

Research Article

Open Access

## 친환경 제제로부터 식물병원균에 대한 길항 미생물의 선발

강근혜,<sup>1</sup> 차재율,<sup>1</sup> 허빛나,<sup>1</sup> 이옥순,<sup>2</sup> 이용복,<sup>3</sup> 곽연식<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 응용생물학과, <sup>2</sup>경상남도 고성군 농업기술센터, <sup>3</sup>경상대학교 농업생명과학연구원

### Selection of Antagonistic Microorganisms against Plant Pathogens from Eco-friendly Formulations

Guen-hye Gang,<sup>1</sup> Jaeyul Cha,<sup>1</sup> Bitna Heo,<sup>1</sup> Og-sun Yi,<sup>2</sup> Yong-Bok Lee<sup>3</sup> and Youn-Sig Kwak<sup>1,3\*</sup> (<sup>1</sup>Department of Applied Biology, Gyeongsang National University, JinJu 660-701, Korea, <sup>2</sup>Goseong Agricultural Development/Technology Center, Goseong, 638-800, Korea, <sup>3</sup>Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, JinJu 660-701, Korea)

Received: 9 February 2012 / Accepted: 23 March 2012  
© 2012 The Korean Society of Environmental Agriculture

#### Abstract

**BACKGROUND:** Some microorganisms extant in nature have ability to suppress various plant pathogens, and also can promote plant growth. Thus microorganisms are such great source of antimicrobial agents to develop antagonistic microorganism production and eco-friendly crop management. We isolated the microorganisms in various eco-friendly formulations. The suppressive abilities against plant pathogens have been characterized *in vitro* level.

**METHODS AND RESULTS:** The indigenous microorganisms have been isolated from Cooked rice, Black sugar, Rice Bran, and Red clay using dilution plating method. Population of bacteria and fungi were above  $10^7$  in the all formulations. We isolated and pure cultured the microorganisms based on morphological characteristics. Three major plant pathogens (*Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora capsici*) have been used to select antagonistic microorganisms. Total 20 bacteria and 9 fungi showed the pathogen growth suppression ability *in vitro* condition. The selected microorganisms were identified by ITS sequence similarity.

**CONCLUSION:** All tested eco-friendly formulations contained high-density of the microorganisms. Among the

isolated microorganisms, *Bacillus* spp. and *Streptomyces* spp. showed the most effective antifungal activity against the plant pathogens such as *F. oxysporum*, *R. solani*, and *P. capsici*. Among the selected fungi *Trichoderma* sp. demonstrated antifungal activity. Our results suggest that the currently adapted eco-friendly formulations might useful for sustain agricultural system.

**Key Words:** Antagonistic microorganism, Black sugar, Cooked rice, Eco-friendly formulations, Red clay, Rice bran

#### 서론

토양에는 다양한 세균, 진균과 같은 미생물들이 존재하며, 토양 미생물은 식물생장촉진, 물질 순환, 영양공급 및 오염물질의 정화 등 중요한 역할을 수행한다(Alexander, 1982). 여러 가지 미생물 중 식물병원균의 성장을 억제하여, 병 발생을 저해하는 기능을 가진 미생물이 존재한다. 특히 식물과의 상호작용을 통하여 선택된 특정 미생물이 식물의 근권에 정착하여 병원균으로부터 식물을 보호하는 기작에 대하여 많은 연구가 진행 되었다. 식물병원균을 억제하는 미생물로는 진균인 *Trichoderma harzianum*, 세균인 *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces* spp. 등이 잘 알려져 있다. 또한 이들 길항미생물들은 친환경 생물농약으로 개발되어 사용되고 있다(Kim *et al.*, 2008). 길항미생물은 병원균과의 영양물 경쟁, 기생, 포식 그리고 항생물질의 분비 등의 기작을 통하여 식물병원균을 억제하는 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2005). 또한 길항 미생물은 식물의 유도저항성(Induced Systemic Resistance; ISR)을 조장하여, 지상부

\*교신저자(Corresponding author),  
Phone: +82-55-772-1922; Fax: + 82-55-772-1929;  
E-mail: kwak@gnu.ac.kr

병원균에 대하여 식물이 저항성을 가질 수 있도록 하는 것으로도 알려져 있다. 길항미생물을 이용한 식물병의 생물적 방제를 위하여 각종 친환경 제제 등이 사용되고 있다.

