한국환경농학회지 제20권 제1호(2001)
Korean Journal of Environmental Agriculture
Vol. 20, No. 1, pp. 57~62

수박 만할병균에 길항하는 *Bacillus* sp. YJ-3에 의한 대목용 참박 생육촉진효과

김진호* · 최용화 · 주길재[1)]

상주대 식물자원학과* · [1)]경북대 농화학과

(2000년 11월 25일 접수 · 2001년 3월 11일 수리)

Plant Growth-Promoting Effects of Antagonistic *Bacillus* sp. YJ-3 against *Fusarium* Wilt of Watermelon-Rootstock Gourd

Jin-Ho Kim*, Yong-Hwa Choi and Gil-Jae Joo[1)](*Dept. of Plant Resources, Sangju National University*, Sangju, 702-711, Korea, [1)]Dept. of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Taegu, 742-711, Korea*)

ABSTRACT : Twelve antagonistic strains against *Fusarium* wilt of watermelon-rootstock gourd were selected from 54 bacterial isolates which were isolated from the rhizosphere of crop plants growing in various locations. They showed strong inhibitory effects on growth of *Fusarium osysporum* f. sp. *niveum*, the causal agent of watermelon-rootstock gourd *Fusarium* wilt. Among these antagonists, the isolate YJ-3 was the most pronounced in growth-promoting ability for watermelon-rootstock gourd. The growth of watermelon-rootstock gourd in bed soil inoculated with YJ-3 was better by 46 and 13% than those in commercial bed soil alone and in bed soil inoculated with commercial microbial inoculant, respectively. The antagonistic plant growth-promoting rhizobacterium, strain No. YJ-3, was identified as *Bacillus* sp. on MIDI system. Furthermore, *Bacillus* sp. YJ-3 showed antifungal activity on growth against *Alternaria cucumerina*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum orbiculare*, *Didymella bryoniae*, *Rhizoctonia solani* and *Fusarium oxysporum*.

Key words : Antagonistic, plant growth-promoting rhizobacteria, watermelon-rootstock gourd, *Fusarium* wilt

서 론

수박은 열대지방과 온대지방에 걸쳐 재배되는 작물로서 연작에 의한 덩굴쪼김병(만할병)의 피해가 극심하여 이를 방제하기 위한 방안으로 접목재배를 하고 있다[1)]. 접목재배를 위한 대목용으로는 참박, 호박, 동아, 공대 등이 이용되며, 이들 대목용 박들은 수박재배 시기에 맞게 전반기는 건조에 강하고 후반기는 다습에 강한 심근성 품종이 요구되어 현재 내병성, 내건성, 내습성이 강한 품종이 육종되고 있다[2,3)]. 따라서 이러한 수박의 대목용으로 배축이 짧고 발아세 및 발아율이 높은 박의 종자를 공급하는 것이 전제조건이다[4)]. 특히 대목용 박으로 많이 이용되는 참박은 수박 만할병에 강하고 접목이 용이하며 친화성이 높고 또한 저온신장성, 내건성, 초세가 강하며 과실의 품질에 미치는 영향이 적어서 오랫동안 애용되어 왔다. 참박은 발아세나 발아율의 불균일함을 개선하기 위해 종자의 저온처리나 열처리, 호르몬처리, priming 처리 등 종자처리기술 및 발아율 향상에 관련된 생리현상에 대하여 많이 연구되고 있다[5~8)].

근래 일본에서 참박에도 침범하는 새로운 만할병균이 생기고 급성위조증 등의 발생으로 인해 일반 참박을 개량 육종한 내병계 참박이 육성되고 있다. 그러나 국내외적으로 참박에 관한 연구는 주로 종자처리 기술과 생리현상, 저항성 품종의 육종[5~8)] 등에 국한되어 있을 뿐 근권환경을 개선하여 각종 토양 전염성 병균을 방제하려는 연구는 아직 미미한 상태이다. 대부분의 작물재배에서도 마찬가지이지만 연작장해나 토양 전염성 병균 방제를 위해 아직도 비료나 농약에 의존하지 않을 수 없는 것이 현실이다. 그러나 작물과 근권환경의 상호관계를 잘 이해하고 식물 뿌리와 근권미생물의 밀접한 관계를 양호하게 유지시켜 공존 공영의 환경을 만들어 준다면 해결 가능할 것이다.

