

팽이버섯 세균성갈색무늬병(*Pseudomonas tolaasii*) 방제약제 선발

이현욱* · 김태성 · 박현철¹ · 송근우 · 신원교 · 문병주²

경상남도농업기술원 시험기술개발국, ¹밀양대학교 농학과
²동아대학교 생명자원과학대학 생명자원과학부

Screening of Chemicals on Bacterial Brown Blotch Caused by *Pseudomonas tolaasii* on *Flammulina velutipes*

Hyun-Uk Lee*, Tae-Sung Kim, Hyeon-Cheal Park¹, Keun-Woo Song,
Won-Kyo Shin and Byung-Ju Moon²

Kyongnam Provincial Research and Extension Services, Chinju 660-360, Korea

¹Department of Agronomy, Miryang National University, Miryang, 627-130, Korea

²Faculty of Natural Resources and Life Science, Dong-A University, Pusan 604-714, Korea

ABSTRACT: This study was carried out in an attempt to select chemicals such as zeolite granules, chitosan, wood-vinegar, Ca(OCl)₂, NaOCl, against bacterial brown blotch caused by *Pseudomonas tolaasii* on *Flammulina velutipes* in laboratory and mushroom unit. Results obtained using these chemicals were summarized. Inhibitory effect on Ca(OCl)₂ and wood-vinegar with 0.5% concentration was shown to causal pathogen, *P. tolaasii*, by slight damage on the mycelial growth of *F. velutipes*. Those materials were recognized as promising one for control of bacterial brown blotch on *F. velutipes*. Disease incidence in control was the highest value as 43.8%; whereas chemical treatment was estimated as 14.6% with 0.5% of Ca(OCl)₂. Disease incidence was inhibited about 20% in chemical treatment with 0.5% of wood-vinegar, 1.0% of Ca(OCl)₂, and 26.1% with 1.0% of wood-vinegar. For the inhibition effects of chemical concentrations, it was effective at the low concentration which was 0.5% rather than that of 1.0%. Quality of mushrooms was significantly improved, and yields was also increased by 30% in the chemical treatment. In case of Ca(OCl)₂ treatment at 1.0% concentration, the yields was increased by 35.6% showed the highest value among tested chemicals. However, the overall effects including disease incidence, quality and yields suggests that Ca(OCl)₂ is relatively more effective than wood-vinegar, and the optimal concentration controlling the disease was 0.5~1.0% with Ca(OCl)₂ and 0.5% with wood-vinegar.

KEYWORDS: Bacterial Brown Blotch, Chemicals, Disease Control, *Flammulina velutipes*, *Pseudomonas tolaasii*

팽이버섯(*Flammulina velutipes*(Curtis : Fries) Singer)은 주름버섯목(Agaricales) 송이버섯과(Tricholomataceae)에 속하는 백색목재부후균으로서(Donk, 1971; 古川, 1992), 인공재배에 대한 최초의 기록은 약 1,200년 전인 A.D. 800년경이며, 목이버섯 다음으로 재배역사가 긴 버섯이다(Chang *et al.*, 1993).

국내에서의 팽이버섯은 '98년 현재 181농가에서 연간 19,871톤이 생산되어 전체 버섯생산량의 17.6%를 차지하고 있으며 느타리버섯, 표고버섯과 함께 우리나라 3대 버섯으로 자리매김하고 있다. 버섯의 연간 생산량은 느타리버섯 75,864톤, 양송이 16,000톤, 영지 1,307톤, 만가다 15톤, 상 황버섯 4톤, 기타 213톤으로 팽이버섯 19,871톤을 포함하여 총 113,094톤에 이른다(농림부, 1998).

Khanna와 Olivier(1989)는 *P. tolaasii*에 의한 양송이 세균성갈색무늬병(세균성갈반병)의 방제목적으로 분리한 길항세균 *P. fluo- rescens*가 병발생을 억제하였다고 하였으며,

Fermor 등(1991)은 양송이버섯의 실제재배에 있어서 형광성 *Pseu- domonas* spp.를 접종한 처리에서 병발생을 억제시킬 수 있었다고 하여 길항세균의 이용가능성을 시사하였다. Guillaumes 등(1988)에 의하면 *P. tolaasii*에 감염된 양송이의 갓으로부터 분리 순화된 bacteriophage는 *P. tolaasii*에 대한 생물적 방제에 매우 효과적이었다고 하였고, Munsch 등(1991)은 이 병의 방제수단으로 시험조건에서 bacteriophage의 이용효과를 입증하였다. Grewal(1991)은 선충을 이용한 양송이 세균성갈색무늬병(세균성갈반병)의 방제가 능성을 보고하였는데, 양송이로부터 분리한 기생성 rhabditid 선충인 *Caenorhabditis elegans*의 내장에 *P. tolaasii*의 길항균인 *P. fluorescens* biovar. *reactans*가 존재하며, 이 선충은 vector로서 길항세균을 전파시켜 간접적으로 이 병의 억제에 기여한다고 하였다. Munjal 등(1989)은 *P. tolaasii*에 의한 양송이 세균성갈색무늬병에 있어 항생제를 이용한 화학적 방제에 kanamycin과 streptomycin은 세균의 생장을 억제하는 반면 양송이의 균사생장에는 영향을 미치지 않았다고 하였으며, Geels(1995)는 kasugamycin에