*Fusarium oxysporum*은 작물의 뿌리를 통해 침입하여 도관의 기능을 저해하는 병원균으로 고추, 딸기, 토마토 등에 병을 일으키는 토양전염성 병원균으로 알려져 있다(Baik *et al.*, 2011). 병원균은 식물의 전 생육기간 동안 병을 일으키며, 후막포자를 형성하여 기주 식물이 존재하지 않는 토양에서 장기간 생존이 가능한 병원균으로 알려져 있다(Jeong *et al.*, 2010; Oh *et al.*, 2007). *Rhizoctonia solani*는 벼, 보리, 밀 등의 주요 작물을 가해하는 병원균으로 알려져 있다. *R. solani*는 벼 잎집무늬마름병, 모잘록병, 등을 일으키며, 균 사용합군(Anastomosis Group; AG)에 따라 유전적으로 다른 형질을 나타내어, 기주 식물을 사들게 하거나, 마름병을 일으키는 등 다양한 병징을 나타낸다(Lee *et al.*, 1998; Cho

*et al.*, 2004). *Phytophthora* sp. 는 난균강에 속하며 넓은 기주 범위를 가짐으로 다양한 작물에 막대한 피해를 초래하는 병원균이다. 역병의 방제를 위한 합성 농약의 과다 사용으로 인하여 약제 저항성 균주의 출현, 토양 및 수질 오염 등의 문제를 야기하였다. 이러한 화학농약의 대안으로 길항 미생물을 이용한 역병의 생물적 방제 연구가 활발하게 이루어지고 있다(Lee *et al.*, 2011).

본 연구는 경남 고성군의 생명환경농업사업에서 사용하고 있는 각종 친환경제제에서 미생물을 분리하고, 분리된 미생물에서 주요 식물병원균에 대한 길항 미생물을 선발하고자 수행 되었다. 본 연구의 결과 친환경 제제는 각종 식물병원균에 대한 길항 미생물을 다수 포함하고 있는 것으로 밝혀졌다.

### 재료 및 방법

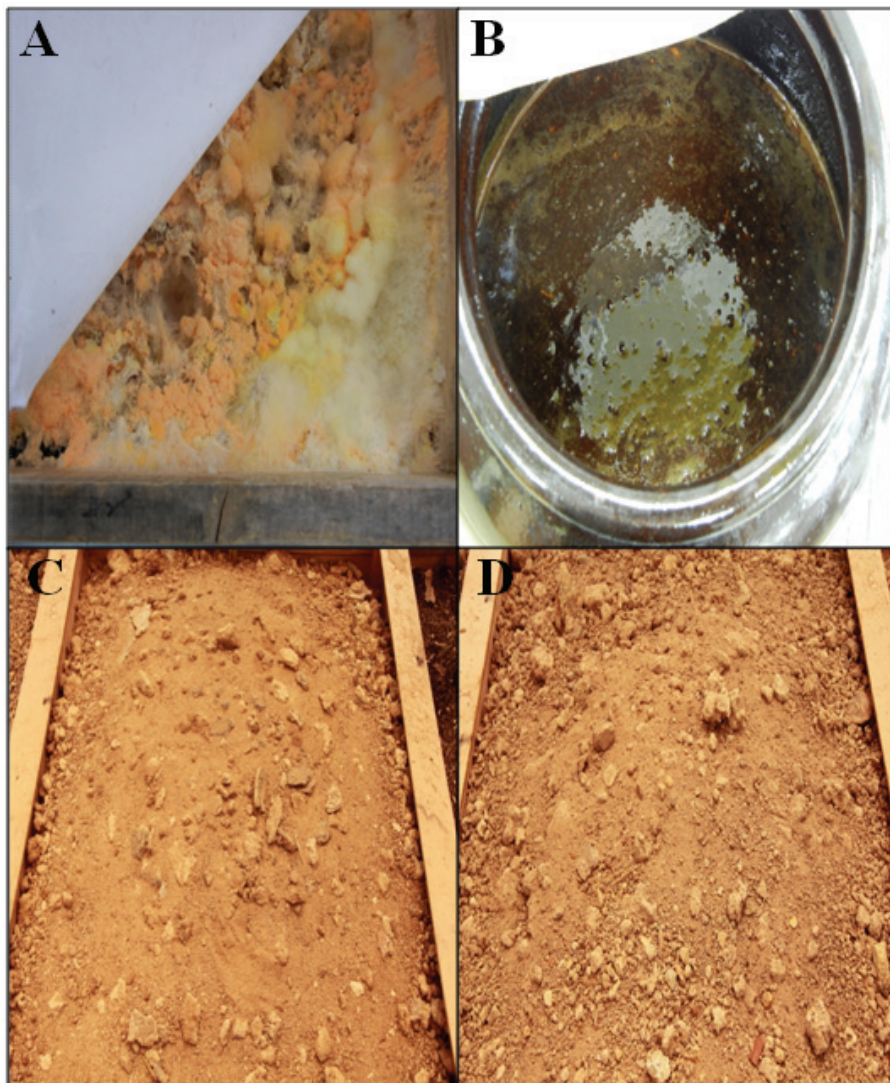


Fig. 1. Images of eco-friendly formulation. The formulations were prepared at Goseong Agricultural Development/Technology Center. A, Cooked rice; B, Black sugar; C, Rice Bran; D, Red clay.