토양 근권미생물 중에서 식물의 생장촉진 효과가 알려져 있는 식물생장촉진 근권미생물(plant growth promoting rhizobacteria, PGPR)[10)]은 *Pseudomonas* spp. *Bacillus* spp. *Azotobacter* spp. *Azospirillum* spp. and *Burkholderia* spp. 등이 알려져 있다[11)]. 이러한 PGPR에 대한 연구가 발표된 이후에 토양 근권미생물을 활용한 생물학적 방제와 작물생장 촉진에 관한 연구가 중요한 연구과제로 등장하게 되었고 네덜란드와 일본, 캐나다, 미국 등에서 많은 결과를 보고하고 있으며 국내에서도 많은 연구가 수행되고 있다.

참박의 생장 촉진과 관련하여 전(1997)은 상토의 함수율을 조절함으로서 참박의 생장이 촉진됨을 보고하였고, 박(1995)은 저온성 근권미생물과 생물적 방제 미생물 자원을 개발하기 위해 작물

의 생육을 촉진시키는 균주를 선발하여 오이와 토마토, 참박 등의 작물에 적용한 결과 발아율이 향상되고 유묘기의 생장이 촉진되는 효과가 있음을 보고하였다. 그러나 참박의 병해 방제와 동시에 생육 촉진을 위해 근권미생물을 이용한 연구는 아직 보고되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 박에 문제가 되고 있는 만할병과 만고병(덩굴마름병), 모잘록병 등의 병해를 생물학적으로 방제함과 동시에 작물의 생장을 촉진하기 위한 기초연구의 일환으로 먼저 박의 만할병균에 길항하는 미생물을 분리하고 이들 중 참박의 생육을 촉진시키는 PGPR을 선별하여 참박의 재배에 적용하고자 한다.

재료 및 방법

공시재료

본 실험에 사용한 참박은 'FR킹 참박'(1997년 채종), 상토는 '바이오 상토'(50 L/포), 미생물 첨가 상토는 'R 세이프'(16 Kg/포), 플라스틱 사각포트(16공) 등은 (주)흥농종묘로부터 공급받아 사용하였다.

토양 미생물의 분리 · 동정 및 길항력 조사

토양 미생물은 각종 작물 재배지의 근권에서 수집한 토양을 이용하여 분리하였다. 균원시료 1 g을 0.85 % NaCl 용액에 3단 희석하여 각 100 μL를 nutrient agar plate 배지에 도말하고 37℃에서 3일 이상 배양한 후 생성된 독립 colony를 순수 분리하였다. 이들 분리 미생물을 이용하여 수박 만할병균인 *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* (KCCM 34741)에 길항하는 미생물을 선별하였다. 길항미생물의 선발은 대치배양 억제환 생성법(inhibition zone method)에 의하여 potato dextrose agar(PDA) 배지에 길항균과 병원균을 가장자리에서 1/3 거리에 각각 접종하여 28℃에서 7일 이상 배양한 후 만할병균의 생육 억제환을 생성하는 균주를 길항균으로 판정하였다. 길항균은 tryptic soy agar(TSA) 배지에서 계대배양하고 4℃에 보관하며 사용하였다. 수박 만할병균 등 각종 병원성 진균은 한국종균협회, 한국과학기술원 유전자은행 및 농촌진흥청 등에서 분양받아 사용하였으며, 병원균으로는 *Alternaria cucumerina*(잎마름병)와 *Botrytis cinerea* (잿빛곰팡이병), *Colletotrichum orbiculare*(탄저병), *Didymella bryoniae*(만고병), *Rhizoctonia solani*(모잘록병균), *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*(만할병) 등을 사용하였다. 길항 미생물은 MIDI system(Microbial Co., Newark, Del.)을 이용하여 동정하였다.

