

과제구분	어젠다	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
주요작물 병해충 방제 친환경 농업소재 개발		작물보호	'15~'20	농업기술원 환경농업연구과	이영수
개발 유용미생물 현장 실용화 연구		작물보호	'15~'18	농업기술원 환경농업연구과	최종윤
색인용어	유용미생물, 생육촉진, 수량, 악취저감, 토마토, 오이, 부추				

ABSTRACT

This study was conducted to develop the techniques for practical applications of microorganisms beneficial to vegetables cultivation and stock farming, the effect evaluations according to the treatment method of each crop and livestock had been examined for 4 years from 2015 to 2018, and the results are as follows;

In the test for promoting growth of cucumber in a plastic film house, KCTC 11991BP and KACC 92041P were drenched 13 times at 7-day intervals. There was no statistically significant difference in the growth characteristics of the cucumber among the applied microorganism, but the yield increased 13% by KCTC 11991BP(8,153kg/10a) and KACC 92041P(8,155kg/10a) at a concentration of 1×10^7 cfu/ml(100 times dilution) compared with that of untreated plot(no microorganism treatment ; control).

KCTC 11991BP(1×10^7 cfu/ml) was drenched 14 times at 7-day intervals. In a plastic film house of tomato, fresh weight and fruit yield of tomato increased by 15% and 12%. The yield increased by 13%(6,454kg 10a⁻¹) compared with control.

KACC 91953 was treated at the tomato seedling stage(10/tray) 3 times at 7-day intervals. In a plastic film house of tomato, there was no difference in the fruit weight among treatments, but the fruit quality increased in the treatment of KACC91953(1×10^7 cfu/ml) by 20.7% and the yield was increased by 9.1%(5,065 kg/10a) compared with control. In a plastic film house, the leaf width of chinese chive was increased by 9.6% in both KACC 91953 at concentrations of 1×10^7 cfu/ml and 1×10^6 cfu/ml treatments. Chinese chive yields of KACC 91953 at concentrations of 1×10^7 cfu/ml and 1×10^6 cfu/m treatments was also increased by 12.3%(1,268kg/10a) and 10.8%(1,252kg/10a) compared with control, respectively.

In the finishing pig house, KACC 91343P was treated 10 times at twice a week.

NH₃ concentration was maintained constantly lower than control. After 5 weeks treat, NH₃ concentration was reduced by 42% compared with control.

Key words : Microorganisms, Plant growth promoting, Yield, NH₃ reduction, tomato, cucumber, chinese chive

1. 연구목표

친환경농업에 대한 관심이 증가하면서 미생물을 이용한 식물병해 방제뿐만 아니라 작물 생육을 촉진하는 미생물제제, 미생물비료에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 질소고정이나 인산가용화, 단백질 분해, Auxin 생산 능력 등이 있는 미생물은 작물의 생육을 촉진하는 기능을 함으로써 화학비료를 대체하는 미생물비료로 사용되고 있으며(김 등, 2011), 농업에서 작물의 병을 방제하고 생산성을 증대시키기 위해 다량으로 사용되고 있는 화학농약과 비료를 대체할 수 있는 환경친화적인 소재로서 미생물에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(Avis et al., 2008; Santoyo et al., 2012). 최근 *Bacillus* sp. GH1-13균주의 19종 병원균에 대한 항균 및 생육촉진 활성 검정, 병원균에 대한 길항 활성 유전자 검출 등 병 방제·생육촉진 복합기능성 연구(송 등, 2016), *Bacillus velezensis* YP2 균주의 생육 촉진 및 건조 스트레스 완화 효과 연구(이 등, 2017) 등 농업미생물의 복합기능에 대한 연구가 진행되고 있으며, 친환경 농산물에 대한 국민적 수요와 농민들의 인식변화, 미생물 제품화 기술의 성장 등으로 인해 미생물에 대한 요구가 지속적으로 증가하고, 시군농업기술센터에서는 미생물 생산 및 공급이 증가하고 있어 유용미생물을 현장에서 쉽게 사용할 수 있는 기술 개발이 요구되고 있다.

하지만 미생물 제재를 사용하는데 있어 작물별로 적합한 적용방법에 대한 검토가 많이 부족한 상황이며, 개발된 미생물제 또한 현장 활용 및 효율성 증대를 위한 용도별 적용 기술 개발이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구는 개발된 유용미생물에 대한 작물별 처리방법에 따른 효과검정을 통한 현장실용화를 목적으로 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 경기도농업기술원 시설하우스 및 현지 돈사에서 2015년부터 2018년까지 4년간 개발된 생육촉진, 악취저감 미생물에 대한 효과 증진 기술개발 연구를 수행하였다.

가. 개발미생물 관주처리에 의한 오이 생육촉진 효과검정(15)

1) 재배방법

2015년 시험포장은 농업기술원에 위치한 비닐하우스에서 시험하였다. 재배방법은 토양 재배를 하였으며, 시험 품종은 백다다기를 공시하였다. 재식방법은 1.2m 두둑에 2열 재배,

주간거리 40cm, 조간거리 40cm로 3월 17일에 정식하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

2) 시험균주

관주 처리에 의한 오이의 생육촉진 효과검증에 KCTC 1199BP, KACC 92041P 균주를 이용하였다. KCTC 1199BP균주의 경우 식물병에 대한 저항성을 유도하고 면역기능성활성이 증강되어 작물의 생육을 촉진시킴과 동시에 작물의 내한성 증강효과가 있으며(박경석, 2013), KACC 92041P균주의 경우 토양에서 쉽게 불용화되는 인산질 비료가 식물이 이용할 수 있는 형태로 가용화됨으로써, 토양에 직접되는 염류가 줄어들어 염류 장애로 인한 피해가 감소되는 특성이 있다(김 등, 2016). 실험균주는 TSB 배지에서 30°C 조건으로 24시간 이상 180rpm으로 1×10^9 cfu/ml 농도로 배양한 후 실험에 필요한 농도로 희석하여 사용하였다. 대조구는 무처리, TSB배지처리, 식물 생장촉진효과를 갖는 지베렐린4(GA4)를 생성하는 *Bacillus* sp. GM-B6 균주를 제품화한 뿌리사랑을 사용하였다.