*Corresponding author

의해 이 병을 효과적으로 방제할 수 있다고 하였다.

*P. tolaasii*에 의한 양송이 세균성갈색무늬병은 재배시 관수 후의 적정환기, 갓표면의 건조유지 그리고 chlorine 0.2% 액을 분무살포했을 때 이 병의 방제가 가능하였다고 Tu 등(1989)이 보고하였고, Geels 등(1991)은 chlorine dioxide 50 ppm액을 수확 30일 전에 처리했을 때 이 병의 발생율이 무처리의 86~93%에 비해 15~27%로 매우 낮아 졌고 병의 진전속도도 현저하게 줄었다고 하였다. 그리고 Beelman 등(1989)은 수확 직후 양송이에 *P. tolaasii*를 고농도로 접종하면 갈색무늬증상에 의해 상품성이 급속도로 저하되나 chlorine dioxide 200 ppm액 또는 calcium hypochlorite 200 ppm액을 처리해 줄 경우 물을 처리한 것에 비해 세균의 밀도와 갈반율이 떨어져 저장 중에서도 장기간 자실체의 색깔이 그대로 유지된다고 하였다. Jandaik 등(1993)은 *P. agarici*에 의한 여름느타리버섯 세균성황색무늬병에 있어 sodium hypochlorite를 400 ppm의 희석농도로 처리했을 때 *in vitro*와 *in vivo* 조건에서 매우 효과적으로 방제가 가능하였다고 보고하였으나, Geels(1991)는 *P. tolaasii*에 의한 양송이 세균성갈색무늬병은 sodium hypochlorite 1%액 처리에서 방제효과를 전혀 나타내지 못했다고 하였다. 국내에서의 보고에 의하면 느타리버섯 세균성갈색무늬병은 식초 0.5% 희석농도에서 느타리버섯의 균사생장은 다소 억제되었으나 자실체형성에는 전혀 영향을 받지 않은 반면에 *P. tolaasii*의 생장은 완전하게 억제되었으므로 방제제로서의 활용가능성을 시사했으며, 목초액은 1.0% 희석농도에서 *P. tolaasii*의 생장을 억제시키고 느타리버섯의 균사생장 및 자실체형성을 촉진시키는 효과가 있으므로 방제제로서의 가치가 있다고 하였다(농림수산부, 1995).

팽이버섯은 다른 버섯에 비해 균사의 활력이 매우 낮고 생력기체화재배형을 채택하고 있어 주년재배가 불가피하므로 연작에 의한 병의 피해가 매우 높다. 또한 진균에 의한 병에 비해 세균에 의한 피해는 치명적이므로 이에 대한 연구가 매우 시급한 실정이다. 따라서, 본 연구는 팽이버섯 재배에 있어서 가장 문제되는 세균성갈색무늬병의 발생과 피해를 최소화하기 위한 방법으로서, 방제제로 사용가능한 몇 종의 제제를 공시 선발하여 사용농도를 구명해 본 결과 방제제에 관한 몇 가지 성적을 얻었으므로 보고하고자 한다.

재료 및 방법

공시균주 및 병원균 농도

본 시험에 사용된 버섯균주는 *Flammulina velutipes*(ASI 4041)로서 potato dextrose agar 배지에 증식하여 사용하였으며, 병원균주인 *Pseudomonas tolaasii*는 경상남도농업기술원에서 분리 동정된 CJOZ-NA1 균주(이, 1997)로서 pseudomonas agar fluorescence(PAF, Difco co.) 배지에 증식하여 사용하였다. 접종원은 병원균주를 nutrient broth(NB, Difco co.) 배지에서 28°C 조건으로 48시간 동안 진탕 배양한 후 세균현탁액의 농도를 10⁸ cfu/ml로 조정하여 사

용하였다.

