

과제구분	지역특화	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
소득유망버섯 육성 및 부가가치 향상 기술 개발		버섯	'14~	농업기술원 친환경미생물연구소	김연진
버섯 병해발생 모니터링 및 오염진단		버섯	'19~'21	농업기술원 친환경미생물연구소	이채영
색인용어	버섯, 오염, 모니터링, 컨설팅				

## ABSTRACT

This study was conducted to investigate symptom of disease from mushroom cultivation farms in Gyeonggi-do province. Also, We investigated on occurrence of disease by contamination from mushroom cultivation farms, and conducted monitoring and consulting about contamination.

Consulting of mushroom farms for contamination reduction was 93 times for 3 years, 63 times for oyster mushroom, 26 times for oak mushroom, and 4 times for other mushrooms. Also, rate of disease decreased by 18.8%p in oyster mushroom farms and by 13.8%p in oak mushroom farms. *Trichoderma longibrachidatum* was investigated in all oyster mushroom farms, followed by *Penicillium* spp. from 6 farms of those. In oak mushroom farm, *Trichoderma* spp. was investigated form 9 farms, and 1 farm showed contamination by *Aspergillus niger*.

As a result, consulting and monitoring about contamination of farms, were confirmed that the most important key points to reduce of contamination were to clean of clean booth and to reduce the density of *Trichoderma* spp. in the inoculation and cooling room.

we distributed <Self-diagnosis media kit> to diagnose contamination for mushroom cultivation 120 farms twice a year, and published manual <contamination diagnosis consulting> and guide book <Reduction and Prevention of contamination in mushroom cultivation>.

**Key words** : Mushroom, Contamination, Monitoring, Consulting

## 1. 연구목표

경기도에서 주로 생산되는 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)은 2020년 기준, 전국 생산량(45,724톤)의 68.7%를 차지하고 있다. 경기도 주요 생산지역은 양평, 여주로 대부분의 농가는 병재배 자동화 시스템을 갖추어 시설 내에서 재배하고 있다. 버섯은 곰팡이인 균사체와 자실체로 생활사가 구분되는데, 균사체로 증식하는 배양과정 중에 푸른곰팡이(Green mold)에 의해 주로 병이 발생되며 배양 중에 병 발생은 자실체 형성에 영향을 미쳐 농가의 피해가 크다. 푸른곰팡이 주요 원인균은 *Trichoderma* 속, *Penicillium* 속, *Aspergillus* 속이며, 실제 버섯 재배사에서 나타나는 대부분의 원인균은 *Trichoderma* 속에 의한 것으로, 국내에서는 80년대말 균상재배에서 *Trichoderma virens*와 *Hypocrea* sp.에 의한 피해가 시작되었으며, 그 이후에도 *T. hazianum*, *T. longibrachiatum*, *T. koningii*, *T. pseudokoningii*, *T. atroviride* 등이 보고되었다(Jhune et al., 2014). 그 중 *Trichoderma virens*는 포자형성의 색깔 변화(흰색에서 푸른색)가 느려 주로 감염 후기에 발견되어 피해가 심하며, *T. longibrachiatum*는 균사생장과 포자형성이 빠른 특성이 있다. 이들 *Trichoderma* 속 분류동정에 관한 최초 정립 연구는 Rifi(1969)에 의한 9종(*Trichoderma longibrachiatum*, *T. hazianum*, *T. hamatum*, *T. viride*, *T. polisorum*, *T. koningii*, *T. pseudokoningii*, *T. aureoviride*, *T. piluliferum*)으로 구분이었으나, 그 이후 Bessette에 의해 *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Hypocrea* 속의 불완전세대 종들을 포함 다시 재분류 되었다. *Trichoderma* 속에 속하는 균들은 버섯에는 해가 되지만 일반적인 작물에서는 식물병원균 발생을 억제하거나 사멸시키는 특성을 가지고 있어 독소생성, 용해, 생육저지 등이 방법으로 생물적 방제 도구로 많이 알려져 있다(Aline et al., 2000; Cotxarrera et al., 2002; Ejechi, 1997; Elad, 2000; Heather et al., 1999a, 1999b; Tsrer et al., 2001; Viterbo et al., 2002; Wheatley et al., 1997). *Penicillium* 속 곰팡이들은 다수의 포자 형성으로 버섯 배지 내부를 우점하여 자실체의 형성을 저해하며 포자 비산이 잘 되어 배양실 전체를 오염시켜 큰 피해를 일으키기도 한다. *Penicillium* 속 곰팡이 중 *P. brevicompactum*의 경우 중국에서 잎새버섯(*Grifola frondosa*)에 심각한 푸른곰팡이 병을 일으키는 것으로 보고되었으며(Tian et al., 2017), 일본에서는 표고(*Lentinula edodes*)의 종균 배양과정에서 발생된 곰팡이 피해 증상이 보고되었다(Terashima et al., 2002). 느타리버섯 생육 중에 나타나는 주요 병해는 *Pseudomonas tolaasii*, *P. agaric*에 의한 세균성 갈반병으로 발생시 갓에 갈색의 반점을 만들어 자실체의 품질을 저해하고 심할 경우에는 판매가 불가할 정도로 농가의 경제적 피해를 주기도 한다.

느타리버섯 재배 과정 중에 병을 일으키는 유해한 미생물인 푸른곰팡이(green mold), 세균성갈반병 원인균 *Pseudomonas tolaasii*, 붉은빵곰팡이 *Neurospora* 속 등에 대한 분류동정, 병원학적 특성에 대한 연구는 지속적으로 이루어지고 있으나, 실제로 농가에서 활용될 수 있는 연구는 미진하여 경기도의 병/봉지 재배 농가를 대상으로 농가의 오염발생 현황 및

병 발생 저감을 위한 컨설팅과 모니터링, 농가에서 활용할 수 있는 오염도 측정 자가진단키트 제작 등에 대한 결과를 보고하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 낙하균 수집용 배지 제조

농가 오염진단 컨설팅 및 모니터링에 사용하는 낙하균 수집을 위해 각각 Neutrient Agar(NA)에 항생제 cycloheximide, Potato Dextrose Agar(PDA)에 streptomycin을 첨가하여 세균 수집용 배지(NA<sup>chx</sup>)와 곰팡이 수집용 배지(PDA<sup>sm</sup>)를 만들었다. 항생제 cycloheximide는 DMSO 20 ml에 1 g을 녹여(vortexer 사용) 크린벤치 내에서 0.2 μm syringe filter로 필터링한 후 갈색의 1.5 ml E-tube에 aliquot하여 -20°C 보관하여 사용하였으며, 항생제 Streptomycin은 멸균된 3차 증류수 20 ml에 1 g을 녹여(vortexer 사용) 크린벤치에서 같은 방법으로 0.2 μm syringe filter로 필터링한 후 투명한 1.5 ml E-tube에 aliquot하여 -20°C 보관하여 사용하였다. PDA 및 NA 배지는 용량에 맞게 물에 녹여 121°C에서 15분간 고압멸균 후, 50°C 정도로 식으면 각각의 aliquot한 항생제를 1/1000 용량으로 첨가하여 잘 섞은 후(stirrer 사용) 크린벤치에서 petri dish(90 mm)에 20 ml씩 분주하여 1 ~ 2일 굳힌 후 사용하였다. NA<sup>chx</sup>는 빛에 의해 항생제가 파괴되므로 호일로 빛을 차단하여 제조하였다.

### 나. 낙하균 및 응애 수집

NA<sup>chx</sup>, PDA<sup>sm</sup> plate를 각각 5개씩 낙하균 수집에 사용하였다. 즉, 한 시설에 반시계 방향으로 plate를 1 ~ 5번까지 총 10개의 plate 뚜껑을 열어(그림 1), 10분간 낙하균을 수집한 후 sealing하여 25°C 항온기에서 2 ~ 3일 동안 배양하여 미생물의 생장을 확인하고 colony 수를 조사하였다.

응애 유무 간이 진단을 위한 배지로는 세균 수집용 배지인 NA<sup>chx</sup>를 활용하였다. 응애가 의심되는 시설에 여러 위치에 10개 이상의 NA<sup>chx</sup> plate를 놓고 1시간 내외로 낙하균을 수집한 후 30°C 항온기에서 1 ~ 2일 동안 배양하였다. 응애가 있을 때에는 세균용 배지인 NA<sup>chx</sup> plate에 응애가 지나간 흔적이 남으며 실체현미경으로 관찰하여 응애 유무를 최종 판단하였다(그림 2).



그림 1. 낙하균 측정용 plate 위치(예)접종실)

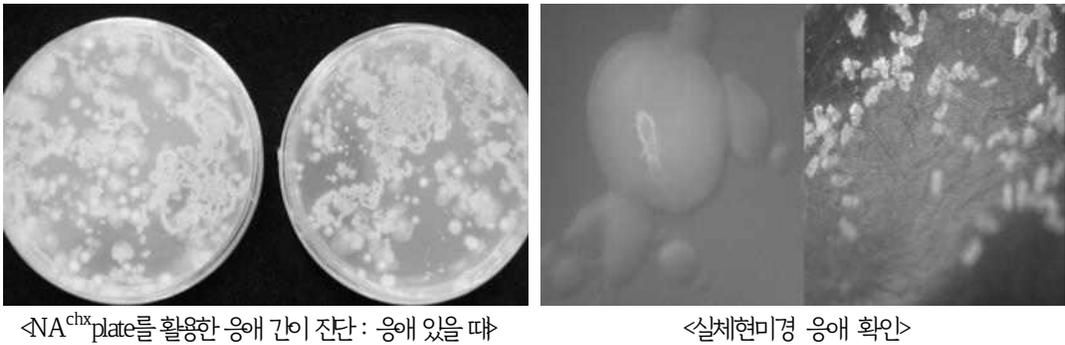


그림 2. 응애 확인 방법

#### 다. 낙하균 분리동정

수집된 낙하균 중 곰팡이 분리를 위해서는 코르크 보러를 이용하여 PDA plate에 2 ~ 3 차 계대하고, 세균 분리를 위해서는 loop를 이용하여 NA plate에 3<sup>rd</sup> streak를 하여 single colony가 될 때까지 분리한 후 replica를 제작하였다. 곰팡이는 ITS primer, 세균은 16s rRNA primer를 이용해 (주)마크로젠에 의뢰해 동정하였다.

#### 라. 오염도 측정 자가진단 배지키트 제작

농가의 오염 발생 최소화를 위한 자가진단 배지키트는 낙하균 수집용 배지 제조 방법과 같으며, NA<sup>chx</sup>, PDA<sup>sm</sup>를 각각 1 ~ 5번까지 번호를 붙여 5개씩 묶어 시설별(크린부스, 냉각실, 접종실, 배양실)로 표시 후 진공 포장하였다(그림 3).