3) 개발미생물 처리 및 생육촉진 효과 조사

3월 31일부터 1주일 간격으로 1×10^7 cfu/ml 농도가 되도록 배양액을 100배 희석하여 주당 100ml씩 13회 관주처리 하였다. 시험 전후 토양화학성, 정식 132일 후 생육특성 및 수량성 등을 조사하였다.

나. 개발미생물 관주처리에 의한 토마토 생육촉진 효과검정(15)

1) 재배방법

2015년 시험포장은 농업기술원에 위치한 비닐하우스에서 시험하였다. 재배방법은 토양 재배를 하였으며, 시험 품종은 슈퍼도태랑을 공시하였다. 재식방법은 1.2m 두둑에 2열 재배, 주간거리 40cm, 조간거리 40cm로 3월 26일에 정식하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

2) 시험균주

관주처리에 의한 토마토 생육촉진 효과검증에 KCTC 1199BP, KACC 92041P 균주를 이용하였다. 실험균주는 TSB 배지에서 30°C 조건으로 24시간 이상 180rpm으로 1×10^9 cfu/ml 농도로 배양한 후 실험에 필요한 농도로 희석하여 사용하였다. 대조구는 무처리, TSB배지처리, 뿌리사랑을 사용하였다.

3) 개발미생물 처리 및 생육촉진 효과 조사

4월 3일부터 1주일 간격으로 1×10^7 cfu/ml 농도가 되도록 배양액을 100배 희석하여 주당 100ml씩 14회 관주처리 하였다. 시험 전후 토양화학성, 정식 120일 후 생육특성 및 수량성 등을 조사하였다.

다. 개발미생물 육묘기 침지 및 관주처리에 의한 토마토 생육촉진 효과검정(16)

1) 재배방법

2016년 시험포장은 농업기술원에 위치한 비닐하우스에서 시험하였다. 재배방법은 토양 재배를 하였으며, 시험 품종은 슈퍼도태랑을 공시하였다. 재식방법은 1.2m 두둑에 2열 재배, 주간거리 40cm, 조간거리 40cm로 4월 7일에 정식하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

2) 시험균주

육묘기 침지 및 관주처리에 의한 토마토 생육촉진 효과검증에 KCTC 1199BP, KACC 92041P 균주를 이용하였다. 실험균주는 TSB 배지에서 30°C 조건으로 24시간이상 180rpm으로 1×10^9 cfu/ml 농도로 배양한 후 실험에 필요한 농도로 희석하여 사용하였다. 대조구는 무처리, TSB배지처리를 사용하였다.

3) 개발미생물 처리 및 생육촉진 효과 조사

시험균주 배양액을 1×10^7 cfu/ml 농도가 되도록 100배 희석하여 정식 전 3월 15일에 토마토가 재식된 50공 플러그 트레이를 침지 처리 후, 4월 7일 정식 당일부터 1주일 간격으로 주당 100ml씩 8회 관주처리 하였다. 시험전후 토양화학성, 생육특성 및 수량성 등을 조사하였다.

라. 개발미생물 육묘기 침지처리에 의한 토마토 생육촉진 효과검정(18)

1) 재배방법

2018년 시험포장은 농업기술원에 위치한 비닐하우스에서 시험하였다. 재배방법은 토양 재배를 하였으며, 시험 품종은 슈퍼도태랑을 공시하였다. 재식방법은 1.2m 두둑에 2열 재배, 주간거리 35cm, 조간거리 40cm로 4월 12일에 정식하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

2) 시험균주

육묘기 침지 및 관주처리에 의한 토마토 생육촉진 효과검증에 KACC 91953P, KACC 91281P 균주를 이용하였다. KACC 91953P균주의 경우 식물병에 대한 방제효과와 동시에 작물 생육 촉진효과가 있으며(송 등, 2016), KACC 91281P균주의 경우 식물병원성 진균의 생장을 억제하며, 식물생육을 촉진하는 특성이 있다(권 등, 2007). 실험균주는 TSB 배지에서 30°C 조건으로 24시간이상 180rpm으로 1×10^9 cfu/ml 농도로 배양한 후 실험에 필요한 농도로 희석하여 사용하였다. 대조구는 무처리, TSB배지처리를 사용하였다.

3) 개발미생물 처리 및 생육촉진 효과 조사

시험균주 배양액을 1×10^7 , 1×10^6 cfu/ml 농도가 되도록 100배, 1,000배 희석하여 토마토가 재식된 50공 플러그 트레이당 1L씩 3월 14일부터 1주일 간격으로 3회(3.14, 3.21, 3.28) 침지처리 후 4월 12일에 정식하였다. 정식 이후는 미생물 처리를 하지 않고 생육특성 및 수량성 등을 조사하였다.

