

목초액, 식물추출물 및 살균제를 이용한 표고골목해균인 주홍꼬리버섯 방제

박원철 · 이봉훈* · 가강현 · 조태수 · 이학주 · 이성숙 · 김명길 · 차병진¹

국립산림과학원 화학미생물과, ¹충북대학교 식물의학과

Control of *Diatrype stigma* Occurred on the Bed-log of Shiitake Using Wood Vinegar, Plant Extracts and Fungicides

Won-Chull Bak, Bong-Hun Lee*, Kang-Hyeon Ka, Tae-Soo Cho, Hak-Joo Lee,
Sung-Suk Lee, Myung-Kil Kim and Byeonjin Cha¹

Division of Wood Chemistry & Microbiology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

¹Department of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheonju, Korea

(Received February 8, 2006)

ABSTRACT: Attempts were made to control *Diatrype stigma* occurred on the bed-log of Shiitake using wood vinegar, *Pinus koraiensis* extract, *Piper nigrum* extract, and fungicides. Mycelial growth of *D. stigma* was inhibited completely at 35,000 ppm and no ascospore germinated at 25,000 ppm wood vinegar. Inhibition rates of *Pinus koraiensis* extract (200 ppm), and *Piper nigrum* extract (1,000 ppm) to ascospore germination were 98.9% and 95.9%, respectively. In fungicide selection, minimum inhibitory concentration (MIC) of benomyl, carbendazim, and thiabendazole ranged 0–0.4 µg a.i./ml. Difenconazole at 0.08 µg a.i./ml inhibited 98.9% of ascospore germination. Inhibition efficacy of fungicides was not highly variable among the low-, middle-, and high-temperature type strains of shiitake. Benomyl, carbendazim, thiabendazole and thiophanate-methyl could not suppress the mycelial growth of Shiitake. Tebuconazole at 0.4 µg a.i./ml suppressed 80% of the mycelial growth and it was the highest inhibition rate among the fungicides. In field trials, wood vinegar, *Pinus koraiensis* extract, *Piper nigrum* extract, and fungicides were sprayed on the bed-logs before or after *D. stigma* produced pycnidia. Wood vinegar at 150,000 ppm concentration, showed control effect of 72.7% in the treatment before pycnidiospore formation. On the other hand, 70,000 ppm wood vinegar and 1,000 ppm of thiophanate-methyl showed control effects of 58.1% and 52.3% in the treatment after pycnidiospore formation.

KEYWORDS: *Diatrype stigma*, Difenconazole, Shiitake, Thiophanate-methyl, Wood vinegar

우리나라에서 생산되는 표고의 대부분은 원목재배를 통해서 이루어지지만 주변국들은 톱밥재배의 비중이 높은 편이다. 특히, 중국은 1995년에 79,000톤을 생산하면서 전 세계 표고 생산량의 79.5%를 점유했으며 생산량의 약 30%를 수출하면서 표고 강국으로 부상했다(Lin *et al.*, 2000). 하지만 현재의 톱밥재배기술로는 원목재배에서 생산된 버섯의 품질을 극복할 수 없을뿐더러 우리나라의 경우, 소비자가 원하는 고품질의 버섯을 생산하기 위해서는 원목재배가 일정부분의 역할을 할 수 밖에 없는 실정이다.

이러한 표고원목재배에 있어서 가장 심각한 해균 피해는 주홍꼬리버섯, 검은흑버섯(완전세대: *Hypoxylon truncatum*, 불완전세대: *Nodulisporium* sp.), 푸른곰팡이(*Trichoderma* spp.) 등에 의한 것으로 이 중 주홍꼬리버섯은 1990년대 후반에 전국적으로 피해를 입힌 해균이다.

전 세계적으로 분포하고 있는 주홍꼬리버섯은 단풍나무(*Acer* spp.), 오리나무(*Alnus* spp.), 자작나무(*Betula* spp.), 서어나무(*Carpinus* spp.), 산사나무(*Crataegus* spp.), 너도밤나무(*Fagus* spp.), 목련(*Magnolia* spp.), 새우나무(*Ostrya* spp.), 참나무(*Quercus* spp.), 버드나무(*Salix* spp.), 느릅나무(*Ulmus* spp.), 피나무(*Tilia* spp.), 배나무(*Pyrus* spp.), 밤나무(*Castanea* spp.), 개암나무(*Corylus* spp.), 갈매나무(*Rhamnus* spp.), 장미(*Rosa* spp.) 종류들을 기주로 한다고 알려져 있다(Farr *et al.*, 1989; Patil and Patil, 1983). 일본에서 이 균은 봄부터 가을까지는 불완전 세대인 포자퇴를 형성하고 가을에는 수피 밑에 완전세대인 자좌를 형성하는 것으로 알려져 있고(古川·野淵, 1996), 영국에서는 9월에서 다음해 2월 사이에 발견된다는 보고가 있다(Jeffries and Young, 1994). 하지만 角田 등(1983)이 주홍꼬리버섯이 이중겹질버섯(*Graphostroma platystoma*)과 함께 일본 규슈지방에서 1970년대부터 표고재배에 큰 피

*Corresponding author <E-mail: bonghun90@naver.com>

해를 입히고 있다고 보고한 이후, 10여년이 지나도록 완전세대와 불완전세대의 성숙, 비산, 발아 및 균사의 생장 등 여러 가지 생리, 생태적 특성들에 관한 연구가 미흡한 실정이라는 지적도 나오고 있다(古川·野淵, 1996). 우리나라에서는 박 등(2000)이 주홍꼬리버섯의 완전세대와 불완전세대에 대해 보고한 이후 완전세대의 변화 및 주홍꼬리버섯에 오염된 골목에 발생하는 2차 오염균들을 조사한 바 있다(박 등, 2003).

