

최종보고서

표고재배사내 적정 수분-온도 관리 모델 개발

Model development for optimum moisture and
temperature management

연구기관

충북대학교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “표고시설재배사내 적정 수분-온도 관리모델 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006 년 9 월 10 일

주관연구기관명 : 충북대학교

총괄연구책임자 : 구창덕

연 구 원 : 김재수

연 구 원 : 조태주

연 구 원 : 신창섭

연 구 원 : 이상희

연 구 원 : 류성렬

연 구 원 : 신현일

협동연구기관명 : 산림버섯연구소

협동연구책임자 : 유창현

연 구 원 : 김한경

연 구 원 : 고한규

연 구 원 : 홍기성

연 구 원 : 김경진

연 구 원 : 김선철

표고재배자 : 문중현, 고성군

표고재배자 : 변형석, 청원군

표고재배자 : 이명수, 충주시

표고재배자 : 이향주, 청주시

표고재배자 : 정의용, 청양군

표고재배자 : 황성태, 천안시

요 약 문

I. 제 목

표고시설재배사내 적정 수분-온도 관리모델 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1) 목적

이 연구의 목적은 성공적인 표고시설재배사내에서 수분과 온도관리를 벤치마킹하여 표고재배사의 구조와 기능면에서 적정한 수분과 온도관리 모델을 개발하는데 있다.

2) 필요성

전세계적으로 생표고버섯의 소비가 계속 증가하므로, 생표고 생산은 앞으로 전망이 매우 밝다. 국내 생표고 생산은 9,000 재배농가에서 참나무 90만톤으로 생표고 25,000톤, 건표고 2,000톤의 2,400억 가치가 있다. 우리나라에서 표고소비는 매년 증가하여 2001년에 5,639톤, 2005년에는 7,080톤이었다. 이렇게 중요한 표고버섯은 현재 기술적, 경제적, 문화적인 측면에서 더욱 연구개발할 필요가 있다.

(1) 기술적 측면

표고 시설재배에서 가장 중요한 성공 인자는 수분과 온도의 적정관리이다. 특히 고온과 과저온, 과습과 과건은 재배사 재배의 주요한 실패원인이 되고 있다. 그래서 온 습도관리를 위한 공조시설을 에너지와 경비를 많이 들여서 추구하였으나 그 비용이 한계를 초과하므로 기피되고 있다. 저비용으로 효율적으로 적정 온습도를 유지하는 것이 성공적인 표고재배의 요체이다. 오늘날 표고(*Lentinula*

edodes)재배는 이미 노지재배 위주에서 시설재배로 전환하여 생산성 및 경쟁력이 크게 향상되었다(산림청, 2000). 따라서 표고재배면적중 시설재배가 차지하는 비중이 75%까지 확대되었다(산림청, 2000). 시설재배는 고품질의 표고버섯을 연중 안정적으로 생산할 수 있는 장점을 지니고 있지만 시설내 재배환경에 따라 극심한 변화가 있어서 여전히 연구가 요구되는 실정이다.

그리고 원목은 무겁고, 수분관리가 어렵고 연중재배가 불리한 관계로 최근에는 표고툽밥재배가 크게 중요시 되고 있으나 아직 생산자는 20여명, 총생산량은 2%에 지나지 않아서 툽밥재배기술의 개발이 계속 요구되고 있다.

툽밥재배기술은 최근에 2004년부터 획기적으로 개선되어 고품질이 연중 생산되고 있다. 표고 툽밥재배는 손이 많이 가는 배지관리와 수확, 푸른곰팡이병, 생산된 버섯의 과도한 수분함량 등을 성공적으로 개선하여 원목표고 이상의 고품질을 생산하고 있다 (김원수, 산림청, 2005).

표고생산 4요소는 종균, 배지, 환경, 기술로써, 기술은 앞의 세 가지 요소를 효율적으로 관리하여 고품질의 버섯을 생산하는 재배기술임. 이 중에서 이번 연구가 중점으로 하는 것은 재배환경으로서, 중요한 환경요소 3가지는 온도, 습도, 시간이다. 이것이 알맞을 때 고품질의 버섯생산으로 이어짐. 이들 환경을 적절히 조절하기 위하여 버섯재배사는 구조와 기능을 가지고 있다.



