

과제구분	기관고유	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
친환경 유기재배기술 개발		유기농업	'15~'21	농업기술원 환경농업연구과	임갑준
수경재배 생육촉진용 유용미생물 선발		유기농업	'16~'17	농업기술원 환경농업연구과	최종윤
색인용어	토마토, 유용미생물, 수경재배, 수량				

ABSTRACT

This study was conducted in venlo greenhouse from 2016 to 2017 to investigate the effects of the application of microorganisms on the tomato growth and yields in hydroponic culture system, and the results are as follows;

In the test for the selection of useful microorganism, GGTS13 treatment appeared the most effective among tested microorganisms showing more yield of tomato(770.5kg 10a⁻¹) than those of *E. asburiae* and KACC92041P. There was no statistically significant difference in the growth characteristics of the tomato among applied GGTS13 concentrations, but the tomato yield increased in the treatment of GGTS13 at the concentration of 1×10⁷spore/ml(100 times dilution) by 23%(2,782kg 10a⁻¹) compared with that of control plot(no microorganism treatment). The kind of hydroponic culture mediums did not bring about any statistically significant effects on the growth characteristics, such as fruit number per plant, fruit weight, merchandise fruit rate and soluble solids content etc. Between with/without GGTS13 treatments. But the treatments of GGTS13 increased the tomato yield by 7% on average(1,960kg 10a⁻¹) compared with that of control plot showing more yields at coconut coir medium than the other mediums in both with/without GGTS13 treatments. As for the number of applying time of GGTS13, the treatment of twice a week showed the highest yield(4,071kg/10a) which was more 5% than control plot.

Key words : Tomato, Microorganism, Hydroponic culture system, Yield

1. 연구목표

최근 시설채소 수경재배 면적은 2010년 917ha에서 2016년 2,264ha로 급격히 증가하였다. 이 중 토마토는 575ha로 생산면적이 증가하는 작목이다(최 등, 2017).

질소고정이나 인산가용화, 단백질 분해, Auxin 생산 능력 등을 가진 미생물은 작물의 생육을 촉진하는 기능을 함으로써 화학비료를 대체하는 미생물비료로 사용되고 있으며(Kim et al., 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). 그 중 *Trichoderma* spp.는 식물표면에 균체를 형성하여 뿌리 발달 및 성장과 작물 생산성을 증가시키며, 식물생육에 필요한 양분을 가용화하여 식물이 이용할 수 있도록 도와주고(Harman et al. 2004), 식물호르몬을 생성하여 식물생장을 촉진하는 식물생장촉진 미생물이다(Hassanein, 2012). 수경재배 관련 미생물 연구동향을 보면 수경재배에서 식물에 유익한 미생물로는 *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Enterobacter* spp., *Streptomyces* spp., *Glodadium* spp., *Trichoderma* spp 이 보고되어있으며(Lee et al., 2015), 콩의 수경재배시 식물생육촉진미생물의 혼합 처리에 의해 잎의 구조적 변화로 기공의 밀도가 증가하고 책상조직의 두께와 엽육 세포간극이 증가되며, 생육과 종자 생산성이 증가 되는 것으로 보고되었다(Paradiso et al., 2017). 하지만 미생물 제제를 사용하는데 있어 작물별로 적합한 적용방법에 대한 검토가 많이 부족한 상황이며, 개발된 미생물제 또한 현장 활용 및 효율성 증대를 위한 용도별 적용법이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 수경재배 토마토에 대한 생육촉진 유용미생물의 선발 및 현장적용 방안을 찾기 위해 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험포장 및 미생물 선정

본 시험은 수경재배 토마토에 대한 생육촉진 유용미생물의 선발 및 현장적용 방안을 찾기 위하여 2016년부터 2017년까지 경기도농업기술원 벤로형 유리온실에서 봄과 가을작기 재배로 총 4회 시험을 수행하였다. 수경재배 토마토에 생육촉진을 확인하고 현장 적용을 위해 사용한 시험균주는 버섯 폐배지에서 분리한 GGTS13 (*Trichoderma koningii*), 토양에서 분리한 *Enterobacter asburiae*, 농업유전자원센터에서 분양받은 KACC92041P 등 3균주를 이용하였다. GGTS13 균주의 경우 상추시들음병 방제가 72.2%, 상추 무처리 대비 9% 수량성 증가시키며, *E. asburiae*의 경우 기내시험에서 IAA, 인산가용화, NH₃, siderophore 생성능이 있으며, KACC92041P 균주의 경우 토양에서 불용화되는 인산질 비료를 가용화하여 토마토의 생육을 촉진시키

