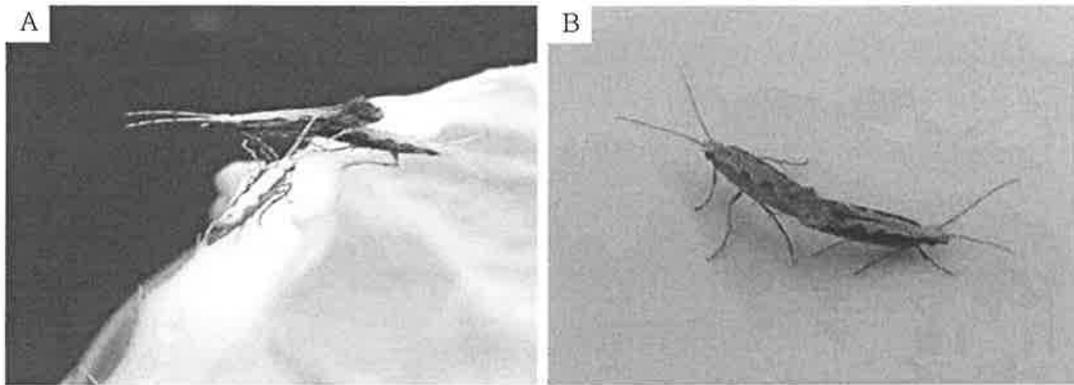
배추좀나방은 실외에서 채집하여 곤충사육실에서 배추잎에 산란을 유도하여 부화 시킨 후 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건으로 곤충사육상자에서 실내 사육하였다(그림 1).



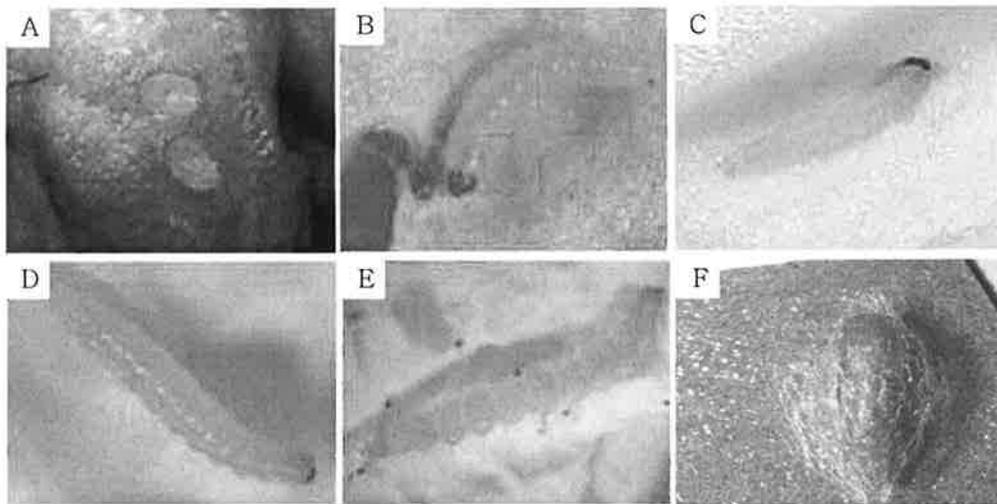
[그림 1] A, 곤충사육실 전경; B, 배추잎에 산란 유도

(나) 배추좀나방 생활사 연구

배추좀나방 생활사 연구를 위하여 곤충사육실에서 5세대 이상 실내누대 사육 후 배추잎에 산란을 받은 후 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건에서 생활사를 확인하였다(그림 1, A). 배추좀나방의 생활사는 그림 2, 3에 나타내었으며 자세한 발육기간은 표 1에 나타내었다. 배추좀나방의 각 태별 발육기간을 조사한 결과 알 기간은 3일, 유충기간은 약 8일, 번데기 기간은 약 4일, 성충기간은 7일로 총 21.5일로 확인되었다(표 1). Yamada and Kawasaki (1983)는 25℃에서 알 기간은 3일, 유충기간은 9.2일 번데기 기간은 3.8일 및 성충기간은 6.5일로 본 연구 결과와 매우 유사하였다.



[그림 2] 배추좀나방 성충



[그림 3] 배추좀나방 사육. A, 알; B, 1령유충; C, 2령유충; D, 3령유충; E, 4령유충; F, 번데기

[표 1] Developmental period of *Plutella xylostella* reared at 25°C

Diet	Duration (days±SD) <sup>a</sup>						Egg~adult (days)	
	Egg	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	Pupa		
Chinese cabbage	3.0±0	2.6±0.	1.9±0.	1.6±0.	1.8±0.	3.8±0.	6.8±1.5	21.5±1.6
		5	4	5	6	5		

<sup>a</sup>Data based on measurements of 30 individuals.

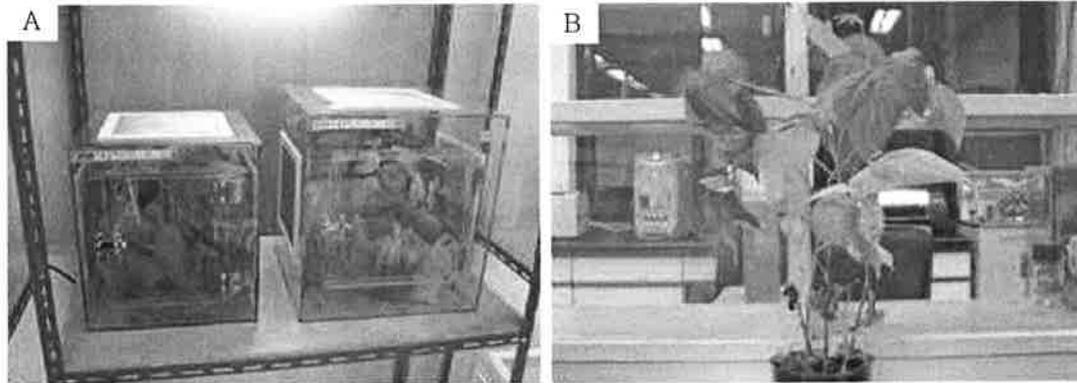
(2) 담배거세미나방(*Spodoptera litura*) 실내 누대 사육법 정착

담배거세미나방은 콩, 무, 배추, 고추, 파, 들깨 등 기주 범위가 매우 넓은 광식성 해충으로 알려져 있다. 성충은 15-20mm 크기로 100-300개의 가는 털로 덮혀 있는 난괴 형태로 평생 약 1,000-2,000개의 알을 산란한다. 유충은 40-45mm에 흑회색, 적갈색, 백황색의 체색을 가지고 있다. 특히 등 양 측면을 따라 노란띠를 갖고 있는 특징이 있다. 3월 중하순부터 11월 중하순까지 발생하며, 발생최성기는 8월 중순에서 9월 중순까지 지속적으로 발생한다. 산란양도 많고 고령으로 갈수록 약제 감수성이 떨어져 방제가 쉽지

않으므로 초기방제가 이루어져야 한다.

(가) 담배거세미나방 실내 누대 사육

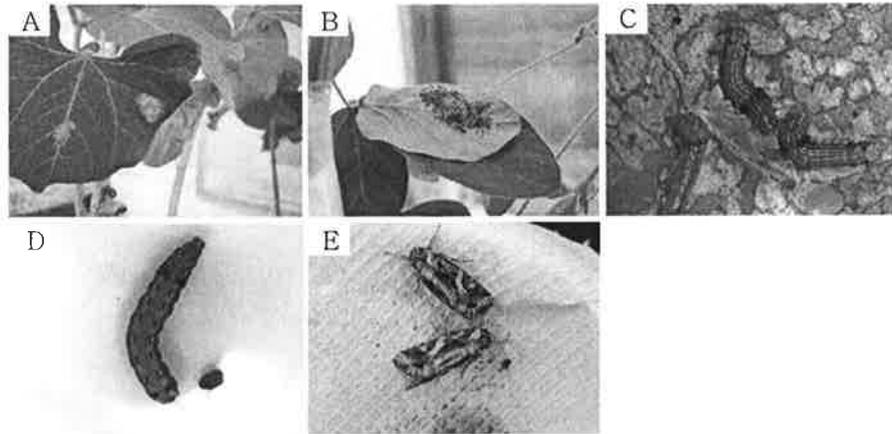
담배거세미나방을 실외에서 채집하여 곤충사육실에서 기주는 강낭콩으로 산란을 유도하여 부화 시킨 후 강낭콩을 기주로 하여 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건으로 곤충사육상자에서 실내 사육하였다(그림 4).



[그림 4] A, 담배거세미나방 사육; B, 담배거세미나방 기주식물(강낭콩)

(나) 담배거세미나방 생활사 연구

담배거세미나방 생활사 연구를 위하여 곤충사육실에서 5세대 이상 실내누대 사육 후 강낭콩에 산란을 받은 후 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건에서 생활사를 확인하였다. 담배거세미나방 생활사는 그림 5에 나타내었으며 자세한 발육기간은 표 2에 나타내었다. 담배거세미나방의 1령 유충 3.5일, 2령 유충 2일, 3령 유충 2일, 4령 유충 2일, 5령 유충 2.5일, 6령 유충 3.5일로 총 유충기간은 15.5일로 확인 되었다(표 2). Bae (1999)의 담배거세미나방 생활사 연구결과, 1령 유충은 3.15일, 2령 유충은 2.25일, 3령 유충은 1.7일, 4령 유충은 1.5일, 5령 유충은 2.45일 마지막으로 6령 유충은 3.4일로 본 연구와 매우 유사하였다.



[그림 5] 담배거세미나방 사육. A, 알; B, 1령유충; C, 3령유충; D, 5령유충; E, 성충

[표 2] Development of period of *Spodoptera litura* reared at 25°C

Diet	Duration (days)						Accumulative duration (days)
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	
Kidney bean	3.5	2.0	2.0	2.0	2.5	3.5	15.5

### (3) 무테두리진딧물(*Lipaphis erysimi*) 실내 누대 사육법 정착

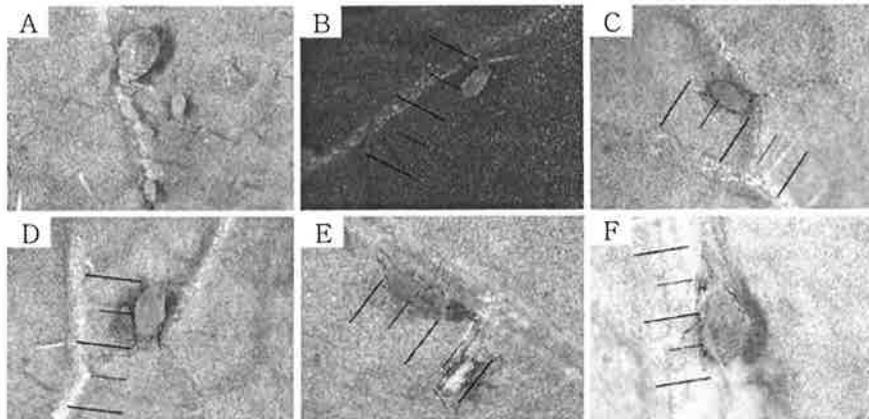
무우테두리진딧물은 매미목 진딧물과로 최초 4월 하순에서 5월 상순에 부화하여 간모가 되며 단위생식을 하다가 유시충이 출현하여 여름기주인 십자화과 채소로 이동 후 약 10세대 경과 한다. 유시충은 6월 중순 8월 하순 10월 상순경에 발생 최성기를 이루며 10월 하순경에 겨울기주인 쇠냉이 및 황새냉이 등으로 이동하여 산란하여 알로 월동 한다.

#### (가) 무테두리진딧물 실내 누대 사육

무우테두리진딧물을 실외에서 채집하여 곤충사육실에서 엇갈이배추를 기주로 증식시켰으며 온도 25°C, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건으로 곤충사육상자에서 실내 사육하였다.

#### (나) 무테두리진딧물 생활사 연구

무테두리진딧물 생활사 연구를 위하여 곤충사육실에서 5세대 이상 실내누대 사육 중인 성충 10마리에서 12시간동안 엇갈이배추에 산자를 받은 후 온도 25°C, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건에서 생활사를 확인하였다. 무우테두리진딧물 생활사는 그림 6에 나타내었으며 자세한 발육기간은 표 3에 나타내었고 생육기간중 일별 산자수 평균은 그림 7에 나타내었다. 무우테두리진딧물의 1령 약충은 1.1일, 2령 약충은 1.6일, 3령 약충은 1.1일, 4령 약충은 1.8일 총 약충 기간은 5.5일로 확인되었다(표 3). 생육기간 중 일별 산자수 평균은 성충 출현 시기인 5일째부터 24일까지 총 20일간 산자하였으며 총 산자수는 65마리로 확인 되었다(그림 7). Liu and Yue (2001)의 연구결과 25°C에서 약충기간이 6.1일로 본 연구 결과와 유사하였으나 총 산자수는 83마리로 본 연구 결과와 차이를 보였다.



[그림 6] 무테두리진딧물 사육. A, 성충과 산자된 1령약충; B, 1령약충; C, 2령약충; D, 3령약충; E, 4령약충; F, 성충

[표 3] Development of period of *Lipaphis erysimi* reared at 25°C

Diet	Duration (days)				Accumulative duration (days)
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	
Chinese cabbage	1.1	1.6	1.1	1.8	5.5



[그림 7] 무테두리진딧물의 생육기간 중 일별 산자수 평균

#### (4) 시판 친환경 농자재에 대한 실내검정

앞선 실내 누대사육 및 생활사 연구를 통하여 과채류에 발생하는 배추좀나방, 담배거세미나방 및 무우테두리진딧물의 pure line을 확보한 후 과채류에 발생하는 해충에 유효하다고 알려진 친환경농자재 검정시험을 실시하였다. 시판 친환경 농자재는 효과와 효능에 대한 불확실성, 주성분에 대한 명확하지 않은 표시 및 상대적으로 높은 가격으로 인하여 일반 살충제에 비하여 낮은 비율로 사용되고 있는 실정이다. 특히 지역 농민이 실질적으로 구입할 수 있는 판매처로부터 직접적으로 구입이 이루어진 농자재를 대상으로 실험을 수행함으로써 추후 우수 농자재에 대한 실질적인 이용을 염두에 두고 이들의 살충 효능에 대한 실내검정을 수행하였다.

(가) 배추좀나방의 친환경농자재 검정

배추좀나방의 실내 누대 사육 체계가 확립되어 17종의 친환경 농자재로 가장 식성이 왕성한 3령 및 4령 유충에 대해 살충력 검정을 실시하였다(표 4). 먼저 친환경 농자재를 권장 농도로 준비한 후 누대 사육 중인 배추좀나방을 배추잎에 접종 시킨 후 spray법으로 친환경 농자재를 처리하였다. 처리된 배추좀나방은 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건으로 12시간 간격으로 48시간까지 사충수를 조사하였다. 살충력 검정 결과 48시간 후 100%의 살충력을 보인 제품은 F 및 O로 확인되었으며, 90% 이상 살충력을 보인 제품은 A, D, I로 확인 되었고(표 5), 작용범위에 있어 나방류에 효과적이라고 판매되는 제품들이 상대적으로 높은 살충력을 보인 것으로 확인 되었다(표 4). 이상의 실내검정결과 높은 살충력을 보인 제품들은 추후 배추좀나방 방제를 위한 현장에 실험 및 방제를 위해 사용이 가능할 것으로 판단되었다.

[표 4] 배추좀나방에 대한 친환경 농자재 검정 목록

살충제	작용범위 (작물 및 해충)	주요소
A	나방류	Plant extracts
B	가루이, 파밤나방	"
C	해충	"
D	나방류	"
E	해충	"
F	해충	"
G	나방류, 진딧물류	"
H	가루이	"
I	나방류	<i>B. thuringiensis</i>
J	응애, 나방류	Plant extracts
K	해충	"
L	진딧물, 파리류 및 해충	"
M	총채벌레, 담배가루이등	"
N	담배나방, 온실가루이등	"
O	나방류	<i>B. thuringiensis</i>
P	해충	"
Control		

[표 5] 배추좀나방에 대한 친환경 농자재 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after			
	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
O	11.7 $\pm$ 2.9hij	93.3 $\pm$ 2.9a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
F	40.0 $\pm$ 5.0def	66.7 $\pm$ 14.4bcd	91.7 $\pm$ 5.8abc	100.0 $\pm$ 0.0a
D	48.3 $\pm$ 7.6cde	65.0 $\pm$ 15.0	93.3 $\pm$ 2.9ab	98.3 $\pm$ 2.9ab
I	1.7 $\pm$ 2.9ij	50.0 $\pm$ 17.3def	91.7 $\pm$ 2.9abc	98.3 $\pm$ 2.9ab
A	68.3 $\pm$ 15.3abc	80.0 $\pm$ 8.7abc	88.3 $\pm$ 2.9abc	91.7 $\pm$ 5.8abc
M	86.7 $\pm$ 2.9a	88.3 $\pm$ 2.9ab	90.0 $\pm$ 5.0abc	90.0 $\pm$ 5.0abcd
H	75.0 $\pm$ 8.7ab	85.0 $\pm$ 5.0ab	86.7 $\pm$ 2.9abc	88.3 $\pm$ 5.8abcde
E	13.3 $\pm$ 2.9ghij	23.3 $\pm$ 7.6gh	56.7 $\pm$ 5.8defg	80.0 $\pm$ 5.0bcdef
K	25.0 $\pm$ 5.0fgh	28.3 $\pm$ 2.9fgh	48.3 $\pm$ 12.6efg	80.0 $\pm$ 5.0bcdef
G	25.0 $\pm$ 8.7fgh	45.0 $\pm$ 8.7defg	63.3 $\pm$ 15.3def	78.3 $\pm$ 2.9cdef
P	61.7 $\pm$ 7.6bcd	76.7 $\pm$ 10.4abc	76.7 $\pm$ 10.4bcd	76.7 $\pm$ 10.4cdef
J	23.3 $\pm$ 12.6fghi	28.3 $\pm$ 5.8fgh	53.3 $\pm$ 12.6efg	75.0 $\pm$ 10.0cdef
C	11.7 $\pm$ 20.2hij	15.0 $\pm$ 8.7hi	58.3 $\pm$ 20.2defg	71.7 $\pm$ 10.4def
Q	48.3 $\pm$ 16.1cde	60.0 $\pm$ 8.7cde	70.0 $\pm$ 5.0cde	70.0 $\pm$ 5.0efg
L	58.3 $\pm$ 25.7bcd	65.0 $\pm$ 30.4bcd	65.0 $\pm$ 30.4de	65.0 $\pm$ 30.4fgh
B	23.3 $\pm$ 18.9fghi	28.3 $\pm$ 23.1fgh	38.3 $\pm$ 12.6g	53.3 $\pm$ 10.4gh
N	35.0 $\pm$ 15.0efg	40.0 $\pm$ 13.2efg	41.7 $\pm$ 11.5fg	48.3 $\pm$ 12.6h
Control	0.0 $\pm$ 0.0j	0.0 $\pm$ 0.0i	0.0 $\pm$ 0.0h	0.0 $\pm$ 0.0i

(나) 담배거세미나방의 친환경농자재 검정

담배거세미나방은 실내 누대 사육 체계가 확립되어 최초 2령 유충에 대해 다양한 농자재를 대상으로 연구하였다(표 6). 먼저 친환경 농자재는 권장 농도로 준비한 후 누대 사육 중인 담배거세미나방을 강낭콩 잎에 접종 시킨 후 spray법으로 친환경 농자재를 처리하였다. 처리된 담배거세미나방은 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건으로 12시간 간격으로 48시간까지 사충수를 조사하였다. 연구결과 90% 이상의 살충력을 보인 총 6종(A, C, D, E, F 및 J)의 우수 농자재를 1차적으로 선발하였다(표 7)

[표 6] 담배거세미나방 2령 유충에 대한 친환경 농자재 목록

살충제	작용범위 (작물 및 해충)	주요소
A	나방류	Plant extracts
B	가루이, 파밤나방	"
C	해충	"
D	나방류	"
E	해충	"
F	해충	"
G	나방류, 진딧물류	"
H	가루이	"
I	나방류	<i>B. thuringiensis</i>
J	응애, 나방류	Plant extracts
K	해충	"
L	진딧물, 파리류 및 해충	"
M	총채벌레, 담배가루이등	"
N	담배나방, 온실가루이등	"
O	나방류	<i>B. thuringiensis</i>
P	해충	"
Control		

[표 7] 담배거세미나방 2령 유충에 대한 친환경 농자재 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after			
	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
A	78.3 $\pm$ 12.6bc	95.0 $\pm$ 5.0a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
C	93.3 $\pm$ 5.8a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
E	95.0 $\pm$ 5.0a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
F	80.0 $\pm$ 10.0b	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
J	83.3 $\pm$ 5.8ab	98.3 $\pm$ 2.9a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
D	95.0 $\pm$ 5.0a	95.0 $\pm$ 8.7a	98.3 $\pm$ 2.9a	98.3 $\pm$ 2.9a
M	66.7 $\pm$ 11.5c	68.3 $\pm$ 10.4c	68.3 $\pm$ 10.4b	68.3 $\pm$ 10.4b
N	28.3 $\pm$ 7.6d	50.0 $\pm$ 5.0c	51.7 $\pm$ 2.9c	51.7 $\pm$ 2.9c
I	8.3 $\pm$ 7.6ef	16.7 $\pm$ 2.9def	31.7 $\pm$ 12.6d	31.7 $\pm$ 12.6d
L	25.0 $\pm$ 5.0d	26.7 $\pm$ 5.8d	26.7 $\pm$ 5.8d	26.7 $\pm$ 5.8d
Q	16.7 $\pm$ 7.6de	20.0 $\pm$ 8.7de	21.7 $\pm$ 8.7de	23.3 $\pm$ 7.6de
O	15.0 $\pm$ 13.2de	18.3 $\pm$ 10.4de	23.3 $\pm$ 15.3de	23.3 $\pm$ 15.3de
P	16.7 $\pm$ 7.6de	18.3 $\pm$ 7.6de	20.0 $\pm$ 10.0de	21.7 $\pm$ 7.6de
B	6.7 $\pm$ 7.6ef	10.0 $\pm$ 5.0efg	11.7 $\pm$ 5.8ef	13.3 $\pm$ 2.9ef
K	6.7 $\pm$ 2.9ef	6.7 $\pm$ 2.9fg	6.7 $\pm$ 2.9f	8.3 $\pm$ 5.8fg
H	3.3 $\pm$ 2.9ef	6.7 $\pm$ 7.6fg	6.7 $\pm$ 7.6f	6.7 $\pm$ 7.6fg
G	3.3 $\pm$ 2.9ef	3.3 $\pm$ 2.9g	3.3 $\pm$ 2.9f	5.0 $\pm$ 5.0fg
Control	0.0 $\pm$ 0.0f	0.0 $\pm$ 0.0g	0.0 $\pm$ 0.0f	0.0 $\pm$ 0.0fg

살충효과가 높은 6종을 대상으로 담배거세미나방 진(全) 유충에 대해 동일한 방법으로 친환경 농자재 살충력을 검정하였다. 친환경 농자재 목록은 표 8에 나타내었으며 각 령별 살충 효과는 표 9 ~ 14에 나타내었다. 친환경 농자재 처리 후 48시간 동안 관찰한 결과 1령, 2령 및 3령 유충까지 A, C, D, E, F 친환경 농자재에서 비교적 높은 살충력을 보였으나(표 9~11) 고령으로 갈수록 살충력이 현저히 감소하여 50% 이하의 살충력을 나타내었다(표 12~14). 이러한 결과로 미루어 친환경농자재에 의한 방제는 알 단계에서 약 3령까지 친환경농자재에 의한 방제가 가능하며 이 이후는 시판 농자재에 의한 효율적인 방제가 어려울 것으로 판단된다.

[표 8] 담배거세미나방에 효과적인 친환경 농자재 6종 목록

살충제	작용범위 (작물 및 해충)	주요소
A	나방류	식물추출물
C	해충	식물추출물
D	나방류	식물추출물
E	각종 해충	식물추출물
F	각종 해충	식물추출물
J	응애, 총채, 파밤나방, 거세미나방	식물추출물
H <sub>2</sub> O		
Control		

[표 9] 담배거세미나방 1령 유충에 대한 친환경 농자재 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after			
	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
A	86.7 $\pm$ 5.8ab	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
C	76.7 $\pm$ 5.8b	86.7 $\pm$ 5.8a	90.0 $\pm$ 0.0b	90.0 $\pm$ 0.0b
D	86.7 $\pm$ 11.5ab	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
E	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
F	20.0 $\pm$ 17.3c	53.3 $\pm$ 20.8b	73.3 $\pm$ 11.5c	93.3 $\pm$ 11.5ab
J	26.7 $\pm$ 15.3c	43.3 $\pm$ 5.8b	66.7 $\pm$ 5.8c	76.6 $\pm$ 5.8c
H <sub>2</sub> O	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d
Control	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d

[표 10] 담배거세미나방 2령 유충에 대한 친환경 농자재 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after			
	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
A	26.7 $\pm$ 5.8c	96.7 $\pm$ 5.8a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
C	43.3 $\pm$ 5.8b	66.7 $\pm$ 5.8b	76.7 $\pm$ 15.3b	76.7 $\pm$ 15.3b
D	63.3 $\pm$ 5.8a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
E	63.3 $\pm$ 11.5a	76.7 $\pm$ 11.5b	90.0 $\pm$ 10.0ab	90.0 $\pm$ 10.0ab
F	20.0 $\pm$ 10.0c	66.7 $\pm$ 5.8b	86.7 $\pm$ 5.8ab	90.0 $\pm$ 10.0ab
J	26.7 $\pm$ 5.8c	46.7 $\pm$ 5.8c	60.0 $\pm$ 10.0c	63.3 $\pm$ 5.8c
H <sub>2</sub> O	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d
Control	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d

[표 11] 담배거세미나방 3령 유충에 대한 친환경 농자재 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after			
	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
A	80.0 $\pm$ 17.3a	86.7 $\pm$ 15.3a	93.3 $\pm$ 32.1a	93.3 $\pm$ 11.5a
C	0.0 $\pm$ 0.0d	3.3 $\pm$ 5.8c	3.3 $\pm$ 5.8c	3.3 $\pm$ 5.8c
D	70.0 $\pm$ 10.ab	86.7 $\pm$ 23.a	86.7 $\pm$ 23.1a	93.3 $\pm$ 11.5a
E	23.3 $\pm$ 11.5cd	36.7 $\pm$ 5.8b	70.0 $\pm$ 26.5ab	80.0 $\pm$ 20.0a
F	46.7 $\pm$ 15.3bc	63.3 $\pm$ 5.8ab	73.3 $\pm$ 5.8ab	76.7 $\pm$ 5.8a
J	30.0 $\pm$ 30.0c	43.3 $\pm$ 32.1b	43.3 $\pm$ 32.1b	43.3 $\pm$ 32.1b
H <sub>2</sub> O	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0c
Control	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0c

[표 12] 담배거세미나방 4령 유충에 대한 친환경 농자재 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after			
	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
A	13.3 $\pm$ 5.8bc	36.7 $\pm$ 5.8bc	43.3 $\pm$ 5.8b	43.3 $\pm$ 5.8bc
C	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d	3.3 $\pm$ 5.8d
D	30.0 $\pm$ 10.0a	53.3 $\pm$ 5.8a	56.7 $\pm$ 5.8a	56.7 $\pm$ 5.8a
E	16.7 $\pm$ 11.5b	43.3 $\pm$ 5.8b	50.0 $\pm$ 10.0ab	50.0 $\pm$ 10.0ab
F	13.3 $\pm$ 11.5bc	36.7 $\pm$ 5.8bc	40.0 $\pm$ 0.0b	43.3 $\pm$ 5.8bc
J	3.3 $\pm$ 5.8bc	26.7 $\pm$ 11.5c	26.7 $\pm$ 11.5c	33.3 $\pm$ 5.8c
H <sub>2</sub> O	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d
Control	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d	0.0 $\pm$ 0.0d

[표 13] 담배거세미나방 5령 유충에 대한 친환경 농자재 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after			
	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
A	0.0 $\pm$ 0.0b	20.0 $\pm$ 10.0a	30.0 $\pm$ 10.0a	36.7 $\pm$ 5.8a
C	0.0 $\pm$ 0.0b	0.0 $\pm$ 0.0b	0.0 $\pm$ 0.0b	0.0 $\pm$ 0.0b
D	6.7 $\pm$ 5.8ab	26.7 $\pm$ 5.8a	43.3 $\pm$ 5.8a	46.7 $\pm$ 5.8a
E	13.3 $\pm$ 11.5a	20.0 $\pm$ 17.3a	26.7 $\pm$ 28.9a	30.0 $\pm$ 26.5a
F	0.0 $\pm$ 0.0b	13.3 $\pm$ 5.8ab	23.3 $\pm$ 11.5ab	26.7 $\pm$ 15.3a
J	0.0 $\pm$ 0.0b	23.3 $\pm$ 5.8a	33.3 $\pm$ 15.3a	33.3 $\pm$ 15.3a
H <sub>2</sub> O	0.0 $\pm$ 0.0b	0.0 $\pm$ 0.0b	0.0 $\pm$ 0.0b	0.0 $\pm$ 0.0b
Control	0.0 $\pm$ 0.0b	0.0 $\pm$ 0.0b	0.0 $\pm$ 0.0b	0.0 $\pm$ 0.0b

[표 14] 담배거세미나방 6령 유충에 대한 친환경 농자재 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after			
	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
A	13.3 $\pm$ 5.8ab	40.0 $\pm$ 17.3a	53.3 $\pm$ 20.8ab	53.3 $\pm$ 20.8a
C	0.0 $\pm$ 0.0c	3.3 $\pm$ 5.8c	3.3 $\pm$ 5.8c	3.3 $\pm$ 5.8c
D	16.7 $\pm$ 5.8a	36.7 $\pm$ 15.a	56.7 $\pm$ 23.1a	60.0 $\pm$ 17.3a
E	13.3 $\pm$ 11.5ab	26.7 $\pm$ 5.8ab	46.7 $\pm$ 5.8ab	46.7 $\pm$ 5.8ab
F	10.0 $\pm$ 10.0abc	43.3 $\pm$ 5.8a	63.3 $\pm$ 5.8a	63.3 $\pm$ 5.8a
J	3.3 $\pm$ 5.8bc	16.7 $\pm$ 11.5bc	30.0 $\pm$ 20.0b	30.0 $\pm$ 20.0b
H <sub>2</sub> O	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0c
Control	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0c	0.0 $\pm$ 0.0c

(다) 무우테두리진딧물의 친환경농자재 검정

무우테두리진딧물의 실내 누대 사육 체계가 확립되어 18종의 친환경 농자재로 4령 약충 및 성충에 대해 살충력 검정을 실시하였다(표 15). 무우테두리진딧물은 약제 저항성이 가장 높은 4령 약충 및 성충에 대하여 검정을 실시하였다. 먼저 친환경 농자재는 권장 농도로 준비한 후 누대 사육 중인 무우테두리진딧물을 엇갈이배추에 접종 시킨 후 spray법으로 친환경 농자재를 처리하였다. 처리된 무우테두리진딧물은 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건으로 12시간 간격으로 48시간까지 사충수를 조사하였다. 살충력 검정 결과 48시간 후 대부분의 친환경 농자재에서 매우 높은 살충력을 보였다(그림 16).

[표 15] 무우테두리진딧물에 대한 친환경 농자재 목록 및 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after			
	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
C	36.7 $\pm$ 7.6c	98.3 $\pm$ 2.9a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
R	95.0 $\pm$ 5.0a	98.3 $\pm$ 2.9a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
F	73.3 $\pm$ 5.8b	98.3 $\pm$ 2.9a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
G	13.3 $\pm$ 5.8def	55.0 $\pm$ 21.8b	98.3 $\pm$ 2.9a	100.0 $\pm$ 0.0a
H	36.7 $\pm$ 7.6c	98.3 $\pm$ 2.9a	100.0 $\pm$ 0.0a	100.0 $\pm$ 0.0a
S	3.3 $\pm$ 5.8efg	56.7 $\pm$ 40.7b	96.7 $\pm$ 2.9ab	98.3 $\pm$ 2.9a
K	11.7 $\pm$ 7.6defg	56.7 $\pm$ 16.1b	93.3 $\pm$ 5.8ab	98.3 $\pm$ 2.9a
T	0.0 $\pm$ 0.0g	26.7 $\pm$ 12.6cd	65.0 $\pm$ 5.0ef	96.7 $\pm$ 2.9ab
U	76.7 $\pm$ 2.9b	91.7 $\pm$ 2.9a	93.3 $\pm$ 5.8ab	93.3 $\pm$ 5.8abc
V	15.0 $\pm$ 5.0de	40.0 $\pm$ 5.0bc	83.3 $\pm$ 7.6bcd	91.7 $\pm$ 2.9abc
P	21.7 $\pm$ 15.3d	56.7 $\pm$ 11.5b	91.7 $\pm$ 7.6abc	91.7 $\pm$ 7.6abc
E	1.7 $\pm$ 2.9gh	25.0 $\pm$ 0.0cd	68.3 $\pm$ 2.9ef	91.7 $\pm$ 10.4abc
L	5.0 $\pm$ 8.7efg	56.7 $\pm$ 23.1b	75.0 $\pm$ 21.8de	91.7 $\pm$ 2.9abc
W	70.0 $\pm$ 5.0b	83.3 $\pm$ 2.9a	86.7 $\pm$ 2.9abcd	86.7 $\pm$ 2.9bcd
J	8.3 $\pm$ 7.6efg	40.0 $\pm$ 13.2bc	83.3 $\pm$ 2.9bcd	86.7 $\pm$ 2.9bcd
X	1.7 $\pm$ 2.9gh	38.3 $\pm$ 2.9bc	78.3 $\pm$ 2.9cde	83.3 $\pm$ 2.9cd
N	6.7 $\pm$ 2.9efg	35.0 $\pm$ 8.7bc	76.7 $\pm$ 7.6de	80.0 $\pm$ 5.0d
Y	6.7 $\pm$ 7.6efg	21.7 $\pm$ 5.8cde	56.7 $\pm$ 17.6f	60.0 $\pm$ 20.0e
Control	0.0 $\pm$ 0.0g	0.0 $\pm$ 0.0e	0.0 $\pm$ 0.0g	0.0 $\pm$ 0.0f

(5) 현장연구

우수 농자재의 실내 검정결과와 사업단 제시 무농약 방제 매뉴얼 초안에 근거하여 대략적으로 매주 1회 전남 함평 소재 딸기, 배, 벼 재배 농가를 방문하여 해충발생 현황을 모니터링하고 이에 근거하여 친환경 농자재공급, 해충방제를 위한 생물학적 및 물리적 방제 방안을 consulting 하였으며 주용 활동은 다음과 같다.

- 주 1회 전남 함평 소재 딸기, 배, 벼 재배 농가에 대한 해충발생 모니터링 (현장 총 40회 이상 방문)

- 딸기농장(양상민님, 정남진님) 1000평 : 2006년 9월부터 매주 방문 예찰, 친환경농자재 공급, 병해충 방제 방안제시 및 친환경농자재 직접살포
- 배농가(박종상님) 1000평 : 2007년 2월부터 매주 방문, 병해충 예찰
- 벼농가(양학모님) 1300평 : 2007년 6월부터 매주 방문, 병해충 예찰
- 적정 친환경적 방제 매뉴얼 초안 설정 (딸기의 경우만)
- 과채류 발생 해충의 친환경적 방제 매뉴얼 개발 연구 종료
- 사업단의 요청에 따라 2차년도까지(1차년도는 타 연구자에 의해 수행됨) 과채류 발생 해충의 친환경적 방제 매뉴얼 개발을 중지하고 보다 선택과 집중을 위해 3차년도부터 시설고추, 시설 삼채류 및 벼로 작목이 변경되었음
- 기타 - 사업단내 해충 팀의 해충연구에 필수적인 곤충사육실을 설치함으로 추후 보다 원활한 해충방제 연구가 가능하게 되었음. 구체적으로 해충사육을 위한 두 동의 실내사육 시설과 항온이큐베이터의 설치로 적정 온도대에 서식하는 해충의 방제 실험이 가능함. 또한 해충 관찰 및 기록을 위한 곤충관찰용(동영상 가능) 현미경 및 컴퓨터 시설이 확보됨

#### 나. 친환경농업 해충방제 매뉴얼 연구: 시설재배 고추 나방류 방제(3년차 주요 연구내용 및 결과)

##### (1) 시설 고추 발생 해충의 채집 및 실내 누대 사육법 정착 및 생활사 연구

고추에 발생하는 대표적인 해충으로 나방류는 담배나방(*Helicoverpa assulta*), 담배거세미나방(*Spodoptera litura*) 및 파밤나방(*Spodoptera exigua*)등이 있으며 가루이류는 온실가루(*Trialeurodes Vaporariorum*) 및 담배가루이(*Bemisia tabaci*)가 있으며 추가적으로 민달팽이를 들 수 있다.

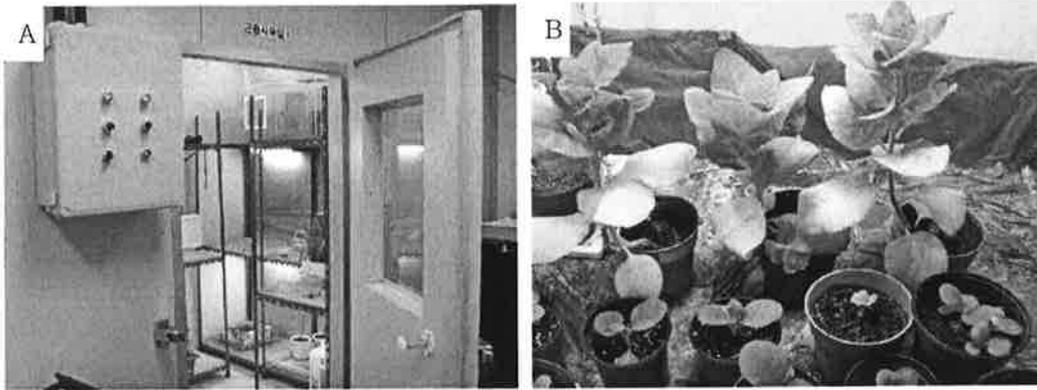
##### (가) 담배나방(*Helicoverpa assulta*)의 실내 누대 사육법 정착

담배나방은 고추, 옥수수, 토마토 및 가지 등의 작물을 가해하며 과실 속으로 침입하여 식해하므로 방제가 매우 어려운 해충이다. 성충은 잎 위에 날개씩 산란하며 암컷 한마리가 평생 150-1000개의 알을 낳는다. 성충은 5월-10월에 걸쳐 발생하며, 6월 하순, 7월 하순-8월 상순, 8월 하순-9월 상순에 발생최성기를 보인다(Yang 등, 2004). 특히 8월 상순에 크게 발생하며 이 시기에 매우 효과적인 방제가 필요하다. 담배나방에 의한 작물의 피해는 직접적으로 유충에 의하여 침입공을 뚫고 고추 내부에 들어가 식해를 하며 배설물을 배출하여 상품가치를 하락시키는 심각한 피해를 준다. 특히 유충 한 마리당 4-14개의 과실에 피해를 주기 때문에 발생 초기 방제가 매우 중요하다. 또한 일부 고추에 침입공만 뚫고 식해 하지 않고 다른 고추로 이동하는 경우도 많이 발생하므로 과실이 썩는 일도 비일비재 하다. 그러므로 유충시 일단 고추 내 침입공을 뚫으면 전혀 상품가치가 없으므로 주기적인 예찰을 통하여 산란 초기 방제에 주력해야 한다. 또한 성충은 주로 야간에 활동을 하므로 발견하기가 쉽지 않다. 그러므로 실내사육을 통해 보다 정확한 생활사를 규명하고 생태적 특성을 규명함으로써 보다 효율적인 방제전략을 발견하기 위하여 실내사육을 시도하였다.

##### ① 담배나방 실내 누대 사육

나주 반남면 시설 고추에서 담배나방 유충을 채집하여 곤충 분자계통분류 및 생태 연구실 곤충사육실에서 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건에서 사육하였다(그림 8A). 최초 채집된 유충은 고추를 이용하여 성충으로 우화 시킨 후 담배잎에 산란을 유도 하였다(그림 8B). 유충은 고추내부에서 서식하므로 실내사육시 많은 양의 고추를 제공해야하는 어려움이 있으므로 이를 대체하기 위하여 Seol et al. (2005)에 보고된 담배나방 인공사료(표 16)를 제작

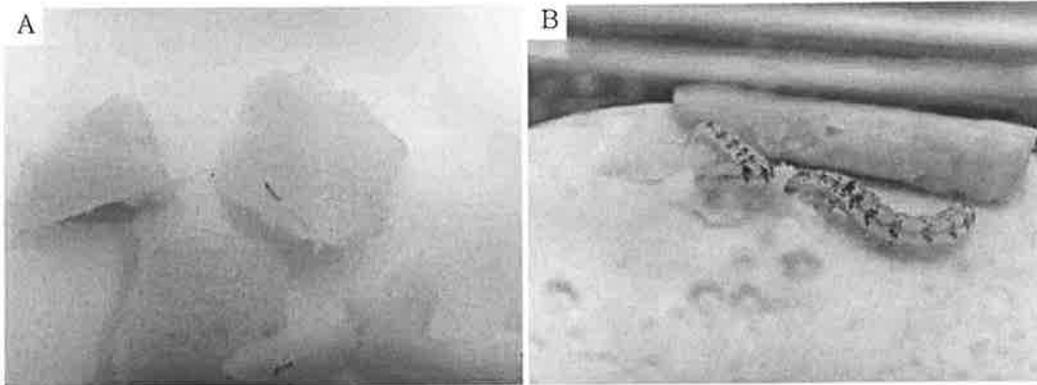
하여 누대 사육을 실시하였다(그림 9).



