

양송이버섯 재배 후 폐상퇴비의 효과 분석 및 분리 미생물의 특성

이찬중* · 윤형식 · 정종천 · 전창성 · 김승환 · 이순자¹

농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯과, ¹부여군농업기술센터

Characteristic of Microorganism and Effect Analysis of Spent Mushroom Compost after Cultivation of Button Mushroom, *Agaricus bisporus*

Chan-Jung Lee,* Hyung-Sik Yun, Jong-Chun Cheong, Chang-Sung Jhune, Seung-Hwan Kim, and Soon-Ja Lee¹

Mushroom Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

¹Buyeo-gun Agricultural Technolgy Center, Chungnam 325-1, Korea

This study was carried out to investigate the feasibility for the use of environmental-friendly materials and the effective recycling of spent mushroom compost(SMC) after cultivation of Button Mushroom, *Agaricus bisporus*. SMC of white button mushroom contained diverse microorganisms including fluorescent *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Tricoderma* sp. and Actinomycetes. These isolates showed the extensive antifungal spectrum against plant pathogen. Among of the isolates, fungal pathogen such as *Alternaria brassicicola*, *Phytophthora melonis*, *Phytophthora capsici* and *Colletotichum gloeosporioides* strong showed strong antagonistic activity. 45.8% of the isolates were actively colonized on the pepper root and 5.8% showed rhizosphere competent of $>5 \times 10^2$ cfu root⁻¹. The plant growth promotion ability of the collected isolates were tested in pot experiments using red pepper seedling. Among them, 62.7% showed pepper growth promoting ability and growth of pepper root showed superior to the control. The germination of pepper treated with aqueous extracts of non-harvest SMC completely inhibited at concentration of more than 33%. The sterilization of SMC resulted in higher inhibition of germination and early growth of pepper. These results suggest that spent mushroom compost(SMC) of Button Mushroom may have adequately the feasibility for the use with environmental-friendly materials.

Key words: Spent mushroom compost, *Agaricus bisporus*, Antagonistic activity, Germination, Red pepper

서 언

국내에서 재배되고 있는 양송이버섯(*Agaricus bisporus*)은 2004년 196 ha에서 2005년에 176 ha로 약간 감소하고 있다(MFAFF, 2006). 양송이 재배면적 감소원인으로는 소비감소에 의한 가격 하락과 연작장애에 의한 단위면적당 수확량의 감소 및 농가 수익성 악화에 의한 일부농가의 재배포기 등으로 알려져 있다. 양송이 버섯의 재배면적은 연간 1,740천m²으로 22천톤의 부산물이 배출되고 있는 실정이다. 양송이 재배시 주재료는 볏짚과 첨가재료인 요소, 미강, 계분들을 이용하여 양송이를 재배하고 있으며, 버섯재배가 종료되고 나서 이러한 부산물이 유기질 비료나 퇴비

원료로 적절히 사용되지 않고 재배사 주변에 방치됨으로써 버섯파리, 곰팡이, 세균 등 각종 병해충의 서식처가 되어 버섯 재배농가에 심각한 피해를 주고 있으며, 침출수에 의한 수질 및 토양오염으로 환경에 나쁜 영향을 주고 있는 실정이다. 버섯 재배 후 발생되는 부산물에는 60~80%에 달하는 미분해 양분과 버섯균이 분비한 각종 생리활성물질 및 버섯균사체 등이 혼합되어 있고, 보습효과, 토양물리성 개선, 작물의 생육 및 수량 증대 등 다양한 결과들이 보고되고(Buckerfield and Webster, 2001; 2002; Cheong et. al, 2006) 있는 바 이들의 활용성에 대한 연구가 더 이루어진다면 버섯 재배농가의 생산성 향상 및 안정화, 환경오염 방지 및 부산물 재활용에 의한 원가절감으로 농가소득이 증가 할 것으로 기대된다.

본 시험은 양송이재배 후 발생한 폐상퇴비의 효율적인 재활용과 친환경 자재로서의 이용가능성을 확인하

접 수 : 2009. 3. 6 수 리 : 2009. 3. 24

*연락처 : Phone: +82438715506,

E-mail: lchanj@rda.go.kr

기 위하여 이들이 가지고 있는 다양한 장점을 미생물적인 관점에서 검토한 연구결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

공시재료 시험재료는 양송이버섯 (*Agaricus bisporus*) 재배 후 폐상배지의 효율적인 재활용을 위하여 5농가(양송이버섯을 전혀 수확하지 못한 농가, 1주기만 수확한 농가, 4주기 수확한 농가, 5주기 수확한 농가, 6주기 수확한 농가)로부터 시료를 채취하여 시험에 사용하였다.

미생물 밀도 조사 및 우점 미생물 동정 폐상시기별 배지 내 미생물의 밀도는 희석평판법으로 조사하였다(RDA, 2000). 시료 10 g을 멸균수 90 ml에 첨가하여 진탕배양기에서 200 rpm으로 30분간 진탕하여 $10^2 \sim 10^7$ 배가 되도록 희석액을 만들어 이를 미생물수측정에 사용하였다. 호기성 세균은 R2A agar(Kim and Whang, 2002), 사상균은 Streptomycin-rose bengal agar(Martin, 1950), 방선균은 Starch casein agar(Küster and Williams, 1966), *Pseudomonas*속은 P-1 agar(Kato and Itho, 1983)를 각각 선택배지로 사용하였다. *Bacillus*속 검출을 위해서는 희석액을 80°C 열수에서 10분간 처리 후 Yeast glucose agar배지(James, 1958)에 배양하였다. *Trichoderma*속은 THSM배지(Williams et. al, 2003)를 사용하였고, 고온성 방선균은 1/2 Nutrient agar배지(1/2 NA, 0.2% casein, 10g agar)를 사용하였다. 폐상퇴비내 미생물수는 3개의 평판배지에 나타난 colony를 계수한 후 평균값을 콜로니형성단위(colony forming unit, cfu)로 표시하였다. 배양은 세균과 곰팡이는 28°C 항온기에서 2~7일간 배양하면서 계수하였고, 방선균의 경우 중온성(28°C)과 고온성(45°C)으로 나누어 항온기에서 7일간 배양하면서 계수하였다. 미생물의 동정은 양송이 5주기 수확 농가와 6주기 수확 농가 시료의 생균수 측정에 사용한 plate로부터 64균주를 순수 분리한 후 16S rDNA 분석을 통하여 세균동정을 실시하였다(Johnson, 1994).

