

11-1543000  
-0002420-01

발간등록번호

11-1543000-0002420-01

표고버섯  
용기재배를  
위한  
액체종균  
시스템개발  
및  
용기재배  
적합  
품종  
선발을  
통한  
사업화

**표고버섯 용기재배를 위한 액체종균 시스템 개발  
및 용기재배 적합 품종 선발을 통한 사업화**

**최종보고서**

2018. 9. .

**주관연구기관 / 청운표고(주)  
협동연구기관 / 경기도농업기술원 버섯연구소  
협동연구기관 / 산림버섯연구센터**

**2018**

**농  
림  
축  
산  
식  
품  
부**

**농 릫 축 산 식 품 부**

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “기술지원화사업”(개발기간 : 2016. 8. ~ 2018. 8.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018 . 9 . .

주관연구기관명 : 청운표고(주)	(대표자) 조해석	(인)
협동연구기관명 : 경기도원 버섯연구소	(대표자) 이영순	(인)
협동연구기관명 : 산림버섯연구센터	(대표자) 고한규	(인)

주관연구책임자 : 조해석  
협동연구책임자 : 김정한  
협동연구책임자 : 고한규

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 ..... 1  
2. 연구수행 내용 및 결과 ..... 5  
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ..... 46  
붙임. 참고 문헌 ..... 47

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

<뒷면지>

주 의

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

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연구 기 간	2017. 8 ~ 2018. 8	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계 )
연구 사업 명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	표고버섯 용기재배를 위한 액체종균 시스템 개발 및 용기재배 적합 품종 선발을 통한 사업화			
연구 과제 명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	표고버섯 병재배 자동화 생산을 통한 대량 생산 시스템 구축			
연구 책임 자	조해석	해당단계 참여연구원 수	총: 19 명 내부:   명 외부:   명	해당단계 연구개발비	정부: 170,000천원 민간: 42,500 천원 계: 212,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 19 명 내부:   명 외부:   명	총 연구개발비	정부: 340,000천원 민간: 85,000 천원 계: 425,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	청운표고(주) 경기도농업기술원 버섯연구소 산림조합중앙회 산림버섯연구센터			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위 탁 연 구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 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		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

- |  |               |
|--|---------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 병재배 기술확립을 통한 에너지 절감 및 연중재배 실현</li> <li>○ 기후변화 대응 및 병재배 버섯의 안정적 표고생산</li> <li>○ 품질인증관리 및 안정적 재배기술 확립을 통한 소비자 신뢰 제고</li> <li>○ 수입 대체효과를 통한 표고배지 안전성 문제 해결</li> <li>○ 표고 병재배의 실용화 재배기술 보급</li> <li>○ 병재배 톱밥재배 표준화 모델 및 메뉴얼 보급</li> </ul> | <p>보고서 면수</p> |
|--|---------------|

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 표고버섯 병재배 일괄 생산시스템 구축을 위한 기술 개발</li> <li>○ 병 재배 생산 시스템에 적합한 액체 종균 제조 기술 개발</li> <li>○ 표고버섯 병재배 품종선발 및 실증시험</li> </ul>				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 봉지에서 벗어난 병재배 재배기술 개발을 통한 국제경쟁력 강화</li> <li>- 임가소득의 고품질, 생산성 향상용 품종 및 재배기술 보급</li> <li>- 재배방법별, 품종별 표준화 재배매뉴얼 보급</li> <li>- 병재배를 통한 연중 생산기술 확립 및 대량생산시스템 구축</li> <li>- 귀농자 재배유도 및 고용 증대로 버섯산업의 활성화</li> <li>- 연중생산 체제 확립으로 표고가격의 시장 안정성 확보</li> <li>- 병재배 표준 모델을 통한 표고재배 임가의 이윤 창출과 함께 수입대체 효과</li> </ul>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농가소득 증대 / 지역경제 활성화(일자리 창출)</li> <li>○ 표고버섯의 수출효자 품목으로 육성             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생산효율 향상으로 경쟁국 대비 약 20% 가격경쟁력 확보</li> </ul> </li> <li>○ 매출 신장 및 고용창출 효과 도모</li> </ul>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	표고버섯	병재배	대량생산	자동화	생산성
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<i>Lentinus edodse</i>	Bottle cultivaiton	Mass production	Automation	Productivity

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

# 1. 연구개발과제의 개요

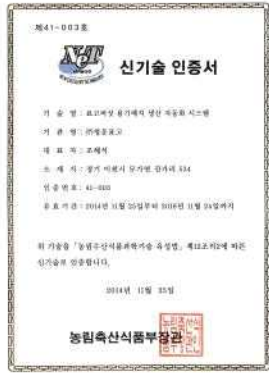
## 1-1. 연구개발 목적

- 국내 표고버섯 생산량은 '14년기준 19,398톤으로 금액으로 1,860억원이며 원목재배는 점점 감소하나 톱밥재배는 증가하고 있음
- 표고버섯은 수요대비 공급량이 부족하여 '14년 중국에서만 약17,507톤(51,382천\$), 국내 표고버섯 생산량의 90%이상 수입되고 있어 국내 생산기반 확충이 시급함
- 기존 톱밥 봉지생산 방식은 단위시간당 생산성이 낮고 인력이 많이 투입되어 생산효율이 낮아 생산량을 증대시키기에는 한계가 있음
- 표고버섯 병재배 자동화에 의한 배지를 생산하기 위한 입병, 살균 및 배양 시스템은 구축하였으나 자동 접종기 및 세척기 개발이 이루어지지 못함
- 표고버섯 병재배 안정생산을 위한 적합 품종, 적정 입병량 및 배양방법 등이 추가 구명되어야 함
- 병재배 생산 배지의 농가 확대 보급을 위해서 실증재배를 통해 생산성과 경제성을 구명해야 함



<병재배 자동화 시스템>

- 표고버섯 재배용 용기 및 그를 이용한 표고버섯의 자동화 재배 방법에 관한 것으로, 배지제조에 투입되는 시간, 인력, 비용 및 노동 강도를 현저히 절감할 수 있고 표고버섯의 자동화를 통해 수율향상, 작업효율 및 생산성을 높일 수 있는 버섯 재배용 용기 및 자동화 재배 시스템임



2014년 농림식품신기술인증 NET  
(농림축산식품부장관)



2015년 농수산물품질창업콘테스트 준우승



버섯재배용기



자동화 기계 시스템

○ 본 기술에 의해 생산되는 표고버섯 배지는 중국에서 특히 많이 수입되고 있는 장타원형의 배지와 유사하기 때문에, 수입 대체 효과가 높을 것으로 기대됨



중국 수입배지(장타원형)



표고 병재배(개발기술)



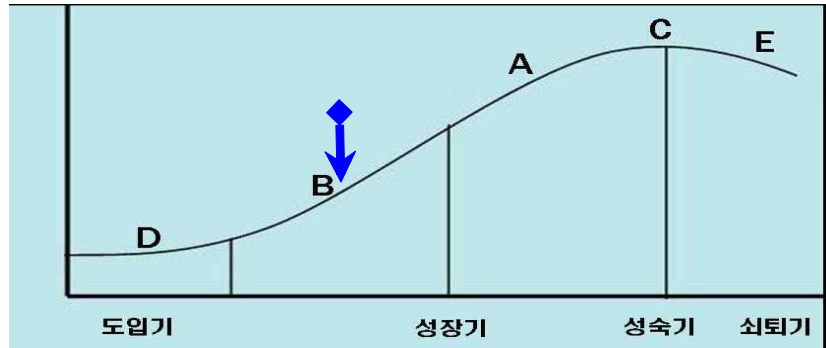
표고 병재배 생산배지(개발기술)

○ 본 기술은 표고버섯 병재배 자동화시스템에서 핵심적인 재배용기와 혼합 및 자동입병기 등의 개발이 완료되고 특허등록 되었음

○ 표고버섯 병재배 자동화 시스템은 본 농장에 설치되어 시험 운영중에 있으며, 자동 접종



기 개발 등 일부 미비점만 보완된다면 표고 배지 대량생산을 통한 급격한 성장기에 접어들 것으로 판단됨



## 1-2. 연구개발의 필요성

- 표고버섯은 농산버섯을 포함하여 버섯사업중에서 생산액 1위, 생산량 3위를 차지하는 주요한 임산버섯으로서 임가의 중요한 소득작목이다.
  - 생산액(억원) : 표고(2,230) > 새송이(1,572) > 양송이(1,521)
  - 생산량(천톤) : 팽이(53) > 느타리(45) > 새송이(44) > 표고(40)
- 표고버섯은 렌티난이라는 성분을 함유하고 있어 항암, 고혈압예방 등의 효능이 세계적으로 인정되고 있으며, 국민소득 향상과 함께 그 소비가 지속적으로 증가하는 추세
  - 국민1인당 표고 소비량(kg) : ('10) 1.18 → ('20) 1.35
- 그러나 현재 자급률이 42%로 매우 낮은 수준이며, 수요량의 58%는 중국에서 수입하고 있는 실정임.
- 한·중 FTA체결로 관세가 인하 될 경우 중국산 표고의 수입량이 급증하고 특히, 국민 건강 등을 위해 수입산에 대하여 중금속, 잔류농약 등에 대한 검증이 필수적으로 시행되어야 함.
- 표고재배의 세계적인 추세는 생산성 향상을 위하여 원목재배에서 톱밥 재배로 전환하고 있으나 우리나라는 아직 원목재배에서 톱밥재배방식의 변화가 늦은편으로 빠른 변화가 필요함
  - 톱밥재배 비율 : 중국·대만 98%, 일본 80%, 한국 50%
- 따라서 생산성향상 등을 위해 원목재배에서 톱밥재배로 전환하는 임가가 늘어나면서 재배 규모는 급증하고 있으나 병재배 및 재배시설, 방법 등 표준화 모델 및 매뉴얼이 없어 실패율이 매우 높음.
- 기후온난화 등 이상기후에 대응하기 위해서는 재배환경 변화에 알맞은 신품종 개발, 생산량 감소와 품질을 저하시키는 원인 규명과 표고를 연중 생산할 수 있는 병재배 모델 개발이 시급함.

- 또한 2011년에는 8,257톤이 중국에서 톱밥배지가 수입되어 재배하고 있으나, 중금속, 잔류농약 등에 대한 검증 없이 재배하고 있어 국민건강 등에 위협요인으로 작용하고 있으므로 이를 방지하기 위한 검증시스템 구축이 필요
- 품질이 검증되지 않은 중국산 톱밥배지가 무분별하게 수입되어 재배실패로 인해 임가에 막대한 피해가 발생
- 한·중 FTA로 중국산 표고의 대량 유입시 중금속, 잔류농약 등에 대한 검증이 필수적으로 시행되어야 국민 건강과 표고생산임가 보호대책이 시급함.

1-3. 연구개발 범위

○ 연구개발 범위			
구 분	주관기관 (청운표고)	제1협동기관 (경기버섯연구소)	제2협동기관 (산림버섯연구센터)
1차년도 (2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 액체 종균 배양시스템 구축</li> <li>- 액체종균 접종기 개발</li> <li>- 특허 출원 1건</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 병재배 시스템에 적합한 종균 제조 기술 개발</li> <li>- 배지조성, 통기량 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 병재배 품종선발</li> <li>- 실증시험을 통한 최적 재배 방법 규명</li> </ul>
2차년도 (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 액체 종균 배양시스템 구축 2차분</li> <li>- 시작기 제작 시연</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 액체 종균제조 기술 현장적용 및 생산성 검증</li> <li>- 연구성과 학술발표 1건, 학술 논문 1건</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실증시험을 통한 최적 품종선발</li> <li>- 연구자료 학술 발표 1건</li> <li>- 홍보 및 교육 1건</li> </ul>

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### <주관기관 - 청운표고>

#### 1차년도-액체종균 자동 접종기

##### 가. 표고버섯 병재배 자동화 시스템

- 표고버섯의 자동화를 통해 배지제조부터 접종까지 시간, 인력 등을 현저히 절감할 수 있고 작업효율 및 생산성을 높일 수 있는 재배 시스템임
- 표고버섯 병재배 자동화를 위해 배지 입병, 살균 및 배양 시스템은 구축하였으나 자동 접종기 개발이 이루어지지 못함



