

상추 균핵병 생물적방제를 위한 *Brevibacillus brevis* B23과 *Bacillus stearothersophilus* B42의 선발

황지영 · 심창기 · 류경열 · 최두희 · 지형진*

농촌진흥청 농업과학기술원 친환경농업과

Selection of *Brevibacillus brevis* B23 and *Bacillus stearothersophilus* B42 as Biological Control Agents against *Sclerotinia* Rot of Lettuce

Ji-Young Hwang, Chang-Ki Shim, Kyung-Yeol Ryu, Du-Hoe Choi and Hyeong-Jin Jee*

Organic Farming Technology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology,

Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

(Received on November 7, 2006)

Bacillus spp. isolated from mushroom medium wastes were evaluated for their biocontrol potentials on control of *Sclerotinia* rot of lettuce. The *Bacillus* isolates were more effectively obtained from waste suspension when directly added into nutrient agar (NA) medium than plating on the agar medium. Totally 42 isolates obtained from the wastes B23 and B42 showed highest antifungal activity against eight fungal pathogens such as *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium ultimum*, *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Cladosporium cucumerinum*, and *Botrytis cinerea* and B23 and B42 were finally selected for further studies. Optimal concentration of the isolates was 10 ml (10⁷cfu/ml) to suppress the *Sclerotinia* rot of lettuce. Supplements such as starch, glycerol, and egg-yolk successfully maintained the bacterial population for 30 days *in vitro* and increased bio-control potentials against the disease. The bacterial isolate B23 alone showed 72% control value, furthermore it presented 95% control value when supplemented with 0.2% of starch, glycerol, and egg-yolk. The promising *Bacillus* isolates B23 and B42 were identified as *Brevibacillus brevis* and *Bacillus stearothersophilus*, respectively, based on morphological and physiological characteristics according to API database.

Keywords : *Bacillus*, Biological control, Lettuce, Mushroom waste, *Sclerotinia* rot

최근 들어 우리 국민들은 환경보존의 중요성에 대해 많은 관심을 갖고 있으며 식품의 안전성을 최우선적으로 요구하고 있다. 따라서 친환경농산물에 대한 수요가 급증하고 있는데 최근 3년 사이에 친환경농산물의 재배면적과 생산량은 각각 5배 이상으로 늘어나 2005말 현재 친환경농산물은 전체 농산물의 약 4%를 차지하고 있다. 특히 상추는 국화과 채소 중 가장 널리 재배되는 작물로 외국에서는 주로 샐러드용으로 이용되고 있으나 우리나라에서는 대부분 쌈용으로 시설에서 연중 재배되고 있는데 상추에 대한 소비자들의 식품안전성 기대는 매우 높다(지,

2005; 지 등 2006).

국내에서 상추는 대부분 시설에서 연중재배 되고 있다. 시설하우스재배는 재배환경을 조절하여 작물의 생장을 인위적으로 조장하는 것으로 작물의 생육상태나 재배 환경이 일반 노지재배와 달라 병해충의 발생양상도 다르다. 특히 수량을 높이기 위해 각종 가축분 퇴비와 화학비료를 많이 투입하게 되므로 토양의 물리성과 화학성 및 미생물상은 점차적으로 악화되고 연작으로 인한 토양전염성병해의 발생 등 각종 장애가 발생되고 있다. 엽채류에 발생하는 토양전염성 병해 중 *Sclerotinia sclerotiorum*에 의한 균핵병은 겨울철 저온 다습한 환경에서 발생이 심하며 기주 범위가 매우 넓어 상추뿐만 아니라 거의 모든 채소작물에 발생하고 각종 잡초에서도 기생하고 있으며 경제적 피해가 심각하다(Adams와 Ayers, 1979; Kim

*Corresponding author

Phone)+82-31-290-0557, Fax) +82-31-290-0507

E-mail) hjjee@rda.go.kr

과 Cho, 1998; Chang 등, 2003).