그림 1. 과습으로 인하여 발생한 원목표면의 푸른곰팡이병과 주홍꼬리버섯

(2) 경제·산업적 측면

우리나라는 200년도에 1,080톤의 건표고를 중국에서 수입하였다. 중국의 톱밥 재배로부터 생산된 표고가 다량으로 수입됨으로써 국내 표고가격은 크게 하락하였으며, 국내 원목표고 생산자들은 참나무 원목 재료의 구입난과 가격상승으로 경쟁력이 더욱 떨어져 있다.

국내의 표고톱밥재배는 불확실한 톱밥원료공급과 시간과 노력이 거의 3배 이상 드는 비경제적인 버섯수확 방식 때문이 현재로서는 경쟁력이 매우 낮다. 표고 생산비의 45%가 재료비, 재료비의 74%가 원목대금으로 지출된다 (임업연구원, 2000).

(3) 사회·문화적 측면

국내 버섯의 소비량은 국민소득 향상과 함께 계속 늘고 있으며, 표고는 매년 7% 성장할 것으로 예측된다. 한편 표고는 산주와 농산촌 주민들에게 2-5년의 단기간에 수익을 가져다주는 단기소득작물로서, 농산촌 사회의 안정에 기여한다.

3) 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

(1) 현황

산림청의 표고재배사 모델개발 용역연구에서는 골목재배용 모델 6종류를 개발하였다. 골목재배용 모델에서는, 내설형 및 내풍형 각 단동 1중구조 및 2중구조, 2연동 부분2중구조를 개발. 내설형은 양지붕형이며 내풍형은 아취형임.

하지만 이 재배시설에에서는 눈, 비, 바람 등에 대한 안전성과 내구성이 잘 반영된 반면에 재배사내 수분과 온도의 변동에 대한 고려가 적었음.

그간 국내에서는 표고원목재배 기계화 시스템을 개발하였고, 효과적인 접종원으로 성형종구 제조기와 자동화 제조기를 개발 보급하였음. 산림청에서는 시설재배에 지원을 하여왔음. - 전국적으로 표고원목재배의 접종 및 재배기술은 선진국의 수준임,

(2) 문제점

재배사 실내는 외기 환경보다 일반적으로 온도는 높고 수분은 모자라는 경향이다. 그 결과로 시설재배에서 수분과 온도를 잘 조절하지 못하여 버섯을 발생시키지 못하는 경우가 자주 생겼고, 높은 온도하에서 과다한 수분공급은 금색시룻버섯, 주홍꼬리버섯 등의 극심한 피해를 초래하였다. 그러므로 연중 버섯생산을 위한 수분과 온도관리에 대하여는 깊은 연구가 필요하다. 한편 미국 (Beyer 등 2000) 뉴질랜드 등 국외에서는 적정 수분과 온도에 대한 모델을 개발하여 재배자는 그것에 준하여서 버섯을 재배하고 있다.

4) 앞으로의 전망

표고재배는 거의 실내재배로 이루어지고 있으므로 적정온도와 습도조건에 대한 이해는 버섯재배 실패율을 낮추는 한편, 표고버섯의 연중 생산기간을 연장하고, 병충해의 발생률을 낮추어서, 버섯 품질을 향상시킬 것이다.

버섯재배사내 온도와 습도를 감지하고 이것을 제어할 수 있는 장비기술은 국내기술로써 충분할 것임. 일본과 중국 등이 표고 버섯 생산면에서 국내의 기술보다 앞서 면이 있으나 현지의 환경을 고려하여야하므로 국내 개발이 매우 중요하다.

III. 연구개발 내용 및 범위

| 연구 개발 목표 | 연구개발 내용 및 범위 | 연구 개발 결과 |
|-----------------------|---|----------------|
| 재배사내 적정 수분-온도관리 모델 정립 | 재배사내 수분온도 변동과악 -재배사 형(단동,연동) -재배사내 위치별 -버섯나무내 위치별 -균주별 버섯발생 상태 -표고원목의 골화정도 -표고 생산량 -시험모델의 개선과 확립 | 적정 수분-온도 모델 정립 |