### 친환경 제제의 제작

친환경 제제의 제작은 총 4단계로 제작되었다. 1차 제제인 고두밥은 30 cm x 20 cm x 10 cm (길이 x 넓이 x 높이)의 나무 상자에 약 7 cm 높이로 찢 쌀을 채우고 한지를 씌워 고성균 생명환경연구소내의 부엽토에 설치하여 4일간 정치배양하였다. 1차 제제는 2011년 6월에 제작하였다. 2차 제제는 1차 제제와 흑설탕을 1:1비율로 혼합하여, 항아리 (60 cm x 35 cm) 의 2/3를 채운 후, 한지를 덮고 2 주간 정치배양하였다. 배양된 2차 제제와 쌀겨(미강)를 약 1: 500~1,000배로 혼합하고 수분은 약 65~75%로 조절하여 희석된 지표에서 40 cm로 평평하게 쌓은 후 가마니로 덮어 7일간 배양하여 3차 제제를 제작하였다. 완성된 3차 제제인 미강을 황토와 1:1 비율로 혼합하여 영양제를 첨가하고, 수분을 65~75%로 조정하여 4 - 5일간 배양하여 4차 제제를 제조하였다(Fig. 1).

### 미생물 밀도 조사 및 분리

제제 1단계에서 4단계 각각의 미생물을 분리하기 위하여 시료 1 g을 9 ml의 멸균수에 현탁 하여, 도말 희석법을 통하여 분리하였다. 희석된 제제는  $10^2$ - $10^6$ 까지 배지에 도말 하였다. 미생물 분리를 위하여 다음 세가지 배지를 사용하였다. 세균을 분리해 내기 위한 배지로는 Cycloheximide (50 mg/ml)를 첨가한 NA (Nutrient Agar)배지를 사용하였다. 진균을 분리해 내기 위한 배지로는 Rifampicin (50 mg/ml)이 들어있는 GYA (Glycerol Yeast Extract Agar)배지와 SA (Sabouraud Agar)배지를 사용하여 도말 하였다. 도말 후 배지는 건조를 방지하기 위하여 밀봉하여 25°C에서 배양하였다. 도말 후 2일과 4일 후의 제제별 미생물의 개체 수를 조사하였다. 각 제제별 희석 도말은 3반복으로 실시하였다. 미생물 농도를 조사하기 위하여 STATISTIX 프로그램 (version 8, Analytic Software, St. Paul, USA)를 사용하여 통계 처리 하였다. Analysis of variance (ANOVA)와 Least Significant Difference test (LSD) ( $P = 0.01$ )를 이용하여 유의성을 검정하였다. 형태에 따라 순수 분리하여 TSA (Tryptic Soy Agar)배지에 희석 도말하여 사용하였으며, 진균은 색상과 균사의 형태에 따라 분류하여 PDA (Potato Dextrose Agar)배지에 접종하여 순수 분리하였다.

### 길항미생물 선별

각 단계별로 분리해 낸 세균과 진균의 길항력을 조사하기 위해 시들음병원균 *F. oxysporum* KCTC-6076 (생물자원센터), 잎집무늬마름병원균 *R. solani* (본연구실 보관균주), 그리고 역병균 *P. capsici* KACC-44716 (농업유전자원정보센터)의 세 가지 병원균을 이용하여 대치 배양하였다. 대치 배양을 위해 PDK (Potato Dextrose Broth 10 g, Bacto peptone 5 g) 한천배지를 사용하였다.

선별된 미생물의 길항력을 조사하기 위해 PDK 배지의 중앙에 각 병원균을 접종(5 mm)하고 이로부터 2.5 cm 떨어진 곳에 분리된 세균을 접종하였다. 접종 후 25°C (세균), 27°C (진균)에서 생육하였으며, 접종 후 24시간 간격으로 생육 억

제 거리를 측정하여 기록하였다. 길항력 검증 실험은 제제별로 3 반복으로 실시 하였다. 병원균의 억제 효과를 나타내기 위해 + 로 표기하였다. 병원균 생장 억제 정도에 따라, 0.9 cm 이상의 효과를 보이는 경우 +++, 0.9 - 0.5 cm의 억제를 보이는 경우 ++로 나타내었으며 0.5 cm 이하로는 +로 표기 하였다.