공시약제 및 농도

*P. tolaasii*에 의한 팽이버섯 세균성갈색무늬병의 방제약제를 선발하기 위해 사용된 약제는 제오라이트입제(박과김, 1987), 키토산, 목초액, Ca(OCl)₂, NaOCl 등 5종을 공시하였다. 약제별 농도의 희석방법은 제오라이트입제와 Ca(OCl)₂의 경우 살균수에 중량비 1:1로 24시간 침지한 뒤, 거름종이(Whatman No. 2)에 1차 여과한 후 membrane filter(0.2 μm)로 2차 여과한 여과액을 원액으로 하여 살균수로 10% 용액으로 희석하였으며, 키토산과 목초액은 약제 자체를 원액으로 하여 살균수로 10% 용액으로 희석하였고, NaOCl은 원액(10% 용액)을 그대로 사용하였다.

약제역가 검정용 배지의 제조

약제에 대한 *F. velutipes*의 활성검정 시험에 사용된 기본배지는 potato dextrose agar(PDA, Difco co.)와 potato dextrose broth(PDB, Difco co.)배지였으며, *P. tolaasii*에 대한 약제의 역가검정 시험에는 nutrient agar(NA, Difco co.)와 nutrient broth(NB, Difco co.)를 기본배지로 사용하였다. 조제된 약제의 용액을 무처리, 0.1%, 0.5%, 1.0% 등 4가지 농도로 기본배지에 희석시켰는데, 고체천천배지의 경우 살균 후 사레에 분주하기 전에 배지의 온도를 70°C로 고정시킨 후 농도별로 약제용액을 첨가한 뒤 충분히 흔든 다음 배지를 분주하였고, 액체배지는 250 ml 삼각플라스크에 기본배지를 100 ml씩 넣고 살균 후 완전히 식힌 뒤 농도별로 약제용액을 첨가하였으며, 모든 처리는 3반복으로 시험을 수행하였다.

약제에 대한 *F. velutipes*의 기내활성 검정

균사생장은 potato dextrose agar를 기본배지로 약제농도별로 조제된 배지의 중앙에 공시 버섯균의 균총절편(Cork borer No. 4) 1개를 이식하고 25°C 항온기에서 7일간 배양시킨 뒤 균총 직경을 측정하였으며, 균사건물중은 potato dextrose broth를 기본배지로 한 약제농도별로 조제된 배지에 공시 버섯균의 균총절편(Cork borer No. 4)을 플라스크당 2개씩 접종하여 25°C에서 120 rpm으로 15일간 진탕배양한 뒤 조사하였다.

*P. tolaasii*에 대한 약제의 기내역가 검정

약제농도별 *P. tolaasii*의 활성검정은 nutrient agar를 기본배지로 약제농도별로 조제된 배지에 살균된 거름종이 절편(Cork borer No. 4)을 배지의 중앙으로부터 수평으로 2 cm씩 떨어진 양끝 2곳에 정치시키고 10⁸ cfu/ml 농도의 병원균을 5 μl씩 접종(paper disc test)하였으며, 동일한 사레 중앙으로부터 수직으로 2 cm씩 떨어진 양끝 2곳에 백금선으로 병원균을 획선접종(streaking)한 다음 28°C에서 48시간 배양한 후 colony의 형성여부를 관찰하였다.

약제농도별 *P. tolaasii*의 밀도조사는 nutrient broth를 기

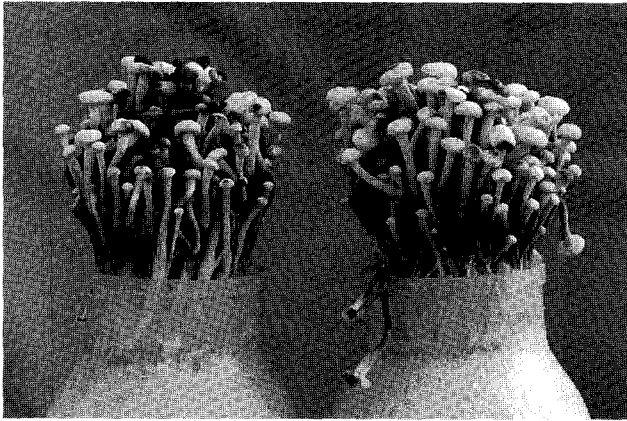


Fig. 1. Symptoms on *F. velutipes* caused by *P. tolaasii*.

본배지로 약제농도별로 조제된 액체배지에 10^8 cfu/ml 농도의 접종원을 $5 \mu\text{l}$ 씩 점적종한 다음 28°C 에서 120 rpm으로 48시간 동안 진탕배양 시킨 뒤 nutrient agar 배지에 10배 희석평판법으로 도말접종한 후 28°C 에서 48시간 배양한 뒤 colony수를 측정하였다.