버섯재배용기

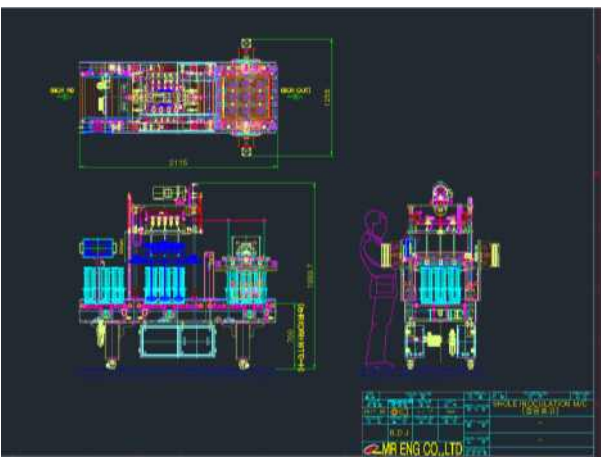


자동화 배지 입병 시스템

- 개발 버섯 재배용기 및 자동화 입병 시스템

##### 나. 액체종균 자동 접종기

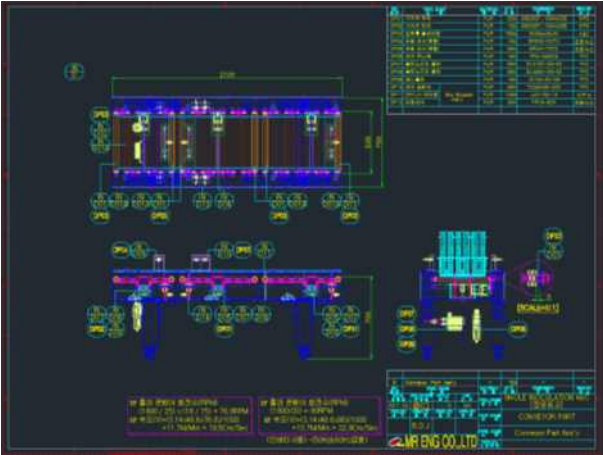
- 메인 프레임부, 컨베이어부(이송부), 노즐 스프레이부, 마개 개폐부 등
- 접종기 도면



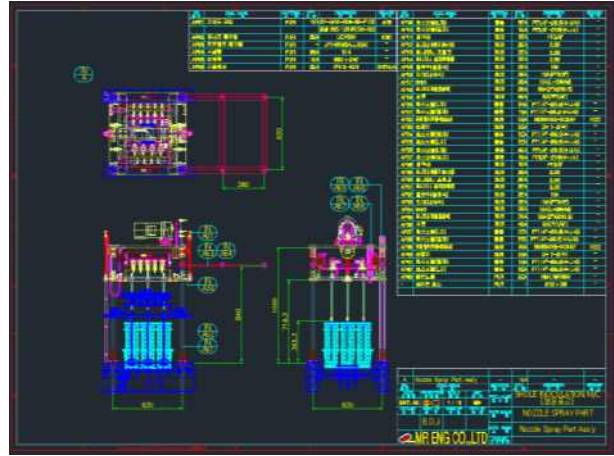
9홀 접종 도면



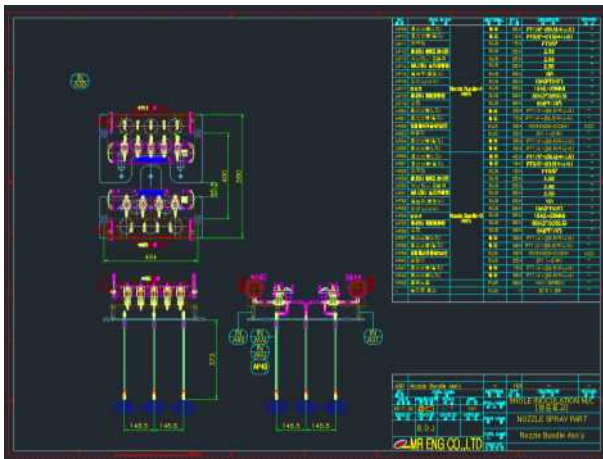
메인 프레임



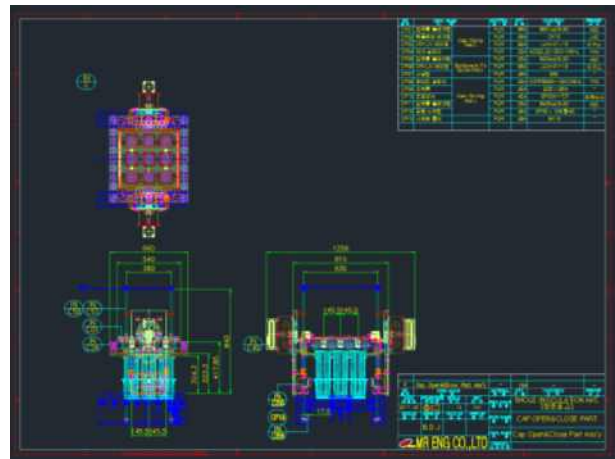
컨베이어 파트



노즐 스프레이 파트



노즐



마개 개폐 장치

다. 자동액체 종균 접종기 주요특성

- 액체종균 자동접종기에 의한 접종 속도는 분당 27명으로 4,000명 접종시 약2시간 30분 소요
- 노즐 상하운동 3회 분사를 통해 병 내부에 종균을 골고루 분사할 수가 있어 배양기간 단축이 기대가 됨
- 병당 분사량은 약80mL이며 350L액체 탱크 배양시 4,000명 접종이 가능함

라. 액체중균 자동 접종기 시제품 제작



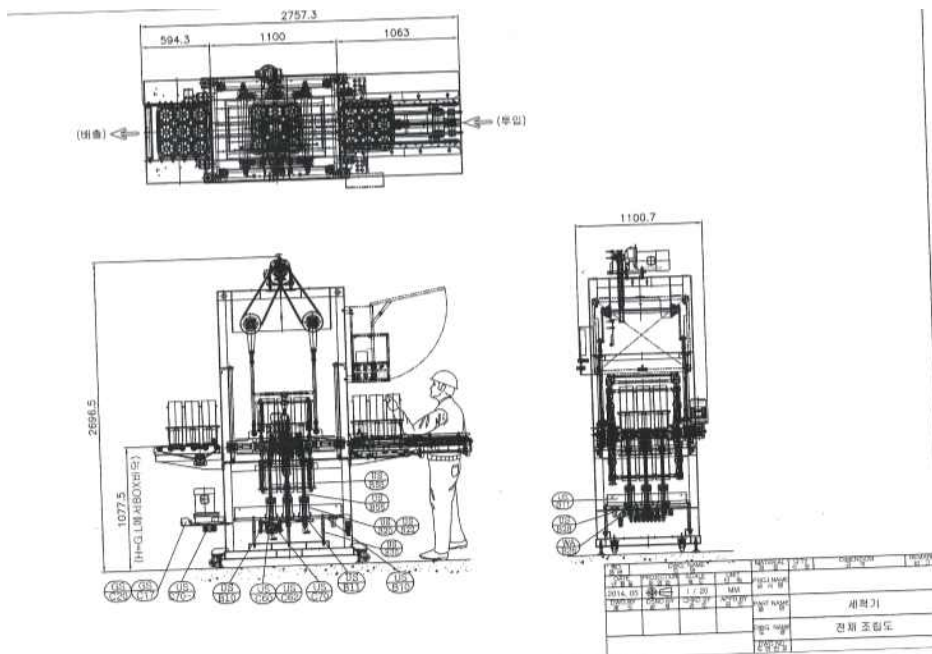
액체중균 자동 접종기



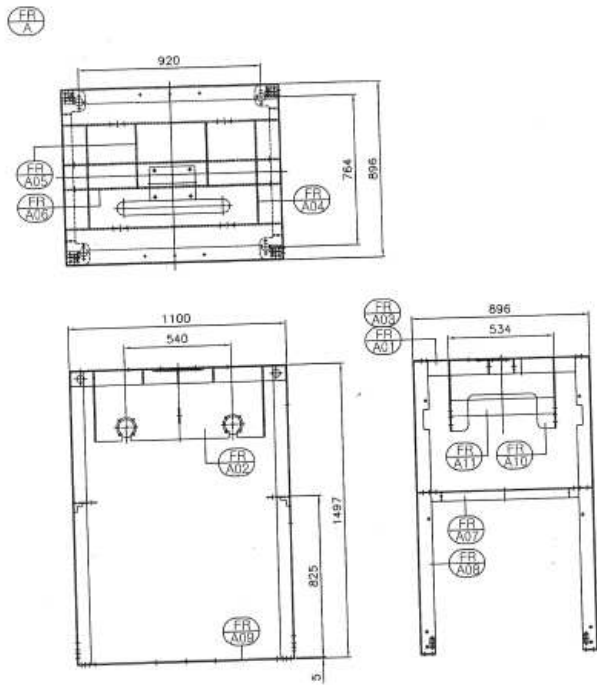
노즐 분사 파트

2차년도 -버섯재배 용기(병)자동 세척기

가. 표고버섯 배지 자동화 라인을 통하여 배지 완성후 사용한 용기를 재사용하기 위하여 사람이 하나 하나 세척을 하여야 하나 자동화를 함으로써 용기 세척에 따른 시간, 인력등을 현저히 절감할수 있다.



용기 세척기 전체 조립도

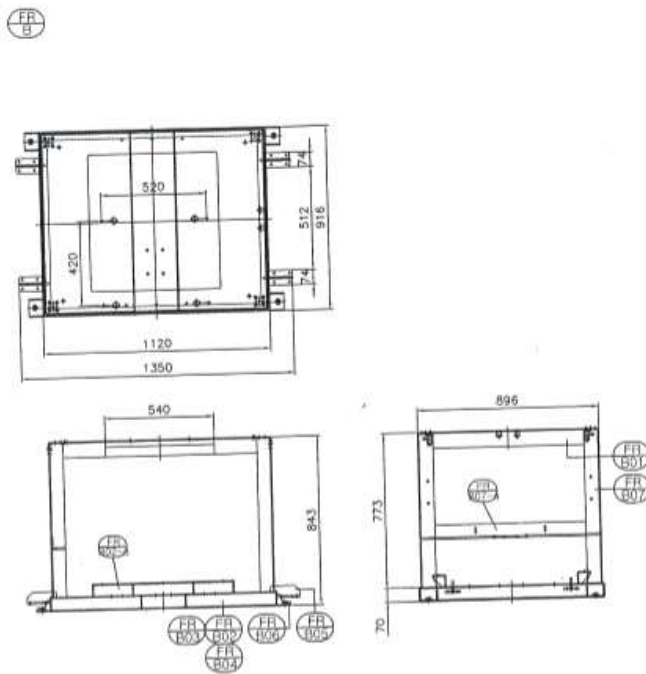


**\*NOTICE\***

- 일반공차의 적용 :
  - 공차치 않은 치수규격은 일반공차 & 구멍 & TAP인 치차공차(±0.1), PINHOLE 치차공차(±0.02)를 적용한다.
  - 치차없는 호차기(C 0.5~R1) & 라운드(R 0.5~R1)로 표시.
- 재관작성 적용 :
  - 용접 후 날카로운 부위를 용접솔리시를 반드시 제거한다.
  - 각종 구조물의 치차인공차는(1~1.5/1000) 이내로 할 것.
  - 용접은 단공차 할 것.
- 호차기(호용) : 용접후 제거소부포함(#5771)발의!

FR-A	상부 프레임 Assy	SS400	1EA	-	-
NO	입력	입력	입력	입력	입력
2014.05	2014.05	2014.05	2014.05	2014.05	2014.05
100000	100000	100000	100000	100000	100000
				명 세 령 기	
				프레임 PART	
				상부 프레임 Assy	

상부프레임



**\*NOTICE\***

- 일반공차의 적용 :
  - 공차치 않은 치수규격은 일반공차 & 구멍 & TAP인 치차공차(±0.1), PINHOLE 치차공차(±0.02)를 적용한다.
  - 치차없는 호차기(C 0.5~R1) & 라운드(R 0.5~R1)로 표시.
- 재관작성 적용 :
  - 용접 후 날카로운 부위를 용접솔리시를 반드시 제거한다.
  - 각종 구조물의 치차인공차는(1~1.5/1000) 이내로 할 것.
  - 용접은 단공차 할 것.
- 호차기(호용) : 용접후 제거소부포함(#5771)발의!

FR-B	하부 프레임 Assy	SS400	1EA	-	-
NO	입력	입력	입력	입력	입력
2014.05	2014.05	2014.05	2014.05	2014.05	2014.05
100000	100000	100000	100000	100000	100000
				명 세 령 기	
				프레임 PART	
				하부 프레임 Assy	

하부프레임

#### 나. 용기 자동 세척기 주요특성

- 용기에서 배지를 꺼냄과 동시에 세척함으로써 이물질 제거와 세척에 용이함
- 한번에 9병을 세척함으로써 시간 및 인력절약

다. 버섯재배 용기 사용후 자동세척기 시제품 제작



#### <협동연구기관-1 - 버섯연구소>

국내 표고 생산량은 2016년 현재 24,014MT이고 생산액은 2,379억원으로 버섯 가운데 단일 품목으로는 가장 높다. 표고는 수요에 비하여 공급이 부족하여, 중국으로부터 종균이 집중되어 군사배양이 완료된 배지가 2016년에만 43,904톤이 수입되었다. 따라서 국내 표고버섯의 자급률을 높이기 위해서는 생산 기반 확충이 시급한 실정이다.

