

노루궁뎅이버섯 수확후 배지 추출물의 토마토에 발생하는 식물병원균에 대한 생육억제 효과

이상엽^{1*} · 강희완² · 김정준¹ · 한지희¹

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농업미생물과, ²한경대학교 미래융합기술대학원

Effect of Spent Mushroom Substrates of *Hericium erinaceum* on Plant Pathogens of Tomato

Sang Yeob Lee^{1*}, Hee-Wan Kang², Jeong Jun Kim¹ and Ji Hee Han¹

¹Agricultural Microbiology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

²Graduate School of Future Convergence Technology, Hankyong National University, Ansung 17579, Korea

ABSTRACT : Water extract from spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* inhibited the mycelial growth of seven strain of tomato pathogenic fungi including *Phytophthora capsici* and the growth of *Ralstonia solanacearum*. Control efficacy of tomato bacterial wilt by treatment of 33.3% and 50% water extract from spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* was showed 58.3%, 83.3%, respectively.

KEYWORDS : Bacterial wilt, Control, *Hericium erinaceus*, Spent mushroom substrate, Tomato

서 론

토마토에 발생하는 풋마름병은 병원균이 *Ralstonia solanacearum*로서 열대, 아열대, 온대 기후지역에 널리 분포하여 가지과작물인 고추, 가지, 감자, 담배 등 50과 400종의 많은 작물의 생산에 심각한 피해를 주는 식물 병원세균이다[1-3].

이 병원균은 토양에 존재하는 토양전염성으로 식물 뿌리의 열린 개구나 상처를 통하여 식물체 내부에 침입하여 물관에 도달한 병원세균은 세균 표면에 존재하는 당지질이나 섬모를 이용하여 물관벽에 부착하여 발병을 시작한다[4-7].

토마토 풋마름병이 발생한 포장에서 병든 그루는 푸르게 시들고 도관부에 갈변되어 있으며 뿌리의 길이가 건전주보다 짧으며 또한 갈변되어 결국 식물체가 말라 죽는다[8].

시설재배에 따른 연작으로 많은 농가에서 풋마름병에 의한 피해를 겪고 있으며, 이를 해결하기 위해 토양환경 개선, 토양소독, 비기주작물이나 녹비작물을 재배하거나 저항성 품종 육종, 길항미생물 활용, 저항성대목을 이용한 접목묘를 이용하여 예방적 차원에 연구와 더불어 방제가 이루어지고 있으나 매우 방제하기가 어렵다[9-14]. 그리고 토마토 풋마름병 방제에 화학약제의 사용은 오남용에 따른 약해, 약제내성 및 환경오염 우려가 있어 효과적인 친환경 방제제 개발이 필요하다.

최근 국내에서 버섯은 수요자 요구의 증가로 병재배나 봉지재배 면적이 증가됨에 따라서 버섯 수확후 배지가 연간 200만톤 이상으로 추정된다[15]. 담자균 204종 317균주가 인체 병원 세균과 곰팡이에 대하여 항균활성이 있음을 보고한 바 있다[16]. 버섯 수확후 배지는 항균물질, 병 저항성, β -glucosidase, cellulase 등의 다양한 효소, 식물생육 촉진 등과 관련한 이차대사산물이 포함되어 있는 것으로 알려져 있어[17-20], 특히 식용버섯의 수확후 배지의 물질을 추출하여 식물 병을 친환경적으로 방제에 활용할 수 있을 것으로 생각된다[15, 19, 21, 22].

Kor. J. Mycol. 2015 September, 43(3): 185-190
http://dx.doi.org/10.4489/KJM.2015.43.3.185
pISSN 0253-651X • eISSN 2383-5249
© The Korean Society of Mycology

*Corresponding author

E-mail: lsy2014@korea.kr

Received September 2, 2015

Revised September 16, 2015

Accepted September 24, 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.

따라서 본 연구에서는 노루궁뎅이버섯 수확후 배지를 효과적으로 활용하고 환경친화적 안전 농산물을 생산하기 위하여 토마토에 발생하는 주요 병원균에 대한 억제 효과와 토마토 풋마름병에 대한 방제 효과 검정을 실시하였다.

