

어젠다코드	2-2-3		구분	세부완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	S02	작목구분코드	FC-03-0301
과제종류	농업공동연구		세부사업(약어)	친환경안전	
과제명	농축산 유용미생물의 현장실용화 기술 개발				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	송재경		농업연구사	국립농업과학원	
연구기간	2015 ~ 2018		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 농축산 유용미생물의 강원지역 현장 실용화 기술 개발			환경농업연구과	홍수영	'15~'18
색인용어	유용미생물, 생육 촉진, 병 방제, 실용화				

## ABSTRACT

The purpose of this study is to verify the growth promoting effect of useful microorganisms. As the regulations on abuse of organic synthetic pesticides and chemical fertilizers are strengthened and consumers' perception of environmentally friendly agricultural products is improved, the use of useful microorganisms is increasing as one of the substitutes for their role. Agricultural microorganisms have the effect of promoting the growth of crops and improving the rhizosphere environment and are resistant to plant diseases and environmental stress. In agriculture, it is used in various fields such as microbial fertilizer and soil improvement agent, and it is advantageous that the toxicity is low and the efficacy of the effect is constant. *Bacillus vallismortis* (BS07M) increased the yields of lettuce, cabbage and red pepper. *Kluyccera* sp. CL-2 increased the sugar content of the watermelon and increased the effective phosphate content of the soil, while *Bacillus subtilis* S37-2 increased the free sugar content when treated with tomato. When foliar application of *Bacillus amyloliquefaciens* CC178 was applied at the early stage of powdery mildew, the control was 57.1% at 3 times and 66.7% at 5 times spraying. Although the microbiological culture facility is installed at the agricultural technology center of the municipality and it is distributed to the farm households, there is a problem that the quality and efficacy management method at the time of supply is insufficient and it is difficult to secure and manage seed bacterium. In addition, there is a lack of objective verification data and detailed manuals for each use and crops. Therefore, it is necessary to develop a method of using useful microorganisms and to establish a universal usage method that can be easily utilized at farmhouses.

## 1. 연구목표

유용미생물의 수요와 시장이 증가함에 따라 현재 전국 158개 농업기술센터 중 123개 기관이 미생물을 배양하여 농가에 보급하고 있다(RDA report, 2014). 식물의 근권에 왕성하게 서식하는 PGPR균주(plant growth promoting rhizobacterium)들은 작물의 생육에 직·간접적으로 관여하며, 생육촉진, 유기물분해, 토양정화, 병방제 등 다양한 기능들을 가진다(Moon and Koo, 2013; Kim et al., 2012; Woo and Kim, 2008; Jung et al., 2013). *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospillium*속은 질소고정력을 증가시키며, *Pseudomonas*속은 난용성 인산염의 가용화를 촉진시킨다. *Burkholderia*속은 식물병에 대해 방제효과가 있으며, *Bacillus*속은 gibberellic acid나 indolacetic acid등의 식물 성장촉진 호르몬을 생성하여 작물의 생육에 관여한다(Chung et al., 2006). Heo 등(2016)은 *Bacillus subtilis* S37-2를  $1.0 \times 10^6$  cfu/mL 로 상추에 처리하였을 때 생육이 촉진되고 수량이 증대된다고 보고한 바 있으며 Lee 등(2014)은 *Pseudomonas*속을 배추에 처리하였을 때 염 스트레스 경감효과 및 생육촉진 효과가 있다고 보고한 바 있다. 그 밖에 *Kluyvera*속의 인산가용화 촉진 효과(Kwon et al., 2007b), *Bacillus*속의 생육촉진 및 수량증대효과(Kwon et al., 2007a)등 미생물의 생육 촉진효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구의 목적은 농촌진흥청에서 개발한 유용 미생물을 처리하였을 때 나타나는 생육환경의 변화를 관찰하고, 미생물 처리 후 작물의 생육 특성을 비교하며, 생육촉진 및 병방제 효과를 검증하는데에 있다. 향후 연구결과를 바탕으로 실용적인 미생물 활용방법을 확립하기 위한 자료로 이용하고자 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 〈제1협동과제: 농축산 유용미생물의 현장 실용화기술 개발〉

#### (시험 1) 유용미생물에 의한 원예작물 생육촉진 기술 개발

##### 가. 2015 유용미생물 *Bacillus vallismortis* BS07M 생육촉진 효과

본 연구에 사용된 균주들은 국립농업과학원 미생물은행(Korean Agricultural Culture Collection, KACC)에서 분양받아 사용하였다. *Bacillus soytone* medium(BSM, Soytone 0.5%, Sucrose 2%) 배지에 1% 접종하여 36시간 동안 진탕배양기(180rpm, 28°C)를 이용하여 배양 한 후 희석하여 사용하였으며 *Bacillus vallismortis* BS07M 균주를  $1 \times 10^6$  cfu/ml 농도로 상추 및 고추에 정식 10일 후 10일 간격으로 각 각 3회, 10회 관주처리하였다. 미생물 처리에 따른 토양화학성 변화를 조사하기 위하여 수확 직후의 토양성분을 분석하였다. 토양화학성 분석항목은 pH, EC, 유기물, 유효인산, 치환성 양이온 이었으며 표토 0~20 cm 깊이의 토양을 채취하여 음지에서 자연건조 후 2mm 체를 통과시켜 시료로 사용하였다. pH, EC는 시료와 증류수를 1:5로 혼합하여 초자전극법으로 측정하였으며, 유기물함량은 Tyurin법으로 하였다. 유효인산은 Lancaster법으로 1:10 비율로 추출하여 분광광도계(Uvikon xs, Secoman, France)로 측정하였으며, 치환성 양이온은 1N ammonium acetate로 추출하여 ICP(GBC Intergra, GBC, US)로 분석하였다. 또한 무처리구 대비 미생물 처리구에서 나타나는 특성을 조사하기 위하여 수확 직후 처리구 별 생육상태를 측정하였으며 측정 항목은 수량, 엽장, 엽폭, 과중, 과장, 과폭, 과피두께 이었다. 측정방법은 농업과학기술 연구조사 분석기준에 준하였다.

