

흑타리버섯 추출물의 벼 키다리병에 대한 종자소독 효과*

오태석** · 박윤진*** · 김성민*** · 신동일*** · 김창호*** · 조용구*** · 장명준****

Seed Disinfectant Effect of *Pleurotus ostreatus* (Heuktari) Extract on *Fusarium fujikuroi* Nirenberg

Oh, Tae-Seok · Park, Youn-Jin · Kim, Sung-Min · Shin, Dong-Il ·
Kim, Chang-Ho · Cho, Young-Koo · Jang, Myoung-Jun

This study was carried out to investigate antimicrobial activities of water extracted *Pleurotus ostreatus* var Heuktari (PO), and their application to *F. fujikuroi* Nirenberg growth inhibition material. Various organic solvents (chloroform, hexane, ethyl acetate, ethanol) were tested to investigate the antimicrobial activities of *Pleurotus ostreatus* var Heuktari against *F. fujikuroi* Nirenberg. Chloroform, hexane, ethyl acetate and hot water extracts had no antimicrobial activities, but butanol extract showed 2.5% strong activities in order of *F. fujikuroi* Nirenberg disk diffusion test. Then we observe Antifungal activity using green house. Bed soil and mushroom extract mixed at 10%, 7.5%, 5%, 2.5%, 1% total bed soil mass. Screening of Antifungal activity was tested two periode 18day and 25day. The Antifungal activity rate of each period and extract density was 7.5% mixed bedsoil has investigated 80% Antifungal activity rate. The result indicates that the *Pleurotus ostreatus* var Heuktari extract using *F. fujikuroi* Nirenberg registance, which shows the development of organic agriculture seed disinfectant.

Key words : *antifungal activity, Fusarium fujikuroi* Nirenberg, *pleurotus ostreatus* var heuktari, seed disinfectant

* 이 연구는 2014년 공주대학교 학술연구비로 진행하였음.

** 주저자, 공주대학교 식물자원학과

*** 공주대학교 식물자원학과

**** Corresponding author, 공주대학교 식물자원학과(Plant119@kongju.ac.kr)

I. 서 론

버섯은 과거로부터 식용과 약용으로 많이 사용되어진 식물자원으로써 우리들의 생활과 매우 친숙하다. 근래에는 이러한 버섯을 자연이 아닌 인공적인 환경에서 생산하여 공급하는 기업형 생산설비가 많이 생겨났으며 현재 버섯산업은 1조원의 규모로 확대되어 있다. 그러나 이러한 버섯을 생산과정과 생산도중에는 배지와 폐버섯이 발생하고 있다(Chan-jung et al., 2009).

버섯은 각종 항균물질이 존재하고 있으며(Min et al., 1997)의 결과에서는 국내산 버섯의 각종 식물병원균에 대하여 항균력이 존재하고 있음을 보고하였다. 또한 버섯 중 항균활성 물질에 관한 연구로는 Kavanagh 등(Kavanagh. F et al., 1949)에 의하여 담자균류의 항균성분에 대한 연구가 보고된 이후 제한된 종류의 버섯으로부터 그람양성 및 음성세균, 효모 또는 곰팡이류에 대한 항균물질 연구가 진행되어왔다. 다른 연구에서는 *Coriolus consors* 배양액으로부터 그람양성세균에 대하여 항균성을 갖는 Coriolin을 분리하였으며 Takeuchi (Takeuchi et al., 1969), 또한 주름чат잔버섯 *Cyathus striatus* 균사체부터 그람양성 및 그람음성세균과 불안전균류에 대한 항균물질 striatins A, B 및 C를 분리하여 이들의 분자식을 비롯한 물리화학적 성질을 밝혔다(Anke, T., 1979). 이밖에 세균 및 곰팡이에 대한 항균활성물질로서 끈적진뿌리버섯 *Oudemansiella mucida* 중의 oudemansin (Anke, T., 1979), 말징버섯 *Calvatia cranformis* 중의 calvaticacid (Umezawa, H., 1975) 등이 보고되어 있다.