균핵병을 방제하기 위한 다양한 농약들이 개발되어 있으나 낮은 방제가와 잔류농약 문제 등으로 사용이 제한되고 있다. 이로 인해 국내외적으로 화학적방제 방법을 대신할 수 있는 다양한 방제방법들을 개발하고 있으며 특히 생물적방제를 위한 다양한 길항미생물들에 대한 연구가 활발하다. 본 연구는 버섯폐배지로부터 *Bacillus* 속 균을 분리하여 균핵병을 포함한 엽채류의 주요 식물병원균에 대한 생물적방제 가능성을 탐색하고자 수행되었다. 특히 상추를 포함한 엽채류의 겨울재배에서 가장 큰 피해를 입히는 균핵병원균에 대해 우수한 길항력을 나타내는 B23과 B42 균주를 선발하고 동정하였으며 이들의 길항력을 증진시키고자 유기농업에서 활용 가능한 첨가제를 선발하였다.

재료 및 방법

식물병원균. 실험에 사용된 식물병원균은 *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium ultimum*, *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Cladosporium cucumerinum*, *Botrytis cinerea* 등 8종으로 본 실험실에서 분리 동정하여 병원성을 확인한 균주들이다. 주요 식물병원균 8종은 PDA(Potato Dextrose Agar) 배지에서 배양하였고 배양조건은 병원균 최적생육조건(20-25°C 항온인큐베이터)에서 배양하였다. 1차 길항력 검증에 사용한 대장균은 형질전환용 기주로 이용하는 *Escherichia coli* DH5 α 를 Luria broth(LB) 배지에서 37°C 항온기에서 배양하여 사용하였다.

길항세균의 분리 및 선발. 버섯폐배지로부터 생물적방제인자로 많이 이용되고 있는 *Bacillus* 속의 길항세균을 분리하고자 신령버섯폐배지, 양송이폐배지, 느타리폐배지(계분 50% 함유)를 수거하여 3일 간 풍건하였다. 건조한 버섯폐배지 10 g을 멸균된 500 ml 삼각플라스크에 넣고 멸균증류수 100 ml를 가하여 55°C 진탕배양기에서 6시간 배양한 후 30분간 정제하였다. 버섯폐배지현탁액을 멸균증류수에 10⁻⁵까지 희석하여 55°C로 식힌 NA(Nutrient Agar)배지에 혼합하여 Petri dish에 일정량씩 분주하였다. 24시간 동안 배양한 *E. coli*, DH5 α 를 멸균증류수에 10⁻² 희석하여 100 μ l씩 폐배지현탁 배양기에 도말하여 30°C에서 항온기에서 48시간 이상 배양하여 생성된 저지원(clean zone)을 기준으로 형태적으로 *Bacillus* 속과 유사한 균주만을 1차 선발하였다.

선발된 균주들의 각 종 병원균에 대한 길항효과는 최소배지(Czapeck-dox medium)에서 *S. sclerotiorum*을 포함

한 8종의 식물병원균과 5일 간 대치배양한 후 병원균의 균사생장 저지원(inhibition zone)의 크기에 따라 다양한 병원균에 대해 넓은 길항력을 가지면서 예비 생물검정 시험에서 상추균핵병에 대한 방제효과가 높은 두 균주를 2차적으로 선발하였다.

길항세균 보조제 선발. 길항미생물의 길항력을 상승시킬 수 있는 보조제를 선발하기 위해 starch 0.2%, Glycerol 0.2%, egg yolk 0.2%를 시험에 사용하였다(Table 3). 길항균과 보조제를 단독으로 혼합한 처리와 길항균과 2-3종의 보조제를 혼합한 현탁액을 실온에서 30일 동안 저장하면서 시간의 경과에 따라 길항세균의 밀도에 어떠한 변화가 일어나는지 길항세균의 밀도를 조사하였다.

상추 유묘를 통한 길항력 검증. 시험에 사용한 상추는 '적치마(서울종묘)'로 원예용 상토(바로키, 서울바이오)에 파종하여 30일 정도 육묘하였다. PDA에서 자란 상추균핵병균을 corker borer(직경 8 mm)로 잘라내어 상추 1주당 2개 디스크씩 접종하고 습실 처리하여 발병을 유도하였다. 병원균을 접종하고 24시간 후에 길항균을 처리하였다. 2차적으로 선발한 길항세균은 NA 배지에서 30°C 항온기에서 2일간 배양 후, 길항세균 단독 및 기 선발한 보조제 용액에 현탁하여 처리농도를 상추 1주당 10 ml(1.5 \times 10⁷ cfu/ml)씩 상토에 관주하였다. 처리 후 24시간 간격으로 7일간 발병율을 조사하여 방제가로 환산하였다.

