

살충성 진균 *Beauveria bassiana*의 *Fusarium oxysporum*과 *Botrytis cinerea*에 대한 항균활성

박영구 · 이동규 · 김용현¹ · 강선철*
대구대학교 생물공학과, ¹농업과학기술원 생물자원부

Antibiotic Properties of an Entomopathogenic Fungus, *Beauveria bassiana*, on *Fusarium oxysporum* and *Botrytis cinerea*

Young Goo Bark, Dong Gyu Lee, Yong Heon Kim¹ and Sun Chul Kang*

Department of Biotechnology, Teagu University, Kyungsan 712-714, Korea

¹Department of Bio-resources, Agricultural Science and Technology Institute, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT : Antibiotic properties of the culture of an entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*, such as inhibition of mycelial growth and spore germination of plant pathogenic fungi, *Botrytis cinerea* and *Fusarium oxysporum*, and effect on their morphogenesis were examined to obtain basic information on the biological control of the fungal diseases. Mycelial growth of the phytopathogenic fungi was inhibited by the culture filtrate of *B. bassiana*, but the inhibition efficiency varied depending on culture media, which was the highest on potato-dextrose agar medium for *B. cinerea* and on tryptic soy agar medium for *F. oxysporum*. The culture filtrate (30%, v/v) of *B. bassiana* inhibited the conidial germination of *B. cinerea* and *F. oxysporum* to 30.0% (control: 88.2%) and 10.0% (control: 78.6%), respectively, and delayed the start of spore germination about by 4~8 hours. The 6-day fungal culture (at 25°C) was most highly antagonistic to *F. oxysporum*, which also produced maximum mycelial mass. Microscopic observations revealed the 10% culture filtrate of *B. bassiana* restricted the formation of macroconidia of *F. oxysporum*, reducing the spore size to 1/2~1/3 of the untreated ones, and caused the formation of abnormal hyphae and septa.

Key words : entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, biological control, phytopathogenic fungi.

식물체에 발생하는 대부분의 병은 진균감염에 의한 것으로 병해에 의한 손실의 약 70~80%를 차지한다(20). 19세기 중엽 감자 역병 발생에 대한 deBary의 연구에 의해 비로소 식물병이 진균에 의해 유발된다는 것이 입증된 후(1) 여러 방면으로 식물병의 연구가 행해지고 있다(12). *Botrytis cinerea*는 잿빛곰팡이병의 병원균으로 열매, 잎, 꽃 등 식물의 여러 부위에 발생한다. 꽃에 감염시 병든 부위가 갈색 또는 암갈색으로 변하며, 열매에 감염시 갈색의 무늬가 생기고 병환 부위에 균핵이 형성된다. 양딸기, 오이, 강남콩, 사과나무, 배나무, 포도나무, 백합 등에 많이 발생하고, 분생 포자로 식물의 각피에 침입하여 많은 피해를 준다(5, 16). 또한 *Fusarium oxysporum*은 토마토, 고추, 참깨

등에 발생하는 시들음병의 병원균으로 모의 아랫잎이 누렇게 변하고 새순이 시들며, 줄기의 유관속이 갈변하는 병이다. 또한 수박, 멜론, 오이, 참외 등의 줄기나 뿌리에도 발생하며, 줄기의 땅겉부분이 속으로부터 말라죽고 전체가 시들게 된다. 포자 혹은 균사로서 식물의 각피를 침입하고 물관을 통하여 식물 전체에 감염된다(1, 17).

이들 진균병의 방제는 benzimidazole계와 dicarboximide계 등의 유기합성 살균제를 이용한 화학적 방제법이 가장 보편화되어 있으나 기주식물에 대한 약해가 심하며, 방제 후에도 잘 분해되지 않고 토양에 오래 잔류하기 때문에 환경오염의 중요한 원인이 되고 있다(2). 또한 이러한 약제들을 연속적으로 장기간 사용함으로 인하여 내성균주들의 출현이 보고되고 있다(9). 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위하여 최근

*Corresponding author.

에 관심을 갖는 효과적인 방제법으로는 길항미생물을 이용하거나 혹은 이들 길항미생물이 생성하는 2차 대사산물을 이용하는 생물학적 방제법이다(12, 15, 16, 18).

