

318019

-03

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )

농축산물안전유통소비기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003546-01

# 국내외 유기성 버섯 배지재료의 유해성분 분석 및 안전기준 설정

2021. 5.

주관연구기관 / 국립원예특작과학원

협동연구기관 / 순천향대학교

공주대학교

장흥군버섯산업연구원

국내외유기성버섯배지재료의유해성분분석및안전기준설정

2021

농림축산식품부

농림식품기술기획평가원

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “국내외 유기성 버섯 배지재료의 유해성분 분석 및 안전기준 설정” (개발기간 : 2018. 4. 26 ~ 2020. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

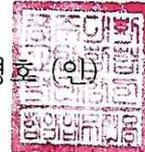
2021. 1. .

주관연구기관명 : 국립원예특작과학원 (대표자) 황정환 (인)



협동연구기관명 : 순천향대학교 (대표자) 김성렬 (인)

협동연구기관명 : 공주대학교 (대표자) 임경호 (인)



협동연구기관명 : 장흥군버섯산업연구원 (대표자) 정종순 (인)



주관연구책임자 : 이찬중

협동연구책임자 : 이병의

협동연구책임자 : 장명준

협동연구책임자 : 김경제

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	318019-03	해 당 단 계 연 구 기 간	2018.2.26.~20 20.12.31	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계 )
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농축산물안전생산·유통관리기술개발			
연구과제명	대 과 제 명	국내외 유기성 버섯 배지재료의 유해성분 분석 및 안전기준 설정			
	세부 과제명	국내외 유기성 버섯 배지재료의 유해성분 분석 및 안전기준 설정			
연구책임자	해당단계 참여연구원 수	총: 21명 내부: 11명 외부: 10명	해당단계 연구개발비	정부: 550,000 천원 계: 550,000 천원	
	총 연구기간 참여연구원 수	총: 21명 내부: 11명 외부: 10명	총 연구개발비	정부: 550,000 천원 계: 550,000 천원	
연구기관명 및 소속부서명	국립원예특작과학원			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			주관연구책임자: 이 찬 중	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품중	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	한 국 버 섯 학 회 지 17(3), 18(1), 18(1), 18(4) 순 천 향 자 연 과 학 연 구 논 문 집 26(1)	출 원 10-20 10-20-01 44147 등록 10-21 83105 -0000	318019 -03								

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

- (배지재료 분석) 국내의 배지재료 171점을 분석하였으며, 이중 97건(56.7%)에  
서 잔류농약(32종), 중금속(납) 38건이 검출되었으며, 농약 중 3건은 국내 미  
등록 농약(Piperonil butoxide 등)임
- (유해물질 이행분석) 버섯 5개 품목에 대해 배지에 함유된 농약, 중금속의 자  
실체로 이행에 대한 분석 결과 배지재료에 함유된 농약성분은 자실체로 이행  
되지 않았고, 중금속도 자실체로 이행되지 않았음
- (이행기작) 느타리와 팽이버섯에 대한 중금속의 이행기작에 대한 연구로 관련  
유전자 그룹과 pathway를 분석하였음

보고서 면수  
195

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>□ 버섯에 대한 식품안전성을 확보하고 소비자 신뢰도를 제고하기 위해 국내외에서 유통되는 버섯 배지재료의 유해성분을 분석하여 합리적인 안전기준을 설정</p> <p>□ 주요 식용버섯의 중금속 및 농약성분의 안전관리 기준설정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 및 수입 버섯 배지재료의 사용실태 및 유해성분 분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 사용원료에 대한 사용현황 및 유해성분 조사</li> <li>· 유해성분 분석 : 농약, 중금속 등</li> </ul> </li> <li>○ 배지내 유해성분의 버섯 이행관련성 및 기작 연구             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농약, 중금속 등 유해성분 이행정도 및 기작 연구</li> <li>· 배지와 유해성분의 버섯 자실체로의 이행정도 구명 : 이행경로, 농도 등</li> <li>· 유해성분 전이기작 구명 : 유해성분의 농도에 따른 자실체 유전자 발현정도</li> </ul> </li> <li>○ 버섯 배지재료에 대한 주요 농약성분 안전성 기준 설정             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 배지재료내 잔류농약 및 중금속의 자실체 이행정도 분석을 기반으로 버섯 자실체 및 배지재료의 잔류허용기준 설정</li> </ul> </li> </ul>																																							
<p>연구개발성과</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th rowspan="2">논문</th> <th rowspan="2">특허</th> <th rowspan="2">보고서 원문</th> <th rowspan="2">연구 시설 · 장비</th> <th rowspan="2">기술 요약 정보</th> <th rowspan="2">소프트 웨어</th> <th rowspan="2">화합물</th> <th colspan="2">생명자원</th> <th colspan="2">신품종</th> </tr> <tr> <th>생명 정보</th> <th>생물 자원</th> <th>정보</th> <th>실패</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>예상성과 (N/Y)</td> <td>Y</td> <td>N</td> <td>Y</td> <td>N</td> <td>Y</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> </tr> </tbody> </table>												구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 · 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종		생명 정보	생물 자원	정보	실패	예상성과 (N/Y)	Y	N	Y	N	Y	N	N	N	N	N	N
구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 · 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종																														
								생명 정보	생물 자원	정보	실패																													
예상성과 (N/Y)	Y	N	Y	N	Y	N	N	N	N	N	N																													
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내외 다양한 배지 재료의 유해요인 및 성분분석 기술 확보</li> <li>○ 주요 국내 생산버섯류의 재배 및 재배 후 단계에 대한 안전관리 기준 확립</li> <li>○ 국산 농산물에 대한 안전성을 높여 버섯류에 대한 수입대체 효과 및 수출안정성 확립</li> <li>○ 안전 버섯 생산을 통한 대 국민 건강증진에 기여</li> </ul>																																							
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	버섯	배지	농약	중금속	안전기준																																			
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	Mushroom	Substrate	Pesticide	Heavy metal	Safety standards																																			

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

# 〈 목 차 〉

<b>1. 연구개발과제의 개요</b> .....	<b>6</b>
1절. 연구개발 목적 .....	6
2절. 연구개발의 필요성 .....	6
3절. 연구개발 범위 .....	11
<b>2. 연구수행 내용 및 결과</b> .....	<b>14</b>
1절. 목표 .....	14
2절. 연구수행 내용 및 결과 .....	14
<b>3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도</b> .....	<b>183</b>
1절. 목표 .....	183
2절. 목표 달성여부 .....	183
3절. 후속연구의 필요성 .....	184
<b>4. 연구결과의 활용 계획</b> .....	<b>185</b>
1절. 연구개발 결과의 활용방안 .....	185
2절. 기대성과 및 파급효과 .....	185
붙임. 참고 문헌 .....	186

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1절. 연구개발 목적

농산물에 대한 안전성 확보는 농업환경의 보전에서부터 건강과 직결된 가장 중요한 요소이며, 세계적으로 식품안전성 관리의 중요성은 모든 국가의 필수 의무사항이다. 버섯류는대표적인 건강식품이자 식재료로서대부분 농업부산물을 이용하여 인공재배를 하고 있으며, 따라서 원재료에 대한 유해물질 관리기준 설정은 안전한 버섯생산을 위한 첫 번째이며, 가장 중요한 필수요소이다. 따라서 버섯에 대한 식품안전성을 확보하고 소비자 신뢰도를 제고하기 위해 국내외에서 유통되는 버섯 배지재료의 유해성분을 분석하여 합리적인 안전기준을 설정하고자 한다.



## 2절. 연구개발의 필요성

### 1. 연구개발 개요

농산물에 대한 안전성 확보는 농업환경의 보전에서부터 건강과 직결된 가장 중요한 요소이며, 특히 식품섭취는 남녀노소 모든 계층에서 상시 섭취해야 하는 생명유지에 필수적이므로 식품안전성 관리의 중요성은 세계적으로 모든 국가의 필수 의무사항이다. 버섯류는 전 세계적으로 가장 대표적인 건강식품이자 식재료로서 대부분 농업부산물을 이용하여 인공재배를 하는데 원재료의 유해물질 관리는 버섯의 안전성과 직결됨. 따라서 원재료에 대한 유해물질 관리 및 기준설정은 안전한 버섯생산의 첫 번째이며, 가장 중요한 필수요소이다. 농산버섯용 배지공급현황은 농산버섯에 이용되는 버섯배지재료는 주요 11개 품목으로 '11년 기준 연간 거래규모는 26만톤이며, 연간금액은 약 903억원이다.

원재료명	단가(원)	연간사용량(톤)	연간 금액(백만원)	비중
합 계		260,000	90,250	100.0%
들 팥	260	80,000	20,800	23.0%
비트펄프	490	30,000	14,700	16.3%
콩 코브	280	50,000	14,000	15.5%
옥수수	450	20,000	9,000	10.0%
면 실 피	500	15,000	7,500	8.3%
면 실 박	480	15,000	7,200	8.0%
밀 질	300	20,000	6,000	6.6%
소맥 피	350	10,000	3,500	3.9%
케이폭박	300	10,000	3,000	3.3%
대두 박	550	5,000	2,750	3.0%
대두 피	360	5,000	1,800	2.0%

버섯은 재배방식의 발달과 함께 품질의 균일화 및 수량이 높은 혼합배지를 개발하기 위하여 많은 연구가 진행되어 오고 있다(Royse and Sanchez, 2007; Gal and Lee, 2002). 버섯 재배를 위해서는 배지의 공극량, 배지 충전량 등 물리적 특성과 pH, 수분함량, 영양원 조성 등 화학적 특성이 적합하여야 버섯의 발생 및 생육이 정상적으로 이루어질 수 있다(Hong, 1978). 톱밥은 미루나무톱밥, 미송톱밥이 많이 사용되고 연간 4~5만톤 수입되고 있으며, 최근에는 이들 재료의 확보에 어려움이 많아 유기성자원을 버섯 재배에 이용하는 연구가 이루어지고 있다(Jo et al., 1996; Jang et al., 2010; Song et al., 1993; Park et al., 1992). 우리나라 톱밥 수입량은 중국과 베트남에서, 비트펄프는 중국, 베트남, 미국, 캐나다, 이집트에서, 콘코브는 중국과 베트남에서, 면실박은 중국에서, 면실피는 중국과 호주에서 주로 수입하고 있다 (한국무역협회, 2011년 9월).

재료(단위 : 톤)	톱밥	케이폭	비트펄프	콘코브	면실박	면실피
중국	11,921	-	68,139	68,108	10,825	27,109
베트남	62,223	-	2,339	2,870	-	-
미국	61	-	6,452	222	1,660	11,198
인도네시아	1,478	-	-	960	-	-
인도	-	214,520	-	-	949	2,106
필리핀	-	-	-	964	-	-
호주	-	-	-	-	2,703	16,385
캐나다	-	-	3,049	-	-	-
말레이시아	2,768	-	-	-	-	-
이집트	-	-	32,585	-	-	-
기타	457	208	2,106	2,030	-	-

유기물이 풍부한 배지원료는 주로 농림부산물로서 각종 농약이나 중금속 등에 오염되어 있을 가능성이 높으며, 버섯 배지재료에 대한 수입, 제조, 판매 등에 대한 법적근거가 부재하며, 더불어 안전성과 품질관리를 위한 법적 근거 또한 부재한 상태이다. 식물생산을 위해서 토양 및 비료에 대한 토양환경보전법과 비료관리법이 있으며, 동물사료와 관련하여 축산법과 사료관리법을 통해 유해성분의 관리기준이 마련되어 있으나 버섯을 생산하기 위한 배지원료에 대한 품질관리 규정이 마련되어 있지 못하고 있다.



양송이 도입시기인 1960년대 양송이 해충의 생태와 방제약제 선발 및 피해조사 등 기본적인 연구가 이루어졌으며, 현재까지 재배등록 이외의 농약잔류 기준이 매우 미흡하며, 중금속에 관한 연구는 설정되어 있지 못하고 있으며, 국내에서 버섯재배에 사용되고 있는 화학농약은 살균제 2종, 살충제 3종으로 대부분 버섯종균을 접종하기 전 배지에 처리하여 사용되고 있다. 농산물우수관리(GAP)제도는 2006년도부터 도입되어 안전관리는 한층 강화되고 있으며, 최근 농약잔류허용기준 및 허용물질목록 관리제도(PLS) 도입에 따른 농약 적정기준 설정이 필요한 실정이다. PLS가 도입되면 농약 잔류허용기준이 없을 때 적용하였던 CODEX기준, 유사농산물기

준 등의 잠정기준이 없어지고 일률기준(0.01 mg/kg)을 적용하게 되며, 버섯파리 방제용 Cyromazine의 잔류허용기준이 강화(느타리버섯 5 → 3 mg/kg)되었다. 버섯 재배용 배지재료로 수입한 농업부산물에서 중금속, 잔류농약, 영양성분 조사 등을 통해 일부 배지에서 조사가 이루어졌으며, 유해 미생물도 조사가 되었으나 버섯으로 전이되는 경로나 기작에 대한 연구는 이루어지지 못하였다(Kim et al., 2017).

농약 잔류허용기준 유무 여부	PLS 도입 전	PLS 도입 후
기준 있음	기준에 따라 적용	기준에 따라 적용 (시행 전과 동일)
기준 없음	1. 당해 농산물 Codex기준 적용 2. 유사농산물 최저기준 적용 3. 해당 농약의 최저기준 적용	일률기준 (0.01 mg/kg 이하) 적용

국내 유통 생버섯 중 중금속 함량 조사 및 위해성 평가에 관한 연구가 수행되었으며, 버섯류 중 노출기여도가 높은 버섯은 표고>느타리>양송이순이었으며, 조사버섯류 5종 모두 위해성 평가 결과 위해지수 1.0이하로 위해성이 없는 것으로 평가되었으며 (Kim et al., 2012), 이러한 배지 원료의 안전성 확보가 매우 시급히 요구되며, 국내 위해물질들에 대한 연구로 생산단계별 전이 경로 및 기작에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 수입 배지원료의 년차간, 수입국별 원료 성분이나 위해성물질 등도 각기 차이가 난다. 농산물 안정성 추구하고 관련한 국제동향에 적극 대응하고, FTA 이후 생산농가의 경쟁력을 확보하여 향후 수출까지 확대할 수 있는 안전성 우수 농산물 생산기술 확보가 시급하다. 따라서 버섯에 대한 식품안전성을 확보하고, 소비자 신뢰도를 제고하기 위해 국내외에서 유통되는 버섯 배지재료의 유해성분을 분석하여 합리적인 안전기준을 설정할 필요가 있다.

핵심기술로는 버섯 배지원료 수급기반 안정화를 위해 국내 버섯배지원료공급센터 및 (사)버섯생산자연협회와의 연계를 통한 사용실태 분석의 효율성 강화가 가능하고, 주관연구기관에서 최근 버섯류 GAP와 관련한 중금속 및 농약분석 관리요령 설정을 통한 선행연구 추진으로 원천 기술을 확보하고 있다. 본 연구과제 수행주체가 정부 중앙연구기관이며, 본 연구결과의 도출로 배지 원료의 중금속 및 농약안전사용수준 설정에 대한 위해물질 관리방안 설정 및 국내 배지공급센터, 도농업기술원 및 시군농업기술센터 등 연계하여 전국단위 보급이 가능하다. 도농업기술원 및 시군농업기술센터 : LC, GC, ICP 기기 등을 통한 농약 및 중금속 분석장비 이용 작물처방전 발행에 활용 중이고, 농식품부 원예산업과의 협의로 통한 식약처 잔류농약허용기준에 등록된 농약성분 및 유해중금속을 대상으로 버섯배지내 최대 허용기준 설정이 가능하다. 중금속 및 농약의 사용에 따른 주요 버섯류의 반응 및 전이기작 구명을 위해 최근 연구결과로 배지와 자실체 각각에 대한 조사수준의 연구에 머물러 있으며, 연차간 변이 또는 생산단계별 전이와 같은 연계된 연구가 필요하다.

## 2. 연구개발 대상의 국내·외 현황

국내 기술 수준 및 시장 현황으로 버섯 재배용 원재료에 대한 영양성분, C/N율 등이 분석되어 보고되어 있으며 원칙적으로 버섯재배용 원재료는 농업부산물이므로 버섯생산물과의 연관성은 충분하나 농업부산물의 일반적인 안전성은 직접 섭취하지 않으므로 그동안 그 중요성

이 간과되어 왔다. 원재료에 대한 유해물질은 크게 잔류농약과 중금속으로 대표되며, 잔류농약과 중금속은 LC, GC, ICP 등 분석기기를 통하여 분석이 가능하고, 느타리버섯 영양원의 수입국별 재배가능성 검토를 통해 수입국별 성분의 차이가 나는 것을 확인하였다(조용구 등, 2017). 국내 유통되는 버섯류의 비소 및 수은 위해성 평가로 비소의 위해도는 0.005%, 수은은 0.071%로 국내 유통되는 버섯류에 대한 위해성은 안전한 것으로 판단된다(최훈 등, 2012). 표고 톱밥재배에서 긴수염버섯파리의 방제약제 선발을 위해 13종의 살충제에 대한 약효, 잔효성, 군사생장억제율 및 방제효과를 검정하여 평가형 3종의 사용가능성을 보고하였고(김길하 등, 2001), 천연 피레트린을 이용한 긴수염버섯파리 연막방제를 통해 기존 화학약제 대신 친환경농약을 개발하였다(윤정범 등, 2017). 표고균이 접종된 수입톱밥 배지에서 중금속과 잔류농약 조사 시 중금속은 미량 검출되었으며, 잔류농약은 모든 시료에서 불검출 되었고(김준영 등, 2017), 야생버섯을 조사하여 중금속 함량을 분석한 결과 *Laccaria laccata*가 가장 높게 나타났으며, 토양내 중금속함량이 높을수록 버섯 내 중금속 농도도 높았으며(장갑열 등, 2005), 버섯 배지원료에서 자실체까지 생육 전과정에서의 중금속과 농약에 대한 전이경로 및 전이기작에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

시장현황은 2016년 기준 농산버섯 생산량은 162,292M/T이며(농림축산식품부, 2017), 팽이 및 큰느타리버섯은 주요 수출농산물 중에 해당하며, 산업규모에 비해 버섯 배지원료에 대한 영양원, 중금속 및 농약 등에 대한 적정 기준이 설정되어 있지 못하다. 국내 버섯배지원료 취급업체는 서울소재 3개업체 등 전국적으로 총 12개 업체가 있으며(2012, 버섯연감), 버섯생산 규모 대비 매우 열악한 실정이며, 버섯배지 원료의 높은 해외 의존도로 해외 곡물 수급 불안에 매우 취약한 구조이며('17. 농림축산식품부, 국내 대체 배지 생산 미흡, 톱밥 원목 확보 어려움 및 생산량 감소 : 자급율 30~40% 추정되고, 안전성 및 원산지표시 관리 강화를 통한 소비자 신뢰 제고를 추진하고 있다. 중국의 버섯종균(배지)을 우리나라를 비롯하여, 일본, 미국에 수출하고 있으며, 전체 수출량의 90%이상을 차지하고 있고, 우리나라로 유입되는 배지량은 2014년 기준 약 2만 5,885톤임(민경택, 2015). 지속적으로 그 양은 증가하고 있는 추세이나 유해물질 안전성관리에 대한 적정 기준이 마련되어 있지 않다. 최근 유기농인증 버섯생산에 관심이 높아지고 있으며, 국내에서 유기농으로 인정받기 위해서는 유기농에 기인하는 원료의 사용이 필수여야하며 모든 원료는 무 GMO 이어야하고, 현재 버섯 배지원료는 일정 규격으로 가공 시 폐기물에서 재활용품으로 수입되도록 최소한의 품질규격은 정해졌으나 “배지원료검사증명서”에 명확한 유해물질 기준은 명기되어 있지 않다. 따라서 버섯 생산부터 수확에 이르기까지 전과정에 대한 중금속과 농약 조사의 이행과정을 조사하여 유해물질 안전관리 기준의 설정이 가능하고, 개발기술의 전국단위 확산 보급이 가능하며, 내수시장에서 나아가 버섯별 수출물량 증대에 기여할 수 있다.

유해물질에 대한 분석방법은 식약처에 각 유해물질에 대한 표준분석방법이 공지되어 공지된 방법으로 분석하고 있으며, 버섯재배시 사용가능한 농약은 살균제 2종(베노밀, 프로클로라즈망가니즈), 살충제 3종(디플루벤주론, 테플루벤주론, 사이로마진)이며, 대부분 농약의 사용시기는 버섯 접종전 또는 복토 직후에 사용가능하며, 자실체 발생시 직접 사용이 불가하다. 버섯 자실체내 농약 37종에 대해 1일 섭취허용량, 잔류허용기준량이 설정 및 고시되어 있으며, 배지재료에 대한 중금속에 대한 사용기준은 현재 없으며, 토양오염우려기준 1지역의 허용기준치인 아연 300, 구리 150, 납 200, 카드뮴 4, 비소 25, 크롬 5, 니켈 100 mg/kg을 참고자료로 활용하고 있다. 버섯 생산물에 대한 중금속 기준으로 카드뮴은 0.3이하, 납은 0.3이하이며, 생산량 상위 및 다 소비 품목 위주 농산물 54개 품목 중 버섯류는 느타리버섯, 양송이 2종이며, 생산 및 유통 판매단계의 샘플을 수거하여 잔류농약의 기준 부적합 조사를 수행하고 있다. 느타리버섯 기준

GAP 자율점검표 기준을 마련하여 안전하고 위생적인 배지준비기준, 농약안전사용기준 준수, 병해충종합관리에 대한 정보를 제공(버섯: GAP자율점검표, 느타리버섯을 중심으로, 농진청 2015)하고 있으며, 버섯 GAP 농업인 교육교재가 보급되었고(농진청, 2017), 기 연구되었던 연구 결과와 더불어 본 연구수행 후 나온 결과를 토대로 버섯분야 유해물질 안전관리 매뉴얼 작성 보급과 버섯 배지재료에 대한 주요 농약성분 및 중금속 안전성 기준을 설정하고자 한다.

국의 기술 수준 및 시장 현황으로 미량의 금속은 진균의 대사에 반드시 필요하지만 과량으로 존재할 경우 독성을 나타냄. 진균의 생장에 필요한 금속은 Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Ni 등이 있고(Baldran et al, 2003), 진균의 멜라닌은 다양한 금속에 대한 높은 생물학적 흡수력을 가지고 있으며, 멜라닌과의 최대결합력은 Cu>Ca>Mg>Zn 순으로 알려져 있다(Fogarty and Tobin, 1996). 버섯들은 망간, 니켈, 납의 필터로서의 역할을 하며, 수은 및 카드뮴과 세슘을 축적할 수 있고(Racz and Oldal, 2000), 버섯 생육단계에서 베노밀이 분해되어 카벤다짐으로 변환 후 살균력이 소실되는 과정에 대한 연구보고가 있으며(Fletcher and Connolly, 1980), 세계적으로 버섯류에서 중금속 및 농약에 대한 전이기작 및 전이경로에 대한 연구는 찾을 수 없으며, 주로 배지나 자실체상에서의 농도를 검출하는 정도의 수준이다. Codex는 1997년 ‘식품위생에 대한 일반원칙’에 근거하여 신선 상태로 소비하는 과일, 채소류의 안전생산체계에 대해 회원국간 협의를 시작하여 2003년 7월 본회의에서 과일, 채소류에 대한 생산·취급기준 ‘신선 과일 및 채소류의 생산과 취급에 관한 위생관리 실행 규범’ 비준을 제시하였고, 1997년 식품 위생에 대한 일반원칙에 근거 신선 상태로 소비하는 과일, 채소류의 안전생산체계에 대해 회원국간의 협의를 시작하였으며, 2003년 7월 본 회의에서 과일, 채소류에 대한 생산, 취급기준을 제시하였다. 유럽연합은 동유럽 국가의 EU 가입을 위한 농업실행조건으로 GAP를 제시하였으며, 일반농업정책(CAP : Common Agricultural Policy) 제정을 통해 GAP 이상의 영농에 대해서만 보조할 것임을 시사하고 Global GAP는 EUREP(Euro-Retailer Produce Working Group) GAP는 소비자 요구에 맞춘 안전한 신선과일·채소류 생산기준을 개발하고, 2007년 9월부터 Global GAP로 명칭을 바꾸고 세계화를 추진 중이며, 일본은 2003년 7월에 식품기본법을 제정하고, ‘국민건강 보호를 최우선으로 하는 정부의 새로운 식품안전 행정에 대응하기 위한 지침’을 마련하고 2007년 8월 JGAP 협회가 주관이 되어 Global GAP의 동등성을 인정받으며 식품안전에 대한 중요성을 크게 인식하고 있다. 미국 농무부에서는 1995년 이후 미국의 농산물 생산과 무역에 영향을 미칠만한 130여개 국가들의 농업경제, 농산품, 국제 이슈에 대한 정보를 국가별, 주제별, 식품유형별, 해당 프로그램별 정보로 나누어 산하기관인 해외농업국(Foreign Agricultural Service, FAS)에서 제공하고 있으며 미국 상무부(U.S. Department of Commerce) 소속 표준기술연구원(National Institute of Standards and Technology, NIST)과 상업서비스부(U.S. Commercial Service)에서는 각 국가의 기준규격과 관련된 국내외 뉴스, 관련 기관, 발행물, 규정들에 대한 정보를 제공하고 있다.

버섯 원재료에 대한 유해물질 기준은 명확하지 않으나 버섯재배에는 오염된 원재료를 사용할 수 없으므로 일반적인 재배환경에 대하여 유해물질의 분석 및 기준에 대해서는 코덱스국제 식품규격이 식품에 대한 전 세계적으로 통용될 수 있는 기준 및 규격 등을 규정한 식품 법령이라 할 수 있으며, 잔류농약은 농약잔류분과위원회(CCPR)과 중금속과 미생물은 식품 중 오염물질분과위원회(CCCF)에서 기준이 설정되어 있다. Codex의 식품 중 중금속 기준 중 납에 대한 기준만 있으며, 그중 생버섯은 없고 버섯통조림의 경우 1 mg/kg만 기준값으로 설정되어 있으며, 중국의 경우 카드뮴은 신선식용균(표고, 신령버섯 제외) 0.2, 표고버섯 0.5, 식용균제품(신령

버섯제품 제외) 0.5, 비소는 식용균 및 식용균제품 모두 0.5, 수은은 식용균 및 식용균제품 모두 0.1mg/kg으로 그 기준이 설정되어 있다. 유럽연합(EU)의 경우 느타리, 양송이, 표고에 대해 납, 카드뮴을 각각 0.3ppm, 0.2ppm 이하로 설정하여 관리하고 있고, 미국, 일본, 캐나다 등 국가는 별도의 기준을 갖고 있지 않으며, 대만은 식용버섯류에서 납은 3.0이하, 카드뮴은 2.0이하에 대한 기준만 있다. 일본의 경우 버섯재배에 사용할 수 있는 농약은 살균제 1종류(베노밀), 살충제 4종류(fenitrothion, BT제, diflubenzuron, 보베리아브론니아테이)이며, 등록수는 베노밀 1종, fenitrothion 4종, BT제 3종, diflubenzuron 1종, 보베리아브론니아테이 1종임. 이중 베노밀, fenitrothion, diflubenzuron은 화학농약이며, BT제와 보베리아브론니아테이는 생물농약며, 버섯용 벤레이트는 과거 원목재배 시에만 사용하였으나, 2005년 3월부터 모든 버섯에 사용할 수 있도록 적용범위가 확대되었다. 또한 버섯 재배 및 포지티브 리스트 제도 : 2006년 5월부터 식품위생법의 포지티브 리스트 제도가 시행되었으며, 버섯에 2006년 3월 이후 버섯 GAP(우수농산물 관리제도)에 대한 GAP책정 및 보급매뉴얼을 정리하였다. 병원미생물 등에 대한 생물적 위해요인과 중금속 및 농약 등에 대한 화학적 위해요인, 이물혼입에 대한 물리적 위해요인과 기타 작업 및 작업자의 위생관리 등에 관하여 관리하는 방법을 표준화하였고, 원료, 영양제, 첨가제에 잔류 가능성 있는 농약 56종에 대해 농약별 기준을 설정하였으며, 중금속 4종 중 납 3.0, 카드뮴 1.0, 수은 0.4, 비소 2.0ppm의 기준을 설정하였다.

### 3절. 연구개발 범위

세부목표	항목	연구개발 범위
버섯 품목별 국내외 배지재료의 사용실태, 배지재료 및 자실체의 유해성분(잔류농약·중금속) 조사	배 지 재 료 분 석	1) 버섯 품목별 배지재료 및 자실체의 유해성분(잔류농약·중금속) 조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 조사 품목 : 팽이, 큰느타리, 양송이, 느타리</li> <li>· 조사배지재료 : 콘코프, 비트펄프, 톱밥, 면실피 등</li> <li>· 농가별 배지재료의 사용실태 및 유해성분 조사 : 수입국가 등</li> <li>· 농가별 버섯 재배용 혼합배지의 유해성분 조사 : 살균전, 살균후, 수확후 등</li> <li>· 농가별 생육단계별 버섯 자실체의 유해성분 분석</li> </ul> 2) 버섯 배지재료와 자실체의 유해성분(잔류농약, 중금속) 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 시험 재료 : 배지재료, 버섯 자실체 등</li> <li>· LC, GC를 이용한 잔류농약 245종 분석</li> <li>· ICP를 이용한 중금속 분석(납, 카드뮴 등)</li> </ul>
큰느타리, 양송이버섯에 대한 유해성분(농약, 중금속 등)의 자실체 이행관련성 구명	큰 느 타 리, 양 송 이 버 섯 유 해 성 분 이 행 구 명	1) 큰느타리, 양송이버섯 생육단계별 잔류농약의 자실체로 이행관련성 규명 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 대상농약 : 식약처 잔류농약허용기준 등록농약 3종 등</li> <li>· 조사재료(시기) : 배지(살균전, 살균후, 수확후), 자실체</li> <li>· 원래 배지재료 자체에 흡착되어 있는 농약성분의 이행정도 규명               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농약성분 흡착 배지재료만 사용한 배지의 자실체 이행 규명</li> <li>- 농약성분 흡착 배지재료의 혼합비율별 농약성분 잔류 정도 분석</li> <li>- 농약성분 흡착 배지재료의 혼합비율별 자실체 이행 규명</li> </ul> </li> <li>· 인위적으로 농약성분을 배지재료에 첨가 후 자실체 이행정도 규명</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농약성분 종류 및 농도별 혼합배지에서 농약성분 잔류정도 분석</li> <li>- 농약성분 종류별 자실체로의 이행 최소 농도 규명</li> </ul> <p>2) 큰느타리, 양송이버섯 생육단계별 중금속의 자실체로 이행관련성 규명</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 대상중금속 : 식약처 등록 유해중금속 1종 등</li> <li>· 조사재료(시기) : 배지(살균전, 살균후, 수확후), 자실체</li> <li>· 원래 배지재료 자체에 흡착되어 있는 중금속성분의 이행정도 규명</li> <li>- 중금속성분 흡착 배지재료만 사용한 배지의 자실체 이행 규명</li> <li>- 중금속성분 흡착 배지재료의 혼합비율별 농약성분 잔류 정도 분석</li> <li>- 중금속성분 흡착 배지재료의 혼합비율별 자실체 이행 규명</li> <li>· 인위적으로 중금속성분을 배지재료에 첨가 후 자실체 이행정도 규명</li> <li>- 중금속성분 종류 및 농도별 혼합배지에서 농약성분 잔류정도 분석</li> <li>- 중금속성분 종류별 자실체로의 이행 최소 농도 규명</li> </ul>
<p>느타리, 팽이버섯에 대한 유해성분(농약, 중금속 등)의 자실체 이행 관련성 규명</p>	<p>느타리, 팽이버섯 유해성분 이행 규명, 기작 연구</p>	<p>1) 팽이, 느타리버섯 생육단계별 잔류농약의 자실체로 이행관련성 규명</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 대상농약 : 배지재료 함유 농약, 식약처 잔류농약허용기준에 등록된 농약성분</li> <li>· 조사재료(시기) : 배지(살균전, 살균후, 수확후), 자실체</li> <li>· 원래 배지재료 자체에 흡착되어 있는 농약성분의 이행정도 규명</li> <li>- 농약성분 흡착 배지재료만 사용한 배지의 자실체 이행 규명</li> <li>- 농약성분 흡착 배지재료의 혼합비율별 농약성분 잔류 정도 분석</li> <li>- 농약성분 흡착 배지재료의 혼합비율별 자실체 이행 규명</li> <li>· 인위적으로 농약성분을 배지재료에 첨가 후 자실체 이행정도 규명</li> <li>- 농약성분 종류 및 농도별 혼합배지에서 농약성분 잔류정도 분석</li> <li>- 농약성분 종류별 자실체로의 이행 최소 농도 규명</li> </ul> <p>2) 팽이, 느타리버섯 생육단계별 중금속의 자실체로 이행관련성 규명</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 대상중금속 : 식약처에 등록된 유해중금속 2종(납, 카드뮴)</li> <li>· 조사재료(시기) : 배지(살균전, 살균후, 수확후), 자실체</li> <li>· 원래 배지재료 자체에 흡착되어 있는 중금속성분의 이행정도 규명</li> <li>- 중금속성분 흡착 배지재료만 사용한 배지의 자실체 이행 규명</li> <li>- 중금속성분 흡착 배지재료의 혼합비율별 농약성분 잔류 정도 분석</li> <li>- 중금속성분 흡착 배지재료의 혼합비율별 자실체 이행 규명</li> <li>· 인위적으로 중금속성분을 배지재료에 첨가 후 자실체 이행정도 규명</li> <li>- 중금속성분 종류 및 농도별 혼합배지에서 농약성분 잔류정도 분석</li> <li>- 중금속성분 종류별 자실체로의 이행 최소 농도 규명</li> </ul> <p>3) 유해물질 첨가에 따른 생장단계별 유전자 발현특성 규명</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 생육 시기별/농약 및 중금속의 종류 별/처리 농도차이에 따른 환경지표 연관 RNA의 발현 검정을 통하여 대량 전사체 (transcriptome) 분석을</li> </ul>

		<p>위한 criteria 설정: 최적 처리/생육 단계 분석을 통한 분석 구간 설정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 환경지표 연관 효소에 대한 유해물질 관련 유전자를 이용한 처리별 유전자 발현 검정</li> <li>· 전사체 raw data의 분석 (DESEQ2 활용)을 통한 특이적 발현 유용 유전자 (DEG: Differential Expressed Gene) 발굴</li> <li>· 전사체 분석 및 비교 전사체 분석을 통한 유해물질 관련 기본 기작 예측 및 종합 분석</li> </ul>
<p>표고버섯 배지재료 유해성분(농약, 중금속 등) 분석, 자실체 이행관련성 구명 및 안전기준 설정</p>	<p>표고버섯 유해성분 분석, 자실체 이행관련성 구명 및 안전기준 설정</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 국내외 표고버섯 배지재료 및 자실체에 대한 유해성분 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내외 표고버섯 배지재료에 대한 안전관리 실태조사</li> <li>· 표고버섯 배지재료의 사용실태 및 유해성분(잔류농약, 중금속) 조사 : 참나무톱밥, 미강 등</li> <li>· 국내 및 수입산 표고버섯 종균접종배지 및 자실체 유해물질 조사</li> </ul> </li> <li>2) 표고버섯에 대한 유해성분(농약, 중금속 등)의 자실체 이행관련성 구명 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 표고버섯 생육단계별 잔류농약의 자실체로 이행관련성 구명</li> <li>· 대상농약 : 배지재료 함유 농약, 식약처 등록 잔류농약허용기준 농약성분 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조사재료(시기) : 배지(살균전, 살균후, 수확후), 자실체</li> <li>- 원래 배지재료 자체에 흡착되어 있는 농약성분의 이행정도 구명</li> <li>- 인위적으로 농약성분을 배지재료에 첨가 후 자실체 이행정도 구명</li> </ul> </li> <li>· 표고버섯 생육단계별 중금속의 자실체로 이행관련성 구명 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상중금속 : 식약처에 등록된 유해중금속 2종(납, 카드뮴)</li> <li>- 조사재료(시기) : 배지(살균전, 살균후, 수확후), 자실체</li> <li>- 원래 배지재료 자체에 흡착되어 있는 중금속성분의 이행정도 구명</li> <li>- 인위적으로 중금속성분을 배지재료에 첨가 후 자실체 이행정도 구명</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>3) 표고버섯 배지재료에 대한 유해성분(잔류농약, 중금속) 안전 기준설정 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 농약성분 및 유해중금속을 대상으로 버섯 배지내 최대 허용기준 설정</li> <li>· 버섯 종류별 미등록 잔류농약에 대한 최대 허용기준 설정</li> </ul> </li> </ol>

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### 1절. 목표

#### 1. 최종목표

- 버섯에 대한 식품안전성을 확보하고 소비자 신뢰도를 제고하기 위해 국내외에서 유통되는 버섯 배지재료의 유해성분을 분석하여 합리적인 안전기준을 설정

#### 2. 세부목표

- 시험 품목 : 느타리, 팽이, 큰느타리, 양송이, 표고 등 5품목
- 국내 및 수입 버섯 배지재료의 사용실태 및 유해성분 분석
  - 주요 사용원료에 대한 사용현황 및 유해성분 조사
    - 유해성분 분석 : 농약, 중금속 등
    - 배지재료 : 톱밥류, 볏짚, 밀짚, 소맥피, 콘코브, 비트펠프, 면실피, 면실박, 솜 등
- 배지내 유해성분의 버섯 이행관련성 및 기작 연구
  - 농약 9종 및 중금속 3종 등 유해성분 이행정도 및 기작 연구
    - 배지와 유해성분의 버섯 자실체로의 이행정도 구명 : 이행경로, 농도 등
    - 유해성분 전이기작 구명 : 유해성분의 농도에 따른 자실체 유전자 발현정도
- 버섯 배지재료에 대한 주요 농약성분 안전성 기준 설정
  - 배지재료내 잔류농약 및 중금속의 자실체 이행정도 분석을 기반으로 버섯 자실체 및 배지재료의 잔류허용기준 설정
    - 정책제안을 통한 배지재료 및 자실체의 유해물질 기준설정

## 2절. 연구수행 내용 및 결과

### 1. 주관연구기관(국립원예특작과학원)

#### 가. 국내의 버섯 배재용 배지재료 현황

수입되고 있는 배지재료들은 중국, 미국, 인디아 등 다양한 나라에서 수입되고 있었으며, 원산지내 수집지역, 운송방법, 현지가공방법, 보관실태, 보관기간 등에 대한 정보를 정확히 파악하기 힘들었고, 통관절차는 식물검역 중심으로 검사(병해충 검사→이상없을시 통관, 병해충 발견시 전수조사 및 훈증 등 소독작업 실시)을 실시하고, 2일에서 7일(방역시) 소요 된다. 국내 주문부터 원산지 현지 수집, 가공, 수출운반, 통관, 국내 창고 반입 까지 소요되는 기간은 최소 30~50일 정도 소요되며, 원산지 현지 생산량과 국내수요 등에 따라 기간은 연장 되기도 한다. 혼합배지는 미국 등에서 수입된 곡물류(밀,콩,옥수수 등)를 국내 가공공장(CJ, 사조, 정식품 등)에서 가공 후 부산물(소맥피, 대두박, 대두피, 파옥쇄, 옥배아박, 옥글루텐, 해바라기박 등)을 수거하여 자체운영 가공시설을 활용하여 혼합 후 주문한 농장으로 판매한다. 소맥피, 대두박, 파옥쇄 등 곡물류는 미국에서 원곡을 벌크로 수입하고 국내 유지업체 등에서 착유 등 가공작업 후 부산물을 소포장하여 버섯재배에 활용하고 있으며, 미강(쌀겨)은 정미작업 후 수일내 전문수거업체가 수거하여 버섯재배 농가에 납품하여 별도의 보관창고를 두고 앓고 있었다. 참나무톱밥, 미강 등은 표고용 재배배지로 주로 사용되고 있으며, 톱밥 중 85%가 버섯농가, 10%가 축산농가, 5%가 곤충용으로 판매되고 있

었다. 혼합배지는 새송이, 팽이버섯, 느타리 전용으로 제조 한 후 농가 주문 즉시 제조하여 운송하기 때문에 창고에서 보관되는 기간이 수일내로 짧았다. 그리고 배지재료의 포장단위는 주로 압착된 소포장이나 벌크형태로 유통되고 있었으며, 보관은 임시용 비닐하우스, 간이창고, 판넬로 만든 저장창고 등을 이용하였고, 바닥은 대부분 방습재질 마감이 되어 있지 않고, 부분적으로 파렛트를 사용하여 보관하고 있었다. 따라서 여름철 고온기 온도관리가 용이하지 못할 것으로 판단되며, 비가 오거나 습기찬 날은 바닥투습으로 장기보관시 변질이 우려되었다.

표 1. 버섯 재배용 국내외 유기성 배지재료 현황

배지재료	수입국	포장단위	가격(원/kg)
콘코브	중국	30kg압착, 소포장	240
비트펠프	우크라이나	30kg,톤백	420~430
	이집트	벌크, 톤백	
	미국	벌크, 톤백	
면실피	인디아, 아프리카	25~30kg, 소포장	390
면실박	인디아	30kg소포장	520~560
케이폭박	인도네시아	30kg소포장	370~410
소맥피	미국	벌크	318
대두박	미국	벌크	580
파옥쇄	미국	벌크	345
밀짚펠렛	중국	30kg소포장	280
땅콩껍질	중국	소포장+톤백	280
옥수수주정박	미국	벌크	
알바시아툽밥	인도네시아	벌크	
해바라기박	우크라이나	벌크,톤백	
미 강	국 산	500kg/톤백	350
참나무툽밥(발효툽밥)	국산	20kg/포대	250

※ 가격은 운송료 별도



그림 1. 버섯 재배용 배지재료의 보관 현황

#### 나. 국내의 버섯 배재용 배지재료 및 자실체 농약잔류 분석 현황

##### 1) 수집 배지재료 및 자실체 농약잔류 분석 종합자료

국내 병재배 버섯농가에서 수집한 배지재료와 자실체의 농약잔류를 분석한 결과 Fenoxanil 등 24종의 농약성분과 성장조정제인 Gibberellic acid가 검출되었다. Diphenylamine은

콘코브, 밀기울, 옥수수, 옥배아, 알바시아툼밥, 대두박 등에서 검출되었고, 면실박에서는 Imidacloprid 등 3종, 면실피에서는 Piperonyl butoxide 등 2종, 미강에서는 Tricyclazole 등 8종, 건비지에서는 Bifenthrin 등 6종, 밀기울에서는 Chlorpyrifos-methyl 등 3종, 옥수수와 관련된 재료에서는 Piperonyl bitoxide 등 6종, 케이폭박에서는 Bifenthrin 1종, 대두피에서는 Piperonyl bitoxide 1종, 툽밥에서는 Propiconazole 등 3종이 검출되었다. 혼합배지, 살균후배지 및 배양배지에서는 배지재료에서 검출된 농약이 대부분 검출되었고, 혼합배지의 살균을 거치면서 분해되어 배양배지에서는 Thifluzamide 등 2종이 검출되었다. 이러한 농약성분들은 해당작물을 재배할 때 병해충 방제를 위해 사용한 농약이 잔류되어 있는 것으로 판단된다. 그러나 농가에서 수집한 버섯 자실체에서는 농약성분이 검출되지 않았다. 이상의 결과에서 배지재료에 함유된 미량의 농약성분은 배지의 살균 및 균사배양 단계를 거치면서 일부 분해되어 자실체로는 이행되지 않은 것으로 판단된다.

표 2. 국내 병재배 버섯농가에서 수집한 배지재료의 농약 검출 현황 (종합, '18~'20)

배지재료명	검출농약	검출농도(mg/kg)	적용대상
콘코브	Diphenylamine	0.0080	살균제
비트펄프	Epoxiconazole	0.025~0.084	살균제
	Difenconazole	0.005~0.014	살균제
면실박	Imidacloprid	0.006	살충제
	Thiamethoxam	0.019~0.048	살충제
	Tricyclazole	0.075~0.044	살균제
면실피	Piperonyl butoxide	0.020	살충제
	Gibberellic acid	0.068	생장조정제
미강	Fenoxanil	0.017~0.043	살균제
	Tricyclazole	0.075~0.090	살균제
	Thifluzamide	0.006~0.009	살균제
	Isoprothiolane	0.014~0.018	살균제
	Propiconazole	0.021	살균제
	Fenitrothion	0.024	살충제
	Ferimzone(E)	0.122	살균제
	Ferimzone(z)	0.140	살균제
건비지	Bifenthrin	0.046	살충제
	Chlorfenapyr	0.105	살충제
	Procymidone	0.013	살균제
	Penthiopyrad	0.016	살균제
	Propiconazole	0.040	살균제
	Chlorantraniliprole	0.039	살충제
밀기울 (소맥피)	Chlorpyrifos-methyl	0.059	살충제
	Parathion-methyl	0.058	살충제
	Diphenylamine	0.013	살균제
옥수수 (파쇄, 옥분)	Piperonyl bitoxide	0.008~0.759	살충제
	Chlorpyrifos-methyl	0.028	살충제
	Primiphos-methyl	0.033	살충제
	Parathion-methyl	0.042	살충제
	Diphenylamine	0.015	살균제
케이폭박	Bifenthrin	0.036	살충제
옥배아	Diphenylamine	0.014	살균제

	Fenitrothion	0.006	살충제
	Piperonyl bitoxide	0.016	살충제
알바시아톱밥	Diphenylamine	0.021	살균제
대두박	Diphenylamine	0.004	살균제
대두피	Piperonyl bitoxide	0.022	살충제
발효톱밥	Propiconazole	0.186	살충제
	Phenotrin	0.021	살충제
톱밥	Dicofol	0.063	살충제
	Propiconazole	0.037	살충제
혼합배지	Piperonyl butoxide	0.011~0.042	살충제
	Chlorpyrifos-methyl	0.038	살충제
	Fenoxanil	0.015	살균제
	Isoprothiolane	0.016	살균제
	Epoxiconazole	0.007	살균제
살균후배지	Diphenylamine	0.007	살균제
	Epoxiconazole	0.005	살균제
배양배지	Thifluzamide	0.005~0.014	살균제
	Fenoxanil	0.005~0.045	살균제
느타리자실체	불검출	-	
큰느타리자실체	불검출	-	
팽이버섯자실체	불검출	-	

\* 잔류농약 320종 정량한계 : 0.005 mg/kg

균상재배는 양송이버섯 재배서 가장 많이 사용하고 있고, 일부 느타리재배에서 사용하고 있는 방법으로 균상재배 농가에서 수집한 배지재료와 자실체의 농약잔류를 분석한 결과 Diuron 등 32종의 농약성분이 검출되었다. 느타리 재배에 사용하는 폐면에서는 Malathion 등 22종의 농약성분이 검출되었고, 양송이 재배에 사용하는 볏짚과 복토에서는 Isoprothiolane 등 14종의 농약성분이 검출되었다. 느타리 재배용 폐면에서는 Diuron 등 21종이 검출되었고, 폐면을 살균한 혼합배지에서는 Chlorfenapyr 등 5종의 농약성분이 검출되었지만 버섯 자실체에서는 농약성분이 검출되지 않았다. 이러한 결과는 폐면의 살균과정과 군사배양 중에 일부 농약성분이 분해된 것으로 보여지며, 배지에 남아 있는 미량의 농약성분은 버섯으로 이행되지 않음을 확인하였다. 그리고 양송이재배에 사용하는 볏짚에는 Tricyclazole 등 11종의 농약성분이 검출되었고, 볏짚과 계분, 석고를 혼합한 혼합배지에서는 Bifenthrin 등 9종의 농약성분이 검출되었으며, 복토에서는 Thifluzamide 등 4종의 농약성분이 검출되었다. 그리고 자실체에서 Carbendazim, Prochloraz, Terbufos 등이 검출되었다. 실제 양송이 재배에서 병해충 방제를 위해 사용가능한 등록농약은 Carbendazim, Prochloraz, Teflubenzuron, Diflubenzuron 등 4종이 있으며, 이들 농약의 검출은 농가에서 병해충 방제를 위해 사용한 결과로 검출된 것으로 판단되며, 자실체에 검출된 2종은 등록된 농약이며, 1종은 잠정 안전사용기준으로 설정되어 있는 농약성분으로 배지나 복토에서 검출되지 않았다. 이상의 결과에서 양송이재배에 사용하는 배지재료에 함유된 미량의 농약성분은 배지의 살균 및 군사배양 단계를 거치면서 일부 분해되어 자실체로는 이행되지 않은 것으로 판단된다.

표 3. 국내 균상재배 버섯농가에서 수집한 배지재료의 농약 검출 현황 (종합, '18~'20)

품목명	배지재료명	검출농약	검출농도(mg/kg)	적용대상
느타리 버섯	폐면(방울슴)	Diuron	0.629	제초제
		Malathion	0.330	살충제
		Carbofuran	0.392	살충제
		Pyraclostrobin	0.088~0.265	살균제
		Chlorfenapyr	0.160	살충제
		Lufenuron	0.138	살충제
		Fenvalerate	0.167	살충제
		Methoxyfenozide	0.106	살충제
		Acetamiprid	0.043~0.547	살충제
		Azoxystrobin	0.040~0.043	살균제
		Carbendazim	0.042~0.878	살균제
		Clomazone	0.071	제초제
		Fipronil	0.010	살충제
		Imidacloprid	0.075	살충제
		Procymidone	0.065	살균제
		Thiodicarb	0.093	살충제
		Acetamiprid	0.107~0.441	살충제
		Difenoconazole	0.051~0.199	살균제
		Propiconazole	0.034	살균제
		Bifenthrin	0.278	살충제
	Fenpropathrin	0.046	살충제	
	살균후 폐면	Chlorfenapyr	0.012	살충제
		Propiconazole	0.009	살균제
		Bifenthrin	0.035	살충제
		Prochloraz	0.098	살충제
		Difenoconazole	0.03	살균제
느타리 자실체	-	불검출		
양송이 버섯	벗짚	Isoprothiolane	0.025~0.152	살균제
		Tricyclazole	0.035~0.188	살균제
		Thifluzamide	0.029~0.171	살균제
		Chlorantraniliprole	0.028~0.151	살충제
		Ethofenprox	0.033	살충제
		Carbendazim	0.037	살균제
		Ferimzone	0.497	살균제
		Fenoxanil	0.458	살균제
		Triadimenol-1	0.080	살균제
		Propiconazole	0.143	살균제
		Fenvalerate	0.357	살충제
		혼합배지	Carbendazim	0.049~16.752
	Prochloraz		0.050~6.192	살균제
	Teflubenzuron		0.190~45.775	살충제
	Thifluzamide		0.030~0.267	살균제
	Chlorfenapyr		0.070	살충제
	Bifenthrin		0.039~0.052	살충제
	Fenoxanil		0.030~0.041	살균제
	Propiconazole		0.044	살균제
	Tricyclazole	0.027	살균제	

복토		Carbendazim	0.057~7.545	살균제
		Prochloraz	0.310~1.403	살균제
		Teflubenzuron	2.737~13.802	살충제
		Thifluzamide	0.036	살균제
양송이 자실체		Carbendazim	0.542~13.369	살균제
		Prochloraz	0.114~2.195	살균제
		Terbufos	0.044	살충제

\* 잔류농약 320종 정량한계 : 0.005 mg/kg

양송이버섯의 경우 농가시료나 시판용 자실체에서 다량의 농약이 검출되고 있어 배지재료속에 함유된 농약성분이 이행하는지 아니면 재배과정 중에 병해충방제용으로 사용한 농약이 검출되는 지 확인하기 위하여 친환경(무농약)농가의 시료를 수집하여 조사한 결과 배지재료에서 Oxadiazon 등 6종의 농약성분이 검출되었다. 그러나 자실체에서는 농약성분이 전혀 검출되지 않았다. 검출된 농약성분 중 5종은 버섯 재배할 때 사용하는 농약이었고, 나머지 1종인 Carbendazim은 양송이재배의 병해 방제용으로 등록된 약제였다. 이러한 결과는 배지재료 속에 함유된 미량의 농약성분은 자실체로 이행되지 않는 것으로 판단되며, 시판용 버섯 자실체에서 검출되는 농약성분은 재배과정 중에 처리한 것으로 판단된다. 또한 무농약 인증의 경우 배지내에서도 농약성분이 검출되지 않아야 하지만, 농가에서는 사용하지 않는 비의도적인 농약이 검출되고 있어 친환경 인증이 취소되어 농가에 피해가 발생하고 있어 해결책이 필요할 것으로 판단된다.

표 4. 친환경(무농약) 양송이농가에서 수집한 배지 및 자실체 농약 검출 현황 ('20)

시료번호	시료명	검출농약명	검출농도 (mg/kg)
부여 농가1	벗짚	Carbendazim	0.021
		Oxadiazon	0.211
		Ethofenprox	0.009
	혼합배지	불검출	-
	양송이자실체	불검출	-
부여 농가2	벗짚	불검출	-
	혼합배지	불검출	-
	양송이자실체	불검출	-
부여 농가3	벗짚	Thifluzamide	0.043
		Chlorantraniliprole	0.355
	혼합배지	Thifluzamide	0.083
		Fenoxanil	0.128
		Carbendazim	0.443
	양송이자실체	불검출	-
보령 농가4	혼합배지	불검출	-
보령 농가5	혼합배지	불검출	-
보령 농가6	혼합배지	불검출	-

수입업체로부터 수집한 배지재료의 농약성분을 조사한 결과 Epoxiconazole 등 21종의 농약성분이 검출되었다. 팽이버섯 재배에 가장 많이 사용하고 있는 콘코브에서는 농약성분이 검출되지 않았으며, 비트펠프는 Difenoconazole 등 3종이 검출되었고, 우크라이나와 이집트산에서는 농약성분이 검출되었지만 미국산에서는 검출되지 않았다. 면실피와 면실박에서는 Diphenylamine

이 검출되었고, 케이폭박에서는 Oxyfluorfen 등 3종이 검출되었다. 밀기울, 파옥쇄, 대두박은 미국에서 수입되었으며, 밀기울에서는 Piperonyl Butoxide 등 4종, 파옥쇄에서는 Deltamethrin 등 3종, 대두박에서는 Piperonyl butoxide 1종이 검출되었으며 공통적으로 Piperonyl butoxide 성분의 살충제가 검출되었다. 중국에서 수입되는 밀짚에서는 Bifenthrin 등 7종, 땅콩껍질에서는 Diphenylamine 등 3종, 땅콩껍질과 밀왕겨의 혼합배지에서는 Phoxim 등 8종의 농약성분이 검출되었다. 옥수수주정박과 해바라기박에서는 농약성분이 검출되지 않았고, 아카시아툽밥에서는 Diphenylamine 성분이 검출되었다. 이상의 결과에서 배지재료내 농약성분은 수입지역, 수입 시기 등에 따라 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다.

표 5. 수입업체로부터 수집한 배지재료의 농약 검출 현황 (종합, '18~'20)

배지재료	수입국	검출농약	검출농도(mg/kg)	적용대상
콘코브	중국	불검출	-	-
비트펠프	우크라이나	Epoxiconazole	0.030	살균제
	이집트	Diphenylamine	0.031	살균제
		Epoxiconazole	0.012	살균제
	미국	Difenoconazole	0.018	살균제
면실피	미국	불검출	-	
	인디아	Diphenylamine	0.183	살균제
면실박	아프리카	Diphenylamine	0.042	살균제
면실박	인디아	Diphenylamine	0.041~0.069	살균제
케이폭박	인도네시아	Oxyfluorfen	0.034	제초제
		Diphenylamine	0.028~0.098	살균제
		Indanofan	0.040	제초제
밀기울(소맥피)	미국	Piperonyl Butoxide	0.036~0.449	살충제
		Parathion-methyl	0.055	살충제
		Chlorpyrifos-methyl	0.047	살충제
		Deltamethrin	0.089	살충제
대두박	미국	Piperonyl butoxide	0.040	살균제
파옥쇄	미국	Deltamethrin	0.645	살충제
		Piperonyl butoxide	3.806	살균제
		Pirimphos-methyl	0.015	살균제
밀짚펠렛	중국	Bifenthrin	0.082	살충제
		Cyhalothrin 1	0.105	살충제
		Cyhalothrin 2	0.799	살충제
		Propiconazole 2	0.028	살균제
		Carbendazim	0.023	살균제
		Phoxim	0.016	살충제
		Tebuconazole	0.013	살균제
땅콩껍질	중국	Diphenylamine	0.018	살균제
		Thifluzamide	0.017	살균제
		Difenoconazole	0.010	살균제
땅콩껍질+밀왕겨	중국	Bifenthrin	0.085	살충제
		Cyhalothrin 1	0.132	살충제
		Cyhalothrin 2	0.987	살충제
		Fenvalerate 1	0.054	살충제
		Permethrin 1	0.148	살충제

		Carbendazim	0.034	살균제
		Phoxim	0.011	살충제
		Diphenylamine	0.118	살균제
옥수수주정박	미국	불검출	-	
아카시아톱밥	베트남	Diphenylamine	0.036	살균제
해바라기박	우크라이나	불검출	-	

\* 잔류농약 320종 정량한계 : 0.005 mg/kg

버섯 재배에 사용되고 있는 배지재료내 농약성분이 버섯 자실체로 이행되었는지 확인하기 위하여 시중에 판매되고 있는 버섯을 수집하여 농약잔류 분석을 한 결과 수입업체로부터 수집한 배지재료의 농약성분을 조사한 결과 느타리, 팽이, 만가닥 버섯에서는 농약성분이 검출되지 않았고, 큰느타리버섯의 경우 1농가에서 미량의 Carbendazim의 이 검출되었지만 큰느타리버섯에 사용하는 배지에서는 Carbendazim이 검출되지 않는 것으로 보아 농가에서 재배사나 기구의 소독용으로 사용하면서 일시적으로 버섯으로 옮겨 간으로 판단된다. 양송이의 경우 병해 방제용으로 팜한농베노밀이 등록되어 있지만 Carbendazim 성분으로 허용잔류기준이 0.7 mg/kg이지만 마트에서 수집한 양송이 시료에서는 모두 초과된 성분이 검출되었다. 이것을 재배과정 중에 사용시기와 안전사용 기준을 지키지 않았을 것으로 판단된다. 그러나 양송이 재배사용하는 벧짚과 복토에서 검출되는 미등록 농약성분은 자실체에서 검출되지 않았다. 이상의 결과에서 양송이재배에 사용하는 배지재료에 함유된 미량의 농약성분은 자실체로 이행되지 않는 것으로 판단되며, 병해충 방제용으로 등록된 농약의 안전사용기준에 대한 교육이나 농가인식이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

표 6. 시판용 버섯 자실체의 농약검출 현황 (종합, '18~'20)

시료명	시험농약	검출농약	검출농도(mg/kg)
느타리1	잔류농약320종	불검출	-
느타리2	잔류농약320종	불검출	-
느타리3	잔류농약320종	불검출	-
느타리4	잔류농약320종	불검출	-
느타리5	잔류농약320종	불검출	-
느타리6	잔류농약320종	불검출	-
느타리7	잔류농약320종	불검출	-
느타리8	잔류농약320종	불검출	-
느타리9	잔류농약320종	불검출	-
느타리10	잔류농약320종	불검출	-
느타리11	잔류농약320종	불검출	-
느타리12	잔류농약320종	불검출	-
느타리13	잔류농약320종	불검출	-
팽이1	잔류농약320종	불검출	-
팽이2	잔류농약320종	불검출	-
팽이3	잔류농약320종	불검출	-
팽이4	잔류농약320종	불검출	-
팽이5	잔류농약320종	불검출	-
팽이6	잔류농약320종	불검출	-
팽이7	잔류농약320종	불검출	-
팽이8	잔류농약320종	불검출	-

팽이9	잔류농약320종	불검출	-
팽이10	잔류농약320종	불검출	-
팽이11	잔류농약320종	불검출	-
팽이12	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리1	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리2	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리3	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리4	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리5	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리6	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리7	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리8	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리9	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리10	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리11	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리12	잔류농약320종	Carbendazim	0.080
큰느타리13	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리14	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리15	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리16	잔류농약320종	불검출	-
큰느타리17	잔류농약320종	불검출	-
양송이1	잔류농약320종	Carbendazim	1.423
양송이2	잔류농약320종	Carbendazim	0.950
양송이3	잔류농약320종	Carbendazim	10.539
양송이4	잔류농약320종	Carbendazim	26.441
양송이5	잔류농약320종	Carbendazim	13.369
양송이6	잔류농약320종	Carbendazim	불검출
양송이7	잔류농약320종	Carbendazim	2.734
양송이8	잔류농약320종	Carbendazim	1.176
만가닥1	잔류농약320종	불검출	-
만가닥2	잔류농약320종	불검출	-
만가닥3	잔류농약320종	불검출	-
만가닥4	잔류농약320종	불검출	-

\* 정량한계 : 0.005 mg/kg

버섯재배에 사용하고 있는 배지재료에 함유된 농약성분 중 Diphenylamine은 국내에서 판매되거나 사용되고 있지 않는 성분으로 많은 배지재료에서 검출되고 있어 버섯 자실체로 이행여부에 대해 세밀한 조사를 위하여 시중에 판매되고 있는 느타리, 큰느타리, 팽이버섯을 5곳의 마트에서 구입하여 조사한 결과 자실체에서는 검출되지 않았다. 이러한 결과는 배지재료에 함유된 Diphenylamine은 버섯 자실체로 이행되지 않는 것으로 판단된다.

표 7.시판용 버섯 자실체의 Diphenylamine 검출 현황 ('20)

구분		분석 농약명	검출농도 (mg/kg)
마트 1	느타리	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
	큰느타리	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
	팽이	잔류농약(Diphenylamine)	불검출

마트 2	느타리	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
	큰느타리	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
	팽이	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
마트 3	느타리	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
	큰느타리	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
	팽이	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
마트 4	느타리	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
	큰느타리	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
	팽이	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
마트 5	느타리	잔류농약(Diphenylamine)	불검출
	큰느타리	잔류농약(Diphenylamine)	불검출

\* 정량한계 : 0.005 mg/kg

버섯재배용 배지재료에 함유된 농약성분이 자실체로 이행되는지 확인하기 위하여 느타리 버섯을 대상으로 조사하였다. 느타리 재배에 사용되는 미루나무톱밥과 비트펄프에서는 농약성분이 검출되지 않았고, 면실박에서 Diphenylamine 0.069ppm, 케이폭박에는 Indanofan 0.040ppm, Diphenylamine 0.037ppm이 함유되어 있었고, 이들 재료를 일정한 비율로 혼합하여 느타리 표 준재배법에 준하여 재배하여 자실체의 농약성분을 조사한 결과 농약성분들은 자실체에 검출되지 않았다. 이상의 결과에서 배지재료 내 미량의 농약성분은 자실체로 이행되지 않는 것으로 판단된다.

표 8. 배지재료내 농약성분의 느타리버섯 자실체 이행여부 확인

배지종류	원산지	잔류농약	검출농도(mg/kg)	비 고
미루나무톱밥	국 산	불검출	-	-
면실박	인디아	Diphenylamine	0.069	살균제
비트펄프	이집트	불검출	-	-
케이폭박	인도네시아	Indanofan	0.040	제초제
		Diphenylamine	0.037	살균제
자실체	국 산	불검출	-	-

\* 잔류농약 320종 정량한계 : 0.005 mg/kg

## 2) 농가 및 수입업체별 배지재료 및 자실체의 농약잔류 분석

농가에서 수집한 배지재료를 분석한 결과 A농가의 미강에서는 Fenoxanil 등 5종, 건비지에서는 Bifenthrin 등 2종의 농약이 검출되었으며, B농가에서는 구입한 혼합사료에서 Chlorpyrifos-methyl 등 2종, 면실박에서 Imidacloprid 등 3종, 밀기울에서는 Chlorpyrifos-methyl 등 2종의 농약이 검출되었으며, 버섯 재배용 혼합배지에서는 배지재료에 검출된 농약성분들이 검출되었다.

표 9. 버섯 재배 농가별 수집 배지재료 농약성분 분석 (18)

농가명	시료명	검출농약	검출농도(mg/kg)
A 농가	팽이버섯 자실체	불검출	-
	비트펄프	불검출	-

	콘코프	불검출	-
	혼합배지	Fenoxanil	0.015
		Isoprothiolane	0.016
	옥분	불검출	-
	미강	Fenoxanil	0.043
		Isoprothiolane	0.018
		Propiconazole	0.021
		Thifluzamide	0.006
		Tricyclazole	0.044
	대두박	불검출	-
건비지	Bifenthrin	0.046	
	Chlorfenapyr	0.105	
B농가	혼합사료 1	Chlorpyrifos-methyl	0.005
		Piperonylbutoxide	0.011
	혼합사료 2	Chlorpyrifos-methyl	0.014
		Piperonyl butoxide	0.020
	혼합배지	Chlorpyrifos-methyl	0.021
		Piperonylbutoxide	0.014
	혼합사료 3	Chlorpyrifos-methyl	0.038
		Piperonyl butoxide	0.042
	콘코브	불검출	-
	면실박	Imidacloprid	0.006
		Thiamethoxam	0.019
		Tricyclazole	0.044
	미강	Isoprothiolane	0.014
		Tricyclazole	0.075
	밀기울(소맥피)	Chlorpyrifos-methyl	0.059
		Parathion-methyl	0.058
옥수수(과쇄)	Piperonyl butoxide	0.008	
수입백송톱밥	불검출	-	

\* 잔류농약 320종 정량한계 : 0.005 mg/kg

병재배 농가에서 수집한 배지재료를 분석한 결과 팽이와 큰느타리에 가장 많이 사용하는 콘코브에서는 농약성분이 검출되지 않았으며, 느타리에 많이 사용하는 비트펠프에서는 Epoxiconazole이 검출되었고, 면실피에서는 Gibberellic acid라는 생장조정제가 검출되었고, 면실박에서는 Tricyclazole 등 2종이 검출되었다. 그리고 옥수수관련 배지재료들은 공통적으로 Piperonyl bitoxide라는 살충제가 검출되고 있다. 이러한 농약성분들은 해당 작물을 재배할 때 병해충 방제용으로 사용하는 농약으로 배지재료에 잔류되어 검출되고 있다. 그러나 농가에서 수집한 버섯 자실체에서는 농약성분이 검출되지 않는 것으로 보아 검출되고 있는 저농도의 농약성분은 버섯 자실체로 이행되지 않는 것으로 판단된다.

표 10. 버섯 병재배 농가별 수집 배지재료 및 자실체 농약성분 분석 ('19)

농가명	시료명	검출농약	검출농도(mg/kg)
충주 A농가 (큰느타리)	혼합배지	Piperonyl butoxide	0.012
	콘코브	불검출	-

	발효톱밥	Propiconazole	0.186
	혼합배지(살균전)	불검출	-
	혼합배지(살균후)	불검출	-
팽이농가	포플러 톱밥(국내산)	불검출	-
	케이폭+대두박(국내산)	불검출	-
	미강(국내산)	불검출	-
	톱밥(국내산)	불검출	-
느타리 농가	면실피(인도산)	Piperonyl butoxide	0.020
	방울숨(파키스탄)	Acetamiprid	0.043
		Fenvalerate	0.167
	면실피(인도산)	Gibberellic acid	0.068
	면실피 펠릿(미얀마)	불검출	-
충주 C농가 (팽이버섯)	혼합배지(살균전)	불검출	-
	혼합배지(살균후)	불검출	-
	콘코브	불검출	-
경남 A농가 (큰느타리)	콘코브	불검출	-
	면실박	Thiamethoxam	0.048
		Tricyclazole	0.075
	건비지	불검출	-
	톱밥	불검출	-
	혼합배지	불검출	-
큰느타리 자실체	불검출	-	
경남 B농가 (큰느타리)	옥수수(과옥쇄)	Piperonyl bitoxide	0.012
		Primiphos-methyl	0.033
	대두박	불검출	-
	소맥피	불검출	-
	콘코브	불검출	-
	혼합배지(살균후)	Piperonyl bitoxide	0.012
	균 굵기 후 배지	불검출	-
큰느타리 자실체	불검출	-	
전남 A농가 (팽이버섯)	비트펠프	불검출	-
	미강	Ferimzone(E)	0.122
		Ferimzone(z)	0.140
		Tricyclazole	0.090
	밀기울	불검출	-
	아카시아 톱밥	불검출	-
	콘코브	불검출	-
	괘화석	불검출	-
	탄산칼슘	불검출	-
	배양배지	Thifluzamide	0.005
Fenoxanil		0.005	
팽이 자실체	불검출	-	
전남 B농가 (팽이버섯)	면실피	불검출	-
	건비지	불검출	-
	탄산칼슘	불검출	-
	옥분	Piperonyl bitoxide	0.028
	밀기울	불검출	-
	미강	Fenoxanil	0.037
	비트펠프	불검출	-
	면실박	불검출	-

	콘코브	불검출	-
	배양배지	불검출	-
	팽이 자실체	불검출	-
전남 C농가 (팽이버섯)	입병배지	불검출	-
	비트펄프	불검출	-
	건비지	불검출	-
	패화석	불검출	-
	밀기울	불검출	-
	파옥쇄	Piperonyl bitoxide	0.759
	배양배지	Thifluzamide	0.014
		Fenoxanil	0.045
		불검출	-
	팽이 자실체	불검출	-
전북 A농가 (팽이, 큰느타리)	건비지	Procymidone	0.013
		Penthiopyrad	0.016
		Propiconazole	0.040
		Chlorantraniliprole	0.039
	파옥쇄	Chlorpyrifos-methyl	0.028
		Parathion-methyl	0.042
		Piperonylbitoxide	0.299
	미강	Thifluzamide	0.009
		Fenoxanil	0.037
	혼합배지	불검출	-
	면실피	불검출	-
	비트펄프	불검출	-
	콘코브	불검출	-
	미송툽밥	불검출	-
	팽이 배양배지	불검출	-
팽이 자실체	불검출	-	
큰느타리 배양배지	불검출	-	
전북 B농가 (큰느타리)	혼합배지	Piperonyl bitoxide	0.020
	콘코브	불검출	-
	포플러툽밥	불검출	-
	미송툽밥	불검출	-
	배양배지	불검출	-
	큰느타리 자실체	불검출	-
전북 C농가 (팽이버섯)	건비지	불검출	-
	미강	Fenitrothion	0.024
		Fenoxanil	0.017
	탄산칼슘	불검출	-
	비트펄프	불검출	-
	콘코브	불검출	-
	배양배지	Thifluzamide	0.014
		Fenoxanil	0.045
팽이 자실체	불검출	-	
전북 D농장 (팽이버섯)	입병배지	불검출	-
	패화석	불검출	-
	미강	Fenoxanil	0.041
	혼합배지	Piperonyl bitoxide	0.011
	콘코브	불검출	-
	배양배지	불검출	-

	팽이 자실체	불검출	-
전북 E농가 (큰느타리)	배양배지	불검출	-
	큰느타리 자실체	불검출	-
경기 A농가 (느타리)	포플러	불검출	-
	케이폭박	불검출	-
	비트펄프	Epoxiconazole	0.021
	참나무	불검출	-
	콘코브	불검출	-

\* 잔류농약 320종 정량한계 : 0.005 mg/kg

느타리 균상재배에 사용하는 폐면에서는 생각보다 많은 농약성분(Acetamiprid 등 18종)이 검출되었으며 이들 농약성분들은 목화를 재배할 때 병해충 방제를 위해 사용하는 농약으로 생각된다. 그러나 이들 재료를 사용하여 재배한 느타리버섯에서는 농약성분이 검출되지 않는 것으로 보아 자실체로 이행되지 않는 것으로 생각된다.