길항세균의 동정. 주요 식물병원균에 대해 넓은 길항력을 가지는 B23과 B42 균주의 생화학적 특성을 파악하고 동정하고자 *Bacillus*속의 당 이용성을 이용하여 간이 동정할 수 있는 API 50 CHB kit(BioMerieux, France)를 이용하였다. B23과 B42균주를 TSA(Tryptic soy agar) 배지에 도말 후 single colony를 LB 배지에 접종하여 24시간 배양한 것을 접종원으로 사용하였다. B23과 B42 배양액을 API 50 CHB에 접종 48시간 이후의 반응결과를 관찰하였다. 각 kit별로 노란색 혹은 초록색의 색깔변화를 보였는데 노란색인 경우는 kit별로 나타내는 각 당을 이용할 수 있다는 것을 보이는 표시이며, API 50 CHB에서 제시한 방법에 따라 나타난 생화학적인 특성을 API에서 제공하는 웹(www.API.com)의 database를 통해 분석하여 동정하였다.

결과 및 고찰

길항세균 분리 및 선발. 풍건한 버섯폐배지로부터 내성포자를 형성하는 *Bacillus*속 세균을 선택적으로 분리하기 위해 55°C 진탕배양기에서 6시간 이상 진탕하였으며 잡균의 증식을 최소화하기 위해 버섯폐배지 현탁액을 NA

Table 1. Number of isolates of *Bacillus* spp. obtained from mushroom media wastes and of antagonistic isolates against *E. coli* DH5 α or the eight important fungal plant pathogens

Waste media cultivated with	No. of <i>Bacillus</i> isolate		
	Total	Antagonistic to	
		<i>E. coli</i> DH5 α	Fungal pathogens ^a
<i>Agaricus blazei</i>	12	8	7
<i>Agaricus bisporus</i>	10	8	2
<i>Pleurotus ostreatus</i>	20	18	8

^aFungal pathogens tested were *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora capsici*, *Pythium ultimum*, *Fusarium oxysporum*, *Cladosporium cucumerinum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, and *Botrytis cinerea*.

Table 2. Sizes of clear zone formed by dual culture between selected 17 isolates of *Bacillus* spp. and fungal plant pathogens

Isolates	Inhibition zone formed by dual culture (mm) ^a								
	Rhiz ^a	Coll	Phyt	Pyth	Scle	Fus	Clad	Botr	
B2	3	15	10	0	10	2	10	0	
B3	1	20	3	0	10	4	13	3	
B4	5	25	19	4	10	5	12	12	
B10	9	21	22	1	12	12	21	12	
B11	2	19	16	0	8	4	13	8	
B14	4	9	9	0	7	4	10	6	
B20	5	10	12	0	10	4	10	7	
B23	6	15	17	2	11	12	13	11	
B24	5	20	20	2	10	12	16	10	
B25	7	19	17	2	11	12	15	12	
B30	4	7	13	0	9	1	10	9	
B37	4	17	12	0	7	1	10	9	
B38	6	21	24	2	11	12	16	13	
B39	8	17	15	3	11	10	16	10	
B40	7	18	20	2	12	11	15	11	
B41	9	16	17	3	10	12	15	12	
B42	8	22	25	2	9	13	16	8	

^aScle=*Sclerotinia sclerotiorum*; Rhiz=*Rhizoctonia solani*; Phyt=*Phytophthora capsici*; Pyth=*Pythium ultimum*; Fus=*Fusarium oxysporum*; Clad=*Cladosporium cucumerinum*; Coll=*Colletotrichum gloeosporioides*; Botr=*Botrytis cinerea*. Clear zone was measured 5 days after dual culture at 20-25°C.

배양기에 희석평판법에 의해 도말하지 않고 NA 배지에 직접 혼합하여 분주한 결과 출현한 전체 세균 수는 희석 평판법에 의한 것보다 훨씬 적었으나 형태적으로 *Bacillus* 속 세균이 분리될 확률이 높았다.