재료 및 방법

시험 노루궁뎅이버섯 수확후 배지

한경대학교에서 보내온 노루궁뎅이버섯을 1회 재배와 3회 재배한 수확후 배지를 실험에 사용하였다.

시험 미생물 보관

국립농업과학원 농업미생물과에 보존되어 있는 토마토에 발생하는 식물병원균곰팡이균 *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea*, *Corynespora cassicola*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum* 7균주는 10°C 항온기에 사면배지로 보관하였으며, 토마토 풋마름병균 *Ralstonia solanacearum* 1401과 1402 균주는 -73°C 초저온냉동고에 보관하면서 사용하였다.

노루궁뎅이버섯 수확후 배지 추출물의 토마토 식물병원균 팅이에 대한 항균활성 검정

식물병원균 *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea* 등 7균주를 potato dextrose agar (PDA) 배지에 이식 후 25°C에서 7일간 배양하여 저지원 검정하였다. 검정방법은 노루궁뎅이버섯 수확후 배지와 물을 1:1의 비율로 2시간 추출하고, 거즈를 이용하여 거른 뒤 추출액을 8,000 rpm, 4°C에서 15분간 원심 분리 후 고압 멸균하여 사용하였다. 수확후 배지 추출물을 1/2 PDA와 수확후 배지 추출물을 각각의 희석배수별로 혼합하여 분주 후 직경 5 mm 코르크보러를 이용하여 병원균의 균총을 일회용 펠트리디쉬 중앙에 치상하여 25°C 항온기에서 7일간 배양 후 균총직경을 조사하였다[15].

노루궁뎅이버섯 수확후 배지 추출물의 토마토 풋마름병균에 대한 항균활성 검정

노루궁뎅이버섯을 1회 재배와 3회 재배한 수확후 배지로 구분하여 풋마름병균 1401과 1402에 대하여 위와 같은 방법으로 버섯 수확후 배지 추출물을 추출하였다. 원심분리한 수확후 배지(1회 재배 수확후배지, 3회 재배 수확후 배지) 추출물을 0.2 µm syringe filter를 이용하여 여과한 후 직경 8 mm 필터페이퍼에 300, 400, 500 µL씩 충분히 흡수시킨 후, 토마토 풋마름병균주와 혼합하여 분주한 luria bertani (LB) agar 배지에 치상하여 25°C에서 배양 24시간 후 저지원의 크기를 측정하였다.

토마토 풋마름병균의 접종농도 및 접종량별 발병 조사

풋마름병 병원균주는 *Ralstonia solanacearum* 1401 (Bio-

var3), *R. solanacearum* 1402 (Biovar4)를 사용하여 LB 액체배지에 접종하여 28°C에서 180 rpm으로 24시간 진탕배양하였다. 토마토 종자(서광)를 파종 21일 후의 토마토 식물체에 뿌리에 상처를 낸 후 24시간 동안 배양한 1401과 1402 균주를 10^4 , 10^5 , 10^6 CFU/mL 의 농도로 희석하여 30 mL과 50 mL씩 관주하여 접종 7일 후에 발병도(%)를 조사하였다[16].

수확후 배지 추출물 처리농도 및 처리기간별 토마토 풋마름병 억제 효과 검정

노루궁뎅이버섯을 1회 재배한 수확후 배지를 이용하여 위와 같은 방법으로 추출하였다. 풋마름병균 1402 균주를 LB 배지에 접종하여 28°C에서 180 rpm으로 24시간 진탕배양하였다. 토마토 종자를 파종 4주 후 버섯 수확후 배지 추출물을 1:2와 1:3으로 희석하여 50 mL/포트씩 관주 처리 하였다. 관주처리 24시간과 96시간 후 토마토(서광) 뿌리에 상처를 낸 뒤 풋마름병균 1402 균주를 10^5 CFU/mL 로 희석하여 50 mL씩 관주처리하였다. 병원균 접종 7일 후 발병도(%)를 조사하였다[5].

토마토 풋마름병의 발병 조사는 0 = 정상, 1 = 1~25% 시들음, 2 = 26~50%, 3 = 51~75%, 4 = 76~100% 시들거나 고사로 구분하였으며, 발병도는 [(발병지수별 개체수 × 발병지수)/(조사개체수 × 4)] × 100%로 계산하였다.