주홍꼬리버섯 방제는 물질(또는 약제)을 통한 직접 방제와 저항성 표고균주를 이용한 방제가 현 상황에 있어서 적절한 선택이라고 생각한다. 다만 최근 들어, 환경문제에 관심을 갖게 되면서부터 병에 대한 방제 방법으로서 화학 약제에 대한 기피가 두드러지고 있기 때문에 약제 적용에 신중을 기해야 할 필요는 있으며, 방제 방법이 확립되어 있지 않은 상황에서 피해 증가를 인내하며 기다릴 수 없어 부적절한 화학약제가 사용되고 있는 현 상황도 개선해야 할 필요가 있다.

따라서 이들 문제를 일시에 해결할 수는 없으나 여러 실험을 통해 그 효과를 일부 확인한 목초액, 산림부산물 등을 활용하는데 있어서 도움을 줄 수 있는 목재추출물 및 다양한 화학약제 선발을 통한 주홍꼬리버섯 방제 방법 탐색을 위해 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

균주

실험을 위해 국립산림과학원 버섯연구실에서 보관중인 주홍꼬리버섯균(KFRI 631)과 표고균인 KFRI 390(저온성), KFRI 393(고온성), KFRI 394(중온성)를 사용하였다.

목초액 및 식물추출물

태백산목탄공업사에서 생산한 참나무목초액과 국립산림과학원 추출성분이용실로부터 확보한 잣나무추출물, 후추열매추출물을 실험에 사용하였다.

목초액 및 식물추출물에 의한 주홍꼬리버섯과 표고의 균사생장억제를 조사

50°C 정도로 식은 멸균된 PDA 배지에 목초액 농도를 5,000~35,000 ppm까지 5,000 ppm 간격으로 조절하여 첨가한 다음 직경 5 mm cork borer를 사용하여 주홍꼬리버섯균과 표고균(KFRI 393)을 옮기고 23°C에서 6일 배양 후 균사의 생장 정도를 확인하는 방법으로 실시하였다. 각각의 목초액 농도에 있어서 pH가 어떤 영향을 미치는지 확인하기 위해, 각 목초액 농도의 pH와 동일하게 acetic acid를 제작했고 서로 비교하였다. 그리고 잣나무추출물 및 후추열매추출물 농도를 8, 40, 200, 1,000, 2,000 ppm으로 조절하였다. 실험은 3반복으로 실시하였다.

목초액 및 식물추출물에 의한 주홍꼬리버섯 자낭포자 발아억제를 조사

표고종균을 접종한지 1년된 골목에서 수집한 주홍꼬리버섯 자좌를 1×1 cm² 크기로 얇게 잘라 PDA 배지에 묻은 후 배지를 뒤집어 놓고 48시간 동안 방치한 후 떨어진 자낭포자를 수거하고 방출된 포자가 모여 있는 자좌 표면의 포자액을 마이크로피펫으로 수거한 다음 멸균수와 섞어 실험에 사용하였다.

발아억제를 조사를 위해 목초액을 50°C 정도로 식은 멸균된 PDA 배지에 넣어 40, 200, 1,000, 5,000, 25,000 ppm으로 농도 조절했고 잣나무추출물 및 후추열매추출물 농도를 같은 방법으로 8, 40, 200, 1,000 ppm이 되게 조절을 했다. 그런 다음 hemocytometer로 측정한 7.8×10⁶ spores/ml의 포자현탁액을 10 μl씩 넣고 도말한 후 23°C에서 22시간 배양한 후 발아 정도를 측정하였다. 실험은 5 cm 직경의 페트리접시에서 진행되었고 3반복으로 실시하였으며, 반복 당 100개 이상의 포자를 관찰하였다.

살균제 선별

살균제 선별실험을 위해 적용범위가 넓은 살균제 21종을 사용하였다. 각각의 살균제를 넣어서 250 μg a.i./ml의

Table 1. Fungicides tested in this research to control *Diatrype stigma* which damaging bed-log of shiitake (*Lentinula edodes*)

Common name	Active ingredient ^a	Formulation ^b
Benomyl	Methyl 1-(butylcarbamoyl)-2-benzimidazol-carbamate	WP 50%
Carbendazim	Methyl benzimidazol-2-yl carbamate (MBC)	WP 60%
Difenoconazole	Cis,trans-3-chloro-4-[4-methyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-1,3-dioxolan-2-yl]phenyl 4-chlorophenyl ether	EC 10%
Fenarimol	2,4'-dichloro- α -(pyrimidin-5-yl)-benzhydryl alcohol	EC 12.5%
Tebuconazole	(RS)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-pentan-3-ol	WP 25%
Thiabendazole	4-(2-benzimidazolyl)thiazole	WP 60%
Thiophanate-methyl	Dimethyl 4,4'-o-phenylenebis(3-thioallphanate)	WP 70%
Triadimenol	1-(4-chlorophenoxy)-3,3-dimethyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-ol	WP 5%
Triflumizole	(E)-4-chloro- α,α,α -trifluoro-N-(1-imidazol-1-yl-2-propoxy ethylidene)-o-toluidine	WP 30%
Triforine	1,4-bis(1-formamido-2,2,2-trichloroethyl)piperazine	EC 17%

^aNominated by IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry).