### 길항미생물의 동정

분리된 길항 미생물의 동정은, ITS 염기서열 분석을 통하여 실시 하였다. 각 제제별 분리된 세균의 균총을 회수하여, Premix tube (AccuPower PCR PreMix, Bioneer)에 희석된 세균 1 ul 와 10 pmol 프라이머 27mF (5'-AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG-3') 와 1492mR (5'-GGY TAC CTT GTT ACG ACT T-3') (Kim *et al.*, 2010)를 첨가하여, 95°C 에서 30초, 50°C 에서 30초, 72°C 에서 1분하여, 30회 수행하였다. 진균의 경우 PDB (Potato Dextrose Broth) 1 ml에 접종하여 이틀간 배양하여 사용하였다. 배양된 균사를 사용하여 CTAB방법 (Karthikeyan *et al.*, 2010)을 이용하여 DNA를 추출하였으며, ITS1 (5'-TCC GTA GGT GAA CCT TGC GG-3')과 ITS4 (5'- TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC) 프라이머 (White *et al.*, 1990)를 이용하여 ITS rDNA 부분을 증폭하였다. 생성된 PCR 단편은, 전기영동을 통해서 확인 후, ABI 3100 염기서열 분석 장치(Applied Biosystem, USA)를 염기서열을 분석하였다. 분석된 염기서열 정보를 NCBI (National Center for Biotechnology Information)의 BLAST를 이용하여 선별된 미생물을 동정하였다.

## 결 과

### 각 제제 별 미생물 밀도

각 제제별로 세 가지 배지를 사용하여 도말 하여 2일과 4일간의 결과로 집락형성단위(colony forming unit: cfu)를 계산하였으며 미생물의 분포를 비교한 결과 1차 제제에서는 NA배지에서의 세균이  $10^9$ , 진균  $10^7$ , 2차 제제에서는 세균과 진균의 밀도가  $10^6$ , 진균  $10^7$ 으로 분포하였다. 3차와 4차 제제에서는 1차 제제에서와 달리 진균 배지인 GYA배지와 SA 배지에서의 집락형성단위가 높았다. 3차 제제의 세균의 밀도는  $10^7$ , 진균은 밀도는  $10^7$ 으로 나타났다. 4차 제제에서는 세균과 진균이 각  $10^6$ 과  $10^7$ 으로 존재하였다 (Fig. 2).

각 제제별 미생물을 균총의 형태적 특징으로 분류한 결과 1차 제제인 고두밥에서는 세균 36종, 진균 8종으로 총 44종이 분리 되었고, 2차 제제인 흑설탕에서 세균 43종, 진균 2종, 총 45종이 분리되었다. 3차 제제인 미강에서는 세균 36종, 진균 15종, 총 51종, 4차 제제인 황토에서는 세균 24종, 진균 12종으로 총 36종이 분리되었다 (Fig. 3). 분리된 미생물은 순수 배양하였으며, Glycerol (세균), 사면배지(진균)를 이용하여 장기 보관 균주를 제작 하였다.