[그림 8] A, 곤충사육실 전경; B, 식물재배상에서 재배하는 기주식물(담배)

[표 16] 담배나방 인공사료 조성표(Seol 등,, 2005)

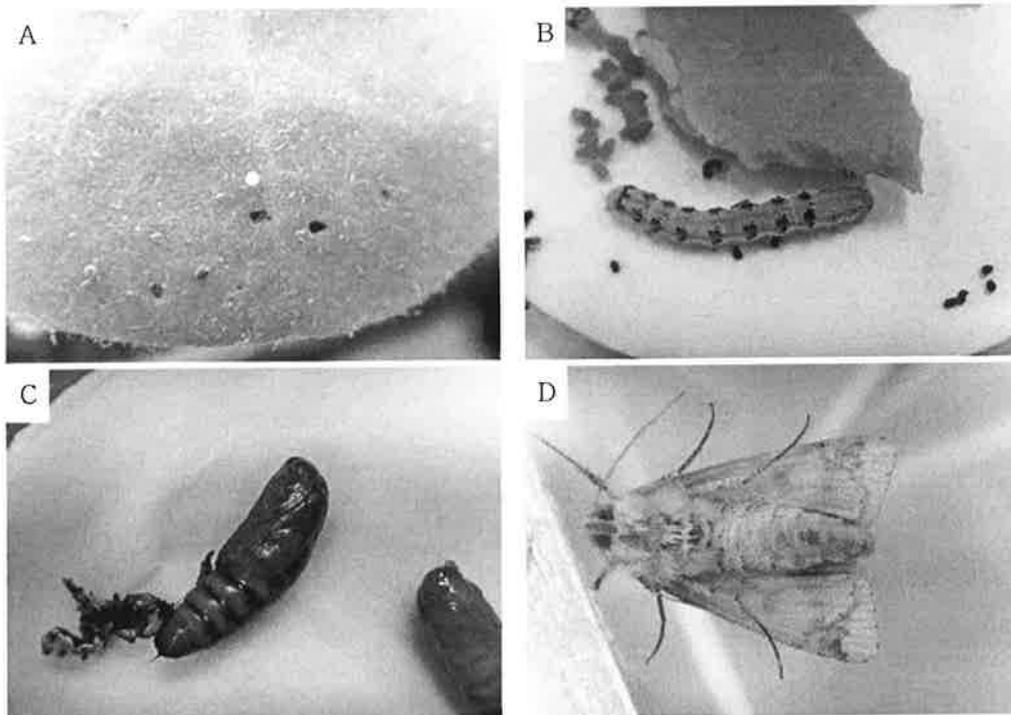
성분	합량
Water	950ml
Agar powder	20g
Corn powder	164g
Soybean powder	68g
Milk powder	6g
Casein	4g
Yeast	24g
Vitamin	25g
Sorbic acid	2.2g
M. P. H	2.4g
Ascorbic acid	2.5g
Formalin	4.5g
Hot pepper oil	4ml



[그림 9] 담배나방 인공사료 섭식하는 담배나방 유충. A, 1령유충; B, 5령유충

## ② 담배나방 생활사 연구

야외에서 채집된 담배나방을 2세대 이상 실내에서 누대 사육 후 본 곤충사육실에서 담배잎에 산란을 받은 후 인공사료(Seol 등, 2005)를 이용하여 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건에서 생활사를 확인 하였다(그림 8). 담배나방 생활사는 그림 10에 나타내었으며 자세한 발육기간은 표 17에 나타내었다. 담배나방의 각 태별 발육기간을 조사한 결과 알 기간은 3일이었으며 1령부터 6령 유충까지 약 16.6일 이었으며 번데기 기간은 13일로 확인 되었다(표 17). Han 등 (1993)은 담배나방 생활사 연구에서 알은 3.8일, 유충은 18.6일 번데기는 15.1일로 본 연구 결과보다 기간이 긴 것을 확인 할 수 있었다.



[그림 10] 담배나방 사육. A, 알; B, 유충(인공사료 섭식 중); C, 번데기; D, 성충

[표 17] Developmental period of *Helicoverpa assulta* reared at 25°C

Diet	egg	Larva						pupa	egg-pupa (days)
		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>		
Artificial	3.0	3.2	2.8	2.5	2.5	2.5	3.1	13.0	30.1
diet	±0.0	±0.4	±0.4	±0.7	±0.8	±0.6	±0.8	±0.5	±1.5

(나) 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)의 실내 누대 사육법 정착

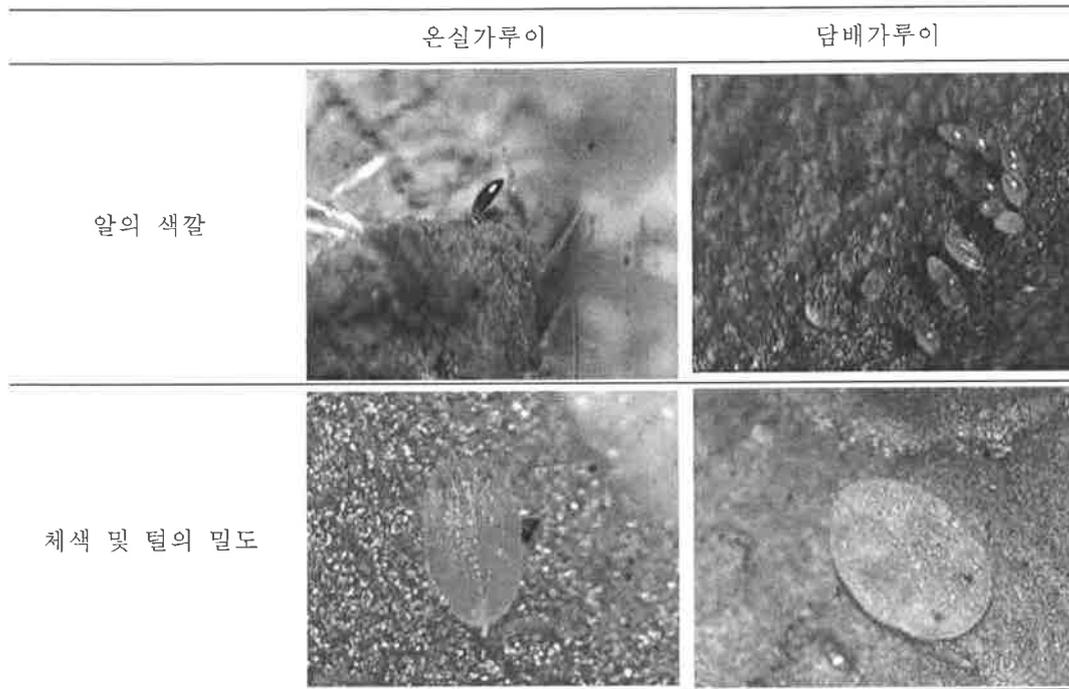
담배거세미나방은 3장 1절의 과채류 발생 주요 해충의 채집 및 실내 누대 사육법 정착에서 자세히 기술하였다.

(다) 온실가루이(*Trialeurodes Vaporariorum*) 및 담배가루이(*Bemisia tabaci*)의 실내 누대 사육법 정착

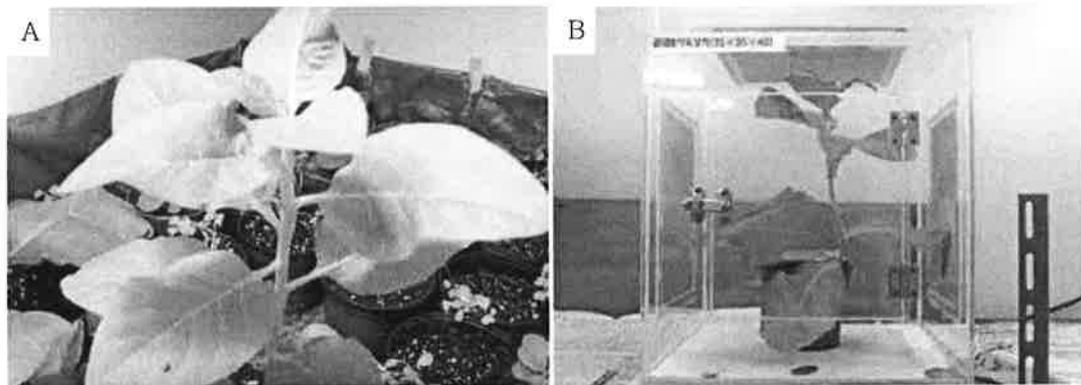
온실가루이와 담배가루이는 매미목 가루이과에 속하며 크기는 1.5mm의 작은 파리 모양이며 알은 포탄모양으로 크기는 0.2 mm이며 산란 직후 열은 황색이나 온실가루이는 담배가루이와 달리 2-3일 후에 검은색으로 변하는 것이 특징이다(그림 11). 약충은 4령 약충까지 존재하며 특히 1령 약충은 이동이 가능하나 2령 약충부터는 고착 생활을 한다. 번데기는 0.7-0.8 mm이며 등면에 돌기가 있는 것이 특징이고 담배가루이는 노란색을 띠는 것이 특징이다. 온실가루이와 담배가루이는 전작, 특용작물, 채소류 및 화훼류 등의 잎 뒷면에 붙어 흡즙하며 번식능력이 강하여 실내에서는 연중 발생한다. 특히 작물의 잎 뒷면에 붙어 흡즙하므로 작물생육 억제, 낙엽, 수량 감소를 가져오며 바이러스 매개 및 다 발생시 배설물로 인한 그을음병이 발생하기도 한다(Byrne, 1999; Jones, 2003). 담배가루이와 온실가루이는 육안으로 관찰할 경우 그 생김새를 구별하기 어려우나 숙달이 되면 가능하기도 하지만 보다 정밀한 판단을 위해 현미경하에서 알의 색깔 및 체색으로 구분이 가능하다(그림 11).

#### ① 실내 누대 사육

두 종 가루이의 사육은 곤충사육실에서 온도 25°C, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건에서 기주식물은 담배로 하여 곤충 사육 상자에서 누대 사육 하였다(그림 11).



[그림 11] 온실가루이와 담배가루이 비교



[그림 12] A, 기주식물(담배); B, 가루이류 사육중인 곤충 사육 상자

### ② 온실가루이 및 담배가루이의 생활사 연구

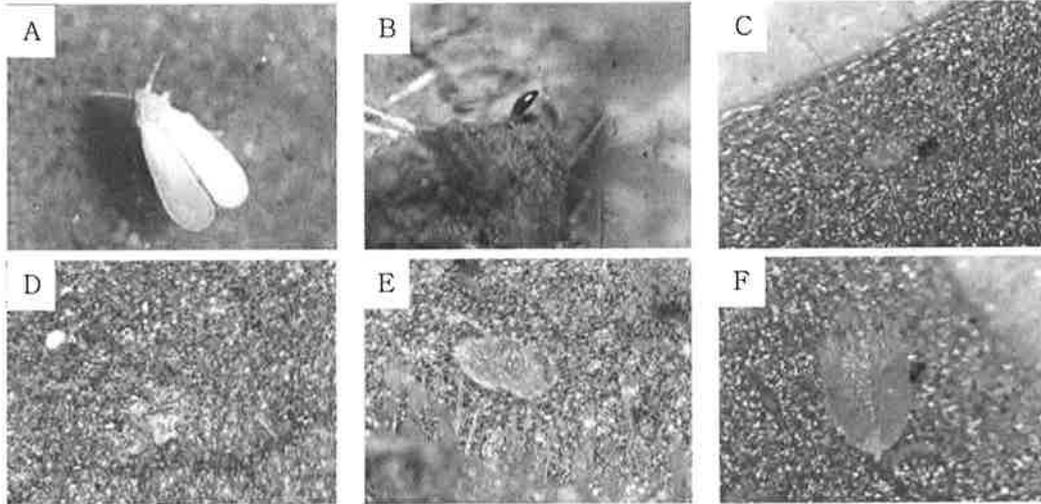
곤충사육실에서 5세대 이상 누대 사육한 후 담배 잎에 산란을 받은 후 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건에서 생활사를 확인 하였다. 온실가루이와 담배가루이 생활사는 그림 13, 14에 나타내었으며 자세한 발육기간은 표 18, 19에 나타내었다.

[표 18] Developmental period of *Trialeurodes Vaporariorum* reared at 25℃

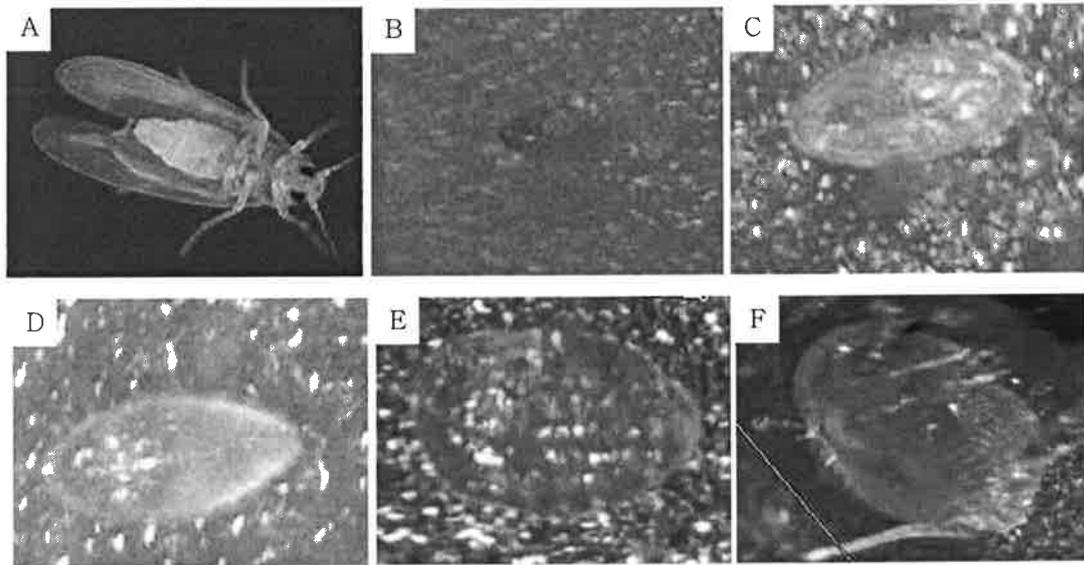
Temp. (℃)	egg	Nymph				Total	Egg + Nymph
		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>		
25	9.56 ±0.63	4.25 ±1.39	3.0 ±1.21	3.69 ±1.01	7.88 ±1.63	18.8 ±0.26	28.4 ±0.72

[표 19] Developmental period of *Bemisia tabaci* reared at 25°C

Temp. (°C)	egg	Nymph				Total	Egg + Nymph
		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>		
25	7.4 ±0.5	3.1 ±1.1	2.9 ±0.5	2.8 ±0.6	6.4 ±1.0	15.2 ±1.5	22.6 ±1.7



[그림 13] 온실가루이 생활사. A, 온실가루이 성충; B, 알; C, 1령 약충; D, 2령 약충; E, 3령 약충; F, 4령 약충



[그림 14] 담배가루이 생활사. A, 온실가루이 성충; B, 알; C, 1령 약충; D, 2령 약충; E, 3령 약충; F, 4령 약충

(2) 시판 친환경 농자재에 대한 실내검정

시설고추에 발생하는 담배나방, 담배거세미나방 및 가루이류에 유효하다고 알려진 친환경 농자재 검정시험을 실시하였다. 검정대상 농자재는 전라남도 소재 친환경 농자재 판매처로부터 실질적으로 구입이 이루어진 농자재를 대상으로 하였다.

(가) 담배나방의 친환경 농자재 검정

담배나방의 실내 누대 사육 체계가 확립되어 14종의 친환경 농자재로 3령 유충에 대해 살충력 검정을 실시하였다(표 20). 먼저 친환경 농자재는 권장 농도로 준비한 후 누대 사육 중인 담배나방을 인공 사료에 접종 시킨 후 spray법으로 친환경 농자재를 처리하였다. 처리된 담배나방은 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건으로 12시간에 한번씩 48시간동안 사충수를 조사하였다. 그 결과 A, C, D, E, F J 제품이 60% 이상의 방제가를 보여 담배나방 방제를 위해 가능한 약제로 판단된다(표 21), 그 외 다른 친환경 농자재는 20% 미만으로 낮은 살충력을 보였다(표 21).

[표 20] 담배나방에 대한 친환경 농자재 목록

제품명	적용범위	주성분
A	나방류	식물추출물
B	파밤나방, 거세미나방 등	식물추출물
C	해충	식물추출물
D	나방류	식물추출물
E	각종 해충	식물추출물
F	각종 해충	식물추출물
G	파밤나방, 청벌레, 진딧물, 응애 등	식물추출물
H	배추좀나방, 진딧물, 응애 등	식물추출물
I	배추좀나방, 잎말이명나방, 흑명나방	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i>
J	응애, 총채, 파밤나방, 거세미나방	식물추출물
K	각종 해충	식물추출물
L	각종 해충	식물추출물
P	각종 해충	식물추출물 + <i>Bacillus cereus</i>
O	배추좀나방	<i>Bacillus thuringiensis</i>
H2O		
Free		

[표 21] 담배나방에 대한 친환경 농자재 살충력 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after			
	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
A	93.3 $\pm$ 7.64a	100.0 $\pm$ 0.00a	100.0 $\pm$ 0.00a	100.0 $\pm$ 0.00a
B	0.0 $\pm$ 0.00d	3.3 $\pm$ 2.89c	5.0 $\pm$ 5.00bcd	10.0 $\pm$ 8.66bcd
C	80.0 $\pm$ 8.66b	88.3 $\pm$ 12.58b	95.0 $\pm$ 5.00a	96.7 $\pm$ 2.89a
D	100.0 $\pm$ 0.00a	100.0 $\pm$ 0.00a	100.0 $\pm$ 0.00a	100.0 $\pm$ 0.00a
E	98.3 $\pm$ 2.89a	100.0 $\pm$ 0.00a	100.0 $\pm$ 0.00a	100.0 $\pm$ 0.00a
F	98.3 $\pm$ 2.89a	100.0 $\pm$ 0.00a	100.0 $\pm$ 0.00a	100.0 $\pm$ 0.00a
G	0.0 $\pm$ 0.00d	5.0 $\pm$ 5.00c	6.7 $\pm$ 5.77bcd	6.7 $\pm$ 5.77cde
H	0.0 $\pm$ 0.00d	5.0 $\pm$ 0.00c	8.3 $\pm$ 5.77bcd	8.3 $\pm$ 5.77bcd
I	0.0 $\pm$ 0.00d	0.0 $\pm$ 0.00c	6.7 $\pm$ 7.64bcd	11.7 $\pm$ 5.77bcd
J	20.0 $\pm$ 8.66c	93.3 $\pm$ 11.55ab	100.0 $\pm$ 0.00a	100.0 $\pm$ 0.00a
K	1.7 $\pm$ 2.89d	3.3 $\pm$ 2.89c	6.7 $\pm$ 7.64bcd	15.0 $\pm$ 5.00b
L	0.0 $\pm$ 0.00d	1.7 $\pm$ 2.89c	11.7 $\pm$ 10.41bc	15.0 $\pm$ 5.00b
P	3.3 $\pm$ 2.89d	6.7 $\pm$ 2.89c	13.3 $\pm$ 2.89b	13.3 $\pm$ 2.89bc
O	0.0 $\pm$ 0.00d	1.7 $\pm$ 2.89c	3.3 $\pm$ 2.89cd	5.0 $\pm$ 5.00e
H2O	0.0 $\pm$ 0.00d	0.0 $\pm$ 0.00c	0.0 $\pm$ 0.00d	0.0 $\pm$ 0.00e
Free	0.0 $\pm$ 0.00d	0.0 $\pm$ 0.00c	0.0 $\pm$ 0.00d	0.0 $\pm$ 0.00e

(나) 가루이류(온실가루이, 담배가루이)의 친환경 농자재 검정

가루이류의 실내 누대 사육 체계가 확립되어 23종의 친환경 농자재로 3령 약충에 대해 살충력 검정을 실시하였다(표 22). 먼저 친환경 농자재는 권장 농도로 준비한 후 누대 사육 중인 온실가루이와 담배가루이가 정착하고 있는 담배잎을 떼어내어(가루이류는 1령 약충 이후는 잎에 정착하여 생활) spray법으로 친환경 농자재를 처리하였다. 처리된 온실가루이와 담배가루이는 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건으로 탈피 여부에 따라 사충을 판단하였다. 그 결과 전반적으로 시판 약제는 약 60%의 사충율이 최고치를 보여 기존의 진딧물, 나방류의 결과에 비해 매우 낮은 방제가를 보였으며 그 중 AB, S, AF 제품이 담배가루이와 온실가루이에 60%이상의 방제가를 보여 가장 우수한 약제라고 판단된다(표 23, 24). 그러나 전반적으로 살충력이 낮으므로 추가적으로 효과적인 친환경 농자재에 대한 연구가 절실하다.

[표 22] 온실가루이, 담배가루이에 대한 친환경 농자재 검정 목록

살충제	적용범위(작물 및 해충)	주요소
Z	온실가루이	식물추출물
AA	온실가루이	식물추출물
R	전작물	식물추출물
AB	과채류, 엽채류, 수도작	식물추출물 + 미생물( <i>Bacillus subtilis</i> )
AC	미명확	식물추출물
AD	미명확	식물추출물
E	각종 해충	식물추출물
F	각종 해충	식물추출물
AS	미명확	미명확
H	가루이	식물추출물
AE	응애, 온실가루이	곤충병원성곰팡이( <i>Beauveria bassiana</i> TBI-1)
S	응애, 진딧물, 총채벌레	식물추출물 + 미생물( <i>Bacillus cereus</i> )
AF	온실가루이	미생물( <i>Bacillus subtilis</i> )
K	각종해충	식물추출물
L	진딧물, 파리류, 기타해충	식물추출물
M	총채벌레, 담배가루이등	식물추출물
AG	미명확	천연광물질
N	담배나방, 온실가루이 등	식물추출물
P	진딧물류, 파리류, 기타해충	식물추출물 + 미생물( <i>Bacillus cereus</i> )
X	온실가루이, 담배가루이, 진딧물	천연물질
AH	잎벌레, 각지벌레, 온실가루이	식물추출물 + 미생물( <i>Bacillus subtilis</i> )
AI	미명확	식물오일
AJ	온실가루이, 담배가루이	식물추출물
AK	진딧물, 배나무이 등	식물추출물
S1	각종 해충	식물추출물
AL	온실가루이, 진딧물 등	식물추출물
AM	각종 해충	식물추출물
AN	각종 해충	식물추출물
AO	진딧물 등	식물추출물
AP	각종 해충	식물 지방산
H <sub>2</sub> O		
Control		

[표 23] 온실가루이에 대한 친환경 농자재 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after	
	5 days	
Z	42.0	$\pm$ 3.5ghi
AA	38.7	$\pm$ 12.8ghi
R	47.1	$\pm$ 11.0defghi
AB	62.6	$\pm$ 3.7abc
AC	22.0	$\pm$ 11.6j
AD	51.1	$\pm$ 4.7cdefgh
E	66.3	$\pm$ 9.2ab
F	29.7	$\pm$ 19.6fghi
AS	48.9	$\pm$ 10.2cdefghi
H	44.4	$\pm$ 10.2fghi
AE	53.2	$\pm$ 0.2bcdefg
S	71.5	$\pm$ 10.7a
AF	60.3	$\pm$ 2.9abcde
K	63.6	$\pm$ 7.4abc
L	58.3	$\pm$ 1.9abcdef
M	40.4	$\pm$ 3.1ghi
AG	43.4	$\pm$ 8.7fghi
N	46.5	$\pm$ 12.6fghi
P	53.3	$\pm$ 13.3bcdefg
X	51.0	$\pm$ 1.7cdefgh
AH	62.1	$\pm$ 18.2abcd
AI	47.1	$\pm$ 6.8defghi
AJ	36.3	$\pm$ 6.93hij
AK	43.7	$\pm$ 1.50fghi
S1	33.8	$\pm$ 4.82ij
AL	36.8	$\pm$ 3.61hij
AM	35.4	$\pm$ 1.92hij
AN	34.4	$\pm$ 4.86ij
AO	41.2	$\pm$ 5.11ghi
AP	35.8	$\pm$ 8.04hij
H <sub>2</sub> O	4.1	$\pm$ 3.6k
Control	1.2	$\pm$ 2.2k

[표 24] 담배가루이에 대한 친환경 농자재 검정 결과

Products	% mortality ( $\pm$ SD) after	
	5 days	
Z	55.6	$\pm$ 15.1abc
AA	64.1	$\pm$ 19.5a
R	44.0	$\pm$ 11.3abcdefgh
AB	63.9	$\pm$ 15.4a
AC	50.5	$\pm$ 5.9abcdef
AD	52.3	$\pm$ 24.5abcde
E	65.7	$\pm$ 18.5a
F	45.3	$\pm$ 0.9abcdefg
AS	45.3	$\pm$ 4.2abcdefg
H	46.3	$\pm$ 6.1abcdefg
AE	51.8	$\pm$ 14.1abcde
S	63.0	$\pm$ 14.0a
AF	61.6	$\pm$ 14.4ab
K	55.6	$\pm$ 3.9abc
L	59.3	$\pm$ 17.8ab
M	44.4	$\pm$ 10.0abcdefgh
AG	46.5	$\pm$ 8.9abcdefg
N	44.7	$\pm$ 5.6abcdefgh
P	63.7	$\pm$ 21.1a
X	55.0	$\pm$ 19.7abcd
AH	50.0	$\pm$ 5.6abcdef
AI	47.6	$\pm$ 8.2abcdefg
AJ	24.5	$\pm$ 0.11ghij
AK	33.7	$\pm$ 0.08cdefgh
S1	28.3	$\pm$ 0.11efghi
AL	37.6	$\pm$ 0.09bcdefgh
AM	20.7	$\pm$ 0.12hij
AN	26.9	$\pm$ 0.11fghi
AO	34.0	$\pm$ 0.12efghi
AP	30.0	$\pm$ 0.08efghi
H <sub>2</sub> O	2.7	$\pm$ 3.5j
Control	7.4	$\pm$ 8.5ij

(3) 환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 시설 고추 재배

나방류의 방제를 위해 친환경구와 대조구(농약살포구) 시설 출입구와 외측에 방충망을 설치해 최대한 해충의 접근을 막았으며 시설 내부에 자동온습도 제어장치를 설치해 환풍과 온습도 유지를 하였다.

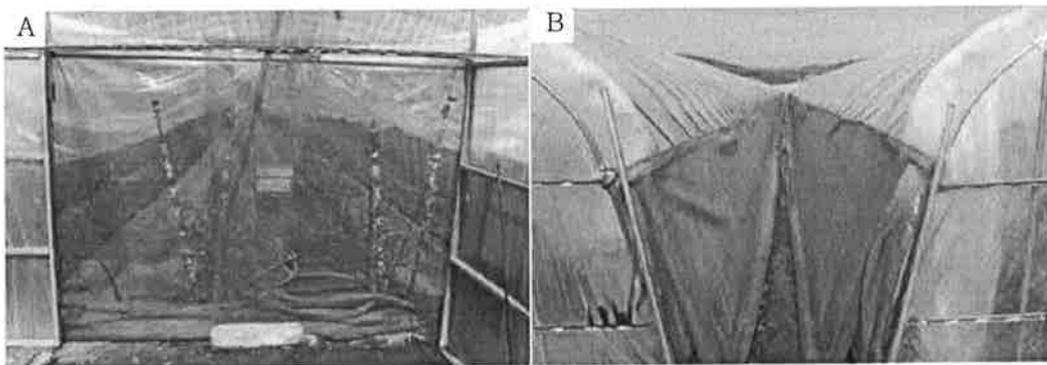
(4) 시설재배 고추의 나방류 방제 전략 및 성과

시설재배 작물 중 고추의 나방류 방제 전략은 크게 물리적 방제와 친환경 농자재를 이용한 방제를 들 수 있다. 물리적 방제로는 방충망 및 해충 포집기 설치를 통한 방제를 들 수 있으며 친환경농자재에 의한 방제로는 살충력 검정을 통해 선발된 우수 농자재를 이용한 직접

살포 방제를 들 수 있다.

#### (가) 방충망 설치

방충망 설치시기는 작물을 정식하기 이전에 설치하므로 대상해충의 침입을 초기에 방제할 수 있고 설치 장소는 출입문을 비롯하여 외측에 설치한다(그림 15). 방충망의 크기는 방제하고자 하는 해충인 담배나방, 담배거세미나방 및 파밤나방의 성충보다 크기보다 작아야 하지만 너무 작은 방충망을 사용하였을 경우 환기가 되지 않아 시설내의 온습도 조절의 어려움이 있으며 이로 인해 흰가루병에 취약하게 된다. 적당한 크기(예, 5×4mm)의 방충망을 설치하였을 경우 많은 유입 해충들을 효과적으로 방제할 수 있다. 특히 출입문쪽에 발생하는 틈 관리에 유의해야 한다.



[그림 15] A, 출입문의 방충망 설치; B, 외측의 방충망 설치

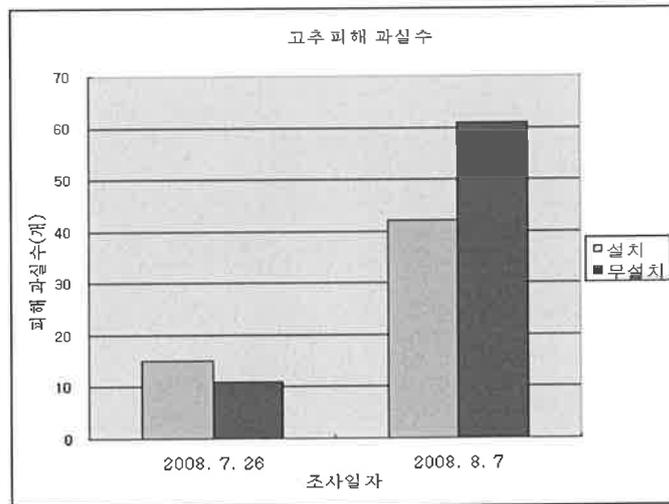
#### (나) 해충 포집기 설치

해충 포집기를 설치하기 위하여 우선은 방충망 설치가 필수적이다. 해충 포집기 설치하는 시설 내 월동 성충들을 포획하는 것을 목표로 한다(그림 16). 해충 포집기에서 나오는 빛의 파장으로 해충들이 모이기 때문에 시설 외부에 방충망이 없을 경우 근거리로 부터 고추를 가해하지 않은 해충들까지 집중적으로 포집기에 모여들 수 있으므로 예상치 못한 피해를 유발할 수 있다. 특히 성충은 많은 수의 알을 낳기 때문에 첫 발생 성충을 포획하는 것이 향후 유충에 의한 피해를 줄일 수 있는 최선의 방법이다. 해충 포집기 사이의 간격은 20m가 적당하며 가동 시간은 성충의 활동이 왕성한 오후 8시부터 다음날 오전 6시 까지 가동하는 것이 효과적이다. 아울러 포획된 해충의 종류를 분석함으로써 해당 작기의 발생 해충을 가늠해 볼 수 있고 이에 대한 대비를 할 수 있다.



[그림 16] 시설 내부 해충 포집기 설치

해충 포집기 설치 유무에 따른 담배나방에 의한 피해 과실 수를 비교해본 결과 담배나방의 밀도가 높지 않은 7월 하순의 피해 과실수는 포집기가 설치되지 않은 시설에서 15개, 설치된 시설에서는 10개체로 근소한 차이를 보이지만 10일 후 8월 초순의 결과 포집기가 설치되지 않은 시설은 60개, 설치된 시설에서는 40개의 과실 피해로 포집기 설치 유무에 따라 피해 정도의 차이를 보였다(그림 17).



[그림 17] 해충 포집기 설치 유무에 따른 피해과실수

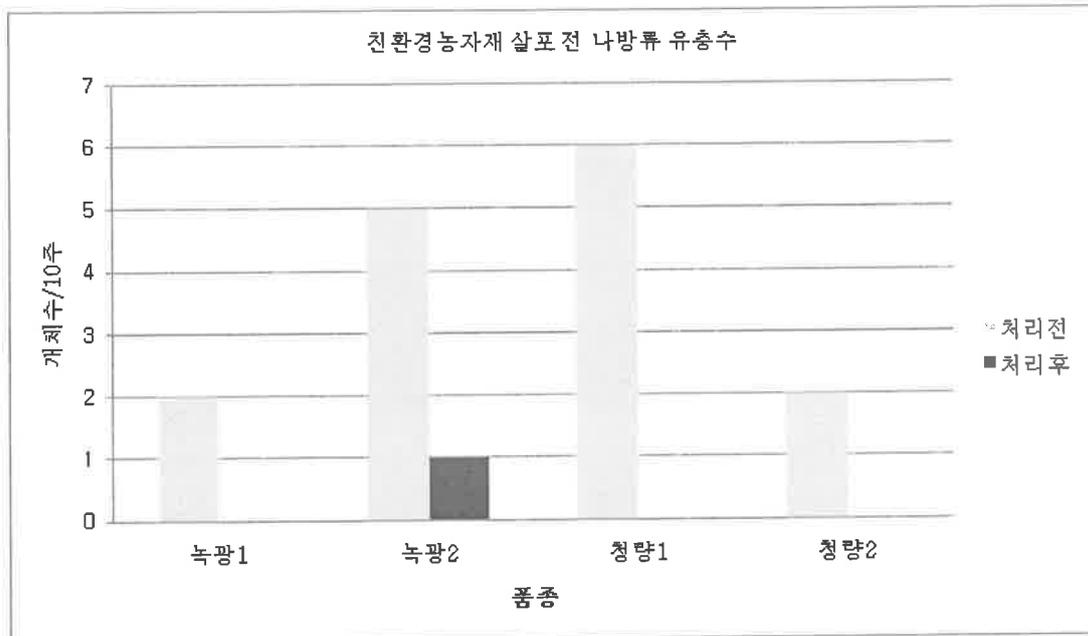
또한 포집기를 설치하지 않은 채 관행재배(농약살포)와 무농약 재배시 사용되는 제제, 방제횟수 및 방제비용을 비교해본 결과 무농약 재배의 경우 친환경 농자재의 단가가 높은 관계로 방제비용이 월등히 높은 것을 알 수 있다(그림 18). 그러므로 해충 포집기를 설치할 경우 방제비용의 절감효과를 기대할 수 있다.

자재 사용 현황	관행재배	무농약재배
사용 자재명	코니도, 에이팜, 리도밀, 응달샘, 세티스, 힌트, 울가미, 모스피란, 부메랑, 더마니, 스토네트 등	제충국제, 데리스제, 님오일제, 고삼제, 마늘유제 등
방제횟수	9	8
방제비용(사용량 기준)	80,620원	406,460원

[그림 18] 관행재배와 무농약재배의 방제횟수 및 방제비용

(다) 친환경 농자재를 이용한 나방류 방제

나방류의 100% 완벽한 방제는 현실적으로 불가능 하지만 최대한의 방제를 위하여 물리적 방제와 함께 친환경 농자재를 살포함으로써 더욱 효과적인 방제가 가능하다. 고시된 친환경 농자재 중 나방류의 방제에 이용 가능한 친환경 농자재를 선별한 바 있는데, 이들은 실내 누대 사육중인 나방류들을 대상으로 실내검정을 실시한 결과 90% 이상의 살충력이 있는 친환경 농자재를 선별한바 있다. 1차적으로 선별된 이들 농자재를 실외 포장에서 적용한바 여전히 높은 효과를 보이는 농자재를 최종적으로 선별하였다. 선별된 농자재는 대상 해충의 발생 시기 초기 방제를 위해 살포하고, 시설 고추 재배 중 해충 포집기에 포획된 나방류 해충 종을 확인 한 후 해당종이 발생할 경우 해당 농자재를 살포하여 해충 방제를 수행한다.



[그림 19] 품종별 친환경 농자재 살포 전후의 나방류 유충수 비교

실내검정을 통해 선별된 친환경농자재와 해충 포집기를 이용하여 2개 품종, 4곳의 시설에서 나방류 유충수 변화를 관찰 하였다. 해충 포집기가 설치된 가운데 친환경 농자재 처리 전 10주당

최소 2마리에서 최대 6마리의 나방류 유충이 관찰되었으나 친환경 농자재 살포 3일 후 녹광2 시설 내에서 10주당 1마리의 나방류 유충을 확인 할 수 있었고 나머지 시설에서는 나방류 유충이 전혀 발견되지 않았다(그림 19). 그러므로 고추 재배시 작기 시작 전 해충 포집기를 설치한 가운데 초기 예찰에 의해 해당 친환경 농자재를 살포 할 경우 나방류 유충에 의한 피해는 크게 감소 할 것이라고 판단된다.

(5) 시설 고추 재배의 친환경적 방제 매뉴얼

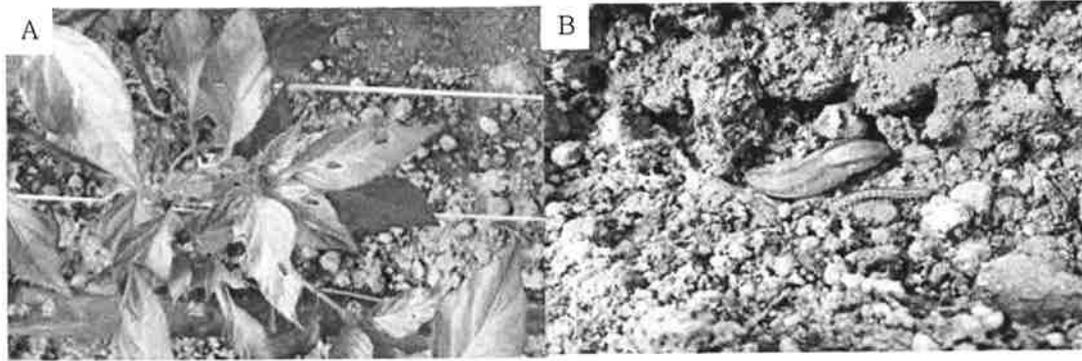
시설재배 고추에 발생하는 나방류의 무농약 재배를 위하여 앞서 언급된 방충망 설치, 해충 포집기 설치 및 친환경 농자재등을 이용한 효과적인 나방류 방제를 위해서는 다음과 같은 방제 예시를 들 수 있다(그림 20).

(가) 정식을 하기 전 시설 출입문과 외부에 방충망을 설치하되 이는 대상 해충인 나방류의 침입을 막기 위함이므로 적당한 크기의 선택이 필요하며(예, 5×4mm) 나방류는 대부분 출입문이나 방충망과 비닐 사이의 틈을 통하여 시설 내부로 유입되기 때문에 방충망을 설치 후 나방류가 유입될 수 있는 틈을 최소화 하는 것이 필수적이며, 특히 출입문 틈 관리에 유의한다.

월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
생육관리	온도관리 및 환기								
	※ 주간(25~28℃) 야간(18~20℃) 온도 유지								
해충관리						담배나방 및 담배겨세미나방 방제(포집기 설치)			
						담배나방 및 담배겨세미나방 방제(A, C, D등)			
						가무이 방제(E, AF)			
	민달팽이 방제(AS)								

[그림 20] 시설재배 친환경 고추 매뉴얼

(나) 나방류는 아니지만 정식 후 시설 내 따뜻한 온도와 적당한 수분으로 인해 민달팽이의 피해가 심각 할 수 있으므로(그림 21) 발견 즉시 달팽이 유인 트랩을 놓아두고 차나무추출제제를 주성분으로 한 농자재를 잎에 살포한다. 유인 트랩 내 유인제 주성분은 메틸알데히드 제품이 있는데 이는 친환경 농자재 성분이 아니므로 옆에 직접 살포 할 수 없으나 유인 트랩에 의한 유인으로 민달팽이를 포획하기는 하지만 취급에 주의하여야 한다. 대신 공시된 차나무추출제제를 잎에 살포하여 효과적인 민달팽이 방제가 가능하다. 특히 고인 물이나 습기가 높은 곳에 많이 발견되기 때문에 습기가 많은 관수시설 또는 수막 부근에 유인 트랩을 놓거나 꼼꼼하게 제제를 살포한다.



[그림 21] A, 민달팽이에 의한 피해엽; B, 민달팽이

(다) 보통 시설 고추 가해 나방류 중 담배나방 및 담배거세미나방은 6월에 발생이 시작되나 시설내의 경우에는 5월 하순경에 발생하기 시작 하는데 시설 내 따뜻한 온도의 영향으로 보다 빠른 시기에 발생할 수 있다. 나방류는 1세대 산란 후에는 개체가 급속히 증가하므로 첫 발생 성충에 대한 방제가 필수적이다. 발생 초기 방제를 위하여 해충 포집기로 성충을 포획하는 것이 필수적이다. 나방류 성충은 한번 산란을 할 때 적게는 수십에서 많게는 수백개의 알을 낳기 때문에 해충 포집기를 통한 성충 포획은 초기 방제에 매우 유용하며 짧은 기간이 아닌 지속적으로 성충을 포획하기 때문에 매우 효과적으로 방제를 할 수 있다. 그러므로 작물재배와 함께 해충 포집기를 설치하여 초기에 성충을 방제 한다.

(라) 나방류가 발생을 시작하는 5월 하순 이전부터 해충 포집기에 포획되는 성충을 확인하고 재배 작물의 지속적인 예찰을 실시하며 초기 방제시기를 결정하기 위한 정보를 지속적으로 수집하며 고추 가해 해충이 일정 빈도 이상 발생시 제시된 친환경 농자재를 사용한다.

(마) 담배나방, 담배거세미나방 및 파밤나방이 발생 최성기를 이루는 7월, 8월에 작물 재배시 이들 해충에 의한 심각한 수량감소를 초래한다. 7월 8월 고온기에 작물을 재배하지 않고 토양소독을 통하여 병해충 방제에 이용할 수 있다. 토양소독은 경운, 작은이랑 제작, 지표면 피복, 일시담수, 하우스밀폐, 하우스 개방과 피복제거 및 경작의 순서로 토양소독을 한다. 토양소독은 장마가 시작되기 1개월 전부터 준비를 하며 하우스밀폐 기간은 장마직후인 7월 하순부터 맑은 날이 많은 경우 4주 이상 적은 경우에는 5주 이상 처리한 후 가을 작기를 시작한다. 대부분의 경우 토양소독은 토양병 방제에 이용하였으나 해충 방제에도 이로움이 있다. 담배나방의 경우 7월 말부터 8월 중순까지 성충이 발생하여 알을 낳게 되면 8월 말부터 9월 초까지 고추 과실에 심각한 피해를 주기 때문에 이 시기에 작물재배를 피하고 대신 토양소독을 실시할 경우 가을 작기 동안 해충의 밀도를 크게 줄일 수 있는 장점이 있다. 그러나 배수 불량지역과 소독 후 비가 많이 와서 주변의 오염된 토양이 유입되는 경우 효과를 볼 수 없으므로 비교적 배수가 양호한 지역에서만 사용을 권장 한다.

(바) 고추 과실에 큰 피해를 주는 담배나방이 발생하면 고추 내부로 침입하여 식해하므로 친환경 약제를 살포하여도 약제가 담배나방 유충까지 도달하지 못하여 방제에 어려움이 따르며 일단 침입공이 생긴 고추는 상품성이 없을 뿐만 아니라 생육이 지연된다. 그러므로 해충 포

집기를 이용하여 작기 초기 발생 담배나방 성충을 포획하는 것은 차후 담배나방의 유충 피해를 줄일 수 있는 초기단계의 방제라 할 수 있다. 그러나 해충 포집기를 이용한 방제 역시 100% 완벽 할 수 없으므로 친환경 농자재와 혼용하여 방제를 하는 것이 보다 효과적으로 담배나방을 방제 할 수 있다. 담배나방은 대부분 잎의 앞 또는 뒷면에 골고루 알을 낳기 때문에 친환경 농자재 살포시 골고루 살포하도록 유의하여야 한다. 지속적인 친환경 농자재 살포는 담배나방의 제제 저항성을 유도 할 수 있으므로 제충국제제, 고삼제제 및 미생물제제를 순차적으로 사용한다. 친환경 농자재 살포 시기는 해충 포집기에 포획된 성충은 주기적인 예찰을 통해 5마리 이상의 담배나방 성충이 확인시 제충국제제를 살포하여 초기 방제를 실시한다. 주기적인 예찰을 통하여 10주당 4마리이상의 유충 발견시 친환경 제제 살포 후 48시간이 지난 후 예찰을 통하여 발생빈도를 확인하여 낮은 빈도의 유충이 발견시 제제의 사용을 억제한다. 고추 재배 중 갑작스런 유충 발생시 친환경 제제를 살포한다.