벼의 키다리병은 *F. fujikuroi*로 인하여 발생되는 종자전염성병으로 일본에서 1898년에 처음 보고 되었다(Kim, 1981). 우리나라에서는 1960년대 많이 발생되어 많은 피해가 발생되었으며 최근에는 발병이 급격히 증가하고 있다(Han, 2007). 키다리병은 *F. fujikuroi*가 종자내부에서 월동하여 다음 해에 육묘시에 발병한다(Park et al., 2008). 벼 키다리병의 증상은 도장묘가 발생하며 자엽의 출현이 안되고 최종적으로는 묘가 고사하거나 육묘기때 고사되지 않은 묘도 이앙된 이후에 정상적으로 출수되지 못하여 생산성에 막대한 피해를 가져온다. 또한 출수기 때 이병 부위에 형성된 자낭포자나 대소형 분생포자가 개화기 때 종자에 감염되면 전염력이 높은 것으로 알려져 있다(Hemmi et al., 1931; Sun, 1975).

따라서 본 연구에서는 흑타리버섯 유기용매 추출물을 이용하여 벼 키다리병의 방제제로써 활용가능성과 활용법등을 연구하였고 그 결과를 보고하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 버섯에서 향균물질 추출 및 향균물질분리

본 실험에 사용된 경기도 농업기술원 버섯연구소에서 2015년 4월에 흑타리버섯 및 버섯 부산물을 공급받아 이용하였으며, 건조는 동결건조기(Alpha1-2LD, USA)을 이용하여 -50°C , 1.5 mpa 조건에서 3일간 건조 후에 분쇄기(HMF- 340, HaniL, Korea)로 분쇄하여 추출용 시료로 사용하였다. 추출용매는 클로로폼, 에틸아세테이트, 부탄올, 물을 사용하였고 흑타리 분말시료와 각 용매들을 1:5(w/v)의 비율로 혼합하여 상온에서 24동안 교반추출 후에 여과지(Whatman, No.2)로 여과한 후 회전 진공증발기(Rotary evaporator N-1000, Eyela, Japan)로 45°C 수욕상에서 감압 농축하여 흑타리 농축물 109 g을 수거하였다.

2. 흑타리버섯의 균사생장 억제 검정

벼 키다리병의 공시균주는 KACC (Korea Agricultural Culture Collection)에서 분양받은 *F. fujikuroi* Nirenberg (KACC : 44006)을 이용하였다. 흑타리버섯 추출물의 향균력을 조사하기 위하여 PDA배지 제조시에 배지가 굳기 전에 농축액을 1, 2.5, 5, 7.5, 10% 수준이 되게 혼합한 후에 9 cm 직경의 petri dish에 10 ml 씩 넣고 굳힌 후에 *F. fujikuroi* Nirenberg 원판(직경 5 mm)을 취하여 배지 중앙에 올려놓고 30°C 에서 5일간 배양한 후에 균사생장의 지름을 측정하여 향균력을 측정하였고 대조구로는 트리아졸계 수화제를 같은 농도로 혼합 후에 향균력을 비교하였다.