<배지키트 진공포장>

<진공포장 내용물>  
곰팡이 배지(PDA<sup>sm</sup>, 피란줄), 세균용 배지(NA<sup>chx</sup>, 빨간줄)

그림 3. 오염도 측정 자가 진단 배지키트

#### 마. 배지키트 보관조건 및 사용기한 설정

진공포장된 배지키트는 각각 저온저장고(2~4°C), 냉장실(8~10°C), 배양실(20~22°C)에 10일, 30일, 60일, 100, 150일, 180일간 저장한 후 보관기간별로 꺼내어 주요 오염균 2종(곰팡이 *Trichoderma* sp., 세균 *Pseudomonas tolaasii*)을 각각 PDA<sup>sm</sup>, NA<sup>chx</sup>에 접종 및 도말하여 곰팡이, 세균의 성장 정도와 보관 기간에 따른 배지키트 오염도를 조사하였으며, 대조 배지로는 2~3일 내에 제조한 배지를 사용하였다. 농가에서 배지키트 사용시 적합한 보관조건과 사용기한을 설정하고자 시험을 실시하였다.

#### 바. 동영상 제작

『오염도 측정 자가진단 배지키트』의 농가 사용 이해도를 높이기 위해 배지키트 활용법, 측정 후 결과분석 방법과 후속 조치에 대해 2편에 걸쳐 동영상 제작하였다. 1편은 <버섯 농가 재배시설 오염도 낙하균 측정 방법>, 2편은 <버섯 농가 오염도 낙하균 분석 방법>으로 구성하였으며 지도정책과 지도기획팀의 도움을 받아 경기도농업기술원 공식 유튜브에 게재하였다(그림 4).

#### 사. 농가 오염진단 컨설팅

농가의 오염발생 진단과 저감을 위한 컨설팅은 시설현황, 시설 및 작업상의 문제점, 시설별 낙하균 측정, 살균된 톱밥배지 미생물상 분석에 대해 실시하였고, 그 결과를 10일 이내에 농가에 통보하였으며, 오염된 병/봉지로부터 분리된 오염균 동정에 대한 결과는 30일 이내에 농가에 통보하였다.



<왼편 : 버섯농가 재배시설 오염도 낙하균 측정 방법>

<오른편 : 버섯농가 오염도 낙하균 분석 방법>

그림 4. 오염도 측정 자가 진단 배지키트 사용법 동영상 제작

### 아. 농가 오염실태 설문조사

농가 오염실태 설문조사는 느타리, 표고 등 도내 버섯 농가의 배양 및 생육 중에 나타나는 오염발생 실태와 문제점을 파악하여 오염 발생 저감 대책을 수립하기 위해 실시되었으며, 도내 179농가를 대상으로 설문지를 우편발송하였다. 설문 내용으로는 농가 기본현황, 오염현황, 시설관리현황, 종균관리, 오염인식에 관한 내용으로 오염 주요증상과 발생량, 시설 구조 및 배치, 관리 및 소독방법, 오염발생 요인에 대한 농가의 의견을 수렴할 수 있도록 설문조사표를 작성하였다.

### 자. 버섯 병해발생 실태조사

느타리재배 18농가, 표고 재배 10농가를 대상으로 병 발생 실태조사를 실시하였다. 병해 발생 양상에 따라, 농가 시설별로 낙하균을 수집하고 배양 중 오염된 배지를 수거하여 시설에서 수집된 낙하균과 비교하여 분리동정하였으며, 최근 3개월의 평균 오염율과 시설의 문제점 등을 조사하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. <시험1> 버섯 병해 발생 모니터링

도내 느타리 3 농가, 표고 2 농가를 선정하여 시설별 낙하균 밀도, 오염균 분리동정, 오염율 조사하여 봄부터 가을까지 발생 양상을 모니터링하였다.

느타리 재배 A 농가는 봄 ~ 가을까지 크린부스, 냉각실, 접종실의 낙하균 밀도는 높지 않았으나 크린부스에서 *Penicillium* sp.가 검출되었고, 초기배양실 및 배양실 낙하균 밀도는 17.9 ~ 43.7 CFU/plate/10min로 매우 높게 조사되었다. 하지만 오염에 의한 병 발생율은 1.9 ~ 3.5%로 낮은 비율을 보였는데, 이는 낙하균의 대부분이 *Penicillium* sp.로 수집된 포자수는 많아도 버섯 균사 배양에는 *Trichoderma* spp.보다 병 발생 영향력이 낮은 것으로

판단되었다.

B 농가는 봄 조사에서 크린부스가 *Trichoderma* sp.에 오염되었고, 접종자가 바뀌어 작업에 숙련되지 않아 오염율이 증가한 것으로 조사되었다. 여름, 가을 조사에서는 접종실과 배양실에 응애 및 붉은빵곰팡이 발생으로 오염율이 22.1 ~ 35%로 지속되었으며, 농가 주변에 화훼농가가 다수 있어 응애 피해가 수시로 발생되어 높은 오염율에 영향을 미쳤다. 따라서 버섯 농장 위치 선정시에 화훼단지기가 있는 곳은 피하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

C 농가는 봄 ~ 가을 조사에서 크린부스, 접종실, 배양실의 낙하균 밀도가 높은 편이나, 수집된 대부분이 *Penicillium* sp.으로 오염율에는 크게 영향을 미치지 않은 것으로 조사되었다(표 1, 2).

표 1. 느타리 농가 계절별 곰팡이 밀도

농가	시설	낙하균(CFU/plate/10min) <sup>↓</sup>		
		봄	여름	가을
A (양평)	크린부스	0.2	0.5	0.2
	접종실	1.0	3.7	0.8
	냉각실	0.3	1.0	0.1
	배양실1	43.7	18.2	17.9
	배양실2	22.0	31.5	38.4
B (여주)	크린부스	3.0	6.7	1.9
	접종실	7.9	16.9	8.8
	냉각실	1.5	17.3	2.6
	배양실1	21.9	22.0	13.0
	배양실2	15.5	48.1	13.3
C (이천)	크린부스	5.2	4.6	1.2
	접종실	10.4	7.4	9.0
	냉각실	0.1	5.2	9.1
	배양실1(초기배양실)	32.3	4.9	17.0
	배양실2	7.5	27.5	17.6

<sup>↓</sup>계절별 1~3차의 평균값임

표 2. 느타리 농가 주요 오염균 및 오염율

농가	계절	오염율 (%)	주요 낙하균	비고
A (양평)	봄	3.5	<i>Penicillium</i> spp. <i>Trichoderma</i> sp. <i>Cladosporium</i> sp.	- 초기배양실 주요 낙하균은 <i>Penicillium</i> spp.로 낙하균 수에 비해 오염율은 낮은 편임 - <i>Trichoderma</i> sp. 밀도는 낮음
	여름	1.9	<i>Penicillium</i> sp. <i>Aspergillus</i> sp. <i>Cladosporium</i> sp. <i>Trichoderma</i> sp.	- <i>Trichoderma</i> sp. 밀도가 낮아 초기 배양실의 높은 낙하균 밀도(표 1 참조)에도 비교적 오염율이 낮음
	가을	3.5	<i>Penicillium</i> sp. <i>Cladosporium</i> sp. <i>Trichoderma</i> spp.	- 배양실에 <i>Trichoderma</i> spp. 발생
B (여주)	봄	26.0	<i>Trichoderma</i> sp. <i>Penicillium</i> sp.	- 접종작업자 변경으로 작업 미숙련 - 크린부스 <i>Trichoderma</i> sp.에 의한 오염으로 오염율이 매우 높음
	여름	22.1	<i>Neurospora</i> sp. <i>Penicillium</i> sp. <i>Trichoderma</i> spp. 응애	- 붉은빵곰팡이 밀도가 높음 - 초기배양실의 <i>Trichoderma</i> spp. 밀도가 높아 오염율에 영향 미침 - 응애 발생으로 오염율에 영향을 미침
	가을	35.0	<i>Penicillium</i> spp. <i>Aspergillus</i> sp. <i>Trichoderma</i> spp. <i>Neurospora</i> sp. 응애	- 접종실에 <i>Trichoderma</i> spp. 밀도가 높음 - 초기배양실을 제외하고 전체적인 시설에서 붉은빵곰팡이 밀도가 높음 - 응애 발생으로 오염율에 영향을 미침
C (이천)	봄	4.0	<i>Penicillium</i> spp. <i>Aspergillus</i> sp. <i>Aspergillus niger</i>	- 크린부스, 접종실 등 <i>Penicillium</i> spp. 밀도가 높으나 오염율에 미치는 영향은 낮음
	여름	6.1	<i>Penicillium</i> sp. <i>Aspergillus</i> sp. <i>Aspergillus niger</i> <i>Cladosporium</i> sp.	- 가장 유해한 <i>Trichoderma</i> spp.는 보이지 않음 - 크린부스 낙하균 밀도가 높음
	가을	4.0	<i>Penicillium</i> sp. <i>Aspergillus</i> sp. <i>Trichoderma</i> sp. <i>Neurospora</i> sp.	- 주요 낙하균은 <i>Penicillium</i> sp.과 <i>Aspergillus</i> sp. - 배양실에 붉은빵곰팡이 발생됨

표고 D 농가는 주기적으로 낙하균을 측정하여 시설의 청결 관리를 실시하는 농가로 크린 부스, 접종실, 냉각실의 모든 계절에서 낙하균이 전혀 수집되지 않았다. 초기배양실과 일부 배양실에서 0.2 ~ 2.2 CFU/plate/10min로 낮은 밀도의 낙하균이 수집되었으며, 0.6 ~ 2.4%

의 오염율을 보였다(표 3, 4). 다만, 오염배지에서 오염균을 분리동정 한 결과 낙하균에서 수집되지 않은 *Phanerochaete chrysosporium*(고약버섯)이 분리되어 종균 오염으로 추측되었고, 또 다른 오염배지에서 *Paecilomyces variotii*가 분리되어 톱밥 등 원재료에 남아 있던 곰팡이 포자가 배지 살균 부족에 의해 나타난 오염이라고 추측되었다.

E 농가는 크린부스는 깨끗하게 잘 관리가 되어 낙하균이 수집되지 않았으나, 봄, 조사에서 접종실, 냉각실, 배양실에서 *Trichoderma* sp.의 밀도가 매우 높아 오염율 (25%) 발생에 그대로 영향을 미쳤고, 농가 사정으로 정상 운영되지 못하여 관리가 어려웠다. 여름 조사에서도 배양실에 붉은빵곰팡이가 발생으로 오염율(15%)이 크게 낮아지지 않았다. 가을 배지 생산 전에 배양실을 포함한 전 시설을 소독하여 곰팡이를 제거하여 오염율을 4%로 낮추었으나, 남아 있는 포자에 의해 접종실에서 *Trichoderma* spp.가 수집되었고, 일부 배양실에서는 붉은빵곰팡이가 수집되었다(표 3, 4). 느타리 및 표고 주요 오염증상은 <그림 5>와 같다.