^bWP: wettable powder, EC: emulsifiable concentrate.

농도로 조절한 PDA 배지에 직경 5 mm cork borer를 사용하여 균을 옮기고 23°C에서 6일 배양 후 균사의 성장 정도를 조사하였다. 이 실험결과, 주홍꼬리버섯균의 성장을 완전하게 억제시키는 살균제 10종을 선발하였고 이들 약제를 다음 실험에 사용하였다(Table 1).

살균제의 최소억제농도(Minimum Inhibitory Concentration : MIC) 측정

주홍꼬리버섯균 성장을 억제하는 살균제의 최소억제농도를 확인하기 위해, PDA 배지를 멸균하여 50~60°C 정도로 식힌 후 1차 선발된 10가지 살균제(Table 1)를 첨가하여 각 약제 농도가 0.4, 2, 10, 50 µg a.i./ml가 되게 하였다. 약제 농도가 조절된 배지에 지름 5 mm cork borer를 이용해서 떼어낸 균사 절편을 올리고 23°C에서 6일간 배양한 후 균사생장을 측정하였다. 실험은 3반복으로 실시하였다.

살균제에 의한 주홍꼬리버섯 자낭포자발아억제율 조사

최소억제농도 측정에서와 같은 방법으로 각 약제 농도가 0.08, 0.4, 2, 10 µg a.i./ml가 되도록 만든 PDA 배지에 포자현탁액을 넣고 실험을 진행했다. 실험은 목초액 및 식물추출물 선발 실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

살균제에 의한 표고 균사생장억제율 조사

주홍꼬리버섯균의 최소억제농도측정과 포자발아 억제율 조사에 사용된 살균제들에 대해 표고균(KFRI 390, 393, 394)이 어느 정도의 약해를 받는지 확인하기 위해 주홍꼬리버섯균에 대한 실험에서와 마찬가지로 살균제를 첨가하여 각 약제 농도가 0.4, 2, 10, 50 µg a.i./ml가 되게 하였다. 약제 농도가 조절된 배지에 지름 5 mm cork borer를 이용해서 떼어낸 표고균사 절편을 올리고 23°C에서 10일간 배양한 후 균사생장을 측정하였다. 각 실험은 3반복으로 실시하였다.

야외방제시험

야외방제시험에 있어서의 시험조건은 포자퇴형성 전 처리와 포자퇴형성 후 처리가 동일하다. 실험은 경기도 화성시 장안면에 소재하고 있는 차광막이 쳐진 비닐하우스 재배사에서 2002년 3월부터 2003년 4월까지 진행했으며, 표고균(KFRI 393)이 70~80구명에 접종된 10 cm 내외의 상수리나무골목을 실험에 사용하였다. 물은 지하수를 사용했고 골목의 건조를 방지하기 위해 매일 1회, 12시간씩 살수하였으며, 그 이외의 골목관리는 일반적인 방법에 준해 실시하였다. 실험에는 목초액 70,000 ppm과 150,000 ppm, 잣나무추출물과 후추열매추출물 각각 10,000 ppm, difenoconazole 1,000 ppm과 2,000 ppm, thiophanate-methyl