미생물의 제제화

미생물제제는 다음과 같은 방법으로 제조하였다. 즉, 미생물 배양액 1 L에 담체로 perlite 1 kg을 넣고 영양액으로 전분 10 g을 첨가하여 잘 섞어 37℃에서 하루 밤 안정화시킨 후 보조 첨가물로 kaolin을 0.5 kg 넣고 혼합하여 40℃ 이하에서 건조시켰다. 건조된 제제(수분함량 20% 이하)에 1 % polyvinyl alcohol 용액을 분무하여 제제를 코팅하고 40℃에서 2일간 건조하여 수분 함량을 10 % 미만이 되도록 조절하였다. 미생물제제는 시판상토(50 L)에 약 300 g 혼합하여 사용하였다.

생육촉진 미생물의 선별

참박의 생육을 촉진시키는 미생물을 분리하기 위하여 두 가지 방법을 이용하였다. 첫째는 MS agar 배지에 길항미생물 배양액을 첨가하여 참박의 발아 및 초기 생장 촉진유무를 bioassay하였다. 즉 길항 미생물의 배양 상징액을 MS agar 배지에 1%되게 첨가하고, 1% NaOCl로 살균한 참박 종자를 치상한 후 28℃의 생장상에서 7일 동안 배양하여 뿌리와 지상부 등 전체 건물량을 조사하여 가장 우수한 구간을 생육촉진 미생물로 사용하였다. 대조구는 미생물의 배양 상징액을 첨가하지 않은 구간으로 하였다. 둘째는 각 길항미생물을 제제화하여 상토에 혼합하고 16공 포트에 살균한 참박 종자를 1개씩 파종한 후 온실에서 14일간 재배하여 뿌리와 지상부 등 전체 건물중을 조사하여 우수한 구간을 생육촉진 미생물로 사용하였다. 대조구는 일반 상토를 사용하거나 또는 미생물을 제외한 제제성분인 담체 및 보조첨가물 등을 넣은 구간으로 하였다.

참박의 재배관리

참박 종자는 최아시켜 각종 상토가 들어있는 비닐포트(16공)에 1개씩 파종한 후 원활한 배수를 위해 다공성 플라스틱 plate에 포트를 올려놓고 처리구당 3포트씩 완전임의 3반복 배치하여, 2000년 6월 5일부터 6월 30일까지 재배하였다. 실험기간의 온도분포는 일중 최저기온은 16℃였으며, 35℃가 넘는 날이 실험기간 중 절반을 차지하였다. 상토내의 수분함량은 50%로 유지하였다. 포자실험은 폭 6 m, 길이 12 m, 높이 2 m의 가온 아치형 유리온실에서 행하였다.

참박의 생육조사

참박 생육시험은 시판 상토구(C)와 시판 미생물제제 첨가 상토구(R), 개발 미생물 첨가 상토구(BC)의 3구간으로 나누어 행하였다. 묘의 생육은 묘가 출현한 7, 14, 21 및 28일 후 묘의 하배축 길이와 자엽 길이, 전식물 건물중, 하배축 건물중, 뿌리 건물중 등을 조사하였다. 건물중은 70℃의 항온건조기에서 48시간 건조 후 측정하였다.

결과 및 고찰

수박 만할병균에 길항하는 미생물의 분리

각종 작물 재배지의 근권에서 수집한 10여 곳의 토양을 균원

시료로 하여 약 350여종의 각종 미생물을 1차 분리하였다. 이를 nutrient agar배지에서 재분리하여 독립 colony를 확보하고 광학현미경(x1,000)으로 순수성을 확인한 후 형태, 색깔 및 배양 양상이 다른 세균을 54종 분리하였다. 분리된 균주를 대상으로 수박 만할병균인 *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*(KCCM 34741)에 길항하는 미생물을 선별한 결과, 수박 만할병균에 대한 항균활성은 분리주 YJ-19 균주가 32 mm로 가장 우수하였고, 그 다음 YJ-45와 YJ-3 균주가 각각 31 mm와 30 mm로 우수하였다. 그 외 억제환의 길이가 20 mm 이상인 10균주를 포함하여 전체 12균주를 수박 만할병균 길항미생물로 이용하였다(Table 1).