표 3. 표고 농가 계절별 곰팡이 밀도

농가명	시설	낙하균(CFU/plate/10min) <sup>1</sup>		
		봄	여름	가을
D (용인)	크린부스	0	0	0
	접종실	0	0	0
	냉각실	0	0	0
	배양실1(초기배양실)	0	0.6	0.6
	배양실2	0.3	0.2	2.2
E (포천)	크린부스	0	0	0
	접종실	3.4	3.0	4.7
	냉각실	7.3	2.0	1.7
	배양실1	9.2	1.8	4.6
	배양실2	-	2.6	4.2

<sup>1</sup>계절별 1~3차의 평균값임

표 4. 표고 농가 주요 오염균 및 오염율

농가명	계절	오염율 (%)	주요 낙하균	비고
D (용인)	봄	0.6	-	- 주기적인 시설별 낙하균 측정으로 사전에 오염발생을 차단
	여름	1.5	<i>Cladosporium</i> sp. <i>Aspergillus</i> sp.	- 모든 오염이 <i>Phanerochaete chrysosporium</i> (고약버섯)
	가을	2.4	<i>Cladosporium</i> sp. <i>Penicillium</i> sp. <i>Trichoderma</i> sp.	- 시설별 낙하균 조사에서는 발견되지 않은 <i>Paecilomyces variotii</i> 에 의한 오염이 발생
E (포천)	봄	25	<i>Trichoderma</i> sp. <i>Penicillium</i> sp. <i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus</i> sp.	- 농가 사정으로 정상운영이 불가하여 오염율이 높았음
	여름	15.0	<i>Cladosporium</i> sp. <i>Neurospora</i> sp. <i>Neurospora</i> sp.	- 붉은빵곰팡이가 배양실 전체 퍼져 여름 동안 배지 생산 중단
	가을	4.0	<i>Trichoderma</i> spp. <i>Penicillium</i> sp. <i>Cladosporium</i> sp.	- 접종실 <i>Trichoderma</i> spp. 밀도가 높아 오염율에 영향을 미침 - 배양실 붉은빵곰팡이 발생

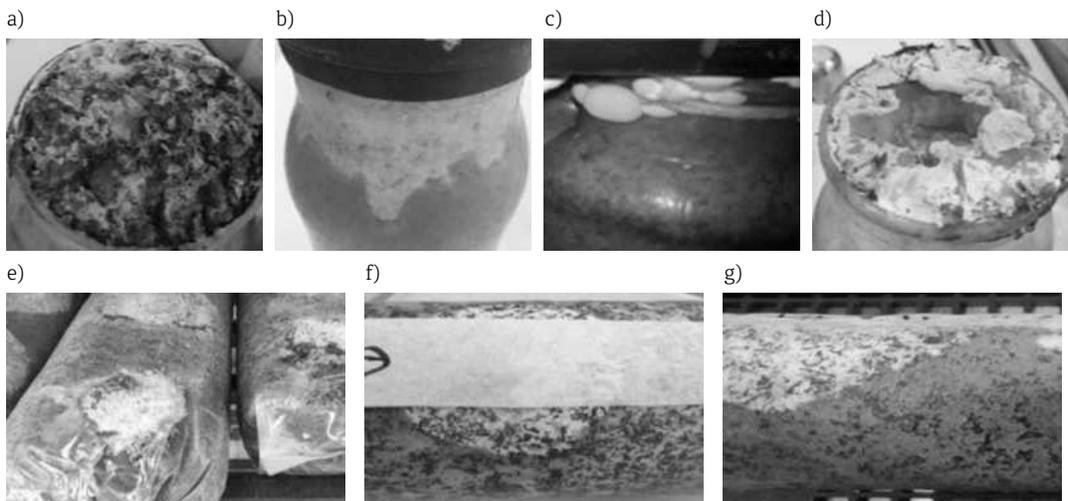


그림 5. 느타리버섯(상) 및 표고(하) 주요 오염증상

a, b, e, f) *Trichoderma* spp. c) 붉은빵곰팡이 d) *pseudomonas* sp. g) *Paecilomyces variotii*

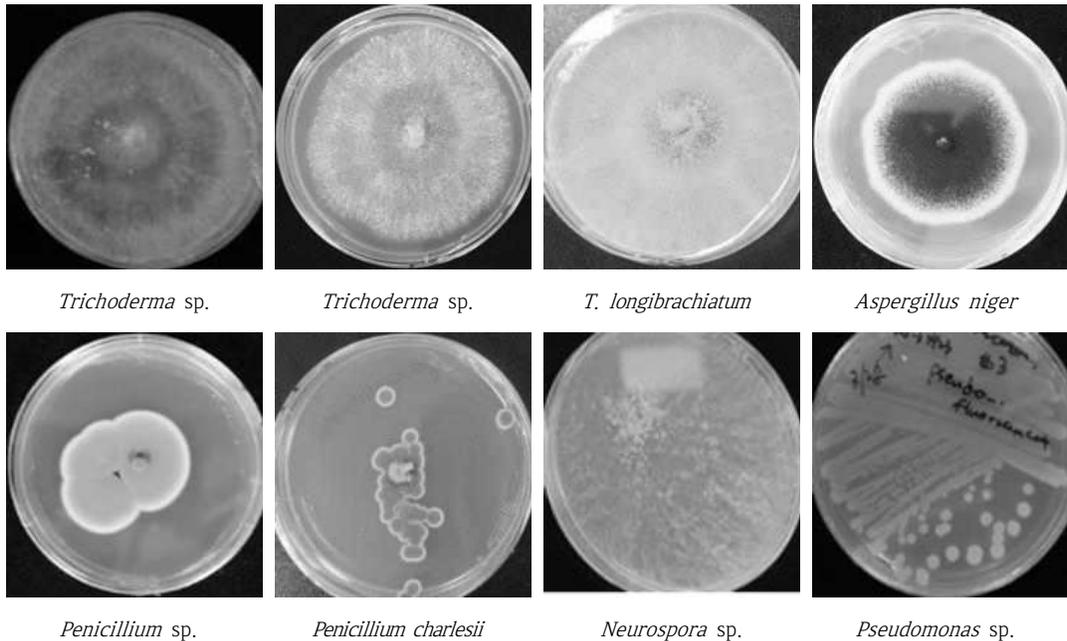


그림 6. 느타리 및 표고 주요 오염균

### 나. 버섯 오염진단 컨설팅

2019년부터 2021년까지 오염진단 컨설팅을 추진하였으며, 2019년도 느타리 28건, 표고 12건, 2020년도 느타리 24건, 표고 7건, 기타 2건, 2021년도 느타리 11건, 표고 7건, 기타 2건을 수행하였다. 3년간 총 느타리 63건, 표고 26건, 기타 4건을 오염진단 컨설팅하여 총 93건 실시하였다.(표 5). *Trichoderma* sp. 및 *Penicillium* sp. 등에 의한 푸른곰팡이 오염이 적게는 25%, 많게는 56%로 가장 큰 비중을 차지했으며, 대부분 *Trichoderma longibrachiatum*에 의한 오염으로 조사되었다(표 6 ~ 8). 표고 농가의 경우, 오염 발생을 사전에 차단하기 위한 사전 시설점검 컨설팅도 18 ~ 38%로 높은 비율로 수행되었다. '20년 ~'21년 컨설팅 주요증상에 느타리'기타'건수가 증가 된 것은 *Bacillus* sp.에 의한 종균 오염, *Pseudomonas putida*에 의한 자실체 무름병 발생, *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus* sp.에 의한 오염 증상이 조사되었기 때문이다(표 7, 8).

해마다 컨설팅 건수는 감소추세에 있으며, 이는『버섯재배 오염예방 지침서』자료(그림 7) 제공에 따른 농가의 인식과 교육의 결과라고 생각되며, 또한 오염도 자가진단 배지키트 제공으로 농가에서 스스로 오염도를 측정하고 결과를 분석할 수 있는 시스템을 구축하였기 때문으로 판단되었다.

표 5. 연도별, 품목별 컨설팅 횟수

연도	품목	컨설팅 횟수(건)												
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
2019	느타리	-	4	3	5	4	1	1	1	2	2	4	1	28
	표고	-	1	3	1	-	2	2	-	-	2	-	1	12
2020	느타리	-	1	-	2	1	-	9	1	5	-	1	4	24
	표고	1	1	1	-	1	1	-	-	-	1	-	1	7
	기타	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
2021	느타리	1	1	2	1	-	2	1	-	1	2	-	-	11
	표고	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	2	1	7
	기타	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2
계	느타리	1	6	5	8	5	3	11	2	8	4	5	5	63
	표고	2	2	4	1	4	3	2	-	-	3	2	3	26
	기타	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	4

표 6. 2019년 컨설팅 주요증상

품목	증상 발생 수(건) <sup>↓</sup>						합계
	푸른곰팡이병	세균성 갈변병	붉은빵곰팡이	응애	사전사실관리	기타 <sup>▷</sup>	
느타리	16(56%)	3(9%)	2(6%)	3(9%)	4(13%)	2(6%)	32
표고	5(38%)	-	2(15%)	2(15%)	3(23%)	1(8%)	13

<sup>↓</sup>중복 발생 포함

<sup>▷</sup>기타 병해

표 7. 2020년 컨설팅 주요증상

품목	증상 발생 수(건) <sup>↓</sup>						합계
	푸른곰팡이병	세균성 갈변병	붉은빵곰팡이	응애	사전사실관리	기타 <sup>▷</sup>	
느타리	12(48%)	-	3(12%)	2(8%)	1(4%)	7(28%)	25
표고	4(36%)	-	1(9%)	2(18%)	(18%)2	2(18%)	11
기타	2(67%)	-	-	-	-	1(33%)	3

<sup>↓</sup>중복 발생 포함

<sup>▷</sup> *Aspergillus niger*, *Bacillus* sp., 미발이, 자실체 버섯파리 애벌레 발생, 배지멸균 냉각분석

표 8. 2021년 컨설팅 주요증상

품목	증상 발생 수(건) <sup>1</sup>						합계
	푸른곰팡이병	세균성 갈변병	붉은빵곰팡이	버섯파리	사전사살관리	기타	
느타리	6(55%)	-	-	1(9%)	1(9%)	3(27%) <sup>2</sup>	11
표고	2(25%)	-	1(13%)	-	3(38%)	2(25%)	8
기타	2(100%)	-	-	-	-	-	2

<sup>1</sup>중복 발생 포함

<sup>2</sup>종균 활력 저하, 멸균배지 미생물 분석

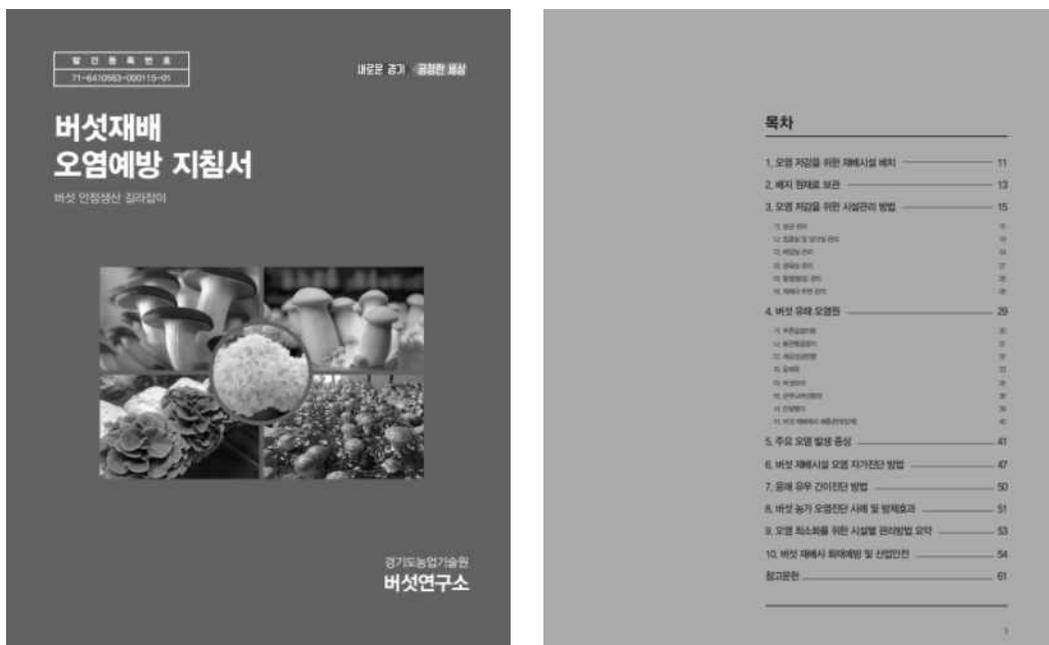


그림 7. 『버섯재배 오염예방 지침서』자료 발간

컨설팅으로 인한 오염율 변화는 느타리 농가의 경우 2019년도 28.1%p(컨설팅 전 32.5% → 컨설팅 후 4.4%), 2020년도 18.8%p(컨설팅 전 23.1% → 컨설팅 후 4.3%), 2021년도 9.6%p(컨설팅 전 15.6% → 컨설팅 후 6%) 감소하였으며, 표고 농가는 2019년도 22%p(컨설팅 전 25% → 컨설팅 후 3%), 2020년도 14.4%p(컨설팅 전 17.5% → 컨설팅 후 3.1%), 2021년도 5%p(컨설팅 전 7.3% → 컨설팅 후 2.3%) 감소하였다(표 9).