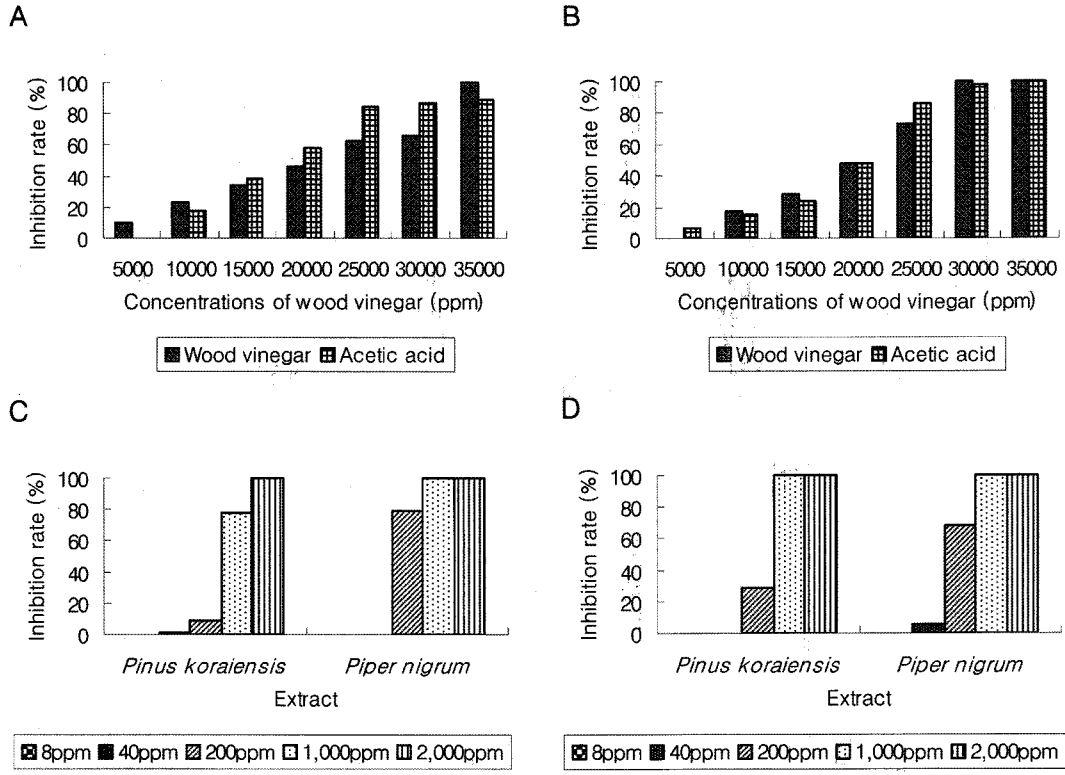


Fig. 1. Effects of wood vinegar, *Pinus koraiensis* extract, and *Piper nigrum* extract on the mycelial growth of *Lentinula edodes* and *Diatrype stigma*. A: *D. stigma*, wood vinegar, and acetic acid, B: *L. edodes*, wood vinegar, and acetic acid, C: *L. edodes* and extracts, D: *D. stigma* and extracts.

1,000 ppm과 2,000 ppm, benomyl 1,000 ppm 등 9가지가 약제로 사용되었고 약제들은 축압식분무기((株)大和噴霧器, Y-250(2.5 l))를 사용하여 골목에 충분히 살포했다. 오염 면적은 주홍꼬리버섯 자좌가 형성된 부분을 tracing paper에 옮겨 면적계(KOIZUMI(PLACOM), KP-90N)를 이용하여 측정하였다.

포자퇴형성 전 처리 시험을 위해, 다른 해균이나 상처가 없는 골목을 선택하여 처리별로 20본씩 2002년 3월 초에 공시하였고 2002년 3월부터 7월까지 6회, 살수작업 12시간 경과 후 살포하였다. 그리고 포자퇴형성 후 처리 시험을 위해, 주홍꼬리버섯 포자퇴의 발생 비율이 골목면적의 10% 내외인 것을 처리별로 14본씩 2002년 7월 초에 공시하였고 2002년 7월부터 9월까지 3회 살포하였다.

결과 및 고찰

목초액 및 식물추출물에 의한 주홍꼬리버섯과 표고의 균사생장억제율 조사

목초액의 농도가 높아질수록 주홍꼬리버섯균이나 표고균 모두 균사생장억제정도가 비슷했으며, 주홍꼬리버섯균은 35,000 ppm 농도에서 균사생장이 완전히 억제되었고 표고균은 이보다 낮은 농도인 30,000 ppm 농도에서 균사생장이 완전히 억제되었다(Fig. 1A, B). pH에 의한 효과를 확인하기 위해 해당 농도의 목초액과 pH를 동일하게 조절된 acetic acid와의 비교 실험에서(Fig. 1A, B) 균사생장은 목초액 농도에 따라 비슷한 것으로 나타났으나 pH에 의해서만 주홍꼬리버섯이 영향을 받지 않는 것 같다. 참고로 실험에 사용된 목초액 35,000 ppm의 pH는 4.4였다. 그리고 표고균은 후추열매추출물 1,000 ppm에서 균사생장이 완전히 억제되었으나 잣나무추출물의 경우, 2,000 ppm에서 균사생장이 완전히 억제되었으며(Fig. 1C), 주홍꼬리버섯균은 잣나무추출물과 후추열매추출물 모두 1,000 ppm에서 균사생장이 완전히 억제되었다(Fig. 1D).

목초액 및 식물추출물에 의한 주홍꼬리버섯 자낭포자 발아억제율 조사

목초액이 첨가된 배지에서 자낭포자는 5,000 ppm까지 발아에 큰 영향을 받지 않았지만 25,000 ppm에서는 급격히 낮아져 포자발아가 전혀 관찰되지 않았다(Fig. 2A, Fig. 3). 잣나무추출물이 첨가된 배지에서는 40 ppm까지 포자발아에 별다른 영향을 받지 않았지만 200 ppm에서는 급격히 높아져 98.9%의 발아억제율을 보였고 1,000 ppm에서는 전혀 발아하지 못하였다. 후추열매추출물이 첨가된 배지에서는 잣나무추출물 배지와 달리 200 ppm에서도 24.1%에 불과한 발아억제율을 보였고 1,000 ppm에서 급격히 높아져 95.9%의 발아억제율을 보였다. 그리고 잣나무추출물과 후추열매추출물 모두 8 ppm에서는 발아를 전혀 억제시키지 못하는 것으로 나타났다(Fig. 2B).