는 특성이 있다. 실험에 사용하기 위해 GGTS13 균주는 PDA배지에서 25℃ 조건으로 7일 이상 배양 후 형성된 포자를 멸균수를 이용하여 수집, Hemocytometer을 이용하여 포자수를 확인한 다음 1×10^7 spore/ml 농도로 맞춘 후 사용하였고, *E. asburiae*와 KACC92041P 균주는 TSB 배지에서 30℃ 조건으로 48시간 150rpm으로 1×10^9 cfu/ml 농도로 배양한 후 실험에 필요한 농도로 희석하여 사용하였다.

나. 수경재배 생육촉진용 유용미생물 선발

시험균주의 생육촉진효과 육묘상 검정에는 원예용 상토를 이용하여 육묘용 트레이(50구)에 파종한 방울토마토(품종;올레TY)에 GGTS13, *E. asburiae*와 KACC92041P 균주를 각각 1×10^7 cfu/ml 농도로 희석하여 육묘용 트레이당 1ℓ 씩 7일 간격 5회 저면 관수 처리하여 파종 40일 후 생육을 조사하였다. 대조구는 무처리와 TSB배지를, 양성대조구로 생육촉진 및 지베렐린(G4) 생성 기능이 있는 시판제품 뿌리사랑(GM-B6)을 이용하였다.

시험균주의 생육촉진효과 포장 검정은 벤로형 유리온실에서 코코넛코이어배지(dust:coir=8:2(v:v), 자루식, 용량 22ℓ)를 이용하여 진행하였으며, 육묘상 검정과 동일한 방법으로 방울토마토(품종;베리킹)에 배양한 미생물을 1×10^7 cfu/ml 농도로 희석하여 주당 100ml씩 정식 후 7일 간격 5회 관수 처리하였다. 정식 62일 후 초장, 마디수, 엽장, 엽폭, 경경, 생체중에 대한 생육조사를 하였고, 6화방까지의 수량성 및 품질을 조사하였다.

다. 유용미생물 GGTS13의 특성 및 적합배지 선발

선발된 GGTS13 균주를 대상으로 토마토(품종;슈퍼도태랑)에 GGTS13 100배(1×10^7 spore/ml), GGTS13 1,000배(1×10^6 spore/ml), GGTS13 1,000배+GM-B6 1,000배 1:1 혼합 등 3가지 농도를 시험에 사용하였다. 배지는 수경재배 생육촉진용 유용미생물 선발시험에 사용된 코코넛코이어배지를 이용하였고, 주당 100ml씩 정식 후 7일 간격 5회 관수 처리하였다. 정식 72일 후 생육조사를 하였고, 5화방까지의 수량성 및 품질을 조사하였다.

선발된 GGTS13 100배 농도를 대상으로 토마토(품종;도태랑플러스) 수경재배에 적합한 배지를 선발하기 위해 암면배지, 코코넛코이어배지, 코이어+펠라이트(7:3[v:v]), 피트모스+펠라이트(7:3[v:v]) 배지를 이용하였고, 주당 100ml씩 정식 후 7일 간격 7회 관수 처리하였다. 정식 77일 후 생육조사를 하였고, 5화방까지의 수량성 및 품질을 조사하였다.

선발된 코코넛코이어배지를 이용하여 토마토(품종;슈퍼도태랑)에 적정 처리횟수를 선발하기 위해 정식후 주당 100ml씩 2회/주(16회), 1회/주(8회), 1회/2주(4회)씩 처리하였다. 정식 87일 후 생육조사를 하였고, 6화방까지의 수량성 및 품질을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 수경재배 생육촉진용 유용미생물 선발

유용미생물 3종을 이용하여 방울토마토에 대해 육묘상 생육촉진 효과를 확인한 결과 초장은 처리간 유의한 차이는 없었으나, KACC92041P 처리시 엽수는 7.9매, 생체중은 10.1g으로 무처리 대비 각각 11%, 13% 증가하였고, *E. asburiae* 처리시 엽장이 16.4cm, 엽폭이 8.9cm로 무처리 대비 각각 13%, 10% 증가하였고, GGTS13 처리시 건조근중이 주당 0.30g으로 무처리 대비 67% 증가하였다(표. 1).