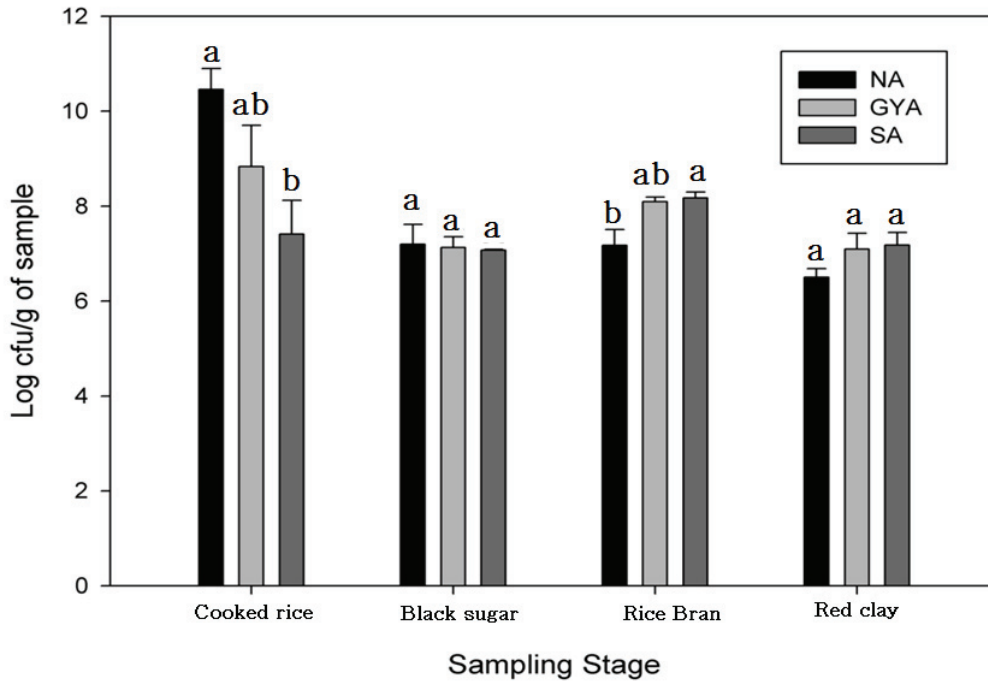


Fig. 2. Microorganism densities in each formulation. NA media for bacterial density; GYA and SA media employed to determine fungal population. Bars with the same letters are not significantly different according to LSD ( $P = 0.01$ ).

**길항미생물 선발**

순수 분리된 미생물의 농업적 유용성을 판단하기 위하여, 시설재배지와 수도작에 중요한 토양병원균인, *F. oxysporum*, *R. solani*, 그리고 *P. capsici*의 세 가지 병원균에 대한 길항력 검증을 수행 하였다. 시들음병인 *F. oxysporum*에 길항력을 나타내는 균주로 1차 제제 고두밥에서 세균 1종, 진균 1종으로 총 2종의 세균이 분리되었으며, 2차 제제인 흑설탕에서 세균 1종, 진균 1종, 총 2종, 3차 제제인 미강에서는 세균 4종, 진균 1종, 총 5종, 4차 제제인 황토에서는 세균이 3종 진균이 6종, 총 9종을 분리하였다.

잎집무늬마름병인 *R. solani*에 대한 항균력조사 결과 1차 제제 고두밥에서 진균 1종, 2차 제제 흑설탕에서 세균 7종, 진균 1종, 총 8종, 3차 제제 미강에서 세균 2종, 진균 3종, 총 5종, 4차 제제 황토에서 진균 10종을 분리하여 잎집무늬마름병에 효과가 있는 균주 총 23종을 선발하였다.

역병 병원균인 *P. capsici*에 대한 길항력을 나타내는 미생물은, 1차 제제 고두밥에서 세균 3종, 진균 1종. 2차 제제 흑설탕에서는 세균 6종, 진균 1종을 분리하였다. 3차 제제 미강에서 세균 3종, 진균 10종, 그리고 4차 제제 황토에서 세균 2종, 진균 8종을 분리하여 역병에 효과가 있는 균주는 총 34종을 분리, 선발하였다.

**선발된 길항미생물의 동정**

대치배양으로 병원균에 대한 길항능력을 나타낸 세균과 진균을 선발하여 ITS 염기서열을 이용하여 동정하였다. 세균의 동정 결과 총 20종이 동정되었고(Table 1), 진균은 총 9종

이 동정되었다(Table 2).

**고 찰**

본 실험에서는 친환경 농업에서 빈번히 사용되고 있는 제제(고두밥, 흑설탕, 미강 그리고 황토)들로부터 미생물의 밀도를 측정하고, 병원균에 대한 길항 미생물의 존재를 확인하고자 수행되었다. 각 제제별로 세균과 진균의 밀도는 고농도로 존재하는 것을 확인하였다 (Fig. 2). 미생물의 균총의 형태에 따라 분리된 세균 139종, 진균 37종을 대상으로 식물병원균에 대한 항균력을 조사한 결과 20종의 세균, 9종의 진균이 항균활성을 가지는 것으로 나타났다. 각 제제별로 항균력을 가지는 미생물이 존재하는 것으로 확인되었다 (Table 1 and 2). 이러한 결과는 현재 사용되고 있는 친환경 제제의 가치를 입증하는 결과로 사료된다. 우수한 길항효과를 보이는 균주로 *Streptomyces*가 분리 되었으며, *Streptomyces*는 토양 내 존재하는 방선균으로 많은 항생물질을 생산하는 것으로 잘 알려져 있다. Lim 등(2007)은 토양 방선균인 *Streptomyces*가 역병과 탄저병을 방제하는 효과가 있음을 보고 하였다. 본 실험에서 분리된 *Streptomyces* sp.는 시들음병원균과 잎집 무늬마름병에는 길항력을 보이지 않았으나, 역병 병원균의 생장을 억제하였다. 이러한 결과는 균주의 strain에 따라서 항균활성의 범위와 기작이 다양하게 나타날 수 있음을 의미한다. 각각의 제제에서 대다수 발견된 *Bacillus* sp.는 균주가 생산하는 길항물질에 의해 잿빛곰팡이병과 역병에 대한 길항 효과가 있는 것으로 보고 되어 있다(Kim et al., 2008). 또한,