버섯 종균은 종균을 구성하는 배지의 종류에 따라 크게 톱밥종균, 액체종균 등으로 나누어진다. 또한 버섯 재배에 영향을 미치는 여러 가지 환경요인 중 종균의 활력이 중요하며, 그 활력을 유지하는데 있어서 고체종균보다 액체종균이 유리하고(Hong *et al.*, 2003), 액체종균은 톱밥종균에 비하여 배지에 군사를 신속하게 활착하게 하며, 군사생장을 균일하게 한다고 보고되고 있다(Shim *et al.*, 2014).

표고 재배에서 액체종균은 톱밥배지중 군사생장속도가 빨라 톱밥종균 접종으로 120일 소요되는 톱밥배지 생산기간이 90일로 단축되었다고 보고되었으며(Kawai *et al.*, 1996), Lee 등(2006)은 종균 종류에 따른 표고 생산성을 비교한 결과, 액체종균의 생산성이 떨어지는 것으로 나타났다고 하였다. 그럼에도 불구하고, 표고버섯 재배시 생력화와 생산량 증대를 위해서는 큰느타리, 팽이버섯 재배처럼 액체종균의 활용기술 개발이 필요할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 표고 액체종균의 군사 활력과 군사체 생산성을 높이기 위하여 대두박분에 참나무분을 첨가한 액체종균을 개발하고자 하였다.

## <1차년도>

### 가. 참나무분 첨가 액체종균의 균사생장 및 효소활성

본 연구에 사용한 표고 시험균주는 산조701호로서 Potato Dextrose Agar (PDA) 배지에 배양한 후 사용하였다. 액체종균은 물 1l에 탈지 대두박분 3g, 설탕 30g, KH<sub>2</sub>PO 0.5g, MgSO<sub>4</sub> 0.5g에, 식용유 3ml을 첨가하여 대두박분 배지를 제조하였다. 여기에 입도가 850 $\mu$ m 이하인 참나무분을 대두박분 배지에 0.3, 0.6, 0.9, 1.2%(w/v)를 첨가하고 121 $^{\circ}$ C에서 20분간 살균하였다. 배지가 식은 후 페트리디쉬에서 생장한 표고 균사체를 수술용 메스로 2~3mmmm의 사각형 크기로 잘라 접종한 후 진탕배양기에서 배양온도 25 $^{\circ}$ C, 진탕속도 150 rpm으로 14일 동안 액체배양을 한 후 배양된 균사체는 80 $^{\circ}$ C에서 48시간 건조하여 건조중량을 측정하였다.

고체배지에서의 균사생장속도 조사는 참나무톱밥과 미강을 80:20(v/v)으로 혼합하고 수분함량이 60% 되도록 조절한 후 직경 20mm, 길이 200mm되는 유리시험관에 넣어 121 $^{\circ}$ C에서 40분간 살균한 다음 참나무분 첨가 액체종균 처리별로 접종한 후 21 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C의 항온실에서 20일간 배양시키면서 균사생장 길이를 측정하였다.

Laccase활성은 무기물 혼합 농축액(K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 2.0g, KCl 2.0g, MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 2.0g, 증류수 1l, pH 6.0) 50ml와 ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbthiazoline-6-sulfonic acid) 0.5487g, Bacto Agar 15.0g을 혼합한 후, 증류수를 가해 배지 1l를 제조하고 높이 15mm, 직경 85mm되는 페트리디쉬에 20ml씩 분주하여 ABS Agar Plate를 제조하였다. 여기에 액체종균 처리별로 Plate 중앙에 표고 시험균주를 접종한 후, 25 $^{\circ}$ C에서 5일간 암조건에서 배양한 후 시험균주를 중심으로 청록색으로 나타나는 발색환의 직경을 측정하였다.

셀룰로오스 분해 효소의 활성은 Jeon과 Ka(2014)의 방법에 따라 직경이 85mm 되는 CMC Agar Plate(NaNO<sub>3</sub> 2.0g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1.0g, MgSO<sub>4</sub> 0.5g, KCl 0.5g, Carboxymethylcellulose Sodium Salt 2.0g, Peptone 0.2g, Agar 15.0g, 증류수 1l, pH 6.0)를 제조한 후 CMC Agar Plate 중앙에 시험 균주를 접종하여 25 $^{\circ}$ C에서 8일간 배양하고, Gram's Iodine Solution(KI 2.0g, I<sub>2</sub> 1.0g, 증류수 300ml)을 배지 중앙에 3ml씩 떨어뜨려 고르게 분산시킨 후, 암조건에서 2시간 동안 상온에 방치 한 후 투명환의 직경을 측정하였다.

### 나. 통기량에 따른 참나무분 첨가 액체종균의 CO<sub>2</sub> 발생량 및 균사 성장량

표고 액체종균 배양에 필요한 적정 통기량을 조사하기 위하여 Jang 등(2010)의 방법에 따라 실시하였다. 액체종균 제조는 대두박분 배지에 참나무분을 부피대비 중량비로 0.3%를 첨가하고 121 $^{\circ}$ C에서 60분간 살균 한 후 배지를 냉각시킨 다음 시험균주 접종원을 부피대비 중량비로 배지량의 2%로 접종한 후 통기량을 유량계를 이용하여 분당 0.3, 0.6, 0.9,



1.2vvm(vessel volume per minute)으로 조절한 후 25℃에서 12일간 3반복으로 배양하였으며 처리구별 이산화탄소 발생량은 액체배양 중 공기가 배출되는 부분에 Gas Data PAQ(Gas data Ltd.)를 부착하여 배양일별로 조사하였다. 통기량에 따른 액체중균의 배지 증발량을 조사하기 위하여 시험균주 접종원을 접종한 직후의 액체중균 배지량을 측정하고, 균사배양이 완료되는 시점의 배지량을 측정하여 그 차이를 산출하였으며, 균사배양 완료 후의 건조균사체량은 80℃에서 48시간 건조하여 건조중량을 산출하였다.

#### 다. 배양기간에 따른 참나무분 첨가 액체중균의 CO<sub>2</sub> 발생량 및 균사생장량

참나무분을 첨가한 표고 액체중균의 적정 배양기간을 구명하기 위하여 대두박분 배지에 참나무분 0.3%를 첨가하고 통기량을 0.6vvm으로 조절하여 25℃에서 배양기간을 3, 7, 10, 14, 17, 21일째로 구분하여 배양하며 이산화탄소 발생량과 건조균사체량을 조사하였다. 이산화탄소 발생량은 액체배양 중 공기가 배출되는 부분에 Gas Data PAQ(Gas data Ltd.)를 부착하여 측정하고, 건조균사체량은 80℃에서 48시간 건조하여 건조 중량을 산출하였다.

#### 라. 선발된 액체중균의 자실체 생산성 비교

표고 액체중균의 생산성을 톱밥중균과 비교하기 위하여 톱밥봉지재배용 배지는 참나무톱밥과 미강을 부피비율로 85:15로 혼합하여 배지수분을 60%로 조절한 다음 Polypropylene 봉지에 1.2kg씩 입봉하여, 121℃에서 90분간 살균, 냉각 후 액체중균과 톱밥중균을 접종하였다. 이 때 사용한 액체중균은 대두박분 배지에 참나무분 0.3%를 첨가하여 통기량 0.6vvm에서 10일간 배양하여 사용하였고, 톱밥중균은 참나무톱밥과 미강을 부피비율로 80:20으로 혼합한 배지에 표고 균을 접종한 다음 약 30일간 배양한 종균을 사용하였으며 접종량은 두 처리 모두 배지 무게의 2%를 접종하였으며 20℃±1로 조절된 배양실에서 배양하면서 배양 소요일수를 조사하였고, 갈변 유도를 위하여 200lux 이상의 명배양을 하였으며 봉지 하단부 위까지 갈변이 완료된 시점을 갈변기간으로 산출하였다. 생육기간은 갈변이 완료된 배지가 17±3℃로 조절된 생육실로 옮겨진 후 부터 수확시까지를 산출하고 총 재배기간은 균사배양, 갈변, 생육기간을 합쳐 산출하였다. 자실체 개체수는 봉지당 유효 발생수를 조사하고, 수량은 각 처리당 9봉지씩 1회 조사를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 가. 참나무분 첨가 표고 액체종균의 군사생장 및 효소활성

참나무분 첨가율별 표고 액체종균의 군사생장 속도를 톱밥배지를 이용한 시험관에서 시험한 결과는 표 1과 같다. 종균접종 후 군사배양 20일째 군사생장 속도는 PDB배지 종균은 117.1mm, 대두박분 액체종균(SMM)은 112.7mm, 참나무분 첨가 대두박분 액체종균은 112.0~119.0mm으로 나타났다. 참나무분 첨가에 따른 액체종균의 군사생장 속도는 톱밥배지를 이용한 시험관에서 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 1. 참나무분 첨가 대두박분 배지의 표고 군사생장 속도

처리내용	군사생장길이(mm) <sup>b</sup>
Potato Dextrose Broth(PDB)	117.1±6.65
대두박분배지 <sup>a</sup>	112.7±5.65
참나무분 0.3% + 대두박분배지	114.8±3.51
참나무분 0.6% + 대두박분배지	119.0±9.40
참나무분 0.9% + 대두박분배지	113.0±3.58
참나무분 1.2% + 대두박분배지	112.0±5.60

<sup>a</sup> 대두박분배지 : soybean meal 0.3%, sugar 3%, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.05%, MgSO<sub>4</sub> 0.05%, edible plant oil 0.3%, water 1L

<sup>b</sup> Values are mean±SD of three replicates.

참나무분 첨가 수준별 표고 대두박분 액체종균 pH 변화 및 군사생장량을 측정하였다(표 2). pH 변화를 살균 전과 살균 후에 조사한 결과, Potato Dextrose Broth(PDB) 배지는 5.08로 변화가 없었고 대두박분 액체종균은 살균 전 5.77에서 살균 후 5.91로 약간 높아졌으며 대두박분 액체종균은 참나무분 첨가율이 증가할수록 살균 전 pH가 낮아져서 5.83~5.63으로 나타났으며, 살균 후 pH도 5.73~5.35로 낮아졌으며 참나무분 첨가율별 모두 살균 전에 비하여 살균 후 다소 낮아졌다.

군사체 건조량은 참나무분 0.6%와 0.3% 첨가구가 각 553mg, 457mg으로 높게 나타났으며, PDB배지와 대두박분 액체종균은 각 230mg, 279mg으로 나타났다. 참나무분이 0.9% 이상 첨가된 처리구에서는 군사체량이 매우 감소되었는데 이는 액체종균 배양 시 적정 비율 이상의 참나무분을 첨가할 경우 오히려 군사의 생장과 증식을 억제하였을 것으로 생각되었다.

표 2. 참나무분 첨가 액체종균의 pH 변화 및 건조 균사체량

처리내용	살균전 pH	살균 후 pH	건조 균사체량(mg)
Potato Dextrose Broth(PDB)	5.08	5.08	230 <sup>bc</sup>
대두박분배지 <sup>a</sup>	5.77	5.91	279 <sup>b</sup>
참나무분 0.3% + 대두박분배지	5.83	5.73	457 <sup>ab</sup>
참나무분 0.6% + 대두박분배지	5.76	5.58	553 <sup>a</sup>
참나무분 0.9% + 대두박분배지	5.67	5.48	151 <sup>c</sup>
참나무분 1.2% + 대두박분배지	5.63	5.35	189 <sup>c</sup>

a-c DMRT at 5%

버섯균은 대부분은 목재 부후성 균으로 Lignin과 Cellulose를 분해하여 생육에 필요한 영양분을 얻으며 살아가며, 이때 Laccase와 Cellulase는 매우 중요한 효소로 작용한다. 참나무분 첨가 율별 표고 액체종균의 리그닌 분해력을 알아보기 위하여 ABTS Agar Plate에서 Laccase 활성을 발색환으로 측정한 결과(표 3), 참나무분 첨가 대두박분 액체종균 처리구의 발색환이 49.7~50.3mm로 첨가별 차이는 보이지 않았으나, 대두박분 액체종균의 53.6mm에 비하여 다소 낮았으며 PDB 배지는 40.4mm로 대두박분 액체종균에 비하여 현저하게 낮았다.

