

# 버섯 수확후배지의 고추 생육촉진 및 역병 억제 효과

곽아민<sup>1</sup> · 강대선<sup>1</sup> · 이상엽<sup>3</sup> · 강희완<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>한경대학교 미래융합기술대학원, <sup>2</sup>한경대학교 유전공학연구소, <sup>3</sup>국립농업과학원 농업미생물과

## Effect of spent mushroom substrates on *Phytophthora* Blight disease and growth promotion of pepper

A-Min Kwak<sup>1</sup>, Dae Sun Kang<sup>1</sup>, Sang-Yeop Lee<sup>3</sup> and Hee-Wan Kang<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Future Convergence Technology, Hankyong National University, Ansung 456-749, Korea

<sup>2</sup>Institute of Genetic Engineering, Hankyong National University, Ansung 456-749, Korea

<sup>3</sup>Agricultural Microbiology Division, National Academy of Agricultural Science (NAAS), Rural Development Administration (RDA), Wanju 565-851, Korea

**ABSTRACT:** Water extracts from spent mushroom substrate (SMSE) of edible mushrooms, *Pleurotus eryngii*, *Hericium erinaceus* and *Lentinula edodes* promoted growth of pepper seedling. Mycelial growth rate of *Phytophthora capsici* and *Fusarium oxysporum* was dramatically inhibited by 100% and 70% on PDA added with SMSE of *H. erinaceus*. SMSEs from *H. erinaceus*, *P. eryngii*, and *L. edodes* effectively reduced the disease severity of *Phytophthora* blight of pepper caused by *Phytophthora capsici* to 75%, 10% and 35%, respectively. These results suggested that SMSE from the mushrooms have dual effects that suppress *phytophthora* blight disease and promote plant growth of pepper.

**KEYWORDS:** Pepper, Spent mushroom substrate, Water extracts, *Phytophthora* blight disease, Growth promotion

### 서 론

세계의 버섯생산량은 2008년을 기준으로 348톤에 이르며 아시아와 유럽을 중심으로 재배되고 있다. 국내의 농산버섯은 연간 총 생산량은 173,354톤 (2013년) 으로 느타리버섯 (*Pleurotus ostreatus*), 큰느타리버섯 (*P. eryngii*), 팽이버섯 (*Flammulina velvtipes*)이 버섯 생산량의 88%를 차지한다(농림축산식품부, 2013).

최근 버섯산업의 소비자의 수요 확충을 위하여 유용한

생리활성이 포함된 기능성 버섯품목의 인공재배방법이 개발 보급되면서 노루궁뎅이버섯 (*Hericium erinaceum*)이 병 또는 봉지재배로 재배면적이 늘어나고 있다. 표고버섯 (*Lentinula edodes*)은 국내버섯 총 생산량의 20%를 차지하고 있으며 원목재배에서 인공배지를 활용한 재배법이 급속히 확산되고 있다. 일반적으로 버섯 1 kg 생산에 버섯 배지가 5 kg이 소비되는 것으로 볼 때 국내 버섯 수확 후 배지 (spent mushroom substrate, SMS)는 연간 200만톤 이상이 생산되는 것으로 추정된다.

SMS는 유기비료, 퇴비, 연료, 환경 오염물제거(폐놀물질, 염료제거), 가축사료 또는 버섯배지로 가공 하여 재사용 등 다양하게 사용 되고 있다(Suess, 2006). Suay 등 (2000)은 담자균 204종 317균주를 이용하여 세균에 대한 항균효과를 탐색하여 109 species가 세균과 곰팡이의 성장을 저해하는 항균활성이 있는 것으로 보고 한 바 있으며, 담자균의 자실체 균사체 유래 항균물질이 분리, 동정하여 보고 하였으나 대부분의 연구는 인체 병원균에 집중되어 왔다 (Alves et al., 2012). 최근 식용버섯 유래 배양 여액을 이용하여 세균식물병원성 곰팡이와 식물병원성세균의 성장억제와 또한 고추역병균 병 방제에 적용한 연구가 보고된 바 있다 (Chen and Huang, 2010). 그러나 균

J. Mushrooms 2015 March, 13(1):16-20  
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2015.13.1.16>  
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853  
 © The Korean Society of Mushroom Science

\*Corresponding author  
 E-mail : kanghw2@hknu.ac.kr  
 Tel : +82-31-676-2602, Fax : +82-31-670-5420

Received March 18, 2015  
 Revised March 27, 2015  
 Accepted March 31, 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