#### 나. 2016 유용미생물 *Bacillus vallismortis* BS07M 생육촉진 효과

*Bacillus vallismortis* BS07M 균주를  $1 \times 10^7$  cfu/ml 농도로 배추의 유묘기에 7일 간격으로 3회 침지처리 하였으며, 고추 및 상추는 배추와 같은 방법으로 침지처리 한 후 정식 후 7일 간격으로  $1 \times 10^6$  cfu/ml 농도로 3회 관주처리 하였다. “가”의 방법과 같이 토양 전 후의 토양화학적성을 분석 하였으며, 수확기 생육조사를 실시하였다.

#### 다. 2017 유용미생물 *Kluyvera* sp. CL-2 생육촉진 효과

*Kluyvera* sp. CL-2 균주를  $1 \times 10^6$  cfu/ml 농도로 하여 수박 재배지에 정식 전 7일 간격으로 2회 관주처리 한 후 정식하였으며 정식 후 7일 간격으로 3회 관주처리 하였다. 미생물 처리 전 후 토양화학적성 분석 및 수확기의 생육조사를 실시하였으며, 과실의 유리당을 분석하였다. 과실에서 씨를 제거한 과육부분만을 취하여 분쇄한 시료 5g에 증류수 50ml을 가하여 진탕한 뒤 0.45µm membrane filter에 통과시킨 여액을 시료로 사용하였으며 HPLC(Nano Space SI-2, Shiseido, Japan)로 분석하였다. 분석 항목은 수박의 유리당 조성에서 가장 많은 비중을 차지하는 fructose, glucose, sucrose로 하였다.

#### 라. 2018 유용미생물 *Bacillus subtilis* S37-2 생육촉진 효과

*Bacillus subtilis* S37-2 균주를 토마토 정식 2시간 전  $1 \times 10^7$  cfu/ml 농도로 침지처리 하였으며, 정식 후 7일간격으로  $1 \times 10^6$  cfu/ml 농도로 5회 관주처리하였다. “다”와 같은 방법으로 미생물 처리 전 후 토양화학적성 분석 및 수확기의 생육조사를 실시하였으며, 과실의 유리당 함량을 분석하였다.

### (시험 2) 유용미생물에 의한 병방제 기술 개발

#### 가. 2015 유용미생물 *Bacillus* sp., KACC91195P 병 방제효과

균주의 분양 및 배양 방법은 (시험1)에서 기술한 것과 같은 방법으로 실시하였다. 고추의 탄저병 방제효과를 검증하기 위하여 *Bacillus* sp., KACC91195P 균주를  $1 \times 10^6$  cfu/ml 농도로 엽면에 살포 하였다. 발병 전 2회 예비살포 하였으며 발병초기 7일 간격으로 3, 5, 7회 살포하였다. 대조구는 프로피네브 수화제를 3회 엽면살포 하였으며 처리 후 발병엽률 및 방제가를 조사하였다. 조사 기준은 농업과학기술 연구조사 분석기준에 준하였으며 미생물 마지막 처리 후 7일 뒤 발병률을 조사하였다. 주 당 발병엽수를 조사하여 발병엽률(%)로 환산하였으며 무처리구의 발병률 대비 무처리구와 시험구의 발병엽률의 차를 방제가(%)로 하였다.

$$\text{방제가(\%)} = \frac{\text{무처리구의발병률} - \text{처리구의발병률}}{\text{무처리구의발병률}} \times 100$$

#### 나. 2016 유용미생물 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178 병 방제효과

곰팡이의 흰가루병 방제효과를 검증하기 위하여 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178 균주를  $5 \times 10^6$  cfu/ml 농도로 발병초기 7일 간격으로 3회, 5회 엽면살포 하였다. 대조구는 아족스트로빈 수화제를 3회 엽면살포 하였으며 마지막 처리 7일 후 방제가를 조사하였다.

다. 2017 유용미생물 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178 병 방제효과

콘달비의 흰가루병 방제효과를 검증하기 위하여 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178와 *Bacillus methylotropicus* GH1-13를 흰가루병 발병초기  $5 \times 10^6$  cfu/ml 농도로 7일 간격으로 3회, 5회 엽면살포 하였으며 대조구는 아족스트로빈 수화제를 3회 엽면살포 하였다. 마지막처리 7일 후 방제가를 조사하였다.

라. 2018 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178 병 방제효과

2017년과 같이 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178 균주의 흰가루병 방제효과를 검증하기 위하여 멜론과 수박에 각 각 엽면살포 하였다.  $1 \times 10^6$  cfu/ml 농도를 발병초기 7일 간격으로 3회, 5회 엽면살포 하였으며 대조구는 마이클로뷰타닐 수화제를 5회 엽면살포 하였다. 마지막처리 7일 후 방제가를 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### <제1협동과제: 농축산 유용미생물의 현장 실용화기술 개발>

##### (시험 1) 유용미생물에 의한 원예작물 생육촉진 기술 개발

가. 2015. 유용미생물 *Bacillus vallismortis* BS07M 생육촉진 효과

(1) 2015년 *Bacillus vallismortis* BS07M

(가) 시험 전·후 토양화학성 변화

미생물 처리에 따른 토양화학성 변화를 조사하기 위하여 수확직후의 토양성분을 분석한 결과  $1.0 \times 10^6$  cfu/ml 처리 농도에서 유기물, K은 증가하는 경향을 보였으며 pH, EC, OM, Ca, Mg, Na, 유효인산,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 감소하는 경향을 보였다.  $1.0 \times 10^7$  cfu/ml 처리구 에서는 EC, Ca, K, Mg,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 증가하는 경향을 보였으며 OM, Na, 유효인산은 감소하는 경향을 보였다(표 1).