버섯폐배지에서 분리한 *Bacillus* 총 42균주 중 대장균 *E. coli* DH5 α 에 대하여 길항력을 보이는 1차 분리 균주 수는 신령버섯과 양송이폐배지에서 각각 8균주와 느타리

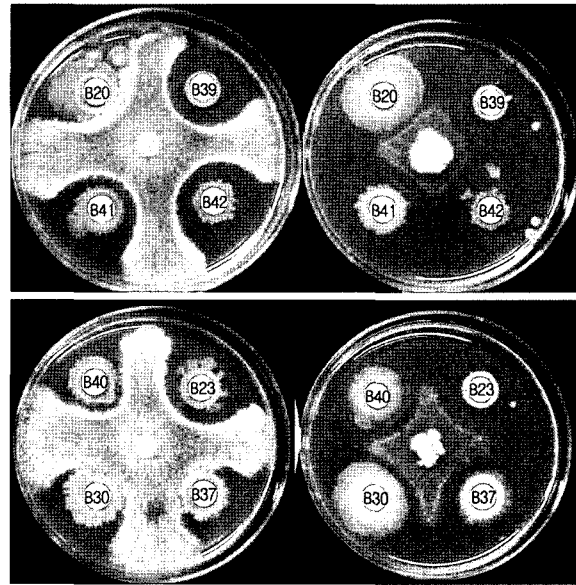


Fig. 1. Inhibition of mycelial growth of *Rhizoctonia solani* (left) and *Sclerotinia sclerotiorum* (right) by antifungal bacteria B23 and B42 on the Czapeck-dox medium.

폐배지에서 18균주 등 총 34균주를 선발하였다. 이들 중 8종의 주요 식물병원균과의 대치배양에서 우수한 길항력을 보이는 균주를 신령버섯 폐배지에서 7균주, 양송이 폐배지에서 각각 2균주, 느타리 폐배지에서 8균주 등 총 17 균주를 2차 선발하였다(Table 1).

2차 선발된 17개 균주 중 B10, B23, B42 균주 등은 탄저병균과 역병균에 대해 약 20 mm 내외의 저지원을 형성하였으며 균핵병균, 시들음병균, 검은별무늬병균, 잿빛곰팡이병균 등에는 10 mm 내외의 저지원을 형성하였으나 균사생장이 가장 빨랐던 *Pythium*에 대해서는 다소 미약한 항균력을 나타내었다(Table 2, Fig. 1).

이상의 결과로 대부분의 식물병원성 곰팡이에 대해 길항력을 가지고 배양기에서 생장이 우수하며 예비 생물검정에서 상추균핵병 방제효과가 높았던 B23과 B42균주를 최종 선발하여 다음 시험에 사용하였다.

길항세균 보조제 선발. 선발된 두 균주의 최적 접종농도를 조사하기 위해 농도별로 상추유묘에 접종한 결과 10⁷cfu/ml로 처리하였을 때 상추균핵병 방제효과가 가장 높았다(Fig. 2). 길항미생물의 안정화 및 길항력 상승을 위해 선발한 보조제를 단독 및 혼합한 용액에서 길항세균의 밀도는 30일 간 유지되거나 조금씩 증가되는 경향이 있었다. B23균주의 경우 0.2% starch 용액에 저장하였을 때 30일 동안 그 밀도가 일정하게 유지되었으며 대부분의 보조처리에서는 초기 밀도에 비해 2-3배 이상 증가하는 경향을 나타내었다(Table 3). B42의 경우는 0.2% starch

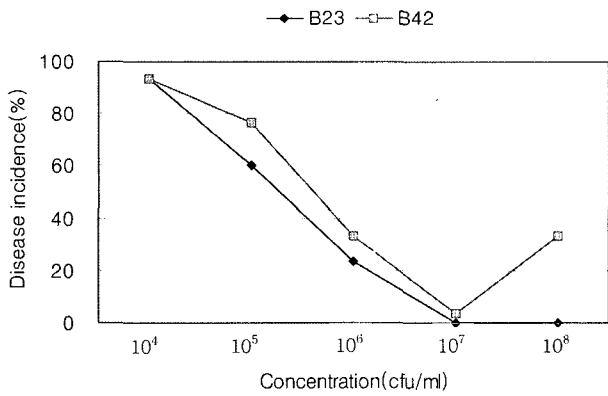


Fig. 2. Effects of population density of *Bacillus* sp. B23 and B42 on suppression of *Sclerotinia* rot of lettuce.