마. 개발미생물 육묘기 침지처리에 의한 부추 생육촉진 효과검정(18)

1) 재배방법

2018년 시험포장은 농업기술원에 위치한 비닐하우스에서 시험하였다. 재배방법은 토양 재배를 하였으며, 시험 품종은 슈퍼그린벨트를 공시하였다. 재식방법은 1.5m 두둑에 8열 재배, 주간거리 15cm, 조간거리 20cm로 4월 13일에 정식하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

2) 시험균주

육묘기 침지 및 관주처리에 의한 부추 생육촉진 효과검증에 KACC 91953P, KACC 91281P 균주를 이용하였다. 실험균주는 TSB 배지에서 30℃ 조건으로 24시간이상 180rpm으로 1×10^9 cfu/ml 농도로 배양한 후 실험에 필요한 농도로 희석하여 사용하였다. 대조구는 무처리, TSB배지처리, 식물 생장촉진효과를 갖는 지베렐린4(GA4)를 생성하는 *Bacillus* sp. GM-B6 균주를 사용하였다.

3) 개발미생물 처리 및 생육촉진 효과 조사

시험균주 배양액을 1×10^7 , 1×10^6 cfu/ml 농도가 되도록 100배, 1,000배 희석하여 토마토가 재식된 72공 플러그 트레이당 1L씩 3월 14일부터 1주일 간격으로 3회(3.14, 3.21, 3.28) 침지처리 후 4월 13일에 정식하였다. 정식 이후는 미생물 처리를 하지 않고 생육특성 및 수량성 등을 조사하였다.

바. 개발미생물 처리에 의한 돈사 악취저감 효과검정(17)

1) 시험장소

자돈사 악취저감 검증 현장실증 실험은 미생물 처리 전 NH₃ 측정시 21일령이고, 처리구는 150m² 규모의 돈실(豚室)에 250두씩 사육하는 경기도 이천시 백사면 소재에 있는 모전영농조합 농장에서 진행하였다. 비육돈사 악취저감 검증 실험은 미생물 처리 전 NH₃ 측정시 90~120일령이고, 처리구는 1100m² 규모의 돈실(豚室)에 800두씩 사육하는 경기도 용인시 처인구 소재에 있는 모전영농조합의 농장에서 진행하였다.

2) 시험균주

돈사 악취저감 효과검증에 KACC 91343P 균주를 이용하였다. 실험균주는 TSB 배지에서 30℃ 조건으로 24시간이상 180rpm으로 1×10^9 cfu/ml 농도로 배양한 후 희석하여 사용하였으며, 무처리구를 대조구로 하였다.

3) 개발미생물 처리 및 돈사 악취저감 효과 조사

시험균주 배양액을 1×10^7 , 1×10^6 cfu/ml 농도가 되도록 100배, 1,000배 희석하여 돈사내부에 주 2회씩 살포 하며 가스 포집기(GASTEC, GV-110S)를 사용하여 1주일 간격으로 악취가스(NH₃, H₂S 가스측정)의 변화를 조사하였다(그림 1). 자돈사의 경우 처리당 희석 배양

액 90L씩 6회 살포하였으며, 1주일 간격으로 악취가스를 측정하였다. 비육돈사의 경우 처리당 희석 배양액 400L씩 10회 살포하였으며, 1주일 간격으로 악취가스를 측정하였다.



그림 1. 자돈사 악취저감 측정 (장소: 모전영농조합 자돈사)

3. 결과 및 고찰

가. 개발미생물 관주처리에 의한 오이 생육촉진 효과(‘15)

유용미생물 KCTC 11991BP, KACC 92041P을 이용한 오이 생육촉진 효과검증에서 미생물 관주처리에 따른 처리간 토양화학성, 미생물상의 변화를 조사해본 결과 처리간 차이는 없었다(표 1, 2). 미생물 관주처리에 따른 생육특성 및 수량성을 조사한 결과 엽수, 마디수, 줄기직경 등은 통계적 유의성은 없었다(표 3). 당도, 상품과 비율, 과중은 처리간 차이가 적었으나 주당 과실수량은 무처리가 가장 낮았으며, KCTC 11991BP, KACC 92041P 모두 무처리 대비 13% 증가하는 경향을 보였다(표 4).

표 1. 시험전·후 토양화학성 비교

처리내용	pH (1:5)	EC (dSm^{-1})	OM (%)	NO ₃ -N (mg/Kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex-Cations(cmol kg^{-1})			
						K	Ca	Mg	
시험전	7.0	4.5	1.9	462	409	1.60	11.4	4.5	
무처리	7.3	2.7	1.7	103	402	0.97	9.0	3.1	
시	배지희석액(TSB)	7.5	1.7	1.7	62	382	0.79	8.5	2.8
험	뿌리사랑	7.7	0.6	1.6	66	372	0.64	7.7	2.4
후	KCTC 11991BP	7.5	2.8	1.7	60	410	0.95	7.8	3.3
	KACC 92041P	7.7	0.7	1.7	50	374	0.59	8.0	2.5

표 2. 시험전·후 토양미생물상 변화

(단위 : cfu g⁻¹)

미생물 종류	사상균(×10 ³)	방선균(×10 ⁵)	세 균(×10 ⁶)
시험전	1.2	0.5	1.0
무처리	0.3	1.3	0.4
시험 후 배지희석액(TSB)	0.7	0.7	1.0
뿌리사랑	0.3	1.0	1.3
KCTC 11991BP	3.0	3.0	1.3
KACC 92041P	0.3	0.5	0.3