표 1. 상추 *Bacillus vallismortis* BS07M 시험 전·후 토양화학성

처리내용	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	Na	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NO <sub>3</sub> -N
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)		(cmol(+)/kg)			(mg/kg)	
시험전	7.2	0.52	21	6.0	0.18	1.51	0.31	419	13.9
무처리	7.0	0.40	20	5.6	0.42	1.40	0.24	367	13.2
배양액	6.8	0.70	18	5.8	0.47	1.52	0.29	309	11.2
BS07M( $1 \times 10^6$ )	7.0	0.30	24	5.0	0.38	1.30	0.21	349	11.2
BS07M( $1 \times 10^7$ )	7.1	0.55	19	6.2	0.43	1.64	0.29	328	19.1

(나) 상추 *Bacillus vallismortis* BS07M 처리 효과

미생물 처리후 생육상태를 비교한 결과 미생물 처리구의 엽장, 엽폭, 엽수, 구중이 무처리 대비 모두 증가하였다. *Bacillus vallismortis* BS07M  $1 \times 10^6$  cfu/ml 처리구에서 무처리 대비 구중이 35.2% 증가 하였으며, *Bacillus vallismortis* BS07M  $1 \times 10^7$  cfu/ml 처리구는 구중 9.8% 증가하였다(표 2).

표 2. 상추 *Bacillus vallismortis* BS07M 처리구 별 생육조사

처리내용	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽수(개)	구중(g)
무처리	18.6	21.3	19	347
배양액	18.5	21.0	20	355
BS07M( $1 \times 10^6$ )	19.3	23.7	23	469
BS07M( $1 \times 10^7$ )	18.8	22.0	21	381

(2) 고추 유용미생물 *Bacillus vallismortis* BS07M 처리효과

(가) 고추 유용미생물 *Bacillus vallismortis* BS07M 시험 전·후 토양화학성 변화

*Bacillus vallismortis* BS07M를 처리한 결과 무처리 대비  $1 \times 10^6$ cfu/ml 처리구는 Ca, K, Mg은 증가하였으나 EC, OM,  $P_2O_5$ ,  $NO_3-N$ 는 감소하였다.  $1 \times 10^7$ cfu/ml 처리구는 무처리구 대비 EC, Ca, K, Mg, Na는 증가하는 경향을 보였으며 pH, OM,  $P_2O_5$ ,  $NO_3-N$ 는 감소하는 경향을 보였다(표 3).

표 3. 고추 *Bacillus vallismortis* BS07M 시험 전·후 토양화학성

처리내용	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	Na	$P_2O_5$	$NO_3-N$
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)		(cmol+)/kg)			(mg/kg)	
시험전	7.2	0.52	21	6.0	0.18	1.51	0.31	419	13.9
무처리	7.4	0.23	18	8.1	0.34	2.01	0.37	425	9.2
배양액	7.3	0.29	18	7.2	0.31	1.84	0.37	386	1.6
BS07M( $1 \times 10^6$ )	7.2	0.41	18	7.1	0.27	1.74	0.31	400	4.4
BS07M( $1 \times 10^7$ )	7.0	1.19	19	7.7	0.24	2.72	0.46	378	4.5

(나) 고추 *Bacillus vallismortis* 처리 효과

고추의 미생물 처리 후 수량조사에서는 배양액, 미생물 처리구가 무처리 대비 증가하는 경향을 보였으나 배양액 처리구와 미생물 처리구 간의 차이는 없었으므로 무처리 구 대비 수량 증가 효과는 미생물의 처리에 의한 것은 아닌 것으로 판단된다(그림 1).

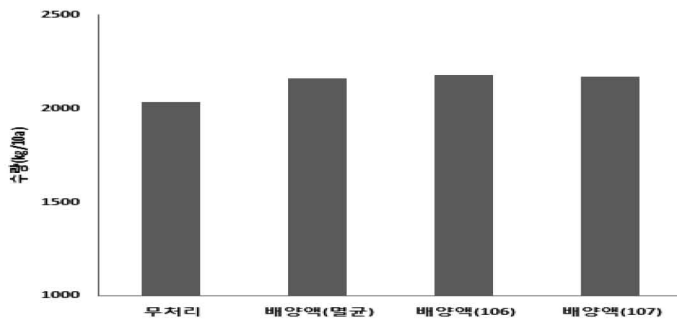


그림 1. 고추 *Bacillus vallismortis* BS07M 처리 후 수확량

나. 2016. 유용미생물 *Bacillus vallismortis* BS07M 생육촉진 효과

(1) 상추 *Bacillus vallismortis* BS07M 처리 효과

*Bacillus vallismortis* BS07M 을 처리한 후 상추의 생육조사 결과에서는 엽수는 무처리 대비 유묘기 3회처리, 유묘기 및 정식 후 처리구에서 증가하였으며 정식 후 3회처리에서는 감소하는 경향을 보였다. 수량은 유묘기 3회처리는 무처리 대비 3.0%, 정식후 3회 처리구의 수량이 무처리 대비 7.3% 증수하였으며 유묘기 및 정식 후 모두 처리 한 구에서는 4.7% 증수하였다. 정식 후 3회 처리구에서 엽수는 감소하였으나 수량은 증가하는 경향을 보였는데, 이는 엽 당 무게가 다른 처리구에 비하여 높았을 것으로 추측되며, 생육조사 시 엽장, 엽폭, 엽 당 평균 무게 등 좀 더 구체적이고 추가적인 생육조사가 필요할 것으로 판단된다(표 4).