표 1. 육묘상 미생물 처리 후 방울토마토 생육특성

처리내용	초장 (cm)	엽수 (매/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)	엽색도 (SPAD)	생체중 (g/주)	건조근중 (g/주)	근장 (cm)
GGTS13	75.5 ^{ns}	6.7 ^{bc}	13.9 ^b	8.1 ^b	3.4 ^b	31.5 ^b	9.4 ^{ab}	0.30 ^a	12.3 ^{ab}
<i>E. asburiae</i>	73.2	6.4 ^c	16.4 ^a	8.9 ^a	3.8 ^a	32.1 ^{ab}	9.9 ^{ab}	0.25 ^b	12.9 ^{ab}
KACC92041P	75.6	7.9 ^a	14.7 ^b	8.7 ^{ab}	3.9 ^a	31.5 ^b	10.1 ^a	0.08 ^d	11.9 ^b
GM-B6	71.8	6.4 ^c	15.9 ^a	8.7 ^{ab}	3.7 ^a	33.9 ^a	9.7 ^{ab}	0.11 ^d	13.4 ^{ab}
TSB	72.4	7.0 ^{bc}	14.2 ^b	8.3 ^{ab}	3.7 ^a	33.2 ^{ab}	9.9 ^{ab}	0.12 ^d	12.9 ^{ab}
무처리	71.1	7.1 ^b	14.5 ^b	8.1 ^b	3.7 ^a	32.7 ^{ab}	8.9 ^b	0.18 ^c	13.9 ^a

* 품종 : 올레TY, 파종 : '16년 5월 31일, 생육조사 : '16년 7월 10일

* 처리방법 : 1×10^7 spore/ml, 1L/50공 트레이(상토), 저면관수, 10일 간격 5회 처리

* DMRT at 5% level

유용미생물 3종을 이용하여 방울토마토에 대해 포장 검정에서 미생물 관주처리에 따른 생육특성을 정식후 60일에 조사한 결과 초장은 *E. asburiae*에서 무처리 대비 8% 높았으며, 마디수는 GGTS13과 *E. asburiae*에서 각각 14%, 11% 높았다. 엽장은 *E. asburiae*에서 무처리 대비 6% 높았으며, 생체중은 GGTS13에서 무처리 대비 19% 높았다(표. 2). 수량성 및 품질을 조사한 결과 주당과수와 당도는 무처리 대비 처리간 유의한 차이는 없었으나, 수량은 GGTS13에서 10a당 770.5kg으로 무처리 대비 23% 높았다(표. 3). 이상의 결과 수경재배 방울토마토에 있어서 생육촉진 유용미생물 GGTS13, *E. asburiae*, KACC92041P 3종 중 무처리 대비 생체중과 수량이 각각 19%, 23% 증가하는 GGTS13이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

표 2. 방울토마토 수확기 생육조사

처리내용	초장 (cm)	마디수 (개/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)	생체중 (g/주)
GGTS13	250.7 ^{ab}	44.8 ^a	33.0 ^{ab}	27.7 ^a	10.7 ^{ab}	679.8 ^a
<i>E. asburiae</i>	254.9 ^a	43.6 ^a	33.7 ^a	26.5 ^a	10.6 ^{ab}	605.7 ^{ab}
KACC92041P	238.2 ^c	42.5 ^{ab}	31.7 ^b	24.2 ^b	10.2 ^b	578.6 ^b
GM-B6	248.9 ^{ab}	40.4 ^{bc}	33.0 ^{ab}	26.8 ^a	11.3 ^a	649.3 ^{ab}
TSB	242.7 ^{bc}	42.9 ^{ab}	32.5 ^{ab}	25.8 ^{ab}	11.0 ^{ab}	568.5 ^b
무처리	235.5 ^c	39.4 ^c	31.7 ^b	25.8 ^{ab}	10.3 ^{ab}	572.5 ^b