검정용 미생물 분리 및 준비 미생물의 분리는 미생물계수가 완료된 배지 중 50~60개의 colony를 형성한 plate로부터 독립적으로 분리하였다. 순수 분리한 미생물은 R2A배지에서 2일 동안 배양한 후 균체를 모아서 멸균 증류수에 8×10^9 cfu ml⁻¹ 되도록 희석하여 검정용 시료로 사용하였다.

분리 미생물의 식물병원균에 대한 길항력 검정 폐상퇴비에서 순수 분리한 미생물의 식물병원균에 대

한 길항성을 알아보기 위해 paper disk 접종방법을 이용하여 실험하였다. 대량의 분리 균주를 효과적으로 검정하기 위하여 1개의 petridish에 분리한 세균 4균주를 동일한 간격으로 접종하고, PDA배지에서 5일간 배양한 병원성 곰팡이의 균사체를 직경 10mm 크기로 잘라내어 배지의 중앙에 정치하였다. 이들을 25°C의 항온기에서 7일간 배양한 다음 접종 세균과 병원균 사이에 형성되는 생육억제환의 크기로 항균력을 나타내었다. 세균성 병원균은 R2A배지에 48시간 배양한 후 멸균수로 현탁(5×10^6 cfu ml⁻¹)하여 petridish에 도말한 후 분리 미생물을 접종하여 생육저지환의 정도에 따라 각 균주에 대한 길항능력을 평가하였다(Leander and Elroy, 1972). 각종 병원성 진균 및 세균은 농촌진흥청 농업유전자원센터(KACC)로부터 분양 받아 사용하였으며, 병원균으로는 *Alternaria brassicicola*(검은무늬병), *Botrytis cinerea*(젓빛곰팡이병), *Colletotrichum gloeosporioides*(탄저병), *Colletotrichum coccodes*(탄저병), *Fusarium oxysporum*(시들병), *Pythium ultimum*(모잘록병), *Phytophthora melonis*(역병), *Phytophthora capsici*(역병), *Rhizoctonia solani*(모잘록병), *Sclerotinia sclerotiorum*(균핵병), *Pectobacterium carotovora*(무름병), *Ralstonia solanacearum*(풋마름병) 등을 사용하였다.

분리 미생물의 근권정착 능력 검정 폐상퇴비에서 순수 분리한 균주에 대하여 근권정착 능력을 검정하기 위하여 이중여과지법(DLF)을 이용하였다(Park, 1998). 실험에 사용한 고추종자(참마니, 농우바이오)는 미생물 현탁액에 침지하기 전에 1% NaOCl에 2분간 소독한 후 멸균 증류수로 3회 세척하였다. 고추종자 5립을 미생물 현탁액에 1 시간 동안 침지한 후 멸균증류수가 흡수된 2장의 여과지(Whatman No.1)를 직경 9cm petridish에서 5일간 배양하였다. 발아된 고추뿌리 끝 10mm를 절단하여 멸균증류수에 현탁하여 nutrient agar plate 배지에 도말하고 28°C에서 2일 배양한 후 세균밀도(cfu root⁻¹)를 조사하여 근권정착능력을 검정하였다.

분리 미생물의 작물 생장 촉진효과 검정 폐상퇴비에서 순수 분리한 균주를 단순히 종자에만 접종하여 작물의 생장촉진 효과를 검정하였다. 공시된 고추종자는 미생물 현탁액에 침지하기 전에 1% NaOCl에 2분간 소독한 후 멸균수로 3회 세척하였다. 소독한 종자 5립을 미생물 현탁액에 1 시간 동안 침지하여 50공 트레이에 미생물을 처리한 고추종자를 심고 식물생장상에서 충분히 발아시킨 다음 비닐하우스에서 2주간 재배하면서 생육 촉진효과를 조사하였다.

고추 발아와 생육에 대한 폐상퇴비의 효과 폐상 시기별로 수집한 시료가 종자 발아에 미치는 영향을 조사하기 위해 시료와 멸균수를 일정한 비율로 혼합하여 200 rpm으로 60분간 진탕하였다. 혼합액을 여과한 후 직경 9cm의 petridish에 2장의 여과지(Whatman No.1)를 깔고 시료 추출액 7 ml를 넣고 고추종자를 치상한 다음 수분증발, 휘발성 물질 및 다른 미생물의 오염을 방지하기 위하여 파라필름(Parafilm)으로 완전히 밀봉하여 25°C 생장상에 두고 5일 후 고추의 발아율을 조사하였다. 폐상배지의 작물 생육효과를 조사하기 위해 수집한 폐상퇴비를 50공 트레이에 담고 고추종자를 파종한 후 비닐하우스에서 45일간 재배하면서 발아 및 생육상을 조사하였다.

폐상퇴비내 미생물의 작물생육 촉진효과 검정 폐상퇴비내에 분포하고 있는 다양한 미생물과 이들이 분비하는 물질들이 작물의 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 폐상퇴비를 멸균 및 비멸균 조건으로 처리하였다. 멸균조건은 시료를 121°C에서 40분간 멸균하여 사용하였고, 비멸균조건은 시료 자체를 그대로 사용하였다. 이들 시료를 50공 트레이에 담고 고추종자를 파종한 후 비닐하우스에서 45일간 재배하면서 발아 및 생육을 조사하였다.

결과 및 고찰

양송이버섯 재배 후 발생하는 폐상퇴비에는 미분해 유기물과 다양한 미생물이 분비하는 생물활성물질 및 버섯균사체가 포함되어 있고, 특히 폐상퇴비가 토양에 시용되었을 경우, 퇴비에 포함된 다양한 미생물이 작물과 식물병원균에 어떤 영향을 미치는가에 대한 효과분석은 폐상퇴비의 효율적인 재활용과 친환경 자재로서의 이용가능성 해결측면에서 아주 중요한 검토요인으로 작용한다. 양송이버섯 재배농가의 폐상시기