섬유소 분해력 조사를 위하여 Carboxymethylcellulose(CMC)를 기질로 한 고체 평판배지(CMC Agar Plate)에 CM-cellulase 활성을 투명환으로 측정한 결과(표 3), 참나무분 0.3%를 첨가한 대두박분 액체종균 처리구가 투명환이 26.4mm로 가장 우수하였고, 대두박분에 참나무분 0.9%를 첨가한 대두박분 액체종균 처리구가 22.0mm, 참나무분 0.6% 및 1.2%를 첨가한 대두박분 액체종균 처리구가 약 17mm 순으로 나타났으며 PDB 배지는 활성이 다른 처리구들에 비하여 낮았다. 이는 표고버섯균은 균사 생장에 필요한 영양소를 감자가 주재료로 포함된 PDB는 비교적 쉽게 이용할 수 있으나, 대두박분을 첨가한 액체종균 및 대두박분에 참나무분이 첨가율별로 첨가된 액체종균들은 Lignin 및 Cellulose의 분해를 위하여 Laccase와 Cellulase의 분비가 촉진되어 이와 같은 결과가 나타난 것으로 판단되었다.

표 3. 참나무분 Laccase 및 CM-cellulase 활성

처리내용	Laccase activity (mm/5days) <sup>a</sup>	CM-cellulase activity (mm/8days) <sup>b</sup>
Potato Dextrose Broth(PDB)	40.4±2.67	15.3±1.10
대두박분배지 <sup>a</sup>	53.6±1.44	22.8±2.71
참나무분 0.3% + 대두박분배지	49.7±1.27	26.4±1.33
참나무분 0.6% + 대두박분배지	50.1±1.58	17.9±1.57
참나무분 0.9% + 대두박분배지	50.7±3.27	22.0±2.52
참나무분 1.2% + 대두박분배지	50.3±3.16	17.2±2.89

a Laccase activity was determined by the diameter of chromogenic(blue-green) zone.

b CM-cellulase activity was determined by the diameter of cellulolytic zone.

Values are mean±SD of three replicated.

#### 나. 통기량에 따른 CO<sub>2</sub> 발생량 및 균사생장량

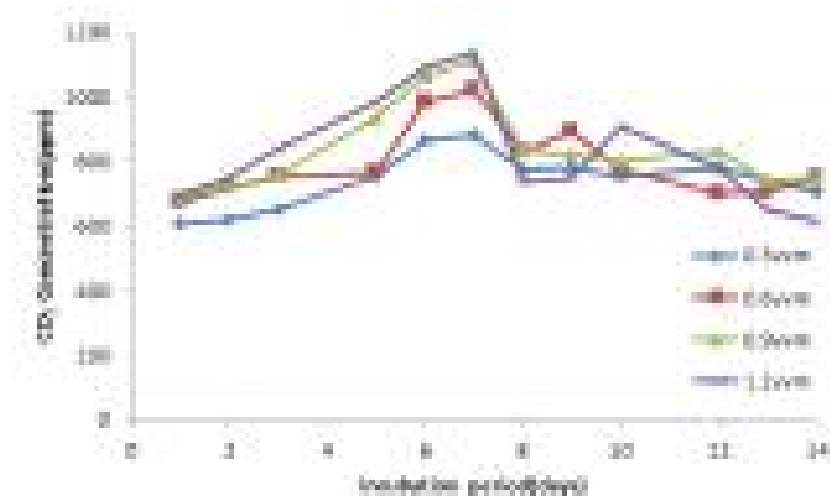


그림 1. 통기량에 따른 표고 액체종균의 CO<sub>2</sub> 농도 변화

대두박분 배지에 참나무분 0.3%를 첨가한 표고 액체종균을 사용하여 배양일수 경과에 따른 통기량별 이산화탄소 발생량을 조사한 결과(Fig. 1), 모든 통기량 처리구에서 배양 7일째 까지 이산화탄소 농도가 증가하다가 그 이후에 감소하는 경향을 나타내었으며 통기량이 증가할수록 이산화탄소 발생량도 증가한 것으로 나타났다. Jang 등(2010)에 따르면 잣버섯 액체배양시 배양일수가 경과할수록 이산화탄소 발생량이 증가하고 6~7일경에 최고치에 도달한다고 하였는데 본 시험에서도 유사한 경향이 나타나서 표고 액체종균의 균사생장은 배양 6~7일경에 가장 활발하게 이루어지는 것으로 판단되었다.

표 4. 통기량에 따른 표고 액체중균의 수분증발율, 균사체 입자크기, 건조 균사체량

통기량 (vvm)	수분증발율 (%) <sup>a</sup>	균사체 입자크기 (mm)	건조 균사체량 (g/ℓ)
0.3	18.2±1.52 <sup>b</sup>	4.9±0.27	2.7±0.10
0.6	32.3±1.74	3.2±0.59	3.5±0.11
0.9	46.0±2.31	3.2±0.08	3.9±0.06
1.2	56.9±0.76	2.7±0.33	4.3±0.17

<sup>a</sup> 초기 액체중균 배지량/최종 액체중균 배지량×100

<sup>b</sup> Values are mean±SD of three replicated.

대두박분 배지에 참나무분 0.3%을 첨가한 표고 액체중균을 통기량별 배지 증발량, 균사체 입자크기, 건조균사체 중량을 조사한 결과(Table 4), 통기량이 많을수록 배지 증발량도 증가하였으며, 특히 1.2vvm 처리구에서는 증발과정에서 배지 고형분이 배양 용기의 내부 벽면에 많이 부착되는 것이 나타났다. 배지 균사체의 입도는 통기량이 증가할수록 감소되는 경향이었으며 균사체의 건중량도 통기량이 증가할수록 왕성하여 0.3vvm 처리구에서 2.7g, 1.2vvm 처리구에서 4.3g까지 증가하는 것으로 나타났다. Jang 등(2010)이 잣버섯 액체중균 배양 시 통기량이 감소할수록 균사체량이 감소하였는데 이는 배양액내의 용존산소의 부족으로 인한 것으로 보고하였는데 본 연구에서도 이와 유사한 결과를 나타내었으며 0.9vvm 이상의 통기량은 배지 증발률이 증가하여 액체중균 배지가 매우 감소되었다. 따라서 본 연구에서는 표고 액체중균의 적정 통기량으로서 액체중균 배지 증발율이 감소되고 ℓ 당 균사체 생산량이 3.5g인 0.6vvm 처리구가 선발되었다.

#### 다. 액체중균 배양기간에 따른 CO<sub>2</sub>농도 변화 및 균사 성장량

대두박분 배지에 참나무분 0.3%을 첨가한 표고 액체중균의 적정 배양기간을 구명하기 위하여 배양기간에 따른 이산화탄소 발생량과 균사체의 건중량을 측정한 결과(Table 5), 이산화탄소 발생량은 배양 7일째에 1,297ppm으로 최대치를 보이며 14일째까지 지속되다가 그 이후에 급격히 감소되는 것으로 나타났다. 균사체 건중량은 7일째 급격히 증가하기 시작하여 배양 10일째 3.0g으로 최대치를 보이다가 배양 17일째 이후 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 표고 액체중균의 적정 배양일수로서 균사체 건중량이 가장 많은 10일이 선발되었다.

표 5. 배양기간에 따른 표고 액체종균의 CO<sub>2</sub> 농도 변화 및 건조 군사체량

배양기간(days)	CO <sub>2</sub> 농도(ppm)	건조 군사체량(g/ℓ)
0	772	0
3	890	1.4
7	1,297	2.3
10	1,115	3.0
14	1,039	2.4
17	895	1.8
21	700	1.8

#### 다. 선발된 액체종균의 자실체 생산성

참나무분을 첨가한 표고 액체종균의 생산성을 톱밥종균과 비교하기 위하여 대두박분 배지에 참나무분 0.3%를 첨가한 표고 액체종균으로 시험을 수행한 결과(Table 6), 군사배양기간과 갈변기간은 각각 30일, 57일로 차이가 없었으나, 자실체 생육기간에서 액체종균이 9일로 톱밥종균에 비해 1일 지연되었으며, 총 재배기간은 액체종균은 97일 톱밥종균은 96일로 나타났다. 그러나 봉지당 유효 개체수와 수량은 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 6. 표고 액체종균과 고체종균의 생산성 비교

종균형태	배양기간 (일)	갈변기간 (일)	자실체 발생기간 (일)	재배기간 (일)	유효경수 (개/봉지)	수량 (g/1.2kg)
개발 액체종균	30	57	10	97	4	153 <sup>a</sup>
고체종균	30	57	9	96	4	157 <sup>a</sup>

a DMRT at 5%

## <2차년도> - 개발 액체종균의 생산실증

### 가. 액체종균 생산실증

표고 액체종균의 생산성을 톱밥종균과 비교하기 위하여 톱밥봉지재배용 배지는 참나무톱밥과 미강을 부피비율로 85:15로 혼합하여 배지수분을 60%로 조절한 다음 Polypropylene 병에 2.5kg씩 충전하여, 121℃에서 90분간 살균, 냉각 후 액체종균과 톱밥종균을 접종하였다. 이 때 사용한 액체종균은 대두박분 배지에 참나무분 0.3%를 첨가하여 통기량 0.6vvm에서 10일간 배양하여 사용하였고, 톱밥종균은 참나무톱밥과 미강을 부피비율로 80:20으로 혼합한 배지에 표고 균을 접종한 다음 약 30일간 배양한 종균을 사용하였으며 접종량은 두

처리 모두 배지 무게의 2%를 접종하였으며 20°C±1로 조절된 배양실에서 배양하면서 배양소요일수를 조사하였고, 갈변 유도를 위하여 200lux 이상의 명배양을 하였으며 병 용기의 하단부위까지 갈변이 완료된 시점을 갈변기간으로 산출하였다. 생육기간은 갈변이 완료된 배지가 17±3°C로 조절된 생육실로 옮겨진 후 부터 수확시까지를 산출하고 총 재배기간은 균사배양, 갈변, 생육기간을 합쳐 산출하였다. 자실체 개체수는 병당 유효 발생수를 조사하고, 수량은 각 처리당 트레이(9병)당 3주기 조사를 통하여 실시하였다.



액체종균이용 병재배 전경

시험배지 조성은 표 1과 같이 주재료로 참나무톱밥과 참나무칩을 42.5%씩 동량의 비율로 사용하였고, 영양원으로 미강과 옥분을 각7.5%씩 첨가하였다. 이때 혼합배지의 수분함량은 53.2%이며 pH 5.57, CN율은 72.9로 나타났다.

표 1. 시험배지 조성 및 이화학성

배지조성	수분함량 (%)	pH	C (%)	N (%)	CN
참나무톱밥:참나무칩:미강:옥분:폐화석분 [42.5:42.5:7.5:7.5:1, v/v]	53.2	5.57	47.8	0.66	72.9

표 2는 병 배양시 종균 종류별 재배특성을 나타내었다. 두 처리구 모두 배양기간과 갈변기간은 각각 34일, 171일로 나타났다. 갈변기간은 171일로 봉지 배지의 60~80일에 비해 많이 지연되는 것으로 나타났는데, 이는 병 용기 특성상 통기가 부족한 것으로 판단된다. 초발이기간은 톱밥종균이 3일로 액체종균에 비해 1일 빠른 것으로 나타났다. 전체적으로 재배기간은 톱밥종균이 213일로 액체종균에 비해 1일 빨랐다.

표 2. 병 배양시 종균 종류별 재배특성

처리내용	배양기간 (일)	갈변기간 (일)	초발이기간 (일)	생육기간 (일)	재배기간 (일)
액체종균 (2.5kg 병)	34	171	4	5	214
톱밥종균 (2.5kg 병)	34	171	3	5	213

※ 종균 조성

- 액체종균 : 대두박분배지 + 참나무분 0.3%(w/v)
- 고체종균 : 참나무톱밥 + 미강(80:20)(v/v)



하단 미갈변



갈변

표 3은 종균 종류별 자실체 수량을 나타내었다. 개체중은 액체종균이 26.9g으로 톱밥종균의 19.6g보다 높았다. 전체 수량은 액체종균이 511.6g으로 약간 높은 것으로 나타났지만, 톱밥종균의 507.0g과 유의차는 없었다. 1주기 수량에서는 톱밥종균이 333.7g으로 높았지만, 3주기 수량은 액체종균이 높은 것으로 나타났다.