(사) 담배거세미나방과 파밤나방은 발생시기와 가해양상이 비슷하며 방제 방법 역시 유사하다. 다만 고추의 경우 담배나방과 달리 이들은 잎을 가해하는 차이점이 있다. 이들 역시 담배나방과 같이 발생 초기에 해충 포집기를 통하여 1차적으로 성충을 포획하여 초기 방제를 실시하며 해충 포집기에 포획된 성충의 수를 확인하고 예찰을 통하여 발생 정도를 파악한다. 유충 발견시 담배나방과 같이 제충국제제, 고삼제제 및 미생물제제를 교호 살포한다.

(아) 나방류는 아니지만 시설 고추에서 발생하는 주요한 해충으로 온실가루이와 담배가루이가 있다. 두 종 모두 약제 저항성이 뛰어나 조기 예찰이 필수적이고 주당 3마리의 성충이 발견될 시 고삼제제와 님제제의 약제를 살포하여 초기 방제를 실시한다. 성충과 약충은 잎 뒷면에 존재하므로 약제 살포시 잎 전체를 살포하되 잎 뒷면은 충분히 약제를 살포한다.

#### (6) 담배거세미나방의 지역적 유전변이 가능성 분석

친환경 농자재 실험 결과 고령의 담배거세미나방 유충은 저령에 비해 친환경농자재 살포에 의한 살충율이 현저히 저하되었고 이는 마치 다른 종의 담배거세미나방이 존재할 가능성이 있어보였다. 해충에 있어 이러한 cryptic species의 존재는 여러 종에서 보고되어 있는 실정이다. 그러므로 이러한 가능성을 확인하기 위하여 전남도 지역으로부터 채집한 담배거세미나방에 대한 유전분석을 실시하였다. 분석 유전자는 종의 확인을 위하여 사용되는 mitochondrial DNA의 COI 유전자 658bp를 사용하였으며 사용 유전자의 종별 식별을 위한 타당성은 이미 많은 연구에서 보고된 바 있다(Hebert 등, 2003; Lee 등, 2003; Li 등, 2006; Kim 등, 2008; Kim 등, 2009). 1차 염기서열 분석결과 담배거세미나방으로부터 3개의 haplotype을 얻었으며 이들의 최대염기서열 변이율은 단지 0.141%로 매우 낮아 담배거세미나방내에 이종, 유사종, 또는 특이 집단이 존재할 가능성은 매우 낮았다(그림 22). 즉, 이러한 결과는 앞선 친환경농자재를 이용한 사충율 분석결과가 이종의 존재 가능성으로 인한 것이 아니라는 점을 확인하게 한 결과이다.

				30				60
		T L Y	F I F	G I W A	G I V	G T S	L S L L	
COISL01 (SL1149)	AACATTATAT	TTTATTTTGG	GAATTGGAGC	AGGAATAGTA	GGAACCTCCT	TAAGTTTACT		
COISL02 (SL1168)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
COISL03 (SL1177)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
				90				120
		I R A	E L G	T P G S	L I G	D D Q	I Y N T	
COISL01 (SL1149)	AATTCGAGCT	GAATTAGGAA	CTCCAGGGTC	ATTAATTGGA	GATGATCAA	TTTATAATAC		
COISL02 (SL1168)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
COISL03 (SL1177)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
				150				180
		I V T	A H A	F I I I	F P I	V I P	I I I G	
COISL01 (SL1149)	TATTGTAACA	GCTCATGCTT	TTATTATAAT	TTTTTTTATA	GTTATACCTA	TTATAATGG		
COISL02 (SL1168)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
COISL03 (SL1177)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
				210				240
		G F G	N W L	V P L I	L G A	P D I	A F P R	
COISL01 (SL1149)	AGGATTGGGA	AATTGACTTG	TACCTTTAAT	ATTAGGAGCT	CCTGATATAG	CTTTCCACG		
COISL02 (SL1168)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
COISL03 (SL1177)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
				270				300
		L N N	I S F	W L L P	P S L	T L L	I S S R	
COISL01 (SL1149)	TTTAATAAAT	ATAAGTTTTT	GACTTTTACC	ACCTTCTTTA	ACCTTACTTA	TTTCAAGTAG		
COISL02 (SL1168)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
COISL03 (SL1177)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
				330				360
		I V E	N G A	G T G W	T V Y	P P L	S S N I	
COISL01 (SL1149)	AATTGTAGAA	AATGGAGCAG	GAACTGGATG	AACAGTTTAC	CCCCCCTCT	CCTCTAATAT		
COISL02 (SL1168)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
COISL03 (SL1177)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
				390				420
		A H G	G R S	V D L A	I F S	L H L	A G I S	
COISL01 (SL1149)	TGCTCATGGT	GGAAGATCAG	TAGATTAGC	TATTTTTTCC	CTTCACCTAG	CTGGAATTC		
COISL02 (SL1168)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
COISL03 (SL1177)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
				450				480
		S I L	G R I	H F I T	T I I	N I R	L N N L	
COISL01 (SL1149)	ATCTATTTTA	GGAGCTATTA	ACTTTATTAC	TACTATTATE	AATATACGAT	TAATAATTT		
COISL02 (SL1168)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
COISL03 (SL1177)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
				510				540
		S F D	Q I P	L F V W	A V G	I T V	F L L L	
COISL01 (SL1149)	ATCATTGGAT	CAAAATACCTT	TATTGTTTG	AGCTGTAGGA	ATTACTGCAT	TTTTATTATT		
COISL02 (SL1168)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
COISL03 (SL1177)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
				570				600
		L S L	P V L	A G A I	T T L	L T D	R N L N	
COISL01 (SL1149)	ATTATCTTTA	CCTGTTTETAG	CTGGAGCTAT	TACTATATTA	TTAACTGATC	GAATTTAAA		
COISL02 (SL1168)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
COISL03 (SL1177)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
				630				658
		T S F	P D P	A G G G	D P I	L Y Q	H F L	
COISL01 (SL1149)	TACATCATT	TTTGATCCAG	CAGGAGGAGG	TGACCCTATT	CTTTATCAAC	ATTTATT		
COISL02 (SL1168)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
COISL03 (SL1177)	.....	.....	.....	.....	.....	.....		

[그림 22] Sequence alignment of three mitochondrial haplotypes (designated as BARSL01, BARSL02, BARSL03) obtained from 658-bp COI gene sequence of *Spodoptera litura*. Only nucleotide positions that differ from haplotype BARSL01 are indicated. Corresponding amino acid sequences are also indicated on the top of nucleotide sequence of haplotype BARSL01.

다. 시설 싹채류 발생 해충의 친환경적 방제 매뉴얼 개발(4년차 주요 연구내용 및 결과)

들깨에 발생하는 대표적인 나방류로 들깨잎말이명나방(*Pyrausta nipoensis*), 담배거세미나방(*Spodoptera litura*) 및 파밤나방(*Spodoptera exigua*)이 있으며, 상추에는 파밤나방(*Spodoptera exigua*)과 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)을 들 수 있다.

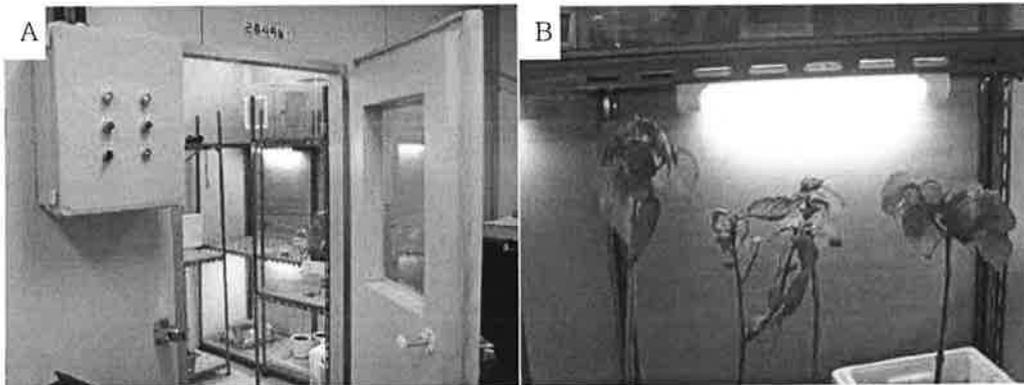
#### (1) 시설 싹채류 발생 해충의 채집 및 실내 누대 사육법 정착 및 생활사 연구

##### (가) 들깨잎말이명나방(*Pyrausta nipoensis*)의 실내 누대 사육법 정착

들깨잎말이명나방은 진딧물과 함께 들깨에 큰 피해를 주는 해충으로 알려져 있다. 성충의 앞날개는 황색 바탕에 적갈색 무늬가 특징적이며 앞 뒷면에 산발적으로 산란한다. 유충은 흑갈색에서 주홍색으로 변하며 거미줄을 쳐서 잎을 말아 섭식하며 심한 경우 들깨 엽병 및 줄기를 꺾어 잎을 고사케 한다. 성충은 5월 상순에서 10월 중순까지 연 3회 이상 발생하며, 발생 최성기는 8월 상순이다. 들깨잎말이명나방은 잎들깨에 큰 피해를 주며 무방제시 잎에서 48.5%의 피해율을 보인다고 알려져 있으므로(Choi 등, 2007) 방제가 반드시 필요한 실정이다.

##### ① 깨잎말이명나방의 실내 누대 사육

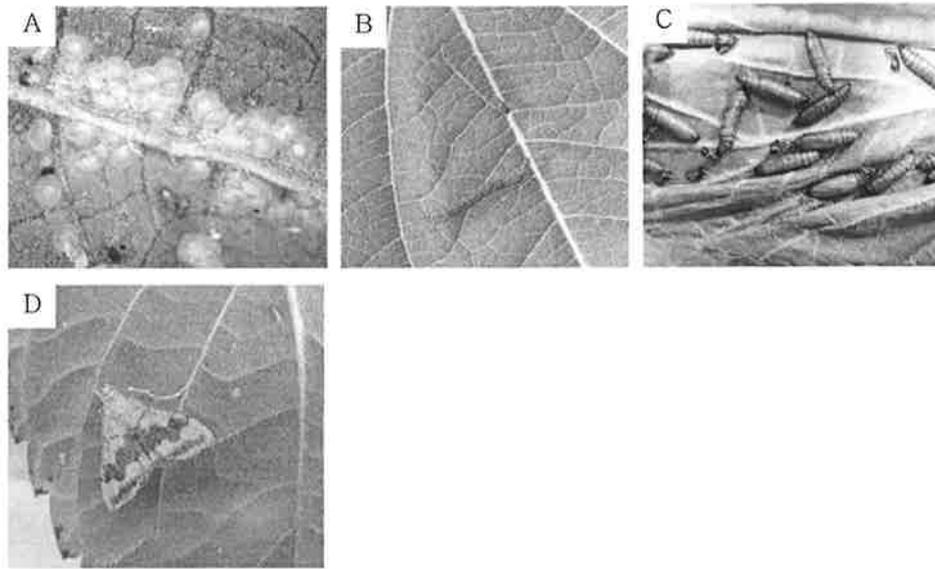
나주 남평읍 시설 잎들깨에서 들깨잎말이명나방 유충을 채집하여 곤충 분자계통분류 및 생태 연구실 곤충사육실에서 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건에서 사육하였다(그림 23A). 최초 채집된 유충은 잎들깨를 이용하여 성충으로 우화 시킨 후 잎들깨에 산란을 유도 하였고(그림 23B), 지속적인 누대 사육을 실시하였다.



[그림 23] A, 곤충사육실 전경; B, 재배중인 기주식물(들깨)

##### ② 들깨잎말이명나방 생활사 연구

야외에서 채집된 들깨잎말이명나방을 1세대 이상 실내에서 누대 사육 후 본 곤충사육실에서 잎들깨에 산란을 받은 후 잎들깨를 이용하여 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건에서 생활사를 확인 하였다. 들깨잎말이명나방 생활사는 그림 23에 나타내었으며, 20℃, 22.5℃, 25℃, 27.5℃ 및 30℃의 유충 발육 기간은 표 25, 각 태별 발육기간은 표 26에 나타내었다. 그 결과 온도가 높아짐에 따라 발육기간이 짧아짐을 확인 할 수 있었으며 Yanagida 등(1996)의 결과와 일치하였다.



[그림 24] 들깨잎말이명나방. A, 알; B, 유충; C, 번데기; D, 성충

[표 25] Mean±SD duration of larval period of *Pyrausta panopealis* under 20°C, 22.5°C, 25°C, 27.5°C, 30°C

Temp. (°C)	Duration (days±SD)									
	1 <sup>st</sup>		2 <sup>nd</sup>		3 <sup>rd</sup>		4 <sup>th</sup>		5 <sup>th</sup>	
	n	Mean±SD	n	Mean±SD	n	Mean±SD	n	Mean±SD	n	Mean±SD
20	35	6.4 ±0.82	28	3.5±0.69	23	4.2±0.96	17	4.8±0.60	14	7.9±0.83
22.5	36	4.6±0.84	30	3.4±0.73	26	2.9±0.65	20	2.9±0.55	15	5.5±0.92
25	38	4.0±0.23	32	2.0±0.25	27	1.9±0.13	23	1.8±0.49	21	3.4±0.51
27.5	40	3.5±0.64	33	1.4±0.75	33	1.7±0.53	25	2.1±0.82	25	3.1±0.70
30	20	3.0±0.00	17	1.0±0.17	15	2.1±0.28	12	2.0±0.14	12	3.1±0.58

[표 26] Development periods of *Pyrausta panopealis* on *Perilla frutescens* var. japonica Hara at 20°C, 22.5°C, 25°C, 27.5°C, 30°C in the laboratory

Temp. (°C)	Duration (days±SD)									
	Egg		Lavar		Prepupa		Pupa		Adult	
	n	Mean±SD	n	Mean±SD	n	Mean±SD	n	Mean±SD	n	Mean±SD
20	40	6.3 ±0.46	14	27.0±1.77	12	4.4±0.67	11	18.9±0.94	11	4.09±1.45
22.5	40	4.7±0.46	15	19.3±1.16	13	2.5±0.78	11	9.4±0.69	11	8.2±1.79
25	40	4.0±0.28	21	13.2±1.02	19	1.1±0.32	16	7.4±0.62	16	6.3±1.92
27.5	40	3.2±0.39	33	11.8±0.90	33	1.2±0.57	25	6.1±0.28	25	6.3±0.99
30	20	3.0±0.00	12	11.3±0.84	9	1.1±0.33	8	5.2±0.46	8	6.1±2.42

(나) 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)의 실내 누대 사육법 정착

담배거세미나방은 3장 1절의 과채류 발생 주요 해충의 채집 및 실내 누대 사육법 정착에서 자세히 기술하였다.

(2) 시판 친환경 농자재에 대한 실내검정

시설 잎들깨에 발생하는 들깨잎말이명나방에 유효하다고 알려진 친환경농자재 검정시험을 실시하였다. 검정대상 농자재는 전라남도 소재 친환경 농자재 판매처로부터 실질적으로 구입이 이루어진 농자재를 대상으로 하였다.

(가) 들깨잎말이명나방의 친환경 농자재 검정

들깨잎말이명나방의 실내 누대 사육 체계가 확립되어 배추좀나방, 담배거세미나방에 효과가 있다고 판단되는 10종을 선발하여 들깨잎말이명나방 3령 및 4령 유충에 대해 살충력 검정을 실시하였다(표 27). 먼저 친환경 농자재는 권장 농도로 준비한 후 누대 사육 중인 들깨잎말이명나방을 잎들깨에 접종 시킨 후 spray법으로 친환경 농자재를 처리하였다. 처리된 들깨잎말이명나방은 온도 25°C, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건으로 12시간에 한번씩 48시간동안 사충수를 조사하였다. 들깨잎말이명나방의 경우는 A, C, D, E, F, H, P 제품이 90% 이상의 살충력을 보여 방제 가능한 약제로 판단된다(표 28).

[표 27] 들깨잎말이명나방에 대한 친환경 농자재 목록

제품명	적용 범위	주성분
A	나방류	식물추출물
C	해충	식물추출물
D	나방류	식물추출물
E	각종 해충	식물추출물
F	각종 해충	식물추출물
H	배추좀나방, 진딧물, 응애 등	식물추출물
J	응애, 총채, 파밤나방, 거세미나방	식물추출물
M	총채벌레, 담배가루이 등	식물추출물
N	담배나방, 온실가루이 등	식물추출물
P	각종 해충	식물추출물 + <i>Bacillus cereus</i>
H <sub>2</sub> O		
Free		

[표 28] 들깨잎말이명나방에 대한 친환경 농자재 살충력 검정

Products	% mortality (± SD) after			
	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
A	96.7 ± 5.77a	96.7 ± 5.77a	96.7 ± 5.77a	96.7 ± 5.77a
C	93.3 ± 5.77a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a
D	93.3 ± 11.55a	96.7 ± 5.77a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a
E	96.7 ± 5.77a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a
F	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a
H	96.7 ± 5.77a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a
J	93.3 ± 5.77a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a
M	40.0 ± 10.00d	76.7 ± 11.55b	76.7 ± 11.55c	76.7 ± 11.55c
N	80.0 ± 0.0b	83.3 ± 5.77b	86.7 ± 5.77b	86.7 ± 5.77b
P	56.7 ± 15.28c	66.7 ± 5.77c	70.0 ± 0.0c	70.0 ± 0.0c
H <sub>2</sub> O	0.0 ± 0.0e	0.0 ± 0.0d	0.0 ± 0.0d	0.0 ± 0.0d
Free	0.0 ± 0.0e	0.0 ± 0.0d	0.0 ± 0.0d	0.0 ± 0.0d

### (3) 환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 시설 잎들깨 재배

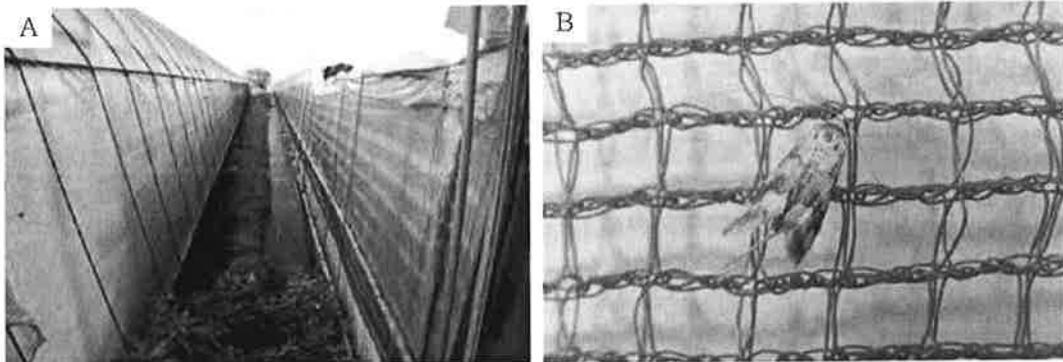
나방류의 방제를 위해 시설 출입구와 외측에 방충망을 설치해 최대한 해충의 접근을 막았으며 시설 내부에 자동온습도 제어장치를 설치해 환풍과 온습도 유지를 하였다. 보다 구체적인 내용은 3년차 연구결과에 자세히 기술하였다.

### (4) 시설재배 쌈채의 나방류 방제 전략 및 성과

시설재배 작물 중 들깨 및 상추의 나방류 방제 전략은 크게 물리적 방제와 친환경 농자재를 이용한 방제를 들 수 있다. 물리적 방제로는 방충망 및 해충 포집기 설치를 통한 방제를 들 수 있으며 친환경농자재에 의한 방제로는 살충력 검정을 통해 선발된 우수 농자재를 이용한 직접 살포 방제를 들 수 있다.

#### (가) 방충망 설치

방충망 설치시기는 작물을 정식하기 이전에 설치하므로 대상해충의 침입을 초기에 방제 할 수 있고 설치 장소는 출입문을 비롯하여 외측에 설치한다(그림 25). 방충망의 크기는 방제하고자 하는 해충인 들깨잎말이명나방, 담배거세미나방 및 파밤나방의 성충보다 크기보다 작아야 하지만 너무 작은 방충망을 사용하였을 경우 환기가 되지 않아 시설내의 온습도 조절의 어려움이 있으며 이로 인해 흰가루병에 취약하게 된다. 적당한 크기(예, 5×4mm)의 방충망을 설치하였을 경우(그림 25) 많은 유입 해충들을 효과적으로 방제할 수 있다. 특히 출입문쪽에 발생하는 틈 관리에 유의해야 한다.



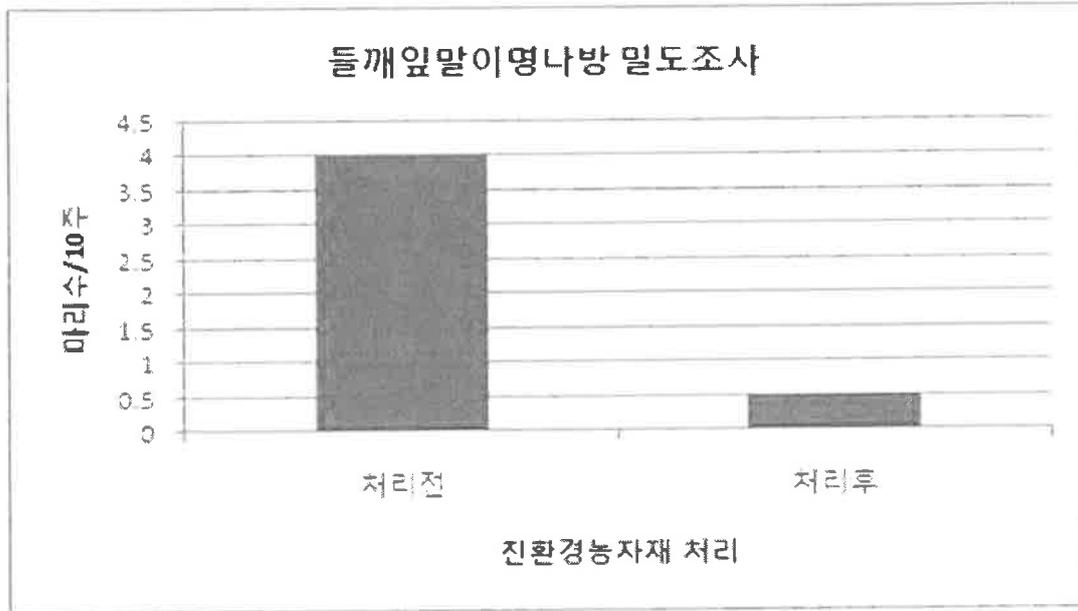
[그림 25] A, 시설 외측 방충망 설치; B, 대상해충보다 작은 방충망 크기

#### (나) 해충 포집기 설치

해충 포집기를 설치하기 위하여 우선은 방충망 설치가 필수적이다. 해충 포집기 설치하는 시설 내 월동 성충들을 포획하는 것을 목표로 한다. 해충 포집기에서 나오는 빛의 파장으로 해충들이 모이기 때문에 시설 외부에 방충망이 없을 경우 근거리로 부터 들깨를 가해하지 않은 해충들까지 집중적으로 포집기에 모여들 수 있으므로 예상치 못한 피해를 유발할 수 있다. 특히 성충은 많은 수의 알을 낳기 때문에 첫 발생 성충을 포획하는 것이 향후 유충에 의한 피해를 줄일 수 있는 최선의 방법이다. 해충 포집기 사이의 간격은 20m가 적당하며 가동시간은 성충의 활동이 왕성한 오후 8시부터 다음날 오전 6시 까지 가동하는 것이 효과적이다. 아울러 포획된 해충의 종류를 분석함으로써 해당 작기의 발생 해충을 가늠해 볼 수 있고 이에 대한 대비를 할 수 있다. 들깨잎말이명나방을 비롯하여 들깨잎에 발생하는 해충의 발생빈도가 낮은 시설에서는 작기 초기에 방충망 설치만을 권장하며 해충 다발생 시설은 방충망과 해충 포집기를

겸용하여 사용 할 것을 권장한다. 상추는 다른 작물과 달리 나방류 해충이 소량 발생하기 때문에 해충 포집기 설치보다는 정식 전 방충망 설치를 통하여 유입되는 해충들을 효과적으로 방제 할 수 있다. 해충의 다발생 시설에서 친환경 농자재만으로 방제를 하였을 때 일반 농약에 비하여 친환경농자재의 단가가 높은 관계로 방제비용이 많이 소요되므로 해충 포집기를 설치하여 방제비용의 절감 효과를 기대할 수 있다.

(다) 친환경 농자재를 이용한 나방류 방제



[그림 26] 들깨잎말이명나방의 친환경 농자재 처리 전, 후의 밀도 비교

나방류의 100% 완벽한 방제는 현실적으로 불가능 하지만 최대한의 방제를 위하여 물리적 방제와 함께 친환경 농자재를 살포함으로써 더욱 효과적인 방제가 가능하다. 고시된 친환경 농자재 중 나방류의 방제에 이용 가능한 친환경 농자재를 선별한 바 있는데, 이들은 실내 누대 사육중인 나방류들을 대상으로 실내검정을 실시한 결과 90% 이상의 살충력이 있는 친환경 농자재를 선별한 바 있다. 1차적으로 선발된 이들 농자재를 실외 포장에서 적용한 바 여전히 높은 효과를 보이는 농자재를 최종적으로 선발하였다. 선발된 농자재는 예찰을 통하여 대상 해충의 발생 초기 방제를 위해 살포하고, 해충 포집기가 설치된 시설은 포획된 나방류 해충 종을 확인한 후 해당종이 발생할 경우 해당 농자재를 살포하여 해충 방제를 수행한다. 실내검정을 통해 선발된 친환경농자재를 해충포집기가 설치되지 않은 시설에서 농자재 처리 전후 들깨잎말이명나방 유충수 변화를 관찰하였다. 친환경 농자재 처리 전 10주당 4마리의 들깨잎말이명나방 유충이 관찰되었으나 친환경 농자재 살포 2일 후 10주당 들깨잎말이명나방 유충이 0.5마리로 현저하게 줄어들며 많은 사충들을 확인 할 수 있었다(그림 26, 27). 그러므로 초기 예찰에 의해 해당 친환경 농자재를 살포 할 경우 나방류 유충에 의한 피해는 크게 감소 할 것이라고 판단되며 다발생 시설에서는 해충 포집기와 겸용하여 사용하면 효과적으로 방제할 수 있다.



[그림 27] 들깨잎말이명나방 사충

(5) 시설 쌈채의 나방류 방제 매뉴얼

시설재배 들깨에 발생하는 나방류의 무농약 재배를 위하여 앞서 언급된 방충망 설치, 해충 포집기 설치 및 친환경 농자재등을 이용한 효과적인 나방류 방제를 위해서는 다음과 같은 방제 예시를 들 수 있다(그림 28).

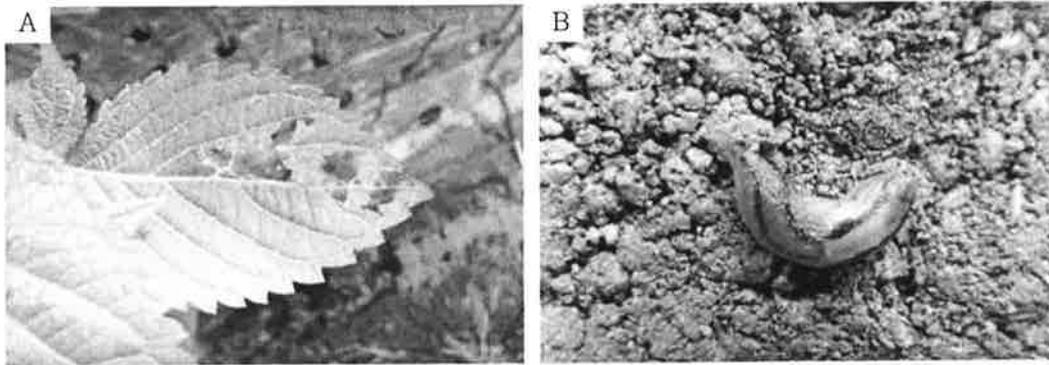
월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월
상속관리	온도관리 및 환기								
	* 주야간(18~30℃) 온도 유지								
해충관리	방충망 설치								
	해충 포집기 설치 (사용시간: 20시 ~ 6시)  들깨잎말이나방, 담배거세미나방 (제제명: A, D 등)								
	민달팽이(달뚱이, 썩어썩)								

[그림 28] 시설재배 친환경 들깨 매뉴얼

(가) 정식을 하기 전 시설 출입문과 외부에 방충망을 설치하되 이는 대상 해충인 나방류의 침입을 막기 위함하므로 적당한 크기의 선택이 필요하며(예, 5×4mm) 나방류는 전년도 월동 개체와 함께 출입문이나 방충망과 비닐 사이의 틈을 통하여 시설 내부로 유입되기 때문에 방충망 설치 후 나방류가 유입될 수 있는 틈을 최소화 하는 것이 필수적이며, 특히 출입문 틈 관리에 유의한다.

(나) 나방류는 아니지만 정식 후 시설 내 따뜻한 온도와 적당한 수분으로 인해 민달팽이의 피해가 심각 할 수 있으므로(그림 29) 발견 즉시 달팽이 유인 트랩을 놓아두고 차나무추출제제를 주성분으로 한 농자재를 옆에 살포한다. 유인 트랩 내 유인제 주성분은 메틸알데히드 제품이 있는데 이는 친환경 농자재 성분이 아니므로 옆에 직접 살포 할 수 없으나 유인 트랩에 의한 유인으로 민달팽이를 포획 할 수 있지만 취급에 주의하여야 한다. 대신 공시된 차나무추출

제제를 잎에 살포하여 효과적인 민달팽이 방제가 가능하다. 특히 고인 물이나 습기가 높은 곳에 많이 발견되기 때문에 습기가 많은 관수시설 또는 수막 부근에 유인 트랩을 놓거나 꼼꼼하게 제제를 살포한다.



[그림 29] A, 민달팽이에 의한 피해잎; B, 민달팽이

(다) 시설 들깨 가해 나방류 중 들깨잎말이명나방 및 파밤나방은 6월에 발생이 시작되나 시설내의 경우에는 5월 하순경에 발생하기 시작 하는데 시설 내 따뜻한 온도의 영향으로 보다 빠른 시기에 발생할 수 있다. 나방류는 1세대 산란 후는 개체가 급속히 증가하므로 첫 발생 성충에 대한 방제가 필수적이다. 발생 초기 방제를 위하여 해충 포집기로 성충을 포획하기도 하며, 친환경 농자재를 통한 방제를 한다. 나방류 성충은 한번 산란을 할 때 적게는 수십에서 많게는 수백개의 알을 낳기 때문에 해충 포집기를 통한 성충 포획은 초기 방제에 매우 유용하며 짧은 기간이 아닌 지속적으로 성충을 포획하기 때문에 매우 효과적으로 방제를 할 수 있다. 그러나 해충발생이 많지 않은 시설에서는 포집기 사용을 억제하고 다발생 시설에서는 필수적으로 해충 포집기를 설치하여 발생 초기 해충을 방제 한다.

(라) 들깨잎에 큰 피해를 주는 들깨잎말이명나방이 발생하면 신초에 실을 풀어 잎을 말고 그 속에서 식해하므로 친환경 약제를 살포하여도 약제가 들깨잎말이명나방 유충까지 도달하지 못하여 방제에 어려움이 따르며 신초에 유충피해를 입으면 그 즉시 상품성이 없을 뿐만 아니라 생육이 지연되므로 나방류 다발생 시설에서는 5월 하순 이전부터 해충 포집기에 포획되는 성충을 확인하거나 주기적인 예찰을 통하여 초기 방제시기를 결정하기 위한 정보를 수집하다. 그러므로 해충 포집기와 친환경 농자재를 혼용하여 방제를 하는 것이 보다 효과적이다. 들깨잎말이명나방은 대부분 잎의 뒷면에 알을 낳지만 부화하면 앞, 뒷면에 유충이 모두 발생하기 때문에 친환경 농자재 살포시 골고루 살포하도록 유의하여야 한다. 지속적인 친환경 농자재 살포는 들깨잎말이명나방의 제제 저항성을 유도 할 수 있으므로 제충국제제, 고삼제제 및 미생물제제를 순차적으로 사용한다. 친환경 농자재 살포 시기는 주기적인 예찰을 통하여 10주당 4마리 이상의 유충 발견시 친환경 제제 살포 후 48시간이 지난 후 예찰을 통하여 발생빈도를 확인하여 낮은 빈도의 유충이 발견시 제제의 사용을 억제하며, 들깨 재배 중 갑작스런 유충 발생시 친환경 제제를 살포한다.

(마) 시설재배 상추에 발생하는 나방류는 파밤나방과 담배거세미나방이 주요 해충으로 알려

져 있지만 발생량이 적거나 발견되지 않는 경우가 많다. 그러므로 상추 재배시 정식 전 외측의 방충망 설치를 통하여 시설 내부로 해충의 유입을 막는 것이 가장 효과적인 방법이다. 그러나 갑작스런 파밤나방 및 담배거세미나방의 유충 발생시 신속하게 친환경 농자재를 살포하여 방제하는 것이 효과적이다.

(바) 담배거세미나방과 파밤나방은 발생시기와 가해양상이 비슷하며 방제 방법 역시 유사하다. 들깨잎말이명나방과 같이 발생 초기에 해충 포집기를 통하여 1차적으로 성충을 포획하여 초기 방제를 실시하며 해충 포집기에 포획된 성충의 수를 확인하고 예찰을 통하여 발생 정도를 파악한다. 포집기가 설치되지 않은 시설에서는 10주당 4마리의 유충 발견시 들깨잎말이명나방과 같이 제충국제제, 고삼제제 및 미생물제제를 교호 살포하며 지속적인 제제의 살포는 저항성을 유도할 수 있으므로 친환경 제제 살포 후 48시간이 지난 후 예찰을 통하여 발생빈도를 확인하여 낮은 빈도의 유충이 발견시 제제의 사용을 억제하며, 재배 중 갑작스런 유충 발생시 친환경 제제를 살포한다.

#### (6) 들깨잎말이나방의 유전변이 가능성 분석

나방의 경우 저령에 비해 고령의 친환경농자재에 의한 살충율이 매우 다른 연구 및 관찰 결과가 확인되어 혹 발견되지 않은 cryptic species의 존재 가능성을 확인하고자 하였다. 전년도 담배거세미나방도 이러한 측면의 확인 차원에서 소수지만 지역적 또는 집단내 유전적 변이 여부를 확인하기 위하여 관련 DNA 영역을 분석하였으나 그러한 가능성은 없는 것으로 확인하였다. 그러나 들깨잎말이나방 역시 동일한 나방류로 최소한의 개체를 이용하여 이러한 가능성을 확인하였다(그림 30). 그러나 우려와는 달리 이종으로 확인될 정도의 유전적 변이는 발견되지 않았다. 비롯 분석결과 종내 큰 변이나 지역적 변이 가능성에 대한 심도있는 분석이 이루어지지 않는 않지만 국내 발생 나방류에서 이러한 현상이 발견될 수 있다는 보고가 있으므로 이에 대한 예비적인 연구는 현 친환경농자재의 감수성을 판단하는 중요한 참고자료라고 판단된다.

```

1 AACCTTATATTTTATTTTGGAAATTTGAAGAGGAATAGTGGGAACATCTTTAAGTTTATTA
1 T L Y F I F G I W S G M V G T S L S L L
62 ATTCGAATGGAATTAGGAAATCCTGGATCATTAAATCAGAGATGATCAAATTTATAATACA
21 I R M E L G N P G S L I S D D Q I Y N T
122 ATTGTAAACAGTCATGCATTTATTATAATTTTATGTAATACCTATTATAATTGGA
41 I V T A R A F I M I F F M V M P I M I G
182 GGATTTGGAAATTGATTAGTGCCTTAAATATAGGGGCCCTGACATAGCTTCCACGA
61 G F G N W L V P L M L G A P D M A F P R
242 ATAAATAACATAAGATTTTGATTATTACCCCTTCCTTAACTTTACTTATGTCAAGAAGA
81 M N N M S F W L L P P S L T L L M S S S
302 ATTGTGAAAATGGTGCAGGAACGGATGAACTGTTTACCCCTCTTTCATCTAATATT
101 I V E N G A G T G W T V Y P P L S S N I
362 GCTCATGGAGGAAGATCCGTCGATTTAGCAATTTTCTTTACATTTAGCTGGAATTTCA
121 A H G G S S V D L A I F S L H L A G I S
422 TCAATTTTAGGTGCAATTAATTTTATTACAACAATTATCAATATACGAATTAATGGATTA
141 S I L G A I N F I T T I I N M R I N G L
482 TCGTTTGACCAAATACCTTTATTTGTATGAGCGGTAGGAATACAGCATTATTATTATTA
161 S F D Q M P L F V W A V G I T A L L L L
542 CTTTCTTTACCTGTATTAGCAGGAGCTATTACTATATTACTCACAGATCGAAATTTAAAT
181 L S L P V L A G A I T M L L T D R N L N
602 ACATCCTTTTGTATCCTGCGGGAGGGGAGATCCTATTCTTTATCAACACTTATTT
201 T S F F D P A G G G D P I L Y Q H L F

```

[그림 30] Sequence of the 658-bp mitochondrial COI gene of *Pyrausta panopealis*.

라. 벼 발생 해충의 친환경적 방제 매뉴얼 개발(5년차 주요 연구내용 및 결과)

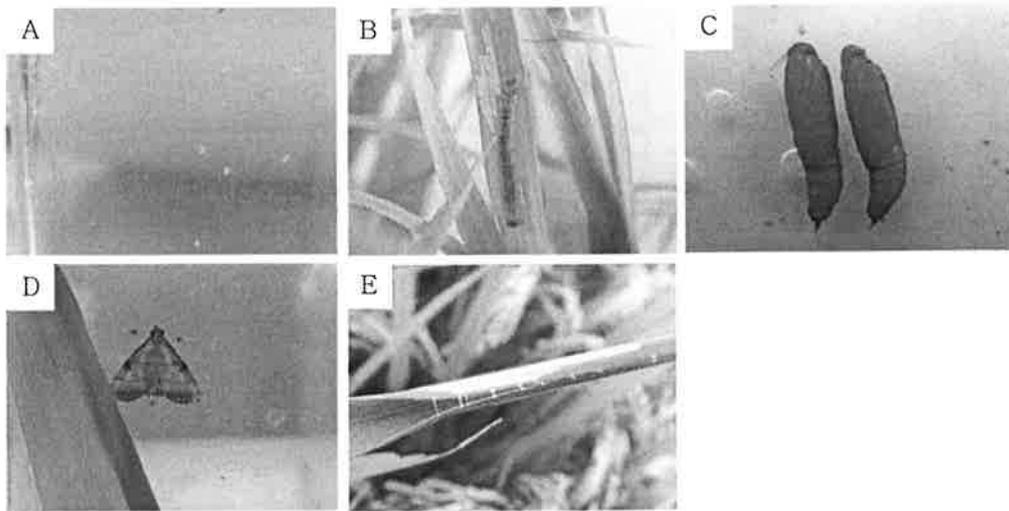
(1) 시설 쌀채류 발생 해충의 채집 및 실내 누대 사육법 정착 및 생활사 연구

벼에 발생하는 대표적인 해충으로 흑명나방(*Cnaphalocrocis medinalis*), 벼물바구미(*Lissorhophotrus oryzophilus*), 벼멸구(*Nilaparvata lugens*) 및 줄점팔랑나비(*Parnara guttata*)등이 많이 발생하나 본 연구에서는 흑명나방과 줄점팔랑나비의 관리에 대하여 집중적으로 설명하고자 한다.

(가) 흑명나방(*Cnaphalocrocis medinalis*)의 실내 누대 사육법 정착

흑명나방은 6-7월에 벼멸구처럼 중국에서 비래하는 해충으로 벼, 옥수수 등 화본과 식물에 피해를 준다. 성충의 몸길이는 약 11mm 정도이며 암컷 한 마리당 80-90개 정도의 알을 낳개로 산란한다(그림 31A). 유충은 벼 잎을 세로로 말아서 원통형을 만든 후 그 속에서 엽을 섭식하여 등숙과 수량에 영향을 미친다(그림 31B). 발생최성기는 7월 하순에서 9월 중순까지 지속적으로 발생한다(Kim 과 Choi, 1984; Choi, 1973)

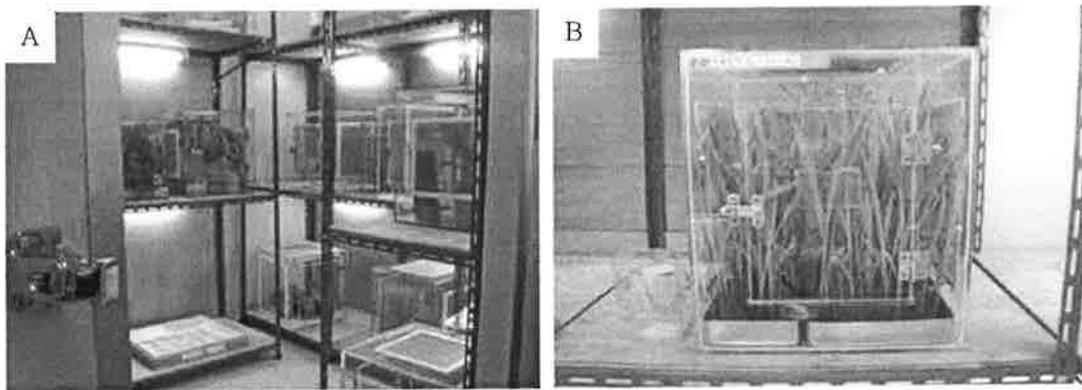
흑명나방에 의한 피해는 성충에 의한 피해보다는 유충에 의한 피해가 심각하며 벼 잎을 세로로 말아 그 속에서 생활하고 가해하기 때문에 유충 발견이 어렵고 약제를 살포 하더라도 약제 접촉이 어렵기 때문에 방제에 큰 어려움이 있다(그림 31E). 특히 유충 한 마리는 5-6개 정도의 벼 잎을 가해하므로 다 발생시 큰 피해를 준다. 2차적으로 값이 먹은 부위는 갈변 현상으로 인하여 수확량 감소에 영향을 미친다.



[그림 31] 흑명나방. A, 알; B, 유충; C, 번데기; D, 성충; E, 피해엽

① 흑명나방(*Cnaphalocrocis medinalis*)의 실내 누대 사육

전라남도 나주시 남평읍 공동 포장에서 흑명나방 성충을 채집하여 곤충 분자계통분류 및 생태 연구실 곤충사육실에서 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건에서 사육하였다(그림 32A). 최초 채집된 성충은 10% 설탕물을 공급하여 옥수수에 산란을 유도하였고(그림 32B), 옥수수를 기주로 하여 지속적인 누대 사육을 실시하였다.



[그림 32] A, 곤충사육실; B, 흑명나방 산란 유도

(2) 시판 친환경 농자재에 대한 실내검정

벼에 발생하는 흑명나방에 유효하다고 알려진 친환경농자재 검정시험을 실시하였다. 검정 대상 농자재는 전라남도 소재 친환경 농자재 판매처로부터 실질적으로 구입이 이루어진 농자재를 대상으로 하였다.