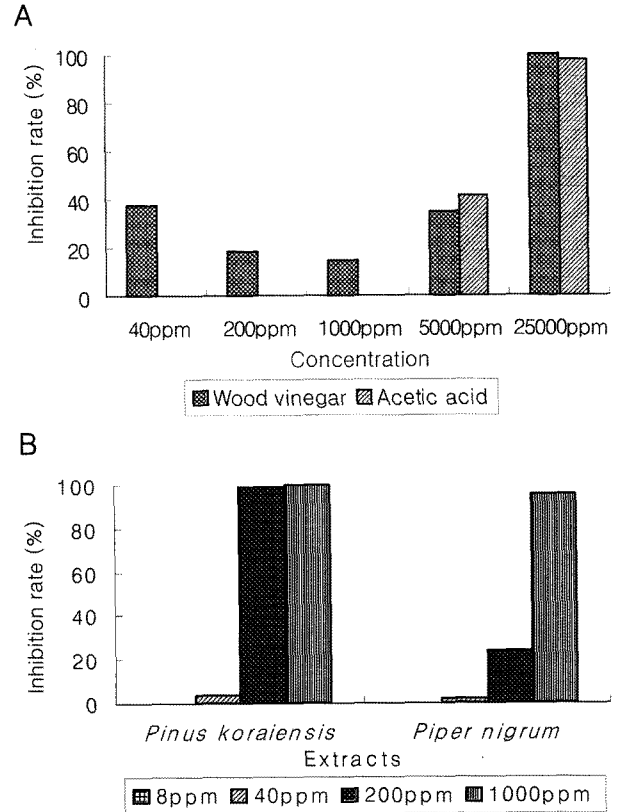


Fig. 2. Effects of wood vinegar, *Pinus koraiensis* extract, and *Piper nigrum* extract on the ascospore germination of *Diatrype stigma*. A: wood vinegar and acetic acid, B: extracts.

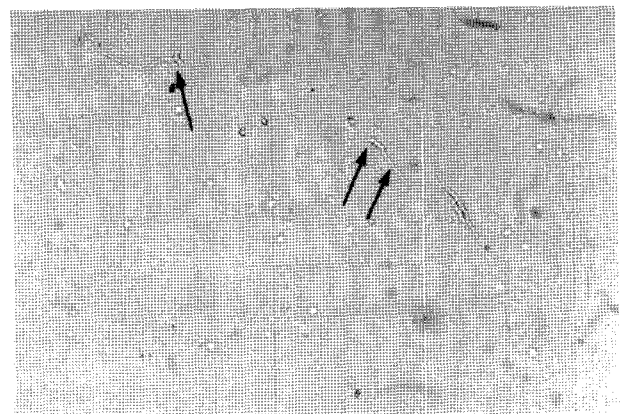


Fig. 3. Germination (arrows) of ascospores of *Diatrype stigma*.

살균제의 최소억제농도(Minimum Inhibitory Concentration : MIC) 측정

Benomyl, carbendazim, thiabendazole이 0~0.4 $\mu\text{g a.i./ml}$ 로 가장 낮은 농도에서 주홍꼬리버섯균 생장을 억제시켰으며 triforine이 50~250 $\mu\text{g a.i./ml}$ 로 가장 높은 농도에서 주홍꼬리버섯균 생장을 억제시켰다. 일반농가에서 사용하도록 권장하고 있는 농도와 비교했을 때, triforine은 권장농도보다 높은 MIC가 측정되었고 triadimenol은 권

Table 2. Minimum inhibitory concentration (MIC) of fungicides for mycelial growth of *Diatrype stigma*

Fungicides	MIC ($\mu\text{g a.i./ml}$) ^a	RC($\mu\text{g a.i./ml}$) ^b
Benomyl	0~0.4	250~500
Carbendazim	0~0.4	600
Difenoconazole	0.4~2	34~100
Fenarimol	2~10	31~42
Tebuconazole	2~10	125~250
Thiabendazole	0~0.4	201
Thiophanate-methyl	2~10	455~875
Triadimenol	10~50	50
Triflumizole	10~50	60~300
Triforine	50~250	170~213

^aMIC was examined on PDA amended with each fungicide.
^bRC (recommended concentration) is a concentration of the fungicides which is recommended for control of the diseases in the field.

장농도보다는 낮았지만 실험에 사용된 다른 살균제들에 비해서는 약간 높은 농도에서 MIC가 측정되었다. Difenoconazole은 0.4~2 $\mu\text{g a.i./ml}$ 으로 비교적 낮은 농도에서 MIC가 측정되었고 tebuconazole, fenarimol은 2~10 $\mu\text{g a.i./ml}$ 농도에서 그리고 triflumizole은 10~50 $\mu\text{g a.i./ml}$ 농도에서 MIC가 측정되었다(Table 2). 본 실험의 공시약제로 사용된 여러 계통의 21개 살균제 중 benomyl을 비롯한 carbendazim, thiabendazole, thiophanate-methyl 등과 같은 benzimidazol 계통의 약제들이 많이 선발되었는데, 이는 benomyl을 표고 해균 방제에 일부 사용하고 있는 일본에서의 연구결과와 유사하다(きのこ技術集談會編集委員會, 1991).

