

전략 체계	지속 - 4 - 1		수행시기	완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	E02	작목구분코드	MC-03-MC33
과제종류	기관고유		과제번호	LP004274	
과제명	유용미생물의 농업적 활용 연구				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	홍수영		농업연구사	강원도원 농업환경연구과	
연구기간	2020 ~ 2022		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
유용미생물의 기능성 탐색 및 현장 실용화 기술 개발			농업환경연구과	홍수영	'20~'22
색인용어	농업미생물, 바실러스, 품질관리, 고초균, 광합성균				

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the quality of currently supplied agricultural microorganisms to reconsider farmers' confidence and to establish efficient treatment methods and manuals through field application tests. Currently, 15 cities and counties in the province cultivate and supply agricultural microorganisms. The market for agricultural microorganisms is gradually increasing, but the problem of using contaminated culture facilities due to the introduction of bacteria other than the intended bacteria during the culture and storage process has arisen, so quality control has been implemented, and the initial contamination rate has improved significantly from 27.7% to 2.0% in the last evaluation. To explore agricultural microorganisms that can be applied to agriculture, we conducted functional tests with 76 Bacillus species distributed from microbial banks, and selected 17, 20, and 10 species for phosphate solubilization, nitrogen fixation, and rooting promotion tests, respectively. Field application tests were conducted on peppers, Chinese cabbage, and carrots, and in Chinese cabbage, foliar and immersion treatments showed a growth promotion effect of more than 5% compared to the untreated plots. manage seed bacterium. In addition, there is a lack of objective verification data and detailed manuals for each use and crops. Therefore, based on the above research, we will develop a method for utilizing useful microorganisms and establish a universal method that can be easily utilized by farmers.

농업미생물은 작물의 생육을 촉진하고 근권의 환경을 개선하는 효과가 있으며 식물병과 환경스트레스에 대한 저항성이 있고 약해발현이 적은 장점이 있어 저투입 지속적 농법이 가능한 소재로 현재 도내 15개 시, 군에서 배양, 공급하고 있다. 농업미생물 시장은 점차 증가하고 있으나 배양 및 저장 과정에서 목적하는 균 이외의 균 유입으로 오염된 배양시설을 이용하는 문제점이 발생하여 품질관리에 대한 문제는 꾸준히 제기되어 왔으며 대부분 공급량에만 치중되어 있어 고품질의 미생물 배양액을 관리할 수 있는 방안이 필요하다. 식물의 근권에 왕성하게 서식하는 PGPR균주(plant growth promoting rhizobacterium)들은 작물의 생육에 직·간접적으로 관여하며, 생육촉진, 유기물분해, 토양정화, 병방제 등 다양한 기능들을 가진다. 그러나 현장에서 적용할 만한 활용법이 부족하여 실용적인 미생물 활용방법을 확립하기 위한 자료로 이용하고자 현장적용 시험을 실시하였다. 유용미생물을 처리하였을 때 나타나는 생육환경의 변화를 관찰하고, 미생물 처리 후 작물의 생육 특성을 비교하며, 생육촉진 및 병방제 효과를 검정하는 등 현장에서 적용할 만한 활용법을 모색하였으며 시험 결과를 바탕으로 향 후 용도별, 작물별 유용미생물의 효율적인 활용법을 개발하고 농가에서 쉽게 활용 할 수 있는 보편적인 사용법을 구축하고자 한다.

〈세부과제: 유용미생물의 기능성 탐색 및 현장 실용화 기술 개발〉

(시험 1) 농가보급용 배양 미생물 품질관리

본 연구는 도 내 시, 군 미생물배양센터를 운영하고 있는 기관에서 공급중인 배양액을 수거하여 보급균주의 순도 및 밀도를 확인하였다. 고초균, 광합성균, 유산균, 효모균 4종에 대하여 반기별 1회씩 무작위로 수거하여 잡균오염여부 및 보증밀도 충족 여부를 검사하였으며, 각 배양기관 담당자 및 실무자의 면담과 설문조사를 통하여 배양액 운영현황과 인식에 대하여 조사하고 품질관리 컨설팅을 지원하는 기관은 현장방문을 진행하여 오염도 발생 원인을 해결하였으며, 실무자의 역량강화를 위한 실습교육을 함께 진행하였다.

(시험 2) 유용미생물의 기능성 탐색 및 선발 시험

본 연구는 장류, 김치 및 절임류 등에서 분리한 바실러스속 76종을 대상으로 농업현장의 적용가능성을 탐색해 보고자 수행하였다. 발효 미생물 은행에 보관되어 있는 균주를 분양받았으며 내염성, 인산가용화, 뿌리발근촉진, 질소고정능을 스크리닝 하였으며 최종적으로 9종의 바실러스를 선발하였다.

(시험 3) 유용미생물의 현장 실용화 기술 개발

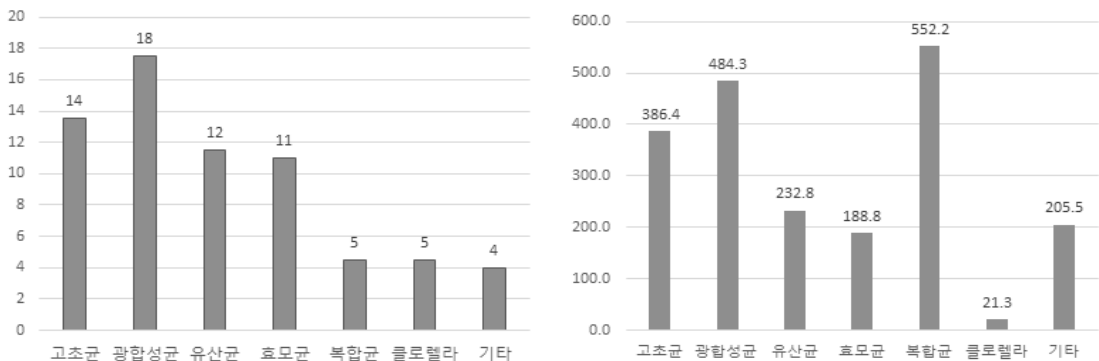
본 연구는 복합미생물 *bacillus velezensis* GH1-13을 대상으로 원예작물의 처리효과를 검증하고자 실시하였다. 배추, 당근, 무, 고추의 생육촉진효과와 탄저병 방제효과를 시험하였다. 균주는 농업미생물 은행(KACC)로부터 분양받았으며, 탄저병 균주는 고추로부터 분리한 *Colletotrichum acutatum*을 분양하여 접종하였다. 작물 재배 방식에 따라 생육촉진효과 시험의 경우 배추는 노지에서 관주처리 하였으며, 당근, 무, 고추는 직파 및 정식 전 토양에 직접 살포하였고 병 방제 효과 시험은 고추 수확 직 후 미생물 배양액에 침지 한 뒤, 탄저병균을 표면에 직접 접종하여 시간에 따른 병 발생양상을 비교하였다.