표 3. 종균 종류별 자실체 수량

처리내용	개체수 (개)	개체중 (g)	수량(g/병)			
			1주기	2주기	3주기	합계
액체종균 (2.5kg병)	11.7	26.9	314.3	113.3	84.0	511.6 a
톱밥종균 (2.5kg병)	17.0	19.6	333.7	116.6	56.7	507.0 a

↓ 생물학적효율(Biological efficiency, %) = 신선버섯 수량(g)/건배지 중량×100

표 4. 종균 종류별 자실체 특성

처리내용	갓두께 (mm)	갓 직경 (mm)	대길이 (mm)	대굵기 (mm)	색도 <sup>↓</sup>		
					L	a	b
액체종균 (2.5kg병)	14.8	58.9	56.0	14.6	37.7	11.3	21.2
톱밥종균 (2.5kg병)	12.8	51.5	57.9	12.5	37.9	10.4	17.9

↓: L(명도), a(적색도), b(황색도)





액체종균 처리구



톱밥종균 처리구

## <협동연구기관2 - 산림버섯연구센터>

### <1차년도>

#### 1. 병재배 선발품종 특성

- 자동화 시스템에 의한 병배지 생산 시 전면 개봉형태에 적합한 품종이 필요함으로 전면개봉에서 발생할 수 있는 수분 증발이나 다발형태로 발생 시 품질 저하의 원인이 됨으로 산림버섯연구센터에서 신품종으로 개발한 16개의 품종 중 중온성 및 저온성 3품종을 선발하였음

표1. 선발품종의 특성

균주명	온도형	발생온도 (°C)	특 성	개발국	비고
참아람	중온성	8-22	중엽형, 대가 굵고 짧으며 형태 우수함	한국	
산조707호	중온성	10-20	중대엽형, 대가 굵고 짧으며 갯형태 반구형 매우 두꺼움	한국	
산조708호	중저온성	5-20	중대엽형으로 대가 매우 두꺼우며 갯형태가 반구형임	한국	

#### 2. 참아람 품종 특성

##### 가. 일반특성

- 평균온도 8~22°C 광범위한 온도에서 버섯발생이 잘 되며 재배관리가 쉬움
- 버섯은 중대엽형으로 갯색은 주로 갈색, 적온에서 대가 짧고 굵어 형태가 우수
- 배지 배양시 갈변이 빠른 편이고 고온과 해균에 대한 내성이 상대적으로 강함

#### 나. 장 점

- 갓이 쉽게 퍼지지 않으며 대가 굵고 짧음(대길이 비율 1.7)
- 개봉 후 재배관리가 쉽고 병해에 강함
- 개봉 후 후숙 기간이 산조701호에 비해 짧아 버섯발생 빠름
- 평균온도 20℃ 이상에서도 버섯발생이 잘됨

#### 다. 단 점

- 중온성 품종으로 가을~봄 발생에 적합하나 고온에서 육질 무르고 대가 길어지며 갓 빨리 펴
- 9월~10월초 발생작업 시 물리적 충격에 민감하여 대량 발생 주의가 필요함

#### 라. 주의사항

- 참아람은 톱밥배지 접종 직후부터 배양초기에 빛에 노출되었을 시 미갈변 현상을 초래 하므로 주의
- 배양 초기에 반드시 광이 전무한 환경에서 암배양 해야 하며 권장 암배양 기간은 40일 이상이 바람직함

#### ※ 미갈변 현상



그림1. <배양초기에 빛에 노출된 부위(주로 상면~측상면)가 갈변에 장애가 발생되면서 내부 정상부위와 대선이 형성되면서 개봉 후 오염발생 및 분리되는 현상>

#### 마. 재배시기

- 참아람은 중온성으로 봄, 가을, 겨울철 버섯생산에 적합
- 동절기 재배를 위해서는 극한기인 1~2월초에는 재배사 내부온도를 평균 10℃ 이상으로 유지시켜줄 난방시설 구비되어 있어야 유리함

- 춘-추형, 추-춘형 재배가 모두 가능하나 추-춘형 재배가 더 안정적임

#### 바. 재배방법

- 참아람은 산조701호와 배양일이 비슷하나 용기 및 갈변이 더 빠름
- 적정온도 및 기간은 20~23℃ 내외에서 90-110일 가량(1.3kg 중량 배지 기준)
- 25~27℃내외의 고온이 다소 유지되어도 비교적 용기와 갈변이 안정적이거나 바람직하지 않음(배지의 수명과 버섯생산량에 영향을 받음)
- 배양초기(40일차 미만)에 20lux이상의 강한 빛을 자주 쬐었을 때 주로 배지 상면에 갈변이 원활하게 일어나지 않는 현상이 나타날 수 있으므로 절대 주의  
→ 배양50일차 미만에는 암배양 또는 95% 차광망 2겹 이상을 설치(간이배양실일 경우)하여 암배양에 준하는 환경을 조성후 배양을 실시토록 하고 배양50일차에 200lux 미만의 약한 산란광을 골고루 닿도록 쬐여주고 온도는 22~23℃내외로 유지시켜 주는 것이 가장 좋음
- 버섯발생작업은 기본적으로 살수/뒤집기 작업으로 하나 환경에 따라 뒤집기작업 생략
- 춘-추형 재배일 경우 발생환경이 적절한 9~10월초 경에는 뒤집기 작업시 과다발생 될 수 있으므로(특히 새 배지 일 경우) 살수 후 바트를 이용한 두드리기, 손으로 두드려 주기 등이 적정량 발생에 적합함(일기와 배지 상태에 따라 판단)
- 발생주기는 평균온도 15℃ 이상에서는 20일 내외 평균온도 10℃ 내외에서는 25일 내외가 적합
- 수분관리 시 배지의 측면에 물이 고이지 않는 선에서 스프링쿨러 이용가능
- 버섯발생 및 생육 적정온도는 12~18℃이며 가능온도는 8~21℃내외  
(2월~4월초, 9월초~12월말, 자연온도)  
- 고온기(7,8월) 발생작업 시 발생을 잘 되나 육질 무르고 형태 불량함

#### 사. 참고사항



그림2. 참아람 과다발생(9/29, 평균온도18.1℃)

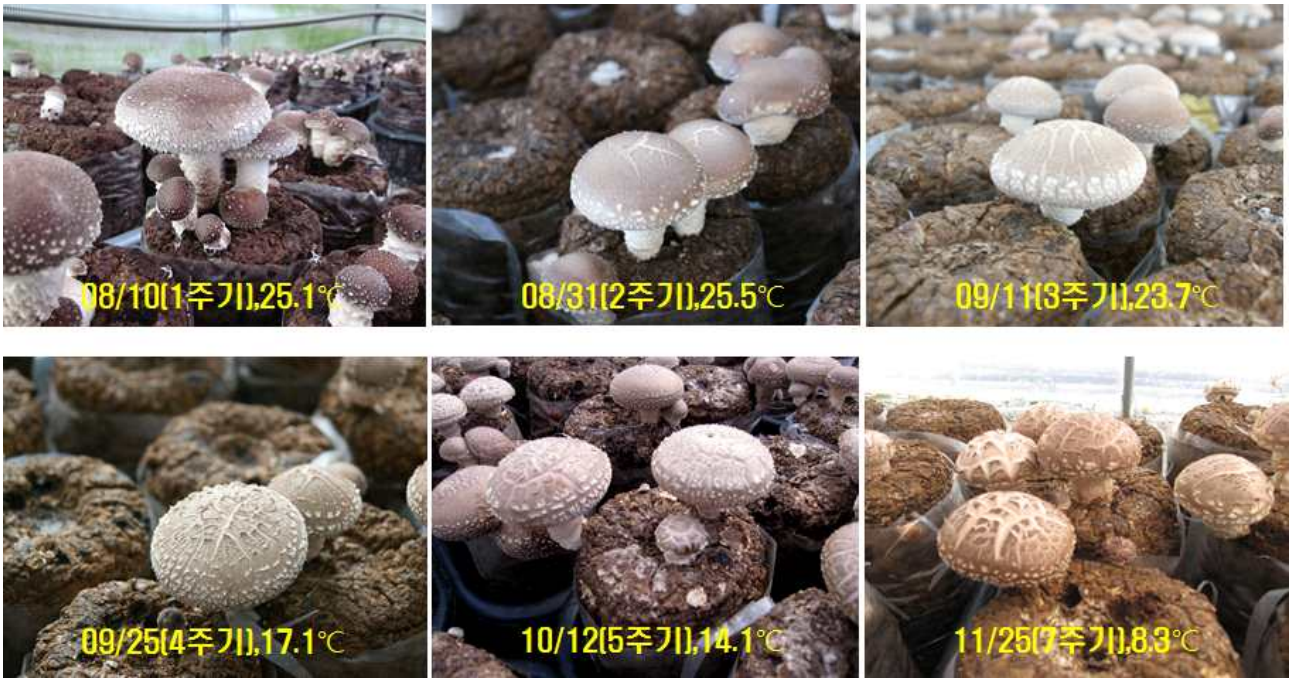


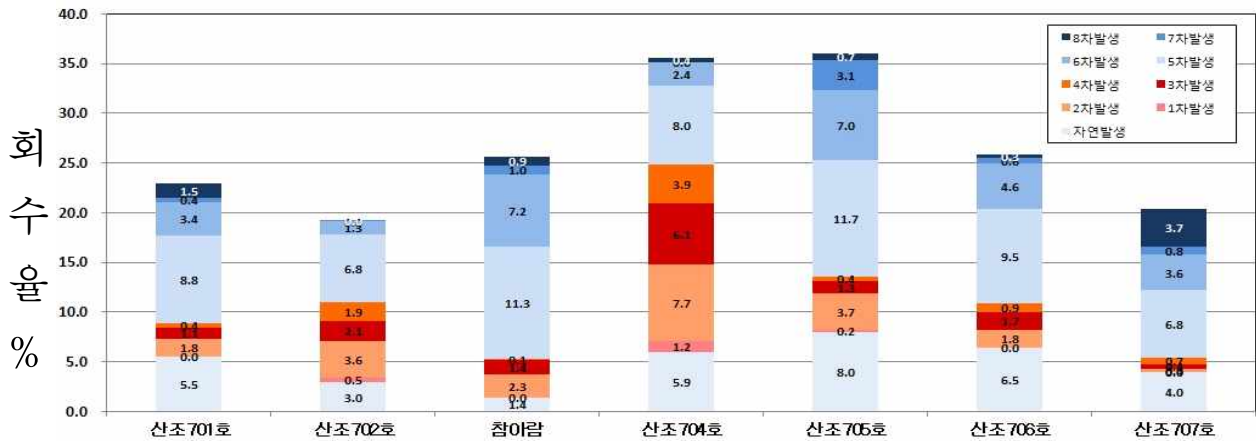
그림3. 온도별 버섯사진(※표기된 온도는 평균온도임)

표2. 적합환경에서 발생된 참아람과 산조701호의 버섯형태 비교

구분	온도	형질	모양	갓 두께	갓 직경	대 길이	대 굵기	대길이 <sup>a)</sup> 비율	개체중 <sup>b)</sup>
산조701호	중고온	평반구		15.3±2	51.1±5	37.1±8	15.3±2	1.4±0.2	20.4±8
참아람	중온	평반구		17.9±2	79.7±8	46.8±8	20.3±4	1.7±0.3	39.8±10

a) 수확된 버섯의 갓 직경을 대길이로 나눈 비율(숫자가 높을수록 갓에 비해 대가 짧음)

b) 재배기간 동안 수확된 버섯의 평균 무게



구 분	온도(°C)			습도(%)			발생기간 (일)	수확기간 (일)	발생시기
	최고	최저	평균	최고	최저	평균			
자연 발생	29.3	18.5	22.6	100.0	72.0	87.5	5	5	6월초
1차 발생	28.6	19.0	23.0	100.0	84.9	97.1	5	8	6월말
2차 발생	27.3	20.7	24.3	100.0	79.5	98.4	3	8	7월중
3차 발생	29.8	21.0	25.2	100.0	82.8	92.8	3	8	7월말
4차 발생	31.9	22.7	25.4	87.4	85.8	86.8	4	11	8월중
5차 발생	31.0	13.9	22.6	88.0	87.4	87.9	4	8	9월초
6차 발생	23.2	6.2	14.3	88.0	74.6	85.7	5	14	9월말
7차 발생	23.0	6.6	13.7	88.0	74.9	87.3	8	5	10월중
8차 발생	18.4	-0.8	11.0	100	58.7	90.1	10	30	11월

그림4. 재배온도별 발생비율 및 생산성

### 3. 산조707호 품종 특성

#### 가. 일반특성

- 버섯 발생온도 범위가 10~20°C 내외인 중온성 품종
- 버섯은 중대엽형으로 갓이 매우 두꺼워 갓형태가 주로 반구형임
- 버섯색은 산조701호와 비슷하고 10°C 이하에서 생육 시 다소 어두워짐

#### 나. 장 점

- 산조701호에 비해 측면발생이 덜됨
- 갓이 쉽게 퍼지지 않으며 대가 굵고 짧음(대길이 비율 1.6)
- 평균온도 20°C 이상의 고온에서도 대가 비교적 짧고 품질 양호
- 버섯발이가 순차적이고 일시 다량 발이 되지 않아 생육관리 및 수확이 쉬움