한편 *Beauveria bassiana*는 버섯류, 진딧물, 좀 등 다양한 종류의 해충에 감염하여 이들을 치사시킬 수 있는 능력이 있는 곤충병원성 진균의 한 종류로 보고되고 있다(14, 19). 지금까지 알려진 곤충병원성 진균은 *B. bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Hirsutella thomsonii* 등을 포함하여 약 400여종이 된다(13). 특히 *B. bassiana*, *M. anisopliae* 등은 많은 종류의 해충에 감염하여 강한 살충효과를 나타내기 때문에 현재 살충제로 개발되어 사용되고 있다(11).

그러나 아직까지 살충성 진균 *B. bassiana*의 식물병원균 *B. cinerea*, *F. oxysporum* 등에 대한 항진균 효과에 대해서는 보고되지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 이들 식물병원균에 대한 *B. bassiana*의 항진균 활성을 검정하여 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

공시균주. 실험에 사용한 식물병원균 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*과 *B. cinerea*는 농업과학기술원 세포유전과에서 분양받아 사용하였다. 이들 진균의 배양은 potato-dextrose agar(PDA, potato 200 g, Bacto dextrose 20 g, agar 15 g, D. W. 1 liter; Difco Laboratories, USA)배지를 이용하였으며, 곤충병원성 진균인 *B. bassiana*는 ATCC로부터 분양받아 이용하였으며 이 균의 배양은 YPD agar 배지(yeast extract 10 g, peptone 10 g, dextrose 2.5 g, agar 15 g, D. W. 1 liter)에서 배양하였다.

*B. bassiana*의 식물병원균에 대한 항진균활성. 식물병원균에 대한 *B. bassiana*의 항진균력을 검정하기 위하여 PDA 평판배지의 좌측에 *B. bassiana* 균총(5 mm)을 접종하고 이로부터 우측으로 2 cm 떨어진 곳에 공시병원균의 균총(5 mm)을 접종하여 25°C의 항온배양기에서 4일 동안 대치배양하였다. 이때 *B. bassiana*에 의한 식물병원균의 군사성장저해가 일어나는 정도로써 항진균활성을 검정하였다. 또한 *B. bassiana*의 배양액을 이용한 저해율을 조사하기 위한 실험에서는 *B. bassiana*를 최적배양조건(25°C, pH 6.5)에서 6일간 진탕배양한 후 원심분리하여 상등액을 얻고 이것을 membrane filter(φ: 47 mm; pore size: 0.45 μm; Gelman Sciences Inc., USA)를 이용하여 균체를 완전히 제거하였다. 이렇게 하여 얻은 배양액 10 ml를 멸균

하여 굳지 않은 50~55°C의 PDA배지 90 ml에 잘 섞은 후 적당량 Petri dish에 분주하여 굳혔다. 여기에 PDA 배지에서 3일간 배양한 식물병원균의 균총을 접종하여 25°C 항온배양기에서 4~6일간 배양한 후 colony의 직경을 측정하였으며, 한편으로는 *B. bassiana*의 배양액을 첨가하지 않고 배양한 식물병원성균의 colony 직경을 따로 측정하여 이 둘을 비교하여 항진균력을 결정하였다. 이상의 실험은 3회 반복하여 평균값을 구하였으며 이때의 항진균효과(%)는 $[1 - \{ \text{균총 직경 (PDA+배양액)} / \text{균총 직경 (PDA)} \}] \times 100$ 으로 표시하였다. 위와 동일한 방법으로 배지만을 달리하여 sabouraud dextrose agar(SDA, neopeptone 10 g, dextrose 40 g, agar 15 g, D. W. 1 liter), tryptic soy agar(TSA, tryptic soy broth 20 g, agar 15 g, D. W. 1 liter), Luria-Bertani(LB, tryptone 10 g, yeast extract 5 g, sodium chloride 10 g, agar 15 g, D. W. 1 liter) 등의 배지에 대해서도 항진균효과를 비교검정하였다.