**Table 1. List of the antagonistic bacteria against plant pathogens**

Source	Sample ID	Homologous bacterium	Inhibition*		
			<i>Fusarium</i>	<i>Rhizoctonia</i>	<i>Phytophthora</i>
Cooked rice	26	<i>Streptomyces violaceoruber</i>	-	-	++
Cooked rice	32	<i>Paenibacillus</i> sp.	-	-	+
Cooked rice	34	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	++	-	+++
Black sugar	44	<i>Bacillus subtilis</i>	-	++	-
Black sugar	49	<i>Bacillus methylotrophicus</i>	-	++	+++
Black sugar	53	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	-	++	+++
Black sugar	65	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	-	-	++
Black sugar	67	<i>Bacillus</i> sp.	-	-	+++
Black sugar	72	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	++	-	-
Black sugar	74	<i>Bacillus</i> sp.	-	+++	+++
Rice bran	86	<i>Staphylococcus</i> sp.	+	-	-
Rice bran	87	<i>Kocuria</i> sp.	-	-	-
Rice bran	96	<i>Staphylococcus</i> sp.	-	-	++
Rice bran	97	<i>Bacillus methylotrophicus</i>	++	+++	+++
Rice bran	106	<i>Bacillus subtilis</i>	+	+	-
Rice bran	108	<i>Bacillus subtilis</i>	++	-	++
Red clay	124	<i>Bacillus novalis</i>	+	-	-
Red clay	127	<i>Bacillus</i> sp.	+	-	-
Red clay	130	<i>Streptomyces albus</i>	-	-	+
Red clay	145	<i>Variovorax paradoxus</i>	-	-	+

\*:+++ strong inhibition, ++ moderate inhibition, + less inhibition, and - no inhibition

**Table 2. Antagonistic activities of selected fungi against plant pathogens**

Source	Sample ID	Homologous fungus	Inhibition*		
			<i>Fusarium</i>	<i>Rhizoctonia</i>	<i>Phytophthora</i>
Cooked rice	34	<i>Neurospora</i> sp.	+++	+++	+++
Black sugar	10-4	<i>Aspergillus tubinqensis</i>	+++	++	++++
Rice bran	3-9	<i>Aspergillus niger</i>	+++	+	++
Rice bran	2-2	<i>Aspergillus oryzae</i>	+	++	+++
Rice bran	16-2	<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	+++	+++
Red clay	10-1	<i>Mucor circinelloides</i>	++	++	++
Red clay	10	<i>Mucor circinelloides</i>	++	++	++
Red clay	12	<i>Trichoderma asperellum</i>	+++	+++	+++
Red clay	13	<i>Rhizopus microsporus</i>	++	++	+++

\*:+++ strong inhibition, ++ moderate inhibition, + less inhibition, and - no inhibition

토마토시들음병(*F. oxysporum*)을 *Bacillus* sp. 를 이용하여 생물적 방제 효과를 검증한 사례가 있다(Jung *et al.*, 2005). 본 연구에서 분리 동정된 *Bacillus* sp. 균주들 또한 *F. oxysporum*, *R. solani*, 그리고 *P. capsici*에 대하여 우수한 항균 활성을 나타내었다 (Table 1). 이러한 결과는 친환경 제

제를 투입한 포장에서 여러가지 진균성 토양병원균을 억제함으로써, 작물의 발병률 감소 시키는 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 1차 시료인 고두밥에서는 식중독을 유발할 수 있는 것으로 알려진 *Bacillus cereus*가 검출되었다(Data not shown). 이러한 결과는 친환경 제제 제작시 품질관리의