3 결과 및 고찰

〈세부과제: 유용미생물의 기능성 탐색 및 현장 실용화 기술 개발〉

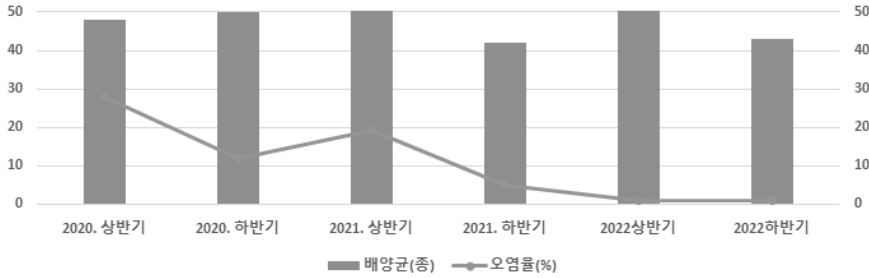
(시험 1) 농가보급용 배양 미생물 품질관리

2020년~ 2022년 도내 배양중인 시·군농업기술센터 농업미생물의 배양현황 및 품질검사를 실시하였다. 2020년 6월 기준 13개 시·군이 미생물 배양액을 공급하였으며, 2021년은 1개소가 증가한 14시·군, 2022년은 15시·군에서 배양 및 공급하였다. 균주 종류로는 고초균 고초균이 가장 많았으며 광합성균, 효모균, 유산균, 복합균 순으로 조사되었다. 생산량은 광합성균 > 복합균 > 고초균 > 효모균 > 유산균으로 많았으며 경종농가는 100배 이상 희석하여 사용하고 있으나 축산 농가는 추천 사용량 보다 10배~100배 높은 농도로 사용하고 있는 것으로 조사되었다(그림 1).



(그림 1) 균주별 배양센터(시, 군) 및 생산량(톤) (2020~2023)

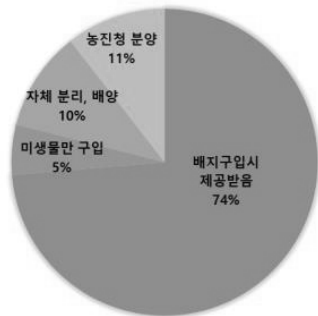
2020년 상반기 품질검사에서 잡균오염여부가 27.7%로 검사되었으나 2022년 하반기 검사에서 2.0%로 오염도가 현저히 줄어들었으며, 품질관리 시행 후 담당자의 품질관리 중요도, 오염민감도가 상승한 결과로 판단된다(그림 2).



(그림 2) 미생물 배양액 오염도 평가(2020~2023)

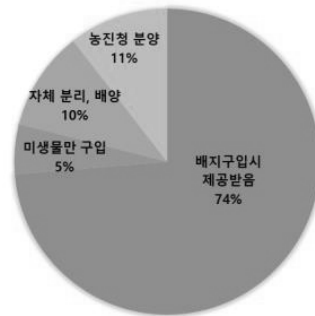
담당자를 대상으로 실시한 설문조사에서 배양 중균은 대부분 배지 업체로부터 제공받았으며, 배양 직후 저장고로 이동하여 보관하거나 멸균포장을 하여 보관 후 보급하였다. 오염검사는 36%가 자체적으로 실시하고 있었으며 일부는 공인기관에 의뢰하여 진행한다고 답하였다. 오염 인식도 조사에서는 79%가 오염시 전량 폐기한다고 답하였으나, 14%는 중균 및 배지액이 고가이므로 문제되지 않으면 보급한다고 답하였다. 농업미생물의 공급 필요성 조사에서 72%가 더 활성화 되어야 한다고 답하였으나 14%는 비용이 많이 든다고 답하였고, 14%는 꼭 필요한 농가에만 공급해야 한다고 답하였다(그림 3).

미생물 중균은 어느 경로로 확보 하였는가?



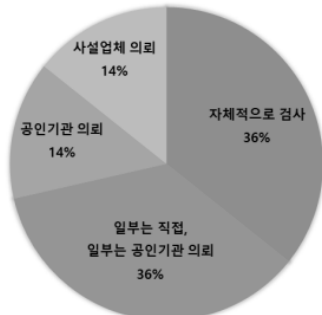
미생물 중균의 확보 경로

미생물 중균은 어느 경로로 확보 하였는가?



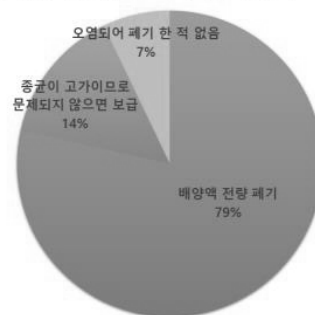
농업 미생물 사용 목적

오염검사를 시행 할 경우, 검사 수행방법은 무엇인가?