표 4. 상추 *Bacillus vallismortis* BS07M 처리구 별 수량.

처 리 내 용	엽수(매/주)	수량(g/주)
무처리	93	465
BS07M 유묘기 3회처리( $1 \times 10^7$ cfu/ml)	96	479
BS07M 정식후 3회처리( $1 \times 10^6$ cfu/ml)	90	499
유묘기 및 정식 후 처리	94	487

(2) 고추 *Bacillus vallismortis* BS07M 처리 효과

유용미생물을 처리한 후 상추의 생육조사 결과에서는 유묘기 3회처리, 정식후 5회처리, 유묘리 및 정식후 처리에서 수량은 모두 증가하는 경향을 보였다. 수량증가율이 가장 높았던 유묘기 및 정식 후 처리에서는 무처리 대비 7.3% 증가하였다 (표 5)

표 5. 고추 *Bacillus vallismortis* BS07M 처리구 별 수량.

처 리 내 용	수량(g/주)	수량(kg/10a)
무처리	710	2,218
BS07M 유묘기 3회처리( $1 \times 10^7$ cfu/ml)	733	2,291
BS07M 정식후 5회처리( $1 \times 10^7$ cfu/ml)	743	2,322
유묘기 및 정식후 처리	762	2,380

(3) 고랭지 여름배추 *Bacillus vallismortis* BS07M 처리 효과

*Bacillus vallismortis* BS07M을 고랭지 여름배추(수호)에 유묘기 3회 처리한 결과 엽장, 엽폭, 주중, 구폭, 구중이 9.0, 14.5, 20.6, 6.3, 18.2% 증가하였다. 미생물 처리구에서 무처리구 대비 생육조사의 모든 항목이 증가하였으나, 미생물처리로 인한 증가하고 하기에는 다른 처리구의 비교가 더 필요할 것이라고 판단되며 배양액 처리구 및 농도별 처리구를 추가로 수행함으로써 구체적인 미생물처리의 효과를 구명할 필요가 있다고 판단된다(표 6, 그림 2).

표 6. 고랭지 여름배추(수호) *Bacillus vallismortis* BS07M 침지처리 후 생육.

처 리 내 용	엽장(cm)	엽폭(cm)	주중(kg)	구폭(cm)	구중(kg)
무처리	41.3	22.7	3.4	15.8	2.2
BS07M 유묘기 3회 침지처리( $1 \times 10^7$ cfu/ml)	45.0	26.0	4.1	16.8	2.6



그림 2. 배추 BS07M 처리 전·후

(3) 가을배추(불암3호) *Bacillus vallismortis* BS07M 처리 효과

가을배추(불암3호)에 *Bacillus vallismortis* BS07M을 유묘기 3회 침지처리한 결과 엽장, 엽폭, 주중, 구폭, 구중이 1.3, 12.3, 12.2, 1.1, 6.9% 증가하였으며 생육조사 항목은 표 7에 나타내었다.

표 7. 가을배추(불암3호) *Bacillus vallismortis* BS07M 처리후 생육.

처리내용	엽장(cm)	엽폭(cm)	주중(kg)	구폭(cm)	구중(kg)
무처리	47.1	27.6	4.1	17.7	2.9
BS07M 유묘기 3회 침지처리( $1 \times 10^7$ cfu/ml)	47.7	31.0	4.6	17.9	3.1

다. 2017 유용미생물 *Kluyvera* sp. CL-2 생육촉진 효과

(1) 수박 *Kluyvera* sp. CL-2 처리 전·후 토양화학성 변화

수확 직후의 토양성분을 분석한 결과 유효인산은 무처리구 대비 미생물 처리구에서 유의하게 증가하였으며 미생물 2회 처리구와 5회 처리구 간의 차이는 없었다. 유기물은 시험 전에 비하여 모든 처리구에서 증가하였으며 pH, EC는 유의적인 차이는 없었다. *Kluyvera*속 미생물은 난용성 인산을 가용화 균으로 촉진시키는 것으로 알려져 있는데, *Kluyvera* sp. CL-2 균주처리 후 유효 인산의 함량이 증가하였다는 Kwon 등(2007)의 보고와 같이 본 실험에서도 유효인산 함량이 유의적으로 증가하였다. (표 8).

표 8. 수박 *Kluyvera* sp. CL-2 처리 전·후 토양화학성 변화

처 리 내 용	pH (1:5)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol <sub>c</sub> /kg)				NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg	Na	
시험 전	6.9	0.94	28.8	422	0.50	8.47	2.53	0.17	11.64
무처리	6.3	0.59	31.8	448	0.42	7.00	1.88	0.11	26.22
정식전 2회처리	6.3	0.51	34.8	564	0.64	6.56	1.61	0.10	26.10
정식 전, 후 5회처리	6.2	0.80	31.0	567	0.54	7.30	2.06	0.13	33.84