표 3. 개발미생물 관주처리에 따른 오이 생육특성

(조사일 : 7월 27일)

처리내용	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	마디수 (개/주)	절간장 (cm)	경경 (mm)
무처리	18.1	29.4	82.0 ns	11.6	7.3 ns
배지희석액(TSB)	19.7	28.5	77.2	10.2	7.0
뿌리사랑	20.5	29.5	79.9	10.9	7.4
KCTC 11991BP	20.5	30.4	81.7	12.2	7.3
KACC 92041P	19.0	28.4	79.3	10.8	7.0

※ 미생물 10⁷cfu/ml(100배액), 주당 관주량 약 100ml(정식 후 1주일 간격, 13회 처리)

※ DMRT at 5% level

표 4. 개발미생물 관주처리에 따른 오이 품질 및 수량성 비교

처리내용	당 도 (°Bx)	상품과율 (%)	과 중 (g/개)	과수 (개/주)	상품수량 (kg/10a)	수량 지수
무처리	3.1	75.8	161.3ns	29.6 b	7,238 b	100
배지희석액(TSB)	3.1	75.4	160.3	32.1 a	7,750 ab	107
뿌리사랑	3.1	77.4	165.0	33.5 a	8,557 a	118
KCTC 11991BP	3.0	77.0	162.7	32.5 a	8,153 a	113
KACC 92041P	3.0	75.8	164.0	32.8 a	8,155 a	113

※ 파종 : 2월 12일, 정식 : 3월 17일, 미생물처리 시점 : 3월 31일, 수확종료 : 7월 27일

※ 미생물 10⁷cfu/ml(100배액), 주당 관주량 약 100ml(정식 후 7일 간격, 총 13회 처리)

※ DMRT at 5% level

나. 개발미생물 관주처리에 의한 토마토 생육촉진 효과(15)

유용미생물 KCTC 11991BP, KACC 92041P을 이용한 토마토 생육촉진 효과검증에서 미생물 관주처리에 따른 처리간 토양화학성, 미생물상은 처리간 차이는 없었다(표 5, 6). 미생물 관주처리에 따른 생육특성 및 수량성을 조사한 결과 초장, 마디수, 줄기직경 등 생육특성은 처리 간 차이가 미미하였으며(표 7). 당도, 과중 등 과실품질은 처리간 차이가 적었으나 주당 과실수량은 무처리에 비해 KCTC 11991BP가 12% 증가하였다. 10a당 상품수량은 무처리에 비해 KCTC 11991BP가 11% 증가하였다(표 9).

표 5. 시험전·후 토양화학성 비교

처리내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (%)	NO ₃ -N (mg/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex-Cations(cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
시험전	7.0	2.0	1.3	151.0	597	0.60	7.8	2.8
무처리	7.2	1.34	1.2	34.8	269	0.34	7.7	2.6
배지희석액(TSB)	7.2	1.72	1.2	78.8	250	0.40	8.8	3.0
시험후 뿌리사랑	7.4	0.83	1.1	26.6	264	0.39	7.9	2.5
GGTS 13	7.2	1.64	1.2	71.9	252	0.38	8.2	2.7
KCTC 11991BP	7.2	1.08	1.2	38.4	249	0.47	8.1	2.6
KACC 92041P	7.3	1.47	1.2	46.0	264	0.36	8.6	2.7

표 6. 시험전·후 토양미생물상 변화

(단위 : cfu/g)

미생물 종류	사상균($\times 10^3$)	방선균($\times 10^4$)	세 균($\times 10^5$)
시험전	0.9	2.8	2.6
무처리	0.3	3.0	0.3
시험후 배지희석액(TSB)	4.7	0.7	7.0
뿌리사랑	0.3	1.7	30.0
KCTC 11991BP	0.3	3.0	2.0
KACC 92041P	2.0	3.0	7.0

표 7. 개발미생물 관주처리에 따른 토마토 생육특성

처리내용	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	마디수 (개/주)	절간장 (cm)	경경 (mm)
무처리	160.5ns	51.9	53.5	27.7ns	11.9	12.6
배지희석액(TSB)	160.1	49.9	53.3	27.9	11.6	12.0
뿌리사랑	160.1	48.4	51.7	27.7	11.9	12.4
KCTC 11991BP	161.1	50.3	55.0	27.4	11.9	13.2
KACC 92041P	160.2	48.1	50.4	27.6	11.4	13.0

※ 파종 : 2월 11일, 정식 : 3월 26일, 미생물처리 시점 : 4월 3일, 수확종료 : 7월 24일
 ※ 미생물 10^7 cfu/ml(100배액), 주당 관주량 약 100ml(정식 후 7일 간격, 14회 처리)
 ※ DMRT at 5% level

표 8. 개발미생물 관주처리에 따른 토마토 과실 무게별 등급비율

처리내용	과실무게 등급비율(%)			수량 (개/주)
	S(150g>)	M(150-180g)	L(180g<)	
무처리	59.1	25.4	15.5	17.9
배지희석액(TSB)	66.5	18.0	15.5	19.8
뿌리사랑	68.0	17.4	14.6	20.0
KCTC 11991BP	61.2	21.5	17.3	20.1
KACC 92041P	72.8	14.8	12.4	18.1

※ 토마토 크기 구분 : 농산물표준규격(국립농산물품질관리원)