3. 흑타리버섯 추출물의 벼 키다리병 방제 유묘검정

시험종자는 2014년에 키다리병이 발생한 포장에서 수거한 황금누리 자연감염종자를 이용하였으며 흑타리 추출물과 부탄올 분획물을 물 500 ml에 10%, 7.5%, 5%, 2.5%, 1% 농도 수준으로 혼합하여 방제액을 제조하였고 각 농도수준별로 상기와 같이 *F. fujikuroi* Nirenberg 가 자연감염된 황금누리 벼품종을 30°C 에서 48시간동안 침지한 후에 파종하였다. 파종은 직경 15 cm × 높이 13 cm 화분에 220립 씩 파종하였고 완전임의배치법으로 3반복으로 시험구를 조성하였으며 온실에서 생육온도는 30°C 로 관리하였다. 파종 후 벼 키다리병 발병조사는 18일과 25일에 조사하였으며 18일 조사시에는 도장묘만을 벼 키다리병 발병묘로 구분하였고 25일 조사시에는 도장묘와 본엽이 출현하지 않은 묘 그리고 고사된 묘를 키다리병 발병묘로 조사였다. 대조구로는 트리아졸계를 500배액으로 희석한 다음 시험구와 같은 방법으로 파종하여 비교군으로 이용하였다.

4. 흑타리버섯 추출물의 종자소독 처리에 따른 발아력 및 묘소질

상기의 농도별로 종자소독을 처리한 실험구들에 각 처리구별로 32공 육묘포트에 50립씩 4반복하여 파종한 후에 발아능력을 검증하였는데 발아특성은 발아율, 평균 발아일수를 조사하였다. 발아세는 파종 후 가장 높은 발아율을 관측된 날을 기준으로 하였다. 묘의 생육조사는 파종 후 25일을 후에 조사하였으며 조사항목으로는 초장, 엽령, 지상부 건물중, 묘소질을 조사하였다.

5. 통계처리

흑타리버섯 추출물의 균사생장 억제와 벼 키다리병 발병률에 대한 검정은 SAS 8.0 (Statistical Analysis System)를 이용하여 Duncan검정을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 흑타리버섯의 항균력

버섯 추출물을 클로로폼, 에틸아세테이트, 부탄올, 물층으로 분획하여 *F. fujikuroi* Nirenberg에 대한 항균력을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 클로로폼과 에틸아세테이트 분획물은 일정수준의 항균력을 가지고 있으나 무처리구와 비교시에 50% 수준의 낮은 항균력을 확인할 수 있었고, 물층의 경우에는 모든 혼합농도에서 무처리구와 비교하여 통계적 유의차가 없는 것으로 확인되었다. 그러나 부탄올 분획물의 경우에는 2.5% 이상의 혼합수준에서는 대조구와 같이 균사의 성장 자체가 억제되는 수준의 높은 항균력을 확인할 수 있었다.

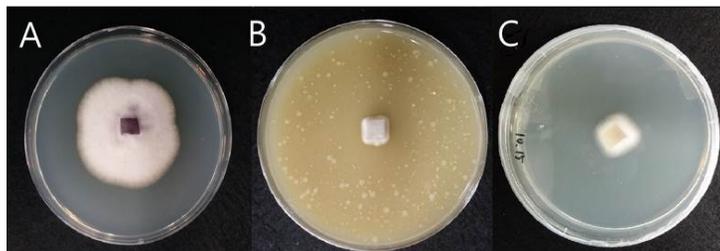


Fig. 1. Antifungal activity of *Pleurotus ostreatus* butanol extracts (POBE) on *F. fujikuroi* Nirenberg disk diffusion test.

A : *Pleurotus ostreatus* Butanol extracts (POBE), B : No treatment, C : Liquid Triazole

현재에는 친환경농업의 비중이 점차적으로 증가하면서 천연물에서 항균력이 있는 물질을 추출하여 이용하고 있으며 농업용 항생물질의 개발은 kasugamycin, polyoxin, validamycin, nikkomycin 물질들이 개발되어서 유기합성농약을 대체하고 있으며 특히 식물에 대한 약해가 적고 속효성 효과를 가지고 있으며 이들의 유도체화를 통한 새로운 살균제 개발 등이 진행되고 있다(Kim, 2003; Kim, 2005).