* 품종 : 베리킹, 정식 : '16년 5월 31일, 생육조사 : '16년 7월 31일

* 처리방법 : 1×10^7 spore/ml, 100ml/주, 정식 후 7일 간격 5회 처리

* DMRT at 5% level

표 3. 방울토마토 수량성 및 품질

처리내용	주당과수 (개/주)	수량 (kg/10a)	당도 (°Bx %)
GGTS13	44.0 ^{ab}	770.5 ^a	5.9 ^{ns}
<i>E. asburiae</i>	36.2 ^b	595.2 ^b	5.9
KACC92041P	41.0 ^{ab}	691.2 ^{ab}	5.8
GM-B6	47.6 ^a	814.0 ^a	6.0
TSB	38.7 ^b	678.2 ^{ab}	6.0
무처리	39.2 ^b	635.8 ^b	5.9

* 1~6화방 수확, 수확 완료일 : '16년 8월 22일

* DMRT at 5% level

나. 유용미생물 GGTS13의 특성 및 적합 배지선발

선발된 GGTS13을 대상으로 농도 구명 시험을 진행한 결과 수확기 생육특성과 토마토 양분 함량 조사에서는 무처리 대비 처리 농도별 차이는 없었다(표. 4, 표. 5). 수량성 및 당도 조사에서는 무처리 대비 주당과수와 당도는 차이가 없었으나, 수량은 GGTS13 100배(1×10^7 spore/ml)에서 10a당 2,782kg으로 무처리 대비 23% 증수하여(표. 6) 적정 농도로 선발하였다.

표 4. 완숙토마토 수확기 생육특성

처리내용	초장 (cm)	마디수 (개/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)	생체중 (g/주)
GGTS13 1,000배	190.6 ^b	29.8 ^{ns}	48.0 ^{ns}	43.0 ^{ns}	10.7 ^{ns}	677.7 ^{ns}
GGTS13 100배	197.8 ^a	30.1	47.2	41.8	10.6	681.7
GGTS13 + GM-B6	199.0 ^a	29.5	47.6	42.9	10.8	734.6
무처리	199.4 ^a	29.5	46.6	40.0	10.6	704.7

* 품종 : 슈퍼도태랑, 정식 : '16년 8월 31일, 생육조사 : '16년 11월 10일

* 처리방법 : 1×10^7 spore/ml, 100ml/주, 정식 후 7일 간격 5회 처리

* DMRT at 5% level

표 5. 수확 토마토 양분 함량

처리내용	T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	수분함량 (%)
GGTS13 1,000배	2.56	1.13	5.26	0.24	0.34	0.06	94.8
GGTS13 100배	3.17	1.37	6.10	0.20	0.41	0.07	84.9
GGTS13 + GM-B6	2.13	1.05	4.74	0.17	0.29	0.05	94.0
무처리	2.54	1.08	4.93	0.21	0.34	0.06	84.3

표 6. 토마토 수량성 및 당도

처리내용	주당과수(개/주)	수량(kg/10a)	당도(°Bx %)
GGTS13 1,000배	10.4 ^b	2,022(90) ^b	4.7 ^b
GGTS13 100배	14.8 ^a	2,782(123) ^a	4.8 ^{ab}
GGTS13 + GM-B6	12.8 ^{ab}	2,311(102) ^b	4.9 ^{ab}
무처리	12.5 ^{ab}	2,257(100) ^b	5.0 ^a

* 1~5화방 수확, 수확 완료일 : '16년 11월 20일

* DMRT at 5% level

선발된 GGTS13 100배 농도를 대상으로 수경재배 적합배지 선발 실험을 진행한 결과 수확기 생육조사에서는 처리에 따른 유의차는 없었다(표. 7). 수량성 및 품질 조사에서는 주당과수, 과중, 상품과율과 당도 모두 통계적 유의차는 없었지만 미생물 처리시 코이어배지에서는 과중, 상품과율이 무처리대비 증가하는 경향을 보였다. 미생물처리시 수량은 무처리 대비 평균 7% 증수하였으며, 타 배지에 비해 코이어배지에서 무처리, 미생물처리 모두 수량이 가장 높음을 확인하여 적합배지로 코이어배지를 선발하였다(표. 8).