표 11. 느타리 균상재배농가 수집 배지재료 농약성분 분석 ('19~'20)

농가명	시료명	검출농약	검출농도(mg/kg)
충주 A농가 (느타리)	폐면(방울솜)	Acetamiprid	0.547
		Azoxystrobin	0.043
		Carbendazim	0.042
		Carbofuran	0.392
		Chlorfenapyr	0.160
		Clomazone	0.071
		Diuron	0.629
		Fipronil	0.010
		Imidacloprid	0.075
		Lufenuron	0.138
		Malathion	0.330
		Methoxyfenozide	0.106
		Procymidone	0.065
		Pyraclostrobin	0.265
		Thiodicarb	0.093
충주 B농가 (느타리)	폐면(방울솜)	Acetamiprid	0.441
		Azoxystrobin	0.040
		Carbendazim	0.878
		Pyraclostrobin	0.088
		Propiconazole	0.034
		Bifenthrin	0.278
		Fenpropathrin	0.046
		Difenoconazole	0.199
	살균후 폐면	Chlorfenapyr	0.012
		Propiconazole	0.009
		Bifenthrin	0.035
		Prochloraz	0.098
		Difenoconazole	0.03
느타리 자실체	-	불검출	

\* 잔류농약 320종 정량한계 : 0.005 mg/kg

양송이 재배에 사용하는 재료들은 벚짚, 계분, 복토(흙) 등이며, 벚짚에서는 벼재배에 사용되는 많은 농약성분들이 검출되었고, 복토재료로 사용하는 흙에서도 다수의 농약성분이 검출되었다. 일반적으로 양송이 재배에서 병해충 방제를 위한 농약이 베노밀 등 4종이 등록되어 있으며, 이들 중 Carbendazim과 Prochloraz 성분은 벚짚에서도 검출되고 있고, 농가에서 수집한 후 발효배지와 자실체에도 이들 농약성분들이 검출되고 있다. 따라서 자실체에 검출되고 있는 성분들이 양송이 병해충 방제를 위해 사용한 농약이 검출되는지 벚짚속에 함유된 농약성분이 자실체로 이행되어 검출되는 지에 대해서는 추후 면밀한 검토가 필요할 것으로 판단된다. 그러나 일반적으로 벼를 재배하기 위해 사용하는 농약성분들은 자실체에 검출되지 않는 것으로 보아 벚짚에 남아 있는 농약성분들은 양송이 자실체로 이행되지 않는 것으로 생각된다.

표 12. 양송이 농가에서 수집한 배지재료 및 자실체의 농약성분 분석 ('19)

시료명	검출 농약	검출농도(mg/kg)
벚짚배지1	Carbendazim	0.049
	Chlorfenapyr	0.070
벚짚배지2	Carbendazim	1.882
	Thifluzamide	0.073
	Prochloraz	6.192
벚짚배지3	Carbendazim	0.137
	Bifenthrin	0.052
	Prochloraz	0.283
벚짚배지4	Carbendazim	3.592
	Prochloraz	5.535
벚짚배지5 (디밀린100g)	Carbendazim	1.572
	Prochloraz	0.035
벚짚배지6 (벤레이트 200, 디밀린300g)	Carbendazim	8.847
	Fenoxanil	0.041
	Bifenthrin	0.039
	Prochloraz	0.039
양송이 자실체 1	Carbendazim	0.542
	Terbufos	0.044
양송이 자실체 2	Carbendazim	4.291
	Prochloraz	2.195
양송이 자실체 3	Carbendazim	6.767
	Prochloraz	1.073
양송이 자실체 4	Carbendazim	1.933
	Prochloraz	0.114
양송이 자실체 5	Carbendazim	2.779
	Prochloraz	0.383

\* 잔류농약 320종 정량한계 : 0.005 mg/kg

표 13. 양송이 농가에서 수집한 배지재료의 농약성분 분석 ('20)

농가명	재료명	검출농약	검출농도 (mg/kg)
농가1	벚짚	Ethofenprox	0.033
		Tricyclazole	0.035
		Chlorantraniliprole	0.098

	발효후 배지	Propiconazole	0.044
	복토	Carbendazim	7.545
	자실체	Carbendazim	1.967
농가2	벼짚	Isoprothiolane	0.152
		Tricyclazole	0.070
		Thifluzamide	0.029
		Chlorantraniliprole	0.028
	발효후 배지	Prochloraz	4.668
		Thifluzamide	0.030
		Teflubenzuron	45.775
		Carbendazim	16.752
	복토	Carbendazim	0.197
		Teflubenzuron	2.737
Prochloraz		0.528	
자실체	Carbendazim	2.697	
농가3	벼짚	Carbendazim	0.037
		Tricyclazole	0.050
	발효후 배지	Carbendazim	0.067
		Teflubenzuron	0.190
	복토	불검출	-
자실체	Carbendazim	12.548	
농가4	벼짚	Carbendazim	12.399
	발효후 배지	불검출	-
	복토	불검출	-
	자실체	불검출	-
농가5	벼짚	Isoprothiolane	0.025
		Tricyclazole	0.188
		Thifluzamide	0.101
	발효후 배지	Carbendazim	15.987
		Prochloraz	2.819
	복토	Carbendazim	0.057
		Prochloraz	0.310
자실체	Carbendazim	3.678	
농가6	벼짚	Ferimzone	0.497
		Thifluzamide	0.171
		Fenoxanil	0.458
		Chlorantraniliprole	0.151
	발효후 배지	Teflubenzuron	1.971
		Thifluzamide	0.267
		Prochloraz	4.626
	복토	Teflubenzuron	13.802
		Prochloraz	1.159
자실체	불검출		
농가7	벼짚	Carbendazim	0.782
		Isoprothiolane	0.034
		Tricyclazole	0.092
		Triadimenol-1	0.080
		Thifluzamide	0.052
		Propiconazole	0.143
		Prochloraz	0.083

	발효후 배지	Fenvalerate	0.357
		Carbendazim	11.540
		Tricyclazole	0.027
		Thiﬂuzamide	0.034
		Fenoxanil	0.030
		Prochloraz	0.050
	복토	Carbendazim	0.915
		Thiﬂuzamide	0.036
		Prochloraz	1.403
	자실체	Carbendazim	2.918
농가8	벧짚	불검출	-
	폐습	Acetamiprid	0.107
		Difenoconazole	0.051
	계분	불검출	-

\* 잔류농약 320종 정량한계 : 0.005 mg/kg

표 14. 수입업체별 배지재료의 농약성분 분석('19)

업체명	시료명	수입국	검출농약	검출농도(mg/kg)
수입 1	콘코브	중국	불검출	-
수입 2	콘코브	중국	불검출	-
수입 3	콘코브	중국(하북성)	불검출	-
수입 4	면실피	인도	불검출	-
수입 5	비트펠프	이집트	Epoxiconazole	0.012
			Difenoconazole	0.018
수입 6	면실박	인도	불검출	-
수입 7	우드칩	?	불검출	-
수입 8	콘코브	중국	불검출	-
수입 9	케이프	인도네시아	불검출	-
수입 10	콘코브	중국	불검출	-
수입 11	땅콩껍질	중국	Thiﬂuzamide	0.013
			Difenoconazole	0.010
수입 12	땅콩껍질	중국	Thiﬂuzamide	0.017
			Difenoconazole	0.007
수입 13	옥대펠렛	중국	불검출	-
수입 14	콩자루펠렛	인도	불검출	-

\* 잔류농약 320종 정량한계 : 0.005 mg/kg

수입업체에서 수집한 배지재료를 분석한 결과 면실박, 케이폭박, 땅콩껍질 등에서 Diphenylamine 성분이 검출되었으며, 이것은 국내에서 사용하거나 등록되어 있지 않는 농약으로 추후 세밀한 분석이 필요한 농약성분으로 생각된다. 또한 밀기울, 파옥쇄, 대두박 등에서는 살충제로 많이 사용하는 Piperonyl butoxide가 검출되었다. 특히 밀짚펠렛에서는 Bifenthrin 등 10종의 농약성분이 검출되었으며, 추후 이들 재료를 사용하여 재배하는 버섯에 대해서는 충분한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

표 15. 수입업체별 배지재료의 농약성분 분석 ('20)

업체명	시료명	원산지	검출농약	검출농도(mg/kg)
A	면실박	인디아	Diphenylamine	0.041
	면실피	인디아	Diphenylamine	0.183
	비트펠프	이집트	Diphenylamine	0.031
	케이폭박	인도네시아	Diphenylamine	0.028
B	과옥쇄	미 국	Deltamethrin	0.645
			Piperonyl butoxide	3.806
			Pirimphos-methyl	0.015
			Cyhalothrin	0.039
			Acrinathrin	0.035
	면실피	인디아	불검출	-
	면실피	아프리카	Diphenylamine	0.042
	대두박	미 국	불검출	-
	면실박(단백질40%)	인디아	불검출	-
	면실박(단백질38%)	인디아	Diphenylamine	0.058
	면실박(단백질44%)	인디아	Diphenylamine	0.042
	비트펠프	우크라이나	Epoxiconazole	0.056
	콘코브	중 국	불검출	-
	밀기울(소맥피)	미 국	Piperonyl butoxide	0.449
			Parathion-methyl	0.055
			Chlorpyrifos-methyl	0.047
			Deltamethrin	0.089
	밀짚펠렛	중 국	Bifenthrin	0.082
			Cyhalothrin 1	0.105
			Cyhalothrin 2	0.799
			Propiconazole 2	0.028
			Carbendazim	0.023
			Phoxim	0.016
Tebuconazole			0.013	
Diphenylamine			0.056	
Acrinathrin			0.106	
Permethrin			0.024	
땅콩껍질+밀왕겨	중 국	Bifenthrin	0.085	
		Cyhalothrin 1	0.132	
		Cyhalothrin 2	0.987	
		Fenvalerate 1	0.054	
		Permethrin 1	0.148	
		Carbendazim	0.034	
		Phoxim	0.011	
		Diphenylamine	0.118	
		Acrinathrin	0.103	
		케이폭박	인도네시아	Oxyfluorfen
Diphenylamine	0.098			
C	아카시아툽밥	베트남	Diphenylamine	0.036
			Phenothrin	0.160

	대두피	미 국	Piperonyl butoxide	0.040
	케이폭박	인도네시아	Indanofan	0.040
			Diphenylamine	0.037
	면실박	인디아	Diphenylamine	0.069
	비트펠프	이집트	불검출	-
	땅콩피	중 국	Diphenylamine	0.175
	옥수수 배아박	미국	Piperonyl bitoxide	0.036
D	팜 박	?	불검출	-
	케이폭박	인도네시아	불검출	-
	해바라기박	우크라이나	불검출	-
	채종박	?	Piperonyl bitoxide	0.042
	콘코브	중 국	불검출	-
	면실피	인디아	불검출	-
	면실박	인디아	불검출	-
	비트펠프	이집트	불검출	-
	비트펠프	우크라이나	Difenoconazole	0.029
	비트펠프	미 국	불검출	-
	옥수수주정박	미 국	불검출	-
E	혼합배지(새송이)	원료수입	불검출	-
	해바라기박	우크라이나	불검출	-
F	혼합배지(새송이)	원료수입	불검출	-
	혼합배지(팽이버섯)	원료수입	Piperonyl bitoxide	0.034
G	밀기울(소맥피)	미국산	-	-
H	참나무발효톱밥(입자 소)	국 산	-	-
	참나무발효톱밥(입자 대)	국 산	불검출	-
	참나무생톱밥	국 산	불검출	-
	활엽수잡목톱밥	국 산	-	-
I	미루나무톱밥	국 산	-	-
J	참나무발효톱밥	국 산	Propiconazole	0.037

\* 잔류농약 320종 정량한계 : 0.005 mg/kg

#### 다. 국내의 버섯 재배용 배지재료의 중금속 분석

##### 1) 수집 버섯 재배용 배지재료의 중금속 분석 종합자료

국내 병재배 버섯농가에서 수집한 배지재료와 자실체의 중금속잔류를 분석한 결과 납과 비소가 검출되었다. 팽이버섯에 가장 많이 사용하는 콘코브에서는 납이 0.30~1.07ppm, 느타리 버섯에 많이 사용하는 비트펠프와 면실박에서는 납이 0.64ppm과 0.30ppm 검출되었다. 버섯재배에 가장 많이 사용하는 미강에서는 비소가 0.57ppm 검출되었다. 표고 재배에 많이 사용하는 밀기울에는 납이 0.29~0.74ppm 검출되었고, 톱밥에서는 모든 종류에서 납이 검출되었으며, 미송톱밥에서 1.55~2.49ppm으로 가장 많이 검출되었다. 느타리 균상재배에 많이 사용하는 폐면에서 납이 1.37ppm이 검출되었고, 폐화석, 탄산칼슘에서도 납이 검출되었다. 그리고 배지재료를 혼합한 혼합배지와 군사배양 단계의 배지에서도 납이 검출되었다. 그러나 이들 배지재료를 사용하여 재배한 버섯 자실체에서는 중금속이 검출되지 않았다. 이러한 결과는 배지재료에 함유된 미량의 중금속성분은 배지의 살균 및 군사배양 단계를 거치면서 일부 분해되어 자실체로는 이행되지 않은 것으로 판단된다.

표 16. 국내 병재배 농가에서 수집한 배지재료의 중금속 검출 현황 (종합, '18~'20)

배지재료		검출 중금속	검출농도(mg/kg)
콘코브		납	0.30~1.07
비트펠프		납	0.64
면실박		납	0.30
밀기울(소맥피)		납	0.29~0.74
미강		비소	0.57
톱밥	발효톱밥	납	0.28~0.59
	포플러(국내산)	납	0.32~0.38
	아카시아 톱밥	납	0.26
	미송톱밥	납	1.55~2.49
	활엽수잡목(미루, 은사시, 벗나무)	납	0.63
폐면(방울섬, 파키스탄)		납	1.37
패화석		납	0.47~0.62
탄산칼슘		납	0.97
혼합배지		납	0.31~0.61
배양배지		납	0.26~0.50

\*버섯 자실체에서는 중금속성분이 검출되지 않았음

양송이버섯 재배는 볏짚, 계분, 석고 등을 혼합하여 발효후 군사배양 및 복토작업을 통해 재배를 하므로 중금속에 대한 노출이 많을 것으로 판단되어 재배농가를 중심으로 시료를 수집하여 중금속 잔류를 분석하였다. 볏짚에는 납 1.67~4.20ppm, 비소 0.47~7.46ppm, 복토에는 납 20.18~32.00ppm, 비소 0.58ppm, 계분에는 납 1.92ppm, 비소 3.16ppm, 카드뮴 0.41ppm이 검출되었고, 특히 복토에서 납이 다량 검출되었다. 이들을 혼합한 혼합배지에서 1.54~13.89ppm, 비소 0.23~8.58ppm이 검출되었고, 양송이를 수확한 자실체에서 납, 비소, 카드뮴, 수은은 검출되지 않았다. 이상의 결과에서 양송이 재배를 위한 다양한 재료에서는 납, 비소, 카드뮴 등이 검출되었지만 배지의 발효 및 군사배양단계를 거치면서 중금속이 분해되어 자실체로 이행되지 않는 것으로 판단된다.

표 17. 양송이재배 농가에서 수집한 배지재료의 중금속 검출 현황 (종합, '18~'20)

시료명	중금속(mg/kg)			
	납	비소	카드뮴	수은
볶짚	1.67~4.20	0.47~7.46	불검출	불검출
혼합배지	1.54~13.89	0.23~8.58	불검출	불검출
복토	20.18~32.00	0.58	불검출	불검출
계분	1.92	3.16	0.41	불검출
양송이자실체	불검출	불검출	불검출	불검출

수입업체로부터 수집한 배지재료의 중금속잔류를 분석한 결과 일부 품목에서 납과 비소가 검출되었으며, 수입업체마다 잔류량은 조금씩 차이를 보였다. 버섯재배에 가장 많이 사용하는 품목인 콘코브에서는 납 0.34~0.97ppm, 비소 0.35ppm, 면실피에서는 납 0.41ppm, 비트펠프에서는 납 0.26~1.51ppm이 검출되었다. 케이폭박에서는 납 0.26~0.77ppm, 땅콩껍질에서는 납

0.91~2.50ppm, 비소 0.93ppm, 대두박에서는 납 0.38ppm이 검출되었다. 팜박과 채종박에서는 납 0.40ppm과 0.34ppm이 검출되었고, 옥대펠렛에서는 납이 4.72ppm으로 높게 검출되었고, 콩자루펠렛에서는 납 0.42ppm, 아카시아툽밥에서는 납 0.28~0.33ppm이 검출되었고, 밀짚펠렛에서는 납 1.16ppm과 비소 0.37ppm이 검출되었다.

표 18. 수입업체로부터 수집한 배지재료의 중금속 검출 현황 (종합, '18~'20)

배지재료	수입국	중금속(mg/kg)			
		납	비소	카드뮴	수은
콘코브	중국	0.34~0.97	0.35	불검출	불검출
면실피	인도	0.41	불검출	불검출	불검출
비트펠프	이집트	0.26~1.51	불검출	불검출	불검출
면실박	인도	불검출	불검출	불검출	불검출
우드칩	시원씨에에프	불검출	불검출	불검출	불검출
콘코브	중국	불검출	불검출	불검출	불검출
케이폭박	인도네시아	0.26~0.77	불검출	불검출	불검출
땅콩껍질	중국	0.91~2.50	0.93	불검출	불검출
땅콩껍질+밀왕겨	중국	1.11	0.31	불검출	불검출
대두박	미국	0.38	불검출	불검출	불검출
팜박	-	0.40	0.68	불검출	불검출
채종박	?	0.34	불검출	불검출	불검출
옥대펠렛	중국	4.72	불검출	불검출	불검출
콩자루펠렛	인도	0.42	불검출	불검출	불검출
옥수수베아	미국	불검출	불검출	불검출	불검출
아카시아툽밥	베트남	0.28~0.33	불검출	불검출	불검출
밀짚펠렛	중국	1.16	0.37	불검출	불검출

## 2) 농가 및 수입업체별 수집 배지재료의 중금속 분석

버섯 농가에서 수집한 배지재료 및 자실체의 중금속을 분석한 결과 콘코브, 면실박, 비트펠프, 밀기울 등 많은 배지재료에서 납성분이 검출되었지만, 버섯 자실체에서는 검출되지 않았다. 그리고 카드뮴은 수입되고 있는 배지재료에는 검출되지 않았다. 따라서 배지재료에 함유된 미량의 중금속 성분들은 버섯 자실체로 이행되지 않는 것으로 판단된다.

표 19. 버섯 재배 농가별 수집 배지재료 및 자실체의 중금속 성분 분석 ('19) (분석종류: 납, 카드뮴)

농가명	시료명	검출 중금속	검출농도(mg/kg)
충주 A농가 (큰느타리)	혼합배지	납	0.31
	콘코브	납	0.63
	발효툽밥(국내)	납	0.59
	혼합배지(살균전)	납	0.57
	혼합배지(살균후)	납	0.40
충북 B농가 (느타리)	폐면(국내산)	불검출	-
팽이농가	포플러 툽밥(국내산)	납	0.32
	케이폭+대두박(국내산)	불검출	-
	미강(국내산)	불검출	-
	툽밥(국내산)	불검출	-
느타리 농가	면실피(인도산)	불검출	-

	방울솜(파키스탄)	납	1.37
	면실피(인도산)	불검출	-
	면실피 펠릿(미얀마)	불검출	-
충북 C농가 (팽이버섯)	혼합배지(살균전)	불검출	-
	혼합배지(살균후)	불검출	-
	콘코브	불검출	-
경남 A농가 (큰느타리)	콘코브	납	0.30
	면실박	납	0.30
	건비지	불검출	-
	툽밥	불검출	-
	혼합배지	불검출	-
	큰느타리 자실체	불검출	-
경남 B농가 (큰느타리)	옥수수(파옥쇄)	불검출	-
	대두박	불검출	-
	밀기울(소맥피)	납	0.74
	콘코브	불검출	-
	혼합배지(살균후)	불검출	-
	균 굵기 후 배지	불검출	-
	혼합배지(살균전)	납	0.61
	큰느타리 자실체	불검출	-
전남 A농가 (팽이버섯)	비트펠프	불검출	-
	미강	불검출	-
	밀기울	납	0.99
	아카시아 툽밥	납	0.26
	콘코브	납	1.07
	패화석	납	0.62
	탄산칼슘	납	0.97
	배양배지	납	0.29
	팽이 자실체	불검출	-
전남 B농가 (팽이버섯)	면실피	불검출	-
	건비지	불검출	-
	탄산칼슘	불검출	-
	옥분	불검출	-
	밀기울	불검출	-
	미강	불검출	-
	비트펠프	납	1.08
	면실박	불검출	-
	콘코브	불검출	-
	배양배지	불검출	-
	팽이 자실체	불검출	-
전남 C농가 (팽이버섯)	입병배지	불검출	-
	비트펠프	납	0.59
	건비지	불검출	-
	패화석	납	0.41
	밀기울	불검출	-
	파옥쇄	불검출	-
	배양배지	납	0.50
	팽이 자실체	불검출	-
전북 A농가 (팽이, 파옥쇄)	건비지	불검출	-
	파옥쇄	불검출	-

큰느타리)	미강	불검출	-
	혼합배지	불검출	-
	면실피	불검출	-
	비트펠프	납	1.19
	콘코브	납	0.41
	미송톱밥	납	2.49
	큰느타리 배양배지	불검출	-
	팽이 배양배지	불검출	-
	팽이 자실체	불검출	-
전북 B농가 (큰느타리)	혼합배지	불검출	-
	콘코브	납	0.38
	포플러 톱밥	납	0.38
	미송톱밥	불검출	-
	배양배지	불검출	-
	큰느타리 자실체	불검출	-
전북 C농가 (팽이버섯)	건비지	불검출	-
	미강	불검출	-
	탄산칼슘	불검출	-
	비트펠프	불검출	-
	콘코브	납	0.62
	배양배지	불검출	-
	팽이 자실체	불검출	-
전북 D농장 (팽이버섯)	입병배지	불검출	-
	패화석	납	0.47
	미강	불검출	-
	혼합배지	불검출	-
	콘코브	납	0.34
	배양배지	불검출	-
	팽이 자실체	불검출	-
전북 E농장 (큰느타리)	배양배지	납	0.26
	큰느타리 자실체	불검출	-
경기 F농장 (느타리)	포플러	납	0.27
	케이폭박	납	0.37
	비트펠프	납	0.34
	참나무	납	0.28
	콘코브	납	0.37

\* 납 정량한계 : 0.26 ug/g, 카드뮴 정량한계 : 0.34 ug/g

배지재료 수입업체에서 수집한 재료들의 중금속 분석 결과 농가에서 수집한 배지재료를 분석한 결과와 마찬가지로 콘코브, 비트펠프, 밀짚펠렛 등 6종에서는 납과 비소성분이 검출되었고, 케이폭박, 대두박 등에서는 납성분이 검출되었다. 그러나 카드뮴성분은 배지재료에서 검출되지 않았다.

표 20. 수입업체별 배지재료의 중금속 성분 분석 ('19)

(분석항목: 납, 카드뮴)

업체명	시료명	수입국	검출 중금속	검출농도(mg/kg)
수입 1	콘코브	중국	불검출	-

수입 2	콘코브	중국	불검출	-
수입 3	콘코브	중국(하북성)	납	0.34
수입 4	면실피	인도	불검출	-
수입 5	비트	이집트	불검출	-
수입 6	면실피	인도	불검출	-
수입 7	우드칩	?	불검출	-
수입 8	콘코브	중국	불검출	-
수입 9	케이폭박	인도네시아	납	0.77
수입 10	콘코브	중국	불검출	-
수입 11	땅콩껍질	중국	납	0.91
수입 12	땅콩껍질	중국	납	1.37
수입 13	옥대펠렛	중국	납	4.72
수입 14	콩자루펠렛	인도	납	0.42

\* 납 정량한계 : 0.26 ug/g, 카드뮴 정량한계 : 0.34 ug/g

표 21. 수입업체별 배지재료의 중금속 성분 분석 ('20)

업체명	배지종류	원산지	중금속(mg/kg)			
			납	비소	카드뮴	수은
A	면실피	인디아	불검출	불검출	불검출	불검출
	비트펠프	이집트	0.78	불검출	불검출	불검출
	케이폭박	인도네시아	불검출	불검출	불검출	불검출
B	과옥쇄	미국	불검출	불검출	불검출	불검출
	면실피	인디아	불검출	불검출	불검출	불검출
	면실피	아프리카	불검출	불검출	불검출	불검출
	대두박	미국	0.38	불검출	불검출	불검출
	면실피(단백질 40%)	인디아	불검출	불검출	불검출	불검출
	면실피(단백질 38%)	인디아	불검출	불검출	불검출	불검출
	면실피(단백질 44%)	인디아	불검출	불검출	불검출	불검출
	비트펠프	우크라이나	0.33	불검출	불검출	불검출
	콘코브	중국	불검출	불검출	불검출	불검출
	밀기울(소맥피)	미국	불검출	불검출	불검출	불검출
	밀짚펠렛	중국	1.16	0.37	불검출	불검출
	땅콩껍질+밀왕겨펠렛	중국	1.11	0.31	불검출	불검출
	케이폭박	인도네시아	0.26	불검출	불검출	불검출
C	아카시툼밥	베트남	0.28	불검출	불검출	불검출
	대두피	미국	불검출	불검출	불검출	불검출
	케이폭박	인도네시아	0.41	불검출	불검출	불검출
	면실피	인디아	불검출	불검출	불검출	불검출
	비트펠프	이집트	0.29	불검출	불검출	불검출
	땅콩피	중국	불검출	불검출	불검출	불검출
D	팜 박	?	0.40	0.68	불검출	불검출
	케이폭박	인도네시아	0.35	불검출	불검출	불검출
	헤바라기박	우크라이나	불검출	불검출	불검출	불검출
	채종박	?	0.34	불검출	불검출	불검출
	콘코브	중국	불검출	불검출	불검출	불검출
	면실피	인디아	0.41	불검출	불검출	불검출
	면실피	인디아	불검출	불검출	불검출	불검출
	비트펠프	이집트	0.77	0.32	불검출	불검출

	비트펠프	우크라이나	1.51	불검출	불검출	불검출
	비트펠프	미 국	불검출	불검출	불검출	불검출
	옥수수주정박	미 국	불검출	불검출	불검출	불검출
E	혼합배지(새송이)	원료수입	불검출	불검출	불검출	불검출
	해바라기박	우크라이나	불검출	불검출	불검출	불검출
F	혼합배지(새송이)	원료수입	불검출	불검출	불검출	불검출
	혼합배지(팽이버섯)	원료수입	불검출	불검출	불검출	불검출
G	미 강	국 산	불검출	불검출	불검출	불검출
H	밀기울(소맥피)	미국산	불검출	불검출	불검출	불검출
I	참나무발효톱밥(소)	국 산	0.49	불검출	불검출	불검출
	참나무발효톱밥(대)	국 산	불검출	불검출	불검출	불검출
	참나무생톱밥	국 산	불검출	불검출	불검출	불검출
	활엽수잡목톱밥	국 산	불검출	불검출	불검출	불검출
J	미루나무톱밥	국 산	불검출	불검출	불검출	불검출
K	참나무발효톱밥	국 산	0.30	불검출	불검출	불검출
	일반 발효 톱밥	국산	1.00	불검출	불검출	불검출
L	콘코브	중국	0.97	0.35	불검출	불검출
	아카시아톱밥	베트남	0.33	불검출	불검출	불검출
	케이폭박	인도네시아	불검출	불검출	불검출	불검출
	밀기울	미국	불검출	불검출	불검출	불검출
	파옥쇄	미국	불검출	불검출	불검출	불검출
	땅콩피	중국	2.50	0.93	불검출	불검출
	미강	국내	불검출	0.57	불검출	불검출
대두피 펠렛	미국	불검출	불검출	불검출	불검출	

양송이 재배농가에서 수집한 재료들에서는 납과 비소성분이 다량 함유되어 있었고 특히 배지의 발효과정을 마친 후에도 다량의 중금속이 배지 속에 남아 있었다. 그러나 수집한 자실체 시료에는 이들 중금속이 검출되지 않았다. 그리고 카드뮴과 수은은 양송이 배지에서 거의 검출되지 않았다. 따라서 추후 양송이버섯 배지에 다량 검출되고 있는 납과 비소에 대해서는 조금 더 세밀한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

표 22. 양송이 재배농가 수집 배지재료의 중금속 성분 분석 ('19)

시료명	중금속(mg/kg)			
	납	비소	카드뮴	수은
벗짚배지1	6.27	0.23	불검출	불검출
벗짚배지2	4.51	0.46	불검출	불검출
벗짚배지3	1.54	0.58	불검출	불검출
벗짚배지4	4.17	0.48	불검출	불검출
벗짚배지(디밀린100g)5	1.61	0.31	불검출	불검출
벗짚배지(벤데이트200,디밀린100g)6	1.57	0.59	불검출	불검출
양송이 자실체 1	불검출	불검출	불검출	불검출
양송이 자실체 2	불검출	불검출	불검출	불검출
양송이 자실체 3	불검출	불검출	불검출	불검출
양송이 자실체 4	불검출	불검출	불검출	불검출
양송이 자실체 5	불검출	불검출	불검출	불검출

표 23. 양송이 농가에서 수집한 배지재료의 중금속 성분 분석 ('20)

농가명	시료명	중금속(mg/kg)			
		수은	납	비소	카드뮴
농가1	벗짚	불검출	3.09	1.54	불검출
	발효후 배지	불검출	3.14	2.53	불검출
	복토	불검출	20.59	5.95	불검출
농가2	벗짚	불검출	2.60	1.39	불검출
	발효후 배지	불검출	7.95	4.00	불검출
	복토	불검출	20.18	7.16	불검출
농가3	벗짚	불검출	4.20	2.39	불검출
	발효후 배지	불검출	6.93	3.67	불검출
	복토	불검출	32.00	7.96	불검출
농가4	벗짚	불검출	2.45	0.47	불검출
	발효후 배지	불검출	13.89	4.26	불검출
	복토	불검출	31.57	8.00	불검출
농가5	벗짚	불검출	2.64	2.17	불검출
	발효후 배지	불검출	11.85	5.16	불검출
	복토	불검출	24.39	8.13	불검출
농가6	벗짚	불검출	1.75	7.46	불검출
	발효후 배지	불검출	10.88	8.58	불검출
	복토	불검출	21.96	8.00	불검출
농가7	벗짚	불검출	1.67	0.92	불검출
	발효후 배지	불검출	4.66	3.71	불검출
	복토	불검출	22.47	6.76	불검출
농가8	벗짚	불검출	1.73	3.16	0.41
	폐습	불검출	불검출	불검출	불검출
	계분	불검출	1.92	3.16	불검출

시중에 판매되고 있는 느타리, 팽이, 큰느타리, 양송이, 만가닥버섯 등에 대한 중금속을 분석한 결과 납, 비소, 카드뮴, 수은 등은 자실체에 검출되지 않았다. 따라서 농가에서 수집한 버섯 자실체에서도 중금속이 검출되지 않은 것으로 보아 배지재료에 함유된 미량의 중금속은 버섯 자실체로 이행되지 않는 것으로 생각된다.

표 24. 시판용 버섯 자실체의 중금속 성분 분석 ('20)

시료명	중금속(mg/kg)			
	수은	납	비소	카드뮴
마트 느타리1	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 느타리2	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 느타리3	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 느타리4	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 만가닥1	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 만가닥2	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 만가닥3	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 만가닥4	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 양송이1	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 양송이2	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 양송이3	불검출	불검출	불검출	불검출

마트 양송이4	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 팡이1	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 팡이2	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 팡이3	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 큰느타리1	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 큰느타리2	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 큰느타리3	불검출	불검출	불검출	불검출
마트 큰느타리4	불검출	불검출	불검출	불검출

### 라. 국내외 버섯 재배용 배지재료의 일반성분 분석

#### 1) 수집 버섯 재배용 배지재료의 일반성분 분석 종합자료

국내외 배지재료의 일반성분을 분석한 결과 콘코브는 총질소함량이 0.37~0.50%, 조단백이 2.3~2.8%였으며, 비트펠프의 총질소함량은 1.31~1.70%로 수입되는 나라에 따라 큰차이는 보이지 않았지만, 조단백은 8.2~10.8%로 약간의 차이를 보였다. 면실피의 총질소함량은 0.7~1.4%, 조단백은 4.4~7.1%였으며, 면실박은 총질소함량이 6.3~8.8%, 조단백은 39.6~50.2%로 면실피보다는 훨씬 높았다. 케이폭박의 총질소함량은 5.2~5.3%, 조단백은 32.5~33.3%였으며, 대두박은 총질소함량이 8.4%, 조단백은 52.4%로 높은 함량을 보였다. 밀기울은 총질소함량이 2.70~2.75%, 조단백이 17.1~17.2%였으며, 해바라기박은 총질소함량이 6.17~6.4%, 조단백이 38.5~40.0%로 높은 함량을 보였다. 파옥쇄와 땅콩껍질은 총질소함량이 1.1~1.3%, 조단백은 7.1~7.9%였으며, 조지방은 면실박, 파옥쇄, 케이폭박, 옥수수주정박 등에서 높은 함량을 보였다. 이상의 결과에서 동일한 품목이라도 수입되는 나라와 수입시기 및 수입업체에 따라 함량의 차이를 보였으며, 버섯 재배농가의 표준화된 배지혼합비율 설정을 위해서 배지재료별 성분함량의 표준화가 선행되어야 할 필요가 있다고 판단된다.

표 25. 국내외 배지재료의 일반성분 분석 현황 (종합, '18~'20)

배지재료	수입국	T-C(%)	T-N(%)	C/N	조단백(%)	조지방(%)
콘코브	중국	45.4~46.2	0.37~0.5	102.8~124.3	2.3~2.8	0.18~0.26
비트펠프	우크라이나	43.9~44.2	1.5~1.68	26.3~28.5	9.6~10.5	0.20~0.56
	이집트	44.4~44.8	1.5~1.7	25.7~29.7	9.4~10.8	0.14~0.48
	미국	40.7	1.31	31.1	8.2	0.11
면실피	인디아	46.6~47.7	0.7~1.14	41.1~68.6	4.4~7.1	0.45~1.72
	아프리카	48.0	1.1	44.1	6.9	4.97
면실박	인디아	44.1~45.6	6.3~8.8	5.6~7.2	39.6~50.2	0.09~1.65
케이폭박	인도네시아	48.0~49.1	5.2~5.3	9.2~9.4	32.5~33.3	4.12~7.77
밀기울(소맥피)	미국	44.8~45.1	2.70~2.75	16.3~16.5	17.1~17.2	2.57~3.19
대두박	미국	45.8	8.4	5.5	52.4	1.31
파옥쇄	미국	44.0	1.3	35.0	7.9	2.42
밀짚펠렛	중국	42.1	1.4	29.7	8.9	0.67
땅콩껍질	중국	50.1	1.1	44.4	7.1	0.29
땅콩껍질+밀왕겨	중국	42.7	1.4	31.0	8.6	0.89
옥수수주정박	미국	45.8	4.92	9.3	30.7	4.82

아카시아툽밥	베트남	50.0	0.2	246.5	1.3	0.82
해바라기박	우크라이나	45.3~45.8	6.17~6.4	7.1~7.4	38.5~40.0	0.42~0.47

## 2) 농가별 및 수입업체별 배지재료의 일반성분 분석

버섯 농가와 수입배지의 총탄소와 총질소 성분을 분석한 결과 영양원으로 많이 사용하는 대두박, 면실박, 건비지 순으로 총질소함량이 높았고, 팽이버섯에 가장 많이 사용하는 미강의 경우 질소함량이 2.36%로 비교적 높았고, 탄소원으로 사용하는 툽밥, 콘코브 등은 낮은 경향을 보였다.

표 26. 버섯 재배 농가에서 수집한 배지재료의 CN을 분석 ('19)

농가명	시료명	Carbon %	Nitrogen %	CN
충북 A농가 (새송이)	혼합배지(살균전)	44.0	2.05	21.4
	혼합배지(살균후)	44.3	2.13	20.8
	콘코브	45.8	0.79	59.9
	발효툽밥	47.7	0.50	96.1
	혼합배지(구입)	45.1	2.93	15.4
충주B농가 (느타리)	폐송(방울송)	43.8	1.38	31.7
팽이농가	포플러 툽밥(국내산)	48.6	0.18	378.0
	케이폭+대두박(국내산)	45.0	6.01	7.5
	미강(국내산)	49.8	2.36	21.0
	툽밥(국내산)	48.2	0.25	197.0
느타리농가	면실피(인도산)	45.8	1.51	30.1
	방울송(파키스탄)	41.7	1.31	32.0
	면실피(인도산)	44.8	1.70	26.4
	면실피 펠릿(미얀마)	44.7	0.78	56.6
충주 C농가 (팽이버섯)	혼합배지(살균전)	45.7	1.32	34.3
	혼합배지(살균후)	46.9	2.17	21.5
	콘코브	46.0	0.60	73.3
경남 A농가 (새송이)	콘코브	45.6	0.45	114.0
	면실박	43.9	7.19	6.1
	건비지	52.2	5.76	9.1
	툽밥	49.9	0.28	175.0
	혼합배지	45.7	2.96	15.4
경남 B농가 (새송이)	옥수수(파옥쇄)	43.9	1.22	35.8
	대두박	46.2	7.52	6.1
	소맥피	46.5	2.80	16.4
	콘코브	47.6	0.53	89.6
	혼합배지(살균후)	46.3	2.18	21.2
	균 굵기 후 배지	44.7	2.40	18.2
	혼합배지	44.1	2.68	16.5

표 27. 수입업체에서 수집한 배지재료의 CN을 분석 ('19)

업체명	시료명	Carbon %	Nitrogen %	CN
수입 1	콘코브	45.6	0.46	99.1

수입 2	콘코브	45.7	0.46	99.9
수입 3	콘코브	43.8	0.38	117.3
수입 4	면실피	41.4	0.71	58.7
수입 5	비트	41.1	1.55	26.5
수입 6	면실피박	40.7	6.24	6.5
수입 7	우드칩	45.2	0.35	131.7
수입 8	콘코브	44.7	0.43	105.0
수입 9	케이폭박	43.9	4.43	9.9
수입 10	콘코브	45.0	0.43	106.2
수입 11	땅콩껍질	44.2	1.24	35.5
수입 12	땅콩껍질	43.7	1.17	37.3
수입 13	옥대펠렛	38.7	0.81	47.7
수입 14	콩자루펠렛	38.4	1.06	36.2
수입 15	콘코브	42.4	0.40	105.0
수입 16	케이폭박	40.7	4.20	9.7
수입 17	툽밥	43.3	0.62	69.8
수입 18	콘코브	42.8	0.59	72.0

수입업체에서 수집한 배지재료의 일반성분을 분석한 결과 조단백은 면실피, 케이폭박, 해바라기박, 채종박 등에서 가장 높았고, 조지방은 케이폭박, 면실피, 밀기울, 팜박 등에서 높은 경향을 보였다. 이러한 배지재료들의 일반 성분들은 수입하는 나라와 수입하는 업체마다 조금씩 차이를 보이고 있어 재배농가의 안정적인 버섯재배를 위해서는 수입 배지재료에 대한 성분 표준화가 필요할 것으로 생각된다.

표 28. 국내 및 수입업체에서 수집한 배지재료의 일반성분 분석 ('20)

업체명	배지종류	원산지	T-C(%)	T-N(%)	C/N	조단백(%)	조지방(%)
A	면실피박	인디아	45.6	6.6	6.9	41.3	0.57
	면실피	인디아	47.7	0.7	68.6	4.4	1.72
	비트펠프	이집트	44.4	1.7	25.7	10.8	0.37
	케이폭박	인도네시아	49.1	5.3	9.3	33.3	4.12
B	과옥쇄	미국	44.0	1.3	35.0	7.9	2.42
	면실피	인디아	47.2	0.8	57.6	5.2	0.88
	면실피	아프리카	48.0	1.1	44.1	6.9	4.97
	대두박	미국	45.8	8.4	5.5	52.4	1.31
	면실피박(단백질 40%)	인디아	45.6	7.7	5.9	48.1	0.80
	면실피박(단백질 38%)	인디아	45.6	7.3	6.3	45.6	0.99
	면실피박(단백질 44%)	인디아	45.4	8.0	5.6	50.2	0.66
	비트펠프	우크라이나	43.9	1.5	28.5	9.6	0.56
	콘코브	중국	46.2	0.5	102.8	2.8	0.18
	소맥피	미국	45.1	2.7	16.5	17.1	3.19
	밀짚펠렛	중국	42.1	1.4	29.7	8.9	0.67
	땅콩껍질+밀왕겨펠렛	중국	42.7	1.4	31.0	8.6	0.89
	케이폭박	인도네시아	49.0	5.3	9.2	33.2	5.99
	C	아카시툽밥	베트남	50.0	0.2	246.5	1.3
대두피		미국	44.5	1.8	24.7	11.3	1.43
케이폭박		인도네시아	48.7	5.2	9.4	32.5	7.77
면실피박		인디아	45.6	6.3	7.2	39.6	0.09

	비트필프	이집트	44.8	1.7	26.6	10.5	0.48
	땅콩피	중국	50.1	1.1	44.4	7.1	0.29
D	팜 박	?	44.8	2.88	15.6	18.0	2.32
	케이폭박	인도네시아	48.0	5.23	9.2	32.7	6.29
	해바라기박	우크라이나	45.8	6.17	7.4	38.5	0.42
	채종박	?	45.1	6.40	7.0	40.0	1.15
	콘코브	중국	45.4	0.37	124.3	2.3	0.26
	면실피	인디아	46.6	1.14	41.1	7.1	0.45
	면실박	인디아	44.1	6.64	6.6	41.5	1.65
	비트필프	이집트	44.7	1.50	29.7	9.4	0.14
	비트필프	우크라이나	44.2	1.68	26.3	10.5	0.20
	비트필프	미국	40.7	1.31	31.1	8.2	0.11
	옥수수주정박	미국	45.8	4.92	9.3	30.7	4.82
	E	혼합배지(새송이)	원료수입	44.9	3.02	14.8	18.9
해바라기박		우크라이나	45.3	6.40	7.1	40.0	0.47
F	혼합배지(새송이)	원료수입	45.2	3.20	14.1	20.0	2.79
	혼합배지(팽이)	원료수입	44.4	1.70	26.2	10.6	1.65
G	밀기울(소맥피)	미국산	44.8	2.75	16.3	17.2	2.57
H	참나무발효톱밥(입자小)	국산	48.3	0.22	223.2	1.4	0.10
	참나무발효톱밥(입자大)	국산	48.5	0.25	192.3	1.6	0.08
	참나무생톱밥	국산	48.3	0.23	213.3	1.4	0.04
	활엽수잡목톱밥	국산	48.1	0.21	234.7	1.3	0.05
I	미루나무톱밥	국산	47.8	0.14	345.2	0.9	0.43
J	참나무발효톱밥	국산	47.6	0.26	182.2	1.6	0.11

마. 국내의 배지재료별 유해요인 안전 기준 설정

1) 배지재료별 농약성분의 안전기준 설정

시료명	농약성분명	안전기준 농도(mg/kg)
폐면	Carbofuran	1.0
폐면	Acetamiprid	5.0
미강, 볏짚	Fenoxanil	1.0
미강	Fenitrothion	6.0
옥수수, 밀기울, 대두박	Piperonyl butoxide	20.0
비트필프	Epoxiconazole	0.3
면실박	Tricyclazole	5.0
건비지	Bifenthrin	0.5
땅콩껍질	Thifluzamide	5.0

\* Carbofuran: 느타리버섯 재배용 폐면에서 0.392 ppm이 검출되었으며, Carbofuran은 수중 광분해가 잘 일어나며, 반감기도 14시간으로 매우 짧음. 따라서 버섯의 재배기간과 타 작물에서의 MRL과 일본의 채소에서 MRL 0.3 ppm을 감안해서 폐면에서의 안전기준을 1 ppm 이하로 설정하였음

- \* **Acetamiprid**: 느타리버섯 재배용 폐면에서 0.107 ppm 까지 검출되었으며, 배지의 살균 후에는 검출되지 않았고, 다른 배지나 버섯 자실체에서 검출된 적인 없음. 그리고 국내 인삼에서 MRL이 0.1 ppm이고, 일본의 기타 채소에서의 MRL이 5 ppm으로 상당히 높음. 따라서 폐면에서의 안전기준을 5 ppm 이하로 설정하였음
- \* **Fenoxanil**: 미강에 0.043ppm과 양송이용 벚짚에서 0.458 ppm까지 검출되었으며, 양송이버섯과 큰느타리버섯에서는 검출된 사례는 없음. 국내의 표고버섯에서 MRL이 0.5 ppm이며, 쌀에서는 1 ppm이므로, 쌀의 부산물인 미강과 벚짚에서의 안전기준을 1ppm 이하로 설정하였음
- \* **Fenitrothion**: 미강에서 0.024 ppm까지 검출되었으며, 직접 섭취하는 파프리카에서의 MRL이 0.2 ppm 이며, 사료에서는 MRL이 6 ppm임. 따라서 버섯재배에서는 부재료인 영양원으로 사용되기 때문에 사료기준인 6 ppm 이하로 안전기준을 설정하였음
- \* **Piperonylbutoxide**: 옥수수 3.806 ppm, 대두피 0.022 ppm, 밀기울 0.449 ppm 등 원재료에서 검출사례가 높지만, 버섯 자실체에서 검출되지 않았음. 국내 옥수수에서의 MRL이 30 ppm이며, 밀은 20 ppm으로 매우 높으며, 쌀을 제외한 곡물의 MRL도 20 ppm이므로, 밀기울, 옥수수, 대두박등이 곡물의 부산물임을 감안하면 20 ppm 이하로 안전기준을 설정하였음.
- \* **Epoxiconazole**: 비트펄프에서 0.084 ppm까지 검출되었으며, 비트펄프는 사탕수수의 부산물로 직접 섭취하지 않으나 국내에서의 MRL 기준은 직접 섭취하는 채소류는 대부분 0.05 ppm 수준이며, 쌀, 밀, 옥수수 등 곡류가 0.3 ppm임. 따라서 곡류의 검출사례등을 감안할 때 0.3 ppm 이하로 안전기준을 설정하였음
- \* **Tricyclazole**: 면실박 0.044 ppm, 벚짚 0.188 ppm, 미강 0.090 ppm까지 검출되었으며, 양송이버섯 재배 시험에서 5 ppm 이하에서는 자실체로 이행되지 않음을 확인하였음. 따라서 면실박에서 안전기준을 5 ppm 이하로 설정하였음..
- \* **Bifenthrin**: 일반 살충제로 많이 사용하고 있으며, 건비지 0.046 ppm, 폐면 0.278 ppm까지 검출되었으며, 본 연구결과 배지에서 버섯으로의 이행되지 않음을 확인하였음. 인삼에서의 MRL이 0.5 ppm 이며, 식품에서는 131종에 대한 MRL 기준설정이 되어 있어 저농도인 0.05 ppm에서 최고 농도인 8 ppm 까지 다양하게 검출되나 버섯 자실체로 이행되지 않으므로 건비지에서는 대두의 MRL이 0.5 ppm임을 감안하여 안전기준을 0.5 ppm 이하로 설정하였음
- \* **Thifluzamide**: 땅콩껍질 0.017ppm, 벚짚 0.171 ppm까지 검출되었고, 버섯 자실체서 검출되지 않았음. 식품 중 고추, 상추 등이 0.05 ppm이며, 엽채류는 5 ppm으로 잔류허용기준이 설정되어 있으며, 국내에서는 땅콩에서 등록농약이 아니나 땅콩껍질임을 감안할 때 땅콩은 재배과정에서의 농약 사용 빈도가 비교적 적은 작물이라 안전기준을 5 ppm 이하로 설정하였음.

## 2) 배지재료별 중금속 성분의 안전기준 설정

시료명	중금속 성분명	안전기준 농도(mg/kg)
콘코브	납 (Pb)	10
비트펠프	납 (Pb)	10
폐면	납 (Pb)	10
미송툽밥	납 (Pb)	10

\* 납은 원재료에서는 자주 검출되지만, 본 연구의 이행시험결과 **100 ppm까지는 자실체로 이행되지 않는 것으로 확인**하였음 따라서 현지에서 정상적으로 처리된 원재료라면 안전기준을 10 ppm 이하로 설정하였음

### 바. 적 요

- 국내외 배지재료 171점을 분석한 결과, 97건(56.7%)에서 잔류농약(32종), 중금속(납) 38건이 검출되었으며, 농약 중 3건은 국내 미등록 농약(Piperonil butoxide 등)임
- 국내 병재배 버섯농가에서 수집한 배지재료에서는 Fenoxanil 등 24종의 농약성분과 생장조절제인 Gibberellic acid가 검출되었고, 균상재배에 많이 사용하는 벚짚과 폐면에서 Diuron 등 32종의 농약성분이 검출되며, 수입업체로부터 수집한 배지재료에서는 Epoxiconazole 등 21종의 농약성분이 검출되었음
- 미강에서는 Fenoxanil 등 8종, 건비지에서는 Bifenthrin 등 6종이 검출되었음
- 밀기울에서는 Chlorpyrifos-methyl 등 2종, 옥수수에는 Piperonylbutoxide 등 4종이 검출되었음
- 폐습에서는 Diuron 등 16종, 면실박과면실피에서는 Imidacloprid 등 5종이 검출되었음
- 툽밥에는 Propiconazole 성분이 검출되었고, 비트펠프에서는 Epoxiconazole 등 2종이 검출되었음
- 친환경(무농약) 양송이농가의 배지재료에서는 Oxadiazon 등 6종의 농약성분이 검출되었지만, 자실체에서는 농약성분이 전혀 검출되지 않았음
- 국내 병재배 버섯농가에서 수집한 배지재료에서 납과 비소가 검출되었음 콘코브에서는 납이 0.30~1.07ppm, 비트펠프와 면실박에서는 납이 0.64ppm과 0.30ppm 검출되었으며, 미강에서는 비소가 0.57ppm 검출되었음 밀기울에는 납이 0.29~0.74ppm, 미송툽밥에서는 1.55~2.49ppm, 폐면에서는 1.37ppm이 검출되었음
- 버섯재배용 배지재료에 다양한 농약 및 중금속 성분이 검출되었지만, 버섯 자실체에는 검출되지 않았고, 이들 미량의 성분들은 자실체로 이행되지 않음을 확인하였음

## 2. 협동연구과제 (순천향대학교)

가. 큰느타리버섯 재배시험 조사 (종합, '18~'20)

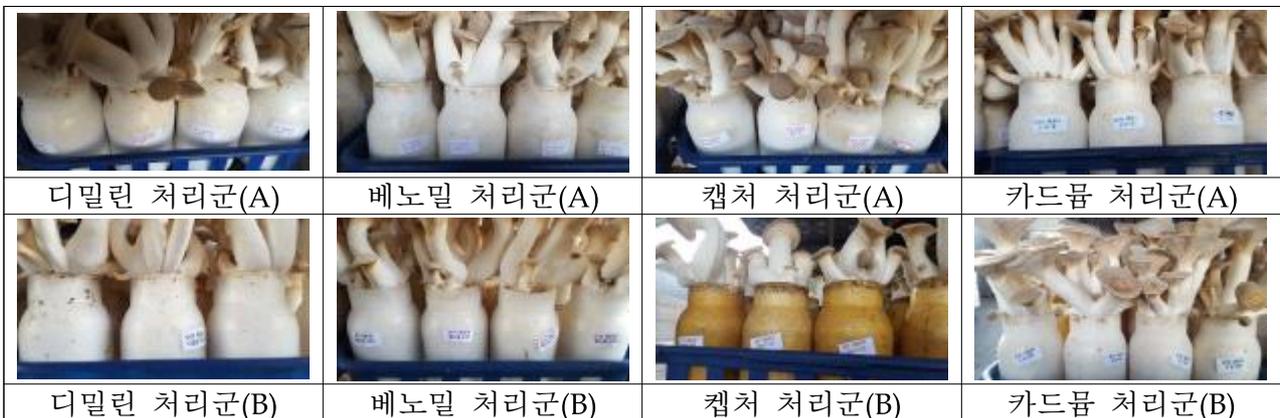
1) 농약처리 및 중금속 첨가 후 이행시험결과

가) 원배지에서 의 잔류농약 및 중금속(카드뮴)첨가에 따른 성장특성 조사

- 발이과정



- 재배결과



- 분석결과

(1) 잔류농약(Benomyl, Diflubenzuron, Bifenthrin : 10, 100 ppm)

구분	버섯	배지	(단위 : ppm)
			비고
Benomyl	ND	0.064	10 ppm
	ND	0.304	
	ND	0.463	100 ppm
	ND	1.352	
Diflubenzuron	0.027	11.968	10 ppm
	0.029	15.206	
	0.027	48.680	100 ppm
	0.180	44.340	
Bifenthrin	ND	5.518	10 ppm
	ND	5.635	
	ND	8.686	100 ppm
	ND	9.473	

\* ND : Not Detected(불검출)

버섯류에서 검출 빈도가 높은 Benomyl, Diflubenzuron과 최근 사회적으로 문제가 된 Bifenthrin를 대상으로 한 이행시험 결과는 배지에서 Benomyl과 Bifenthrin은 버섯으로의 이행이 되지 않지만, Diflubenzuron은 버섯에서도 검출됨으로서 이행에 따른 사용상 제한과 원재료에서의 안전사용 기준 설정이 필요한 것으로 판단되며, 이행시험 결과상으로 1 ppm 이하로 설정하는 것이 적절할 것으로 판단됨

(2) 중금속(카드뮴 : 10, 100 ppm)

구분	버섯	배지	(단위 : ppm)
			비고
시료 A	1.85	1.06	10 ppm
시료 B	4.47	4.48	
시료 C	26.34	24.22	100 ppm
시료 D	328.68	273.10	

\* 큰느타리버섯의 재배에 따른 카드뮴 함유 배지에서의 자실체로의 이행 분석결과 배지에 함유된 카드뮴 함량보다 높게 버섯에서 검출되었으며, 이런 결과는 카드뮴이 버섯 자실체로 이행이 매우 쉽게 이루어지므로, 배지의 카드뮴 허용치는 0.3 ppm 이하로 관리되어야 할 것으로 판단함.

\* 그러나 카드뮴은 버섯 원재료에서는 검출되는 사례의 거의 없고, 자실체에서도 검출된 경우가 없지만 추후 배지재료에 대해 지속적으로 카드뮴에 대한 분석정보는 관리되어야 할 것으로 판단됨

2. 큰느타리 재배시험 조사

가. 농약처리 및 중금속 첨가 후 이행시험결과

가) 원배지에서의 중금속 및 농약 및 중금속(납)첨가에 따른 생장특성 조사

- 균균기





- 재배결과



--	--



- 분석결과

- (1) 잔류농약(Chlorfenpyr, Imidacloprid, Prochloraz manganese, Chlorantraniliprole, Spinetoram, Thiophanate-methyl : 10, 100 ppm)

구분	잔류농약		배지	
	10 ppm	100 ppm	10 ppm	100 ppm
Chlorfenpyr	ND	ND	1.576	34.507
Imidacloprid	ND	ND	0.033	0.591
Prochloraz manganese	ND	ND	ND	ND
Chlorantraniliprole	ND	ND	ND	ND
Spinetoram	ND	ND	0.667	7.828
Thiophanate-methyl	ND	ND	ND	ND

\* ND : Not Detected(불검출)

\* 등록농약인 Chlorfenpyr, Imidacloprid, Prochloraz manganese, Chlorantraniliprole, Spinetoram, Thiophanate-methyl 등 시험군인 6종 모두 버섯에서는 불검출이었으며, Chlorfenpyr 배지, Imidacloprid 배지, Spinetoram 배지는 배지에서는 검출되었으나 버섯으로의 이행이 없음을 확인하였다.

- (2) 중금속(납)

(단위 : ppm)

구분	버섯	배지	비고
시료 A	ND	5.87	
시료 B	ND	39.54	

\* ND : Not Detected(불검출)

\* 큰노타리 재배에 따른 납 함유 배지에서의 자실체로의 이행 분석결과 배지에서는 10 ppm 처리군과 100 ppm 처리군에서 각각 5.87 ppm, 39.54 ppm이 검출되었으나 자실체인 버섯에서는 모두 검출되지 않았다. 이는 카드뮴의 시험과는 다르게 납은 배지를 통한 이행이 없는 것으로 확인함

3. 큰노타리 재배시험 조사

가. 농약처리 및 중금속 첨가 후 이행시험결과

가) 원배지에서의 중금속 및 농약 및 중금속(납)첨가에 따른 성장특성 조사

- 재배과정



- 1차 분석결과

단위 : ppm

구분	잔류농약		중금속			
	농약명	검출량	납	비소	카드뮴	수은
미강	Difenoconazole	0.011	ND	0.62	ND	ND
대두피	ND	-	ND	ND	ND	ND
톱밥	ND	ND	0.44	ND	ND	ND
땅콩피	Difenoconazole	0.019	1.22	ND	ND	ND
해바라기박	Diphenylamine	0.013	ND	ND	ND	ND
폐분	ND	-	ND	ND	ND	ND
비트	Diphenylamine	0.014	ND	ND	ND	ND
	Difenoconazole	0.031				
대두박	ND	-	ND	ND	ND	ND
소맥피	Chlorpyrifos-methyl	0.142	ND	ND	ND	ND
	Parathion-methyl	0.159				
	Deltamethrin	0.053				
콘코프	Diphenylamine	0.018	ND	ND	ND	ND
파옥대	Piperonyl bitoxide	0.025	ND	ND	ND	ND

\* ND : Not Detected(불검출)

\* 잔류농약은 Difenoconazole, Diphenylamine, Chlorpyrifos-methyl, Parathion-methyl, Deltamethrin, Piperonyl bitoxide 등 6종이 최대농도 Parathion-methyl이 0.159 ppm이 검출되

있으며, 중금속은 톱밥과 땅콩피에서 납이 검출되었으며, 미강에서는 비소가 0.62 ppm 검출되었다.

- 2차 분석결과

단위 : ppm

구분	잔류농약		중금속			
	농약명	검출량	납	비소	카드뮴	수은
베아박	ND	-	ND	ND	ND	ND
대두피	ND	-	ND	ND	ND	ND
톱밥	ND	-	0.39	ND	ND	ND
땅콩피	Diphenylamine	0.034	0.57	0.25	ND	ND
	Piperonyl bitoxide	0.072				
해바라기박	ND	-	ND	ND	ND	ND
면실피	ND	-	ND	ND	ND	ND
면실박	ND	-	ND	ND	ND	ND
비트	ND	-	0.41	ND	ND	ND
대두박	ND	-	ND	ND	ND	ND
소맥피	Piperonyl bitoxide	6.340	ND	ND	ND	ND
	Deltamethrin	0.200				
콘코프	ND	-	ND	ND	ND	ND
파옥대	Piperonyl bitoxide	0.120	ND	ND	ND	ND

\* ND : Not Detected(불검출)

\* 2차 분석에서는 Diphenylamine, Piperonyl bitoxide, Deltamethrin 등 3종이 분석되었으며 특히 소맥피는 Piperonyl bitoxide에서 6.340 ppm의 고농도로 검출되었으며, 중금속인 납은 톱밥, 땅콩박, 비트에서 검출되었으며, 비소는 땅콩피에서만 0.25 ppm 검출되었음

\* 1, 2차 분석결과 잔류농약은 품목마다 로트마다 다르게 검출되었지만 중금속인 납은 톱밥과 땅콩피에서 지속적으로 검출됨으로서 원재료 납품업체에 대한 관리가 필요한 것으로 판단됨

- 3차 분석결과

단위 : ppm

구분	잔류농약		중금속			
	농약명	검출량	납	비소	카드뮴	수은
콘코프	ND	-	ND	ND	ND	ND
면실피	ND	-	ND	ND	ND	ND
비트	ND	-	ND	ND	ND	ND
혼합배지	ND	-	ND	ND	ND	ND

\* ND : Not Detected(불검출)

\* 3차 분석결과는 혼합배지를 사용하는 재배농가에서 수거한 시료를 분석하였으며, 기존의 분석결과와 동일하게 모두 불검출로 확인되었음

- 큰노타리 재배시험 조사 결과

(1) 원배지에서의 농약 및 중금속 첨가에 따른 자실체 분석

㉠ 처리 시료군

			단위 : ppm
구분	성분		비고
	농약	중금속	
1	Tricyclazole		10/100 ppm
2	Difenoconazole		
3	Pyraclostrobin		
4	Chlorpyrifos-methyl		
5	Thiopante-methyl		
6	Chlorantraniliprole		
7	Prochloraz manganese		
8	Diphenylamine		
9		Hg	
10		As	

㉡ 버섯(자실체) 분석결과

구분	잔류농약		중금속	
	농약명	검출량	비소	수은
Tricyclazole 10, 100 ppm	Tricyclazole	ND		
Difenoconazole 10 ppm	Difenoconazole	ND		
Pyraclostrobin 10 ppm	Pyraclostrobin	ND		
Chlorpyrifos-methyl 10, 100 ppm	Chlorpyrifos-methyl	ND		
Thiopante-methyl 10 ppm	Thiopante-methyl	ND		
Chlorantraniliprole 10 ppm	Chlorantraniliprole	ND		
Prochloraz manganese 10 ppm	Prochloraz manganese	ND		
Diphenylamine 10, 100 ppm	Diphenylamine	ND		
Hg 10, 100 ppm	-	-		ND
As 10, 100 ppm	-	-	ND	

\* ND : Not Detected(불검출)

Tricyclazole, Difenoconazole, Pyraclostrobin, Chlorpyrifos-methyl, Thiopante-methyl, Chlorantraniliprole, Prochloraz manganese, Diphenylamine, 수은과 비소를 10, 100 ppm으로 처리 후 버섯에서는 처리된 농약 및 중금속인 수은과 비소가 검출되지 않아서 버섯으로의

이행은 없음을 확인하였으며, 원재료에서 검출된 잔류농약도 재배과정에서 이행은 없었음

㉔ 수확 후 배지의 잔류농약 및 중금속 분석

단위 : ppm

구분	잔류농약	중금속		비고(검출량)
		비소	수은	
Tricyclazole 10, 100 ppm	ND			
Difenoconazole 10 ppm	ND			
Pyraclostrobin 10 ppm	ND			
Chlorpyrifos-methyl 10, 100 ppm	ND			
Diphenylamine 10, 100 ppm	검출			10 ppm 0.027
				100 ppm 0.193
Hg 10, 100 ppm			검출	10 ppm 0.473
				100 ppm 0.822
As 10, 100 ppm		검출		100 ppm 0.640

\* ND : Not Detected(불검출)

배지에서는 농약은 Diphenylamine은 배지에서 검출됨을 확인하였으며, 수은과 비소는 배지에서는 검출되었으나 버섯의 분석결과와 같이 이행은 없었음

㉕ 시판 버섯류에서의 잔류농약 및 중금속 분석결과

단위 : ppm

구분	잔류농약	중금속				비고
		납	비소	카드뮴	수은	
시료 1 (느타리, 새송이, 팽이)	ND	ND	ND	ND	ND	세종
시료 2 (느타리, 새송이, 팽이)	ND	ND	ND	ND	ND	충남 공주
시료 3 (느타리, 새송이, 팽이)	ND	ND	ND	ND	ND	대전
시료 4 (느타리, 새송이, 팽이)	ND	ND	ND	ND	ND	대전
시료 5 (느타리, 새송이, 팽이)	ND	ND	ND	ND	ND	대전
시료 6 (느타리, 새송이)	ND	ND	ND	ND	ND	충북 청주
시료 7 (새송이)	ND	ND	ND	ND	ND	베트남
시료 8 (새송이)	ND	ND	ND	ND	ND	베트남 (한국산)

\* 시료 6은 원재료 2회 분석 시 일부 원재료에서 Diphenylamine이 검출된 업체임

시중에서 유통되는 버섯 중에서 잔류농약이 검출된 원재료를 사용하는 느타리, 새송이, 팽이에 대하여 분석한 결과 잔류농약과 중금속 모두 검출되지 않음을 확인함

잔류농약과 중금속에 대한 3차년도('18 ~ '20)에 대한 이행시험 결과 농약은 Diflubenzuron이 배지에서 버섯으로의 이행됨을 확인하였으며, 중금속인 납, 카드뮴, 수은과 비소에 대한 이행시험 결과 새송이버섯은 카드뮴만이 배지에서 사실체로 이행됨을 확인하였으나 새송이버섯 원재료에서는 카드뮴의 검출 사례가 본 연구팀의 연구결과 검출사례가 없어 중금속은 안전함을 확인함

4. 양송이버섯 재배시험 조사 (종합, '18~'20)

가. 농약처리 및 중금속 첨가 후 이행시험결과

가) 재배농가 사용 중인 양송이버섯 잔류농약·중금속 분석결과

(1) 잔류농약(Benomyl, Diflubenzuron, Bifenthrin : 10, 100 ppm)

(단위 : ppm)

구분	버섯	배지	복토	비고
Benomyl	ND	ND	ND	10 ppm
	ND	ND	ND	
	ND	ND	ND	100 ppm
	ND	ND	ND	
	ND	ND	ND	250 ppm
	ND	ND	ND	
Diflubenzuron	ND	0.046	0.078	10 ppm
	ND	0.886	0.149	100 ppm
	ND	5.019	0.100	
Bifenthrin	ND	2.767	ND	10 ppm
	ND	6.068	ND	
	ND	8.186	ND	100 ppm
	ND	9.246	ND	

\* ND : Not Detected(불검출)

양송이 재배에서 가장 검출 빈도가 높은 Benomyl의 이행시험 결과는 배지에서 버섯으로의 이행이 되지 않음을 확인하였으며, 잔류농약 검사 시에 Carbendazim 성분으로 검출되는 Benomyl은 재배 과정에서 균상의 오염 또는 오염 예방을 위하여 약제 처리 시에 검출되는 것으로 판단되어 향후 양송이재배 과정에서 재배과정 중에는 사용의 제한이 필요하며 양송이 배지의 주요 원재료 중 하나인 계분은 양계 과정에서 살충제인 Bifenthrin이 사용될 수 있어 계분을 통한 버섯으로의 이행을 검정하였으나 배지에서 버섯으로의 이행이 되지 않음을 확인하였음

- 배지에서 검출된 잔류농약

(단위 : ppm)

구분	잔류농약	중금속	비고
시료 1	Azoxystrobin	0.013	납 1.32
	Fenoanil	0.011	
	Thifluamide	0.007	
시료 2	Chlorfenapyr	0.064	납 2.60
	Fenoanil	0.779	
	Piperonylbutoxide	0.188	
시료 3	Carbendazim	0.074	납 3.31
	Fenoanil	0.179	
	Piperonyl butoxide	0.029	
	Prochloraz	23.995	
	Propiconazole	0.023	
	Teflubenzuron	3.651	
	Thifluzamide	0.075	
시료 4	Carbendazim	2.516	납 2.00
	Prochloraz	8.682	
시료 5	Chloranranil;prole	0.066	ND
	Propiconazole	0.063	

\* ND : Not Detected(불검출)

\* 양송이 배지는 주로 벧짚을 사용함으로 벧짚에는 벧의 재배과정 및 수집 절차 기간에 따라 잔류농약이 존재할 가능성이 높으며, 일부 잔류농약은 지속적으로 검출되고 있음

- 복토의 잔류농약·중금속 분석결과

(단위 : ppm)

구분	잔류농약	중금속	비고
시료 1	Carbendazim	3.394	ND
	Prochloraz	17.717	
	Teflubenzuron	3.285	
시료 2	ND	납 26.145	
시료 3	Fenoanil	0.008	납 21.520
	Prochloraz	0.033	
	Procymidone	0.006	
	Thifluzamide	0.022	
시료 4	ND	납 21.258	
시료 5	ND	납 5.694	

\* ND : Not Detected(불검출)

\* 복토는 지역 및 재배 작물에 따라 잔류농약의 검출 및 특히 중금속인 납이 검출되는 사례가 있음

- 양송이버섯의 잔류농약·중금속 분석결과

(단위 : ppm)

구분	잔류농약	중금속	비고
시료 1	Carbendazim 0.412 Piperonyl butoxide 2.777	ND	
시료 2	Carbendazim 0.131 Piperonyl butoxide 0.227	수은 0.085	
시료 3	Carbendazim 0.187 Piperonyl butoxide 0.077	ND	
시료 4	Carbendazim 0.187 Piperonyl butoxide 0.009	ND	
시료 5	Carbendazim 0.768 Piperonyl butoxide 0.011 Prochloraz 10.85 Terbufos 0.066	ND	
시료 6	Carbendazim 0.011 Piperonyl butoxide 0.066	ND	
시료 7	Carbendazim 0.0285	ND	
시료 8	Carbendazim 0.033 Diflubenzuron 0.023	ND	
시료 9	Carbendazim 0.005	ND	

\* ND : Not Detected(불검출)

- \* 양송이버섯에서 주로 검출되는 잔류농약은 Carbendazim으로서 이는 재배과정에서 살균제 베노밀을 사용함으로써 검출되며, 그밖에 재배과정 중에서는 농약의 사용 시 상시 검출될 수 있음
- \* 납은 버섯의 재배 중에 사용되는 복토에서 특히 많이 검출되지만 버섯으로의 이행은 없는 것으로 확인됨
- \* 수은은 버섯의 중금속 검사 대상 항목은 아니지만 납과 카드뮴과 비교하여 잔류 허용량이 0.3 ppm 임을 감안하여도 기준치 이하이며, 극히 일부 경우를 제외하고는 배지에서 수은이 검출되는 경우는 극히 드물어 안전한 것으로 판단함

(2) 중금속(카드뮴 : 10, 100 ppm)

(단위 : ppm)

구분	버섯	배지	복토	비고
카드뮴	ND	6.890	ND	10 ppm
	ND	10.320	0.970	100 ppm

\* ND : Not Detected(불검출)

- \* 양송이버섯에서 카드뮴은 배지와 복토에서는 검출되어도 버섯으로의 이행은 없는 것으로 확인됨

- 해외(일본) 버섯에서의 잔류농약 및 중금속 분석결과

(단위 : ppm)

구분	양송이버섯	새송이버섯	비고
잔류농약	ND	ND	농약 320종
중금속	ND	ND	카드뮴, 납, 수은, 비소

\* ND : Not Detected(불검출)

\* 일본 현지에서 유통되는 양송이버섯과 새송이버섯에 대한 잔류농약과 중금속에 대한 분석결과 전 항목에서 불검출 되어 버섯에 대한 안전성이 높은 것으로 분석되었음

5. 양송이 재배시험 조사

가. 농약처리 및 중금속 첨가 후 이행시험결과

가) 재배농가 사용 중인 양송이배지 잔류농약·중금속 분석결과

(1) 원배지에서의 농약 및 중금속(납)첨가에 따른 성장특성 조사



- 분석결과

(1) 잔류농약

구분	1주기 버섯 잔류농약	
	10ppm	100ppm
Chlorfenapyr	ND	ND
Thiophanate-methyl	ND	ND
Fluazinam	ND	ND
Flufenozuron	ND	ND
Prochloraz manganese	ND	ND
Tebufofos	ND	ND
Spiromesifen	ND	ND
Etoxazole	ND	ND
Clothianidin	ND	ND

\* ND : Not Detected(불검출)

구분	2주기 버섯 잔류농약	
	10ppm	100ppm
Chlorfenapyr	ND	ND
Thiophanate-methyl	ND	ND
Fluazinam	ND	ND
Flufenozuron	ND	ND
Prochloraz manganese	ND	ND
Tebufofos	ND	ND
Spiromesifen	ND	ND
Etoazole	ND	ND
Clothianidin	ND	ND

\* ND : Not Detected(불검출)

구분	3주기 버섯 잔류농약	
	10ppm	100ppm
Chlorfenapyr	ND	ND
Thiophanate-methyl	ND	ND
Fluazinam	ND	ND
Flufenozuron	ND	ND
Prochloraz manganese	ND	ND
Tebufofos	ND	ND
Spiromesifen	ND	ND
Etoazole	ND	ND
Clothianidin	ND	ND

\* ND : Not Detected(불검출)

구분	수확 후 배지 잔류농약			
	10ppm		100ppm	
Chlorfenapyr	Carbendazim	0.034	Carbendazim	0.052
	Chlorsulfuron	0.013		
Thiophanate-methyl	Carbendazim	0.025	Carbendazim	0.012
Fluazinam	Carbendazim	0.043	Carbendazim	0.039
Flufenoxuron	Carbendazim	0.042	Carbendazim	0.020
	Flufenoxuron	0.015	Flufenoxuron	0.174
Prochloraz manganese	Carbendazim	0.047	Carbendazim	0.039
	Chlorsulfuron	0.011		
Tebufos	Carbendazim	0.022	Carbendazim	0.026
			Chlorsulfuron	0.014
Spiromesifen	Carbendazim	0.046	Carbendazim	0.053
Etoazole	Carbendazim	0.039	Carbendazim	0.038
Clothianidin	Carbendazim	0.035	Carbendazim	0.065
			Clothianidin	0.123