사체 배양여액을 포장에 적용하기 위해서는 균의 대량 배양 및 추출 시스템 등 부수적인 공정비용이 요구되어 경제적 효율이 문제점이 될 수 있다. 그러나 SMS는 균 사체 배양과정 없이 간단한 추출과정만으로 활용가능 하여 농업 폐자원을 저 비용으로 고 부가가치의 유용자원으로 전환 시킬 수 있다는 점에서 유용성이 있다. SMS는  $\beta$ -glucosidase, cellulase 등의 다양한 효소와 식물생육 촉진 유효성분, 항균물질, 병 저항성 유도체 등의 다양한 이차대사산물이 포함되어 있는 것으로 알려져 있다 (Hautzel and Anke., 1990; Lim *et al.*, 2012; Parada *et al.*, 2012; Suess, 2006). 특히 식용버섯 SMS유래 물질을 이용한 식물 병 방제는 인체유해성을 선제적으로 차단하고 친 환경 소재로 이용 할 수 있다. 그러나 SMS를 이용한 식물 병 방제의 여러 가능성에도 불구하고 국내에서는 연구는 전무한 실정이다.

고추는 조미채소로서 전국적으로 44,817ha의 면적이 재배되고 있으며 연간 117, 324톤이 생산되고 있는 경제적으로 중요한 채소작물이다(Kang *et al.*, 2011). 고추에 발생하는 고추역병은 *Phytophthora capsici*에 의하여 원인이 되며 고추에 가장 큰 피해를 주는 심각한 병이다 (Kang *et al.*, 2011). 따라서 본 연구는 국내에서 주로 생산되는 큰느타리버섯, 표고버섯, 노루궁뎅이버섯 등의 식용버섯 SMS의 물 추출액을 이용하여 고추 유묘의 생육과 고추역병의 억제효과를 조사 하였으며 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 버섯 수확 후 배지의 물 추출

큰느타리버섯, 표고버섯, 노루궁뎅이버섯의 SMS는 경기도버섯연구소와 일반 버섯농가에서 분양 받아 사용하였다. SMS로부터 유효성분을 추출하기 위하여 SMS 100g을 잘게 부수고 증류수 300 ml를 첨가 하여 2시간 동안 실온에서 200 rpm에서 진탕 배양 하였다. SMS혼합액을 2겹의 미라크로스로 거르고 10,000 rpm에서 10분동안 원심 분리하여 SMS잔여물을 침전제거 하고 상등 액을 SMS water extract (SMSE)로 하여 실험에 이용하였다.

### SMS 물 추출물의 고추생육 촉진 효과 검증

유묘 성장효과를 조사하기 위하여 고추종자를 plug tray의 Peat moss상에 심어 3주 동안 유묘로 성장 시키고 Pot(직경 10 cm)에 이식하여 실험에 사용 하였다. SMCE 50 ml를 5일 간격으로 고추 유묘 뿌리주변에 관수하고 초장, 엽장, 엽폭, 절간수, 절간장, 엽수의 길이를 측정 하여 유묘생육촉진 효과 여부를 조사 하였다(Table 1). 대조구로서는 같은 양의 증류수를 처리 하였다.

### 균사성장억제효과

고추역병균(*Phytophthora capsici*)과 *Fusarium oxysporum*을 농촌진흥청 국립농업과학원에서 분양 받아 사용 하였다. 노루궁뎅이버섯 SMSE를 2배 또는 3배 희석하여 PDA(potato dextrose agar)와 혼합하고 고압 살균하여 Petri dish에 분주하여 SMSE혼합 PDA를 만들었다. SMSE혼합 PDA배지 중앙에 미리 PDA상에서 성장한 균 사체 직경 5 mm 절편을 접종하고 14일 후에 균사생장 여부를 조사 하였다.

