

생강 균경썩음병 길항균 *Bacillus polymyxa* 'HB26-5' 균주의 배양적 특성 및 제형화

이두구, 심재성¹⁾, 심형권, 이용훈, 박홍규
호남농업시험장, 배재대학교¹⁾

Incubational Characteristics of *Bacillus polymyxa* 'HB26-5' Antagonistic to Ginger Rhizome Rot and Its Formulation

Du-Ku Lee, Jai-Sung Shim¹⁾, Hyeong-Kwon Shim, Yong-Hoon Lee, Hong Kyu Park

National Honam Agricultural Experiment Station, R.D.A., Iksan 570-080, KOREA

¹⁾College of Natural Science, Pai Chai University, Taejon 302-735, KOREA

ABSTRACT

The availability of *Bacillus polymyxa* 'HB 26-5' as a biological control agent was investigated. The antagonistic bacteria *Bacillus polymyxa* 'HB 26-5' grew well on the media at pH 7.0 and the optimum growth temperature was 25°C. The pH of the media changed to weak acid(pH 6.1~6.5) at the beginning of incubation, but to weak alkali(pH 7.8~8.2) at 7 days after incubation. The best carrier to enhance colonization of the bacteria were the mixture of rice bran and peat, or rice bran and kaoline, in those formulation the density of the bacteria was changed slightly, though the density was beginning to decrease 3 weeks after application at field. In view of the physical characteristics of the formulation for the density maintenance during storage such as the hardness and the size, the best one was the formulation consisted of sodium alginate 2%, kaolin 15% and rice bran 3%.

Key Words : Ginger rhizome rot, *Bacillus polymyxa*, Biological control, formulation

서언

생강의 원산지는 아열대지방으로 고온다습한 환경에서 생육이 좋다. 또한 생강에 피해를 주는 병·해충도 기주의 생육환경과 같은 고온다습한 환경에서 발생이 심하다. 특히 *Pythium zingiberum*에 의해 발생하는 균경썩음병은 생강 재배 중 6월 하순부터

9월중순까지의 고온기에 가장 큰 피해를 주는 병이다.

근경썩음병은 주로 화학적 방제에 의존하고 있다. 그러나 생강의 특성상 약제가 토양에 도달하기가 매우 어려워 방제 효과가 매우 낮은 실정이다. 또한 화학적 방제는 토양오염 뿐 아니라 병원균이 약제 내성을 얻게 되면 방제효과가 떨어지며, 수확 후 농약 잔류 등으로 품질의 저하가 우려된다. 따라서

Corresponding author: 이 두 구, 우.580-080, 전북 익산시 송학동 호남농업시험장 식물환경과
E-mail: leedk@nhaes.go.kr

토양환경 보존 뿐 아니라 안전농산물 생산을 위해 생물적 방제에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

생물적 방제는 1921년 Hartely가 토양에서 분리한 곰팡이를 이용하여 소나무 모잘록병 방제를 시도한 것이 처음이며, Weindling(1932)은 병원균 *Rhizoctonia solani*에 *Trichoderma viride*균이 기생하는 현상을 보고하였다. 그 이후로 수많은 연구가 있었으나 주로 곰팡이는 *Trichoderma*와 *Gliocladium*, 세균은 *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Bacillus* 및 방선균 등에 대한 연구가 이루어져 왔다.

*Bacillus*에 의한 생물적 방제 연구는 Celino 등(1952)^[1] *Bacillus polymyxa*에 의한 토마토 시들음병 발병 억제를 보고하였으며, Schonbeck 등(1971)이 *B. subtilis* var. *niger*의 *Phoma betae*균에 대한 길항작용을 모의 토양을 이용하여 실험하였고, Olsen과 Baker(1968)은 *Bacillus*가 *Rhizoctonia solani*의 균사를 분해하므로써 후추 잘록병 발생을 억제한다고 하였다. Hall 등(1984)은 *Verticillium* 시들음병에, Dunleavy(1955)는 사탕무 잘록병에, Aldrich 등(1970)은 *Fusarium roseum* f. sp. *dianthi*에 대하여 *B. subtilis*를 이용하므로써 발병이 억제되고 뿌리 및 줄기가 신장됨을 보고하였다. Fravel 등(1977)은 조절된 환경에서 *B. cereus* subsp. *mycoides*를 이용하여 담배 갈색점무늬병을 방제하였으며, Gupta 등(1986)은 *E. aerogens*와 *B. subtilis*를 혼합한 길항균 제제를 처리하였을 때 사과나무 역병에 대하여 방제효과가 있다고 하였다.