(2) 수박 *Kluyvera* sp. CL-2 처리 후 수확기 품질특성

엽폭은 시험전 대비 증가하는 경향을 보였으며 2회 처리구보다 5회 처리구의 증가율이 더 높았다(표 9). 미생물 처리구의 수량, 엽장, 과중, 과장, 과폭, 과피두께는 무 처리구와 차이가 없었다. Lee 등(2014)은 *Pseudomonas* sp. G19를 배추에  $1.0 \times 10^8$  cfu/mL 로 처리하였을 때 생체중량이 27% 증가하였으며, Kwon 등(2007)은 *Bacillus subtilis* S37-2를 배추에  $8.7 \times 10^{5 \sim 8}$  cfu/mL 로 처리하였을 때  $8.7 \times 10^8$  cfu/mL 로 처리 시 생체중 증가량이 48.7%로 가장 높았다고 보고하였는데, 수박에 처리한 *Kluyvera* sp. CL-2  $1.0 \times 10^6$  cfu/mL 보다 100배 이상 높은 농도였다. Moon 등(2013)은 삼채와 애기장대에 식물생장촉진미생물 17종을  $1.0 \times 10^7$  cfu/mL 로 처리하였을 때 두 식물의 생육촉진효과를 나타내는 미생물이 서로 다르다고 보고하였으며 생육촉진효과가 식물마다 상호작용하는 미생물이 각 각 다르게 존재하는 것을 시사하였다. 본 연구에서는 *Kluyvera* sp. CL-2 처리 시 수박의 영양생장기에 엽폭이 증가하는 효과를 보였으나 생식생장기 생육 및 수량에는 변화가 없었는데, 미생물처리에 의한 영향이 생육단계에 따라 다르게 나타나는 것으로 추론된다.

표 9. 수박 *Kluyvera* sp. CL-2 처리 후 수확기 생육.

처 리 내 용	과중(g)	과장(cm)	과폭(cm)	과피두께(cm)	수량(kg/10a)
무처리	8,820	28.4	23.5	14.8	6,465
정식전 2회 관주처리	8,790	28.3	23.2	14.8	6,443
정식 전 · 후 5회 관주처리	8,850	28.4	23.8	14.8	6,487

(3) 수박 *Kluyvera* sp. CL-2 처리 후 과육의 유리당 함량

수확 후 처리구별 유리당 함량을 분석한 결과 무처리구 대비 미생물 처리구에서 fructose와 glucose가 유의적으로 증가하였으며 sucrose는 차이가 없었다. Glucose함량은 2회 처리구가 무처리구 대비 13.8% 증가하였으며, 5회 처리구는 12.8% 증가하였다. Fructose함량은 2회 처리가 무처리구 대비 14.6% 증가하였으며 5회 처리는 39.8% 더 높은 함량을 보여 2회 처리구보다 5회 처리구의 함량이 유의하게 높았다. Fructose가 단 맛이 가장 강하고, 당도 결정에 주요한 작용을 한다는 Sohn 등(1996)의 연구결과와 같이, *Kluyvera* sp. CL-2처리에 의한 fructose의 증가는 수박의 당도 증가에 결정적인 요인이 되었을 것으로 판단된다(표 10).

표 10. 수박 *Kluyvera* sp. CL-2 처리 후 과육의 유리당 함량 (mg/100g)

처리내용	Fructose(과당)	Glucose(포도당)	Sucrose(자당)
무처리	2,888	1,771	4,264
정식전 2회 관주처리	3,311	2,015	4,901
정식 전 · 후 5회 관주처리	4,036	1,997	5,474

라. 2018 유용미생물 *Bacillus subtilis* S37-2 생육촉진 효과

(1) 토마토 *Bacillus subtilis* S37-2 처리효과

(가) 토마토 *Bacillus subtilis* S37-2 시험 전·후 토양 화학성 변화

*Bacillus subtilis* S37-2를 처리한 결과 시험전과 비교하였을 때 OM, Ca, K, NO<sub>3</sub>-N는 모든 시험구에서 증가하였고 pH, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>은 모든 처리구에서 감소하였다. 미생물 처리구에서 무처리과 비교하였을 때 유의적인 변화는 없는 것으로 판단되며 화학성변화는 표 11과 같다.

표 11. 토마토 *Bacillus subtilis* S37-2 시험 전·후 토양 화학성

처리내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Ca	K (cmol(+)/kg)	Mg	Na	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
시험전	7.3	0.54	15	6.0	0.48	1.62	0.24	692	10.0
무처리	7.2	0.59	19	6.6	0.56	1.50	0.24	490	11.2
침지처리	7.1	0.84	19	6.6	0.54	1.51	0.23	464	17.2
배양액	6.8	1.60	18	6.8	0.59	1.60	0.27	465	36.5
침지처리+배양액	6.9	1.16	18	6.7	0.56	1.61	0.30	475	17.1
관주처리	6.9	1.15	20	6.9	0.60	1.62	0.31	532	51.9
침지처리+관주처리	7.2	0.36	20	6.8	0.50	1.53	0.19	567	14.2

(나) 토마토 *Bacillus subtilis* S37-2 처리 후 생육조사

유용미생물 S37-2 처리 후 생육조사 결과 무처리 대비 미생물 처리구에서는 과중, 과장, 과폭, 수량 모두 감소하는 경향이 나타났으며 당도는 관주처리구에서 11.4% 증가하는 경향이 나타났다. 당도 증가의 구체적인 당 함량을 조사하기 위하여 유리당 함량을 분석하였다(표 12).

표 12. 토마토 *Bacillus subtilis* S37-2 처리 후 생육조사

처리내용	과중(g)	과장(cm)	과폭(cm)	당도(Brix)	수량(kg/10a)
무처리	214.0	6.2	7.7	4.92	9,416
침지처리	212.0	6.2	7.6	4.95	8,462
배양액	171.3	5.7	7.0	5.31	7,842
침지처리+배양액	170.3	5.7	7.0	5.36	8,392
관주처리	182.0	6.0	7.2	5.48	7,291
침지처리+관주처리	195.6	5.9	7.4	5.43	6,771

(다) 토마토 *Bacillus subtilis* S37-2 처리 후 유리당 함량 측정

토마토 유용미생물 처리 후 수확기 과육의 유리당 함량을 분석한 결과, 무처리 대비 과당, 포도당 모두 증가하는 경향을 보였다. 그러나 미생물을 전혀 처리하지 않는 배양액 농도에서도 증가하였으므로 유리당의 증가가 미생물 처리만으로도 증가하였다고 판단하기는 어려우며, 관주처리 구의 유리당 함량이 침지처리 보다 높은 것으로 보아 관주처리에 의한 유리당의 증가는 현저히 있다고 판단된다(표 13).