*B. bassiana*의 배양시간에 따른 균체량, 항진균력, 배양 pH의 변화. *B. bassiana*의 배양시간에 따른 균체생성량, 항진균활성, 배양 pH의 변화를 알아보기 위하여 30 ml의 YPD배지가 들어 있는 100 ml 삼각플라스크에서 6일간 진탕배양한 *B. bassiana*를 1 ml씩 위의 동일한 배지에 재접종한 다음 25°C에서 120 rpm으로 진탕배양하면서 매일 한 개씩 배양액을 꺼내어 원심분리한 후 침전된 균체를 동결건조기에서 건조하여 균체량을 측정하였으며, 각각의 배양 상등액은 filtration한 후 pH를 측정하였다. 이상의 실험은 3회 반복 수행하였으며, 얻어진 배양 상등액은 ethyl acetate로 추출하여 유기용매층만을 분리건조하였다. 이것을 1 ml의 ethyl acetate에 다시 녹여 직경이 0.5 cm인 filter paper에 각각 30 μl씩 흡착하고 유기용매를 완전히 증발시켰다. 이렇게 준비한 filter paper를 *F. oxysporum*의 분생포자가 도포된 PDA배지 위에 올려놓고 25°C의 항온배양기에서 3~4일간 배양하면서 filter paper 주위에 생김 저지원을 확인하여 *B. bassiana*의 배양시간에 따른 항진균력을 검정하였다.

*B. bassiana*의 배양여액이 분생포자 발아에 미치는 영향. 위에서 준비한 배양여액을 5 ml의 potato-dextrose broth(PDB) 배지가 들어 있는 시험관에 최종농도가 각각 0, 15, 30% 되도록 첨가하고, 여기에 공시균인 *B. cinerea*(3×10^4 spores/ml)와 *F. oxysporum*(7×10^5 spores/ml)의 포자를 접종하여 25°C, 120 rpm의 조건으로 배양하면서 4시간 간격으로 배양액을 채취하여 1000배의 배율로 광학현미경 상에서 포자의 발아율을 3회 반복 조사하였다.

항진균활성에 의한 식물병원균의 형태 변화 관찰.

*B. bassiana*가 생성, 분비하는 항진균물질이 식물병원균의 포자 형태와 균사의 생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 *B. bassiana*를 6일 동안 진탕배양한 후 얻은 배양여액 0.5 ml을 *F. oxysporum*이 접종된 5 ml의 PDB 배지에 첨가하여 25°C, 120 rpm으로 4일간 배양한 후 균체의 일부를 얻어 lactophenol aniline blue로 염색하여 위상차현미경(Carl Zeiss, Germany)으로 관찰하였다.

결 과

*B. bassiana*의 항진균성. PDA 평판배지 위에서 *B. bassiana*의 식물병원균인 *B. cinerea*와 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*에 대한 항진균성을 대치배양을 통하여 조사한 결과 비슷한 정도의 항진균성을 나타냈다

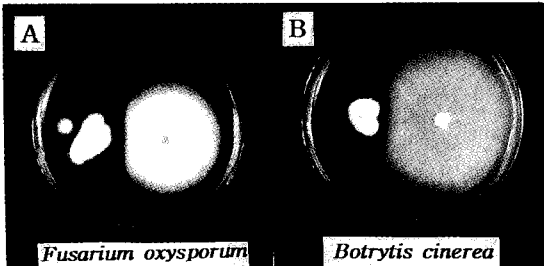


Fig. 1. In vitro antagonism assay. A mycelial plug of *Beauveria bassiana* was placed on the left of each potato-dextrose agar (PDA) plate, and mycelial plugs of two phytopathogenic fungi were on the right. (A) *Fusarium oxysporum*; (B) *Botrytis cinerea*.

Table 1. Mycelial growth inhibition of *Botrytis cinerea* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on different media amended with culture filtrate of *Beauveria bassiana*

Phytopathogenic fungus	% inhibition of mycelial growth ^a			
	Culture media ^b			
	PDA	SDA	TSA	LB
<i>Botrytis cinerea</i>	34.3	13.3	8.8	2.0
<i>Fusarium oxysporum</i>	13.3	9.3	15.9	5.0

^a Each medium was incorporated with 10% final concentrations of culture filtrate of *B. bassiana*. Inhibition percentage = $[1 - \{ \text{mycelial growth of treatment (mm)} / \text{mycelial growth of control (mm)} \}] \times 100$.

^b PDA : potato-dextrose agar, SDA : sabouraud dextrose agar, TSA : tryptic soy agar, LB : Luria-Bertani agar.

(Fig. 1). 또한 *B. bassiana*를 액체배양한 후 배양여액의 항진균성을 조사하기 위하여 4종류의 배지에 10% 배양여액을 첨가하여 *B. cinerea*와 *F. oxysporum*을 접종하였을 때 *B. cinerea*의 경우 대조구보다 2.0~34.3% 생장이 억제되었으며 4가지 배지중에서 PDA에서 가장 크게 억제되었다(Table 1). 또한 *F. oxysporum*의 경우에는 대조구보다 5.0~15.9% 생장이 억제되었으며 4가지 배지중에서 TSA 배지에서 가장 크게 억제되었다(Table 1).