Table 3. Effects on supplements on population changes of selected antagonistic *Bacillus* spp. B23 and B42 at room temperature

Isolate	Supplement	cfu/ml with time course ($\times 10^5$)			
		0 d	9 d	16 d	30 d
B23	0.2% Starch	2.50	2.40	2.85	2.15
	0.2% Glycerol	2.50	5.25	4.20	9.05
	0.2% Egg Yolk	2.50	5.00	3.05	9.65
	0.2% Glycerol+0.2% Starch	2.50	5.95	5.60	7.65
	0.2% Glycerol+0.2% Egg Yolk	2.50	5.65	3.65	8.85
	0.2% Egg Yolk+0.2% Starch	2.50	4.70	6.40	5.35
	0.2% Egg Yolk+0.2% Starch+0.2% Glycerol	2.50	5.10	6.90	5.82
	B42	0.2% Starch	1.25	4.35	3.05
0.2% Glycerol		1.25	4.15	7.05	4.15
0.2% Egg Yolk		1.25	2.50	1.70	3.50
0.2% Glycerol+0.2% Starch		1.25	5.30	1.20	5.90
0.2% Glycerol+0.2% Egg Yolk		1.25	4.35	7.45	7.70
0.2% Egg Yolk+0.2% Starch		1.25	7.40	7.05	6.20
0.2% Egg Yolk+0.2% Starch+0.2% Glycerol		1.25	7.55	6.90	7.15

및 0.2% Egg yolk 처리에서 초기 밀도와 30일 후의 밀도의 변화가 심하지 않았으며 대부분의 처리에서는 9일째 밀도를 조사하였을 경우 초기밀도에 비해 3배 이상 증가하여 16일째는 약간 감소하였으나 30일까지 지속적으로 유지되는 경향이였다(Table 3).

상추 유품을 통한 길항력 검정. 무처리구의 상추균핵병 발병율은 100%였으며 B23와 B42 단독 처리구의 발병율은 각각 28%와 38%였다. 하지만 B23 균주를 각각 전분과 글리세롤 및 계란노른자 0.2%와 혼합 처리한 경우에는 발병율이 5% 이하로 나타나 길항세균 단독으로

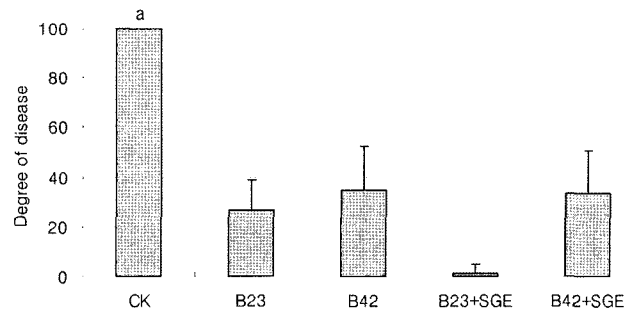


Fig. 3. Suppression of *Sclerotinia* rot of lettuce by *Brevibacillus brevis* B23 and *Bacillus stearothersophilus* B42 alone or combined with supplements at 10⁷ cfu/ml.

^aCK=Disease control; SGE=mixture of each 0.2% of corn starch, glycerol, and egg-yolk.

처리하였을 경우보다 상추균핵병에 대한 방제 상승효과를 나타내었다(Fig. 3). B42 균주는 단독처리와 전분 등의 보조제 동시처리 간에 큰 차이를 보이지 않았으며 B23에 비해 방제효과가 낮았다.

길항세균의 동정. 최종 선발된 B23과 B42를 API 50CHB(BioMerieux, France)에서 제시한 방법에 따라 나타난 생화학적 특성을 API에서 제공하는 웹(www.API.com)의 database를 통해 분석한 결과 B23균주는 *Brevibacillus brevis*와 95.3%의 유사도를 나타냈으며, B42균주는 *Bacillus stearothersophilus*와 99.9%의 유사도를 나타내었다. 이러한 특성들은 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology의 *Bacillus* 동정기준에 의해 B23균주는 *Brevibacillus brevis*로 B42균주는 *Bacillus stearothersophilus*로 동정하였다(Table 4).