표 13. *Bacillus subtilis* S37-2 처리 후 토마토 유리당 함량 (mg/100g)

처 리	Fructose(과당)	Glucose(포도당)
무처리	1,715	1,431
침지처리	1,777	1,513
배양액	1,768	1,487
침지처리+배양액	1,748	1,446
관주처리	1,808	1,590
침지처리+관주처리	1,727	1,481

(시험 2) 유용미생물에 의한 병방제 기술 개발

가. 2015 유용미생물 *Bacillus* sp., KACC91195P 병 방제효과

고추 탄저병 발생 전후에 *Bacillus subtilis* sp. KACC9119P  $1 \times 10^7$ cfu/ml,  $10^6$ cfu/ml의 수준으로 3, 5, 7회 엽면 살포하였으나 방제 효과 저조하였다(그림 3)

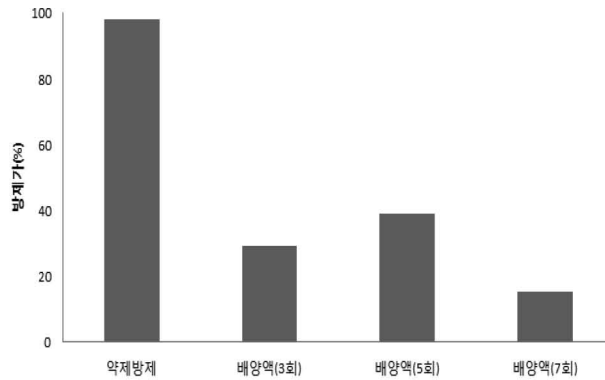


그림 3. 고추 *Bacillus* sp., KACC91195P 처리구 별 방제가

나. 2016. 유용미생물 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178 병 방제효과

*Bacillus amyloliquefaciens* CC178을 곰취의 흰가루병 발생초기에  $1 \times 10^6$ cfu/ml로 살포하였을 때 무처리 대비 3회 살포 시 방제가는 57.1%이었고, 5회 살포시 방제가는 66.7%이었다(표 14, 그림 4).

표 14. 곰취 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178 처리 후 흰가루병 방제효과

처리내용	발 병 엽 률(%)				방제가
	1반복	2반복	3반복	평균	
무처리	11.3	13.5	9.8	11.5	-
프로피네브(대조구)	2.8	3.0	2.0	2.6	77.4
CC178 3회 처리구	4.3	4.0	6.5	4.9	57.1
CC178 5회 처리구	3.3	3.0	5.3	3.8	66.7

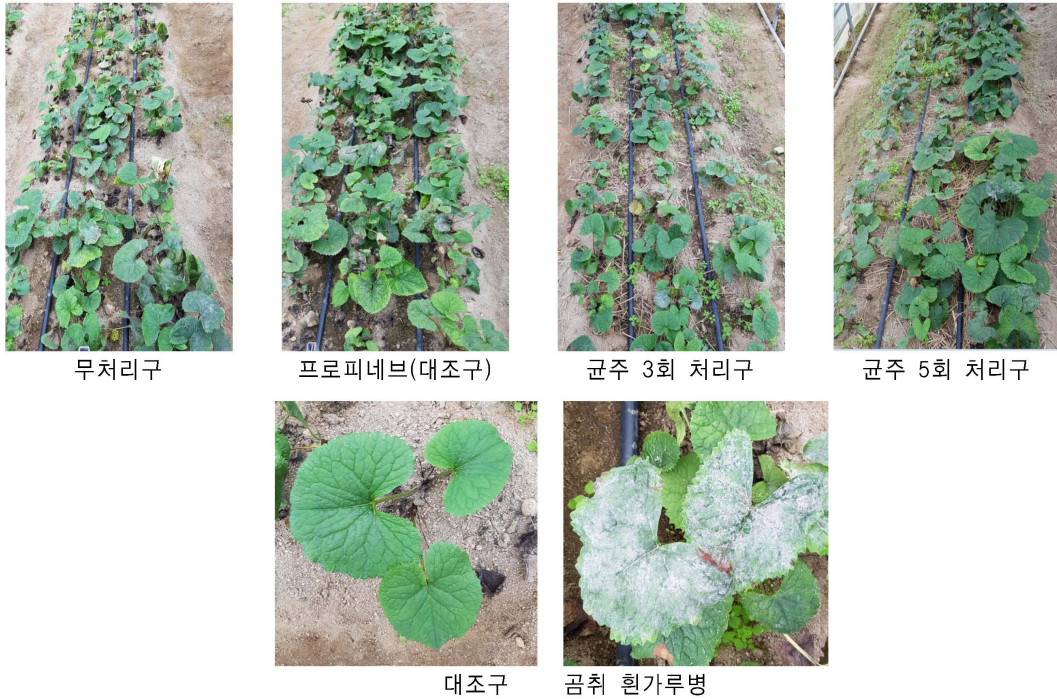


그림 4. 곰취 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178 처리구와 흰가루병

다. 2017 곤달비 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178, *Bacillus methylotropicus* GH1-13 병 방제효과

*Bacillus amyloliquefaciens* CC178을 곤달비에  $5 \times 10^6$  cfu/ml로 살포시 무처리 대비 3회살포 후 방제가는 6.3%, 5회살포 후 방제가는 2.0%이었고 *Bacillus methylotropicus* GH1-13는 방제효과가 미미하였다(표15, 그림5).