표 9. 연도별 오염 변화

연도	품목	오염율(%)	
		컨설팅 전	컨설팅 후
2019	느타리	32.5	4.4
	표고	25.0	3.0
2020	느타리	23.1	4.3
	표고	17.5	3.1
2021	느타리	15.6	6.0
	표고	7.3	2.3

#### 다. 농가 오염 실태 설문조사

도내 179농가를 대상으로 우편 배포한 설문지는 느타리 44농가, 표고 25농가, 기타 3농가로 총 72농가에서 회신하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

느타리 44농가 중 배양과 생육을 모두 하는 농가는 40농가, 생육만 하는 농가는 4농가로 조사되어 91%가 배양과 생육을 모두 하고 있는 농가였으며, 표고 25농가 중 15농가(60%)가 배양과 생육을 겸하고 있었으며, 10농가는 배양된 배지를 구입하여 생육만 하는 농가로 조사되었다.

느타리 농가 최근 1년간 평균 오염 발생율은 14농가(31.8%)가 1% 미만의 오염이 발생한다고 응답하여 가장 많았고, 1 ~ 5%의 오염이 발생한 농가는 12농가, 6 ~ 10%의 오염율 보인 농가도 12농가로 조사되었다. 11 ~ 20% 오염율을 보인 농가는 4농가, 21% 이상의 오염율을 보인 농가는 2농가로 조사되어 10%를 초과한 높은 오염율을 나타내는 농가는 전체 농가의 13.6%에 해당하였다. 주요 오염증상은 배양 중에 푸른곰팡이에 의한 오염발생이 22농가(45.8%)로 조사되었으며, 다음으로 배양 중의 곰팡이(푸른곰팡이 제외) 오염으로 13농가(27%)에서 발생하였다. 응애에 의한 오염 피해는 29농가에서 '거의 없음' 또는 '전혀 없음'으로 응답하였으며, 계절별 오염발생에 대한 질문에서는 여름에 발생이 많다는 의견이 58.6%를 차지하였고, 겨울 발생이 14.6%로 가장 낮았다. 오염관리정도에 대한 질문에 50.0%의 농가에서 보통이라 답하였고, 34%의 농가에서 잘하고 있거나 매우 잘하고 있다고 응답하였으며, 잘 못하거나 매우 못한다고 응답한 농가는 15.9%로 조사되었다(표 10). 오염관리 정도를 잘 못한다고 응답한 농가에 대해서는 오염에 대한 집중 컨설팅이 필요할 것으로 판단되었다. 응애에 의한 오염 피해는 34.1%에서 가끔 있거나 자주 있다고 응답하여, 응애 피해 최소화를 위해서 『응애 유무 간이진단 방법』에 대한 정보 제공이 필요할 것으로 생각되었다.

표 10. 느타리 재배 농가 오염현황

질문내용	응답 수				
	1%미만	6~10%	1~5%	11~20%	21%이상
평균 오염 발생량	14(31.8)	12(27.3)	12(27.3)	4(9.1)	2(4.5)
오염 주요증상	배양중 푸른곰팡이	배양중 곰팡이 (푸른곰팡이 외)	생육중 균변증상	배양+생육 모두	해당없음
	22(45.8)	13(27.0)	7(14.6)	3(6.3)	3(6.3)
오염발생 계절	여름	봄가을	겨울		
	24(58.6)	11(26.8)	6(14.6)		
농가 오염관리 정도	보통	잘함	잘 못함	매우 잘함	매우 못함
	22(50.0)	11(25.0)	6(13.6)	4(9.1)	1(2.3)
응에 오염 피해	거의 없음	전혀 없음	가끔 있음	자주 있음	
	16(36.4)	13(29.5)	12(27.3)	3(6.8)	

※ 설문 응답 농가(44) : 배양+생육(40), 생육만(4)

※ ( )는 백분율임

접종실과 배양실의 연결 여부에 대해서는 40%의 농가에서 연결되어 있다고 응답했으며, 분리되어 있다고 응답한 농가가 30%로 시설개선이 필요할 것으로 판단되었다. 접종실에서 배양실이 직접 연결되지 않고 외부를 통해서 접종배지가 이동하게 되면 오염에 매우 취약한 구조가 된다. 다만, 일부 배양실 이 접종실과 분리되어 있다면, 접종실과 연결된 배양실을 초기배양실로 활용하면 되므로 오염 발생에 영향을 미치지 않아 크게 문제가 되지 않을 것으로 판단된다. 접종·냉각실 및 배양실 바닥 코팅(에폭시 등) 여부에 대한 질문에 60%가 접종·냉각실이 마감되어 있다고 하였으며, 배양실은 57.5%에서 마감되어 있다고 하였다. 접종·냉각실 및 배양실 바닥 코팅(에폭시 등)은 청소관리 및 곰팡이 포자 제어를 쉽게 하기 위해서는 꼭 필요하다. 실제로 표고 농가(표 20 A 농가)에서 배양실 바닥 에폭시 코팅 작업 후 오염율이 1% 이하로 저감된 사례가 있다(에폭시 코팅 전 오염율이 30% 이상). 크린부스 헤파필터는 82.9% 농가, 접종·냉각실 헤파필터는 77 ~ 80%의 농가에서 1년 이내에 교체하여 사용하고 있었다. 배지 살균은 57.5% 농가에서 상압살균, 35% 농가에서 고압멸균을 하고 있는 것으로 조사되었다. 상압살균은 살균온도 및 시간에 따라 배지 원재료에 존재하고 있는 곰팡이 및 세균의 포자가 살아남는 경우가 있다(Baek et al., 2015). 따라서 고압멸균기를 사용하고 있는 농가에서는 상압살균 조건보다 121℃의 고압살균을 사용할 것을 추천한다. 초기배양실 사용 여부에 대한 질문에는 45% 농가에서 ‘항상 사용’한다고 응답하였으며, 가습기 청소 여부에 대해서는 86% 농가에서 청소를 거의 안 하는 것으로 조사되었다. 가습기에 존재하고 있는 세균성갈반병 원인균에 의해 생육 중 병 발생이 야기될 수 있으므로

주기적인 가습기 청소가 필요할 것으로 생각되었다.

느타리 농가의 종균 사용은 92.5%가 톱밥종균을 사용하고 있었으며, 그 중 12.5%는 자가 제조하여 사용하고 있었고 80%의 농가는 종균업체로부터 구입하여 사용하였다. 액체종균을 사용하는 농가는 7.5%로 모두 자가제조 농가로 조사되었다. 종균저장은 94.7%가 저온저장고에 보관하고 있었으며, 저장기간은 1주일 이내 보관 사용한다는 응답이 50%로 가장 많았고, 2주 이내로 사용한다는 농가가 22.5%로 조사되어 72.5%가 2주 이내로 종균을 사용하는 것으로 조사되었다(표 12). 종균은 배양이 완료된 후 1개월 이내로 사용하는 것을 추천하므로 구입된 종균은 제조일을 정확하게 알 수가 없어서 2주 이내로 사용할 것을 추천한다.

오염 발생에 대한 농가의 인식 정도 및 의견 수렴을 위한 질문에는 시설배치, 접종·냉각실의 유해균 밀도와 오염 관련성에 대해서는 각각 66.7% 77.5%에서 ‘매우 관련’이 있다고 응답해 많은 농가에서 그 위험성에 대해 인식하고 있는 반면, 초기배양실 사용으로 오염 발생이 낮아질 수 있다는 내용에 대해서는 37.9% 만이 ‘매우 잘 알고 있음’이라고 응답했으며, 27%는 ‘모름’이라고 응답하여 더 많은 컨설팅 및 교육이 필요할 것으로 생각되었다. 오염관련 교육에 대해서는 65.9%가 ‘필요하다’고 하였으며, 교육 주기 및 대상에 대해서는 ‘1년 마다’가 62.5%로 가장 높았고 ‘농가대표와 작업자’모두 교육이 필요하다는 응답이 57.2%로 가장 많게 조사되었다(표 13). 따라서 앞으로 오염저감에 대한 교육을 실시할 필요가 있을 것으로 생각되었다.