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 결과

표고시설재배사의 적절한 수분-온도 관리를 위한 모델개발을 위하여 원목재배사와 톱밥재배사내 시·공간적인 온·습도변화를 2003년 7월부터 2006년 7월까지 3년간의 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 표고재배사내에서 수평 위치적인 온·습도의 차이를 보면 재배사내 중앙부가 외곽부보다 온·습도가 높고 변동폭이 작았으며, 습도는 재배사내 중앙부가 외곽부위보다 약 3% 높았다. 중앙부의 환기를 증가시키는 방안이 필요하였다.
2. 표고재배사내 원목 높이에 따른 수직 위치적인 온·습도의 차이를 보면, 기온이 상승할 때는 100cm, 70cm, 40cm, 10cm 순서로 온도가 높았다. 기온이 하강할 때는 반대로 100cm, 70cm, 40cm, 10cm 순서로 내려올수록 온도가 낮았다. 따라서 지표면에 가까울수록 온도의 변화폭이 작은 것으로 나타났다. 재배사내의 상대습도는 온도의 분포와는 정반대의 현상을 나타내는 것으로 기온상승시 상부에서 상대습도가 낮았으며, 기온하강시에는 하부로 내려올수록 상대습도는 낮았다.
3. 원목재배사내 온·습도 변화를 보면 연중 온·습도변화에서 최저온도는 4월말까지는 영하였으며 5월초부터 영상으로 되었다. 또한 사계절중 겨울에 일교차가 가장 컸으며, 겨울에 최대일교차는 30℃였다. 한편 최저상대습도는 4월과 5월 그리고 6월에 20%미만의 날이 많았으며 6월 이후부터 최저습도는 40%이상이었다. 한편 원목재배사내 일중 온·습도 변화를 보면 저녁부터 새벽까지 온도가 내려가면서 상대습도는 100% 포화상태까지 올라가지만 온도가 상승하면 상대습도는 다시 내려간다. 원목재배사내 온도와 상대습도의 변화는 정반대의 경향을 보였다.
4. 톱밥시설재배사내 온·습도 변화를 보면 연중 -4.3℃에서 36.5℃까지 변했으며 평균온도는 15.5℃였다. 한편 상대습도는 연중 9.2%에서 100%인 포화상태를 보였다. 평균상대습도는 77.5%였다. 톱밥재배사내 일중 온도와 상대습도의 변화는 정반대의 경향을 보였다. 이는 원목재배사와 유사하였다.

5. 고품질의 버섯생산은 상대습도의 효율적인 조절이 필수적이라고 할 수 있다. 즉 상대습도 조절은 온도조절로써 가능하다. 버섯재배자들은 온도조절을 위해 비움과 보온으로 이 같은 것을 실천하고 있었다.
6. 노지재배에서는 이른 봄 화고와 건표고생산을 위하여 12월부터 비닐씌우기를 하고 보습과 보습하여 지대한 결과를 얻고 있었다.
7. 버섯자실체내 수분함량이 높을수록 삼투포텐셜이 낮아졌으며, 이것은 종균에 따라 차이가 있었다. 생버섯으로 고품질 표고품종은 수분함량에 크게 관계없이 색깔과 모양이 좋은 버섯으로 조직내부에 당이나 단백질 아미노산, 무기물들의 함량이 높아 균사조직의 삼투압이 높은 품종이다. 이것은 버섯 내의 수분함량이 높더라도 건조한 듯이 밝은 색을 나타내므로 가격이 높고, 중량이 많아서 버섯소득이 높을 것이라고 생각된다.
8. 버섯온도와 상대습도 이슬점: 밤낮의 차이 버섯이 수분을 얻는 방법은 주로 원목이나 배지의 저장수분이지만, 이슬점에 도달한 버섯표면에 맺힌 이슬도 중요하게 이용한다. 이것은 버섯생장에 유리하지만 품질이 저하되는 물벗서의 요인이기도 하다. 그러므로 고품질 버섯생산을 위해서는 이슬점과 버섯의 온도를 측정하여 재배사내 온도와 습도를 조절할 필요가 있다.
9. 표고종균 10개에 대한 RAPD 분석결과에 의하면 다섯 개 group 으로 나눌 수 있는 것으로 나타났다: Group 1: 옥출, Group 2: 기부, Group 3: 115, Group 4: 602, 대구7, 임협6, Group 5: 290(보은), 290(청원), 유우지로(청원), 유우지로(괴산).
10. 버섯재배사의 구조와 기능을 고려하여 저비용으로 재배사의 온도와 습도를 효과적으로 관리하기 위하여서는 버섯재배사 구조인 차광, 비닐막, 창문 그리고 관수시설을 효과적으로 이용할 수 있다. 차광의 기능은 온도를 낮추면서 상대습도를 높이는 것으로 표고의 생장을 다른 병해충의 번식보다 유리하게 한다. 비닐막의 기능은 보습과 보온으로 매우 중요하다. 창문은 천창, 측창, 출입문 등으로 환기의 기능을 하면서 재배사내의 온도와 습도를 균일화시킨다. 관수는 표고생장에 가장 중요한 수분을 공급하면서, 동시에 온도를 낮추고 상대습도를 높인다.