표 15. 곤달비 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178, *Bacillus methylotropicus* GH1-13 처리 후 흰가루병 방제효과

처리내용	발 병 율 (%)				방제가(%)
	1반복	2반복	3반복	평균	
무처리	94.2	95.8	96.7	95.6	-
아족스트로빈(대조구)	17.2	16.5	21.5	18.4	80.8
CC178 3회	90.8	94.5	83.5	89.6	6.3
CC178 5회	94.2	93.3	93.5	93.7	2.0
GH1-13 3회	96.7	87.5	91.7	92.0	3.8
GH1-13 5회	89.2	86.0	90.0	88.4	7.5

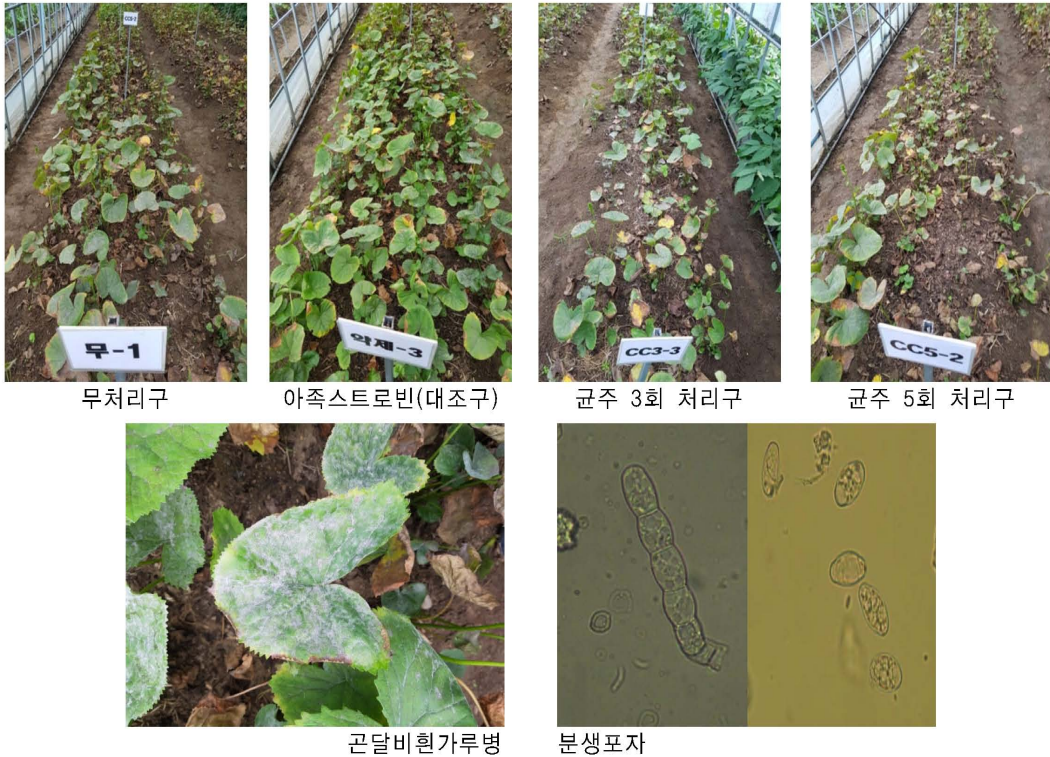


그림 5. 곤달비 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178, *Bacillus methylotropicus* GH1-13 처리

라. 2018 유용미생물 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178 병 방제효과

*Bacillus amyloliquefaciens* CC178을 멜론의 흰가루병 발병초기  $1 \times 10^6$  cfu/m로 살포하였을 때 무처리 대비 3회 방제가는 9.2%, 5회 방제가는 3.0%로 방제효과 미미하였다(표 16).

표 16. 멜론 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178 흰가루병 방제효과

처리내용	발 병 율 (%)				방제가(%)
	1반복	2반복	3반복	평균	
무처리	97.5	95.8	97.5	96.9	-
마이클로뷰타닐(대조구)	28.6	28.3	29.1	28.7	70.4
CC178 3회 처리	80.3	86.2	97.4	88.0	9.2
CC178 5회 처리	94.4	93.5	94.0	94.0	3.0



## 4. 적 요

### 〈제1협동과제: 농축산 유용미생물의 현장 실용화기술 개발〉

#### (시험 1) 유용미생물에 의한 원예작물 생육촉진 기술 개발

- 가. 상추에 *Bacillus vallismortis* BS07M를 처리한 결과  $1 \times 10^6$  cfu/ml 처리구에서 무처리 대비 구중이 35.2% 증가하였으며,  $1 \times 10^7$  cfu/ml 처리구는 구중 9.8% 증가하였다.
- 나. 고추에 *Bacillus vallismortis* BS07M를 처리한 결과 무처리 대비 유묘기 3회 처리에서 3.0%, 정식 후 2회 처리구에서 7.3% 증수하였으며 유묘기 및 정식 후 모두 처리 한 구에서는 4.7% 증수하였다.
- 다. 유용미생물을 고랭지 여름배추(수호)에 유묘기 3회 처리한 결과 엽장, 엽폭, 주중, 구폭, 구중이 9.0, 14.5, 20.6, 6.3, 18.2% 증가하였으며, 가을배추(불암3호)에 유묘기 3회 침지 처리한 결과 엽장, 엽폭, 주중, 구폭, 구중이 1.3, 12.3, 12.2, 1.1, 6.9% 증가하였다.
- 라. 수박에 *Kluyvera* sp. CL-2를 처리한 결과 2회 처리와 5회 처리구에서 유효인산이 증가하였으며, 과육의 유리당 함량이 증가하였다.
- 마. 토마토에 *Bacillus subtilis* S37-2를 처리한 결과 당도는 관주처리구에서 무처리 대비 11.4% 증가하였다.