본 연구는 길항세균 *Bacillus polymyxa*' HB26-5' 균을 이용하여 생강 근경썩음병에 대한 생물적 방제의 가능성을 알아보기 위해 배양적 특성을 조사하고 제형화, 토양 정착율을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 생강은 전북 완주군 봉동읍에서 구입하였으며, 종강은 깨끗하고 수분이 적당히 함유된 모래에 묻어 상온에 저장하면서 각종 실험에 사용하였다. 풋트실험은 1/2500 와그너 풋트를 사용

하였으며, 풋트당 3개의 종강을 파종하여 재배하였다.

길항균주는 호시에서 분리(*B. polymyxa* 'HB26-5')하여 동결건조된 상태로 보관한 것을 사용하였다.

길항세균의 대량증식을 위한 배양적 특성 조사

선발된 길항균의 배양에 미치는 pH, 온도, 탄소원의 영향을 조사하였다. 기본 배지는 PDA(potato 300g, sucrose 20g, peptone 5g, Na₂HPO₄ 12H₂O 2g, Ca(OH)₂ 4H₂O 0.5g/l D.W.)를 이용하였다. 인산 완충 용액(KH₂PO₄ 및 Na₂HPO₄)을 이용하여 pH를 5.0부터 8.0까지 0.5간격으로 조절한 배양액에 길항균을 1.3 × 10⁴cell/ml 농도로 접종한 다음 30℃로 분당 60회씩 회전하는 진탕항온기에서 배양하여 배양기간별로 길항균의 밀도를 측정하였고, 배양액의 pH의 변화를 측정하였다. 또한 배양온도 5~45℃, pH 6.0으로 조절한 배양액에 4.2 × 10⁴cell/ml 농도로 길항균을 접종하여 배양온도별 길항균 밀도를 측정하였다.

탄소원이 길항균의 생육에 미치는 영향을 알아보기 위해 M523액체배지(sucrose 10g, casein enzymatic hydrolysate 8g, yeast extract 4g, K₂HPO₄ 2g, MgSO₄ · 7H₂O 0.3g/l D.W.)에서 sucrose를 제외한 것을 기본으로 하고, 탄소원을 sucrose, glucose, sorbitol, mannitol, starch를 각각 첨가하여 제조한 다음 길항균을 1.9 × 10⁴cell/ml의 농도로 조절하여 접종하고 30℃의 항온기에 배양하면서 배양기간별 길항균의 농도를 조사하였다.

길항균의 제형화

길항균의 제형화를 위해 배양액을 10,000rpm으로 15분간 원심분리(DuPont Sorvall 6000B) 하여 회수한 다음, 멸균수에 희석한 후 다시 원심분리하여 길항균을 얻었다. 제형은 Lewis와 Papavizas(1987)의 방법을 기본으로 하여 sodium alginate 2% 수용액에 길항균과 증량제, 유기물 등을 혼합하여 calcium gluconate 0.2M 용액에 떨어뜨려 응고시켜 만들었다. 길항균의 보호제로 xanthan gum 0.05%를 첨가하였다. 증량제는 카올린 10%, 15%, 20%, 피트 10%를 각각 사용했으며, 유기물로는 쌀겨 3%를 혼합하였다.

이렇게 만들어진 길항균 제형의 경화정도, 제형지름, 무게를 측정하였고, 제형을 polyvinyl 봉지에 넣어서 밀봉하여 5°C에 저장하면서 밀도변화를 조사하였다. 이를 위해 제형 1g을 10cc의 멸균수에 넣고 무균적으로 마쇄하여 적정 농도로 희석하여 PDA를 이용하여 농도를 측정하였다.