표 9. 개발미생물 관주처리에 따른 토마토 품질 및 수량성 비교

처리내용	당도 (°Bx %)	상품과율 (%)	과중 (g/개)	과수 (개/주)	상품수량 (kg/10a)	지수
무처리	5.1	98.4ns	164.6ns	17.9 b	5,798 b	100
배지희석액(TSB)	5.3	98.6	159.6	19.8 a	6,232 a	107
뿌리사랑	5.1	99.1	161.2	20.0 a	6,390 ab	110
KCTC 11991BP	5.2	98.8	162.5	20.1 a	6,454 a	111
KACC 92041P	5.1	98.9	160.2	18.1 b	5,735 b	99

※ DMRT at 5% level

다. 개발미생물 육묘기 침지 및 관주처리에 의한 토마토 생육촉진 효과(16)

유용미생물 KCTC 11991BP와 KACC 92041P를 이용한 토마토 생육촉진 효과시험에서 미생물 관주처리에 따른 처리간 토양화학성의 변화를 조사해본 결과 시험전후 처리 간 유의한

차이는 없었다(표 10). 미생물상의 변화는 사상균과 방선균은 대차 없었으나 호기성세균은 KCTC 11991BP, KACC 92041P 처리에서 밀도가 증가하는 경향을 보였다(표 11). 미생물 처리에 따른 생육특성은 무처리에 비해 초장, 엽장, 엽폭, 줄기직경, 생체중이 대차 없거나 낮은 경향을 보였다(표 12). 또한 미생물 처리에 따른 과실 무게, 열매수, 수량은 처리 간 차이가 없었다(표 13).

표 10. 시험전·후 토양화학성 비교

처리내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex-Cations(cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
시험전	7.0	2.5	11.1	-	169	0.39	8.1	2.8
무처리	7.8	0.5	12.4	6	230	0.35	6.8	2.1
시 배지희석액(TSB)	7.6	0.6	11.1	6	213	0.33	6.6	2.1
험 뿌리사랑	7.6	0.5	11.7	10	242	0.40	6.8	2.0
후 KCTC 11991BP	7.4	0.4	12.1	7	232	0.35	6.5	2.0
KACC 92041P	7.2	0.5	13.2	9	233	0.32	6.6	2.1

표 11. 시험전·후 토양미생물상 변화

(단위 : cfu/g)

미생물 종류	사상균	방선균	호기성세균
시험전	2.9×10^3	1.7×10^6	1.7×10^7
무처리	2.7×10^3	2.8×10^6	1.0×10^7
시 배지희석액(TSB)	2.5×10^3	2.2×10^6	1.5×10^7
험 뿌리사랑	2.2×10^3	2.4×10^6	1.1×10^7
후 KCTC 11991BP	2.8×10^3	2.4×10^6	7.2×10^7
KACC 92041P	4.0×10^3	2.6×10^6	9.2×10^7

표 12. 개발미생물 육묘기 침지 처리 및 관주처리 토마토 생육특성

처리내용	초장 [↓] (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)
무처리	241.2	41.8	36.9	11.0
배지희석액(TSB)	243.2	42.6	36.3	10.9
뿌리사랑	239.2	43.1	35.7	11.0
KCTC 11991BP	241.5	42.6	36.6	10.7
KACC 92041P	250.6	41.9	34.8	11.4

※ 파종 : 3월 4일, 정식 : 4월 7일, 종료일 : 7월 22일

※ 미생물 침지 : 3/15, 관주 : 4/7, 4/14, 4/21, 4/28, 5/4, 5/12, 6/16, 6/23

※ 미생물 처리 방법 10^7 cfu/ml(100배액), 주당 관주량 약 100ml

표 13. 개발미생물 육묘기 침지 처리 및 관주처리 토마토 과실 등급비율 및 수량 비교

처리내용	과실무게 등급비율(%)			과수 (개/주)	수량 (kg/10a)
	S(150g>)	M(150-180g)	L(180g<)		
무처리	53.5	23.5	23.0	20.1	6,008 ^{ns}
배지희석액(TSB)	48.5	24.3	27.1	19.0	5,506
뿌리사랑	52.5	23.1	24.4	20.4	6,010
KCTC 11991BP	51.2	21.1	27.7	19.6	6,243
KACC 92041P	47.9	23.5	28.0	20.6	5,807

※ 토마토 크기 구분 : 농산물표준규격(국립농산물품질관리원)

라. 개발미생물 육묘기 침지처리에 의한 토마토 생육촉진 효과(18)

유용미생물 KACC 91953P와 KACC 91281P를 이용한 토마토 생육촉진 효과검증에서 토양화학성은 처리 간 대차는 없었고, 미생물상의 변화를 조사해본 결과 시험 전 대비 사상균, 방선균 및 호기성세균 모두 처리구에서 증가하는 경향이며(데이터 미제시), 미생물 처리에 따른 생육 차이는 보이지 않았다(표 14). 상품성 및 수량 조사에서 6. 16.~7. 30. 까지 11회 수확한 토마토의 처리에 따른 과중은 차이가 없으나 KACC91953 100배 처리구 상품과율 및 수량은 무처리 대비 각각 20.7%, 9.1% 증수하는 경향을 보였다(표 15). KACC91953 100배 처리시 생육에는 다소 차이를 보이지 않으나 상품성에서 무처리 대비 150g 미만과가 적고 상품과가 증가하여 수량을 증가시킨 것으로 생각된다.