참박의 초기 생육에 영향을 주는 길항미생물의 선별

수박 만할병균에 길항력이 우수한 12종의 길항미생물을 이용하여 참박의 발아 및 초기생육에 영향을 주는 미생물을 선별하였다. 먼저 MS agar 배지를 이용한 실험에서 12종의 각 미생물 배양액을 넣고 참박의 발아 및 초기 생육에 미치는 영향을 관찰한 결과, Table 1과 같이 분리주 YJ-3 균주에서 건물중이 71 mg/plant으로 초기 성장이 우수하였으며, YJ-37와 YJ-19 등의 균주도 71, 69mg/plant로 비교적 높게 나타났다. 또한 이들 12종

Table 1. The isolated antagonistic bacteria to *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* causing Fusarium wilt and their plant growth promoting effect

strains	Diameters[a] of inhibition zones (mm)	Germination rate (%)	Dry weight (mg/plant)	
			on MS agar[b]	at bed soil[c]
Blank	0 ± 0.0	82 ± 0.0	51 ± 0.03	131 ± 0.03
YJ-2	26 ± 0.5	90 ± 0.1	58 ± 0.14	150 ± 0.13
YJ-3	30 ± 0.3	99 ± 0.1	71 ± 0.13	183 ± 0.12
YJ-8	25 ± 0.3	93 ± 0.2	63 ± 0.14	162 ± 0.15
YJ-10	21 ± 0.5	86 ± 0.2	57 ± 0.16	147 ± 0.16
YJ-19	32 ± 0.2	99 ± 0.1	69 ± 0.17	178 ± 0.19
YJ-21	22 ± 0.2	89 ± 0.1	55 ± 0.12	139 ± 0.11
YJ-24	20 ± 0.7	86 ± 0.1	49 ± 0.10	125 ± 0.08
YJ-35	23 ± 0.2	97 ± 0.1	50 ± 0.16	130 ± 0.17
YJ-37	24 ± 0.4	96 ± 0.0	70 ± 0.15	178 ± 0.15
YJ-41	20 ± 0.3	86 ± 0.2	60 ± 0.10	156 ± 0.14
YJ-45	31 ± 0.3	83 ± 0.1	51 ± 0.09	131 ± 0.15
YJ-53	20 ± 0.2	88 ± 0.1	49 ± 0.17	127 ± 0.16

[a] Inhibition zones on dual culture between the rhizobacterium and *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* indicate on the PDA medium after incubation for 10 days. Each values is mean of three replications.
[b] Dry weight of total plant grown with the culture filtrates of isolated strains on MS agar for 7 days.
[c] Dry weight of total plant grown in the mixed bed soil with the microbial inoculant for 14 days.
All values are mean ± SD of triplicate samples.

의 길항미생물을 제제화하여 상토에 첨가한 후 참박의 초기 생육을 조사한 실험 결과도 Table 1에서와 같이 분리주 YJ-3 균주에서 183 mg/plant으로 나타났고 그 다음이 YJ-37 균주와 YJ-19 균주로 나타나 상기 MS agar 배지에서의 결과와 거의 동일하였다. 미생물을 제외한 제제성분인 담체 및 보조첨가물 등을 첨가한 대조구는 건물중이 131 mg/plant로 가장 적게 나타나 참박의 생육촉진에 큰 영향을 주지 않았다. 상기 두 가지 실험에서 참박의 발아는 미생물 배양여액을 첨가하지 않은 대조구(blank)에서는 약 80%의 발아율을 보였으나, 미생물 배양여액을 첨가한 구에서는 대부분 대조구보다 발아율이 높아져 길항미생물이 생산하는 물질에 의해 참박의 발아 및 생육이 촉진됨을 확인하였다. 그러나 상기 실험 결과에서 대부분 균주가 수박 만할병균에 대한 길항력과 참박의 생육촉진 효과가 거의 비례적으로 나타났다. 그러나 분리주 YJ-37 균주는 길항력은 낮았으나 식물생장 촉진효과는 높게 나타난 반면, YJ-45균주는 길항력은 우수하였으나 식물생장 촉진은 거의 없었다.