근권토양 정착율 조사

길항균의 토양정착율 조사를 위해 항생제 내성돌연변이체를 유도하였다. 항생제는 streptomycin sulfate를 이용하였고, 1ppm부터 점차 농도를 높여가며 100ppm까지 내성을 유도하였으며, 병원균과 대치배양하여 원(HB 26-5)균과 항생제 내성 길항균의 길항력을 비교하였다.

항생물질 내성 길항균을 토양에 처리했을 때 밀도변화는 토양을 멸균하여 토양 100g당 5g(제형, 3.5×10^6 cfu/g)을 처리하고, 길항균 혼탁액은 토양100g당 5cc(10^8 cfu/ml)의 혼탁액을 처리하여 1주 후부터 2주 간격으로 7주까지 조사하였다. 이 때 길항균이 처리된 토양은 풋트에 넣어 상온에 저장하면서 건조되지 않도록 적당히 수분을 공급하였다. 길항균 밀도조사는 여러 곳에서 채취한 토양을 혼합한 후 1g을 취하여 100cc의 멸균수에 30분간 진탕시켜 토양으로부터 충분히 분산시켰다가 streptomycin sulfate 100ppm을 첨가한 PDA를 이용하여 희석평판법으로 실시하였으며, 30°C의 항온기에서 3일간 배양한 후 콜로니 수를 측정하여 산출하였다.

길항균을 포장에 처리했을 때의 밀도변화를 조사

하기 위해 ml 당 10^8 cfu의 농도로 조절된 항생제 내성 길항균 배양액을 쌀겨와 1:1로 혼합하여 30°C의 항온기에서 1일간 후배양하고, 길항균 농도를 10^9 cfu/g으로 조절하여 포장 m² 당 1kg을 처리하였다. 길항균 밀도조사는 1주, 3주, 6주, 12주에 길항균이 처리된 토양을 임의로 3지점에서 일정량을 취하여 충분히 혼합한 다음 1g을 100ml의 멸균수에 넣어 30분간 진탕하여 희석평판법으로 측정하였다.

길항균 처리에 의한 생강 균경썩음병 방제효과

제형화된 길항균의 병 방제효과 조사는 지름 25cm(1/2500a)의 풋트를 이용하였으며, 먼저 병에 걸린 생강을 중앙에 파종한 다음 풋트당 4주의 생강을 심고 주당 20g의 펠렛을 처리하여 발병 유무를 조사하였다. 이 때 펠렛 1g당 길항균은 3.5×10^6 cfu의 농도였으며, 25~30°C의 온실에서 10일 간격으로 30일까지 조사하였다. 각 처리별로 10반복하여 발병률을 산출하였다.

결과 및 고찰

길항균 대량증식을 위한 배양적 특성

길항균을 pH5.0부터 8.0까지 0.5 간격으로 배양했을 때 pH7.0의 중성배지에서 가장 증식이 잘 되었다. 배양기간별로 보면 3일째부터 급격히 증식속도가 빨라지고 5일 후부터는 증식속도가 둔화되어 증식곡선이 전형적인 sigmoid양상을 나타냈다(Table 1). 또한 배양기간 동안 배지의 산도 변화를 조사한 결

Table 1. Effect of pH on the multiplication of *Bacillus polymyxa* 'HB 26-5' on potato synthetic broth medium.

Incubation period (day)	Density of <i>B. polymyxa</i> 'HB26-5' ($\times 10^8$ cells/ml)						
	5.0 ¹	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
1	0.02	0.02	0.04	0.07	0.08	0.05	0.02
2	2.75	3.50	3.75	3.77	3.51	3.25	3.26
3	13.53	21.02	29.52	42.56	17.08	14.04	11.08
4	32.05	32.58	41.04	43.52	49.03	25.54	11.87
5	45.02	49.56	53.08	61.02	72.08	66.04	41.03
6	46.25	43.45	54.58	63.25	71.86	65.42	39.24
7	48.25	46.53	58.04	62.48	73.06	64.43	42.82

¹ pH of potato synthetic broth medium before inoculated, initial concentration was 1.3×10^4 cells/ml.

Table 2. Daily fluctuation of pH by incubation of *Bacillus polymyxa* 'HB26-5'.