B23은 gramicidin S(Murray 등, 1986)라는 항생물질을 분비하는 길항세균으로써 *Botrytis cinerea*(Edwards와 Seddon, 2001), *Cercosporidium personatum*(Zhang과 Reddy, 2001), *Fusarium graminearum*(Zhang 등, 2005) 등의 병원균에 대한 우수한 길항력을 나타내는 길항세균으로 알려져 있다. 또한 *Bacillus stearothersophilus*는 내성포자를 형성하며 pH(5.5-7.0), 온도(40-70°C), NaCl(0-1%) 등 여러 가지 조건에 안정한 성질을 가지고 있는 것으로 보고되어 있다. 특히 내열성포자를 형성하기 때문에 고온처리에 의한 멸균정도를 알아보는 표시인자(indicator)로만 널리 알려져 있다. 이들 두 균주는 실내 검정에서 중요 식물병원균에 대한 우수한 길항력을 가지고 있으며, 국내에서는 발효식품이나 기능성 물질 개발을 위한 유전자원으로 연구 되어 있으나(Kim 등, 1994, 1998), 생물적방제제로 개발된 사례가 없으므로 새로운 생물적방제 인자로서의 개발 가능성이 높은 것으로 기대된다.

Table 4. Comparison of physiological and biochemical characteristics of B23 and B42 compared with *Brevibacillus brevis* and *Bacillus stearo-thermophilus* described by Bergey's Manual of Systematic Bacteriology

Characteristics	B23	<i>B. brevis</i>	B42	<i>B. stearo-thermophilus</i>
Morphological	rod	rod	rod	rod
Gram stain	+ ^a	+	+	+
Mobility	+	+	+	+
Aerobic growth	+	+	+	+
Spore	+	+	+	+
Physiological				
Control	-	-	-	-
Glycerol	-	-	-	-
Erythritol	-	-	-	-
D-Arabinose	-	-	+	+
Ribose	-	-	-	+
D-Xylose	-	-	-	-
L-Xylose	-	-	-	-
Adonitol	-	-	-	-
b-Methyl-D-Xyloside	-	-	-	-
Galactose	-	-	-	+
Glucose	+	+	+	+
Fructose	+	+	-	+
Mannose	+	-	-	+
Sorbose	-	-	-	-
Rhamnose	-	-	-	-
Dulcitol	-	-	-	-
Inositol	-	-	-	-
Mannitol	-	-	+	+
Sorbitol	-	-	+	+
a-Methyl-D-Mannoside	-	-	-	-
a-Methyl-D-Glucoside	-	-	+	+
N-Acetyl-Glucosamine	-	-	-	+
Amygdalin	-	-	+	-
Arbutin	-	-	-	+
Esculin	-	+	+	+
Salicin	-	-	-	+
Cellobiose	-	-	+	+
Maltose	-	-	+	+
Lactose	-	-	-	-
Melibiose	-	-	-	-
Sucrose	-	-	+	+
Trehalose	-	-	+	+
Inulin	-	-	-	-
Melezitose	-	-	-	-
Raffinose	+	-	-	-
Starch	-	-	-	+
Glycogen	-	-	-	+
Xylitol	-	-	-	-

Table 4. Continued

Characteristics	B23	<i>B. brevis</i>	B42	<i>B. stearo-thermophilus</i>
Gentiobiose	-	-	-	-
D-Turanose	-	-	-	+
D-Lyxose	-	-	-	-
D-Tagatose	-	-	-	-
D-Fucose	-	-	-	-
D-Arabitol	-	-	-	-
L-Arabitol	-	-	-	-
Gluconate	-	-	-	-
2-Keto-Gluconate	-	-	-	-
5-Keto-Gluconate	-	-	-	-

^a+, Positive reaction; -, Negative reaction.