길항균 YJ-3 균주에 의한 참박 부위별 생육촉진효과 검정

길항균 YJ-3 균주에 의한 참박 부위별 생육촉진효과 검정을 위해 대조구로서 일반 시판상토(C) 및 미생물제 첨가 시판상토(R) 등을 이용하였고, 길항균 YJ-3 균주는 perlite를 담체로 이용하여 제제화(BC)하여 사용하였다. 상기 C, R, BC 등 3처리구에 참박을 시기별로 재배하며 하배축의 길이와 자엽의 길이, 전식물의 건물중, 하배축의 건물중, 뿌리의 건물중 등을 조사하여 참박의 생육촉진효과를 검정하였다. 그 결과 C구, R구, BC구 등 3처리 모두 동시 발아가 진행되었고, 하배축의 길이는 파종 7일째 2.03 ~ 2.09 cm 전후로 처리별로 약간의 차이만을 보였고 14일까지는 큰 차이 없이 성장하였다. 21일째부터는 성장속도가 빨라지기 시작하였고, 재배 28일째에 C는 10.32 cm, R은 11.04 cm, BC는 12.06 cm로 나타나 재배기간이 길어질수록 처리구별 하배축의 길이는 차이가 더 많이 나타났다(Table 2).

일반적으로 하배축의 길이는 접목작업시 작업능률과 직결되는 부분이기 때문에 육묘시 균일한 하배축을 확보하는 것은 매우 중요하다. 하배축의 길이가 너무 짧으면 접목작업이 불편하며, 너무 길면 접목후 모가 도복할 위험성이 있어 실제 수박재배 농가에서 주로 삽접으로 접목하고 있다. 이때 하배축이 손에 쉽게 잡힐 수 있는 6.5-7.5 cm 정도가 접목 능률이 가장 높다고 알려져 있다[9]. 따라서 본 BC제를 첨가한 상토에서는 약 17일 가량 재배한 후 바로 접목용 대목으로 사용해도 좋을 7 cm 가량 되었으나, C처리구는 19일, R처리구는 18일로 BC처리구에 비해 하루나 이틀 가량 더 재배해야 되므로 참박재배시 본 미생물을 이용함으로써 몇 일 더 빨리 접목에 이용할 수가 있을 것으로 생각된다. 또한 R은 국내시판 미생물 첨가 상토인 'R-세이프'로 본 BC구 보다 생육촉진 효과가 높지 않았다(Fig. 1).

자엽의 길이는 21일 재배후 C, R, BC구 등 3처리구 모두 5.06 ~ 5.69 cm로 큰 차이는 나타나지 않았으나, 대체로 대조구인 C

Table 2. Plant growth-promoting effects of the watermelon-rootstock gourd by antagonistic bacterium, *Bacillus* sp. YJ-3.

	Culture time (days)	Hypocotyl length(cm)	Cotyledon length(cm)	Dry weight(mg/plant)		
				Hypocotyl	Root	Total
C	7	2.03±0.15	3.51±0.13	36±0.46	15±0.67	55±1.13
	14	3.81±0.18	4.56±0.18	68±0.74	32±0.57	135±2.22
	21	7.33±0.18	5.06±0.14	132±0.36	46±0.48	289±2.10
	28	10.32±0.27	4.48±0.15	185±0.67	52±0.87	360±5.62
R	7	2.06±0.14	4.53±0.15	37±0.73	17±1.13	72±1.43
	14	4.21±0.17	5.02±0.16	76±0.73	38±1.08	164±3.14
	21	8.45±0.15	5.43±0.18	152±0.78	54±0.99	357±4.36
	28	11.04±0.27	5.39±0.19	198±0.89	64±2.87	464±6.17
BC	7	2.09±0.14	4.57±0.13	37±0.95	19±0.88	74±2.14
	14	4.43±0.15	5.44±0.18	80±0.48	48±0.94	187±3.85
	21	8.75±0.28	5.69±0.15	158±0.84	63±1.17	388±4.14
	28	12.06±0.15	5.57±0.15	217±0.66	75±2.86	524±6.22

C, commercial bed soil("Bio" , Hungnong Seeds Co.)
R, mixed bed soil with the commecial microbial inoculant("R-safe" , Hungnong Seeds Co.)
BC, mixed bed soil with the microbial inoculant using *Bacillus* sp. YJ-3
All values are mean ± SD of triplicate samples.

Fig. 1. Growth promotion of the watermelon-rootstock gourd. C, commercial bed soil("Bio" , Hungnong Seeds Co.); R, mixed bed soil with the microbial inoculant("R-safe" , Hungnong Seeds Co.); BC, mixed bed soil with the microbial inoculant using *Bacillus* sp. YJ-3. Watermelon-rootstock gourd plants were grown in green house for 28 days.