11. 표고재배사의 적정 온습도 관리모델에서 고려되는 독립변수는 온도 습도 시간이며, 종속변수는 버섯생산소득이라고 할 수 있다. 이를 함수관계로 나타내면 다음과 같이 된다. 버섯생산 소득 = $f(\text{온도}, \text{습도}, \text{시간})$. 이 함수관계에서 독립변수를 조절하기 위한 버섯재배사의 구조는 차광, 비닐막, 환기창, 관수라고 할 수 있다.
12. 재배사의 적정 온습도관리에서 중요한 것은 고온다습시기에는 표고균사가 사멸하지 않도록하고 저온 건조기에는 버섯생장이 계속되도록 온도와 습도가 유지되는 것이다. 실패확률이 적은 재배사의 최고온도는 25℃ 이며, 최저온도는 특히 톱밥재배사는, 영상이다. 건표고를 위한 화고생산과 일반 생표고생산을 위한 온습도관리가 다르지만, 생산시기에는 15-20도 정도에서 60-80%가 유리한 것으로 생각된다.
13. 표고재배사의 연중 온습도 관리를 월별로 최근의 버섯가격변동을 고려하여 모델을 제시하였다.

2. 활용에 대한 건의

표고재배사의 온도와 수분관리에서 가장 중요한 것은 차광과 통풍이라고 결론짓는다. 차광은 통풍은 가장 경제적으로 온도와 수분을 관리하는 방법이기도 하다. 이를 위하여 재배사의 구조와 기능을 고려하여 다음과 같이 건의한다.

수분에 관련된 구조는 관수시설이지만, 습도조절을 위하여는 온도를 조절할 수 있는 차광과 환기창이 매우 중요하였다.

가. 기술적 측면

본 연구 결과는 성공적인 표고시설재배사에서의 수분-온도 동태를 이해하고 이것을 이루기 위한 재배사의 구조와 기능을 제시하였다. 표고생산에 효과적인 수분조건과 온도관리는 재배사의 구조와 기능을 이해하는 것이기도 하였다. 본 모델은 성공적인 표고생산을 위한 개념적 모델로서, 표고버섯재배에 대한 기존지식과, 배재사의 구조와 기능을 연결시키고, 경제적인 관리방법을 결합한 것이다.

이 개념적 모델은 재배사들에게 인식되어 외부환경보다 높은 재배사내의 온도와 이에 따른 수분결핍 정도를 이해시키고, 경제적인 방법으로 온도와 수분상태

를 조절하여 고품질의 버섯생산을 도모하고 시기를 조절하고 생산기간을 연장하는데 기여할 것이다. 여기에 포함되는 사항은 다음과 같다.

- 높은 수분과 온도에서 창궐하는 버섯 병해충의 발생을 감소.
- 재배사내 위치상 심한 수분-온도차를 해소하여 버섯생산을 균질화.
- 고품질의 버섯생산에 기여.
- 하등품생산의 주요인인 과다, 부족한 수분, 고온다습에 의한 병해충해소.
- 시설재배 상황버섯, 영지버섯, 양송이, 느타리 버섯의 생산기술에 기여.