노루궁뎅이버섯 수확후 배지에서 폴리페놀 추출 및 토마토 풋마름병 발생 억제 효과 검정

노루궁뎅이버섯 수확후 배지에서 페놀화합물 추출은 30 g의 spent mushroom substrate (SMC)에 3 volume의 50% methanol, 70% methanol 및 97%의 ethanol로 homogenizer 사용 또는 사용하지 않고 추출하여 총 폴리페놀함량을 Folin-Denis 방법(Folin and Denis, 1912)으로 측정하였다. 추출용액 200 µL와 7% Folin-Ciocalteu's phenol reagent 500 µL를 혼합하여 3분 반응시킨 후 4% Na₂CO₃ 500 µL를 첨가하고, 1시간 암조건에서 반응시켰다. 페놀화합물 정량은 spectrophotometer (BioTek, Winooski, VT, USA)를 이용하여 720 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 gallic acid를 이용하여 작성된 검량선을 이용하여 총 페놀 함량을 조사하였다.

또한 노루궁뎅이버섯 수확후 배지에서 추출한 페놀 성분에 대한 토마토 풋마름병에 대한 효과를 알아보기 위하여 노루궁뎅이버섯 수확후 배지에서 페놀화합물을 포함하는 50% methanol 추출액을 농축하고, 처리당 원예용 상토(Balokeo; Seoul Bio, Eumseong, Korea)가 담긴 포트에서 생육한 토마토(슈퍼도태랑) 20주에 50 mL씩 관주처리하고 3일 후에 뿌리에 상처를 주고, *R. solanacearum* Biovar 3 균주는 nutrient agar (NA) 배지에 접종하여 28°C에서 3일간 배양하여 10^6 CFU/mL로 조절한 풋마름병균 현탁액에 단근침지하여 접종 14일 후에 풋마름병 발생을 조사하였다.

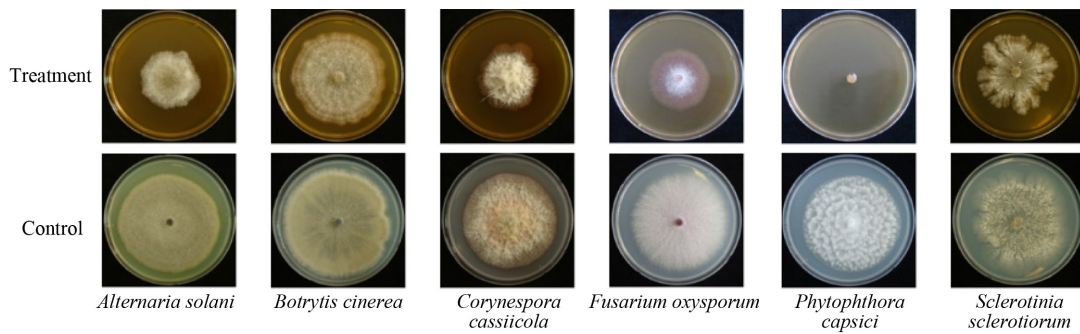


Fig. 1. Effect of 50% water extract from spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* on mycelial growth of tomato pathogenic fungi.

Table 1. Antifungal activity of water extract of spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* on fungal pathogens of tomato

Pathogenic fungi	Inhibition rate of mycelial growth (%)
<i>Alternaria solani</i>	72.2
<i>Botrytis cinerea</i>	23.1
<i>Corynespora cassiicola</i>	58.3
<i>Fusarium oxysporum</i>	70.4
<i>Phytophthora capsici</i>	100.0
<i>Rhizoctonia solani</i>	46.6
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	43.2