오염관리가 잘 되고 있는 오염율 1% 이하의 농가와 20% 이상 오염율이 발생하는 농가의 차이점을 비교할 결과는 <표 14>와 같다. 탈병장의 위치가 배양실과 인접하여 있는지, 균굽기실이 배양동 안에 위치하는지, 접종실과 배양실이 연결되어 있는지, 접종·냉각실 및 배양실 바닥이 물청소에 용이하도록 코팅되어 있는지의 여부에 따라 오염발생에 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

표 11. 느타리 재배 농가 시설현황

질문내용	응답 수			
	모두 연결	일부 연결	분리	
접종-배양실 연결	16(40.0)	12(30.0)	12(30.0)	
접종실, 냉각실 바닥 코팅마감	에폭시 마감 19(47.5)	마감했으나 현재는 벗겨짐 11(27.5)	에폭시 외 코팅마감 5(12.5)	마감 안됨 5(12.5)
배양실 바닥 코팅	에폭시 마감 19(47.5)	마감 후 벗겨짐 10(25.0)	마감안됨(시멘트) 7(17.5)	에폭시 외 코팅 4(10.0)
크린부스 필터 교체 주기	1년 21(60.0)	6개월 8(22.9)	2년 5(14.3)	오염발생 될 때마다 1(2.8)
접종실 헤파필터 교체 주기	1년 24(60.0)	6개월 8(20.0)	2년 6(15.0)	오염발생 될 때마다 2(5.0)
냉각실 헤파필터 교체 주기	1년 24(61.5)	2년 6(15.4)	6개월 6(15.4)	오염발생 될 때마다 3(7.7)
입병 및 생육 용수	지하수 36(92.3)	지하수+상수도 2(5.1)	상수도 1(2.6)	
배지 살균조건	상압살균 23(57.5)	고압살균 14(35.0)	기타 3(7.5)	
살균기 흡기구 트랩살치	설치 안됨 18(46.2)	설치됨 18(46.2)	잘모름 3(7.6)	
크린부스 양압 세기	중 22(55.0)	약 10(25.0)	강 4(10.0)	사용 안함 4(10.0)
접종실 및 냉각실 공기급기 방식	필터링 후 유입 37(92.5)	잘 모름 2(5.0)	직접공급 1(2.5)	
접종실 공기 배기 방식	자연배기 17(42.5)	자연배기+댐퍼 15(37.5)	강제배기 7(17.5)	잘 모름 1(2.5)
배양실청소	청소기+소독제 16(40.0)	청소기 13(32.5)	소독제 9(22.5)	화염소독 2(5.0)
초기배양실 사용	항상 사용 18(45.0)	전혀 사용 안함 16(40.0)	가끔 사용 2(5.0)	거의 사용 안함 4(10.0)
생육실 청소	항상 청소 23(59.0)	가끔 청소 6(15.4)	자주 청소 6(15.4)	청소안함 4(10.2)
생육실 청소방법	물청소 30(85.7)	소독제 5(14.3)		
가습기 청소	가끔 청소 19(52.8)	청소 안함 12(33.3)	자주 청소 5(13.9)	

※ ( )는 백분율임

표 12. 느타리 재배 농가 종군현황

질문	응답 수				
종군 형태	탑밥종군	액체종군			
	37(92.5)	3(7.5)			
종군 구입	종군업체	자가제조			
	32(80)	8(20)			
종군저장 기간	1주일 이내	1~2주	2~3주	기타	3주 이상
	20(50.0)	9(22.5)	6(15.0)	4(10.0)	1(2.5)
종군 보관	저온저장고	배양실			
	36(94.7)	2(5.3)			

※ ( )는 백분율임

표 13. 느타리 재배 오염에 대한 농가 의견

질문내용	응답 수				
시설배치 (접종실-배양실-생육실-균 굽기실, 탈병장)	매우 관련 있음	약간 관련 있음	관련 없음		
	26(66.7)	12(30.8)	1(2.6)		
접종실, 냉각실의 밀도와 오염 관련성	매우 관련 있음	약간 관련 있음			
	31(77.5)	9(22.5)			
배양실 유해균 밀도와 오염 관련성	매우 관련 있음	약간 관련 있음	잘 모르겠음		
	27(71.1)	10(26.3)	1(2.6)		
초기배양실 사용과 오염저감 관계	매우 잘 알고 있음	알고 있음	모름		
	14(37.9)	13(35.1)	10(27.0)		
생육중 발생하는 오염 원인(중복선택)	배양중의 문제	가습기 청결상태	생육실 청결상태	생육실 온도변화	생육시 사용하는 용수
	26(31.0)	18(21.4)	19(22.6)	17(20.2)	4(4.8)
낙하균 자가측정 배지 제 공시 사용 의향	적극 사용	잘 모름	사용 고려	필요 없음	
	18(40.9)	13(29.5)	12(27.3)	1(2.3)	
오염관련 교육	필요	매우 필요	잘 모름	필요 없음	약간 필요
	16(36.4)	13(29.5)	10(22.7)	3(6.8)	2(4.5)
오염관련 교육주기	1년마다	6개월마다	2년마다		
	20(62.5)	10(31.2)	2(6.3)		
오염관련 교육 대상	농가대표 +작업자	농가대표	작업자		
	16(57.2)	10(35.7)	2(7.1)		

※ ( )는 백분율임

표 14. 오염을 차이에 따른 느타리농가 현황분석

품목	오염율	차이점
느타리	1% 이하	- 탈병장 위치 : 생육실과 인접 - 크린부스 및 접종실 소독제 : 락스 희석액, 에탄올 사용 - 균급기실 : 주로 배양동 밖에 따로 위치 - 접종·냉각실, 배양실 바닥 코팅 : 에폭시 코팅 - 접종실과 (초기)배양실 외부 이동 없이 연결
	20% 이상	- 탈병장 위치 : 배양실과 인접 - 크린부스 및 접종실 소독제 : 에탄올 사용 - 균급기실 : 배양동 안에 위치 - 접종실과 배양실 분리(접종 후 외부를 통해 배양실로 이동) - 접종·냉각실, 배양실 바닥 코팅 : 미코팅 - 배양중 푸른곰팡이, 생육중 갈반증상 발생 - 25년 이상 노후시설

표고 농가 최근 1년간 평균 오염 발생율은 12 농가가 1 ~ 5% 오염이 발생한다고 응답하여 50%로 가장 높은 비율로 조사되었고, 1% 미만의 오염이 발생한 농가는 5농가로 20.8%에 해당하였다. 11% 이상 오염이 발생한다는 5 농가에 대해서는 집중 컨설팅이 필요할 것으로 생각되었다. 오염의 주요증상은 배양 중의 푸른곰팡이에 의한 오염이 52%로 조사되었으며, 77.3%가 여름에 오염 발생 많다고 응답하였으며, 응애에 의한 피해는 95.8%가 거의 없거나 전혀 없다고 응답하여 표고 재배에 응애에 의한 피해는 느타리보다 크지 않은 것으로 조사되었다(표 15).

표 15. 표고 재배 농가 오염현황

질문내용	응답 수				
	1~5%	1%미만	11~20%	6~10%	21%이상
평균 오염 발생량	12(50.0)	5(20.8)	4(16.7)	2(8.3)	1(4.2)
오염 주요증상	배양중 푸른곰팡이	생육중 갈반증상	기타 (생육중 푸른곰팡이)	배양+생육 모두	배양중 푸른곰팡이 외 곰팡이
	13(52.0)	5(20.0)	3(12.0)	2(8.0)	2(8.0)
오염발생 계절	여름	봄가을			
	17(77.3)	5(22.7)			
농가 오염관리 정도	보통	잘함	잘 못함		
	11(47.8)	9(39.1)	3(13.0)		
응애 오염 피해	거의 없음	전혀 없음	가끔 있음		
	12(50.0)	11(45.8)	1(4.2)		

※ 설문 응답농가(25) : 배양+생육(15), 생육만(10)

※ ( )는 백분율임

표 16. 표고 재배 농가 시설현황

질문내용	응답 수			
	하우스	판넬+하우스		
재배사 형태	18(72.0)	7(28.0)		
재배시설 사용 기간	6~10년 11(45.8)	5년이하 5(20.8)	16~20년 5(20.8)	11~21년 3(12.5)
재배방법(배양, 생육)	배양+생육 14(56.0)	생육만 11(44.0)		
작업일지 작성	항상 기록 13(52.0)	자주 기록 6(24.0)	가끔 기록 5(20.0)	기록 안함 1(4.0)
배양실과 생육실 구분	완전히 구분 11(73.3)	일부만 구분 3(20.0)	배양실과 생육실 같이 사용 1(6.7)	
접종실, 냉각실 바닥 코팅마감	에폭시 마감 7(46.7)	마감했으나 현재는 벗겨짐 4(26.7)	마감 안됨 3(20.0)	에폭시 외 기타 코팅 1(6.6)
배양실 바닥 코팅	에폭시 마감 9(60.0)	마감안됨(시멘트) 3(20.0)	마감했으나 현재 는 벗겨짐 2(13.3)	기타 1(6.7)
크린부스 필터 교체 주기	1년 5(38.5)	2년 5(38.5)	6개월 3(23.0)	
접종실 해파필터 교체 주기	1년 6(42.9)	2년 4(28.6)	6개월 3(21.4)	기타(2년 이상) 1(7.1)
냉각실 해파필터 교체 주기	1년 5(38.5)	2년 4(30.8)	6개월 3(23.0)	기타(2년 이상) 1(7.7)
입병 및 생육 용수	지하수 12(80.0)	상수도 2(13.3)	지하수+상수도 1(6.7)	
배지 살균조건	상압살균 14(93.3)	고압살균 1(6.7)		
살균기 흡기구 트랩설치	설치됨 10(66.7)	잘모름 3(20.0)	설치 안됨 2(13.3)	
크린부스 양압 세기	중 8(53.3)	약 5(33.3)	강 1(6.7)	잘모름 1(6.7)
접종실 및 냉각실 공기급기 방식	필터링 후 유입 15(93.8)	외부공기 완충 후 유입 1(6.3)		
접종실 공기 배기 방식	자연배기 7(46.7)	강제배기 4(26.7)	잘 모름 3(20.0)	자연배기+댐퍼 1(6.7)
접종복 착용 여부	항상 착용 14(93.3)	착용 안함 1(6.7)		
접종실 입구 소독용 발판	항상 사용 8(57.1)	사용 안함 6(42.9)		

※ ( )는 백분율임

질문내용	응답 수			
크린부스 및 접종실 작업 후 청소	항상 청소 15(100.0)			
크린부스 및 접종실 냉각실 청소방법	청소기+소독제 10(66.6)	청소기만 3(20.0)	소독제 1(6.7)	소독제 공중분사 1(6.7)
접종실 사용 소독제	락스희석액 7(46.7)	에탄올 6(40.0)	락스+에탄올 2(13.3)	
배양실 청소방법	청소기+소독제 8(53.4)	청소 안함 3(20.0)	소독제만 2(13.3)	청소기만 2(13.3)
생육실 청소주기	가끔 청소 10(41.7)	항상 청소 7(29.2)	자주 청소 4(16.7)	청소안함 3(12.4)
생육실 청소방법	물청소 13(65.0)	소독제 6(30.0)	기타 1(5.0)	

↓기타: 생석회사용

※ ( )는 백분율임

표고 농가는 배양과 생육을 모두 하는 농가가 56%, 배양된 배지를 구입하여 생육만 하는 농가가 44%로 조사되었으며, 농가의 배양실과 생육실 구분에 대한 질문에는 73.3%가 완전히 구분되어 있다고 하였다. 재배시설 사용기간은 '6~10년'이 45.8%, '5년 이하'가 20.8%, '16~20년'사용이 20.8%로 조사되어 느타리 재배시설보다는 노후화가 덜 된 것으로 조사되었다. 접종·냉각실 및 배양실 바닥 코팅은 각각 46.7%, 60%가 현재 코팅되어 있는 것으로 조사되었다. 크린부스, 접종실, 냉각실의 HEPA필터 교체주기에 대한 질문에는 1년 이내로 교체 사용하는 농가가 61.5~64.3%로 조사되어 비교적 HEPA필터에 교체에 대한 인식은 높은 것으로 조사되었다. 농가 배지 살균은 93.3%가 상압살균을 사용한다고 하였으며, 대부분의 농가가 봉지재배로 고압살균 조건을 견디는 봉지가 없어서 상압살균 조건을 사용하는 것으로 판단되었다. 접종·냉각실의 공기 급기 방식에 대한 질문에는 9.38%가 필터링 후 유입하고 있었다. 접종복은 93.3%에서 항상 착용하였으며, 접종실 입구 소독용 발판 사용은 57.1% 농가에서 항상 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 크린부스 및 접종실 청소는 전체 농가에서 사용후 '항상 청소'한다고 하였지만, 사용 소독제를 묻는 질문에는 에탄올만 사용한다는 농가가 40%나 되어, 락스, 에탄올의 소독 효과에 대한 정확한 설명이 필요할 것으로 판단되었다. 배양실 청소에 대한 질문에는 '청소기와 소독제'를 모두 사용한다는 농가가 53.4%로 가장 많은 비율로 조사되었지만, 청소를 안 한다는 농가도 20%나 되어 배양실 청소가 중요하다는 설명이 필요할 것으로 생각되었다(표 16).