나. 경제 · 산업적 측면

특상품의 표고는 kg당 9,000-11,000원이나, 하등품은 1,000-2500원으로 불과하므로 표고재배농가의 수익을 위하여서는 하등품의 생산을 극감시키는 것이 중요하다. 표고시설재배사의 적정 수분-온도 관리모델은 상등품의 생산에 크게 기여할 것이다. 원목비는 표고생산비의 45%를 차지하므로 원목의 효율성 증가는 생산비 절감의 요체이다. 표고생산 원자재인 참나무 자원이 크게 부족하여 충북을 제외한 전국이 골목을 중국으로부터 수입에 절대적으로 의존하고 있는 가운데 원목의 생산효율을 증대시킬 것이다. 표고재배사의 수분-온도관리모델은 표고버섯자체 뿐만 아니라, 시설재배를 하고 있는 상황버섯, 영지버섯, 느타리버섯 등의 버섯재배에도 응용할 수 있다. 이 모델을 표고생산 시설내의 수분과 온도를 조절하는데 자동화 프로그램 개발에 응용할 수 있다.

SUMMARY

(영문 요약문)

To understand spatiotemporal changes of temperature and humidity in *Lentinula edodes* cultivation sheds, temperature, relative humidity and light intensity were measured with HOBO H8 series sensors in log cultivation sheds and sawdust cultivation sheds. The results obtained from July in 2003 to July in 2006 were as follows:

1. Horizontal temperature changes were smaller at center of cultivation shed inside than corner of cultivation shed inside, while relative humidity changes were greater about 3% at center of cultivation shed inside than corner of cultivation shed inside.
2. Vertical temperature changes showed that the temperature was higher at above than at below when the temperature rises, while the temperature was lower at above than at below when the temperature falls. Thus close to soil surface temperature showed a little fluctuation. Vertical relative humidity changes showed that the relative humidity was lower at above than at below when the temperature rises, while the relative humidity was higher at above than at below when the temperature falls. After all temperature and relative humidity was the opposite in cultivation shed.
3. It's showed in log cultivation shed that the minimum temperature was a subzero temperature until the end of April, while the minimum temperature did above zero after the beginning of the May. Besides a winter was the

greatest at daily temperature range during the four season, about 30°C. On the other hand the minimum relative humidity was less than 20% at April, May and June but more than 40% after May.

4. It's showed in sawdust cultivation shed that a yearly temperature changed from -4.3°C to 36.5°C and the average temperature was 15.5°C. In addition to the minimum temperature was subzero temperature until the beginning of May, while the minimum temperature did above zero after that. On the other hand a yearly relative humidity changed from 9.2% to 104% and the average relative humidity was 77.5%.
5. High quality mushroom production is achieved by an effective control of relative humidity. Namely, It should be control temperature that it shades the light in warm weather and keeps warm in cold weather in cultivation shed.
6. In an open field cultivation of *L. edodes* high quality mushroom, Hwago, was produced by keeping temperature and humidity with plastic cover on the logs during December to March.
7. Osmotic potential of *L. edodes* tissues increased by increasing water content. Better strains has better appearance in color and shape under high water content.
8. The mushroom fruit body water content can be related to dew point temperature of the mushroom surface. Thus, for high quality mushroom production mushroom temperature needs to be considered in controlling temperature in the shed.
9. DNA of ten *L. edodes* strains analyzed by RAPD to grouped into five. Strains, 290 and Yuziro, were in the same group.
10. To conreol the temperature and humidity effectively and efficiently ina shed combination of light shield net, windows, plastic cover and irrigation, fan can be applied with a lower cost.

11. The relationship between mushroom production and temperature and humidity in a shed can be expressed as mushroom yield = f(temperature, humidity, time).
12. An optimum temperature and humidity control model in a shed should be maintained below 25°C during hot days and be above 0°C especially for sawdust cultivation. Although conditions for the production of high quality dried mushrooms differ from fresh mushroom, a general suggestion for optimum management during fruiting is 15 - 20°C for temperature and 60-80% for relative humidity.

CONTENTS

(영 문 목 차)

| | |
|---|-----|
| Chapter 1. Introduction | 19 |
| Chapter 2. State of art | 27 |
| Chapter 3. Research methods and results | 29 |
| Section 1. Moisture and temperature control in log cultivation shed | 29 |
| 1. Introduction | 29 |
| 2. Materials and methods | 29 |
| 3. Results and discussion | 39 |
| 4. Conclusion | 76 |
| Section 2. Moisture and temperature control in bag cultivation shed | 77 |
| 1. Introduction | 77 |
| 2. Materials and methods | 77 |
| 3. Results and discussion | 80 |
| 4. Conclusion | 94 |
| Section 3. Test of model shed | 98 |
| 1. Introduction | 98 |
| 2. Materials and methods | 98 |
| 3. Results and discussion | 101 |
| 4. Conclusion | 114 |
| Section 4. Water potential of fruit body | 115 |
| 1. Introduction | 115 |
| 2. Materials and methods | 115 |
| 3. Results and discussion | 116 |
| 4. Conclusion | 119 |