결과 및 고찰

토마토의 식물병원 곰팡이에 대한 항균활성

노루궁뎅이버섯 수확후 배지 추출물과 PDA 배지를 혼합하여 분주한 페트리디쉬상에서 토마토 식물병원곰팡이균의 균사생장 저지율을 조사한 결과, 역병을 일으키는 *Phytophthora capsici*의 경우 균사생장을 완전히 억제하였으며, 겹등근무늬병균 *Alternaria solani*, 시들음병균 *Fusarium oxysporum*, 잎마름병균 *Corynespora cassiicola*에서도 58.3~70.4% 균사생장을 억제하였다. 갈록병균 *Rhizoctonia solani*와 균핵병균 *Sclerotinia sclerotiorum*에서는 43.2~46.6%, 잿빛곰팡이병균 *Botrytis cinerea*은 23.1%의 균사생장 억제효과를 나타내었다(Table 1, Fig. 1). 식용버섯의 수확후 배지 추출물들은 식물병원균에 대하여 균사생장을 억제하였으며[23], 사과 검은별무늬병균 *Venturia inaequalis*의 포자 발아를 98% 억제한다고 보고한 바 있다[21]. 또한 양송이 수

확후 배지 추출물이 사과 검은별무늬병 발생을 감소시켰으며[22], 잿빛만가닥버섯 수확후 배지 추출물은 오이 흰가루병과 오이 반점세균병을 감소시켰고, 큰느타리버섯 수확후 배지 추출물은 유묘검정에서 오이 탄저병 방제에 67.7~87.8% 이상 효과를 나타내었다[19].

토마토 풋마름병균에 대한 항균활성

노루궁뎅이버섯 수확후 배지 추출물의 토마토 풋마름병균에 대한 항균활성 효과를 조사한 결과, 1회 재배한 수확후배지에 비하여 3회 재배한 수확후 배지의 항균활성 효과가 우수하였다(Table 2, Fig. 2). 특히 3회 재배한 버섯 수확후 배지의 추출물의 경우 300~500 μ L 처리시에 토마토 풋마름병균의 생육을 0.7~1.8 mm 저지하였다. 1회 재배 배지보다 3회 재배한 배지에서 풋마름병균을 억제하는 물질이 다량 함유되어 있어 억제효과가 높은 것으로 생각된다. 이는 식용버섯의 배양여액이 식물병원곰팡이와 식물병원세균의 성장을 억제한다고 보고하였고, 특히 식물병원세균 풋마름병균에 대하여 버들송이, 잎새버섯과 표고버섯의 배양여액이 풋마름병균을 15.3~19.1 mm의 저지율을 나타내서 배양여액에 항균물질을 함유하고 있는 것으로 추측된다[24]. 이와 같이 노루궁뎅이버섯 수확후 배지에서도 항균 물질이 함유되어 식물병원곰팡이와 식물병원세균에 대한 친환경 방제로 이용될 수 있다고 생각된다.

토마토 풋마름병균의 접종 농도 및 접종량별 풋마름병 발생

버섯수확후 배지 추출물의 토마토 풋마름병에 대한 생물검정을 위하여 병원형이 다른 1401과 1402 균주를 토마토 뿌리에 상처를 낸 후 접종농도별로 50 mL씩 관주 처리한

Table 2. Antibacterial activity of water extract of spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* on *Ralstonia solanacearum*

Pathogen	Inhibition zoon (mm)							
	water extract volume of once cultivation media (μ L)				water extract volume of three times cultivation media (μ L)			
	check	300	400	500	check	300	400	500
1401	0	0	0	0.7 $\pm$ 0.1	0	0.7 $\pm$ 0.2	1.0 $\pm$ 0.3	1.8 $\pm$ 0.1
1402	0	0	0	0.6 $\pm$ 0.1	0	0.5 $\pm$ 0.1	0.9 $\pm$ 0.2	1.8 $\pm$ 0.1

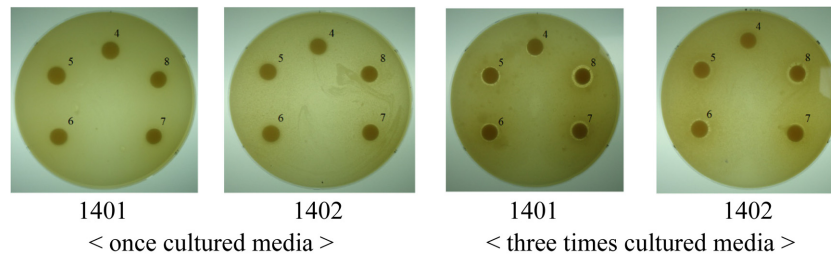


Fig. 2. Inhibition effect of growth of *R. solanacearum* by water extract from spent mushroom substrate of *Hericium erinace*.