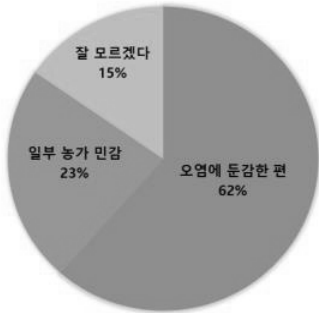
오염검사 시행 유무

배양액에서 목적하는 균 이 외의 균 유입 시 조치방법



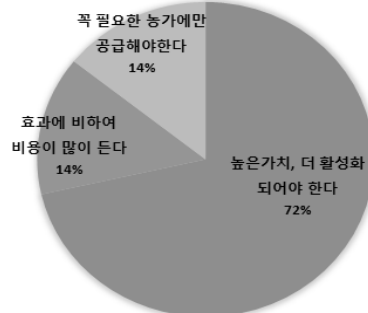
담당자의 오염 인식도

배양액을 공급받는 농가의 미생물 오염도에 대한 인식은 어떠한가?



농가의 미생물 오염도 이해

농업에 기여하는 정도 및 공급가치에 대하여 어떻게 생각하는가?

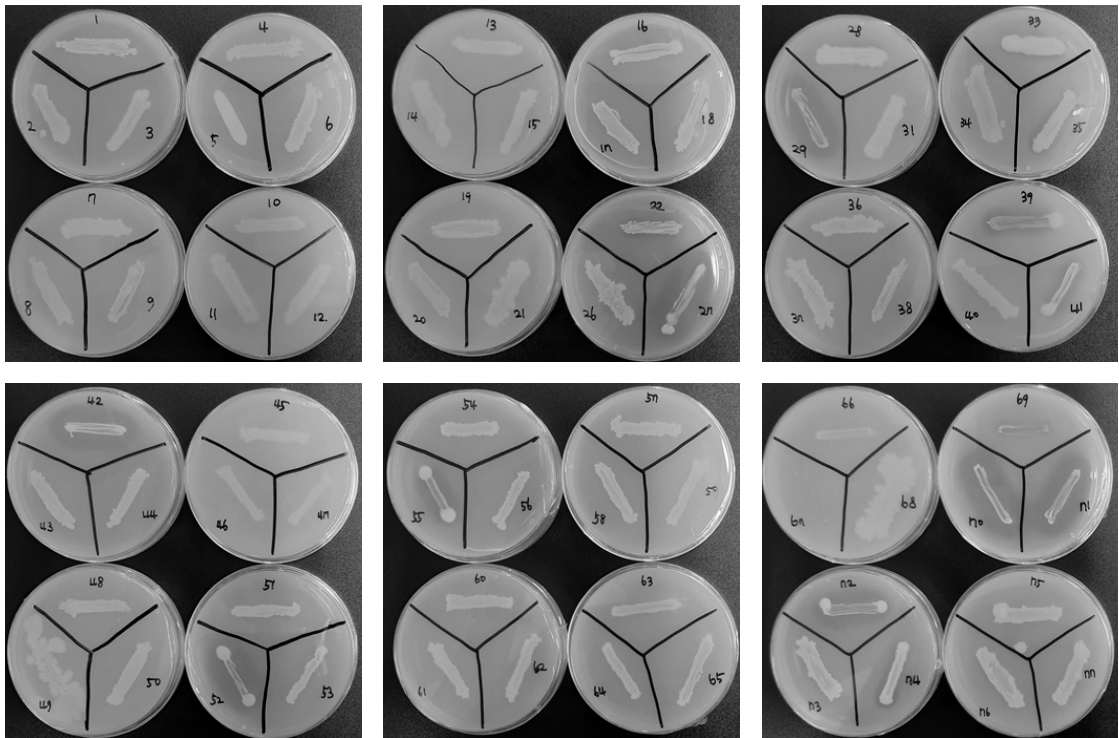


농업 미생물 공급가치 및 필요성

(그림 3) 미생물 배양센터 담당자 설문조사(2020)

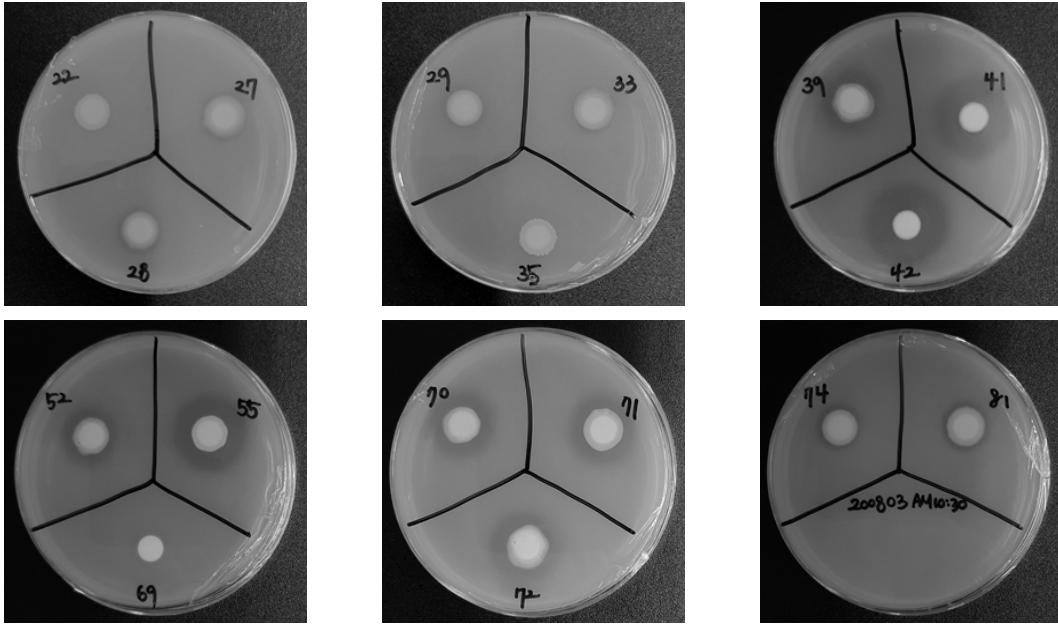
(시험 2) 유용미생물의 기능성 탐색 및 선발 시험

발효 미생물 균주 은행으로부터 분양받은 바실러스속 81종에 대한 배양테스트를 실시하였다. 콜로니가 형성되지 않거나 순수배양이 불가능한 균주 5종을 제외한 후 76종에 대하여 인산염 배지배양테스트를 실시하여 투명환을 형성하는 균주를 선발하였으며(그림 4), 선발한 균주에 대하여 디스크 확산법으로 가용화 정도를 평가하고 최종적으로 22, 27, 28, 29, 33, 35, 39, 41, 42, 52, 55, 69, 70, 71번 균주 17종을 선발하였다(그림 5).