*B. bassiana*의 배양시간에 따른 균체량, 항진균력, pH의 변화. *B. bassiana*를 YPD배지에 접종한 후 1~9일간 배양하면서 균체량, 항진균력, pH 변화 등을 조사한 결과 *B. bassiana*는 6일간 배양했을 때 최대균체량과 최대항진균력을 보였다(Fig. 2). pH를 배양초기에 6.5로 맞추었을 때 균체량과 항진균력이 급격히 증가하기 시작하는 배양 3일째부터 pH값도 상승하며 배양 5~6일째에 7.6을 정점으로 하여 서서히 감소하였다(Fig. 2).

*B. bassiana*의 배양여액이 병원균의 분생포자 발아에 미치는 영향. 식물병원균의 포자발아율을 조사한 결과 *B. cinerea*를 무처리구에서 배양했을 때 40시간 경과 후 발아율이 88.2%였지만 15%, 30%의 *B. bassiana* 배양여액을 첨가한 경우 각각 40.7%와 30.0%로 발아율이 감소하였다(Table 2). 또한 *B. cinerea*의 초기 발아시간을 보면 정상배지에서는 배양 후 20시간부터 발아가 시작되지만 *B. bassiana* 배양여액이 첨가되었을 경우에는 이보다 4시간 늦게 발아가 시작되었다(Table 2).

*F. oxysporum*의 경우도 15%와 30%의 *B. bassiana*

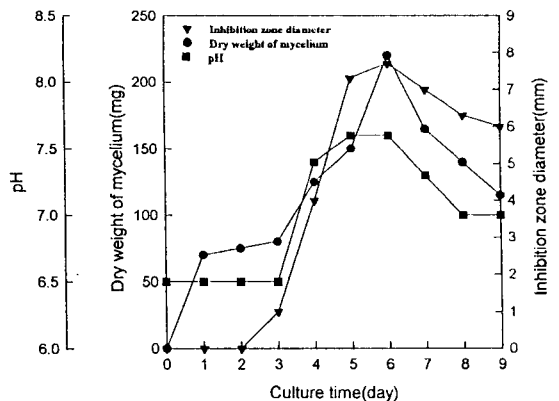


Fig. 2. Dry weight of mycelium, production of antifungal substances, and pH changes of *Beauveria bassiana* cultures according to the culture time.

Table 2. Effect of culture filtrate of *Beauveria bassiana* on the spore germination of *Botrytis cinerea*

Treatment	% of spore germination ^a						
	Incubation time (hrs)						
	16	20	24	28	32	36	40
Control	0.0	7.0	10.0	22.0	40.3	75.5	88.2
15% of culture filtrate	0.0	0.0	8.0	11.0	18.8	23.6	40.7
30% of culture filtrate	0.0	0.0	6.8	8.5	14.6	18.9	30.0

^a Spore germination was examined in potato-dextrose broth incorporated with 15 and 30% final concentrations of culture filtrate of *B. bassiana*.

Table 3. Effect of culture filtrate of *Beauveria bassiana* on the spore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

Treatment	% of spore germination ^a								
	Incubation time (hrs)								
	16	20	24	28	32	36	40	44	48
Control	0.0	8.6	13.0	18.7	25.0	40.0	30.4	56.7	78.6
15% of culture filtrate	0.0	0.0	7.4	7.8	8.0	8.7	10.0	10.8	11.0
30% of culture filtrate	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	8.0	8.5	9.0	9.0

^a Spore germination was examined in potato-dextrose broth incorporated with 15 and 30% final concentrations of culture filtrate of *B. bassiana*.