표 7. 수확기 생육조사

처리내용		초장 (cm)	마디수 (개/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)	엽색도 (SPAD)
암면	무처리	231.4	33.0	12.7	6.3	11.8	59.7
	미생물 처리	240.8	35.7	13.7	6.7	12.7	55.8
코이어	무처리	237.1	35.7	14.0	6.7	12.4	56.2
	미생물 처리	236.0	35.9	13.6	7.6	12.6	56.9
코이어 +필라이트	무처리	232.0	33.1	14.4	6.9	13.6	55.8
	미생물 처리	235.9	36.1	13.7	7.2	12.5	58.6
피트모스 +필라이트	무처리	234.4	34.8	13.2	6.1	13.0	57.5
	미생물 처리	232.5	34.7	14.2	7.1	12.1	59.0
평균	무처리	233.7	34.1	13.6	6.5	12.7	57.3
	미생물 처리	236.3	35.6	13.8	7.2	12.5	57.6

* 품종 : 도태랑플러스, 정식 : '17년 4월 11일, 생육조사 : '17년 6월 26일

* 처리방법 : 1×10^7 spore/ml, 100ml/주, 정식 후 7일 간격 7회 처리

* DMRT at 5% level

표 8. 수량성 및 품질

처리내용		주당과수 (개/주)	과중 (g/개)	상품과율 (%)	당도 (°Brix)	수량 (kg/10a)
암면	무처리	9.5	131	75.1	5.0	1,775(100)
	미생물 처리	9.3	142	74.2	5.0	1,842(104)
코이어	무처리	10.0	138	76.0	5.1	1,976(100)
	미생물 처리	10.2	145	81.2	5.1	2,095(106)
코이어 +필라이트	무처리	9.1	134	72.1	5.0	1,778(100)
	미생물 처리	9.9	134	80.1	5.1	1,919(108)
피트모스 +필라이트	무처리	9.5	131	78.8	4.9	1,774(100)
	미생물 처리	10.2	135	84.0	4.9	1,985(112)
평균	무처리	9.5	134	75.5	5.0	1,826(100) ^b
	미생물 처리	9.9	139	79.9	5.0	1,960(107) ^a

* 1~5화방 수확, 수확 완료일 : '17년 7월 31일

* DMRT at 5% level

선발된 코이어 배지에서 GGTS13 처리방법 시험을 진행한 결과 수확기 생육조사에서는 처리에 따른 통계적인 유의차는 없었다(표. 9). 수량성 및 품질 조사에서도 주당과수, 과중, 상품과율, 당도와 수량 모두 통계적 유의차는 없었으나, 2회/주 처리가 무처리 대비 수량이 5% 증수하는 경향을 확인할 수 있었다(표. 10).

표 9. 수확기 생육조사

처리내용	초장 (cm)	마디수 (개/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)	엽색도 (SPAD)
2회/주 처리	207 ^{ns}	32.3 ^{ns}	47.4 ^{ns}	46.6 ^{ns}	11.1 ^{ns}	51.7 ^{ns}
1회/주 처리	210	32.2	47.1	46.6	11.2	51.6
1회/2주 처리	207	32.2	47.6	47.2	11.3	50.8
무처리	211	31.9	46.5	45.9	11.4	51.5

* 품종 : 슈퍼도태랑, 정식 : '17년 8월 8일, 생육조사 : '17년 11월 2일

* 처리방법 : 1×10^7 spore/ml, 100ml/주 처리

* DMRT at 5% level

표 10. 수량성 및 품질

처리내용	주당과수 (개/주)	과중 (g/개)	상품과율 (%)	당도 (°Brix)	수량 (kg/10a)
2회/주 처리	18.8 ^{ns}	198 ^{ns}	86.6 ^{ns}	5.0 ^{ns}	4,071(105) ^{ns}
1회/주 처리	18.1	201	84.2	5.1	3,811(98)
1회/2주 처리	17.8	198	84.3	4.8	3,790(98)
무처리	17.4	204	86.1	4.9	3,872(100)

※ 1~6화방 수확, 수확 완료일 : '17년 12월 5일

※ DMRT at 5% level

4. 적 요

수경재배 토마토에 대하여 생육촉진용 유용미생물 GGTS13(*Trichoderma koningii*)을 이용하여 2016년부터 2017년까지 경기도농업기술원 벤로형 유리온실에서 수행한 결과는 다음과 같다.