별 부산물의 미생물상을 조사한 결과 형광성 *Pseudomonas*속, 내열성 세균, 방선균 등 다양한 미생물이 분포하였고, 농가마다 형광성 *Pseudomonas*속은 20~170×10⁴ cfu g⁻¹, 사상균은 5~7,733×10³ cfu g⁻¹, 고온성 방선균은 100~766×10⁴ cfu g⁻¹ 등 미생물의 분포에 많은 차이가 있었다(Table 1). 호기성 세균의 경우는 버섯생산 주기가 긴 폐상퇴비일수록 세균의 밀도(53~258×10⁷ cfu g⁻¹)가 높았고, 특히 버섯에는 병원균으로 작용하지만 식물병원균에는 길항균으로 사용되고 있는 *Trichoderma*속이 많이 분포하고 있었다(Table 1). 이러한 미생물의 다양성은 배지의 발효 상태 및 발효기간, 배지 첨가물의 종류에 따라 다르며 발효과정이 정상적으로 이루어지지 않을 경우 혐기성 발효에 의한 메탄, 암모니아 가스 등 유해가스의 발생으로 미생물상의 변화가 더 심할 것으로 판단된다. 세균, 방선균, 균류의 가장 큰 역할은 호기적 퇴비화 과정의 초기에 중온성세균(10~46°C), 온도가 상승함에 따라 고온성세균(43~66°C)이 많이 존재하며 퇴비화가 시작된지 5일에서 10일 후에 고온성균류가 증가하였다고 한다(Baker et. al, 2003). 부숙되지 않은 퇴비에서 방선균의 증식속도는 세균이나 균류보다 느리며 중온성 방선균의 수는 퇴비화 과정에서 일정한 경향을 보이지 않고 퇴비더미의 바깥층에 존재하기 때문에 산소공급이 충분치 않거나 잦은 뒤집기로 바깥층이 불안정하면 증식이 억제된다고 하였다(Finstein and Morris, 1975). 그러나 본 시험에서는 폐상시기별로 방선균의 밀도차이는 일정한 경향을 보이지 않았다. 이상의 결과로 양송이 폐상퇴비에는 *Bacillus*속, 형광성 *Pseudomonas*속, 방선균, *Trichoderma*속 등 많은 미생물들이 분포되어 있으며, 특히 버섯에는 병원균으로 작용하지만 일반 식물병원균에는 길항미생물로 알려진 *Trichoderma*속은 다양한 항생물질을 생산하며(Okuda et al., 1982) 셀룰로스와 천연분자 물질을 분해할 수 있는 효소를 생산할 뿐 아니라(Sandhu and

Table 1. Microbial population in spent mushroom compost examined in different unloading periods.

Unloading	Aerobic bacteria	<i>Bacillus</i> sp.	Fluorescent <i>Pseudomonas</i> sp.	Fungi	<i>Trichoderma</i> sp.	Actinomycetes	
						mesophile	thermophilic
	10 ⁷ cfu g ⁻¹	10 ⁵ cfu g ⁻¹	10 ⁴ cfu g ⁻¹	10 ³ cfu g ⁻¹	10 ³ cfu g ⁻¹	----- 10 ⁴ cfu g ⁻¹ -----	
Before 1 period harvest	53	36	20	45	21	120	766
After 1 period harvest	128	12	60	5	8	10	100
After 4 periods harvest	177	79	170	29	18	17	166
After 5 periods harvest	180	5	100	25	14	16	160
After 6 periods harvest	258	223	24	7,733	3,900	206	210

Sidhu, 1980), 토양유래 병원성 미생물에 대한 길항작용을 가지는(Moon et al., 1988) 사상균이다. 본 연구에서는 *Trichoderma*속이 $8 \times 10^3 \sim 3.9 \times 10^6$ cfu g⁻¹으로 많이 분포하고 있으며 미생물학적인 관점에서 폐상퇴비의 친환경자재로써의 가능성은 충분히 있을 것으로 판단된다.

배지내 우점하는 세균의 분포를 조사하기 위하여 양송이버섯을 정상적으로 수확한 농가의 시료에서 분리한 미생물을 16S rDNA 분석을 통하여 동정한 결과는 Fig. 1과 같다. 세균은 *Bacillus*속 등 9속으로 이루어져 단순한 분포양상을 보였으며, 전체적으로 *Bacillus*속이 69%로 우점하였고, *Brevibacterium*속이 15.6%, *Pseudomonas*속이 3.1%를 점유하였다. 이러한 결과는 Fermor et al.(1985)은 양송이버섯의 경우 *Bacillus coagulans*, *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus subtilis* 등의 세균이 우점하였다는 보고와 일

치하였다. 앞으로 분리된 세균의 생리·생화학적 특성을 통한 보다 정확한 동정과 이들이 포함된 폐상배지가 토양에 사용되었을 경우 토양미생물상과 작물에 어떤 역할을 하는지에 대한 면밀한 연구가 필요하리라 생각된다.

양송이 폐상퇴비에서 분리된 미생물 균주의 여러 가지 채소병원균에 대한 항균력을 *in vitro* 상에서 paper disk 접종방법을 통해 검정한 결과, 분리된 많은 균주들이 식물병원균에 대하여 광범위한 항균 스펙트럼을 나타내었다(Fig. 2, Fig. 3). 농가마다 채취한 폐상퇴비 중에 항균력을 가지는 미생물의 분포는 달랐지만, 이들 미생물은 각종 채소에 심각한 피해를 주는 검은무늬병(*Alternaria brassicicola*), 역병(*Phytophthora melonis*, *Phytophthora capsici*), 탄저병(*Colletotrichum gloeosporioides*) 등에는 강한 항균력을 보였다. 그러나 모잘록병(*Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*), 균핵병균(*Sclerotinia sclerotiorum*)에 대해서는 다른 병원균에 비해 약한 항균력을 보였다(Fig. 3). 생물학적 방제는 주로 토양에서 길항미생물을 분리 증식하여 이병토양에 접종하여 방제효과를 얻고자 하는 방법과 유기물을 시용함으로써 토양중의 미생물에 영향을 주어 병원균의 번식을 억제하고자 하는 것으로 방법으로 나눌 수 있으며(Baker and Cook, 1982; Hoitink and Fahy, 1986), 본 연구에 사용된 폐상퇴비는 퇴비에 포함된 다양한 길항미생물에 의한 직접적인 병원균 방제효과와 퇴비사용에 따른 토양미생물상의 변화를 유도하여 병원균의 번식을 억

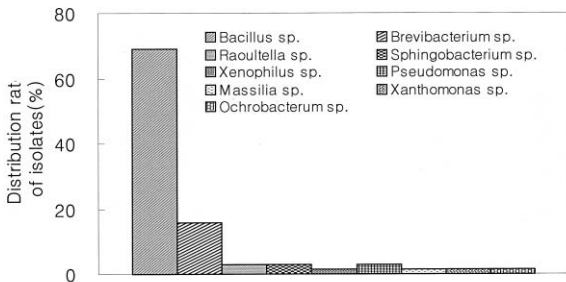


Fig. 1. Identification of several bacteria isolated from spent mushroom compost on the basis of 16 rDNA analysis.