Incubation period(day)	pH of media						
	5.0 ¹	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
1	6.14	6.24	6.26	6.28	6.36	6.42	6.48
3	7.35	7.30	7.32	7.53	7.57	7.33	7.39
5	7.36	7.30	7.42	7.39	7.43	7.40	7.69
7	7.90	7.87	8.04	8.10	7.97	8.11	8.13

¹ pH of potato synthetic broth medium before inoculated, pH was adjusted by phosphate buffer.

과, 배양 1일 후 모든 배양액의 산도가 pH 6.1~6.5의 약산성으로 되었다가 배양기간이 지남에 따라 점차 알칼리성으로 변화하여, 배양 7일 후에는 대부분 pH 7.8~8.2로 변하였다(Table 2). 이것은 *Pseudomonas* sp.는 산도를 약알칼리성으로 변화시킨다는 보고(李, 1986)와 비슷한 경향이었다.

길항균의 배양 적온을 조사하기 위하여 15℃부터 35℃까지 5℃ 간격으로 배양했을 때 20℃부터 30℃ 까지 증식이 잘 되었으며 25℃에서 가장 좋았다 (Table 3). 김 등(1988)에 의하면 고추 역병의 생물적

방제에 사용된 길항균인 *B. polymyxa*(AC-1)균주는 28℃의 온도와 pH 7.0의 산도에서 증식이 잘된다고 하였는데, 본 시험에 사용된 HB 26-5 균주보다 증식 온도가 약간 높았을 뿐 비슷한 배양적 특성을 나타냈다.

길항균 HB 26-5 균주를, sucrose를 제외한 M-523 배지를 기본으로 하여 몇 가지 탄소원에 대한 이용성을 조사한 결과 Table 4과 같이 sorbitol을 첨가했을 때 다른 영양원 첨가구에 비해 10배 정도 높은 증식율을 보였으며, sucrose 및 glucose를 첨가한 배지

Table 3. Effect of temperature on the multiplication of *Bacillus polymyxa* 'HB26-5' in potato synthetic broth medium.

Incubation period(day)	Density of <i>B. polymyxa</i> 'HB26-5' (cells/ml) ¹				
	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃
1	4.1×10^5	6.2×10^5	6.8×10^6	8.9×10^6	8.1×10^6
2	3.6×10^6	2.4×10^6	6.5×10^7	7.8×10^7	6.3×10^7
3	8.2×10^8	6.8×10^8	5.7×10^9	2.6×10^9	6.2×10^9
4	2.9×10^9	6.5×10^9	4.9×10^{10}	2.9×10^{10}	3.8×10^9
5	5.2×10^{10}	5.9×10^{10}	9.1×10^{10}	8.4×10^{10}	6.4×10^9

¹ The concentration of 4.2×10^4 cells/ml was inoculated.

Table 4. Effect of carbon source on the multiplication of *Bacillus polymyxa* 'HB26-5' .

Carbon source	Density of <i>B. polymyxa</i> 'HB26-5' (cells/ml) ¹			
	1 DAI ²	2 DAI	3 DAI	4 DAI
Control	1.1×10^6	4.7×10^7	6.4×10^8	6.7×10^8
Sucrose	3.2×10^6	7.4×10^7	4.8×10^{10}	7.4×10^{10}
Glucose	2.4×10^6	8.2×10^7	6.4×10^{10}	7.9×10^{10}
Sorbitol	5.1×10^6	2.8×10^7	3.5×10^{11}	7.9×10^{11}
Mannitol	2.6×10^6	6.4×10^7	5.0×10^{10}	6.9×10^{10}
Starch	2.8×10^6	6.5×10^7	8.7×10^9	3.0×10^{10}

¹ Sucrose exempted Liquid M523 was used as basic medium, initial concentration was 1.9×10^4 cells/ml.

² Days after inoculation.