살균제에 의한 주홍꼬리버섯 자낭포자발아억제를 조사

Difenoconazole 0.08 $\mu\text{g a.i./ml}$ 에서 자낭포자발아가 98.9% 억제되어 실험에 사용된 살균제 중 가장 효과가 높은 것으로 나타났고 triflumizole 0.08 $\mu\text{g a.i./ml}$ 에서도 발아가 92.5% 억제되어 비교적 효과가 좋은 것으로 나타났다. 하지만 triforine의 경우는 10 $\mu\text{g a.i./ml}$ 에서도 33.3%가 억제되는데 그쳐 실험 살균제 중 가장 효과가 낮은 것으로 나타났다. 또한 benomyl, carbendazim, thiabendazole, thiophanate-methyl 등과 같은 benzimidazol계 약제들은 10 $\mu\text{g a.i./ml}$ 에서 발아억제율이 각각 99.5%, 61.4%, 76.2%, 35.1%로 benomyl을 제외하고는 효과가 떨어지는 것으로 여겨지며, tebuconazole, fenarimol, triadimenol 등과 같은 약제들은 2 $\mu\text{g a.i./ml}$ 농도에서도 각각 99.5%, 97.9%, 92.5%의 발아억제율을 보여 benzimidazol계 약제들 보다는 효과가 좋은 것으로 나타났다(Fig. 4).

살균제에 의한 표고 균사생장억제를 조사

Tebuconazole 2 $\mu\text{g a.i./ml}$ 농도에서 3균주 모두 균사생장이 완전히 억제되었으며, 0.4 $\mu\text{g a.i./ml}$ 에서도 79~82% 정도 균사생장이 억제되었다.

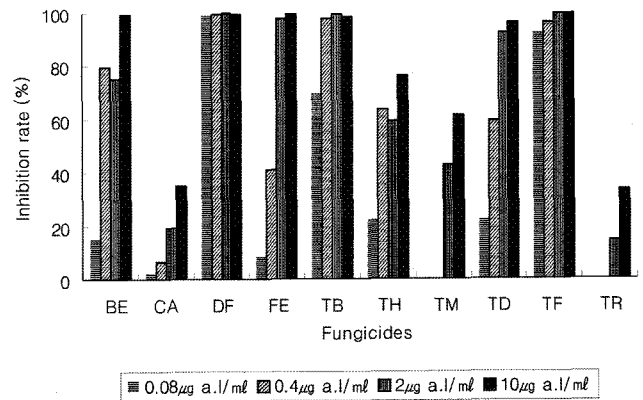


Fig. 4. Effects of fungicides on the germination of ascospore of *Diatrype stigma*. BE: benomyl, CA: carbendazim, DF: difenoconazole, FE: fenarimol, TB: tebuconazole, TH: thiabendazole, TM: thiophanate-methyl, TD: triadimenol, TF: triflumizole, TR: triforine.

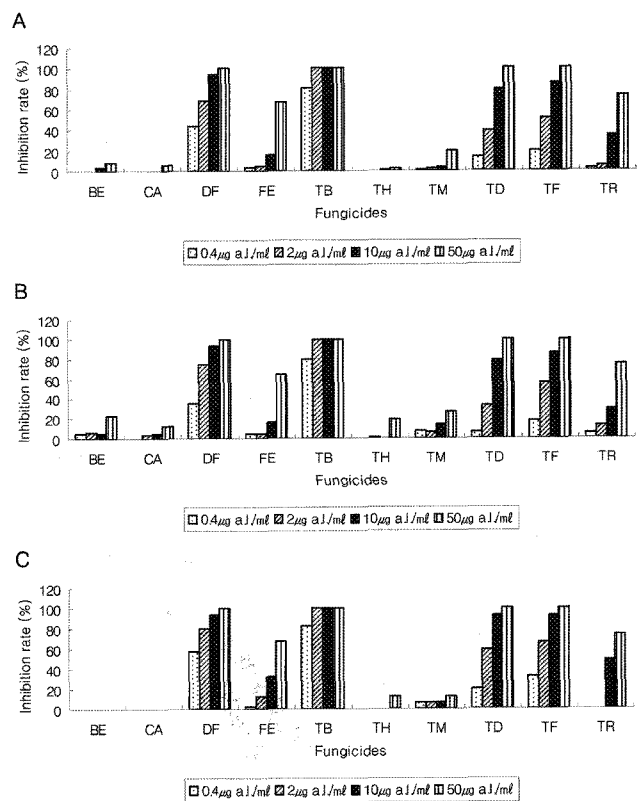


Fig. 5. Effects of fungicides on the mycelial growth of shiitake strains. A: KFR1 390 (low-temperature type), B: KFR1 393 (high-temperature type), C: KFR1 394 (middle-temperature type). BE: benomyl, CA: carbendazim, DF: difenoconazole, FE: fenarimol, TB: tebuconazole, TH: thiabendazole, TM: thiophanate-methyl, TD: triadimenol, TF: triflumizole, TR: triforine.