#### (시험 2) 유용미생물에 의한 병방제 기술 개발

- 가. 고추 탄저병 발생 전후에 *Bacillus subtilis* sp. KACC9119P  $1 \times 10^7$  cfu/ml, 수준으로 3, 5, 7회 엽면 살포하였으나 방제 효과 저조
- 나. 곰취의 흰가루병 발생초기에 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178을  $1 \times 10^6$  cfu/ml로 살포하였을 때 무처리 대비 3회 살포 시 방제가는 57.1%이었고, 5회 살포시 방제가는 66.7%이었음.
- 다. 곤달비에 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178을  $5 \times 10^6$  cfu/ml로 살포시 무처리 대비 3회살포 후 방제가는 6.3%, 5회살포 후 방제가는 2.0%이었고 *Bacillus methylotropicus* GH1-13는 방제효과가 미미함.
- 라. 멜론의 흰가루병 발병초기에 *Bacillus amyloliquefaciens* CC178을  $1 \times 10^6$  cfu/ml로 살포하였을 때 무처리 대비 3회 방제가는 9.2%, 5회 방제가는 3.0%로 방제효과 미미함.

## 5. 인용문헌

- Chung, J. B., J. E., Yang, K. Y., Kim, K. H., Kim, J. G., Kim, T. M., Sa, J. S., Suh, B. K., Sohn, K. C., Eom, S. E., Lee, K. Y., Jung, D. Y., Chung, Y. T., Chung, and H., Hyun. 2006. Soil science, Hyang Mun Sa, Korea, p.255.
- Heo, J. Y., D. H., Kim, Y. J., Choi, S. D., Lee, S. W., Seuk, J. K., Song, J. S., Kwon, and M. K. Kim. 2016. Effect of *Bacillus subtilis* S37-2 on microorganisms in Soil and Growth of Lettuce(*Lactuca sativa*). Korean J. Soil Sci. Fert. 49(5): 621-626.
- Jung, B. K., Y. H., Kim, and S. D. Kim. 2013. Root Colonization and Quorum-Sensing of the Antagonistic Bacterium *Pseudomonas fluorescens* 2112 involved in the Red-pepper Rhizosphere. Korean J. Microbiol. Biotechnol. 41(1):105-111.

- Kim, Y. K., S. J., Hong, C. K., Shim, M. J., Kim, E. J., Choi, M. H., Lee, J. H., Park, E. J., Han, N. H., An, and H. J. Jee. 2012. Functional Analysis of *Bacillus subtilis* Isolates and Biological Control of Red Pepper Powdery Mildew Using *Bacillus subtilis* R2-1. Res. Plant Dis. 18(3): 201-209.
- Kwon, J. S., H. Y., Weon, J. S., Suh, W. G., Kim, K. Y., Jang, and H. J. Noh. 2007a. Plant Growth Promoting Effect and Antifungal Activity of *Bacillus subtilis* S37-2. Korean J. Soil Sci. Fert. 40(6):447-453.
- Kwon, J. S., J. S., Suh, H. Y., Weon, W. G., Kim, and H. J. Noh. 2007b. Phosphate Solubilizing Activity of *Pseudomonas* sp. CL-1 and *Kluyvera* sp. CL-2. Korean J. Soil Sci. Fert. 40(6): 442-446.
- Lee, G. W., K. J., Lee, and J. C. Chae. 2014. *Pseudomonas* sp. G19 alleviates salt stress and promotes growth of Chinese cabbage. Korean J. Microbiol. 50(4): 368-371.
- Moon, H. Y., and J. C. Koo. 2013. Isolation and Characterization of Plant Growth Promoting Bacteria. Jour. Science Education, Chonbuk National University. 38(2): 117-127.
- Sohn, J. Y., S. C., Ban, J. S., Shin, and S. H. Hong. 1996. Distribution of Free Sugars in the Various Portions of Watermelon(*Citrullus vulgaris* L.) and Muskmelon(*Cucumis melo* var. *reticulatus* Naud.). 1996. Agric. Chem. Biotechnol. 39(3): 200-205.

## 6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2016(2년)	영농정보	바실러스 CC178 균주를 이용한 곰취흰가루병 방제법
	영농정보	바실러스 BS07M 균주를 활용한 고랭지 배추 증수 활용법
2017(3년)	학술발표	유용미생물을 이용한 원예작물 생육촉진 및 병 방제 효과
2018(4년)	논문게재	유용미생물( <i>Kluyvera</i> sp. CL-2)처리가 수박의 유리당 함량 및 토양화학성에 미치는 영향
	학술발표	멜론과 곤달비의 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> CC178을 이용한 흰가루병 방제효과
	학술발표	농업미생물을 이용한 원예작물 생육촉진 효과
	영농기술	<i>Kluyvera</i> sp. CL-2 균주를 이용한 수박의 당함량 및 토양 유효인산 증가 효과

성과지표명	연도	1년차(2015)		2년차(2016)		3년차(2017)		4년차(2018)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문 게재	SCI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	비SCI	-	-	1	-	1	-	-	1	2	1
학술 발표	국제	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	국내	-	-	1	-	1	1	1	2	3	3
영농 활용	기술	-	-	1	2	-	-	1	1	2	3
	정보	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
계		-	-	3	2	2	1	2	4	7	7

## 7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도			
					'15	'16	'17	'18
과제책임자	국립농업과학원	농업연구관	송재경	과제 총괄	○	○	○	○
세부책임자	환경농업연구과	농업연구사	홍수영	세부주관 수행	-	-	-	○
	환경농업연구과	농업연구사	최승출	세부주관 수행	○	○	○	-
공동연구자	환경농업연구과	농업연구관	박영학	품질조사 지원	-	-	○	○
	"	농업연구사	임수정	"	○	○	○	○
	"	"	서영호	"	-	-	-	○
	"	"	허수정	평가분석 지원	○	○	○	○
	"	"	윤병성	현장조사 지원	○	○	○	○