에 비해 R과 BC구에서 자엽이 크게 보였으며 전체적으로 건전한 모습을 하였다. 전체적인 신장과정은 하배축의 신장 생장과 마찬가지로 파종 14일째부터 21일째까지 급격한 생장을 보였으나 21일째부터 생장속도가 약간 둔화되는 경향을 나타내었다.

자엽은 본엽이 전개되어 식물체가 독립 영양생장을 시작하기 전까지 필요한 양분을 일시적으로 저장하고 있는 기관이므로 접목작업시 대목의 본엽을 제거해 버리기 때문에 접수 후 본엽이 전개되기 전까지 오랜기간 동안 양분 공급원으로서의 역할을 해야하므로 자엽의 길이나 면적이 클수록 유용 대목으로 인정받는 것으로 알려져 있다(9).

전식물의 건물중은 재배 28일째에 C구가 360 mg/plant, BC구가 464 mg/plant, BC구가 524 mg/plant로 나타나 BC구가 C구 및 R구에 비해 각각 46% 및 13%의 생육촉진효과가 있음이 인정되었다. 하배축의 건물중은 C구가 185 mg/plant, R구가 198 mg/plant, BC구가 217 mg/plant로 나타나 BC구가 C구 및 R구에 비해 각각 32 및 19 mg/plant가량 증가하였다. 뿌리의 건물중은 C구가 52 mg/plant, R구가 64 mg/plant, BC구가 75 mg/plant로 나타나 BC구가 C구 및 R구에 비해 각각 23 및 11 mg/plant 가량 증가하였고, 잔뿌리의 수도 BC구가 C구에 비해 월등히 많았다.

참박 생육촉진 미생물인 길항균 YJ-3의 동정 및 각종 병원균에 대한 길항력 조사

수박 만할병균에 길항하는 분리주 YJ-3 균주는 Fig. 2와 같이 간균의 gram 양성균이며, MIDI system으로 동정한 결과 *Bacillus ehimensis*.(유사도 : 0.869)로 동정되어 *Bacillus* sp. YJ-3로 명명하였다. 수박 만할병균 이외의 타 수박 병원균에 대한 *Bacillus* sp. YJ-3의 길항력을 조사한 결과 *Alternaria cucumerina*에 대해서는 86%, *Botrytis cinerea* 90%, *Colletotrichum orbiculare* 94%, *Didymella bryoniae* 98%, *Rhizoctonia solani* 91%, *Fusarium oxysporium* 99%의 길항력을 나타내었다(Table 3). 또한 *E. coli* 등의 일반 세균에 대해서도 약간의 길항력을 나타내었으며, 수박 병원성 진균이외 타작물의 병원성 진균에도 효과가 높게 나타나 주로 병원성 진균에 강한 길항력을 나타내는 균주임을 확인하였다(데이타 미제시).

상기 결과에 따라서 박 덩굴쪼김병균에 길항하는 *Bacillus* sp. YJ-3 균주는 각종 진균 및 세균에 길항력을 가지고 있으면서 동

Table 3. Antagonistic effects of *Bacillus* sp. YJ-3 on the watermelon-rootstock gourd pathogens.

Phytopathogenic fungi	%, inhibition of mycelial growth[a)]
Alternaria cucumerina	86 ± 0.35
Botrytis cinerea	90 ± 0.23
Colletotrichum orbiculare	94 ± 0.61
Didymella bryoniae	98 ± 0.90
Rhizoctonia solani	91 ± 0.74
Fusarium oxysporum f. sp. *niveum*	99 ± 0.92

[a)] Inhibition diameter was obtained from clear zone method with 3 replications.
Each phytopathogenic fungi and *Bacillus* sp. YJ-3 was inoculated on PDA medium, the length between two strains being 5 cm. Observations were made 7 days after inoculation on PDA at 28℃.
Inhibition percentage(%) = length of clear zone (χ cm) ÷ 5 cm x 100. All values are mean ± SD of triplicate samples.