#### 다. 단 점

- 산조701호에 비해 배양기간이 길(20-23℃배양시 약110-120일)
- 중온성 품종으로 4-6월, 9-11월 발생 적합하고 고온에서 생육시 다소 육질 무름
- 버섯발생 및 생육기간이 다른 품종에 비해 다소 길
- 6-7월경 개봉시 배양이 미진할 때 고온에 약하여 피해주의

#### 라. 재배시기

- 산조707호는 중온성으로 봄, 가을철 버섯생산에 적합
- 춘-추형재배 : 산조701호에 비해 발생온도가 낮고 측면 발생이 적은 특성 활용하여 이른 봄(3월경)에 재배 시작하여 11월 중순 까지 재배하는 것이 가장 바람직함
- 추-춘형재배 : 6월중순 경 재배를 시작하여 9월초-12월초, 3월중-6월말 재배
  - ※ 가온설비 없이 차광망 제거하여 재배할 경우(구비시 동절기 재배가능)

#### 마. 재배방법

##### ○ 배 양

- 산조707호는 산조701호에 비해 균사 성장속도가 다소 느림
- 적정온도 및 기간은 20~23℃ 내외에서 110~120일 가량(1.3kg 중량 배지 기준)
- 배양초기에는 암배양 필요하며 배지배양 35~40일차부터 빛을 쬐어 용기 및 갈변이 원활하도록 조절
- 적은 범위 내에서 배양온도 및 광량 유지 필요, 간이 하우스 배양 시 갈변과정에서 오염이 다량 발생할 수 있음
  - ※ 배양 환경이 불량할 경우 배지 수명 단축, 품질저하 등이 발생됨
- 갈변색은 밝은 갈색으로 산조701호에 비해 색이 옅고 용기 작음
- 배양 초기부터 조기에 광을 쬐었을 경우 과도한 용기 발생으로 배지가 무르고 개봉직후 해균오염이 과다 발생 될 수 있음

##### ○ 개봉작업

- 평균온도 20℃ 미만의 서늘한 날에 개봉하는 것이 좋음
- 균의 특성상 과다 발생하지는 않으나 이동 및 개봉작업 시 충격 주의
- 개봉 초 갈변촉진 과정 중 산조701호에 비해 고온 환경에 약하므로 주의

##### ○ 재 배(지면봉지재배)

- 산조707호는 3~4월말에 개봉하여, 5~6월중 및 8월중~11월말 기간에 버섯 수확

하는 것이 바람직함

- 버섯발생작업은 지면봉재배시 살수/뒤집기 작업이 가장 적합
- 산조707호는 발생작업 시 살수시간이 다소 길어도 과다 발생되지 않으나 전체 살수시간 6~24시간미만이 안전함
- 발생주기는 휴면 없이 15~20일 간격으로 하는 것이 좋음
- 수분관리 시 배지의 측면에 물이 고이지 않는 선에서 스프링쿨러 이용가능
- 버섯발생 및 생육 적정온도는 10~20℃이며 가능온도는 8~25℃내외  
(4월~7월초, 8월말~11월말)
- 고온기(7,8월) 버섯발생시 대가 짧고 형태 양호하나 일부 기형이 발생될 수 있음

표3. 산조707호와 산조701호의 버섯형태 비교

구분	온도	형질	모양	갓 두께	갓 직경	대 길이	대 굵기	대길이 <sup>a)</sup> 비율	개체중 <sup>b)</sup>
산조701호	중고온	평반구	15.3±2	51.1±5	37.1±8	15.3±2	1.4±0.2	20.4±8	
산조707호	중온	반구형	19.9±4	67.1±10	42.6±9	19.3±5	1.6±0.4	29.8±7	

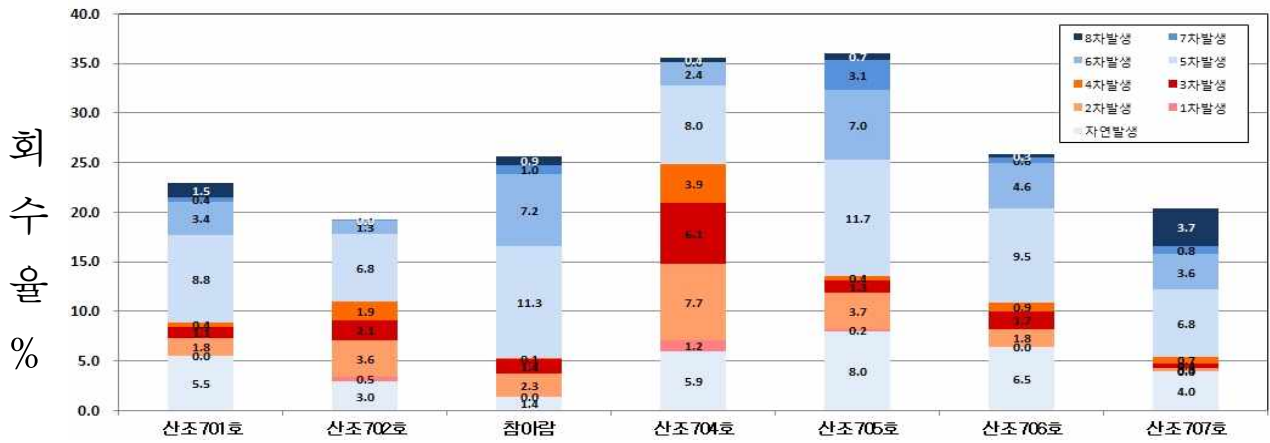
a) 수확된 버섯의 갓 직경을 대길이로 나눈 비율(숫자가 높을수록 갓에 비해 대가 짧음)

b) 재배기간 동안 수확된 버섯의 평균 무게

바. 참고사항



그림5. 온도별 버섯사진



구분	온도(°C)			습도(%)			발생기간 (일)	수확기간 (일)	발생시기
	최고	최저	평균	최고	최저	평균			
자연 발생	29.3	18.5	22.6	100.0	72.0	87.5	5	5	6월초
1차 발생	28.6	19.0	23.0	100.0	84.9	97.1	5	8	6월말
2차 발생	27.3	20.7	24.3	100.0	79.5	98.4	3	8	7월중
3차 발생	29.8	21.0	25.2	100.0	82.8	92.8	3	8	7월말
4차 발생	31.9	22.7	25.4	87.4	85.8	86.8	4	11	8월중
5차 발생	31.0	13.9	22.6	88.0	87.4	87.9	4	8	9월초
6차 발생	23.2	6.2	14.3	88.0	74.6	85.7	5	14	9월말
7차 발생	23.0	6.6	13.7	88.0	74.9	87.3	8	5	10월중
8차 발생	18.4	-0.8	11.0	100	58.7	90.1	10	30	11월

그림6. 재배온도별 발생비율 및 생산성



#### 4. 산조708호 품종 특성

##### 가. 일반특성

- 버섯 발생온도 범위가 5-20℃ 내외인 중온성 또는 중저온성 품종
- 버섯은 중대엽형으로 대가 매우 두꺼우며 갓형태가 반구형임
- 버섯발생 형태는 산발적 발생형으로 숙기작업이 편함
- 저온기 발생으로 버섯 자실체의 개체중량이 높은편임

##### 나. 장 점

- 버섯수확시 탈립성이 매우 우수하여 수확이 쉬움
- 저온에서도 갓 색택이 밝고 습에 강한편임
- 버섯발이가 순차적이고 일시 다량 발이 되지 않아 생육관리 및 수확이 쉬움
- 낮은 온도(5-10℃)에서도 버섯발생이 양호하여 동절기재배 에너지절감형 품종임

##### 다. 단 점

- 고온에서 버섯발생 저조하고 품질이 불량함
- 갈변배양 과정에서 갈변진행의 균일성이 낮음
- 6-7월경 개봉시 배양이 미진할 때 고온에 약하여 피해주의
- 개봉이후 후숙기간 고온다습한 환경에서 배지병해 비율이 높음

##### 라. 재배시기

- 산조708호는 중온성 또는 중저온성 품종으로 10월말부터 이듬해 4월까지 버섯 생산에 적합

##### 마. 재배방법

- 배 양
  - 배양기간 관리온도는 20-23℃ 기준으로 배양일수는 100~110일 소요(1.3kg 중량 배지 기준)
  - 배양초기에는 암배양이 필요하며 배지배양 30일차부터 명배양으로 전환하며 조도는 200-500lux를 유지하여 용기 및 갈변이 원활하도록 함

- 배양온도가 25℃ 이상일 경우 갈변배양이 균일하게 진행되지 않으므로 23℃ 이하로 관리함

○ 개봉작업

- 6-7월 개봉시 여름철 30℃ 이상 고온에서 후숙 갈변배양이 원활히 진행되지 않고 배지가 물러지거나 곰팡이 피해가 발생되므로 25℃ 내외 온도관리 요함
- 8월중순 이후 개봉하는 것이 적합하며 개봉이후 재배사 온도를 배양온도와 같이 20℃ 내외로 유지함
- 배지이동시 충격을 최소한으로 줄여 버섯이 다량 발생하지 않도록 관리함

○ 후숙 및 갈변촉진작업

- 후숙일수는 50일 내외이며, 후숙기간 재배환경관리는 재배사 내부 온도를 20-25℃, 습도 70-80% 및 스프링클러 살수를 2-3회/일 진행하여 향후 버섯이 발생하는 배지상면이 건조되지 않도록 관리
- 6-7월 고온시기 개봉시에는 후숙 온도관리 범위보다 온도가 높아져 고온피해가 발생될 수 있음에 유의하며, 냉방기가 없는 재배사의 경우 3-4주 수분관리 한 후 배지를 뒤집어 낮시간 수시로 살수하여 후숙기간 고온피해를 막고 배지갈변을 원활히 진행
- 8월중순 이후 개봉한 배지는 10월중순까지 갈변촉진작업을 2주 간격으로 2-3회 진행함
- 갈변촉진작업 방법은 살수(2시간 내외) 후 배지를 뒤집고 배지내부의 수분이 제거된 다음 다시 원위치 함

○ 재 배

- 적정 버섯발생 온도범위는 5-20℃로 중온성 또는 중저온성이며, 야간의 온도가 10℃ 내외가 되면 적정 버섯발생시기로 판단함
- 주 발생시기는 11월부터 3월까지이며, 겨울철에는 1주기 버섯수확기간을 3-4주로 다소 길게 관리함
- 버섯발생작업은 살수, 배지뒤집기, 살수 및 원위치 작업으로 진행하며, 살수시

간은 배지의 수분함량을 체크한 후 12-24시간 내외 적합함. 버섯발생시 온도는 5-20℃ 범위의 온도편차 자극으로 원활한 버섯발생 유도

- 발생작업 완료 후 2-3일간 배지가 건조되지 않도록 내부습도와 살수관리를 진행 버섯발이 반응이 느린 특성 보이나 지속적 후발이가 이루어지므로 생육기간을 길게 설정하여 재배하는 것이 적합함
- 버섯 생육온도는 13-15℃ 범위로 관리하고, 야간온도가 5-10℃ 범위일 경우 버섯발생이 지속적이거나 겨울철에는 배지상면 건조로 측면으로 버섯발생이 진행될 수 있으므로 주의
- 버섯수확 종료 후 배지휴양은 재배사 온도를 15-20℃내외로 유지하면서 살수관리를 진행하고 휴양기간 배지가 단단해지는 것을 점검한 후 다음 발생작업 진행(발생작업 시작전 2-3일간 예비살수는 버섯상면발생을 원활히 함)

바. 참고자료

표4. 산조708호의 고유특성 조사

품종명	최적 군사생장 조건		버섯발생형	버섯발생 온도(℃)
	℃	mm/7day		
산조708호	25	51.6	산발생형	5-20

※ 군사생장 시험배지 : PDA(potato dextros agar)

표5. 산조708호 품종 자실체의 형태적 특성

(단위 : mm, g)

품종명	갓			대		개체중
	크기	두께	모양	길이	굵기	
산조708호	65.8	18.1	반구형	42.6	17.3	32.0

표6. 재배시기별 버섯생산성 비교조사

(단위: g/봉, °C)

재배기간	조사항목	1주기	2주기	3주기	4주기	5주기	6주기	생산량
5월-10월	생산량	10.7	3.6	3.6	3.6	15.9	65.2	102.6
	평균 최고온도	24.9	27.2	27.3	26.2	25.1	21.1	
	평균 최저온도	19.3	19.5	20.1	19.6	16.0	12.0	
8월-2월	생산량	0.0	10.4	61.1	65.0	79.3	94.9	310.7
	평균 최고온도	27.6	25.9	21.4	22.1	19.4	18.2	
	평균 최저온도	23.0	18.5	12.1	10.9	6.2	6.6	



Jul



Aug



Sep



Oct



Nov



Dec

그림7. 월별 버섯발생 형태



그림8. 산조708호 재배사진

## 5. 병재배(중국식 봉형배지) 실증시험

### 가. 시험균주

- 시험균주는 경기도 산림버섯연구센터에 등록된 참아람, 산조707호 및 산조707호를 사용하였다. 접종원을 배양하기 위하여 PDA 배지를 조제하였으며 시험균주를 접종한 후 10일간 인큐베이터에서 배양하였다. 병종균 제조를 위하여 1,100cc 종균병에 참나무톱밥(80%)과 미강(20%)을 혼합한 후 수분을 55%로 조절하여 입병하였으며, 살균은 121℃, 1.2기압에서 90분간 실시하였다. 종균병 온도를 20℃이하로 냉각한 후 PDA 배지에서 생장한 표고균을 접종하여 20℃에서 30~40일간 배양하여 톱밥배지 접종원으로 사용하였다.