선발약제의 발병억제효과 조사

선발약제의 발병억제 효과를 조사하기 위해 경상남도 진주시 초전동에 소재한 경상남도농업기술원 병버섯 시험 재배사에서 1998년 6월 하순부터 7월 중순까지 본 시험을 수행하였다. 약제는 목초액과 $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 등 2종을 공시하였으

며, 처리농도는 각 약제별 0.5%와 1.0%로 하였고, 무처리 등 5처리를 두었다. 시험규모는 처리당 850 cm^3 polypropylene병 32분씩 완전임의배치법 3반복으로 하였으며, 재배방법은 팽이버섯 표준재배법(농촌진흥청, 1995)에 준하였다.

본 시험에 사용된 팽이버섯의 배지특성 및 배양조건은 Table 1과 같으며, 처리방법은 25일 배양한 균을 16구형 반자동 균꺾기 기계로 균꺾기 한 직후 모든 처리에 10^8 cfu/ml 농도의 병원세균현탁액을 본당 2 ml씩 배지표면에 관주 접종한 다음, 1시간 뒤에 농도별로 정량한 약제를 본당 8 ml씩 배지표면에 관주접종하였다. 단, 무처리는 살균수를 동일한 방법으로 8 ml를 접종하였다.

처리가 끝난 즉시 온도 $12 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 상대습도 $90 \pm 2\%$, CO_2 농도 $1,500 \pm 50$ ppm으로 조절된 암조건의 발이실로 옮겨 10일간 어린 자실체의 발생을 유도하면서 버섯의 생육 및 발병 상황을 조사하였으며, 계속하여 온도 $14 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 상대습도 $80 \pm 2\%$, CO_2 농도 $2,000 \pm 50$ ppm으로 조절하여 경시적으로 버섯의 생육과 발병 상황을 조사하였다.

결 과

약제에 대한 *F. velutipes*의 기내활성

약제별 *F. velutipes*에 대한 균사생장 억제농도를 알아보기 위해 균총직경과 균사건물중을 조사한 결과(Table 2), 공

Table 1. Properties and culture condition of medium used for experiment

Medium composition (v/v, %)	pH (1 : 5)	Moisture content (%)	Bulk density (g/cc)	Sterilizing condition	Days for mycelial growth	Culture condition		
						Temp. ($^\circ\text{C}$)	R.H. (%)	CO_2 conc. (ppm)
Oregon pine-sawdust 75	5.6	65 ± 2	0.18 ± 0.02	$121^\circ\text{C}/90 \text{ min.}$	25	18 ± 0.5	67 ± 1	$2,500 \pm 500$
Rice-bran 25								

Table 2. Mycelial linear growth and dry weight of *F. velutipes* on potato dextrose agar medium added with various concentration of each chemicals

Chemicals	Mycelial growth ¹	Concentration (%)			
		0	0.1	0.5	1.0
Zeolite granules	LG	75.7 ± 1.2^2	75.0 ± 1.0	77.3 ± 0.6	79.7 ± 1.2
	DW	379.0 ± 16.6	371.7 ± 61.9	381.0 ± 33.3	470.7 ± 41.4
Chitosan	LG	75.7 ± 1.2	20.0 ± 2.0	0	0
	DW	379.0 ± 16.6	79.0 ± 24.1	0	0
Wood vinegar	LG	75.7 ± 1.2	75.7 ± 1.2	62.6 ± 3.2	0
	DW	379.0 ± 16.6	379.3 ± 41.7	284.3 ± 29.6	0
$\text{Ca}(\text{OCl})_2$	LG	75.7 ± 1.2	71.7 ± 0.6	58.7 ± 1.5	42.3 ± 1.5
	DW	379.0 ± 16.6	386.3 ± 16.2	233.0 ± 51.4	156.0 ± 12.5
NaOCl	LG	75.7 ± 1.2	57.3 ± 2.9	30.3 ± 7.4	0
	DW	379.0 ± 16.6	265.0 ± 46.3	126.3 ± 30.6	0

¹LG; Linear growth (mm), measured at 7 days after treatment at 25°C . DW; Dry weight (mg/100 ml), measured at 15 days under submerging-cultured at 25°C with 120 rpm.

²Standard error.

시 버섯균의 균사생장에 대한 각 약제의 농도별 억제력은 키토산이 0.1%에서 균총직경 20.0 mm로서 가장 좋았고 그 다음이 NaOCl, 목초액, Ca(OCl)₂ 순이었으며, 특히 목초액은 0.1% 농도에서 전혀 억제력을 보이지 않았고 0.5% 농도에서도 62.6 mm의 비교적 높은 균사생장력을 나타내다가 1.0% 농도에서는 완전한 억제력을 나타냈다. Ca(OCl)₂도 고농도로 갈수록 완만한 균사생장 억제력을 보였다. 그러나 제오라이트입제의 경우 전혀 억제력을 나타내지 않았고 오히려 농도가 높아질수록 균사생장이 미미하게 촉진되는 경향을 보였다.