(가) 흑명나방의 친환경 농자재 검정

흑명나방의 실내 누대 사육 체계가 확립되어 농청진흥청에 공시된 3종의 친환경 농자재 선발하여 흑명나방 알에서의 대해 살충력 검정을 실시하였다. 먼저 친환경 농자재는 권장 농도로 준비한 후 누대 사육 중인 흑명나방 성충을 통하여 알을 받은 후 처리구별 30개의 알을 spray법으로 친환경 농자재를 처리하였다. 처리된 흑명나방 알은 온도 25℃, 습도 60-70%, 광주기 16L:8D 조건으로 알

에서 부화수와 사충수를 조사하였다. 그 결과 대조구와 친환경 농자재 모두 부화 하였으나 A, B 친환경 농자재는 높은 사충수를 보였다(표 29). 그러나 반복수가 없어 통계적 수치는 나타내지 못하였다.

[표 29] 흑명나방에 대한 친환경 농자재 목록, 부화수 및 사충수

순번	제품명	부화수	유충 사충수	유충 생충수
A	다이나	28	24	3
B	바이혹	26	19	7
C	흑맹이	26	9	17
D	물처리	28	3	25
E	무처리	27	1	28

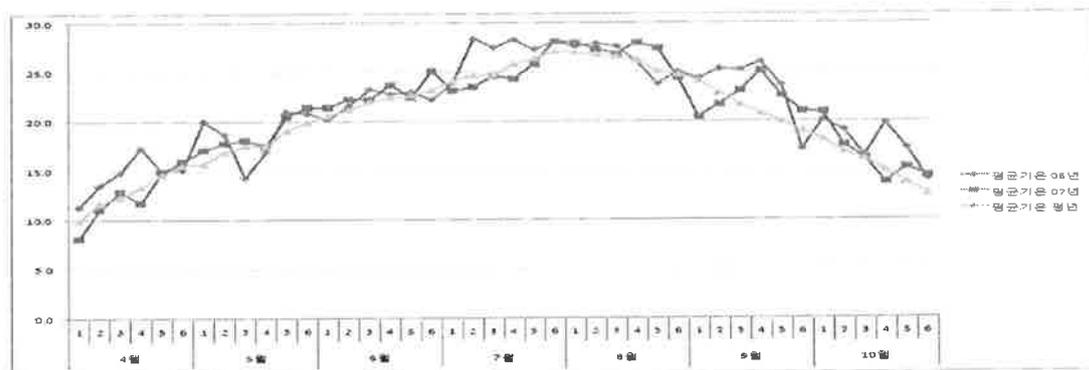
### (3) 친환경 농자재를 이용한 흑명나방 및 줄점팔랑나비 관리

#### (가) 예찰 및 컨설팅

벼에 발생하는 흑명나방 및 줄점팔랑나비의 친환경 농자재를 통한 방제를 위하여 나주 지역 유기 재배 2농가, 무농약 재배 5농가를 포함하여 총 7개 농가를 대상으로 7월부터 9월까지 9회 예찰 컨설팅을 하였다.

#### (나) 예찰 및 컨설팅 결과

흑명나방과 줄점팔랑나비의 다 발생시기인 7월-9월까지 평균기온, 일조시수 및 강수량에 대하여 기상청 자료를 토대로 조사하였다(그림 33).



[그림 33] 4월-10월까지 2007년, 2008년 평년 평균기온

[표 30] 친환경 벼 재배농가 흑명나방 및 줄점팔랑나비 예찰 결과

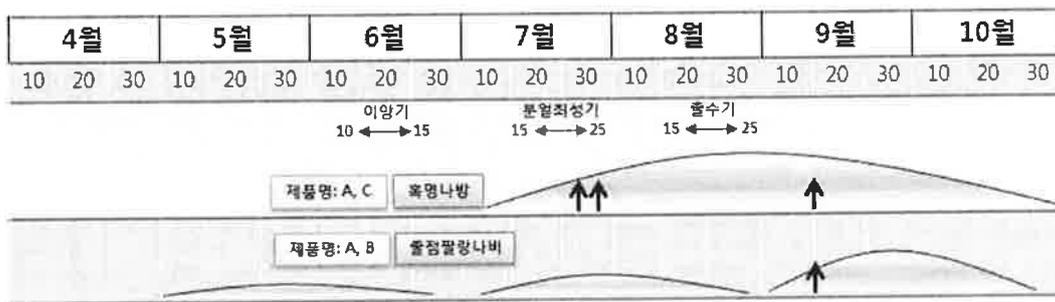
농가	재배유형	품종	이앙일 (월, 일)	날짜		흑명나방	줄점팔랑나비
				월	일		
A	유기농 재배	호품	6. 13	7	1		
					8		
					21	+	
				8	1		
					11	+	+
					20	+	+
				9	1	+	
					10		
					29		
B	유기농 재배	호평	6. 21	7	1		
					8		
					21		
				8	1	+	
					11	+	
					20	++	
				9	1	++	
					10	+++	
					29	+++	
C	무농약 재배	일미	6. 18	7	1		
					8		
					21	+	
				8	1	+	
					11	+	
					20	+	
				9	1	++	
					10		
					29		
D	무농약 재배	일미	6. 15	7	1		
					8	+	
					21	+	
				8	1	+	
					11	+	
					20	++	
				9	1	++	
					10	++	
					29		
E	무농약 재배	히노히까 리	6. 12	7	1		
					8		
					21	+	
				8	1	+	±
					11	+	
					20	++	
				9	1		
					10		
					29		
F	무농약 재배	일미	6. 14	7	1		
					8		
					21	+	
				8	1	+	±

G	무농약 재배	동진 1호	6. 2	9	11	+	
					20	+	
					1	++	
					10		
					29		
					1		
				7	8		
					21	+	
					1	+	
				8	11	+	
					20	++	
					1	++	
9	10						
	29						

± 극소, +소, ++ 중, +++ 다, ++++ 심

예찰 결과와 기상자료를 비교한 결과 흑명나방은 기온이 높아지는 7월 중하순부터 거의 모든 농가에서 발생하였으며 8월에 이르러 거의 모든 농가에서 상당히 많이 발생하여 9월까지 지속되는 경향이 있었다. 특히 일부 유기농 농가에서는 극심하게 발생되기도 하였다(표 30). 흑명나방은 비래한 후 기온이 높아지는 시기에 발생하므로 7월초 주기적인 예찰로 초기 방제를 요한다. 줄점팔랑나비는 거의 모든 농가에서 작기 동안 전혀 발견되지 않았으나 일부 유기농 농가에서 기온이 높아지는 8월 초중순에 소량 발생을 하였으나 8월 중순 이후에 발견되지 않았다(표 30). 일부 무농약 재배 농가 역시 8월 상순에 극소량이 발견되었으나 8월 중순 이후에 발견되지 않았다(표 30). 줄점팔랑나비는 5월부터 발생을 시작하지만 8월 이후에 다소 많은 개체가 발견되지만 실질적으로 발생량이 적기 때문에 방제를 요하는 수준은 아니다. 하지만 간헐적으로 다발생 할 수 있으므로 지속적인 예찰을 통하여 다발생시 초기 방제를 요한다.

(4) 논 발생 흑명나방 및 줄점팔랑나비 방제 매뉴얼



[그림 34] 논 발생 주요 해충의 방제 매뉴얼

논 발생 주요 해충인 흑명나방, 벼 물바구미, 벼멸구 및 줄점팔랑나비의 중 흑명나방과 줄점팔랑나비의 방제를 위하여 고시된 친환경체제를 통한 방제 매뉴얼은 다음과 같다(그림 34).

(가) 논 발생 주요 해충인 흑명나방과 줄점팔랑나비의 방제를 위하여 가장 중요한 점은 기온이 높아지는 7월 초부터 주기적인 예찰을 통해 발생 정도를 확인 한다. 흑명나방은 7월 중순

부터 점차 개체수가 증가하며 줄점팔랑나비는 5월부터 발견되기는 하지만 발생 개체수가 많지 않고 9월에 간헐적으로 일부 포장에서 다 발생 한다(그림 34).

(나) 흑명나방과 줄점팔랑나비의 발생량에 따라 친환경 농자재 살포시기를 결정한다. 본 매뉴얼에서는 흑명나방 발생시 7월 중하순에 2회 살포 후 예찰을 통하여 발생량에 따라 추가 방제시기를 결정하고 9월 발생 정도에 따라 9월 초순에 농자재 살포를 한다(그림 32). 그리고 줄점팔랑나비는 발생 정도에 따라 9월 초순에 1회 살포 하거나 소수 발생시 친환경 농자재를 살포하지 않도록 함으로 자재 의존도를 줄여 나가도록 한다.

(다) 농자재 살포시 동일한 제제를 지속적으로 사용할 시 대상해충의 제제 저항성을 유도하므로 제충국제제 및 고삼추출물제제를 효과적으로 혼용하여 사용한다.

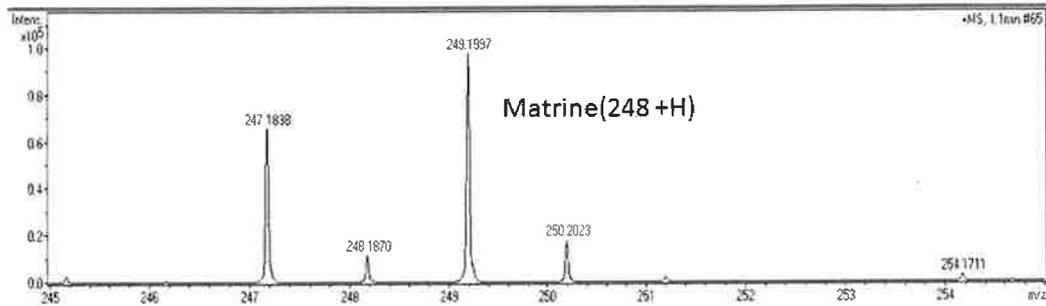
(5) 선발된 우수 농자재에 대한 성분분석

온실가루이, 담배가루이, 담배나방, 들깨잎말이명나방 및 흑명나방의 실내 검정실험을 통해 확인된 살충능력이 우수한 친환경 농자재 11종(중복제외)의 목록은 표 32와 같다.

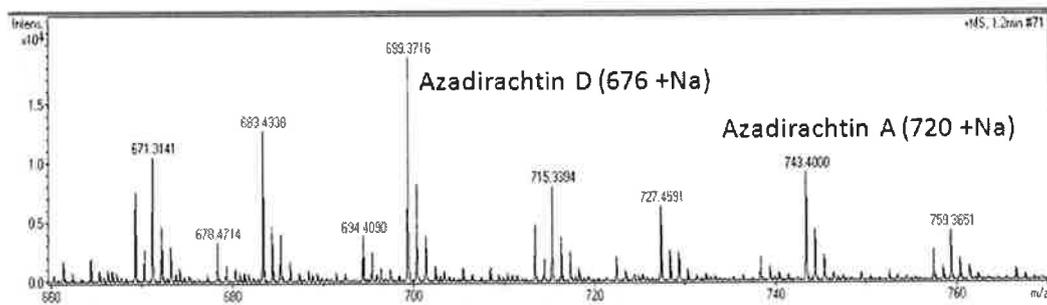
[표 32] 살충력 검정된 친환경 농자재 목록 및 성분

대상 해충	친환경 농자재 제품명	살충능력	제조회사	예상 성분
담배가루이, 온실가루이 약충 (3종)	E	60% 이상	경농	고삼
	S		팜스코리아	미생물제제 ( <i>Bacillus cereus</i> )
	AF		고려바이오	넙추출물
담배나방 유충 (6종)	A	60% 이상	비아이지	고삼
	C		동부한농	고삼
	D		팜스코리아	식물추출물
	E		경농	고삼
	F		경농	멀구슬+고삼추출물
	J		납보	식물추출물
들깨잎말이 명나방 유충 (7종)	A	90% 이상	비아이지	고삼
	C		동부한농	고삼
	D		팜스코리아	식물추출물
	E		경농	고삼
	F		경농	멀구슬+고삼추출물
	H		비아이지	고삼+넙오일
	P		팜스코리아	천연식물추출물 + <i>Bacillus cereus</i>
흑명나방 알 (2종)	A	통계적 결과 없음	비아이지	고삼
	AQ		KG바텍	천연추출물

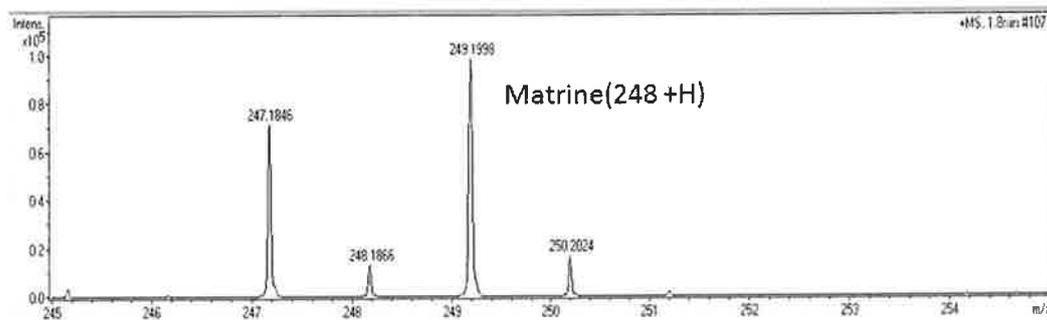
(가) 우수 친환경 농자재 성분분석 결과는 그림 34와 같다. 미생물제제를 제외한 식물추출 제제 8종에 대하여 성분분석 결과 E 제품(고삼), AF 제품(넙추출물), A 제품(고삼), C 제품(고삼), F 제품(고삼), H 제품(넙추출물+고삼) 및 D 제품(넙추출물+고삼)으로 검출성분이 확인되었으나(그림 34, A-G), AQ 제품은 넙추출물+고삼+니코틴이 추출되었다(그림 34, H). 니코틴은 친환경 농자재로 사용하기 적합하지 않으므로 AQ 제품의 사용을 제한할 것을 권장하는 바이다.



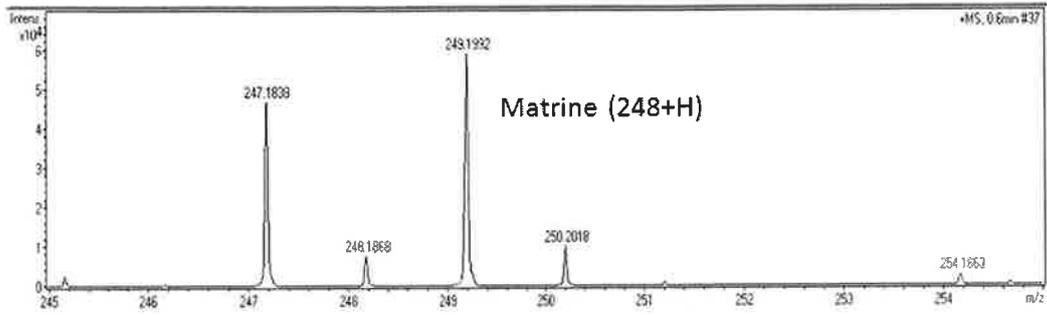
(A) E 제품



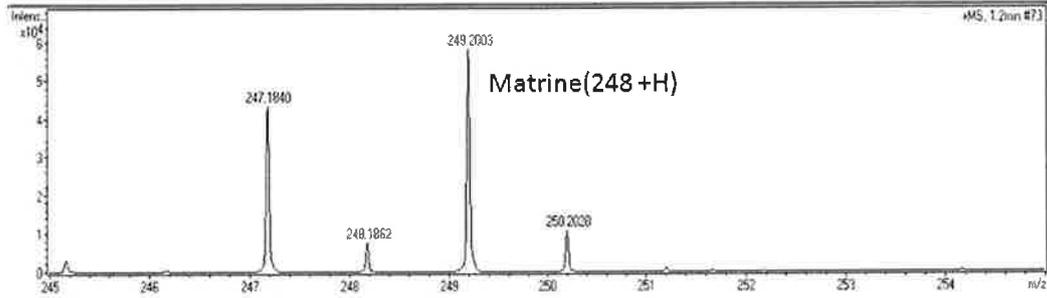
(B) AF 제품



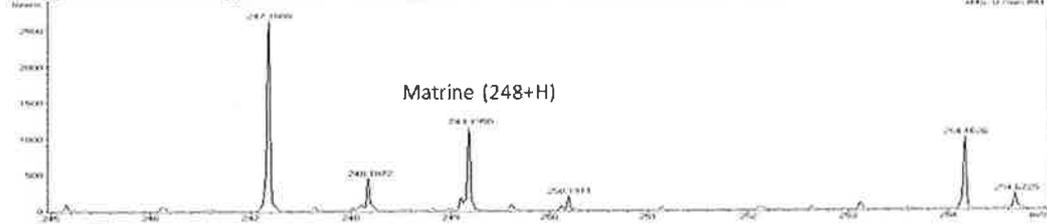
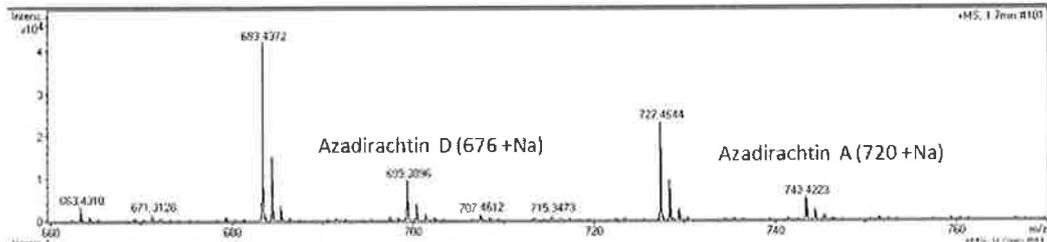
(C) A 제품



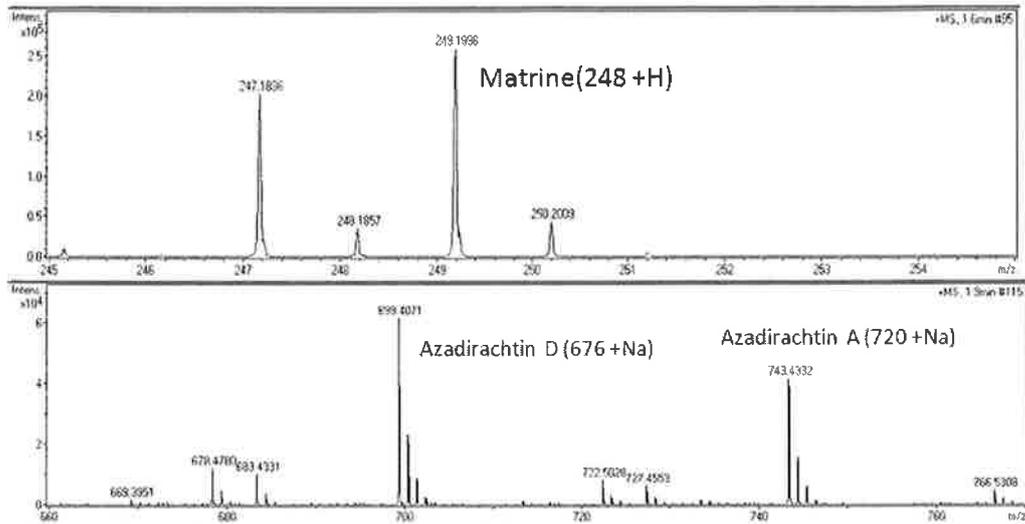
(D) C 제품



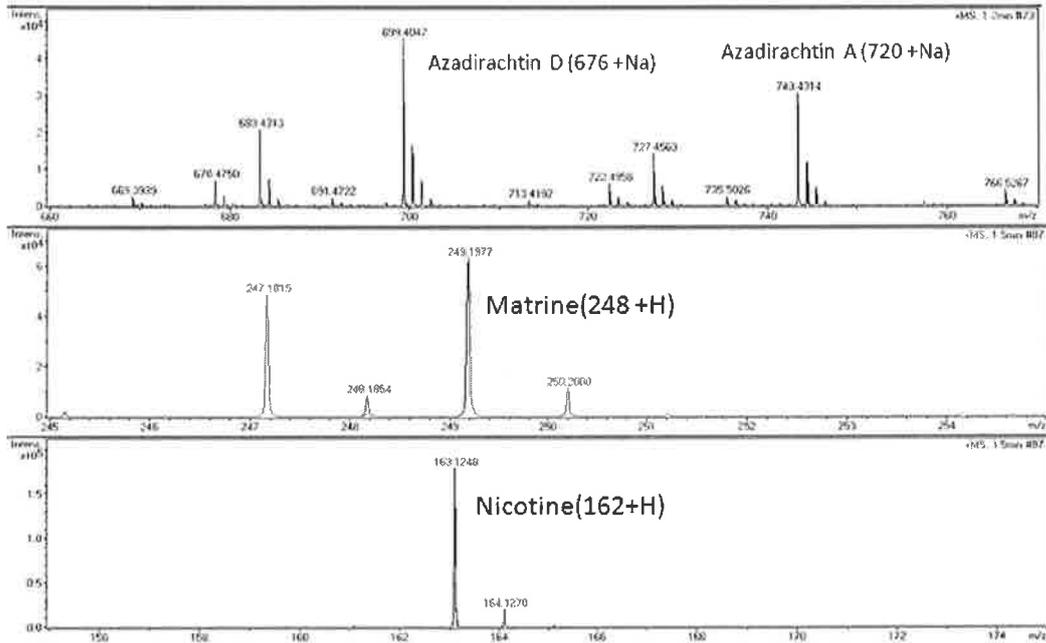
(E) F 제품



(F) H 제품



(G) D 제품



(H) AQ 제품

[그림 35] 우수 친환경 농자재 성분 분석 결과. 농자재 품명은 (A) E 제품; (B) AF 제품; (C) A 제품; (D) C 제품; (E) F 제품; (F) H 제품; (G) D 제품 및 (H) AQ 제품. 검출 성분은 Matrine, 고삼; Azadirachtin A & D, nim 오일 및 Nicotine, 니코틴.

## 제 4 절 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

### 1. 평가의 착안점 및 기준

구분	연도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
2차 년도	2006	주요 과채류 해충의 실내 누대사육법 정착	30 %	과채류 해충 3종 이상의 실내 계대사육 시스템이 확립되었는가?
		시판 과채류 병해충 방제용 친환경 농자재에 대한 실내 검정	40 %	시판 친환경 농자재 20종 이상을 분석하였는가?
		과채류 재배 농가에서의 해충 발생 예찰	15 %	주기별 과채류 재배 농가에 대한 해충발생을 모니터링하였는가?
		해충발생 농가에 대한 적정 친환경적 방제 매뉴얼 보급	15 %	예찰결과에 따라 조기, 적정 친환경적 방제법에 대한 매뉴얼을 보급·처방하였는가?
3차 년도	2007	시설고추 발생 나방의 실내 누대사육법 정착	20 %	시설고추 발생 나방류 및 가루이 1종 이상의 실내 계대사육 시스템이 확립되었는가?
		담배거세미나방에 대한 유전분석	15 %	담배거세미나방에 대한 유전자 염기서열 분석 및 집단유전적 분석에 의한 해당 개체군의 특성 분석이 제시되었는가?
		담배거세미나방에 대한 영별 농자재 검정	10 %	1차년도 선발된 우수 친환경 농자재에 대한 담배거세미나방의 영별 효과 검정이 이루어 졌는가?
		가루이 및 나방류에 대한 친환경 농자재 검정	10 %	전남도 시판 친환경 농자재 20종 이상에 대한 분석이 이루어졌는가?
		시설 고추 재배 농가에서의 해충 발생 예찰	10 %	주기별 시설 고추 재배 농가에 대한 해충발생을 모니터링하였는가?
		환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 시설 고추 재배	20 %	2번의 고추 작기 동안 관행구(농약 처리) 및 친환경 농자재 이용 무농약구(처리구)의 친환경 농업의 유용성 분석이 이루어졌는가?
		시설 고추의 친환경적 방제 매뉴얼 개발 및 적용	15 %	궁극적으로 친환경 농업 실천 기본 매뉴얼이 작성되었는가?
4차 년도	2008	시설 쌈채류 발생 주요 해충의 실내 누대사육법 정착	20 %	시설 쌈채류 발생 주요 해충(1종이상)의 실내 계대사육 시스템이 확립되었는가?
		시설 쌈채류 발생 주요 나방에 대한 유전분석	10 %	시설 쌈채류 발생 주요 나방에 대 유전자 염기서열 분석이 이루어 졌는가?
		쌈채류 재배 농가에서의 해충 발생 예찰	20 %	주기별 쌈채류 재배 농가에 대한 해충발생을 모니터링하였는가?
		환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 시설 쌈채류 재배	25 %	시설 쌈채류를 이용한 친환경 농업의 유용성 분석이 이루어졌는가?
		시설 쌈채류의 친환경적 방제 매뉴얼 개발 및 적용	25 %	환경 개선, 해충 예찰, 선발 및 개발 친환경 농자재를 이용한 친환경 농업 실천 기본적 매뉴얼이 작성되었는가?
5차 년도	2009	벼 발생 해충류 예찰	10 %	벼 발생 해충류 예찰이 이루어졌는가?
		시설 고추에 대한 친환경적 방제 매뉴얼 보급	30 %	환경 개선, 해충 예찰, 선발 및 개발 친환경 농자재를 이용한 시설 고추 발생 나방류에 대한 친환경 농업 실천 매뉴얼이 완성되었는가?
		시설 삼채류에 대한 친환경적 방제 매뉴얼 보급	30 %	환경 개선, 해충 예찰, 선발 및 개발 친환경 농자재를 이용한 시설 쌈채류 발생 나방류에 대한 친환경 농업 실천 매뉴얼이 완성되었는가?
		벼에 대한 친환경적 방제 매뉴얼 보급	30 %	환경 개선, 해충 예찰, 선발 및 개발 친환경 농자재를 이용한 벼 발생 나방류에 대한 친환경 농업 실천 매뉴얼이 완성되었는가?
최종 평가		시판 과채류 병해충 방제용 친환경 농자재에 대한 실내 검정	30 %	시판 친환경 농자재 40종 이상을 분석하였는가?
		우수 친환경 농자재의 농가현장 적용 및 사용 매뉴얼 확립	35 %	선발된 우수 친환경 농자재에 농가 적용 매뉴얼을 확립·보급하였는가?
		친환경농업 해충방제 매뉴얼 연구	35 %	관행구 대비 친환경 무농약 재배가 이루어 졌고 이러한 방법에 의한 친환경 농업 가능성이 있는가?

2. 연구개발목표의 달성도

목 표	연구개발 수행내용	달성도(%)
<p>주요 과채류 해충의 체계적 연중 실내 계대 사육 시스템 확립 및 이를 통한 시판 과채류 해충 방제용 친환경농자재에 대한 실내검정을 통한 우수 친환경농자재의 선발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 과채류 발생 해충 3종(배추좀나방, 담배거세미나방 및 무우테두리진딧물)에 대한 실내 누대 사육법 정착</li> <li>- 배추좀나방과 담배거세미나방에 대한 친환경농자재 17종의 살충력 조사 및 무우테두리진딧물에 대한 친환경농자재 18종의 살충력 조사</li> <li>- 주기별 과채류 재배 농가에 대한 해충발생 모니터링</li> <li>- 예찰결과에 따라 조기, 적정 친환경적 방제법에 대한 방제전략 제시</li> </ul>	<p>100</p>
<p>시설 고추 발생 주요 나방류 및 가루이류의 체계적 연중 실내 계대 사육 시스템 정착 및 이를 통한 시판 시설고추 해충방제용 친환경농자재에 대한 실내검정을 통한 우수 친환경농자재 선발. 또한 시험포장 소재지 발생 담배거세미나방의 지역적 유전변이 분석을 통한 방제전략 차별화 가능성 분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 담배가루이, 온실가루이 및 담배나방에 대한 실내 누대사육법 정착</li> <li>- 담배가루이 및 온실가루이에 대한 친환경농자재 22종의 살충 효능 검정</li> <li>- 농자재 검정을 통한 친환경농자재 선발 및 해충포집기를 사용한 시설 고추 재배지 발생의 해충 방제</li> <li>- 시험포장소재지 등 2개 지점에서 샘플 채집 후 mtDNA 상의 CO1영역 분석 결과 차이 없음</li> </ul>	<p>100</p>
<p>시설 쌈채류 발생 주요 나방류 체계적 연중 실내 계대 사육 시스템 정착 및 이를 통한 시판 시설 쌈채류 해충 방제용 친환경농자재에 대한 실내검정을 통한 우수 친환경농자재 선발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 들깨잎을 이용한 들깨잎말이명나방의 실내 사육 정착</li> <li>- 들깨잎말이나방에 대한 친환경농자재 10종의 살충력 검정</li> <li>- 농자재 검정을 통한 친환경농자재 선발 및 해충포집기를 사용한 시설 쌈채류 재배지 발생의 해충 방제</li> </ul>	<p>100</p>
<p>환경 개선 및 친환경 농자재를 이용한 무농약 벼, 쌈채 및 고추의 재배 및 이를 통한 친환경적 방제 매뉴얼 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 무농약 고추 재배 매뉴얼 작성</li> <li>- 무농약 쌈채류 재배 매뉴얼 작성</li> <li>- 무농약 벼 재배 매뉴얼 작성</li> </ul>	<p>100</p>
<p>선발된 우수 농자재에 대한 성분분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내검정과 실외검정을 통해 확인된 우수 농자재(미생물 제제를 제외한 식물추출물 8종) 성분분석</li> </ul>	<p>100</p>

## 제 5 절 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구성과

#### 가. 학술지 게재 논문 실적

연번	논문제목	게재학술지명 (약자)	게재 년도	권: 쪽수	SCI 구분	Impact Factor	제1저자	교신 저자	공동저자	외국인 공동저 자
1	Test of Larvicidal Effect of Some Commercial Natural Products on Lepidopteran <i>Plutella xylostella</i> and Spodoptera litura Larvae.	Int J Indust Entomol	2007.09	15 : 87-91	KSCI	-	H U Jeong	I S Kim	HHIm,SKChang, CH Paik, T H Han, I S Kim	
2	Development of the Turnip Aphid, <i>Lipaphis erysimi</i> Kaltentbach(Homoptera: Aphididae), and Test of Insecticidal Efficacy of some Commercial Natural Products	Int J Indust Entomol	2008.06	16(2): 93-99	KSCI	-	D Y Kim	I S Kim	SKChang,HUJeong,MJKim	
3	Test of insecticidal efficacy of some commercial natural products against <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Homoptera: Aleyrodidae), <i>Bemisia tabaci</i> (Homoptera: Aleyrodidae), and <i>Spodoptera litura</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	Int J Indust Entomol	2009.06	18(2): 105-112	KSCI	-	H U Jeong	I S Kim	MIKim,SKChang, HKOh	
4	Life Cycle of the Perilla Leaf Pyralid Moth, <i>Pyrausta nautalis</i> (Lepidoptera: Pyralidae) and Test of Larvicidal Effect of Some Commercial Natural Products	International Journal of Industrial Entomology	2010.09	21(1): 133-137	KSCI		H K Oh	IS Kim	WKKim,ARKang, ISKim,HBLee	

#### 나. 학술대회 실적

연번	저자명	논문 제목	학술대회 명칭	학술대회개최기간 및장소	발표형태
1	정형욱 임현화 백채훈 한태호 김인선 김익수	실내조건에서 해충방제용 친환경농자재의 유충 살충 효과	제 50회 한국잠사학회 춘계 학술연구 발표회	2007. 04. 19 - 20 청주 조선관광호텔	포스터
2	Jeong, HU, HH Im, SK Chang, CH Paik, TH Han, IS Kim, I Kim	Test of Larvicidal Effect of Some Commercial Natural Products on Lepidopteran <i>Plutella xylostella</i> and <i>Spodoptera litura</i> Larvae	The 50th Conference of the Korean Society of Sericultural Science	2007, 10, 12 - 13 HaevichiResort, Jeju	포스터
3	Jeong, HU, HH Im, SK Chang, CH Paik, TH Han, IS Kim, I Kim	Test of Larvicidal Effect of Some Commercial Natural Products on Lepidopteran <i>Plutella xylostella</i> and <i>Spodoptera litura</i> Larvae	2007년도 한국응용곤충학회 추계학술발표회	2007. 10. 18 - 20 경기도 한국방송광 고공사 남한강연수 원	포스터
4	Kim, DY, SK Chang, HU Jeong, HH Im, MJ Kim, CH Paik, IS Kim, I Kim	무우테두리진딧물 ( <i>Lipaphis erysimi</i> Kaltentbach) (Homoptera: Aphididae)의 실내 생활사 및 이에 대한 친환경농자재의 실내검정	Annual Meeting of The Entomological Society of Korea	2007. 11. 30 - 12. 01	포스터
5	Jeong, HU, MI Kim, SK Chang, HK Oh, I Kim	Life cycle of the turnip aphid, <i>Lipaphis erysimi</i> Kaltentbach (Homoptera: Aphididae) under different temperature regimes, and test of insecticidal efficacy of some commercial natural products	The 52th Confrence of the Korean Society of Sericultural Science	2008. 04. 16 - 17 경주 교육문화회관	포스터
6	Kim, DY, SK Chang, HW Jeong, MJ Kim, I Kim	Development of the turnip aphid, <i>Lipaphis erysimi</i> Kaltentbach (Homoptera: Aphididae), and test of insecticidal efficacy of some commercial natural products	The 51th Conference of the Korean Society of Sericultural Science	2008. 05. 01 - 02 합평자연생태공원	포스터
7	Kim, DY, SK C, HW Jeong, MJ Kim, I Kim	Life cycle of the turnip aphid, <i>Lipaphis erysimi</i> Kaltentbach (Homoptera: Aphididae) under different temperature regimes, and test of insecticidal efficacy of some commercial natural products	2008 한국응용곤충학회 정기총회 및 춘계학술발표회	2008. 05. 08 - 10 충북 제천 청풍리조 트레이크호텔	포스터
8	Wan, XL, HW Jeong, MI Kim, S) Seo, JH Li, I Kim	A preliminary result of mitochondrial DNA sequence variation of the tobacco cutworm, <i>Spodoptera litura</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	1 <sup>st</sup> China-Korea Joint Simposium on Insect Biotechnology	2008. 08. 20 - 23 Wuhan, China	포스터
9	Jeong, HU, MI Kim, SK Chang, HK Oh, I Kim	Test of insecticidal efficacy of some commercial natural products against <i>Trialeurodes vaporariorum</i> ((Homoptera: Aleyrodidae), <i>Bemisia tabaci</i> (Homoptera: Aleyrodidae), and <i>Spodoptera litura</i> (Lepidoptera: Noctuidae).	2009 제52회 한국잠사학회 춘계 학술 연구 발표회	2009. 04. 16 - 17 경주 교육문화회관	포스터

10	Jeong, HU, MI Kim, SK Chang, HK Oh, I Kim	Test of insecticidal efficacy of some commercial natural products against <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Homoptera: Aleyrodidae), <i>Benisia tabaci</i> (Homoptera: Aleyrodidae), and <i>Spodoptera litura</i> (Lepidoptera: Noctuidae).	2009년도 한국곤충학회 춘계 학술발표대회 및 제 11회 나비 대축제 기념 곤충산업화 국제심포지엄	2009. 04. 24 - 25 전남 함평군 금호아시아나관	포스터
11	Jeong HU, MI Kim, SK Chang, HK Oh, I Kim	Test of insecticidal efficacy of some commercial natural products against <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Homoptera: Aleyrodidae), <i>Benisia tabaci</i> (Homoptera: Aleyrodidae), and <i>Spodoptera litura</i> (Lepidoptera: Noctuidae).	2009년도 한국응용곤충학회 정기총회 및 춘계학술발표대회	2009. 05. 14 -15 전남 보성다비치콘도	포스터
12	H K Oh, W K Kim, H W Jeong, A R Kang, C W Jin, I S Kim	Development of the Perilla Leaf Pyralid Moth, <i>Pyrausta nipoensis</i> (Lepidoptera: Pyralidae), at Different Temperatures and Test of Larvicidal Effect of some Commercial Natural Products	2010년도 한국곤충학회 춘계 학술발표대회 및 곤충산업 심포지엄	2010. 04. 23 - 24 함평 엑스포 파크	포스터
13	H K Oh, W K Kim, H W Jeong, A R Kang, C W Jin, I S Kim	Development of the Perilla Leaf Pyralid Moth, <i>Pyrausta nipoensis</i> (Lepidoptera: Pyralidae), at Different Temperatures and Test of Larvicidal Effect of some Commercial Natural Products	2010년 한국응용곤충학회 정기 총회 및 춘계학술발표회	2010. 05. 13 - 15 경상대학교	포스터

#### 다. 교육실적

연번	교육일자	교육명	교재명	장소	참석대상 (인원:명)	주요내용	기대효과
1	2008.07.08	해충 생물학적 방제	생명식품 생산을 위한 친환경농산물 생산 매뉴얼	영광농업대학	친환경농가 (50명)	생물적 방제에 의한 친환경농업 실현	친환경농업 실현
2	2009.06.23	효과적인 병해충 종합 방제요령	자체 발표 자료	진도농업기술센터	친환경농가 (162명)	효과적인 병해충 종합 방제요령	병해충 방제 요령 습득
3	2010.07.06	제8차진도군친환경 농업인대학	진도군친환경농업인대학 제 8차 강의 교재	진도군농업기술센터	180-200명	농업해충 생물적 방제 기술	농업전문경영인 양성

#### 라. 인력양성

연번	인력양성연도 (출입연도)	인력양성내용	성명	학위
1	2010	배추좀나방( <i>Plutella xylostella</i> )에 대한 <i>Serratia</i> sp. EML-51의 살충활성	정형욱	석사
2	2008	친환경농업 해충방제 매뉴얼: 시설재배 쌈채류 발생나방류 방제 - 농해충 실내사육, 친환경 농자재 실내 검정, 농해충 예찰, 친환경농자재의 효용에 대한 consulting, 친환경 농업 consulting, 농업해충에 대한 진단	정형욱	학사
3	2008	친환경농업 해충방제 매뉴얼: 시설재배 쌈채류 발생나방류 방제 - 농해충 실내사육, 친환경 농자재 실내 검정, 농해충 예찰, 친환경농자재의 효용에 대한 consulting, 친환경 농업 consulting, 농업해충에 대한 진단	김중아	학사
4	2007	친환경농업 해충방제 매뉴얼: 시설재배 쌈채류 발생나방류 방제 - 농해충 실내사육, 친환경 농자재 실내 검정, 농해충 예찰, 친환경농자재의 효용에 대한 consulting, 친환경 농업 consulting, 농업해충에 대한 진단	장성균	학사
5	2008	친환경농업 해충방제 매뉴얼: 시설재배 쌈채류 발생나방류 방제 - 농해충 실내사육, 친환경 농자재 실내 검정, 농해충 예찰, 친환경농자재의 효용에 대한 consulting, 친환경 농업 consulting, 농업해충에 대한 진단	임현화	학사
6	2009	친환경농업 해충방제 매뉴얼: 시설재배 쌈채류 발생나방류 방제 - 농해충 실내사육, 친환경 농자재 실내 검정, 농해충 예찰, 친환경농자재의 효용에 대한 consulting, 친환경 농업 consulting, 농업해충에 대한 진단	오형근	학사
7	2009	친환경농업 해충방제 매뉴얼: 시설재배 쌈채류 발생나방류 방제 - 농해충 실내사육, 친환경 농자재 실내 검정, 농해충 예찰, 친환경농자재의 효용에 대한 consulting, 친환경 농업 consulting, 농업해충에 대한 진단	강이량	학사
8	2009	친환경농업 해충방제 매뉴얼: 시설재배 쌈채류 발생나방류 방제 - 농해충 실내사육, 친환경 농자재 실내 검정, 농해충 예찰, 친환경농자재의 효용에 대한 consulting, 친환경 농업 consulting, 농업해충에 대한 진단	김민지	학사
9	2010	친환경농업 해충방제 매뉴얼: 시설재배 쌈채류 발생나방류 방제 - 농해충 실내사육, 친환경 농자재 실내 검정, 농해충 예찰, 친환경농자재의 효용에 대한 consulting, 친환경 농업 consulting, 농업해충에 대한 진단	백지연	학사

## 2. 성과활용 계획

가. 실내 사육 체계 확립: 본 연구를 통하여 다양한 해충에 대한 실내 사육법을 확립하였음. 이는 추후 생물학적 검정을 위해 또 유사 해충의 연구를 위한 기반으로 매우 중요한 실정임. 또 본 사업을 통해 구축된 사육실은 주변 연구자들의 공동연구자산으로 매우 긴요하게 사용될 수 있음

나. 친환경 농자재 검정법: 본 연구를 통해 축적된 실내검정기술은 국내 많지 않은 곤충사육 시설과 검정 인력에 비추어 향후 유사 연구와 실질적인 농업현장 애로를 해결하기 위해 매우 긴요하게 사용될 수 있음

다. 해충 모니터링 기법: 무농약 농업의 중요한 구성인자 중 하나는 해충의 개체군이 크지 않을 때 조기에 발견하여 적절한 조치를 취하는 것이 무엇보다 중요함. 이 경우 농업현장에서 발생하는 해충에 대한 정확한 예찰법은 당해연도 및 후년도 해충발생을 가늠할 수 있는 중요한 수단이며 친환경농자재의 투입량을 결정할 수 있는 중요한 요소임. 그러므로 이러한 모니터링기법의 축적은 유사연구에 매우 긴요하게 적용할 수 있으며 농가의 요청시 농업현장에서 발생하는 해충예찰법에 대한 교육자료로도 활용될 수 있음

라. 매뉴얼: 본 연구를 통해 출판된 매뉴얼은 농민이 스스로 무농약 시설고추재배, 시설들깨 재배, 시설쌍추재배 및 벼농사를 위한 필수 지침서가 될 것임

## 제 6 절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 국외, 특히 중국은 매우 광범위한 지역이므로 국내 발생 해충의 효과적인 방제의 일환으로 중국 발생 해충의 발생 동향에 대한 면밀한 monitoring이 필요하다고 판단됨. 특히, 비래 해충인 경우(예를 들면 벼 발생 흑명나방의 경우) 중국내 발생 동향 분석이 필요하며 이를 통한 대비가 가능함. 또한 나비목 곤충은 배행 능력이 탁월하므로 인접하고 있는 중국내 큰 영토에 대한 동향 파악이 필요함. 영토의 인접 및 해안의 근접으로 인해 동일 종이라고 하더라도 다소 다른 해충이 유입되고 이로 인해 방제효율, 생활사의 차이점 등 잘 알려지지 않은 측면이 있을 수 있을 것으로 여겨짐.