에서도 증식이 잘 되었다. Kim(1995)은 Vitek system 을 이용하여 sorbitol 반응은 음성이라고 하였으나, 본 균주는 sorbitol을 이용할 가능성이 크다고 생각된다.(Table 3,4)

길항균 제형화

길항균을 균권토양에 처리했을 때 균체가 부착하여 토양정착을 도와주고 길항력의 유지에 도움을 주는 담체(carrier)를 선발하기 위하여 몇 가지 유기물을 배지에 혼합 배양하여 길항균의 밀도변화를 조사하였다. 그 결과 쌀겨 혼합배지에서 가장 증식이 잘 되었고 밀기울도 양호하였으며, 퍼트를 혼합한 배지는 좋지 않았다(Table 5). 유(1988)는 쌀겨를 담체로 사용했을 때 길항세균 *P. fluorescens*의 증식이 잘 되었다고 하였다. 또한 文 등(1990)은 *P. gladioli* 균이 밀기울에서 증식이 잘 된다고 한 바 있다. 그러나 본 시험에 사용된 길항균과 같은 *B. polymyxa* 균으로 동정된 길항균 AC-1에 대한 실험에서 金(1995)은 담체로

Table 5. Effect of organic matters on the multiplication of *Bacillus polymyxa* 'HB26-5' .

Organic matter	Density of <i>B. polymyxa</i> 'HB26-5' (cells/ml) ¹		
	1 DAI ²	2 DAI	3 DAI
Rice bran	2.8×10^4	4.1×10^5	1.2×10^7
Wheat bran	3.2×10^4	2.4×10^5	5.6×10^6
Saw dust	2.9×10^4	1.8×10^5	3.2×10^6
Peat	2.4×10^4	9.0×10^4	2.6×10^5

1 Organic matters were mixed in the equal volume of PD broth, initial contration was 1.8×10^4 cfu/g.

2 Days after inoculation.

Table 6. Physical characteristics according to formulation materials of *Bacillus polymyxa* 'HB26-5' .

Formulation material ¹	Hardness	Diameter (mm)	Weight (g/granule)
Sodium alginate 2%	Good	5.35	0.10
Sodium alginate 2%+kaolin 20%	Good	5.72	0.15
Sodium alginate 2%+kaolin 15%+rice bran 3%	Good	5.13	0.11
Sodium alginate 2%+peat 10%+rice bran 3%	Poor	6.68	0.20
Sodium alginate 2%+peat 10%	Medium	6.12	0.15

1 Each formulation contained 0.05% xanthan gum.

2 *B. polymyxa* 'HB26-5' and carrier were mixed in 2% sodium alginate solution and dropped in 0.2M calcium gluconate solution for formulation.

밀기울, 왕겨, 이탄, 미루나무 텁밥에서 균의 증식이 양호하다고 하여 본 시험결과와 다소 차이가 있었다.

배양된 길항균을 제형화했을 때 토양에 처리하기 쉽고, 토양 처리 후 건조 또는 pH의 변화 등 급격한 환경변화로 인한 길항균의 사멸을 방지하여 균권 정착율을 높일 수 있다. 본 실험에서는 카올린, 퍼트, 쌀겨를 담체로 선발하고, Kloeppe 등(1981)이 guar gum 등 10종의 분산매를 분말 제형에 혼합한 후 길항균의 밀도를 조사한 결과 xanthan gum이 가장 좋다고 하여 각 제형에 xanthan gum을 혼합한 다음 알긴산 나트륨을 이용하여 고형화하였다. 이 때 제형의 경화정도는 카올린을 15~20% 혼합하였을 때 양호하였으며, 퍼트 10%를 혼합한 경우 경화가 잘 되지 않았다. 제형의 크기는 카올린 15%에 쌀겨 3%를 혼합한 경우 가장 작아 처리하기가 적당하였다 (Table 6).

제형화된 길항균을 5°C의 저온에 저장했을 때 어떤 제형에서 길항균의 밀도 감소가 가장 적은지를 조사한 결과는 Table 7과 같다. 담체를 혼합하지 않은 경우 3주 후부터 밀도가 감소하기 시작하여 가장 큰 밀도 감소를 보였다. 쌀겨 3%를 혼합한 경우가 혼합하지 않은 것보다 밀도가 덜 감소하였으며 담체로는 peat가 kaolin보다 길항균의 밀도 유지에 좋았다. 그러나 金(1995)에 의하면 길항균 *B. polymyxa* (AC-1)을 talc와 PSA 배지를 혼합하여 상온에 저장했을 때 6개월 이상 밀도가 유지된다고 했는데 본 실험에서는 저장기간이 그보다 길지 않았다. 李(1986)

Table 7. Maintenance of density of *Bacillus polymyxa* 'HB26-5' according to formulation materials when stored in polyethylene bag at 5°C.