P. tolaasii에 대한 약제의 기내역가

*P. tolaasii*의 생장을 억제하는 약제의 농도를 규명하기 위해 공기 병원세균의 성장여부와 성장밀도를 조사한 결과, 제오라이트입제와 키토산에서는 모든 처리농도에서 생장이 가능하였고, 목초액, Ca(OCl)₂ 및 NaOCl의 경우 0.5% 농도까지는 생장이 가능하였으나 0.5% 농도에서 획선접종한 경우에는 생장이 불가능 하였다(Table 3). 약제농도별 *P. tolaasii*의 성장밀도(Table 4)는 제오라이트입제를 제외한 모든 약제에서 고농도로 갈수록 낮아지는 경향을 보였는데, 특히 목초액과 Ca(OCl)₂는 0.5% 이상의 농도에서 밀도가 현저하게 억제되었다.

선발약제의 발병억제효과

앞의 기내시험에서 선발된 목초액과 Ca(OCl)₂의 농도별

발병억제 효과를 조사한 결과(Table 5), 처리약제의 종류 및 농도에 관계없이 초발이 소요일수와 수확소요일수는 무처리구와 유사하였으나, 원기형성정도는 무처리구의 3.2에 비해 처리구의 경우 4.3~4.7로서 상대적으로 높았다. 증상별 병반형성율은 무처리구의 경우 배지표면점액증상, 지제부 뿌리썩음증상, 갓표면갈색무늬증상 등 3종의 증상이 35% 내외로 비슷하게 나타났으나, 처리구에서는 배지표면점액 증상이 상대적으로 낮았으며, 지제부뿌리썩음증상, 갓표면 갈색무늬증상 순으로 다소 높아지는 경향을 보이면서, 전체적인 병반형성율은 무처리구에 비해 11~25% 정도 낮아지는 것으로 나타났다. 그리고 발병율은 무처리구에서 43.8%로 매우 높게 나타났으나, Ca(OCl)₂ 0.5% 처리구의 경우 14.6%로 가장 낮은 발병율을 보였고, 목초액 0.5% 처리구 및 Ca(OCl)₂ 1.0% 처리구에서 20% 내외, 그리고 목초액 1.0% 처리구에서 26.1%의 매우 낮은 발병율을 보여 본 병의 억제에 이들 약제가 유효한 것으로 나타났다. 또한 Ca(OCl)₂와 목초액의 경우 1.0% 보다는 오히려 0.5%의 저농도에서 억제효과가 높은 것으로 나타났다. 약제처리에 의한 자실체의 분화형태와 수량을 조사한 결과(Table 6), 무처리구에 비해 처리구에서 유효경수가 병당 153~184개로 32~59% 정도 많았으며, 갓의 직경은 유사하거나 다소 작아지는 경향을 보였고, 대길이의 경우 3 mm 정도 길어져 전체적인 자실체의 분화형태가 양호하였다. 무처리구에 비해 처리구에서 품질이 현저히 향상되었으며, 수량도 25% 이상 증수되었고, 특히 Ca(OCl)₂ 1.0% 처리구의 경우 35.6%로 가장 높은 증수효과를 나타내었다.

Table 3. Activity of *P. tolaasii* on nutrient agar medium added with various concentration of each chemicals

Chemicals	Activity ¹							
	0%		0.1%		0.5%		1.0%	
	PDT	ST	PDT	ST	PDT	ST	PDT	ST
Zeolite granules	+ ²	+	+	+	+	+	+	+
Chitosan	+	+	+	+	+	+	+	+
Wood-vinegar	+	+	+	+	+	-	-	-
Ca(OCl) ₂	+	+	+	+	+	-	-	-
NaOCl	+	+	+	+	+	-	-	-

¹Examined on 48 hours after inoculation at 28°C by the paper disc test (PDT) and the streak test (ST).

²The symbols, + and - represents colony formed and colony not formed, respectively.

Table 4. Population density of *P. tolaasii* in nutrient broth medium added with various concentration of each chemicals

Chemicals	Population density (cfu/ml) ¹			
	0%	0.1%	0.5%	1.0%
	Zeolite granules	3.03 × 10 ⁸	2.97 × 10 ⁸	3.10 × 10 ⁸
Chitosan	3.03 × 10 ⁸	1.73 × 10 ⁷	6.10 × 10 ⁵	4.30 × 10 ⁴
Wood-vinegar	3.03 × 10 ⁸	2.10 × 10 ⁶	1.77 × 10 ²	0
Ca(OCl) ₂	3.03 × 10 ⁸	5.27 × 10 ⁶	1.70 × 10 ²	0
NaOCl	3.03 × 10 ⁸	8.77 × 10 ⁵	4.47 × 10 ⁴	0

¹Examined on 48 hours under submerging-cultured at 28°C and 120 rpm after inoculation with *P. tolaasii* of 10⁵ cfu/ml population density in each trial.