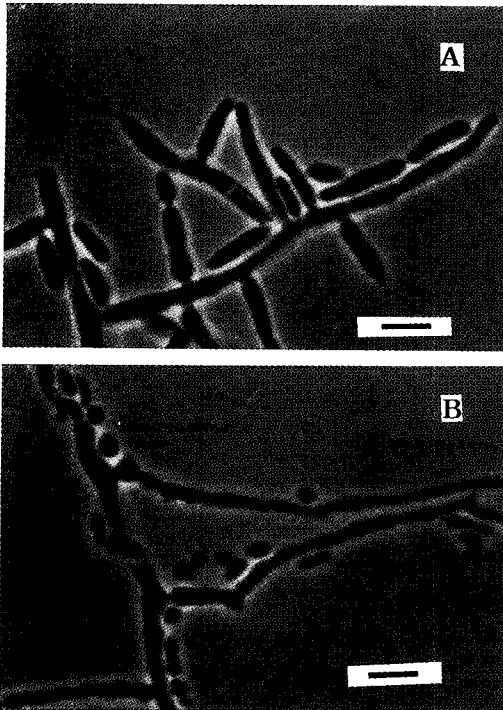


Fig. 3. Morphological abnormalities of *Fusarium oxysporum* induced by culture filtrate of *Beauveria bassiana* (bar=30 μ m). A: Potato-dextrose broth medium, B: Potato-dextrose broth medium with 10% of culture filtrate of *B. bassiana*.

배양여액을 첨가하면 40시간 이후에는 포자발아가 10% 정도로 낮아져 거의 정지하는 반면 배양여액을 첨가하지 않았을 때는 계속해서 포자발아율이 증가하여 48시간에는 최대 78.6%의 발아율을 보였다. 또한 초기 발아시간도 정상배지에서는 20시간인 반면 배양여액을 15% 첨가시 24시간, 30% 첨가시 28시간으로 각각 4, 8시간씩 늦어지는 것을 볼 수 있었다(Table 3).

항진균활성에 의한 식물병원균의 형태 변화 관찰. 시들음병을 일으키는 *F. oxysporum* 균을 10%의 *B. bassiana* 배양여액을 첨가하여 4일간 진탕배양한 후 위상차현미경을 통하여 관찰한 결과 정상배양된 포자의 길이가 30~35 μ m인데 비해 배양여액 첨가시 길이가 1/2~1/3 정도로 줄어들어 10~15 μ m였으며 폭도 상대적으로 수축된 형태를 보였다. 또한 균사의 형태도 정상인 것과 비교했을 때 지름이 1/2 정도로 작아졌으며 균사외막의 형태도 약해져 있는 것을 볼 수 있었다. 뿐만 아니라 격막의 형태도 비정상적으로 변형되어 격막과 격막 사이의 구분이 불명확하였다(Fig. 3).

고 찰

토양 등의 자연생태계로부터 병원성 진균에 대한 길항미생물을 분리하여 이 미생물을 직접 토양 혹은 식물에 정착시켜 식물병을 방제하는 방법(5, 14)과, 이들이 분비하는 항진균 물질을 방제에 이용하려는 방

법 등에 관한 연구가 많이 진행되고 있다(15, 18).

지금까지 알려진 식물병원성 곰팡이에 대한 항균기작은 증복기생(parasitism), 항생(antibiosis), 영양분의 경쟁(competition), 유도저항성(induced resistance), 용균(lysis) 등이 있다(8, 12). *B. bassiana*의 항균기작을 알아보기 위하여 이 균이 생성하는 배양상등액을 이용하여 몇 가지 배지조건에서 저해율을 측정하고 결과 *B. cinerea*와 *F. oxysporum*에 대하여 균사생장 저해효과를 보였다(Table 1). 또한 배양상등액을 100°C로 1시간 이상 가열하여도 여전히 저해효과(80% 이상)를 보였기 때문에 이 균은 antibiosis에 의해서 항진균작용을 일으킴을 알 수 있었다(자료 미제시). 한편 Hamill 등(7)의 보고에 의하면 *B. bassiana*는 beauvericin이라는 toxin을 생성하며 이 물질은 모기의 유충뿐 아니라 Gram 양성 세균 및 곰팡이에 약간의 항균효과가 있다고 하였다. 하지만 이들은 beauvericin이 항진균효과를 나타내는 대상 곰팡이의 종류에 대해서는 전혀 언급하지 않고 있다. 또한 *B. bassiana*는 살충기작과 관련하여 곤충의 외피를 분해하기 위해서 chitinase, protease 등의 효소를 분비하는 것으로 Gupta 등(6)이 보고하였다. 그런데 곤충과 마찬가지로 대부분의 식물병원성 곰팡이도 세포벽의 주성분이 chitin으로 되어 있기 때문에 이 균이 분비하는 곤충 외피 분해효소들에 의하여 식물병원균이 분해(lysis)되어 항진균효과를 나타낼 수도 있다. 만약에 이와 같은 lysis 기작에 의해서 항진균효과를 나타낸다면 이것은 antibiosis와 lysis 기작이 동시에 작용하는 것으로 생각할 수 있다. 실제로 Di Pietro 등(4)의 보고에 의하면 *Gliocladium virens*는 병원균의 lysis에 관여하는 endochitinase와 antibiosis에 관여하는 gliotoxin을 동시에 분비하여 이것이 서로 synergistic effect를 나타내어 *Rhizoctonia solani*와 *Pythium ultimum*에 대하여 항진균작용을 나타낸다고 하였다.