### 나. 톱밥배지의 생산

- 기본배지 조성은 참나무톱밥(85%)+밀기울(15%)+탄산칼슘(0.5%)으로 참나무톱밥, 밀기울은 부피비 기준이며, 탄산칼슘은 무게비 기준으로 처리별로 재료를 혼합하였다. 배지의 수분함량은 55% 내외로 조절하고, 혼합이 완료된 재료는 내열성 비닐봉지에 3kg씩 넣어 100℃에서 300분 상압살균 하였다. 이 후 4℃의 냉장실에서 12시간정도 배지를 하온시킨 후 무균실에서 미리 배양한 시험품종별 톱밥종균을 배지 상면에 접종하였다.

### 다. 톱밥배지의 배양

- 배양기간 배양실 온도를 20℃로 배양하였으며, 빛조사에 민감한 시험균주의 안정적인 배양을 위해 암배양을 40일정도 유지한 후 명배양으로 전환하였다. 종균접종부터 균사배양이 완료되는 기간은 약 120일 정도 소요되었으며, 배양완료 후 배지를 시험재배사로 이동한 후 전면개봉을 진행하였다.

### 라. 버섯생산성 조사

- 중국식 봉형배지에서 재배적 특성을 알아보기 위하여 산림버섯연구센터에서 육성한 참아람, 산조707호, 산조708호를 2017년 7월에 개봉하여 버섯발생을 진행하였으며 회수율 및 개체중을 조사 중에 있으며 지속적인 발생을 통하여 병재배에 적합한 품종 및 재배매뉴얼을 정립할 예정 임.



참아람



산조707호



산조708호

그림 9. 봉형배지 배양 및 갈변



참아람



산조707호



산조708호

그림10. 붕형배지 발생전경





참아람



산조707호



산조708호

그림11. 버섯별 특성조사

표7. 품종별 자실체 특성(개봉버섯)

구 분	균사생장적 (℃)	대굵기 (mm)	갓 직 경 (mm)	갓 두 께 (mm)	대 길 이 (mm)
참아람	25	23.15	82.05	27.8	27.3
산조707호	25	26.1	85.3	28.3	33.5
산조708호	25	24.1	71.4	23.1	31.2

## <2차년도>

### 1. 병재배용 선발품종 특성

- 자동화 시스템에 의한 병배지 생산 시 전면 개봉형태에 적합한 품종이 필요함으로 전면개봉에서 발생할 수 있는 수분 증발이나 다발형태로 발생 시 품질 저하의 원인이 됨으로 산림버섯연구센터에서 개발한 16개의 품종 중 1차년도에 선발한 참아람, 산조707호와 신품종인 산조715호 3품종을 선발하였음.

표8. 선발품종의 특성

균주명	온도형	발생온도 (°C)	특 성	개발국	비고
참아람	중온성	8-22	중엽형, 대가 굵고 짧으며 형태 우수함	한국	
산조707호	중온성	10-20	중대엽형, 대가 굵고 짧으며 갓형태 반구형 매우 두꺼움	한국	
산조715호	중온성	10-23	중대엽형으로 갓이 두꺼우며 고품질 다수확 품종	한국	

### 2. 산조715호 품종 특성

#### 가. 일반특성

##### ○ 품종의 특성

- 봄, 가을철 고품질 다수확용 품종
- 버섯은 중대엽형으로 갓의 두께가 두꺼우며, 형태는 반구형임
- 갓이 쉽게 퍼지지 않고 단단하여 저장성이 우수함
- 버섯 대길이는 짧고 화고성은 보통임
- 버섯 발생형은 산발생형이나 발생량이 많아 수확성이 우수한 품종

##### ○ 버섯 재배온도 범위는 13~23°C 내외의 중온성 품종

##### ○ 톱밥배지 배양온도 21~22°C

##### ○ 버섯발생온도 13~16°C, 버섯생육온도 18~22°C, 휴양온도 22°C

##### ○ 배양소요일수 110~120일, 개봉이후 후숙배양 소요일수 60일

##### ○ 종균접종 이후 180~200일 이후부터 본 버섯발생

##### ○ 종균접종 이후 전체 재배기간 320~350일 소요

표9. 산조715호 형태적 특성

구분	버섯크기(mm)				갓/대 길이비율	개체중(g)
	갓직경	갓두께	대길이	대굵기		
산조715호	72.4±8.2	20.5±2.6	46.5±6.7	18.6±4.4	1.6±0.2	28~38



그림12. 산조715호 버섯형태

가. 재배특성

1) 배양특성

- 배양환경조건 : 온도 20-22℃, CO2 3000-5000ppm, 암배양 30일 처리기준
- 배양기간 : 110-120일 내외임



그림13. 산조715호 배양일수별 배지변화

- 배양초기에는 암배양으로 배양을 진행하며 배양 35~40일차부터 명배양으로 전환하여 용기 및 갈변이 원활하도록 조절
- 배양온도 25℃이상일 경우 배지가 물러지는 특성이 있으므로 22℃내외로 배양 온도 유지가 중요함
- 특히, 명배양 전환 후 배지의 용기진행 과정에서는 배양온도를 2~3℃ 하온시켜

18~20℃ 온도범위로 배양을 진행하는 것이 좋으며, 환기를 충분히 시켜 용기와 갈변을 균일하게 유도하는 것이 중요함

- 25℃ 이상의 배양환경에서는 배지갈변 과정에서 갈변수가 발생하므로 주의

## 2) 재배특성

- 산조715호는 중온성으로 봄, 가을철 고품질 버섯생산에 적합
- 배양과 후숙(개봉이후) 기간이 180~200일로 비교적 긴 품종임
- 주로 5~6월에 개봉하여, 8월~11월에 고품질 버섯수확하는 재배법이 일반적임
- 개봉이후 후숙관리 기간 온도는 22℃내외 유지하며, 습도는 70~80%, 살수관리는 배지상면이 건조하지 않도록 일일 2~3회 살수함
- 개봉이후 살수시간은 비교적 짧게 진행하여 배지함수율을 50~60% 범위로 유지하는 것이 좋으며, 살수를 많이 하여 배지함수율이 70%이상일 경우 버섯발생이 늦어지며 발생량도 미흡함
- 배지상면이 건조하면 버섯발생량이 미흡하므로 버섯발생작업 이전 3~5일 예비살수를 진행하여 버섯발생이 부족하지 않도록 관리함
- 버섯발생 형태는 산발생형이며 버섯발생량이 많아 생산성이 우수하나 일부 숙기작업을 요함
- 버섯발생 온도는 13~16℃이며, 생육온도는 20℃내외가 적정함
- 발생주기는 3~4주 간격으로 진행하며, 휴양온도는 22℃내외가 적정함



그림14. 산조715호 버섯발생 전경



150일차(7월)

170일차(8월)

200일차(9월)

240일차(10월)

그림15. 산조715호 재배일수별 버섯형태

(참고자료)

재배기간에 따른 버섯생산량 변화

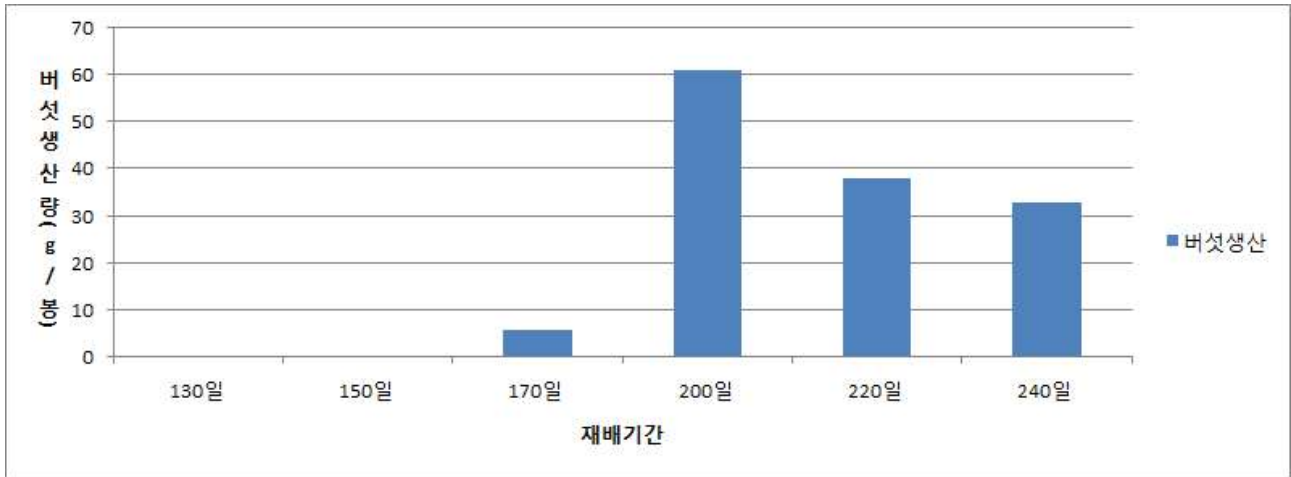


그림16. 2015년 재배시험

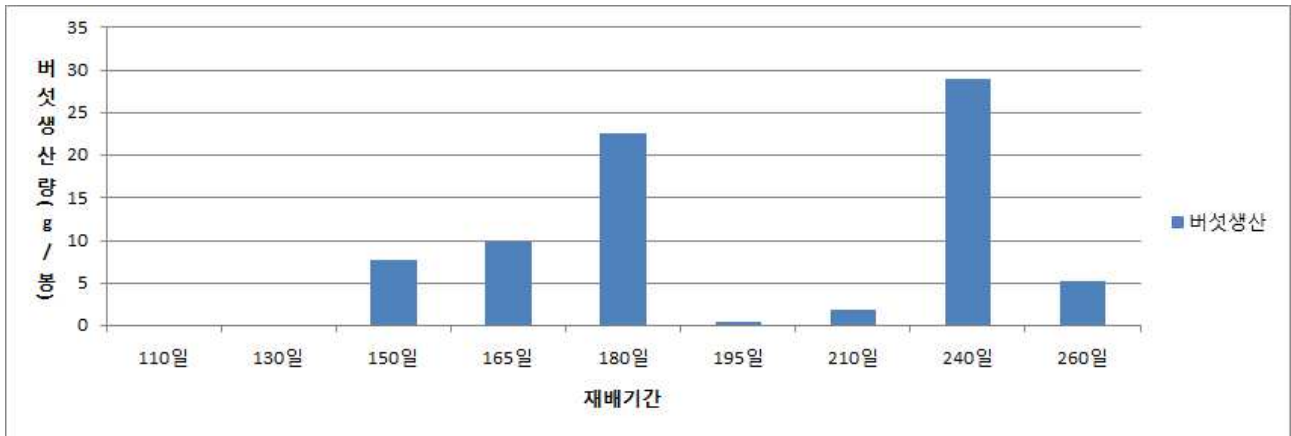


그림17. 2016년 재배시험

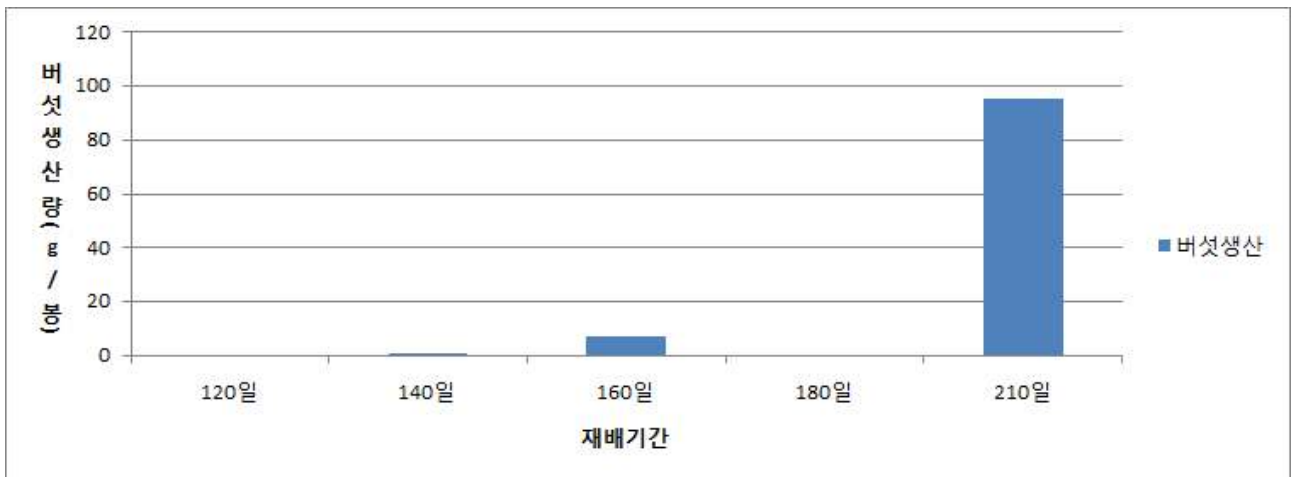


그림18. 2017년 재배시험

### 3. 병재배용 품종 실증시험

#### 가. 시험균주

- 시험균주는 경기도 산림버섯연구센터에 등록된 참아람, 산조707호 및 산조715호를 사용하였다. 접종원을 배양하기 위하여 PDA 배지를 조제하였으며 시험균주를 접종한 후 10일간 인큐베이터에서 배양하였다. 병종균 제조를 위하여 1,100cc 종균병에 참나무톱밥(80%)과 미강(20%)을 혼합한 후 수분을 55%로 조절하여 입병하였으며, 살균은 121℃, 1.2기압에서 90분간 실시하였다. 종균병 온도를 20℃이하로 냉각한 후 PDA 배지에서 성장한 표고균을 접종하여 20℃에서 30~40일간 배양하여 톱밥배지 접종원으로 사용하였다.