### 고추 식물병원균 방제를 위한 SMSE처리

고추역병은 V8배지를 기본배지로 하여 사용 하였다. 유주자농 형성유도를 위하여 10% V8 배지 상에 5개 지점에 작은 접종원 절편(3×9 mm)을 동일한 거리에 접종하였다. 24°C 암 조건에서 5일동안 배양하고 칼로 균사체를 절편(약 직경 10 mm)하고 살균수 20 ml를 첨가하여 형광 빛을 조사하면서 24°C에서 다시 2일간 배양하였다. 유주자농 형성여부를 고배율(X400) 광학현미경(Zeiss Axio imager)으로 확인한 후 4°C 냉장고에 60분간 넣었다가 상온에 30분간 두어 유주자의 유출을 유도한 후 치즈클로스로 Filtration하여 유주자를 채집 하였다. 유주자 밀도는 헤머사이토미터를 사용하여 10<sup>5</sup> mL<sup>-1</sup> 로 개체수를 조절 하였다. 고추역병에 대한 SMSE의 방제효과를 조사 하기 위하여 포토 (지경 10 cm)내의 상토에서 30일 성장시킨 고추 유묘에 큰느타리 SMCE 50ml처리 하였다. 3일 경과 후 고추유묘 뿌리끝을 절단 하고 고추역병 유주자 도 (10<sup>5</sup> mL<sup>-1</sup>)의 현탁액에 적시고 포토에 이식 하였다. SMSE을 앞에 분사하고 50 ml 관수로 처리 하였으며 5일간격으로 3회 처리 하면서 병 발생 정도를 관찰 하였다.

Table 1. Effect on pepper growth of spent mushroom substrates

SMSEs	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf number (numbers)	Internode	
					Number (numbers)	length(cm)
<i>Hericium erinaceus</i>	40.53±1.58a	5.97±0.19b	3.16±0.32a	24±1.83a <sup>y</sup>	12.1±0.69a	3.84±0.21a
<i>Pleurotus eryngii</i>	41.50±1.85a	6.24±0.18a	3.10±0.22a	23±2.45a	11.9±0.58a	3.73±0.26a
<i>Lentinula edodes</i>	36.68±1.46b	5.49±0.23c	3.08±0.11a	24±1.20a	12.0±0.56a	3.92±0.25a
Bed soi (negative control)	32.63±2.12c	5.21±0.30d	2.64±0.22b	14±1.70b	10.6±0.69b	3.44±0.16b

<sup>y</sup>The different letters are significantly (p<0.05) different according to Duncan's multiple test

## 결과 및 고찰

### SMSE의 고추식물의 생육촉진효과

SMS는 식물체의 성장촉진을 위한 영양원을 포함 하고 있는 것으로 보고 되었다(Maynard AA, 2008; Fasidi *et al.*, 2008). 따라서 SMSE가 유묘성장에 어떠한 영향을 미치는지를 조사 하였다. Table 1은 SMSE처리에 따른 고추 유묘의 성장효과를 조사한 것으로 큰느타리버섯, 표고버섯, 노루궁뎅이버섯 SMSE는 물처리구에 비하여 초장 18%, 옆장 12%, 엽폭 21%, 절간 수 12%, 절간길이 11% 및 잎 수 41% 에서 모두 증가되었다. 특히 잎수는 물처리구는 평균 14잎이 형성된 반면에 SMSE처리구는 거의 1.5배의 잎수가 형성되어 SMSE에는 식물성장촉진에 유용한 성분이 포함 하고 있는 것으로 사료 되었다. 전에 *Pleurotus pulmonarius*의 SMS를 이용한 나이지리아의 4종의 야채의 성장촉진효과를 보고 한 바 있다 (Jonathan *et al.*, 2011) SMS처리구는 비 처리구에 비하여 식물체의 초장이 2배이상의 성장을 촉진시켰으며 잎수의 경우도 2배이상 증가되어 야채식물의 수확량이 현저히 증가 되었다고 하였다. 잎은 녹색식물의 호흡과 광합성장으로 중요하며 식물체의 에너지 대사과정의 핵심적인 장소로서 식물체 성장에 중요한 역할을 하며 본 연구 SMSE는 잎형성에 매우 중요한 기능을 하는 것으로 나타나 기 보고 (Jonathan *et al.*, 2011)와 일치된 결과를 보였다. SMS는 버섯균사체가 생산하는 목질분해효소에 의해 cellulose와 lignin이 분해된 상태에 있으며 그 분해산물은 식물성장을 위한 탄소 원과 질소 원으로 공급되고 더 나아가 토양개선에 중요한 역할을 하는 것으로 보고되어 있다 (Suess, 2006). 따라서 본 연구의 SMSE를 작물과 토양에 처리 시 유사한 생육효과를 보임으로서 유기질 비료 또는 토양개량제로서 활용이 가능 할 것으로 사료되었다.