\* ND : Not Detected(불검출)

\* 잔류농약 이행 시험에서 버섯에서의 잔류농약 검출은 없었으나 재배 과정에서 농약 사용시는 버섯에서 잔류농약이 검출될 수 있으므로 사용상 주의가 필요하며 특히 베노밀의 사용시에는 주의가 요구됨

(2) 중금속(납)

(단위 : ppm)

구분	버섯	배지	비고
1주기	ND	-	10ppm
	ND		100ppm
2주기	ND		10ppm
	ND		100ppm
3주기	ND		10ppm
	ND		100ppm
배지		18.33	10ppm
		29.48	100ppm

\* ND : Not Detected(불검출)

- 재배농가 사용 중인 양송이복토의 잔류농약·중금속 분석결과

(단위 : ppm)

구분	잔류농약 320종	납, 카드뮴	비고
시료 A	ND	ND	
시료 B	ND	ND	

\* ND : Not detection

- 해외(일본) 버섯에서의 잔류농약 및 중금속 분석결과

(단위 : ppm)

구분	양송이	새송이	비고
잔류농약	ND	ND	농약 320종
중금속	ND	ND	납, 카드뮴

\* ND : Not detection

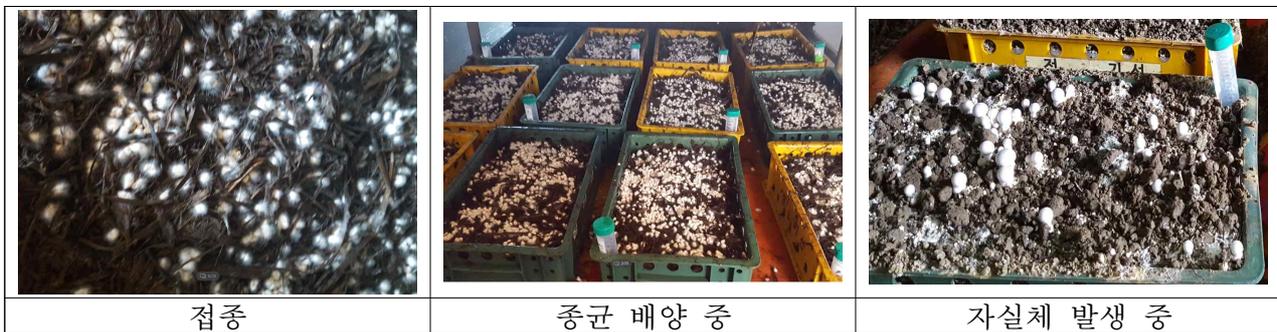
\* 일본 현지에서 유통되는 양송이버섯과 새송이버섯에 대한 잔류농약과 중금속에 대한 분석결과 전 항목에서 불검출되어 버섯에 대한 안전성이 높은 것으로 분석되었음

6. 양송이 재배시험 조사

가. 농약처리 및 중금속 첨가 후 이행시험결과

가) 재배농가 사용 중인 양송이배지 잔류농약·중금속 분석결과

(1) 원배지에서의 농약 및 중금속(납·비소)첨가에 따른 성장특성 조사



- 후발효 전·후 분석결과

(1) 잔류농약 및 중금속 분석

단위 : ppm

구분	잔류농약		중금속			
	농약명	검출량	납	비소	카드뮴	수은
후발효 전	Carbendazim	0.044	3.900	2.190	-	-
	Fenoxanil	0.075				
	Propiconazole	0.139				
후발효 후	Thifluzamide	0.075	2.980	1.820	-	-
	Fenoxanil	0.070				
	Propiconazole	0.105				

양송이버섯을 재배하기 전단계인 후발효 전후의 시료를 분석한 결과 일반적으로 양송이버섯의 주재료인 볏짚에서 검출될 수 있는 일부 잔류농약과 중금속은 납이 검출되었으며, 비소가 검출되었다. 그밖에 볏짚에서는 기존의 시험결과 살균제인 Tricyclazole 자주 검출되는 잔류농약이며, 재배 환경에 따라 버의 재배과정에 잔류한 다양한 잔류농약이 검출될 수 있으며, 주로 검출되는 잔류농약으로는 살충제인 Chlorantraniliprole, Fenvalerate와 살균제인 Prochloraz, Difenoconazole 등이 있으며, 검출량은 대부분 0.1 ppm 이하이며 간혹 그 이상이 검출되는 경우도 있으며 이는 일반적인 경향은 아닌 것으로 판단되며 재배과정에서 농약의 생분해기간에 따라 분해되는 것으로 알려져 있으며 버섯으로의 이행은 없는 것으로 확인하였음

- 접종 전·후 및 배지의 분석결과

(1) 잔류농약 및 중금속

단위 : ppm

구분	잔류농약		중금속			
	농약명	검출량	납	비소	카드뮴	수은
배지	Triadimenol-1	0.174	4.72	3.38	ND	ND
	Thifluzamide	0.091				
	Fenoxanil	0.213				
접종 전	Tebuconazole	0.355	5.27	2.49	ND	ND
	Thifluzamide	0.331				
	Fenoxanil	0.210				
	Propiconazole	0.180				
	Difenoconazole	0.031				
입상	Carbendazim	0.126	4.34	2.16	ND	ND
	Terbufos	0.092				
	Thifluzamide	0.281				
	Fenoxanil	0.192				
	Propiconazole	0.174				
	Bifenthrin	0.038				
	Difenoconazole	0.042				

\* ND : Not Detected(불검출)

배지와 접종 전과 입상 단계에서도 잔류농약과 중금속으로는 납이 검출되고, 비소도 모든 단계에서 검출됨을 확인하였음

- 원배지에서의 중금속 및 농약 및 중금속 첨가에 따른 1차 자실체 분석

(1) 잔류농약 및 중금속 분석

가. 처리 시료군

			단위 : ppm
구분	성분		비고
	농약	중금속	
1	Tricyclazole		1, 5, 10, 100 ppm
2	Difenoconazole		
3	Pyraclostrobin		
4	Chlorpyrifos-methyl		
5			
6		Hg	
7		As	

- 1주기 양송이버섯 분석결과

구분	잔류농약		단위 : ppm 중금속	
	농약명	검출량	비소	수은
Tricyclazole 10 ppm	Tricyclazole	19.615		
Tricyclazole 100 ppm	Tricyclazole	140.057		
Difenoconazole 10 ppm	Difenoconazole	31.148		
Difenoconazole 100 ppm	Difenoconazole	96.810		
Pyraclostrobin 10 ppm	Pyraclostrobin	13.544		
Pyraclostrobin 100 ppm	Pyraclostrobin	140.388		
Chlorpyrifos-methyl 10 ppm	Chlorpyrifos-methyl	1.6595		
Chlorpyrifos-methyl 100 ppm	Chlorpyrifos-methyl	18.091		
Hg 10 ppm	Hg			0.547
Hg 100 ppm				1.159
As 10 ppm	As		ND	
As 100 ppm			ND	

\* ND : Not Detected(불검출)

Tricyclazole, Difenoconazole, Pyraclostrobin, Chlorpyrifos-methyl은 1차 자실체 분석에서 10 ppm 처리군에서도 검출됨을 확인하였으며, Hg 또한 검출되었음

- 2주기 양송이버섯 분석결과

구분	잔류농약		단위 : ppm 중금속	
	농약명	검출량	비소	수은
Tricyclazole 10 ppm	Tricyclazole	ND		
Tricyclazole 100 ppm	Tricyclazole	0.010		
Difenoconazole 10 ppm	Difenoconazole	ND		
Difenoconazole 100 ppm	Difenoconazole	ND		
Pyraclostrobin 10 ppm	Pyraclostrobin	ND		
Pyraclostrobin 100 ppm	Pyraclostrobin	ND		
Chlorpyrifos-methyl 10 ppm	Chlorpyrifos-methyl	ND		
Chlorpyrifos-methyl 100 ppm	Chlorpyrifos-methyl	ND		
Hg 10 ppm	Hg			0.568
Hg 100 ppm				0.767
As 10 ppm	As		ND	
As 100 ppm			ND	

\* ND : Not Detected(불검출)

2주기 시료군에서는 Tricyclazole 100 ppm 처리군과 Hg 처리군만 검출됨을 확인하였으며, 수은은 전년도 시험결과 일부 이행이 되나 양송이버섯 재배 원재료에서 검출되는 예가 극히 드물어 안전기준 설정은 3 ppm 이하로 설정시 안전한 것으로 판단함

- 양송이버섯 수확 후 양송이 배지 및 복토 분석결과

단위 : ppm

구분	잔류농약		중금속	
	농약명	검출량	비소	수은
Tricyclazole 10 ppm 배지	Tricyclazole	16.499		
Tricyclazole 10 ppm 복토		ND		
Tricyclazole 100 ppm 배지		211.975		
Tricyclazole 100 ppm 복토		0.200		
Difenoconazole 10 ppm 배지	Difenoconazole	17.723		
Difenoconazole 10 ppm 복토		ND		
Difenoconazole 100 ppm 배지		335.267		
Difenoconazole 100 ppm 복토		ND		
Pyraclostrobin 10 ppm 배지	Pyraclostrobin	ND		
Pyraclostrobin 10 ppm 복토		ND		
Pyraclostrobin 100 ppm 배지		ND		
Pyraclostrobin 100 ppm 복토		ND		
Chlorpyrifos-methyl 10 ppm 배지	Chlorpyrifos-methyl	ND		
Chlorpyrifos-methyl 10 ppm 복토		ND		
Chlorpyrifos-methyl 100 ppm 배지		ND		
Chlorpyrifos-methyl 100 ppm 복토		ND		
Hg 10 ppm 배지	Hg			0.751
Hg 10 ppm 복토				0.234
Hg 100 ppm 배지				1.137
Hg 100 ppm 복토				0.470
As 10 ppm 배지	As		0.69	
As 10 ppm 복토			0.80	
As 100 ppm 배지			1.32	
As 100 ppm 복토			0.70	

\* ND : Not Detected(불검출)

양송이버섯 수확 후 배지 및 복토를 분석한 결과 Tricyclazole와 Difenoconazole 배지에서만 검출되었으며, Pyraclostrobin와 Chlorpyrifos-methyl는 배지에서도 불검출되었음

중금속은 수은은 배지와 복토에서도 검출되었으며, 비소 또한 배지와 복토에서도 검출되었음

- 양송이버섯에서 농약 및 납 저농도 처리군 시험결과

단위 : ppm

구분	잔류농약		중금속
	농약명	검출량	납
Tricyclazole 1 ppm	Tricyclazole	ND	
Tricyclazole 5 ppm		ND	
Difenoconazole 1 ppm	Difenoconazole	ND	
Difenoconazole 5 ppm		ND	
Pyraclostrobin 1 ppm	Pyraclostrobin	ND	
Pyraclostrobin 5 ppm		ND	
Chlorpyrifos-methyl 1 ppm	Chlorpyrifos-methyl	ND	
Chlorpyrifos-methyl 5 ppm		ND	
Pb 1 ppm	Pb		ND
Pb 5 ppm			ND

\* ND : Not Detected(불검출)

기실험 조건인 10, 100 ppm 처리조건에서 자실체에서 잔류농약이 검출된 농약에 대하여 1, 5 ppm 농도로 분석한 결과 모든 잔류농약이 이행되지 않음을 확인하였음

결과적으로 새송이버섯과 양송이버섯에 대한 잔류농약 및 중금속 이행에 대한 분석결과 잔류농약은 배지에서 검출될 수 있는 수준에서는 검출되지 않음을 확인하였으며, 중금속 또한 버섯 원재료에 함유되지 않은 수은과 카드뮴 뿐만 아니라 배지에서 검출될 수 있는 납과 비소도 검출되지 않음을 확인함으로써 배지에 포함된 위해물질의 이행에 대한 검정을 적절하게 연구하여 이행되지 않음을 확인하였음

7. 양송이 배지재료(볏짚·밀짚)의 안전기준 설정

단위 : ppm

잔류농약	MRL(mg/kg)	허용기준	비고
Azoxystrobin	5.0	5.0 이하	
Chlorantraniliprole	0.5	0.5 이하	
Chlorpyrifos-methyl	0.1	0.1 이하	
Chlorfenapyr	0.05	0.05 이하	밀짚
Difenoconazole	0.2	0.2 이하	
Fenoxanil	1.0	1.0 이하	
Piperonyl butoxide	2.0	2.0 이하	밀짚
Propiconazole	2.0	2.0 이하	
Pyraclostrobin	0.05	0.05 이하	
Teflubenzuron	0.05	0.05 이하	밀짚
Thifluamide	0.3	0.3 이하	
Tricyclazole	0.7	0.7 이하	

\* 햇볏짚은 당해연도 수거한 볏짚 중에서 충분히 건조되고 엽록소 비함유된 볏짚을 사용함

\* 보관은 통풍이 원활한 장소에서 비가림 시설로 보관하며, 3년 이내 사용을 권장함

## 8. 적 요

가. 새송이버섯에서 배지에서의 잔류농약과 중금속이 버섯으로 이행되는지를 확인하기 위한 이행성 시험을 진행하였다.

- 실험에 사용한 농약은 Benomyl, Diflubenzuron, Bifenthrin, Chlorfenpyr, Imidacloprid, Prochloraz manganese, Chlorantraniliprole, Spinetoram, Thiophanate-methyl, Tricyclazole, Difenconazole, Pyraclostrobin, Chlorpyrifos-methyl, Thiopante-methyl, Chlorantraniliprole, Prochloraz manganese, Diphenylamine 등 18종에 대해 10 ppm과 100 ppm 농도로 이행시험 검정결과 Diflubenzuron만 버섯으로 이행되고 나머지 성분은 버섯으로 이행되지 않음을 확인하였으며, 배지에서 버섯으로 이행된 Diflubenzuron은 새송이 재배 원료에서는 검출되지 않은 농약이며 재배과정에서도 사용되지 않으므로 새송이버섯의 배지에서 검출되는 잔류농약이 버섯으로서는 이행되지 않으므로 안전한 것으로 확인함

- 중금속은 버섯의 검사항목인 납과 카드뮴과 비검사 항목인 수은 그리고 비소에 대해 10 ppm과 100 ppm 농도로 이행성을 검정하였다. 연구결과 카드뮴은 배지에서의 농도에서 검출되는 함량에 따라 버섯으로 이행되는 것을 확인하였으나 카드뮴은 새송이버섯 재배 원재료에서 검출되는 중금속이 아니므로 재배에선 모든 중금속에 대한 안전한 것으로 확인함

나. 양송이버섯은 볏짚을 주재료로 계분을 혼합하여 사용하는데 실험에 사용한 농약은 Benomyl, Diflubenzuron, Bifenthrin, Chlorfenapyr, Thiophanate-methyl, Fluazinam, Flufenozuron, Prochloraz manganese, Tebufos, Spiromesifen, Etoazole, Clothianidin, Tricyclazole, Difenconazole, Pyraclostrobin, Chlorpyrifos-methyl 등 17종에 대한 농약에 대하여 10 ppm, 100 ppm 농도로 이행성을 검증하였으며, 시험농도에서 검출된 Tricyclazole 농약에 대해서는 1 ppm, 5 ppm의 저농도 시험을 통해 이행에 대한 농도를 검증하여 배지에서 버섯으로의 이행에 대한 안전기준을 확인하였다. 특히 Tricyclazole은 볏짚에서 0.2 ppm 이하로 검출되므로 5 ppm 농도에서는 불검출되어 이행에 대한 안전성을 검증하였음

- 양송이버섯에 대한 중금속의 이행성을 검정하기 위하여 검사항목인 납과 카드뮴 및 수은과 비소에 대한 이행성을 10 ppm, 100 ppm 농도에서 확인하고 추가시험은 1 ppm과 5 ppm 농도로 재검정하였다. 연구결과 검사항목은 납과 카드뮴은 배지에서 버섯으로 이행되지 않음을 확인하였으며, 실험적으로 실시한 수은의 이행성은 3 ppm 수준에서 이행될 수 있지만 수은은 양송이버섯 재배에서 사용되는 원료에서는 검출되지 않는 성분이므로 모든 중금속에 대한 이행성은 없는 것으로 확인함

### 3. 협동연구과제 (공주대학교)

#### 가. 연구수행 방법

##### 1) 중금속 및 농약 처리에 의한 균사 성장량 조사

- 고체배양: 시험에 사용된 중금속 및 농약성분은 배지 내 처리를 위해 10 ppm, 100 ppm으로 조절한 증류수 1 L에 PDA배지 39 g을 첨가한 뒤 고압멸균기(HIRAYAMA, HVA-85, Tokyo, Japan)를 이용하여 121°C에 20분간 멸균을 진행하였다. 고압멸균 후 petridish (SPL, Ø90)에 20 mL 씩 분주하여 5°C 온도에서 12시간 정도 냉각한 고형배지에 배양된 공시균주를 cork borer 4×4 mm로 절단하여 petridish 중앙에 접종하고 이를 암조건으로 설정된 25°C 항온기(Panasonic, MIR-154, Gunma, Japan)에서 배양하였다.

- 액체배양: 시험에 사용된 중금속 및 농약성분은 10 ppm, 100 ppm으로 조절한 증류수 1 L에 PDB배지 24 g을 첨가한 배지를 250 mL 삼각플라스크에 옮겨 담고, 고압멸균기를 이용하여 121°C에 20분간 멸균을 진행한 후, 20°C 이하로 냉각한 액체배지에 배양된 공시균주를 cork borer 4×4 mm으로 절단하여 접종하고 shaking incubator (Jeiotech, IS-2100R, Daejeon, Korea) 내 온도를 25°C로 조절하여 200 rpm에서 2주간 배양하였다.

- 유리아미노산분석: 액체배양에 사용한 PDB 중 10 mL을 시료로 취하여 원심분리(3,000 rpm/10 min) 후 상등액을 사용하였다. 원심분리 한 상등액에 5배의 증류수를 가하여 희석 후 5% trichloroacetic acid (TCA)를 동량 넣어 2배로 희석한 뒤 12,000 rpm/15 min 처리하여 상등액을 분리하였으며, 이 상등액에 n-hexane을 처리하여 지질 및 색소 등 비극성 물질을 제거하였다. n-hexane을 처리한 시료는 0.2 µm Syringe filter로 filtering 후 HITACHI L-8900 Amino Acid Analyzer (Tokyo, Japan)을 사용하여 유리아미노산을 분석하였다. 아미노산의 분석 시 main column은 HITACHI HPLC packed column 인 #2622PF column (4.6×60) Ion exchange column을 사용하였고, elution buffer는 KANTO HITACHI High speed amino acid analyzer buffer PF-1, 2,3,4, RG을 Coloring solution은 Wako Ninhydrin Coloring Solution Kit for HITACHI를 사용하였다. UV detector를 사용하였고, VIS1 (visible light)는 570 nm, VIS2는 440 nm로 분석을 진행하였다.

##### 2) 중금속 및 농약의 자실체로의 이행관련성 조사

- 배지 제작: 자실체 발생은 톱밥배지를 사용하였으며, 실험에 사용된 톱밥배지는 느타리는 포플러톱밥, 비트펄프, 면실박을 사용하였고 포플러톱밥 : 비트펄프 : 면실박을 50 : 30 : 20 (v/v)으로 조절하였으며, 팽이버섯은 포플러톱밥, 비트펄프, 콘코브, 파옥쇄, 밀기울, 미강을 사용하였고, 포플러톱밥 : 비트펄프 : 콘코브 : 파옥쇄 : 밀기울 : 미강을 12.5 : 1.32 : 3 : 0.18 : 1.11 : 2.1 (w/w)로 조절하였다. 톱밥배지에 시험에 사용된 중금속 및 농약성분을 각각 배지 건조중량의 10 ppm, 100 ppm으로 조절하고 교반기를 이용하여 배지 내의 수분함량을 느타리 기준 65±2%, 팽이 기준 70±2%로 조절하였다. 배합된 톱밥배지는 처리구의 ppm별로 1,100 mL PP병에 입병하였다. 입병한 톱밥배지는 고압멸균기를 사용하여 121°C에 90분 간 멸균 후 배지 온도가 20°C 이하가 될 때까지 식힌 뒤, 미리 배양된 종균을 접종하여 배양실로 옮겨 온도 2

3°C, 상대습도 95%, 암조건에서 배양하였다.

- 이행량 조사: 시험에 사용된 중금속 및 농약의 배지 내 잔류와 자실체로의 이행량 분석은 유도결합플라즈마 발광분광기 (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, ICP-AES)를 이용하여 진행하였다. 시료는 80°C 열풍건조기를 이용하여 3일간 건조하여 분쇄기로 분쇄하여 균질화하였으며, 중금속 분석을 위한 전처리는 약 0.5 g을 고압 폴리테트라플로로에틸렌 용기에 옮겨 65% 질산 5ml을 가하여 1~2시간 방치하여 예비분해과정을 거친 후 Microwave digestion system을 이용하여 분해를 진행하였다. 그 후 증류수를 이용하여 25 ml로 정용하고 여과하여 시험용액으로 사용하였다. 잔류농약 분석을 위한 시료의 전처리는 검체 10 g을 취하고 증류수 40 mL를 넣어 2시간 방치한 후 ACN 100 mL을 가하여 2분간 균질화 후 균질액을 감압여과하여 sodium chloride 15 g을 넣은 분액깔때기에 옮겨 강하게 흔들고 층이 분리될 때까지 정치하였다. ACN을 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 탈수하고 별도의 ACN을 가하여 100 mL로 하였다. ACN을 GC와 LC용 각각 20 mL 씩 취하여 40°C 이하 수욕상에서 질소농축하였으며, 정제과정은 GC의 경우 미리 florisil cartridge를 hexane 5 mL와 20% acetone/hexane 5 mL로 활성화시킨 후 질소농축한 시료를 20% acetone/hexane 4 mL에 용해하여 cartridge 상단에 넣고 용출시켜 시험관에 받았다. 다시 20% acetone/hexane 5 mL로 용출하여 동일 시험관에 받아 40°C 이하 수욕상에서 질소농축하였다. 잔류물은 20% acetone/hexane 4mL로 용해한 후 0.2  $\mu$ m polytetrafluoroethylene (PTFE) filter (Whatman)로 여과하여 시험용액으로 하였다. LC의 정제과정은 dichloromethane 5 mL로 amino-propyl cartridge를 미리 활성화시킨 후 위의 질소농축한 시료를 1% methanol/dichloromethane 4 mL로 용해하여 cartridge 상단에 넣고 용출시켜 시험관에 받았다. 다시 1% methanol/dichloromethane 7 mL로 용출하여 동일 시험관에 받아 40°C 이하 수욕상에서 질소농축하였다. 잔류물은 methanol 4mL로 용해한 후 0.2  $\mu$ m PTFE filter로 여과하여 시험용액으로 사용하였다.

### 3) 유해물질 첨가에 따른 성장단계별 유전자 발현특성 구명

- total RNA 추출: RNA purification kit (Ribospin™ II, GeneAll® Biotechnology, Seoul, Korea)을 이용하였으며, RNA 추출 방식은 제조사 제공한 표준실험법 중 animal tissue로부터 RNA를 추출하는 방식을 버섯에 맞게 변경하여 적용하였다(Kim *et al.*, 2020). RNA농도는 spectrophotometer (Nanodrop 2000, Thermo fisher scientific, MA, USA)를 이용하여 측정하였고, 안정성확인을 위해 RNA integrity Number를 측정하였다.

-전사체 분석: RNA 라이브러리는 SMARTer Stranded RNA-Seq Kit (Clontech Laboratories, Inc., CA, USA)로 제조하였다. 실험 과정은 각 total RNA를 2  $\mu$ g 준비하여 Oligo-dT가 붙은 자성 비드와 함께 incubation 후, mRNA를 제외한 기타 RNA는 세척 용액으로 제거 하였다.

High-throughput sequencing은 HiSeq 2500 (Illumina, Inc., CA, USA)를 이용하여 paired-end 100 sequencing으로 수행되었으며, mRNA-Seq의 sequence을 얻기 위해 TopHat 소프트웨어 (Trapnell *et al.*, 2009) tool을 사용하여 mapping하였다. 유전자의 발현양상의 차이는 Bedtools (Quinlan and Hall, 2010)에서 적용 범위를 이용하여 unique and multiple alignments 기반으로 확인하였다. RC (Read Count) 데이터는 quantile normalization method를 이용하여 bioconductor

(Gentlemanet *et al.*, 2004)를 사용하였으며, R (Rdevelopment Core Team, 2016)내의 EdgeR을 사용하여 처리하였다. Alignment files은 assembling transcripts와 abundances의 양을 추정하고, cufflinks를 사용하여 유전자 또는 isoforms의 차별적인 발현을 인식하기 위해 사용되었다. 유전자 영역의 발현 수준을 결정하기 위해 FPKM (fragments per kilobase of exon per million fragments)법을 사용했으며 유전자 분류는 DAVID (<http://david.abcc.ncifcrf.gov/>)로 검색하였다.

- Real-time PCR: 2 fold change 이상 발현량이 증가한 유전자와 감소한 유전자 중 일반 PCR조건이 확인된 유전자 총 8개에 대한 primer디자인([www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast))을 진행하였으며 Product size는 100bp~200 bp, T<sub>m</sub> (melting temperature)값은 60°C, GC%는 45%로 하여 표1과 같이 디자인하였고, housekeeping gene은 JGI 데이터베이스 (<http://www.jgi.doe.gov>)에서 얻을 수 있는 *Pleurotus ostreatus* PC15의 actin2를 사용하였다.

표 1. 실험에 사용한 real-time PCR 프라이머 리스트

Gene symbol	Squence (5 '-3' )		T <sub>m</sub> <sup>a</sup>
PLEOSDRAFT_1065866	Forward	ATAGGGCTACATACCAGGTTCTATT	60.03
	Reverse	GTCAGATAGGGGATGTATCTACTCA	
PLEOSDRAFT_1043147	Forward	CTTGCGTAGGAGTTATAATGTATGG	60.18
	Reverse	TCTGTATAGGACCTGAGAAAGACAG	
PLEOSDRAFT_1091820	Forward	AGTGTATGATCTAACATCCCTTGC	60.00
	Reverse	GTCAACTGTCAAGACAAACCTTATC	
PLEOSDRAFT_41150	Forward	CAGAATCTATCTTATGTCGTCATCC	59.95
	Reverse	TATACGCGGTATACTTAAACTCTGC	
PLEOSDRAFT_34805	Forward	ATGCTTTAGGGTTGATACTCATAACG	59.97
	Reverse	GTCAAAAGTAATGCTAGGAGCTGAC	
PLEOSDRAFT_1079000	Forward	GAACTCTTGCGATATACTCAATC	60.03
	Reverse	GTATAGCTTACTGATCGACGATGTT	
PLEOSDRAFT_1080027	Forward	GGGTGGACCTTCAAGAATGTAG	60.04
	Reverse	GCAATACACACAGGTCAGATAGAGT	
PLEOSDRAFT_199583	Forward	CACTTCACTATCTTCGGGAACACT	59.94
	Reverse	AGATGGTACTGGAATACTGCATCTA	
$\beta$ -actin	Forward	ATACCGACCATCACACCT	
	Reverse	GCCGTGATCTTACCGACTA	

<sup>a</sup>T<sub>m</sub>, melting temperature(°C)

CdCl<sub>2</sub>를 처리한 자실체의 Real-time PCR 수행조건은 Denaturation은 95°C, 10sec, Combined Annealing/Extension은 56°C, 30sec로 45cycle을 하였으며, Rotor-Gene Q (QIAGEN, Venlo, Netherlands)와 Rotor-Gene SYBR Green PCR Kit (QIAGEN, Venlo, Netherlands)를 이용하여 합성 하였다. 또한, Real time PCR 결과 C<sub>q</sub>값 C<sub>q</sub>평균값을 산출했으며, 2<sup>- $\Delta\Delta$ C<sub>t</sub></sup> method (Livak and Schmittgen, 2001)를 이용해 각 유전자의 상대적 발현값을 확인하였다. 모든 PCR 분석은 무처리군을 대조군으로 놓고 각 유전자의 발현 패턴을 분석하였다.

## 나. 연구수행 결과

### <1년차(2018년도)>

1) 느타리버섯 원배지에서의 중금속 및 농약첨가에 따른 균사생장특성 조사

표 2. 중금속 및 농약첨가 PDA 배지에서의 균사생장량

처리내용	처리 농도 (ppm)	배양기간 (days/mm)			
		2	4	6	8
No treated	-	32.0	59.3	86.0	87.0
Cd	10	29.3	52.8	82.5	87.0
	100	14.0	27.0	20.0	36.4
Thiacloprid	10	17.8	29.3	47.0	77.4
	100	9.3	18.5	25.5	36.7
Trifloxystrobin	10	16.5	30.8	51.3	78.6
	100	13.3	14.3	19.8	19.8
Bifethrin	10	15.4	35.7	82.4	87
	100	12.4	12.0	25.0	42.8

느타리 균사체의 생장량 측정은 2일, 4일, 6일, 8일로 2일마다 균사생장량을 측정(표 2, 그림 1)하였으며, 90 mm petri-dish에서 생육 시 무처리구에서 생육 9일 기준 87.0 mm로 나타났다. 중금속 처리구인 Cd 처리구는 생육 9일 기준 10 ppm 처리에서 87.0 mm, 100 ppm 처리구는 36.4 mm로 배지 내 Cd 처리 시 중금속으로 인한 균사생장이 억제 되는 경향을 확인할 수 있으며, 강(2019)은 Cd 50 ppm 처리 시 노란달걀버섯의 균사 생장이 억제된다고 하였는데, 느타리의 경우 Cd 100 ppm 처리구에서 균사생장이 억제되는 경향이 확인되며, 농약 처리구에서는 thiacloprid 10 ppm은 77.4 mm, 100 ppm 36.7 mm이었으며, trifloxystrobin 10 ppm에서 78.6 mm, 100 ppm은 19.8 mm으로 나타났고, bifenthrin 10 ppm은 87.0 mm, 100 ppm 42.8 mm이었다. 농약 처리구에서는 bifenthrin 10 ppm을 제외한 처리구에서 무처리구와 대비하여 균사생장이 억제되는 경향을 확인하였다. 강(2018, 2019)은 그의 연구에서 *Trichloma spp*와 노란달걀버섯을 이용하여 thiacloprid의 균사생장억제력을 확인하였으며, Di *et al.*(2016)과 Potočník *et al.* (2009)의 보고에 의하면 trifloxystrobin에 의해 균사생장이 억제된다고 보고하였다.

중금속과 농약에 의한 균사생장특성 확인 결과 농도에 의해 균사생장이 억제되는 경향이 확인되었으며, 농도가 100 ppm으로 갈수록 생장이 억제되는 경향이 컸음을 확인하였다.

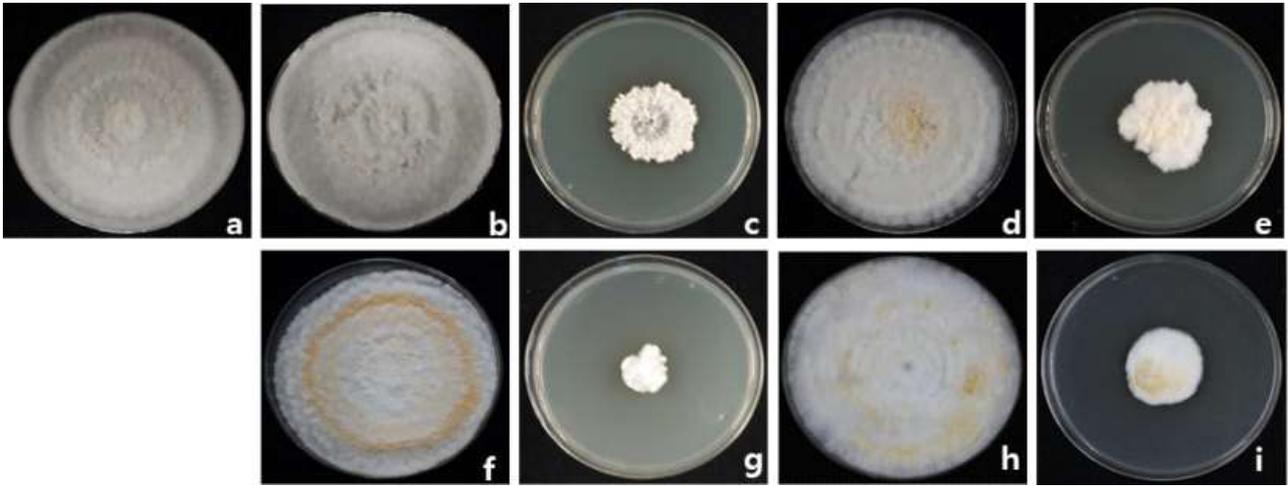


그림 1. 중금속 및 농약첨가에 따른 PDA에서의 균사생장 변화

a: 무처리구, b: CdCl<sub>2</sub> 10 ppm, c: CdCl<sub>2</sub> 100 ppm, d: Thiachloprid 10 ppm, e: Thiachloprid 100 ppm, f: Trifloxystrobin 10 ppm, g: Trifloxystrobin 100 ppm, h : Bifenthrin 10 ppm, i : Bifenthrin 100 ppm

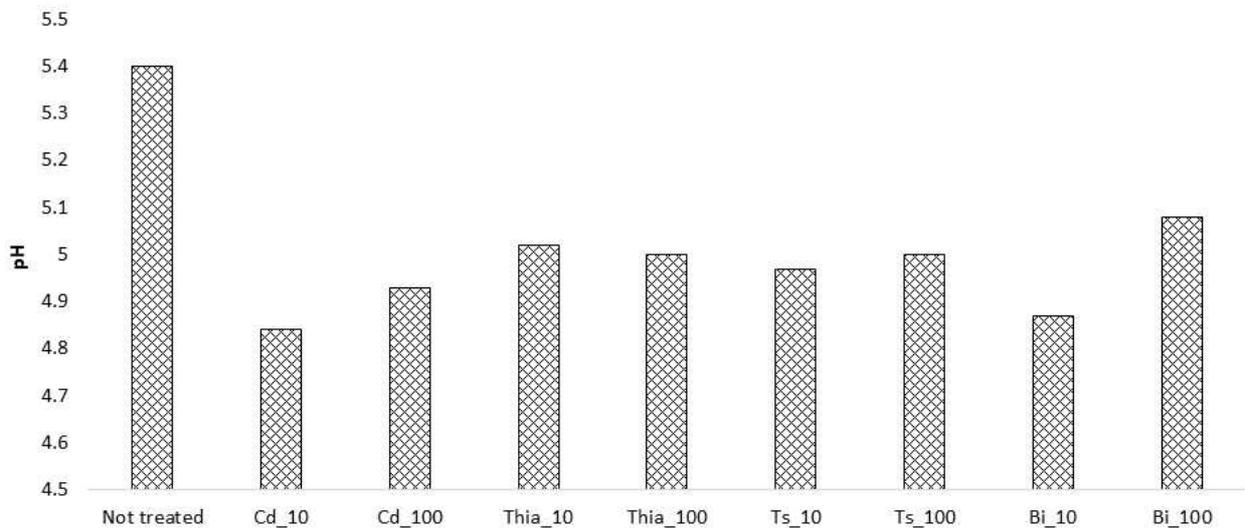


그림 2. 중금속 및 농약첨가 PDB에서의 pH 측정

Thia, Thiachloprid; Ts, Trifloxystrobin; Bi, Bifenthrin

처리내용별 pH를 확인한 결과 무처리구에서 pH가 5.4로 확인되었으며, 중금속 처리구인 Cd 10 ppm과 100 ppm 처리구에서 pH가 4.84와 4.93로 나타났다(그림 2). 버섯의 경우 대부분 중성 또는 약염기의 pH 수준에서 잘 자라는 것으로 알려져 있으며(Khan *et al.*, 2013), 느타리의 최적 pH는 5.0~6.5로 알려져 있다(Hong, 1978). 본 연구에서 확인된 pH 조건은 무처리구에서 5.4로 느타리 균사가 성장하기에 적당한 pH 조건으로 확인되며, Cd처리구의 pH는 4.84~4.93로 느타리 균사생장에 적합한 pH에는 약간 미치지 못하는 것으로 나타났다.

표 3. 중금속 및 농약첨가 PDB 배지에서의 균사체 무게 측정

처리내용	처리 농도 (ppm)	균사중량(g)	
		생체중	건물중
무처리구	-	0.8250	0.0613
Cd	10	0.6209	0.0554
	100	-	-
Thiacloprid	10	0.0072	0.0009
	100	-	-
Trifloxystrobin	10	0.0341	0.0030
	100	0.0334	0.0020
Bifethrin	10	0.0375	0.0031
	100	-	-

-, 미발생

PDB 배지 내에서 생육한 균사체의 생체중과 건물중을 확인한 결과 무처리구에서 생체중 0.8250g 건물중 0.0613g으로 나타났으며, Cd 10 ppm의 생체중은 0.6209g, 건물중은 0.0554g으로 확인되었다. thiachloprid 10 ppm 처리의 생체중은 0.0072g, 건물중은 0.0009g으로 확인되었고, trifloxystrobin 10 ppm 처리의 생체중은 0.0341g, 건물중은 0.0030g, 100 ppm 처리의 생체중은 0.0334g, 건물중은 0.0020g으로 나타났고, bifenthrin 10 ppm의 생체중은 0.0375g, 건물중은 0.0031g이었다(표 3). PDB 상에서의 균사생장 특성 확인 시 일부 100 ppm 처리구에서 PDA 상에서의 균사생장 특성과 달리 균사생장이 확인되지 않은 경향이 확인되었다.

표 4. 중금속 및 농약첨가 균사의 유리 아미노산 함량

(단위 : g/100g)

처리내용	처리 농도 (ppm)	Asparagine	Threonine	Serine	Glutamic acid	Glycine
무처리구		0.0058	0.0064	0.0075	0.0156	0.0041
Cd	10	0.0072	0.0082	0.0094	0.0203	0.0045
	100	0.0056	0.0060	0.0071	0.0146	0.0040
Thiachloprid	10	0.0056	0.0061	0.0071	0.0148	0.0040
	100	0.0055	0.0060	0.0071	0.0148	0.0040
Trifloxystrobin	10	0.0057	0.0063	0.0071	0.0145	0.0039
	100	0.0056	0.0060	0.0072	0.0151	0.0040
Bifenthrin	10	0.0059	0.0067	0.0076	0.0147	0.0040
	100	0.0055	0.0060	0.0070	0.0144	0.0039

처리내용	처리 농도 (ppm)	Alanine	Valine	Methionine	Isoleucine	Leucine
무처리구	-	0.0098	0.0097	0.0035	0.0087	0.0224
Cd	10	0.0110	0.0124	0.0036	0.0113	0.0237
	100	0.0096	0.0090	0.0036	0.0083	0.0220
Thiachlopid	10	0.0095	0.0090	0.0035	0.0083	0.0218
	100	0.0095	0.0090	0.0034	0.0082	0.0218
Trifloxystrobin	10	0.0094	0.0089	0.0036	0.0085	0.0222
	100	0.0097	0.0093	0.0035	0.0083	0.0219
Bifenthrin	10	0.0095	0.0090	0.0036	0.0089	0.0224
	100	0.0095	0.0089	0.0034	0.0083	0.0218

표4. 계속

(단위 : g/100g)

처리내용	처리 농도 (ppm)	Tyrosine	Phenylalanine	g-ABA	Ornithine	Lysine
무처리구	-	0.0038	0.0126	0.0009	0.0014	0.0181
Cd	10	0.0043	0.0141	0.0009	0.0014	0.0198
	100	0.0036	0.0121	0.0009	0.0013	0.0177
Thiachlopid	10	0.0036	0.0122	0.0009	0.0013	0.0178
	100	0.0035	0.0121	0.0009	0.0013	0.0177
Trifloxystrobin	10	0.0037	0.0124	0.0009	0.0013	0.0184
	100	0.0036	0.0121	0.0009	0.0013	0.0178
Bifenthrin	10	0.0040	0.0126	0.0009	0.0013	0.0185
	100	0.0035	0.0120	0.0009	0.0013	0.0176

처리내용	처리 농도 (ppm)	Histidine	arginine	Proline
무처리구	-	0.0022	0.0137	0.0023
Cd	10	0.0026	0.0147	0.0051
	100	0.0022	0.0136	0.0021
Thiachloprid	10	0.0021	0.0137	0.0020
	100	0.0021	0.0135	0.0020
Trifloxystrobin	10	0.0022	0.0139	0.0023
	100	0.0021	0.0137	0.0021
Bifenthrin	10	0.0022	0.0137	0.0024
	100	0.0021	0.0135	0.0021

Cd 10 ppm, 100 ppm 으로 처리한 PDB 배지의 유리아미노산은 총 18종이 분리되었으며, 처리구 별 유리아미노산 함량은 Cd 10ppm 처리구에서 확인된 18종의 유리아미노산 중 Methionine, g-ABA, Ornithine, Histidine의 4종을 제외한 14종에서 처리구간 큰 차이를 확인할 수 없었다. 또한, Cd 100 ppm 처리는 10 ppm 처리에서 Methionine, g-ABA, Ornithine, Histidine의 4종을 제외한 나머지 13종의 처리에서 무처리구 보다 적은 값이 나타났으나 Leucine 1종은 10 ppm 처리구보다 높은 수치를 나타냈는데, Cd 10 ppm 처리에서는 분석된 18종의 유리아미노산 중 Asparagine, Threonine, Serine, Glutamic acid, Valine, Isoleucine, Phenylalanine, Proline 등 8종의 유리아미노산이 무처리구 대비 증가하는 경향을 나타으며, Asparagine, threonine, isoleucine 3종의 아미노산은 oxaloacetate 유래 아미노산으로 그 함량이 10 ppm 처리 배지에서 증가하였다가 100 ppm 처리 배지 내 함량이 무처리구와 비슷해지는 것으로 나타났는데, 이는 Cd 10 ppm 처리가 oxaloacetate의 합성을 촉진시키는 것이라 생각되며, Cd 10 ppm 처리시 PDB 배지 내의 proline와 glutamic acid의 함량이 증가한 것에 대해서, Takagi and Shima (2014)는 식물과 박테리아의 세포에서 proline이 glutamic acid과 ornithine으로부터 합성되는 것으로 밝혔으며, 이는 stress에 의해 식물과 같이 glutamic acid와 proline의 함량이 증가되어 균사체에서 PDB 배지로 배출 되는 것으로 추정된다.

농약 성분 처리구인 thiachloprid 10 ppm, 100 ppm 모두에서 확인된 18종의 유리아미노산 중 Asparagine, Glycine, Alanine, Methionine, Phenylalanine, g-ABA, Ornithine, Lysine, Histidine, Arginine의 10종의 아미노산이 무처리구와 유의적인 차이를 확인할 수 없었으며, Serine, Glutamic acid, Valine, Isoleucine, Leucine, Tyrosine, Proline는 무처리구와 비교하였을 때 차이를 확인할 수 있었으나, 농도의존적인 감소가 아닌 처리구 모두에서 감소되는 경향이었으며, trifloxystrobin 10, 100 ppm 처리 배지의 유리아미노산 중 Asparagine, Glycine, Methionine, Isoleucine, leucine, Tyrosine, Phenylalanine, Ornithine, Histidine, Arginine의 10종의 유리아미노산은 무처리구와 차이를 확인할 수 없었으며, Threonine, Serine, Glutamic acid, Alanine,

Valine, Isoleucine, Leucine, Phenylalanine, Lysine, arginine, Proline은 무처리구와 비교하여 차이를 확인할 수 있었고, bifenthrin을 처리한 PDB의 유리아미노산은 총 18종이 분리되었으며, 처리구 별 유리아미노산 함량을 무처리구와 비교하였을 때 농약처리구인 bifenthrin 처리구의 유리아미노산함량 변화는 Threonine, Serine, Glutamic acid, Alanine, Valine, Isoleucine, Leucine, Lysine, Proline의 9가지는 무처리구와 비교하여 처리농도에 따른 차이를 확인할 수 있었다.

자실체의 처리구별 수량 및 생육특성은 그림 3과 표 5와 같다. 수량은 무처리구 197.5 g, Cd 처리구는 10 ppm 183.6 g, 100 ppm 181.9 g으로 Cd 처리는 수량이 다소 감소하는 것으로 나타났다. 유효경수는 처리 농도가 높아질수록 그 값이 감소하는 것으로 나타났다. Chiu *et al.*, (1998)의 연구에 의하면 Cadmium을 *Pleurotus pulmonarius*에 처리 시 자실체의 형태와 모양에는 영향을 미치지 않으나 수량을 감소시킨다고 하였는데, 본 연구에서도 자실체의 형태와 모양에서는 큰 변화를 주지 않았으나 수량이 감소하는 경향을 확인하였다. 농약 성분 처리구인 thiacloprid 처리 배지는 10 ppm에서 176.7 g, 100 ppm 처리구 170.7 g로 자실체의 수량성은 무처리구와 비교하여 수량이 감소하는 것을 확인하였으며, 유효경수에서는 무처리구 24.5개, 10 ppm 처리구 16.3개, 100 ppm 처리구 15.7개로 확인되었으며, trifloxystrobin 처리 배지는 무처리구와 비교하여 수량이 감소하는 것을 확인하였으며, 무처리구 197.5 g, 10 ppm 처리 120.2 g, 100 ppm 처리구 97.4 g으로 100 ppm 처리구의 경우 무처리구의 절반이하의 수량이 나타났다. 이는 Diamantopoulou *et al.*(2006)의 연구결과인 양송이 배지에 trifloxystrobin을 1.2 g m<sup>-2</sup> 과 2.0 g m<sup>-2</sup>로 처리하였을 때 자실체의 수량이 무처리구 대비 감소한다는 것과는 일치하는 결과였다. bifenthrin, 처리 배지는 무처리구와 비교하여 수량이 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 유효경수도 첨가 ppm에 따라 그 수가 무처리구 대비 감소함을 확인하였으며, 그 수는 무처리구에서 병 당 24.5개 이었고, 10 ppm에서는 22.5개로 무처리구와 비슷하게 나타났으나, 100 ppm 처리에서는 병 당 7.8개로 무처리구에 비해 유효경수의 감소폭이 큼을 확인할 수 있었다.



그림 3. 중금속 및 농약첨가 배지에서 생육한 자실체의 형태

표 5. 중금속 및 농약첨가 배지에서 수확한 자실체의 수량 및 생육조사

처리내용	처리 농도 (ppm)	수량 (g/1,100ml)	병당 유효경수 (개/1,100ml)	갓직경 (mm)	갓굵기 (mm)	대길이 (mm)
무처리구	-	197.5 <sup>a</sup>	24.5 <sup>a</sup>	44.4	6.3	89.8
Cd	10	183.6 <sup>b</sup>	16.2 <sup>b</sup>	38.8	4.1	68.4
	100	181.9 <sup>b</sup>	10.2 <sup>c</sup>	34.7	4.7	68.2
Thiachloprid	10	176.7 <sup>bc</sup>	16.3 <sup>b</sup>	40.8	5.7	84.0
	100	170.7 <sup>c</sup>	15.7 <sup>b</sup>	37.4	3.8	77.0
Trifloxystrobin	10	120.2 <sup>e</sup>	18.0 <sup>b</sup>	33.9	7.0	79.4
	100	97.4 <sup>f</sup>	5.0 <sup>d</sup>	34.7	7.4	43.8
Bifenthrin	10	171.2 <sup>c</sup>	22.5 <sup>a</sup>	34.2	3.0	71.2
	100	161.5 <sup>d</sup>	7.8 <sup>cd</sup>	37.2	4.7	67.6

\* Same letter indicate statistically not significant at  $p < 0.05$  by duncan' s multiple range test.

중금속 및 농약을 배지 내에 처리하였을 때, 처리된 중금속 및 농약의 이행 유무를 확인하기 위해 분석을 진행하였으며, 분석은 살균 전 배지, 살균 후 배지, 수확후 배지, 자실체로 구분하여 진행하였다(표 6). 중금속의 경우 Cd 10 ppm 및 100 ppm 처리에서 10 ppm 처리구의 살균 전배지의 Cd 양은 12.83 mg/kg 이었으며, 자실체에서 12.50 mg/kg로 나타났고, 100 ppm 처리구에서 살균전배지 90.60 mg/kg 이었고, 자실체에서 41.88 mg/kg으로 Cd가 자실체로 이행되는 것으로 나타났는데, 최근 중금속의 흡착과 관련된 연구들은 버섯 배지 재료로 사용되는 톱밥이 중금속을 흡착하였다는 연구결과가 있었고(Jeon *et al.*, 2007), 버섯 폐배지를 이용한 중금속의 흡착연구를 통해 버섯 배지에서도 중금속 흡착능을 확인하였는데(Chang *et al.*, 2016), 본 연구에서도 중금속을 처리하였을 때 배지 내로 중금속이 이행되었으며, 또한 자실체로까지 중금속이 이행됨을 확인할 수 있었다.

농약 성분 처리구인 thiacloprid, trifloxystrobin, bifenthrin 처리구에서는 thiacloprid 10 ppm 처리구는 살균전배지에서 11.58 mg/kg이었으나, 자실체에서는 확인되지 않았고, 100 ppm 처리구는 살균전배지에서 23.76 mg/kg이었으며, 자실체에서 4.05 mg/kg이 측정되었으며, trifloxystrobin 처리구는 10 ppm 처리구에서 살균전배지 확인된 양은 12.77 mg/kg이었으나, 자실체에서 0.02 mg/kg으로 나타났고, 100 ppm 처리구는 살균전배지에서 32.03 mg/kg이었으나 자실체에서 0.03 mg/kg으로 확인되었고, bifenthrin 10 ppm 처리구의 잔류량은 살균전배지에서 6.49 mg/kg이었고, 자실체에서 0.29 mg/kg이었으며, 100 ppm 처리구는 살균전배지에서 16.85 mg/kg, 자실체에서 3.83 mg/kg이었다.

자실체로의 농약성분 이행은 bifenthrin 10, 100 ppm 처리구와 thiacloprid 100 ppm 처리구에서 확인할 수 있었고, 처리 농도에 따라 자실체로 농약성분이 이행됨을 확인하였다.

표 6. 생육 단계별 배지에서의 중금속 및 농약 함량 변화

단위 : mg/kg

처리내용	처리농도(ppm)	살균전	살균후	배양완료 후	수확후	자실체
Cd	10	12.83	12.49	11.87	10.80	12.50
	100	90.60	90.91	89.60	90.98	41.88
Thiachloprid	10	11.58	3.21	0.18	0.35	-
	100	23.76	20.71	13.06	11.74	4.05
Trifloxystrobin	10	12.77	8.38	0.58	0.64	0.02
	100	32.03	26.70	14.20	4.26	0.03
Bifenthrin	10	6.49	6.49	3.46	4.05	0.29
	100	16.85	14.48	12.85	12.89	3.83

-, Not detected

2) 팽이 원배지에서의 중금속 및 농약첨가에 따른 군사생장특성 조사

팽이 군사체의 성장량 측정은 2일, 4일, 6일, 8일로 2일마다 군사생장량을 측정하였으며, 90 mm petri dish에서 생육 시 무처리구에서 생육 9일 기준 72.3 mm를 나타내었다(표 7, 그림 4). 중금속 처리구인 Cd 처리구는 생육 8일 기준 10 ppm 처리에서 37.7 mm, 100 ppm 처리구는 생육이 되지 않았으며 배지 내 Cd 처리 시 중금속으로 인한 군사생장이 억제 되는 경향을 확인할 수 있었으며, 농약 성분 처리구에서는 chlorfenapyr 10 ppm은 70.7 mm, 100 ppm 24.6 mm이었으며, fenvalerate 10 ppm에서 57.9 mm, 100 ppm은 11.8 mm으로 나타났고, bifenthrin 10 ppm은 65.5 mm, 100 ppm 15.8 mm의 군사생장량을 보였다.

농약 처리구에서는 시험에 사용된 모든 처리구에서 무처리구와 대비하여 군사생장이 억제되는 경향을 확인하였다.

표 7. 중금속 및 농약첨가 PDA 배지에서의 군사생장량

처리내용	처리 농도 (ppm)	배양일수 (days/mm)			
		2	4	6	8
무처리구	-	12.9	29.7	59.1	72.3
Cd	10	7.3	17.3	28.4	37.7
	100	-	-	-	-
Chlorfenapyr	10	12.0	24.7	41.1	70.7
	100	8.4	12.7	15.2	24.6
Fenvalerate	10	11.1	27.6	45.9	57.9
	100	5.5	8.3	8.5	11.8
Bifenthrin	10	14.0	28.8	48.3	65.5
	100	7.2	10.1	10.6	15.8

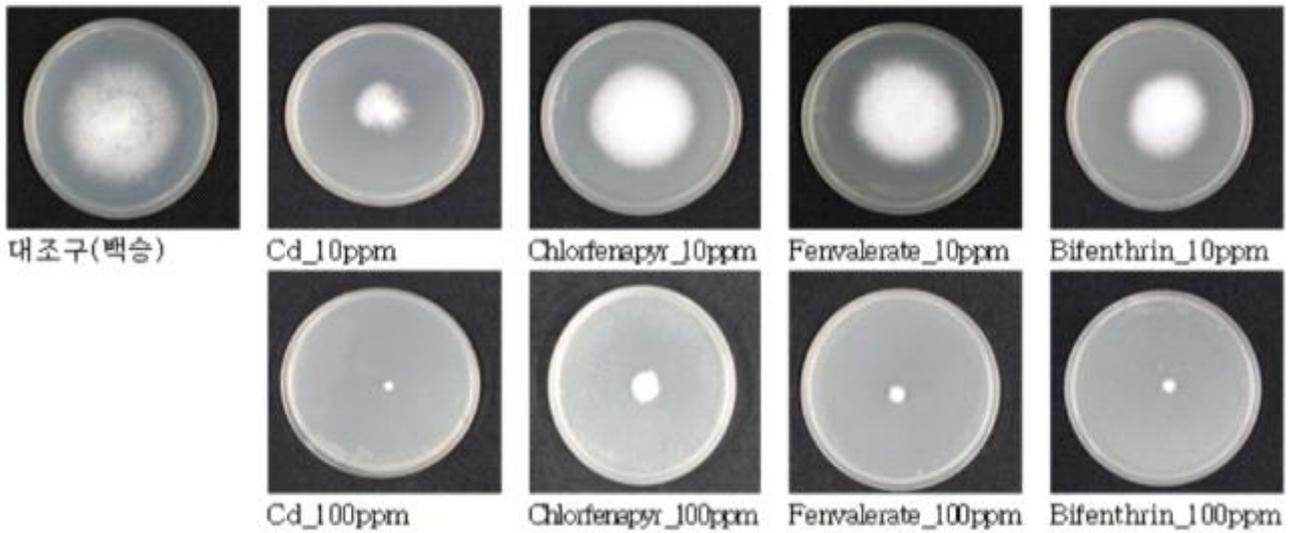


그림 4. 중금속 및 농약첨가에 따른 PDA에서의 균사생장 변화

3) 팽이버섯 인위적으로 중금속 및 농약성분을 배지재료에 첨가 후 자실체 이행정도 규명

팽이 재배시 중금속 및 농약성분 첨가량에 따른 생육단계별 자실체 생육특성 및 수량은 그림 5와 표 8과 같다. 자실체의 처리구별 수량은 무처리구 147.7 g, Cd 처리구는 10 ppm 141.7 g, 100 ppm 82.3 g 으로 배지 내 Cd 처리는 처리농도에 의해 팽이 자실체의 수량이 감소하는 경향을 보였다.

표 8. 중금속 및 농약첨가 배지에서 생육한 자실체의 형태

처리내용 (ppm)	처리농도 (ppm)	수량 (g/1,100ml)	병당 유효경수 (개/1,100ml)	갓직경 (mm)	갓굵기 (mm)	대길이 (mm)
무처리구 (백승)	-	147.7 <sup>a</sup>	106 <sup>a</sup>	12.6	4.7	89.3
Cd	10	141.7 <sup>a</sup>	108 <sup>a</sup>	13.2	4.0	92.5
	100	82.3 <sup>d</sup>	69 <sup>d</sup>	11.1	4.3	65.2
Chlorfenapyr	10	141.6 <sup>a</sup>	98 <sup>b</sup>	13.1	3.4	71.6
	100	93.0 <sup>c</sup>	57 <sup>e</sup>	16.0	4.0	72.0
Fenvalerate	10	127.7 <sup>b</sup>	92 <sup>c</sup>	15.0	3.0	68.8
	100	72.4 <sup>e</sup>	71 <sup>d</sup>	11.6	3.4	47.1
Bifenthrin	10	93.9 <sup>c</sup>	45 <sup>f</sup>	12.8	2.9	70.8
	100	43.2 <sup>f</sup>	36 <sup>g</sup>	13.3	2.1	52.1

\* Same letter indicate statistically not significant at  $p < 0.05$  by duncan's multiple range test.

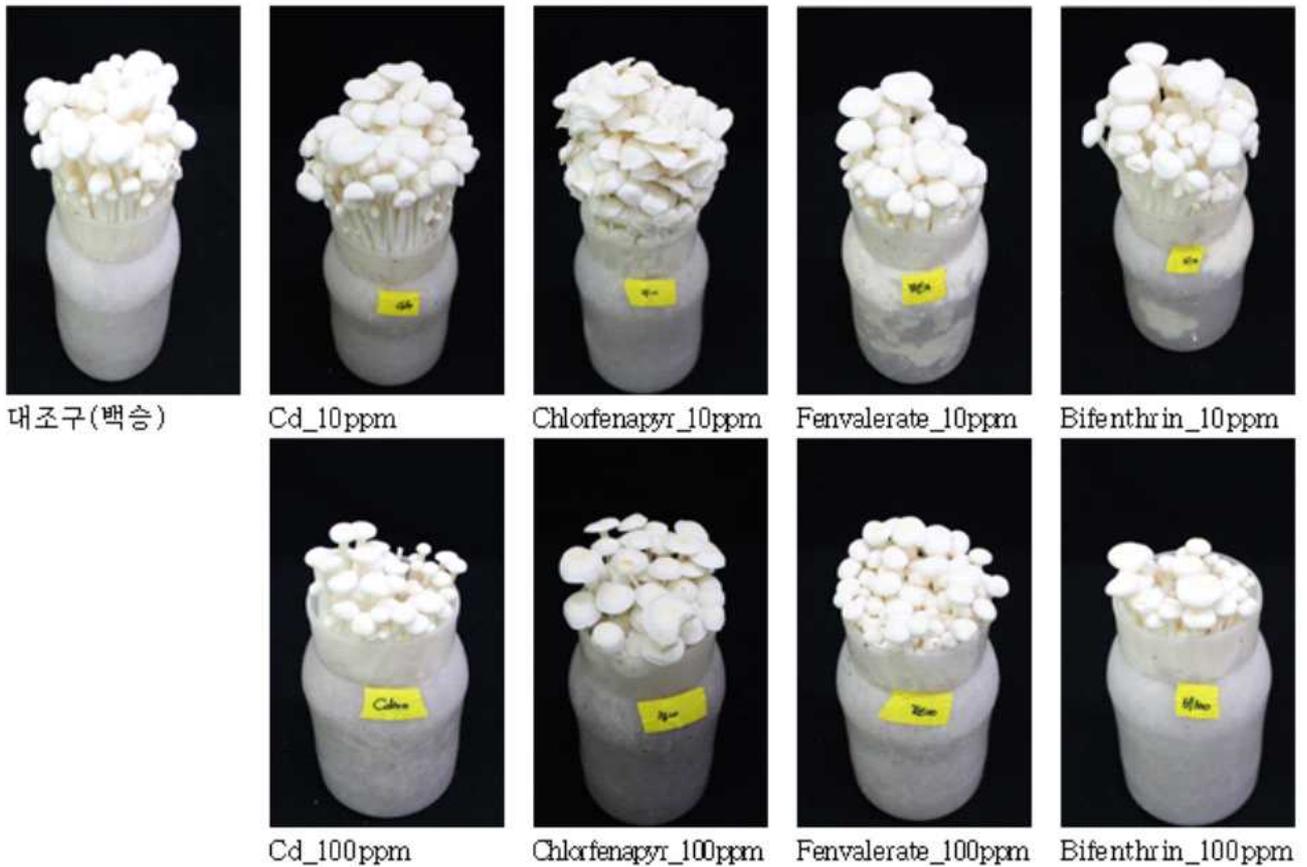


그림 5. 중금속 및 농약첨가 배지에서 생육한 자실체의 형태

Chiu *et al.*, (1998)의 연구에 의하면 Cadmium을 *Pleurotus pulmonarius*에 처리 시 자실체의 형태와 모양에는 영향을 미치지 않으나 수량을 감소시킨다고 하였고, 본 연구에서도 수량이 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 농약 성분 처리구인 chlorfenapyr, fenvalerate, bifenthrin 처리 배지도 무처리구와 비교하였을 때, 수량은 10 ppm 141.6 g, 127.7 g, 93.9 g로 수량이 감소하는 경향을 나타냈고, 100 ppm에서는 93.0 g, 72.4 g, 43.2 g로 처리농도에 의해 수량이 감소하는 경향을 확인하였다. 자실체의 유효경수는 첨가농도에 따라 그 수가 무처리구 대비 감소함을 확인하였는데, 무처리구에서 병당 106개 이었으나 Cd 10 ppm 처리를 제외한 모든 처리군에서 그 수는 감소하였고, 특히 bifenthrin 처리의 경우 10 ppm 45개 100 ppm 36개로 병당 유효경수가 크게 차이나는 것을 확인하였다.

중금속 및 농약을 배지 내에 처리하였을 때, 처리된 중금속 및 농약의 이행 유무를 확인하기 위해 분석을 진행하였으며, 살균 전 배지, 살균 후 배지, 수확후 배지, 자실체로 구분하여 분석을 진행하였다(표 9).

중금속의 경우 Cd 10 ppm 및 100 ppm 처리에서 10 ppm 처리구의 살균전배지의 Cd 양은 14.23 mg/kg 이었으며, 자실체에서 9.63 mg/kg로 나타났고, 100 ppm 처리구에서 살균전배지 179.71 mg/kg 이었고, 자실체에서 20.2 mg/kg으로 Cd가 자실체로 이행되는 것으로 나타났으며, 농약 성분 처리구인 fenvalerate, chlorfenapyr, bifenthrin 처리구에서는 fenvalerate 10 ppm 처

리구는 살균전배지에서 11.29 mg/kg이었으나, 자실체에서는 0.15 mg/kg으로 나타났고, 100 ppm 처리구는 살균전배지에서 153.15 mg/kg이었으며, 자실체에서 2.94 mg/kg이 측정되었다. chlorfenapyr 처리구는 10 ppm 처리구에서 살균전배지 확인된 양은 20.10 mg/kg이었으나, 자실체에서 0.55 mg/kg으로 나타났고, 100 ppm 처리구는 살균전배지에서 65.77 mg/kg이었으나 자실체에서 2.21 mg/kg으로 확인되었으며, bifenthrin 10 ppm 처리구의 잔류량은 살균전배지에서 11.06 mg/kg이었고, 자실체에서 0.08 mg/kg이었으며, 100 ppm 처리구는 살균전배지에서 62.79 mg/kg, 자실체에서 0.4 mg/kg으로 나타났다.

자실체로의 농약성분 이행은 모든 처리구에서 확인할 수 있었고, 처리 농도에 따라 자실체로 농약성분이 이행됨을 확인하였다.

표 9. 생육 단계별 배지에서의 중금속 및 농약 함량 변화

단위 : mg/kg

처리내용	처리농도 (ppm)	살균전	살균후	배양완료 후	수확후	자실체
Cd	10	14.23	13.34	10.87	11.37	9.63
	100	179.71	162.41	62.79	23.84	20.20
Chlorfenapyr	10	11.29	10.23	8.50	4.38	0.15
	100	153.15	137.27	126.11	25.40	2.94
Fenvalerate	10	20.10	5.97	5.06	4.32	0.55
	100	65.77	61.05	47.86	20.27	2.21
Bifenthrin	10	11.06	10.87	10.44	1.371	0.08
	100	62.79	15.81	10.84	1.295	0.40

-, 불검출

### <2년차(2019년도)>

#### 1) 느타리버섯 원배지에서의 중금속 및 농약침가에 따른 군사생장특성 조사

느타리 중금속 및 농약 7종에 대한 PDA 배지 상 군사생장량 확인 결과 전 배양기간동안 군사생장이 이루어지지 않은 difenoconazole 100ppm 처리구를 제외한 컨트롤 및 처리구에서 군사 생장이 확인되었다(표 10, 그림 6). 배양 3일차에는 difenoconazole 처리구를 제외한 컨트롤 및 처리구에서 군사의 생장이 확인되었으며, 배양 6일차와 9일차에는 difenoconazole 100 ppm 처리구를 제외한 컨트롤 및 처리구에서 군사 생장이 확인되었는데, 무처리구에서 배양 3일차 11.8 mm, 배양 6일차 58.3 mm, 배양 9일차에 82.7 mm의 군사생장을 확인하였으며, 중금속 처리구는 10 ppm 처리에서 배양 3일차 12.0 mm, 배양 6일차 67.0 mm, 배양 9일차 82.1 mm, 100 ppm 처리에서 배양 3일 13.4 mm, 배양 6일 58.1 mm, 배양 9일 83.0 mm의 군사생장을 확인하였고, sethixydim 10 ppm 처리에서 배양 3일 12.3 mm, 배양 6일 67.0 mm, 배양 9일 82.2 mm, 100

ppm 처리에서 배양 3일 13.0 mm, 배양 6일 58.3 mm, 배양 9일 83.0 mm이었으며, tricyclazole 10 ppm 처리에서 배양 3일 10.1 mm, 배양 6일 68.0 mm, 배양 9일 80.4 mm, 100 ppm 처리에서 배양 3일 7.6 mm, 배양 6일 56.0 mm, 배양 9일 74.5 mm 이었다.

Mepiquat chloride 처리는 10 ppm에서 배양 3일 13.0 mm, 배양 6일 42.5 mm, 배양 9일 71.0 mm, 100 ppm에서 배양 3일 12.0 mm, 배양 6일 24.2 mm, 배양 9일 65.7 mm, imidacloprid 10 ppm은 배양 3일 12.4 mm, 배양 6일 63.0 mm, 배양 9일 83.0 mm이었고, 100 ppm은 배양 3일 11.0 mm, 배양 6일 50.0 mm, 배양 9일 63.0 mm 이었으며, difenoconazole은 10 ppm에서 배양 3일차 균사생장이 확인되지 않았으나, 배양 6일 8.0 mm, 배양 9일 15.6 mm으로 균사생장이 확인되었고, 100 ppm에서는 배양 9일간 균사생장이 나타나지 않았다. Thiamethoxam은 10 ppm에서 배양 3일 9.0mm, 배양 6일 67.5 mm, 배양 9일 81.3 mm이었고, 100 ppm에서 배양 3일 7.5 mm, 배양 6일 59.0 mm, 배양 9일 81.0 mm으로 나타났다.

표 10. 중금속 및 농약첨가 PDA 배지에서의 균사생장량

처리내용	처리농도 (ppm)	배양일수 (days/mm)		
		3	6	9
무처리구	-	11.8	58.3	82.7
Pb	10	12.0	67.0	82.1
	100	13.4	58.1	83.0
Sethoxydim	10	12.3	67.0	82.2
	100	13.0	58.3	83.0
Tricyclazole	10	10.1	68.0	80.4
	100	7.6	56.0	74.5
Mepiquat chloride	10	13.0	42.5	71.0
	100	12.0	24.2	65.7
Imidacloprid	10	12.4	63.0	83.0
	100	11.0	50.0	63.0
Difenoconazole	10	-	8.0	15.6
	100	-	-	-
Thiamethoxam	10	9.0	67.5	81.3
	100	7.5	59.0	81.0

-, 미발생

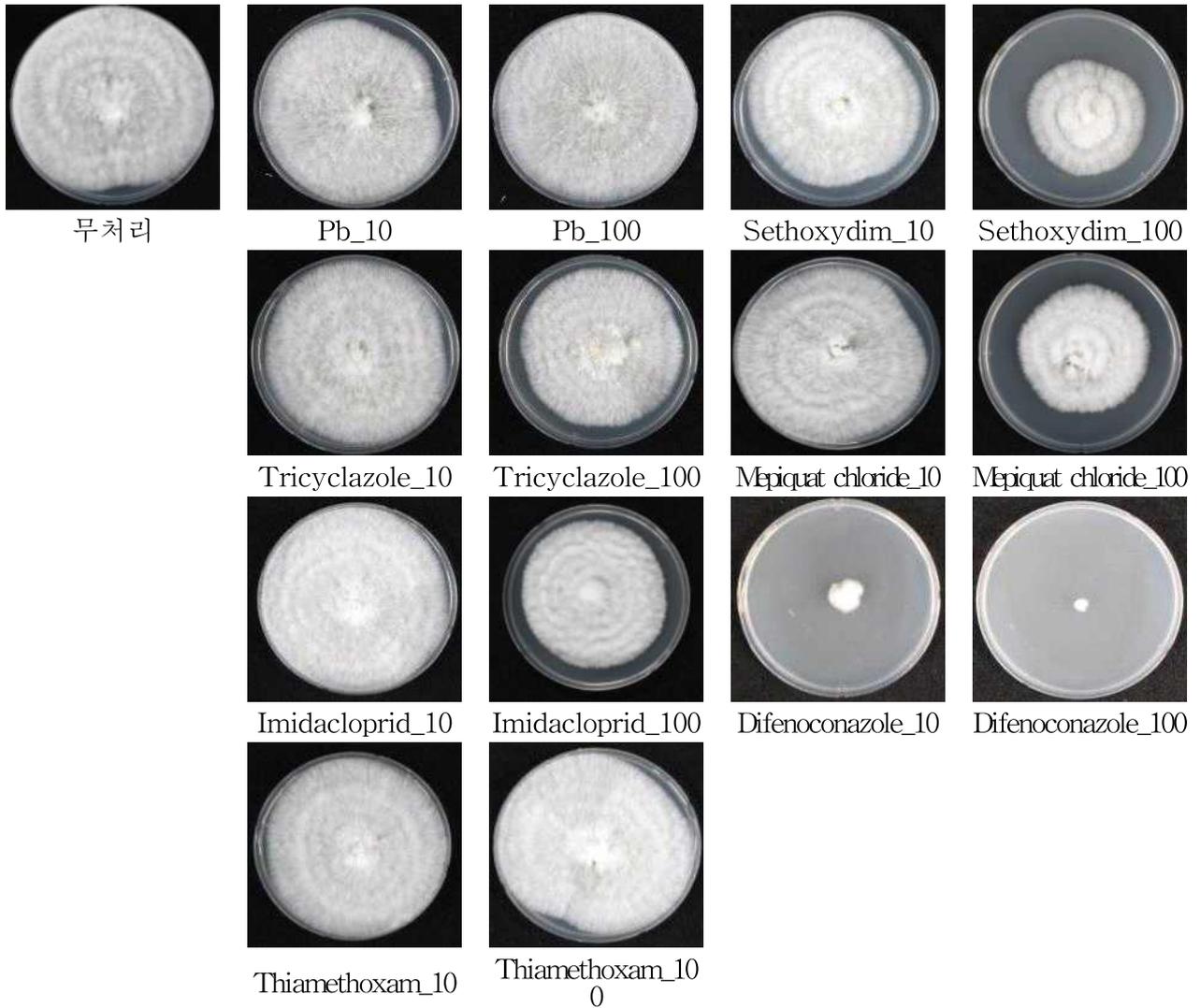


그림 6. 중금속 및 농약첨가에 따른 PDA에서의 균사생장 변화

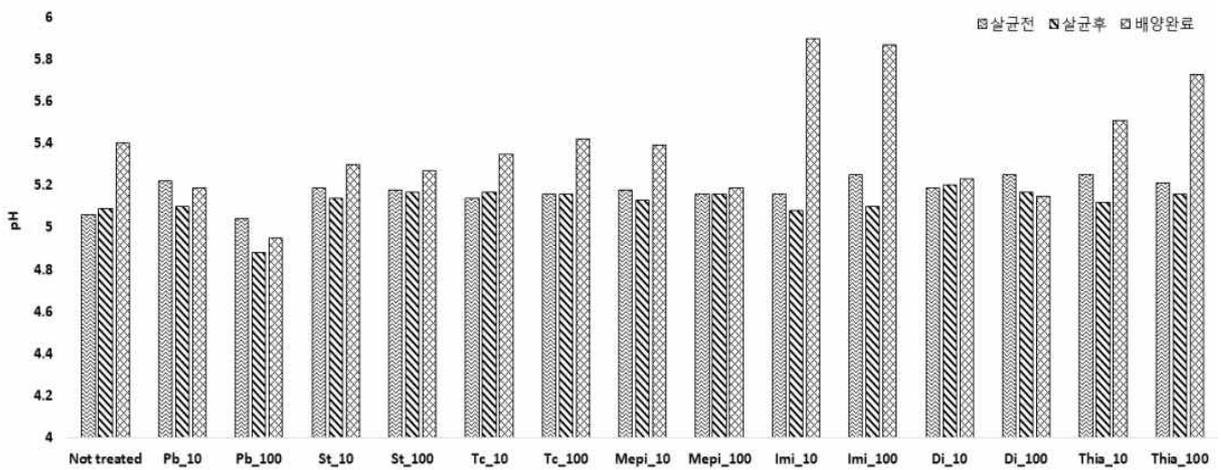


그림 7. 중금속 및 농약첨가 PDB에서의 pH 변화

St, Sethoxydim; Tc, Tricyclazole; Mepi, Mepiquat chloride; Imi, Imidacloprid; Di, Difenconazole; Thia, Thiocloprid.