*B. bassiana*의 항진균물질 생성과 관련된 배양조건은 YPD 배지에서 6일간 배양시 항진균 활성이 가장 강하였으며, 균체생성량도 가장 많았다(Fig. 2). 또한 *B. bassiana*의 배양액의 pH 변화도 항진균력이 증가함에 따라 비례적으로 증가하였는데 그 이유에 대해서는 배양액의 대사산물에 대한 분석을 통해서 보다 정확히 알 수 있을 것이다.

*B. bassiana*의 배양액이 식물병원성 진균의 분생 포자에 대한 발아율 저하와 초기발아시간의 지연효과가 있음을 보여주었는데(Table 2, 3), 이것은 *Penicillium frequentans*가 생성하는 항생물질이 *Monilinia laxa*의 포자발아율을 저해한다는 보고(3)와 *Bacillus sub-*

tilis YB-70이 생성하는 항생물질이 *Fusarium solani*의 포자발아율을 저해한다는 보고(10) 등과 비슷한 결과이다.

*B. bassiana*의 배양액에 의한 식물병원균의 포자 및 균사의 형태적 변화를 관찰한 결과(Fig. 3)에서는 시들음병을 일으키는 *F. oxysporum*의 경우 포자와 균사형태에 이상이 초래되었다. 이것은 위에서 설명한 바와 같이 이 균이 생성분비하는 항생물질에 의하여 식물병원성 곰팡이의 외막에 형태 변화를 유발하기 때문에 생기는 현상으로 판단된다. 현재 이러한 식물병원균에 항균활성을 나타내는 원인물질의 분리정제에 대한 연구를 수행중에 있으며, 이를 통하여 정확한 항균물질의 구조규명과 항균기작이 밝혀질 것이다.

요 약

식물병원균 *Botrytis cinerea*와 *Fusarium oxysporum*에 대한 생물학적 방제의 기초자료를 얻기 위하여 살충성 진균 *Beauveria bassiana*의 식물병원균에 대한 균사성장저해, 포자발아 억제, 균사와 포자의 형태 변화 등의 효과를 살펴보았다. 평판배지 상에서 두 식물병원균의 균사생장이 저해되었으며, 저해효과는 배지종류에 따라 달랐는데 *B. cinerea*의 경우 PDA배지에서 가장 크게 저해되었으며 *F. oxysporum*의 경우에는 TSA배지에서 가장 크게 저해되었다. *B. bassiana*는 25°C에서 6일간 배양했을 때 *F. oxysporum*에 대한 항진균력이 가장 높았으며 동시에 최대의 균체량을 생산하였다. 또한 *B. bassiana*의 배양액을 식물병원균에 30% 농도로 첨가하여 배양했을 때 식물병원균의 포자발아율은 *B. cinerea*, *F. oxysporum*에서 각각 30% (control: 88.2%), 10.0%(control: 78.6%)로 낮아졌으며 발아 개시 시간도 4~8시간 지연되었다. 현미경을 통한 미세구조관찰에서는 10%의 *B. bassiana*배양액을 첨가했을 때 *F. oxysporum*의 포자 크기가 1/2~1/3으로 줄어들었으며 균사와 격막의 형태도 비정상적으로 변하여 균사외막과 격막-격막 사이의 구분이 불명확해졌다.