## 제 7 절 참고문헌

- Adams AJ, Frankiln R, Hoy CW (1990) Evaluating resistance to permethrin in *Plutella xylostella* populations using uniformly sized droplets. J. Econ. Entomol. 83: 1211-1215.
- Ankersmit GW (1954) DDT-resistance in *Plutella maculipennis* in Java. Bull. Ent. Res. 44: 421-425.
- Bae SD (1999) Leaf characteristics of leguminous plants and the biology of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius: I The larval development and leaf feeding amount. Korean J. Appl. Entomol. 38: 217-224.
- Byme DN (1999) Migration and dispersal by the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. Agri. Forest Meteorol. 97: 309-316.
- Choi KM (1973) *Cnaphalocrocis medinalis* G. rice leaf folder. Literature review of Korea rice pests, Ins. Agr. Sci. O.R.D. 17-18.
- Choi, YS, Park DK, Kim BR, Han KS, Youn YN, Choe KR (2007) Degree of injury caused by larva of *Pyrausta panopealis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) in green perilla polyvinyl house at Chungnam province. Korea J. Appl. Entomol. 46: 193-199.
- Han MW, Lee JH, Lee MH (1993) Effect of temperature on development of oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta* Guenee. Korean J. Appl. Entomol. 32: 236-244.
- Hebert, PDN, Cywinska A, Ball SL, deWaard JR (2003) Biological identifications through DNA barcodes. Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 7: 313-321.
- Jones D (2003) Plant viruses transmitted by whiteflies. Eur. J. Plant Pathol. 109: 197-221.
- Kim KC, Choi CS (1984) studies on the bionomies and analysis of damage of the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* G. in south region of Korea. Rural Development Review. 19: 25-32.
- Kim HY, Lee KY, Lee SB, Kim SR, Hong MY, Kim DY, Kim I (2008) Mitochondrial DNA sequence variation of the Mason bee, Int. J. Indust. Entomol. 16: 75-86.
- Kim MJ, Yoon HJ, Im HH, Jeong HU, Kim MI, Kim SR, Kim I (2009) Mitochondrial DNA sequence variation of the bumblebee, *Bombus ardens* (Hymenoptera: Apidae). J. Asia-Pacific Entomol. 12: 133-139.
- Lee SB, Bae TW, Kim SE, Yoon HJ, Lee ML, Chae Y (2003) The influence of over foraging, and pollinating activities on tomato fruits by a Korean native bumblebee, *Bombus ignitus* Smith (Hymenoptera, Apidae) in cherry-tomato house. Korean J. Appl. Entomol. 42: 293-300.
- Li J, Choi YS, Kim I, Sohn HD, Jin BR (2006) Genetic variation of the diamondback moth, *Plutellaxy lostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) in China inferred from mitochondrial COI gene sequence. Euro. J. Entomol. 103:605-611.
- Liu TX, Yue B (2001) Comparison of some life history parameters between alate and apterous forms of turnip aphid (Homoptera: Aphididae) on cabbage under constant temperatures. Florida Entomol. 84: 239-242.

- Noppun V, Miyata T, Saito T (1983) Susceptibility of four strains of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. against insecticides. *J. Pesticide Sci.* 8: 595-599.
- Sasaki Y (1982) Studies on insecticide resistance of the diamondback moth. In results on the pests control studies(Annual Report for 1982). Japan Plant Protection Association Tokyo. 92-102(in Japanese).
- Seol KY, Kim NJ, Hong SJ (2005) Establishment of the successive rearing system of brush-butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 44: 257-264.
- Tabashnik BE, Cushing NL, Johnson MW (1987) Diamondback moth resistance to insecticides in Hawaii. Intra-island variations and cross-resistance, *Forum. J. Econ. Entomol.* 80: 1091-1099.
- Yamada H, Kwasaki K (1983) The effect of temperature and humidity on the development, fecundity and multiplication of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 27: 17-21.
- Yanagida K, Kamawada H, Kusigemati K (1996) Biological studies on insects feeding on the perilla, *Perilla frutescens* Britt., in Kagoshima Prefecture. *Bulletin of the Faculty of Agriculture Kagoshima University* 46: 15-30.
- Yang CY, Jeon HY, Cho MR, Kim DS, Yiem MS (2004) Seasonal occurrence of oriental tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) male and chemical control at red pepper fields. *Korean J. Appl. Entomol.* 43: 49-54.

**제 5 장 시설재배 작물 진딧물 방제매뉴얼 연구 및  
개발 [4-5]**



# 제 5 장 시설재배 작물 진딧물 방제매뉴얼 연구 및 개발

## [4-5]

### 요 약 문

#### I. 제 목 : 시설재배 작물 진딧물 방제매뉴얼 연구 및 개발

#### II. 연구개발의 필요성

깨끗하고 안전한 농산물을 선호하는 국민적 욕구가 극대화되고 있는 현실에서 친환경농산물의 지속적인 생산을 위한 병해충 방제용 자재를 개발하기 위한 연구의 필요성이 대두되고 있다. 이에 우리나라 농림수산식품부는 친환경농업을 적극적으로 추진하기 위해 병해충을 방제하는데 있어서 합성농약이 아닌 생물이나 천연자원을 이용하는 정책을 추진하고 있다. 친환경농업은 합성농약의 사용을 줄여 깨끗한 농업환경을 마련하고 안전한 농산물을 생산하고자 하는 농업으로서 고부가가치 농가소득 향상과 더불어 농산업의 발전을 기대할 수 있는 미래 농업기술이다.

우리나라 친환경농업에서 병해충방제에 사용되는 농자재는 ‘생물농약’ 이외에 ‘친환경 유기농자재 목록고시제’에 근거하여 시판 및 사용되고 있는 소위 ‘친환경농자재’가 있다. 친환경 유기농자재 목록고시제는 농가에게 등록된 자재의 약효와 성분함량, 그리고 안전성을 공인해 주기 보다는 친환경농업에 사용할 수 있는 자재의 정보를 농업인에게 제공하기 위해 마련된 것이다.

현재, 우리나라의 친환경유기농자재로 분류되어 해충방제에 사용되고 있는 자재는 총 1,085개 품목 중 24.6%인 267개에 불과하다. 이들 자재들 또한 살충성분을 기준으로 하여 분류하면 농자재의 종류가 극소수에 불과하며, 대부분의 자재가 유효성분은 동일하지만 제품명만이 다르게 등록되어 있어 실질적으로 적용할 수 있는 품목 수는 매우 소수에 불과하다고 할 수 있다. 또한, 등록된 제품에 표기된 정보를 보면 자재의 유효성분에 대한 언급이 없을 뿐만 아니라 적용하고자 하는 해충이 무엇인지 구체적으로 제시되어 있지 않으며 한정된 살충성분으로 다양한 해충을 동시에 방제할 수 있다는 오해를 받기 쉬운 실정이다. 뿐만 아니라 등록된 해충방제용 자재의 적용매뉴얼이 전무한 실정이어서 시판 및 개발되고 있는 농자재의 방제효율 검증과 더불어 이에 기초한 적용매뉴얼 개발을 위한 연구가 필요하다.

#### III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구에서는 무농약 친환경농작물을 재배하는데 필요한 농업해충 방제기술을 농가에 효율적으로 보급 및 적용하기 위해 다음과 같은 연구내용과 범위를 포함하고 있다.

1. 진딧물 방제를 위한 목적으로 우리나라에 시판되고 있는 친환경농자재를 대상으로 이의 방제효율을 실내 및 농가포장에서 검증하고자 한다.
2. 시판되고 있는 농자재와 살충성분이 서로 다른 유효성분으로 구성된 천연식물 추출물 및 미생물 유래 진딧물 방제용 제제를 본 연구를 통해 개발하고, 이의 방제효율을 실내 및

농가현장에서 검증하고자 한다.

3. 개발된 진딧물 방제용 제제의 시제품을 제작하여 이의 방제효율을 또한 검증한 다음 상품화 및 산업화를 추진하고자 한다.
4. 진딧물 방제용 시판 자재와 본 연구에서 개발한 진딧물 방제용 자재에서 방제효율이 80% 이상인 자재를 선발하고, 선발된 자재를 이용하여 시설재배 작물 진딧물 방제 매뉴얼을 개발하고자 한다.
5. 개발된 진딧물 방제 매뉴얼을 시설재배 작물 진딧물 방제에 직접 적용하여 검증한 다음 개발된 매뉴얼을 농가보급하려고 한다.

#### IV. 연구개발 결과

1. 실내검증에서 진딧물 살충효율이 80% 이상인 시판자재 17개 품목을 선발한 다음 이를 농가포장에서 방제효과를 검증한 결과 진삼이, 해충박사, 선초, 응삼이, 디펜스엠, 죽순액이 80% 이상 수준이었다.
2. 국내토착 천연식물 추출물을 이용하여 진딧물 방제용 농자재를 개발하여 산업화하고자 친환경농업 선도농가들 사이에 진딧물 살충효능을 가지고 있는 것으로 알려진 꾸지뽕, 고삼, 여성초, 계피, 고추정유, 백두옹, 마늘, 녹나무, 대파, 땅빈대, 된장풀, 반하, 부자, 생강, 석창포, 소리쟁이, 역귀, 초피나무, 흰민들레, 고추냉이 등의 20개 추출물을 대상으로 조사한 결과 1,000 mg/L 수준에서 50% 이상의 살충효과를 보인 식물은 꾸지뽕과 고삼뿐이었다. 하지만 이들 식물은 국내에서 재배면적이 협소하고 살충물질 생산에 대한 일관성, 그리고 제제화 과정에서 소요되는 개발비를 고려할 때 산업화 가능성이 매우 낮았다.
3. 진딧물 살충 미생물 소재를 탐색하기 위해 유화제를 생산하는 오일 분해 미생물 20여종을 분리하여 활성이 우수한 2종의 미생물을 선발하였다. 분리한 미생물은 *Rhodococcus*와 *Pseudomonas* 종으로서 계면활성력은 우수하지 않았지만 유화력지수가 48시간 후에 70% 이상으로 우수하였다. 또한 분리한 미생물은 콩기름을 탄소원으로 배양하였을 때 C18 불포화지방산을 생산하였으며 상기에서 얻은 식물추출물과 혼합하여 처리하였을 때 진딧물 살충효율이 실내에서 80-96% 수준이었다. 진딧물 방제용 시판자재를 1/2 및 1/4 수준으로 미생물 배양액에 희석하여 농가포장에서 발생하는 고추 진딧물을 대상으로 실험한 결과 처리 7일 후에 완전한 방제효과를 얻을 수 있었다. 따라서 유화제를 생산하는 미생물 배양액은 진딧물 살충효과를 상승시키는 협력제 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.
4. 진딧물 방제용 미생물 제제를 개발하기 위해 진딧물에 기생하면서 살충효과를 가져오는 곤충병원성 곰팡이를 분리하고 이를 *Lecanicillium attenuatum* CNU-23이라고 명명하였다. CNU-23을 실내조건에서  $1 \times 10^6$  포자수준으로 진딧물에 처리하였을 때 처리 7일 후 85% 이상 수준의 살충효과를 얻을 수 있었으며, 50% 살충효과를 나타내는 시간은 약 3.72일로서 기존 발표된 유사한 제제보다 빨랐다. 또한 CNU-23의 진딧물 방제효과를 농가포장에서 발생하는 고추 진딧물을 대상으로 실시한 결과 3일 간격으로 2회 처리하였을 때 10일 후 방제효과가 90% 이상 수준이었다. 실내 및 농가포장에서 진딧물 방제효과가 있는 것으로 검증된 CNU-23 제제는 '에피스'라는 이름으로 시제품을 제작하고 (주)흙사랑을 통

해 산업화되었다.

5. 천연식물 추출물에서 유래한 진딧물 방제용 자재를 산업화하기 위해 한약재인 오스톨과 제충국 추출물, 그리고 콩기름 및 창포오일을 식용성 계면활성제와 적절하게 배합하여 개발한 다음 진딧물 살충효과를 실내에서 검증한 결과 처리 24시간 후 90% 이상 수준이었다. 개발된 제품은 '농부각시'라는 이름으로 시제품을 제작하여 (주)흙사랑을 통해 산업화되었다. 농부각시를 농가포장에서 발생하는 고추 진딧물을 대상으로 방제효과를 검증한 결과 80% 이상 수준이었다.
6. 진딧물 살충 보조제를 개발하기 위해 콩기름을 촉매적으로 가수분해한 다음 이를 진딧물 살충효과에 검증한 결과 살충효율을 현저하게 증가시켰으며 이를 '나노큐'라는 이름으로 시제품을 제작하고 (주)흙사랑을 통해 산업화시켰다.
7. 다양한 진딧물 방제용 자재를 개발할 목적으로 동백오일 성분, 님오일, 그리고데리스 추출물을 원료로 하는 O/W 에멀전 제제를 개발하여 실내에서 진딧물 살충효과를 검증한 결과 97% 이상 수준이었다. 또한, 이를 농가포장에서 발생하는 고추 진딧물을 대상으로 방제효과를 검증한 결과 80% 이상 수준이었으며 이를 '아디스'라는 이름으로 시제품을 제작하고 (주)흙사랑을 통해 산업화하였다.
8. 상기에서 선발한 진딧물 방제용 시판 농자재와 본 연구에서 개발한 제제를 이용하여 시설 재배 고추 진딧물 방제매뉴얼을 연구한 결과 다음과 같이 요약할 수 있었다.
  - ① 작물의 재배지수를 고려하여 서로 다른 살충성분으로 구성된 자재를 진딧물 발생이 관찰된 직후 1회 살포하고, 1회 살포 3일 후 2회 살포, 그리고 그 이후 5-7일 간격으로 진딧물 밀도를 관찰하면서 살포한다.
  - ② 진딧물의 생활주기를 고려할 때 2-3일 이내에 밀도가 2배 증가하며 12-16시간 간격으로 하므로 큐티클을 탈피하므로 30일 이내에 살충성분이 중복되는 자재살포를 피하여 저항성 유발 가능성을 최대한 억제한다.
  - ③ 진딧물을 방제하는데 있어서 가장 중요한 사항 중 하나는 진딧물 발생이 관찰될 때부터 자재를 살포하는 것이며 진딧물 발생과 무관하게 정기적으로 자재를 살포하면 작물의 수확시기에 진딧물의 밀도가 기하급수적으로 증가하여 작물의 해를 가져올 수 있다.
  - ④ 본 연구에서는 서로 다른 살충성분을 함유한 시판자재와 개발된 자재를 포함하여 총 5개의 자재를 선정한 다음, 이들을 작물 재배지수를 고려하여 교호적으로 살포한 결과 성공적인 진딧물 방제를 달성할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 연구된 매뉴얼을 농가에 보급하고자 한다.

## V. 연구개발 성과 및 활용 계획

### 1. 연구성과

논문게재		학술 발표	특허 (출원 /등록)	영농 활용	시책 건의	기술 이전	유전 자원 등록	교육 지도	산업화	국제 협력	홍보	인력 양성	성과물 제작
국내	SCI(E)												
2	3	12	(0/1)			1		11	4		5	6	

### 2. 연구성과 활용계획

가. 관련 기관 친환경농업정책에 활용

나. 영농활용자료 제공 및 농민 및 농산업체 대상 교육, 홍보 계획

- 시설재배 고추 진딧물 방제법
- 진딧물 방제용 제제 개발을 위한 과학적 지식 고취
- 진딧물 방제용 자재 공급 및 산업화

다. 논문투고 및 학술대회 발표

- 천연식물 유래 추출물 이용 진딧물 방제
- 미생물 유래 소재 이용 진딧물 방제

라. 추가연구, 타 연구에 활용계획 등

- 농림수산식품부에서 공고되는 해충방제용 제제의 산업화 과제에 지원

## VI. Summary

**Title : Development of an applicable manual for aphid control in greenhouse pepper plants.**

This study was conducted to examine agricultural agents for aphid control in greenhouse pepper plants. The agents tested were derived from plant extracts and microbial-source materials.

Seventeen agents that are commercially available in Korea were proved to exhibit more than 80% mortality against green peach aphids (*Myzus persicae*) under laboratory conditions, and thus they were subjected to examine their control efficiency against aphids found in greenhouse pepper plants. Among the tested only five agents were shown to exhibit more than 80% mortality against aphids under greenhouse conditions.

Twenty plants available in Korea were dried and extracted in ethanol and examined at 1,000 mg/L for aphid mortality. Only two extracts from *Cudrania tricuspidata* and *Sophora flavescens* showed more than 50% mortality against *Myzus persicae*, but these plant extracts were not supposed to easily commercialized because Korea has bioresource limitation for these plants and high labor cost. Thus other alternative agents were necessarily developed by using the plant extracts that are available worldwide.

Two botanical insecticide, derived from osthole plus pyrethrum extracts and neem oil plus derris extracts that were combined with soybean and acorus oils in food-acceptable

surfactants, were developed and commercialized by a domestic company. They showed more than 90% aphid mortality under laboratory conditions and more than 80% aphid mortality under greenhouse conditions.

An entomopathogenic fungus named *Lecanicillium attenuatum* CNU-23 was examined as a biopesticide for aphid control in greenhouse pepper plants. CNU-23 was grown in potato dextrose broth to produce blastospores at  $10^6$  -  $10^8$ /mL. The harvested blastospores were mixed with 0.2% soybean oil fatty acids and examined for aphid control under both laboratory and greenhouse conditions. More than 90% aphid mortality was observed 10 days after the application of CNU-23. CNU-23 showed 3.72 day of  $LT_{50}$  which represents the time required to reach 50% mortality. CNU-23 controlled successfully aphid populations so that it was commercialized by a domestic company.

This study could suggest an applicable manual for aphid control in greenhouse pepper plants as follows;

- ① Select at last five control agents that contain different insecticidal active ingredient.
- ② Spray pyrethrum extracts at first during early crop cultivation time, but avoid of spraying it during the summer because it is chemically unstable.
- ③ Control aphids as soon as found in plants at low population and perform the second application 3 days after the first application. The third and repetitive applications can be done at 5-7 day intervals after the second application.
- ④ Avoid of spraying repetitively the agent with an single ingredient within 20-30 days.
- ⑤ Use sometimes microbial-derived biopesticides between the applications of botanical pesticides.
- ⑥ Spray neem oil-based agents at early harvest time.
- ⑦ Avoid of spraying derris extracts together with pyrethrin extracts, which result in significant precipitation dependent on agents commercially available in Korea (not clear about the reason).
- ⑧ Use plant oil-derived emulsions or emulsifying agent-producing microbial cultures to enhance aphid mortality by botanical pesticides.



# 목 차

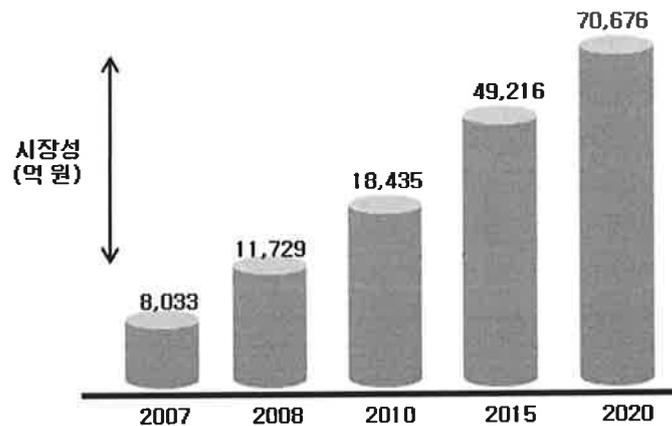
제 1 절	연구개발의 개요 .....	1
1.	연구의 필요성 .....	1
2.	연구개발의 주요 목적 .....	3
제 2 절	국내외 기술개발 현황 .....	4
1.	국내 기술개발 현황 .....	4
2.	국외 기술개발 현황 .....	6
제 3 절	연구개발 수행 내용 및 결과 .....	9
1.	연구개발 수행 내용 및 범위 .....	9
2.	연구개발 수행 결과 .....	10
가.	진딧물 방제용 농자재 선발 .....	10
(1)	시판 친환경농자재 선발 .....	10
(2)	진딧물 방제용 천연식물 추출물 및 미생물 소재 선발 .....	12
나.	진딧물 방제용 제제의 산업화 및 방제효과 검증 .....	20
(1)	천연식물 추출물 유래 진딧물 방제용 제제 산업화 .....	21
(2)	미생물 유래 진딧물 방제용 제제 산업화 .....	28
다.	진딧물 방제매뉴얼 연구 .....	29
(1)	실험포장 작물 재배환경 조건 .....	29
(2)	진딧물 발생 및 예비 방제매뉴얼 도출 .....	30
라.	벼물바구미 및 벼멸구 제어용 농자재 선발 및 효과 검증 .....	40
(1)	벼물바구미 피해 억제 농자재 선발 및 효능 평가 .....	40
(2)	벼멸구 방제용 농자재 선발 .....	43
제 4 절	목표달성도 및 관련 분야에의 기여도 .....	44
제 5 절	연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....	46
제 6 절	연구개발 과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	49
제 7 절	참고문헌 .....	52



## 제 1 절 연구개발의 개요

### 1. 연구개발의 필요성

자유무역협정에 따른 농산물의 국내 수입과 더불어 농산물의 생물학적 및 화학적 안전성에 대한 중요성이 대두되면서 깨끗하고 안전한 친환경농산물을 선호하는 국민적 욕구가 극대화되고 있다. 농산물 수입은 국내에 존재하는 농산물의 전체적인 물량의 증가를 초래하기 때문에 수입농산물에 대한 경쟁력을 높일 수 있는 소비자 맞춤형 친환경농산물의 생산이 필요하다. 또한, 깨끗하고 안전한 농산물을 선호하는 국민적 욕구는 결국 농산물 간의 가격 차이를 낳게 되어 향후 농가소득 뿐만 아니라 농업에서 유래된 농산업의 전망에 지대한 영향을 미칠 것으로 예측됨에 따라 친환경농산물 생산의 중요성이 날로 높아지고 있다. 이에 농림수산식품부도 친환경농업을 적극적으로 추진하기 위해 병해충 방제를 목적으로 용 합성농약이 아닌 생물이나 천연자원을 이용하는 정책을 실행하고 있다. 친환경농업은 합성농약의 사용을 줄여 깨끗한 농업환경을 마련하고 안전한 농산물을 생산하고자 하는 농업으로서 수입농산물에 대한 경쟁력을 높일 수 있고 고부가가치 농가소득 향상과 더불어 농산업의 발전을 기대할 수 있는 미래 농업 기술로 받아들여지고 있다.



[그림 1] 친환경농산물(무농약과 유기농산물 기준) 시장성.

우리나라 친환경농작물의 재배면적은 2009년 현재 전체 농작물 재배면적의 약 3% 수준이내로 미비하지만 친환경농산물에 대한 국내 소비자 선호도의 증가 및 농산물 간의 경쟁력 강화 등에 힘입어 그 시장성은 지속적으로 증가하고 있다. 국립 농산물품질관리원이 2009년 보고한 자료(그림 1)에 따르면 친환경농산물의 매출시장은 2007년 800억원 수준에서 2008년 1조 2천억원 수준으로 증가하였으며, 2010년에는 1조 8천억원의 매출이 예상되고 2015년에 약 5조원 수준의 매출액이 예상되고 있다. 또한, 2020년에는 약 7조원의 매출액이 예상되고 있으며 이는 전체 농산물 시장의 20%에 해당하는 수준이다. 이러한 통계는 안전한 농산물을 선호하는 국민적 욕구의 상승에 따라 친환경농산물의 시장성이 날로 증가하고 있다는 것을 의미하고 있으며, 이에 친환경농산물을 생산하기 위해 필요한 병해충 방제용 자재의 개발을 위한 범국가적 투자와 아울러 관련 연구의 필요성 또한 증가하고 있다.

농림수산식품부를 비롯한 관련 국가기관에서 추진하는 친환경농업의 핵심적인 정책을 보면 합성농약의 사용량을 2003년 현재를 기준으로 40%까지 감축하는 것이다. 이는 합성농약의 사



친환경 유기농자재 목록고시제는 등록된 자재의 약효와 성분함량을 공인해주기 보다는 친환경농업에 사용할 수 있는 자재의 정보를 농업인에게 제공하기 위해 마련된 것이다. 현재, 우리나라의 친환경유기농자재로 분류되어 해충방제에 사용되고 있는 자재는 총 1,085개 품목 중 24.6%인 267개에 불과하다(2010년 9월 현재, 농촌진흥청). 하지만, 이들 자재의 살충성분을 고려할 때 농자재의 종류가 소수에 불과하며 대부분의 자재가 유효성분은 동일하지만 제품명만이 다르게 등록되어 있어 실질적으로 적용할 수 있는 품목 수는 매우 소수에 불과하다고 할 수 있다. 또한, 등록된 제품에 표기된 정보를 보면 자재의 유효성분에 대한 언급이 없을 뿐만 아니라 적용하고자 하는 해충이 무엇인지 구체적으로 제시되어 있지 않으며 한정된 살충성분으로 다양한 해충을 동시에 방제할 수 있다는 오해를 받기 쉬운 실정이다. 더구나 등록된 해충방제용 자재의 적용매뉴얼이 전무한 실정이어서 적용매뉴얼 개발을 위한 연구가 필요하다. 무엇보다도 친환경농업에 적용할 수 있는 다양한 자재가 개발되어 적용 병해충의 스펙트럼을 넓일 수 있는 기술이 필요하다.

## 2. 연구개발의 주요 목적

본 연구에서는 상기와 같이 친환경농업의 시장성과 중요성이 날로 증가하는 현실에서 친환경 농작물을 재배하는데 필요한 농업해충 방제기술을 농가에 효율적으로 보급 및 적용하고자, 시판되고 있는 농업해충 방제용 친환경농자재의 대상해충에 대한 방제효율을 검증하고, 농업해충 방제용 새로운 농자재를 개발 및 검증하고, 검증된 자재들을 이용하여 해충 방제매뉴얼을 개발하는 데에 핵심목적이 있다.

본 연구에서는 상기의 연구목적을 달성하기 위해 ① 진딧물 방제용 시판 천연식물 추출물 및 미생물 제제 검증 및 선발, ② 천연식물 및 미생물 유래 진딧물 방제용 제제의 개발 및 산업화, ③ 시판 및 개발된 제제 이용 시설재배 작물 진딧물 방제용 매뉴얼 개발, ④ 개발된 매뉴얼 활용 농민 혹은 산업체 대상 기술이전 등의 연구범위를 두고 있다.

## 제 2 절    국내외 기술개발 현황

### 1. 국내 기술개발 현황

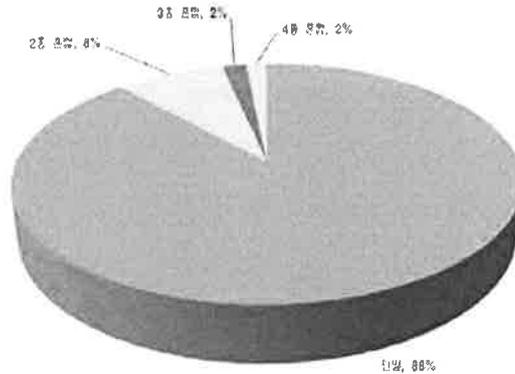
국내의 해충방제기술을 국내등록 생물농약을 기준으로 보면 표 1에서 제시한 바와 같다. 즉, 등록된 생물농약이 나방류 해충관리기술에 대부분 국한되어 있으며 자재 또한 대부분 Bt제를 활용하고 있다. 하지만, 흡즙성 해충인 진딧물이나 응애, 온실가루이 등의 방제용 자재는 매우 미비한 실정이다.

[표 1] 국내 등록된 해충방제용 생물농약 현황(2010, 농촌진흥청)

제품명	균주명	대상 해충	비고
토박이 WP	<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i> NT423 WP	고추담배나방	국산
토박이 SC	<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i> NT423 SC	배추좀나방	국산
방시리	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i> DBB-2032 WP	딸기점박이응애	국산
솔빛채	<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i> GB413 SC	배추좀나방	국산
땅거미, 캐치탄	<i>Monacrosporium thaumasium</i> KBC3017 WP	수박뿌리혹선충	국산
그물망	<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i> WP	감꼭지나방	국산
보타니가드	<i>Bauveria bassiana</i> GHA SE	오이충채벌레	수입
세레모니	<i>Bauveria bassiana</i> TBI-1 EC	딸기점박이응애	수입
비오칸	<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i> SC	배추명나방	수입
미성살충탄	<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i> NT423 WG	배추좀나방	수입
앰패널	<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i> SC	배추좀나방	수입
툰업	<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i> WP	들깨잎말이나방	수입

친환경농업에서 해충방제용으로 널리 사용하고 있는 천연식물 추출물 제제는 제충국, 데리스, 님오일, 고삼, 담배, 마늘, 멀구슬, 자리공 및 기타 한약재 추출물 등으로서 이들은 생물농약이 아닌 친환경 경유기농자재로 등록되어 국내에서 시판되고 있다. 우리나라 친환경농업에 사용되고 있는 친환경유기농 자재 총 1,085개 품목 중에서 해충방제용 자재는 267개며 품목이며 이를 적용해충별로 분류하면 그림 4에서 보는 바와 같이 나방류가 40%, 응애류가 10%, 진딧물류가 8%, 달팽이류 및 파리류가 7-8%, 가루이류, 멸구류, 총채벌레류, 매미류가 등이 각각 3%, 선충류 2%, 그리고 기타 미소해충류 3%로서 나방류 방제용 품목수가 압도적으로 많아 적용대상이 매우 한정적임을 볼 수 있다.





[그림 6] 국내등록 고삼 및 nim오일 제형 현황(자료출처: 농촌진흥청).

상기에서 기술한 바와 같이 국내등록 해충 방제용 농자재의 품목이 취약한 이유는 해충활성 원료의 공급이 원활하지 못하여 주로 외국에서 원료를 수입하게 되는데 이 또한 원자재 가격의 급속한 상승으로 국내에 유입되는 원료가 한정되는데 그 원인이 있다. 아울러 국내등록 자재들은 ① '생물농약'이라는 이름이 아닌 '농자재' 혹은 '4중 복비'라는 이름으로 관리되다 보니 정확한 방제매뉴얼이 알려져 있지 않으며, ② 유효성분, 적용해충, 적용 대상작물 등의 제품에 대한 정보가 공개되어 있지 않아 효율적인 사용법을 알 수 없고, ③ 동일한 유효성분이나 혼합성분으로 이루어져 있어 반복적으로 사용할 경우 해충저항성을 유발할 가능성이 높다. 뿐만 아니라 ④ 제품의 유효성분과 보조성분이 공개되어 있지 않아 안전성에 대한 우려가 있다.

## 2. 국외 기술개발 현황

국외의 경우 생물농약으로 등록된 병해충방제용 자재는 미국의 경우 250여개 품목으로 우리나라의 31개 품목에 비해 현저하게 많다. 또한, 국외에서는 우리나라와는 달리 생물농약, 친환경경유기농자재, 친환경농자재 등으로 구분하지 않고 병해충 방제용 자재는 모두 엄격한 심사기준에 의해 'Biopesticide' 즉, '생물농약'으로 목록함으로서 합성농약과 구분하여 관리하고 있다.

[표 2] 국외 시판 해충방제용 생물농약의 국가별 사용 현황(Murray, 2006)

국가명	제충국	데리스	니코틴	넴오일	기타
호주	0	0	-	-	Citrus oil
뉴질랜드	0	0	-	0	
인도	0	0	0	0	Ryania
필리핀	0	-	-	-	
헝가리	0	-	-	-	Quassia
덴마크	0	0	-	-	Lemongrass, clove oil
독일	0	-	-	0	
네델란드	0	-	-	-	
영국	0	0	0	-	
남아프리카	0	-	-	-	
브라질	0	0	-	0	Garlic
미국		0	0	0	Essential oil Ryania
캐나다	0	0	0	-	Essential oil
멕시코	0	0	-	0	Garlic, Capsicum

국외에서 사용되고 있는 해충방제용 생물농약 현황을 유효성분별로 분류하여 보면 표 2에서 보는 바와 같이 제충국, 데리스, 넴오일, 니코틴, 식물성오일 등으로 국내에서 사용되는 천연식물 추출물 제제와 현저한 차이는 없다. 자료를 보면 대부분의 국가에서 제충국을 가장 널리 사용하고 있으며 그 다음으로 데리스 및 니코틴을 사용하고 있음을 알 수 있다. 이외에도 나방류 해충 방제용 미생물 살충제로서 국내와 유사하게 Bt제를 많이 사용하고 있으며, 특히 진딧물 방제용 자재로서 천적 혹은 *Verticillium*이나 *Lecanicillium* 같은 곤충병원성 곰팡이 살충제 (Jackson 등, 1985; Fournier와 Brodeur, 2000)를 사용하고 있다. 곤충병원성 곰팡이 살충제의 경우 표 3에서 보는 바와 같이 온실가루이, 진딧물 같은 흡즙성 해충방제에 사용되고 있다. 이들 자재 중에서 산업화 및 마케팅에 성공하여 현재 가장 널리 사용되고 자재는 Koppert에서 개발한 Vertalec<sup>®</sup>이라는 제품이다. 하지만, 이 자재는 저장성과 유통성이 낮고 진딧물의 초기 방제가 느리며 적절한 온습도를 유지해야 효과를 볼 수 있는 단점이 있다.

[표 3] 국외 시판 곤충병원성 곰팡이 살충제 현황(Entomophaga, 1997)

상품명	병원균	대상해충	생산회사	국가
Naturalis	<i>B. bassiana</i>	목화바구미	Troy	미국
	<i>B. bassiana</i>	온실가루이	Bioscience	미국
	<i>B. bassiana</i>	조명충나방	Mycotech	미국
Ostrinal	<i>B. bassiana</i>	조명충나방	Calliope	프랑스
Engerlinspilz	<i>B. brogniartii</i>	풍뎅이	Andermatt	스위스
Biopath	<i>M. anisopliae</i>	바퀴벌레	Ecoscience	미국
BioBlast	<i>M. anisopliae</i>	흰개미	Ecoscience	미국
Biogreen	<i>M. anisopliae</i>	풍뎅이	BioCare	호주
Per-97	<i>P. fumosrosseus</i>	온실가루이	Grace	미국
Vertalec	<i>V. lecanii</i>	진딧물	Koppert	네델란드
Mycotal	<i>V. lecanii</i>	온실가루이	Koppert	네델란드
Betel	<i>B. brogniartii</i>	풍뎅이	Calliope	유럽

종합적으로 말하자면, 국내의 해충방제용 자재는 사용원료가 한정되어 있어 농민이 선택할 수 있는 품목수가 제한되어 있고, 그 결과 다양한 해충을 방제할 수 있는 농자재의 스펙트럼이 낮을 뿐만 아니라, 단일 유효성분으로 구성된 자재가 대다수 유통되고 사용되고 있기 때문에 향후 친환경농업에서 해충저항성을 유발할 가능성이 있다. 그러므로 이를 줄일 수 있는 방제매뉴얼 개발과 다양한 친환경농자재의 개발에 대한 연구가 매우 절실하다. 이에 시판 친환경농자재의 방제효율을 검증하고, 해충 방제용 농자재를 개발하고, 시판 및 개발된 자재들을 이용하여 해충 방제매뉴얼을 개발하는 것이 핵심목적인 본 연구가 수행될 경우 친환경농작물을 재배하는데 필요한 해충 방제매뉴얼이 농가에 효율적으로 보급될 수 있을 것으로 기대된다.

### 제 3 절 연구개발 수행 내용 및 결과

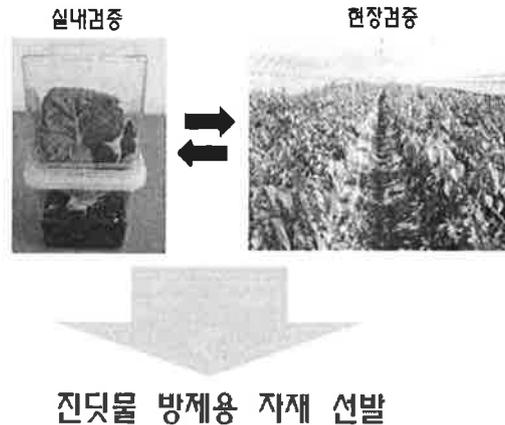
#### 1. 연구개발 수행 내용 및 범위

구분	연구개발 수행 내용	연구범위
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시판중인 진딧물 방제용 친환경농자재 실내검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 살충성분 기준 시판자재 선발</li> <li>• 선발된 자재의 진딧물 살충효율 실내 검증</li> <li>• 소규모 농가포장 살충효율 검증</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 방제용 천연식물 추출물 및 미생물 유래 소재의 실내검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 살충 활성 식물추출물 선발</li> <li>• 식물내생균 분리 및 살충효율 실내 검증</li> <li>• 살충성 유화제 생성 미생물 분리 및 진딧물 살충 검증</li> <li>• 곤충병원성 미생물 분리 및 진딧물 살충효율 검증</li> </ul>
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 천연식물 추출물 유래 진딧물 방제용 자재 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 살충효율 80% 이상 보유 자재 개발</li> <li>• 산업화 및 제품 효능 검증</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 천연식물 추출물 유래 진딧물 방제용 협력제 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 살충용 식물성 자재 개발</li> <li>• 산업화 및 제품 효능 검증</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미생물 유래 진딧물 방제용 자재 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 살충 곰팡이 제제 개발</li> <li>• 산업화 및 제품 효능 검증</li> </ul>
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선발된 자재 이용 시설재배 고추 진딧물 방제 매뉴얼 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 방제제 유효성분 분석</li> <li>• 농가현장 진딧물 방제효능 검증</li> <li>• 예비 매뉴얼 작성</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설재배 고추 진딧물 방제용 O/W 및 W/O 제제 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 방제제 개발</li> <li>• 산업화 및 제품 효능 검증</li> </ul>
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설재배 고추 진딧물 방제용 매뉴얼 농가현장 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예비 매뉴얼 농가 현장 검증</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설재배 쌈채류 진딧물 방제용 농자재 선발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소규모 농가현장 방제 효능 검증</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 벼물바구미 피해 억제용 농자재 선발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소규모 시험포장 방제 효능 검증</li> </ul>
5차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설재배 고추 진딧물 방제매뉴얼 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 방제매뉴얼 농가 현장 검증</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 벼물바구미 피해 억제용 매뉴얼 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예비 매뉴얼 시험포장 검증</li> </ul>

## 2. 연구개발 수행 결과

### 가. 진딧물 방제용 농자재 선발

진딧물 방제용 친환경농자재의 선발은 국내에서 시판되고 있는 제품과 본 연구를 통해 개발된 제품을 상대로 실내검증을 실시한 다음 복숭아혹진딧물에 대한 살충효율이 80%이상이면서 농가포장에서 살충효율이 50% 이상인 제품을 대상으로 하였다(그림 7).



[그림 7] 진딧물 방제용 농자재 살충효율 검증 추진전략.

#### (1) 시판 친환경농자재 선발

시판 농자재의 검증의 경우 진딧물 방제용 자재로 사업단 참여농가들에게 알려진 농자재를 시중에서 구입하여 진딧물 살충효율을 조사하여 수행하였다. 시판 농자재를 대상으로 진딧물 방제용 제제를 조사한 결과 총 22개의 제품이 대표적인 자재로 농가에서 널리 사용되고 있었으며, 해당 자재별 제조회사에 문의하여 자재의 주요 살충성분에 대한 정보가 확실한 제품만을 검증대상으로 정하였다.

검증결과 표 4에서 보여준 바와 같이 총 17개 제품이 실내검증에서 진딧물 살충효율이 80% 이상인 것으로 조사되었다. 검증된 자재중 남오일과 고삼이 혼합된 자재의 경우 살충효율이 가장 우수하였다. 반면, 제충국이 함유된 자재의 경우 살충효율은 높았으나 반복시험 간에 일관성이 다른 자재에 비해 낮았다.

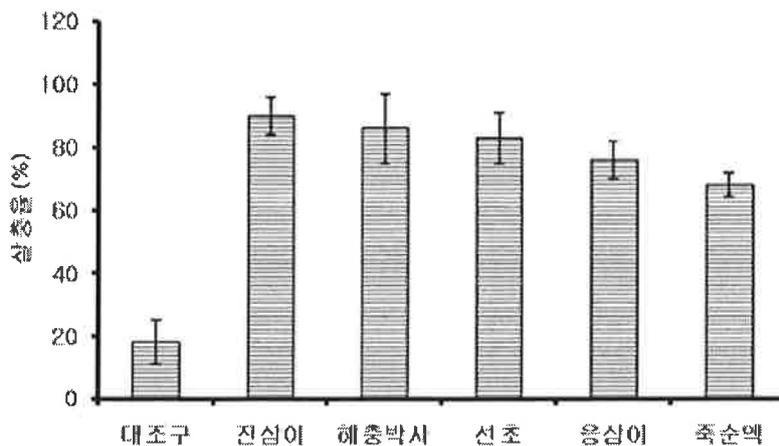
남오일은 살충성분으로서 azadirachtin이 함유되어 있는데 이는 해충의 탈피 교란제와 식욕감퇴제 등의 기능을 통해 살충력을 가져오는 것으로 알려져 있다(Mordue 등, 1998; 김과 김, 2009). 또한, 고삼에는 matrine이라는 살충성분이 함유되어 있는데 신경 전달기능과 관련하여 접촉독과 위장독을 일으켜 살충력을 가져오는 것으로 알려져 있다(Matsuda 등, 1991).

[표 4] 국내 시판 진딧물 방제용 제품중 살충효율이 검증된 자재

제품명	주요 살충성분	제조회사
비상구 크린업 진압 방충망	제충국	식물보호기술 팜스코리아 비아이지 식물나라
디펜스아이	제충국 + 님오일	동부한농
보검 왕중왕 선초 진삼이 응삼이 해충박사	님오일 + 고삼	경농 경농 비아이지 고려바이오 서울환경
죽순액 디펜스엠	고삼	DY바이오 동부한농
신선비 두베랑	카놀라오일	해숨 해숨
그린졸유제	님오일	해숨
스파이더	멀구슬	팜스코리아

참조 : 농자재 제조회사에 문의하여 얻은 정보를 기준함.

상기의 실내검증에서 살충효율이 80% 이상인 자재를 선정한 다음 이들을 전라남도 나주 반남면에 위치한 정상진 농가 고추포장에서 발생하는 진딧물을 대상으로 방제효율을 검증한 결과 진삼이, 해충박사, 선초, 응삼이, 죽순액, 디펜스엠 등 님오일과 고삼 혼합원료 혹은 고삼이 원료인 제품이 80% 이상의 방제효과를 보였다(그림 8). 따라서 진딧물 방제용 시판자재는 님오일과 고삼 혼합제 혹은 고삼이 살충원료로 함유된 자재 적절함을 알 수 있었다.



[그림 8] 선발된 친환경농자재의 진딧물 살충효율.

(2) 진딧물 방제용 천연식물 추출물 및 미생물 소재 선발

진딧물 방제용 소재 선발은 사업단 참여농가들에게 살충활성을 보유하고 있는 천연식물 추출물과 본 연구에서 자체적으로 분리한 미생물을 이용하여 수행하였다. 천연식물 추출물의 진딧물 살충효율은 식물체 건조량 1kg을 에탄올로 추출한 다음 100-500배 농축한 후 이를 다시 동일한 희석배수 수준농도에서 조사하였다. 또한, 진딧물 살충 미생물의 경우 식물성 오일을 분해하는 능력이 있는 식물내생균과 토양미생물이었다.