표 17. 표고 재배 농가 종군현황

질문	응답 수			
종균 형태	톱밥종균			
	15(100.0)			
종균 구입	종균업체			
	15(100.0)			
종균저장 기간	2주~3주	3주 이상	1주일이내	1~2주
	7(46.7)	4(26.7)	2(13.3)	2(13.3)
종균 보관	저온저장고			
	15(100.0)			

※ ( )는 백분율임

종균은 모든 농가에서 종균업체로부터 구입한 톱밥종균을 저온저장고에 저장하여 사용하고 있었으며, 보관 기간은 2 ~ 3주 저장이 46.7%로 가장 많았고, 3주 이상 보관 사용하는 농가도 26.7%에 해당하였다(표 17). 표고는 느타리보다 배양기간이 조금 더 길어 종균보관도 더 길게 보관 하는 것이 가능하지만, 3주 이상 보관사용은 피하는 것이 좋다.

#### 라. <시험 4> 버섯 병해발생 실태조사('20~'21)

느타리 18개 농가 대상으로 주요 오염증상과 오염율을 분석한 결과는 <표 18>과 같으며, 평균 오염율은 13.5%로 조사되었다. 크린부스에서 *Trichoderma* sp.가 조사된 D 농가의 경우 28.9%로 매우 높은 오염율을 보여 크린부스가 *Trichoderma* sp.에 오염되지 않게 주기적인 소독 및 교체 사용이 필요하다. 크린부스에서 *Penicillium* sp.가 조사된 E, J, M, O 농가는 1.0 ~ 5.6% 오염율을 보여 배양중의 버섯 병 발생에는 *Trichoderma* sp.보다 영향을 덜 미치는 것으로 판단되었다. I 농가는 오염율 14.0%로 냉각·접종실에서 *Trichoderma* sp. 밀도가 오염율에 영향을 미친 것으로 생각되었다. B 농가는 크린부스, 냉각·접종실, 배양실에서 모두 *Penicillium* sp.이 검출되었지만 오염율이 1.3%로 매우 낮은 것은 *Penicillium* sp.이 병 발생에 미치는 영향이 낮기 때문이다. G 농가의 경우는 접종·냉각실의 *Trichoderma* sp. 밀도가 매우 높은 경우로 오염율에 영향을 미칠 수 있으나, 44.6%의 높은 오염율을 보인 이유는 살균기 고장으로 톱밥배지의 멸균이 제대로 되지 않았기 때문으로 판단되었다.

따라서 이상의 결과를 정리하면, 오염저감을 위해서는 먼저 톱밥배지 멸균이 제대로 이루어져야 하며, 두 번째로는 크린부스의 청결관리가 필수적이고, 세 번째로는 접종·냉각실에 *Trichoderma* sp.가 발생되지 않게 소독관리 하는 것이 필요하다. 또한 배양실에 높은 밀도로 *Trichoderma* sp.가 존재하게 되면 오염 발생에 영향을 주므로 일정 밀도 아래로 관리하

는 것이 필요하며, 배양 관리의 편이성을 위해서는 초기배양실(접종 후 약 10일 배양)을 따로 두어 집중 청결 관리하고, 나머지 배양실은 관리에 소홀해도 버섯 병 발생에는 영향을 미치지 않으므로 농가의 활용 지도가 필요할 것으로 판단되었다.

또한 시설배치, 공조시설도 오염율과 직결되어 있으므로, 크린부스 UV램프, 소독관리, 균 급기실의 배양동과의 연결 여부, 배양동과 생육동의 분리 여부 등이 오염발생에 영향을 미치는 것으로 조사되었다(표 18).

오염율이 낮은 B, E, F, L, M, O 농가의 공통되는 조사 결과는 크린부스 및 냉각·접종실이 매우 깨끗하거나, 낙하균 밀도조사에서 *Trichoderma* sp.가 검출되지 않았다(표 18). 시설적으로는 크린부스 및 냉각실에서 UV램프를 사용하여 오염균의 밀도 저감에 영향을 미친 것으로 판단된다. UV램프가 곰팡이 및 세균 사멸에 효과가 크다는 결과는(Baek et al., 2015)가 보고되었다.

오염율이 0.2%로 가장 낮은 F 농가의 경우를 보면, 크린부스와 냉각실은 낙하균이 전혀 수집되지 않게 관리가 되고 있었으며, 배양실도 낮은 밀도로 *Penicillium* sp.만 검출되었다(표 18).

농가로부터 오염된 톱밥배지를 수거하여 오염균을 분리한 결과, 18개 농가에서 모두 *Trichoderma longibrachiatum*에 의한 오염이 발생하였으며, *Trichoderma* sp.에 의한 오염도 2 농가에서 조사되었고, *T. harzianum*의 완전세대인 *Hypocrea lixii*도 분리되었다. *penicillium*에 의한 오염은 4 농가에서 *Penicillium charlesii*, 2 농가에서도 다른 *Penicillium* sp.이 분리·동정되었다. 붉은빵곰팡이(*Neurospora* sp.)도 18개 농가 중 8개의 농가에서 조사되었다(표 19).

표 18. 느타리 재배 농가 오염율 및 주요증상

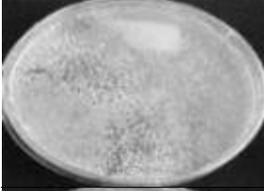
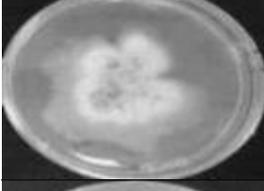
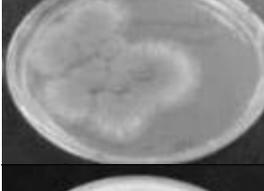
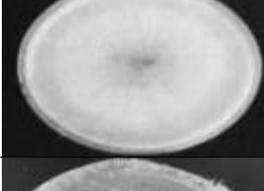
농가	오염율 (%)	낙하균 결과	비고
A	14.0	- 냉각접종실 <i>Penicillium</i> sp. 등 곰팡이 밀도 높음 - 배양실 <i>Trichoderma</i> sp. 등 곰팡이 밀도 높음	- UV램프 사용 안함 - 접종냉각실 양압/담퍼 사용 - 배양실 양압/담퍼 사용 안함 - 배양실 소독 주기 : 1년 - 균균기실 배양동에 위치
B	1.3	- 크린부스 <i>Penicillium</i> sp. 조사됨 - 냉각접종실 주로 <i>Penicillium</i> sp. 조사됨 - 배양실 <i>Penicillium</i> sp. 밀도 높음	- 크린부스 UV램프 사용 - 접종냉각실 양압/담퍼 사용 - 배양실 양압/담퍼 사용 안함 - 균균기실 배양동과 분리
C	0.1	- 크린부스, 냉각실 접종실에서 붉은빵곰팡이가 조사됨	- 농가 개관사정에 의한 운영이 어려움
D	28.9	- 크린부스 <i>Trichoderma</i> sp. 조사됨 - 접종실, 냉각실 낙하균 밀도는 낮으나 <i>Trichoderma</i> sp.가 조사됨 ※ 살균상의 문제 발생	- UV램프 사용 안함 - 접종실 냉각실 배양실 양압/담퍼 사용 - 매일 청소, 소독(락스) 및 에탄올 실시 - 균균기실 배양동과 분리
E	2.1	- 크린부스 <i>Penicillium</i> sp. 조사됨 - 냉각접종실 주로 <i>Penicillium</i> sp. 조사됨	- UV램프 사용(크 냉, 접) - 접종실 냉각실 배양실 양압/담퍼 사용 - 균균기실 배양동과 분리
F	0.2	- 크린부스, 냉각실 매우 깨끗함 - 배양실 <i>Penicillium</i> sp. 낮은 밀도로 조사됨	- UV램프 사용(크 냉, 접) - 접종실 냉각실 양압/담퍼 사용 - 매일 청소, 소독(락스) 실시
G	44.6	- 접종실 냉각실 <i>Trichoderma</i> sp. 밀도가 매우 높음 - 배양실 붉은빵곰팡이 발생 ※ 살균기 밸브 고장	- UV램프 일부 사용(크린부스) - 접종실 냉각실 배양실 양압/담퍼 사용 - 매일 청소, 소독(락스) 실시
H	약 5	- 접종실, 냉각실, 배양실 <i>Trichoderma</i> sp. 밀도 높음	- UV램프 사용 안함 - 접종실 냉각실 양압/담퍼 사용 - 냉각실 3-4일 마다 소독(락스) - 접종 후 배양실 이동시 외부를 거침
I	14.0	- 크린부스 <i>Penicillium</i> sp. 조사됨 - 냉각실 접종실 <i>Trichoderma</i> sp. 및 <i>Penicillium</i> sp. 밀도 높음 - 배양실 <i>Trichoderma</i> sp. 밀도 높음	- UV램프 일부 사용(접종실) - 매일 청소, 소독(에탄올) 실시 - 접종실 냉각실 배양실 양압/담퍼 사용 - 배양동과 생육동 미분리