처리내용별 pH를 확인한 결과 무처리구에서 배양완료 pH가 5.4로 확인되었으며, 중금속 처리구인 Pb 10 ppm과 100 ppm 처리구에서 배양완료 pH가 5.19와 4.95로 나타났다(그림 7). 버섯의 경우 대부분 중성 또는 약염기의 pH 수준에서 잘 자라는 것으로 알려져 있으며(Khan *et al.*, 2013), 느타리의 최적 pH는 5.0~6.5로 알려져 있다(Hong, 1978). 본 연구에서 확인된 pH 조건은 무처리구에서 살균후 pH 5.09, 배양완료 pH가 5.4로 느타리 균사가 성장하기에 적당한 pH 조건으로 확인되며, Pb처리구의 pH는 4.95~5.19로 느타리 균사생장에 적합한 pH에는 약간 미치지 못하는 것으로 나타났으며, 농약처리구의 경우 배양완료 pH는 5.15~5.90으로 확인되었으며, 이는 느타리의 최적 pH인 5.0~6.5 사이의 pH조건으로 균사생장에 pH가 영향을 주는 것은 아닌 것으로 보인다.

표 11. 중금속 및 농약첨가 PDB 배지에서의 균사생장량 조사

처리내용	처리농도 (ppm)	균사생장량(g)	
		생체중	건물중
무처리구	-	0.82	0.06
Pb	10	0.42	0.02
	100	0.32	0.02
Sethoxydim	10	0.87	0.07
	100	0.45	0.05
Tricyclazole	10	0.75	0.04
	100	0.41	0.03
Mepiquat chloride	10	0.99	0.05
	100	0.98	0.06
Imidacloprid	10	0.52	0.03
	100	1.91	0.10
Difenoconazole	10	-	-
	100	-	-
Thiamethoxam	10	0.77	0.03
	100	2.22	0.14

-, Not detect

중금속 및 농약 첨가에 따른 액체배지 내에서의 균사생장을 확인하기 위해 배양 15일차 생체중과 건물중을 확인한 결과 difenoconazole 처리구를 제외한 컨트롤 및 처리구에서 균사생장이 확인되었다. 중금속 및 농약 첨가에 다른 액체배지 내에서의 균사생장을 확인하기 위해 생체중과 건물중을 확인결과, 무처리구에서 생체중 0.82 g, 건물중 0.06 g, 중금속 처리구는 Pb 10 ppm 처리에서 생체중 0.42 g, 건물중 0.02g, 100ppm 처리에서 생체중 0.32g, 건물중 0.02g 으로 확인되었고, sethixydim 10ppm 처리에서 생체중 0.87 g, 건물중 0.09 g, 100 ppm 처리에서 생체중 0.45 g, 건물중 0.05 g 이었으며, tricyclazole 10 ppm 처리에서 생체중 0.75 g, 건물중 0.04 g, 100 ppm 처리에서 생체중 0.41 g, 건물중 0.03 g 이었으며, mepiquat chloride 처리는 10 ppm에서 생체중 0.99 g 건물중 0.05 g, 100 ppm에서 생체중 0.98 g, 건물중 0.06 g, imidacloprid 10 ppm은 생체중 0.52 g, 건물중 0.03 g 100 ppm은 생체중 1.91 g, 건물중 0.10 g 이었고, difenoconazole은 10 ppm 과 100 ppm에서 균사생장이 확인되지 않았고, thiamethoxam은 10 ppm에서 생체중 0.77 g, 건물중 0.03 g 100 ppm에서 생체중 2.22 g, 건물중 0.14 g 의 균사생장을 확인하였다.

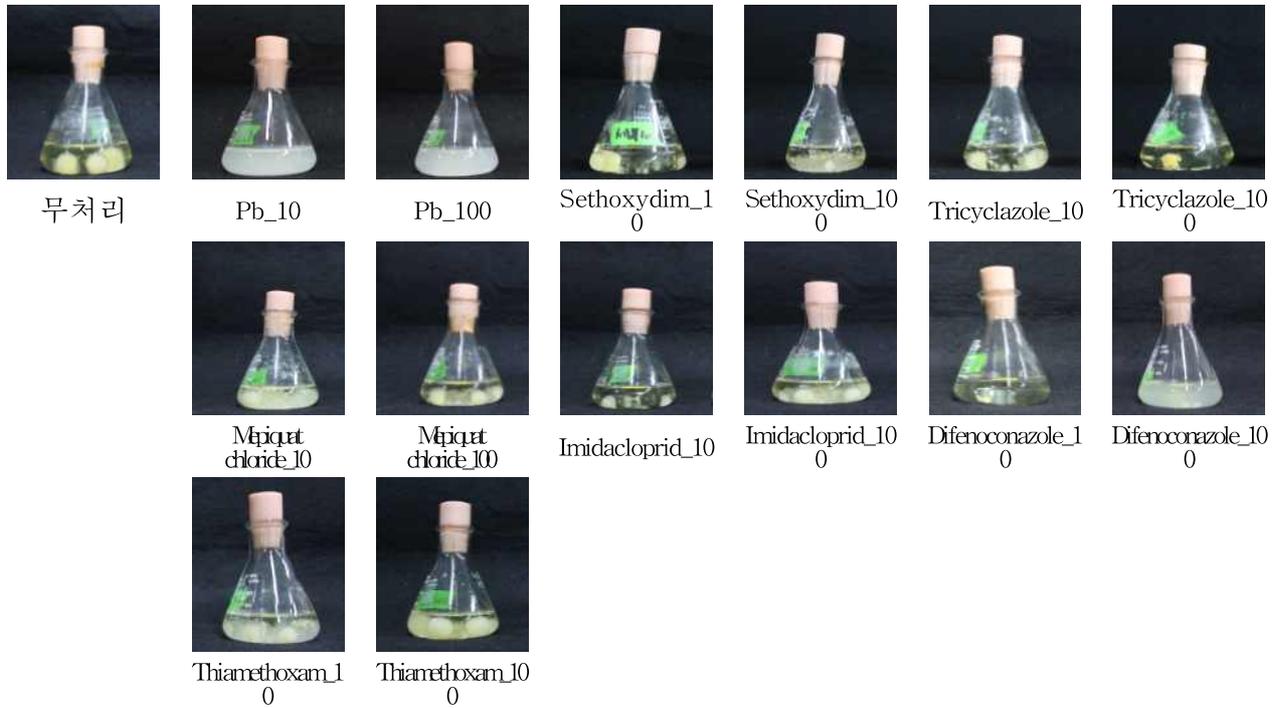


그림 8. 중금속 및 농약첨가 PDB 배지에서의 균사생장

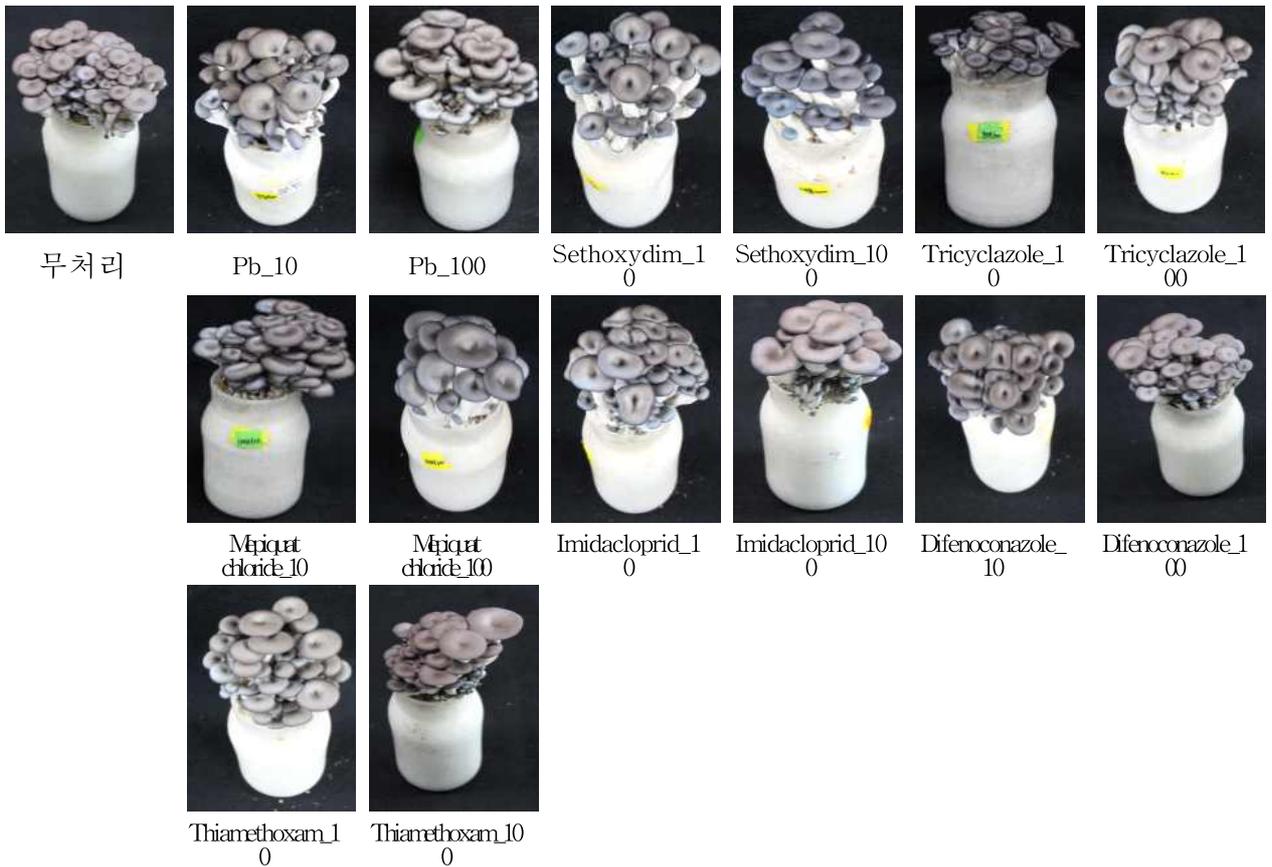


그림 9. 중금속 및 농약첨가 배지에서 생육한 자실체의 형태

## 2) 생육배지에 유해물질 첨가에 따른 생육특성, 수량성 및 이행성

유해물질 첨가량에 따른 생육형태를 비교한 결과 그림 9와 표 12와 같다. 무처리구에서 수량은 213.3 g, 유효경수는 23.5개, 갯직경은 30.7 mm, 갯굵기는 3.6 mm, 대길이는 59.0 mm이었고, Pb 처리구는 10 ppm처리에서 수량은 175.4 g, 유효경수는 18.7개, 갯직경은 32.4 mm, 갯굵기는 3.5 mm, 대길이는 54.4 mm, 100 ppm 처리에서 수량은 164.8 g, 유효경수는 20.5개, 갯직경은 31.8 mm, 갯굵기는 2.7 mm, 대길이는 53.5 mm로 확인되었다. 농약 성분 처리구인 sethixydim 10 ppm 처리에서 수량은 175.6 g, 유효경수는 21.2개, 갯직경은 28.6 mm, 갯굵기는 3.2 mm, 대길이는 52.6 mm, 100 ppm 처리에서 수량은 168.1 g, 유효경수는 18.7개, 갯직경은 32.3 mm, 갯굵기는 3.5 mm, 대길이는 59.2 mm, tricyclazole 10 ppm 처리에서 수량은 149.3 g, 유효경수는 20.0개, 갯직경은 30.4 mm, 갯굵기는 2.1 mm, 대길이는 53.4 mm, 100 ppm 처리에서 수량은 137.2 g, 유효경수는 17.6개, 갯직경은 27.3 mm, 갯굵기는 3.2 mm, 대길이는 46.9 mm 이었으며, mepiquat chloride 처리는 10 ppm에서 수량은 181.0 g, 유효경수는 21.8개, 갯직경은 34.7 mm, 갯굵기는 3.7 mm, 대길이는 66.3 mm 100 ppm에서 수량은 174.6 g, 유효경수는 20.4개, 갯직경은 30.5 mm, 갯굵기는 3.5 mm, 대길이는 51.1 mm, imidacloprid 10 ppm은 수량은 170.5 g, 유효경수는 22.2개, 갯직경은 32.2 mm, 갯굵기는 3.4 mm, 대길이는 50.4 mm이었고, 100 ppm은 수량은 146.7g, 유효경수는 18.6개, 갯직경은 30.1 mm, 갯굵기는 3.1 mm, 대길이는 61.7 mm 이었다. Difenconazole은 10 ppm에서 수량은 172.6 g, 유효경수는 25.6개, 갯직경은 28.1 mm, 갯굵기는 2.8 mm, 대길이는 52.5 mm이었고, 100 ppm에서는 수량은 147.5 g, 유효경수는 22.7개, 갯직경은 23.4 mm, 갯굵기는 2.4 mm, 대길이는 50.1 mm이었고, thiamethoxam은 10 ppm에서 수량은 168.2 g, 유효경수는 23.6개, 갯직경은 30.3 mm, 갯굵기는 3.6 mm, 대길이는 62.2 mm, 100 ppm에서 수량은 154.1 g, 유효경수는 20.1개, 갯직경은 28.2 mm, 갯굵기는 3.2 mm, 대길이는 61.6 mm 의 생육특성 및 수량성을 확인하였다.

생육단계에 따른 유해물질을 분석한 결과는 표 13과 같다. Pb 10ppm 처리구에서는 배지내에서는 생육단계별 5.0~12.5 mg/kg이 잔류하는 것으로 나타났으나 자실체 내에서 Pb는 확인되지 않았고, 100ppm 처리에서는 생육단계별로 56.0~118.2 mg/kg의 Pb가 잔류하였고, 자실체내에서도 0.63 mg/kg이 확인되어 배지내 잔류하는 Pb가 이행되는 것으로 보인다. 농약 성분 처리구인 sethixydim은 10 ppm 및 100 ppm 처리구에서 살균전 배지에서 0.16 mg/kg 및 1.25 mg/kg이 확인되었으나 살균후, 배양완료후, 수확후배지 및 자실체에서는 나타나지 않았다. tricyclazole은 10 ppm 처리구에서 생육단계별 1.0~1.8 mg/kg이 확인되었으나 자실체내에서는 확인되지 않았으며, 100 ppm은 생육단계별 18.3~77.9 mg/kg이 잔류하는 것으로 나타났으며, 자실체내에서 0.06 mg/kg이 확인되어 자실체 내의 잔류되는 농약 성분이 이행되는 것으로 나타났다. Mepiquat chloride 10 ppm 처리구에서 생육단계별 6.41~7.63 mg/kg이 배지 내에 잔류하는 것으로 확인되었으며, 자실체내에서는 0.09 mg/kg로 나타났고, 100 ppm은 생육단계별 58.17~80.16 mg/kg이었으며, 자실체내에서 1.33 mg/kg로 나타났고, imidacloprid 10 ppm 처리구에서 생육단계별 6.94~9.23 mg/kg이었으나, 자실체내에서는 나타나지 않았다. 100 ppm은 생육단계별 78.19~94.57 mg/kg이었으며, 자실체내에서 0.27 mg/kg으로 나타났다. Difenconazole 10 ppm 처리구에서 생육단계별 배지 내 잔류량은 5.53~8.40 mg/kg이었으며, 자실체내에서는 0.13 mg/kg으로 나타났고, 100ppm은 생육단계별 배지 내 잔류량은 50.84~78.28 mg/kg이 확인되었고, 자실

체내에서 2.53 mg/kg이 이행되는 것으로 나타났고, thiamethoxam 10 ppm 처리구에서 생육단계 별 6.27~8.57 mg/kg이 배지 내에 잔류하는 것으로 나타났으며, 자실체내에서는 나타나지 않았고, 100ppm은 생육단계별 63.89~98.33 mg/kg이 확인되었고, 자실체내에서 0.18 mg/kg이 이행되는 것으로 나타났다.

표 12. 중금속 및 농약첨가 배지에서 수확한 자실체의 수량 및 생육조사

처리내용	처리농도 (ppm)	수량 (g/1,100ml)	병당 유효경수 (개/1,100ml)	갓직경 (mm)	갓굵기 (mm)	대길이 (mm)
무처리구	-	213.3 <sup>a</sup>	23.5 <sup>ab</sup>	30.7	3.6	59.0
Pb	10	175.4 <sup>c</sup>	18.7 <sup>cd</sup>	32.4	3.5	54.4
	100	164.8 <sup>e</sup>	20.5 <sup>bcd</sup>	31.8	2.7	53.5
Sethoxydim	10	175.6 <sup>c</sup>	21.2 <sup>bcd</sup>	28.6	3.2	52.6
	100	168.1 <sup>de</sup>	18.7 <sup>cd</sup>	32.3	3.5	59.2
Tricyclazole	10	149.3 <sup>fg</sup>	20.0 <sup>bcd</sup>	30.4	2.1	53.4
	100	137.2 <sup>h</sup>	17.6 <sup>d</sup>	27.3	3.2	46.9
Mepiquat chloride	10	181.0 <sup>b</sup>	21.8 <sup>abcd</sup>	34.7	3.7	66.3
	100	174.6 <sup>c</sup>	20.4 <sup>bcd</sup>	30.5	3.5	51.1
Imidacloprid	10	170.5 <sup>cde</sup>	22.2 <sup>abc</sup>	32.2	3.4	50.4
	100	146.7 <sup>g</sup>	18.6 <sup>cd</sup>	30.1	3.1	61.7
Difenoconazole	10	172.6 <sup>cd</sup>	25.6 <sup>a</sup>	28.1	2.8	52.5
	100	147.5 <sup>g</sup>	22.7 <sup>abc</sup>	23.4	2.4	50.1
Thiamethoxam	10	168.2 <sup>de</sup>	23.6 <sup>ab</sup>	30.3	3.6	62.2
	100	154.1 <sup>f</sup>	20.1 <sup>bcd</sup>	28.2	3.2	61.6

\* Same letter indicate statistically not significant at p<0.05 by duncan' s multiple range test.

표 13. 생육단계별 배지에서서의 중금속 및 농약 함량 변화

(단위 : mg/kg)

처리내용	처리농도 (ppm)	살균전	살균후	배양완료후	수확후	자실체
Pb	10	12.50	9.92	5.34	5.00	-
	100	66.67	56.00	74.04	118.27	0.63
Sethoxydim	10	0.161	-	-	-	-
	100	1.250	-	-	-	-
Tricyclazole	10	1.847	1.379	1.61	1.015	-
	100	77.91	66.16	18.36	18.42	0.07
Mepiquat chloride	10	7.63	7.09	7.98	6.41	0.09
	100	80.16	68.71	69.40	58.17	1.33
Imidacloprid	10	9.23	7.63	7.11	6.94	-
	100	94.57	86.82	81.05	78.19	0.27
Difenoconazole	10	8.40	6.29	5.97	5.53	0.13
	100	78.28	60.03	58.02	50.84	2.53
Thiamethoxam	10	8.57	7.18	6.40	6.27	-
	100	98.33	87.20	65.33	63.89	0.18

-, 불검출

유기산은 boric acid, citric acid, succinic acid, fumaric acid의 4종에 대하여 조사하였다(표 14). 유기산 분석 결과 무처리구에서 boric 496.55, succinic 51.09, fumaric 1.12 mg/kg이 확인되었으나, citric acid는 확인되지 않았으며, 중금속 처리구인 Pb 처리구에서는 10 ppm 및 100 ppm에서 boric 177.63, 402.04, citric 46.97, 46.97이 확인되었으며, succinic과 fumaric은 확인되지 않았다. 농약 성분 처리구인sethoxydim 처리구는 10 ppm 처리에서 boric 176.55, citric 25.09, fumaric 0.87 mg/kg이 확인되었으며, 100 ppm 처리구에서 boric 367.17, succinic 15.32, fumaric 0.89mg/kg이 확인되었다. Tricyclazole 처리구는 10 ppm 처리구에서 boric 257.03, succinic 3.78 mg/kg이 확인되었고, 100 ppm에서 citric 20.72, succinic 3.55, fumaric 0.93 mg/kg 이 확인되었다. mepiquat chloride 처리에서 10 ppm boric 2814.01, fumaric 2.71 mg/kg이었고, 100 ppm에서 boric 4789.77, fumaric 2.93mg/kg이었으며, imidacloprid 처리구에서는 10 ppm boric 3.63, succinic 7.18 mg/kg이었고, 100 ppm 처리구에서 boric 9.62, succinic 16.23 mg/kg이 확인되었다. difenoconazole 처리에서 10 ppm boric 178.32, fumaric 1.13 mg/kg이 확인되었고, 100 ppm에서 boric 398.62, fumaric 2.08 mg/kg이 확인되었다. Thiamethoxam 처리구에서는 10 ppm 처리구에서 boric 571.17, succinic 876.58. fumaric 1.01 mg/kg으로 나타났으며, 100 ppm에서 boric 996.83, succinic 1174.03. fumaric 1.77 mg/kg이었다.

표 14. 중금속 및 농약첨가 배지에서 수확한 자실체의 유기산 함량

(단위 : mg/kg)

처리내용	처리농도 (ppm)	boric	citric	succinic	fumaric
무처리구	-	496.55	-	51.09	1.12
Pb	10	177.63	46.97	-	-
	100	402.04	46.97	-	-
Sethoxydim	10	176.55	25.09	-	0.87
	100	367.17	-	15.32	0.89
Tricyclazole	10	257.03	-	3.78	-
	100	-	20.72	3.55	0.93
Mepiquat chloride	10	2814.01	-	-	2.71
	100	4789.77	-	-	2.93
Imidacloprid	10	3.63	-	7.18	-
	100	9.62	-	16.23	-
Difenoconazole	10	178.32	-	-	1.13
	100	398.62	-	-	2.08
Thiamethoxam	10	571.17	-	876.58	1.01
	100	996.83	-	1174.03	1.77

-, 미검출

### 3) 팽이버섯 중금속 및 농약첨가에 따른 PDA 균사생장량

팽이에 있어서 중금속 및 농약첨가에 따른 PDA 균사생장량을 조사한 결과 표 15와 그림 10과 같다. PDA 상의 균사생장량은 무처리구에서 배양 3일차 34.2 mm, 배양 6일차 80.6 mm, 배양 9일차에 83.0 mm의 균사생장을 확인하였으며, 중금속 처리구인 Pb 처리구는 10 ppm 처리에서 배양 3일차 29.0 mm, 배양 6일차 58.1 mm, 배양 9일차 83.0 mm, 100 ppm 처리에서 배양 3일 26.2 mm, 배양 6일 58.2 mm, 배양 9일 83.0 mm의 균사생장을 확인하였다. 농약 성분 처리구인 sethixydim 10 ppm 처리에서 배양 3일 32.3 mm, 배양 6일 78.0 mm, 배양 9일 83.0 mm, 100 ppm 처리에서 배양 3일 24.0 mm, 배양 6일 60.0 mm, 배양 9일 83.0 mm이었으며, carbendazim 10 ppm 처리에서 배양 3일 35.0 mm, 배양 6일 76.6 mm, 배양 9일 83.0 mm, 100ppm 처리에서 배양 3일 28.7 mm, 배양 6일 62.0 mm, 배양 9일 83.0 mm 이었다.

Ethaboxam 처리는 10 ppm에서 배양 3일 26.0 mm, 배양 6일 68.4 mm, 배양 9일 83.0 mm, 100 ppm에서 배양 3일 18.5 mm, 배양 6일 39.0 mm, 배양 9일 61.2mm이었고, isoprothiolane 10 ppm은 배양 3일 33.0 mm, 배양 6일 68.0 mm, 배양 9일 83.0 mm이었고, 100 ppm은 배양 3일 26.0 mm, 배양 6일 43.0 mm, 배양 9일 70.7 mm 이었으며, tricyclazole은 10 ppm에서 배양 3일 차 34.1 mm, 배양 6일 78.0 mm, 배양 9일 83.0 mm의 균사생장이 확인되었고, 100 ppm에서는 배양 3일차 29.0 mm, 배양 6일 68.0 mm, 배양 9일 83.0 mm의 균사생장이 확인되었다. Propiconazole은 10 ppm 및 100 ppm에서 균사의 생장이 확인되지 않았으며, acephate 처리구의 균사생장량은 10 ppm에서 배양 3일 39.0 mm, 배양 6일 62.0 mm, 배양 9일 83.0 mm 100 ppm에서 배양 3일 26.6 mm, 배양 6일 41.2 mm, 배양 9일 83.0 mm으로 나타났다.

표 15. 중금속 및 농약첨가 PDA 배지에서의 균사생장량

처리내용	처리농도 (ppm)	배양기간(일/mm)		
		3일	6일	9일
무처리구	-	34.2	80.6	83.0
Pb	10	29.0	58.1	83.0
	100	26.2	58.2	83.0
Sethoxydim	10	32.3	78.0	83.0
	100	24.0	60.0	83.0
Carbendazim	10	35.0	76.6	83.0
	100	28.7	62.0	83.0
Ethaboxam	10	26.0	68.4	83.0
	100	18.5	39.0	61.2
Isoprothiolane	10	33.0	68.0	83.0
	100	26.0	43.0	70.7
Tricyclazole	10	34.1	78.0	83.0
	100	29.0	68.0	83.0
Propiconazole	10	-	-	-
	100	-	-	-
Acephate	10	39.0	62.0	83.0
	100	26.6	41.2	83.0

-, 미생장

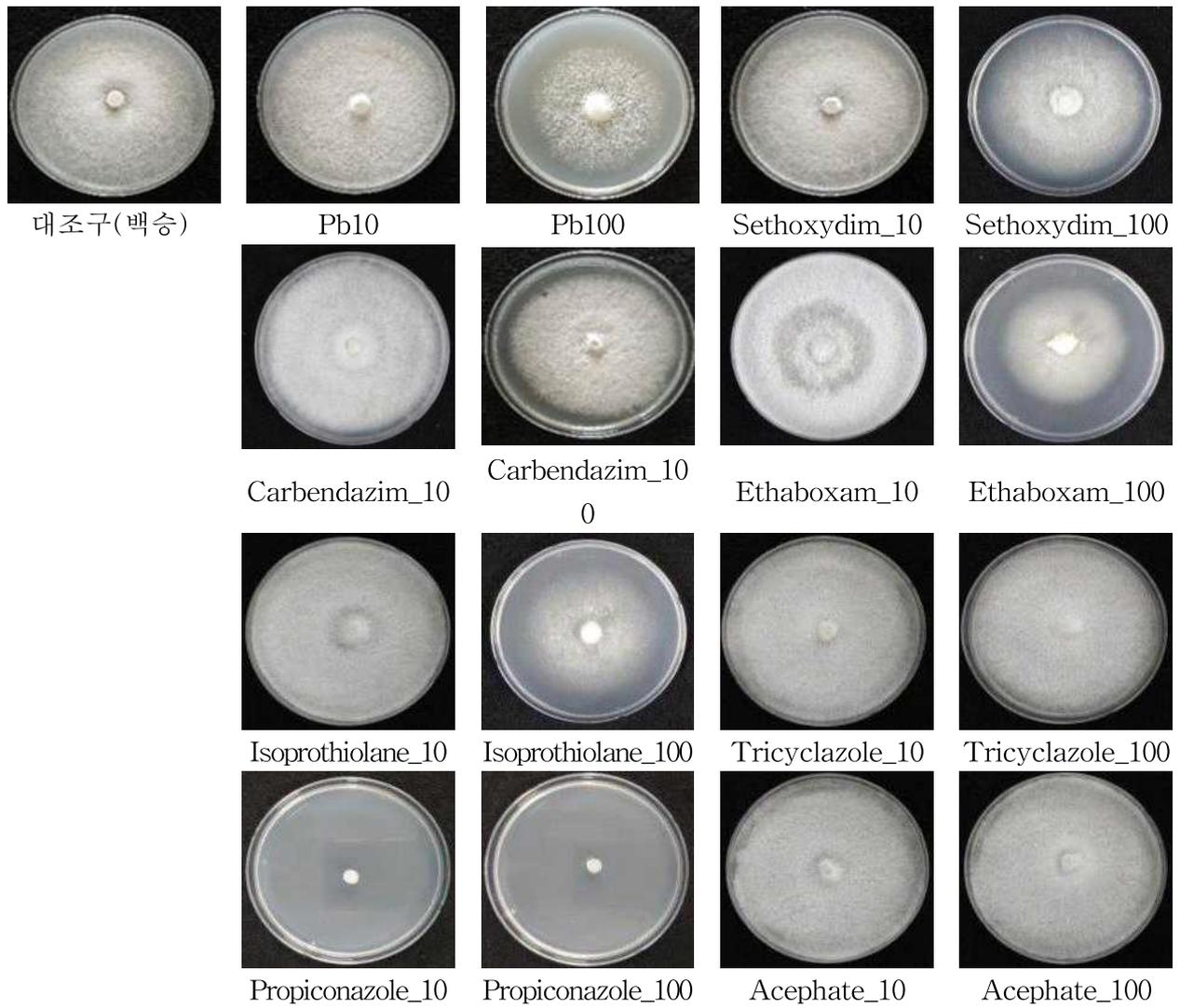


그림 10. 중금속 및 농약첨가에 따른 PDA에서의 균사생장 변화

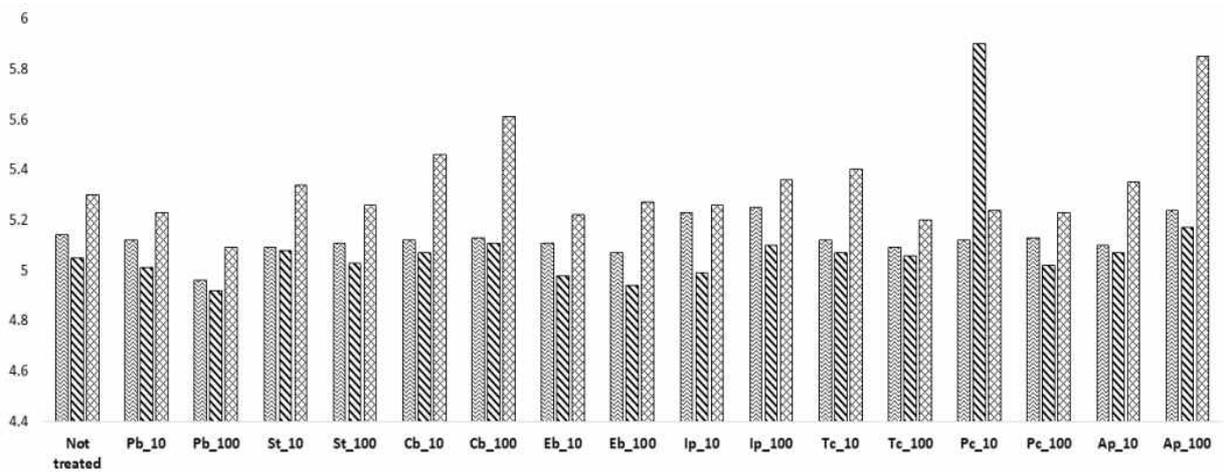


그림 11. 중금속 및 농약첨가 PDB에서의 pH 변화

St, Sethoxydim; Cb, Carbendazim; Eb, Ethaboxam; Ip, Isoprothiolane; Tc, Tricyclazole; Pc, Propiconazole; Ap, Acephate.

표 16. 중금속 및 농약첨가 PDB 배지에서의 균사체 무게 측정

처리내용	처리농도 (ppm)	균사생장량	
		생체중(g)	건물중(g)
무처리구	-	0.62	0.02
Pb	10	0.99	0.02
	100	0.40	0.01
Sethoxydim	10	0.65	0.02
	100	0.29	0.01
Carbendazim	10	0.84	0.03
	100	0.40	0.02
Ethaboxam	10	0.59	0.02
	100	0.50	0.02
Isoprothiolane	10	0.87	0.03
	100	0.65	0.01
Tricyclazole	10	0.59	0.02
	100	0.29	0.01
Propiconazole	10	-	-
	100	-	-
Acephate	10	0.66	0.02
	100	2.91	0.11

-, 미생장

중금속 및 농약 첨가에 따른 액체배지 내에서의 균사생장을 확인하기 위해 배양 15일차 생체중과 건물중을 확인한 결과 Propiconazole 처리구를 제외한 컨트롤 및 처리구에서 균사의 생장이 확인되었다(그림 11, 그림 12, 표 16). 무처리구에서 생체중 0.62 g, 건물중 0.02 g, 중금속 처리구인 Pb 처리구는 10 ppm처리에서 생체중 0.99 g, 건물중 0.02 g, 100 ppm 처리에서 생체중 0.40 g, 건물중 0.01 g 으로 확인되었다. 농약 성분 처리구인 sethixydim 10 ppm 처리에서 생체중 0.65 g, 건물중 0.02 g, 100 ppm 처리에서 생체중 0.29 g, 건물중 0.01g 이었으며, carbendazim 10 ppm 처리에서 생체중 0.84 g, 건물중 0.03 g, 100 ppm 처리에서 생체중 0.40 g, 건물중 0.02 g 이었다. Ethaboxam 처리는 10 ppm에서 생체중 0.59 g 건물중 0.02 g, 100 ppm에서 생체중 0.50 g, 건물중 0.02 g, isoprothiolane 10 ppm은 생체중 0.87 g, 건물중 0.03 g 100 ppm은 생체중 0.65 g, 건물중 0.01 g 이었으며, tricyclazole은 10 ppm에서 생체중 0.59 g 건물중 0.02 g, 100 ppm에서 생체중 0.29 g, 건물중 0.01 g 이었고, propiconazole은 10 ppm 과 100 ppm에서 균사생장이 확인되지 않았다. acephate는 10 ppm에서 생체중 0.66 g, 건물중 0.02 g 100ppm에서 생체중 2.91 g, 건물중 0.11 g 의 균사생장을 확인하였다.



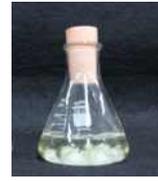
대조구(백승)



Pb10



Pb100



Sethoxydim\_10



Sethoxydim\_100



Carbendazim\_10



Carbendazim\_100



Ethaboxam\_10



Ethaboxam\_100



Isoprothiolane\_10



Isoprothiolane\_100



Tricyclazole\_10



Tricyclazole\_100



Propiconazole\_10



Propiconazole\_100



Acephate\_10



Acephate\_100

그림 12. 중금속 및 농약첨가 PDB 배지에서의 균사생장

4) 유해물질 첨가량에 따른 자실체 생육특성 및 수량성

표 17. 중금속 및 농약첨가 배지에서 수확한 자실체의 수량 및 생육조사

처리내용	처리농도 (ppm)	수량 (g/1,100ml)	유효경수 (개/1,100ml)	갓직경 (mm)	갓굵기 (mm)	대길이 (mm)
무처리구	-	168.9a	48a	13.6	1.9	64.8
Pb	10	116.3i	26ef	13.5	4.4	64.6
	100	93.9j	23f	14.0	5.3	63.9
Sethoxydim	10	130.6h	43ab	11.6	4.2	56.9
	100	130.7h	31de	10.9	4.7	54.4
Carbendazim	10	135.0gh	22f	12.8	2.4	62.0
	100	132.3h	20f	12.1	2.2	60.5
Ethaboxam	10	151.5d	36cd	16.2	3.4	72.5
	100	140.7fg	35cd	11.6	3.1	62.5
Isoprothiolane	10	143.9ef	21f	10.8	3.0	58.7
	100	130.4h	20f	10.6	3.1	56.4
Tricyclazole	10	156.0cd	35cd	12.7	2.3	71.4
	100	152.5d	41bc	12.4	2.3	64.2
Propiconazole	10	160.1bc	40bc	12.5	3.6	61.5
	100	165.8ab	46ab	20.6	3.3	68.0
Acephate	10	152.2d	22f	11.9	4.4	63.1
	100	148.6de	20f	12.3	4.2	62.7

\* Same letter indicate statistically not significant at  $p < 0.05$  by duncan' s multiple range test.

○ 유해물질 첨가량에 따른 생육형태 비교



대조구(백승)



Pb10



Pb100



Sethoxydim\_10



Sethoxydim\_100



Carbendazim\_10



Carbendazim\_100



Ethaboxam\_10



Ethaboxam\_100



Isoprothiolane\_10



Isoprothiolane\_100



Tricyclazole\_10



Tricyclazole\_100



Propiconazole\_10



Propiconazole\_100



Acephate\_10



Acephate\_100

그림 13. 중금속 및 농약첨가 배지에서 생육한 자실체의 형태

팽이에 대한 유해물질 첨가량에 따른 자실체 생육특성 및 수량성은 표 17과 그림 13과 같다. 무처리구에서 수량은 168.9 g, 유효경수는 48개, 갓직경은 13.6 mm, 갓굵기는 1.9 mm, 대길이는 64.8 mm로 나타났으며, 중금속 처리구는 Pb 10 ppm처리에서 수량은 116.3 g, 유효경수는 26개, 갓직경은 13.5 mm, 갓굵기는 4.4 mm, 대길이는 64.6 mm, 100 ppm 처리에서 수량은 93.9 g, 유효경수는 23개, 갓직경은 14.0 mm, 갓굵기는 5.3 mm, 대길이는 63.9 mm로 수량과 유효경

수 모두 무처리구 대비 감소하는 경향을 나타내었다. 농약 성분 처리구인 sethixydim은 10 ppm 처리에서 수량은 130.6 g, 유효경수는 43개, 갯직경은 11.6 mm, 갯굵기는 4.2 mm, 대길이는 56.9 mm, 100 ppm 처리에서 수량은 130.7 g, 유효경수는 31개, 갯직경은 10.9 mm, 갯굵기는 4.7 mm, 대길이는 54.4 mm이었고, carbendazim은 10 ppm 처리에서 수량은 135.0 g, 유효경수는 22개, 갯직경은 12.8 mm, 갯굵기는 2.4 mm, 대길이는 62.0 mm, 100 ppm 처리에서 수량은 132.3 g, 유효경수는 20개, 갯직경은 12.1 mm, 갯굵기는 2.2 mm, 대길이는 60.5 mm 이었다. Ethaboxam 처리는 10 ppm에서 수량은 151.5 g, 유효경수는 36개, 갯직경은 16.2 mm, 갯굵기는 3.4 mm, 대길이는 72.5 mm 100 ppm에서 수량은 140.7 g, 유효경수는 35개, 갯직경은 11.6 mm, 갯굵기는 3.1 mm, 대길이는 62.5 mm이었고, isoprothiolane 10 ppm 처리구의 수량은 143.9 g, 유효경수는 21개, 갯직경은 10.8 mm, 갯굵기는 3.0 mm, 대길이는 58.7 mm이었고, 100 ppm 처리구의 수량은 130.4 g, 유효경수는 20개, 갯직경은 10.6 mm, 갯굵기는 3.1 mm, 대길이는 56.4 mm 이었다. Tricyclazole 처리구는 10 ppm에서 수량은 156.0 g, 유효경수는 35개, 갯직경은 12.7 mm, 갯굵기는 2.3 mm, 대길이는 71.4 mm 100 ppm에서는 수량은 152.5 g, 유효경수는 41개, 갯직경은 12.4 mm, 갯굵기는 2.3 mm, 대길이는 64.2 mm이었으며, propiconazole은 10 ppm에서 수량은 160.1 g, 유효경수는 40개, 갯직경은 12.5 mm, 갯굵기는 3.6 mm, 대길이는 61.5 mm, 100 ppm에서 수량은 165.8 g, 유효경수는 46개, 갯직경은 20.6 mm, 갯굵기는 3.3mm, 대길이는 68.0 mm이었고, acephate 처리구는 10 ppm에서 수량은 152.2 g, 유효경수는 22개, 갯직경은 11.9 mm, 갯굵기는 4.4 mm, 대길이는 63.1 mm, 100 ppm 처리구에서 수량은 148.6 g, 유효경수는 20개, 갯직경은 12.3 mm, 갯굵기는 4.2 mm, 대길이는 62.7 mm의 생육특성 및 수량성을 확인하였다. 팽이버섯은 모든 시험 처리구에서 자실체가 발생하는 것을 확인하였으며, 무처리구의 수량이 168.9g/1,100ml 으로 조사되었다. 자실체의 수량성은 무처리구 기준 처리구 별 약 45~2% 가량 감소하는 것을 확인하였으며, Pb 처리구에서 10 ppm 116.3 g/1,100ml, 100 ppm 93.9 g/1,100ml으로 무처리구 대비 수량이 감소하는 것을 확인하였다.

생육단계에 따른 유해물질 변화량을 조사한 결과 표 18과 같다. 생육단계에 따른 유해물질을 분석한 결과 Pb 10 ppm 처리구에서는 배지 내에서는 생육단계별 2.49~3.98 mg/kg의 Pb가 잔류되는 것이 확인되었으나 자실체 내에서는 확인되지 않았고, 100 ppm 처리에서는 생육단계별로 58.97~101.99 mg/kg의 Pb가 잔류되는 것으로 나타났으며, 자실체내에서도 0.51mg/kg이 확인되었다. 농약 성분 처리구인 sethixydim은 10 ppm 및 100 ppm 처리구에서 살균전 배지에서 0.03 mg/kg 및 0.86 mg/kg이 확인되었으나 살균후, 배양완료후, 수확후배지 및 자실체에서는 확인되지 않았고, carbendazim은 10 ppm 처리구에서 생육단계별 1.14~11.23 mg/kg이 확인되었으나 자실체내에서는 확인되지 않았으며, 100 ppm은 생육단계별 54.23~68.82 mg/kg이 확인되었고, 자실체내에서 0.43 mg/kg이 확인되었다.

표 18. 생육단계별 배지에서의 중금속 및 농약 함량 변화

(단위 : mg/kg)

처리내용	처리농도 (ppm)	살균전 배지	살균후 배지	배양후 배지	수확후 배지	자실체
Pb	10	3.98	3.76	2.49	2.73	-
	100	101.99	67.16	63.61	58.97	0.51
Sethoxydim	10	0.03	-	-	-	-
	100	0.86	-	-	-	-
Carbendazim	10	11.23	11.14	9.81	8.77	-
	100	68.82	63.60	58.41	54.23	0.43
Ethaboxam	10	3.42	3.41	3.18	2.74	-
	100	91.60	53.66	52.82	49.75	1.32
Isoprothiolane	10	11.16	10.27	9.11	8.33	0.31
	100	30.68	28.40	27.02	26.51	1.03
Tricyclazole	10	7.91	4.66	4.10	3.81	0.13
	100	60.78	19.77	16.54	16.17	1.31
Propiconazole	10	10.82	10.60	9.37	8.51	-
	100	54.12	46.13	45.83	40.36	0.61
Acephate	10	3.33	0.47	0.31	0.26	-
	100	29.98	2.83	1.79	0.47	-

-, 미검출

Ethaboxam은 10 ppm 처리구에서 생육단계별 2.74~3.42 mg/kg이 확인되었으나 자실체내에서는 확인되지 않았으며, 100 ppm은 생육단계별 49.75~91.60 mg/kg이 확인되었으며, 자실체내에서 1.32 mg/kg이 확인되었으며, isoprothiolane은 10 ppm 처리구에서 생육단계별 8.33~11.16 mg/kg이 확인되었고, 자실체내에서는 0.31 mg/kg이 확인되었음, 100ppm 처리구에서는 생육단계별 26.51~30.68 mg/kg으로 나타났으며, 자실체내에서 1.03 mg/kg이었다.

Tricyclazole 처리구는 10 ppm에서 생육단계별 3.81~7.91 mg/kg이 나타났으며, 자실체내에서는 0.13 mg/kg이 확인되었고, 100ppm 처리구는 생육단계별 16.17~60.78 mg/kg이 확인되었으며, 자실체내에서 1.31mg/kg으로 나타났고, propiconazole은 10 ppm 처리구에서 생육단계별 8.51~10.82 mg/kg이 확인되었으며, 자실체내에서는 이행량이 나타나지 않았고, 100 ppm 처리구는 생육단계별 40.36~54.12 mg/kg이 확인되었으며, 자실체내에서 0.61 mg/kg이 나타났으며, acephate 10ppm 처리구는 생육단계별 0.26~3.33 mg/kg이 확인되었으며, 자실체내에서는 확인되지 않았고, 또한, 100 ppm 처리구에서는 생육단계별 0.47~29.98 mg/kg이 나타났으나, 자실체내에서는 이행성이 확인되지 않았다.

<3년차(2020년도)>

1) 느타리버섯 원배지에서의 중금속 및 농약첨가에 따른 균사생장특성 조사

중금속 및 농약첨가에 따른 PDA배지 균사생장량을 조사한 결과 표 19와 그림 14와 같다. 유해물질의 첨가가 균사체의 생장에 미치는 영향을 확인하기 위해 PDA에 중금속 및 농약을 농도별로 처리하여 균사를 9일간 배양하였으며, 배양결과 일부 농약 처리구에서 배양 3일차까지는 생육을 억제하는 경향이 확인되었으나 3일 이후부터는 difenoconazole 2.0 ppm 및 3.5 ppm을 제외한 처리구에서 무처리구와 큰 차이 없이 균사가 성장하는 것으로 나타났다. 중금속 3종의 ppm 별 균사생장은 생육 9일차에 83.0 mm로 무처리구와 차이가 없었으며 3일과 6일에 확인한 균사생장량에서도 무처리구와 큰 차이가 없었으며, 농약 성분 처리구인 carbofuran, diuron, gibberellin, acetamiprid, mepiquat chloride, bifenthrin, difenoconazole, diphenylamine의 ppm 별 균사생장량은 생육 9일차에 difenoconazole 2.0 ppm 및 3.5 ppm을 제외한 처리구에서 무처리구와 차이가 없었으며, 3일과 6일의 균사생장량도 이와 같았다.

PDB 배지 균사 생장량은 그림 15, 그림 16 및 표 20과 같다. 무처리구의 생체중은 0.735g, 건물중은 0.075g 이었다. 중금속 처리구인 Hg 0.5 ppm, 2.0 ppm 처리구에서 무처리구보다 높은 생체중과 건물중을 보였으며, 3.5 ppm 처리구에서는 무처리구보다 낮은 생체중과 건물중을 보였다. As의 경우 0.5, 2.0, 3.5 ppm 모두에서 무처리구보다 높은 생체중과 건물중을 보였고, Cd 처리구는 무처리구 대비 생체중과 건물중이 낮았으며, 농약 성분 처리구에서는 gibberellin 0.5 ppm은 생체중과 건물중 모두 무처리구보다 높았고, acetamiprid 3.5 ppm은 생체중은 높았으나 건물중은 낮았고, Mepiquat chloride 0.5, 2.0, 3.5 ppm에서 무처리구 대비 생체중과 건물중이 높았으며 나머지 농약 처리구 모두에서 무처리구 대비 생체중과 건물중이 낮게 나타났다.

표 19. 중금속 및 농약첨가 PDA 배지에서의 균사생장량

처리내용	배양기간(일/mm)		
	3일	6일	9일
무처리구	33.1	61.0	83.0
Hg 0.5ppm	34.5	64.7	83.0
Hg 2.0ppm	33.2	64.0	83.0
Hg 3.5ppm	35.4	61.7	83.0
As 0.5ppm	38.6	65.2	83.0
As 2.0ppm	36.2	63.2	83.0
As 3.5ppm	35.9	63.5	83.0
Cd 0.5ppm	38.4	66.0	83.0
Cd 2.0ppm	37.7	64.7	83.0

Cd 3.5ppm	35.6	65.1	83.0
Carbofuran 0.5ppm	32.3	65.8	83.0
Carbofuran 2.0ppm	34.1	64.2	83.0
Carbofuran 3.5ppm	36.1	66.1	83.0
Diuron 0.5ppm	34.4	67.2	83.0
Diuron 2.0ppm	36.5	67.2	83.0
Diuron 3.5ppm	31.1	61.5	83.0
Gibberellin 0.5ppm	36.2	64.3	83.0
Gibberellin 2.0ppm	32.6	64.5	83.0
Gibberellin 3.5ppm	37.1	67.1	83.0
Acetamiprid 0.5ppm	34.7	64.3	83.0
Acetamiprid 2.0ppm	34.2	70.2	83.0
Acetamiprid 3.5ppm	35.6	68.6	83.0
Mepiquatchloride 0.5ppm	34.5	68.2	83.0
Mepiquatchloride 2.0ppm	32.1	68.1	83.0
Mepiquatchloride 3.5ppm	34.4	73.1	83.0
Bifenthrin 0.5ppm	37.2	70.1	83.0
Bifenthrin 2.0ppm	35.5	67.1	83.0
Bifenthrin 3.5ppm	28.2	61.4	83.0
Difenoconazole 0.5ppm	32.1	63.6	83.0
Difenoconazole 2.0ppm	27.5	59.1	81.2
Difenoconazole 3.5ppm	25.8	53.3	79.4
Diphenylamine 0.5ppm	27.6	60.6	83.0
Diphenylamine 2.0ppm	36.4	68.4	83.0
Diphenylamine 3.5ppm	31.2	66.8	83.0
Diphenylamine 10ppm	28.5	66.6	83.0

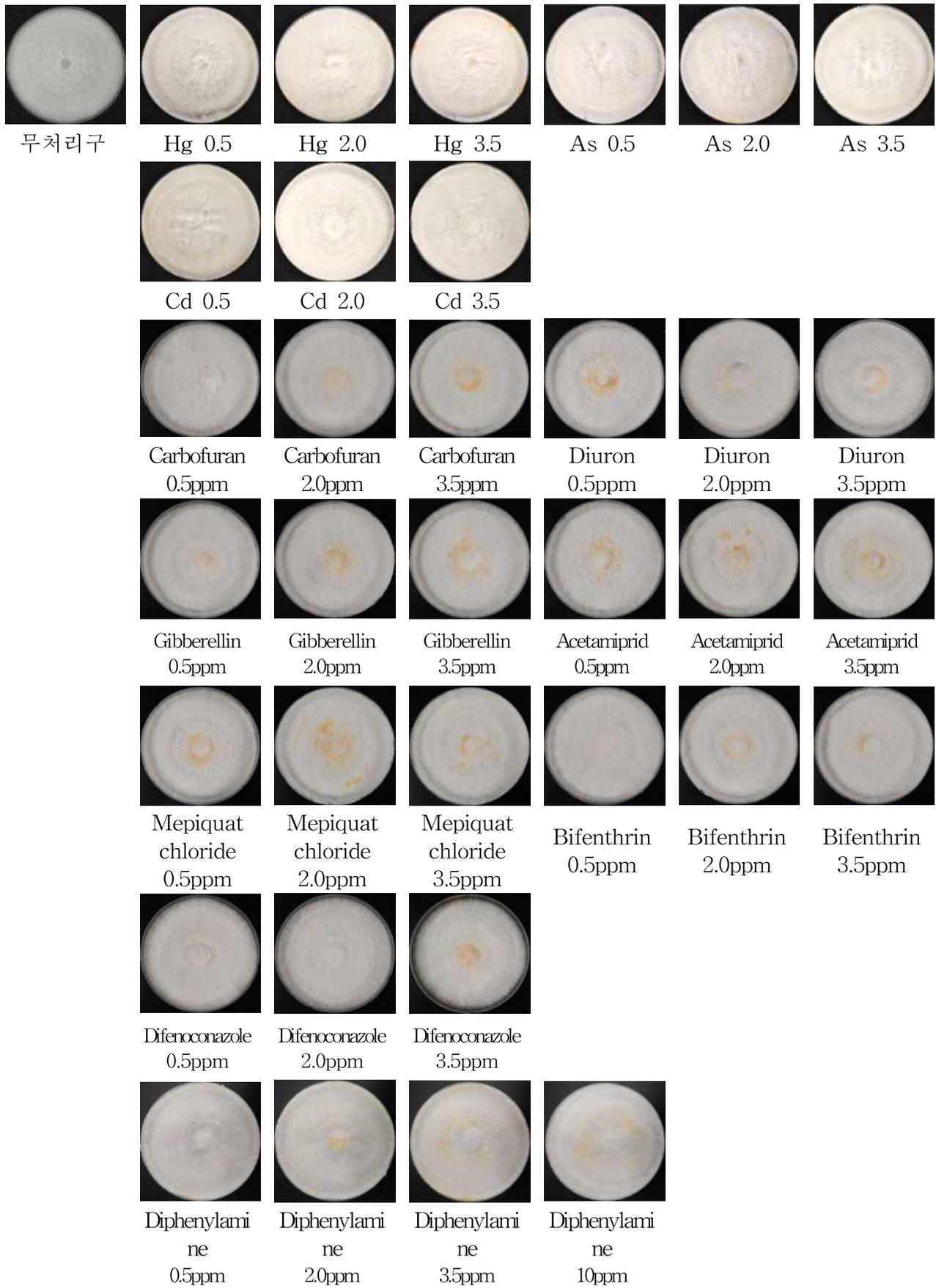


그림 14. 중금속 및 농약첨가에 따른 PDA에서의 균사생장 변화

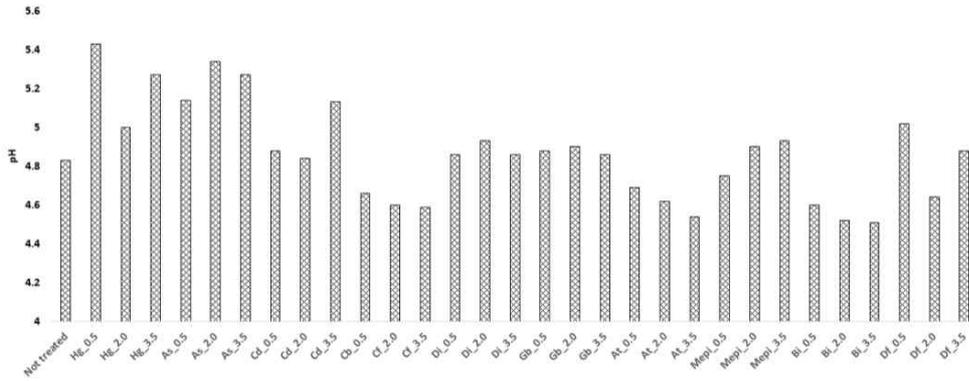


그림 15. 중금속 및 농약첨가 PDB에서의 pH 변화

Cf, Carbofuran; Di, Diuron; Gb, Gibberellin, At, Acetamiprid; Mepi, Mepiquat chloride; Bi, Bifenthrin; Df, Difenoconazole.

표 20. 중금속 및 농약첨가 PDB 배지에서의 균사체 무게 측정

처리내용	균사생장량(g)	
	생체중	건물중
무처리구	0.735	0.075
Hg 0.5ppm	1.940	0.496
Hg 2.0ppm	0.843	0.079
Hg 3.5ppm	0.464	0.074
As 0.5ppm	2.059	0.414
As 2.0ppm	3.155	0.475
As 3.5ppm	0.816	0.047
Cd 0.5ppm	0.547	0.091
Cd 2.0ppm	0.407	0.083
Cd 3.5ppm	0.483	0.086
Carbofuran 0.5ppm	0.354	0.039
Carbofuran 2.0ppm	0.227	0.040
Carbofuran 3.5ppm	0.172	0.031
Diuron 0.5ppm	0.456	0.050
Diuron 2.0ppm	0.582	0.062
Diuron 3.5ppm	0.832	0.074
Gibberellin 0.5ppm	2.344	0.126
Gibberellin 2.0ppm	0.424	0.063
Gibberellin 3.5ppm	0.163	0.053
Acetamiprid 0.5ppm	0.215	0.037
Acetamiprid 2.0ppm	0.361	0.024
Acetamiprid 3.5ppm	1.116	0.035
Mepiquatchloride 0.5ppm	1.113	0.095
Mepiquatchloride 2.0ppm	0.802	0.089
Mepiquatchloride 3.5ppm	1.342	0.098
Bifenthrin 0.5ppm	0.164	0.031
Bifenthrin 2.0ppm	0.184	0.025
Bifenthrin 3.5ppm	0.089	0.023
Difenoconazole 0.5ppm	0.772	0.111
Difenoconazole 2.0ppm	0.437	0.062
Difenoconazole 3.5ppm	0.333	0.071



무처리구



Hg 0.5



Hg 2.0



Hg 3.5



As 0.5



As 2.0



As 3.5



Cd 0.5



Cd 2.0



Cd 3.5



Carbofuran  
0.5ppm



Carbofuran  
2.0ppm



Carbofuran  
3.5ppm



Diuron  
0.5ppm



Diuron  
2.0ppm



Diuron  
3.5ppm



Gibberellin  
0.5ppm



Gibberellin  
2.0ppm



Gibberellin  
3.5ppm



Acetamiprid  
0.5ppm



Acetamiprid  
2.0ppm



Acetamiprid  
3.5ppm



mepiquat  
chloride  
0.5ppm



mepiquat  
chloride  
2.0ppm



mepiquat  
chloride  
3.5ppm



Bifenthrin  
0.5ppm



Bifenthrin  
2.0ppm



Bifenthrin  
3.5ppm



Difenoconazole  
0.5ppm



Difenoconazole  
2.0ppm



Difenoconazole  
3.5ppm

그림 16. 중금속 및 농약첨가 PDB 배지에서의 균사생장

2) 생육배지에 유해물질 첨가에 따른 생육특성 및 수량성 비교

유해물질 첨가에 의한 배지의 배양특성을 확인하기 위해 배양일수, 초발이일수, 자실체 생육 일수를 확인하였다(표 21). 느타리 배지의 배양일수는 무처리구가 30일이었으며, 중금속 처리구는 31~32일로 무처리구 대비 1~2일 정도 더 소요되었고, 농약 처리구의 배양일수는 31~32일로 중금속 처리구와 비슷한 배양일수가 소요됨을 확인하였으며, 초발이는 무처리구가 7일이 소요되었고, 중금속 처리구는 8~9일로 무처리구 대비 1~2일 더 소요되었으며, 농약처리구 또한 일부를 제외한 처리구에서 8~9일로 무처리구 대비 1~2일 더 소요되는 것으로 나타났다. 자실체 생육일수는 무처리구가 6일 소요되었으며, 중금속 및 농약 처리구는 일부 처리구에서 7일이 소요되었으나 대체적으로 무처리구와 동일한 6일이 소요되었다.

표 21. 중금속 및 농약첨가에 따른 자실체 생육기간

처리내용	배양일수 (days)	초발이일수 (days)	생육일수 (days)
무처리구	30	7	6
Hg 0.5ppm	32	9	6
Hg 2.0ppm	31	9	6
Hg 3.5ppm	31	9	7
As 0.5ppm	31	8	6
As 2.0ppm	32	8	7
As 3.5ppm	32	9	7
Cd 0.5ppm	31	9	6
Cd 2.0ppm	31	9	6
Cd 3.5ppm	31	9	6
Carbofuran 0.5ppm	32	8	6
Carbofuran 2.0ppm	32	8	6
Carbofuran 3.5ppm	32	7	6
Diuron 0.5ppm	32	7	6
Diuron 2.0ppm	31	8	6
Diuron 3.5ppm	32	8	7
Gibberellin 0.5ppm	32	8	6
Gibberellin 2.0ppm	32	8	6
Gibberellin 3.5ppm	32	9	6
Acetamiprid 0.5ppm	32	8	6
Acetamiprid 2.0ppm	32	8	6
Acetamiprid 3.5ppm	32	9	7
Bifenthrin 0.5ppm	31	9	6
Bifenthrin 2.0ppm	31	9	7
Bifenthrin 3.5ppm	31	9	7
Difenoconazole 0.5ppm	31	9	6
Difenoconazole 2.0ppm	31	9	6
Difenoconazole 3.5ppm	31	9	7

3) 유해물질 첨가량에 따른 자실체 생육특성 및 수량성

자실체 수량은 무처리구에서 216.0 g/병으로 나타났으며, 병당 유효경수는 28.6개로 나타났다. 중금속 3종 처리구에서는 160.1~180.2 g/병이었으며, 병당 유효경수는 15.1~20.3개로 무처리구 대비 수량과 유효경수 모두 감소하는 경향을 나타내었고, 농약 성분 처리구의 경우 일부 처리구에서 200 g/병 이상을 확인하였으나 이를 제외한 처리구에서 수량은 165.3~192.1 g/병이었고, 유효경수는 15.3~21.5개로 무처리구 대비 수량과 유효경수 모두 감소하는 경향을 나타내었으며, 농약 성분 처리구 중 acetamiprid 처리구는 모든 처리농도에서 192.1~216.5 g/병으로 대조구와 큰 차이가 나지 않았고, 유효경수 또한 18.7~21.5로 나타났으나 유효경수는 처리 농도가 전해짐에 따라 감소하는 경향이였다(표 22, 그림 17).

표 22. 중금속 및 농약첨가 배지에서 수확한 자실체의 수량 및 생육조사

처리내용 (ppm)	수량 (g/1,100ml)	유효경수 (개/1,100ml)	갓직경 (mm)	갓굵기 (mm)	대길이 (mm)
무처리구	216.0 <sup>a</sup>	28.6 <sup>a</sup>	39.8	9.3	56.5
Hg 0.5ppm	176.5 <sup>efg</sup>	18.4 <sup>b</sup>	42.3	6.5	60.5
Hg 2.0ppm	174.3	16.2 <sup>b</sup>	41.1	6.2	62.3
Hg 3.5ppm	170.1 <sup>fgh</sup>	15.1 <sup>b</sup>	39.2	5.5	65.1
As 0.5ppm	168.1 <sup>ghi</sup>	16.8 <sup>b</sup>	38.5	14.2	65.8
As 2.0ppm	165.3 <sup>hi</sup>	15.2 <sup>b</sup>	39.2	13.6	64.3
As 3.5ppm	160.1 <sup>i</sup>	16.0 <sup>b</sup>	37.5	12.4	62.7
Cd 0.5ppm	180.2 <sup>de</sup>	19.1 <sup>b</sup>	43.2	12.3	68.2
Cd 2.0ppm	178.6 <sup>def</sup>	20.3 <sup>b</sup>	41.0	10.8	66.2
Cd 3.5ppm	175.3 <sup>efg</sup>	19.4 <sup>b</sup>	40.7	11.0	63.7
Carbofuran 0.5ppm	186.8 <sup>cd</sup>	18.5 <sup>b</sup>	39.4	6.3	67.3
Carbofuran 2.0ppm	181.8 <sup>de</sup>	16.6 <sup>b</sup>	40.7	6.4	67.3
Carbofuran 3.5ppm	173.8 <sup>efgh</sup>	16.2 <sup>b</sup>	40.2	7.6	69.2
Diuron 0.5ppm	176.1 <sup>efg</sup>	18.5 <sup>b</sup>	40.0	6.1	71.5
Diuron 2.0ppm	169.9	15.3 <sup>b</sup>	41.1	6.3	70.1
Diuron 3.5ppm	178.1 <sup>ef</sup>	16.4 <sup>b</sup>	42.2	6.7	70.0
Gibberellin 0.5ppm	191.4 <sup>c</sup>	18.5 <sup>b</sup>	38.5	4.5	69.8
Gibberellin 2.0ppm	202.1 <sup>b</sup>	20.3 <sup>b</sup>	43.6	6.5	69.3
Gibberellin 3.5ppm	191.8 <sup>c</sup>	19.3 <sup>b</sup>	41.7	6.3	67.3
Acetamiprid 0.5ppm	208.6 <sup>ab</sup>	21.5 <sup>b</sup>	41.75	6.8	67.3
Acetamiprid 2.0ppm	192.1 <sup>c</sup>	20.6 <sup>b</sup>	43.7	4.7	69.7
Acetamiprid 3.5ppm	216.5 <sup>a</sup>	18.7 <sup>b</sup>	42.7	6.3	64.3
Bifenthrin 0.5ppm	174.2 <sup>efgh</sup>	18.2 <sup>b</sup>	42.1	6.8	68.7
Bifenthrin 2.0ppm	170.6 <sup>fgh</sup>	19.3 <sup>b</sup>	41.6	6.5	65.3
Bifenthrin 3.5ppm	165.3 <sup>hi</sup>	17.5 <sup>b</sup>	39.8	7.0	64.8
Difenoconazole 0.5ppm	177.2 <sup>efg</sup>	19.1 <sup>b</sup>	40.2	7.8	70.2
Difenoconazole 2.0ppm	173.4 <sup>efgh</sup>	19.2 <sup>b</sup>	42.3	7.4	68.8
Difenoconazole 3.5ppm	170.6 <sup>fgh</sup>	18.3 <sup>b</sup>	38.5	8.1	65.4

\* Same letter indicate statistically not significant at p<0.05 by duncan' s multiple range test.



무처리구



Hg 0.5



Hg 2.0



Hg 3.5



As 0.5



As 2.0



As 3.5



Cd 0.5



Cd 2.0



Cd 3.5



Carbofuran  
0.5ppm



Carbofuran  
2.0ppm



Carbofuran  
3.5ppm



Diuron  
0.5ppm



Diuron  
0.5ppm



Diuron  
0.5ppm



Gibberellin  
0.5ppm



Gibberellin  
2.0ppm



Gibberellin  
3.5ppm



Acetamiprid  
0.5ppm



Acetamiprid  
2.0ppm



Acetamiprid  
3.5ppm



Bifenthrin  
0.5ppm



Bifenthrin  
2.0ppm



Bifenthrin  
3.5ppm



Difenoconazole  
0.5ppm



Difenoconazole  
2.0ppm



Difenoconazole  
3.5ppm

그림 17. 중금속 및 농약첨가 배지에서 생육한 자실체의 형태

표 23. 생육단계별 배지에서의 중금속 및 농약 함량 변화

(단위 : mg/kg)

처리내용	살균전	살균후	배양완료후	수확후	자실체
Hg 0.5ppm	0.82	0.87	0.56	0.40	0.30
Hg 2.0ppm	0.99	1.14	1.06	1.10	1.63
Hg 3.5ppm	1.95	1.90	1.83	1.67	2.41
As 0.5ppm	1.29	1.23	1.10	0.99	0.93
As 2.0ppm	2.21	2.36	1.96	1.32	1.96
As 3.5ppm	3.26	3.84	3.22	1.93	2.33
Cd 0.5ppm	0.58	0.54	0.38	0.33	0.05
Cd 2.0ppm	2.50	2.15	1.83	1.56	0.37
Cd 3.5ppm	3.56	3.43	3.39	3.11	1.06
Carbofuran 0.5ppm	0.48	0.22	-	-	-
Carbofuran 2.0ppm	1.86	1.35	-	-	-
Carbofuran 3.5ppm	3.30	1.98	-	-	-
Diuron 0.5ppm	0.43	0.29	0.31	0.11	-
Diuron 2.0ppm	1.86	1.43	1.53	0.92	-
Diuron 3.5ppm	3.23	2.98	2.11	1.68	-
Gibberellin 0.5ppm	0.27	0.12	0.09	0.14	-
Gibberellin 2.0ppm	0.22	0.11	0.13	0.14	-
Gibberellin 3.5ppm	0.98	0.21	0.16	0.15	-
Acetamiprid 0.5ppm	0.30	0.11	0.06	-	-
Acetamiprid 2.0ppm	1.87	0.70	0.41	-	-
Acetamiprid 3.5ppm	3.26	1.11	0.89	-	-
Bifenthrin 0.5ppm	0.19	0.10	0.11	0.08	-
Bifenthrin 2.0ppm	1.12	0.51	0.48	0.40	-
Bifenthrin 3.5ppm	1.68	0.79	0.69	0.70	-
Difenoconazole 0.5ppm	0.09	0.07	0.06	0.05	-
Difenoconazole 2.0ppm	0.44	0.38	0.23	0.20	-
Difenoconazole 3.5ppm	0.81	0.69	0.55	0.41	-

-, 미검출

유해물질의 이행량을 확인하고자 생육단계별 처리된 유해물질의 함량을 측정하였고(표 23), 측정결과 중금속인 Hg는 모든 처리구에서 자실체까지 이행되었으며, 자실체에서 확인된 Hg는 0.5 ppm 처리구에서 0.3 mg/Kg, 2.0 ppm 처리구에서 1.63 mg/Kg, 3.5 ppm 처리구에서 2.41 mg/Kg으로 그 양은 처리농도가 진해짐에 따라 이행되는 양도 증가하는 것으로 나타났다. 또한 As도 자실체로 이행됨을 확인하였고 0.5 ppm 처리구에서 0.93 mg/Kg, 2.0 ppm 처리구에서 1.96 mg/Kg, 3.5 ppm 처리구에서 2.33 mg/Kg으로 그 양은 처리농도가 진해짐에 따라 이행되는 양도 증가하는 것으로 나타났다. 그러나, 농약 성분 처리구의 경우 배지 내에서는 처리농도에 따라 처리된 농약이 잔류하는 것으로 측정되었으나 자실체에서는 확인되지 않았다.

4) 팽이버섯 원배지에서의 중금속 및 농약첨가에 따른 균사생장특성 조사

유해물질의 첨가가 균사체의 생장에 미치는 영향을 확인하기 위해 PDA에 중금속 및 농약을 농도별로 처리하여 균사를 9일간 배양하였으며, 배양결과 일부 농약 처리구에서 배양 3일까지는 diphenylamine 처리구에서 생육을 억제하는 경향이 확인되었으나 3일이후부터는 무처리구와 큰 차이 없이 균사가 성장하였다(표 24, 그림 18).

표 24. 중금속 및 농약첨가 PDA 배지에서의 균사생장량

처리내용	배양기간(일/mm)		
	3일	6일	9일
무처리(백승)	34.3	61.2	83.0
Hg 0.5ppm	37.5	63.4	83.0
Hg 2.0ppm	35.6	63.6	83.0
Hg 3.5ppm	37.3	62.3	83.0
As 0.5ppm	33.6	69.7	82.4
As 2.0ppm	37.5	63.5	83.0
As 3.5ppm	37.4	63.3	83.0
Cd 0.5ppm	35.2	62.2	83.0
Cd 2.0ppm	38.3	63.5	83.0
Cd 3.5ppm	36.5	63.3	83.0
Fenoxanil 0.5ppm	37.6	55.0	82.8
Fenoxanil 2.0ppm	35.2	57.6	81.2
Fenoxanil 3.5ppm	38.6	61.3	78.9
Ferimzone 0.5ppm	32.5	57.5	83.0
Ferimzone 2.0ppm	38.4	54.6	81.2
Ferimzone 3.5ppm	32.2	51.8	79.6
Fenitrothion 0.5ppm	38.7	56.2	82.5
Fenitrothion 2.0ppm	40.3	59.7	83.0
Fenitrothion 3.5ppm	44.4	60.4	83.0
Chlorfenapyr 0.5ppm	33.7	61.7	83.0
Chlorfenapyr 2.0ppm	30.3	60.6	83.0
Chlorfenapyr 3.5ppm	38.5	57.5	83.0
Tricyclazole 0.5ppm	32.6	62.0	80.2
Tricyclazole 2.0ppm	36.5	59.0	82.2
Tricyclazole 3.5ppm	38.5	64.0	83.0
Piperonyl butoxide 0.5ppm	33.7	59.1	83.0
Piperonyl butoxide 2.0ppm	35.3	49.5	83.0
Piperonyl butoxide 3.5ppm	38.2	56.4	83.0
Diphenylamine 0.5ppm	15.6	48.2	83.0
Diphenylamine 2.0ppm	24.6	64.8	83.0
Diphenylamine 3.5ppm	14.2	48.6	83.0
Diphenylamine 10ppm	15.4	45.5	83.0

중금속 3종의 ppm 별 균사 생장은 생육 9일차에 83.0 mm로 무처리구와 차이가 없었으며 3일과 6일에 확인한 균사생장량에서도 무처리구와 큰 차이가 없었으며, 농약 성분 처리구인 fenoxanil, ferimzone, chlorfenapyr, tricyclazole, piperonyl butoxide, diphenylamine의 ppm 별 균사생장량은 생육 9일차에 모든 처리구에서 무처리구와 차이가 없었다.