(그림 4) 인산가용화 활성 스크리닝



(그림 5) 바실러스 인산가용화 검정

선발한 균주의 인산가용화 정량 시험을 실시한 결과는 표 1와 같다. 배양 2일 간격으로 상등액을 취하여 비색측정법을 실시한 결과 3일차 까지 증가하다가 감소하는 경향을 나타내었다. 투명환 형성도가 높은 균은 초기 가용화 량이 높으나 점점 감소하는 경향을 나타내었으며, 가용화 량이 낮게 측정된 균주가 시간이 경과할수록 증가하는 경향을 보였다.

<표 1> 인산가용화 정량시험(mg/kg)

	균주명	Day1	Day3	Day5	Day7
22	JGW14-1	11.0	20.1	50.9	80.5
27	M23Y16-5	207.2	181.3	106.9	82.3
28	M25Y16-7	187.4	172.0	91.3	70.4
29	M25Y16-9	196.0	188.2	112.6	70.3
33	DGN56Y16-1	198.1	194.9	103.6	79.8

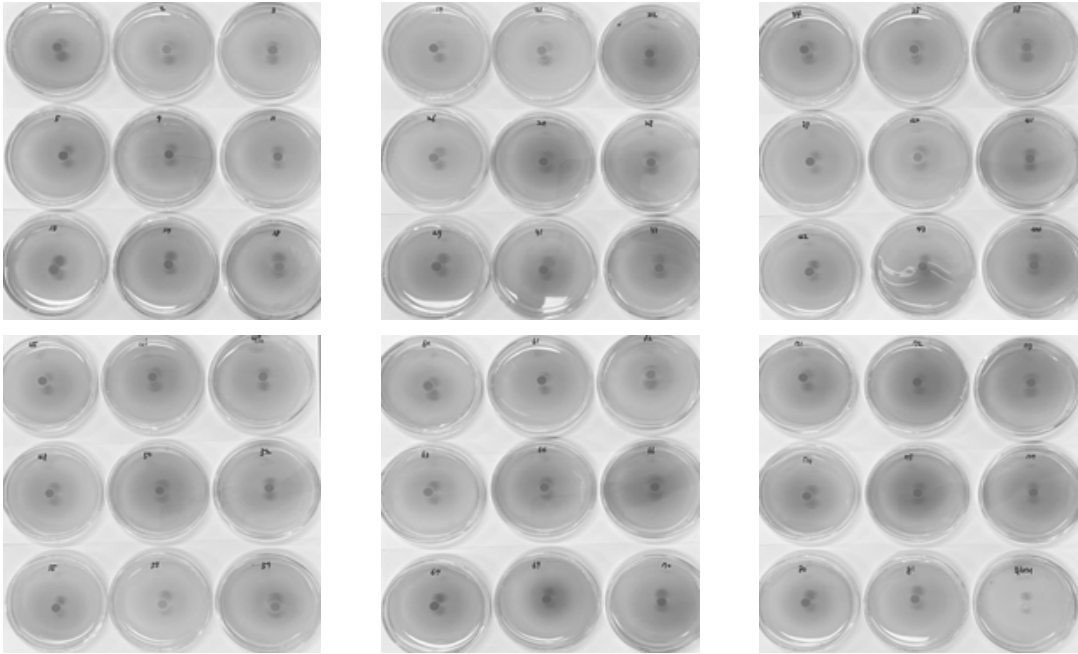
	균주명	Day1	Day3	Day5	Day7
35	AFY-2	54.8	94.4	84.7	61.6
39	sKAY16-1	84.0	111.4	39.7	42.2
41	sKAY16-4	172.0	162.6	46.1	32.8
42	sKAY16-5	187.8	179.1	55.3	26.0
52	sKAY16-30	66.3	67.8	15.4	16.6
55	sKAY16-35	208.4	205.2	129.3	112.8
69	M24Y16-3	37.4	113.0	140.7	174.6
70	SGB1B16-1	96.7	83.2	15.7	10.9
71	KGB37Y16-1	56.6	60.7	22.9	22.7
72	KGB37Y16-2	108.6	96.3	18.6	11.0
74	KCB39Y16-1	224.0	225.1	132.9	94.5
81	C8Y16-11	190.3	212.7	134.9	78.7

선발균주 17종에 대하여 내염성 테스트를 실시한 결과는 표 2과 같다 5%, 7% NaCl에서 10일간 배양하였다. 무처리 배지에 비하여 배양속도는 현저히 낮았으나, 장류, 김치류 등 염분이 다량 함유된 식품분리균주인 영향으로 내염성은 모두 양호한 것으로 나타났다.