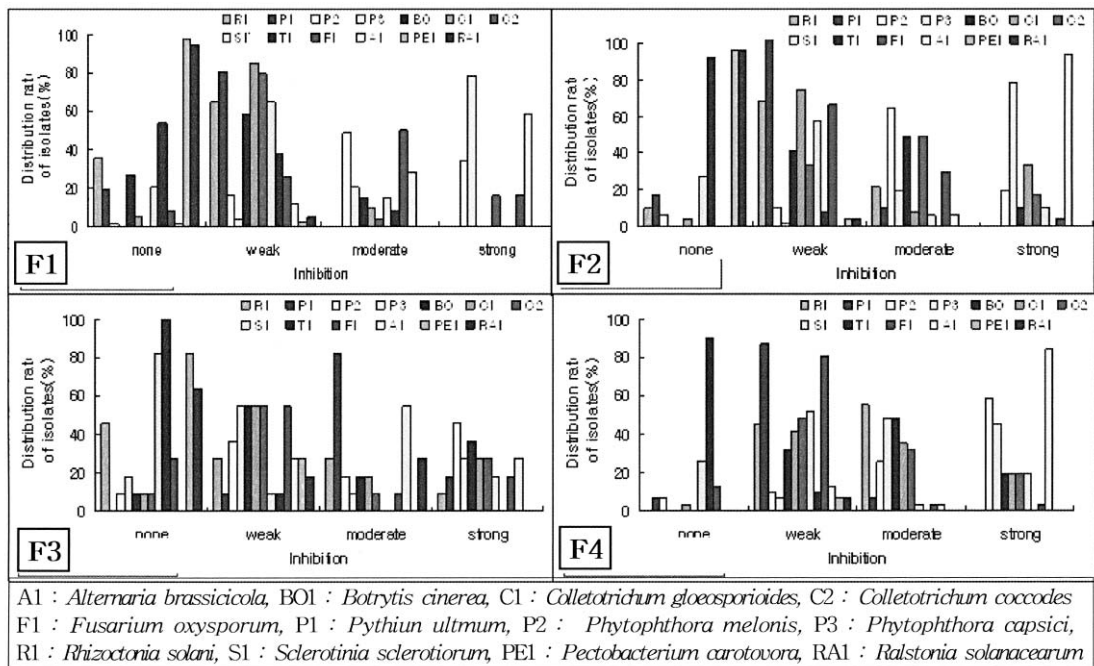


Fig. 2. Antifungal effects of bacteria isolated from spent mushroom compost. none, 0 mm; weak, 1-10 mm; moderate, 11-20 mm; strong inhibition > 20 mm. F1, After 1 period harvest; F2, After 4 periods harvest; F3, After 5 periods harvest; F4, After 6 periods harvest.

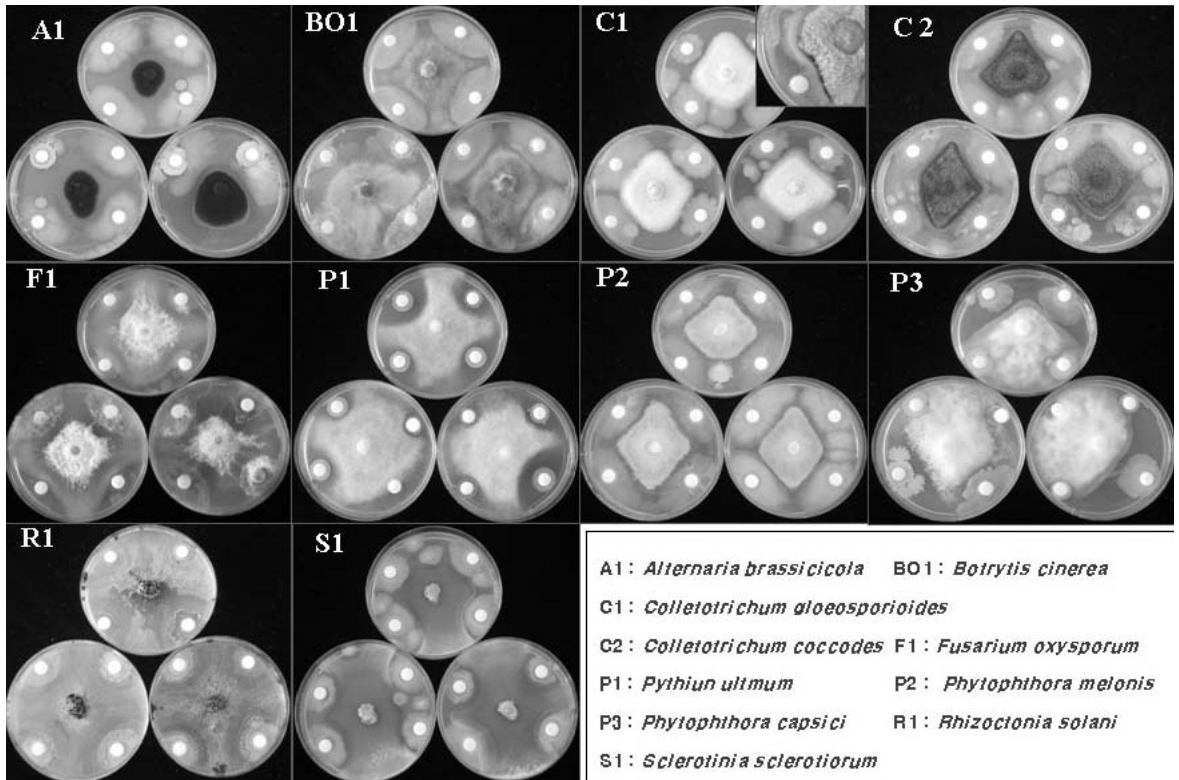


Fig. 3. Inhibition of mycelial growth of plant pathogenic fungi by bacteria isolated from spent mushroom compost.

