

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야 (code)	수행 기간	연구실	책임자
유용미생물 이용 환경개선 및 생물학적 방제 기술 개발		작물보호 LS0604	'07 ~'09	농업기술원 환경농업연구과	이현주
2) 유용미생물 이용 시설채소 친환경 재배 현장 접목 연구		작물보호 LS0604	'09	농업기술원 환경농업연구과	이현주
색인용어	유용미생물, 바실러스, 상추재배, 시들음병				

ABSTRACT

This experiments were carried out to verify the research results for growing lettuce without fungicides and pesticides in the lettuce farm in Kimpo city and Icheon city, Gyeonggi-do. Fusarium wilt of lettuce has caused a serious disease in a lettuce cultivation field of greenhouse during high temperature season. This pathogen is very difficult to control in a repeated lettuce cultivation field. A strain of *Bacillus subtilis* GG95 antagonistic *Fusarium oxysporum* f. sp. lactucae was isolated from the lettuce cultivated soil. *B. subtilis* GG95 was cultured in a lab fermenter with TSB media applied two times in a seedling tray (500ml/tray) and treatments with 10^8 cfu/ml density were sprayed three times in a cultivating field greenhouse. After field spraying of *B. subtilis* GG95, the change of soil microflora was observed that density of Actinomycetes in a treated soil was increased 5 times compared to untreated plots. The control effect that treated with GG95 showed 80% higher than untreated plot. Treatment with GG95 showed more 16% greater lettuce yield and 2% higher sprout rate, respectively, than untreated plots.

Key words : *Fusarium wilt*, *Bacillus subtilis*, lettuce

1. 연구목표

최근 경제가 발전함에 따라 안전한 농산물에 대한 소비자들의 관심과 함께, 친환경농산물의 생산비중이 0.2%('00)에서 11.9%('08)로 60배 증가 하고, 시장규모 또한 1,500억원('00)에서 24,000억원으로 15.7배 증가하였다(2008 농림부). 1997년 친환경농업육성법이 제정되면서 유기 합성농약의 성장세가 크게 둔화되고, 안전한 농산물 생산을 위한 친환경적 재배와 함께 토착 미생물을 이용한 생물농약의 개발도 차츰 활기를 띠고 있다. 경기도내 시설 업체류의 재배 면적은 5,907ha로 전국의 48%를 차지하며 그 비중이 높은 편이며(2007 농림부), 특히 시설 상추는 연작재배로 인한 시들음병, 균핵병 등의 토양병해의 피해가 심하여 농가에서 큰 어려움을 겪고 있으나(신 등 1987, 김 2010) 농약에 의한 방제효과가 낮아 그 해결책을 찾기 위한 노력이 지속적으로 이루어지고 있다(Rose et al 2003).

따라서 본 시험은 농업기술원에서 개발한 유용미생물을 농가 영농 현장에서 이용하여 그 기술을 실증하고 주변 농가에 확산 보급하여 친환경재배를 실천하고자 경기도 이천시 호법면과 김포시 고촌면 두 지역의 상추 시설재배농가에서 2009년 1년간 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험장소 및 농가 일반 현황

시험장소는 무농약 인증을 받은 친환경 재배농가인 경기도 김포시 고촌면 신곡리에 위치한 오근영 농가의 비닐하우스 2동과 이천시 호법면 매곡리에 위치한 고태원 농가의 비닐하우스에서 실시하였다. 재배에 이용한 상추 품종은 김포농가에서는 광풍, 이천농가에서는 선풍을 시험품종으로 하여 6월 13일과 17일에 각각 파종하였으며 두 농가 모두 7월 5일에 정식하였다.

나. 유용미생물 처리 및 미생물상 조사

시설상추 재배시 유용미생물의 효과를 검정하기 위하여 기술원에서 선발된 미생물 *Bacillus subtilis* GG95 균주를 10^9 cfu/ml 농도로 배양하여 농가에 공급하였다. 김포농가는 육묘기 포트에 50배액으로 희석하여 200구 모판(280×540mm)에 500ml씩 1회 살포하였으며, 육묘기 출아율을 조사하였다. 정식 전 처리는 포장 내 토양표면에 20배 희석액으로 10a 당 40L씩 1회 전면 살포 처리하였고, 정식 후 토양 표면에 20배 희석액으로 40L씩 1주일 간격으로 3회 살포 처리하였다. 이천농가는 미생물을 육묘기 모판에 50배 희석액으로 500ml씩 2회 처리하였고, 정식 전 20배 희석액으로 10a 당 40L씩 1회 토양표면 분무처리를 하였으며 정식 후 1주일 간격으로 40L씩 4회 토양표면 살포를 하였다. 토양내 미생물상 조사를 위해 미생물처리구와 무처리구의 근권토양을 정식 전과 미생물처리 20일 경과 후 채취하여 세균, 방선균 등의 밀도를 조사하였다.