버섯 추출물도 과거에는 식용과 약용으로 이용되고 있으나 버섯이 가진 특성으로 인하여 근래에는 약리작용 이외의 분야에서도 많이 이용되고 있으며 그중에서도 항균활성에 대한 연구가 진행되고 있다. 또한 *Oudemansiella mucida*의 추출물이 진균류에 대하여 항균활성이 있다고 보고되었으며 다른 연구에서는, 새송이버섯 추출물이 높은 항산화활성과 병원성미생물에 대하여 항균력이 있다고 보고하였다(Choi et al., 2011). 또한 새송이버섯 추출물이 높은 항산화활성과 병원성미생물에 대하여 항균력이 있다고 보고하였다(Kim et al., 2006). 본 실험에서도 흑타리버섯의 항균력을 확인할 수 있었는데 *F. fujikuroi* Nirenberg의 무처리구는 배양 5일 후에 균사 생장지름이 68 mm로 확인되었다. 대조구의 경우에는 모든 처리농도 수준에서 성장자체를 하지 못하고 완전히 사멸되어 높은 항균력을 확인할 수 있었다. 흑타리버섯 부탄올 추출물의 경우에는 혼합수준이 높을수록 벼 키다리병 균사의 생장이 저해되는 경향을 나타내고 있는데 5% 이상의 수준에서는 균사의 생장지름이 12 mm 이하로 대조구에 비하여는 낮은 수준이었으나 무처리구에 비해서는 아주 높은 항균활성을 확인할 수 있었고 2.5% 수준에서는 25 mm로써 항균력이 낮았으며 1% 수준에서는 34 mm로써 항균력이 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

2. 벼 키다리병의 온실검정

F. fujikuroi Nirenberg에 의해서 발병되는 것으로 알려진(Nirenberg et al., 1976) 벼 키다리

Table 1. Antifungal activity of *Pleurotus ostreatus* organic solvent extracts on *F. fujikuroi* Nirenberg

Treated concentration (%)	Diameter (mm)					
	Untreated	Control	Chloroform	Ethyl acetate	Butanol	Water
10	68	-	35±2.4 ^c	28±4.3 ^c	-	67±1.9 ^a
7.5			34±5.1 ^c	36±2.9 ^b		55±3.3 ^c
5			51±3.8 ^b	29±2.7 ^c		63±4.7 ^a
2.5			59±7.1 ^a	51±5.1 ^a		61±2.7 ^b
1			56±6.7 ^a	48±4.1 ^a		19±2.1 ^a

^a Mean separation within columns by Duncan's multiple range test (P≤0.05).

병은 유묘기간 중에 30℃ 이상의 고온일수록 발병률이 증가한다. *F. fujikuroi* Nirenberg에 종자가 감염되면 유묘기에 도장을 한 후에 이앙 전에 고사하며, 이앙이 되더라도 출수 전에 고사하여 수량에 직접적인 영향을 미친다(Ou et al., 1985).

이러한 벼 키다리병을 방제하기 위하여 흑타리버섯 추출물을 이용하여 벼 키다리병 발병원인균인 *F. fujikuroi* Nirenberg에 대한 방제효과를 검정한 결과는 Table 2와 같다. 모든 실험구에서는 91% 이상의 높은 발아율이 확인되었으며 이러한 높은 발아율로 볼 때 흑타리버섯 추출물이 벼 종자의 발아시에 약해가 없어 친환경 방제제로써 활용이 가능할 것으로 확인되었다. 무처리구는 파종 후 18일째 조사시에 벼 키다리병의 증상인 도장묘가 59.3%로 확인되었다. 대조구는 18일 조사시에는 방제효과가 91.6 %로써 매우 우수한 방제효과가 확인되었다. 흑타리버섯 추출물은 대조구보다는 낮은 수준의 방제효과가 나타나고 있으나 10%와 7.5% 혼합수준에서는 방제효율이 85% 이상의 방제효과를 확인할 수 있었다. 그러나 흑타리버섯 추출물 5% 혼합수준부터는 키다리병 발병률이 11.3%로써 높아졌고 2.5%와 1% 수준에서는 벼 키다리병 발병률도 40% 이상으로써 방제효과가 거의 없는 것으로