### SMSE의 고추역병 방제효과

본 연구는 기 연구에서 항균효과가 알려진 큰느타리, 표고버섯과 노루궁뎅이버섯의 SMS이용하여 고추역병균의 방제효과를 조사하였다. 노루궁뎅이버섯 SMSE 처리구는 물처리구에 비하여 75% 이상의 방제효과를 보였으나 표고버섯과 큰느타리 SMSE처리구는 각각 65%와 25%의 보다 낮은 방제효과를 보였다(Table 2). Fig. 1는 고추유묘에 고추역병균을 재료 및 방법에 준하여 인공접종 한 후 SMSE를 처리한 것이다. 처리 10일 후에 대조구는 역병균에 감염되어 잎 전체가 위조되는 병징이 나타났지만 SMSE 처리구는 건전히 잘 성장 하는 것이 관찰되어 SMSE의 고추역병균에 대한 방제효과를 확인 할 수 있었다.

Fig. 2은 노루궁뎅이버섯 SMSE를 PDA와 혼합하여 제조한 배지 상에 고추역병균 균사체를 접종하여 7일 후에 균사생장율을 조사 한 결과이다. 노루궁뎅이버섯 SMSE 혼합배지는 고추역병균의 균사생장을 100% 억제 하였으나, 참고

**Table 2.** Effects of water extracts of spent mushroom substrate on the disease severity of Phytophthora blight of peppers caused by *Phytophthora capsici*

Mushroom species	Disease severity (%) <sup>a)</sup>
<i>Lentinula edodes</i>	35 ± 5.3
<i>Pleurotus eryngii</i>	75 ± 1.5
<i>Hericium erinaceus</i>	25 ± 4.8

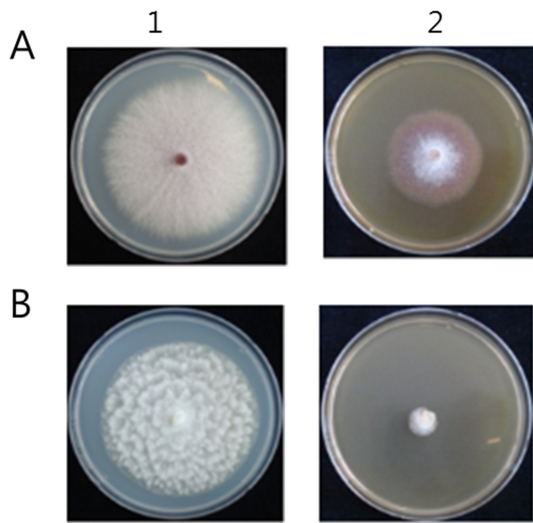
<sup>a)</sup> Values were means ± standard deviations of four replicates for each treatment. The experiment was repeated three times.



**Fig. 1.** Effect of water extract from spent mushroom substrate (SMSE) of *Hericium erinaceus* on disease severity of Phytophthora blight of pepper caused by *Phytophthora capsici*. The disease symptom was observed after 14 days of inoculation.

식물병원균으로 사용한 *Fusarium oxysporum*의 경우 SMSE 혼합배지에 의한 균사생장 억제효과가 70%로 고추역병균에 비해 비교적 낮게 나타났다(Fig. 2B). 27종의 식용버섯의 배양여액을 이용한 식물병원균의 균사생장억제 실험에서 큰느타리버섯은 10%, 양송이버섯은 23%로 고추역병에 균사생장 억제효과가 있는 것으로 보고 되어 (Chen and Huang, 2010), 노루궁뎅이버섯 SMSE는 보고된 다른 식용버섯보다 탁월한 억제효과가 있는 것으로 밝혀졌다. 이러한 높은 항균효과는 고추역병균의 방제효과가 노루궁뎅이버섯 SMSE에서 가장 높았던 것과 연관 되는 것으로 사료 되었다.

전 연구에서 식용버섯인 *Clitocybe nuda*, *Coprinus comatus*, *Lentinula edodes*의 균사체 배양여액을 이용한 고추역병균의 방제효과를 조사 하였는데 *C. nuda*, *C. comatus*는 고추역병에 90%이상의 방제효과가 있으나 표고버섯의 경우는 10%내외의 낮은 방제효과를 보인다고 하였다 (Chen and Huang, 2010). 이는 고추역병균의 균사생장 억제와는 무관한 결과로서 병 저항성 유도에 의한 간접적인 병 방제효과로 추정 할 수 있었다. 최근에는 큰느타리 SMSE를 이용한 병 방제연구에서 오이탄저병원



**Fig. 2.** Inhibition of mycelial growth of *Fusarium oxysporum* (A) and *Phytophthora capsici* (B) on potato dextrose agar (PDA) added with water extract from spent mushroom substrate (SMS) of *Hericium erinaceus*. 1: PDA added with distilled water, 2: PDA added with water extract of SMS.