<표 2> 바실러스 균주 17종 내염성 테스트

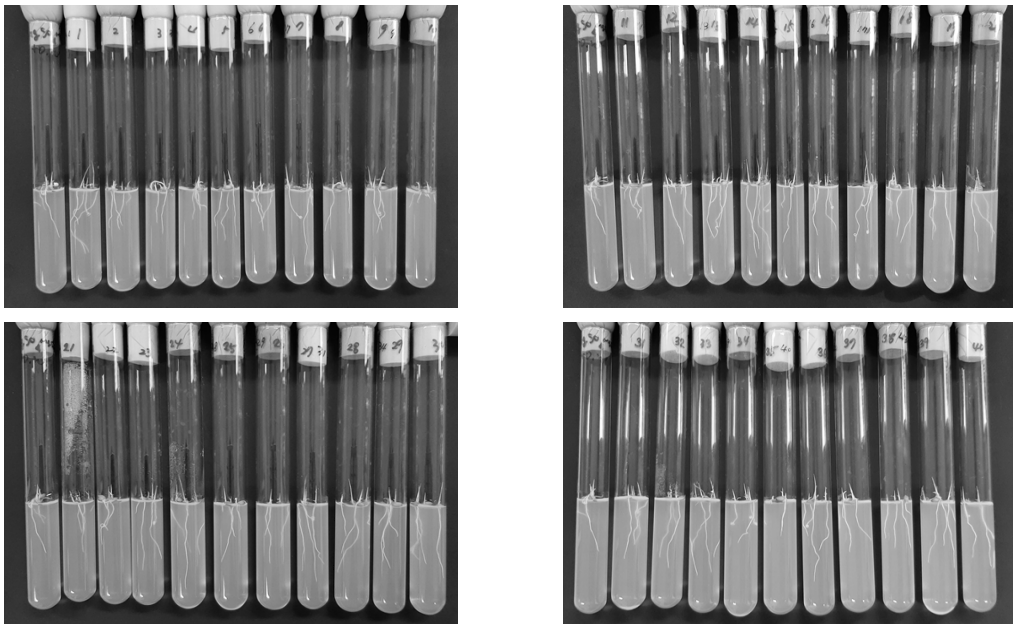
균주명	무처리	NaCl 5%	NaCl 7%	균주명	무처리	NaCl 5%	NaCl 7%
JGW14-1(22)	+++	+++	++	sKAY16-30(52)	+++	+++	++
M23Y16-5(27)	+++	+++	-	sKAY16-35(55)	+++	+++	-
M25Y16-7(28)	+++	+++	-	M24Y16-3(69)	+++	+++	-
M25Y16-9(29)	+++	+++	-	SGB1B16-1(70)	+++	+++	+++
DGN56Y16-1(33)	+++	+++	-	KGB37Y16-1(71)	+++	+++	++
AFY-2(35)	+++	+++	-	KGB37Y16-2(72)	+++	+++	+++
sKAY16-1(39)	+++	+++	+++	KCB39Y16-1(74)	+++	+++	-
sKAY16-4(41)	+++	+++	++	C8Y16-11(81)	+++	+++	-
sKAY16-5(42)	+++	+++	++				

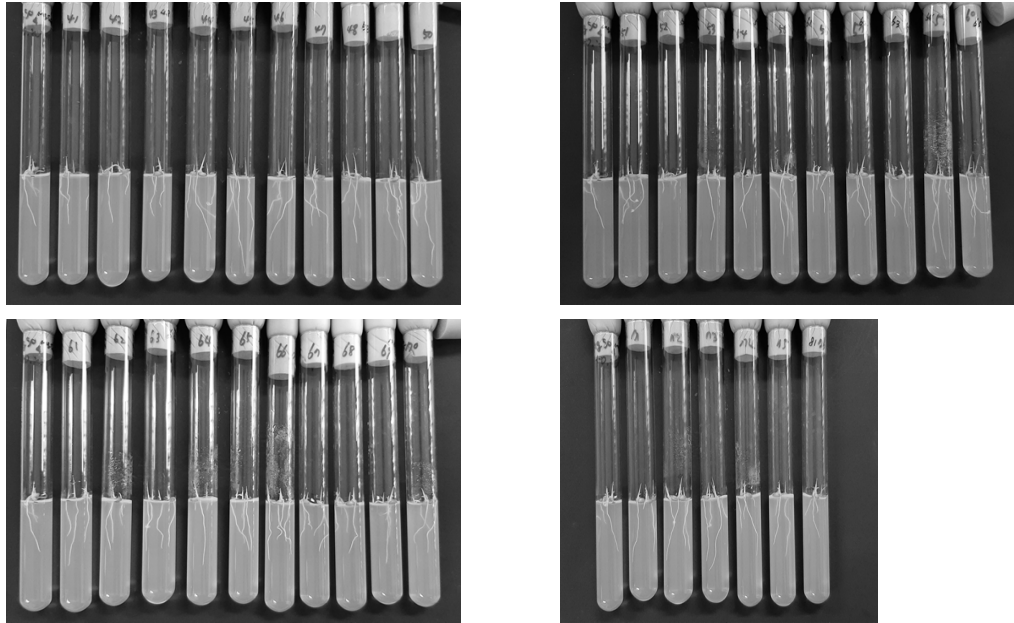
질소고정능 평가 시험 결과는 그림 6와 같다. N의 NH3 생성량에 따른 pH 감소로 푸른색으로 발색되며 76종 1차 스크리닝에서 54종을 선발 후 2차 배양을 통하여 최종적으로 20종을 선발 하였다(9, 17, 22, 27, 29, 33, 34, 39, 41, 42, 44, 46, 50, 52, 55, 61, 64, 66, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77번).



(그림 6) 질소고정능 검정

발근촉진능이 있는 미생물을 선발하기 위하여 종자 발근 시험을 실시하였으며 비교가 용이한 벼 종자를 대상으로 하였다. 바실러스 76종 균주를 각 각 1×10^6 cfu/ml 농도로 처리한 후 종자를 치상하여 성장상에서 5일간 배양 후 뿌리길이를 측정하여 10종을 선발하였다. 결과로 미루어 보아 발근에 관여하는 미생물의 호르몬 분비능으로 추측이 되나, IAA 검정이 추가로 필요하다고 판단된다(그림 7).