제하는 두 가지 모두의 효과가 있을 것으로 판단된다. Phae et. al(1990)은 10가지 종류의 퇴비를 가지고 *F. oxysporum f. sp. cucumerium*, *P. uotimum*, *V. dahliae*, *R. solani*에 대해 억제효과를 시험한 결과 4개의 퇴비에서 효과가 인정되었다고 하였다. 이와 같이 순수분리하여 제재화 된 길항 미생물을 토양이나 식물에 직접 처리할 경우 미생물이 토양이나 기주에 정착하여 안정화되는데 많은 어려움이 있고, 실제로 이들 처리에 의한 방제효과는 환경에 따라 많은 차이를 보이고 있으며 방제가는 일반 화학농약보다는 많이 떨어지고 있다. 그러나 폐상퇴비의 경우 토양에 직접 사용함으로써 퇴비에 포함된 많은 유용한 미생물이 토양에 정착하여 기존의 미생물들과의 상호작용에 의한 안정적인 균락을 이루어 토양 병원균의 증식을 억제함으로써 병 방제에 기여할 것으로 생각된다.

작물생산을 위한 농자재로서 화학비료, 유기물 등이 주로 관심의 대상이었으나, 최근에는 생태계의 조화 및 환경보전 상태를 유지하면서 장기적인 생산성과 수익성을 향상시킬 수 있는 식물생장촉진 유용미생물의 개발 및 활용에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 이와 관련된 우수한 미생물 균주가 많이 선발되고 있다 (Baker and Scher, 1987). 토양이나 다양한 서식처에 분리한 미생물들이 종자의 발아 및 생육에 영향을 주기 위해서는 우선적으로 근권에 정착하는 능력을 갖추고 있어야 한다. 양송이 폐상퇴비에서 분

리한 다양한 미생물들이 고추 근권에 정착하는 정도를 조사한 결과 분리 미생물 중 45.8%가 근권에 정착하는 것으로 나타났으며, 특히 미생물중 5.8%는 5×10^2 cfu root⁻¹ 이상 정착 능력을 보였다(Fig. 4). 이와 같이 폐상퇴비에서 분리한 다양한 미생물들은 근권에 정착하는 능력이 우수하였으며, 작물의 생육촉진에 많은 영향을 줄 것으로 생각된다. 이러한 결과를 근거로 분리 미생물들이 고추 생육에 어떤 영향을 미치는가를 조사한 결과는 Fig. 5와 같다. 분리된 미생물중 무처리에 비하여 고추 생장을 촉진 시켰다고 인정되는 균주는 62.7%였으며, 고추뿌리 또한 무처리에 비해 생장이 왕성하였다. *Pseudomonas*속, *Bacillus*속 균주들이 분비하는 다양한 물질들은 여러 작물에 생육 촉진효과가 있었다고 보고되고 있다(Burr et. al, 1978; Cook et. al, 1987; Kleeberger et. al, 1983). 이러한 결과로 미루어 볼 때 양송이 폐상퇴비 속에는 이들과 같은 유용한 미생물들이 다량 포함되어 있으므로, 폐상퇴비를 토양에 사용하여 작물을 재배하였을 경우 이들 미생물들이 작물의 생육과 수량 증수에 많은 영향을 줄 것으로 판단된다.

퇴비의 부숙도를 판정하는데 있어 다양한 검정 방법이 연구되어 왔으며(Chang, 1995) 그 중 가장 많이 이용되는 방법이 종자 발아 및 초기 생육검정이다. 부숙이 되지 않은 퇴비는 작물의 발아 및 생육을 저해하는 것으로 알려져 있으며, 이를 근거로 여러 가지

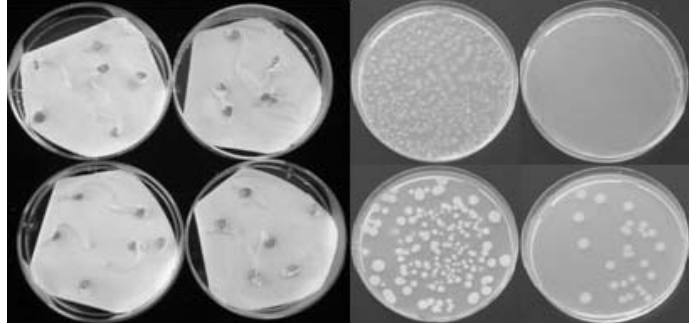
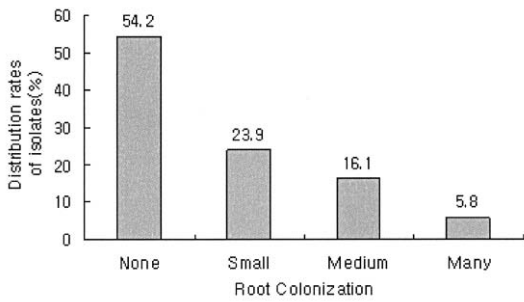


Fig. 4. Root colonizing abilities of bacteria isolated from spent mushroom compost. none, <math><10\text{ cfu root}^{-1}</math>; small,

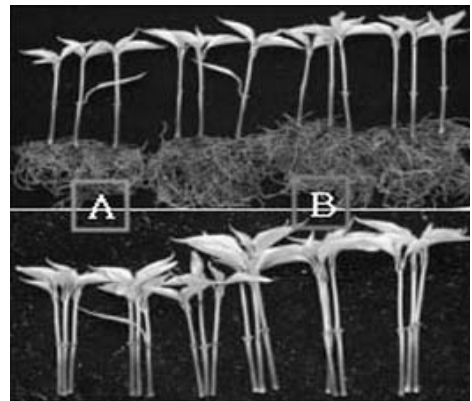
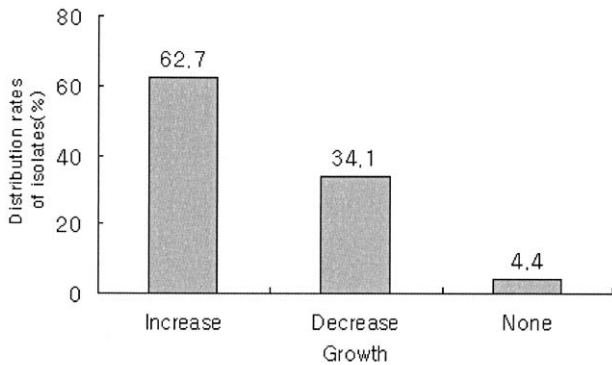


Fig. 5. Red pepper growth-promoting effects of bacteria isolated from spent mushroom compost. A: Control; B: Isolates treatment.