감사의 말씀

본 연구는 농림수산부의 '95 첨단기술개발사업의 연구비 지원으로 수행된 과제이므로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Bulter, E. J. 1926. The wilt disease of cotton and

- sesamum in India. *Agric. J. India* 21 : 268.
2. Burpee, L. L. and Goulty, L. G. 1984. Evaluations of fungicides for control of pink and gray snow mold on creeping bentgrass. In: *Turfgrass Research Annual Report*, ed. by R. W. Sheard, pp. 6-7. Univ. of Guelph, Ontario. 38pp.
 3. De Cal, A. and Melgarejo, P. 1994. Effect of *Penicillium frequentans* and its antibiotics on unmelanized hyphae of *Monilinia laxa*. *Phytopathology* 84 : 1010-1040.
 4. Di Pietro, A., Lorito, M., Hayes, C. K., Broadway, R. M. and Harman, G. E. 1993. Endochitinase from *Gliocladium virens*: Isolation, characterization and synergistic antifungal activity in combination with gliotoxin. *Phytopathology* 83 : 308-313.
 5. Elad, Y., Kohl, J. and Fokkema, N. J. 1994. Control of infection and sporulation of *Botrytis cinerea* on bean and tomato by saprophytic yeasts. *Phytopathology* 84 : 1193-1200.
 6. Gupta, S. C., Leathers, T. D. El-Sayed, G. N. and Ignoffo, C. M. 1992. Insect cuticle-degrading enzymes from the entomogenous fungus *Beauveria bassiana*. *Exp. Mycol.* 16 : 132-137.
 7. Hamill, R. L., Hibbens, H. E. B. and Gorman, M. 1969. The structure of beauvericin, a new depsipeptide antibiotic toxin to *Artemia salina*. *Tetrahedron Letters* 49 : 4255-4258.
 8. Howell, C. R. and Stipanovic, R. D. 1995. Mechanisms in the biocontrol of *Rhizoctonia solani*-induced cotton seedling disease by *Gliocladium virens*: Antibiosis. *Phytopathology* 85 : 469-472.
 9. 김병섭, 최경자, 조광연. 1993. Benzimidazole계 및 dicarboximide계 살균제에 저항성인 잣빛 곰팡이병의 몇가지 약제에 대한 반응. *한국식물병리학회지* 9(2) : 98-103.
 10. Kim, Y. S. and Kim, S. D. 1994. Antifungal mechanism and properties of antibiotic substances produced by *Bacillus subtilis* YB-70 as a biological control agent. *J. Microbiol. Biotechnol.* 4 : 296-304.
 11. Knudsen, G. R., Eschen, D. J., Dandurand, L. M. and Wang, Z. G. 1991. Method to enhance growth and sporulation of pelletized biological fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 57 : 2864-2867.
 12. Mandeel, Q. and Baker, R. 1993. Mechanisms involved in biological control of *Fusarium* wilt of cucumber with strains of nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology* 81 : 462-469.
 13. Mittler, T. E., Radovsky, F. J. and Resh, V. H. 1987. *Annual Review of Entomology*, Vol. 32, pp. 228-229. Annual Reviews Inc., Press.
 14. Moore, K. C. and Erlandson, M. A. 1988. Isolation of *Aspergillus parasiticus* spore and *Beauveria bassiana* (Bals.) vuillemin from *Melanoplus* grasshoppers (*Orthoptera: Acrididae*) and demonstration of their pathogenicity in *Melanoplus sanguinipes* (Fabricius). *Can. Entomol.* 120 : 989-991.
 15. Omura, S., Tomoda, H., Kimura K., Zhen, D.-Z., Kumagai, H., Igarashi, K., Imamura, N., Takahashi, Y., Tanaka, Y. and Iwai, Y. 1988. Atpenins, new antifungal antibiotics produced by *Penicillium* sp. (production, isolation, physico-chemical and biological properties). *J. Antibiot.* 41 : 1769-1773.
 16. Sutton, J. C. and Peng, G. 1993. Biocontrol of *Botrytis cinerea* in strawberry leaves. *Phytopathology* 83 : 615-621.
 17. Talma, K., Ruhama, B. and Jaacov, K. 1994. Vegetative compatibility in populations of *Fusarium oxysporum* from wild carnation. *Mycol Res.* 98 : 1415-1418.
 18. Yoshie, Y., Katsushige, I., Yoshihisa, U., Atsuko, O., Kazutoh, T., Ikunoshin, K. and Hiroshin, N. 1993. Isolation, structures, and antifungal activities of new Aureobasidins. *J. Antibiot.* 46 : 1347-1354.
 19. Ziding, F., Raymond, I. C., Timothy S. L. and Donald, W. R. 1988. A phenology model and field evaluation of *Beauveria bassiana* (Bals.) vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) mycosis of the European corn borer, *Osterinia nubilalis* (Hbn.) (Lepidoptera: Pyralidae). *Can. Entomol.* 120 : 133-144.
 20. 황병국. 1985. 식물의학. 탐구당. 295pp.