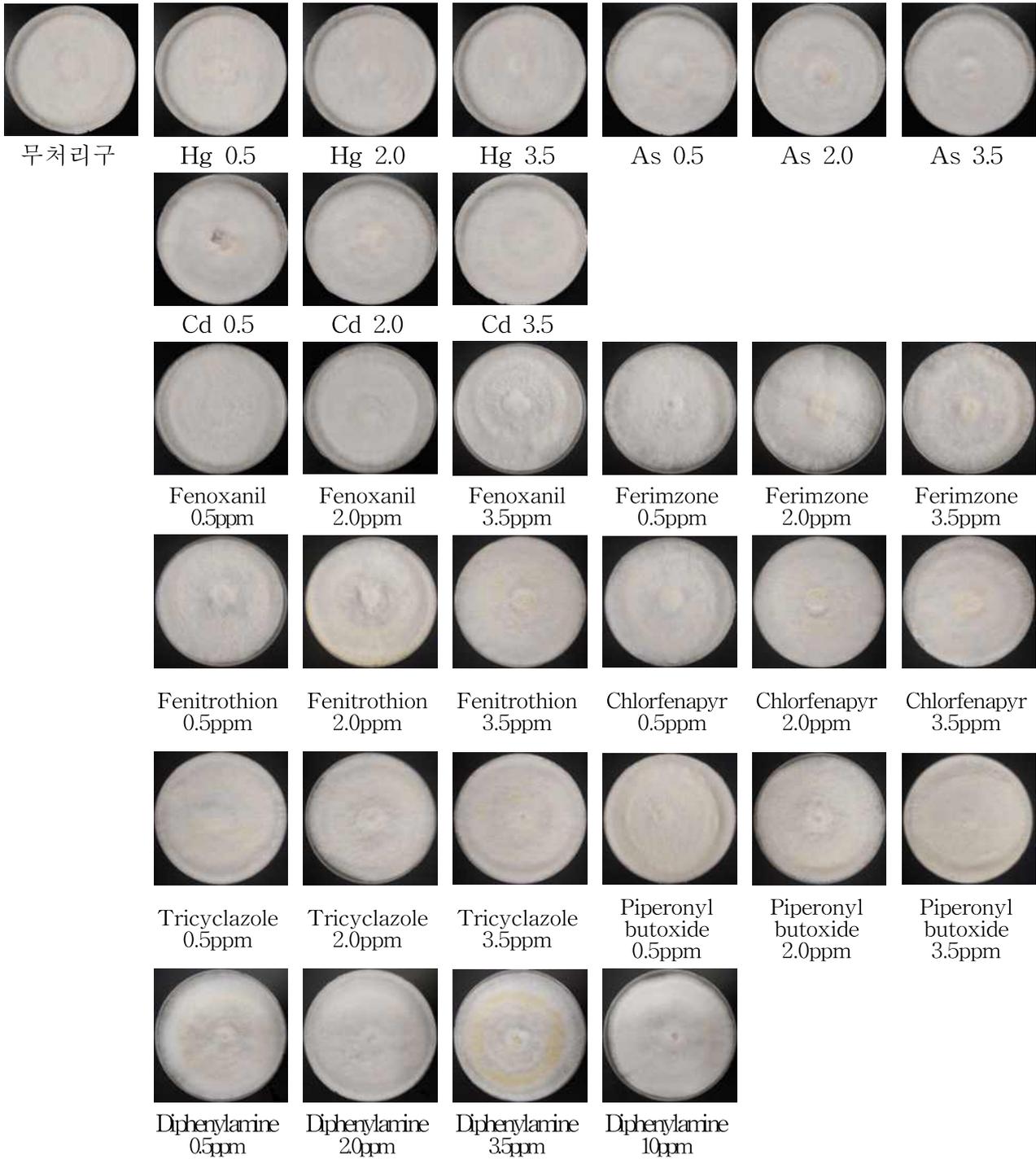


그림 18. 중금속 및 농약첨가에 따른 PDA에서의 균사생장 변화

유해물질의 첨가가 군사체의 생장에 미치는 영향을 확인하기 위해 PDB에 중금속 및 농약을 농도별로 처리하여 군사를 15일간 배양하였으며 PDB 배지 군사 성장량은 생체중은 무처리구 0.829g, 건물중은 0.099g 이었으며, 중금속 처리구인 Hg 처리구는 0.5 ppm, 2.0 ppm, 3.5 ppm 처리구에서 무처리구보다 높은 생체중과 건물중을 보였으며, As의 경우 0.5, 2.0, 3.5 ppm 모두에서 무처리구보다 높은 생체중과 건물중을 보였고, Cd 처리구는 3.5 ppm을 제외한 0.5 ppm, 2.0 ppm 처리구에서 무처리구 대비 생체중과 건물중이 낮은 것을 확인하였고, 농약 성분 처리구에서는 일부 처리구를 제외한 fenoxanil, ferimzone, chlorfenapyr, tricyclazole, piperonyl butoxide, diphenylamine의 모든 처리구에서 무처리구 대비 생체중과 건물중이 높게 나타났다(표 25, 그림 19, 그림 20).

표 25. 중금속 및 농약첨가 PDB 배지에서의 군사성장량 조사

처리내용	군사성장량(g)	
	생체중	건물중
무처리(백승)	0.829	0.099
Hg 0.5ppm	1.333	0.110
Hg 2.0ppm	1.363	0.101
Hg 3.5ppm	2.100	0.126
As 0.5ppm	1.137	0.090
As 2.0ppm	0.887	0.084
As 3.5ppm	1.046	0.101
Cd 0.5ppm	1.464	0.116
Cd 2.0ppm	0.903	0.101
Cd 3.5ppm	0.718	0.086
Fenoxanil 0.5ppm	1.211	0.088
Fenoxanil 2.0ppm	1.345	0.083
Fenoxanil 3.5ppm	2.115	0.138
Ferimzone 0.5ppm	1.694	0.132
Ferimzone 2.0ppm	0.642	0.062
Ferimzone 3.5ppm	1.577	0.115
Fenitrothion 0.5ppm	1.505	0.106
Fenitrothion 2.0ppm	1.882	0.114
Fenitrothion 3.5ppm	0.880	0.073
Chlorfenapyr 0.5ppm	1.690	0.141
Chlorfenapyr 2.0ppm	1.466	0.128
Chlorfenapyr 3.5ppm	1.512	0.131
Tricyclazole 0.5ppm	1.088	0.089
Tricyclazole 2.0ppm	0.996	0.101
Tricyclazole 3.5ppm	1.034	0.100
Piperonyl butoxide 0.5ppm	2.072	0.105
Piperonyl butoxide 2.0ppm	1.501	0.102
Piperonyl butoxide 3.5ppm	0.679	0.078

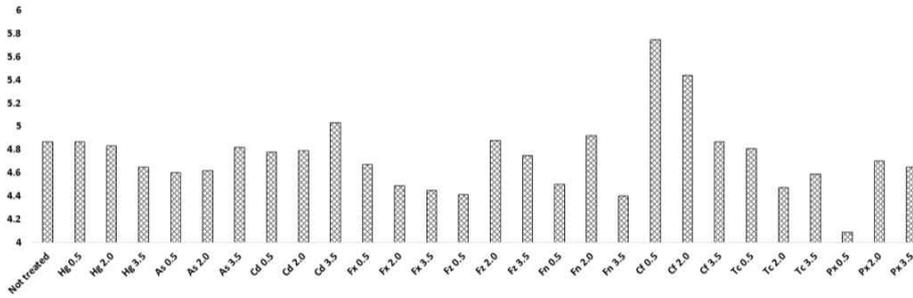


그림 19. 중금속 및 농약첨가 PDB에서의 pH 변화

Fx, Fenoxanil; Fz, Ferimzone; Fn, Fenitrothion; Cf, Chlorfenapyr; Tc, Tricyclazole; Px, Piperonyl butoxide.



그림 20. 중금속 및 농약첨가 PDB 배지에서의 균사생장

5) 생육배지에 유해물질 첨가에 따른 생육특성 및 수량성 비교

가) 농약 및 중금속 처리에 따른 자실체 생육특성

유해물질 첨가에 의한 배지의 배양특성을 확인하기 위해 배양일수, 초발이일수, 자실체 생육일수를 확인하였다. 팽이 배지의 배양일수는 무처리구가 40일이었으며, 중금속 처리구는 41~42일로 무처리구 대비 1~2일 정도 더 소요되었고, 농약 처리구의 배양일수는 40~43일로 무처리구 대비 최대 3일정도 더 소요되는 것으로 나타났고, 초발이 소요일수는 무처리구가 11일이 소요되었으며, 중금속 처리구는 11~12일로 무처리구 대비 1일 더 소요되었으며, 농약처리구 또한 일부를 제외한 처리구에서 11~12일로 무처리구 대비 1일 더 소요되었다. 자실체 생육일수는 무처리구가 14일 소요되었으며, 중금속 및 농약 처리구는 일부 처리구에서 14일이 소요되었으나 대체적으로 15~16일로 무처리구 대비 1~2일 더 소요되는 것으로 나타났다(표 26).

표 26. 중금속 및 농약첨가에 따른 자실체 생육기간

처리내용	배양일수 (days)	초발이일수 (days)	생육일수 (days)
무처리구	40	11	14
Hg 0.5ppm	41	11	14
Hg 2.0ppm	41	11	14
Hg 3.5ppm	42	11	15
As 0.5ppm	41	11	14
As 2.0ppm	41	11	15
As 3.5ppm	41	12	15
Fenoxanil 0.5ppm	40	11	14
Fenoxanil 2.0ppm	40	11	15
Fenoxanil 3.5ppm	41	11	15
Ferimzone 0.5ppm	41	12	15
Ferimzone 2.0ppm	41	12	15
Ferimzone 3.5ppm	42	12	16
Fenitrothion 0.5ppm	41	11	15
Fenitrothion 2.0ppm	42	11	15
Fenitrothion 3.5ppm	42	11	15
Piperonyl butoxide 0.5ppm	42	11	15
Piperonyl butoxide 2.0ppm	42	11	15
Piperonyl butoxide 3.5ppm	43	11	15

자실체 수량은 무처리구에서 187.7 g/병으로 나타났으며, 병당 유효경수는 89개였는데, 중금속 3종 처리구에서는 170.7~180.1 g/병이었으며, 병당 유효경수는 66~93개로 일부처리구에서 무처리구 대비 유효경수가 높게 나타났으며 수량도 무처리구와 비슷한 경향을 나타내었고, 농약 성분 처리구의 경우 fenoxanil 처리구, ferimzone 처리구와 piperonyl butoxide 처리구에서 178.2 g/병 이상을 확인하였으나 이를 제외한 처리구의 수량은 168.9~180.1 g/병이었으며, 유효경수는 chlorfenapyr, tricyclazole 처리구에서 60~75개였고, 나머지 농약 처리구에서는 81~102개로 유효경수는 무처리구와 같거나 조금 높게 나타났다(표 27, 그림 21).

표 27. 중금속 및 농약첨가 배지에서 수확한 자실체의 수량 및 생육조사

처리내용	수량 (g/1,100ml)	유효경수 (개/1,100ml)	갓직경 (mm)	갓굵기 (mm)	대길이 (mm)
무처리(백승)	187.7 <sup>bcd</sup>	88 <sup>bcd</sup>	12.6	5.7	75.3
Hg 0.5ppm	173.1 <sup>ghij</sup>	73 <sup>fg</sup>	15.3	4.8	67.2
Hg 2.0ppm	173.2 <sup>ghij</sup>	93 <sup>b</sup>	13.5	5.3	68.5
Hg 3.5ppm	170.7 <sup>hij</sup>	66 <sup>ghi</sup>	16.7	5.4	64.3
As 0.5ppm	177.5 <sup>efghij</sup>	85 <sup>bcd</sup>	14.7	5.2	68.1
As 2.0ppm	178.6 <sup>defghi</sup>	91 <sup>b</sup>	14.5	5.7	71.8
As 3.5ppm	180.1 <sup>defgh</sup>	93 <sup>b</sup>	15.3	5.5	66.8
Cd 0.5ppm	175.5 <sup>efghij</sup>	72 <sup>efgh</sup>	13.5	5.6	67.8
Cd 2.0ppm	173.1 <sup>ghij</sup>	69 <sup>ghi</sup>	12.3	5.6	66.9
Cd 3.5ppm	172.6 <sup>ghij</sup>	66 <sup>ghi</sup>	10.5	4.8	60.5
Fenoxanil 0.5ppm	193.5 <sup>ab</sup>	84 <sup>bcde</sup>	14.3	6.1	82.8
Fenoxanil 2.0ppm	181.4 <sup>cdefg</sup>	93 <sup>b</sup>	15.4	6.2	83.4
Fenoxanil 3.5ppm	183.6 <sup>cdef</sup>	91 <sup>b</sup>	16.7	5.2	85.9
Ferimzone 0.5ppm	182.8 <sup>cdef</sup>	93 <sup>b</sup>	13.8	5.9	77.4
Ferimzone 2.0ppm	189.6 <sup>abc</sup>	102 <sup>a</sup>	13.2	5.6	75.5
Ferimzone 3.5ppm	196.4 <sup>a</sup>	94 <sup>ab</sup>	16.4	5.5	78.5
Fenitrothion 0.5ppm	179.3 <sup>defghi</sup>	85 <sup>bcde</sup>	15.1	4.6	72.4
Fenitrothion 2.0ppm	176.2 <sup>efghij</sup>	87 <sup>b</sup>	14.3	5.2	68.1
Fenitrothion 3.5ppm	178.5 <sup>defghi</sup>	80 <sup>b</sup>	14.9	5.1	73.2
Chlorfenapyr 0.5ppm	176.5 <sup>efghij</sup>	69 <sup>ghi</sup>	14.3	5.3	68.6
Chlorfenapyr 2.0ppm	170.4 <sup>ij</sup>	66 <sup>ghi</sup>	14.0	5.1	66.9
Chlorfenapyr 3.5ppm	168.9 <sup>j</sup>	60 <sup>i</sup>	13.2	4.9	66.5
Tricyclazole 0.5ppm	178.6 <sup>defghi</sup>	75 <sup>efg</sup>	14.2	5.5	69.8
Tricyclazole 2.0ppm	172.4 <sup>ghij</sup>	70 <sup>gh</sup>	13.5	5.4	69.4
Tricyclazole 3.5ppm	170.3 <sup>ij</sup>	63 <sup>hi</sup>	13.0	5.1	67.8
Piperonyl butoxide 0.5ppm	186.3 <sup>bcde</sup>	81 <sup>cdef</sup>	16.5	4.8	83.5
Piperonyl butoxide 2.0ppm	178.2 <sup>efghij</sup>	93 <sup>b</sup>	15.3	5.3	82.8
Piperonyl butoxide 3.5ppm	180.8 <sup>cdefg</sup>	90 <sup>bc</sup>	17.2	5.1	82.6

\* Same letter indicate statistically not significant at  $p < 0.05$  by duncan' s multiple range test.



무처리구



Hg 0.5



Hg 2.0



Hg 3.5



As 0.5



As 2.0



As 3.5



Cd 0.5



Cd 2.0



Cd 3.5



Fenoxanil  
0.5ppm



Fenoxanil  
2.0ppm



Fenoxanil  
3.5ppm



Ferimzone  
0.5ppm



Ferimzone  
2.0ppm



Ferimzone  
3.5ppm



Fenitrothion  
0.5ppm



Fenitrothion  
2.0ppm



Fenitrothion  
3.5ppm



Chlorfenapyr  
0.5ppm



Chlorfenapyr  
2.0ppm



Chlorfenapyr  
3.5ppm



Tricyclazole  
0.5ppm



Tricyclazole  
2.0ppm



Tricyclazole  
3.5ppm



Piperonyl  
butoxide 0.5ppm



Piperonyl  
butoxide 2.0ppm



Piperonyl  
butoxide 3.5ppm

그림 21. 중금속 및 농약첨가 배지에서 생육한 자실체의 형태

표 28. 생육단계별 배지에서의 중금속 및 농약 함량 변화

(단위 : mg/kg)

처리내용	살균전	살균후	배양완료후	수확후	자실체
Hg 0.5ppm	0.996	1.140	0.62	0.53	0.43
Hg 2.0ppm	0.823	0.872	0.70	0.73	0.55
Hg 3.5ppm	0.956	0.905	0.78	0.81	0.62
As 0.5ppm	0.39	0.43	0.21	0.18	0.11
As 2.0ppm	1.61	1.56	1.37	0.26	0.81
As 3.5ppm	3.06	2.34	2.10	0.49	1.20
Cd 0.5ppm	0.55	0.49	0.51	0.59	0.13
Cd 2.0ppm	1.89	1.96	1.04	0.76	0.35
Cd 3.5ppm	3.43	3.31	2.83	0.94	0.63
Fenoxanil 0.5ppm	0.409	0.272	0.19	0.16	0.03
Fenoxanil 2.0ppm	1.19	0.747	0.587	0.362	0.02
Fenoxanil 3.5ppm	1.70	0.135	0.091	0.071	0.06
Ferimzone 0.5ppm	0.878	-	-	-	-
Ferimzone 2.0ppm	1.840	-	-	-	-
Ferimzone 3.5ppm	2.988	-	-	-	-
Fenitrothion 0.5ppm	0.216	-	-	-	-
Fenitrothion 2.0ppm	1.018	-	-	-	-
Fenitrothion 3.5ppm	1.465	-	-	-	-
Chlorfenapyr 0.5ppm	0.411	0.211	0.017	-	-
Chlorfenapyr 2.0ppm	0.449	0.237	0.053	-	-
Chlorfenapyr 3.5ppm	0.610	0.355	0.216	0.131	0.012
Tricyclazole 0.5ppm	0.462	0.406	0.261	-	-
Tricyclazole 2.0ppm	0.456	0.437	0.373	-	-
Tricyclazole 3.5ppm	0.830	0.674	0.457	-	-
Piperonyl butoxide 0.5ppm	0.017	-	-	-	-
Piperonyl butoxide 2.0ppm	0.029	0.011	-	-	-
Piperonyl butoxide 3.5ppm	0.058	0.021	-	-	-

-, 미검출

유해물질의 이행량을 확인하고자 생육단계별 처리된 유해물질의 함량을 측정하였고(표 28), 측정결과 중금속인 Hg는 모든 처리구에서 자실체까지 이행되었으며, 자실체에서 확인된 Hg는 0.5 ppm 처리구에서 0.43 mg/Kg, 2.0 ppm 처리구에서 0.55 mg/Kg, 3.5 ppm 처리구에서 0.62 mg/Kg으로 그 양은 처리농도가 진해짐에 따라 이행되는 양도 증가함을 확인하였다. 또한, As 도 자실체로 이행됨을 확인하였고 0.5 ppm 처리구에서 0.11 mg/Kg, 2.0 ppm 처리구에서 0.81 mg/Kg, 3.5 ppm 처리구에서 1.20 mg/Kg으로 그 양은 처리농도가 진해짐에 따라 이행되는 양도 증가하는 것으로 나타났다.

농약 성분 처리구의 경우 배지에서는 처리농도에 따라 처리된 농약이 배지 내에 잔류하는 것으로 나타났으나 자실체에서는 확인되지 않았다.

6) 유해성분 이동경로 추적

가) 카드뮴(Cd)에 의한 느타리 pathway 분석

Cd 처리한 느타리 자실체에 대한 DEG 분석 결과 총 12,457개의 전사체가 동정 되었으며, 유전자의 발현을 4-fold change로 확인하였을 때, 확인된 유전자중 발현량이 변화한 유전자의 갯수는 Cd 10 ppm/C에서 2,778개, Cd 100 ppm/C에서 2,328개였다(표 29, 그림 22, 그림 23). 추출한 RNA를 이용하여 transcriptome의 발현양을 DEGs(Differentially Expressed Genes) 방법을 통해 각 유전자의 발현 양을 보았을 때, 4배 이상 발현이 증가한 유전자와 감소한 유전자는 총 526개였으며 일반 PCR조건으로 최종 확인된 유전자는 모두 8개였다.

발현량이 확인된 유전자 중 그 역할이 명확하게 밝혀지지 않은 hypothetical protein을 제외 하였으며, Cd 10 ppm/C에서만 확인 되는 유전자는 up regulation 12개 down regulation 유전자 19개였고, Cd 100 ppm/C에서만 확인 되는 유전자는 up regulation 13개, down regulation 유전자 30개로 나타났으며, Cd 10/C 과 Cd 100/C에서 공통으로 확인되는 유전자는 up regulation 10개 down regulation 18개였다. 유전자들의 발현을 DEG scatter plot으로 확인해본 결과 적색 부분은 발현이 증가된 유전자들의 위치로 확인되었고, 녹색부분은 발현이 감소된 유전자로 확인되었으며, gene symbol은 선택한 12개의 유전자들의 발현 위치를 나타낸다.

표 29. Cd 처리 자실체에서 확인된 *P. ostreatus* DEGs 리스트

Gene symbol	4-fold change		Annotation product
	Cd_10 /C	Cd_100 /C	
OPT5	18.022	24.995	OPT superfamily
PLEOSDRAFT_1029749	8.015	4.911	glycoside hydrolase family 61 protein
PLEOSDRAFT_1108932	6.234	4.914	glycoside hydrolase family 12 protein
PLEOSDRAFT_175423	7.947	7.856	small secreted protein with six-cysteine repeat motif-containing protein
PLEOSDRAFT_156073	6.893	7.736	glycoside hydrolase family 61 protein
PLEOSDRAFT_1033673	4.506	6.642	glycoside hydrolase family 61 protein
PLEOSDRAFT_1020172	5.867	6.352	glycoside hydrolase family 28 protein
HIT3	5.726	4.670	HIT domain protein
PLEOSDRAFT_1102722	7.873	4.480	glycoside hydrolase family 61 protein
PLEOSDRAFT_1035386	4.510	4.093	glycoside hydrolase family 7 protein
PLEOSDRAFT_1103647	0.142	0.246	glycosyltransferase family 22 protein
PLEOSDRAFT_1050633	0.176	0.226	glycoside hydrolase family 28 protein
PLEOSDRAFT_1106007	0.125	0.210	carbohydrate esterase family 4 protein

Table 29. 계속

Gene symbol	4-fold change		Annotation product
	Cd_10 /C	Cd_100 /C	
PLEOSDRAFT_157820	0.226	0.209	glycoside hydrolase family 71 protein
Hydph14	0.202	0.207	class I hydrophobin superfamily
LACC6	0.204	0.185	laccase
PLEOSDRAFT_t38	0.172	0.159	tRNA-Lys
Hydph20	0.043	0.157	class I hydrophobin superfamily
PLEOSDRAFT_1064585	0.117	0.148	glycoside hydrolase family 16 protein
PLEOSDRAFT_159780	0.112	0.116	carbohydrate-binding module family 1 protein
Hydph13	0.166	0.088	class I hydrophobin superfamily
VMH2	0.125	0.072	vegetative mycelium hydrophobin 2 expressed in monokaryotic and dikaryotic micelia
PLEOSDRAFT_163804	0.069	0.065	carbohydrate-binding module family 13 protein
PLEOSDRAFT_1060298	0.061	0.063	glycosyltransferase family 15 protein
PLEOSDRAFT_1074262	0.063	0.053	glycoside hydrolase family 43 protein
PLEOSDRAFT_199583	0.042	0.044	polysaccharide lyase family 1 protein
CTR2	0.013	0.014	family copper transporter
PLEOSDRAFT_1119533	0.006	0.002	carbohydrate-binding module family 13 protein

느타리 배지 내 Cd 첨가에 따른 반응 유전자들을 생물학적 기능으로 분류한 결과 Real time PCR 결과에서 Cd 첨가에 따라 up regulated 및 down regulated 된 유전자를 확인할 수 있었으며, 이를 생물학적 기능으로 분류한 결과 Transferase activity transferring pathway, Membrane pathway, Carbohydrate metabolic process pathway, Hydrolase activity pathway, Catalytic activity pathway, Integral component of membrane pathway 총 7개의 그룹으로 분류되었으며, 이는 QuickGo data base (<https://www.ebi.ac.uk/QuickGO/>)를 통해 분류 하였다. 분류한 결과 Putative Tco5 histidine kinase, glycosyl transferase family 22 protein, glycoside hydrolase family 5 protein는 한 가지 이상의 생물학적 발현경로에 관여하고 있는 것으로 확인되었다. Histidine kinase는 식물, 박테리아, 곰팡이가 환경을 감지하고 반응할 수 있도록 하는데(Bilwes *et al.*, 1999), Tco는 two-component system sensor molecule로 Putative Tco5 histidine kinase (Hisk)는 Tco5 histidine kinase로 추정되는 유전자의 발현을 의미하며(Bahn *et al.*, 2006), Cd에 의해 유전자의 발현량이 증가하는 것으로 나타났다.

Glycosyl transferase는 올리고당, 다당류 및 당 접합체의 생합성에 관여하는 효소군을 구성 하며(Taniguchi *et al.*, 2002), glycosyl transferase family (GT) 22 protein은 다중 막 횡단 도메인을 갖는 통합 막 단백질에 해당하는데(Albuquerque-Wendt *et al.*, 2019), Cd처리에 의해 유전자의 발현량이 감소하는 것으로 나타났으며, glycoside hydrolase는 수많은 생물학적 과정의 핵

심으로 작용하며(Dias *et al.*, 2004), glycoside hydrolase family 5 protein (GH5)는  $\beta$ -linked 된 올리고당 및 다당류에 작용되는 광범위한 효소로 분류되는데, 다양한 유기체로부터 결합되는 것으로 알려져 있고(Aspeborg *et al.*, 2012), Cd처리 시 발현량이 증가하는 것으로 확인됐다.

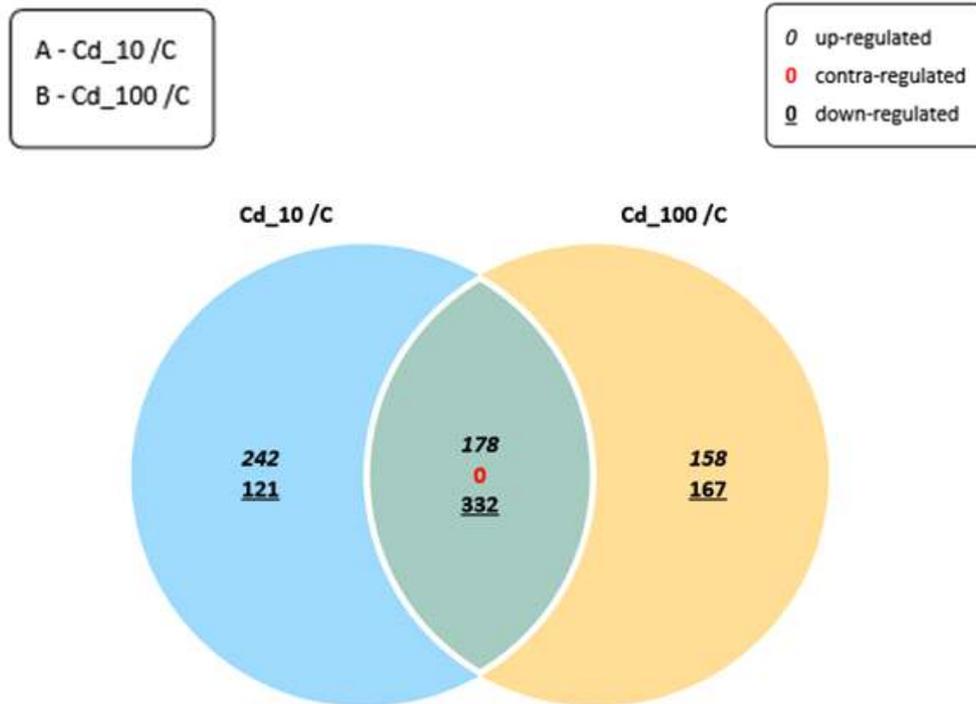


그림 22. Venn diagram of Cd 10ppm/C and Cd 100ppm/C of *P. ostreatus*, (C, 무처리구)

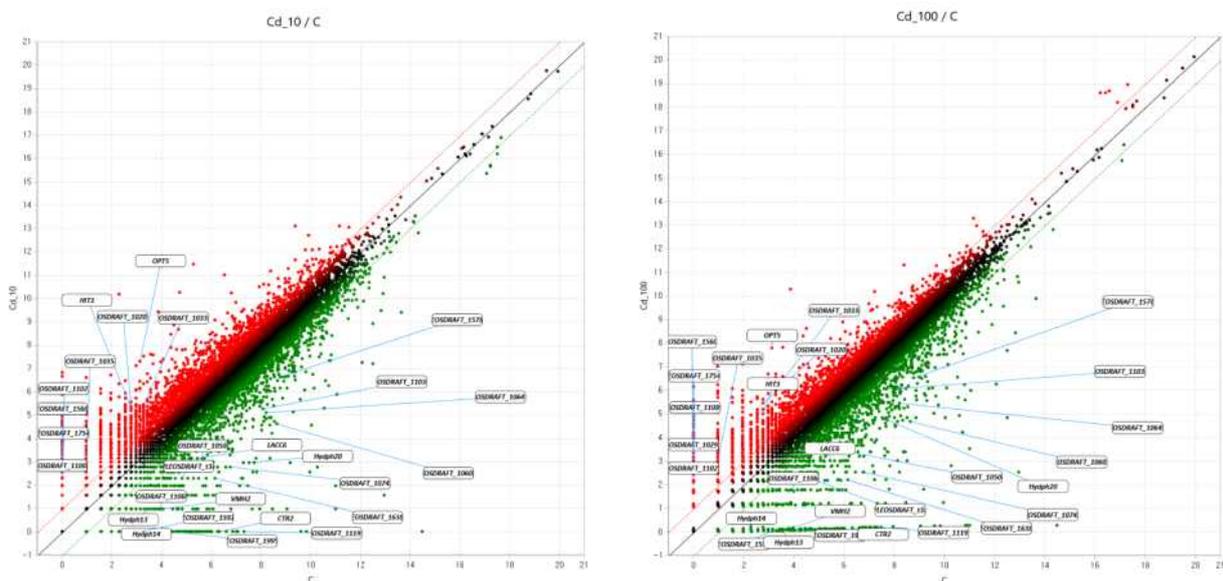


그림 23. DEGs scatter plot analysis of Cd concentration and control of *P. ostreatus*. Red, 4 fold change up regulation; Green, 4 fold change down regulation.

느타리 배지 내 CdCl<sub>2</sub> 첨가에 따른 반응 유전자들을 GO를 이용한 기능분류 결과 Transferase activity transferring pathway, Membrane pathway, Carbohydrate metabolic process pathway, Hydrolase activity pathway, Catalytic activity pathway, Integral component of membrane pathway 총 7개의 그룹으로 분류되었으며, 이를 QuickGo data base (<https://www.ebi.ac.uk/QuickGO/>)를 통해 분류한 결과 Putative Tco5 histidine kinase, glycosyl transferase family 22 protein, glycoside hydrolase family 5 protein는 한 가지 이상의 생물학적 발현경로에 관여하고 있는 것으로 확인된다(표 30).

표 30. Cd 처리에 반응한 7개 그룹의 유전자 리스트

Biological process category	Gene expression	
	Up-regulation	Down-regulation
Transferase activity	Putative Tco5 histidine kinase	Glycosyltransferase family 22 protein
Membrane	Putative Tco5 histidine kinase	Glycosyltransferase family 22 protein
Carbohydrate metabolic process	glycoside hydrolase family 5 protein	Polysaccharide family 13 protein
		Glycoside hydrolase family 13 protein
Hydrolase activity	glycoside hydrolase family 5 protein	Glycoside hydrolase family 13 protein
Catalytic activity	glycoside hydrolase family 20 protein	Non-ribosomal peptide synthetase
Integral component of membrane	Putative Tco5 histidine kinase	Glycosyltransferase family 22 protein
Metabolic process	glycoside hydrolase family 5 protein	Glycoside hydrolase family 13 protein

DEG 결과에 의해 선택된 유전자의 real time PCR을 진행한 결과 DEG에서 up regulation 된

4개의 유전자인 putative Tco5 histidine kinase, glycoside hydrolase family 5 protein, glycosyltransferase family 20 protein, HIT domain protein은 DEG 결과와 동일하게 up regulation 이 확인 되었으며, down regulation 된 8개의 유전자 중 product로 carbohydrate-binding module family 13 protein를 갖는 1개의 유전자만 down regulation 되었 고, 나머지 7개의 유전자인 carbohydrate-binding module family 13 protein, Non-ribosomal peptide synthetase, B mating type pheromone receptor, glycosyltransferase family 22 protein, putative GMC-oxidase, polysaccharide lyase family 1 protein, glycoside hydrolase family 13 protein은 DEG 결과와 달리 up regulation 되었음을 확인하였고, 이는 DEG 결과를 통해 선발된 유전자를 real time PCR을 진행하였을 때 DEG 결과와 상이한 발현 결과가 나올 수 있음을 나타낸다(그림 24).

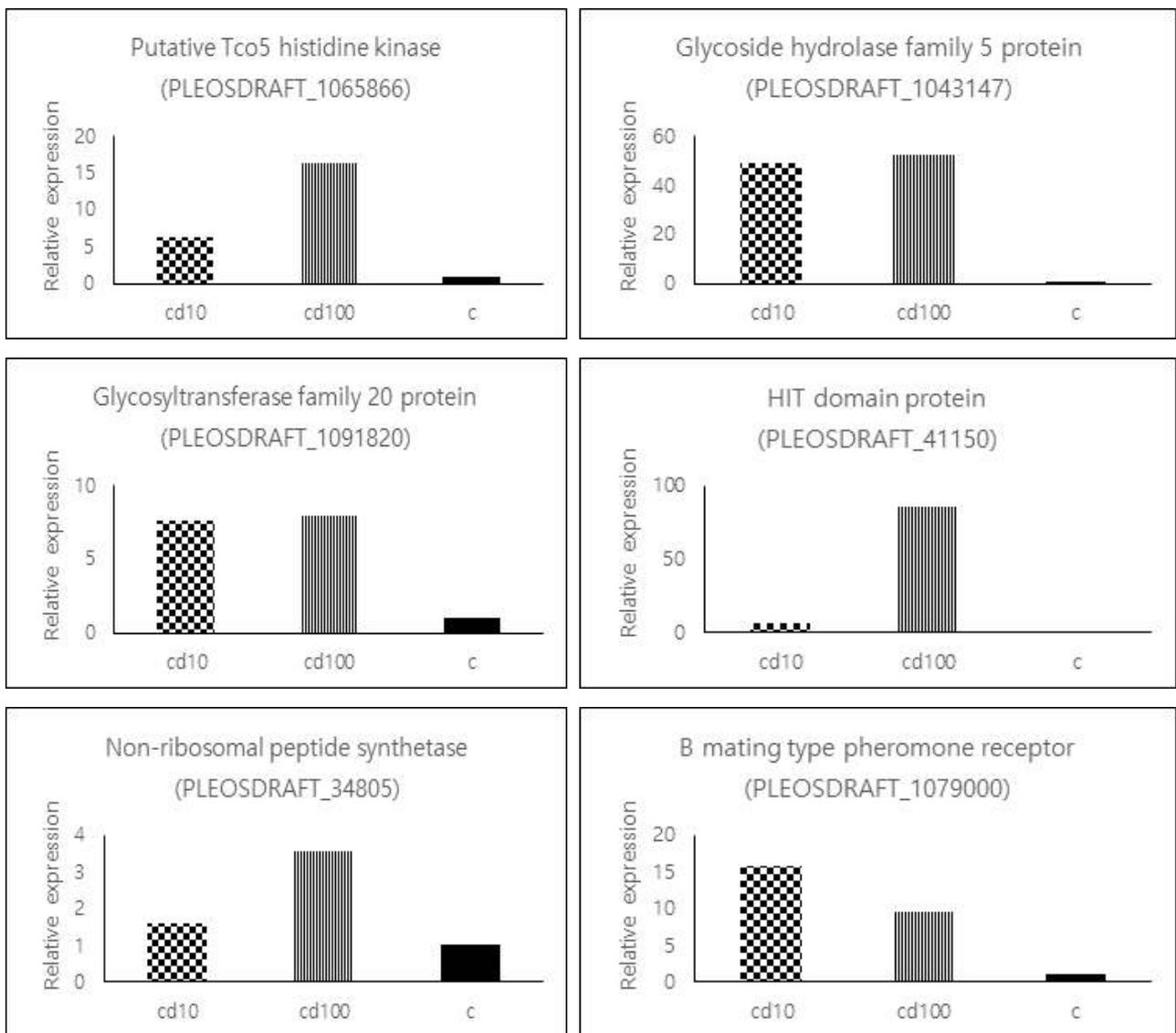


그림 24. DEG에서 선택한 유전자의 Real-time PCR 결과

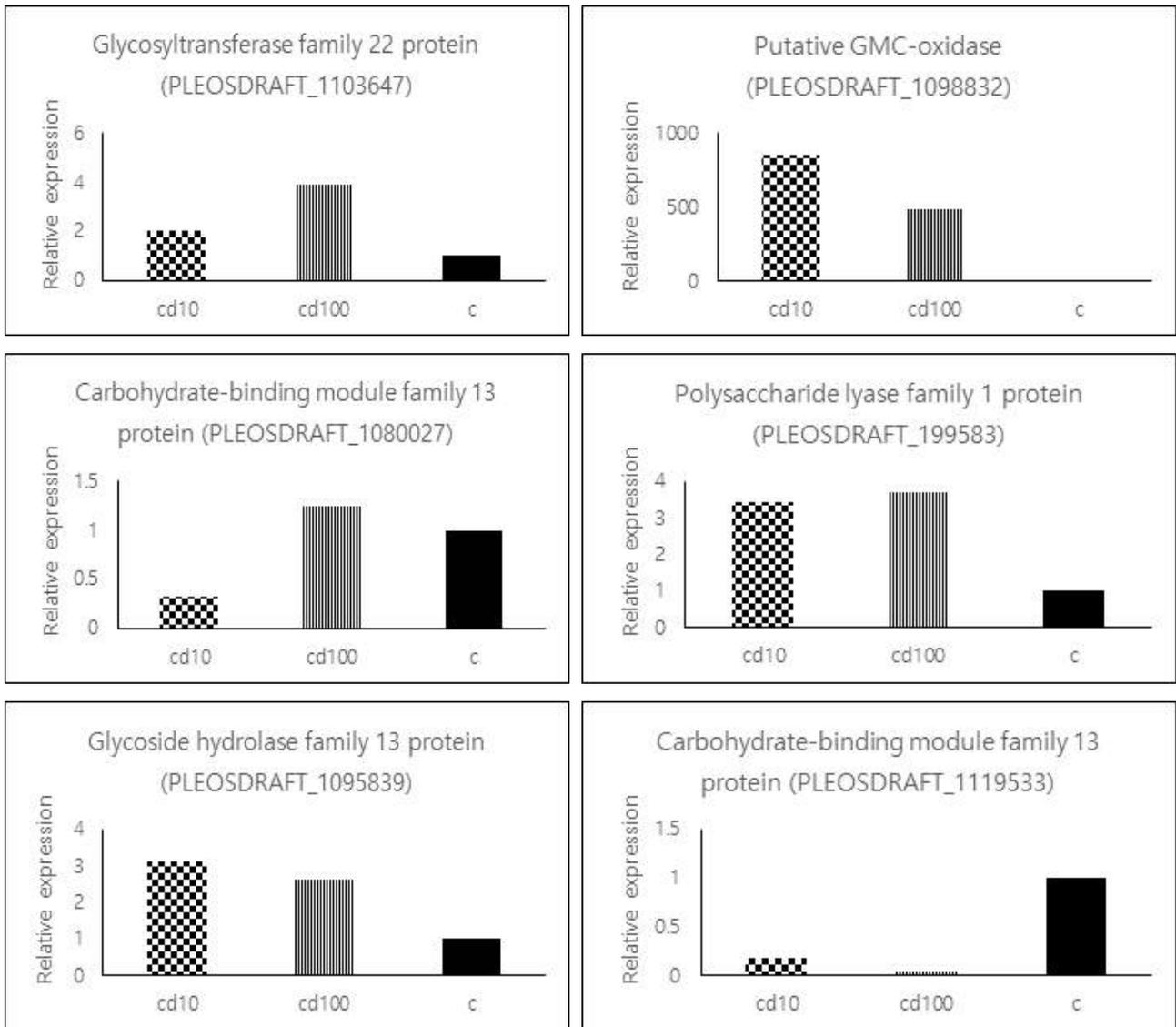


그림 24. 계속

Cd 처리된 느타리의 DEG data를 이용하여 kegg pathway 분석 결과 가장 많은 유전자가 연관되어 있는 것은 Metabolic pathways로 나타났으며, 그 뒤로 Starch and sucrose metabolism와 stachyose degradation에 가장 많은 유전자가 연관되어 있었다. Starch and sucrose metabolism에 연관되어 있는 유전자의 gene symbol은 PLEOSDRAFT\_37178, PLEOSDRAFT\_1034680, PLEOSDRAFT\_1060298, PLEOSDRAFT\_1020172, PLEOSDRAFT\_1064841 등으로 이들은 product로 glycoside hydrolase family protein(GH)를 갖는 것으로 확인되었으며, DEG data 상 무처리구 대비 발현량이 증가한 gene에서 product를 GH로 갖는 gene에서 가장 많은 수가 확인되었다. 또한, stachyose degradation에 연관되어 있는 유전자의 gene symbol은 PLEOSDRAFT\_19514, PLEOSDRAFT\_1020172, PLEOSDRAFT\_1050633, PLEOSDRAFT\_1064585, PLEOSDRAFT\_1074262 등으로 이들도 product로 glycoside hydrolase family protein(GH)를 갖는 것으로 확인되었으며, DEG data 상 무처리구 대비 발현량이 감소한 gene에서 product를 GH로 갖는 gene에서 가장 많은 수가 확인되었다(그림 25, 그림 26).

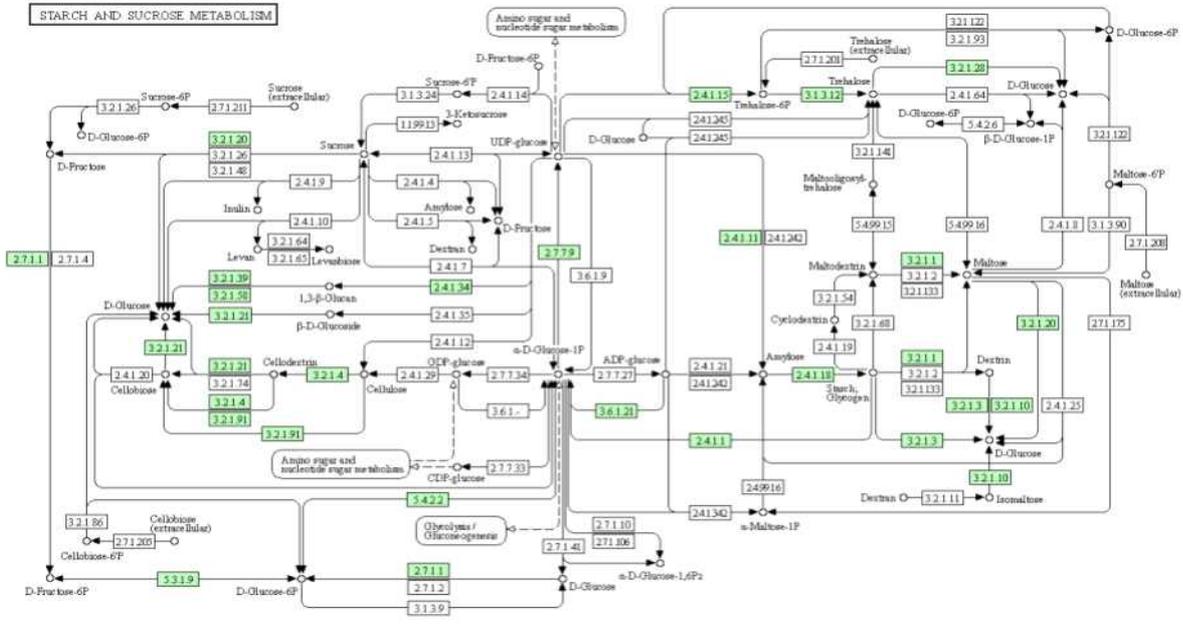


그림 25. Cd 처리 시 확인 된 Starch and sucrose metabolism Kegg pathway

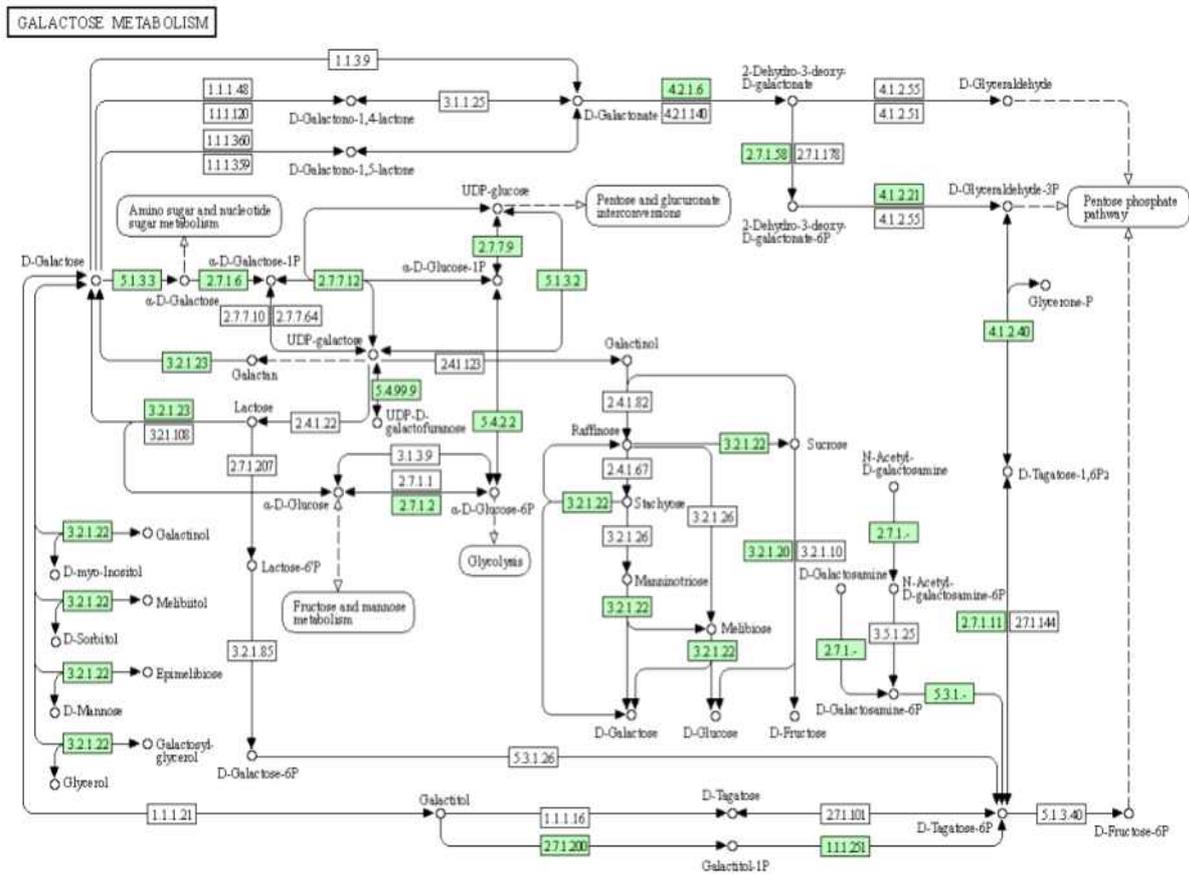


그림 26. Cd 처리 시 확인 된 Stachyose degradation Kegg pathway

나) Thiachloprid에 의한 느타리 pathway 분석

느타리 배지에 thiacloprid를 처리한 후 재배된 자실체의 DEG 결과에서 4-fold change에서 발현이 증가한 유전자는 10 ppm 처리구에서 466개, 100 ppm 처리구에서 886개가 확인되었으며, 발현이 감소한 유전자는 10 ppm 처리구에서 429개, 100 ppm 처리구에서 714개가 확인되었다(표 31, 그림 27-28).

발현량의 변화가 확인된 유전자 중 그 역할이 명확하게 밝혀지지 않은 hypothetical protein을 제외한 유전자는 thiacloprid 10 ppm 처리구에서 증가된 유전자가 26개, 감소한 유전자는 19개였으며, 100 ppm 처리구에서 증가한 유전자는 61개, 감소한 유전자는 48개로 확인되었으며, 이 중 thiacloprid 10 ppm과 100 ppm에서 공통적으로 발현량이 증가 혹은 감소된 유전자를 정리하였다.

표 31. Thiacloprid 자실체에서 확인된 *P. ostreatus* DEGs 리스트

Gene symbol	4-fold change		Annotation
	Thia_10/C	Thia_100/C	Product
PLEOSDRAFT_37178	153.732	631.237	Glycoside hydrolase family 55 protein
PLEOSDRAFT_1034502	34.805	239.600	Carbohydrate-binding module family 13 protein
OPT5	19.699	92.219	OPT superfamily
PLEOSDRAFT_1034680	14.315	60.866	Glycoside hydrolase family 3 protein
PLEOSDRAFT_1064841	8.779	49.640	Glycoside hydrolase family 24 protein
PLEOSDRAFT_696	8.563	25.099	Glycoside hydrolase family 18 protein
PLEOSDRAFT_1020172	7.211	22.000	Glycoside hydrolase family 28 protein
PLEOSDRAFT_1075485	6.338	20.841	Carbohydrate esterase family 16 protein
PLEOSDRAFT_1076482	6.027	18.777	Glycoside hydrolase family 16 protein
PLEOSDRAFT_1090819	5.968	17.901	Catalase
MnP1	5.626	16.853	MnP-short, short manganese peroxidase
PLEOSDRAFT_1056697	5.489	15.232	Carbohydrate esterase family 9 protein
PLEOSDRAFT_1054127	5.317	15.048	Carbohydrate esterase family 1 protein
HIT3	5.213	12.775	HIT domain protein
PLEOSDRAFT_1114125	5.021	11.548	Glycoside hydrolase family 30 protein
PLEOSDRAFT_28924	4.862	11.142	Glycoside hydrolase family 16 protein
PLEOSDRAFT_61779	4.761	9.799	Glycoside hydrolase family 2 protein
PLEOSDRAFT_18797	4.735	9.558	Glycoside hydrolase family 61 protein

표 31. 계속

Gene symbol	4-fold change		Annotation product
	Thia_10/C	Thia_100/C	
PLEOSDRAFT_1067572	4.697	9.206	Small subunit of laccase POXA3a
PLEOSDRAFT_48468	4.594	4.751	Glycosyltransferase family 1 protein
PLEOSDRAFT_50345	4.505	4.311	Glycoside hydrolase family 18 protein
PLEOSDRAFT_1089518	4.044	4.090	Carbohydrate-binding module family 12 protein
PLEOSDRAFT_1103647	0.183	0.244	Glycosyltransferase family 22 protein
DyP3	0.170	0.139	DyP-type peroxidase
PLEOSDRAFT_1074132	0.161	0.120	Glycosyltransferase family 8 protein
PLEOSDRAFT_157820	0.154	0.118	Glycoside hydrolase family 71 protein
LACC6	0.148	0.105	Laccase
PLEOSDRAFT_1079000	0.133	0.097	B mating type pheromone receptor
PLEOSDRAFT_t38	0.128	0.092	tRNA-Lys
VP2	0.127	0.080	VP, versatile peroxidase
PLEOSDRAFT_1050633	0.109	0.076	Glycoside hydrolase family 28 protein
PLEOSDRAFT_1064585	0.096	0.075	Glycoside hydrolase family 16 protein
PLEOSDRAFT_1060298	0.073	0.069	Glycosyltransferase family 15 protein
PLEOSDRAFT_1074262	0.067	0.065	Glycoside hydrolase family 43 protein

표 31. 계속

Gene symbol	4-fold change		Annotation
	Thia_10/C	Thia_100/C	product
Hydph20	0.060	0.044	Class I hydrophobin superfamily
PLEOSDRAFT_163804	0.051	0.042	Carbohydrate-binding module family 13 protein
PLEOSDRAFT_199583	0.042	0.037	Polysaccharide lyase family 1 protein
CTR2	0.034	0.024	Family copper transporter
PLEOSDRAFT_1119533	0.006	0.006	Carbohydrate-binding module family 13 protein

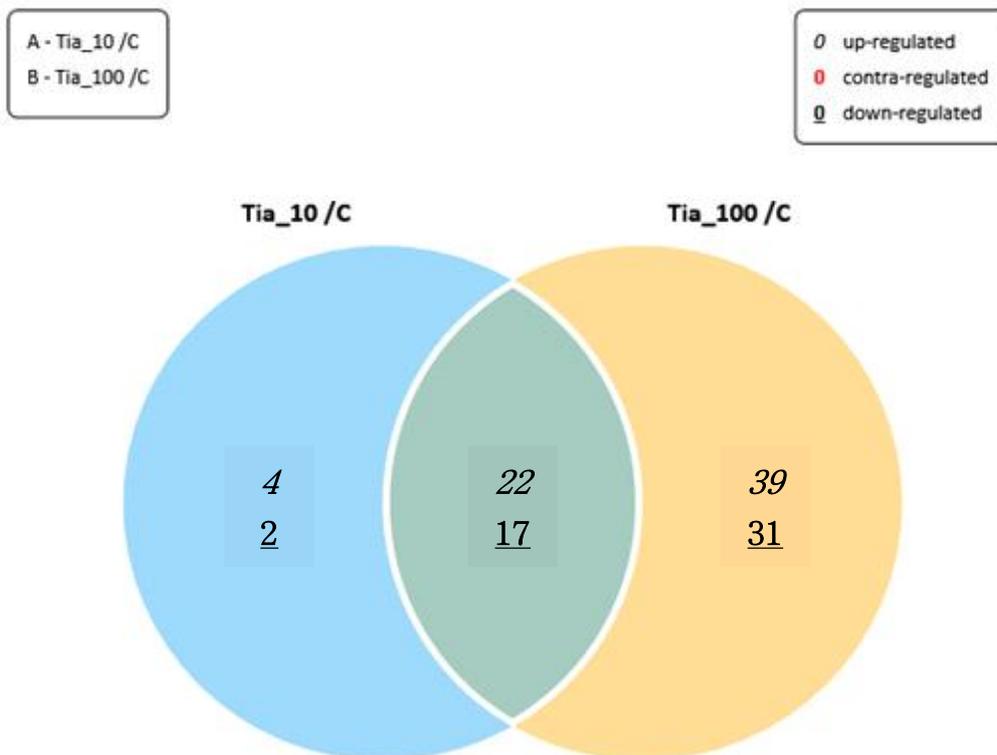


그림 27. Venn diagram of thiachlopid 10 ppm/C and thiachlopid 100 ppm/C of *P. ostreatus*.

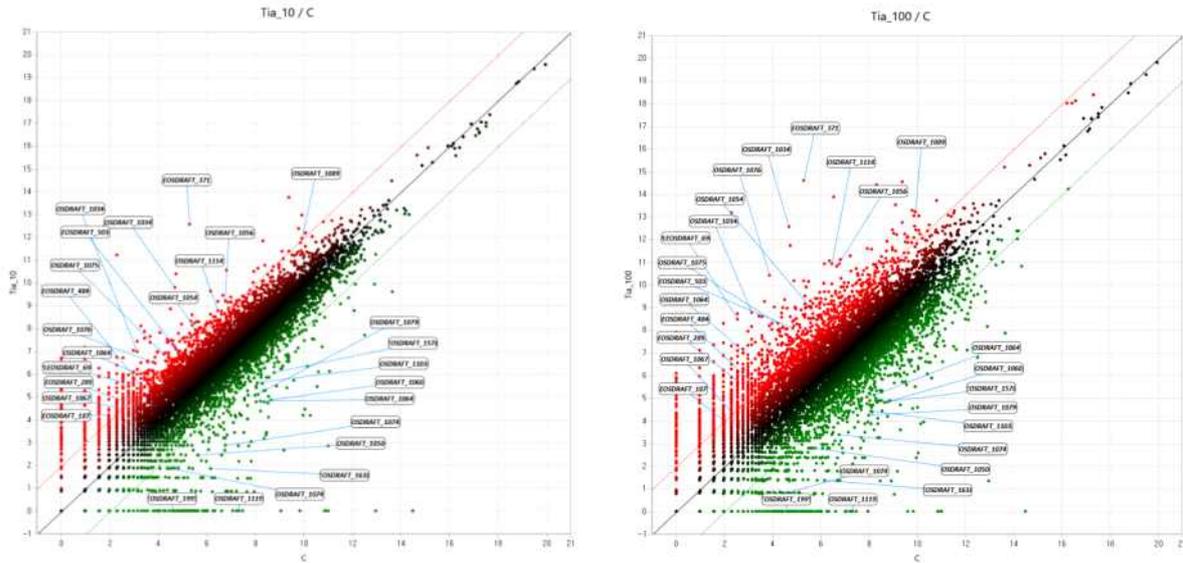


그림 28. DEG scatter plot analysis thiachloprid 10 ppm, 100 ppm and Control of *P. Ostreatus*, Red, 4 fold change up regulation; Green, 4 fold change down regulation.

느타리 배지 내 thiachloprid 첨가에 따른 반응 유전자들의 유전자발현양상 확인 결과 10 ppm, 100 ppm 처리 모두에서 up regulated 및 down regulated 된 유전자 39개를 확인할 수 있었으며, 선택한 유전자들의 생물학적 pathway를 Quick GO data base를 통해 분석한 결과, 그 중 glycoside hydrolase family 18 protein, glycoside hydrolase family 28 protein, glycoside hydrolase family 16 protein, carbohydrate esterase family 9 protein, glycoside hydrolase family 30 protein, glycoside hydrolase family 16 protein, glycosyl transferase family 1 protein, glycoside hydrolase family 18 protein, carbohydrate-binding module family 12 protein, glycosyl transferase family 22 protein, glycosyl transferase family 8 protein, laccase, glycoside hydrolase family 28 protein, glycoside hydrolase family 16 protein, glycosyl transferase family 15 protein, glycoside hydrolase family 43 protein은 한 가지 이상의 생물학적 발현경로에 관여하고 있는 것으로 확인되었는데, carbohydrate esterases (CEs)는 carbohydrates에서 ester decorations을 제거하여 de-O 또는 de-N-acylation를 촉매하며(Nakamura *et al.*, 2017), 단당류, 올리고당류 및 다당류에서 에스테르 기반의 수정의 제거를 촉매하는 구성원이 포함되는데, 이는 glycosides hydrolases (GHs)의 접근을 촉진하고, 바이오매스 당화를 돕는 것으로 알려져 있다(Christov and Prior, 1993). DEG 분석 결과 thiachloprid 처리 시 자실체 내에서 여러 glycosides hydrolase family를 확인할 수 있었고, carbohydrate esterases 또한 확인이 가능했는데, 이는 thiachloprid 처리 시 자실체 내로의 흡수와 연관되어 당 관련 유전자의 발현이 증가되는 것으로 보인다.

Quick GO data base를 통해 thiachloprid 처리에 따른 유전자의 생물학적 기능을 분류 해본 결과 동일한 기능을 할 것이라 예측되는 유전자들의 생물학적 기능 분류는 hydrolase activity, hydrolase activity, acting on glycosyl bonds, catalase activity, transferase activity, carboxylic ester hydrolase activity, peroxidase activity, copper ion binding, mating-type factor pheromone receptor activity, lyase activity, copper ion transmembrane transporter

activity의 10개의 그룹으로 분류되었으며, hydrolase activity에는 Glycoside hydrolase family 55 (GH55) protein, Glycoside hydrolase family 3(GH3) protein, Glycoside hydrolase family 24(GH24) protein, Glycoside hydrolase family 18 (GH18) protein, Glycoside hydrolase family 28 (GH28) protein 등이 포함되는데 Glycoside hydrolase family 55 protein에 대해 Tao *et al.*(2013)은 짚버섯에서 세포벽의 연화와 관련이 있다고 하였으며, Yoshida *et al.*(2010)은 hydrolase family 3 (GH3) protein에 대해 *Kluyveromyces marxianus*에서 탄수화물 결합효소로서 역할을 한다고 하였는데, 생물학적 기능을 분류한 결과 thiacloprid 처리 시 자실체 내의 당결합과 연관된 유전자들이 발현량이 변화하는 것으로 나타났다(표 32).

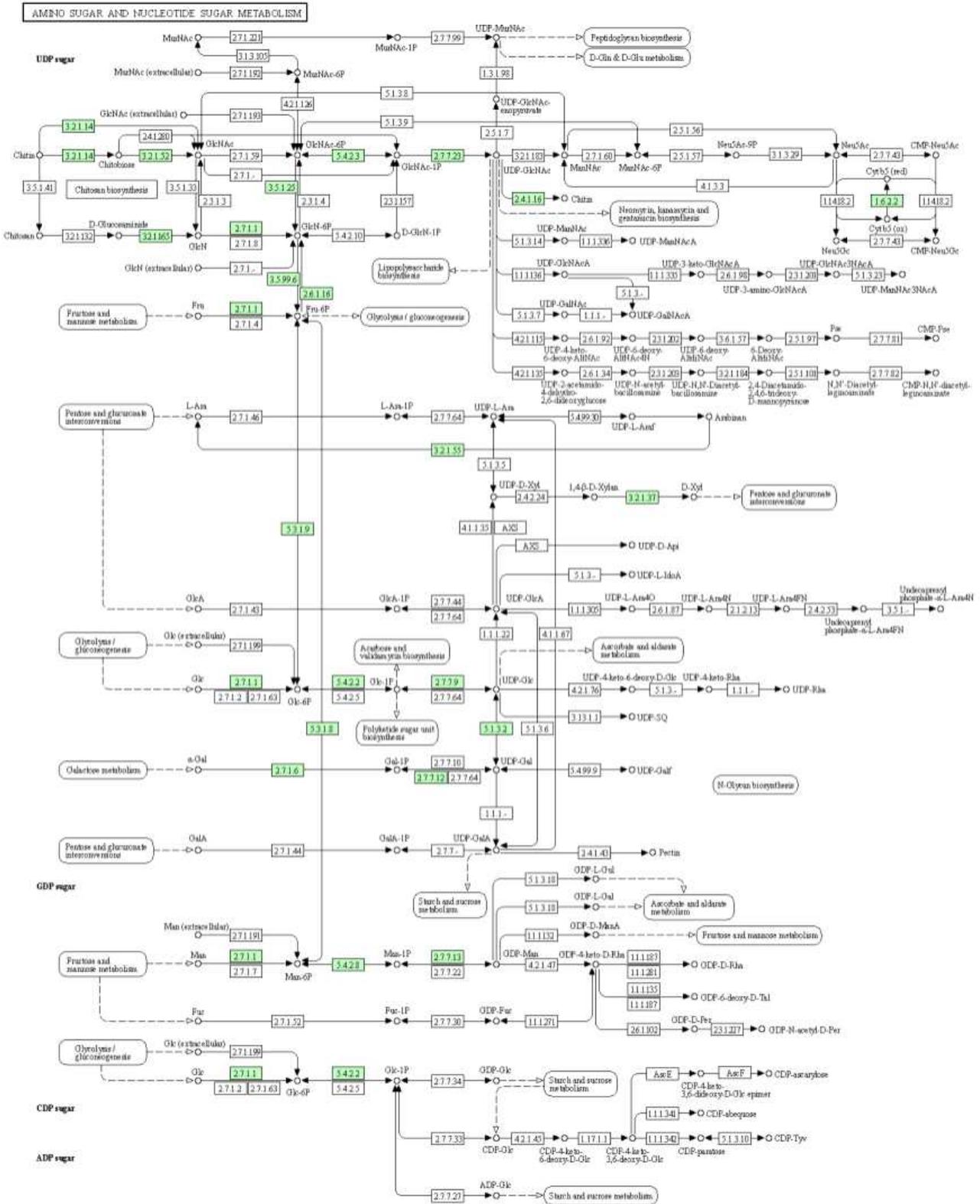
표 32. Thiacloprid에 반응한 열개 그룹의 유전자 리스트

Biological process category	Gene expression	
	Up-regulation	Down-regulation
hydrolase activity	Glycoside hydrolase family 55 protein	Glycoside hydrolase family 71 protein
	Glycoside hydrolase family 3 protein	Glycoside hydrolase family 28 protein (PLEOSDRAFT_1050633)
	Glycoside hydrolase family 24 protein	Glycoside hydrolase family 16 protein
	Glycoside hydrolase family 28 protein (PLEOSDRAFT_1020172)	Glycoside hydrolase family 43 protein
	Glycoside hydrolase family 16 protein	
	Carbohydrate esterase family 9 protein	
	Glycoside hydrolase family 2 protein	
	Glycoside hydrolase family 61 protein	
	Glycoside hydrolase family 18 protein (PLEOSDRAFT_50345)	
hydrolase activity, acting on glycosyl bonds	glycoside hydrolase family 18 protein (PLEOSDRAFT_696)	glycoside hydrolase family 28 protein (PLEOSDRAFT_1050633)
	glycoside hydrolase family 28 protein (PLEOSDRAFT_1020172)	
	glycoside hydrolase family 30 protein	
	glycoside hydrolase family 2 protein	
	glycoside hydrolase family 18 protein (PLEOSDRAFT_50345)	

표 32. 계속

Biological process category	Gene expression	
	Up-regulation	Down-regulation
catalase activity	catalase	
transferase activity	glycosyltransferase family 1 protein	glycosyltransferase family 22 protein
		glycosyltransferase family 8 protein
		glycosyltransferase family 15 protein
carboxylic ester hydrolase activity	carbohydrate esterase family 1 protein	
peroxidase activity		DyP-type peroxidase
copper ion binding		laccase
mating-type factor pheromone receptor activity		B mating type pheromone receptor
lyase activity		polysaccharide lyase family 1 protein
copper ion transmembrane transporter activity		family copper transporter

Thiacloprid 처리된 느타리의 DEG data를 이용하여 kegg pathway 분석 결과 가장 많은 유전자가 연관되어 있는 것은 Metabolic pathways로 나타났으며, 그 뒤로 Starch and sucrose metabolism와 Amino sugar and nucleotide sugar metabolism에 가장 많은 유전자가 연관되어 있었다. Starch and sucrose metabolism에 연관되어 있는 유전자의 gene symbol은 PLEOSDRAFT\_37178, PLEOSDRAFT\_1034680, PLEOSDRAFT\_1035386, PLEOSDRAFT\_1064841, PLEOSDRAFT\_28924, PLEOSDRAFT\_1050633 등으로 이들은 product로 glycoside hydrolase family protein(GH)를 갖는 것으로 확인되었으며, DEG data 상 무처리구 대비 발현량이 증가한 gene에서 product를 GH로 갖는 gene에서 가장 많은 수가 확인되어 thiacloprid 처리에 따라 GH gene의 활성이 증대되는 것으로 보이는데, GH gene은 자실체 내의 당결합과 연관되어 thiacloprid 처리가 자실체 내의 당결합을 증대시키는 것으로 보인다. 또한, Amino sugar and nucleotide sugar metabolism에 연관되어 있는 유전자의 gene symbol은 PLEOSDRAFT\_696, PLEOSDRAFT\_1056697, PLEOSDRAFT\_1054127, PLEOSDRAFT\_50345, PLEOSDRAFT\_1074262 등으로 product로 glycoside hydrolase family protein(GH), carbohydrate esterase family protein을 갖는 것으로 확인되었으며, DEG data 상 무처리구 대비 발현량이 증가한 gene에서 product를 glycoside hydrolase family protein(GH), carbohydrate esterase family protein로 갖는 gene에서 가장 많은 수가 확인되었으며, 이는 자실체 내의 당결합과 탄수화물 분해와 연관되는 것으로 보인다(그림 29).



0530 91420  
Korea Research Laboratories

그림 29. Thiocloprid 처리 시 확인 된 Carbohydrate esterase family protein Kegg pathway

다) Trifloxystrobin에 의한 느타리 pathway 분석

느타리 자실체 trifloxystrobin 처리구에 대한 DEG 결과에서 4-fold change에서 발현이 증가한 유전자는 trifloxystrobin 10 ppm 처리구에서 525개, 100 ppm 처리구에서 279개가 확인되었으며, 발현이 감소한 유전자는 10 ppm 처리구에서 486개, 100 ppm 처리구에서 579개가 확인되었고, 발현량의 변화가 확인된 유전자 중 그 역할이 명확히 밝혀지지 않은 hypothetical protein을 제외한 유전자는 trifloxystrobin 10 ppm 처리구에서 증가된 유전자가 9개, 감소한 유전자는 27개였으며, 100 ppm 처리구에서 증가한 유전자는 22개, 감소한 유전자는 33개로 나타났다(표 33, 그림 30-31).