(그림 7) 벼 종자 발근 촉진 시험

(시험 3) 유용미생물의 현장 실용화 기술 개발

유용미생물 생육촉진효과 검정을 위하여 고추에 *Bacillus velezensis* GH1-13를 처리하였으며 처리 전 후 토양의 이화화성의 유의미한 차이는 없었으며 수량은 무처리구 대비 침지+100배액 5회 처리구에서 32%, 과중은 28% 높았다(표 3, 4, 5).

<표 3> 2020년 고추 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리 전, 후 토양 화학성

	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Ca	K	Mg
				(cmol ⁽⁺⁾ /kg)		
정식 전	6.56	0.65	45.77	9.10	1.33	2.32
무처리	7.23	0.39	33.28	7.71	0.62	1.87
대조구	6.84	0.51	41.43	8.80	1.14	2.26
묘침지	7.04	0.39	40.52	9.54	0.99	2.21
묘침지+100배액5회	6.91	0.41	39.63	8.93	1.09	2.20
1000배액 5회	6.94	0.43	39.57	8.93	1.02	2.31
100배액 5회	7.11	0.35	33.25	7.83	0.64	1.90
엽면 1000배액 3회	6.95	0.26	32.52	7.35	0.78	1.32
엽면 1000배액 5회	6.81	0.65	35.08	8.31	0.91	1.43
엽면 100배액 3회	6.67	0.51	37.55	8.34	0.98	1.47
엽면 100배액 5회	6.89	0.32	36.54	8.24	1.01	1.51

<표 4> 2020년 고추 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리 전, 후 토양 미생물체량

	세균	방선균	사상균	세균/ 사상균	Biomass C
	cfu/g				mg/kg
정식 전	3.72×10^7	1.97×10^7	1.65×10^5	226	275.24
무처리	1.14×10^7	5.27×10^7	7.10×10^4	161	92.77
대조구	1.44×10^7	5.67×10^7	5.10×10^4	282	109.20
묘침지	1.26×10^7	2.33×10^7	1.77×10^4	187	106.89
묘침지+100배액5회	1.02×10^7	1.18×10^7	1.18×10^4	864	120.30
1000배액 5회	5.37×10^7	5.73×10^7	9.97×10^4	533	124.21
100배액 5회	1.07×10^7	5.83×10^7	7.87×10^4	136	148.85
엽면 1000배액 3회	1.11×10^7	1.89×10^7	7.8×10^4	142	65.56
엽면 1000배액 5회	8.26×10^6	1.25×10^7	7.16×10^4	80.6	95.14
엽면 100배액 3회	8.6×10^6	1.26×10^7	8.06×10^4	107	86.63
엽면 100배액 5회	7.03×10^6	1.18×10^7	8.6×10^4	81.8	91.32

<표 5> 2020년 고추 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리 후 수량 조사

	수 량(과/주)	무 계(g/주)
무처리	101	1,712.1
대조구	89	1,690.5
묘침지	117	1,738.9
묘침지+100배액5회	110	1,761.5
1000배액 5회	111	1,780.0
100배액 5회	102	1,678.6
엽면 1000배액 3회	125	2,133.6
엽면 1000배액 5회	128	1,965.6
엽면 100배액 3회	100	1,782.2
엽면 100배액 5회	107	1,841.9

배추 GH1-13 처리 전 후 토양화학성과 생육촉진효과를 시험한 결과 묘침지 구에서 유효인산 함량과 세균/사상균 비율이 가장 높게 나타났으며 수확기 생육에서도 배추의 주중이 묘침지구에서 4.1kg으로 가장 높게 측정되었다(표 6, 7, 8).

<표 6> 2020년 가을배추 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리 전, 후 토양화학성

	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol ⁽⁺⁾ /kg)			(mg/kg)
정식 전	6.4	3.4	21.6	7.2	0.34	1.22	420
무처리	6.6	0.27	19.6	6.84	0.19	0.92	234
대조구	6.6	0.24	14.6	4.51	0.22	0.83	229
묘침지	6.2	0.19	26.7	6.46	0.36	0.93	693
묘침지+100배액5회	6.1	0.17	20.1	4.90	0.19	0.76	401
엽면 1000배액 5회	6.8	0.34	23.4	6.56	0.32	0.96	449
엽면 100배액 5회	6.5	0.27	15.8	4.54	0.21	0.81	246

<표 7> 2020년 가을배추 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리 전, 후 토양 미생물체량

	세균	방선균	사상균	세균/ 사상균	Biomass C
	cfu/g				mg/kg
정식 전	1.22×10^7	1.10×10^7	5.26×10^5	23.2	34.0
무처리	7.80×10^6	5.37×10^6	7.50×10^5	10.4	22.4
대조구	1.07×10^7	6.20×10^6	9.05×10^5	11.8	35.5
묘침지	1.99×10^7	9.50×10^6	2.93×10^4	677	64.4
묘침지+100배액5회	1.27×10^7	6.70×10^6	2.40×10^5	53.1	35.1
엽면 1000배액 5회	1.10×10^7	7.07×10^6	4.03×10^4	274	10.4
엽면 100배액 5회	1.59×10^7	1.04×10^6	3.77×10^4	421	54.3

<표 8> 2020년 가을배추 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리 후 수확기 생육

	주중(kg)	구중(kg)	구폭(cm)	구고(cm)	잎수(매)
무처리	2.57	1.53	18.0	32.3	67
대조구	3.54	1.92	19.6	32.9	65
묘침지	4.12	2.53	21.0	33.6	67
묘침지+100배액5회	3.68	2.30	19.8	36.0	67
엽면 1000배액 5회	3.79	2.28	19.7	33.5	64
엽면 100배액 5회	3.94	2.57	20.2	33.7	69

고추 GH1-13 처리 한 후 탄저병 균을 접종하여 방제효과를 실시하였으며, 고추 수확 직 후 처리구 별로 탄저병을 접종하였다. 병 방제 효과를 무처리 구 대비 차이를 검증하지 못하였으며, 기내배양에서 명확한 효과가 입증되어도 현장에서의 미생물 활성 조건과 작물 표면부착력, 병 발생 경로 등 다양한 외부요인이 작용하므로 부착력 향상을 위한 전착제 첨가, 활성 시간을 늘릴 수 있는 제형화 등의 연구가 필요하다고 판단된다(그림 8).