Formulation material ¹	Density of <i>B. p.</i> 'HB26-5' (cfu/ml)			
	1 WAI ²	3 WAI	5 WAI	7 WAI
Sodium alginate 2%	5.8×10^7	5.2×10^6	3.6×10^4	6.7×10^2
Sodium alginate 2%+kaolin 20%	7.4×10^7	5.8×10^7	8.2×10^4	9.5×10^2
Sodium alginate 2%+kaolin 15%+rice bran 3%	6.8×10^7	5.6×10^7	7.8×10^5	6.4×10^4
Sodium alginate 2%+peat 10%+rice bran 3%	8.2×10^7	5.9×10^7	6.1×10^6	7.4×10^4
Sodium alginate 2%+peat 10%	6.0×10^7	5.9×10^7	6.8×10^6	2.8×10^3

1 Each formulation contained 0.05% xanthan gum.

2 Weeks after inoculation.

는 talc를 처리하여 저장했을 때 길항세균의 감소를 지적하고 있다. 또한 Fravel 등(1985)은 alginate와 점토를 이용하여 길항균 *P. sepacia*를 캡슐화 했을 때 길항균의 밀도는 4주 후에 1/10~1/100로 감소한다고 하였다. 본 실험에서 사용된 길항균은 *Bacillus*이면서 생육이 양호하면 내생포자를 형성하지 않는 경우가 있어 장기간 저장을 위해서는 내생포자 형성 조건을 구명해야 할 것으로 생각된다.

근권토양 정착율

*Streptomycin sulfate*에 대한 내성이 유도된 길항균(HB26-51)의 길항력의 변화를 배지상에서 조사한 결과 원균주와 차이를 보이지 않았다. 또한 생육 중인 생강에 병원균과 길항균 제형을 접종하여 발병 유무를 조사한 결과, 30일 후 무처리구는 전 생강이 발병되었으나, 길항균 제형을 처리한 구에서는 15%

Table 8. Control of ginger rhizome rot by streptomycin sulfate resistant mutant.

Treatment	Disease incidence(%) ¹		
	10 DAI	20 DAI	30 DAI
Pellet ²	0	5	15
Fungicide ³	0	5	20
Control	30	70	100

1 Disease was induced by planting one infected plant on the center of four plant growing in pot(1/2500a).

2 *Bacillus polymyxa* 'HB26-51' was treated by 20g pellet(3.5×10^6 cfu/g) per plant.

3 Metalaxyl copper wettable powder(150ppm) was drenched.

의 발병주율을 보여 약제방제와 비슷한 방제효과를 볼 수 있었다(Table 8).

길항균(HB26-51) 제형을 멸균 토양에 처리했을 때 토양에서 길항균의 생존 기간을 조사한 결과(Fig. 1), 처리 직후에는 길항균 혼탁액을 처리한 경우 가장 길항균의 밀도가 높았으나 3주 후부터 급격히 감소하여 7주 이후에는 거의 사멸하였다. 그러나 카올린과 쌀겨를 혼합한 제형과 피트에 쌀겨를 혼합한 제형을 처리한 경우 7주 후까지 밀도 감소가 크지 않았다.

길항균(HB26-51)을 배양하여 쌀겨와 혼합한 분말 제형을 노지포장에 처리했을 때 길항균의 밀도는 3주까지 토양 1g 당 10^3 cfu의 접종농도를 유지하였으나 그 후 급격히 밀도가 감소하여 12주 후에는 분리된 비율이 매우 낮았다(Fig. 2). 그러나 길항균 혼탁액을 처리했을 때보다는 길항균 생존 기간이 길었는데 이는 쌀겨가 길항균의 수분공급을 돋고, 영양원으로 사용되어 토양서식을 도왔기 때문인 것으로 생각된다.