표 33. Trifloxystrobin 처리 자실체에서 확인된 *P. ostreatus* DEGs 리스트

Gene symbol	4-fold change		Annotation product
	Tri_10 /C	Tri_100 /C	
OPT5	24.203	18.321	OPT superfamily
Hydph20	0.246	0.209	class I hydrophobin superfamily
PLEOSDRAFT_1098832	0.244	0.207	putative GMC-oxidase
PLEOSDRAFT_1064585	0.231	0.166	glycoside hydrolase family 16 protein
PLEOSDRAFT_1103647	0.192	0.129	glycosyltransferase family 22 protein
PLEOSDRAFT_1074262	0.126	0.120	glycoside hydrolase family 43 protein
PLEOSDRAFT_1060298	0.121	0.096	glycosyltransferase family 15 protein
PLEOSDRAFT_1050633	0.095	0.087	glycoside hydrolase family 28 protein
PLEOSDRAFT_199583	0.042	0.081	polysaccharide lyase family 1 protein
PLEOSDRAFT_1080027	0.036	0.059	carbohydrate-binding module family 13 protein
PLEOSDRAFT_163804	0.033	0.042	carbohydrate-binding module family 13 protein
CTR2	0.013	0.014	family copper transporter
PLEOSDRAFT_1095839	0.010	0.013	glycoside hydrolase family 13 protein
PLEOSDRAFT_1119533	0.006	0.006	carbohydrate-binding module family 13 protein

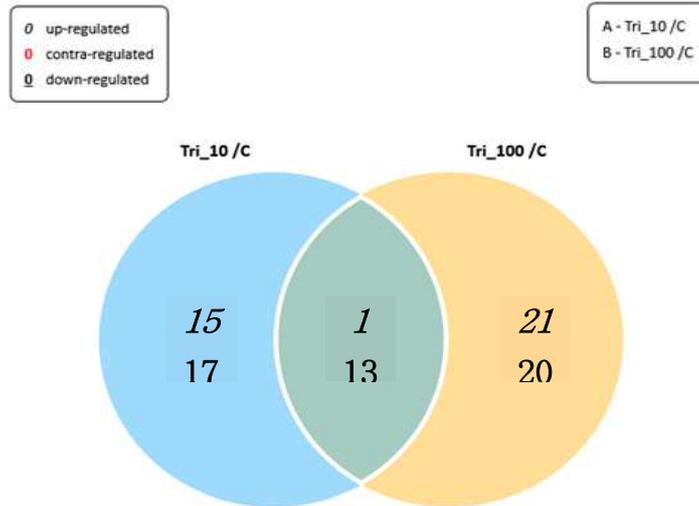


그림 30. Venn diagram of trifloxystrobin 10 ppm/C and trifloxystrobin 100 ppm/C of *P. Ostreatus*, (C, 무처리구)

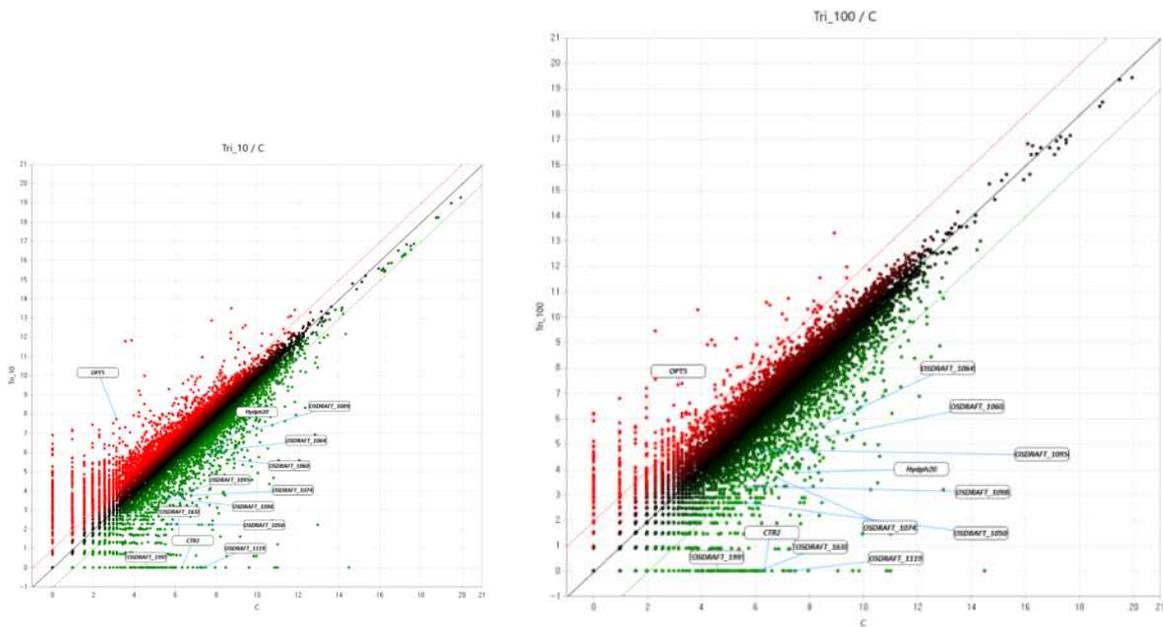


그림 31. DEG scatter plot analysis trifloxystrobin 10 ppm and Control of *P. Ostreatus*, Red, 4 fold change over; Green, 4 fold change lower.

DEG 분석에서 10 ppm 및 100 ppm 처리구에서 공통으로 발현이 확인된 유전자는 Quick GO data base를 통해 trifloxystrobin 처리에 따른 유전자의 생물학적 기능을 분류 하였으며, 그 결과 동일한 기능을 할 것이라 예측되는 유전자들의 생물학적 기능 분류는 transmembrane transport, structural constituent of cell wall, oxidoreductase activity, hydrolase activity, hydrolase activity, acting on glycosyl bonds, transferase activity, lyase activity, copper ion transmembrane transporter activity, alpha-amylase activity의 9개의 그룹으로 분류되었다(표 34).

표 34. Trifloxystrobin에 반응한 유전자 리스트

Biological process category	Gene expression	
	Up-regulation	Down-regulation
transmembrane transport	OPT superfamily	
structural constituent of cell wall		class I hydrophobin superfamily
oxidoreductase activity,		putative GMC-oxidase
hydrolase activity		glycosyltransferase family 22 protein
		glycoside hydrolase family 43 protein
		glycoside hydrolase family 28 protein
		glycoside hydrolase family 13 protein
hydrolase activity, acting on glycosyl bonds		glycoside hydrolase family 16 protein
		glycoside hydrolase family 43 protein
		glycoside hydrolase family 28 protein
		glycoside hydrolase family 13 protein
transferase activity		glycosyltransferase family 22 protein
		glycosyltransferase family 15 protein
lyase activity		polysaccharide lyase family 1 protein
copper ion transmembrane transporter activity		family copper transporter
alpha-amylase activity		glycoside hydrolase family 13 protein

Transmembrane transport에 속하는 gene은 OPT superfamily였으며, OPT는 oligopeptide transporter를 의미하며, 원핵생물과 진핵생물에서 iron-siderophore transporters의 역할을 하는 것으로 알려져 있으며(Gomolplitinant *et al.*, 2011), trifloxystrobin 처리에 의해 발현량이 증가하였으며 이는 자실체내로의 Fe<sup>+</sup>의 이송에 연관이 있는 것으로 보이며, oxidoreductase activity에 속하는 gene은 putative GMC-oxidase이 있으며, glucose-methanol-choline(GMC) superfamily는 일반적으로 구조적인 주름을 공유하는 다양한 산화환원효소군을 의미하며(Sützl *et al.*, 2019), putative GMC-oxidase는 GMC 산화환원효소추정 gene으로써 thiacloprid에 의해 자실체내의 산화환원효소의 감소가 일어나는 것으로 추정된다.

또한, hydrolase activity에는 glycosyl transferase family 22 protein, glycosyl transferase family 43 protein, glycosyl transferase family 28 protein, glycosyl transferase family 13

protein이 속하며, glycosyl transferase (GT) 계열은 세포벽 생합성에 관여하는 효소로, 이 계열에 속하는 GT family는 donor sugar substrate와 다른 분자 사이의 glycosyl 결합 형성을 촉매하는 것으로 알려져 있는데(Scheible and Pauly, 2004), GT 43 계열은 xylan backbone 생합성에 관여하며(Wang *et al.*, 2016; Ratke *et al.*, 2018), GT 28 계열은 펙틴 분해 및 세포벽 변형에 중요한 역할을 하며 과일의 숙성, 꽃가루의 성숙 등과 같은 생물학적 과정에 참여하는 것으로 알려져 있는데(Anand *et al.*, 2018), trifloxystrobin 첨가에 의해 세포벽 합성에 관여하는 gene들이 down regulation 되는 것으로 보이며, 배지 내 thiacloprid 처리시 공통으로 발현되는 gene 중 OPT superfamily를 제외한 나머지 gene의 발현이 감소되는 것을 확인하였으며, 감소되는 gene들은 세포벽 합성이나, 결합 촉매 혹은 산화환원효소 등이 있었으며 이들이 감소하는 것으로 보아 자실체 내의 노화와 연관이 있는 것으로 추정된다.

#### 라) Bifenthrin에 의한 느타리 pathway 분석

느타리 자실체 bifenthrin 처리구에 대한 DEG 결과에서 4-fold change에서 발현이 증가한 유전자는 bifenthrin 10 ppm 처리구에서 357개, 100 ppm 처리구에서 408개가 확인되었으며, 발현이 감소한 유전자는 10 ppm 처리구에서 624개, 100 ppm 처리구에서 465개였으며, 발현량의 변화가 확인된 유전자 중 hypothetical protein을 제외한 유전자는 bifenthrin 10 ppm 처리구에서 증가된 유전자가 26개, 감소한 유전자는 29개였으며, 100 ppm 처리구에서 증가한 유전자는 23개, 감소한 유전자는 27개였고, 공통으로 발현량이 증가한 유전자는 8개 감소한 유전자는 11개로 확인되었다(표 35, 그림 32-33).

느타리 배지 내 bifenthrin 첨가에 따른 반응 유전자들의 유전자발현양상 확인 결과 10 ppm, 100 ppm 처리 모두에서 up regulated 및 down regulated 된 유전자 15개를 확인할 수 있었으며, 선택한 유전자들의 생물학적 pathway를 Quick GO data base를 통해 분석한 결과, 그 중 MnP-short, short manganese peroxidase, glycoside hydrolase family 3 protein, carbohydrate-binding module family 13 protein, putative aldo-keto reductase, glycoside hydrolase family 71 protein, DyP-type peroxidase, class I hydrophobin superfamily, glycoside hydrolase family 43 protein 은 한 가지 이상의 생물학적 발현경로에 관여하고 있는 것으로 확인되었고, 이를 Quick GO data base를 통해 bifenthrin 처리에 따른 유전자의 생물학적 기능을 분류 해본 결과 동일한 기능을 할 것이라 예측되는 유전자들의 생물학적 기능 분류는 hydrolase activity, lyase activity, catalytic activity, carbohydrate binding, hydrolase activity, acting on glycosyl bonds, polygalacturonase activity, hydrolyzing O-glycosyl compounds, transferase activity, transferring glycosyl groups, transferase activity, flavin adenine dinucleotide binding, oxidoreductase activity, acting on CH-OH group of donors, mannosyltransferase activity의 12개의 그룹으로 분류하였다. Putative aldo-keto reductase는 NADP<sup>+</sup>를 이용하여 reductase의 활성화에 영향을 주며 대부분 stress에 반응하여 생성되며(Yang *et al.*, 2006), Quick Go를 통해서 NADP를 이용한 oxidoreductase활성을 나타내는 pathway를 확인할 수 있었으며, bifenthrin의 첨가에 의해 stress 요인으로 작용하여 aldo-keto reductase의 activity가 변화하여, NADP<sup>+</sup>의 환원을 유도하는 것으로 보이며, DyP-type peroxidase은 DyP는

Dye-decolorizing peroxidase로 염료 탈색 과산화효소로 알려져 있으며(Sugano *et al.*,2009), thiacloprid를 처리한 자실체 내에서도 발견된 단백질로 bifenthrin의 첨가가 요인으로 작용하여 activity가 변화한 것으로 판단된다. 또한, glycoside hydrolase family 43 protein에서 glycoside hydrolase는 수많은 생물학적 과정의 핵심으로 작용하는데(Dias *et al.*, 2004), glycoside hydrolase family 43 protein (GH43)는 헤미셀룰로스 및 펙틴 중합체의 탈분지 및 분해를 위한 효소가 포함되어 있는 것으로 알려져 있으며(Mewis *et al.*, 2016), bifenthrin 첨가에 의해 발현량이 감소되는 것으로 나타났다(표 36).

표 35. Bifenthrin 처리 자실체에서 확인된 *P. ostreatus* DEGs 리스트

Gene symbol	4-fold change		Annotation product
	Bi_10 /C	Bi_100 /C	
PLEOSDRAFT_37178	115.663	20.616	OPT superfamily
PLEOSDRAFT_1034680	30.309	9.786	glycoside hydrolase family 55 protein
OPT5	26.923	7.139	glycoside hydrolase family 28 protein
PLEOSDRAFT_1111478	13.678	5.788	MnP-short, short manganese peroxidase
MnP1	7.014	5.371	glycoside hydrolase family 16 protein
PLEOSDRAFT_t29	5.775	5.220	tRNA-Leu
PLEOSDRAFT_t30	5.775	5.217	tRNA-Lys
PLEOSDRAFT_1020172	5.419	5.171	glycoside hydrolase family 3 protein
VP2	0.237	0.225	laccase
PLEOSDRAFT_1064585	0.154	0.175	carbohydrate-binding module family 13 protein
PLEOSDRAFT_1050633	0.144	0.174	putative aldo-keto reductase
PLEOSDRAFT_1103647	0.138	0.165	glycoside hydrolase family 71 protein
PLEOSDRAFT_1098832	0.126	0.161	DyP-type peroxidase
PLEOSDRAFT_1060298	0.077	0.141	class I hydrophobin superfamily
PLEOSDRAFT_1074262	0.067	0.136	glycoside hydrolase family 43 protein
PLEOSDRAFT_163804	0.044	0.052	carbohydrate-binding module family 13 protein
PLEOSDRAFT_199583	0.043	0.046	polysaccharide lyase family 1 protein
PLEOSDRAFT_157820	0.035	0.031	family copper transporter
PLEOSDRAFT_1119533	0.006	0.008	carbohydrate-binding module family 13 protein

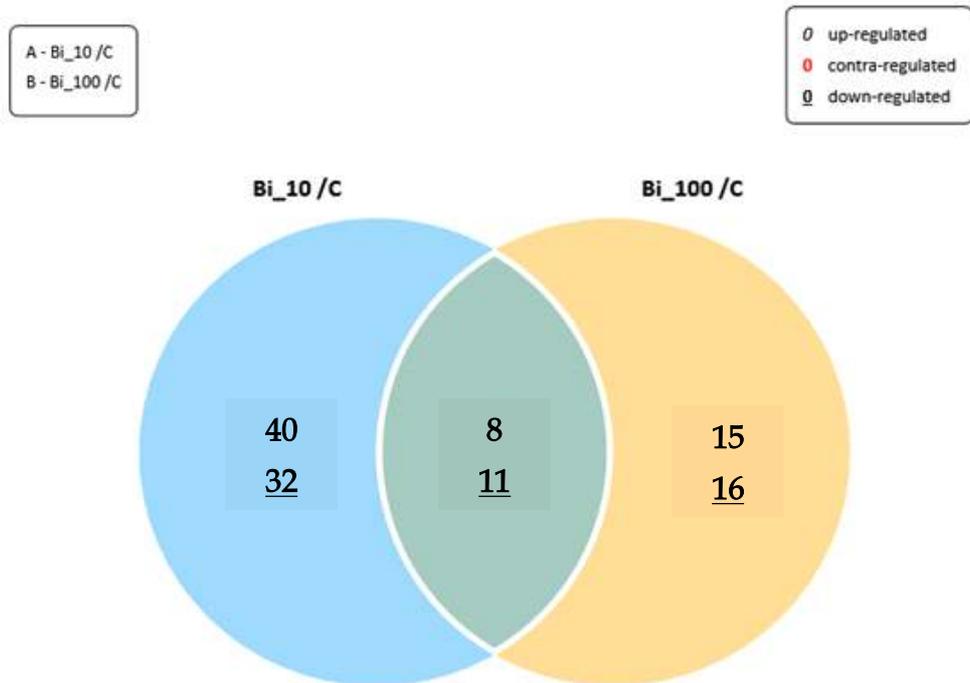


그림 32. Venn diagram of bifenthrin 10 ppm/C and bifenthrin 100 ppm/C of *P. ostreatus*.

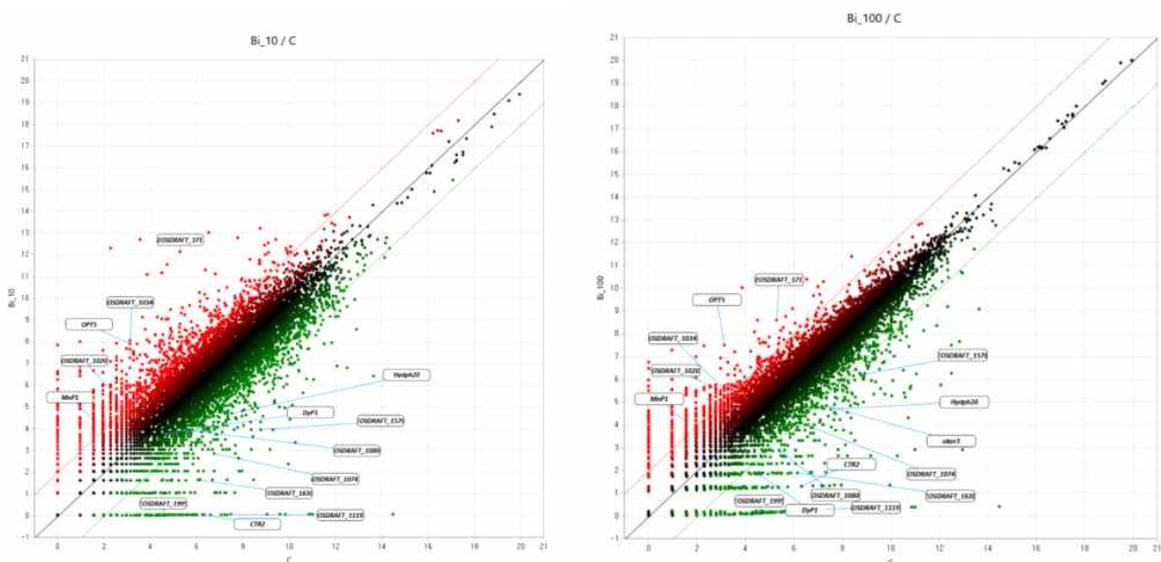


그림 33. DEG scatter plot analysis bifenthrin 10 ppm, 100 ppm and Control of *P. Ostreatus*, Red, 4 fold change up regulation; Green, 4 fold change down regulation.

표 36. Bifenthrin에 반응한 유전자 리스트

Biological process category	Gene expression	
	Up-regulation	Down-regulation
hydrolase activity	OPT superfamily	Carbohydrate-binding module family 13 protein
	Glycoside hydrolase family 55 protein	Putative ald-keto reductase
	Glycoside hydrolase family 3 protein	Glycoside hydrolase family 43 protein
		Family copper transporter
lyase activity	MnP-short, short manganese peroxidase	polysaccharide lyase family 1 protein
catalytic activity	MnP-short, short manganese peroxidase	
carbohydrate binding	MnP-short, short manganese peroxidase	
hydrolase activity, acting on glycosyl bonds	glycoside hydrolase family 3 protein	putative ald-keto reductase
		glycoside hydrolase family 43 protein
polygalacturonase activity	glycoside hydrolase family 3 protein	putative ald-keto reductase
hydrolase activity, hydrolyzing O-glycosyl compounds		carbohydrate-binding module family 13 protein
		glycoside hydrolase family 43 protein
transferase activity, transferring glycosyl groups		glycoside hydrolase family 71 protein
transferase activity		glycoside hydrolase family 71 protein
		class I hydrophobin superfamily
flavin adenine dinucleotide binding		DyP-type peroxidase
oxidoreductase activity, acting on CH-OH group of donors		DyP-type peroxidase
mannosyltransferase activity		class I hydrophobin superfamily

마) Mepiquat chloride에 의한 느타리 pathway 분석

Mepiquat chloride 처리구에 대한 DEG 결과에서 4-fold change에서 발현이 증가한 유전자는 mepiquat chloride 10 ppm 처리구에서 119개, 100 ppm 처리구에서 82개가 확인되었으며, 발현이 감소한 유전자는 10 ppm 처리구에서 161개, 100 ppm 처리구에서 255개가 확인되었다. 발현량의 변화가 확인된 유전자 중 hypothetical protein을 제외한 유전자는 Mepiquat chloride 10 ppm 처리구에서 증가된 유전자가 4개, 감소한 유전자는 7개였으며, 100 ppm 처리구에서 증가한 유전자는 4개, 감소한 유전자는 25개로 나타났다(표 37, 그림34-35). 확인된 유전자리스트에서 그 역할이 명확히 밝혀지지 않은 hypothetical protein을 제외한 유전자중 mepiquat chloride 10 ppm/C에서만 확인 되는 유전자는 up regulation 1개 down regulation 유전자 4개이며, mepiquat chloride 100 ppm/C에서만 확인 되는 유전자는 up regulation 1개, down regulation 유전자 4개로 나타나며, mepiquat chloride 10/C 과 mepiquat chloride 100/C에서 공통으로 확인되는 유전자는 up regulation 1개 down regulation 3개이며, mepiquat chloride 10/C 과 mepiquat chloride 100/C 에서 발현이 반대로 나타나는 contra regulation 유전자는 1개였다. 느타리 배지 내 mepiquat chloride 첨가에 따른 반응 유전자들의 유전자발현양상 확인 결과 10 ppm, 100 ppm 처리 모두에서 up regulation 및 down regulation 된 유전자 3개를 확인할 수 있었으며, 선택한 유전자들의 생물학적 pathway를 Quick GO data base를 통해 분석한 결과, Quick GO data base상에서 느타리와 연관된 것은 확인할 수 없었으나, 3개의 공통 유전자는 B mating type pheromone, tRNA-Asp, tRNA-Leu이며, tRNA-Asp와 tRNA-Leu는 aspartic acid와 leucine의 전달 RNA로써 tRNA-Leu는 단백질 유전자에서 발생하는 UAG ' 중지 코돈' 의 번역을 허용하는 것으로 알려져 있으며(Laforest et al., 1997), B mating type pheromone은 Coprinus cinereus에서는 큰 계열의 lipopeptide 페로몬과 7개의 막 횡단 도메인 수용체를 암호화하는 것으로 알려져 있으며(Halsall et al., 2000), 페로몬 신호는 균류에의 mating에서 필수적인 역할을 하는데(O'Shea et al., 1998), homobasidiomycetous fungus에서는 B mating type pheromone이 성적 발달에 대한 인식을 지배한다는 증거도 있는 것(Wendland et al., 1995)으로 보아 mepiquat chloride 처리가 버섯 자실체의 mating에 영향을 줄 수 있는 것으로 보이며, 추후 연구를 통해 효과를 나타내는지에 대한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

표 37. Mepiquat chloride 처리 자실체의 *P. ostreatus* DEGs 리스트

Gene symbol	4-fold change		Annotation product
	M10 /C-2	M100 /C-2	
PLEOSDRAFT_199595	7.049	0.233	<i>B</i> mating type pheromone
PLEOSDRAFT_1107937	0.143	0.143	plant-expansin-like protein
PLEOSDRAFT_t35	0.001	0.001	tRNA-Asp
PLEOSDRAFT_t12	0.000	0.000	tRNA-Leu

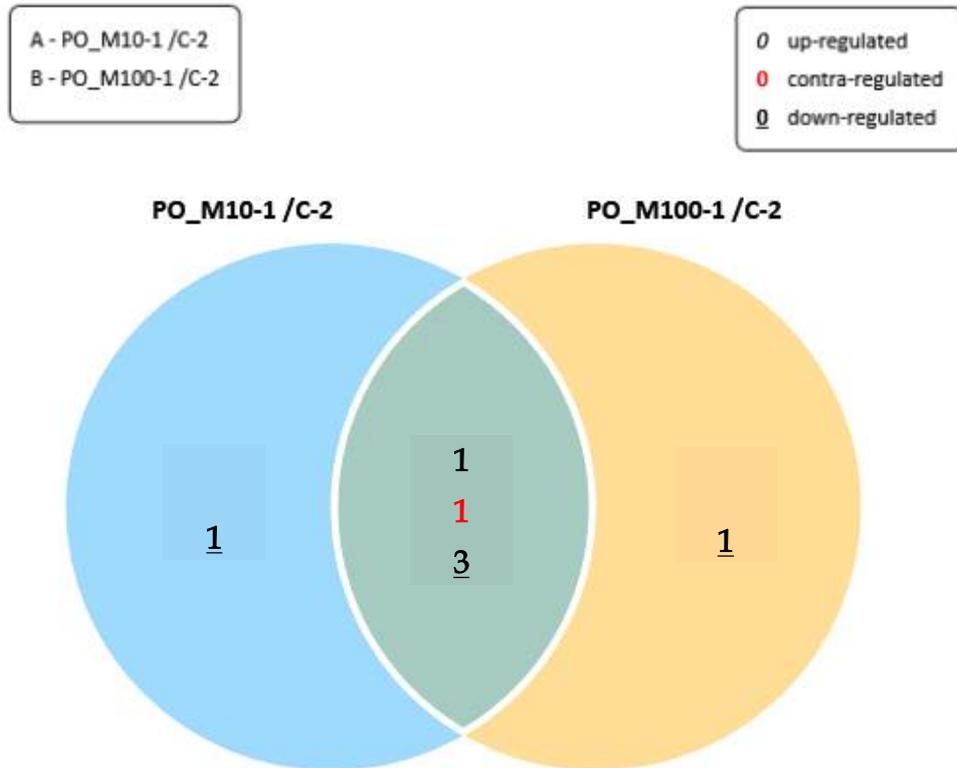


그림 34. Venn diagram of mepiquat chloride 10 ppm/C and mepiquat chloride 100 ppm/C of *P. Ostreatus*, (C, 무처리구)

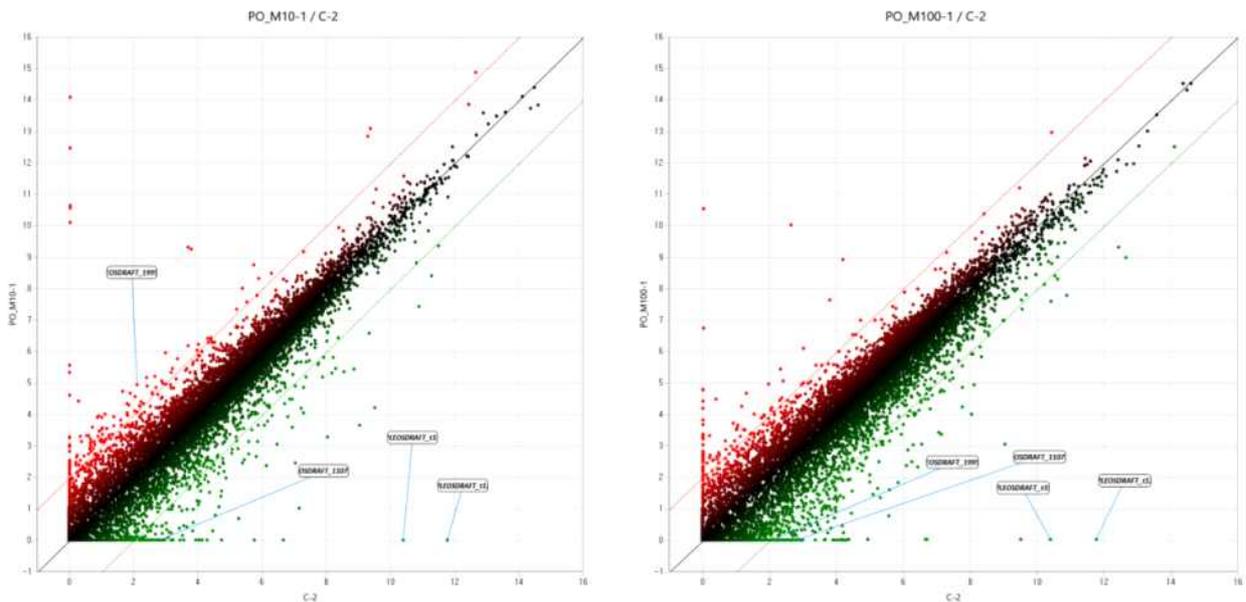


그림 35. DEG scatter plot analysis mepiquat chloride 10 ppm, 100 ppm and Control of *P. Ostreatus*, Red, 4 fold change up regulation; Green, 4 fold change down regulation.

7) 팽이버섯 유해성분 이동경로 추적

가) Pb에 의한 팽이 pathway 분석

Pb 처리구에 대한 DEG 결과에서 4-fold change에서 발현이 증가한 유전자는 Pb 10 ppm 처리구에서 103개, 100 ppm 처리구에서 194개였으며, 발현이 감소한 유전자는 10 ppm 처리구에서 205개, 100 ppm 처리구에서 84개가 확인되었다(표 38, 그림 36-37).

발현량의 변화가 확인된 유전자 중 hypothetical protein을 제외한 유전자는 Pb 10 ppm 처리구에서 증가된 유전자가 7개, 감소한 유전자는 29개였으며, 100 ppm 처리구에서 증가한 유전자는 17개, 감소한 유전자는 5개로 나타났다. 빛은 자실체의 형성 및 발달에 필요한 환경요인으로 알려져 있는데, WC-1(White Collar-1) blue light photoreceptor은 청색광 광 수용체로써 (Yang *et al.*, 2017), 청색광은 일반적으로 버섯 자실체의 갓신장과 연관이 있는 것으로 알려져 있는데(Kengi *et al.*, 2002) Pb 처리 시 WC-1 blue light photoreceptor로 추정되는 유전자의 발현량이 증가하는 것이 확인되었으며, 이는 10 ppm처리와 100 ppm 처리 모두에서 증가하는 양상이었고, 이는 Pb 처리가 자실체의 청색광수용량을 증대시키는 것으로 보인다. 또한, Pb 처리에 의해 NUXM과 NdufA2이 감소되는 것으로 나타났는데, NUXM과 NdufA2은 미토콘드리아 막의 호흡과 연관된 탈수소효소(Complex I)로 NUXM과 NdufA2로 추정되는 유전자의 발현량이 감소하는 것으로 나타났다.

표 38. Pb 처리 자실체에서 확인된 *F. velutipes* DEGs 리스트

Gene symbol	4-Fold change		Annotation product
	Pb_10/C	Pb_100/C	
AGABI2DRAFT_t129	310243.022	4745.498	tRNA-Gly
AGABI2DRAFT_207720	7.829	8.054	WC-1 blue light photoreceptor
AGABI2DRAFT_191751	0.220	0.225	20S proteasome subunit
AGABI2DRAFT_189948	0.175	0.180	ribulose-5-phosphate 3-epimerase
NUXM	0.136	0.139	NUXM NADH-ubiquinone oxidoreductase subunit
NdufA2	0.118	0.121	NDUFA2 ubiquinone oxidoreductase subunit

A - FPb10-1 / FC1-1  
 B - FPb100 / FC1-1

○ up-regulated  
 ● contra-regulated  
 ◐ down-regulated

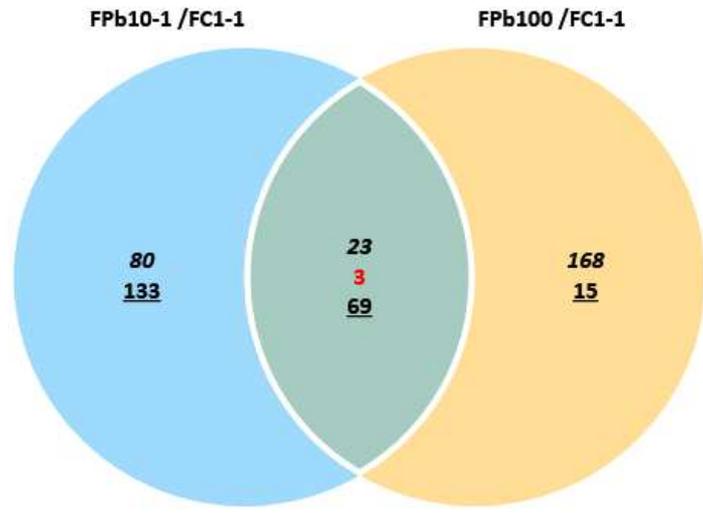


그림 36. Venn diagram of Pb 10 ppm/C and Pb 100 ppm/C of *F. velutipes*, (C, 무처리구)

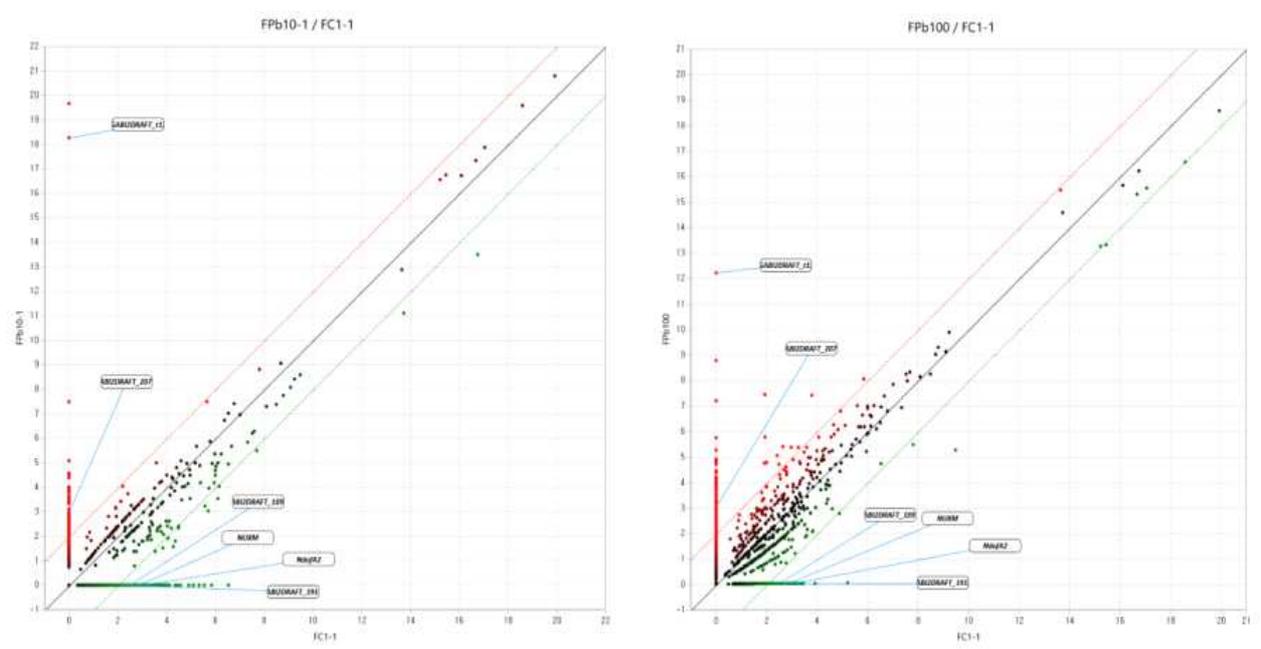


그림 37. DEG scatter plot analysis Pb 10 ppm, 100 ppm and Control of *F. velutipes*, Red, 4 fold change up regulation; Green, 4 fold change down regulation.

표 39. Pb에 반응하는 유전자 리스트

Biological process category	Gene expression	
	Up-regulation	Down-regulation
tRNA binding	tRNA-Gly	
blue light photoreceptor activity	WC-1 blue light photoreceptor	
proteasome binding		20S proteasome subunit
ribulose-phosphate 3-epimerase activity		ribulose-5-phosphate 3-epimerase
NADH dehydrogenase (ubiquinone) activity		NUXM NADH-ubiquinone oxidoreductase subunit
		NDUFA2 ubiquinone oxidoreductase subunit

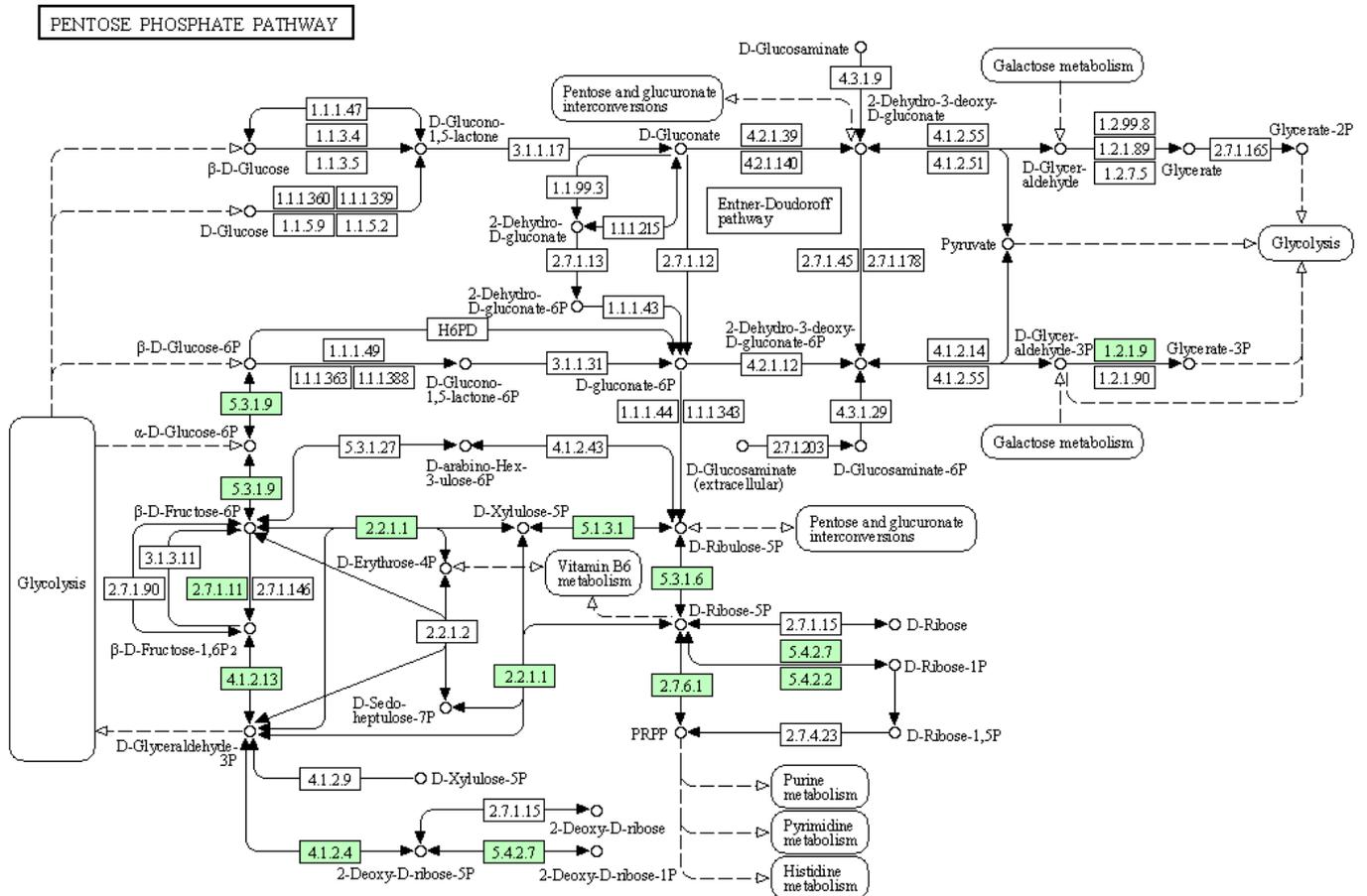


그림 42. Pb 처리 시 확인 된 ribulose-5-phosphate 3-epimerase KEGG pathway

Pb 처리 배지에서 생육한 팽이 자실체의 DEG data를 이용하여 KEGG pathway 분석 결과 공통으로 발현되는 유전자인 ribulose-5-phosphate 3-epimerase가 포함되어 있는 KEGG pathway는 Pentose phosphate pathway로써 이는 포도당 전환 과정과 연관되어 있으며, Pb 처리 시 ribulose-5-phosphate 3-epimerase 추정 gene의 발현이 down regulation 되는 것으로 미루어 자실체 내 포도당 전환 과정이 억제되는 경향이 나타나는 것으로 판단되었다(그림 42).

나) Carbendazim에 의한 팽이 pathway 분석

Carbendazim 처리구에 대한 DEG 결과에서 4-fold change에서 발현이 증가한 유전자는 carbendazim 10 ppm 처리구에서 197개, 100 ppm 처리구에서 123개였으며, 발현이 감소한 유전자는 10 ppm 처리구에서 75개, 100 ppm 처리구에서 179개가 확인되었다(표 40, 그림 40-41). 발현량의 변화가 확인된 유전자 중 hypothetical protein을 제외한 유전자는 carbendazim 10 ppm 처리구에서 증가된 유전자가 17개, 감소한 유전자는 6개였으며, 100 ppm 처리구에서 증가한 유전자는 9개, 감소한 유전자는 24개로 cabendazim에 의해 발현량이 증가하는 것으로 보이는 gene 중 AGABI2DRAFT\_190548은 phosphatidylserine synthase을 product로 추정되는 gene으로써 이는 인지질의 합성을 촉매하는 유전자로 추정된다. 또한, AGABI2DRAFT\_138699은 mitochondrial ribosome small subunit component RPS19을 product로 하는 gene으로 추정되며, RPS19은 서브유닛의 구조와 신장인자의 결합 모두에서 역할을 하는데(Sylvester *et al.*, 2004), 신장인자는 단백질 합성에 필수적인 요소로써 carbendazim 처리에 의해 발현량이 무처리구 대비 증가하였으며, 그 양은 100 ppm 처리구에서 53배 이상 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 carbendazim 처리에 의해 NdufA9, AGABI2DRAFT\_191751, AGABI2DRAFT\_132917, NUXM, NdufA2, AGABI2DRAFT\_202441이 무처리구 대비 발현량이 감소하였으며, 이들은 막 관통 신호 시스템에 관여하는 product로 추정되는 gene들으로써 cabendazim 처리에 의해 감소하는 것으로 나타났다.

표 40. Carbendazim 처리 자실체에서 확인된 *F. velutipes* DEGs 리스트

Gene symbol	4-Fold change		Annotation product
	Cb_10/C	Cb_100/C	
AGABI2DRAFT_t144	2383.567	95762.697	tRNA-Val
AGABI2DRAFT_190548	9.713	7.557	phosphatidylserine synthase
AGABI2DRAFT_138699	6.845	53.300	mitochondrial ribosome small subunit component RPS19
NdufA9	0.242	0.137	NdufA9 NADH ubiquinone oxidoreductase subunit
AGABI2DRAFT_191751	0.227	0.220	20S proteasome subunit
AGABI2DRAFT_132917	0.179	0.173	guanine nucleotide binding protein beta subunit 2
NUXM	0.141	0.136	NUXM NADH-ubiquinone oxidoreductase subunit
NdufA2	0.122	0.118	NDUFA2 ubiquinone oxidoreductase subunit
AGABI2DRAFT_202441	0.100	0.096	protein transport protein Sec22

A - Fkb10-1 / FC1-1  
 B - Fkb100-1 / FC1-1

0 up-regulated  
 0 contra-regulated  
 0 down-regulated

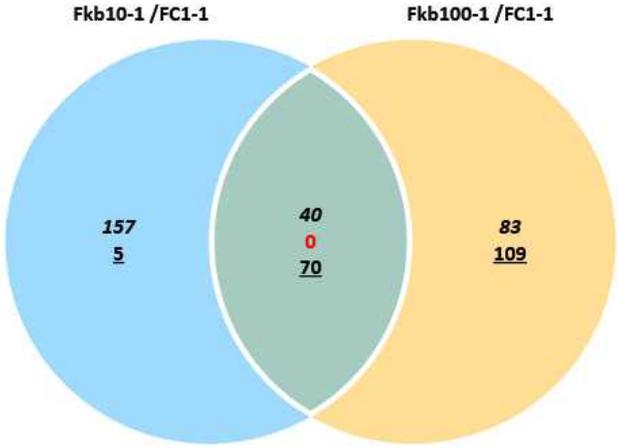


그림 40. Venn diagram of carbendazim 10 ppm/C and 100 ppm/C of *F. velutipes*, (C, 무처리구)

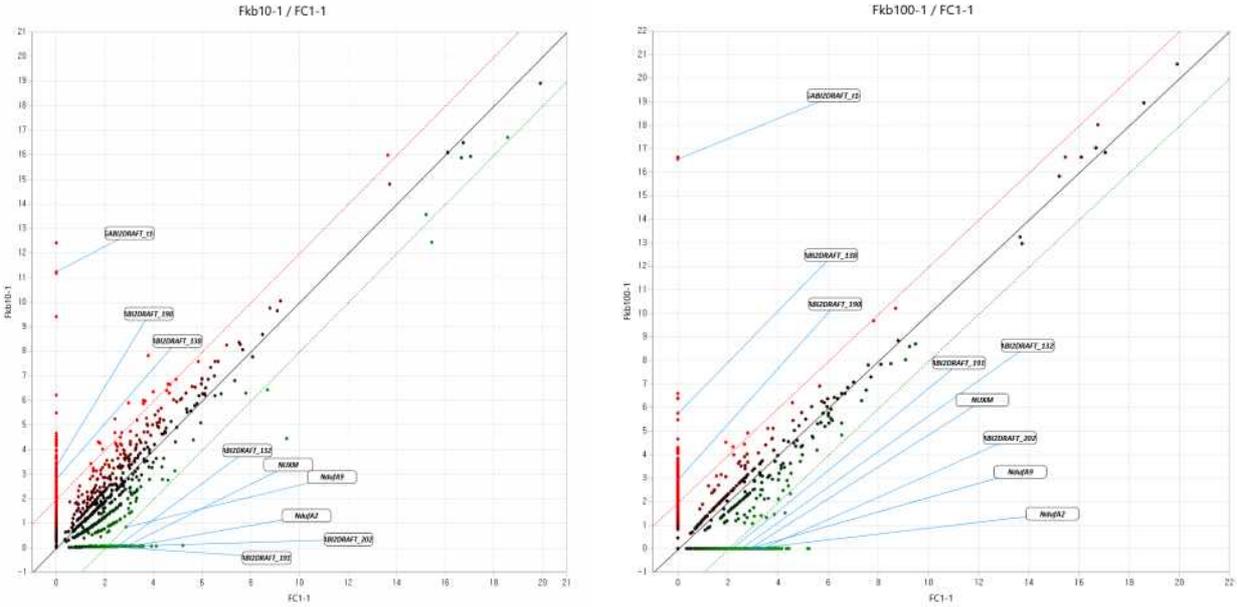


그림 41. DEG scatter plot analysis carbendazim 10 ppm, 100 ppm and Control of *F. velutipes*, Red, 4 fold change up regulation; Green, 4 fold change down regulation.

표 41. Carbendazim에 반응하는 일곱 개 그룹의 유전자 리스트

Biological process category	Gene expression	
	Up-regulation	Down-regulation
tRNA binding	tRNA-Val	
phosphatidylserine binding	phosphatidylserine synthase	
mitochondrial ribosome binding	mitochondrial ribosome small subunit component RPS19	
NADH dehydrogenase (ubiquinone) activity		Ndufa9 NADH ubiquinone oxidoreductase subunit
		NUXM NADH-ubiquinone oxidoreductase subunit
		NDUFA2 ubiquinone oxidoreductase subunit
proteasome binding		20S proteasome subunit
G-protein beta-subunit binding		guanine nucleotide binding protein beta subunit 2
citrate transmembrane transporter activity		protein transport protein Sec22

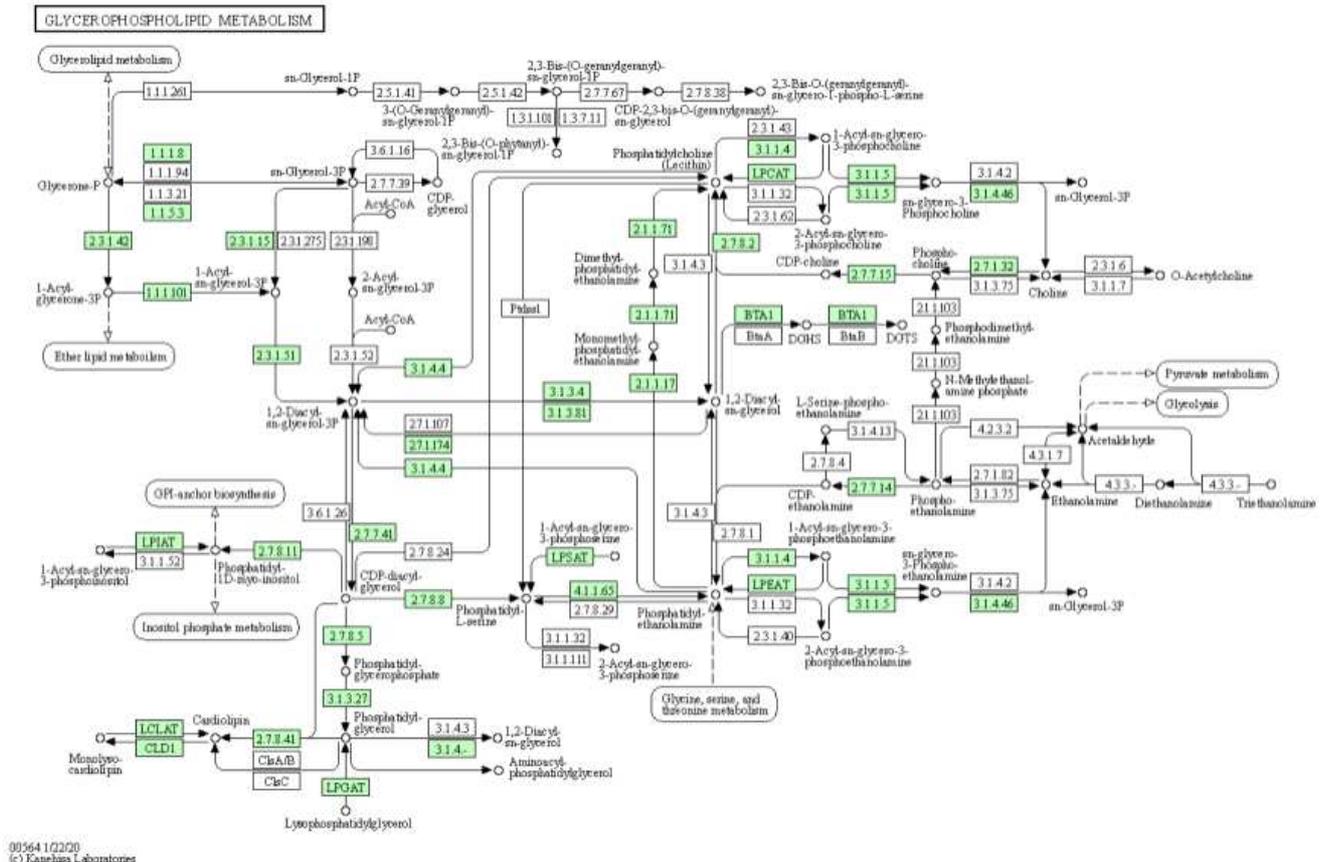


그림 42. Carbendazim 처리 시 확인 된 mitochondrial ribosome small subunit component RPS19 KEGG pathway

Carbendazime 처리된 팽이의 DEG data를 이용하여 KEGG pathway 분석 결과 공통으로 발견되는 유전자인 mitochondrial ribosome small subunit component RPS19가 포함되어 있는 KEGG pathway는 Glycerophospholipid metabolism로써, 이는 글리세롤 기반 인지질로 생물학적 막의 주요 구성 요소로 사용되는 것으로 알려져 있다(표 41, 그림 42).

## 다. 적 요

### ○ 1년차(2018년도)

#### 가. 느타리

- 느타리 중금속 및 농약 4종에 대한 PDA내 군사생장량 시험 결과 배양 8일차 군사생장량 확인결과 Cd 10 ppm 처리구와 bifenthrin 10 ppm 처리구를 제외한 시험처리구에서 무처리 대비 군사생장량이 떨어지는 것을 확인하였다.
- PDB내 군사생장량 시험 결과 배양 15일차 생체중과 건물중을 확인한 결과 Cd 100 ppm, Thiocloprid 100 ppm, bifenthrin 100 ppm 처리구에서 배양 기간동안 군사의 생장이 이루어지지 않았다. 또한, 군사의 생장이 확인 된 모든 처리구에서 무처리 대비 군사의 생체중 및 건물중이 다소 떨어지는 것을 확인하였으며, 특히 Thiocloprid 10 ppm 처리구는 무처리구 대비 생체중 및 건물중이 크게 차이남을 확인하였다.
- PDB 여액의 유리아미노산 분석 결과 Cd 10ppm 처리구에서 확인된 18종의 유리아미노산 중 Methionine, g-ABA, Ornithine, Histidine의 4종을 제외한 14종에서 처리구간 유의적인 차이를 확인할 수 있었고, 이는 통계적 유의차를 보인 14종에서는 무처리구보다 유의적으로 높은 수치를 나타내었다.
- 유해물질 첨가에 따른 생육특성 및 수량성 확인 시험 결과 Cd 처리구는 10 ppm 183.6 g, 100 ppm 181.9 g 으로 Cd 처리는 수량이 다소 감소하는 것으로 나타났으나 통계적 유의차는 없었고, 유효경수는 처리 농도가 진해질수록 그 값이 감소하는 것으로 나타났으며, 농약 처리구에서는 trifloxystrobin 처리구에서 무처리구 대비 수량과 유효경수가 감소하는 것으로 나타났으며 처리 농도가 진해질수록 그 값이 크게 감소하는 것으로 나타났다.
- 생육단계별 유해물질의 변화량을 확인한 결과 thiacloprid 10 ppm 처리구를 제외한 모든 처리구에서 자실체로 이행되는 것을 확인하였다. 특히 중금속 처리구인 Cd 10 ppm과 100 ppm 처리구는 자실체 내에서 12.50 mg/kg, 41.88 mg/kg으로 많은 양이 이행되는 것으로 나타났으며, 농약 처리구에서도 처리농도에 따라 자실체로 이행되는 것으로 나타났다.
- 2년차 과제에서 재배된 thiacloprid 10 ppm, 100 ppm, Trifloxystrobin 10 ppm, 100 ppm, Bifenthrin 10 ppm, 100 ppm 자실체는 RNA를 추출하여 DEG 분석을 진행하였으며 Quick GO data base를 이용하여 각 유전자의 생물학적 기능으로 분류하였다.

#### 나. 팽이버섯

- 중금속 및 농약 4종에 대한 PDA내 군사생장량 시험 결과 Cd 100 ppm 처리를 제외한 처리

구에서 군사생장을 확인하였다. 배양 8일차에서 chlorfenapyr 10 ppm과 bifenthrin 10 ppm을 제외한 모든 처리구에서 무처리구대비 군사생장이 억제되는 경향이 확인되었다.

- 유해물질 첨가에 따른 생육특성 및 수량성 확인 시험 결과 모든 시험 처리구에서 자실체가 발생하였으며, 무처리구의 수량이 147.7 g/1,100ml 으로 조사되었다. 중금속 및 농약 처리구의 자실체 수량성은 무처리구 기준 처리구별 약 50~30% 가량 감소하는 것으로 나타났으며, Cd처리구에서 100 ppm 82.3 g/1,100ml으로 무처리구 대비 수량이 감소하는 것을 확인하였고, 농약 처리구인 bifenthrin의 경우 10 ppm 93.9 g/1,100ml, 100 ppm 43.2 g/1,100ml로 처리농도가 진해 질수록 수량의 감소가 크게 나타났다.

- 생육단계별 유해물질의 변화량을 확인한 결과 모든 처리구에서 배지 내 잔류 및 자실체 이행이 확인되었는데, 중금속 처리구인 Cd 10 ppm 처리구는 자실체 내에서 9.63 mg/kg이 확인되었고, 100 ppm 처리구에서 20.20 mg/kg으로 처리 농도가 진해질수록 자실체로 이행되는 양이 증가하는 것으로 나타났다.

#### ○ 2년차(2019년도)

##### 가. 느타리

- 느타리 중금속 및 농약 7종에 대한 PDA내 군사성장량 시험 결과 배양 3일차에는 difenoconazole 처리구를 제외한 컨트롤 및 처리구에서 군사의 생장이 확인되었으며, 배양 6일차와 9일차에는 difenoconazole 100ppm 처리구를 제외한 컨트롤 및 처리구에서 군사 생장이 확인되었다. 배양 9일차 군사성장량 확인결과 tricyclazole 10, 100ppm 처리구, mepiquat chloride 10, 100ppm 처리구 imidacloprid 100ppm 처리구 및 thiamethoxam 10, 100ppm 처리구에서 무처리 대비 군사성장량이 다소 떨어지는 것을 확인하였으며 difenoconazole 10ppm 처리구의 경우 배양 6일차 이후부터 군사생육이 확인되었음.

- PDB내 군사성장량 시험 결과 배양 15일차 생체중과 건물중을 확인한 결과 Difenoconazole 처리구를 제외한 컨트롤 및 처리구에서 군사의 생장이 확인되었다. Pb 처리구의 경우 무처리 대비 군사의 생체중 및 건물중이 다소 떨어지는 것을 확인하였으며, Imidacloprid 100ppm 및 Thiamethoxam 100 처리구에서 무처리구 대비 생체중 및 건물중이 증가하는 경향을 확인하였음.

- 유해물질 첨가에 따른 생육특성 및 수량성 확인 시험 결과 모든 처리구에서 자실체가 발생하는 것을 확인하였으며, 자실체의 수량성은 무처리가 213.3g/1,100ml 으로 조사되었으며, 무처리 기준 처리구별 약 32~18% 가량 감소하는것을 확인하였다. 수량의 경우 Tricyclazole 10, 100ppm의 자실체의 수량이 149.3g/1,100ml, 137.2g/1,100ml 로 가장 적은 것으로 조사되었다.

- 생육단계별 유해물질의 변화량을 확인한 결과 Sethoxydim 10, 100ppm은 살균전 배지에서만 농약이 확인되었으며 Pb 10ppm, Tricyclazole 10ppm, Imidacloprid 10ppm, Thiamethoxam 10ppm을 제외한 중금속 및 농약 처리구에서 자실체로의 이행을 확인하였다. Sethoxydim을 제외한 모든 처리구에서 자실체로 이행된 양은 2.53~0.066mg/kg으로 Pb 100ppm 처리구에서 0.63mg/kg 으로 확인되었으며, Difenoconazole 100ppm 처리구에서 2.53mg/kg으로 확인되었다.

- 1년차 과제에서 재배된 Cd 10ppm 및 100ppm 처리 자실체의 DEG결과 2배 이상 발현이 증감한 유전자는 총 526개였다. 그 중 일반 PCR조건으로 최종 확인된 유전자는 8개로 확인되었으며, Real-time PCR 결과를 Quick GO data base를 이용하여 각 유전자의 생물학적 기능으로 분류하였음.

#### 나. 팽이버섯

- 중금속 및 농약 8종에 대한 PDA내 군사성장량 시험 결과 Propiconazole 처리를 제외한 처리구에서 군사생장을 확인하였다. 배양 9일차에서 Ethaboxam 100ppm이 61.2mm 이었으며, Isoprothiolane 100ppm이 70.7mm로 무처리 83.0mm 대비 군사성장량이 다소 떨어지는 것을 확인하였음.

- PDB내 군사성장량 시험 결과 또한, Propiconazole 처리를 제외한 처리구에서 군사생장 확인하였다. 무처리에서 생체중 0.62g, 건물중 0.02g으로 확인되었으며, 중금속 및 농약 처리구에서 Sethoxydim 100ppm 및 Tricyclazole 100ppm에서 무처리 대비 생체중이 다소 떨어지는 것을 확인하였으며, Acephate 100ppm의 경우 생체중 및 건물중이 무처리구 대비 증가하는 것을 확인하였음.

- 유해물질 첨가에 따른 생육특성 및 수량성 확인 시험 결과 모든 시험 처리구에서 자실체가 발생하는 것을 확인하였으며, 무처리군의 수량이 168.9g/1,100ml 으로 조사되었다. 자실체의 수량성은 무처리구 기준 처리구별 약 45~2% 가량 감소하는 것을 확인하였으며, Pb처리구에서 10ppm 116.3g/1,100ml, 100ppm 93.9g/1,100ml으로 무처리구 대비 수량이 감소하는 것을 확인하였다.

- 생육단계별 유해물질의 변화량을 확인한 결과 Sethoxydim 처리구에서 살균전 배지에서만 농약이 확인되었으며, Pb 10ppm, Carbendazim 10ppm, Ethaboxam 10ppm, Acephate 10ppm, 100ppm을 제외한 중금속 및 농약 처리구에서 자실체로의 이행을 확인하였으며, 그 양은 0.31~1.32mg/kg으로 확인하였다. Pb의 경우 100ppm에서 0.51mg/kg이 확인되었으며, Ethaboxam 100ppm에서 1.32mg/kg이 확인되었으며, Tricyclazole 100ppm 처리구에서 1.31mg/kg이 확인되었다.

#### ○ 3년차(2020년도)

##### 가. 느타리

- 유해물질의 첨가가 군사체의 생장에 미치는 영향을 확인하기 위해 PDA에 중금속 및 농약을 농도별로 처리하여 군사를 9일간 배양하였으며, 배양결과 일부 농약 처리구에서 배양 3일차까지는 생육을 억제하는 경향이 확인되었으나 3일 이후부터는 difenoconazole 2.0 ppm 및 3.5 ppm을 제외한 처리구에서 무처리구와 큰 차이 없이 군사가 성장하는 것으로 나타났다.

- PDB 배지 내 군사 성장량 확인 결과 배양 15일차에 무처리구의 생체중은 0.735g, 건물중은 0.075g 이었다. 중금속 처리구인 Hg 0.5 ppm, 2.0 ppm 처리구에서 무처리구보다 높은 생체중과 건물중을 보였으며, 3.5 ppm 처리구에서는 무처리구보다 낮은 생체중과 건물중을 보였다. As의

경우 0.5, 2.0, 3.5 ppm 모두에서 무처리구보다 높은 생체중과 건물중을 보였고, Cd 처리구는 무처리구 대비 생체중과 건물중이 낮았으며, 농약 성분 처리구에서는 gibberellin 0.5 ppm은 생체중과 건물중 모두 무처리구보다 높았고, acetamiprid 3.5 ppm은 생체중은 높았으나 건물중은 낮았고, Mepiquat chloride 0.5, 2.0, 3.5 ppm에서 무처리구 대비 생체중과 건물중이 높았으며 나머지 농약 처리구 모두에서 무처리구 대비 생체중과 건물중이 낮게 나타났다.

- 유해물질 첨가에 따른 생육특성 및 수량성 확인 시험 결과 자실체 수량은 무처리구에서 216.0 g/병으로 나타났으며, 병당 유효경수는 28.6개로 나타났다. 중금속 3종 처리구에서는 160.1~180.2 g/병이었으며, 병당 유효경수는 15.1~20.3개로 무처리구 대비 수량과 유효경수 모두 감소하는 경향을 나타내었고, 농약 성분 처리구의 경우 일부 처리구에서 200 g/병 이상을 확인하였으나 이를 제외한 처리구에서 수량은 165.3~192.1 g/병이었고, 유효경수는 15.3~21.5개로 무처리구 대비 수량과 유효경수 모두 감소하는 경향으로 나타났다.

- 유해물질의 이행량을 확인하고자 생육단계별 처리된 유해물질의 함량을 측정하였고, 측정결과 중금속인 Hg는 모든 처리구에서 자실체까지 이행되었으며, 자실체에서 확인된 Hg는 0.5 ppm 처리구에서 0.3 mg/Kg, 2.0 ppm 처리구에서 1.63 mg/Kg, 3.5 ppm 처리구에서 2.41 mg/Kg으로 그 양은 처리농도가 진해짐에 따라 이행되는 양도 증가하는 것으로 나타났다. 또한 As도 자실체로 이행됨을 확인하였고 0.5 ppm 처리구에서 0.93 mg/Kg, 2.0 ppm 처리구에서 1.96 mg/Kg, 3.5 ppm 처리구에서 2.33 mg/Kg으로 그 양은 처리농도가 진해짐에 따라 이행되는 양도 증가하는 것으로 나타났다. 그러나, 농약 성분 처리구의 경우 배지 내에서는 처리농도에 따라 처리된 농약이 잔류하는 것으로 측정되었으나 자실체에서는 확인되지 않았다.

#### 나. 팽이버섯

- 중금속 및 농약 10종에 대한 PDA내 군사생장량 시험 결과 중금속 3종의 ppm 별 군사 생장은 생육 9일차에 83.0 mm로 무처리구와 차이가 없었으며 3일과 6일에 확인한 군사생장량에서도 무처리구와 큰 차이가 없었으며, 농약 성분 처리구인 fenoxanil, ferimzone, chlorfenapyr, tricyclazole, piperonyl butoxide, diphenylamine의 ppm 별 군사생장량은 생육 9일차에 모든처리구에서 무처리구와 차이가 없었다.

- PDB에 중금속 및 농약을 농도별로 처리하여 군사를 15일간 배양하였으며 PDB 배지 군사 생장량은 생체중은 무처리구 0.829g, 건물중은 0.099g 이었으며, 중금속 처리구인 Hg 처리구는 0.5 ppm, 2.0 ppm, 3.5 ppm처리구에서 무처리구보다 높은 생체중과 건물중을 보였으며, As의 경우 0.5, 2.0, 3.5 ppm 모두에서 무처리구보다 높은 생체중과 건물중을 보였고, Cd 처리구는 3.5 ppm을 제외한 0.5 ppm, 2.0 ppm 처리구에서 무처리구 대비 생체중과 건물중이 낮은 것을 확인하였고, 농약 성분 처리구에서는 일부 처리구를 제외한 fenoxanil, ferimzone, chlorfenapyr, tricyclazole, piperonyl butoxide, diphenylamine의 모든 처리구에서 무처리구 대비 생체중과 건물중이 높게 나타났다.

- 유해물질 첨가에 따른 생육특성 및 수량성 확인 시험 결과 자실체 수량은 무처리구에서

187.7 g/병으로 나타났으며, 병당 유효경수는 89개였는데, 중금속 3종 처리구에서는 170.7~180.1 g/병이었으며, 병당 유효경수는 66~93개로 일부처리구에서 무처리구 대비 유효경수가 높게 나타났으며 수량도 무처리구와 비슷한 경향을 나타내었고, 농약 성분 처리구의 경우 fenoxanil 처리구, ferimzone 처리구와 piperonyl butoxide 처리구에서 178.2 g/병 이상을 확인하였으나 이를 제외한 처리구의 수량은 168.9~180.1 g/병이었으며, 유효경수는 chlorfenapyr, tricyclazole 처리구에서 60~75개였고, 나머지 농약 처리구에서는 81~102개로 유효경수는 무처리구와 같거나 조금 높게 나타났다.

- 측정결과 중금속인 Hg는 모든 처리구에서 자실체까지 이행되었으며, 자실체에서 확인된 Hg는 0.5 ppm 처리구에서 0.43 mg/Kg, 2.0 ppm 처리구에서 0.55 mg/Kg, 3.5 ppm 처리구에서 0.62 mg/Kg으로 그 양은 처리농도가 진해짐에 따라 이행되는 양도 증가함을 확인하였다. 또한, As도 자실체로 이행됨을 확인하였고 0.5 ppm 처리구에서 0.11 mg/Kg, 2.0 ppm 처리구에서 0.81 mg/Kg, 3.5 ppm 처리구에서 1.20 mg/Kg으로 그 양은 처리농도가 진해짐에 따라 이행되는 양도 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 농약 성분 처리구의 경우 배지에서는 처리농도에 따라 처리된 농약이 배지 내에 잔류하는 것으로 나타났으나 자실체에서는 확인되지 않았다.

따라서 과제수행기간 동안 유해물질의 이행성 확인결과 중금속의 경우 처리 농도가 짙어짐에 따라 배지 내 잔류되는 특성을 확인하였으며, 이는 자실체로 이행됨을 확인하였고, 농약의 경우 배지내로 잔류되는 양은 적었으나 처리 농도가 진해짐에 따라 자실체로 이행되는 것으로 나타났다. 따라서 농업부산물 내 유해물질이 잔류되어 있을 경우 배지 내 잔류 혹은 자실체로의 이행이 가능한 것으로 판단된다. 또한, 유해물질이 이행된 자실체의 유전자 발현특성 확인결과 유해물질에 따른 유전자의 증감양상을 확인할 수 있었으며, hydrolase activity에 연관되는 것으로 추정되는 gene이 확인되었으며 연관되는 gene은 대체적으로 glycoside hydrolase family protein이었으며, 처리에 따라 감소되는 경향으로 나타났다.

#### 4. 협동연구과제(장흥군버섯산업연구원)

가. 실험재료 및 방법

1) 국내외 표고버섯 배지료에 대한 안전관리 실태조사

실험에 사용된 시료는 2018년 1월부터 11월까지 재배된 표고를 대상으로, 표고 재배 농가와 재래시장, 대형마트, 온라인 쇼핑몰 등에서 우리나라에서 표고가 주로 유통되는 지역에서 원목 표고 768점, 표고배지 143점을 수집하였다. 분석대상 표고는 아래 표와 같다.

표 1. 지역별 표고 시료 수집 목록

구분	시료수	수집 지역	구분	시료수	수집 지역
강원	3	원주	서울	1	-
	1	화천	세종	5	-
경기	9	고양	전남	3	제주
	2	과천		11	강진
	1	광주		4	고흥
	6	김포		5	곡성
	1	성남		14	광양
	8	시흥		8	구례
	6	양주		3	나주
	55	양평		48	담양
	33	여주		6	목포
	8	인천		2	보성
	5	파주		15	순천
	7	포천		14	여수
	4	하남		1	영광
	4	화성		7	영암
경남	25	거제	7	완도	
	1	김해	28	장성	
	3	사천	322	장흥	
	4	산청	13	진도	
	6	의령	16	함평	
	3	진주			
	2	창녕	5	해남	
	3	창원	38	화순	
	1	하남	4	공주	
	1	함안	12	논산	
	3	함양	1	당진	
5	합천	9	보령		
전북	2	군산	34	부여	
	2	김제	5	아산	
	3	남원	9	예산	
	3	무주	5	천안	
	1	부안	1	청양	
	1	장수	1	홍성	
	2	진안	5	영동	
대전	1	-	충북	13	옥천
	4	-		4	음성
부산	4	-		3	청주

2) 종균제조 및 접종

실험에 사용한 표고는 산림조합중앙회 산림버섯연구센터 산조715를 PDA평판배지에서 7일간 배양한 후 참나무톱밥과 미강이 80:20 (v/v)로 혼합된 삼각플라스크에서 20일간 접종 및 배양시킨 다음 참나무톱밥과 미강이 80:20 (v/v)로 혼합된 850 mL 멸균이 가능한 Polypropylene (PP)병에서 30일간 배양하여 종균으로 사용하였다.

3) 배지제조 및 배양

시험에 사용된 버섯 재배용 배지는 참나무톱밥과 미강을 80:20 (v/v)의 비율로 혼합하여 수분함량을 60%내외로 조절하고 배지의 혼합과정이 끝난 후 직경 12 cm, 길이 35 cm 봉지를 이용하여 봉지당 600 g을 입봉하여 원통형 톱밥배지를 만들었다. 멸균기를 이용하여 121℃에 90분 간 고압 살균하여 냉각시키고, 무균대 내에서 냉각된 배지에 종균 2~3 g씩을 접종하였다. 버섯 재배를 위하여 종균 접종 후 온도는 20±1℃로 배양기간은 암배양으로 30일 간 처리한 후, 30일간 명배양을 실시하여 갈변을 유도하였다.

4) 약제 처리

실험에 쓰인 공시약제는 살균제로 쓰이는 isoprothiolane, tricyclazole, propiconazole 로서 후치왕(40% isoprothiolane, 팜한농), 도사빔(41.7% tricyclazole, 동방아그로), 알무리(13% propiconazole, 신젠타코리아)를 사용하였다. 상기 약제는 표고 및 버섯류의 잔류농약허용물질 목록에는 등록되지 않았으나 배지의 재료인 미강에서 잔류농약이 검출된 바 있다. 이에 배지성분의 잔류농약이 버섯 자실체로의 전이 여부를 구명하기 위해 본 연구를 진행하였다.

시중 판매 농약의 처리농도는 1차 배양시 농약사용지침서에 근거하여 톱밥배지당 0.01%, 0.1%, 1%의 함량이 되도록 처리하였으며 2차 배양시에는 농약내 일정 비율로 첨가된 해당 유효성분을 ppm으로 환산하여 각각 0.5 ppm, 2.0 ppm, 3.5 ppm의 함량이 되도록 처리하였다. 처리 방법은 참나무톱밥과 미강 혼합시 사용하는 물에 농약을 희석하여 배지의 해당 성분함량이 최종 농도가 되도록 제조하여 사용하였다.



	알무리-프로피코나졸			후치왕-아이소프로티올레인			도사빔-트리사이클라졸		
1차	0.01%	0.1%	1%	0.01%	0.1%	1%	0.01%	0.1%	1%
2차	0.5 ppm	20 ppm	35 ppm	0.5 ppm	20 ppm	35 ppm	0.5 ppm	20 ppm	35 ppm

그림 1. 연구에 사용된 농약 및 농약 처리 농도.