(가) 진딧물 살충 천연식물 추출물 선발

사업단 참여농가들에게 알려진 천연식물을 대상으로 국내에서 구입이 용이한 20개 식물을 선정하여 이들 추출물의 진딧물 살충효율을 조사한 결과 표 5에서 보는 바와 같았다. 식물체중 꾸지뽕 추출물이 60-70% 수준의 진딧물 살충효율을 보였으며 고삼과 어성초 추출물이 40-50% 살충효율을, 그리고 계피와 고추정유가 각각 40%와 30% 수준의 살충효율을 보였다. 조사대상 추출물중 원료공급이 가장 원활하여 친환경농업인들에게 많이 사용되고 있는 고추냉이, 녹나무, 대파, 된장풀, 생강, 석창포, 역귀, 초피나무, 마늘 등은 20% 이하의 낮은 살충효율을 보였다.

이러한 결과를 통해 정확하게 검증이 되지 않은 천연식물 추출물이 농가들에게 사용되고 있다는 것을 알 수 있었으며, 그 결과 효율적인 진딧물 방제가 이루어지지 못했던 것으로 추측되었다. 또한, 진딧물 살충효율이 비교적 우수한 꾸지뽕, 고삼, 어성초 추출물 등도 국내에서 재배되어 얻을 수 있는 생산량이 매우 낮기 때문에 국내 친환경농업의 규모나 추출물의 살포횟수, 살포 대상작물 등을 고려할 때 농업인에게 공급할 수 있는 양이 부족하여 진딧물 방제용 제제로서 개발될 수 있을 가능성이 희박함을 알 수 있었다. 따라서 천연식물 추출물을 진딧물 방제용 제제로 개발하고자 할 때는 무엇보다도 농작물 재배규모를 고려한 원료공급이 반드시 충분해야 할 것이다.

[표 5] 국내 천연식물 추출물의 진딧물 살충효율 현황

식물추출물	살충효율 범위(%)	식물추출물	살충효율 범위(%)
꾸지뽕	60-70	된장풀	>10
고삼	40-50	반하	>10
어성초	40-50	부자	>10
계피	30-40	생강	>10
고추정유	20-30	석창포	>10
백두옹	10-20	소리쟁이	>10
마늘	10-20	역귀	>10
녹나무	>10	초피나무	>10
대파	>10	흰민들레	>10
땅빈대	>10	고추냉이	>10

참조 : 건조량 1kg을 에탄올 추출 후 농축배수 만큼 희석하여 얻은 결과임.

(나) 진딧물 살충 미생물 소재 선발

① 기름 오염토양에서 분리한 미생물

진딧물 살충용 미생물 선발은 식물성 오일을 탄소원으로 성장하면서 유화제를 생산하는 능력이 있는 균주를 대상으로 실시하였다. 이를 위해 기름으로 오염된 토양에서 분리한 미생물과 천연식물 내생균을 0.2% 콩기름을 유일 탄소원으로 최소배지에서 배양한 다음, 배양액을 진딧물 살충효율 시험에 사용하였다.

농기계 기름으로 오염된 토양에서 분리한 미생물을 분리한 결과 *Pseudomonas*속과 *Rhodococcus*속 20여종 균주이었다. 분리균 중 수용액에서 오일에 대한 유화력이 우수한 균주 2종인 *Pseudomonas* sp. MC83과 *Rhodococcus* sp. CF2-5를 선발하였다. MC83과 CF2-5 균주는 증류수 대비 계면활성력이 각각 44 mN/m와 51 mN/m로서 기존 보고된 균주의 32 mN/m(Kim 등, 2002)에 비해 낮았지만 유화력은 48시간 후 각각 91%와 74%로 매우 우수하였다(표 6). 또한, 배양액을 추출하여 생산된 지방산을 분석한 결과 C18 불포화 지방산 함량이 높았다(표 7).

[표 6] 오일분해 미생물의 계면활성능과 유화력

분리균주	계면활성력 (mN/m)	유화력 지수(%)	
		24시간 후	48시간 후
<i>Pseudomonas</i> sp. MC83	44.0	93	91
<i>Rhodococcus</i> sp. CF2-5	51.4	78	74

참조 : Kim 등, 2007.

[표 7] 오일분해 미생물의 계면활성능과 유화력

주요 지방산	지방산 함량(%)	
	<i>Pseudomonas</i> sp. MC83	<i>Rhodococcus</i> sp. CF2-5
C14:0	tr	tr
C16:0	10.51	18.73
C18:0	3.87	8.11
C18:1	25.95	26.68
C18:2	59.67	46.48

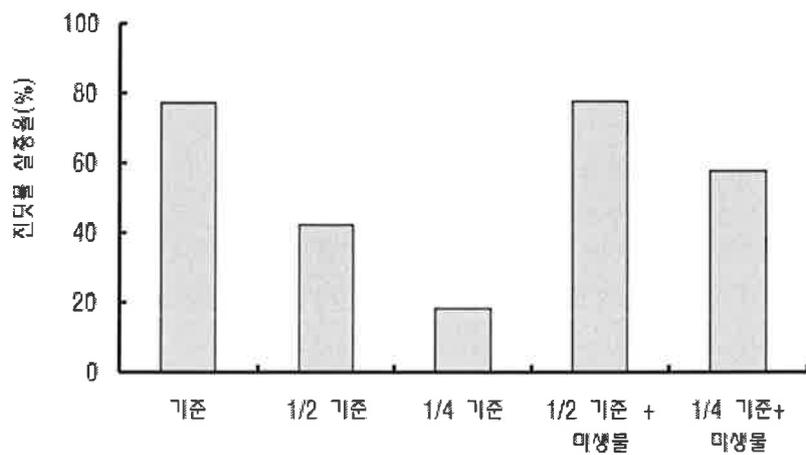
참조 : tr. <0.01%.

이러한 결과를 통해 분리된 미생물은 배양액 자체가 살충력을 보유할 뿐만 아니라 살충효과를 높이는 협력제로서 사용될 수 있음을 의미하여 이에 대한 가능성을 조사하였다. 상기에서 선발한 천연식물 추출물을 유화제를 생산하는 균주와 혼합하여 진딧물에 처리한 결과 꾸지뽕, 어성초, 고삼, 계피가루 추출물 등의 진딧물 살충율이 현저하게 증가되었다(표 8). 또한, 상기에서 선발한 진딧물 방제용 친환경농자재와 유화제 생산 미생물 배양액을 혼합하여 처리한 결과 추출물 처리기준량의 1/2과 1/4 농도 수준에서 기준량 농도수준으로 처리할 때와 유사한 살충

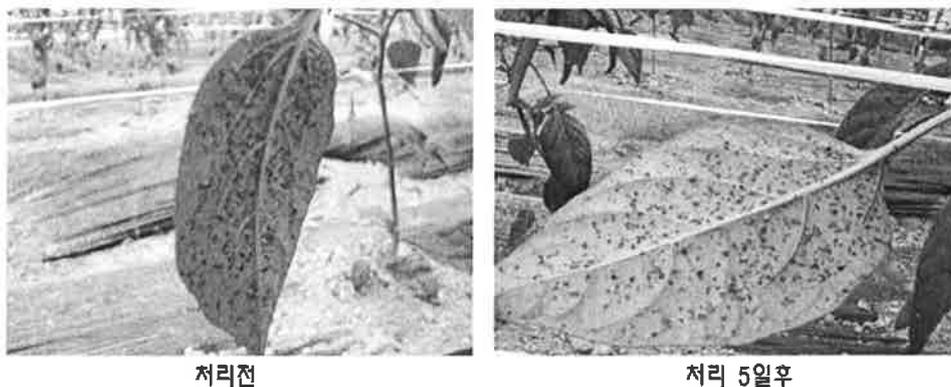
효율이 관찰되었다(그림 9). 유화제 생산 미생물의 진딧물 효과에 근거하여 전라남도 장성군 남면 김채식 농가 고추포장에서 목화진딧물을 대상으로 방제효과를 조사한 결과 미생물 배양액과 상기에서 선발한 친환경농자재를 혼합하여 처리하였을 때 그림 10에서 보는 바와 같이 제제처리 7일 후 완전한 방제효과를 거둘 수 있었다.

[표 8] 미생물 배양액이 식물추출물의 진딧물 살충효과에 미치는 효과

식물추출물	진딧물 살충율(%)		
	식물추출물	식물추출물 + 유화제 생성 미생물 배양액	
		1회 처리	2회 처리(처리 3일 후)
꾸지뽕	69	78	82
어성초	47	87	96
고삼	43	69	93
계피가루	34	83	94



[그림 9] 선발된 친환경농자재와 미생물 배양액의 진딧물 살충효율.



[그림 10] 선발된 친환경농자재와 미생물 배양액의 진딧물 살충 포장실험.

일반적으로 농약의 살충기작은 접촉독과 식독제로 분류되고 있으며 진딧물의 경우 주로 접촉독(질식독을 포함)에 의해 살충효과를 가져온다(김과 김, 2009). 접촉독을 가져오려면 약제가 체내에 침투하여 작용점에 도달해야 하는데 합성농약은 원제이외에 계면활성제 및 용제 등을 포함한 보조제가 함유되어 살충효과를 증가시키는 역할을 한다.

친환경농자재는 주로 용매에 추출되어 나오는 추출물에 함유된 살충물질을 이용하여 해충방제를 하는데, 살충물질이 해충체내에 침투할 때는 농도구배에 의하므로 보조제가 없을 경우 살충물질의 해충체내 침투율이 낮아 만족할만한 수준의 살충효과는 가져올 수 없다. 따라서 살충효과를 증진시키려면 추출에 소요되는 식물의 양을 늘리거나 추출물을 농축하여 살충물질의 농도를 높이거나 혹은 보조제를 첨가해야 한다.

이러한 점을 고려할 때 본 연구에서 개발한 유화제 생산 미생물은 진딧물 살충효과를 증진시키는데 매우 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 상기의 결과에서 보여준 바와 같이 유화제 생산 미생물은 공기층을 해충체내 침투율이 높은 불포화성 지방산으로 분해하면서 살충물질의 유화성을 증가시키는 능력이 있으며, 유화제 역할을 하는 지방산 조성물들이 친환경농자재 혹은 천연식물 추출물의 살충효과를 증진시키는 효율성이 있었다. 이러한 성과는 아래와 같이 2006년 7월 10일 농민신문에 기고되었으며, 관련 기술이 현재 친환경농업인에게 해충방제를 위해 널리 활용되고 있다.

2006년 7월 10일 월요일 농민신문

## 방제비용 절감 '친환경보조제' 개발

친환경제제와 섞어 사용... 직접 조제 가능

전남대 김인선 교수팀

방제비용을 획기적으로 낮출 수 있는 친환경보조제가 개발됐다.

전남대 친환경농업사업단 김인선 교수 연구팀은 공기층을 분해하는 미생물을 활용해 계면활성제 혹은 유화제를 만들어 친환경제제의 섞어 쓰는 기술을 개발했다고 밝혔다. 이들 미생물은 슈도모나스 및 로도코코스 속에 속하는 것으로 기름에 오염된 토양에서 분리 추출했는데 공기층 파괴

의 0.3% 용량만큼 미생물을 넣고 3~5일 배양하면 공기층이 분해되면서 물과의 경계면에 잘 달라붙고 쉽게 섞이는 성질의 보조제가 만들어진다.

이 보조제에 평소 사용하던 친환경제제를 기존 사용량의 4분의 1만 혼합해 작물에 살포하면 친환경제제만 사용할 경우보다 훨씬 높은 효과를 얻을 수 있다. 고추와 대파 포장에서 진딧물 방제를 친

가 있는 것으로 밝혀졌다.

비판 친환경제제값에 비하면 공기층값은 매우 싸고 식물추출성 친환경제제에 두루 사용이 가능하기 때문에 농업인이 공기층을 사다가 직접 미생물을 배양해 섞어 쓰면 방제비용을 크게 낮출 수 있을 것으로 기대된다.

김교수는 "이 기술이 실용화되면 비용 절감은 물론 환경오염 감소와 해충의 저항성 발현을 피할 수 있다"면서 "농가에 대량 보급할 수 있도록 값싼 제제 형태를 개발하고 있다"고 말했다. ☎062-530-2131. 윤영한 기자

<유화제 생산 미생물의 농가 활용 대한 홍보 기사>

② 천연식물에서 분리한 내생미생물

천연식물에서 분리한 내생균은 *Pseudomonas*와 *Burkholderia*속으로 분류되었으며, 이 중 *Burkholderia*속 균주가 살충활성과 식물병원균 성장 저해력을 보였다(표 9). 특히, 소리쟁이뿌리에서 분리한 균주는 유화제 생산능력이 우수하고 역병원균과 잣빛곰팡이병원균에 대한 성장 저해 능력이 우수함을 알 수 있었다. 하지만, 이 균주는 보다 자세한 균주동정을 통해 병원성인자를 보유하고 있는 것으로 밝혀져 실용화를 진행하지 못하였다. 그러므로 미생물을 이용한 병해충 방제용 제제를 개발하고자 할 때는 분리된 미생물의 병원성 여부도 반드시 검토되어야 할 것이다.

[표 9] 천연식물 내생균의 유화제 생산여부 및 식물병원균 성장 저해

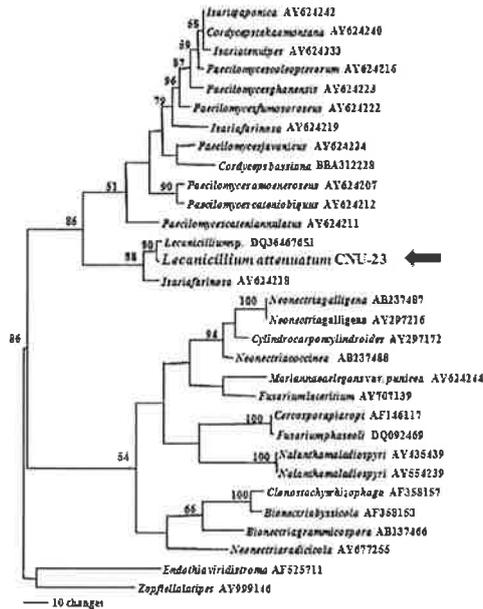
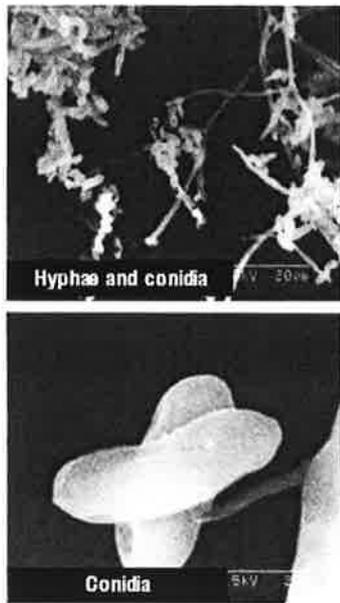
식물체	유화제 생성여부	역병원균 저해력	잣빛곰팡이 저해력	식물체	유화제 생성여부	역병원균 저해력	잣빛곰팡이 저해력
유채 잎	0	+	+	살구나무 열매	0	-	-
유채 뿌리	0	-	-	개오동 잎	0	-	-
허깨나무 가지	0	-	+	소리쟁이 잎	0	-	-
동백나무 줄기	0	+	+	소리쟁이 뿌리	0	++	++
팽이밥 잎	0	+	-	살구나무 잎	0	-	-
팽이밥 뿌리	0	-	-	뽕나무 잎	0	-	-
살구나무 줄기	X	-	-	뽕나무 줄기	0	+	-

참조 : 0. 유화제 생성; X. 유화제 미생성; ++. 병원균 성장 저해도 80% 이상; +. 병원균 성장 저해도 50% 이상; -. 병원균 성장 저해 10% 이하임.

③ 진딧물 살충성 미생물

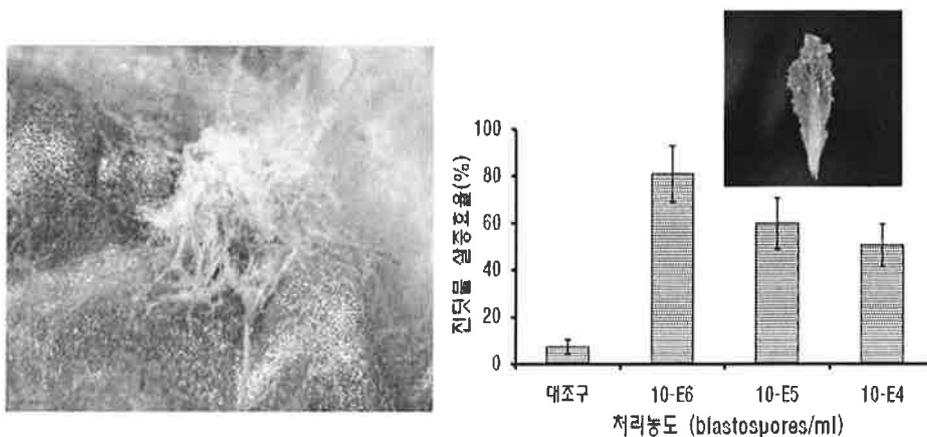
해외 선진국에서는 천연식물 추출물을 활용한 진딧물 방제용 제제를 개발하여 산업화하는 연구 이외에 천적과 곤충병원성 곰팡이 제제를 개발하여 효율적인 해충밀도 관리를 하고 있다. *Verticillium*이나 *Lecanicillium* 같은 곤충병원성 곰팡이 살충제(Jackson 등, 1985; Fournier와 Brodeur, 2000)가 그 예로서, 네델란드 Koppert에서 개발한 Vertalec<sup>®</sup>이라는 제품을 개발하여 세계시장에 내놓고 있다. 본 보고서의 서두에서 언급했던 것처럼 우리나라는 현재 친환경농자재의 품목수가 매우 한정적이고 유효성분면에서 제한적이어서 자재의 적용성에 한계를 내포하고 있다. 따라서 합성농약을 대체할 수 있는 다양한 자재를 개발하지 않으면 해충에 의한 친환경농작물의 피해가 심각해질 수 있다. 이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 상기와 같은 자재와 더불어서 현재 우리나라에 전무한 진딧물 방제용 곤충병원성 곰팡이 제제를 개발하였다.

농가현장에서 발견되는 진딧물에 기생하는 곤충병원성 곰팡이를 분리한(Kim 등, 2008) 다음 곰기름을 유일 탄소원으로 배양하여 얻은 포자액을 진딧물 방제에 활용하였다. 분리된 곰팡이는 동정 결과 *Lecanicillium attenuatum*으로 되었으며 이를 *Lecanicillium attenuatum* CNU-23으로 명명하였다(그림 11).

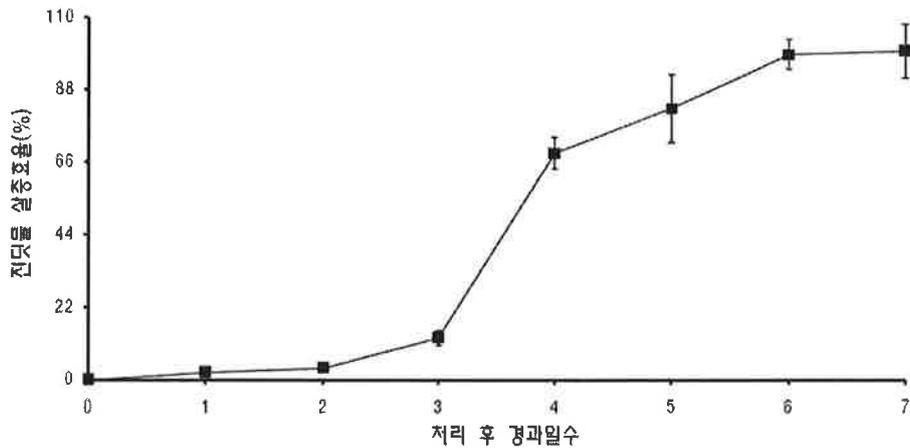


[그림 11] 곤충병원성 곰팡이의 현미경 사진(좌)과 계통학적 위치(우).

분리한 곤충병원성 곰팡이 CNU-23 배양액을 진딧물에 처리하여 실내조건에서 진딧물 살충효율을 조사한 결과 그림 12에서 보는 바와 같이 진딧물에 기생하면서 살충하는 것이 관찰되었으며, 포자농도별 살충력을 보면  $1 \times 10^6$  수준에서 80% 이상의 수준이었다. 또한, 미생물을 처리한 후 경시적인 살충효과를 조사하였을 때 처리 7일 후 85% 이상 수준의 살충효과를 가져왔으며 50% 살충효과를 갖는 시간인  $LT_{50}$ 인 약 3.72일이었다(그림 13).



[그림 12] 진딧물 기생 곤충병원성 곰팡이 사진(좌)과 살충효율(우).

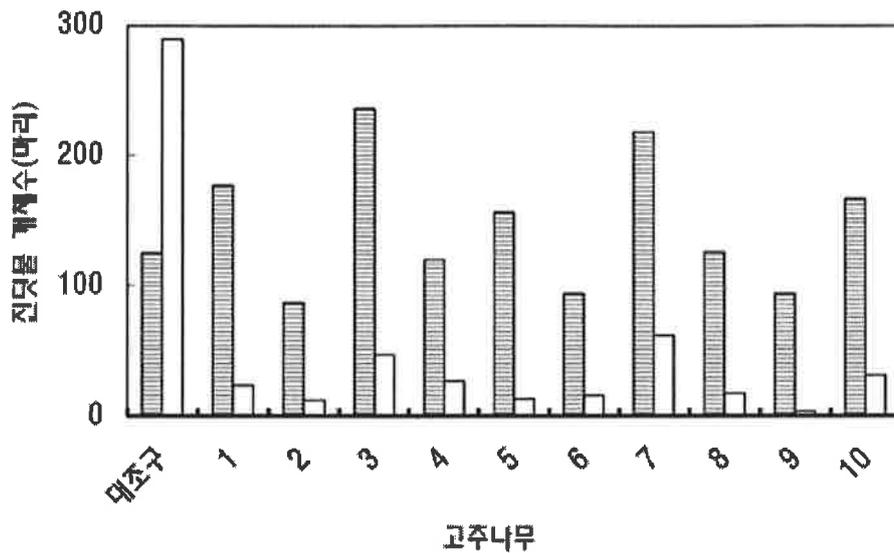


[그림 13] 곤충병원성 곰팡이 CNU-23에 의한 경시적 진딧물 살충효율.

곤충병원성 곰팡이 CNU-23의 진딧물 살충 실험결과에 근거하여 CNU-23의 진딧물 방제 효과를 전라남도 나주시 반남면 정상진 농가 고추포장에서 발생한 복숭아진딧물을 대상으로 실시하였다. 곰팡이 제제가 살충효과를 가져오려면 온도와 습도가 적절하게 적어도 1주일 이상 동안 유지되어야 하므로 미생물 처리를 위해 장마철 시기를 고려하였다. 상기에서 같이 미생물 배양액을 얻은 다음 과거 기상자료를 기준으로 강우량이 많을 것으로 예상되는 날짜를 선택하고 장마가 충분한 강우량이 예상되는 5일전에  $1 \times 10^7$  포자수준의 배양액을 3일 간격으로 2회 처리하였다. 처리 12일 후 그림 14에서 보는 바와 같이 진딧물에 처리된 미생물이 기생하는 성장하는 모습이 관찰되었으며 이 때 방제효과는 고추나무 10개를 조사한 결과 80-90% 수준이었다(그림 15).

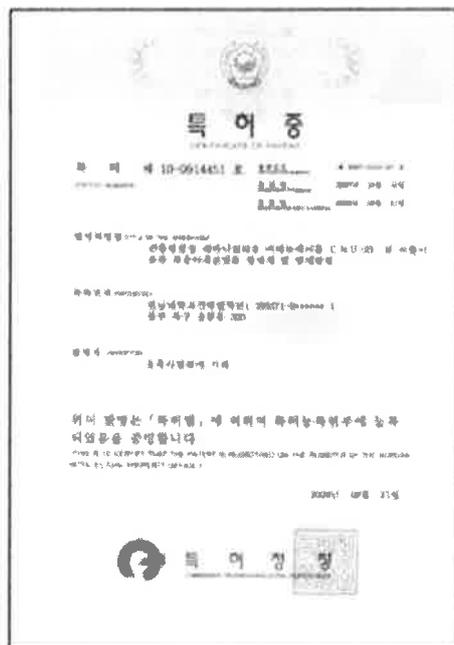


[그림 14] 곤충병원성 곰팡이 CNU-23에 진딧물 방제 포장실험.



[그림 15] 곤충병원성 곰팡이 CNU-23 처리전(▨)과 처리후(□)에 진딧물 개체수.

이상의 결과를 통해 본 연구에서 분리한 곤충병원성 곰팡이 CNU-23은 향후 진딧물 방제용 미생물 제제로 산업화할 수 있을 것으로 기대되며 이와 관련한 기술이 현재 아래와 같이 특허 (특허 제 10-0914451)로 등록되어 있다.

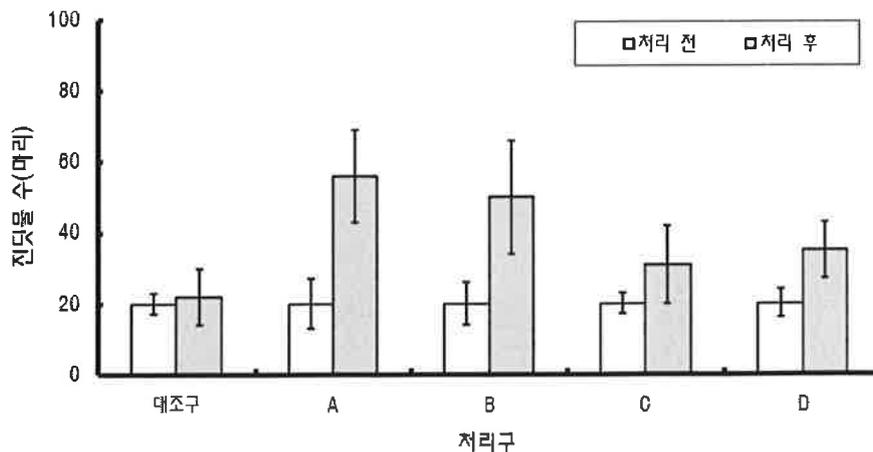


<진딧물 방제용 곤충병원성 곰팡이 CNU-23 관련 특허증>

### 나. 진딧물 방제용 제제의 산업화 및 방제효과 검증

현재 친환경농업에 널리 사용되고 있는 진딧물 방제용 자재 중 살충효율이 80% 이상으로 검증된 자재의 공통점은 제충국, 님오일, 고삼 등에서 유래한 식물추출물로 조사되었다. 이들 천연식물 추출물이 널리 사용되고 있는 근본적인 원인은 산업화가 가능한 추출물들이기 때문이다. 이들 추출물들이 산업화가 가능한 요건은 다음과 같이 정리할 수 있다(Isman, 2006). 즉, ① 산업화에 필요한 원료공급이 지속적으로 이루어질 수 있고(국내가 아니라도 해외에서 광역단위로 재배되고 있음), ② 제품의 산업화 과정에서 소요되는 인건비, 시설비, 기술개발비 등이 충분하게 경제적 이윤으로 연결될 수 있으며(국내에서 새로운 식물 추출물을 이용한 자재를 개발할 경우 시장성을 고려할 때 인건비나 시설유지비 때문에 산업화가 매우 어려움), ③ 세계적으로 공인받을 수 있는 살충성과 안전성을 가지고 있기 때문에 산업화 성공의 확률이 높고(새로운 식물 추출물의 경우 살충성과 안전성 검증을 위해 막대한 비용과 시간이 소요됨), ④ 해충방제에 대한 과학적인 자료가 축적되어 있어 산업화를 통해 개발된 제품의 신용성이 높다(오래전부터 널리 사용되어 왔던 천연식물이기 때문에 많은 과학적 연구가 효과성을 증명함)는데 산업화 요건이 있다. 따라서 살충활성이 있는 새로운 천연식물을 찾고 이를 이용하여 해충방제용 제제를 개발한다는 것은 산업화 단계에 접어들면서 실용화 가능성이 낮다는 의미이다. 개발된 제제가 산업화되지 않으면 농가에 보급이 되지 않을 것이며 그 결과 농가현장에 적용될 수 실용화는 기대할 수 없다.

본 연구에서 시판자재를 검증하는 과정에서 방제메뉴얼이나 방제효능 검증이 되어 있지 않은 일부 천연식물 추출물의 사용은 오히려 해충을 자극시켜 그 밀도를 급격히 증가시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있었다(그림 16). 이것은 해충방제용 농자재를 개발하고자 할 때 과학적인 원리에 근거한 제품화과정을 거쳐야 하며 또한 검증된 자재만을 농가에서 사용할 수 있도록 해야 한다는 것을 암시한다. 이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 살충성과 안전성이 입증되어 온 천연식물(예: 제충국, 님오일, 고삼, 데리스)에서 유래한 추출물을 이용한 다양한 자재를 개발하는 것이 친환경농업에 적용면에서 보다 효율적일 것으로 사료되었으며, 기존에 시판 중인 자재와 다른 형태의 제제를 개발하여 산업화하는 것이 농자재 품목수를 고려할 때 한계성을 극복하고 활용성을 높이는 방법임을 알게 되었다.

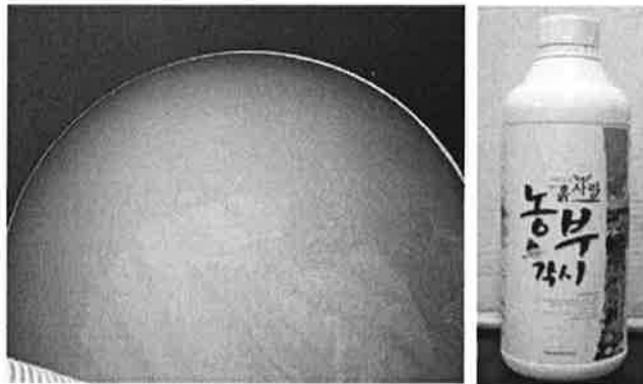


[그림 16] 친환경농자재 오용에 의한 진딧물 개체 변화.

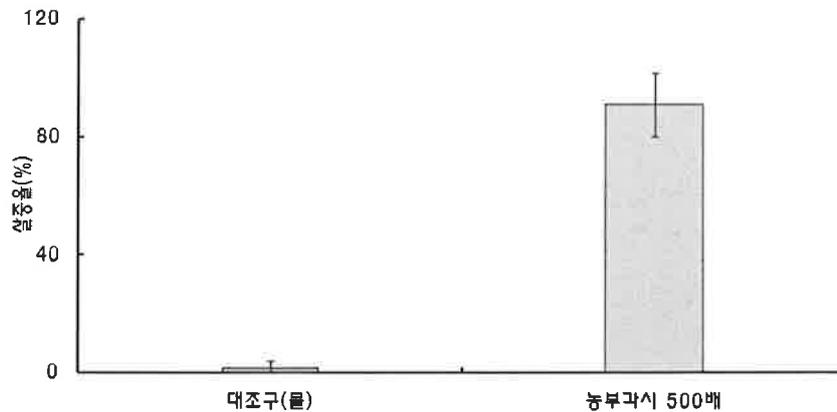
(1) 천연식물 추출물 유래 진딧물 방제용 제제 산업화

(가) 진딧물 방제제의 산업화

진딧물 방제용 식물추출물 제제의 산업화는 상기에서 언급한 식물추출물중 산업화된 제품이 없는 오스톨과 제충국(살충성분: pyrethrin) 추출물, 그리고 콩기름 및 창포오일을 식용성 계면활성제와 적절하게 배합하여 수행하였다. 식용성 계면활성제는 미국 FDA에서 농약독성 검사 대상 면제항목에 해당되는 것이었다. 제제개발은 구성하는 성분들의 배합조건을 달리하면서 물에 희석하였을 때 뜨지 않고 뭉치는 현상이 없으며 48시간을 방치해도 현탁이 유지될 수 있게 하였다. 개발된 제품은 (주)흙사랑에 '농부각시'라는 이름으로 산업화를 실시하였다(그림 17). 농부각시는 500배 희석수준에서 진딧물 살충효율이 안정적으로 90% 이상이었다(그림 18).



[그림 17] 진딧물 방제용 천연식물 추출물 제제(좌)와 시제품(우).



[그림 18] 농부각시의 복숭아혹진딧물 살충효율(5반복 평균값).

또한, 농부각시를 (주)흙사랑과 함께 지역이 다른 전라남도 나주시 남평읍 김희원 농가와 전라남도 나주시 반남면 정상진 농가 고추포장에서 발생한 진딧물을 대상으로 방제효과를 검증한 결과 평균 80% 수준 안정적이었다(표 10). 이러한 결과는 농부각시가 실내 및 농가포장 조건에서도 진딧물 방제제로 사용될 수 있음을 의미하였다.

[표 10] 농부각시 처리가 고추 진딧물 개체수에 미치는 영향(Kim 등, 2009)

고추나무	농부각시 처리전과 처리후 진딧물 개체수			
	남평 포장		반남 포장	
	처리전	처리후	처리전	처리후
대조구 1	86	126	64	109
대조구 2	43	76	106	172
대조구 3	123	147	36	52
1	83	16	24	0
2	234	0	37	4
3	467	25	83	21
4	90	1	92	17
5	65	8	67	8
6	24	0	121	14
7	132	26	93	4
8	187	16	63	11
9	38	4	208	40
10	274	36	39	8

또한, 농부각시를 전라남도 소재 친환경농가에 시제품 형태로 공급하여 시설재배 작물에 발생하는 해충으로 대상으로 방제 가능성을 조사한 결과 고추 진딧물 이외에 애호박 굴파리, 대파 총채벌레, 토마토 온실가루이 등에도 방제효과가 있는 것으로 농가들로부터 호의적인 평가를 받았다(그림 19).



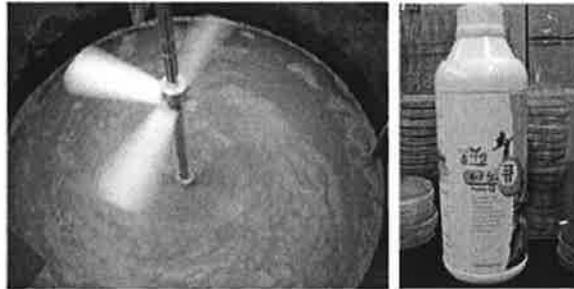
[그림 19] 농부각시의 농업해충 방제 적용성.

#### (나) 진딧물 방제용 협력제 산업화

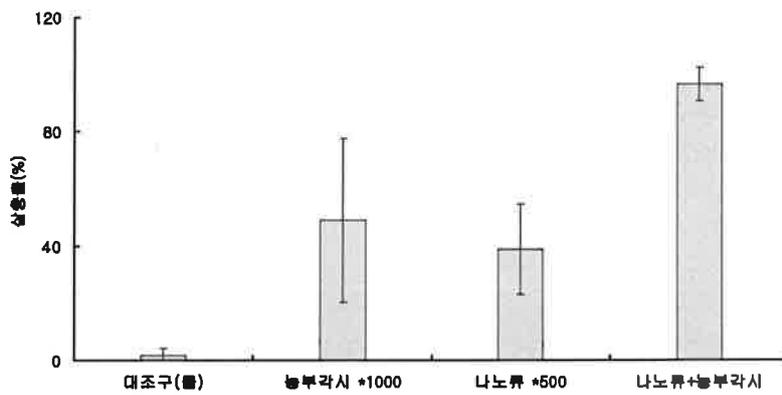
유화제 생산 미생물 배양액이 진딧물 방제용 협력제로 사용될 수 있다는 상기의 결과를 통해 식물성 오일 자체를 협력제로 사용하면 보다 효율적일 것으로 사료되었다. 이것은 미생물 배양액은 원액이나 단지 수배 수준의 희석액을 살포해야 효과가 있기 때문에 살포면적이 넓은 경우 그 면적에 해당되는 부피만큼 미생물 배양액을 확보해야 하기 때문이다. 따라서 농가현장에서 필요할 때마다 희석해서 사용하는 제제의 개발이 해충방제를 위해 효율적일 것으로 사료되었다.

이에 본 연구에서는 콩기름을 촉매가수분해를 거쳐 생산된 지방산 물질을 적절하게 염화합물

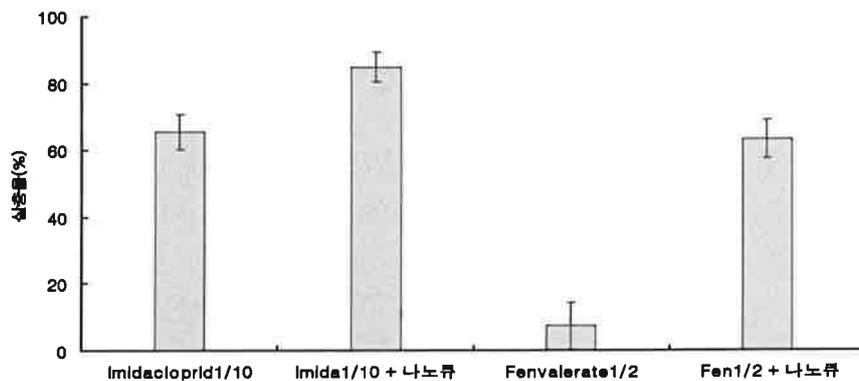
로 만들어 (주)흙사랑을 통해 '나노큐'라고 산업화하였다(그림 20). 나노큐의 진딧물 살충 협력 효과를 시험하기 위해 본 연구에서 개발된 농부각시를 살포 기준량의 1/2, 합성농약 imidacloprid의 기준량의 1/10, 그리고 fenvalerate의 기준량의 1/2 수준으로 나노큐 500배액과 혼합한 다음 진딧물 살충효과를 조사한 결과 살충효율이 현저하게 증가하였다(그림 21, 그림 22).



[그림 20] 나노큐의 500배 희석액(좌)과 시제품(우).

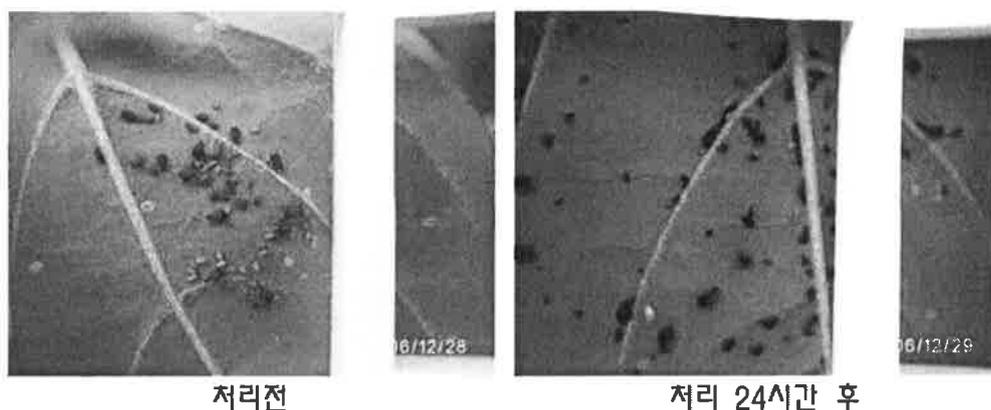


[그림 21] 나노큐 처리가 농부각시의 진딧물 살충에 미치는 영향.



[그림 21] 나노큐 처리가 합성농약의 진딧물 살충에 미치는 영향.

나노큐의 이러한 방제효과를 전라남도 화순군 이양면 강병옥 농가 고추포장에서 발생하는 목화진딧물을 대상으로 검증한 결과 농부각시 기준 살포수준의 1/2 농도와 나노큐 500배액을 처리한 결과 90% 이상의 방제효과가 관찰되었다(그림 22). 이러한 결과는 나노큐가 진딧물 방제용 협력제로 사용될 수 있음을 의미하였다. 나노큐의 작용기작은 살충물질의 침투력을 증가시키거나 혹은 해충의 기공을 막아 질식작용을 가져옴으로서 살충효과를 상승시킨 것으로 사료된다(Lui 등, 2000).



[그림 22] 나노큐와 저농도 농부각시 혼합액 진딧물 살충 농가현장 실험.

#### (다) 진딧물 방제용 O/W 에멀전 및 W/O 에멀전 제제 산업화

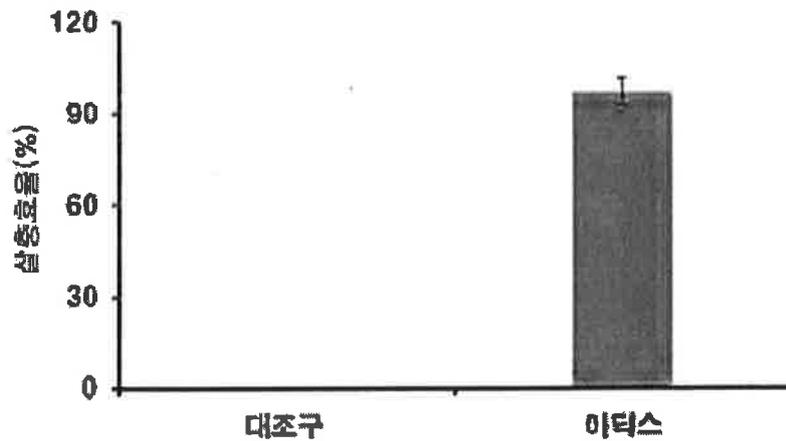
본 연구를 수행하면서 진딧물 방제매뉴얼을 개발하기 위해서는 살충성분이 서로 다른 5종의 제제가 필요할 것으로 사료되었다. 이는 진딧물의 생애주기와 관련이 있는데 진딧물은 평균적으로 30일 정도 살면서 10회 정도 유충을 생산하고 12~16시간 간격으로 큐티클의 지속적인 탈피를 한다. 또한 개체수가 2배로 늘어나는 시간이 2~3일로 짧아 개체밀도가 단시간 이내에 급속히 증가한다. 이는 살포된 제제가 24~48시간 이내에 진딧물 큐티클을 뚫고 체내 작용부위에 들어가 살충효과를 발휘하지 않으면 진딧물 표면에 묻어 있는 대부분의 살충물질은 탈피되는 큐티클과 함께 진딧물로부터 제거된다는 의미이다. 이러한 과정은 진딧물의 제제에 대한 저항성을 유발하는 현상과 관련이 깊다. 살충물질의 농도가 충분히 진딧물 체내로 유입되지 않고 진딧물이 이겨낼 수 있는 수준의 농도만 유입되면 진딧물은 제제에 대한 저항성을 쉽게 갖게 된다. 그러므로 진딧물을 방제하는 제제를 살포하려면 적어도 진딧물 생애기간 동안 동일한 살충성분을 반복적으로 살포하지 말아야 한다. 따라서 진딧물의 생애주기를 고려하여 초기 살포 3일 후에 2차 살포를 실시한 후 5~7일 간격으로 제제를 살포하여 진딧물을 방제한다고 할 경우 5가지 제제가 필요하다는 결론이 나온다.

이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 상기에서 개발한 농부각시, 나노큐, 에피스 이외에 살충성분이 다른 제제를 추가적으로 산업화하고자 하였다. 이는 님오일과 데리스제를 지용성 및 수용성 계면활성제와 적절하게 배합하여 O/W 에멀전(Wang 등, 2007)과 W/O 에멀전(Bouchemal 등, 2004) 제제를 개발하여 실내 및 농가현장에서 진딧물 방제효율을 검증하여 수행하였다.