#### 나. 톱밥배지의 생산

- 기본배지 조성은 참나무톱밥(85%)+밀기울(15%)+탄산칼슘(0.5%)으로 참나무톱밥, 밀기울은 부피비 기준이며, 탄산칼슘은 무게비 기준으로 처리별로 재료를 혼합하였다. 배지의 수분함량은 55% 내외로 조절하고, 혼합이 완료된 재료는 내열성 비닐봉지에 3kg씩 넣어 100℃에서 300분 상압살균 하였다. 이 후 4℃의 냉장실에서 12시간정도 배지를 하온시킨 후 무균실에서 미리 배양한 시험품종별 톱밥종균을 배지 상면에 접종하였다.

#### 다. 톱밥배지의 배양

- 배양기간 배양실 온도를 20℃로 배양하였으며, 빛조사에 민감한 시험균주의 안정적인 배양을 위해 암배양을 40일정도 유지한 후 명배양으로 전환하였다. 종균접종부터 균사배양이 완료되는 기간은 약 120일 정도 소요되었으며, 배양완료 후 배지를 시험재배사로 이동한 후 전면개봉을 진행하였다.

#### 라. 버섯생산성 조사

- 병재배용 품종을 선발하기 위해 중국식 봉형배지에서 재배적 특성을 알아 보았으며 산림버섯연구센터에서 육성한 참아람, 산조707호, 산조715호를 2018년 5월에 개봉하여 버섯발생을 진행하였으며 회수율은 참아람에서 3차발생 현재 24.1%로 가장 높게 나타났으며 개체중은 산조707호에서 가장 좋게 나타나는 것을 확인할 수 있

었다. 현재까지의 결과를 종합해보면 병재배용 품종으로는 하절기에 참아람이 가장 좋으며 동절기로 갈수록 산조707호가 가장 좋은 것으로 확인 되었다. 산조715호의 경우는 상면재배에서 생산성이 좋았으나 3주기까지는 생산성이 다른 품종에 비해 적게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.

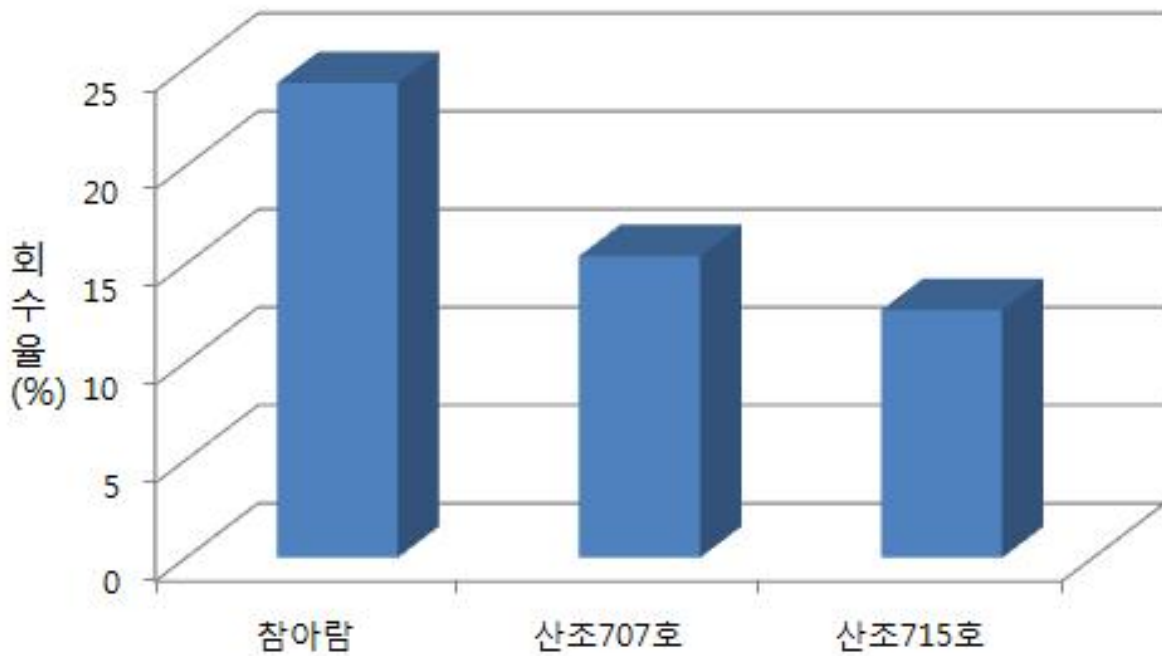


그림19. 품종별 버섯 생산성



그림20. 버섯 발생전경(참아람)





그림21. 버섯 발생전경(산조707호)



그림22. 버섯 발생전경(산조715호)





참아람



산조707호



산조715호

그림23. 버섯 특성조사

### 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 3-1. 목표

구분	연도	세부연구개발 목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	2016	- 표고버섯 병재배 일괄 생산시스템 구축을 위한 기술개발	40 %	- 액체 종균 배양시스템 구축 - 액체종균 접종기 개발
		- 표고버섯 병재배에 적합한 품종 선발 및 실증시험	30 %	- 병재배 품종선발 - 실증시험을 통한 최적 재배 방법 규명
		- 표고버섯 병재배 대량생산에 적합한 종균 및 배지 개발	30 %	- 병재배용 적합 종균 배지조성 개발 - 병재배용 적합 통기량 개발 등
2차 년도	2017	- 표고버섯 병재배 일괄 생산시스템 구축을 위한 기술개발	40 %	- 액체 종균 배양시스템 구축 - 액체종균 접종기 시연
		- 표고버섯 병재배에 적합한 품종 선발 및 실증시험	30 %	- 임가실증시험을 통한 병재배에 적합한 품종선발 - 실증시험을 통한 최적 생산시스템 구축
		- 표고버섯 액체 종균기술 현장 적용 및 생산성 검증	30 %	- 액체종균 기술 생산실증 - 경제성 분석

### 3-2. 목표 달성여부

구분	연도	세부연구개발 목표	가중치	평가의 착안점 및 기준	달성도 (%)
1차 년도	2016	- 표고버섯 병재배 일괄 생산시스템 구축을 위한 기술개발	40 %	- 액체 종균 배양시스템 구축 - 액체종균 접종기 개발	100
		- 표고버섯 병재배에 적합한 품종선발 및 실증시험	30 %	- 병재배 품종선발 - 실증시험을 통한 최적 재배 방법 규명	100
		- 표고버섯 병재배 대량생산에 적합한 종균 및 배지 개발	30 %	- 병재배용 적합 종균 배지 조성 개발 - 병재배용 적합 통기량 개발 등	100
2차 년도	2017	- 표고버섯 병재배 일괄 생산시스템 구축을 위한 기술개발	40 %	- 액체 종균 배양시스템 구축 - 액체종균 접종기 시연	100
		- 표고버섯 병재배에 적합한 품종선발 및 실증시험	30 %	- 임가실증시험을 통한 병재배에 적합한 품종선발 - 실증시험을 통한 최적 생산시스템 구축	100
		- 표고버섯 액체 종균기술 현장 적용 및 생산성 검증	30 %	- 액체종균 기술 생산실증 - 경제성 분석	100

### 4. 연구결과의 활용 계획 등

- 병재배 기술확립을 통한 에너지 절감 및 연중재배 실현
- 기후변화 대응 및 병재배 버섯의 안정적 표고생산
- 품질인증관리 및 안정적 재배기술 확립을 통한 소비자 신뢰 제고
- 수입 대체효과를 통한 표고배지 안전성 문제 해결
- 표고 병재배의 실용화 재배기술 보급
- 병재배 톱밥재배 표준화 모델 및 메뉴얼 보급

## 붙임. 참고문헌

1. 선현덕, 장철수, 민경택, 송성환, 민경은, 곽준영. 임업관측사업 2014년 사업결과와 2015년 추진계획. 한국농촌경제연구원 2014;109-112.
2. Assunção LS, Silva MCS, Fernandes MG, García-Barrera T, Gómez-Ariza JL, Bautista J, Kasuya MCM. Speciation of selenium in *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes* mushroom. Journal of Biotechnology Letters 2014;5(1)79-86.
3. Carbone I, Kohn LM. A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes. Mycologia 1999;91:553-556.
4. Chihara G, Hamuro J, Maeda YY. Anti-tumour and metastasis: inhibitory actions of lentinan as an immunomodulator. Cancer Detection and Prevention Supplement 1; 1987;423-443.
5. Kim KH, Ka KH, Kang JH, Sangil Kim SG, Lee JW, Jeon BK, Yun JK, Park SR, Lee HJ. Identification of single nucleotide polymorphism markers in the laccase gene of Shiitake mushrooms(*Lentinula edodes*). Mycobiology 2015;43(1):75-80.
6. Liu B, Zhong M, Lun Y, Wang X, Sun W, Li X, Ning A, Cao J, Zhang W, Liu L, Huang M. A novel apoptosis correlated molecule: expression and characterization of protein letcripin-1 from *Lentinula edodes* C91-3. International Journal of Molecular Sciences 2012;13:6246-6265.
7. Liu YJ, Whelen S, Hall BD. Phylogenetic relationships among ascomycetes: evidence from an RNA polymerase II subunit. Molecular Biology and Evolution 1999;16(12)1799-1808.
8. Manzi P, Aguzzi A, Pizzoferrato L. Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. Food Chemistry 2001;73:321 - 325.
9. Swofford, D. L. PAUP\*: Phylogenetic analysis using parsimony(and other method) 4.0 Beta for Macintosh. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Mass 2002.

10. Takehara M, Kuida K, Mori K. Antiviral activity of virus-like particles from *Lentinus edodes* (Shiitake). Archives of Virology 1979;59: 269-274.
11. Tamura K, Stecher G, Peterson D, Filipski A, Kumar S MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. Molecular biology and evolution 2013;30:2725-2729.
12. Tochikura TS, Nakashima H, Kaneko Y, Kobayashi N, Yamamoto N. Suppression of human immuno-deficiency virus replication by 3'-azido-3'-deoxythymidine in various human haematopoietic cell lines: Augmentation of the effect of lentinan. Japanese Journal of Cancer Research 1987;78:583-589.
13. Vitrac X, Reignier A, Henry-Vitrac C, Minvielle N, Mérillon JM, Savoie JM. Change in antioxidant activities and compounds during cultivation of Shiitake(*Lentinula edodes*). Proceedings of the 7<sup>th</sup> International conference on Mushroom Biology and Mushroom Products(ICMBMP7) 2011;247-253.
14. Wu CH, Wu CC, Ho YS. Lentinan, a new immuno-accelerator of cell *Lentinus edodes* mycelium extracts with 5-fluorouracil against human colon cancer cells xenografted in nude mice. Journal of Cancer Molecules 2007;3:15 - 22.
15. Yoon JH, Park JE, Suh DY, Hong SB, Ko SJ and Kim SH. Comparison of dyes for easy detection of extracellular cellulases in fungi. Mycobiology 2007;35(1): 21-24.