표 14. 개발미생물 육묘기 침지처리 토마토 생육특성

처리내용	초장 (cm)	마디수 (개/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)	엽색도 (SPAD)
91953P 100배	187.6	22.3	39.6	32.9	10.1	53.3
91953P 1,000배	188.2	21.1	39.4	33.5	10.5	51.3
91281P 100배	186.0	22.0	39.8	33.5	10.5	51.5
91281P 1,000배	186.6	20.7	38.2	31.7	9.6	50.3
GM-B6 100배	188.8	21.7	40.7	33.9	10.2	52.3
GM-B6 1,000배	185.3	21.1	39.4	31.2	9.9	49.2
TSB 100배	186.3	21.7	39.7	31.8	9.9	50.4
무처리	185.4	21.4	38.9	32.2	9.7	50.1

※ 생육조사 : 정식 후 80일차 측정

표 15. 개발미생물 육묘기 침지처리 토마토 상품성 및 수량

처리내용	과수 (개/주)	과중 (g/개)	상품성(%)				당도 (Brix %)	수량 (kg/10a)
			배꼽 썩음과	기형과	150g 미만	상품과		
91953P 100배	10.8	189	2.3	4.2	31.0	62.5	5.5	5,065(109.1)
91953P 1,000배	11.5	175	5.6	2.9	34.6	56.9	5.3	4,467(96.2)
91281P 100배	11.5	190	7.6	5.0	34.3	53.1	5.5	4,591(98.9)
91281P 1,000배	11.7	187	5.5	5.7	39.5	49.4	5.4	4,292(92.4)
GM-B6 100배	12.4	186	6.0	3.2	44.1	46.7	5.5	4,382(94.4)
GM-B6 1,000배	10.4	185	4.5	1.6	37.3	56.6	5.1	4,313(92.9)
TSB 100배	11.5	187	2.3	3.4	38.5	55.7	5.3	4,823(103.9)
무처리	12.6	184	2.9	3.2	42.1	51.8	5.3	4,643(100.0)

※ 파종 : 2월 13일, 정식 : 4월 12일, 미생물 침지처리 : 3월 14일, 3월 21일, 3월 28일

※ 상품과 : 150g 이상, 수량 : 6/16~7/30 수확(11회)

마. 개발미생물 육묘기 침지처리에 의한 부추 생육촉진 효과(18)

유용미생물 KACC 91953P와 KACC 91281P를 이용한 부추 생육촉진 효과검증에서 토양화학적 특성은 처리 간 대차는 없었고, 미생물상의 변화를 조사해본 결과 시험 전 대비 사상균 및 방선균이 처리 전 대비 다소 감소하는 경향이였다(표 16). 미생물 처리에 따른 생육 및 수량에서는 KACC 91953 100배, 1,000배 처리구의 경우 무처리 대비 엽폭이 9.6% 증가하는 경향을 보였다. 5회 수확한 부추의 수량은 무처리 대비 KACC 91953 100배 처리구가 12.3%, 1,000배 처리구가 10.8% 증수하는 경향을 보였다(표 17). KACC 91953 처리시 부추의 초장, 엽폭 및 엽수 전체적으로 생육촉진에 영향을 끼쳐 수량이 증가되는 것으로 생각된다.

표 16. 시험전·후 토양미생물상 변화

(단위 : cfu/g)

미생물 종류	사상균($\times 10^3$)	방선균($\times 10^3$)	호기성세균($\times 10^6$)	
시험전	4.7	8.3	3.6	
시험 후	91953P 100배	2.5	4.4	5.5
	91953P 1,000배	2.6	4.8	6.3
	91281P 100배	2.0	7.3	6.5
	91281P 1,000배	2.3	4.2	6.0
	GM-B6 100배	2.5	7.0	6.4
	GM-B6 1,000배	2.1	7.1	5.7
	TSB 100배	2.5	6.9	6.6
	무처리	1.6	5.1	5.1

표 17. 개발미생물 육묘기 침지처리 부추 처리별 생육 및 수량

처리내용	초장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개/주)	수량 (kg/10a)
KACC91953P 100배	28.0	0.35	49.2	1,268(112.3)
KACC91953P 1,000배	27.9	0.35	47.5	1,252(110.8)
KACC91281P 100배	27.4	0.33	45.6	1,132(100.2)
KACC91281P 1,000배	26.9	0.33	45.3	1,142(101.1)
GM-B6 100배	27.8	0.33	44.2	1,209(107.0)
GM-B6 1,000배	27.3	0.31	43.9	1,118(99.0)
TSB 100배	27.6	0.34	47.9	1,134(100.4)
무처리	26.7	0.32	46.5	1,129(100.0)

※ 파종 : 1월 10일, 정식 : 4월 13일, 미생물 침지처리 : 3월 14일, 3월 21일, 3월 28일

※ 초장 : 정식후 130일차 측정, 엽폭엽수 : 정식후 210일차 측정, 수량 : 5화차 수확(8.30)까지의 합계

바. 개발미생물 처리에 의한 축사 악취저감 효과(17)

자돈사에서 KACC 91343P 균주의 악취저감 효과검증을 위해 NH₃, H₂S의 농도 변화를 측정하였다. '17. 5. 25.부터 NH₃, H₂S의 농도 변화를 처음 측정 후 미생물 배양액 살포를 시작하여 매주 농도 변화를 측정하였다. 자돈사의 경우 4주 간격으로 돈사를 이동하여 3주처리 결과까지 NH₃를 측정하였다. 4주간 악취저감 효과를 측정한 결과, H₂S는 초기 측정일 부터 0.1ppm 검지기에서 검출되지 않아 제외하였으며, NH₃의 경우 1×10⁷cfu/ml, 1×10⁶cfu/ml 농도의 미생물 처리 모두 2주차 부터 암모니아가스 농도가 감소하기 시작하여 3주차 처리후 암모니아가스 농도 측정시 무처리 대비 45% 감소하였다(표 18, 그림 2).