다. 해충제어 및 토양관리

김포농가는 해충제어를 위해서 거세미나방 방제약 1회 처리와 점착트랩, 포획기 설치를 하였으며,

토양관리를 위해 퇴비(스테비아)를 10a 당 250kg과 칼슘제 30kg, 유기토양개량제를 50kg씩 미생물처리구와 무처리구 동일하게 투입하였다. 이천농가는 해충제어를 거세미나방 방제 목적으로 BT제와 친환경농자재를 1회씩 살포하였고, 점착트랩과 포획기를 설치하였다. 토양관리를 위해서 바이오계분을 10a 당 2,000kg 미생물처리구와 무처리구 동일하게 처리하였다.

라. 병 발생 및 수량조사

7월 3일 상추 정식 후 30일 이후 포장 내 시들음병에 대한 병 발생은 포장 전체를 조사하여 발병율로 표시하였고, 수량은 하우스를 3구역으로 나누어 구역별 30주씩 반복 조사하였다.

마. 만족도 설문 조사

투입 기술에 대한 농업인의 만족도를 조사하기 위하여 현장 평가시 인근 채소 작목반 회원 23명을 대상으로 설문 조사를 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 유용미생물 처리에 의한 미생물상 조사

상추재배시 유용미생물의 처리 효과를 비교하기 위해 정식 전·후 미생물 처리구와 무처리구의 토양 내 미생물 상을 비교한 결과 김포농가의 경우 처리구 세균의 변화는 처리 전 후 무처리와 비교하여 큰 차이가 없었으나 방선균의 밀도가 처리구에서 5배 가량 증가하는 경향을 보였다. 이천 농가 역시 무처리구 대비 세균의 밀도는 무처리구와 유사하게 변화되었으나 방선균의 밀도가 정식전에 비해 5배 가량 증가된 2.5×10^6 cfu/g까지 증가하였다(표 1).

표 1. 미생물처리 후 토양내 미생물상 변화

구 분	조사시점 ¹⁾	세 균 ($\times 10^7$ cfu/g)	방선균 ($\times 10^5$ cfu/g)	곰팡이 ($\times 10^4$ cfu/g)	
김포	처리구	정식전	5.9	5.0	0
		정식후	5.4	26.5	2.0
	무처리구	정식전	6.6	7.0	0
		정식후	8.2	8.0	1.5
이천	처리구	정식전	1.8	5.0	—
		정식후	5.5	25.0	—
	무처리구	정식전	2.0	4.0	—
		정식후	5.0	15.0	—

육묘기 미생물처리에 의한 효과는 평균 98%의 출아율을 보여 무처리에 비해 출아율이 2% 정도 높았다 (표 2).

표 2. 미생물 처리에 따른 육묘기 출아율

처리내용	출아율(%)/육묘상자(200공)
미생물처리	98
무처리	96

나. 병 발생 및 수량조사

김포농가는 무처리구의 시들음병 발병주율이 20%에 비해 미생물처리구의 발병주율이 6%로 70%의 방제가를 보였고 수량은 무처리구 2,436kg/10a 대비 2,880kg/10a로 18% 증가하였다. 이천 농가는 무처리구의 시들음병 발병주율 15.4% 대비 미생물처리구의 발병주율이 9.8% 로 36%의 방제가를 보였으며 수량은 무처리구 2,682kg/10a 대비 3,056kg/10a로 14% 증가하였다. 두 지역 모두 미생물처리구에서 무처리보다 낮은 발병주율과 높은 방제가를 보였으며 수량은 평균 16% 증가하였다(표 3). 김등(2004)은 미생물처리 후 토양 내 유기물분해가 좋아지고 유기물함량이 풍부한 토양에서 방선균이 많이 서식하고, 이 방선균은 항균물질을 많이 생성한다고 하였는데 본 시험도 방선균의 밀도가 증가함으로 항생물질의 생성과 함께 토양 내 병원균에 의한 발병이 감소된 것으로 생각된다.

표 3. 처리별 시들음병 발병주율 및 상추수량

구 분	처리내용	발병주율(%)	방제가(%)	수량(kg/10a)	조수입(천원) [↓]
김포	미생물처리	6	70	2,880	6,840
	무처리	20	-	2,436	5,785
이천	미생물처리	9.8	36	3,058	7,262
	무처리	15.4	-	2,682	6,369

↓ 상자당 평균가격 : 9,500원/4kg

다. 유용미생물 이용 상추재배 소득분석

유용미생물 이용 상추재배 농가 실증으로 무처리구 대비 처리구의 전체 소득을 비교한 결과 무처리

구 대비 444kg/10a의 수량이 증가하여 김포농가의 경우 1,054,500원의 소득이 더 발생하였으며 인건비 등 손실적 요소를 제외하고도 수익이 980,100원이 더 발생하였고 이천농가는 376kg/10a의 수량이 증가하여 893,000원 수익에서 인건비 등을 제외하고 803,720원의 소득이 발생하였다. 두 농가 평균 891,000원의 수익이 발생하였으며 경기도내 상추재배면적 2,191ha에 적용한다면 1,952백만원의 수익이 증가하여 농가 소득에 크게 기여할 것으로 생각된다(표 4).