Benzimidazole 계통의 살균제 중 thiabendazole과 thiophanate-methyl은 50 $\mu\text{g a.i./ml}$ 에서 표고균 3균주의 균사생장을 30% 미만으로 억제시켰지만, benomyl과 carbendazim

은 KFRI 394의 균사생장에 전혀 영향을 미치지 못했다 (Fig 5A, B, C). 3가지 표고 균주에 대해 실험에 사용된 살균제들은 약간의 정도 차이를 보이기는 했지만 비슷하게 균사생장에 영향을 미쳤다. 이는 약제방제에 있어서 표고 균주에 따른 차이는 없을 것임을 시사한다. 또한 표고원목재배에 있어서 고려되어야 할 부분은, 주홍꼬리버섯을 포함한 대부분의 해균이 나무 표면에 붙은 다음 내부로 침입을 하는 반면에 표고균은 인위적으로 수피를 뚫은 구멍 속에 넣어지고 스티로폼으로 외부와 차단된 상태로 수피 속에서 자라기 때문에 표고균과 해균은 일정한 시간 동안 자연스럽게 격리되게 된다. 따라서 본 실험에 사용된 살균제들을 표고재배에 적용한다면, 확인된 억제농도보다 높은 농도에서도 표고균의 장애가 적을 것으로 생각한다.

야외방제시험에서의 포자퇴형성 전 처리

시험 결과(Table 3), 목초액 150,000 ppm이 72.7%의 방제효과를 보여 효과가 가장 좋았는데, 이는 친환경적 방제를 추구하는 최근의 경향에 보탬이 될 수 있는 결과라고 생각된다. 표고원목 재배시 일부 사용되고 있는 benomyl의 경우에는 방제효과가 30.3%로 기대한 만큼의 효과를 보이지 않았지만 benomyl과 화학적 계통이 다른 difenoconazole의 경우 1,000 ppm에서 60.6%의 방제효과를 보여 단일 약제의 적용에 따른 폐해 예방에 일정부분 기여할 수 있을 것으로 생각된다. 이는 difenoconazole이 자낭포자발아실험에서 가장 효과가 좋았던 점과 어느 정도 일치되는 부분이다. 주홍꼬리버섯은 예방에 있어서 그 시기가 중요한 것으로 생각한다. 상수리나무 내 함유율이 60~65%일 때 주홍꼬리버섯의 균사생장이 표고균 보다 2~4배 정도 더 빠르다는 보고(大平郁男, 1974) 및 원목재배용 나무 벌채의 최적기를 10월 황엽기라고 할 때 이 시기의 우리나라 평균기온이 9~19°C인데(기상청, 2000), 15°C에서도 주홍

꼬리버섯은 최적균사생장온도인 25°C의 40% 정도까지 생장이 가능하다는 점, 일반적으로 재배자들이 2월경에 벌채를 해서 함유율이 높은 생목상태에서 접종을 하는 경우가 많다는 점 그리고 상수리나무는 다른 참나무류에 비해 건조가 쉽게 되는 특성이 있는데, 우리나라의 경우 겨울~봄에 건조하다는 점 등을 고려해 볼 때 주홍꼬리버섯에 의한 오염은 상존해 있다고 볼 수 있을 것이다. 따라서 예방작업은 벌채 후 바로 실시해야 할 뿐만 아니라 표고종균 접종 후 적어도 균사의 표면만연율이 80% 정도 되는 4개월까지는 습도관리에 주의하면서 주기적으로 실시해야 할 것으로 생각한다(임업연구원, 2000).

야외방제시험에서의 포자퇴형성 후 처리

시험 결과(Table 3), 목초액 70,000 ppm과 thiophanate-methyl 1,000 ppm에서 각각 58%와 52.3%의 방제효과를 보여 효과가 가장 좋았는데, 이는 주홍꼬리버섯 발생이 확인된 이후의 마땅한 방제대책이 없는 상황에서 예방시험과는 또 다른 의미를 준다고 생각된다. 또한 benomyl과 같은 계통의 약제지만 유효성분이 다른 thiophanate-methyl이 무처리와 별다른 오염을 차이를 보이지 않는 benomyl과 대비되어 효과가 있는 것으로 확인되었기 때문에 방제에 있어서 선택의 폭이 더 넓어질 것으로 여겨진다. 하지만 다른 처리구에서의 결과는 무처리와의 유의차가 없는 것으로 나와 큰 효과를 기대할 수 없었다. 그리고 포자퇴형성 후 처리 결과에 대해서 주의할 점은 본 시험에서 방제효과가 있는 것으로 나타난 목초액 70,000 ppm이나 thiophanate-methyl 1,000 ppm의 경우에도 포자퇴형성 전 처리의 무처리구보다 높은 오염율을 보인다는 점이다. 이는 주홍꼬리버섯이 이미 발생하고 난 다음에는 방제작업을 진행해도 효과를 크게 기대할 수 없다는 것을 의미하며, 방제를 계획하고 있다면 예방적 차원에서 우선 접근해야함을 의미한다. 더불어 표고균의 골목표면만연율이 80% 정도

Table 3. Control effects of wood vinegar, *Pinus koraiensis* extract, *Piper nigrum* extract, and fungicides for *Diatrype stigma*

Material	Concentration (ppm)	Control value (%) ^a		
		A	B	
Wood vinegar	70,000	9.0(3.0) ^b bcde ^c	58.1(3.6) ^b	
Extract	150,000	72.7(0.9)e	50.0(4.3)ab	
	<i>Pinus koraiensis</i>	10,000	0(4.5)ab	34.8(5.6)ab
Fungicides	<i>Piper nigrum</i>	10,000	39.3(2.0)cde	37.2(5.4)ab
	Difenoconazole	1,000	60.6(1.3)de	36.0(5.5)ab
		2,000	0(3.8)abc	40.6(5.1)ab
	Thiophanate-methyl	1,000	15.1(2.8)bcde	52.3(4.1)b
2,000		0(5.6)a	48.8(4.4)ab	
Benomyl	1,000	30.3(2.3)bcde	6.9(8.0)ab	
		Control (water)	(3.3)bcd	(8.6)a

^aMean of 20(A) and 14(B) replications.