(*Collectotrichum orbiculare*)에 85% 방제효과가 있는 것으로 보고 되어(Parada *et al.*, 2012), 큰느타리 SMSE의 식물병원균에 대한 병 억제효과가 확인 되었다. 하타케시메지버섯 (*Lyophyllum decastes*)의 고압살균 SMSE는 오이탄저병원균의 식물의 저항성 유전자 발현을 증진시키는 것으로 알려졌는데(Parada *et al.*, 2011), 이는 고압살균 과정에서 추출되는 병 저항성 유도물질성분에 기인되는 것으로 보고 되었다. 식물-식물병원균쌍이 상호작용연구에서 병원균 균사체의 탄수화물과 저 분자량의 단백질이 식물의 병 저항성을 유도하는 저항성 유도체 (elicitor)로 알려져 있다 (Shibuya and Minami, 2001). 식물 수용체에서 elicitor를 인식 되면 salicylic acid(SA)나 jasmonic acid(JA)와 같은 병 저항성 유도 신호전달물질이 병 저항성 유전자 발현을 유도 하여 병 저항성 반응이 나타나게 된다. 유도저항은 전신획득저항(systemic acquired resistance, SAR)과 induced systemic resistance (ISR)이 있으며 SAR은 SA 의존적으로 *PR-1a*를 포함하는 pathogenesis-related (PR) 유전자의 발현을 유도한다. ISR은 SA대신해서 Jasmonic acid (JA)와 ethylene (ET)의존적인 신호전달체계로 plant defensin 1.2 (PDF 1.2)과 같은 다른 PR 유전자를 유도한다(Minami *et al.*, 2011). SMS를 이용한 elicitor 연구는 *Lyophyllum decaste*의 고압살균한 SMSE가 사용된 바 있는데 SMSE를 처리한 오이에서 SAR경로의 병저항성 PR-1유전자 발현이 증가되는 것으로 확인 하여 SMS의 식물병 저항성 유도체로서의 기능을 제시 하였다(Parada *et al.*, 2011). 버섯은 수목에 부생적 또는 기생적으로 수목에 병원적 요소를 가지고 있으며 SMS에 존재하는 고밀도의 균사체는 유도체 생산에 잠재적 자원이

**Table 3.** Effects of the water extract from spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* on mycelial growth of six plant pathogens

Plant Pathogens	Inhibition of mycelial growth (%)
<i>Alternaria solani</i>	65.2
<i>Botrytis cinerea</i>	20.5
<i>Corynespora cassiicola</i>	56.4
<i>Fusarium oxysporum</i>	66.8
<i>Phytophthora capsici</i>	99.8
<i>Rhizoctonia solani</i>	16.3
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	42.6

될 수 있다. 표고버섯으로부터 저 분자량 elicitor가 일부 분리되어 특징을 분석 한 바 있다(Di Piero *et al.*, 2006).

고추역병은 고추재배과정에서 가장 큰 수량감소를 가져 오는 것으로 알려져 있다. 고추 역병의 방제 방법으로는 윤작 등 다양한 경종적 방제 방법이 개발되어 왔으며 미생물제제를 이용한 생물적 방제, 역병 저항성 품종육성이 있으나. 유기합성 농약을 이용한 화학적 방제 등이 농가에서 현재 실질적으로 많이 활용되고 있는 주된 방제 방법이다. 그러나 농약의 오남용을 야기하고 재배지 토양과 농업용수 등 농업 생산 환경의 오염과 생태계 파괴의 중요한 원인이 될 수 있다. 식용버섯유래 SMS를 이용한 식물 병 방제가 오이탄저병, 오이흰가루병, 사과 검은별무늬 병 방제 수행된 바 있지만(Parada *et al.*, 2011; Yohalem *et al.*, 1996), 고추역병방제를 위한 SMS적용은 보고 된 바 없다. 특히 노루궁뎅이 SMSE는 고추역병균에 강력한 항균활성을 보유 하면서 고추역병 억제효과를 최초로 구명한 것으로 향 후 SMSE내의 병 저항성 유도체와 항균 활성 유효 성분의 정제 및 구조분석에 의한 기초자료가 확보되면 보다 체계화된 식물병원균의 방제 제 개발에 이용 될 수 있을 것이다.