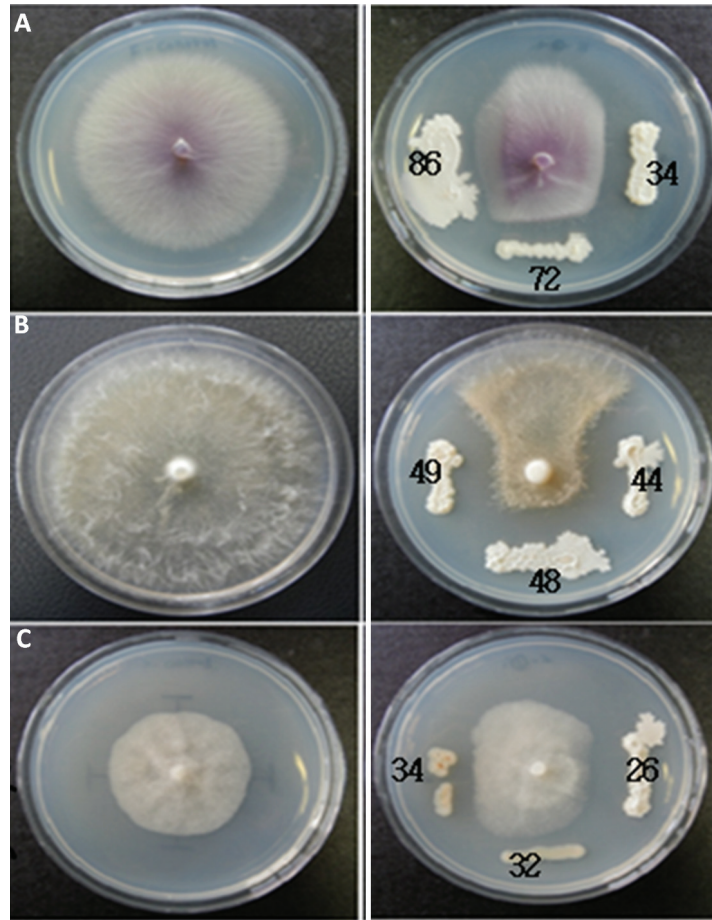


Fig. 3. Antifungal activity of the selected bacteria against plant pathogens. The numbers on the plates are indicated the sample ID. A, *F. oxysporium*; B, *R. solani*; C, *P. capsici*.

중요성을 시사한다.

유기물을 분해하는데 효과를 나타내는 *Trichoderma*속은 생물농약 개발을 위해 다각도로 이용되고 있는 대표적인 길항진균으로 식물병원균 억제에 상당한 효과가 있는 것으로 알려져 있다. *Trichoderma*는 Lee 등(2005)에 의해 역병방제 연구에 이용 되었다. 본 연구에서 시들음병과 잎집무늬마름병 그리고 역병에 대치배양 한 결과 세 병원균 모두에 높은 항균활성을 나타내었다(Table 2). 또한 *Trichoderma*가 검출된 제제가 포장살포 단계인 황토(Red clay)제제에서 분리된 점은 이러한 친환경 제제가 식물병 방제에 효과를 나타낼 수 있음을 시사한다.

2차, 3차 제제에서 4종의 *Aspergillus* sp. 분리, 동정 되었으며 병원균과의 대치배양 결과, 병원균 보다 빠른 성장을 바탕으로 배지상에서 우점을 형성하는 것으로 나타났다 (Table 2). 2차는 1차 제제의 배양 고두밥과 1:1로 혼합하여 제제작된 것이며, 3차 시료는 다량의 미강이 투입된 제제이다. *Aspergillus* sp.는 많은 종이 벼에 부생이나 기생하는 균으로, 3차 제제에서 다량 존재하는 것으로 사료된다. *Aspergillus oryzae*는 주로 식품의 발효에 사용되는 균주이다. 그러나 *Aspergillus oryzae*의 종류에 따라서는 식물에 병을 일으키는 병원균도 존재하므로 앞으로 친환경 제제에서 존재하는

*Aspergillus oryzae*에 대한 연구가 진행 되어야 한다고 본 연구결과 사료된다. 털곰팡이에 속하는 *Mucor*는 Kim 등 (1999)에 의하여 메주에서 분리 되었으며, 생화학적 특성상 단백질 분해 활성이 강한 것으로 알려졌다. 친환경 제제에서 분리, 동정 된 *Mucor circinelloides*는 식물병원균에 대한 길항작용을 가지는 것으로 나타났다.

본 연구에서 사용된 친환경 제제(고두밥, 흑설탕, 미강, 황토)에서 다양한 형태의 미생물이 존재하는 것을 확인 하였으며, 많은 미생물이 식물병원균에 대한 항균활성을 가지는 것으로 조사되었다. 그러나 인체나 작물에 유해한 미생물이 존재할 가능성이 발견되었다. 따라서, 친환경 제제의 생물학적 요인분석은 여러 가지 요소를 고려하여 지속적인 연구가 진행되어야 한다. 또한, 품질관리가 가능한 친환경 제제의 생산 및 보급을 위하여 각 단계별 친환경 제제에 길항력이 검증된 미생물 투입하여 생산하는 방안에 대한 연구도 진행되어야 한다고 사료된다.