가. 수경재배 생육촉진용 유용미생물 선발 시험에서 GGTS13 처리시 방울토마토 수량이 770.5kg/10a으로 *E. asburiae*, KACC92041P 균주에 비해 높았다.

- 나. 유용미생물 GGTS13의 농도 구명시험에서 처리 농도별 생육의 유의차는 없었으나, GGTS13 100배(1×10^7 spore/ml) 처리가 토마토수량이 2,782kg/10a으로 무처리에 비해 23% 증가하였다.
- 다. 유용미생물 GGTS13의 수경재배 적합배지 선발 시험에서 미생물 처리와 무처리간 통계처리 결과 주당과수, 과중, 상품과율, 당도의 유의성이 없었으나, 미생물처리의 토마토수량이 평균 1,960kg/10a으로 무처리에 비해 7% 증가하였으며, 무처리·미생물처리 모두 코코넛코이어 배지에서 수량이 높은 경향이였다.
- 라. 유용미생물 GGTS13의 처리방법 시험에서 생육조사와 수량성 및 품질 조사에서 처리간 통계적 유의차는 없었으나, 2회/주 처리의 토마토 수량이 10a당 4,071kg으로 무처리보다 5% 증가하는 경향을 보였다.

5. 인용문헌

- 최경이, 여경환, 최수현, 정호정, 강남준, 최효길. 2017. 코이어 배지 이용 토마토 장기 수경재배시 급액 EC가 근권부 무기이온과 생육에 미치는 영향. Protected Horticulture and Plant Factory. 26(4):418-423.
- 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
- Lee, S. J., Lee, J. Y. 2015. Beneficial bacteria and fungi in hydroponic systems : Types and characteristics of hydroponic food production methods. Scientia Horticulturae. 195(12):206-215
- Kim, T. S., Ko, M. J., Lee, S. W., Han, J. H., Park, K. S., et al. 2011. Antifungal and proteolytic activity and auxin formation of bacterial strain isolated from highland forest soils of Halla mountain. Kor. J. Pesticide Sci. 15(4):495-501.
- Park, S. W. 1993. Studies on the juice manufacturing properties of various tomato varieties, J. Korean Soc. Food Nutr. 22(4):428-432.
- Yu, Y. M., Y. N. Youn, Q. J. Hua, G. H. Cha and Y. H. Lee. 2009. Biological hazard analysis of paprikas, strawberries and tomatoes in the markets. J. Fd. Hyg. Sakety 24(2):174-181.
- Jang, S. Y., S. M. Woo, Y. J. Jo, O. M. Kim, I. H. Kim and Y. J. Jeong. 2010. Quality characteristics of tomato wine on fermentation conditions, J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39(3):443-448.
- Hassanein, N. M. 2012. Biopotential of some *Trichoderma* sp. against cotton root rot pathogens and profiles of some of their metabolites. Afr. J. Microbiol. Res.

6(23):4878-4890.

- Harman, G. E., Howell, G. R., Viterbo, A., Chet, I. and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts, nature review Microbiology 2:43-56
- Paradiso, R., Arena, C., De Micco, V., Giordano, M., Aronne, G and De Pascale, S. 2017. Changes in leaf anatomical traits enhanced photosynthetic activity of soybean grown in hydroponics with plant growth-promoting microorganisms. Frontiers in plant science. 8:674. doi: 10.3389/fpls.2017.00674
- 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. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
						'16	'17
수경재배 생육촉진용 유용미생물 선발	책임자	환경농업 연구과	농업연구사	최종윤	세부과제 총괄	-	○
	공동연구자	"	농업연구관	임갑준	자료조사	-	○
		"	농업연구사	이진구	특성조사	-	○
		"	"	장재은	특성조사	-	○
		"	"	이현주	효과분석	○	○
		"	농업연구관	홍순성	분석지도	○	○
"	"	"	강창성	시험추진 지도	○	○	