Table 2. After planting control of *Pleurotus ostreatus* butanol extracts (POBE) mixing at bed soil on *F. fujikuroi* Nirenberg

Day	Mixing level of treatment (%)	Seedling stand rate (%)	Diseased plant (%)	Control value (%)
Sowing after 18 days	Untreated	95±1.5 ^{ac}	59.3±6.1 ^a	-
	Control ^b	93±2.4 ^a	1.2±0.8 ^c	91.6±2.3 ^a
	10	95±3.7 ^a	8.8±1.1 ^d	86.1±1.6 ^b
	7.5	92±1.4 ^b	6.1±0.9 ^d	85.7±2.3 ^b
	5	91±2.5 ^b	11.3±1.5 ^c	79.5±3.8 ^c
	2.5	94±1.2 ^a	42.2±5.7 ^b	51.6±4.3 ^d
	1	95±2.1 ^a	40.1±0.7 ^b	55.1±2.9 ^d
Sowing after 25 days	Untreated	79±5.5 ^c	67.3±5.5 ^a	-
	Control	92±2.5 ^a	3.5±0.9 ^c	88.2±2.7 ^a
	10	93±3.4 ^a	9.7±1.8 ^d	83.1±0.5 ^b
	7.5	91±2.8 ^a	10.3±0.3 ^d	80.5±1.1 ^b
	5	84±5.7 ^a	26.7±4.8 ^c	57.6±4.8 ^c
	2.5	81±4.8 ^b	46.7±3.1 ^b	34.6±1.6 ^d
	1	79±7.2 ^b	48.3±4.2 ^b	30.5±2.2 ^d

^a Mean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

^b Treatment of 500 time dilution of liquid Triazole

확인되었다.

과중 후 25일 후째에도 18일째와 같은 경향을 나타내 무처리구의 경우에는 고사하는 묘가 늘어나 병발생율이 67% 수준으로 확인되었다. 대조구는 18일 조사시와 유사한 88%의 방제효율을 나타냈고 흑타리버섯 추출물로 소독한 실험구도 10% 혼합수준에서는 방제효율이 83%이었으며 7.5% 혼합수준에서도 80%로 높은 방제효과를 나타내고 있다. 그러나 흑타리버섯 추출물의 경우에는 5% 혼합수준에서는 18일 조사시보다 높은 26%의 발병률이 나타났고, 2.5%와 1% 수준에서는 키다리병 발병률이 45% 이상으로 높아져 방제효과가 없는 것으로 확인되었다. 이러한 결과로 볼 때 흑타리버섯 추출물을 이용하여 벼 키다리병을 예방하기 위해서는 7.5% 이상 혼합하여 종자소독을 하여야 효과적으로 벼 키다리병을 방제할 것으로 판단되었다.

상기와 같은 결과로 볼 때 흑타리버섯 생산과정에서 발생하는 폐 흑타리버섯을 수거하여 활용할 시에는 벼 키다리병을 방제할 수 있는 종자소독제로써의 그 활용가치가 높을 것으로 판단된다.

3. 흑타리버섯 추출물을 이용한 종자소독 처리수준에 따른 발아 및 초기 묘소질

흑타리버섯 추출물의 침종농도에 따른 발아특성은 Table 3과 같다. 침종농도에 따른 발아특성에서 발아율과 평균 발아일수는 각 무처리구 및 대조구 그리고 각 농도에 따른 처리수준에 따른 통계적 유의차가 없는 것으로 나타나고 있다. 발아율은 모든 실험구들이 84-89% 수준으로 높은 수준을 나타내고 있으며 평균 발아일수도 6일로써 차이가 없었다. 그러나 발아세의 경우에는 무처리구와 흑타리버섯 추출물의 혼합농도가 낮은 실험구가 높은 경향을 나타내고 있다. 가장 높은 발아세를 나타내는 실험구는 무처리구로써 56을 나타내고 있