무처리



대조구



엽면처리 1000배액 3회



엽면처리 1000배액 5회



엽면처리 100배액 3회



엽면처리 100배액 5회

[그림 8] *Bacillus methylotrophicus* GH1-13 처리 후 고추 탄저병 접종

가을배추 현장적용 시험 후 2021년 봄 배추에 추가 적용시험을 하였으며 결과는 표 9와 같다. 세균/사상균 은 무처리 대비 본포 2회 + 100배액 엽면처리구에서 가장 높았다(표 9, 10, 11).

<표 9> 2021년 봄 배추 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리 전, 후 토양화학성

	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol ⁽⁺⁾ /kg)			(mg/kg)
정식 전	6.4	0.30	32	6.8	0.50	1.00	943
무처리	7.4	3.20	29	5.4	0.31	0.99	775
대조구	7.1	1.22	25	4.9	0.16	0.83	516
본포 2회 처리	7.2	1.43	23	4.6	0.23	0.80	506
본포 2회 + 100배액 엽면	7.5	1.10	27	6.3	0.26	1.07	659
묘침지	8.2	1.36	21	4.3	0.16	0.90	326
묘침지 100배액 엽면	6.3	0.64	28	4.9	0.25	0.97	750
100배액 엽면	6.1	0.40	30	5.9	0.20	1.04	812

<표 10> 2021년 봄 배추 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리구 별 토양 미생물체량

	세균	방선균	사상균	세균/사상균	Biomass C
정식 전	1.13×10^7	9.87×10^6	5.17×10^4	2.2	195
무처리	8.67×10^5	7.57×10^6	1.24×10^6	0.7	82
대조구(본포)	1.47×10^7	9.40×10^6	1.32×10^6	11.1	40
본포 2회 처리	1.08×10^7	1.07×10^7	7.73×10^5	14.0	40
본포 2회 + 100배액 엽면	1.03×10^7	1.18×10^7	8.13×10^4	126.7	66
묘침지	8.30×10^5	1.07×10^7	7.10×10^5	1.2	74
묘침지 100배액 엽면	7.00×10^5	8.53×10^6	8.15×10^5	0.1	75
100배액 엽면	9.47×10^5	1.03×10^7	1.16×10^5	8.2	79

<표 11> 2021년 봄 배추 유용미생물 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리구 별 수량비교

	주중(kg)	구중(kg)	길이(cm)	폭(cm)	둘레(cm)
무처리	3.80	2.36	30.6	17.3	57.5
대조구	3.26	2.07	28.7	16.4	54.4
본포 2회 처리	3.45	2.20	30.6	16.7	57.4
본포 2회 + 100배액 엽면	3.47	2.17	30.5	17.2	59.6
묘침지	3.25	2.02	30.0	16.9	58.8
묘침지 100배액 엽면	3.67	2.13	29.3	16.6	56.6
100배액 엽면	3.91	2.45	31.4	17.6	58.0

2021년 봄 당근에 *Bacillus velezensis* GH1-13를 처리한 효과는 표 14와 같다. 정식 전, 후 토양의 이화학적 변화는 없었으나 세균/사상균은 본포 2회 + 100배액에서 가장 높게 나타났으며 무처리 구 대비 본포처리 구에서 근장 5% 증가 한 것으로 나타났다(표 12, 13, 14).

<표 12> 2021년 봄 당근 미생물 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리 전 후 토양 이화학적

	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
				(cmol ⁽⁺⁾ /kg)			
정식 전	7.7	0.40	25.0	4.90	0.41	1.30	412
무처리	7.1	0.31	26.7	3.47	0.21	0.85	357
본포 2회 + 1000배액 엽면	7.1	0.34	25.7	3.97	0.22	0.87	434
본포 2회 + 100배액 엽면	7.2	0.32	27.3	4.00	0.26	0.88	484
1000배액 엽면	7.0	0.32	28.3	3.70	0.26	0.86	433
100배액 엽면	7.1	0.33	27.1	3.89	0.24	0.87	450

<표 13> 2021년 봄 당근 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리 전 후 미생물체량

	세균	방선균	사상균	세균/사상균	Biomass C
정식 전	1.13×10^7	9.87×10^6	5.17×10^4	2.2	195
무처리	9.47×10^6	6.97×10^6	6.07×10^5	15.60	134
본포 2회 + 1000배액 엽면	6.73×10^6	5.93×10^6	1.03×10^5	65.34	178
본포 2회 + 100배액 엽면	8.00×10^6	4.93×10^6	1.05×10^5	76.19	146
1000배액 엽면	6.97×10^6	5.40×10^6	1.11×10^5	62.79	147
100배액 엽면	5.50×10^6	3.13×10^6	7.77×10^4	70.79	112

<표 14> 2021년 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리구 별 수량비교

	중량(g)	근장(cm)	근경(mm)
무처리	152.5	17.1	44.0
본포처리 + 1000배액 엽면	151.1	18.0	44.0
본포처리 + 100배액 엽면	152.7	17.9	43.0
1000배액 엽면	138.6	17.1	42.3
100배액 엽면	150.8	16.9	43.8

가을배추 2년차 시험을 진행한 결과는 표 15와 같다. 대부분의 작물 적용 시험에서 침지처리가 생육촉진효과가 가장 높게 나타났다. 배추의 경우 재배지가 고랭지로 경사지가 많고 재배면적이 ha 규모가 대부분이므로 스프링클러를 이용한 엽면 처리나, 침지처리방법이 가장 적합 할 것이다. 침지처리의 경우 정식 직전에 육묘상자 상태로 침지하였다가 정식하는 방식이 적합할 것이라고 판단된다(표 15, 16).