### ○프로피코나졸 유제(알무리) 사용방법

(사+사1)

**다페노코나졸 · 프로피코나졸 유제 (상표) 알무리** 유효성분 : difenoconazole ..... 13%  
propiconazole ..... 13%  
기 타 : 계면활성제, 용제, 보조제 ..... 74%  
계 통 : 혼합제(트리아졸계+트리아졸계)(사+사1)

**특 성** : 보통독성 · 어독성 II급

**【적용병해충 및 사용량】**

작물명	적용병해	사용시기 및 방법	물 20ℓ 당 사용약량	1,000㎡(10a)당 사용량		안전사용기준	
				약량	살포량	시 기	횟 수
벼	일찍무늬마름병	유수형성기, 수잉기 2회	10㎖	70~80㎖	140~160ℓ	수확 21일전까지 사용	4회 이내
	이삭 누룩병	출수 7일전 7일간격					
보리	붉은곰팡이병	출수기 10일간격	10㎖	90㎖	180ℓ	수확 7일전까지 사용	2회 이내
	흰가루병	발병초 7일간격					
고추 (고추류포수)	흰비단병	토양관주처리(100㎖/주)					
옥수수	깎부기병	발병초 10일간격					
패(목포도)	혹색색균균해병	정식전 토양분무처리	40㎖	200㎖	100ℓ	정식기	1회 이내
밀	붉은곰팡이병	출수기 및 출수 10일후	10㎖			수확 30일전까지 사용	2회 이내
마늘	혹색색균균해병	파종전 종구침지처리(30분)	40㎖	200㎖	100ℓ	파종기	1회 이내
양파	혹색색균균해병	정식전 토양분무처리				정식기	

**【사용방법】**  
1. 이 농약은 병 발생초기에 사용하십시오.  
2. 이 농약은 사용약량을 지켜 물에 희석한 후 분무기를 이용하여 작물에 충분히 분도록 뿌리십시오.

**【특 징】**  
1. 이 농약은 트리azole계통의 약제입니다.  
2. 이 농약은 약제 살포 후 3시간 이내에 식물체에 흡수된 후 물관부를 따라 이동합니다.  
3. 이 농약은 보습 및 치료효과를 갖고 있으며 병 발생 초기에 사용하면 보다 확실한 효과를 얻을 수 있습니다.  
4. 이 농약은 식물체제로 이동되면 병진균의 흡기관 형성을 억제함으로써 병을 억제합니다.

**△【안전 및 기타 주의사항】**  
1. 이 농약은 약한 인자극성이 있으므로 보안경, 방제복, 마스크, 고무장갑을 착용하고 눈에 들어가지 않도록 주의하여 바깥을 등지고 뿌리되 작업후에는 입안을물로 행구고 손, 발, 얼굴 등을 비눗물로 깨끗이 씻으십시오.  
2. 살포된 농약이 주변작물 및 인가 등으로 바깥에 날려 들어가지 않도록 주의하십시오.  
3. 본 제품은 농약이므로 다른 용기에 옮겨 보관하지 마십시오.

**【해독방법】**  
1. 눈에 들어갔을 경우에는 즉시 다량의 물로 씻어내십시오.

### ○아이소프로티올레인 유제(후치왕) 사용방법

**아이소프로티올레인 유제** 유효성분 : isoprothiolane ..... (유제)40%, (입제)2%  
기 타 : (유제)유화제, 용제 ..... 60%  
(입제)계면활성제, 보조제, 증량제(탈크) ..... 88%  
계 통 : 유기유황계

**【적용병해충 및 사용량】**

[유제] 상표 : 후치왕, 신은고, 영일이스란 저독성 · 100㎖, 300㎖, 500㎖/병, 1ℓ, 4ℓ, 5ℓ /통

작물명	적용병해	사용시기 및 방법	물 20ℓ 당 사용약량	1,000㎡(10a)당 사용량		안전사용기준	
				약량	살포량	시 기	횟 수
벼	도열병	무도열병 발생직전 또는 발병초기	20㎖	80㎖	80ℓ	수확 30일 전까지 사용	3회 이내
	이삭마름병	무도열병 발생초기		80~100㎖	80~100ℓ		
	도열병 (무인텔기)	출수직전		140~160㎖	140~160ℓ		
	혹도열병(ULV)	출수 7일전		2500㎖	1000ℓ		
입제	도열병(ULV)	발병초	44㎖	67㎖	3ℓ		

[입제] 상표 : 후치왕, 아그로텍후치왕, 신은고 저독성 · 1kg, 3kg/봉지, 12kg/포대

작물명	적용병해	사용시기 및 방법	물 20ℓ 당 사용약량	1,000㎡(10a)당 사용량		안전사용기준	
				약량	살포량	시 기	횟 수
벼	도열병	무도열병 발생 7~10일전	20㎖	4kg/1,000㎡ (10a)	40~100ℓ	수확 30일 전까지 사용	3회 이내
	이삭마름병	이삭도열병 이삭배기 10일~30일전					
사과	홍빛갈퀴병	유묘식도열병 동화기부터 이월직전(사시)	10g	75g/정지	4kg/근린㎡	매화기까지 사용	2회 이내
	도열병 (목요상)	무도열병 발생초기	333g	50g/정지			
마늘	혹색색균균해병	정식전 토양분무처리			5kg/1000㎡(10a)	파종전까지 사용	1회 이내

**【사용방법】**  
[유제]  
1. 무도열병 발생된 후리가 있거나 병무늬가 나타나는 초기에, 1,000㎡(10a)당 희석액 80ℓ (4말)  
2. 이삭도열병 발생된 후리가 있거나 병무늬가 나타나는 초기에, 1,000㎡(10a)당 분는 초기에는 80~100ℓ (4~5말)  
3. 이삭도열병 : 무도열병은 이삭배기 직전부터 80% 팽 팽수전기 사이에 1,000㎡(10a)당 140~160ℓ (7~8말)를 뿌리시고 가지도열병 병발도열병이 우려되는 곳에서는 제지 약을 뿌린 후 5~7일경에 한번 더 뿌리십시오.  
4. 정아철에는 비가 멈춘 틈을 타서 약을 뿌려 방제시기를 놓치지 않도록 하십시오.  
[입제]  
1. 분는 : 약을 뿌릴 때는 농약의 강아를 3~4m정도 띄게 하고 약을 뿌린 후 3일간의 물을 대지 마십시오.  
2. 유효산 토양형 : 약제를 뿌린 후 바로 물을 뿌려서 입자가 붕괴되도록 하십시오.  
3. 흡수효과상  
○ 녹취기 처리 : 약제를 뿌린 후 바로 물을 뿌려 입자가 붕괴되도록 하십시오.  
4. 사과홍빛갈퀴병(백문우병)  
○ 요목 : 묘목 정식전 약제를 토양에 혼화한 뒤 약제가 혼화된 토양으로 뿌리를 잘 덮어 주십시오. 처리된 약량이 근린 ㎡당 4kg이 되게 하십시오.  
○ 이월 : 분는 나무의 뿌리 근처 흙을 제거하고 병이 심한 부위를 갈라낸 다음 입제형의 약제를 약간의 물을 첨가하여 뿌리에 뿌리고, 토양에 약제를 혼화한 다음 뿌리를 잘 덮어 주십시오. 전체 처리량은 근린 ㎡당 4kg이 되게 하십시오.

### ○트리사이클라졸 액상수화제(도사빔) 사용방법

**트리사이클라졸 수화제** 유효성분 : tricyclozole ..... (수화제)75%, (액상수화제)41.7%  
기 타 : (수화제)계면활성제, 보조제, 증량제 ..... 25%  
(액상수화제) 계 통 : 트리azole계 ..... 68.3%

**특 성** : 저독성 · 생태독성 II급 포장단위 : 200㎖, 500㎖/병

**【적용병해충 및 사용량】**

[수화제] 상표 : 빔, 신도빔, 가야빔, 나비빔, 도사빔, 유원빔, 양빔, 아리트리빔, 트리솔빔, 유원빔, 트리빔, 미스타빔  
보통독성 · 50g, 100g, 200g, 500g, 1kg/봉지, 3.333kg, 5kg, 10kg, 20kg/포대

작물명	적용병해	사용시기 및 방법	물 20ℓ 당 사용약량	1000㎡(10a)당 사용량		안전사용기준		
				약량	살포량	시 기	횟 수	
벼	일도열병	발병직전 또는 발병초기	10g	40~50g	80~100ℓ	수확 21일 전까지 사용	4회 이내	
	일도열병(목요상)	이월 1일전 또는 발병초기		50g	2g/정지			0.5ℓ/정지
	혹도열병(ULV)	이삭배기 7일전부터 수전기		10g	70~80g			140~160ℓ
	새군비알마름병	출수직전부터 7일간격		333g	50g			3ℓ
액상수화제	새군비알마름병	발병초기 7일간격	10g	70~80g	140~160ℓ			

[액상수화제] 상표 : 빔, 신도빔, 가야빔, 유원빔 보통독성 · 50㎖, 100㎖, 200㎖, 500㎖, 1ℓ /병, 5ℓ, 10ℓ /통

작물명	적용병해	사용시기 및 방법	물 20ℓ 당 사용약량	1000㎡(10a)당 사용량		안전사용기준		
				약량	살포량	시 기	횟 수	
벼	일도열병	발병직전 또는 발병초기	10㎖	50~60㎖	100~120ℓ	수확 21일 전까지 사용	4회 이내	
	일도열병(ULV)	이삭배기 7일전부터 직전		300㎖	70~80㎖			140~160ℓ
	혹도열병(ULV)	이삭배기 7일간격		555㎖	60㎖			3ℓ
	새군비알마름병	출수직전부터 7일간격		10㎖	70~80㎖			140~160ℓ

**【사용방법】**  
[수화제] [액상수화제]  
1. 정아철에는 비가 멈춘 틈을 타서 약을 뿌려 방제시기를 놓치지 않도록 하십시오.  
2. 토양형 약제 사용시에는 1차 약제를 뿌린지 15~20일후에 한번 더 뿌리십시오.  
3. 일도열병 발생시 이삭배기 7일전에 약제살포 후 계속 가지도열병 및 비발도열병의 발생이 우려될 때에는 수전기경에 한번 더 뿌리십시오.  
4. 목요상(목) > 3cm에 사용할 때에는 이 농약을 약간의 물에 섞어서 뿌려주세요. 목요상에 관수할 때는 관수에 약제를 혼합하여 사용하십시오.  
[액상수화제] [액상수화제]  
1. 이 농약은 트리azole계통의 약제이며 약제살포 후 약제살포효과 크고 약효 지속기간이 긴 약제입니다.  
2. 이 농약은 보습 및 치료효과를 갖고 있으며 병 발생 초기에 사용하면 보다 확실한 효과를 얻을 수 있습니다.  
3. 이 농약은 식물체제로 이동되면 병진균의 흡기관 형성을 억제함으로써 병을 억제합니다.  
4. 이 농약은 약제 살포 후 3시간 이내에 식물체에 흡수된 후 물관부를 따라 이동합니다.  
5. 이 농약은 보습 및 치료효과를 갖고 있으며 병 발생 초기에 사용하면 보다 확실한 효과를 얻을 수 있습니다.  
6. 이 농약은 식물체제로 이동되면 병진균의 흡기관 형성을 억제함으로써 병을 억제합니다.

**△【안전 및 기타 주의사항】**  
1. 이 농약은 약한 인자극성이 있으므로 보안경, 방제복, 마스크, 고무장갑을 착용하고 눈에 들어가지 않도록 주의하여 바깥을 등지고 뿌리되 작업 후에는 입안을물로 행구고 손, 발, 얼굴 등을 비눗물로 깨끗이 씻으십시오.  
2. 살포된 농약이 주변작물 및 인가 등으로 바깥에 날려 들어가지 않도록 주의하십시오.  
3. 본 제품은 농약이므로 다른 용기에 옮겨 보관하지 마십시오.

**【해독방법】**  
1. 눈에 들어갔을 경우에는 즉시 다량의 물로 씻어내십시오.

그림 2. 약제 사용 방법(\*농약사용지침서).

<p>툽밥배지 제조(툽밥 80% : 미강 20%)</p>
<p>각각의 농약 0.01%, 0.1%, 1% 첨가 (2차 배양시 농약 내 성분 함유량 0.5 ppm, 2.0 ppm, 3.5 ppm 첨가)</p>
<p>수분함량 60%로 조절</p>
<p>멸균 (121℃/90분)</p>
<p>방랭 후, 툽밥중균 2.5 g 접종</p>
<p>적정온도 / 12주간 배양</p>

그림 3. 버섯균사 배양 과정.



그림 4. 농약 종류별, 농도별 처리 및 배양.

5) 중금속 처리



그림 5. 중금속 종류별, 농도별 처리 및 배양.

6) 버섯 발생 및 생육관리

생육관리는 장흥군버섯산업연구원 실증재배사 내 온도조절이 가능한 chamber에 광, 습도, 환기 조절 장치를 공통적으로 설치하였다(Figure 2). 갈변이 완료된 배지는 봉지를 제거한 후 처리구별로 구분하여 입상한 후 생육온도를 12시간은 25±1℃, 나머지 12시간은 15±1℃로 설정하여 발이를 유도하였고, 발이 후 18±1℃에서 생육을 전개하였다. 상대습도는 90% 내외로 설정하여 시험처리 하였으며, 제어기(CONOTEC FOX-8STC, Korea)를 이용하여 각각 온도, 습도2를 조절하였다. 온도는 12시간은 25±1℃, 나머지 12시간은 15±1℃로 설정하여 발이를 유도하였고, 발이후 18±1℃로 생육을 전개하였으며, 상대습도는 발이기까지 90%를 유지하다가 발이후 각각의 시험처리를 설정하여 분석을 진행하였다.

나. 연구수행 결과

- 1) 국내외 표고버섯 배지재료 및 자실체에 대한 유해성분 조사
  - 가) 국내외 표고버섯 배지재료에 대한 안전관리 실태조사

(1) 국내에서 유통되고 있는 배지원료 수입 경로를 조사한 결과, 국내(장흥)의 표고 배지 제조에는 톱밥과 미강만을 사용하는 것으로 나타났다. 참나무 톱밥은 광주광역시, 전남 담양(놀부톱밥) 등에서 대량 구입하여 사용하는 것으로 나타났으며, 미강은 장흥관내 정미소를 통하여 개별 구입하는 것으로 나타났다.

나) 국내 배지원료 및 표고의 관리체계 및 안전관리

(1) 표고버섯 잔류 허용기준 목록

- 표고버섯 국내 농약잔류허용기준(Pesticide MRLs in Korea)

기준수 : 34

표 2. 표고버섯 잔류허용기준 목록(\*식품의약품안전처 잔류물질정보, 2020년 10월 기준)

No	농약명	MRL(mg/Kg)		
		2018	2019	2020
1	글루포시네이트(Glufosinate(ammonium))	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
2	글리포세이트(Glyphosate)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
3	디클로르보스(Dichlorvos : DDVP)	-	0.05	0.05
4	디클로플루아니드(Dichlofluanid)	15.0	15.0 <sup>T</sup>	15.0 <sup>T</sup>
5	디플루벤주론(Diflubenzuron)	-	0.3 <sup>T</sup>	0.3 <sup>T</sup>
6	말릭하이드라자이드(Maleic hydrazide)	25.0 <sup>T</sup>	25.0 <sup>T</sup>	25.0 <sup>T</sup>
7	메트리부진(Metribuzin)	0.5	0.5 <sup>T</sup>	0.5 <sup>T</sup>
8	베노밀(Benomyl)	-	-	0.7 <sup>T</sup>
9	벤타존(Bentazone)	0.2	0.2 <sup>T</sup>	0.2 <sup>T</sup>
10	비펜트린(Bifenthrin)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05
11	사이퍼메트린(Cypermethrin)	5.0	5.0 <sup>T</sup>	5.0 <sup>T</sup>
12	사이할로트린(Cyhalothrin)	0.5	0.5 <sup>T</sup>	0.5 <sup>T</sup>
13	설펡사플로르(Sulfoxafloor)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
14	세톡시딤(Sethoxydim)	10.0	10.0 <sup>T</sup>	10.0 <sup>T</sup>
15	아족시스트로빈(Azoxystrobin)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
16	에토프로포스(Ethoprophos(Ethoprop))	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
17	에티오펜카브(Ethiofencarb)	5.0	5.0 <sup>T</sup>	5.0 <sup>T</sup>
18	엠시피에이(MCPA)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
19	옥사밀(Oxamyl)	1.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>
20	인독사카브(Indoxacarb)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.2
21	카벤다짐(Carbendazim)	-	0.7 <sup>T</sup>	0.7 <sup>T</sup>
22	터부포스(Terbufos)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
23	트리클로르폰(Trichlorfon(DEP))	-	-	0.05 <sup>T</sup>
24	티오벤카브(Thiobencarb)	0.2	0.2 <sup>T</sup>	0.2 <sup>T</sup>
25	티오파네이트메틸(Thiophanate-methyl)	-	-	0.7 <sup>T</sup>
26	퍼메트린(Permethrin(Permetrin))	3.0	3.0 <sup>T</sup>	3.0 <sup>T</sup>
27	페녹사닐(Fenoxanil)	-	0.5 <sup>T</sup>	0.5 <sup>T</sup>
28	펜디메탈린(Pendimethalin)	0.2	0.2 <sup>T</sup>	0.2 <sup>T</sup>
29	펜발러레이트(Fenvalerate)	0.5	0.5 <sup>T</sup>	0.5 <sup>T</sup>
30	펜뷰타틴옥사이드(Fenbutatin oxide)	2.0	2.0 <sup>T</sup>	2.0 <sup>T</sup>
31	펜토에이트(Phenthoate : PAP)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
32	플루아지남(Fluazinam)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
33	피레트린(Pyrethrins)	1.0	1.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>
34	피리미카브(Pirimicarb)	2.0 <sup>T</sup>	2.0 <sup>T</sup>	2.0 <sup>T</sup>

\* 2019년 1월 1일부터 모든 농산물에 대해 PLS 제도가 시행됨에 따라 잔류허용기준이 없는 농약이 검출될 경우 일률기준(0.01 mg/kg 이하)이 적용됨

(2) 장흥군 표고재배 농가 대상 조사

장흥군내 원목, 톱밥배지 농가를 대상으로 조사 한 결과 재배 시에 농약(제조제 포함) 사용을 하지 않는 것으로 조사 됨(2018.01.30.).

톱밥	A	농약, 제조제X	원목	D	농약, 제조제X
	B	농약, 제조제X		E	농약, 제조제X
	C	농약, 제조제X		F	농약, 제조제X

(3) 표고버섯 재배 시에 사용 가능한 농약

- 표고버섯의 잔류허용기준목록은 연구과제 1차년도인 2018년 16종에서 2020년 34종으로 증가하였다. 표고버섯 재배 시에 발생하는 병해충 방제를 위해 사용가능한 농약인 베노밀 수화제(푸른곰팡이병), 디플루벤주론 수화제(버섯파리) 등은 농가에서 표고재배시 살균제로 쓰이는 약제이나 잔류허용기준목록에서 제외되었다가 각각 2019년, 2020년도에 추가되었다.
- 느타리버섯의 경우 위의 농약 잔류허용기준(MRL)이 초기에 목록에 설정 되어 있어 표고재배 농가에서는 다소 불편함이 있었다.
- 느타리버섯 국내 농약잔류허용기준(Pesticide MRLs in Korea)
- 기준수 : 12

표 3. 느타리 잔류농약허용 기준(\*식품의약품안전처 잔류물질정보, 2020년 10월 기준)

No	농약명	MRL(mg/Kg)		
		2018	2019	2020
1	디플루벤주론(Diflubenzuron)	1.0	1.0	1.0
2	루페뉴론(Lufenuron)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
3	베노밀(Benomyl)	1.0	-	1.0
4	사이로마진(Cyromazine)	5.0	3.0	3.0
5	스피네토람(Spinetoram)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05
6	아세타미프리트(Acetamiprid)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
7	이미다클로프리트(Imidacloprid)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05
8	카벤다짐(Carbendazim)	1.0	1.0	1.0
9	클로란트라닐리프롤(Chlorantraniliprole)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.2
10	클로르페나피르(Chlorfenapyr)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05
11	티오파네이트메틸(Thiophanate-methyl)	1.0	-	1.0
12	프로클로라즈(Prochloraz)	0.1	0.1	0.1

\* 2019년 1월 1일부터 모든 농산물에 대해 PLS 제도가 시행됨에 따라 잔류허용기준이 없는 농약이 검출될 경우 일률기준(0.01 mg/kg 이하)이 적용됨.

(4) 버섯류 농약 잔류허용기준(MRL)

- 식품의약품안전처 잔류물질정보 기준 버섯은 표고버섯, 느타리버섯, 양송이, 버섯류로 구분되어 있으나, 버섯류의 경우 표고버섯, 느타리버섯, 양송이에 적용되어있는 농약 잔류 허용기준이 포함되어 있지 않은 농약이 있어 기준점이 애매하다.
- 버섯류라는 명칭과 표고, 느타리, 양송이 등 구분의 모호함에서 발생하는 불편함을 해결하기 위해 지속적인 모니터링과 재배 현장에 알맞은 목록의 설정이 필요할 것으로 보인다.

표 4. 벼섯류 국내 농약잔류허용기준(\*식품의약품안전처 잔류물질정보, 2020년 10월 기준)

No	농약명	MRL(mg/Kg)		
		2018	2019	2020
1	다미노자이드(Daminozide)	-	-	-
2	델타메트린(Deltamethrin)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
3	디클로플루아니드(Dichlofluanid)	15.0	15.0 <sup>T</sup>	15.0 <sup>T</sup>
4	말라티온(Malathion)	0.5	0.5 <sup>T</sup>	0.5 <sup>T</sup>
5	말릭하이드라자이드(Maleic hydrazide)	25.0 <sup>T</sup>	25.0 <sup>T</sup>	25.0 <sup>T</sup>
6	메토밀(Methomyl)	0.5	0.5 <sup>T</sup>	0.5 <sup>T</sup>
7	메토프렌(Methoprene)	0.2 <sup>T</sup>	0.2 <sup>T</sup>	0.2 <sup>T</sup>
8	메톡시클로르(Methoxychlor)	14.0	14.0 <sup>T</sup>	14.0 <sup>T</sup>
9	메트라페논(Metrafenone)	-	0.5 <sup>T</sup>	0.5 <sup>T</sup>
10	메트리뷰진(Metribuzin)	0.5	0.5 <sup>T</sup>	0.5 <sup>T</sup>
11	메피콧클로라이드(Mepiquat chloride)	-	0.5 <sup>T</sup>	0.5 <sup>T</sup>
12	벤타존(Bentazone)	0.2	0.2 <sup>T</sup>	0.2 <sup>T</sup>
13	벤푸라카브(Benfuracarb)	0.1	-	0.1 <sup>T</sup>
14	사이퍼메트린(Cypermethrin)	0.05	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
15	사이할로트린(Cyhalothrin)	0.5	0.5 <sup>T</sup>	0.5 <sup>T</sup>
16	세톡시딤(Sethoxydim)	10.0	10.0 <sup>T</sup>	10.0 <sup>T</sup>
17	알루미늄포스파이드(Aluminium phosphide)	0.01	0.01 <sup>T</sup>	0.01 <sup>T</sup>
18	에티오펜카브(Ethiofencarb)	5.0	5.0 <sup>T</sup>	5.0 <sup>T</sup>
19	옥사밀(Oxamyl)	1.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>
20	카보설펜(Carbosulfan)	0.1	-	0.1 <sup>T</sup>
21	카보퓨란(Carbofuran)	0.1	0.1 <sup>T</sup>	0.1 <sup>T</sup>
22	클로르메콧(Chlormequat)	-	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
23	클로르프로팜(Chlorpropham)	0.05	0.05 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
24	테플루벤주론(Teflubenzuron)	0.05	0.05	0.05
25	트랄로메트린(Tralomethrin)	-	-	0.05 <sup>T</sup>
26	티아벤다졸(Thiabendazole)	40.0 <sup>T</sup>	40.0 <sup>T</sup>	40.0 <sup>T</sup>
27	티오디카브(Thiodicarb)	0.5	-	0.5 <sup>T</sup>
28	티오벤카브(Thiobencarb)	0.2	0.2 <sup>T</sup>	0.2 <sup>T</sup>
29	파라티온메틸(Parathion-Methyl)	1.0	1.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>
30	퍼메트린(Permethrin(Permetrin))	0.1	0.1 <sup>T</sup>	0.1 <sup>T</sup>
31	펜디메탈린(Pendimethalin)	0.2	0.2 <sup>T</sup>	0.2 <sup>T</sup>
32	펜발러레이트(Fenvalerate)	0.5	0.5 <sup>T</sup>	0.5 <sup>T</sup>
33	펜뷰타틴옥사이드(Fenbutatin oxide)	2.0	2.0 <sup>T</sup>	2.0 <sup>T</sup>
34	퓨라티오카브(Furathiocarb)	0.1	-	0.1 <sup>T</sup>
35	피레트린(Pyrethrins)	1.0	1.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>
36	피리미카브(Pirimicarb)	2.0 <sup>T</sup>	2.0 <sup>T</sup>	2.0 <sup>T</sup>
37	피리미포스메틸(Pirimiphos-methyl)	1.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>
38	(3-Hydroxycarbofuran)	-	-	0.1 <sup>T</sup>

\* 2019년 1월 1일부터 모든 농산물에 대해 PLS 제도가 시행됨에 따라 잔류허용기준이 없는 농약이 검출될 경우 일률기준(0.01 mg/kg 이하)이 적용됨

다) 국내산 표고버섯 자실체 및 배지의 유해성분 분석 자료 조사 결과

국내에 유통되고 있는 표고의 안전실태조사를 위해 표고버섯 및 배지를 수집하여 유해성분을 분석하였다. 시료는 전국을 대상으로 무작위로 수집하였으며, 재배농가 수가 많은 지역에서는 상대적으로 많은 수의 시료가 수집되었다.

표 5. 국내 유통중인 표고버섯 자실체의 지역별 유해성분 분석결과

수집지역	분석시료수	불검출 시료수	불검출 비율(%)	MRL <sup>1)</sup> 미만 시료수	MRL 미만 비율(%)	MRL 이상 시료수	MRL 이상 비율(%)
강원	4	4	100	0	0	0	0
경기	106	104	98	2	2	0	0
경남	46	46	100	0	0	0	0
대전	1	1	100	0	0	0	0
부산	2	2	100	0	0	0	0
서울	1	1	100	0	0	0	0
세종	3	3	100	0	0	0	0
전남	504	503	99.8	1	0.2	0	0
전북	13	12	92	1	8	0	0
제주	2	2	100	0	0	0	0
충남	86	86	100	0	0	0	0

<sup>1)</sup>MRL : Maximum residue limit

표 6. 국내 유통중인 표고버섯 배지의 지역별 유해성분 분석결과

수집지역	분석시료수	불검출 시료수	불검출 비율(%)	MRL <sup>1)</sup> 미만 시료수	MRL 미만 비율(%)	MRL 이상 시료수	MRL 이상 비율(%)
강원	-	-	-	-	-	-	-
경기	43	40	93	3	7	0	0
경남	11	11	100	0	0	0	0
대전	-	-	-	-	-	-	-
부산	2	2	100	0	0	0	0
서울	-	-	-	-	-	-	-
세종	2	2	100	0	0	0	0
전남	63	63	100	0	0	0	0
전북	1	1	100	0	0	0	0
제주	1	1	100	0	0	0	0
충남	20	20	100	0	0	0	0

<sup>1)</sup>MRL : Maximum residue limit

표 7. 시료채취 지역 및 검사결과

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
1	충남 공주시 계룡면	표고버섯	불검출			245
2	경남 함안군 칠서면	표고버섯+배지	불검출			245
3	전남 함평군 함평읍	표고버섯	불검출			245
4	전남 화순군 동면	표고버섯	불검출			245
5	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
6	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
7	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
8	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
9	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
10	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
11	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
12	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
13	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
14	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
15	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
16	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
17	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
18	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
19	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
20	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
21	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
22	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
23	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
24	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
25	전남 장흥군 유치면	표고버섯	불검출			245
26	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			245
27	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			245
28	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			245
29	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			245
30	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			245
31	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
32	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
33	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
34	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			245
35	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			245
36	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
37	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			245
38	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
39	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
40	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			245
41	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			245
42	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			245
43	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			245
44	전남 장흥군 유치면 신흥리	표고버섯	불검출			245
45	전남 장흥군 유치면 대리	표고버섯	불검출			245
46	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
47	전남 장흥군 유치면 신흥리	표고버섯	불검출			245
48	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
49	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
50	전남 장흥군 유치면 덕산리	표고버섯	불검출			245
51	전남 장흥군 유치면 오복리	표고버섯	불검출			245
52	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
53	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
54	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			245
55	전남 장흥군 유치면 대리	표고버섯	불검출			245
56	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			245
57	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
58	전남 장흥군 유치면 신흥리	표고버섯	불검출			245

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
59	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
60	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			245
61	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			245
62	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			245
63	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			245
64	전남 장흥군 유치면 반월리	표고버섯	불검출			245
65	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			245
66	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			245
67	전남 장흥군 유치면 반월리	표고버섯	불검출			245
68	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			245
69	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯	불검출			245
70	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯 배지	불검출			245
71	전남 화순군 북면 용곡리	표고버섯	불검출			245
72	전남 고흥군 모두면 옥강리	표고버섯	불검출			245
73	전남 함평군 해보면 광암리	표고버섯	불검출			245
74	전남 함평군 학교면 마산리	표고버섯	불검출			245
75	경남 창원시 마산회원구 내서읍	표고버섯	불검출			245
76	전남 담양군 봉산면 양지리	표고버섯	불검출			245
77	전남 담양군 봉산면 양지리	표고버섯 배지	불검출			245
78	전남 순천시 송광면 장안리	표고버섯	불검출			245
79	강원도 원주시 문막읍 대둔리	표고버섯(백화고)	불검출			245
80	강원도 원주시 문막읍 대둔리	표고버섯(백화고)	불검출			245
81	충남 논산시 취암동 관충로	표고버섯	불검출			245
82	전남 강진군 칠량면 삼흥리	표고버섯	불검출			245
83	전남 장성군 북이면 사거리	표고버섯	불검출			245
84	전남 장성군 북이면 사거리	배지(참나무)	불검출			245
85	전남 광양시 봉강면 부저리	표고버섯+배지	불검출			245
86	충남 부여군 양화면 원당리	표고버섯	불검출			245
87	충남 부여군 규암면 진변리	표고버섯	불검출			245
88	경기도 시흥시 장현동	표고버섯 배지	불검출			320
89	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯	불검출			320
90	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯 배지	불검출			320
91	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯 배지	불검출			1
92	경기도 시흥시 장현동	표고버섯 배지	불검출			1
93	경기도 여주시 오학동	표고버섯	불검출			245
94	경기도 여주시 오학동	표고버섯 배지	불검출			1
95	경기도 여주시 오학동	표고버섯	불검출			1
96	전남 화양면 옥적리	표고버섯	불검출			245
97	전남 화양면 옥적리	표고버섯	불검출			1
98	충북 영동군 심천면 약목리	표고버섯	불검출			245
99	경기도 고양시 행주로	표고버섯 배지	불검출			1
100	경기도 파주시 조리읍 뇌조리	표고버섯 배지	불검출			1
101	경기도 파주시 조리읍 뇌조리	표고버섯 배지	불검출			1
102	경기도 여주시 대신면 장풍길	표고버섯 배지	불검출			1
103	경기도 양평군 강상면 병산리	표고버섯 배지	불검출			1
104	충북 영동군 심천면 약목리	표고버섯	불검출			1
105	충남 논산시 연산면 덕암리	표고버섯	불검출			320
106	충남 논산시 연산면 덕암리	표고버섯 배지	불검출			1
107	전남 장흥군 안양면 기산리	표고버섯	불검출			320
108	전남 장흥군 안양면 기산리	표고버섯+배지	불검출			320
109	전남 장흥군 안양면 기산리	표고버섯+배지	불검출			1
110	경기도 양평군 지평면 수곡리	표고버섯	불검출			320

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
111	경기도 양평군 지평면 수곡리	표고버섯 배지	불검출			1
112	경기도 양평군 지평면 수곡리	표고버섯 배지	불검출			320
113	경기도 양평군 단월면 신음리	표고버섯	불검출			320
114	경기도 양평군 단월면 신음리	표고버섯 배지	불검출			1
115	경기도 양평군 단월면 신음리	표고버섯 배지	불검출			320
116	전남 함평군 학교면 마산리	표고버섯	불검출			320
117	전남 함평군 학교면 마산리	표고버섯	불검출			1
118	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
119	전남 장성군 삼서면 대도리	표고버섯	불검출			320
120	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
121	전남 장성군 동화면 용정리	표고버섯	불검출			320
122	전남 장성군 삼서면 대도리	표고버섯	불검출			320
123	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
124	충남 부여군 홍산면 남촌리	표고버섯	불검출			320
125	충남 부여군 규암면 내리	표고버섯	불검출			320
126	충남 부여군 규암면 나복리	표고버섯	불검출			320
127	충남 부여군 부여읍 왕포리	표고버섯	불검출			320
128	경기도 성남시 중원구 갈현동	표고버섯	불검출			1
129	경기도 양평군 강상면 병산리	표고버섯 배지	불검출			320
130	충남 보령시 미산면 내평리	표고버섯	불검출			320
131	경남 의령군 칠곡면 신포리	버섯	불검출			320
132	경남 의령군 칠곡면 신포리	버섯	불검출			1
133	전남 구례군 토지면 문수리	표고버섯	불검출			320
134	경남 사천시 곤명면 경서대로	표고버섯 배지	불검출			320
135	경남 사천시 곤명면 경서대로	표고버섯 배지	불검출			1
136	제주도	표고버섯	불검출			320
137	제주도	표고버섯	불검출			1
138	경기도 양평군 청운면 신론리	표고버섯	불검출			320
139	경기도 양평군 청운면 신론리	표고버섯	불검출			1
140	경기도 양평군 청운면 신론리	표고버섯 배지	불검출			320
141	충남 부여군 부여읍 왕포리	표고버섯	불검출			320
142	전남 해남군 삼산면 상가리	표고버섯	불검출			320
143	전북 김제시 서정동	표고버섯	불검출			1
144	경기도 파주시 조리읍 뇌조리	표고버섯	불검출			320
145	경기도 파주시 조리읍 뇌조리	표고버섯	불검출			1
146	경기도 파주시 조리읍 뇌조리	표고버섯 배지	불검출			320
147	전남 담양군 무정면 정석리	표고버섯	불검출			320
148	전남 담양군 무정면 정석리	표고버섯 배지	불검출			320
149	전남 담양군 무정면 정석리	표고버섯 배지	불검출			1
150	충남 부여읍 송곡리	표고버섯	불검출			320
151	전남 구례군 산동면 원달리	표고버섯	불검출			320
152	경기도 양평군 지평면 망미리	표고버섯 배지	불검출			320
153	제주도	표고버섯 배지	불검출			1
154	경기도 양평군 강하면 동오리	표고버섯	불검출			320
155	경기도 양평군 강하면 동오리	표고버섯	불검출			320
156	경기도 양평군 강하면 동오리	표고버섯	불검출			1
157	경기도 양평군 강하면 동오리	표고버섯	불검출			320
158	경기도 양평군 강하면 성덕리	표고버섯	불검출			320
159	경기도 양평군 강하면 동오리	표고버섯	불검출			320
160	경기도 양평군 강하면 동오리	표고버섯	불검출			320
161	전남 강진군 칠량면 삼흥리	표고버섯	불검출			320
162	충남 부여군 규암면 내리	표고버섯 배지	불검출			1

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
163	경기도 양평군 강하면 동오리	표고버섯	불검출			320
164	경기도 양평군 양서면 부용리	표고버섯	불검출			320
165	경기도 과천시 문원동	표고버섯	불검출			320
166	경기도 과천시 문원동	표고버섯	불검출			1
167	충남 부여군 남면 회동리	표고버섯+배지	불검출			320
168	경기도 양평군 강하면 동오리	표고버섯	불검출			320
169	경기도 하남시 초일로	표고버섯	불검출			320
170	충북 청주시 청원구 북이면 토성리	표고버섯+배지	불검출			320
171	충북 청주시 청원구 북이면 토성리	표고버섯	불검출			1
172	경남 거제시 둔덕면 방하리	표고버섯	불검출			320
173	충남 천안시 서북구 성거읍 송남리	표고버섯+배지	불검출			320
174	충남 천안시 서북구 성거읍 송남리	표고버섯	불검출			1
175	경남 하남시 초일로	표고버섯	불검출			320
176	경남 거제시 연초면 천곡리	표고버섯 배지	불검출			1
177	전남 장흥군 장흥읍 행원리	표고버섯	불검출			320
178	충남 논산시 성동면 논산평야로	표고버섯	불검출			320
179	경기도 이천시 모가면 어농리	표고버섯	불검출			320
180	경기도 이천시 모가면 어농리	표고버섯	불검출			1
181	경기도 화성시 양감면 대양리	표고버섯	불검출			1
182	경기도 화성시 양감면 대양리	표고버섯 배지	불검출			1
183	경기도 화성시 양감면 대양리	표고버섯	불검출			320
184	경기도 화성시 양감면 대양리	표고버섯 배지	불검출			320
185	충남 논산시 성동면 논산평야로	표고버섯 배지	불검출			320
186	충남 논산시 성동면 논산평야로	표고버섯 배지	불검출			1
187	경남 거제시 둔덕면 방하리	표고버섯	불검출			320
188	경북 의령군 정곡면 백곡리	표고버섯	불검출			320
189	경북 의령군 정곡면 백곡리	표고버섯	불검출			1
190	경기도 고양시 덕양구 주교동	표고버섯	불검출			320
191	경기도 고양시 덕양구 주교동	표고버섯	불검출			1
192	전남 순천시	표고버섯	불검출			320
193	충남 보령시 미산면 도화담리	표고버섯	불검출			320
194	경남 진주시 집현면 신당리	표고버섯	불검출			320
195	충남 공주시 계룡면 유평리	표고버섯	불검출			320
196	충남 공주시 계룡면 유평리	표고버섯	불검출			1
197	전남 곡성군 곁면 남양리 산	표고버섯	불검출			320
198	전남 곡성군 곁면 남양리 산	표고버섯	불검출			1
199	전남 담양군 금성면 덕성리	표고버섯+배지	불검출			320
200	전남 담양군 금성면 덕성리	표고버섯+배지	불검출			1
201	전남 진도군 고군면 벽파리	표고버섯	불검출			320
202	경기도 포천시 창수면 오가리	표고버섯	불검출			320
203	경기도 포천시 창수면 오가리	표고버섯	불검출			1
204	경기도 포천시 가산면 금현리	표고버섯	불검출			320
205	경기도 포천시 가산면 금현리	표고버섯	불검출			1
206	경기도 포천시 신북면 갈월리	표고버섯	불검출			1
207	전남 장흥군 안양면 학송리	표고버섯	불검출			320
208	전남 장흥군 안양면 모령리	표고버섯	불검출			320
209	경기도 고양시 일산서구 구산동	표고버섯 배지	불검출			320
210	경기도 고양시 일산서구 법곶동	표고버섯 배지	불검출			320
211	경기도 고양시 일산서구 법곶동	표고버섯 배지	불검출			320
212	경기도 고양시 일산서구 구산동	표고버섯 배지	불검출			1
213	경기도 고양시 일산서구 법곶동	표고버섯 배지	불검출			1
214	경기도 고양시 일산서구 법곶동	표고버섯 배지	불검출			1

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
215	전남 화순군 북면 용곡리	표고버섯	불검출			320
216	전남 화순군 동면 오동리	표고버섯	불검출			320
217	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
218	전남 장흥군 유치면 신흥리	표고버섯	불검출			320
219	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
220	전남 장흥군 유치면 신흥리	표고버섯	불검출			320
221	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
222	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
223	전남 장흥군 유치면 덕산리	표고버섯	불검출			320
224	전남 장흥군 유치면 대리	표고버섯	불검출			320
225	전남 장흥군 유치면 오복리	표고버섯	불검출			320
226	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
227	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
228	전남 장흥군 유치면 대리	표고버섯	불검출			320
229	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
230	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
231	전남 장흥군 유치면 신흥리	표고버섯	불검출			320
232	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
233	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
234	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
235	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
236	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
237	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
238	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
239	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
240	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
241	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
242	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
243	전남 광양시	표고버섯	불검출			320
244	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
245	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
246	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
247	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
248	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
249	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
250	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			320
251	전남 장흥군 유치면 반월리	표고버섯	불검출			320
252	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
253	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
254	전남 장흥군 유치면 반월리	표고버섯	불검출			320
255	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
256	전남 함평군 함평읍 만흥리	표고버섯	불검출			320
257	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯	불검출			320
258	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯 배지	불검출			320
259	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯 배지	불검출			1
260	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
261	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
262	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
263	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
264	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
265	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
266	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
267	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
268	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
269	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
270	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
271	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
272	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
273	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
274	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			320
275	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
276	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
277	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
278	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
279	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
280	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
281	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
282	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
283	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
284	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
285	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
286	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
287	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
288	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
289	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
290	전남 함평군 해보면 광암리	표고버섯	불검출			320
291	경기도 여주시 산북면 후리	표고버섯	불검출			320
292	경기도 여주시 산북면 후리	표고버섯	불검출			1
293	경기도 여주시 산북면 후리	표고버섯 배지	검출	Dinotefuran	0.060	320
294	전남 담양군 봉산면 양지리	표고버섯	불검출			320
295	전남 담양군 봉산면 양지리	표고버섯 배지	불검출			320
296	전남 담양군 봉산면 양지리	표고버섯 배지	불검출			1
297	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯	불검출			320
298	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯 배지	불검출			320
299	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯 배지	불검출			1
300	전남 순천시 송광면 장안리	표고버섯	불검출			320
301	경기도 김포시 장기동	표고버섯	불검출			320
302	경기도 김포시 장기동	표고버섯	불검출			1
303	강원도 원주시 문막읍 원문로	표고버섯(백화고)	불검출			320
304	경기도 양평군 강상면 병산리	표고버섯	불검출			1
305	경기도 양평군 지평면 곡수리	표고버섯	불검출			320
306	경기도 양평군 지평면 곡수리	표고버섯	불검출			1
307	경기도 양평군 지평면 곡수리	표고버섯 배지	불검출			320
308	경남 거제시 삼거동 산	표고버섯	불검출			320
309	경남 거제시 수월동	표고버섯	불검출			320
310	경남 거제시 삼거동	표고버섯	불검출			320
311	부산광역시 강서구 대저동	표고버섯	불검출			320
312	경남 거제시 삼거동	표고버섯	불검출			320
313	부산광역시 강서구 대저동	표고버섯	불검출			320
314	경남 거제시 둔덕면 상둔리	표고버섯	불검출			320
315	경기도 광주시 초월읍 지월로	표고버섯	불검출			320
316	전남 강진군 칠량면 삼흥리	표고버섯	불검출			320
317	전남 광양시 봉강면 부저리	표고버섯	불검출			320
318	경기도 양평군 지평면 수곡리	표고버섯	불검출			1

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
319	전남 여주시 화양면 옥적리	표고버섯	불검출			320
320	전남 장성군 북이면 사거리	표고버섯	불검출			320
321	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯	불검출			320
322	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯	불검출			1
323	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯 배지	불검출			320
324	전남 광양시	표고버섯	불검출			320
325	전남 광양시 봉강면 조령리	표고버섯	불검출			320
326	전남 화순군 이양면 송정리	표고버섯	불검출			320
327	전남 화순군 이양면 송정리	표고버섯	불검출			1
328	전남 화순군 이양면 송정리	표고버섯	불검출			320
329	전남 화순군 이양면 송정리	표고버섯	불검출			1
330	경기도 양평군 단월면 산음리	표고버섯	불검출			1
331	경기도 양평군 청운면 신론리	표고버섯	불검출			1
332	전남 장흥군 안양면 기산리	표고버섯	불검출			320
333	전남 장흥군 안양면 기산리	표고버섯	불검출			320
334	전남 화순군 도곡면 효산리	표고버섯	불검출			320
335	전남 화순군 도곡면 효산리	표고버섯	불검출			1
336	세종시 금남면 성덕리	표고버섯+배지	불검출			320
337	세종시 금남면 성덕리	표고버섯+배지	불검출			1
338	전남 구례군 토지면 문수리	표고버섯	불검출			320
339	충남 논산시 연산면 덕암리	표고버섯+배지	불검출			320
340	충남 논산시 연산면 덕암리	표고버섯+배지	불검출			1
341	전남 곡성군 옥과면 옥과리	표고버섯	불검출			320
342	전남 장성군 삼서면 대도리	표고버섯	불검출			320
343	전남 장성군 삼서면 대도리	표고버섯	불검출			320
344	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
345	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
346	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
347	전남 장성군 동화면 용정리	표고버섯	불검출			320
348	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
349	전남 곡성군 삼기면 경악리	표고버섯 배지	불검출			320
350	전남 곡성군 삼기면 경악리	표고버섯 배지	불검출			1
351	경기도 양평군 강상면 병산리	표고버섯	불검출			1
352	경기도 시흥시 장현동	표고버섯	불검출			320
353	경기도 시흥시 장현동	표고버섯 배지	불검출			1
354	경기도 시흥시 장현동	표고버섯 배지	검출			320
355	전남 완도군 완도읍 망석리	표고버섯	불검출			320
356	충북 영동군 심천면 고당리	표고버섯	불검출			320
357	충북 영동군 심천면 고당리	표고버섯	불검출			1
358	강원도 화천군 사내면 광덕리	표고버섯	불검출			320
359	전북 김제시 서정동	표고버섯	불검출			1
360	경기도 여주시 오학동	표고버섯	불검출			320
361	경기도 여주시 오학동	표고버섯	불검출			1
362	경기도 여주시 오학동	표고버섯 배지	불검출			320
363	충북 청주시 상당구 미원면	표고버섯	불검출			320
364	전남 담양군 무정면 정석리	표고버섯 배지	불검출			320
365	전남 담양군 무정면 정석리	표고버섯 배지	불검출			1
366	전남 담양군 무정면 정석리	표고버섯	불검출			320
367	충남 부여군 부여읍 송곡리	표고버섯	불검출			320
368	전남 강진군 강진읍 동성리	표고버섯	불검출			320
369	경기도 양평군 양동면 쌍학리	표고버섯	불검출			1
370	충남 논산시 성동면 원북리	표고버섯+배지	불검출			320

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
371	경남 거제시 동부면 구산리	배지(참나무)	불검출			320
372	전남 목포시	표고버섯	불검출			320
373	전남 목포시	표고버섯(건조)	불검출			320
374	경기도 여주시 대신면 장풍리	표고버섯	불검출			320
375	경기도 여주시 대신면 장풍리	표고버섯	불검출			1
376	경기도 여주시 대신면 장풍리	표고버섯 배지	불검출			320
377	경남 사천시 축동면 배춘리	표고버섯	불검출			320
378	전북 부안군 보안면 영전리	표고버섯	불검출			320
379	경남 거제시 동부면 부춘리	표고버섯	불검출			320
380	전남 여수시	표고버섯	불검출			320
381	전남 여수시	표고버섯	불검출			320
382	충남 홍성군 홍동면 수란리	표고버섯	불검출			320
383	경남 거제시 삼거동	표고버섯	불검출			320
384	전남 광양시	표고버섯	불검출			320
385	전남 담양군 금성면 외추리	표고버섯+ 원목	불검출			320
386	전남 화순군 도곡면 쌍옥리	표고버섯	불검출			320
387	전남 화순군 도곡면 쌍옥리	표고버섯	불검출			1
388	경기도 시흥시 장현동	표고버섯	불검출			320
389	경기도 시흥시 장현동	표고버섯	불검출			1
390	전남 장흥군 장흥읍 행원리	표고버섯	불검출			320
391	전남 장흥군 안양면 수락리	표고버섯	불검출			320
392	경기도 양평군 강상면 대석리	표고버섯	불검출			1
393	경기도 양평군 용문면 덕촌리	표고버섯	불검출			1
394	경남 거제시 둔덕면 방하리	표고버섯	불검출			320
395	충남 예산군 웅봉면 입치리	표고버섯	불검출			320
396	경남 거제시 연초면 덕포동	표고버섯	불검출			320
397	경기도 포천시 창수면 오가리	표고버섯	불검출			320
398	전남 순천시 승주읍 두월리	표고버섯	불검출			320
399	전남 완도군 군외면 신학리	표고버섯	불검출			320
400	전남 진도군 군내면 벽파리	표고버섯	불검출			320
401	전남 순천시	표고버섯	불검출			320
402	전남 담양군 금성면 덕성리	표고버섯 배지	불검출			320
403	전남 담양군 금성면 덕성리	표고버섯 배지	불검출			1
404	전남 화순군 동면 오동리	표고버섯	불검출			320
405	전북 남원시	표고버섯(건조)	불검출			320
406	전북 군산시 신관동	표고버섯	불검출			320
407	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
408	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
409	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
410	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
411	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
412	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
413	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
414	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
415	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
416	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
417	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
418	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
419	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
420	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
421	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
422	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
423	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
424	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
425	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
426	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
427	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
428	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
429	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
430	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
431	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
432	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
433	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
434	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
435	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
436	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
437	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
438	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			320
439	전남 장흥군 유치면 반월리	표고버섯	불검출			320
440	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
441	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
442	전남 장흥군 유치면 반월리	표고버섯	불검출			320
443	전남 장흥군 유치면 반월리	표고버섯	불검출			320
444	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
445	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
446	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
447	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			320
448	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
449	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
450	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
451	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
452	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
453	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
454	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
455	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
456	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
457	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
458	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
459	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			320
460	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
461	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
462	전남 장흥군 유치면 신흥리	표고버섯	불검출			320
463	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
464	전남 장흥군 유치면 신흥리	표고버섯	불검출			320
465	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
466	전남 장흥군 유치면 오복리	표고버섯	불검출			320
467	전남 장흥군 유치면 송정리	표고버섯	불검출			320
468	전남 장흥군 유치면 덕산리	표고버섯	불검출			320
469	전남 장흥군 유치면 대리	표고버섯	불검출			320
470	전남 장흥군 유치면 송정리	표고버섯	불검출			320
471	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
472	전남 장흥군 유치면 대리	표고버섯	불검출			320
473	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
474	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
475	전남 장흥군 유치면 신평리	표고버섯	불검출			320
476	경기도 양주시 옥정동	표고버섯	검출	Carbendazim	0.056	320
477	경기도 양주시 옥정동	표고버섯	불검출			1
478	경기도 양주시 옥정동	표고버섯 배지	검출	Carbendazim	0.090	320
479	경기도 양주시 옥정동	표고버섯	검출	Carbendazim	0.170	320
480	경기도 양주시 옥정동	표고버섯	불검출			1
481	경기도 양주시 옥정동	표고버섯 배지	검출	Fluopyram	0.068	320
482	전북 군산시 개정면 아동리	표고버섯	검출	Carbendazim	0.043	320
483	전남 담양군 창평면 창평리	표고버섯 배지	불검출			320
484	전남 담양군 창평면 창평리	표고버섯 배지	불검출			1
485	전남 화순군 북면 용곡리	표고버섯	불검출			320
486	경기도 이천시 신둔면 마교리	표고버섯	불검출			320
487	경기도 양평군 양동면 삼산리	표고버섯	불검출			1
488	전남 함평군 함평읍 만흥리	표고버섯	불검출			320
489	전남 광양시	표고버섯	불검출			320
490	전남 광양시	표고버섯	불검출			320
491	전남 함평군 함평읍 만흥리	표고버섯	불검출			1
492	전남 담양군	표고버섯(건조)	불검출			320
493	전남 강진군 칠량면 삼흥리	표고버섯	불검출			320
494	전남 강진군 군동면 파산리	표고버섯	불검출			320
495	전남 장흥군 부산면 내안리	표고버섯	불검출			320
496	전남 장흥군 부산면 내안리	표고버섯	불검출			1
497	전남 장흥군 부산면 내안리	표고버섯 배지	불검출			320
498	전남 영광군 군서면 가사리	표고버섯	불검출			320
499	전남 순천시	표고버섯	불검출			320
500	전남 여수시	표고버섯	불검출			320
501	충북 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			320
502	충북 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			1
503	충북 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			320
504	충북 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			1
505	충북 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			320
506	충북 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			1
507	충북 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			320
508	충북 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			1
509	전남 나주시 봉황면 황용리	표고버섯	불검출			320
510	전남 나주시 봉황면 황용리	표고버섯	불검출			1
511	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯 배지	불검출			320
512	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯 배지	불검출			1
513	전남 담양군 무정면 오룡리	표고버섯 배지	불검출			320
514	전남 담양군 무정면 오룡리	표고버섯 배지	불검출			1
515	전남 여수시	표고버섯	불검출			320
516	지리산 나들이장터 로컬마켓	표고버섯	불검출			320
517	충남 부여군 부여읍 중정리	표고버섯	불검출			320
518	전남 순천시 송광면 장안리	표고버섯	불검출			320
519	전남 여수시 율촌면 산수리	표고버섯	불검출			320
520	전남 함평군 해보면 광암리	표고버섯	불검출			320
521	전남 함평군 해보면 광암리	표고버섯	불검출			1
522	전남 해남군 옥천면 신계리	표고버섯	불검출			320
523	경기도 양평군 지평면 수곡리	표고버섯	불검출			1
524	충남 부여군 구룡면 용당리	표고버섯	불검출			320
525	충남 부여군 구룡면 용당리	표고버섯 배지	불검출			320

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
526	충남 부여군 구룡면 용당리	표고버섯 배지	불검출			1
527	경기도 김포시 통진읍 수참리	표고버섯	불검출			320
528	경기도 김포시 통진읍 수참리	표고버섯	불검출			1
529	경기도 김포시 통진읍 수참리	표고버섯 배지	불검출			320
530	경기도 김포시 통진읍 수참리	표고버섯 배지	불검출			1
531	충남 보령시 청라면 장현리	표고버섯	불검출			320
532	전북 무주군 무주읍 당산리	표고버섯	불검출			320
533	전북 무주군 무주읍 당산리	표고버섯 배지	불검출			1
534	전북 무주군 적상면 사천리	표고버섯	불검출			320
535	충북 영동군 심천면 고당리	표고버섯	불검출			320
536	충북 옥천군 청성면 묘금리	표고버섯	불검출			320
537	충남 예산군 신양면 시왕리	표고버섯+배지	불검출			320
538	서울특별시 강동구 고덕동	표고버섯	불검출			320
539	전남 화순군 이양면 송정리	표고버섯	불검출			320
540	전남 화순군 이양면 송정리	표고버섯	불검출			1
541	전남 화순군 이양면 송정리	표고버섯	불검출			320
542	전남 화순군 이양면 송정리	표고버섯	불검출			1
543	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
544	전남 장흥군 대덕읍 연정리	표고버섯	불검출			320
545	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
546	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
547	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
548	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯	불검출			320
549	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯	불검출			1
550	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯 배지	불검출			320
551	전남 진도군 고군면 벽파리	표고버섯	불검출			320
552	전남 장성군 삼서면 대도리	표고버섯	불검출			320
553	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
554	전남 장성군 삼서면 대도리	표고버섯	불검출			320
555	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
556	전남 장성군 동화면 용정리	표고버섯	불검출			320
557	경기도 양평군 강상면 병산리	표고버섯	불검출			1
558	전남 화순군 도곡면 효산리	표고버섯	불검출			320
559	전남 화순군 도곡면 효산리	표고버섯	불검출			1
560	경기도 양평군 단월면 산음리	표고버섯	불검출			1
561	충남 논산시 연산면 덕암리	표고버섯	불검출			320
562	세종시 금남면 성덕리	표고버섯	불검출			320
563	충남 보령시 미산면 내평리	표고버섯	불검출			320
564	전남 구례군 토지면 문수리	표고버섯	불검출			320
565	전남 장흥군 안양면 기산리	표고버섯	불검출			320
566	전남 장흥군 안양면 기산리	표고버섯	불검출			320
567	경기도 양평군 양동면 매월리	표고버섯	불검출			1
568	전남 담양군 무정면 오룡리	표고버섯	불검출			320
569	전남 함평군 학교면 마산리	표고버섯+배지	불검출			320
570	전남 함평군 학교면 마산리	표고버섯+배지	불검출			1
571	전남 담양군 무정면 봉안리	표고버섯	불검출			320
572	전남 화순군 이서면 월산리	표고버섯	불검출			320
573	전남 화순군 이서면 월산리	표고버섯	불검출			1
574	전남 광양시 봉강면 신통리	표고버섯	불검출			320
575	전남 광양시 봉강면 부저리	표고버섯	불검출			320
576	전남 화순군 동면 무포리	표고버섯	불검출			320
577	전남 화순군 동면 무포리	표고버섯	불검출			1

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
578	전남 담양군 수북면 궁산리	표고버섯 배지	불검출			320
579	전남 담양군 수북면 궁산리	표고버섯 배지	불검출			1
580	충남 부여군 부여읍 송곡리	표고버섯+ 원목	불검출			320
581	전남 광양시 봉강면 조령리	표고버섯	불검출			320
582	충남 부여군 부여읍 염창리	표고버섯+ 원목	불검출			320
583	충남 부여군 부여읍 가증리	표고버섯+ 원목	불검출			320
584	충남 부여군 남면 삼용리	표고버섯+ 원목	불검출			320
585	전남 화순군 동면 무포리	표고버섯	불검출			320
586	전남 화순군 동면 무포리	표고버섯	불검출			1
587	전남 담양군 무정면 평지리	표고버섯	불검출			320
588	충남 부여군 부여읍 송곡리	표고버섯	불검출			320
589	경기도 양평군 용문면 광탄리	표고버섯	불검출			1
590	경기도 양평군 개군면 공세리	표고버섯	불검출			1
591	대전광역시 중구 목달동	표고버섯	불검출			320
592	충남 부여군 규암면 모리	표고버섯	불검출			320
593	경기도 여주시 대신면 장풍리	표고버섯	불검출			1
594	경기도 여주시 대신면 장풍리	표고버섯 배지	불검출			320
595	전남 광양시 다압면 신원리	표고버섯	불검출			320
596	충남 부여군 임천면 만사리	표고버섯	불검출			320
597	충남 부여군 임천면 만사리	표고버섯	불검출			320
598	충남 부여군 임천면 만사리	표고버섯	불검출			320
599	전남 강진군 강진읍 목화길	표고버섯	불검출			320
600	전남 순천시	표고버섯(건조)	불검출			320
601	충남 논산시 연산면 덕암리	표고버섯	불검출			320
602	경기도 하남시 초일동	표고버섯	불검출			320
603	전남 담양군 금성면 외추리	표고버섯+ 원목	불검출			320
604	세종시 금남면 금천리	표고버섯	불검출			320
605	충남 예산군 음봉면 입침리	표고버섯+배지	불검출			320
606	전남 순천시 주암면 대구리	표고버섯	불검출			320
607	전남 순천시	표고버섯	불검출			320
608	충남 논산시 성동면 원북리	표고버섯	불검출			320
609	전남 보성군 조성면 대곡리	표고버섯	불검출			320
610	세종시 전동면 청람리	표고버섯	불검출			320
611	전남 화순군	표고버섯	불검출			320
612	충남 부여	표고버섯(건조)	불검출			320
613	충남 천안시 동남구 성거읍	표고버섯+배지				320
614	경남 창녕군 대지면 본초리	표고버섯	불검출			320
615	경남 창녕군 대지면 본초리	표고버섯	불검출			1
616	충남 천안시 서북구 성거읍	표고버섯+배지	불검출			320
617	경기도 시흥시 장현동	표고버섯+배지	불검출			320
618	경남 김해시 대동면 덕산리	표고버섯	불검출			320
619	경기도 양평군 개군면 불곡리	표고버섯	불검출			1
620	경기도 양평군 단월면 덕수리	표고버섯	불검출			1
621	전남 장흥군 안양면 기산리	표고버섯	불검출			320
622	전남 장흥군 장흥읍 행원리	표고버섯	불검출			320
623	전남 장흥군 안양면 수락리	표고버섯	불검출			320
624	경남 의령군 정곡면 백곡리	표고버섯+배지	불검출			320
625	경남 의령군 정곡면 백곡리	표고버섯+배지	불검출			1
626	경남 거제시 둔덕면 방하리	표고버섯+배지	불검출			320
627	경남 거제시 둔덕면 방하리	표고버섯+배지	불검출			1
628	경기도 이천시 모가면 어농리	표고버섯	불검출			320
629	경기도 이천시 모가면 어농리	표고버섯	불검출			1

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
630	전남 완도군 완도읍 가용리	표고버섯	불검출			320
631	전남 순천시 대석길	툰밥(참나무)	불검출			320
632	경남 산청군 차황면 부리	표고버섯+배지	불검출			320
633	경남 산청군 차황면 부리	표고버섯+배지	불검출			1
634	경남 산청군 산청읍 내리	표고버섯	불검출			320
635	경남 산청군 산청읍 내리	표고버섯	불검출			1
636	전남 목포시	표고버섯	불검출			320
637	경기도 포천시 창수면 창동로	표고버섯	불검출			320
638	전남 순천시	표고버섯	불검출			320
639	전남 순천시	표고버섯	불검출			320
640	전남 여수시	표고버섯	불검출			320
641	전남 여수시	표고버섯	불검출			320
642	전남 순천시 송광면 삼청리	표고버섯	불검출			320
643	전북 남원시 송동면 장국리	표고버섯	불검출			320
644	경기도 양평군 강상면 대석리	표고버섯	불검출			1
645	충남 아산시 송악면 역촌리	표고버섯	불검출			320
646	경남 함양군 지곡면 공배길	표고버섯	불검출			320
647	경남 함양군 지곡면 공배길	표고버섯	불검출			1
648	경기도 여주시 오학동	표고버섯 배지	불검출			320
649	전북 남원시	표고버섯(건조)	불검출			320
650	경기도 여주시 오학동	표고버섯	불검출			320
651	경기도 여주시 오학동	표고버섯	불검출			1
652	전남 완도군 군외면 신학리	표고버섯	불검출			320
653	경기도 양평군 용문면 덕촌리	표고버섯	불검출			1
654	충남 보령시 미산면 도화담리	표고버섯	불검출			320
655	충남 청양군 운곡면 모곡리	표고버섯	불검출			320
656	충남 천안시 서북구 입장면	표고버섯	불검출			320
657	경남 거제시 연초면 죽토리	표고버섯	불검출			320
658	전남 화순군	표고버섯(건조)	검출	Diflubenzuron	0.4192	320
659	전남 화순군	표고버섯(건조)	불검출			320
660	전남 화순군	표고버섯	불검출			320
661	경기도 양평군 개군면 석장리	표고버섯	불검출			1
662	충남 부여군 규암면 합송리	표고버섯	불검출			320
663	전남 장흥군 유치면 신월리	표고버섯+배지	불검출			320
664	전남 장흥군 유치면 신월리	표고버섯+배지	불검출			1
665	전남 해남군 계곡면 당산리	표고버섯+배지	불검출			320
666	전남 해남군 계곡면 당산리	표고버섯+배지	불검출			1
667	전남 장흥군 부산면 내안리	표고버섯	불검출			320
668	전남 장흥군 부산면 내안리	표고버섯	불검출			1
669	전남 담양군 금성면 덕성리	표고버섯 배지	불검출			320
670	전남 담양군 금성면 덕성리	표고버섯 배지	불검출			1
671	충남 예산군 덕산면 둔리	표고버섯	불검출			320
672	충남 예산군 덕산면 시량리	표고버섯+배지	불검출			320
673	전남 화순군 동면 오동리	표고버섯	불검출			320
674	전남 장흥군 안양면 비동리	표고버섯	불검출			320
675	전남 진도군 의신면 사천리	표고버섯	불검출			320
676	전남 진도군 의신면 사천리	표고버섯	불검출			320
677	전남 진도군 고군면 고군면	표고버섯	불검출			320
678	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
679	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
680	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
681	전남 장흥군 대덕읍 가학리	표고버섯	불검출			320

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
682	전남 장흥군 대덕읍 신월리	표고버섯	불검출			320
683	전남 장흥군 대덕읍 신월리	표고버섯	불검출			320
684	전남 장흥군 대덕읍 연정리	표고버섯	불검출			320
685	전남 나주시 봉황면 황용리	표고버섯	불검출			1
686	경기도 이천시 신둔면 마교리	표고버섯	불검출			320
687	전남 고흥군 포두면 옥강리	표고버섯	불검출			320
688	전남 진도군 임회면 명슬리	표고버섯	불검출			320
689	경기도 양평군 양동면 삼산리	표고버섯	불검출			1
690	전남 영암군 학산면 학계리	표고버섯 배지	불검출			320
691	전남 영암군 학산면 학계리	표고버섯 배지	불검출			1
692	전남 함평군 함평읍 만흥리	표고버섯	불검출			320
693	전남 함평군 함평읍 만흥리	표고버섯	불검출			1
694	충남 예산군 신양면 시왕리	표고버섯+배지	불검출			320
695	충남 예산군 신양면 시왕리	표고버섯	불검출			320
696	충남 예산군 신양면 시왕리	표고버섯	불검출			320
697	충남 예산군 신양면 서계양리	표고버섯	불검출			320
698	전남 화순군	표고버섯	불검출			320
699	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
700	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
701	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
702	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
703	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
704	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
705	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
706	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
707	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
708	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
709	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
710	전남 장흥군 유치면 신흥리	표고버섯	불검출			320
711	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
712	전남 장흥군 유치면 신흥리	표고버섯	불검출			320
713	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
714	전남 장흥군 유치면 오복리	표고버섯	불검출			320
715	전남 장흥군 유치면 송정리	표고버섯	불검출			320
716	전남 장흥군 유치면 대리	표고버섯	불검출			320
717	전남 장흥군 유치면 송정리	표고버섯	불검출			320
718	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
719	전남 장흥군 유치면 덕산리	표고버섯	불검출			320
720	전남 장흥군 부산면 호계리	표고버섯	불검출			320
721	전남 장흥군 유치면 용문리	표고버섯	불검출			320
722	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
723	전남 장흥군 유치면 신흥리	표고버섯	불검출			320
724	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
725	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
726	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
727	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
728	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
729	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
730	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			320
731	전남 장흥군 유치면 반월리	표고버섯	불검출			320
732	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
733	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
734	전남 장흥군 유치면 반월리	표고버섯	불검출			320
735	전남 장흥군 유치면 반월리	표고버섯	불검출			320
736	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
737	경남 합천군 적중면 정토리	표고버섯	불검출			320
738	경남 합천군 적중면 정토리	표고버섯	불검출			1
739	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
740	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
741	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			320
742	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
743	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
744	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
745	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
746	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
747	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
748	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
749	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
750	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
751	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
752	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
753	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			320
754	전남 장흥군 유치면 조양리	표고버섯	불검출			320
755	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
756	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
757	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
758	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
759	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
760	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
761	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
762	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
763	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
764	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
765	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
766	전남 장흥군 유치면 봉덕리	표고버섯	불검출			320
767	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
768	전남 장흥군 유치면 운월리	표고버섯	불검출			320
769	전남 담양군 창평면 창평리	표고버섯 배지	불검출			320
770	전남 담양군 창평면 창평리	표고버섯 배지	불검출			1
771	전남 함평군 해보면 광암리	표고버섯	불검출			320
772	전남 목포시	표고버섯(건조)	불검출			320
773	전남 목포시	표고버섯	불검출			320
774	전남 화순군 북면 용곡리	표고버섯	불검출			320
775	충북 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			320
776	충부 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			320
777	충북 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			320
778	충북 옥천군 청성면 궁촌리	표고버섯	불검출			320
779	전남 강진군 칠량면 삼흥리	표고버섯	불검출			320
780	전남 여수시 율촌면 산수리	표고버섯	불검출			320
781	경남 거제시 삼거동 산	표고버섯	불검출			320
782	경남 거제시 삼거동 산	표고버섯	불검출			1
783	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯 배지	불검출			320
784	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯 배지	불검출			1
785	전남 장흥군 장흥읍 남외리	표고버섯	불검출			320

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
786	부산광역시 강서구 대저동	표고버섯+배지	불검출			320
787	부산광역시 강서구 대저동	표고버섯+배지	불검출			1
788	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯+배지	불검출			320
789	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯+배지	불검출			1
790	전남 영암군 학산면 상월리	표고버섯	불검출			320
791	전남 영암군 학산면 상월리	표고버섯	불검출			320
792	경남 거제시 삼거동	표고버섯	불검출			320
793	경남 거제시 삼거동	표고버섯	불검출			1
794	경남 거제시 둔덕면 시목리	표고버섯	불검출			320
795	경남 거제시 둔덕면 시목리	표고버섯	불검출			1
796	경남 거제시 사등면 오량리	표고버섯	불검출			320
797	경남 거제시 사등면 오량리	표고버섯	불검출			1
798	충남 당진시 송산면 금암리	표고버섯	불검출			320
799	충남 공주시 신평면 청흥리	표고버섯	불검출			320
800	전남 진도군 의신면 사천리	표고버섯	불검출			320
801	전남 진도군 의신면 사천리	표고버섯	불검출			320
802	전남 진도군 의신면 사천리	표고버섯	불검출			320
803	전남 진도군 의신면 사천리	표고버섯	불검출			320
804	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯 배지	불검출			320
805	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯 배지	불검출			1
806	전남 담양군 수북면 고성리	표고버섯	불검출			320
807	전남 진도군 의신면 사천리	표고버섯	불검출			320
808	충남 보령시 미산면 도화담리	표고버섯	불검출			320
809	충남 보령시 미산면 도화담리	표고버섯	불검출			320
810	충남 보령시 미산면 옥현리	표고버섯	불검출			320
811	충남 보령시 미산면 은현리	표고버섯	불검출			320
812	전남 장흥군 안양면 기산리	표고버섯	불검출			320
813	전남 장흥군 안양면 수양리	표고버섯	불검출			320
814	경기도 양평군 강상면 병산리	표고버섯	불검출			1
815	경기도 양평군 강상면 송학리	표고버섯	불검출			1
816	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯	불검출			1
817	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯	불검출			320
818	경기도 여주시 산북면 상품리	표고버섯 배지	불검출			320
819	충남 부여군 충화면 천당리	표고버섯	불검출			320
820	충남 부여군 충화면 지식리	표고버섯	불검출			320
821	충남 부여군 내산면 묘원리	표고버섯	불검출			320
822	전남 고흥군 포두면 송산리	표고버섯 배지	불검출			320
823	전남 고흥군 포두면 송산리	표고버섯 배지	불검출			1
824	경남 진주시 이반성면 하곡리	표고버섯	불검출			320
825	경남 진주시 이반성면 하곡리	표고버섯	불검출			1
826	경기도 양평군 양동면 매월리	표고버섯	불검출			1
827	충남 부여군 홍산면 홍양리	표고버섯	불검출			320
828	충북 음성군 금왕읍 구계리	표고버섯	불검출			320
829	충북 음성군 금왕읍 구계리	표고버섯	불검출			1
830	경남 함양군 함양읍 백천리	표고버섯	불검출			320
831	경기도 양평군 지평면 수곡리	표고버섯	불검출			1
832	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
833	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
834	전남 장흥군 대덕읍 연정리	표고버섯	불검출			320
835	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
836	전남 장흥군 회진면 회진리	표고버섯	불검출			320
837	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
838	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
839	전남 진도군 고군면 벽파리	표고버섯	불검출			320
840	전남 담양군 수북면 궁산리	표고버섯 배지	불검출			320
841	전남 담양군 수북면 궁산리	표고버섯 배지	불검출			1
842	전남 영암군 영암읍 학송리	표고버섯	불검출			320
843	전남 영암군 영암읍 학송리	표고버섯	불검출			1
844	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
845	전남 장성군 삼서면 대도리	표고버섯+배지	불검출			320
846	전남 장성군 삼서면 대도리	표고버섯+배지	불검출			1
847	전남 장성군 삼서면 대도리	표고버섯	불검출			320
848	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
849	경남 창원시 마산합포구 진전면	표고버섯	불검출			320
850	경남 창원시 마산합포구 진전면	표고버섯	불검출			1
851	전남 장성군 삼서면 소룡리	표고버섯	불검출			320
852	전남 해남군 현산면 구시리	표고버섯	불검출			320
853	전남 구례군 토지면 구산리	표고버섯	불검출			320
854	전남 구례군 마산면 광평리	표고버섯	불검출			320
855	충북 음성군 소이면 중동리	표고버섯 배지	불검출			320
856	충북 음성군 소이면 중동리	표고버섯 배지	불검출			1
857	경남 거제시 동부면 구천리	표고버섯	불검출			320
858	경기도 양평군 개군면 공세리	표고버섯	불검출			1
859	전남 화순군 이양면 송정리	표고버섯	불검출			320
860	전남 장흥군 안양면 기산리	표고버섯	불검출			320
861	전남 장흥군 안양면 기산리	표고버섯	불검출			320
862	전남 여수시 주삼동	표고버섯 배지	불검출			320
863	전남 여수시 주삼동	표고버섯 배지	불검출			1
864	경기도 양평군 용문면 광탄리	표고버섯	불검출			1
865	경기도 양평군 단월면 산음리	표고버섯	불검출			1
866	전남 장성군 동화면 용정리	표고버섯	불검출			320
867	경기도 양평군 양동면 단석리	표고버섯	불검출			1
868	전북 장수군 변암면 동화리	표고버섯	불검출			320
869	경기도 양평군 양동면 단석리	표고버섯	불검출			1
870	전북 진안군 안천면 신괴리	표고버섯	불검출			320
871	전남 광양시 봉강면 부저리	표고버섯	불검출			320
872	전남 광양시 봉강면 부저리	표고버섯	불검출			320
873	전남 장흥군 대덕읍 연지리	표고버섯	불검출			320
874	전남 구례군 문척면 월전리	표고버섯	불검출			320
875	전남 화순군 이서면 월산리	표고버섯	불검출			1
876	전남 화순군 이서면 월산리	표고버섯 배지	불검출			320
877	전남 완도군 군외면 신학리	표고버섯	불검출			320
878	전남 완도군 군외면 황진리	표고버섯	불검출			320
879	전남 장흥군 유치면 관동리	표고버섯	불검출			320
880	전남 완도군 군외면 황진리	배지(원목)	불검출			320
881	전남 장흥군 유치면 관동리	배지(원목)	불검출			320
882	전남 화순군 도곡면 효산리	표고버섯	불검출			320
883	전남 화순군 도곡면 효산리	표고버섯	불검출			1
884	경기도 이천시 대월면 도리리	표고버섯	불검출			320
885	경기도 이천시 대월면 도리리	표고버섯	불검출			1
886	전북 진안군 안천면 신괴리	표고버섯+ 원목	불검출			320
887	경남 합천군 적중면 정토리	표고버섯	불검출			320
888	경남 합천군 적중면 정토리	표고버섯	불검출			320
889	경남 합천군 적중면 정토리	표고버섯	불검출			320

번호	시료채취장소	검체명	검사결과	검출성분	검출량 (mg/kg)	검사성분
890	경기도 여주시 대신면 장풍리	표고버섯	불검출			320
891	경기도 여주시 대신면 장풍리	표고버섯	불검출			1
892	경기도 여주시 대신면 장풍리	표고버섯 배지	불검출			320
893	전남 장흥군 유치면 대천리	표고버섯	불검출			320
894	충남 부여군 홍산면 홍양리	표고버섯	불검출			320
895	충남 부여군 충화면 지석리	표고버섯	불검출			320
896	충남 부여군 충화면 천당리	표고버섯	불검출			320
897	전남 강진군 강진읍 동성리	표고버섯	불검출			320
898	전남 목포시	표고버섯	불검출			320
899	경기도 하남시 초일로	표고버섯	불검출			320
900	경기도 하남시 초일로	표고버섯	불검출			1
901	전남 여주시	표고버섯	불검출			320
902	전남 순천시 주암면 대구리	표고버섯	불검출			320
903	전남 보성군 조성면 대곡리	표고버섯	불검출			320
904	전남 강진군 강진읍 춘전리	표고버섯+배지	불검출			1
905	전남 강진군 강진읍 춘전리	표고버섯+배지	불검출			320
906	충남 부여군 부여읍 정동리	표고버섯	불검출			320
907	전남 영암군 금정면 남송리	표고버섯	불검출			320
908	충남 아산시 송악면 거산리	표고버섯	불검출			320
909	충남 아산시 송악면 궁평리	표고버섯	불검출			320
910	충남 아산시 송악면 거산리	표고버섯	불검출			320
911	충남 아산시 송악면 유곡리	표고버섯	불검출			320

구 분	검출 결과			
	불검출	검출	검출성분	검출량 (mg/kg)
표고버섯	764	4	Diflubenzuron	0.4192
			Carbendazim	0.056
			Carbendazim	0.170
			Carbendazim	0.043
배지	140	3	Dinotefuran	0.060
			Carbendazim	0.090
			Fluopyram	0.068

〈 국내 유통중인 표고 및 배지의 유해성분 검출결과 〉

전국 12개 지역에서 수집된 표고 768건, 표고배지 143 건의 시료를 대상으로 다중다성분 320종 및 단성분 mepiquat chloride에 대해 분석한 결과, 표고 4건, 표고배지 3건으로 총 7건에서 잔류농약이 검출되었으며, 검출된 성분은 carbendazim, diflubenzuron, fluopyram, dinotefuran이었다. 본 연구에서는 표고 3건, 배지 1건으로 총 4건의 시료에서 carbendazim이 검출되었으나 각각의 검출량은 0.056 mg/kg, 0.17 mg/kg, 0.043 mg/kg, 0.09 mg/kg으로 MRL인 0.7 mg/kg에 비해 소량으로 나타났다. Fluopyram은 0.068 mg/kg, dinotefuran은 0.06 mg/kg으로 모두 배지에서 각각 1건씩 검출되었다. 식물생장조절제로 사용되는 mepiquat chloride는 본 연구에서는 검출되지 않았다. 전체 수집표고 중 소수의 시료에서 잔류농약이 검출되었으나, 등록되지 않은 농약은 PLS에 의하면 0.01 ppm이 최대허용치로 구분되어 있어, 후속 연구를 통하여 표고를 비롯한 버섯류의 안전성의 기준 작성에 필수적인 자료를 확보하고자 한다.