### 감사의 글

This study was supported by a Research Program

in title "Development of manufacturing methods of indigenous microorganisms and study on effects of application" funded by Gyeongsangnam-Do Goseong-Gun Agricultural Development/Technology Center.

### 참고문헌

- Alexander, M., 1982. Most probable number method for microbial populations, in; A. L. Page, R. H. Miller, D. R. Keeney (eds.), *In methods of soil Analysis*, Part 2: *Chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, pp. 815-820.
- Baik, S. Y., Kim, J. C., Jang, K. S., Choi, Y. H. Choi, G. J., 2011. Development of efficient screening method for resistance of cabbage to *Fusarium oxysporum* f. sp. *Conglutinans*, *Research. Plant Diseases* 17, 13-18.
- Cho, D. H., Kang, J. Y. Yu, Y. H., 2004. Anastomosis group, pathogenicity and growth characteristics of *Rhizoctonia solana* causing damping-off on *Panax ginseng*, *Journal Ginseng* 28, 183-190.
- Jeong H. Y., Lim, J. H., Kim, B. K., Lee, J. J., Kim, S. D., 2010. Selection and mechanisms of indigenous antagonistic microorganisms against sheath rot and dry rot disease of Garlic, *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology* 38, 295-301.
- Jung, H. K., Kim, J. R., Kim, B. K., Yu, T. S., Kim, S. D., 2005. Selection and antagonistic mechanism of *Bacillus thuringiensis* BK4 against *Fusarium* wilt disease of tomato, *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology* 33, 194-199.
- Karthikeyan, V., Patharajan, S., Palani, P., Spadaro, D., Gullino, M. L., Garibaldi, A., 2010. Modified simple protocol for efficient fungal DNA extraction highly suitable for PCR based molecular methods, *Global Journal of Molecular Sciences* 5, 37-42.
- Kim, K. K., Kim, Y. C., Choi, Y. W., Park, K. D., Kang, U. G., Choi, Y. L. Park, H. C., 2008. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* sp. AB02., *Journal of Life Science* 18, 858~864.
- Kim, D. H., Kim, S. H., 1999. Biochemical characteristics of whole soybean cereals fermented with *Mucor* and *Rhizopus* strains, *Korean Journal of Food Science and Technology* 31, 176-182.
- Kim, S. G., Jang, Y., Kim, H. Y., Koh, Y. J., Kim, Y. H., 2010. Comparison of microbial fungicides in antagonistic activities related to the biological control of *Phytophthora* blight in Chili pepper caused by *Phytophthora capsici*, *Plant Pathology J.* 26, 340-345.
- Lee, G. W., Kim, M. J., Park, J. S., Chae, J. C., Soh, B. Y., Ju, J. E., Lee, K. J., 2011. Biological control of phytophthora blight and anthracnose disease in red-pepper using *Bacillus subtilis* S54, *Research in Plant Disease* 17, 86-89.
- Lee, K. Y., Kang, H. J., Youn, K. H., Ahn, K. S., Min, K. B., Bu, G. P., 1998. *Rhizoctonia* black stem rot of saururi herba caused by *Rhizoctonia solani*, *Korean Journal of Plant Pathology* 14, 184-185.
- Lee, Y. S., Chang, T. H., Ryu, Y. J., Park, J. Y., Lim, T. H., 2005. Efficacy of suppression of *Phytophthora Blight* of red pepper caused by *Phytophthora capsici* by treatment with antagonistic *Trichoderma harzianum* DYMC in greenhouse, *Korean Journal of Environmental Agriculture* 24, 409-415.
- Lim, T. H., Cho, S. H., Kim, J. H., 2007. Effects of *Streptomyces* sp. MG 121 on growth of pepper plants and antifungal activity, *Research in Plant Disease* 13, 93-97.
- Lim, S. L., Yoo, J. Y., 1999. Characteristics of fungal protease produced by *Mucor racemosus* f. *racemosus* from korean traditional *meju*, *Korean Journal of Applied Microbiology and Biotechnology* 27, 466-470.
- Oh, J. Y., Lee, Y. H., Jin, Y. D., Kim, J. B., Hwang, S. G., Han, S. H., Kim, J. E., 2007. Antifungal activity of pesticides to control dry rot and blue mold during garlic storage, *The Korean Journal of Pesticide Science* 11, 331-338.
- White T.J., Bruns T., Lee, S., and Taylor, J. W., 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics, in: Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J., White, T.J., (Eds), *PCR protocols: a guide to methods and applications*, New York Academic Press, USA, pp. 315-33.