A: treatment before the pycnidiospore formation. B: treatment after the pycnidiospore formation contamination area of control - contamination area of treatment×100 contamination area of control.

^bContamination rate (%) of surface of bed-log of shiitake infected by *D. stigma*.

^cFollowed by LSD multiple range test.

되기까지는 접종 후 4개월 정도가 소요되는데, 이 시기는 우리나라의 경우 3월말~4초순을 표고종균 접종시기라고 볼 때 7~8월이 되며, 4월 말경부터 발견되기 시작해서 1개월 후에는 관찰결과 약 70%의 골목에서 발견되는 주홍꼬리버섯 포자퇴 형성 기간이 포함되는 시기다(박 등, 2003). 이런 상황들을 고려할 때, 예방작업은 반드시 필요하며 그 시기가 빠르고 반복적일 때 소기의 목적을 이루는데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

요 약

목초액, 잣나무추출물, 후추열매추출물 및 살균제를 이용하여 표고 골목에 발생하는 주홍꼬리버섯을 방제하고자 하였다.

식물추출물 선발시험결과, 목초액 35,000 ppm에서 균사생장이 완전히 억제되었고 25,000 ppm에서 자낭포자의 발아가 관찰되지 않았다. 그리고 잣나무추출물 200 ppm과 후추열매추출물 1,000 ppm에서 각각 98.9%와 95.9%의 자낭포자발아억제율을 보였다.

살균제 선발시험 결과, benomyl, carbendazim, thiabendazole 등의 최소억제농도(MIC)는 0~0.4 $\mu\text{g a.i./ml}$ 였다. Difenoconazole은 0.08 $\mu\text{g/ml}$ 농도에서 자낭포자 발아를 98.9% 억제했다. 살균제에 의한 표고균사생장억제율 조사결과, 저온성, 중온성, 고온성균주 간에 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. Benomyl, carbendazim, thiabendazole, thiophanate-methyl 등은 높은 농도에서도 비교적 낮은 억제율을 보였으나, tebuconazole은 0.4 $\mu\text{g a.i./ml}$ 농도에서도 80% 이상의 억제율을 보여 표고균에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

목초액 및 식물추출물과 살균제를 골목에 살포한 결과

목초액 150,000 ppm이 주홍꼬리버섯의 포자퇴형성 전 처리에서 72.7%의 방제가를 보였고 포자퇴형성 후 처리에서 목초액 70,000 ppm과 thiophanate-methyl 1,000 ppm이 각각 58.1%와 52.3%의 방제가를 보였다.

참고문헌

- 기상청. 2000. 기상월보(3월, 4월). 49 p.
- 임업연구원. 2000. 새로운 표고재배기술. pp. 102-103.
- 박원철, 이봉훈, 김세권. 2003. 표고골목을 가해하는 주홍꼬리버섯의 완전세대 변화 및 2차 오염 해균상. 한국균학회지 31: 53-58.
- _____, _____, 윤갑희, 가강현, 최중식, 이태수. 2000. 우리나라의 표고골목을 가해하는 주홍꼬리버섯의 불안전세대와 완전세대 관찰. 한국균학회지 28: 38-40.
- 角田光利, 安藤正武, 日高忠利. 1983. ニマイカワ菌およびシトネタケ菌のシイタケほた木に 對する接種試験. 日林九支研論集 36: 269-270.
- 古川久彦, 野淵 輝. 1996. 栽培きのこ 害菌・害虫. 全國林業改良普及協會. 282pp.
- きのこ技術集談會編集委員會. 1991. きのこの基礎科學と最新技術. pp. 177-182.
- 大平郁男. 1974. シトネタケとシイタケの競合について. 菌草研究所研究報告 11: 42-49.
- Farr, D. F., Bills, G. F., Chamuris, G. P. and Rossman, A. Y. 1989. Fungi on plants and plant products in the United States. APS Press, St. Paul, MN. Pp 227-768.
- Jeffries, P. and Young, T. W. K. 1994. Interfungal parasitic relationships. CAB International. 296pp.
- Lin, F. C., Yang, X. M. and Wang, Z. W. 2000. Cultivation of the black oak mushroom *Lentinula edodes* in China. Science and Cultivation of Edible Fungi, A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. Pp 955-958.
- Patil, M. S. and Patil, S. D. 1983. Studies in Pyrenomyces of Maharashtra-II Genus Diatrype. *Ind. J. Mycol. Pl. Pathol.* 13: 134-142.