라) 수입산(중국산) 표고버섯 종균접종배지 및 자실체 유해물질 조사

표 8. 국산, 중국산 표고버섯의 잔류농약 분석 결과

구 분		검출 결과			
		불검출	검출	검출성분	검출량 (mg/kg)
표고버섯	중국산	5	10	Carbendazim	0.050
					0.011
					0.051
					0.035
					0.016
					0.012
					0.015
					0.051
					0.025
					0.016
한국산	12	0	-	-	

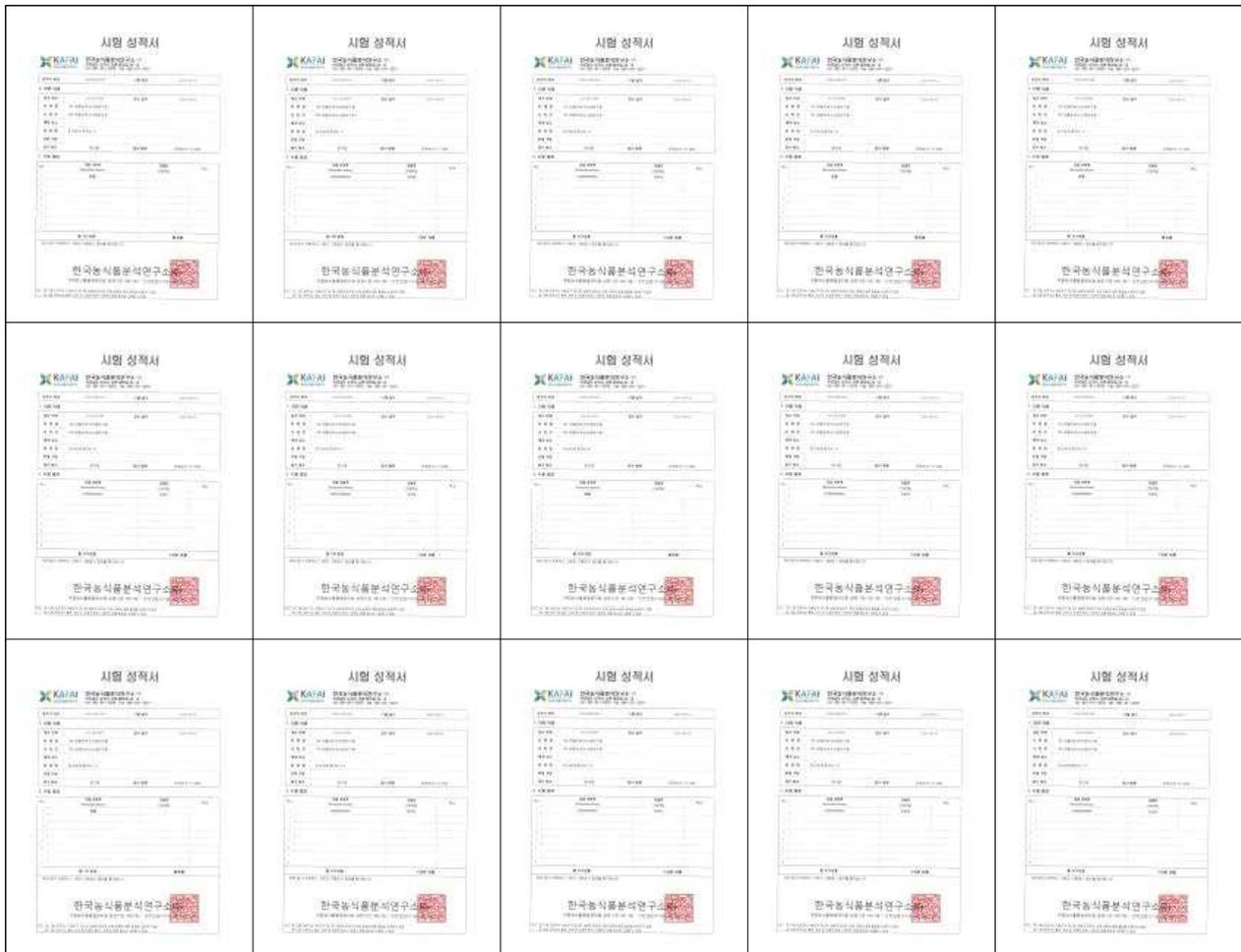


그림 6. 버섯 잔류농약 분석 공인기관 성적서

수입산(중국산)과 국내산 표고를 임의로 선정하여 잔류농약을 분석한 결과 중국산 표고 15종 중 10종에서 카벤다짐 성분이 검출되었다. 본 비교 분석에서는 국내산에서 잔류농약이 검출되지 않았으나, 전국 지역별로 수집된 표고의 잔류농약 분석에서는 검출된 개체가 있었으므로 본 결과만으로 국내산이 모두 안전하다고 할 수는 없다. 하지만 곡류 및 과실 재배에 광범위하게 사용되는 살균제인 carbendazim이 표고에서 검출되는 것으로 미루어 불 때 배지재료인 미강 등에서 유해성분의 전이 가능성 확인이 필요하다.

마) 국내산 표고버섯 중군집종 배지재료 및 자실체 유해물질 조사

배지원료에 잔류할 수 있는 유해물질의 자실체 전이여부를 확인하기 위해 농가에서 사용하는 배지 원료와 표고버섯을 수집하여 잔류농약 여부를 확인하였다.

구 분		표고버섯		배지원료		비고
		원목	배지	툽밥	미강	
수집 지역	상주	1	-	-	-	
	장흥	4	1	1	1	
	제주도	3	-	-	-	
	청양	2	-	-	-	



그림 7. 국내산 표고버섯 11종, A : 상주, B~E : 장흥(원목), F~G : 청양, H~J : 제주, K : 장흥(배지).

표 9. 국내산 표고버섯 자실체 및 배지 재료 잔류농약 검사 결과

구 분		검출 결과			
		불검출	검출	검출성분	검출량 (mg/kg)
표고 버섯	원목	10	-	-	-
	배지	1	-	-	-
배지	툽밥	1	-	-	-
	미강	1	-	-	-

국내산 표고버섯 자실체 및 종균접종배지(툽밥, 미강)의 잔류농약 검사 320종을 분석한 결과는 표와 같다. 수집한 표고버섯 (원목 10종, 배지 1종)과 배지 원료에서 잔류농약은 검출되지 않았다. 하지만 확보한 배지원료의 수가 적고, 농가에서의 농약사용 여부나 사용량을 정확하게 확인이 어려우며 배지원료 보관시 유해성분과의 격리 등 관리 상태가 확실치 않으므로 임의로 농약을 직접 처리한 배지로부터 전이 여부를 확인하고자 하였다.

2) 표고버섯에 대한 유해성분(농약, 중금속 등)의 자실체 전이 여부 확인

가) 표고버섯 생육단계별 잔류농약의 자실체로 전이율 확인

- 대상농약 : 후치왕(40% isoprothiolane, 팜한농), 도사빔 (41.7% tricyclazole, 동방아그로), 알무리(13% propiconazole, 신젠타코리아)
- 조사재료(시기) : 배지(멸균전, 멸균후, 배양 30일, 배양 60일, 수확후), 자실체

(1) 농약이 처리된 배지로부터 발생된 자실체의 건조상태에 따른 잔류농약 확인

일반적으로 표고는 생표고와 건표고의 두가지 형태로 유통되고 있다. 상기 분석의 결과 배지의 유해성분이 자실체로 일부 전이가 가능하다는 전제하에 농약이 처리된 배지로부터 발생된 자실체를 처리구별로 생표고와 건표고 형태로 분석하였다. 그러나 모든 항목에서 불검출로 나타나 두 그룹간의 유의한 차이를 확인할 수는 없었다. 이에 자실체 발생전 균사체 배양 단계에서의 차이를 확인하기 위해 배지 단계에서 분석을 실시하였다.

(2) 농약성분 종류 및 농도별 혼합배지에서 생육단계별 잔류 정도 분석

먼저 농약을 농도별로 처리하고 멸균한 배지에 균사체를 접종한 후 배양을 시작한 뒤 30일과 60일 시점의 배지 잔류농약을 확인하였으나 유의적인 차이를 확인할 수 없었다. 그리하여 이후에는 멸균시 가해지는 고압 증기의 환경이 잔류농약 성분에 미치는 영향과 균사체가 접종 후 성장하는 시점의 차이점까지 확인하기 위해 멸균전, 멸균후, 배양 30일, 배양 60일, 수확후 배지와 자실체의 잔류농약 성분을 분석하였다.

표 10. 농약이 처리된 배지로부터 발생한 생표고 및 건표고의 잔류농약 분석

	검체명	성적서번호	검사결과	검출성분	검출량(mg/kg)	검사항목
1	건표고A-1	KAFAI20Z024	불검출	-	-	잔류농약 321성분
2	건표고A-2	KAFAI20Z025	불검출	-	-	잔류농약 321성분
3	건표고A-3	KAFAI20Z026	불검출	-	-	잔류농약 321성분
4	건표고B-1	KAFAI20Z027	불검출	-	-	잔류농약 321성분
5	건표고B-2	KAFAI20Z028	불검출	-	-	잔류농약 321성분
6	건표고B-3	KAFAI20Z029	불검출	-	-	잔류농약 321성분
7	건표고C-1	KAFAI20Z030	불검출	-	-	잔류농약 321성분
8	건표고C-2	KAFAI20Z031	불검출	-	-	잔류농약 321성분
9	건표고C-3	KAFAI20Z032	불검출	-	-	잔류농약

						321성분
10	건표고Con-1	KAFAI20Z033	불검출	-	-	잔류농약
11	건표고Con-2	KAFAI20Z034	불검출	-	-	321성분
12	건표고Con-3	KAFAI20Z035	불검출	-	-	잔류농약
13	생표고Con-1	KAFAI20Z036	불검출	-	-	321성분
14	생표고A-1	KAFAI20Z037	불검출	-	-	잔류농약
15	생표고A-2	KAFAI20Z038	불검출	-	-	321성분
16	생표고A-3	KAFAI20Z039	불검출	-	-	잔류농약
17	생표고B-1	KAFAI20Z040	불검출	-	-	321성분
18	생표고B-2	KAFAI20Z041	불검출	-	-	잔류농약
19	생표고B-3	KAFAI20Z042	불검출	-	-	321성분
20	생표고C-1	KAFAI20Z043	불검출	-	-	잔류농약
21	생표고C-2	KAFAI20Z044	불검출	-	-	321성분
22	생표고C-3	KAFAI20Z045	불검출	-	-	잔류농약
						321성분

표 11. 농약성분 종류 및 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석 결과표

검체명	성적서번호	검사결과	검출성분	검출량(mg/kg)	검사항목
1	배지-1	KAFAI19X388	검출	Etofenprox 0.017 Hexaconazole 0.011 Isoprothiolane 9.166 Tricyclazole 미량	잔류농약 321성분
2	배지-2	KAFAI19X389	검출	Etofenprox 0.023 Hexaconazole 0.016 Isoprothiolane 1.106 Tricyclazole 미량	잔류농약 321성분
3	배지-3	KAFAI19X390	검출	Etofenprox 0.035 Hexaconazole 0.016 Isoprothiolane 0.269 Tricyclazole 미량	잔류농약 321성분
4	배지-4	KAFAI19X391	검출	Etofenprox 0.020 Tricyclazole 2.230 Isoprothiolane 미량	잔류농약 321성분
5	배지-5	KAFAI19X392	검출	Tricyclazole 0.770 Propiconazole 미량 Isoprothiolane 미량	잔류농약 321성분
6	배지-6	KAFAI19X393	검출	Hexaconazole 0.010 Tricyclazole 0.087 Propiconazole 미량 Isoprothiolane 미량	잔류농약 321성분
7	배지-7	KAFAI19X394	검출	Difenoconazole 0.330 Etofenprox 0.026 Hexaconazole 0.011 Propiconazole 0.296 Isoprothiolane 미량 Tricyclazole 미량	잔류농약 321성분

<p><b>시험 성적서</b></p> <p>KAFAI 한국농식품분석연구소 (주) KAFAI KOREA</p> <p>시험번호: KAFAI19X381    시험일자: 2019.08.13</p> <p><b>1. 고객명</b>          검사명: KAF19X381    검사일자: 2019.08.13          검사목적: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사대상: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사위치: 경기도          검사수량: 100g          검사방법: 원시물    검사항목: 잔류농약 321성분</p> <p><b>2. 시험결과</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>성분명</th> <th>검출량</th> <th>기준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Isoprothiolane</td> <td>3.866</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Etofenprox</td> <td>0.015</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Tricyclazole</td> <td>0.091</td> <td>0.010</td> </tr> </tbody> </table> <p>총 잔류농약: 3.972    기준농도: 미량</p> <p>한국농식품분석연구소          약제농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석 (제1차) / 잔류농약 321성분          (본 시험결과에 대한 이의신청은 검사일로부터 10일 이내에 접수 가능합니다.)</p>	성분명	검출량	기준	Isoprothiolane	3.866	0.010	Etofenprox	0.015	0.010	Tricyclazole	0.091	0.010	<p><b>시험 성적서</b></p> <p>KAFAI 한국농식품분석연구소 (주) KAFAI KOREA</p> <p>시험번호: KAFAI19X382    시험일자: 2019.08.13</p> <p><b>1. 고객명</b>          검사명: KAF19X382    검사일자: 2019.08.13          검사목적: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사대상: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사위치: 경기도          검사수량: 100g          검사방법: 원시물    검사항목: 잔류농약 321성분</p> <p><b>2. 시험결과</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>성분명</th> <th>검출량</th> <th>기준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Isoprothiolane</td> <td>0.015</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Etofenprox</td> <td>0.550</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Tricyclazole</td> <td>0.028</td> <td>0.010</td> </tr> </tbody> </table> <p>총 잔류농약: 0.593    기준농도: 미량</p> <p>한국농식품분석연구소          약제농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석 (제1차) / 잔류농약 321성분          (본 시험결과에 대한 이의신청은 검사일로부터 10일 이내에 접수 가능합니다.)</p>	성분명	검출량	기준	Isoprothiolane	0.015	0.010	Etofenprox	0.550	0.010	Tricyclazole	0.028	0.010	<p><b>시험 성적서</b></p> <p>KAFAI 한국농식품분석연구소 (주) KAFAI KOREA</p> <p>시험번호: KAFAI19X383    시험일자: 2019.08.13</p> <p><b>1. 고객명</b>          검사명: KAF19X383    검사일자: 2019.08.13          검사목적: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사대상: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사위치: 경기도          검사수량: 100g          검사방법: 원시물    검사항목: 잔류농약 321성분</p> <p><b>2. 시험결과</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>성분명</th> <th>검출량</th> <th>기준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Isoprothiolane</td> <td>0.028</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Etofenprox</td> <td>0.011</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Tricyclazole</td> <td>0.258</td> <td>0.010</td> </tr> </tbody> </table> <p>총 잔류농약: 0.297    기준농도: 미량</p> <p>한국농식품분석연구소          약제농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석 (제1차) / 잔류농약 321성분          (본 시험결과에 대한 이의신청은 검사일로부터 10일 이내에 접수 가능합니다.)</p>	성분명	검출량	기준	Isoprothiolane	0.028	0.010	Etofenprox	0.011	0.010	Tricyclazole	0.258	0.010	<p><b>시험 성적서</b></p> <p>KAFAI 한국농식품분석연구소 (주) KAFAI KOREA</p> <p>시험번호: KAFAI19X384    시험일자: 2019.08.13</p> <p><b>1. 고객명</b>          검사명: KAF19X384    검사일자: 2019.08.13          검사목적: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사대상: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사위치: 경기도          검사수량: 100g          검사방법: 원시물    검사항목: 잔류농약 321성분</p> <p><b>2. 시험결과</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>성분명</th> <th>검출량</th> <th>기준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Isoprothiolane</td> <td>0.011</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Etofenprox</td> <td>0.010</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Tricyclazole</td> <td>0.049</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Propiconazole</td> <td>0.010</td> <td>0.010</td> </tr> </tbody> </table> <p>총 잔류농약: 0.080    기준농도: 미량</p> <p>한국농식품분석연구소          약제농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석 (제1차) / 잔류농약 321성분          (본 시험결과에 대한 이의신청은 검사일로부터 10일 이내에 접수 가능합니다.)</p>	성분명	검출량	기준	Isoprothiolane	0.011	0.010	Etofenprox	0.010	0.010	Tricyclazole	0.049	0.010	Propiconazole	0.010	0.010			
성분명	검출량	기준																																																							
Isoprothiolane	3.866	0.010																																																							
Etofenprox	0.015	0.010																																																							
Tricyclazole	0.091	0.010																																																							
성분명	검출량	기준																																																							
Isoprothiolane	0.015	0.010																																																							
Etofenprox	0.550	0.010																																																							
Tricyclazole	0.028	0.010																																																							
성분명	검출량	기준																																																							
Isoprothiolane	0.028	0.010																																																							
Etofenprox	0.011	0.010																																																							
Tricyclazole	0.258	0.010																																																							
성분명	검출량	기준																																																							
Isoprothiolane	0.011	0.010																																																							
Etofenprox	0.010	0.010																																																							
Tricyclazole	0.049	0.010																																																							
Propiconazole	0.010	0.010																																																							
<p><b>시험 성적서</b></p> <p>KAFAI 한국농식품분석연구소 (주) KAFAI KOREA</p> <p>시험번호: KAFAI19X385    시험일자: 2019.08.13</p> <p><b>1. 고객명</b>          검사명: KAF19X385    검사일자: 2019.08.13          검사목적: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사대상: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사위치: 경기도          검사수량: 100g          검사방법: 원시물    검사항목: 잔류농약 321성분</p> <p><b>2. 시험결과</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>성분명</th> <th>검출량</th> <th>기준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Isoprothiolane</td> <td>0.141</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Etofenprox</td> <td>0.073</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Tricyclazole</td> <td>0.010</td> <td>0.010</td> </tr> </tbody> </table> <p>총 잔류농약: 0.224    기준농도: 미량</p> <p>한국농식품분석연구소          약제농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석 (제1차) / 잔류농약 321성분          (본 시험결과에 대한 이의신청은 검사일로부터 10일 이내에 접수 가능합니다.)</p>	성분명	검출량	기준	Isoprothiolane	0.141	0.010	Etofenprox	0.073	0.010	Tricyclazole	0.010	0.010	<p><b>시험 성적서</b></p> <p>KAFAI 한국농식품분석연구소 (주) KAFAI KOREA</p> <p>시험번호: KAFAI19X386    시험일자: 2019.08.13</p> <p><b>1. 고객명</b>          검사명: KAF19X386    검사일자: 2019.08.13          검사목적: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사대상: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사위치: 경기도          검사수량: 100g          검사방법: 원시물    검사항목: 잔류농약 321성분</p> <p><b>2. 시험결과</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>성분명</th> <th>검출량</th> <th>기준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Isoprothiolane</td> <td>0.010</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Etofenprox</td> <td>0.049</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Tricyclazole</td> <td>0.010</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Propiconazole</td> <td>0.010</td> <td>0.010</td> </tr> </tbody> </table> <p>총 잔류농약: 0.079    기준농도: 미량</p> <p>한국농식품분석연구소          약제농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석 (제1차) / 잔류농약 321성분          (본 시험결과에 대한 이의신청은 검사일로부터 10일 이내에 접수 가능합니다.)</p>	성분명	검출량	기준	Isoprothiolane	0.010	0.010	Etofenprox	0.049	0.010	Tricyclazole	0.010	0.010	Propiconazole	0.010	0.010	<p><b>시험 성적서</b></p> <p>KAFAI 한국농식품분석연구소 (주) KAFAI KOREA</p> <p>시험번호: KAFAI19X387    시험일자: 2019.08.13</p> <p><b>1. 고객명</b>          검사명: KAF19X387    검사일자: 2019.08.13          검사목적: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사대상: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사위치: 경기도          검사수량: 100g          검사방법: 원시물    검사항목: 잔류농약 321성분</p> <p><b>2. 시험결과</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>성분명</th> <th>검출량</th> <th>기준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Isoprothiolane</td> <td>0.141</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Etofenprox</td> <td>0.073</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Tricyclazole</td> <td>0.010</td> <td>0.010</td> </tr> </tbody> </table> <p>총 잔류농약: 0.224    기준농도: 미량</p> <p>한국농식품분석연구소          약제농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석 (제1차) / 잔류농약 321성분          (본 시험결과에 대한 이의신청은 검사일로부터 10일 이내에 접수 가능합니다.)</p>	성분명	검출량	기준	Isoprothiolane	0.141	0.010	Etofenprox	0.073	0.010	Tricyclazole	0.010	0.010	<p><b>시험 성적서</b></p> <p>KAFAI 한국농식품분석연구소 (주) KAFAI KOREA</p> <p>시험번호: KAFAI19X388    시험일자: 2019.08.13</p> <p><b>1. 고객명</b>          검사명: KAF19X388    검사일자: 2019.08.13          검사목적: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사대상: 약제 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석          검사위치: 경기도          검사수량: 100g          검사방법: 원시물    검사항목: 잔류농약 321성분</p> <p><b>2. 시험결과</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>성분명</th> <th>검출량</th> <th>기준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Isoprothiolane</td> <td>0.010</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Etofenprox</td> <td>0.049</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Tricyclazole</td> <td>0.010</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>Propiconazole</td> <td>0.010</td> <td>0.010</td> </tr> </tbody> </table> <p>총 잔류농약: 0.079    기준농도: 미량</p> <p>한국농식품분석연구소          약제농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석 (제1차) / 잔류농약 321성분          (본 시험결과에 대한 이의신청은 검사일로부터 10일 이내에 접수 가능합니다.)</p>	성분명	검출량	기준	Isoprothiolane	0.010	0.010	Etofenprox	0.049	0.010	Tricyclazole	0.010	0.010	Propiconazole	0.010	0.010
성분명	검출량	기준																																																							
Isoprothiolane	0.141	0.010																																																							
Etofenprox	0.073	0.010																																																							
Tricyclazole	0.010	0.010																																																							
성분명	검출량	기준																																																							
Isoprothiolane	0.010	0.010																																																							
Etofenprox	0.049	0.010																																																							
Tricyclazole	0.010	0.010																																																							
Propiconazole	0.010	0.010																																																							
성분명	검출량	기준																																																							
Isoprothiolane	0.141	0.010																																																							
Etofenprox	0.073	0.010																																																							
Tricyclazole	0.010	0.010																																																							
성분명	검출량	기준																																																							
Isoprothiolane	0.010	0.010																																																							
Etofenprox	0.049	0.010																																																							
Tricyclazole	0.010	0.010																																																							
Propiconazole	0.010	0.010																																																							

그림 8. 농약성분 종류 및 농도별 혼합배지 잔류농약 성분분석 성적서.

표 12. 농약성분 종류 및 농도별 군사체 잔류농약 분석 결과표

검체명	성적서번호	검사결과	검출성분	검출량(mg/kg)	검사항목	
1	군사-1	KAFAI19X381	검출	Isoprothiolane	3.866	잔류농약 321성분
2	군사-2	KAFAI19X382	검출	Etofenprox Isoprothiolane	0.015 0.550	잔류농약 321성분
3	군사-3	KAFAI19X383	검출	Isoprothiolane	0.091	잔류농약 321성분
4	군사-4	KAFAI19X384	검출	Isoprothiolane Tricyclazole	0.028 0.995	잔류농약 321성분
5	군사-5	KAFAI19X385	검출	Isoprothiolane Tricyclazole	0.011 0.258	잔류농약 321성분
6	군사-6	KAFAI19X386	검출	Etofenprox Tricyclazole Propiconazole Isoprothiolane	0.010 0.049 미량 미량	잔류농약 321성분
7	군사-7	KAFAI19X387	검출	Difenoconazole Propiconazole Isoprothiolane	0.141 0.073 미량	잔류농약 321성분

그림 9. 농약성분 종류 및 농도별 균사체 잔류농약 분석 성적서

농약성분을 첨가한 배지를 멸균전, 멸균후, 배양 30일, 배양 60일, 수확 후로 생육 단계를 구분하여 유해성분을 분석한 결과는 아래 표와 같다. 각각 isoprothiolane, tricyclazole, propiconazole 성분을 함유한 농약을 1%의 농도로 처리한 배지의 잔류농약은 생육단계가 진행될수록 감소하는 경향을 보였으며, 특히 멸균 후에서 배양 30일 까지의 시기에 급격히 감소되는 것으로 나타났다. 이는 잔류농약의 휘발성, 잔류기간 및 균사체 성장에 따른 농약성분 감소 등이 원인으로 생각되어지나, 세부적인 잔류농약 감수에 관한 원인은 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

표 13. 생육단계별 잔류농약 전이율

검체명	검출성분	검출량(mg/kg)					
		멸균전	멸균후	균사체 생장중 (30일)	자실체 발이전 (60일)	수확후 배지	자실체
Isoprothiolane 1%	Etofenprox	미량	미량	0.017	N.D	N.D	N.D
	Hexaconazole	0.095	0.106	0.011	N.D	N.D	N.D
	Isoprothiolane	1866.7	1916.7	9.166	3.866	0.012	N.D
	Tricyclazole	미량	3.6	미량	N.D	N.D	N.D
Tricyclazole 1%	Tricyclazole	1093.3	1546.7	0.770	0.258	N.D	N.D
	Propiconazole	미량	0.176	미량	N.D	N.D	N.D
	Isoprothiolane	0.012	0.015	미량	0.011	N.D	N.D
Propiconazole 1%	Difenoconazole	736.7	659.3	0.330	0.141	N.D	N.D
	Etofenprox	미량	미량	0.026	N.D	N.D	N.D
	Hexaconazole	미량	N.D	0.011	N.D	N.D	N.D
	Propiconazole	740	654	0.296	0.073	N.D	N.D
	Isoprothiolane	0.03	0.083	미량	미량	N.D	N.D
	Tricyclazole	미량	미량	미량	N.D	N.D	N.D



그림 10. 생육단계별 배지 내 잔류농약 분석

멸균전에 비해 멸균후의 검출량이 높거나 처리하지 않은 농약 성분이 미량 검출되는 원인은 멸균과정이나 생육상에서 휘발성 성분들이 혼화되는 부분이 원인일 것으로 생각된다. 또한 propiconazole 1% 처리구의 경우 시판 농약(알무리, 신젠타)에 difenoconazole이 동일한 비율(13%)로 첨가되어 있어 propiconazole과 검출량이 유사하게 측정되었다.

나) 농약의 자연분해 여부 확인

- 재배 과정 중 농약의 자연분해 가능성 여부 확인

농약을 처리하였으나 균사체는 접종하지 않은 배지의 경우, 균사체를 접종한 배지와 동일한 환경에서 유해성분이 자연분해 되는지 여부 확인을 위하여, 공인검사기관에 시험을 의뢰하였다.



다) 농약성분 종류별 자실체로의 이행 최소 농도 확인

농약사용지침서에 기반하여 백분율(%)로 처리한 농약 시험구는 각각 isoprothiolane 4000 ppm, tricyclazole 4170 ppm, propiconazole 1300 ppm 으로 매우 높은 농도임에도 자실체에서 잔류농약이 거의 검출되지 않았다. 실제 사용 농도에 근접한 용량으로 설계한 시험구에서는 농약 내 함유된 유해성분을 ppm으로 계산하여 저농도(0.5 ppm, 2.0 ppm, 3.5 ppm)로 처리하였다.

백분율로 처리한 시험구와 ppm 단위로 환산하여 처리한 시험구의 잔류농약성분 자실체 전이 여부는 저농도 처리구의 결과를 확인하여 반영하고자 한다.

다. 표고버섯 생육단계별 중금속의 자실체로 이행관련성 구명

- 대상중금속 : 식약처에 등록된 유해중금속 2종(납, 카드뮴), 비소
- 조사재료(시기) : 배지(멸균후, 수확후), 자실체

1) 중금속성분의 자실체로의 전이 여부 확인

- 중금속성분 종류 및 농도별 혼합배지에서 농약성분 잔류정도 분석

표 14. 자실체 발생 후 잔류 중금속 분석 결과

구분	검출 결과			
	처리농도(ppm)	자실체	배지	검출량 (mg/kg)
Pb(납) 처리구	10	검출	불검출	카드뮴 0.55
Cd(카드뮴) 처리구	10	검출	불검출	카드뮴 1.03
As(비소) 처리구	10	발생하지 않음	불검출	

2) 중금속성분 종류별 자실체로의 이행 최소농도 설정

중금속은 1차 시험구 제조시 10 ppm으로 처리하였으며, 2차 시험구 제조에는 저농도(0.5 ppm, 2.0 ppm, 3.5 ppm)로 처리하여 분석을 실시하였다. 잔류농약과 마찬가지로 10 ppm 처리구에서 잔류농약의 자실체 전이는 나타나지 않았다.

3) 표고버섯 배지재료에 대한 유해성분(잔류농약, 중금속) 안전 기준설정

표고버섯 배지재료의 자실체로의 전이율을 분석한 결과 가장 높은 농도인 배양전 1916 ppm에서 수확 후 0.012 ppm까지 감소하였고 그 외 처리구에서도 불검출되는 결과를 나타냈다. 이에 배지재료의 잔류농약 기준은 해당 곡물 등의 잔류허용기준을 적용해도 무방할 것으로 보인다. 대표적인 배지재료인 미강의 경우 쌀은 표고에 비해 MRL이 낮게 설정되어 있으나, 자실체 발생 시 잔류농약이 감소하는 것을 감안하여 표고버섯 대비 낮은 경우 표고버섯의 MRL을 적용하고 그 외의 경우에는 쌀에 해당하는 값으로 설정할 것을 제안한다.

표 15. 표고버섯 및 쌀의 현행 잔류허용물질과 배지재료에 대한 설정기준(안)

농 약 명	MRL(mg/Kg)		배지재료 설정기준(안)
	표고버섯	쌀	
글루포시네이트(Glufosinate(ammonium))	0.05 <sup>T</sup>	0.05	0.05 <sup>T</sup>
글리포세이트(Glyphosate)	0.05 <sup>T</sup>	0.05	0.05 <sup>T</sup>
디노테퓨란(Dinotefuran)	-	1	1 <sup>T</sup>
디페노코나졸(Difenoconazole)	-	0.2	0.2 <sup>T</sup>
베노밀(Benomyl)	0.7 <sup>T</sup>	0.5	0.7 <sup>T</sup>
사이퍼메트린(Cypermethrin)	5.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>	5.0 <sup>T</sup>
사이할로트린(Cyhalothrin)	0.5 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>
설폭사플로르(Sulfoxafloer)	0.05 <sup>T</sup>	0.2	0.2 <sup>T</sup>
아зок시스트로빈(Azoxystrobin)	0.05 <sup>T</sup>	5.0 <sup>T</sup>	5.0 <sup>T</sup>
에토프로포스(Ethoprophos(Ethoprop))	0.05 <sup>T</sup>	0.005 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>
엠시피에이(MCPA)	0.05 <sup>T</sup>	0.05	0.05 <sup>T</sup>
옥사밀(Oxamyl)	1.0 <sup>T</sup>	0.02 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>
인독사카브(Indoxacarb)	0.2	0.1	0.2 <sup>T</sup>
카벤다짐(Carbendazim)	0.7 <sup>T</sup>	0.5	0.7 <sup>T</sup>
티오벤카브(Thiobencarb)	0.2 <sup>T</sup>	0.05	0.2 <sup>T</sup>
티오파네이트메틸(Thiophanate-methyl)	0.7 <sup>T</sup>	0.5	0.7 <sup>T</sup>
퍼메트린(Permethrin(Permetrin))	3.0 <sup>T</sup>	2.0 <sup>T</sup>	3.0 <sup>T</sup>
페녹사닐(Fenoxanil)	0.5 <sup>T</sup>	1	1 <sup>T</sup>
펜디메탈린(Pendimethalin)	0.2 <sup>T</sup>	0.05	0.2 <sup>T</sup>
펜발러레이트(Fenvalerate)	0.5 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>	1.0 <sup>T</sup>
펜토에이트(Phenthoate : PAP)	0.05 <sup>T</sup>	0.05	0.05 <sup>T</sup>
피레트린(Pyrethrins)	1.0 <sup>T</sup>	3.0 <sup>T</sup>	3.0 <sup>T</sup>
피리미카브(Pirimicarb)	2.0 <sup>T</sup>	0.05 <sup>T</sup>	2.0 <sup>T</sup>

#### 다. 적요

국내에서 유통되고 있는 표고버섯 배지원료 수입경로를 조사한 결과, 표고배지 제조에는 광주, 담양, 장흥 등지에서 구입한 국내산 톱밥과 미강만을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 또한 전국에서 유통 중인 표고버섯 자실체와 배지를 수집하여 잔류된 유해성분을 분석한 결과 자실체는 768개 시료 중 4건(0.5%), 배지는 143개 시료 중 3건(2.1%)으로 나타났으며, 검출된 성분은 carbendazim, diflubenzuron, fluopyram 및 dinotefuran 이었으며, 모두 MRL 미만 혹은 미량의 값을 나타냈다.

수입산(중국산)과 국내산 표고 및 국내산 배지 원료를 임의로 선정하여 잔류농약을 분석한 결과 중국산 표고 15종 중 10종에서 carbendazim 성분이 검출되었다. 본 비교 분석에서는 국내산 표고에서 잔류농약은 검출되지 않았다.

국내에서 유통중인 표고버섯 자실체와 배지 잔류농약 분석 결과, 곡류 및 과일 재배에 광범위하게 사용되는 살균제인 carbendazim이 표고에서 검출되는 것을 확인하였다. 잔류농약이 생산과정 중 어느 부분에서 전이되는지를 밝히고자, 배지재료인 미강 등에서 유해성분의 전이에 관한 확인실험을 진행하였다.

각각 isoprothiolane, tricyclazole 및 propiconazole 성분의 농약이 1% 농도로 첨가된 배지를 멸균 전, 멸균 후, 배양 30일, 배양 60일, 수확 후로 생육 단계를 구분하여 유해성분을 분석한 결과 잔류농약은 생육단계가 진행될수록 감소하는 경향을 보였으며, 특히 멸균 후에서 배양 30일까지의 시기에 잔류농약 함량이 급격히 감소되는 것으로 나타났다. 이는 잔류농약의 휘발성, 잔류기간 및 균사체 생장에 따른 농약성분 감소등이 원인으로 생각되어지나, 세부적인 잔류농약 감소에 관한 원인은 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

중금속의 경우 Pb(납), As(비소), Cd(카드뮴)을 10 ppm으로 처리하였을 때 자실체로의 전이는 나타나지 않았다.

표고버섯 배지재료의 자실체로 잔류농약 전이율을 확인한 결과 isoprothiolane을 1916 ppm으로 처리한 시험구는 자실체 수확 후 0.012 ppm까지 감소하였으며, 다른 농도 처리구들에서는 자실체 및 수확 후 배지에서 isoprothiolane은 검출되지 않았다. Tricyclazole 및 propiconazole 성분의 잔류 농약을 처리한 시험구들에서는 잔류농약이 불검출 되었다.

이에 배지재료의 잔류농약 기준은 해당 곡물 등에 적용되는 잔류허용기준 적용이 가능할 것으로 생각된다. 대표적인 배지재료인 미강의 경우 쌀은 표고에 비해 MRL이 낮게 설정되어 있다. 본 연구결과 표고버섯 배양 중 잔류농약이 감소하는 현상이 뚜렷하게 나타났으나, 표고버섯의 안전성 확보를 목적으로 표고버섯에 적용된 MRL을 적용하고, 배지 제조에 사용되는 원료의 경우에도 표고버섯에 적용되는 MRL과 배지원료인 미강과 관련된 쌀의 MRL을 동시에 적용하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 이 기준을 충족하기 위한 방안으로 표고버섯과 쌀의 MRL을 비교하여 기준이 낮은 MRL을 적용하는 것을 제안한다.

### 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 3-1. 목표

구분	과제 요구사항
연구목표	○ 버섯에 대한 식품안전성을 확보하고 소비자 신뢰도를 제고하기 위해 국내 외에서 유통되는 버섯 배지재료의 유해성분을 분석하여 합리적인 안전기준을 설정
주요 연구내용	○ 국내 및 수입 버섯 배지재료의 사용실태 및 유해성분 분석 - 주요 사용원료에 대한 사용현황 및 유해성분 조사 · 유해성분 분석 : 농약, 중금속 등 · 배지재료 : 톱밥류, 볏짚, 밀짚, 소맥피, 콘코브, 비트펄프, 면실피, 면실피박, 슝 등 ○ 배지내 유해성분의 버섯 이행관련성 및 기작 연구 - 농약 9종 및 중금속 3종 등 유해성분 이행정도 및 기작 연구 · 배지와 유해성분의 버섯 자실체로의 이행정도 구명 : 이행경로, 농도 등 · 유해성분 전이기작 구명 : 유해성분의 농도에 따른 자실체 유전자 발현정도 ○ 버섯 배지재료에 대한 주요 농약성분 안전성 기준 설정 - 배지재료내 잔류농약 및 중금속의 자실체 이행정도 분석을 기반으로 버섯 자실체 및 배지재료의 잔류허용기준 설정 · 정책제안을 통한 배지재료 및 자실체의 유해물질 기준설정
연구팀 구성요건	○ 본 연구와 관련된 분석 장비 인프라를 보유하고 있는 기관 참여 필수 ○ 본 연구와 관련된 버섯생산 기반이 확보된 기관 및 산업체 참여 필수 * 정책부서인 원예산업과가 PM(Project Manager)으로서의 역할을 수행하며, 과제 선정 후 연구방향 조정, 진도·성과관리 등 전담 예정(정책연계를 위해 연 2회 이상 정책부서와 협의)
성과목표	○ 정성적 성과목표 - 버섯 배지재료 및 자실체의 유해물질 안전기준 설정 - 배지재료내 잔류농약의 자실체 이행성 구명 : 5품목 ○ 정량적 성과목표 - 논문(비sci) 4건, 학술발표 6건, 정책활용 1건, 홍보전시 2건, 기타활용 1건

#### 3-2. 목표 달성여부

- 정성적 성과목표
  - 버섯 배지재료 및 자실체의 유해물질 안전기준 설정을 설정하여 정책제안을 하였음
  - 느타리, 팽이, 표고 등 5품목에 대한 배지재료내 잔류농약의 자실체 이행성을 구명하였음
- 정량적 성과목표
  - 정량적 성과인 논문(비sci), 학술발표, 정책활용, 홍보전시, 기타활용 등 성과목표를 초과 달성하였고, 특허출원 및 등록, 수상실적 등에 대해서는 추가 달성하였음

성과지표	계획	실적	목표달성률(%)	가중치
특허 출원	0	1	추가달성	-
특허 등록	0	1	추가달성	-
논문(비SCI)	4	5	125	
학술발표	6	17	283	40
정책활용	1	2	200	30
홍보전시	2	5	250	10
기타활용	1	4	400	20
수상실적	0	2	추가달성	
계	14	33		100

### 3-3. 후속연구의 필요성

○ **(수입배지)** 버섯에 사용하는 배지재료의 대부분이 외국에서 수입되고 있고, 생산국의 기후 변화와 산업여건에 따라 생산 진폭이 커서 가격상승, 수입량 감소 등의 문제로 농가에서 애로 사항이 발생하고 있어 농가에서는 항상 새로운 배지재료에 대한 요구가 증가하고 있음. 따라서 농가에서 자체적으로 수입해서 사용하고 있는 배지재료들에 대한 안전성이 요구되고 있어 이들 재료들에 대해서는 지속적으로 유해성에 대한 연구가 요구됨

○ **(수확후배지)** 버섯은 많은 배지재료를 혼합하여 사용하고 있고 버섯을 생산하고 남은 수확 후배지에는 다량의 영양분이 남아 있지만 농산폐기물로 취급되어 처리에 애로가 발생하고 있는 실정임. 국내 버섯 수확후배지는 연간 1,154천톤이 배출되는 것으로 추정되며, 재배후 방치에 따른 환경오염 및 2차 버섯 병해충 감염의 주요 원인이 되고 있음. 버섯 수확후배지의 산업적 활용도가 매우 높음에도 불구하고, 버섯생산농가에서 비용을 지불하며 폐기물로 처리하고 있는 실정이며, 일부 가축용사료, 발효퇴비, 펠릿 등을 통해 처리를 하고 있지만 처리하는데 한계가 있음. 따라서 대량으로 배출되고 있는 수확후배지를 효율적으로 처리하기 위한 다양한 연구가 절실하고, 고부가가치 산업과의 연계를 통해 농업분야 신수요 창출 및 지역연계 농업자원의 순환형 모델개발과 현장적용 가이드라인 구축이 절실함

## 4. 연구결과의 활용 계획 등

### 1절. 연구개발 결과의 활용방안

- 본 연구결과는 유해물질의 이행성에 대한 연구로써, 버섯배지에 사용되는 농업부산물과 이를 이용하여 재배되는 버섯의 안전성 확보가 가능함
- 추후 수입 또는 국내에서 생산되는 농업부산물의 안전성검사 기준 제시에 대한 자료로 제시 가능함
- 국내외 배지재료들에 대한 유해성분 분석, 이행성 구명 및 기작 연구결과에 대해서는 다음과 같이 정책활용을 하도록 하겠음
  - 버섯류에 대한 농약잔류 기준을 배지재료로 사용하는 작물의 잔류기준으로 임시설정 건의
  - 버섯 친환경(무농약) 인증 시 버섯 자실체만 검사하도록 규제 완화 건의
  - 수입 배지재료에 대한 농약 및 중금속 안전기준 설정 건의

### 2절. 기대성과 및 파급효과

#### 1. 기대성과

- 국내외 유기성 버섯 배지재료의 유해요인 분석 및 안전기준 설정을 통한 국내 고품질버섯 안정생산기반 확립 및 소비자 신뢰도 증가, 안전한 버섯의 상품화로 세계 버섯시장에 경쟁력 확보 및 수출증대 전망
  - 2017년 기준 친환경 버섯생산을 통해 생산판매수취가격 약 10%이상 향상기대 및 수출시장 확대 가능
- 배지재료별 안전사용 기준설정을 통한 안전한 배지원료를 연중 안정적으로 공급가능하며, 버섯재배에 부적합한 배지원료는 농가에 반입되지 않도록 원천차단 가능
- 전국적 버섯배지원료의 안전사용 기준 설정을 통해 대국민 버섯식품 안정성 확보 및 유해물질의 예방적 제거 가능 : 친환경 및 유기농 버섯생산에 기여

#### 2. 파급효과

##### 가. 기술적 측면

- 유해물질 분석기술의 상용화를 통한 식품원재료의 안전관리 기술 강화
- 수입 의존성이 높은 국산 버섯 원재료에 대한 안전기술 확보
- 버섯 배지재료와 버섯과의 유해물질 상관관계 규명을 통한 안전생산기반 구축

##### 나. 경제·산업적 측면

- 유해물질 관리를 통한 버섯 배지재료의 안전유통 시스템 구축
- 안전관리 기반의 수입대체 효과로 국산 자립화 확대
- 안전한 생산기반 구축으로 소비촉진 및 수입대체효과 기대
- 관련 산업 발전에 기여하며 한국산 농산물에 대한 국가 이미지 개선으로 수출증가 기대

##### 다. 사회적 측면

- 건강한 버섯 생산을 통한 안전한 버섯 공급으로 소비자의 식품 불안감 해소
- 국산 버섯류에 대한 소비 촉진으로 건강한 사회 구현에 기여
- 건강에 대한 다양한 소비자 기호에 부합되는 안전한 버섯으로 국민보건 복지에 기여

## 붙임. 참고문헌

- 윤정범, 채의수, 김동환, 양창열, 서미혜, & 김형환. (2017). 천연 피레트린을 이용한 긴수염버섯 파리 연막 방제. *농약과학회지*, 21(3), 279-283.
- Gal SW, Lee SW. 2002. Development of optimal culture media for the stable production of mushroom. *J. Korean Soc. Agri. Chem. Biotechnol.* 45: 71-76.
- Hong JS. 1978. Studies on the physio-chemical properties and the cultivation of oyster mushroom(*Pleurotus ostreatus*). *J. of the Korean Society for Applied Biological Chemistry* 21: 150-184.
- Jang MJ, Lee YH, Ju YC. 2010. Selection of an Substitute Sawdust Material in *Pleurotus ostreatus* by Bottle Cultivation. *Kor. J. Mycol.* 38(2):142-145.
- Jo WS, Yun YS, Rew YH, Park SD, Choi BS. 1996. Effects of addition of apple pomace to sawdust substrate on the growth and development of *Flamulina velutipes*. *Kor. J. Mycol.* 24(3):223-227.
- Kim Ji-Young , Ji-Hyock Yoo, Ji-Ho Lee, Min-Ji Kim, Dae-Won Kang, Hyeon-Seok Ko, Su-Myeong Hong, Geon-Jae Im, Doo-Ho Kim, Goo-Bok Jung and Won-Il Kim. 2012. Monitoring and Risk Assessment of Heavy Metals in Edible Mushrooms. *Korean J Environ Agric.* 31 : 37-44.
- Kim Jun Young , Geun Sick Lee, Chan Jung Lee, Seong Hwan Kim. 2017. Investigation of Heavy Metals, Residual Pesticides and Nutrient Component from Agricultural By-products Imported as Medium Substrates for Mushroom Cultivation. *Korean J Environ Agric.* 36 : 217-221
- Park WM, Song CH, Hyum JW. 1992. Nutritional physiology and improvement of substrate of *Lentinus edodes*. *Kor. J. Mycol.* 20(1):77-82.
- Royse DJ, Sanchez JE. 2007. Ground wheat straw as a substitute for portions of oak wood chips used in shitake(*Lentinula edodes*) substrate formulae. *Bioresource Technolo.* 98: 2137-2141.
- Song CH, Lee CH, Huh TL, Ahn JH, Yang HC. 1993. Development of substrates for the production of basidocarps of *Flammulina velutipes*. *Kor. J. Mycol.* 21(3):212-216.
- Kim, J. Y., Kim, D. Y., Park, Y. J., Jang, M. J. (2020). Transcriptome analysis of the edible mushroom *Lentinula edodes* in response to blue light. *PloS one*, 15(3), e0230680.
- Kim, J. Y., Lee, G. S., Lee, C. J., Kim, S. H. (2017). Investigation of heavy metals, residual pesticides and nutrient component from agricultural by-products imported as medium substrates for mushroom cultivation. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 36(3), 217-221.
- Kim, J. Y., Yoo, J. H., Lee, J. H., Kim, M. J., Kang, D. W., Ko, H. S., Kim, W. I. (2012). Monitoring and risk assessment of heavy metals in edible mushrooms. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 31(1), 37-44.
- Cho, Y. K., Park, Y. J., Oh, T. S., Kim, C. H., Oh, M. K., Lee, Y. S., & Chang, M. J. (2017). Possibility of Cultivation of *Pleurotus ostreatus* Nutrition by Importing Country. *Korean Jou*

- Journal of Organic Agriculture, 25(4), 749–758.
- Choi, H., Park, S. K., Lee, B. N., Kim, M. (2012). Risk assessment of lead and cadmium through mushrooms. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 44(6), 666–672.
- Kim, G. H., Yoo, J. S., Koo, C. D., Lee, S. G., Park, J. D. (2001). Selection of insecticides for controlling *Lycoriella mali* in *Letinula edodes* sawdust cultivation. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 5(2), 62–66.
- Jang, K. Y., Choi, S. G., Lee, K. H., Seok, S. J., Cheong, J. C., Jung, G. B., Kim, G. H., Sung, J. M. (2005). Population and transfer factor of basidiomycota collected in the heavy metal-contaminated and healthy soils. *Journal of Mushroom*, 3(4), 145–153.
- Frey, B., Keller, C., Zierold, K. (2000). Distribution of Zn in functionally different leaf epidermal cells of the hyper accumulator *Thlaspi caerulescens*. *Plant, Cell and Environment*, 23(7), 675–687.
- Rácz, L., & Oldal, V. (2000). Investigation of uptake processes in a soil/mushroom system by AES and AAS methods. *Microchemical journal*, 67(1–3), 115–118.
- Baldrian, P. (2003). Interactions of heavy metals with white-rot fungi. *Enzyme and Microbial Technology*, 32(1), 78–91.
- Fogarty, R. V., & Tobin, J. M. (1996). Fungal melanins and their interactions with metals. *Enzyme and Microbial Technology*, 19(4), 311–317.
- Fletcher, J. T., Connolly, G., MOUNTFIELD, E. I., & Jacobs, L. (1980). The disappearance of benzenomyl from mushroom casing. *Annals of Applied Biology*, 95(1), 73–82.
- Langmead, B., Trapnell, C., Pop, M., & Salzberg, S. L. (2009). Ultrafast and memory-efficient alignment of short DNA sequences to the human genome. *Genome biology*, 10(3), R25.
- Quinlan, A. R., Hall, I. M. (2010). BEDTools: A flexible suite of utilities for comparing genomic features. *Bioinformatics*, 26(6), 841–842
- Gentleman, R. C., Carey, V. J., Bates, D. M., Bolstad, B., Dettling, M., Dudoit, S., Ellis, B., Gautier, L., Ge, Y. C., Gentry, J., Hornik, K., Hothorn, T., Huber, W., Iacus, S., Irizarry, R., Leisch, F., Li, C., Maechler, M., Rossini, A. J., Sawitzki, G., Smith, C., Smyth, G., Tierney, L., Yang, J. YH., Zhang, J. (2004). Bioconductor: open software development for computational biology and bioinformatics. *Genome biology*, 5(10), R80.
- Livak, K. J., Schmittgen, T. D. (2001). Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  method. *Methods*, 25(4), 402–408.
- Kang, J. A., Ka, K. H., Kim, J. Y., Yoon, S. T., Kim, S. H. (2019). Mycelial growth properties of an *Amanita javanica* strain under various culture conditions. *Journal of Mushroom*, 17(4), 191–196.
- Di, Y. L., Cong, M. L., Zhang, R., Zhu, F. X. (2016). Hormetic effects of trifloxystrobin on aggressiveness of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease*, 100(10), 2113–2118.
- Potočnik, I., Vukojević, J., Stajić, M., Rekanović, E., Milijašević, S., Stepanović, M., Todorović, B. (2009). Toxicity of fungicides with different modes of action to *Cladobotryum dendroides* and *Agaricus bisporus*. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 44(8), 823–827.
- Khan, M. W., Ali, M. A., Khan, N. A., Khan, M. A., Rehman, A., Javed, N. J. P. J. B. (2013).

- Effect of different levels of lime and pH on mycelial growth and production efficiency of oyster mushroom (*Pleurotus* spp.). *Pak. J. Bot.*, 45(1), 297-302.
- Hong, J. S. (1978). Studies on the physio-chemical properties and the cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Applied Biological Chemistry*, 21(3), 150-184.
- Takagi, H., Shima, J. (2015). Stress tolerance of baker's yeast during bread-making processes: proline/arginine metabolism and its application to breeding. *Japanese journal of food microbiology*, 31(4), 185-193.
- Chu, C. C., Lee, W. C., Guo, W. Y., Pan, S. M., Chen, L. J., Li, H. M., & Jinn, T. L. (2005). A copper chaperone for superoxide dismutase that confers three types of copper/zinc superoxide dismutase activity in *Arabidopsis*. *Plant physiology*, 139(1), 425-436.
- Diamantopoulou, P., Philippoussis, A., Kastanias, M., Flouri, F., Chrysayi-Tokousbalides, M. (2006). Effect of famoxadone, tebuconazole and trifloxystrobin on *Agaricus bisporus* productivity and quality. *Scientia horticulturae*, 109(2), 190-195.
- Chang, H. J., Hong, Y. K., Kim, S. O., Lee, S. W., Lee, B. T., Lee, S. H., Kim, S. C. (2016). Remediation of Heavy Metal Polluted Agricultural Field with Spent Mushroom Media. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 49(1), 66-74.
- Jeon, C., Kim, J. H. (2007) Heavy Metal Removal using Sawdust. *Korean J. Organic. Res. Recyc. Assoc.* 15(2), 81-88.
- Chiu, S. W., Chan, Y. H., Law, S. C., Cheung, K. T., & Moore, D. (1998). Cadmium and manganese in contrast to calcium reduce yield and nutritional values of the edible mushroom *Pleurotus pulmonarius*. *Mycological Research*, 102(4), 449-457.
- Bilwes, A. M., Alex, L. A., Crane, B. R., Simon, M. I. (1999). Structure of CheA, a signal-transducing histidine kinase. *Cell*, 96(1), 131-141.
- Bahn, Y. S., Kojima, K., Cox, G. M., Heitman, J. (2006). A unique fungal two-component system regulates stress responses, drug sensitivity, sexual development, and virulence of *Cryptococcus neoformans*. *Molecular biology of the cell*, 17(7), 3122-3135.
- Albuquerque-Wendt, A., Hütte, H. J., Buettner, F. F., Routier, F. H., Bakker, H. (2019). Membrane topological model of glycosyltransferases of the GT-C superfamily. *International journal of molecular sciences*, 20(19), 4842.
- Dias, F. M., Vincent, F., Pell, G., Prates, J. A., Centeno, M. S., Tailford, L. E., Ferreira, L. M., Fontes, C. M., Gilbert, H. J. (2004). Insights into the molecular determinants of substrate specificity in glycoside hydrolase family 5 revealed by the crystal structure and kinetics of *Cellvibrio mixtus* mannosidase 5A. *Journal of Biological Chemistry*, 279(24), 25517-25526.
- Aspeborg, H., Coutinho, P. M., Wang, Y., Brumer, H., Henrissat, B. (2012). Evolution, substrate specificity and subfamily classification of glycoside hydrolase family 5 (GH5). *BMC evolutionary biology*, 12(1), 186.
- Taniguchi, N., Honke, K., Fukuda, M. (Eds.). (2011). *Handbook of glycosyl transferases and related genes*. Springer Science and Business Media.
- Nakamura, A. M., Nascimento, A. S., & Polikarpov, I. (2017). Structural diversity of carbohydrate esterases. *Biotechnology Research and Innovation*, 1(1), 35-51.

- Yoshida, E., Hidaka, M., Fushinobu, S., Koyanagi, T., Minami, H., Tamaki, H., ... & Kumagai, H. (2010). Role of a PA14 domain in determining substrate specificity of a glycoside hydrolase family 3  $\beta$ -glucosidase from *Kluyveromyces marxianus*. *Biochemical Journal*, 431(1), 39-49.
- Tao, Y., Xie, B., Yang, Z., Chen, Z., Chen, B., Deng, Y., van Peer, A. F. (2013). Identification and expression analysis of a new glycoside hydrolase family 55 exo- $\beta$ -1, 3-glucanase-encoding gene in *Volvariella volvacea* suggests a role in fruiting body development. *Gene*, 527(1), 154-160.
- Gomolplitinant, K. M., & Saier, M. H. (2011). Evolution of the oligopeptide transporter family. *The Journal of membrane biology*, 240(2), 89-110.
- Scheible, W. R., & Pauly, M. (2004). Glycosyltransferases and cell wall biosynthesis: novel players and insights. *Current opinion in plant biology*, 7(3), 285-295.
- Wang, X., Tang, Q., Zhao, X., Jia, C., Yang, X., He, G., Zhou, G. (2016). Functional conservation and divergence of *Miscanthus lutarioriparius* GT43 gene family in xylan biosynthesis. *BMC plant biology*, 16(1), 102.
- Hidaya, N., Kengi, H., & Kyuichi, T. (2002). Change in platelet kinetic after PSE in cirrhotic with hypersplenism. *Hepatology*, 22, 211-9.
- Yang, C., Ma, L., Ying, Z., Jiang, X., & Lin, Y. (2017). Sequence analysis and expression of a blue-light photoreceptor gene, *Slwc-1* from the cauliflower mushroom *Sparassis latifolia*. *Current microbiology*, 74(4), 469-475.
- Yang, G., Zhang, G., Pittelkow, M. R., Ramoni, M., & Tsao, H. (2006). Expression profiling of UVB response in melanocytes identifies a set of p53-target genes. *Journal of investigative dermatology*, 126(11), 2490-2506.
- Yoshida, T., & Sugano, Y. (2015). A structural and functional perspective of DyP-type peroxidase family. *Archives of biochemistry and biophysics*, 574, 49-55.
- Gomolplitinant, K. M., & Saier, M. H. (2011). Evolution of the oligopeptide transporter family. *The Journal of membrane biology*, 240(2), 89-110.
- Scheible, W. R., & Pauly, M. (2004). Glycosyltransferases and cell wall biosynthesis: novel players and insights. *Current opinion in plant biology*, 7(3), 285-295.
- Anand, S. S., Bosch, J., Eikelboom, J. W., Connolly, S. J., Diaz, R., Widimsky, P., ... & GOSSE LIN, G. (2018). Rivaroxaban with or without aspirin in patients with stable peripheral or carotid artery disease: an international, randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *The Lancet*, 391(10117), 219-229.
- Ratke, C., Terebieniec, B. K., Winstrand, S., Derba-Maceluch, M., Grahn, T., Schiffthaler, B., Street, N. R. (2018). Downregulating aspen xylan biosynthetic GT 43 genes in developing wood stimulates growth via reprogramming of the transcriptome. *New Phytologist*, 219(1), 230-245.

## <별첨작성 양식>

[별첨 1]

### 연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 국내외 유기성 버섯 배지재료의 유해성분 분석 및 안전기준 설정					
	(영문) Determination of Hazardous Substances and Establishment of Safety Criteria for Organic Mushroom Media in Domestic and Foreign Countries					
주관연구기관	국립원예특작과학원		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 국립원예특작과학원		
참 여 기 업				(성명) 이찬중		
총연구개발비 (천원)	계	550,000	총 연 구 기 간	2018. 4. 26 ~ 2020. 12 31.(2년 9월)		
	정부출연 연구개발비	550,000		총 인 원	21	
	기업부담금			총 참 여 연 구 원 수	내부인원	11
	연구기관부담금				외부인원	10
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 및 수입 버섯 배지재료의 사용실태 및 유해성분 분석</li> <li>- 배지내 유해성분의 버섯 이행관련성 및 기작 연구</li> <li>- 버섯 배지재료에 대한 주요 농약성분 안전성 기준 설정</li> <li>- 논문(비sci) 5건, 학술발표 17건, 정책활용 2건, 홍보전시 5건, 기타활용 4건, 특허출원 1건, 특허등록 1건, 수상실적 2건 등 성과목표를 초과달성하였음</li> </ul> <p>○ 연구내용 및 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (배지재료 분석) 국내외 배지재료 171점을 분석하였으며, 이중 97건(56.7%)에서 잔류농약(32종), 중금속(납) 38건이 검출되었으며, 농약 중 3건은 국내 미등록 농약(Piperonil butoxide 등)임</li> <li>- (유해물질 이행분석) 버섯 5개 품목에 대해 배지에 함유된 농약, 중금속의 자실체로 이행에 대한 분석 결과 배지재료에 함유된 농약성분은 자실체로 이행되지 않았고, 중금속도 자실체로 이행되지 않았음</li> <li>- (이행기작) 느타리버섯과 팽이버섯에 대한 중금속의 이행기작에 대한 연구로 관련 유전자 그룹과 pathway를 분석하였음</li> </ul> <p>○ 연구성과 활용실적 및 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수입 의존성이 높은 버섯 원재료에 대한 안전성 확보 및 버섯 안전생산기반 구축</li> <li>- 유해물질 관리를 통한 버섯 배지재료의 안전유통 시스템 및 수출증대 기반 구축</li> <li>- 안전한 버섯 공급으로 소비자의 식품 불안감 해소 및 버섯 소비촉진 기여</li> </ul>						

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호		318019-03	
사업구분					
연구분야	버섯		과제구분	단위	
사업명	농축산물안전생산·유통관리기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	국내외 유기성 버섯 배지재료의 유해성분 분석 및 안전기준 설정		과제유형	(기초,응용,개발)	
연구기관	국립원예특작과학원		연구책임자	이찬중	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018.4.26.~ 2018.12.31	150,000		150,000
	2차연도	2019.1.1.~ 2019.12.31	200,000		200,000
	3차연도	2020.1.1.~ 2020.12.31	200,000		200,000
	계		550,000		550,000
참여기업					
상대국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021. 1. 22

3. 평가자(연구책임자) : 이찬중

소속	직위	성명
국립원예특작과학원	농업연구관	이찬중

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

<b>확약</b>	
-----------	--

## I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

아주우수/팽이, 느타리 등 5품목에 대한 식품안전성 확보와 신뢰도 제고를 위해 유해성분의 배지 내 잔류와 자실체로의 이행성을 전 재배과정에서 확인하였고, 팽이, 느타리의 유해성분에 의한 자실체의 유전자 발현특성 구명을 위해 전사체 분석을 진행하였고, 유해물질에 의한 pathway를 예측가능하였음. 그리고 배지재료의 유해물질 안전기준 및 이행성을 구명하였음.

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

아주우수/느타리, 팽이 등 5품목에 대한 배지재료 안전기준 설정 및 유해물질 자실체 이행성 구명을 통한 버섯 안전생산에 기여함. 배지 내 유해성분에 의한 팽이, 느타리 배지 및 자실체에 대한 안전성 제고와 식품안전성 확보에 기여하였고, 버섯 배지원료에 대한 PLS에 대한 버섯분야 안전성 확보 및 중금속 등 기본 분석 필요성을 제시하였음

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

아주우수/수입배지 재료에 대한 안전성 확보가 가능하고, 생산 버섯에 대한 소비자 신뢰 및 수출버섯 안전성 확보. 팽이, 느타리 등 5품목에 대한 유해성분의 배지 내 잔류와 자실체 이행성에 대한 연구로 버섯 재배에 대한 안전성 향상 및 수입 농업부산물의 안전성 검사 기준 제시 자료로써 사용할 수 있을 것으로 판단됨

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

아주우수/당초 계획서에 기재된 연구목표 및 추진체계를 추진일정에 맞추어 성실하게 진행하였으며, 당초 계획서에 기재된 느타리,표고 등 5품목에 이용되는 배지재료의 안전기준 설정, 이행성 구명, 이행기작 등에 대한 연구를 통해 연구목표 기준치를 초과하는 성과를 달성하였음

### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

아주우수/논문(비sci) 5건, 학술발표 17건, 정책활용 2건, 홍보전시 5건, 기타활용 4건, 특허출원 1건, 특허등록 1건, 수상실적 2건 등 초과달성하였음

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
○ 국내 및 수입 버섯 배지재료의 사용실태 및 유해성분 분석	20	100	- 느타리, 표고, 새송이, 양송이, 팽이버섯 등의 국내의 배지재료에 대한 유해성 분석을 충분히 달성
○ 버섯 배지재료에 대한 주요 농약성분 안전성 기준 설정	20	100	- 배지재료에 대한 잔류농약 및 중금속에 대한 안전기준 설정하였음
○ 양송이, 큰느타리버섯 생육단계별 농약 및 중금속의 이행관련성 구명	15	100	- 양송이, 큰느타리버섯 농약 및 중금속의 이행관련성을 구명하였음
○ 느타리, 팽이버섯 생육단계별 농약 및 중금속의 이행관련성 구명	15	100	- 느타리, 팽이버섯 농약 및 중금속의 이행관련성을 구명하였음
○ 느타리, 팽이버섯 유해물질 첨가에 따른 생장단계별 유전자 발현 특성 구명	15	100	- 느타리, 팽이버섯 유해물질의 유전자 발현 특성을 구명하였음
○ 표고버섯 배지재료 및 자실체의 농약 및 중금속 분석 및 이행관련성 구명	15	100	- 표고버섯 배지재료 및 자실체의 농약 및 중금속 분석 및 이행관련성을 구명하였음
합계	100		

## III. 종합의견

### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

국내외 유기성 배지재료에 대해 유해성분의 자실체 이행 구명 및 안전기준 설정을 통한 안전한 버섯생산 기반 구축 및 수출용 버섯 클레임 발생 차단을 통한 농가 소득 증대

### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

버섯에 사용하고 있는 배지재료들은 대부분 작물을 생산하고 남는 잔류물을 수입하여 사용하고 있지만, 지금까지 재료에 대한 안전기준이나 유해성분에 대한 체계적인 분석이 이루어지지 않고 사용되어 왔음. 최근까지도 배지재료에 함유된 유해성분들이 버섯 자실체로 이행되는 지에 대해 많은 의견이 있었는데, 본 연구에서 이러한 문제점을 해결하였다는데 평가의 주안점이 되었으면 함. 그리고 부가적으로 배지재료별 유해성분에 대한 안전기준 설정 및 이행기작 구명 등에 대한 성과를 고려해 주셨으면 함

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

본 연구는 유해물질의 함량에 따른 자실체 및 배지 내 유해물질의 이행성에 대해 연구한 결과로 연구의 결과를 이용해 농축수산물 안전관리를 위한 안전기준의 설정이 가능할 것으로 판단됨. 또한 국내외 배지재료들에 대한 유해성분 분석, 이행성 구명 및 기작 연구결과에 대해서는 다음과 같이 정책활용을 하도록 하겠음

1. 버섯류에 대한 농약잔류 기준을 배지재료로 사용하는 작물의 잔류기준으로 임시 설정 건의
2. 버섯 친환경(무농약) 인증 시 버섯 자실체만 검사하도록 규제 완화 건의
3. 수입 배지재료에 대한 농약 및 중금속 안전기준 설정 건의

IV. 보안성 검토

○ 검토의견 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

○ 검토의견 없음

2. 연구기관 자체의 검토결과

○ 검토의견 없음



	(이전)											논문		학술발표	지도	양성	정책활용	홍보전시	(타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치	인증	SCI	비SCI						
												논문평균IF							
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치														40			30	10	20
최종목표												4		6			1	2	1
연간내 달성실적	1	1										5		17			2	5	4
달성율(%)	추가	추가										125		283			200	250	400

#### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	국내외 배지재료 유해성 분석 및 안전기준 설정
②	양송이, 큰느타리버섯 생육단계별 농약 및 중금속의 이행관련성 구명
③	느타리, 팽이버섯 생육단계별 농약 및 중금속의 이행관련성 확인
④	느타리, 팽이버섯 유해물질 첨가에 따른 생장단계별 유전자 발현 특성 구명
⑤	표고버섯 배지재료 및 자실체의 농약 및 중금속 분석 및 이행관련성 구명

#### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계최초	국내최초	외국기술복제	외국기술소화·흡수	외국기술개선·개발	특허출원	산업체이전(상품화)	현장애로해결	정책자료	기타
①의 기술		√						√	√	
②의 기술		√						√		
③의 기술		√						√		
④의 기술		√						√		
⑤의 기술		√						√		

\* 각 해당란에 √ 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	수입배지 재료의 안전성 확보 및 안전한 버섯생산을 통한 소비자 신뢰제고
②의 기술	양송이, 큰느타리버섯 농가의 버섯 안전성향상 및 안전성 검사 기준 제시
③의 기술	느타리, 팽이버섯의 안전생산 기반 구축 및 안전기준 제시
④의 기술	버섯 유해요인 이행 기작 구명을 통한 안전성 검사 기준에 대한 신뢰성 제고
⑤의 기술	표고버섯 농가의 안전생산 기반 구축 및 농가 소득증대

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치														40			30	10	20
최종목표												4		6			1	2	1
연구기간내 달성실적	1	1										5		17			2	5	4
연구종료후 성과창출 계획																	1		

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>			
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	실용화예상시기 <sup>3)</sup>		
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>			

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리  
 통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.