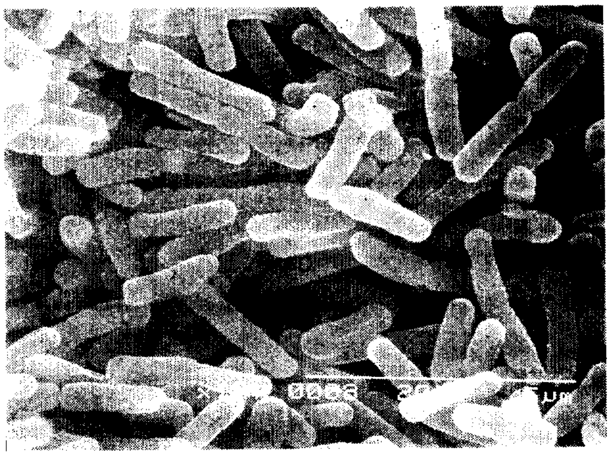

Fig. 2. Scanning electron microscopic photogram (x 2000) of the antagonistic bacterium *Bacillus* sp. YJ-3.

시에 PGPR 균주이므로 이를 이용하여 각종 병해의 생물학적 방제 및 생육촉진 효과를 동시에 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

외국에서는 이미 PGPR을 활용한 작물생장 촉진 및 생물학적 방제 연구로 감자[13]와 사탕무[14], 완두콩[15], 봄밀[16] 등에서 연구가 진행되어 부분적으로 제제화되고 있으나 우리나라에서는 아직 제제화된 경우가 없는 실정이므로 서둘러야 할 과제임이 틀림없다.

PGPR은 직접 또는 간접적인 메커니즘에 의해 식물의 생장촉진이나 수량의 증대를 가져온다. 이들은 대부분 siderophore를 생산하여 식물 뿌리 표면에 군집을 이루어 식물병원균의 생육을 억제시키며, fluorescent pseudomonads가 분비하는 siderophore에 의해 뿌리 주변의 철(Fe ion)을 킬레이트화하여 식물병원균의 clamydospore의 발아와 발아관의 신장을 억제함으로써 토양전염병을 감소시키는 동시에 기주식물의 근권정착능력을 촉진함으로써 작물의 성장을 양호하게 하여 수확량을 증대할 수 있는 특성을 가지고 있다[17]. 또한 공중 질소를 고정하거나, 불용성 인산을 가용화하고, auxins과 cytokinins, 에틸렌합성저해제(ethylene synthesis inhibitor)같은 식물 조절인자를 생산하여 식물체나 식물의 생육에 직접적으로 관여하는 경우가 대부분이다[18,19]. 본 연구에서 사용된 길항균 *Bacillus* sp. YJ-3 균주도 이러한 메커니즘 중 하나의 작용으로 식물 생육을 촉진시키는 것으로 사료된다.

본 연구는 *Bacillus* sp. YJ-3을 이용하여 수박 만할병원균의 생육억제효과 및 유모생산에서의 생육촉진현상을 조사하였다. *Bacillus* sp. YJ-3은 만할병균 외에도 *Alternaria cucumerina, Botrytis cinerea, Colletotrichum orbiculare, Didymella bryoniae, Rhazoctonia solani* 등의 병원성 진균에 대해서도 우수한 길항력을 나타내었기에, 계속되는 연구에서는 이들 병원균에 대한 포장에서의 병해방제효과 실험을 추진하고자 한다.

요 약

여러 작물 재배지 토양에서 각종 근권미생물을 분리하여 이들 분리미생물 중 수박 만할병균인 *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*(KCCM34741)에 길항하는 미생물인 YJ-19, YJ-45, YJ-3 등 12 균주를 분리하였다. 길항미생물들은 MS agar 배지 실험 및 미생물제제 첨가 상토 실험에서 모두 참박의 발아율을 향상시켰으며, 이들 중 분리주 YJ-3 균주는 참박의 발아율과 초기생육에 가장 큰 영향을 주는 미생물로 선별되었다. YJ-3 균주를 제제화하여 참박 재배 기간별로 식물체 생육실험을 행한 결과 대조구인 일반상토 및 시판 미생물혼합 상토 보다 각각 46%와 13%정도 생육을 촉진하는 것으로 나타났다. 분리주 YJ-3 균주는 간균의 gram 양성균으로서 *Bacillus* sp.로 동정되었다. *Bacillus* sp. YJ-3은 수박 만할병균인 *F. oxysporum* f. sp. *niveum*에 대해 강한 억제효과를 나타내었고, 그외 수박 병원균인 *Alternaria cucumerina, Botrytis cinerea, Colletotrichum orbiculare, Didymella bryoniae, Rhazoctonia solani* 등에서도 우수한 길항력을 나타내어 본 *Bacillus* sp. YJ-3 균주는 수박 만할병균에 길항하는 동시에 참박의 생육을 촉진하는 미생물로 확인되었다.