Table 5. Effects of chemicals on fruit body growth and disease incidence on *F. velutipes* at Chinju, Kyongnam province in 1998

Chemicals	Days for			Primordial formation (1~5) ¹	Disease incidence (%)			
	Initial pinhead	Fruit body harvest	Total		Syptom type			
					Ooze on media	Root rot on stipe	Blotch on pileus	
Wood-vinegar 0.5%	10.8	22.9	19.8	13.6	18.8	19.8		
Wood-vinegar 1.0%	10.5	22.6	26.1	18.8	21.9	22.9		
Ca(OCl) ₂ 0.5%	11.9	23.9	14.6	10.4	12.5	13.5		
Ca(OCl) ₂ 1.0%	12.2	24.5	20.8	12.5	16.7	19.8		
Check	11.7	23.6	43.8	35.4	33.3	38.6		

¹The levels, 1, 2, 3, 4 and 5, represents absent, scare, rather abundant, abundant and very abundant, respectively.

Table 6. Effects of chemicals on fruitbody development and yields on *F. velutipes* at Chinju, Kyongnam province in 1998

Chemicals	No. of fruit body (stipe/bottle)	Length of stipe (mm)	Diameter of pileus (mm)	Visual quality (1~9) ¹	Average yield (g/bottle)	Yield index
Wood-vinegar 0.5%	153.1	77.6	7.9	7.2	87.3	126
Wood-vinegar 1.0%	169.0	77.0	8.2	7.6	86.8	125
Ca(OCl) ₂ 0.5%	161.3	76.6	8.4	7.4	89.2	129
Ca(OCl) ₂ 1.0%	184.2	79.2	8.4	8.0	94.0	136
Check	115.7	74.0	8.5	5.7	69.3	100

¹The levels, 1~3, 4~5, 6~7 and 8~9, represents very poor, poor, good and very good, respectively.

고 찰

현행 버섯재배의 병방제에 있어 일반작물과는 달리 농약을 이용한 화학적 방제가 매우 어려운 여건에 있다. 현재 품목고시가 되어 있는 농약은 진균에 의한 병인 푸른곰팡이 병 약제로 베노밀수화제와 치아벤다졸수화제 뿐이며 세균 병에 대한 약제는 전혀 없는 상태(농약공업협회, 1997)이므로 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 양송이와 느타리버섯에 있어 이 병의 방제를 위해 길항세균(Kanna and Olivier, 1989; Fermor *et al.*, 1991; Munjal *et al.*, 1989; Khanna *et al.*, 1990; Thron and Tsuneda, 1992), bacteriophage 이용(Guillaumes *et al.*, 1988; Munsch *et al.*, 1991), 선충 이용(Grewal, 1991) 등 생물적 방제방법이 시도되어 왔으나 실용화에 어려움이 많아 현실적으로 농가단위에서 이용하기에는 매우 어려우며, 화학적 방제수단으로 항생제를 이용하는 방법에 관한 연구(Jandaik *et al.*, 1993; Munjal *et al.*, 1989; Geels *et al.*, 1991; 농림수산부, 1995)도 많이 수행되어 왔으나 사용시기가 극히 제한되어 있고 치료효과의 미흡, 약해 및 잔류독성 등의 문제로 사용을 기피하고 있다. 그러나 최근에 와서 가격이 싸고 사용방법이 용이한 특정 약제를 이용하는 방법에 대한 연구(Tu *et al.*, 1989; Geels *et al.*, 1991; Beelman *et al.*, 1989; 농림수산부, 1995; Choi and Saper, 1994)가 활발하게 진행되고 있다.

느타리버섯에 있어 *P. tolaasii*의 생장은 억제시키고 느타리버섯균인 *P. ostreatus*의 균사생장에는 영향을 주지 않는 목초액의 농도를 1.0%라고 하여 느타리버섯 세균성갈색무늬병의 방제제로 이용할 수 있다고 한 최근의 보고(농림수산부, 1995)와 같이 본 시험에서도 목초액 0.5~1.0%농도에서 팽이버섯 세균성갈색무늬병의 방제제로 사용이 가능한 것으로 나타났다. 이와 같이 느타리버섯에서보다 팽이버섯에서 목초액의 사용가능농도가 낮아진 것은 *P. ostreatus* 보다 *F. velutipes*가 상대적으로 균사의 활력이 낮다는 이 등(1996)의 보고와 관련지어 해석할 수 있고, 이러한 결과는 *P. ostreatus*의 경우 목초액 1.0%농도에서, 그리고 *F. velutipes*는 0.5%농도에서 균사생장에 전혀 영향을 받지 않는다고한 장 등(1995)의 연구결과와 일치된다. Ca(OCl)₂ 또한 목초액과 같이 0.5~1.0 농도에서 이 병에 대한 방제제로서의 가능성이 있을 것으로 사료되며, 특히 목초액에 비해 경제성에서도 더 유리할 것으로 보인다.