표 18. 자돈사 미생물 살포 전 후 암모니아(NH₃) 가스 변화 (단위 : ppm)

처리내용	처리전	처리후 1주	처리후 2주	처리후 3주
무처리	8.6	16.7	21.6	12.8(100)
100배액	17.2	21.8	17.8	7.1(55)
1,000배액	15.4	22.0	19.8	7.0(55)

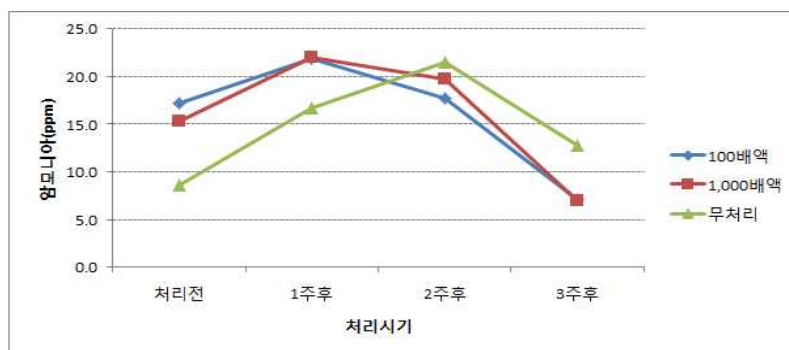


그림 2. 자돈사 암모니아(NH₃-N) 가스 변화

비육돈사에서 KACC 91343P 균주의 악취저감 효과검증을 위해 NH₃, H₂S의 농도 변화를 측정하였다. '17. 9. 26.부터 NH₃, H₂S의 농도 변화를 처음 측정 후 미생물 배양액 살포를 시작하여 매주 농도 변화를 측정하였다. 6주간 악취저감 효과를 측정한 결과, H₂S는 초기 측정일 부터 0.1ppm 검지기에서 검출되지 않아 제외하였으며, NH₃의 경우 1×10⁷cfu/ml 농도의 미생물 처리처리시 무처리에 비해서 지속적으로 낮은 상태를 유지하였으며, 5주 처리후 암모니아가스 농도 측정시 무처리 대비 42% 감소하였다(표 19, 그림 3).

표 19. 비육돈사 미생물 살포 전 후 암모니아(NH₃) 가스 변화 (단위 : ppm)

처리내용	처리전	처리후 1주	처리후 2주	처리후 3주	처리후 4주	처리후 5주	평균 (지수)
무처리	32.1	48.3	42.3	70.7	81.0	72.7(100)	57.9(100)
100배액	41.2	36.7	15.3	31.0	40.0	42.3(58)	34.4(59)
1,000배액	47.8	49.3	44.0	71.3	61.7	47.3(65)	53.6(93)

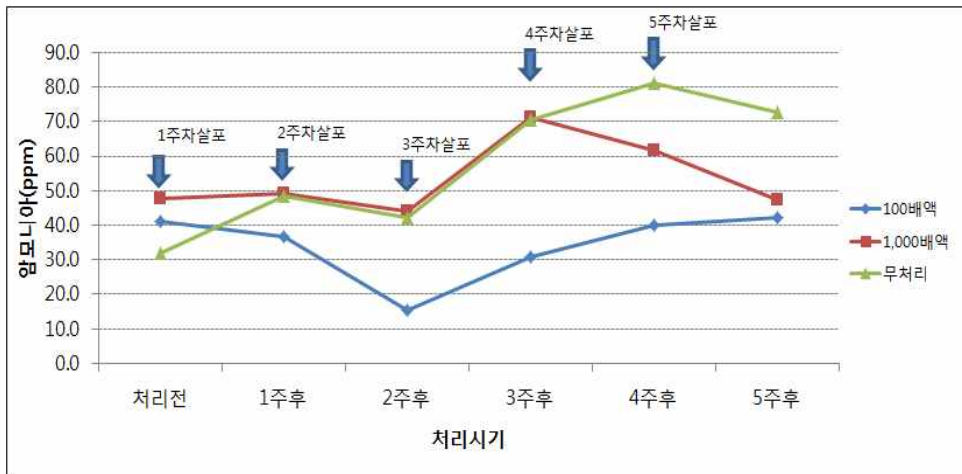


그림 3. 비육돈사 암모니아(NH₃) 가스 변화

- ※ 미생물 처리시기 : 9/26, 9/29, 10/3, 10/6, 10/10, 10/13, 10/17, 10/20, 10/24, 10/27
- ※ 1차 처리당시 일령 : 무처리(88일령), 100배처리(120일령), 1,000배처리(96일령)

4. 적 요

개발된 유용미생물을 이용하여 2015년부터 2018년까지 4년간 작물 생육촉진 및 돈사 악취저감 현장실용화 기술개발을 위해 수행한 결과는 다음과 같다.

- 2015년 유용미생물 KCTC 11991BP, KACC 92041P 관주처리에 의한 오이 생육촉진 효과 검정에서 정식 후 13회 관주처리시 상품수량은 각각 8,153kg/10a, 8,155kg/10a로 무처리 대비 13% 증수했다.