결과, 10^5 CFU/mL 이상의 접종농도에서 발병도가 100%로 나타났고, 30 mL씩 관주 처리에서 50/mL씩 관주처리 보다는 낮은 발병도를 보였다(Table 3).

추출물의 처리농도 및 처리기간별 토마토 풋마름병에 대한 방제효과

노루궁뎅이버섯 수확후 배지 추출물의 토마토 풋마름병균 접종시기별 병 발생을 조사한 결과, 버섯수확후 배지 추출물을 관주 처리 24시간 후 병원균 접종시 1:2와 1:3 처리 희석배수별 발병도와 이병주율 조사에서 방제효과가 저조하였다(Table 4). 그러나 버섯수확후 배지 추출물 관주처리 96시간 후 병원균 접종시에는 1:2의 희석배수에서는 10%, 1:3에서 25%의 이병주율로 58.3% 방제효과를 나타내었다. 특히 1:2 희석배수 처리시에는 10.0%의 이병주율을 보여서 83.3%의 높은 방제효과를 나타내어 노루궁뎅이버섯 수확

후 배지 추출물을 4일 후 관주처리가 방제효과가 높았다(Table 4, Fig. 3).

버섯 수확후 배지 추출물이 저분자량이며 열에 안정하고 비단백질 대사물질로서 식물병원균의 생장을 억제하는 한다고 하였으며[21], 최근에는 잣빛만가닥버섯(*Lyophyllum decastes*)의 수확후배지 추출물이 식물의 병저항성 PR-1 유전자 발현이 증가되는 것으로 확인된 바 있다[19].

노루궁뎅이버섯 폐배지의 페놀화합물처리에 따른 토마토 풋마름병 방제 효과

노루궁뎅이버섯 수확후 배지로부터 50%와 70% methanol 추출물과 ethanol 추출 및 물 추출물 중에서 페놀함량은 50% methanol 추출물에서 호모게나이저처리구와 비처리구에서 130 mg/L로 가장 높게 나타났으며 물 추출물에서도 100 mg/L 이상으로 페놀함량이 측정되었다(Fig. 4).

Table 3. Occurrence of tomato bacterial wilt by inoculation with *Ralstonia solanacearum* isolates at different concentrations and volumes

Inoculum concentration (cfc/mL)	Disease severity (%)			
	1401 Biovar3		1402 Biovar4	
	30 mL	50 mL	30 mL	50 mL
$\times 10^3$	25.0 a ^a	25.0 a ^a	25.0 a ^a	25.0 a ^a
$\times 10^4$	25.0 a	75.0 b	25.0 a	75.0 b
$\times 10^5$	75.0 b	100.0 b	50.0 b	100.0 b
$\times 10^6$	75.0 b	100.0 b	75.0 b	100.0 b
control	0 c	0 c	0 c	0 c

^aIn a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 4. Control effect of water extract from spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* on bacterial wilt of tomato at inoculation timing

Inoculation timing	Dilution concentration (v/v)	Disease severity (%)	Infected plant (%)	Control efficacy (%)
24 hr after drenching	1:2	87.5a ^a	95.0a ^a	5.0
	1:3	81.3a	85.0a	15.0
	control	100.0b	100.0b	-
96 hr after drenching	1:2	5.0a	10.0a	83.3
	1:3	15.0b	25.0b	58.3
	control	37.5c	60.0c	

^aIn a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

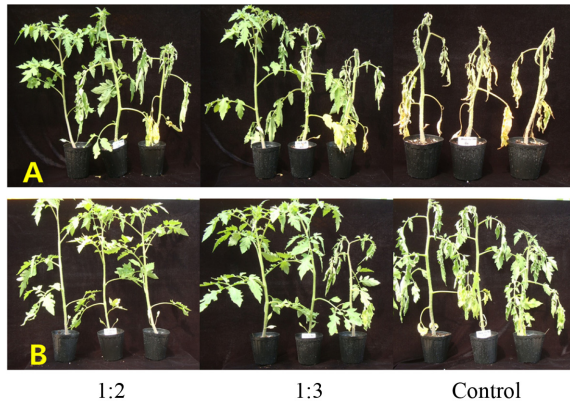


Fig. 3. Effect of water extract from spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* on disease severity of bacterial wilt of tomato caused by *Ralstonia solanacearum*. The disease symptom was observed after 7 days of inoculation. A, 24 hr after drenching; B, 96 hr after drenching.