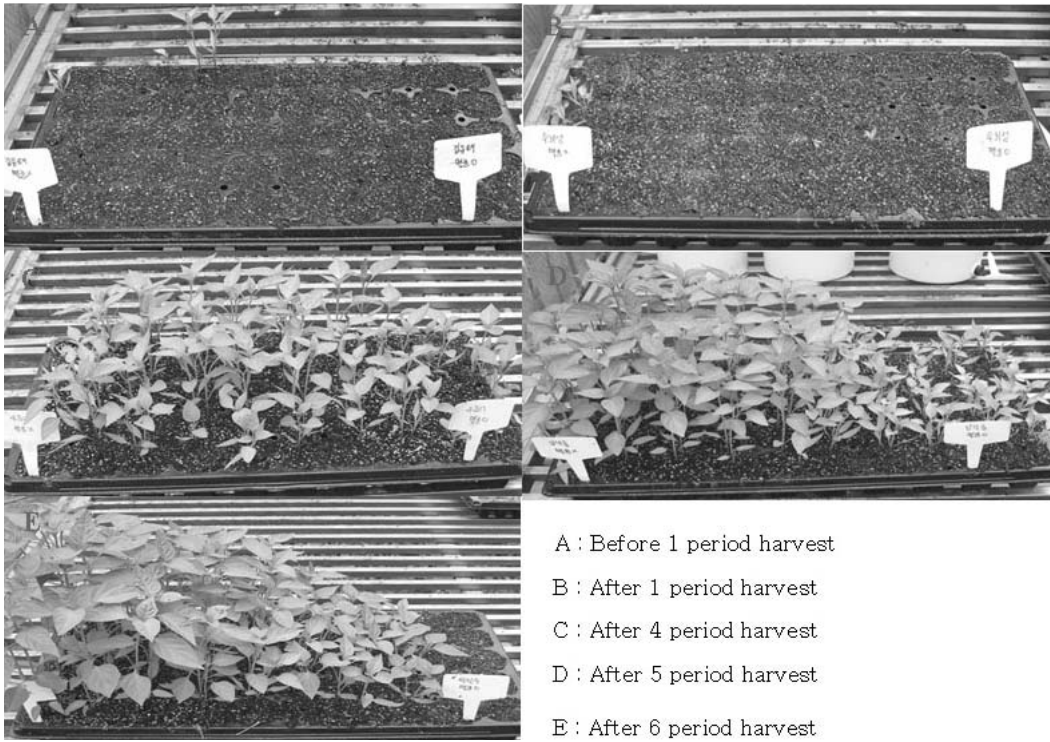
발아시험이 수행되어왔다(Kim, 1995; Inbar, 1993). 본 시험에서는 폐상시기별로 수집한 여러 시료가 퇴비로 바로 사용하였을 경우 종자의 발아 및 생육에 어떤 영향을 미치는가를 조사하기 위하여 고추 종자의 발아시험(Table 2, 3)과 초기생육 검정(Fig. 6)을 통하여 유기질퇴비 대응으로써의 가능성을 조사하였다. 폐상퇴비와 멸균수를 일정한 비율로 혼합한 추출물의 고추 종자 발아 및 생육정도를 조사한 결과 양송이버섯을 여러번 수확하고 폐상한 시료는 고추의 발아에 전혀 지장이 없었지만 1주기도 수확하지 못한 폐상퇴비의 경우 고추의 발아에 심각한 문제가 발생하였다(Table 2). 폐상퇴비를 50공 포트에 담아서 고추종자를 파종한 결과 버섯을 정상적으로 수확한 시료는 고추의 발아가 양호하였지만, 버섯을 거의 수확하지 못한 폐상퇴비의 경우 발아 및 생육이 전혀 이루어지지 않았다. 또한 수확주기기 길수록 고추 유묘의 생육이 좋았다(Fig. 6). 이를 근거로 1주기도 수확하지 못한

폐상퇴비를 일정한 비율의 멸균 증류수로 다시 희석하여 추출한 다음 고추 종자의 발아정도를 조사한 결과 시료를 멸균증류수로 6배 희석한 경우 58%의 발아율을 보였고, 10배 이상 희석한 추출물에서 76~78%의 발아율을 보였다(Table 3). 또한 발아가 전혀 되지 않은 petridish의 뚜껑을 개봉하여 상온에 8일 동안 두었을 경우 Fig. 7과 같이 정상적으로 발아가 되었다. 이러한 결과는 양송이버섯 배지의 경우 호기성 발효가 정상적으로 이루어지지 않고 혐기성 발효에 의해 암모니아 가스와 메탄 등의 유해가스와 유해 미생물이 분비하는 다양한 휘발성 유기산과 같은 물질의 영향으로 고추의 발아가 저해 되었을 것으로 판단된다. 일반적으로 양송이 배지의 경우 정상적인 발효 과정을 거쳐 버섯 수확이 정상적으로 이루어 졌을 경우 폐상할 시점에는 배지가 완전한 부숙이 이루어지므로 작물에 바로 사용하여도 전혀 문제가 되지 않지만, 양송이버섯을 거의 수확하지 못한 폐상퇴비의 경우 반

Table 2. Effect of aqueous extracts of spent mushroom compost on germination of pepper.

Unloading	Before 1 period harvest [†]	After 1 period harvest	After 4 periods harvest	After 5 periods harvest	After 6 periods harvest
Germination rates(%)	3	83	93	90	93

[†] spent mushroom compost:DW=1:3



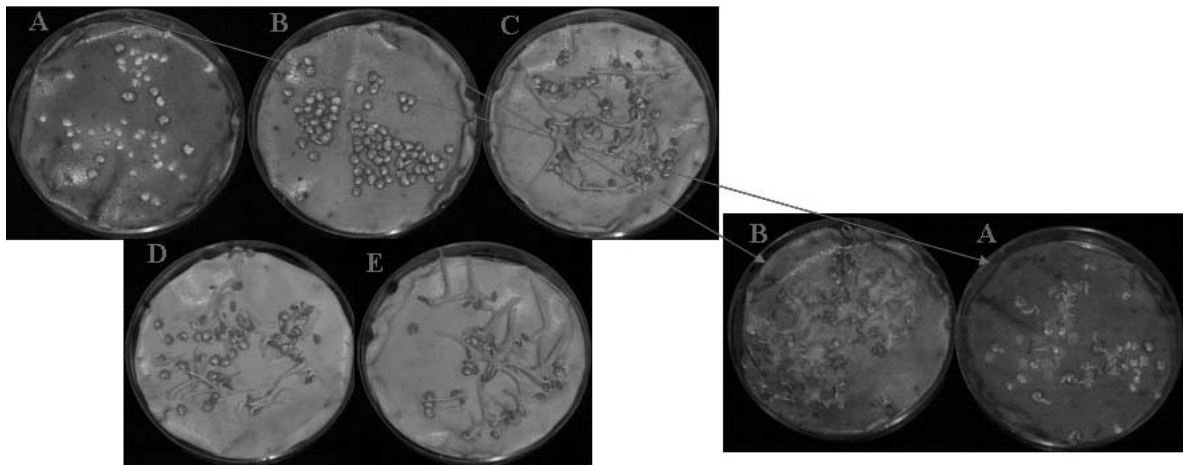
A : Before 1 period harvest
 B : After 1 period harvest
 C : After 4 period harvest
 D : After 5 period harvest
 E : After 6 period harvest