Table 3. The germination characteristics of according to treatment

Treatment	Germination percentage (%)	Average days to germination	Germination speed
Untreated	87 ^{ns}	6 ^{ns}	54 ^a
Control	89	6	37 ^c
10	87	6	38 ^c
7.5	88	6	41 ^b
5	84	6	42 ^b
2.5	86	6	51 ^a
1	86	6	53 ^a

^a Mean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

으며, 그 다음으로는 흑타리버섯 추출물이 2.5%와 1%가 혼합된 실험구가 50 이상으로써 무처리구와 통계적 유의차가 없는 것으로 확인되었다. 그러나 대조구와 흑타리버섯 추출물의 5% 이상으로 침중한 실험구들은 발아세가 37-42 수준으로 무처리구에 비하여 낮은 경향이 확인되었다. 이렇게 흑타리버섯 추출물의 침중농도가 높을수록 낮은 경향은 흑타리버섯 추출물에 포함된 당성분에 기인하는 것으로 판단되는데 흑타리버섯 추출물에 포함된 당성분이 벼의 초기 근권의 발육이 늦어지는 경향에 유래한 것으로 추정된다. Strobel (1967)의 보고에서도 높은 수준의 당성분은 식물독성을 발현시킨다고 하였으며 실제 초기 근권의 길이생장에 부정적인 영향을 미친다는 보고와 일치하고 있다.

흑타리버섯 추출물로 침중하여 종자소독한 황금누리 종자의 파종 30일 후 초기 생육상태는 Table 4와 같다. 초장의 경우에는 무처리구와 흑타리버섯 추출물 혼합농도가 2.5% 이하인 실험구에서 높게 나타나서 무처리구와 2.5% 이하에서 침중한 실험구들은 17.2 cm 이상의 초장을 나타내고 있다. 그러나 대조구와 흑타리버섯 추출물의 혼합농도가 5% 이상인 실험구와 대조구는 12.4-14.7 cm 사이로 무처리구에 비하여 낮은 수준이었다. 엽수와 지상부 건물중도 무처리구와 흑타리버섯 추출물이 2.5% 이하로 침중한 처리구들은 같은 경향을 나타내 흑타리버섯 추출물 혼합농도가 2.5%와 1% 수준인 실험구가 2.1-2.4개로 낮은 수준이었다.

Table 4. Spent mushroom substrates seed soaking levels of rice's early growth characteristics

Treatment	Plant length (cm)	Leaf number (ea)	Shoot dry matter (mg/ea)	Seedling quality (mg/cm ²)
Untreated	18.8 ^a	2.2 ^b	16.8 ^d	1.65 ^b
Control	12.4 ^d	3.2 ^a	22.9 ^a	1.89 ^a
10	12.8 ^d	3.1 ^a	21.8 ^a	1.92 ^a
7.5	13.4 ^d	2.9 ^a	22.7 ^a	1.88 ^a
5	14.7 ^c	3.3 ^a	21.5 ^a	1.84 ^a
2.5	17.2 ^b	2.4 ^b	17.6 ^c	1.62 ^b
1	18.6 ^a	2.1 ^b	18.3 ^b	1.72 ^b

^a Mean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

무처리구와 흑타리버섯 추출물이 2.5% 이하로 침중한 처리구들에 비하여 5% 이상 침중된 처리구들은 대조구와 비교하여 통계적 유의차가 없는 높은 생육상태를 나타내고 있다. 초장의 경우에는 대조구와 흑타리버섯 추출물이 5% 이상으로 침중한 실험구들은 12.4-14.7

cm로 수준이었으며, 흑타리버섯 추출물이 7.5% 이상으로 침중한 실험구들은 13.4 cm 이하로 대조구와 통계적 유의차가 확인되지 않았다. 또한 엽수도 대조구 3.2개 수준이었는데 흑타리버섯 추출물 5% 이상으로 침중한 실험구들도 2.9개 이상으로 대조구와 비교하여 통계적 유의차가 없는 수준이었다.