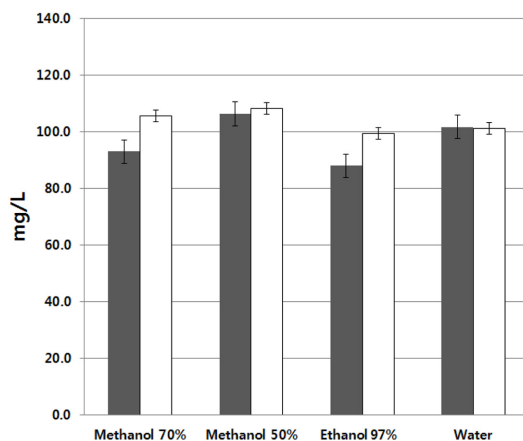


Fig. 4. Phenol content in spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* using several extract solvents.

다른 추출방법에서도 90 mg/L 이상의 페놀함량이 측정되었다.

그리고 노루궁뎅이버섯 수확후 배지 추출물의 페놀함량에 따른 토마토 풋마름병 방제효과를 조사한 결과, 물 대조구는 80% 이병주율을 보였으나, 물 추출물처리구에서 15%의 이병주율로 81.3%의 높은 방제 효과를 보였다(Table 5). 페놀함량이 가장 많이 나타난 50% methanol 추출물은 30%의 이병주율을 나타내어 페놀성분이 병 방제에 결정적인 요인으로 작용한다고 볼 수 없고, 다른 억제물질이 물 추출물에 포함하는 것으로 추측할 수 있었다.

이상의 노루궁뎅이버섯 수확후 배지 추출물이 여러 식물병원 곰팡이와 병원세균에 대하여 항균활성을 가지고 있으며, 토양병해로서 방제가 어려운 토마토 풋마름병에 방제 효과가 있어서 화학농약을 대체할 수 있는 토마토 풋마름병

Table 5. Control effect of several extracts from spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* on bacterial wilt of tomato*

Treatment	Infected plant (%)	Control efficacy (%)
Water extract	15	81.3
Methanol-50% extract	30	62.5
Methanol 70% extract	45	43.8
Ethanol 97%	40	50.0
Water (control)	80	-

*The disease symptom was observed after 14 days of inoculation.

방제용 친환경자재로서 개발할 필요가 있다고 생각된다.

적 요

노루궁뎅이버섯(*Hericium erinaceus*) 수확후 배지의 물 추출액은 토마토 역병균 등 7종의 곰팡이와 풋마름병균에 대하여 항균활성을 나타내었다. 토마토 풋마름병에 대하여 노루궁뎅이버섯 수확후 배지의 물 추출액 33% (1:3)와 50% (1:2)은 58.3%, 83.3%의 방제효과를 각각 나타내었다.

Acknowledgements

This study was supported by a grant (Project No. PJ00 996902) from National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration (RDA), Republic of Korea.

REFERENCES

- Hayward AC. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Annu Rev Phytopathol 1991;29:65-87.
- Hayward AC. Systematics and phylogeny of *Pseudomonas solanacearum* and related bacteria. In: Hayward AC, Hartman GL, editors. Bacterial wilt: the disease and its causative agent *Pseudomonas solanacearum*. Wallingford: CAB International; 1994. p. 123-35.
- Lee HJ, Jo EJ, Kim NH, Chae Y, Lee SW. Disease responses of tomato pure lines against *Ralstonia solanacearum* strains from Korea and susceptibility at high temperature. Res Plant Dis 2011;17:326-33.
- Graham TL, Sequeira L, Huang TS. Bacterial lipopolysaccharides as inducers of disease resistance in tobacco. Appl Environ Microbiol 1977;34:424-32.
- Um HY, Kong HG, Lee HJ, Choi HK, Park EJ, Kim ST, Murugiyani S, Chung E, Kang KY, Lee SW. Altered gene expression and intracellular changes of the viable but nonculturable state in *Ralstonia solanacearum* by copper treatment. Plant Pathol J 2013;29:374-85.
- Vasse J, Frey P, Trigalet A. Microscopic studies of intercellular infection and protoxylem invasions of tomato roots by *Pseu-*