Fig. 6. Effect of spent mushroom compost on germination and growth of red pepper.

Table 3. Effect of various concentration of spent mushroom compost extracts on germination of pepper.

Division	Exractly:DW(A) 1:1	Extract:DW(B) 1:3	Extract:DW(C) 1:6	Extract:DW(D) 1:10	Extract:DW(E) 1:15
Germination rates(%)	0	8.5	58	76	78

† Unloading compost of before 1 period mushroom harvest



< 8 days after covers open >

Fig. 7. Effect of spent mushroom compost extracts on germination of red pepper.

드시 퇴비화 과정을 거친 후 퇴비로 사용하여 할 것으로 판단된다.

폐상퇴비를 멸균 및 비멸균 조건으로 배지내에 분포하고 있는 다양한 미생물과 이들이 분비하는 물질

들이 작물의 생육에 미치는 영향을 조사한 결과 폐상 시기에 관계없이 멸균시료에 비해 비멸균 시료에서 고추의 생육이 좋았다(Fig. 8). 양송이 폐상퇴비에는 보습효과, 제초효과, 토양물리성 개선, 토양미생물상

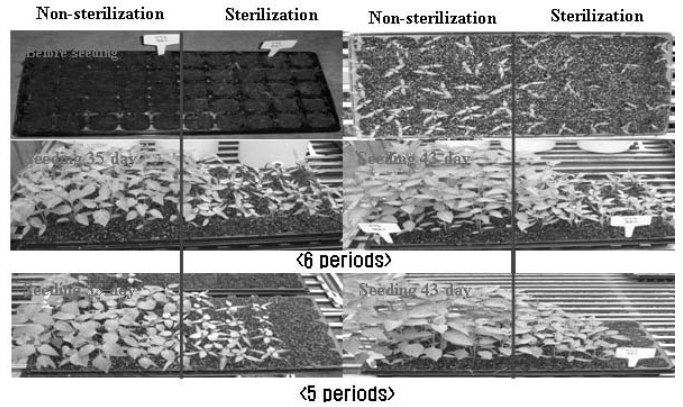
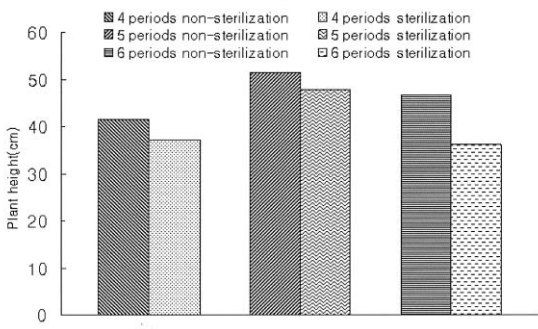


Fig. 8. Effect of sterilized and non-sterilized spent mushroom compost on growth of red pepper.

항상, 작물의 생육 및 수량 증대 등 다양한 효과가 보고되고 있다(Buckerfield and Webster, 2001; 2002). 이러한 결과는 폐상퇴비내에 고추의 생육을 촉진하는 유용한 미생물과 이들이 분비하는 다양한 식물생장 촉진물질에 의한 것으로 판단되지만, 폐상퇴비내 존재하는 유기물의 영양학적인 측면은 추후 면밀한 검토가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 이와 같이 양송이재배 후 폐상퇴비에 포함된 다양한 미생물과 이들이 분비하는 유용한 물질에 대한 면밀한 연구가 이루어진다면 폐상퇴비에 대한 활용성은 더욱 증가할 것으로 판단된다.

적 요

양송이버섯 재배 후 폐상퇴비의 효율적인 재활용과 친환경 자재로서의 이용가능성을 검토하기 위해 작물과 식물병원균에 미치는 영향을 미생물학적인 관점에서 조사하였다. 폐상시기별로 폐상퇴비내 미생물상은 농가마다 차이는 있었지만 형광성 *Pseudomonas*속, 내열성 세균, 방선균 등 다양한 미생물이 분포하였고, 특히 버섯에는 병원균으로 작용하지만 식물병원균에는 길항균으로 사용되고 있는 *Trichoderma* 속이 많이 분포하고 있었다. 폐상퇴비에서 분리한 미생물의 여러가지 채소병원균에 대한 항균력을 조사한 결과 식물병원균에 대하여 광범위한 항균 스펙트럼을 나타내었다. 농가마다 채취한 폐상퇴비 중에 항균력을 가지는 미생물의 분포는 달랐지만 분리균의 상당수가 검은무늬병(*Alternaria brassicicola*), 역병(*Phytophthora melonis*, *Phytophthora capsici*), 탄저병(*Colletotrichum gloeosporioides*) 등에는 강한 항균력을 보였다. 또한 분리 미생물 중 45.8%가 고추 근권에 정착하는 능력을 보였고, 이들 중 5.8%는 5×10^2 cfu root⁻¹ 이상 정착 능력을 보였다. 미생물처리시 균주의 62.7%가 고추 생장을 촉진시켰고, 뿌리 또한 무처리에 비해 생장이 왕성하였다. 폐상퇴비 추출물의 고추 종자 발아 및

생육정도를 조사한 결과 양송이버섯을 정상적으로 수확하고 폐상한 퇴비는 고추의 발아에 전혀 지장이 없었지만 버섯을 거의 수확하지 못한 폐상퇴비의 경우 고추의 발아에 심각한 문제가 발생하였고, 포트시험 결과도 버섯을 거의 수확하지 못한 폐상퇴비를 처리한 경우 고추의 발아 및 생육이 전혀 이루어지지 않았다. 폐상퇴비를 멸균 및 비멸균 조건으로 실험한 결과 폐상시기에 관계없이 멸균시료에 비해 비멸균 시료에서 고추의 생육이 왕성하였다.