약제 처리농도의 경우 1.0% 보다는 오히려 0.5%의 저농도에서 발병억제효과가 높은 것으로 나타났는데, 이는 1.0%의 고농도에서 버섯균의 활성에 다소 영향을 주고 있음을 시사하고 있다. 그러나 발병억제율, 품질, 수량 등 전체적인 처리효과를 볼 때, 목초액보다는 Ca(OCl)₂이 상대적으로 더 유효하고, 약제별 사용농도는 Ca(OCl)₂ 0.5~1.0%, 목초액은 0.5%의 농도가 본 병의 억제에 가장 유효한 것으로 판단된다. 또한 기내시험결과 1.0%의 농도에서 버섯균의 균사생장이 불가능하거나 현저히 억제되는 것으로 나타났으나 실제 버섯재배에서는 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타난 것은 버섯의 재배특성상 균사생장이 완료된 후 자실체의 생육기에는 활력이 상대적으로 왕성해지는 것에 기인한 것으로 생각된다.

팽이버섯 재배공정에 있어 균사배양이 끝나고 버섯의 발생을 위해 균궤기작업 직후 물축이기작업이 연속적으로 진행되는데, 이 등(1996)에 의하면 이 공정을 전후하여 팽이버섯 균사배양한 배지내 조세균의 밀도는 2.2×10^4 cfu/g에서 118.3×10^4 cfu/g로 급증한다고 하였는 바, 팽이버섯 재배시 본 병의 예방 또는 방제를 위한 목적으로 본 방제약제를 이용할 경우 사용농도를 철저히 준수하고, 균궤기작업 후 물축이기작업을 진행할 때 관수용 물에 본 약제를 희석하여 사용하게 되면 방제에 소요되는 시간과 노동력을 줄일 수 있음은 물론 발병억제효과도 동시에 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

팽이버섯 재배에 있어 가장 문제되는 병해 중의 하나인 팽이버섯 세균성갈색무늬병(세균성갈반병)의 방제약제를 선별하기 위해 제오라이트입제, 키토산, 목초액, Ca(OCl)₂, NaOCl 등 5종의 약제를 공시하여 기내와 버섯재배사에서 시험을 수행한 결과, 목초액과 Ca(OCl)₂는 0.5% 농도에서 *F. velutipes*의 균사생장 억제력은 낮았으나, 병원세균인 *P. tolaasii*에 대해서는 현저한 성장억제력을 보여 팽이버섯 세균성갈색무늬병의 방제약제로 이용가능성이 있는 것으로 나타났다. 발병율은 무처리구에서 43.8%로 매우 높게 나타났으나, Ca(OCl)₂ 0.5% 처리구의 경우 14.6%로 가장 낮은 발병율을 보였고, 목초액 0.5% 처리구 및 Ca(OCl)₂ 1.0% 처리구에서 20% 내외, 그리고 목초액 1.0% 처리구에서

26.1%의 매우 낮은 발병율을 보였다. 또한 약제 처리농도의 경우 1.0% 보다는 오히려 0.5%의 저농도에서 억제효과가 높은 것으로 나타났다. 무처리구에 비해 처리구에서 품질이 현저히 향상되었으며, 수량도 30% 정도 증수되었고, 특히 $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 1.0% 처리구의 경우 35.6%로 가장 높은 증수효과를 나타냈다. 그러나 발병억제율, 품질, 수량 등 전체적인 처리효과를 볼 때, 목초액보다는 $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 가 상대적으로 더 유효하고, 약제별 사용농도는 $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 0.5~1.0%, 목초액은 0.5%의 농도가 본 병의 억제에 가장 유효한 것으로 나타났다.