표 4. 유용미생물 이용 상추재배 경영분석결과

구분	손실적 요소	이익적 요소
김포	○ 증가되는 비용 - 노력비 : 74,400 평균인건비 7,440원×5회×2시간=74,400원	○ 증가되는 수입 - 증가수입 444kg×2,375원=1,054,500원
	합계(B) 74,400원	합 계 (A) 1,054,500원
	○ 추정 수익액 : 980,100원	
이천	○ 증가되는 비용 - 노력비 : 89,280 평균인건비 7,440원×6회×2시간=89,280원	○ 증가되는 수입 - 증가수입 376kg×2,375원=893,000원
	합계(B) 89,280원	합 계 (A) 893,000원
	○ 추정 수익액 : 803,720원	

* 단위 : 원/10a

라. 농업인 만족도 조사

유용미생물을 이용한 상추재배에 대한 농업인의 만족도를 설문조사한 결과 대부분의 농가가 매우 성공적 또는 성공적이라고 평가하였으며, 전체 93점의 만족도 점수를 얻었다(표 5). 더불어, 농가들은 토양개량, 병해충방제, 작물생육 촉진 등 다양한 용도에 미생물 이용을 희망하였으며, 기술센터 등을 이용하여 목적에 맞는 유용미생물을 농가에 더 잘 보급하여 친환경재배 농가에서 올바르게 이용하여야 할 것으로 생각된다.

표 5. 유용미생물 이용 상추재배에 대한 농업인 평가 설문조사

설문문항	접수배점	응답자수(명)	점수배점
매우 성공적이다	100	9	900
성공적이다	90	12	1080
보통이다	80	2	160
그렇지 않다	70	0	0
아주 그렇지 않다	60	0	0
평 균		23명	93.0

4. 결과요약

본 시험은 기술원에서 개발한 미생물을 상추재배 농가 현장에 직접 적용하여 그 효과를 보기 위해 경기도 김포시 고촌면과 이천시 호법면에서 현장접목 연구를 실시하였으며 결과는 다음과 같다.

- 가. 정식 30일 후 상추 시들음병 발병주율은 무처리구 김포 20%, 이천 15.4%에 비해 미생물 처리구는 김포 6%, 이천 9.8%로써 바실러스 GG95 처리가 발병억제 효과를 나타내었다.
- 나. 육묘기 미생물 처리에 의해 출아율이 98%로 무처리 대비 2% 높았다.
- 다. 상추 수확량은 두지역 평균 10a당 평균 2,969kg으로 무처리 2,559kg 대비 16% 증가하여 조수입이 16% 증가하였다.
- 라. 미생물 이용한 시설 상추 재배 시험에 대한 농업인의 평가는 대체로 성공적인 결과로 나왔다.

5. 인용문헌

- 김수기, 김창한, 이창권 번역. 2004. 바이오사이언스와 방선균-이차대사와 응용미생물학. 월드사이언스
- 김진영. 2010. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*에 의한 상추시들음병의 발생특성과 방제. 충남대학교 대학원 박사학위논문.
- 신동범, 이준탁. 1987. 상추 시설재배지에서의 균핵병 발생생태에 관한 연구. Korean J. Plant Pathol. 34(4) : 252-260.
- 이도원, 조병철 역. 1995. 토양미생물학과 생화학. 민음사
- Larkin, R. P., and Fravel, D.R. 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organism for control of *Fusarium* wilt of tomato. Plant Dis. 82:1022-1028.
- Rose, S and M. Paker. 2003. Efficacy of Biological and Chemical Treatments for Control of *Fusarium* Root and Stem Rot on Greenhouse Cucumber. Plant Dis. 87(12) 1462-1470.

6. 연구원 편성

세부과제	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도
						09
3) 유용미생물 이용 시설채소 친환경 재배 현장 접목 연구	책임자	농업기술원 환경농업 연구과	농 업 연구사	이현주	세부과제총괄	○
	공동연구자	〃	〃	홍순성	미생물 조사	○
	〃	〃	〃	김진영	병 발생조사	○
	〃	〃	〃	이진구	해충발생 조사	○
	〃	〃	농업연구관	한영희	농가 선정	○
	시험농가	김포시	농가	오근영	포장관리	○
	〃	이천시	〃	고태원	〃	○