인 용 문 헌

Baker, K.F., and R.J. Cook.1982. Examples of biological control : In biological control of plant pathogens. ed. Baker. K.F. and Cook, R.F., The Amer. Phytopathol. Soc. St. Paul. Mn. 61-106.

Baker, R., and F.M. Scher. 1987. Enhancing the activity of biological control agent. p1-18. in: Innovative approaches to plant disease control. 1. chet. ed. Jhon Wiley and Sor. New York. Tronto. Singapore.

Baker, M., B. knoop, S. Quiring, A. Beard, B.Lesikar, J.Sweeten, and R. Burns. 2003. Composting guide index. Prepared by the Texas Agricultural Extension Service Solid and Hazardous Waste Management Initiative Team. Chap. I. The Decomposition process. <http://aggie-horticulture.tamu.edu/extension/compost/compost.html>.

Buckerfield, J.C., and K.A. Webster. 2001. Responses to mulch continue: results from five years of field-trials. The Australian Grapegrower and Winemaker, 453:71-78.

Buckerfield, J.C., and K.A. Webster. 2002. Organic matter management in vineyards: mulches for soil maintenance. The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker, 461:26-30.

Burr, T.J., M.N. Schroth, and T. Suslow. 1978. Increased potato yields by treatment of seed pieces with specific strains of *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*. Phytopathol. 68:1377-1383.

Chang, K.W., I.B. Lee, and J.B. Lim. 1995. Changes of Physico - chemical Properties during the Composting of Korean Food

- Waste. Kor. Org. Resource Recycling Association. 3:3-11.
- Chang, K.W., I.B. Lee, P.J. Kim, and K.H. Min. 1995. Evaluation of the Stability of Compost Made from Food Wastes by the Fermenting Tank. Korean Organic Resource Recycling Association 3:35-42.
- Chang, K.W., I.B. Lee, and J.S. Lim. 1995. Changes of physico-chemical properties during the composting of Korean Food Waste. Korean Organic Resource Recycling Association 3:3-11.
- Cheong, J.C., C.S. Jhune, S.H. Kim, K.Y. Jang, J.S. Park, J.C. Na, and M.H. Chun. 2006. Effect of the adding of *Flammulina velutipes* cultivation media wastes into chicken feed on the meat quality and production cost of broiler. J. Korean Mycolo. 34:2933.
- Cook, J.R., D.M. Weller, and L.S. Thomashow. 1987. Enhancement of root health and plant growth by rhizobacteria. p125-134. in: Molecular strategies for crop protection. Alan Liss Ins.
- Fermor, T.R., Randle, P.E., and J.E. Smith. 1985. Compost as a substrate and its preparation. Pp. 81-109. *In*: The biology and technology of the cultivated mushroom. Eds. Spencer, D. M. and Wood, D. A. John Wiley & Sons Inc.UK.
- Finstein, M. S., and M. L. Morris. 1975. Microbiology of municipal solid waste composting. Adv. Appl. Microbiol. 19:113-151.
- Hoitink, H.A.J., and P.C. Fahy. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. Ann. Rev. Phytopathol. 24:93-114.
- Inbar, Y., Y. Hader, and Y. Chen. 1993. Recycling of cattle manure : The composting process and characterization of maturity. J. Environ Qual. 22:857-863.
- James, N. 1958. Soil extract in soil microbiology. Can. J. Microbiol. 4:363-370.
- Johnson, J. L. 1994. Similarity analysis of rRNAs. p.683-700 In P. Gerhard, R. G. E. Murray, W. A. Wood, and N. R. Krirg (ed.) Methods for general and molecular bacteriology. American Society for Microbiology. Washington DC, USA.
- Kate, K., and K. Itho. 1983. New selective media for *Pseudomonas* strains producing fluorescent pigment. Soil Sci. Plant Nitr. 29:525-532.
- Kim, I.G., and K.S. Whang. 2002. The observation and a quantitative evaluation of viable but non-culturable bacteria in potable groundwater using epifluorescence microscopy. The Korean. Journal of Microbiology. 38:180-185.
- Kim, F.J., Chang, K.W., and G.H. Min. 1995. Evaluation of the stability of compost made from food wastes by the fermenting tank. Korean Organic Resource Recycling Association. 3:35-42.
- Kleeberger. A., H. Castorph., and W. Klingmuller. 1983. The rhiosphere microflora of wheat and barley with special regard to the gram negative bacteria. Arch. Microbiol. 136:306-311.
- Küster, E., and S.T. Williams. 1966. Selection of media for isolation of streptomycetes. Nature(London) 202:928-929.
- Leander, F.J., and A.C. Elroy. 1972. Methods for research on the ecology of soil-borne plant pathogens. Burgess Publishing Company. p. 139-166.
- Martin, J.P. 1950. Use of acid. rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. Soil Sci. 69:215-232.
- MFAFF, 2006. Actual yield of industrial product.
- Moon, B.J., H.S. Chung, and C.T. Cho. 1988. Studies on antagonism of *Trichoderma species* to *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*. I. Isolatio, identification and antagonistic properties of *Trichoderma species*, Korean J. Plant Pathol. 4:111-123.
- Okuda, T., T. Fujiwara, and M. Fuwara. 1982. Correlation between species of *Trichoderma* and production patterns of isonitrile antibiotics. Agric. Biol. Chem. 45:1811-1822.
- Park, C.S., Y.R. Chung, H.G. Kim, and B.K. Hwang. 1998. Development of ecologically compatible biopesticide for controlling plant disease under high quality crop production system. MFAFF. 1-229.
- Phae, C.G., S. Masayuki, S. Makoto, and K. Hiroshi. 1990. Characteristic of *Bacillus subtilis* isolated from composts suppressing phytopathogenic microorganisms. Soil Sci. Plant nutr. 36:575-586.
- Sandhu, D.K, and SM. S.idhu. 1980. The fungal succession on decomposing sugar cane bagasse. Trans. Br. Mycol. Soc. 75:281-286.
- Williams, J., J.M. Clarkson, P.R. Mills, and R.M. Cooper. 2003. A selective medium for quantitative reisolation of *Trichoderma harzianum* from *Agaricus bisporus* compost. Applied and Environmental Microbiology. 69:4190-4191.