이러한 초장과 엽수의 결과는 작물의 건전도의 지표인 지상부 건물중과 묘소질에서도 같은 경향으로 나타나 무처리구와 흑타리버섯 추출물이 2.5% 이하로 침중한 실험구들은 지상부 건물중이 18.3 mg과 묘소질은 1.72 mg/cm³ 이하였으나 대조구와 흑타리버섯 추출물이 5% 이상 침중한 실험구들은 지상부 건물중은 21.5 mg 이상이었으며 묘소지들도 1.84 mg/cm³ 이상으로 높은 수준으로 확인되었다. 이러한 결과는 흑타리버섯 추출물이 5% 이상으로 침지액과 혼합하여 침중하였을 시에는 벼 키다리병을 효과적으로 방제하여 작물의 생육이 정상적으로 증가한 것으로 판단된다.

상기와 같은 결과로 볼 때 흑타리버섯 추출물을 이용하여 벼 키다리병을 방제하기 위해서는 침중액의 5% 이상으로 침중시에 효과가 있으며 7.5% 이상 혼합시에는 대조구와 비교하여 통계적 유의차가 없는 높은 방제효과를 확인할 수 있었다.

IV. 적 요

본 연구에서는 흑타리버섯을 물, 에틸아세테이트, 클로로포름, 부탄올 등으로 추출하였다. 각 유기용매를 이용한 흑타리버섯 추출물의 항균 활성을 1차적으로 평판 확산방법을 사용하여 항균력을 검증하였다. 부탄올 추출물에서 가장 높은 항균력을 확인하였고, 1%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% 농도로 항균력을 확인하였을 때도 부탄올 추출물이 가장 높은 항균 활성을 확인하였다. 위의 결과를 통해 실제 포장실험에서도 가능성을 확인하여 온실에서 *F. fujikuroi* Nirenberg의 억제력을 확인해본 결과 흑타리버섯 부탄올 추출물을 7.5% 첨가하였을 때 .80%의 높은 억제력을 확인할 수 있었다. 또한 초기의 발아력과 파종 후 30일 경과 후에 확인한 초기 생육특성에서도 흑타리버섯 추출물의 5% 이상에서는 방제에 효과가 높았으며 7.5% 이상 시에는 초장 및 묘소질이 대조구와 비교하여 통계적 유의차가 없는 높은 방제효과를 확인할 수 있었고 이러한 결과로 볼 때 흑타리버섯 추출물은 벼 키다리병에 대하여 높은 방제효과가 있으며 향후에는 친환경 종자소독제로써 활용가능성이 높을 것으로 판단된다.