농가	오염율 (%)	낙하균 결과	비고
J	5.6	- 크린부스 <i>Penicillium</i> sp. 조사됨 - 냉각·접종실, 배양실 붉은빵곰팡이 발생	- UV램프 사용(크, 냉, 접) - 접종실 양압/댐퍼 사용 - 매일 청소, 소독(락스) 실시
K	14.9	- 냉각실, 접종실 <i>Penicillium</i> sp. 밀도 높음 - 배양실도 주로 <i>Penicillium</i> sp.	- UV램프 사용 안함 - 양압/댐퍼 사용 안함 - 매일 청소, 소독(락스) 실시
L	1.8	- 크린부스 냉각실 매우 깨끗 - 접종실 곰팡이 밀도 낮으나 <i>Trichoderma</i> sp. 조사됨 - 배양실 붉은빵곰팡이 발생	- UV램프 사용(크, 냉, 접) - 접종실 냉각실 배양실 양압/댐퍼 사용 - 매일 청소, 소독(락스) 실시 - 접종실·배양실 일부는 분리되어 있음
M	1.0	- 크린부스 <i>Penicillium</i> sp. 밀도 높음 - 냉각실, 접종실 <i>Penicillium</i> sp. 밀도 매우 높음 ※ 낙하균 조사일과 접종일이 다름	- UV램프 사용 안함 - 접종실, 냉각실 양압/댐퍼 사용 - 매일 청소, 소독(락스) 실시
N	32.7	- 냉각실, 접종실 곰팡이 밀도 낮으나 <i>Trichoderma</i> sp. 조사됨 - 배양실 <i>Trichoderma</i> sp. 밀도 높음	- UV램프 사용(크, 접) - 접종실, 냉각실 양압/댐퍼 사용 - 매일 청소, 소독(락스, 에탄올) 실시
O	2.0	- 크린부스 <i>Penicillium</i> sp. 조사됨 - 접종실 곰팡이 밀도 낮으나 <i>Trichoderma</i> sp. 조사됨	- UV램프 사용(크, 접, 냉) - 접종실, 냉각실 양압/댐퍼 사용 - 매일 청소, 소독(락스) 실시
P	50.0	- 냉각실, 접종실 <i>Trichoderma</i> sp. 밀도 매우 높음 - 붉은빵곰팡이, <i>Trichoderma</i> sp. 등 다양한 곰팡이에 의해 오염되어 있음	- UV램프 사용 안함 - 접종실, 냉각실 양압/댐퍼 사용 - 배양실 HEPA필터 사용 - 매일 청소, 소독(락스) 실시
Q	5.8	- 접종·냉각실 붉은빵곰팡이 발생 - 배양실 <i>Penicillium</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp. 밀도 높음	- UV램프 사용 안함 - 접종실, 냉각실 양압/댐퍼 사용 - 수시 청소, 소독(락스) 실시
R	6.0	- 접종실, 냉각실 <i>Trichoderma</i> sp. 조사됨	- UV램프 사용(크린부스) - 접종실, 냉각실 양압/댐퍼 사용 - 접종실·배양실 분리 - 매일 청소, 소독(에탄올, 화염) 실시

<sup>1</sup> C농가: 오염율이 매우 높아 탈병으로 미조사

※ 조사기간 : '20년 8월

표 19. 느타리 농가 주요 오염균

주요 오염증상	오염균 분리	동정	농가수
푸른곰팡이		<i>T. longibrachiatum</i>	18
			
		<i>Trichoderma</i> sp.	2
		<i>Penicillium charlesii</i>	4
		<i>Penicillium</i> sp.	2
		<i>Hypocrea lixii</i>	1
붉은빵곰팡이		<i>Neurospora</i> sp.	8

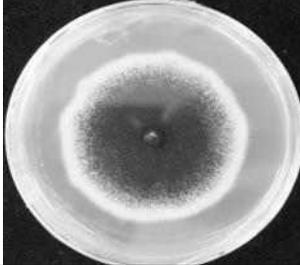
↓ 오염증상에 따른 농가수는 중복체크

표 20. 표고 재배 농가 오염율 및 주요증상

농가	오염율 (%)	낙하균 결과	비고
A	1 이하	- 냉각접종실, 배양실 낙하균 밀도가 매우 낮음	- 배양실(하우스) 바닥 에폭시 마감 - 시설 보완 후 공간 소독 후 사용으로 오염 발생이 현저히 낮아짐
B	15~20	- 크린부스에서 <i>Penicillium</i> sp., <i>Trichoderma</i> spp. 조사 됨	- 시설 구조적 문제가 있음 - 소규모 생산농가로 구조개선이 어려움
C	1~5	- 냉각실, 접종실 낙하균 밀도가 매우 낮음 - 일부 배양실 <i>Trichoderma</i> spp. 조사됨	- 전반적으로 시설은 깨끗하나 배양실이 접종실과 분리되어 있어 외부를 통해 배양실로 이동해야 함
D	5 이하	- 냉각실, 접종실 낙하균 밀도가 매우 낮음 - 일부 배양실 <i>Trichoderma</i> spp. 밀도 높으며, <i>Hyphocrea</i> sp. 조사됨	- 수시 오염도측정 자카잔단 배찌히트 수시 사용 - 봉지밀봉 입구부분에서 오염발생이 높음
E	0.01 이하	- 냉각실, 접종실, 배양실 모두 낙하균 밀도 거의 제로임	- 청소 소독관리 매일 실시 - 수시 낙하균 측정 - 시설, 작업자 모두 철저히 관리
F	5~10	- 크린부스, 냉각실 매우 깨끗함 - 접종실, 배양실 <i>Penicillium</i> sp., <i>Trichoderma</i> spp. <i>Cladosporium</i> sp. 등 다양한 오염균이 조사 됨	- 일부 배양실의 오염율이 높음 - 높은 오염율에 비해 낙하균 밀도는 높지 않아 다른 원인 분석이 필요
G	5	- 냉각접종실, 배양실 낙하균 밀도가 낮음 - 일부 배양실에서 <i>Trichoderma</i> spp. 조사 됨	- 시설별 낮은 낙하균 밀도에 비해 오염율은 낮지 않아 추가 조사가 필요
H	5	- 접종실 냉각실 초기 배양실은 낙하균 밀도 낮음 - 일부 배양실 <i>Trichoderma</i> spp. 및 응애 발견	- 응애 발생으로 오염율이 증가 될 수 있으므로 응애 방제 필요
I	3	- 크린부스에서 곰팡이 및 세균 관찰 - 액체종균실의 곰팡이 밀도가 높음	- 2차 타공 후 오염율 증가 - 2차 타공후 오염발생이 증가하므로 배양실 낙하균 조사가 필요 - 액체종균실 청결관리 필요
J	3	- 일부 배양실 <i>Trichoderma</i> spp. 등 곰팡이 밀도 높음	- 1차 타공 전 오염 발생 - 크린부스 낙하균 측정 필요 - 허파필터 주기적 교체 사용 필요

※ 조사기간 : '21년 3~11월

표 21. 표고 농가 주요 오염균

주요 오염증상	오염균 분리	동정	농가수
푸른곰팡이		<i>T. longibrachiatum</i>	7
		<i>T. harzianum</i>	5
		<i>Hypocrea lixii</i>	3
		<i>T. citrinoviride</i>	2
검은곰팡이		<i>Aspergillus niger</i>	1

↓ 오염증상에 따른 농가수는 중복체크

표고 재배 10 농가의 평균 오염율은 1% 이하 2 농가(5%), 1 ~ 5% 오염발생 6 농가, 5 ~ 10% 오염발생 1 농가, 15 ~ 20% 오염발생 1 농가로 조사되었다. A 농가는 오염율이 20 ~ 30% 발생했던 농가였는데, 배양실 바닥 에폭시 코팅으로 1% 이하로 낮아진 농가이며, E 농가는 냉각접종실 및 배양실을 매일 소독 관리하며 수시로 『오염도 측정 자가진단키트』를 활용하여 청결관리에 신경 쓰는 농가로 오염율이 0.01% 이하로 조사되었다. B 농가는 크린부스에서 *Trichoderma* spp., *Penicillium* sp.가 수집되어 청결 관리가 잘 안 되어 있었으며, 시설 구조개선이 어려운 농가로 오염율이 15 ~ 20%에 달하였다. 조사한 대부분의 농가의 냉각실 및 접종실은 비교적 낙하균 밀도가 낮아 관리가 잘 되고 있었으나, 그에 비해 배양실 관리는 잘 안 되고 있는 것으로 조사되었다(표 30). 표고 재배는 대부분 봉지 재배로 접종 후 배양기간 동안 타공을 여러 차례에 걸쳐 실시하므로 배양실의 관리가 느타리 재배보다 더 중요하다. 배양실의 오염균 밀도가 높으면 타공 된 구멍으로 곰팡이 포자가 유입될 수 있기 때문에 배양실 관리에 더 신경 써야 할 것으로 판단되었다..

10 농가의 오염된 배지로부터 분리·동정된 주요 오염균은 대부분이 푸른곰팡이로 10 농가 모두 *Trichoderma* sp.가 동정되었다. 그 중 7 농가에서 *Trichoderma longibrachiatum*, 5 농가에서 *T. harzianum*, 2 농가에서 *T. citrinoviridei*가 동정되었고, *T. harzianum*의 완전세대인 *Hypocrea lixii*도 3 농가에서 분리되었다. 또한 1 농가에서 *Aspergillus niger*도 조사되었다(표 21).

#### 마. <시험 5> 오염도측정 배지키트 제작(20)

배지키트 사용하기 및 보관조건 설정을 위해 농가에서 보관할 수 있는 조건으로 냉각실, 배양실, 저온저장고에서 180일간 배지키트를 보관한 후 오염도와 미생물의 성장에 대해 조사한 결과는 <표 22, 23>와 같다.

곰팡이 및 세균 낙하균 수집용 배지의 보관기간은 150일이 적합할 것으로 조사되었다. 오염도 조사 결과, 180일이 되었을 때 곰팡이용 배지 및 세균용 배지에 오염이 발생하였고, 균성장 조사 결과, 180일이 되었을 때 세균용 배지에 균 성장 정도가 감소하였다. 저장온도에는 크게 영향을 받지 않는 것으로 조사되어 냉각실, 배양실, 저온저장고 어디에나 두고 사용할 수 있으나 일부 농가의 저온저장고는 온도가 낮아 어는 경우가 있으므로 얼지 않게 보관할 필요가 있다. 다만, 세균 수집용 배지에 들어 있는 항생제가 빛에 약하므로 빛이 없는 곳에 보관하여 사용하는 것을 추천한다.

또한 배지의 색도 변화, 배지 갈라짐(수분함량 변화), 낙하균에 대한 조사를 실시했으나 차이가 없었다(조사 자료 미첨부).

제작한 오염도 측정 배지키트는 농가에서 자가진단 할 수 있도록 낙하균 측정방법, 오염균 분석 및 조치방법에 대한 동영상(유튜브)도 제작하였으며, 현재 1,000회 이상의 조회 수를

기록하고 있다.

표 22. 보관 기간에 따른 곰팡이 측정용 배지 오염도 및 균 성장조사

보관 조건	오염도(%) <sup>♾</sup>						<i>Trichoderma</i> sp. 성장 정도 <sup>♾</sup>					
	10일	30일	60일	100일	150일	180일	10일	30일	60일	100일	150일	180일
저온저장고(2~4°C)	0	0	0	0	0	0.8	+++	+++	+++	+++	+++	+++
냉각실(8~10°C)	0.5	0	0	0	0	0.5	+++	+++	+++	+++	+++	+++
배양실(20~22°C)	0	0.5	0	0	0	1.6	+++	+++	+++	+++	+++	+++
대조 <sup>↓</sup>	0	0	0	0	0	0	+++	+++	+++	+++	+++	+++

※ 포장조건 : PDA<sup>sm</sup>, 5 plate 조사, 진공포장

<sup>↓</sup>대조 : 제조 후 2~3일 이내 배지

<sup>♾</sup>오염도 : 15 plate 중 오염된 plate 조사, 3반복

<sup>♾</sup>*Trichoderma* sp. 접종에 따른 균사 성장 : +++(강), ++(중), +(약)

표 23. 보관 기간에 따른 세균 측정용 배지 오염도 및 균 성장조사

보관 조건	오염도(%) <sup>♾</sup>						<i>Pseudomonas tolaasii</i> 성장 정도 <sup>♾</sup>					
	10일	30일	60일	100일	150일	180일	10일	30일	60일	100일	150일	180일
저온저장고(2~4°C)	0	0	0	0	0	0.5	+++	+++	+++	+++	+++	++
냉각실(8~10°C)	0	0	0	0	0	0	+++	+++	+++	+++	+++	++
배양실(20~22°C)	0.5	0	0	0	0	2.8	+++	+++	+++	+++	+++	+++
대조 <sup>↓</sup>	0	0	0	0	0	0	+++	+++	+++	+++	+++	+++

※ NA<sup>chx</sup>, 5 plate 조사, 진공포장

<sup>↓</sup>대조 : 제조 후 2~3일 이내 배지

<sup>♾</sup>오염도 : 15 plate 중 오염된 plate 조사, 3반복

<sup>♾</sup>세균 *Pseudomonas tolaasii* 도말에 따른 CFU/plate : +++(500이상), ++(300~500), +(300이하)

### 바. <시험 6> 오염진단 컨설팅 체계 구축(21)

3년간의 컨설팅 결과를 바탕으로 오염진단 컨설팅 매뉴얼을 만들기 위해 수행하였으며 추진흐름도, 오염율에 따른 필수 조사항목, 조사방법, 결과분석 및 조치사항, 컨설팅 전 준비사항 등을 수록하여 매뉴얼을 만들었으며, 컨설팅 추진에 활용하도록 하였다(그림 8).