사 사

본 연구는 2000년도 상주대학교 산업과학기술연구소 연구비 지원에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 농촌진흥청. (1994) 작목별 작업단계별 노동력 투하시간. p.56.
2. 森本隆夫. (1978) コウカオの採種技術. 野菜の採種技術. そ菜種子生産研究會編. 誠文堂新光社. p.238-242.
3. 長修. (1989) コウカオ. 農業 技術大系.野菜編. 農山漁村文化協會. 11, 645-651.
4. 유근창, 김종화, 용영록, 이상호. (1996a) 대목용 박 과실의 성숙정도와 후숙기간이 종자 발아에 미치는 영향. 한국원예학회지. 37, 197-200.
5. Bewley, J. D., and M. Black. (1985) Seeds: Physiology of development and germination. Plenum Press, New York. p.89-134.
6. Bradford. K. J. (1986) Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions, *Hort. Sci.* 21, 1105-1112.
7. Bradford, K. J., D. M. May, B. J. Hoyle. Z. S. Skibinski, S. T. Scott and K. B. Tyler. (1988) Seed and soil treatment to improve emergence of muskmelon from cold or crusted soils, *Crop Sci.* 28, 1001-1005.
8. 유근창, 김종화, 용영록, 이상호. (1996b) Priming 처리가 박 종자 발아율 향상에 미치는 영향. 한국원예학회지. 37, 42-46.

9. 전경수. (1997) 상토 함수량이 수박대목용 참박의 초기생육에 미치는 영향. 경상대학교 대학원 농학석사학위 논문.

10. Kloepper, J. W. (1991) Plant growth promoting rhizobacteria as biological control agents of soil-borne disease. p142-152 in : The biological control of plant disease. J. Bay-Peterson, ed. Food and Fertilizer Technology Center, Taiwan.

11. Tang, W. H. (1994) Yield-increasing bacteria(YIB) and biocontrol of sheath blight of rice. In Improving plant productivity with rhizosphere bacteria. Edited by Ryder, M. H., Stephens, P. M. and Bowen, G. D. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Adelaide, Australia. p.267-278.

12. 박창석. (1995) 저온성 근권미생물과 생물학적 방제 미생물 자원개발 연구. 농업논문집 37, 119-129.

13. Kloepper, J. W., Schroth, M. N., and Miller, T. D. (1980) Effect of rhizosphere colonization by plant growth promoting rhizobacteria on potato plant development and yield, *Phytopathology.* 70, 1078-1082.

14. Suslow, T. V., and M. N. Schroth. 1982. Rhizoctonia of sugar beets: Effect of seed application and root colonization on yield. Phytopathology. 72, 199-206.

15. Dandurand, L. M., and Knudsen, G. R. (1993) Influence of *Pseudomonas fluorescens* on hyphal growth and biocontrol activity of *Trichoderma harzianum* in the spermosphere and rhizosphere of pea, *Phytopathology.* 83, 265-270.

16. Shivanna, M. B., Meera, M. S. and Hyakumachi, M. (1994) Sterile fungi from zoysia grass rhizosphere as plant growth promoters in spring wheat, *Can. J. Microbiol.* 40, 637-644.

17. Neilands, J. B. and Leong, S. A. (1986) Siderophores in relation to plant growth and disease, *Annu. Rev. Plant Physiol.* 37, 187-208.

18. Brown, M. E. (1974) Seed and root bacterization. Annu. Rev. Phytophathol. 12, 181-197

19. Glick, B. R., Jacobson, C. B., Schwarze, M. M. K. and J. J. Pasternak. (1994) 1-Aminocyclopropane -1-carboxylic acid deaminase mutants of the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 do not stimulate canola root elongation, *Can. J. Microbiol.* 40, 911-915.