<표 15> 가을배추 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리구 별 수량비교

	주중(kg)	구중(kg)	구고(cm)	구폭(cm)
무처리	2.54	1.47	31.6	14.7
대조구(배양액)	2.52	1.41	31.5	13.9
본포처리(정식 전 2회)	2.70	1.61	33.3	15.0
침지처리	2.82	1.57	32.4	16.0

<표 16> 가을배추 *Bacillus velezensis* GH1-13 처리구 별 생장비교

	엽장(cm)	엽수(매)	근중(kg)	근장(cm)	근경(cm)
무처리	57.4	24	1.45	22.2	10.4
대조구(배양액)	57.9	23	1.42	20.9	10.5
본포처리(정식 전 2회)	76.5	22	1.51	21.9	10.5
침지처리	57.7	22	1.50	22.7	11.0

4 적 요

<세부과제: 유용미생물의 기능성 탐색 및 현장 실용화 기술 개발>

(시험 1) 농가보급용 배양 미생물 품질관리

- 가. 2020년 ~ 2022년 도 내 배양중인 시, 군 농업기술센터 배양현황을 조사결과 균종별 배양현황은 고초균, 광합성균, 효모균, 유산균, 복합균 순이었으며, 생산량은 광합성균 > 복합균 > 고초균 > 효모균 > 유산균 이었다.
- 나. 2020~2022년 반기별 실시한 농업미생물 품질검사 결과 2020년 상반기 오염도 27.7%로 검사되었으나 2022년 하반기 검사에서 2.0%로 오염도가 현저히 줄어들었다.
- 다. 담당자를 대상으로 실시한 설문조사에서 배양 종균은 대부분 배지 업체로부터 제공받았으며, 오염검사는 36%가 자체적으로 실시하고 있었다고 답하였다. 오염 인식도 조사에서 79%가 오염 시 전량 폐기한다고 답하였으나, 14%는 종균 및 배지액이 고가 이므로 문제 되지 않으면 보급한다고 답하였다.

(시험 2) 유용미생물의 기능성 탐색 및 선발 시험

- 가. 발효 미생물 균주 은행으로부터 분양받은 바실러스속 76종에 대하여 인산가용화능 검정 시험을 실시한 결과 투명환을 형성하는 정도에 따라 17종을 선발하였으며 선발 균주의 인산가용화 정량 시험을 실시한 결과 3일차 까지 증가하다가 감소하는 경향을 나타내었다.

- 나. 바실러스 균주를 5%, 7% NaCl에서 10일간 배양하여 내염성시험을 진행하였으며, 장류, 김치류 등 염분이 다량 함유된 식품에서 분리한 균주로 내염성은 모두 양호한 것으로 나타났다.
- 다. 질소고정능 평가 시험 결과 배지의 푸른색 변화 정도에 따라 스크리닝 시험에서 20종을 선발하였으며, 각 미생물 배양액 발근 촉진시험은 벼 종자로 진행하였고 무처리 대비 근장의 길이 차이를 비교한 결과 10종의 균주를 선발하였다.

(시험 3) 유용미생물의 현장 실용화 기술 개발

- 가. 유용미생물 생육촉진효과 검정을 위하여 고추에 *Bacillus velezensis* GH1-13를 처리하였으며 수량은 침지+100배액 5회 처리구에서 32%, 과중은 28% 높았다. 고추 탄저병 방제효과 시험에서는 무처리 구 대비 방제력은 유의미한 차이는 없었다.
- 나. 배추에 대한 *Bacillus velezensis* GH1-13의 생육촉진 효과는 가을배추, 익년 봄배추, 가을 배추 총 3회 시험을 실시하였다. 묘침지 처리에서 무처리 대비 생육촉진 효과가 가장 높은 것으로 나타났다.
- 다. 당근의 *Bacillus velezensis* GH1-13의 처리효과에서는 직파재배로 파종전 재배지 본포 처리와 엽면처리로 시험하였으며 무처리 대비 근장 5% 증가한 것으로 나타났다.

5

인용문헌

- 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
2020(1년)	영농정보	배추 생육촉진 효과를 위한 바실러스 GH1-13 균주 활용방법
	학술발표	강원도 내 농업미생물 배양 센터 운영실태 조사
2021(2년)	영농정보	바실러스 벨레젠시스 GH1-13의 생육촉진효과
	영농정보	도 내 농업미생물 배양액의 품질개선 상승
	학술발표	강원도 내 농업미생물 배양액 품질관리 실태조사
	학술발표	농업미생물을 이용한 고추의 생육촉진 및 병 방제효과
2022(3년)	학술발표	배추에 농업미생물의 효과적인 처리방법
	영농정보	주기적 품질관리로 믿고 쓰는 농업미생물
	홍보자료	도 내 미생물 배양센터 품질기준 적합비율 98%
	컨설팅	농가 토양미생물 활용방법 현장기술지도(고성, 인제)

성과지표명		연도		1년차(2020)		2년차(2021)		3년차(2022)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적		
학술 발표	국제										
	국내	1	1	1	2	1	1	3	4		
영농 활용	기술										
	정보	1	1	1	2	1	1	3	3		
홍 보			3				1	4	1	5	
컨 설 팅								2		2	
계		2	5	2	4	3	8	7	17		

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'20	'21	'22
과제책임자	농업환경연구과	농업연구사	홍수영	과제 총괄	○	○	
세부책임자	농업환경연구과	농업연구사	홍수영	세부주관 수행	○	○	
공동연구자	농업환경연구과	농업연구관	임수정	시험수행 및 평가		○	○
	농업환경연구과	농업연구사	서영호	품질조사 지원			○
	농업환경연구과	농업연구사	허수정	품질조사 지원	○	○	
	농업환경연구과	농업연구사	김동민	품질조사 지원		○	
	농업환경연구과	농업연구사	최병근	평가분석 지원	○		○
	농업환경연구과	농업연구관	고재영	현장조사 지원		○	○
	농업환경연구과	농업연구관	하진수	평가분석 지원			○