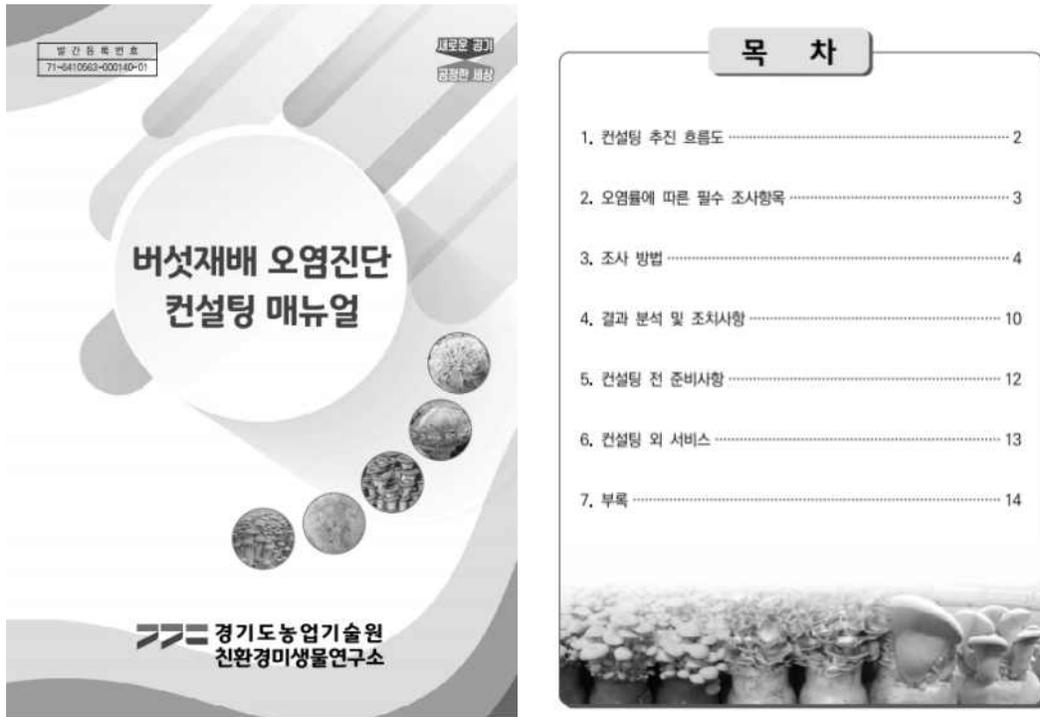


그림 8. 버섯재배 오염진단 컨설팅 매뉴얼 책자

이상의 3년간의 연구 결과를 바탕으로 『버섯재배 오염예방 지침서』, 『버섯재배 오염진단 컨설팅 매뉴얼』을 책자 발간하였으며, 농가에서 활용할 수 있는 『오염도 측정 자가진단 배지키트』를 만들어 사용 방법과 낙하균 측정 후 분석 방법에 대해 알기 쉽게 동영상(유튜브) 제작하였고, 연 2회 도내 버섯재배 농가에 배포하였다.

또한 농가 설문조사를 통한 결과를 바탕으로 오염 저감에 영향을 주는 다양한 시설에 대해 농가에서 잘 사용 안 하거나 잘 모르는 것들, 잘못 알고 있는 것들에 대해 집중적으로 교육, 컨설팅을 추진한다면 앞으로 더 많은 농가의 오염 발생을 낮추는데 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

#### 4. 적 요

버섯농가 병 발생 저감을 위해 오염진단 컨설팅, 모니터링, 실태조사를 실시하였다. 농가의 버섯 안정생산에 기여하고자 본 과제를 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 가. 느타리 및 표고 재배농가의 계절별 오염발생 모니터링 실시 결과, 계절별 차이보다는 관리상의 문제로 인해 오염 발생에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.
- 나. 3년간 농가 오염컨설팅은 93회 수행했으며, 느타리 농가 63회, 표고농가 26회, 기타 농가 4회를 실시하였고, 오염율은 느타리 농가 23.7%에서 4.9%로 18.8%p 저감하였으며, 표고 농가는 16.6%에서 2.8%로 13.8%p 저감하였다.
- 다. 농가 컨설팅 및 모니터링 결과, 오염 발생 저감을 위해서는 크린부스의 청결한 관리와 접종·냉각실, 초기배양실의 *Trichoderma* spp.의 밀도를 낮추는 것이 가장 중요한 포인트임을 확인하였다.
- 라. 느타리재배 18 농가를 대상으로 병해발생 실태조사를 실시한 결과 모든 농가에서 *Trichoderma longibrachidatum*에 의한 오염증상을 보였으며, *Penicillium* spp.에 의한 오염 발생도 6 농가에서 조사되었다.
- 마. 표고재배 10 농가를 대상으로 병해발생 실태조사를 실시한 결과 10농가에서 모두 *Trichoderma* sp.에 의한 오염증상을 보였으며, 1농가에서 *Aspergillus niger*에 의한 병 발생도 조사되었다.
- 바. 오염도측정 배지키트의 유효기간은 5개월 정도로 조사되었으며, 보관장소에 따라 차이가 없었다.
- 사. 농가에서 자가진단 할 수 있는 오염도측정 배지키트를 제작하여 연 2회 도내 농가에 무료 제공하였으며, 사용방법 및 분석방법을 2편으로 동영상 제작(농업기술원 공식 유튜브)하여 많은 농가에서 활용할 수 있도록 하였다.
- 아. 오염컨설팅 및 실태조사 결과를 모아『버섯재배 오염예방 지침서』, 『버섯재배 오염진단 컨설팅 매뉴얼』을 자료 발간하여 120여 농가와 시·군 농업기술센터 등 유관기관에 보급하였다.

#### 5. 연구결과 활용제목

- 버섯재배 오염진단 컨설팅 매뉴얼(자료발간, 2021)
- 버섯재배 오염예방 지침서(자료발간, 2020)
- 버섯재배 시설현황에 따른 오염 발생율(영농활용, 2020)
- 버섯 오염도 측정 배지키트 사용정보 제공(영농활용, 2020)
- 배지키트 사용 오염도 측정 및 분석방법 동영상 제작(경기도농업기술원 공식유튜브, 2020)
- 버섯 배양실 응애 유무 간이진단방법(영농활용, 2019)

## 6. 인용문헌

- Baek, I.S., Chi, J.H., Jeoung, Y.K., JKim, J.H. and Lim, J.W. 2015. The effect of sterilization condition and UV-C irradiation on the reduction of contamination rate for oyster mushroom bottle culture. *J. Mushrooms*. 13(3):256-261. (In Korean)
- Jhune, C.S., Leem H.T., Park, H.S., Lee C.J., Weon, H.Y., Seok S.J., Yoo K.H. and Sung, G.H. 2014. Identification of oyster mushroom green mold pathogen that causes and pathological characteristics. *J. Mushrooms*. 12(2):132-137. (In Korean)
- Aline, D.A., Janice, M.C., De Marco L. and Felix, C.R. 2000. Characterization of an amylase produced by a *Trichoderma harzianum* isolate with antagonistic activity against *Crinipellis perniciosa*, the causal agent of witches'broom of cocoa. *FEMS Microbiology Letters*. 188(2):171-175.
- Cotxarrera, L., Trillas-Gay, M.I., Steinberg, C. and Alabouvette, C. 2002. Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium wilt* of tomato. *Soil Bio. Bioch.* 34(4): 467-476.
- Ejehi, B.O. 1997. Biological Control of Wood Decay in an Open Tropical Environment with *Penicillium* sp. and *Trichoderma viride*. *Int. Biodeterioration Biodegradation*, 39(4):295-299.
- Elad, Y. 2000. Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. *Crop Protection*. 19(8-10): 709-714.
- Heather, L. and Alan, B. 1999a. Assessment of the biocontrol potential of a *Trichoderma viride* isolate; Part I: Establishment of field and fungal cellar trials. *Int. Biodeterioration Biodegradation*. 44(4):219-223.
- Heather, L., Alan, B. and Staines, H.J. 1999b. Assessment of the biocontrol potential of a *Trichoderma viride* isolate; Part II: Protection against soft rot and basidiomycete decay, *Int. Biodeterioration Biodegradation*. 44(4):225-231.
- Rifai, M.A. 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. *Mycological Pap.* 116:1-56.
- Tian, F.H., Li, C.T. and Li, Y. 2017. First report of *Penicillium brevicompactum* causing blue mold disease of *Grifola fromdosa* in China. *Plant Dis.* 101(8):1549-1555
- Terashima, Y., Igusa, H. and Ohga. S. 2002. Influence of contamination by *Penicillium brevicompactum* and *Trichoderma harzianum* during *Lentinula edodes* spawn run on fruiting in sawdust-based substrates. *Mycoscience*. 43(3):277-280.
- Tsrar, L., Barak, R. and Sneh, B. 2001. Biological control of black scurf on potato

under organic management, Crop Protection. 20(2): 145-150.

Viterbo, A., Shoshan, H., Dana, Friesem., Ofir, R. and Ilan, C. 2002. Antifungal activity of a novel endochitinase gene(chit36) from Trichoderma harzianum Rifai TM. FEMS Microbiology Lett. 200(2): 169-174.

Wheatley, R., Christine, H., Alan. B. and Andrzej, K. 1997. Effect of Substrate Composition on Production of Volatile Organic Compounds from Trichoderma spp. Inhibitory to Wood Decay Fungi, Int. Biodeterioration Biodegradation. 39(2-3): 199-205.

### 7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
						'19	'20	'21
버섯 병해발생 모니터링 및 오염진단	책임자	친환경미생물 연구소	농업연구사	이채영	'21년 하반기 세부과제총괄			○
	공동연구자	원예연구과	농업연구사	백일선	'19 ~'21년 상반기 세부과제총괄	○	○	○
		친환경미생물 연구소	농업연구관	하태문	방향설정		○	○
		"	농업연구사	김정한	표고농가조사	○	○	○
		"	"	최준영	배지제조			○
		"	"	김연진	배지제조			○
		"	농업연구관	정구현	결과검토	○	○	○