- 나. 2015년 유용미생물 KCTC 11991BP 관주처리에 의한 토마토 생육촉진 효과검정에서 정식 후 14회 관주처리시 생체중 및 주당 과실수량은 각각 무처리 대비 15%, 12% 증가하였으며, 상품수량은 6,454kg/10a으로 무처리에 비해 KCTC 11991BP가 11% 증가했다.
- 다. 2016년 유용미생물 KCTC 11991BP, KACC 92041P 육묘기 1회 침지 후 6회 관주처리에 의한 토마토 생육촉진 효과검정에서 생육 및 수량의 증가는 확인할 수 없었다.
- 라. 2018년 유용미생물 KACC 91953P을 이용한 토마토(슈퍼도태랑) 생육촉진 효과검정에서 미생물 처리에 따른 과중은 차이가 없으나 KACC91953 100배 처리구 상품과율 및 수량은 무처리 대비 각각 20.7%, 9.1%(5,065kg/10a) 증수하는 경향을 보였다.
- 마. 2018년 유용미생물 KACC 91953P을 이용한 부추(슈퍼그린벨트) 생육촉진 효과검정에서 미생물 처리에 따른 생육 및 수량에서 KACC 91953 100배, 1,000배 처리구의 경우 무처리 대비 엽폭이 9.6% 증가하는 경향을 보였다. 5회 수확한 부추의 수량은 무처리 대비 KACC 91953 100배 처리구가 12.3%(1,268kg/10a), 1,000배 처리구가 10.8%(1,252kg/10a) 증수하는 경향을 보였다.
- 바. 2017년 자돈사에서 KACC 91343P 균주의 악취저감 효과를 측정한 결과, 1×10^7 cfu/ml, 1×10^6 cfu/ml 농도의 미생물 처리 모두 2주차 부터 암모니아가스 농도가 감소하기 시작하여 3주차 처리후 암모니아가스 농도 측정시 무처리 대비 45% 감소했다.
- 사. 2017년 비육돈사에서 KACC 91343P 균주의 악취저감 효과를 측정한 결과, 1×10^7 cfu/ml 농도의 미생물 처리시 무처리에 비해서 암모니아가스 농도가 지속적으로 낮은 상태를 유지하였으며, 5주 처리후 암모니아가스 농도 측정시 무처리 대비 42% 감소했다.

5. 인용문헌

- 김정선, 원향연, 박인철, 유재홍, 이관형. 2016. 인산가용화 활성을 갖는 신규 미생물 엔테로박터 에스피 04-P-1 균주 및 이를 포함하는 토양 미생물 비료. 특허청. 10-2016-0128533
- 김택수, 고민정, 이세원, 한지희, 박경석, 박진우. 2011. 한라산 고지대 토양에서 분리한 미생물의 항균 및 단백질분해 활성, 옥신 생산 특성. Kor. J. Pesticide Sci. 15(4):495-501.
- 권장식, 원향연, 서장선, 김완규, 장갑열, 노형준. 2007. 신규한 바실러스 서브틸리스 에스 37-2 균주 및 이를유효성분으로 하는 미생물비료. 특허청. 10-0769360
- 농촌진흥청. 2012. 농업과학기술 연구조사분석기준
- 박경석. 2013. 작물의 생육촉진 및 내한성 증강효과를 갖는 신규한 바실러스 발리스모티스 B S O 7 M 균주 및 이를 포함하는 미생물제제. 특허청. 10-2013-0032100
- 송재경, 김상윤, 상미경, 원향연, 전영아, 류재환. 2016. 복합기능성 *Bacillus* sp. GH1-13 균주의 특징. Korean J. Pestic. Sci. 20(3):189-196.
- 송재경, 원향연, 김다연, 안재형, 전영아, 김완규. 2016. 신규미생물 바실러스 메틸로트로피쿠스

GH1-13과 이를 함유하는 미생물제제 및 미생물농약. 특허청. 10-2016-0054082

이상엽, 김다연, 한지희, 김정준. 2017. *Bacillus velezensis* YP2 균주의 근권 정착에 의한 케일의 생육 촉진 및 건조 스트레스 완화 효과. Korean J. Org. Agric. 26(2):217-232.

Avis, T. J., Gravel, H. Antoun and R. J. Tweddell. 2008. Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. Soil Biol. Biochem. 40(7):1733-1740

Santoyo, G., M. d. C. Orozco-Mosqueda and M. Govindappa. 2012. Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *Pseudomonas* : A review. Biocontrol Sci. Technol. 22(8):855-872.

6. 연구결과 활용제목

- 바실러스와 효모 혼합균을 활용한 축사 악취 저감 효과(영농활용, 2016)
- 유용미생물(바실러스NIST-1) 이용 축사 냄새 저감방법(영농활용, 2017)
- 바실러스(GH1-13) 침지처리에 의한 부추 수량 증수(영농활용, 2018)
- 바실러스(GH1-13) 침지처리에 의한 시설토마토 수량 증수(영농활용, 2018)
- 농축산 유용미생물 현장 활용 기술(기술서, 2018)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도
개발 유용미생물 현장 실용화 연구	책임자	환경농업 연구과	농업연구사	최종윤	연구수행 총괄	'17~'18
	공동연구자	"	농업연구관	이상우	자료분석	'18
	"	"	농업연구사	이현주	특성조사	'15~'18
	"	"	"	이영수	특성조사	'15~'18
	"	"	농업연구관	홍순성	실용화 지문	'16~'18