- domonas solanacearum*. Mol Plant Microbe Interact 1995;8: 241-51.
7. Wallis FM, Truter SJ. Histopathology of tomato plants infected with *Pseudomonas solanacearum*, with emphasis on ultrastructure. Physiol Plant Pathol 1978;13:307-17.
 8. National Academy of Agricultural Science. Diagnosis and control of vegetable diseases and pests. Seoul: Academy Books; 2000.
 9. Anuratha CS, Gnanamanickam SS. Biological control of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* in India with antagonistic bacteria. Plant Soil 1990;124:109-16.
 10. Han YK, Min JS, Park JH, Han KS, Kim DH, Lee JS, Kim HH. Screening of tomato cultivars resistant to bacterial wilts. Res Plant Dis 2009;15:198-201.
 11. Lee MH, Kim JK, Lee HK, Kim KJ, Yu SH, Kim YS, Lee YS. Reduction of bacterial wilt diseases with eggplant rootstock EG203-grafted tomatoes in the field trials. Res Plant Dis 2013;19:108-13.
 12. Lin C, Hsu S, Tzeng K, Wang JF. Application of a preliminary screen to select locally adapted resistant rootstock and soil amendment for integrated management of tomato bacterial wilt in Taiwan. Plant Dis 2008;92:909-16.
 13. Palada MC, Wu DL. Increasing off-season tomato production using grafting technology for peri-urban agriculture in South-east Asia. Acta Hort 2007;742:125-31.
 14. Trigalet A, Trigalet-Demery D, Prior P. Elements of biocontrol of tomato bacterial wilt. In: Prior P, Elphinstone J, editors. Bacterial wilt disease. Berlin : Springer; 1998. p. 332-6.
 15. Kwak AM, Kang DS, Lee SY, Kang HW. Effect of spent mushroom substrates on *Phytophthora* blight disease and growth promotion of pepper. J Mushrooms 2015;13:16-20.
 16. Alves MJ, Ferreira IC, Dias J, Teixeira V, Martins A, Pintado M. A review on antimicrobial activity of mushroom (Basidiomycetes) extracts and isolated compounds. Planta Med 2012; 78:1707-18.
 17. Hautzel R, Anke H. 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 *Tritium aestivum* as test system. Z Naturforsch 1990;45:1093-8.
 18. Lim SH, Lee YH, Kang HW. Optimal extraction and characteristics of lignocellulytic enzymes from various spent mushroom composts. Kor J Mycol 2013;41:160-6.
 19. Parada RY, Murakami S, Shimomura N, Otani H. Suppression of fungal and bacterial diseases of cucumber plants by using the spent mushroom substrate of *Lyophyllum decastes* and *Pleurotus eryngii*. J Phytopathol 2012;160:390-6.
 20. Sues A, Curtis J. Report: Value-added strategies for spent mushroom substrate in BC. Victoria: British Columbia Ministry of Agriculture; 2006.
 21. Cronin MJ, Yohalem DS, Harris RF, Andrews JH. Putative mechanism and dynamics of inhibition of the apple scab pathogen *Venturia inaequalis* by compost extracts. Soil Biol Biochem 1996;28:1241-9.
 22. Yohalem DS, Nordheim EV, Andrews JH. The effect of water extracts of spent mushroom compost on apple scab in the field. Phytopathology 1996;86:914-22.
 23. Davis DD, Kuhns L, Harpster TL. Use of mushroom compost to suppress artillery fungi. J Environ Hort 2005;23:212-5.
 24. Chen JT, Huang JW. Antimicrobial activity of edible mushroom culture filtrates on plant pathogens. Plant Pathol Bull 2010;19:261-70.