[그림 23] O/W 에멀전 제제 아디스의 시제품.

개발된 O/W 에멀전 제제는 (주)휴사랑에 '아디스'라는 이름으로 산업화하였다(그림 23). 아디스는 진딧물 살충 실내검증에서 살충율이 24시간 이내 97% 이상 수준으로 매우 안정적이었다(그림 24). 또한, 아디스의 진딧물 방제효율을 전라남도 나주시 반남면 정상진 농가 고추나무 50그루에 발생하는 진딧물을 대상으로 실시하였을 때 방제효율이 75% 이상 수준이었으며 적물에 대한 약해 또한 발생하지 않았다(그림 25). 그 결과 초기에 진딧물 피해를 받았던 고추나무가 시간이 지나면서 점점 회복하는 결과를 볼 수 있었다.

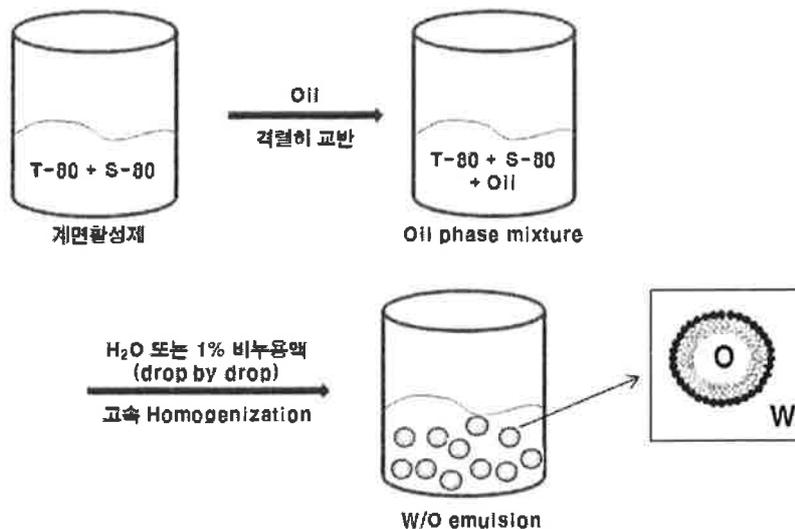


[그림 24] O/W 에멀전 제제 아디스의 진딧물 살충 실내검증.

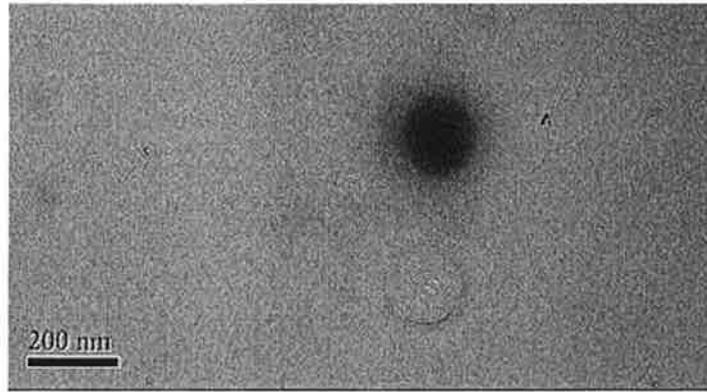


[그림 25] O/W 에멀전 제제 아디스의 진딧물 살충 농가포장 검증(좌측 상단에 표기된 번호는 처리 후 시간이 경과되는 순서임. 사진에서 맨 좌측 줄의 고추나무 진딧물 피해가 아디스 처리에 의해 점점 회복되는 모습을 볼 수 있음).

한편, W/O 에멀전 제제는 그림 26과 같은 방법으로 준비하였다. 즉, 계면활성제 Tween-80과 Span-80을 살충물질의 농도를 고려하여 적절한 비율로 혼합한 다음 물과 1% 비누용액을 한 방울씩 떨어뜨리면서 Ultra-homogenizer에서 고속으로 혼합한 다음 제제로 사용하였다. 이렇게 제조된 에멀전 제제는 투과현미경 분석결과 200 nm 크기 이하인 분자로 밝혀졌다(그림 27).

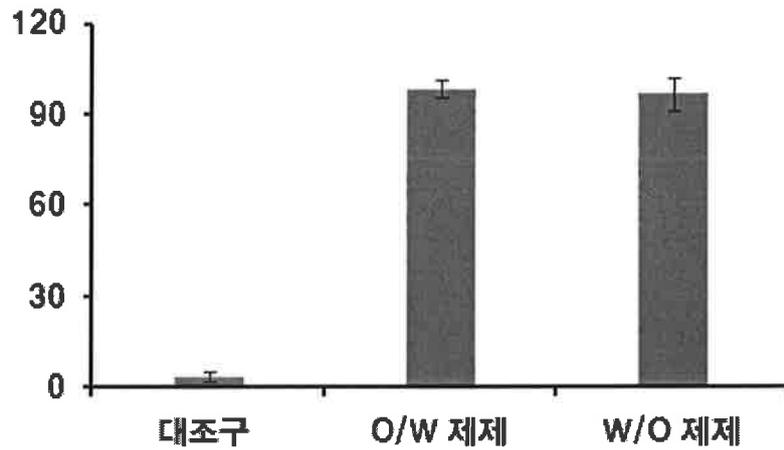


[그림 26] W/O 에멀전 제제를 만드는 과정.

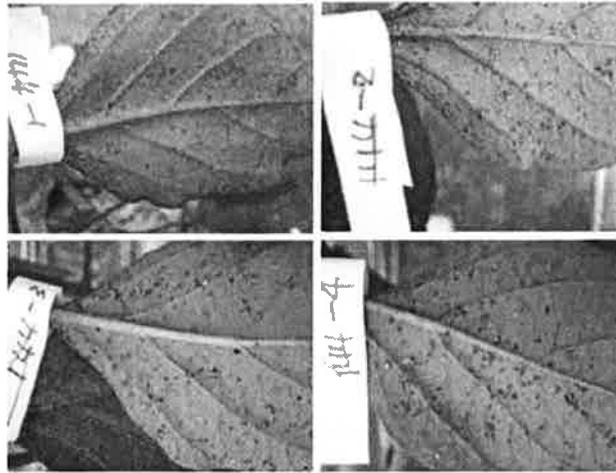


[그림 27] W/O 에멀전 제제의 투과전자 현미경 사진.

상기와 같이 제조된 W/O 에멀전 제제의 진딧물 살충효율을 실내에서 검증한 결과 기존 O/W 에멀전 제제 못지않은 효율로서 92% 수준으로 안정적이었다(그림 28). 또한, 진딧물 방제효과를 전라남도 나주시 반남면 정상진 농가 고추나무에서 발생하는 진딧물을 대상으로 실험한 결과 처리 3일 후 방제효과가 90% 이상으로서 이는 O/W 에멀전 제제보다 높았다(그림 29). 이러한 결과에 근거하여 현재 W/O 에멀전 제제는 산업화를 위한 시제품 제작을 계획하고 있다.



[그림 28] W/O 에멀전 제제의 진딧물 살충효율 실내 검증.



[그림 29] W/O 에멀전 제제의 진딧물 살충효율 농가현장 검증.

(2) 미생물 유래 진딧물 방제용 제제 산업화

미생물 유래 진딧물 방제용 제제의 산업화는 상기 연구에서 분리하여 특허등록 균주인 곤충 병원성 곰팡이인 *Lecanicillium attenuatum* CNU-23을 이용하여 수행하였다. CNU-23 균주를 potato dextrose broth (PDB) 배지에서 1주일간 배양하였다. 얻어진 배양액을 거즈에서 여과하여 균체를 제거한 다음 여과액에 나노큐 500배액을 혼합하였다. 이 때 혼합액 중 포자농도는  $1 \times 10^{10}$  수준이었다. 이렇게 조제한 제제는 '에피스'라는 이름으로 (주)흙사랑을 통해 시제품으로 제작하였다(그림 30). 또한, 에피스 제제의 진딧물 방제효과를 전라남도 나주시 반남면 정상진 농가 고추포장에서 실시한 결과 2회 처리 10일 후 90% 이상의 방제효과가 관찰되었다(그림 31). 따라서 에피스는 시설재배 작물에서 진딧물 방제매뉴얼을 연구할 때 효율적으로 적용될 수 있는 제제가 될 수 있을 것을 기대된다.



[그림 30] CNU-23 포자 현미경 사진(좌상), 배양사진(좌하)과 에피스 시제품(우).



[그림 31] 에피스의 진딧물 방제 농가현장 실험.

다. 진딧물 방제 매뉴얼 연구

진딧물 방제 매뉴얼 연구는 실내 및 농가현장에서 진딧물 방제효과를 검증하여 선발된 자재를 중심으로 수행하였다. 선발된 자재 중에서도 살충성분이 서로 다른 자재를 작물 재배지수별로 배분하여 적용하였다. 선정된 자재는 제충국제, 데리스제, 데리스와 님오일 혼합제, 고삼과 님오일 혼합제, 마늘유와 고삼 혼합제 등이었다. 또한, 살충력의 상승을 위해 식물성 오일로 조제한 협력제를 필요시에 적용하였다.

(1) 실험포장 작물 재배환경 조건

진딧물 방제매뉴얼 개발을 위해 관행구 및 무농약 고추 시설재배 포장에 전라남도 남평읍 평산 2리 이화철 농가에 마련한 다음(그림 32), 두 시험구에 각각 해충유입 억제용 방충망을 설치하고 온습도 측정기, 시험구 내부의 환기제어를 위한 환풍기 등을 동일하게 설치하였다. 그 결과 시험기간 동안 두 시험구의 온도와 습도 조건은 매우 유사하게 유지되었다. 진딧물 방제를 위해 관행재배 시험구의 경우 농민이 수행해 왔던 방법대로 합성농약을 주기적으로 살포하였으며, 무농약 고추재배 시험구의 경우 본 연구에서 선정한 제제를 적용매뉴얼에 준하여 진딧물이 발생하기 시작할 때부터 살포하였다.

관행재배 및 무농약 재배 시험포장의 면적은 모두 660 m<sup>2</sup>이었으며 재배된 고추품종은 청양으로서 각 시험구에 608 그루를 정식하였다. 또한, 작물의 양분공급을 위한 비료의 시비는 우리나라 무농약 농작물 재배기준에 준하였다. 이러한 시험구의 환경은 동일한 조건하에서 해충의 발생을 유도하고 두 시험구에 적용된 해충방제용 농자재가 다른 특성을 지니고 있다.

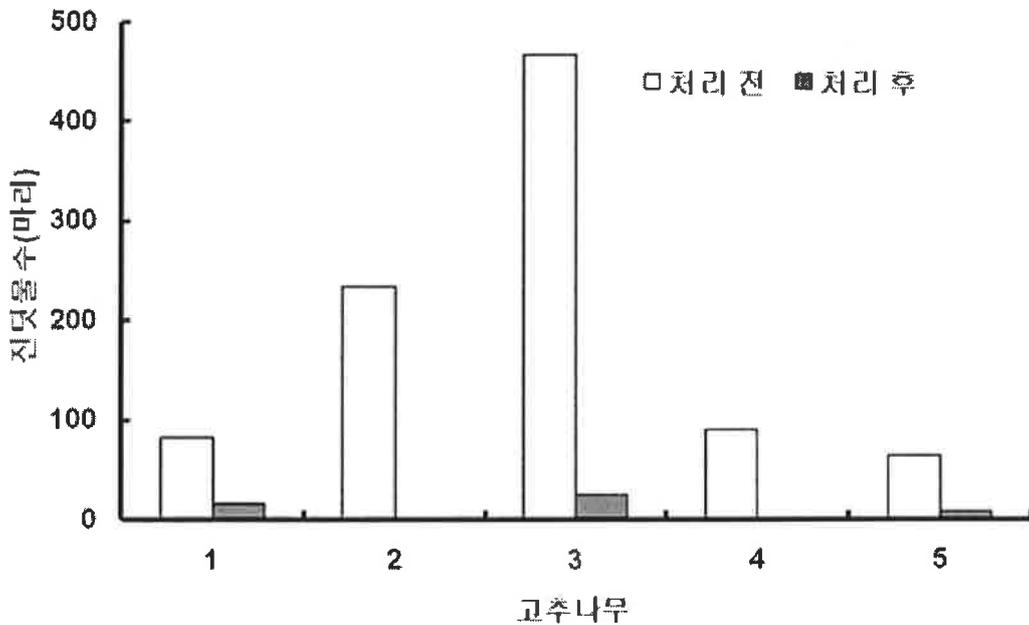


[그림 32] 시설재배 고추 진딧물 방제매뉴얼 연구용 시험포장 사진.

(2) 진딧물 발생 및 예비 방제매뉴얼 도출

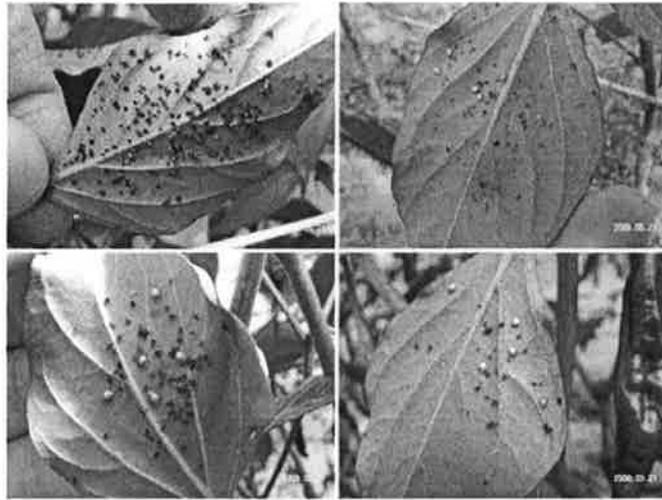
(가) 진딧물 발생이 관찰될 때부터 제제 살포(매뉴얼 연구 1년차)

진딧물은 정식 3개월 후인 5월 중순경에 무농약 시험구의 고추 608 그루 중 2.6%에 해당하는 고추나무에서 평균 80마리/나무 수준으로 발생하였다. 반면에 같은 시기에 관행재배 시험구에서는 진딧물이 발생하지 않았다. 관행재배의 시험구의 경우 진딧물이 발생하기 이전부터 살충제 imidacloprid를 5-7일 간격으로 살포해온 것으로 파악되었다. 발생한 진딧물을 방제하기 위해 먼저 본 연구에서 개발한 제충국과 오스톨 추출물 혼합제를 초기에 살포하였다. 그 결과 80% 이상의 진딧물 방제효과를 달성할 수 있었다(그림 33).



[그림 33] 무농약재배 시험포장 예비 방제매뉴얼 연구: 초기방제.

진딧물 방제에 있어서 초기방제는 매우 중요하다. 따라서 진딧물의 밀도가 2~3일 이내에 현저하게 증가한다는 점을 고려할 때 초기에 완전하게 방제하지 못한 진딧물은 1차 방제 후 적어도 3일 이내에 2차 방제를 수행해야 한다. 본 연구에서도 1차 방제가 평균 80% 수준이었으므로 방제되지 않은 나머지 20%를 추가적으로 방제하기 위해 1차 방제 3일 후에 2차 방제를 실시한 결과 초기에 발생한 진딧물을 100% 방제할 수 있었다(그림 34).



[그림 34] 무농약재배 시험포장 예비 방제매뉴얼 연구: 2차 방제.



[그림 35] 무농약재배 시험포장 예비 방제매뉴얼 연구: 3차 방제.

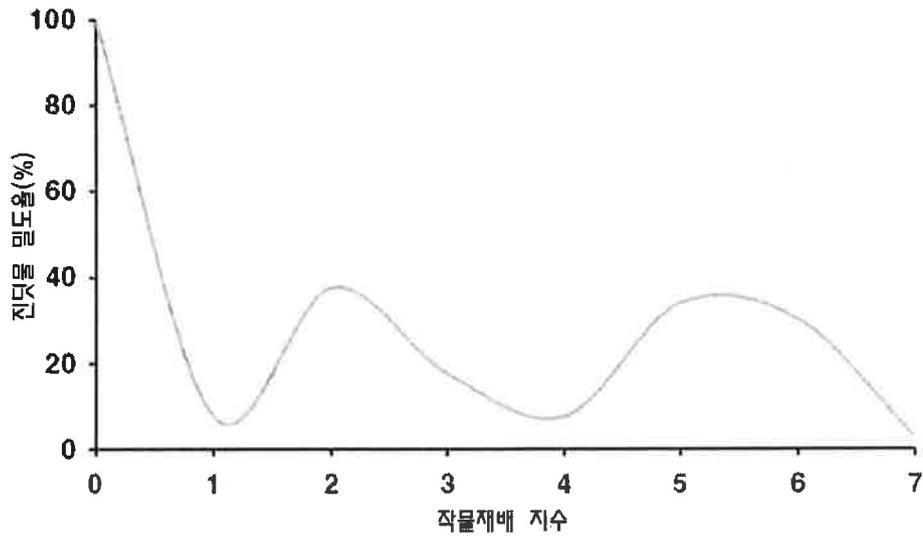
작물이 성장함에 따라 시험구내 고추나무의 키가 점점 크면서 1차적으로 진딧물이 발생하였던 곳이 아닌 다른 고추나무에서 진딧물이 발생하였다. 이 진딧물은 1차적으로 발생한 진딧물의 일부가 유시충이 되어 시험구내 다른 고추나무로 날아갔거나 혹은 1차 방제 후 다른 고추나무로 이동한 진딧물일 것으로 생각되었다. 이에 3차 방제는 1차와 2차 방제에서 사용하였던 제제와 다른 살충성분의 제제로 방제한 결과 성공적인 진딧물 방제효과를 달성할 수 있었다(그림 35). 또한, 적용된 매뉴얼에 의해 진딧물이 방제됨에 따라 초기에 진딧물 피해를 입었던 작물이 수확기에 접어들면서 작물의 피해가 점점 회복되는 모습을 관찰할 수 있었다(그림 36).



[그림 36] 진딧물에 의한 작물피해(좌)와 예비 방제매뉴얼 적용에 의한 작물피해 회복(우) 사진 (선으로 표지된 부분이 진딧물 피해여부를 의미함).

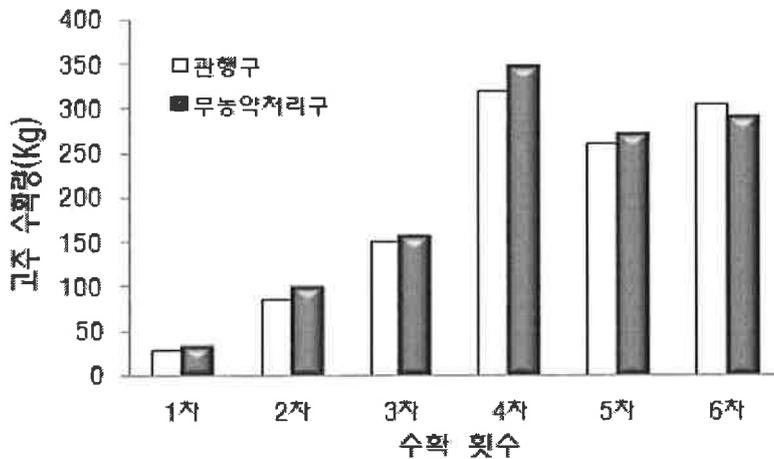
무농약 재배 시험구에서 수행된 진딧물 방제 예비매뉴얼 도출을 위한 연구의 핵심적인 내용은 해충발생 예찰을 통해 진딧물이 발생하는 것을 인지한 후 발생초기에 방제를 시작하고, 작물의 재배지수를 고려하면서 제제를 교호적으로 살포하면서 방제를 하는 것이다. 이는 진딧물 발생에 상관없이 관습적으로 자재를 살포하여 방제하는 관행재배 시험구와는 대조적이다.

합성농약은 방제효과와 지속성이 우수하고 침투성이 용이하여 식독 및 접촉독 모두에 작용하지만 천연식물 추출물의 경우 살충성분이 화학적으로 불안정하고 약효의 지속성이 떨어지기 때문에 예방목적으로 살포할 경우 저항성을 유발 가능성이 높다. 따라서 친환경농자재를 이용한 진딧물 방제는 진딧물이 발생하기 시작한 때부터 수행되어야 한다. 이러한 점을 고려하여 본 연구에서 도출된 진딧물 방제 예비매뉴얼은 그림 37에서 보는 바와 같이 작물을 본격적으로 수확하는 단계인 작물재배 지수 3~4에서는 가장 낮은 진딧물 발생밀도를 유지할 수 있었다.



[그림 37] 예비 방제매뉴얼 적용에 따른 고추재배 지수별 진딧물의 밀도변화.

무농약 재배 시험구에서 도출된 진딧물 방제 예비매뉴얼을 통해 재배된 고추의 수확량을 산출해 보면 6회 수확동안 수확량이 각각 25, 100, 150, 350, 270, 290 kg으로서 관행재배 처리구와 매우 유사한 수준이었다(그림 38). 고추 수확량에 대비 판매소득을 작물재배에 투입된 농자재 비용을 고려하여 산출했을 때 2,618,840원으로서 관행처리구의 약 92% 수준이었다. 이러한 결과는 도출된 예비 매뉴얼에 의해 재배된 고추의 생산량과 판매소득이 관행재배 작물과 매우 유사함을 의미하고 있으며 관행재배 작물에 비해 판매소득이 낮아진 이유는 투입된 친환경농자재의 판매가격이 합성농약에 비해 2~3배 높은데서 비롯된 것으로 사료되었다.

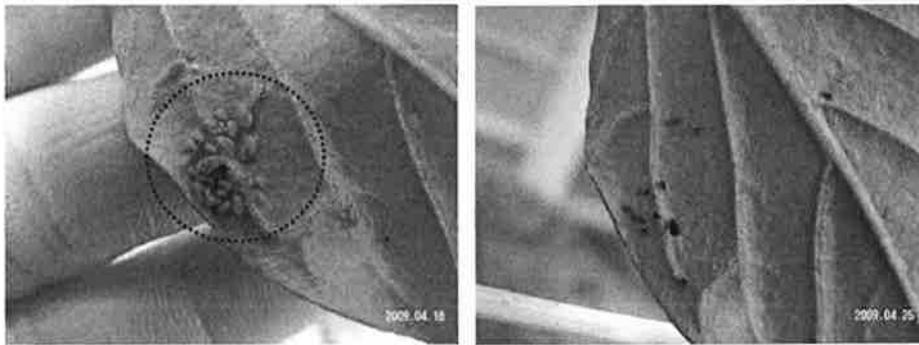


[그림 38] 관행재배와 무농약재배 고추의 경시적 수확량.

(나) 진딧물 발생과 무관하게 주기적인 제제 살포(매뉴얼 연구 2년차)

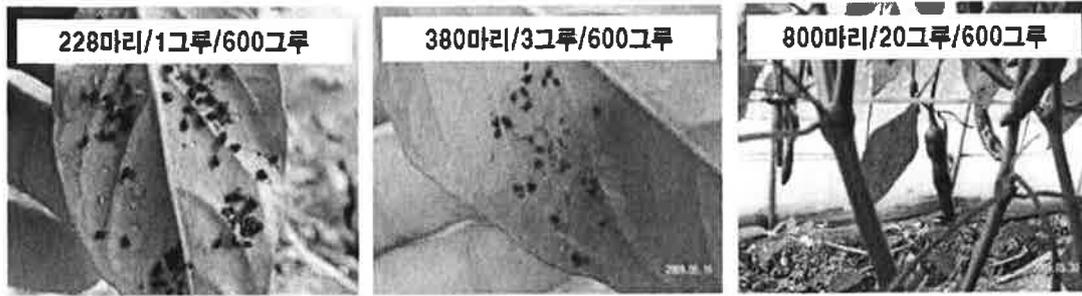
매뉴얼 연구 2년차에는 진딧물 발생에 상관없이 주기적으로 선정된 자재를 살포하면서 매뉴얼을 도출하였다. 이는 일반적으로 농민들이 농약을 살포할 때 해충발생에 상관없이 예방 목적으로 주기적인 행하는 방법이다. 이 방법은 해충 방제용 친환경농자재도 합성농약처럼 예방 목적으로 살포하였을 때 원하는 수준의 방제효과를 달성할 수 있는가에 대한 의문을 풀어줄 수 있을 것으로 기대하였다. 만약 이 방법을 통해 도출된 예비 매뉴얼이 친환경농업에서 해충방제를 위해 적용될 수 있다면 해충발생 이전 초기에 자재를 살포함으로써 작물재배 기간에 걸쳐 해충의 밀도를 효율적으로 관리할 수 있을 것으로 기대하였다.

시험포장은 상기에서 수행하였던 시설재배지와 동일하였으며 시험조건 또한 동일하였다. 제제 살포는 고추 정식 2주 후부터 5~7일 간격으로 상기에서 선정된 자재를 주기적으로 살포하였다. 진딧물은 정식 2개월 후인 4월 말경에 최초로 발생하였으며 그 밀도는 42마리/나무 수준이었다. 초기 발생된 진딧물 밀도는 전년도의 80마리/나무 수준에 비해 낮았으며 제충국과 오스톨 추출물로 구성된 혼합제제를 살포하여 성공적인 방제를 하였다(그림 39).



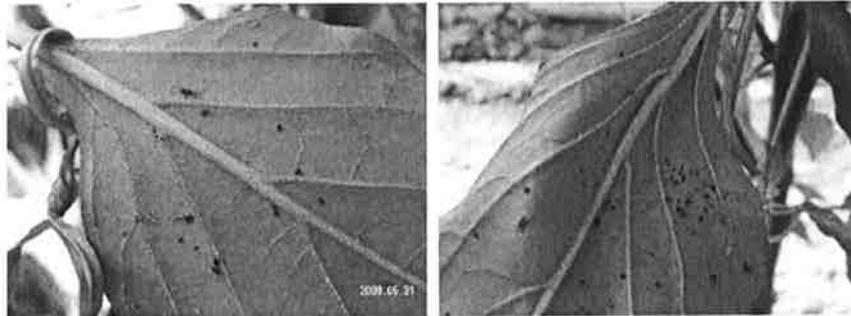
[그림 39] 무농약재배 시험포장의 제제처리 전(좌)과 제제처리 후(우) 진딧물.

그러나 1차 방제 20일 후 진딧물 밀도가 228마리(1개 나무), 380마리(3개 나무), 800마리(20개 나무) 수준으로 급격하게 증가하였다(그림 40). 비록 고추나무당 진딧물의 밀도는 유사하였지만 시험포장에서 진딧물에 감염되는 고추나무수가 점점 증가하여 자재처리에 무관하게 진딧물의 개체수가 증가함을 알 수 있었다. 진딧물은 매뉴얼 1년차 연구에서 적용되었던 자재로 방제가 불가능할 정도가 그 밀도가 높아 자재에 대한 진딧물의 저항성이 유발된 것으로 사료되었다. 저항성이 유발된 원인은 진딧물의 발생이 관찰될 때만 자재를 살포하던 전년도와는 달리 진딧물 발생과 무관하게 자재를 주기적으로 살포함으로써 자재가 진딧물에 노출되는 확률이 높아 진딧물에서 비롯되었을 것으로 사료되었다.



[그림 40] 무농약재배 시험포장의 경시적 진딧물 밀도 증가.

한편, 저항성이 유발된 진딧물은 님오일과 고삼 추출물 제제에 유화제를 생산하는 미생물 배양액을 혼합하여 살포함으로써 방제할 수 있었다(그림 41). 이 때 진딧물 방제율은 99% 이상 수준이었다(표 11). 이는 저항성 진딧물이 발생할 경우 진딧물의 호흡기공을 차단함으로써 효율적인 방제효과를 가져올 수 있는 협력제가 필요하다는 의미이다.



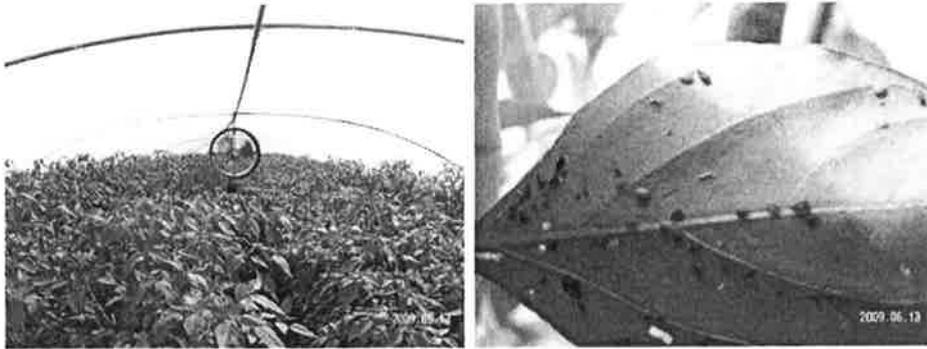
[그림 41] 천연식물 추출물 제제와 유화제 생산 미생물 배양액 혼합에 의한 저항성 진딧물 방제.

[표 11] 천연식물 추출물 제제와 유화제 생산 미생물 배양액 혼합처리에 의한 저항성 진딧물 방제효율

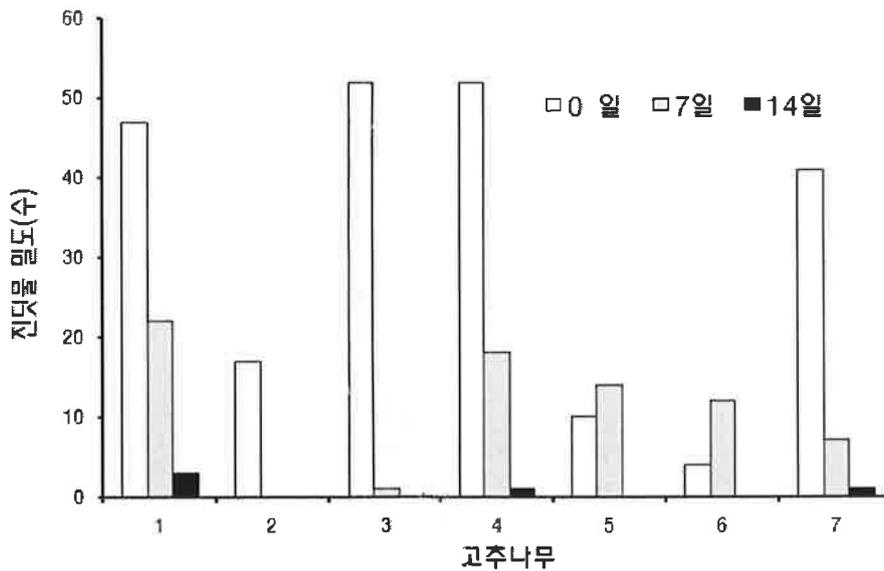
고추나무	생충수	살충수	합계	살충효율(%)
1	0	70	70	100
2	0	6	6	100
3	0	21	21	100
4	0	70	70	100
5	1	121	122	99.2

하지만, 작물의 영양생장이 현저하게 진행되면서 진딧물의 밀도는 유화제 생산 미생물 배양액과 식물추출물 자재를 혼합하여 처리한 2주 후에 다시 증가하여 전체 600그루 나무 중 150그루 나무가 진딧물에 감염되었다(그림 42). 이는 작물이 너무 생장을 하면 제제를 정확하게 진딧물에 살포하기가 힘들고 시설재배 시험구의 환기가 불량하여 고온다습함에 따라 진딧물 밀도는 더욱 증가한다는 것을 의미한다. 이러한 조건에서 진딧물을 방제하기 위해 매뉴얼 연구 1년차에 선정된 자재를 살포할 때마다 유화제 생산 미생물 배양액을 혼합하여 처리하였다. 그

결과 진딧물은 효과적으로 방제할 수 있었지만(그림 43) 오일성분의 반복적인 살포로 인해 작물약해가 관찰되었다.

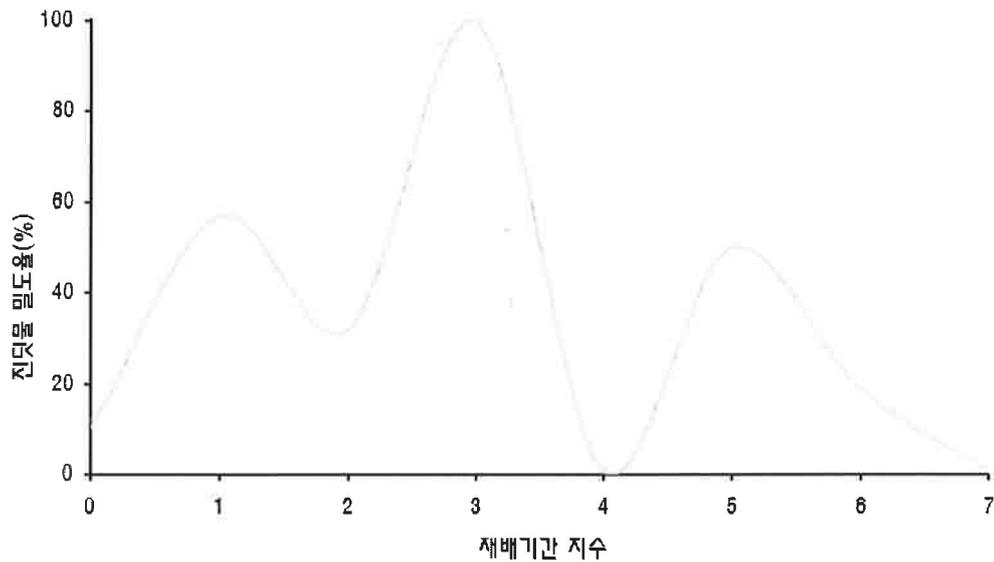


[그림 42] 작물의 비대생장(좌)과 진딧물 발생.



[그림 43] 천연식물 추출물 제제와 유화제 생산 미생물 배양액 혼합에 의한 경시적인 진딧물 밀도의 경시적 변화.

이상의 결과를 토대로 진딧물 방제 예비매뉴얼을 도출하면 그림 44에서 보는 바와 같이 초기에 발생한 진딧물은 효과적으로 방제할 수 있었으나 작물을 본격적으로 수확하는 단계인 작물 재배 지수 3~4에서는 가장 높은 진딧물 발생밀도가 관찰되었다. 이는 진딧물 발생이 관찰될 때 자재를 살포하여 도출하였던 1년차 연구의 예비 매뉴얼(그림 37)과는 현저하게 다른 결과였다.



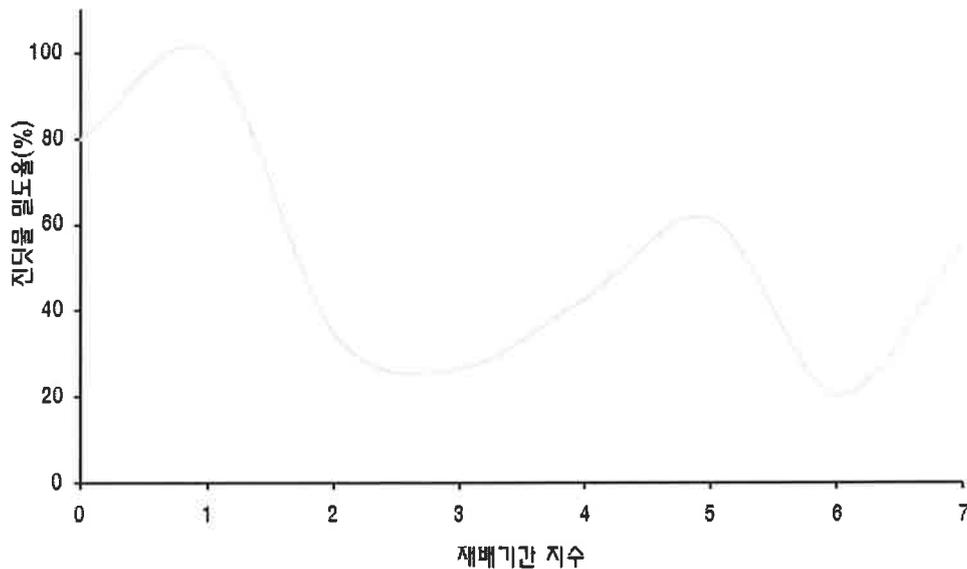
[그림 44] 예비 방제매뉴얼 적용에 따른 고추재배 지수별 진딧물 밀도변화.

(다) 진딧물 발생 후 제제 살포(매뉴얼 연구 3년차: 1년차 연구의 반복)

진딧물 방제 예비매뉴얼을 연구하면서 무농약 시설재배 고추에 발생하는 진딧물을 방제하기 위해서는 진딧물이 발생이전부터 예방목적으로 자재를 주기적으로 살포하는 것보다 진딧물 발생이 관찰될 때부터 자재를 교호적으로 살포하는 것이 효율적이라는 것을 알았다. 이는 매뉴얼 연구 1년차 결과인 그림 37과 매뉴얼 연구 2년차 결과인 그림 44에서 보는 바와 같이 작물 재배지수 대비 진딧물 밀도변화를 보아도 알 수 있었다. 이에 본 연구에서는 매뉴얼 연구 1년차 예비매뉴얼 도출을 위한 시험을 반복적으로 수행하여 진딧물 방제 매뉴얼을 최종적으로 도출하고자 하였다.

상기와 같은 시설재배 조건에서 고추를 재배하면서 매뉴얼을 적용한 결과 그림 45에서 보여준 바와 같이 매뉴얼 연구 1년차 예비매뉴얼(그림 37)과 매우 유사한 결과를 얻을 수 있었으며 매뉴얼 연구 2년차 결과(그림 44)와는 현저하게 달랐다. 이러한 결과는 진딧물 발생이 관찰될 때부터 작물 재배지수에 따라 자재를 교호적으로 살포하는 것이 효과적이라는 것을 의미한다.

한편, 매뉴얼 연구 3년차에서 작물 재배지수 후기에 진딧물 밀도가 갑자기 상승한 이유는 포장시험에 공동으로 참여하였던 농가에서 국내 농산물 가격을 고려하여 다른 작물을 재배하기 위해 고추에 발생하는 진딧물을 방제하지 않은데서 오는 결과임을 밝혀둔다.

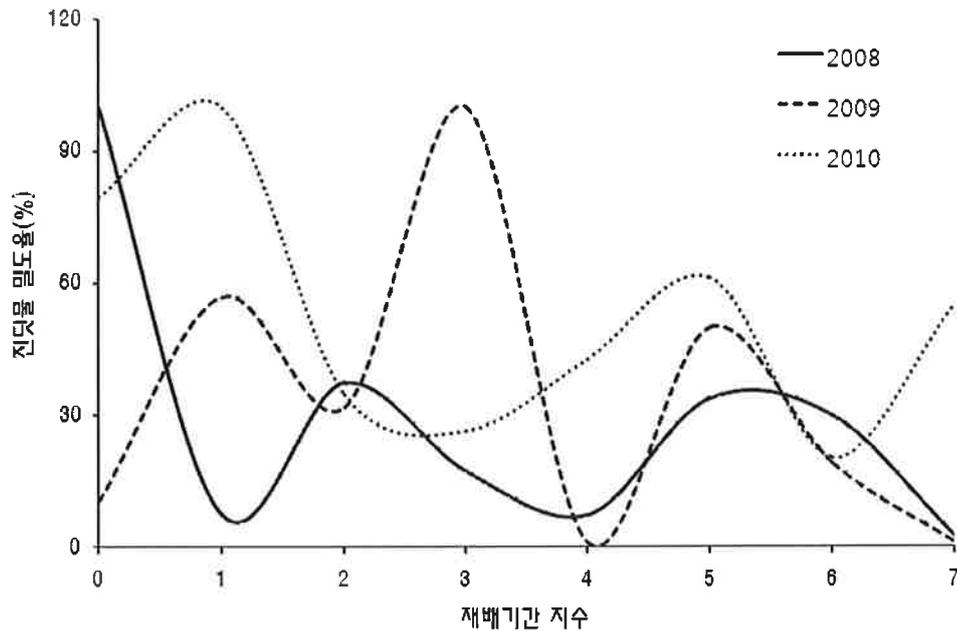


[그림 45] 예비 방제매뉴얼 적용에 따른 고추재배 지수별 진딧물 밀도변화.

(라) 도출된 진딧물 방제 예비매뉴얼의 비교분석

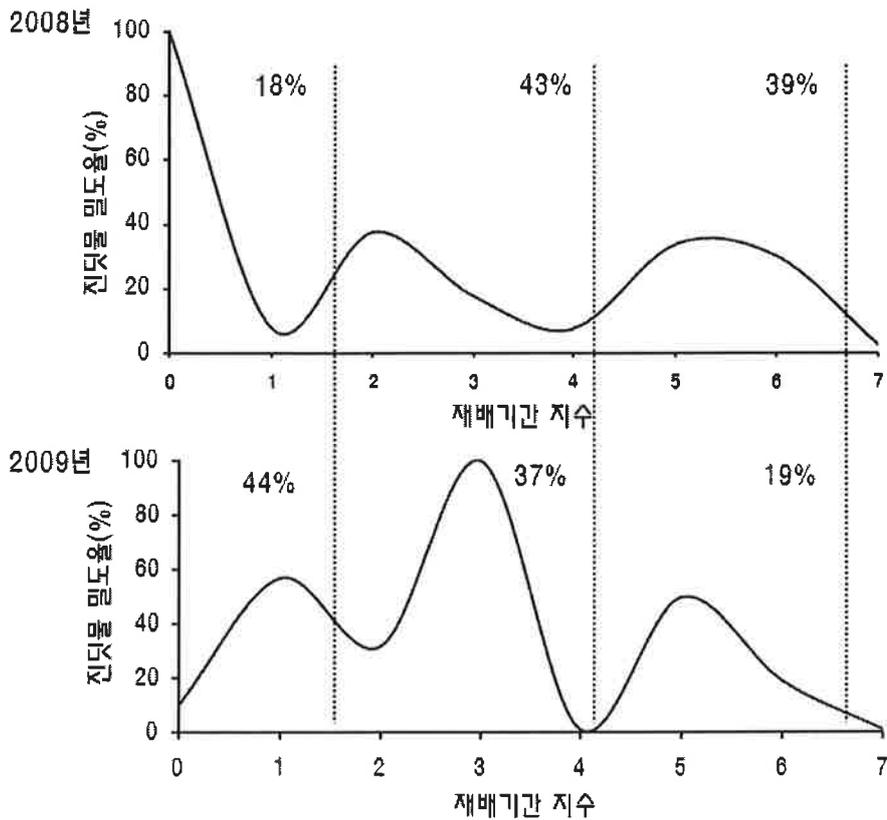
본 연구에서 도출하였던 연차별 진딧물 방제 예비매뉴얼을 그림 46에 제시하였다. 그림에서 보여준 바와 같이 매뉴얼 연구 1년차(2008년)와 3년차(2010년) 결과를 보면 작물 재배지수 초기에 진딧물의 발생밀도가 가장 높았으나 진딧물 발생시기부터 자재를 교호적으로 살포함에 따라 작물을 수확하는 시기인 재배지수 3~4기에서 진딧물의 밀도가 현저하게 감소하였음을 알 수 있다. 반면에 진딧물 발생과 무관하게 주기적으로 자재를 살포하였던 매뉴얼 연구 2년차(2009년) 결과를 보면 작물을 본격적으로 수확할 때 진딧물 밀도가 최고 높음을 알 수 있었다. 진딧물의 밀도는 작물 생산량과 밀접한 관련이 있다는 점을 고려할 때 매뉴얼 연구 2년차 결과는 무농약재배 작물에서 진딧물을 관리하기 위해 적용될 수 있는 매뉴얼로서는 미비하다는 것을 알 수 있다.