길항균(HB26-51)을 토양에 처리할 때는 제형이나 첨가물보다 토양조건의 영향을 더 받았다. 본 시험에서 실내에서 멸균토양에 처리했을 때보다 포장에 처리했을 때 길항균의 생존 기간이 짧았는데, 이것은 토양 내에는 많은 생물이 존재하고 경쟁이 심하기 때문이며, 또 노지포장에 처리 후 1개월 이상 강우가 없어 초기에 쉽게 정착하지 못한 데에 원인이 있었던 것으로 생각된다. 그러나 실제 포장에 처리할 경우에는 벗짚 등에 의해 직사광선을 피할 수 있

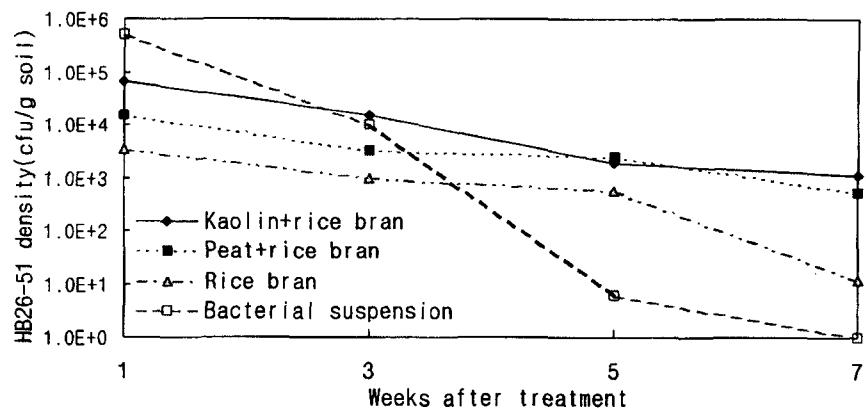


Fig. 1. Maintenance of *B. polymyxa* 'HB26-51' density after treatment in sterilized soil. Initial concentration was 3.5×10^6 cfu/g, pellet and 10^8 cfu/ml, suspension.

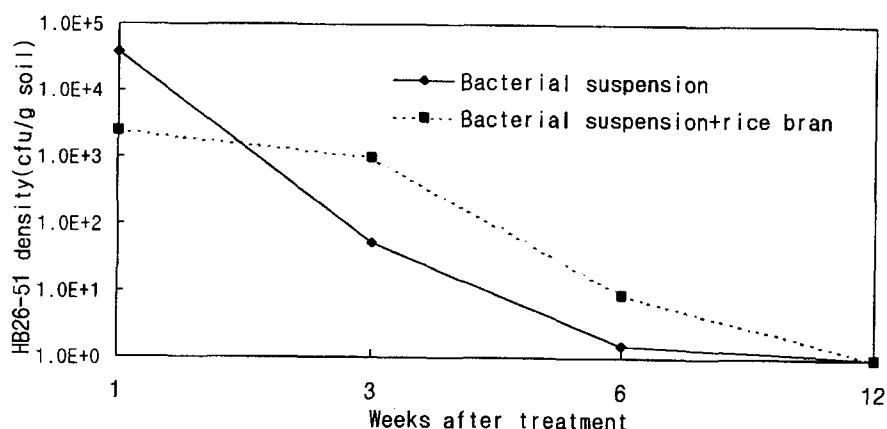


Fig. 2. Maintanance of *B. polymyxa* 'HB26-51' density after treatment in field. Initial concentration of the bacterial suspension was 10^8 cfu/ml, and the rice bran powder were mixed in the equal volume of the suspension and incubated for one day at 30°C .

고 수분이 어느 정도 유지되므로 훨씬 더 정착율이 높을 것으로 생각된다.