## 적 요

큰느타리 (*Pleurotus eryngii*), 표고 (*Lentinula edodes*), 노루궁뎅이 (*Hericium erinaceus*) 버섯 수확 후 배지 (spent mushroom substrate, SMS) 물 추출액(SMSE)의 고추생장촉진과 고추역병균 억제효과를 조사하였다. 큰느타리버섯, 표고버섯 및 노루궁뎅이버섯 SMSE는 유묘생장시에 잎폭, 잎장, 초장, 절간, 절수 등에서 대조구에 비하여 모두 11~41%로 평균 20% 이상의 높은 생육효과가 있었으며 잎수에서는 거의 1.5배 높게 나타났다. 노루궁뎅이 SMSE혼합 PDA배지는 고추역병균사 성장을 거의 99-100% 억제하였다. 큰느타리, 표고버섯 및 노루궁뎅이 SMSE는 고추역병에 대하여 각각 25%, 65% 75%이상의 방제효과를 보였다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ009969) 연구지원에 의해 수행된 결과입니다.

## References

- Alves MJ, Ferreira ICFR, Joana Dias J, Teixeira V, Martins A, Pintado MIA. 2012. Review on Antimicrobial Activity of Mushroom (Basidiomycetes) Extracts and Isolated Compounds. *Planta Med.* 78:1707-1718.
- Chen JT, Huang JW. 2010. Antimicrobial activity of edible mushroom culture filtrates on plant pathogens. *Plant Pathol Bulletin.* 19:261-270.
- Di Piero RM, Wulff NA. 2006. Pascholati SF. Partial purification of elicitor from *Lentinula edodes* basidiocarps protecting cucumber seedlings against *Collectotrichum lagenarium*. *Brazilian J Microbiol.* 37:175-180.
- Hautzel R Anke T. 1990. Screening of basidiomycetes and ascomycetes for plant growth regulating substances. Introduction of the gibberellic acid induced de-novo synthesis of hydrolytic enzymes in embryoless seeds of *Triticum aestivum* as test system. *Z Naturforsch.* 45:1093-98.
- Jonathan SG Lawal MM, Olusola Jacob Oyetunji OJ. 2011. Effect of Spent Mushroom Compost of *Pleurotus pulmonarius* on growth performance of four Nigerian vegetables. *Mycobiology.* 39:164-169.
- Kang HJ, Jeong KH, Ahn KS, Han CU, Kim SH, Kim YG. 2011. Damage Analysis and Establishment of control threshold for *Phytophthora* blight of hot pepper (*Capsicum annuum*). *Res Plant Dis.* 17:1-12.
- Lee YG, Kang HW. 2013. Physiological, Biochemical and Genetic Characteristics of *Ralstonia solanacearum* strains Isolated from Pepper Plants in Korea. *Res Plant Dis.* 19:1-8.
- Lim SH, Lee YH, Kang HW. 2013. Optimal extraction and characteristics of lignocellulytic enzymes from various spent mushroom composts. *Mycobiology.* 41:160-166.
- Ministry of agriculture, food and rural affairs [cited 2013 sep] Available from: <http://library.mafra.go.kr/skyblueimage/17767.pdf>
- Minami T, Tanaka T, Takasaki S, Kawamura K. 2011. *In vivo* bioluminescence monitoring of defense gene expression in response to treatment with yeast cell wall extract. *Plant Biotech.* 28:481-484.
- Parada RY, Murakami S, Shimomura N, Egusa M, Otani H. 2011. Autoclaved spent substrate of hatakeshimeji mushroom (*Lyophyllum decastes* Sing.) and its water extract protect cucumber from anthracnose. *Crop Protection.* 30:443-50.
- Parada RY, Murakami S, Shimomura N, Otani, H. 2012. Suppression of fungal and bacterial diseases of cucumber plants by using the spent mushroom substrate of *Lyophyllum decastes* and *Pleurotus eryngii*. *J Phytopathol.* 160:390-96.
- Shibuya N, Minami E. 2001. Oligosaccharide signaling for defense responses in plant. *Physiol. Mol Plant Pathol.* 59:223-233.
- Suay I, Arenal F, Asensio FJ, Basilio A, Cabello MA, Díez MT, García JB, Va AG, Gorrochategui J, Hernández P, Peláez F, Vicente MF. 2000. Screening of basidiomycetes for antimicrobial activities. *Antonie Leeuwenhoek.* 78:129-139.
- Suess A. 2006. Report: Value-Added Strategies for Spent Mushroom Substrate in BC. British Columbia Ministry of Agriculture and Lands. pp. 1-101.
- Yohalem DS, Nordheim EV, Andrews JH. 1996. The effect of water extracts of spent mushroom compost on apple scab in the field. *Phytopathology.* 86:914-922.