요 약

버섯폐배지로부터 잡균의 증식을 최소화하기 위해 버섯폐배지현탁액을 nutrient agar(NA) 배지에 직접 혼합하여 분주한 결과 배양기에 출현한 균체수가 희석평판법에 의한 것보다 훨씬 적었으며 형태적으로 *Bacillus* 속 세균이 분리될 확률이 높았다. 대장균(*E. coli*) DH5 α 에 대하여 항균력을 보이는 1차 분리 균주를 신평버섯폐배지에서 12균주, 양송이폐배지에서 10균주, 느타리폐배지는 20균주 등 총 42균주를 분리하였다. 1차 선발한 균주를 최소 배지상에서 8종의 중요 식물병원균과 대치 우수한 길항력을 나타내는 17개의 균주를 2차 선발하였는데 이들 중에서 배지상에서 생장이 우수하고 중요 식물병원균에 대하여 넓은 길항력을 가지는 B23과 B42균주를 최종 선발하였다. 이들은 각각 *Brevibacillus brevis*와 *Bacillus stearo-thermophilus*로 동정되었다. 이들 길항균의 효과를 높이고 안전화를 위해서 유기농업에서 활용가능한 전분과 글리세린 및 계란노른자를 보조제로 선발하였다. 길항균과 이들 보조제를 혼합할 경우 대부분의 처리에서 세균의 밀도가 30일간 효과적으로 유지되거나 증가되었다. B23 단독 처리의 경우에는 상추균핵병의 발병율이 약 28% 정도였으나 전분(starch)과 글리세롤(glycerol) 및 계란노른자(Egg yolk)를 각각 0.2% 혼합 처리시는 발병율이 5% 이하로 나타나 길항세균 단독으로 처리하였을 경우보다 상추균핵병의 방제 상승효과를 확인하였다.

감사의 글

이 연구는 농촌진흥청 기관프로젝트과제(2004-2005)의 연구개발비에 의하여 수행된 결과의 일부임.

참고문헌

- Adams, P. B. and Ayers, W. A. 1979. Ecology of *Sclerotinia* species. *Phytopathol.* 69: 896-899.
- Chang, S. W. and Kim, S. K. 2003. First report of *Sclerotinia* rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum* on some Vegetable crops in Korea. *Plant Pathol. J.* 19: 79-84.
- Edwards, S. G. and Seddon, B. 2001. Mode of antagonism of *Brevibacillus brevis* against *Botrytis cinerea* in vitro. *J. of Applied Microbiology* 91: 652-659.
- 지형진. 2005. 고추 주요 병해의 친환경적 종합관리. 한국고추 연구회지 11: 41-54.
- 지형진, 심창기, 류경열, 신현동. 2006. *Podosphaera fusca*에 의한 상추 흰가루병의 증상과 피해. 식물병연구. 12: 294-297.
- Kim, H. S., Eom, S. J., Cho, S. G. and Choi, Y. J. 1994. Molecular cloning and expression of the acetyl xylan esterases gene(*estII*) of *Bacillus stearothersophilus* in *Escherichia coli*. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 22: 599-606.
- Kim, H. W., Lee, K. Y., Baek, J. W., Kim, H. J., Park, J. Y., Lee, J. W., Jung, S. J. and Moon, B. J. 2004. Isolation and identification of antagonistic bacterium active against *Sclerotinia sclerotiorum* causing *Sclerotinia* rot on Crisphead Lettuce. *Res. Plant. Dis.* 10: 331-336.
- Kim, M. H., Sohn, C. B. and Oh, T. K. 1998. Cloning and sequencing of a cyclodextrin glycosyltransferase gene from *Brevibacillus brevis* CD162 and its expression in *Escherichia coli*. *FEMS Microbiology Letters.* 164: 411-418.
- Kim, W. G. and Cho, W. D. 1998. Comparative characteristics of two *Sclerotinia* species associated with occurrence of *Sclerotinia* rot on vegetable crops. Proc. and Abstr. of Mycol. Symp. in Asian Region, Seoul, Korea. 1-8 pp.
- Zhang, S. and Reddy, M. S. 2001. Lack of induced systemic resistance in Peanut to late leaf spot disease by plant growth-promoting rhizobacteria and chemical elicitors. *Plant Dis.* 85: 879-884.
- Zhang, X., Zhang, B. X., Zhang, Z., Shen, W. F., Yang, C. H., Yu, J. Q. and Zhao, Y. H. 2005. Survival of the biocontrol agents *Brevibacillus brevis* ZJY-1 and *Bacillus subtilis* ZJY-116 on the spikes of barley in the field. *J. of Zhejiang Univ. SCI.* 6B: 770-777.