참고문헌

- 농림부. 1998. '98 특용작물 생산실적. pp. 38-49.
- 농림수산부. 1995. 느타리버섯 세균성갈반병의 종합방제법 개발에 관한 연구. 현장애로기술개발사업 완료보고서(1차년도). pp. 1-34.
- 농약공업협회. 1997. 농약사용지침서. pp. 1-791.
- 농촌진흥청. 1995. 새로운버섯재배(표준영농교본-61). pp. 33-86.
- 박승조, 김수생. 1987. 상수수질 개선을 위한 제올라이트 사용효능, 동아대학교 환경문제연구소 연구보고서 10(1): 1-17.
- 이현옥. 1997. 팽이버섯 갈색무늬병과 황색무늬병의 발생생태, 병원균의 분리 동정 및 방제 제 탐색. 동아대학교 박사학위논문집. 1-86.
- 이현옥, 송보열, 조동진, 신원교, 문병주, 배태웅. 1996. 팽이 톱밥인공재배시 배지미생물상의 경시적인 밀도변화. 동아대학교 농업자원연구보 5(1): 55-64.
- 이현옥, 이명환, 조동진, 신원교, 문병주. 1996. 버섯 세균성갈반병균 *Pseudomonas* spp가 애느타리 및 팽이의 균사생장에 미치는 영향. 농업과학논문집 38(2): 887-892.
- 張張西, 姜安錫, 車東烈, 成載模, 森永力. 1995. 몇가지 食用버섯에 대한 木酢液의 菌絲生長 및 푸른곰팡이 病原菌 抑制效果. 農業科學論文集 37(2): 766-771.
- 古川久彦. 1992. きのこ學. 共立出版株式會社. pp. 204-229.
- Beelman, R. B., Guthrie, B. D. and Royse, D. J. 1989. Influence of bacterial populations on postharvest deterioration of fresh mushrooms. *Mushroom Science* (Part 2): 655-665.
- Chang, S. T., Buswell, J. A. and Chiu, S. W. 1993. Mushroom biology and mushroom products. The Chinese University Press. pp. 3-20.
- Choi, S. W. and Saper, G. M. 1994. Effects of washing on polyphenols and polyphenol oxidase in commercial mushrooms (*Agaricus bisporus*). *J. of Agaricultural and Food Chemistry* 42(10): 2286-2290.
- Donk, M. A. 1971. Progress in the study of classificant of the higher Basidiomycetes. *An International Symposium*. 3-25.
- Fermor, T. R., Henry, M. B., Fenlon, J. S., Glenister, M. J., Lincoln, S. P. and Lynch, J. M. 1991. Development and application of a biocontrol system for bacterial blotch of the cultivated mushroom. *Crop Protection* 10(4): 271-278.
- Geels, F. P. 1995. *Pseudomonas tolaasii* by kasugamycin in cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*). *J. Applied Bacteriol.* 79(1): 38-42.
- Geels, F. P., Griensven, L. J. L. D., van-Ruffens, A. J., van-Griensven, L. J. L. D. and Maher, M. J. 1991. Chlorine dioxide and the control of bacterial blotch on mushrooms, caused by *Pseudomonas tolaasii*. *Mushroom Science* 13 (Vol. 1): 437-442.
- Grewal, P. S. 1991. Effects of *Caenorhabditis elegans* (Nematoda; Rhabditidae) on the spread of the bacterium *Pseudomonas tolaasii* in mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Ann. Appl. Biol.* 118(1): 47-55.
- Guillaumes, J., Houdeau, G., Germain, R. and Olivier, M. 1988. Improvement of biological control of *Pseudomonas tolaasii* using bacteriophages associated with bacterial antagonist. *Bulletin OEPP* 18(1): 77-82.
- Jandaik, C. L., Sharma, V. P., Rajeev, R. and Raina, R. 1993. Yellow blotch of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer - a bacterial disease new to India. *Mushroom Research* 2(1): 45-48.
- Kanna, P. and Olivier, J. M. 1989. Rapid screening of antagonists of blotch bacterium, *Pseudomonas tolaasii*. *Indian Phytopathol.* 42(1): 139-141.
- Khanna, P. K., Olivier, J. M., Samson, R. S. and Guillaumes, J. 1990. Isolation, characterization and screening of antagonists of *Pseudomonas tolaasii* for biological control. *Indian Phytopathol.* 43(3): 352-360.
- Munjal, A., Khanna, P. K., Garchq, H. S., Grabbe, K. and Hilber, O. 1989. *In vitro* chemical and biological control of bacterial blotch of *Agaricus bisporus* (Sing.) Lange. *Mushroom Science* 12(Part 2): 667-677.
- Munsch, P., Olivier, J. M., Houdeau, G. and Maher, M. J. 1991. Experimental control of bacterial blotch by bacteriophages. *Mushroom Science* 13 (Vol. 1): 389-396.
- Thron, R. G. and Tsuneda, A. 1992. Interactions between various wood-decay fungi and bacteria; antibiosis, attack, lysis, or inhibition. *Reports of the Tottori Mycological Institute* 30: 13-20.
- Tu, C. C., Liao, Y. M., Grabbe, K. and Hilber, O. 1989. Major diseases of cultivated mushroom and their control in Taiwan. *Mushroom Science* 12 (Part 2): 615-626.