결과에서 보여준 진딧물 밀도는 진딧물에 감염된 고추나무 당 평균 진딧물 개체수를 고려한 수준으로서, 평균 진딧물의 개체수가 가장 높은 고추나무를 100%하여 각각의 재배지수별 발생되는 진딧물을 상대적으로 환산한 것임을 밝혀 둔다.



[그림 46] 년차별 예비매뉴얼 적용에 따른 작물 재배지수 대비 진딧물 밀도변화.

진딧물 방제매뉴얼을 연구에서 적용된 자재의 살포회수를 기준으로 하여 작물 재배지수별 자재살포 빈도율을 조사한 결과 그림 47과 같았다. 제시된 자료는 매뉴얼 연구 1년차의 결과와 2년차의 결과를 비교한 것으로서 매뉴얼 3년차 결과는 1년차와 유사하므로 제시하지 않았다. 매뉴얼 연구 년차별 자재살포 빈도율을 비교하였을 때 진딧물 발생이 관찰될 때부터 자재를 살포하였던 1년차(2008년)의 경우 작물 재배지수에 따라 빈도율이 초기에 18%, 중기에 43%, 말기에 39%였으며, 진딧물 발생에 상관없이 주기적으로 자재를 살포하였던 2년차(2009년)의 경우 작물 재배지수에 따라 살포 빈도율이 초기에 44%, 중기에 37%, 말기에 19%였다. 매뉴얼 연구 1년차의 경우 작물 재배지수 초기에는 진딧물 발생이 가장 높음에도 불구하고 자재살포 빈도율이 18%였으나 매뉴얼 연구 2년차의 경우 진딧물 발생이 낮은 재배지수 초기에 자재살포 빈도율이 44%로 높았다. 또한, 진딧물 발생에 따라 적용한 매뉴얼 1년차 연구의 경우 작물의 수확이 왕성한 작물재배지수 중기까지 자재살포 빈도율이 61%였으나 매뉴얼 2년차의 경우 동일한 지수기간 동안 자재살포 빈도율이 80%로서 20% 정도 높았다. 특히, 매뉴얼 연구 1년차의 경우 2년차보다 낮은 자재살포 빈도율에도 불구하고 작물수확기인 재배지수 3~4에서 진딧물 발생밀도가 가장 낮았다.



[그림 47] 작물 재배지수 대비 년차별 적용 매뉴얼의 자재살포 빈도율.

시설재배 고추 진딧물 방제를 위한 매뉴얼 연구결과를 종합적으로 판단하여 불 때 진딧물의 발생과 무관하게 주기적으로 자재를 살포할 경우 작물재배 초기에도 자재를 여러 번에 걸쳐 반복적으로 살포해야 하기 때문에 해충의 저항성을 유발할 가능성이 높아지고 그 결과 작물 재배기간 전체적으로 자재살포 빈도율이 높아질 수 있는 것을 의미하였다. 따라서 시설재배 고추에서 진딧물 방제는 진딧물 발생이 관찰될 때부터 자재를 교호적으로 살포하는 것이 효율적인 매뉴얼이 될 것으로 사료되었다.

라. 벼물바구미 및 벼멸구 제어용 농자재 선발 및 효과 검증

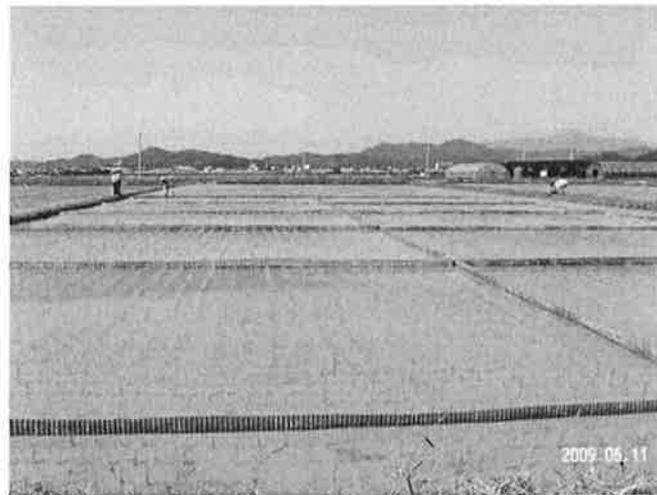
본 연구내용은 진딧물 방제용 매뉴얼 연구와 무관하지만 사업단 연구내용의 중간평가에서 사업을 관리하는 전문기관으로부터 벼 해충방제 매뉴얼 연구의 필요성을 제기하게 되어 수행하게 되었음을 밝혀둔다. 아울러 고추 진딧물 방제매뉴얼 연구와는 달리 사업 3년차부터 시작한 연구이므로 내용이 매우 제한적임을 또한 밝혀 둔다.

(1) 벼물바구미 피해 억제 농자재 선발 및 효능 평가

벼물바구미는 낮에는 물속에서 살고 밤에는 밖으로 나와 벼잎에 피해를 주는 특성을 지니고 있기 때문에 물바구미 자체를 살충하는 것보다 물바구미에 의한 피해증상을 관찰하면서 피해 억제용 자재를 선정하고 이의 효과를 평가하였다. 따라서 본 연구의 결과가 매뉴얼이라기보다 피해억제용 자재를 선발하여 농가에 정보를 제공하는 수준임을 명시한다. 물바구미 피해억제용

농자재 선발을 위한 시험포장은 전라남도농업기술원 소재 답지에 시험구를 마련하여 실시하였다(그림 48).

시험구의 면적은 108 m<sup>2</sup>이었으며 2개의 대조구를 포함한 8개의 농자재 검증용 시험구 10개를 마련하고 각 시험구는 칸막이를 하여 구분하였다. 이양 후 벼 잎에 발생하는 벼물바구미 피해를 주기적으로 관찰하면서 피해가 발생되기 시작할 때 검증대상 농자재를 권장농도 수준으로 살포하였다(그림 49). 이 때 검증대상 농자재는 벼물바구미 피해 억제용으로 시판되고 있는 제제와 본 연구팀이 개발한 유화제 생산 미생물 제제 등이었으며 제제살포는 정식 후 벼물바구미 피해가 관찰된 이후부터 7일 간격으로 4회 실시하였다.



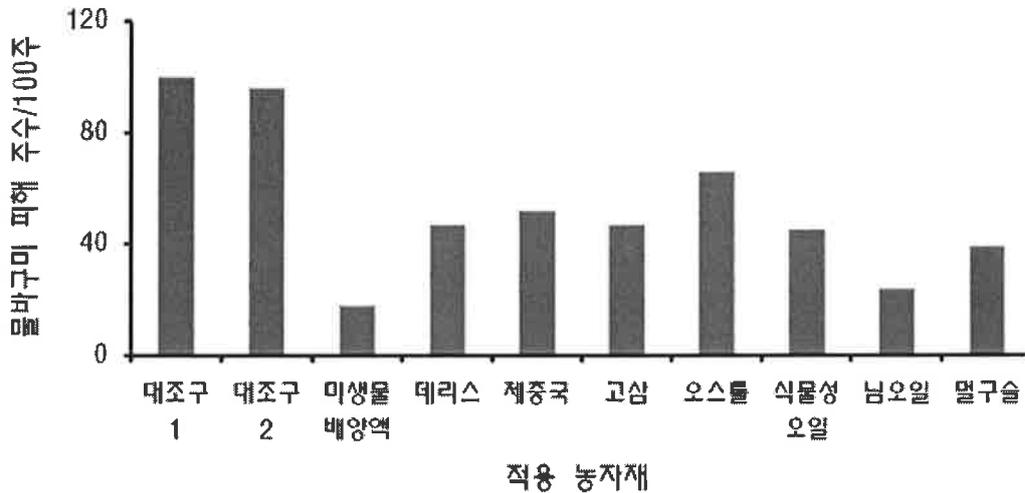
[그림 48] 벼물바구미 피해억제용 자재 선발용 시험포장 사진(2009년).



[그림 49] 벼물바구미 피해억제용 시험포장의 주기적 관찰(2009년).

정식된 벼 100주를 대상으로 벼물바구미 피해 억제용 농자재를 선정한 결과 대조구에서는 벼물바구미 피해율은 100%였으며 유화제 생산 미생물 배양액 처리구에서는 20% 피해율, 데리스 추출물 제제는 50% 피해율, 제충국 추출물 제제는 60% 피해율, 고삼 추출물 제는 50% 피해율,

오스톨 추출물 제제는 70% 피해율, 식물성 오일 제제는 50% 피해율, 님오일 제제는 30% 피해율, 그리고 멀구슬 추출물 제제는 60% 피해율이 관찰되었다(그림 50). 이러한 결과를 통해 벼물바구미 피해를 억제하기 위해 유화제 생산 미생물 배양액과 님오일 제제가 효과적임을 알 수 있었다.



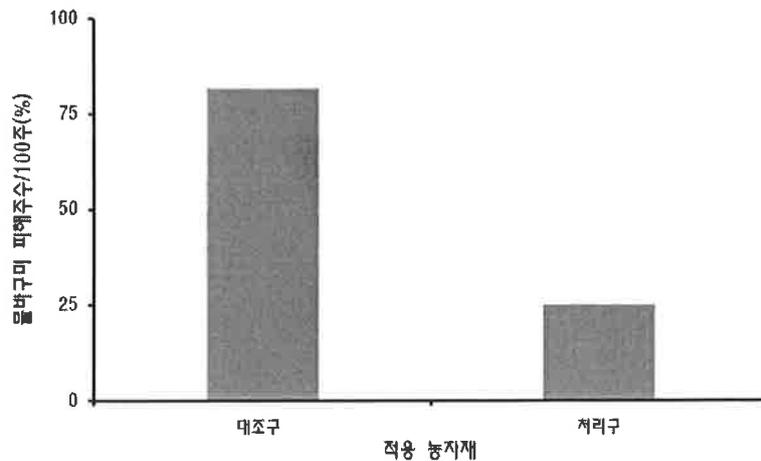
[그림 50] 선정대상 농자재 처리에 의한 벼물바구미 피해억제(2009년).

물바구미 피해 억제율이 높은 것으로 조사된 유화제 생산 미생물 배양액에 의한 억제효과를 재검증하기 위해 전라남도농업기술원 소재 답지 108 m<sup>2</sup> 면적에 1개의 대조구를 포함한 시험구 2개를 마련하고 상기와 같은 시험을 수행하였다. 이 때 미생물 배양액은 7일 간격으로 4회 살포한 다음 벼 100주를 대상으로 물바구미 피해율을 조사하였다(그림 51).



[그림 51] 물바구미 피해 억제시험 포장내 미생물 배양액 처리(2010년).

물바구미 피해율을 조사한 결과 대조구는 100주당 75주 앞에서 피해가 관찰되었으며 미생물 배양액 처리구의 100주당 20여개 주에서 피해가 관찰되었다(그림 52). 따라서 선발된 미생물 배양액 처리에 의한 물바구미 피해 억제율은 약 75% 수준으로 물바구미 피해 억제용 제제로서 활용될 수 있을 가능성을 보여주었다

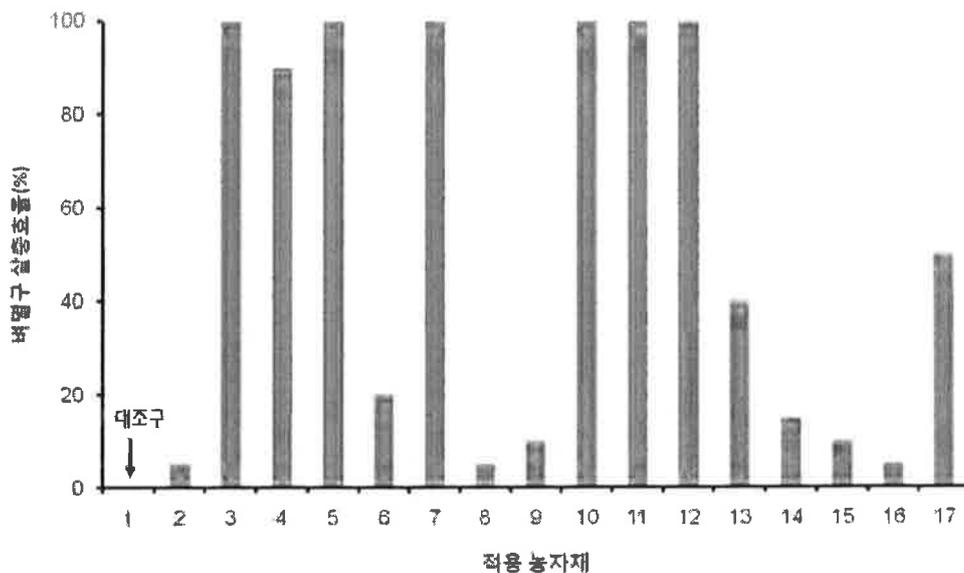


[그림 52] 선발된 미생물 배양액 처리에 의한 물바구미 피해 억제.

(2) 벼멸구 방제용 농자재 선발

벼멸구 방제용 농자재 선발은 시판자재를 대상으로 실내검증을 통해 수행하였다. 또한, 실내 검증에서 선발된 자재를 농가포장에서 방제효과를 검증하려고 하였으나 연구를 수행하였던 년도에는 우리나라 전국적으로 벼멸구 발생이 관찰되지 않아 수행하지 못하였음을 밝혀둔다.

벼멸구 살충시험은 벼멸구 방제용으로 알려진 시판농자재와 식물성 오일제제를 포함한 16개를 대상으로 실시하였다. 검증결과 7개 제품이 살충효율 80% 이상을 보였으며 식물성 오일제제와 제충국 제제, 그리고 데리스 제제는 살충효율이 50% 이하로서 매우 낮았다. 또한, 남오일 혹은 고삼 추출물이 함유된 혼합제제가 살충효율이 비교적 높았다(그림 53). 시판회사의 정보 미공개로 인해 살충성분을 알 수 없는 자재도 있었으며 이들 자재 또한 살충효율이 높았다.



[그림 53] 식물추출물 및 식물성 오일 유래 농자재의 벼멸구 살충효율(제품명: 1. 대조구, 2. 충천사, 3. 진박사, 4. 청멸, 5. 선초, 6. 아딕스, 7. 바이멸, 8. 농부각시, 9. 바구팜, 10. 박메루플러스, 11. 미압, 11. 박멸균멸, 13. 멀다이, 14. 바구탄, 15. 나노큐, 16. 바게미, 17. 충킬).

## 제 4 절 목표달성도 및 관련 분야에의 기여도

### 1. 평가의 착안점 및 기준

구분	연도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	2005	시판중인 진딧물 방제용 친환경농자재 실내검증	60 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 살충 시판자재 선발</li> <li>• 선발된 자재의 진딧물 살충효율 실내 검증</li> <li>• 소규모 농가포장 진딧물 방제효능 검증</li> </ul>
		진딧물 방제용 천연식물 추출물 및 미생물 유래 소재의 실내검증	40 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 살충 활성 식물추출물 선발</li> <li>• 진딧물 살충 미생물 선발 및 살충효율 검증</li> </ul>
2차 년도	2006	천연식물 추출물 유래 진딧물 방제용 자재 개발	50 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 방제용 천연식물 추출물 유래 자재 개발 및 시제품 제작</li> <li>• 진딧물 살충효율 증진용 식물성 자재 개발 및 시제품 제작</li> <li>• 시제품 방제효능 검증</li> </ul>
		미생물 유래 진딧물 방제용 자재 개발	50 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 방제용 미생물 유래 자재 개발 및 시제품 제작</li> <li>• 시제품 방제효능 검증</li> </ul>
3차 년도	2007	선발된 자재 이용 시설재배 고추 진딧물 방제 매뉴얼 연구	60 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 방제제의 효능 농가현장 검증</li> <li>• 예비 매뉴얼 작성</li> </ul>
		시설재배 고추 진딧물 방제용 O/W 및 W/O 제제 개발	40 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진딧물 방제제 개발 및 시제품 제작</li> <li>• 시제품 방제효능 검증</li> </ul>

구분	연도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
4차 년도	2008	시설재배 고추 진딧물 방제용 매뉴얼 농가현장 적용	60 %	• 예비 매뉴얼 농가 현장 검증
		시설재배 쌈채류 진딧물 방제용 농자재 선발	10 %	• 소규모 농가현장 방제 효능 검증
		벼물바구미 피해 억제용 농자재 선발	30 %	• 소규모 시험포장 방제 효능 검증
5차 년도	2009	시설재배 고추 진딧물 방제매뉴얼 개발	70 %	• 진딧물 방제매뉴얼 농가 현장 검증
		벼물바구미 피해 억제용 매뉴얼 검증	30 %	• 예비 매뉴얼 시험포장 검증
최종 평가	2010	진딧물 방제매뉴얼 개발	60 %	• 진딧물 방제매뉴얼 최종 도출
		진딧물 방제용 자재 개발 및 산업화	40 %	• 진딧물 방제용 자재 산업화

## 2. 연구개발목표의 달성도

목 표	연구개발 수행내용	달성도(%)
시설재배 고추 진딧물 방제 매뉴얼 개발	• 시판용 진딧물 방제용 농자재 효능 검증 • 진딧물 방제용 농자재 개발 및 효능 검증 • 검증된 자재 이용 진딧물 방제매뉴얼 도출	100
진딧물 방제용 제제 산업화	• 천연식물 유래 진딧물 방제용 제제 산업화 • 미생물 유래 진딧물 방제용 제제 산업화	100
벼물바구미 피해 억제용 농자재 선발	• 벼물바구미 피해 억제용 시판 농자재 효능 검증 • 벼물바구미 피해 억제용 제제 개발	100
벼멸구 방제용 자재 선발	• 벼멸구 방제용 시판 농자재 효능 검증	100

## 3. 관련 분야의 기술발전 기여도

- 가. 현장적용형 시설재배 고추 진딧물 방제매뉴얼 농가보급
- 나. 진딧물 방제용 자재 개발 및 산업화를 통한 농산업 발전
- 다. 진딧물 방제용 매뉴얼의 농가보급을 통한 농가소득 향상
- 라. 벼멸구 방제용 농자재 선발 및 농가 활용
- 마. 해충방제용 자재 개발을 위한 제품의 제형화 기술인력 양성
- 바. 해충 방제용 천연식물 추출물 제제 개발을 위한 생물검정기술 개발
- 사. 살충성 미생물 분리 및 제형화 기술인력 양성
- 아. 해충방제용 살충 유효성분 분석 기술인력 양성

## 제 5 절 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구개발 성과

#### 가. 학술지 게재 논문 실적

연번	논문제목	국제학술지명 (약자)	제재 년도	권: 쪽수	SCI(E) 구분	Impact Factor	제1 저자	교신 저자	공동저자	외국인 공동저자
1	Soybean oil-degrading bacterial cultures as a potential for control of green peach aphids ( <i>Myzus persicae</i> ).	J Microbiol Biotechnol	2007.10	17(10): 1700-1703	SCI	2.06	S K Kim	I S Kim	SRKim, M S Choi, C E Park, Y C Kim, K Y Kim, K S Whang, K T Oh	
2	Laboratory and field evaluations of entomopathogenic <i>Lecanicillium attenuatum</i> CNU-23 for control of green peach aphid ( <i>Myzus persicae</i> )	J Microbiol Biotechnol	2008.12	18(12):1915-1918	SCI	2.06	H Y Kim	I S Kim	H B Lee, Y C Kim	
3	Evaluation of a pyrethrin emulsion prepared in food-acceptable components in controlling green peach aphid ( <i>Myzus persicae</i> )	J Kor Soc Appl Biol Chem	2009.04	52(2):176-179	SCIE	-	S R Kim	I S Kim	Iksoo Kim	
4	Status and Future Prospects of Pest Control Agents in Environmentally -friendly Agriculture, and Importance of their Commercialization	Kor Journal Of Environmental Agriculture	2009.09	28(3):301-309	KSCI	-	I S Kim		Iksoo Kim	
5	Control of Green Peach Aphid ( <i>Myzus Persicae</i> )by Combination of Plant Oil Formulation sand Low-dosed Imidacloprid	Korean Journal of Environmental Agriculture	2010.09	29(3):	KSCI	-	Y R Yang	I S Kim	S H Kim, M R Park, IS Kim	

#### 나. 특허 출원,등록 실적

연번	출원인	제목	국가 및 출원/등록 구분	출원/등록번호 (출원/등록일자)	제1발명자 (공동발명자)
1	전남대학교 산학협력단	곤충병원성 레카니실리움 에테뉴에이폼 CNU-23 및 이를 이용한 복숭아 흑진딧물 방제제 및 방제방법	대한민국/등록	10-0914451 (2009.08.21)	김인선, (김길용, 이항범, 채동현)

#### 다. 학술대회 실적

연번	저자명	논문 제목	학술대회 명칭	학술대회 개최기간 및 장소	발표형태
1	정운희, 김서리, 김승기, 심재한, 김인선	Insecticidal activity of plant extracts for control of green peach aphid( <i>Myzus persicae</i> ) in Korean cabbage( <i>Brassica campestris</i> )	2006 한국응용생명화학회 춘계 국제학술대회	2006. 04. 21 전남대학교	포스터
2	김서리, 김영철, 김길용, 심재한, 김인선	Control of green peach aphid ( <i>Myzus persicae</i> ) (Homoptera:Aphididae) by combination of soybean oil-degrading bacterial cultures and plant extracts: From laboratory experiments to field applications	2006 한국응용생명화학회 추계 국제학술대회	2006. 10. 26 - 10. 27 경주공코드호텔, 한국	포스터
3	김선화, 김길용, 김영철, 이항범, 김인선	Control of Green Peach Aphids by Entomopathogenic Fungus <i>Lecanicillium attenuatum</i> EPS-01	2007 한국응용생명화학회 춘계학술대회	2007. 04. 20 경희대학교, 한국	포스터
4	S H Kim, M R Park, K Y Kim, Y C Kim, I S Kim	Control of Green Peach Aphids ( <i>Myzus Persicae</i> ) by Combination of Plant Oils and Low-dosed Synthetic Pesticide	2007 한국응용생명화학회 추계국제학술대회	2007. 10. 11 - 13 경주, 교육문화회관	포스터
5	이장훈, 박서기, 김길용, 김인선, 김영철	An effective biocontrol bioformulation to prevent plant diseases using growth mixtures of beneficial biocontrol agents under field condition	2007 한국식물병리학회 추계학술대회	2007. 10. 25 - 10. 27 순천대학교	포스터

6	김슬기, 김향연, 김인선	Diesel oil-degrading microbial cultures: O/W emulsion mixtures as potential for control of insect pests	2008 한국응용생명화학회 춘계학술대회 수상강연	2008. 05. 16 건국대학교	구두
7	김인선, 김슬기, 박명렬, 김선화, 김향연	Field Evaluation of Botanical Insecticides for Control of Aphids in Greenhouse Pepper Plant	2008 한국응용생명화학회 추계 국제학술대회	2008. 10. 23 - 25 대구컨벤션센터	포스터
8	김슬기, 이선우, 김인선	Control of green peach aphid( <i>Myzus persicae</i> ) by biosurfactant-producing microbial cultures	2009 한국응용생명화학회 춘계학술대회	2009. 04. 24 광주과학기술원, 한국	구두
9	박명렬, 최호성, 김명철, 김인선	MALDI-TOF mass spectrometer analysis of antifungal compounds produced by <i>Chromobacter</i> sp. C61 against <i>Rhizoctonia solani</i> causing damping off disease	2009 한국응용생명화학회 춘계학술대회	2009. 04. 24 광주과학기술원,	포스터
10	M. R. Park, H. S. Choi, Y. C. Kim, S. W. Lee, I S Kim	Bioproduction of Antifungal Compounds for Control of Plant Pathogens by chromobacterium sp. Strain C61	SIM Annual Meeting & Exhibition	2009. 07. 26 - 30 Toronto, CANADA	포스터
11	S H Lee, S Y Yang, J Y Jang, I S Kim	Determination of sterols by QuEChERSmethod combined with GC/MS in huled rice samples	2010 한국환경농학회	2010. 07. 08 - 09 부산 Bexco	포스터

#### 라. 홍보실적

연번	홍보일자	홍보유형	매체명	제목	홍보내용
1	2006.07.10	중앙일간지	농민신문	방제비용 절감 '친환경보조제'개발	공기류를 분해하는 미생물 활용해 유해제를 만들어 친환경 제제와 섞어 쓰는 기술 개발
2	2007.01.09	TV	광주MBC, 뉴시스 외	친환경 살충제 개발	화학농약 만큼 성능 좋은 친환경 살충제 개발
3	2007.01.20	중앙 공중파 방송, 중앙일간지, 지방 공중파 방송	YTN, MBC	친환경 살충제 개발	식물성 추출물과 식물성 보조제를 사용하여 배합한 진딧물 방제용 제제 개발 및 무농약 고추와 애호박 재배 성공
4	2008.05.20	인터넷뉴스	뉴시스	공기류 먹는 미생물제제 개발	디젤오일 분해미생물을 이용한 농업해충 방제용 제제 개발한 김인선 교수
5	2008.05.22	지방일간지	무등일보	김인선 교수 '젊은 과학자상'	농가의 효율적인 해충방제 기술을 개발한 김인선교수의 '젊은과학자 상' 수상

#### 마. 교육실적

연번	교육일자	교육명	교재명	장소	참석대상 (인원:명)	주요내용	기대효과
1	2006.08.20	농촌진흥청 농과원 초청 세미나	천연식물 추출물과 미생물 소재를 이용한 농업해충 방제	농촌진흥청	농촌진흥청연구원 (30명)	농업해충 방제매뉴얼 교육	친환경농업 교육 및 홍보
2	2006.12.21	강원대학교 누리사업단 초청 교육	친환경농업을 위한 농업해충 제어	강원대학교	대학생 (50명)	농업해충 방제법 교육	친환경농업 교육 및 홍보
3	2007.03.02	영암 도포농협 친환경농업 교육	천연식물 추출물과 미생물 소재를 이용한 농업해충 방제	영암	친환경농업인 (100명)	농업해충 방제매뉴얼 교육	친환경농업 교육 및 홍보
4	2007.07.13	사업단 자체 국제심포지움 농민교육	농업해충 방제용 천연식물 추출물 제제 기술	전남대학교	친환경농업인 (500명)	농업해충 방제용 제제의 배합기술 교육	친환경농업 교육 및 홍보
5	2007.10.25	영암군 농업기술센터 친환경농업인 교육	토마토 시설재배 병해충 방제	영암군 농업기술센터	친환경농업인 (100명)	토마토 무농약 재배 해충방제 기술	친환경농업 교육 및 홍보
6	2008.04.09	영광군 농업기술센터 초청 세미나	농업해충 방제용 제제	영광군 농업기술센터	친환경농업인 (80명)	농업해충 방제매뉴얼 교육	친환경농업 교육 및 홍보
7	2009.01.13	나주시 산포농협 농민교육	병해충 방제용 친환경 제제의 이해	나주시 산포농협	친환경농업인 (30명)	농업해충 방제용 제제의 원리 및 사용법 교육	친환경농업 교육 및 홍보
8	2010.04.07	생물농약연구회초청세미나발표	미생물을 이용한 농해충방제	한국생명공학연구원	30명	미생물을 이용한 농해충방제	미생물 활용 농해충방제제 홍보
9	2010.04.15	나주남평농협대농민농민교육	친환경농업 해충관리	나주남평농협 교육관	20명	친환경농업 해충관리	친환경농업 교육 및 홍보
10	2010.07.10	(주)다독생태기술	환경 친화적 농업해충	대전 유성	50명	환경 친화적 농업해충	친환경농업

		대농민 교육	관리-광농업기술	마드리호텔		관리-광농업기술	교육 및 홍보
11	2010.07.12	(주)그린바이오텍 기술이전율 협의를 위한 교육	미생물 활용 농해충방제	그린바이오텍 부설연구소	12명	미생물 활용 농해충방제	미생물 활용 농해충방제 홍보

## 바. 기술이전, 거래 실적

연번	기술실시계약명	기술실시 대상 업체 및 농가명	기술실시계약일	기술이전금액
1	무농약 대파 재배 농업해충 방제용 식물성 오일제제 조제 기술	대파재배 농업인(김미양, 김채식)	2007-10-00	무상
2	농업 해충 방제용 천연식물 추출물 제제 조제 기술	주홍사랑	2010-10 예정	(미정)

## 사. 연구개발기술 사업화 실적

연번	사업과명	제품명	업체명	사업화형태	당해년도 매출액(천원)
1	진딧물 방제용 제제 개발	아딕스	주홍사랑	기존업체에서 상품화	160,000
2	진딧물 방제용 제제 개발	농부각시	주홍사랑	기존업체에서 상품화	80,000
3	진딧물 방제용 제제 개발	에피스	주홍사랑	기존업체에서 상품화	2,000
4	진딧물 방제용 제제 개발	나노큐	주홍사랑	기존업체에서 상품화	10,000

## 아. 인력 양성

연번	인력양성연도 (졸업연도)	인력양성내용	성명	학위
1	2010	지렁이 위장에서 분리한 미생물 <i>Burkholderia</i> sp. SH-1에 의한 3-methyl-4-nitrophenol과 p-nitrophenol의 생물학적 분해에 관한 연구	김선화	석사
2	2010	디젤오일 분해 미생물 <i>Pseudomonas</i> sp. SG-3에 의한 복숭아혹진딧물 방제에 관한 연구	김슬기	석사
3	2009	근권미생물 <i>Klebsiella oxytoca</i> C1036으로부터 담배 무름병에 대한 저항성을 유도하는 활성물질의 분리 및 구명	박명렬	석사
4	2010	근중병원성 곰팡이 <i>Lecanicillium attenuatum</i> CNU-23에 의한 복숭아혹진딧물 방제에 관한 연구	김향연	석사
5	2008	진딧물 방제용 친환경 농자재의 농가현장 적용	김서리	학사
6	2008	진딧물 방제용 친환경 농자재의 농가현장 적용	박창연	학사

## 2. 성과활용 계획

가. 개발 자재의 병해충 방제 효능 검증 및 영농활용

나. 대농민 및 산업체 대상 기술교육

다. 병해충 방제용 제제 개발 인력양성

라. 학술논문 게재 및 논문발표

마. 대농민 기술이전 1건(산업체 대상 기술이전 1건 진행중)

바. 추가연구 활용계획: 2010년 농림바이오산업화사업에 지원하였음

## 제 6 절 연구개발 과정에서 수집한 해외 과학기술정보

### 1. 해충 방제용 자재의 일반적 현황

국외의 경우 생물농약으로 등록된 병해충방제용 자재는 미국의 경우 250여개 품목으로 우리나라의 31개 품목에 비해 현저하게 많다. 또한, 국외에서는 우리나라와는 달리 생물농약, 친환경 경유기농자재, 친환경농자재 등으로 구분하지 않고 병해충 방제용 자재는 모두 엄격한 심사기준에 의해 'Biopesticide' 즉, '생물농약'으로 목록함으로서 합성농약과 구분하여 관리하고 있다. 국외에서 개발되어 현재 사용되고 있는 해충방제용 자재는 다음 표 1에서 제시한 바와 같이 제충국, 데리스, 님오일, 니코틴, 식물성오일 등으로 국내에서 사용되는 천연식물 추출물 제제와 현저한 차이는 없다. 하지만, 이들 자재들은 엄격한 관리를 통해 사용되고 있으며, 특히 우리나라와 같이 국가적으로 농가에게 강하게 추진하는 정책보다 원하는 농가에게 권장하여 적용하고 있다. 표 1에 제시한 자료를 보면 대부분의 국가에서 제충국을 가장 널리 사용하고 있으며 그 다음으로 데리스 및 니코틴을 사용하고 있음을 알 수 있다.

[표 1] 국외 시판 해충방제용 생물농약의 국가별 사용 현황(Murray, 2006)

국가명	제충국	데리스	니코틴	님오일	기타
호주	0	0	-	-	Citrus oil
뉴질랜드	0	0	-	0	
인도	0	0	0	0	Ryania
필리핀	0	-	-	-	
헝가리	0	-	-	-	Quassia
덴마크	0	0	-	-	Lemongrass, clove oil
독일	0	-	-	0	
네델란드	0	-	-	-	
영국	0	0	0	-	
남아프리카	0	-	-	-	
브라질	0	0	-	0	Garlic
미국		0	0	0	Essential oil Ryania
캐나다	0	0	0	-	Essential oil
멕시코	0	0	-	0	Garlic, Capsicum

나방류 해충 방제용 미생물 살충제로서 국내와 유사하게 Bt제를 많이 사용하고 있으며, 특히 진딧물 방제용 자재로서 천적 혹은 *Verticillium*이나 *Lecanicillium* 같은 곤충병원성 곰팡이 살충제(Jackson 등, 1985; Fournier와 Brodeur, 2000)를 사용하고 있다. 곤충병원성 곰팡이 살충제의 경우 표 2에서 보는 바와 같이 온실가루이, 진딧물 같은 흡즙성 해충방제에 사용되고 있다. 이들 자재 중에서 산업화 및 마케팅에 성공하여 현재 가장 널리 사용되고 자재는 Koppert에서 개발한 Vertalec<sup>®</sup>이라는 제품이다. 하지만, 이 자재는 저장성과 유통성이 낮고 진딧물의 초기

방제가 느리며 적절한 온습도를 유지해야 효과를 볼 수 있는 단점이 있다.

[표 2] 국외 시판 곤충병원성 곰팡이 살충제 현황(Entomophaga, 1997)

상품명	병원균	대상해충	생산회사	국가
Naturalis	<i>B. bassiana</i>	목화바구미	Troy	미국
	<i>B. bassiana</i>	온실가루이	Bioscience	미국
	<i>B. bassiana</i>	조명충나방	Mycotech	미국
Ostrinal	<i>B. bassiana</i>	조명충나방	Calliope	프랑스
Engerlinspizl	<i>B. brogniartii</i>	풍뎅이	Andermatt	스위스
Biopath	<i>M. anisopliae</i>	바퀴벌레	Ecoscience	미국
BioBlast	<i>M. anisopliae</i>	흰개미	Ecoscience	미국
Biogreen	<i>M. anisopliae</i>	풍뎅이	BioCare	호주
Per-97	<i>P. fumosrosseus</i>	온실가루이	Grace	미국
Vertalec	<i>V. lecanii</i>	진딧물	Koppert	네델란드
Mycotal	<i>V. lecanii</i>	온실가루이	Koppert	네델란드
Betel	<i>B. brogniartii</i>	풍뎅이	Calliope	유럽

국내외 해충방제용 자재를 분석하여 보면 살충용 원료가 한정되어 있어 농민이 선택할 수 있는 품목수가 제한되어 있고, 그 결과 다양한 해충을 방제할 수 있는 농자재의 스펙트럼이 낮을 뿐만 아니라 단일 유효성분으로 구성된 자재가 대다수 유통되고 사용되고 있기 때문에 향후 친환경농업에서 해충저항성을 유발할 가능성이 있다. 그러므로 이를 줄일 수 있는 방제매뉴얼 개발과 다양한 친환경농자재의 개발에 대한 연구가 매우 절실하다.

따라서 시판 친환경농자재의 방제효율을 검증하고, 해충 방제용 농자재를 개발하고, 시판 및 개발된 자재들을 이용하여 해충 방제매뉴얼을 개발하는 것이 핵심목적인 본 연구가 수행될 경우 친환경농작물을 재배하는데 필요한 해충 방제매뉴얼이 농가에 효율적으로 보급될 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 해충 방제용 자재의 산업화 현황

미생물살충제 시장의 80% 이상을 차지하는 Bt제의 경우 1998년도에 1억 달러에서 매년 11%씩 증가하여 2002년에는 약 1억 6천만 달러 수준으로 증가하고 있다. 이에 반해 국내의 Bt 시장규모는 1990년 이후 매년 평균 40%씩 증가하여 1995년도에 38억원에 이르다가 IMF이후 세계시장의 증가추세에 비해 오히려 감소하여, 1998년도에는 14억원에 이르고 있는데, 이는 전량을 수입에 의존하는 국내 Bt 시장의 취약성과 미생물살충제에 대한 인식 및 자체 기술력 부족에 따른 것으로 판단된다. 현재 세계적으로 등록된 미생물살충제는 51종이며, 272개의 제품이 시판되고 있다. 그 중에서도 곤충병원성세균이 26종 185제품, 바이러스가 11종 24제품, 그리고 선충과 진균이 각각 7종 39제품과 7종 24제품을 차지하고 있다.

미국의 경우 약 76개의 미생물농약과 113개의 생화학농약(Biochemical pesticides)이 해충 방제용 생물농약 등록되어 있으며, 유럽의 경우 미생물농약 112개, 그리고 생화학농약 58개가 생물농약으로 등록되어 있다. 선진국의 미생물농약 산업은 사업성이 1조원 수준으로 안정화 단계에 이르고 있다고 평가되는 반면 우리나라는 시장성을 고려하여 국가적인 투자를 주저하고 있다. 따라서 우리나라의 미생물농약은 자본이 튼튼한 대기업보다는 자본력이 빈약한 벤처기업이나 중소기업들이 주도적으로 시장을 선도하고 있어 사업성이 약 50억 수준에 이르고 있다.

세계적으로 약 110여개의 회사들이 생물농약을 주요 사업으로 펼치고 있는 것으로 알려져 있으며 이들 중에서 2005년 현재 년 3천만불 이상 매출을 달성하고 있는 미생물농약 회사로는 Verdera OY사(미생물농약 시장의 5%), Certis USA사(미생물농약 시장의 6%), AgraQuest사(미생물농약 시장의 6%) 등이 있으며, 비교적 성공적인 회사로 평가받고 있는 회사로는 BioWorks사와 E-nema사, 기술적인 면에서 혁신적인 회사로는 Pasteuria BioSciences사와 Exosect사 등이 알려져 있다(자료: The Biopesticide market, Business Communications Co., Inc., 2006년). 이에 비하면 우리나라는 매우 열악한 실정이다. 특히, 미국의 Agraquest의 경우 2008년에 Serenade 제품만 1억불 이상 판매한 것으로 알려져 있으며 2009년부터는 세계적인 농약회사인 BASF에서 판매를 하기로 하였기 때문에 매출액은 급격히 증가할 것으로 예상된다.

생물농약 개발과 관련한 지적재산권의 경우 대표적인 미생물농약 개발회사인 미국의 Agraquest사가 2000년 이후 미국 내에 출원하여 9개의 특허의 경우, 작물보호활성이 있는 미생물에 대한 것이 6건, 식물유래 살충활성 천연물에 대한 것이 1건, 동물유래 살충활성 천연물에 대한 것이 1건 그리고 천연물 부제에 대한 것이 1건으로서 미생물농약 특허 중 살충활성 미생물이 1건(*Streptomyces* sp.), 살충 및 살균활성을 동시에 가지고 있는 미생물이 2건(*Bacillus subtilis*, *Bacillus* sp.), 그리고 살균활성 미생물에 대한 것이 3건(*Streptomyces* sp., *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp.)이 있다. 이들은 모두현재 국내에서 개발하여 사용하고 있는 자재들과 중복되고 있어 향후 특허분쟁에 대한 대책이 필요할 것으로 사료된다.

이러한 경향을 종합해 볼 때 선진국은 미생물이 생산하는 활성물질의 안정적인 생산에 초점을 맞추고 있어서 제품 자체의 약효가 균일하다는 특징이 있으며 미생물제의 유효기간도 3년까지 가능할 정도의 우수한 제형기술을 지니고 있다. 하지만 우리나라는 국가적인 투자 및 기업체 투자가 매우 열악하여 제형화 기술의 수준과 사업성이 선진국에 비해 매우 미비하다. 이는 곧 우리나라 친환경농업에 필요한 농자재의 해외 의존도를 높이는 결과가 될 것이며 이는 곧 국내 농산업체와 농가에 가격이 비싼 농자재 보급으로 연결될 것이다.

## 제 7 절 참고문헌

- 김인선, 김익수 (2009) 친환경농업 해충방제용 제제의 현황과, 전망, 그리고 산업화의 중요성, 한국환경농학회지, 28: 301-309.
- Bouchemal K, Briancon S, Perrier E, Fessi H (2004) Nano-emulsion formulation using spotaneous emulsification: solvent, oil and surfactant optimisation. Int. J. Pharm. 280: 241-251.
- Fournier V, Brodeur J (2000) Dose-response susceptibility of pest aphids (*Homoptera: Aphididae*) and their control of hydroponically grown lettuce with the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*, azadirachtin, and insecticidal soap. Environ. Entomol. 29: 568-578.
- Isman MB (2006) Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Ann. Rev. Entomol. 51: 45-66.
- Jackson CW, Heale JB, Hall RA (1985) Traits associated with virulence to the aphid *Macrosiphoniella sanborni* in eighteen isolates of *Verticillium lecanii*. Ann. Appl. Biol. 106: 39-48.
- Kim K, Yoo D, Kim Y, Lee B, Shin S, Kim E (2002) Characteristics of sophorolipids as antimicrobial agent. J. Microbiol. Biotechnol. 12: 235-241.
- Kim SK, Kim SR, Choi MS, Park CE, Kim YC, Kim KY, Whang KS, Oh KT, Kim IS (2007) Soybean oil-degrading bacterial cultures as a potential for control of green peach aphids (*Myzus persicae*). J. Microbiol. Biotechnol. 17: 1700-1703.
- Kim HY, Lee HB, Kim YC, Kim IS (2008) Laboratory and field evaluations of entomopathogenic *Lecanicillium attenuatum* CNU-23 for control of green peach aphid (*Myzus persicae*). J. Microbiol. Biotechnol. 18: 1915-1918.
- Kim SR, Kim I, Kim IS (2009) Evaluation of a pyrethrum emulsion prepared in food-acceptable components in controlling green peach aphid (*Myzus persicae*). J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 52: 176-179.
- Lui TX, Stansly PA (2000) Insecticidal activity of surfactants and oils against silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) nymphs (*Homoptera: Aleyrodidae*) on collards and tomato. Pest Manag. Sci. 56: 861-866.
- Matsuda K, Yamada K, Kimura M, Hamada M (1991) Nematicidal activity of matrine and its derivatives against pine wood nematodes. J. Agric. Food Chem. 39: 189-191.
- Mordue AJ, Simmond, MSJ, Ley SV, Blaney WM, Mordue W, Nasiruddin M, Nisbe, AJ (1998) Actions of azadirachtin, a plant alleochemical, against insects. Pestic. Sci. 54: 277-284.
- Oerke EC, Dehne HW (2004) Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. Crop Protect. 23: 275-285.
- Oerke EC (2006) Crop losses to pests. J. Agric. Sci. 11: 31-43.
- Wang L, Li X, Zhang G, Dong J, Eastoe J (2007) Oil-in-water nanoemulsions for pesticide formulations