References

1. Anke, T., H. J. Hecht, G. Schramm, and W. Steglich. 1979. Antibiotics from basidiomycetes. IX. Oudemansin, an antifungal antibiotic from *Oudemansiella mucida* (Schrader ex Fr.) Hoehnel (Agaricales). The Journal of Antibiotics. 32: 1112-1117.
2. Anke, T., F. Oberwinkler, W. Steglich, and G. Hofle. 1977. The striatins-new antibiotics from the basidiomycete *Cyathus striatus* (Huds. ex Pers.) Willd. The Journal of Antibiotics. 30: 221-225.
3. Choi, M. R., H. J. Cho, J. S. Lee, H. Y. Kim, and T. S. Lee. 2011. The optimal culture conditions and antifungal activity of culture extract from *Oudemansiella mucida*. The Korean journal of Mycology. 39: 91-98.
4. Han, K. Y., D. Yang, E. J. Chang, Y. Lee, H. Huang, S. H. Sung, Z. H. Lee, Y. C. Kim, and H. H. Kim. 2007. Inhibition of osteoclast differentiation and bone resorption by sauchinone. Biochemical Pharmacology. 74: 911- 923.
5. Hemmi, T., F. Seto, and J. Ikeya. 1931. Studies on the 'bakanae' disease of the rice plant on the infection of rice by lisea *fujikuroi sawada* and *gibberella saubinetii* (mont.) Sacc. In the flowereing period. Forschn. Geb. pflkrankh, Kyoto. 1: 99-110.
6. Kavanagh, F., A. Hervey, and W. J. Robbins. 1949. Antibiotic substances from basidiomycetes: IV. *Marasmius conigenus*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 35: 343-349.
7. Kim, C. K. 1981. Ecological studies of bakanae disease of rice, caused by *Gibberella fujikuroi*. Korean Journal of Applied Entomology. 20: 146-150.
8. Kim, H. J., M. S. Ahn., G. H. Kim, and M. H. Kang. 2006. Antioxidative and antimicrobial activities of *Pleurotus eryngii* extracts prepared from different aerial part. Korean journal of Food Science and Technology. 38: 799-804.
9. Kim, J. B. 2005. Pathogen, insect and weed control effects of secondary metabolites from plants. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry. 48: 1-15.
10. Kim, J. S. 2003. Development of biopesticide using higher plant-derived natural products. Korea Research Institute of Chemical Technology. 1: 75-97.
11. Min, J. Y., E. M. Kim, and T. J. Min. 1997. Development of antibiotics in mushroom -The screening of antifungal activities in basidiomycetes-. The Korean journal of Mycology. 25: 354-361.
12. Lee, C. J., J. C. Cheong, C. S. Jhune, and S. H. Kim. 2009. Applicability of spent mushroom media as horticultural nursery media. Korean J Of Soil Sciences and Fertilizer. 42:

- 117-122.
13. Nirenberg, H. I. 1976. Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung in der Fusarium-Sektion Liseola. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- Forstwirtschaft Berlin- Dahlem. 169: 1-117.
 14. Ou, S. H. 1985. Rice Diseases. Kew, UK: Commonwealth Mycological Institute. pp. 117-280.
 15. Myung, I. S. K. S. Park, S. K. Hong, J. W. Park, H. S. Shim, Y. K. Lee, S. Y. Lee, S. D. Lee, S. H. Lee, H. S. Choe, H. W. Choi, S. G. Heu, D. B. Shin, D. S. Ra, W. H. Yeh, and W. D. Cho. 2005. Review of disease incidence of major crops of the South Korea in 2004. Research in Plant Disease. 11: 89-92.
 16. Park, W. S., W. H. Yeh, S. W. Lee, S. S. Han, J. S. Lee, C. K. Lim, and Y. H. Lee. 2008. Electron microscopic study for the influence of soaking in hot water and prochloraz solution on spore and mycelium of *Fusarium fujikuroi* infected in rice seed. Research in Plant Disease. 14: 176-181.
 17. Strobel, R. G., H. Quinn, and W. Lange. 1967. Growth of *Fusarium Diversisporum* Sherb. On Long-Chain n-Fatty Alcohols or Cholesterol as The Sole Carbon Source. Canadian Journal of Microbiology, 13: 121-136.
 18. Sun, S. K. 1975. The disease cycle of rice bakanae disease in Taiwan. Proc. Natl. Sci. Counc. Repub. China. 8: 245-255.
 19. Takeuchi, T., H. Iinuma,, J. Iwanaga, S. Takahashi, T. Takita, and H. Umezawa. 1969. Coriolin, a new basidiomycetes antibiotic. The Journal of Antibiotics. 22: 215-217.
 20. Umezawa, H., T. Takeuchi, H. Iinuma, M. Ito, M. Ishizuka, M. Ishizuka, Y. Kurakata, Y. Umeda, Y. Nakanishi, T. Nakamura, A. Obayashi, and O. Tanabe. 1975. A new antibiotic, calvatic acid. The Journal of Antibiotics. 28: 87-90.