적 요

생강 균경썩음병 길항균 *Bacillus polymyxa* 'HB26-5' 균주를 이용한 생물적 방제 가능성을 알아보기 위한 배양적 특성 및 제형화, 균권정착률을 조사한 결과 배양적온은 25°C 였고, 배지의 산도는 7.0에서 생육이 좋았으나 시간이 지남에 따라 초기에는 pH 6.1~6.5의 약산성으로 되었다가 7일 후에는

pH 7.8~8.2의 약알칼리성으로 변하였다. 길항균의 토양정착을 돋기 위해 첨가된 유기물중 쌀겨와 퍼트 또는 쌀겨와 카올린을 혼합한 제제가 토양처리후 7주까지 길항균의 밀도 변화가 가장 작았다. 그러나 실제 노지포장에 처리하였을 경우 3주 후부터 밀도가 떨어지기 시작하였다. 제형의 경도, 크기 등 물리적 특성과 길항균의 밀도유지 등을 고려할 때 알긴산 나트륨 2%, kaolin 15%, 쌀겨 3%를 혼합한 제형이 가장 우수하였다.

인용문헌

- Aldrich, J.F. and R. Baker. 1970. Biological control of *Fusarium roseum* f. sp. *dianthi* by *Bacillus subtilis*. *Plant Disease Reporter*. 54-5 : 446~448.
- Celino, M.S., and D. Gottlieb. 1952. Control of bacterial wilt of tomatoes by *Bacillus polymyxa*. *Phytopathology* 42 : 4.
- Dunleavy, J. 1955. Control of damping-off of sugarbeet by *Bacillus subtilis*. *Phytopathology*. 45 : 252~258.
- Fravel, D.R., J.J. Marois, R.D. Lumsden, and W.J. Connick, Jr. 1985. Encapsulation of potential biocontrol agents in an alginic-clay matrix *Phytopathology* 75 : 774~777
- Fravel, D.R. and H.W. Spurr, Jr. 1977. Biocontrol of tobacco brown-spot disease by *Bacillus cereus* subsp. *mycoides* in a controlled environment. *Phytopathology*. 67 : 930~932.
- Gupta, V.K. and R.S. Utkehede. 1986. Factors affecting the production of antifungal compounds by *Phytophthora cactorum*. *J. Phytopathol.* 117(1) : 9~16.
- Hall, T.J., L.R. Schreiber, and C. Leven. 1984. Effect of *Bacillus subtilis* on *Verticillium* wilt in silver maple. *Phytopathol.* 74 : 805(Abstract).
- 金容基. 1995. 拮抗性 *Bacillus polymyxa*' AC-1' 에 의한 고추 痘病의 生物學 的 防除. 서울大學校 博士學位論文. pp. 78.
- 金容基, 崔庸哲, 柳甲喜, 李庚徽, 憲鏞華. 1988. 고추 痘病 防除用 拮抗微生物 에 의한 生物學的 防除.
- 農試論文集(作物保護篇) 30(3) : 8~18.
- Kloepper, J.W. and M.N. Schroth. 1981. Development of powder formulation of rhizobacteria for inoculation of potato seed pieces. *Phytopathology* 71 : 590~592.
- 李王休. 1986. テンサイ種子の バクテリゼーション に関する研究. 北海道大學大學院 博士學位論文. pp.153.
- Lewis, J.A. and G.S. Papavizas. 1987. Application of *Trichoderma* and *Gliocladium* in alginic pellets for control of Rhizoctonia damping off. *Plant Pathology* 36 : 438~446.
- 문명주, 노성환, 조종택. 1990. 길항세균 *Pseudomonas gladioli*를 이용한 떨기 시들음병의 생물적 방제. 韓植病誌 6(4) : 461~466.
- Olsen, C.M. and K.F. Baker. 1968. Selective heat treatment of soil, and its effect on the inhibition of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*. *Phytopathology*. 58 : 79~87.
- 柳甲喜. 1988. *Pseudomonas fluorescens*에 의한 몇 가지 菜蔬 土壤病의 生物的 防除에 관한 研究. 서울大學校 博士學位論文. pp. 111.
- Schonbeck, F. and W.A. Kreuzier. 1971. Nullification of antagonism of *Phoma batae* by *Bacillus subtilis* var. *niger* in soil and in simulated rhizosphere. *Phytopathology*. 61 : 1447~1450.
- Wendling, R. 1932. *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. *Phytopathology*. 22 : 837~845.

(접수일 1999. 9. 1)

(수리일 1999. 11. 5)