| | |
|--|-----|
| Section 5. DNA analysis of strains by RAPD | 120 |
| 1. Introduction | 120 |
| 2. Materials and methods | 120 |
| 3. Results and discussion | 120 |
| 4. Conclusion | 122 |
| Section 6. Suggestion of management Model for cultivation shed | 123 |
| 1. Introduction | 123 |
| 2. Conception model for cultivation | 125 |
| 3. Year long management model of moisture and temperature | 129 |
| 4. Conclusion | 131 |
| Section 7. Conclusion synthesis | 132 |
| Chapter 4. Achievement of projects and their contribution | 135 |
| Chapter 5. Application plan of project results | 135 |
| Chapter 6. Technology inforamtion obtained during the project period | 136 |
| Literature cited | 146 |
| Appendix | 149 |

목 차

| | | |
|-------|-----------------------|-----|
| 제 1 장 | 연구개발과제의 개요 | 19 |
| 제 2 장 | 국내외 기술개발 현황 | 27 |
| 제 3 장 | 연구개발수행 내용 및 결과 | 29 |
| 제 1절 | 표고원목재배사의 온습도 관리 | 29 |
| 1. | 머리말 | 29 |
| 2. | 재료 및 방법 | 29 |
| 3. | 결과 및 고찰 | 39 |
| 4. | 결론 | 76 |
| 제 2절 | 표고톱밥재배사의 온습도 관리 | 77 |
| 1. | 머리말 | 77 |
| 2. | 재료 및 방법 | 77 |
| 3. | 결과 및 고찰 | 80 |
| 4. | 결론 | 94 |
| 제 3절 | 온습도 관리 모델 검증 | 98 |
| 1. | 머리말 | 98 |
| 2. | 재료 및 방법 | 98 |
| 3. | 결과 및 고찰 | 101 |
| 4. | 결론 | 114 |
| 제 4절 | 표고자실체의 수분포텐셜 | 115 |
| 1. | 머리말 | 115 |
| 2. | 재료 및 방법 | 115 |
| 3. | 결과 및 고찰 | 116 |
| 4. | 결론 | 119 |

| | |
|---------------------------------------|-----|
| 제 5절 RAPD에 의한 표고종균 DNA 구분 | 120 |
| 1. 머리말 | 120 |
| 2. 재료 및 방법 | 120 |
| 3. 결과 및 고찰 | 120 |
| 4. 결론 | 122 |
| 제 6절 관리모델 제시 | 123 |
| 1. 머리말 | 123 |
| 2. 온-습도 관리의 개념적 모델: 채배사의 구조와 기능 | 125 |
| 3. 온습도 연중관리 모델 제시 | 129 |
| 4. 결론 | 131 |
| 제 7절 결론 종합 | 132 |
| | |
| 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 | 135 |
| | |
| 제 5 장 연구개발결과의 활용계획 | 135 |
| | |
| 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 | 136 |
| | |
| 제 7 장 참고문헌 | 146 |
| 부 록 | 149 |

본 문

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

이 연구의 목적은 성공적인 표고시설재배사내에서 수분과 온도관리를 벤치마킹하여 표고재배사의 구조와 기능면에서 적절한 수분과 온도관리 모델을 개발하는데 있다.

제 2절 연구개발의 필요성

1. 필요성

전세계적으로 생표고버섯의 소비가 계속 증가하므로, 생표고 생산은 앞으로 전망이 매우 밝다. 국내 생표고 생산은 9,000 재배농가에서 참나무 90만톤으로 생표고 25,000톤, 건표고 2,000톤의 2,400억 가치가 있다. 우리나라에서 표고소비는 매년 증가하여 2001년에 5,639톤, 2005년에는 7,080톤이었다. 이렇게 중요한 표고버섯은 현재 기술적, 경제적, 문화적인 측면에서 더욱 연구개발할 필요가 있다.

가. 기술적 측면

표고 시설재배에서 가장 중요한 성공 인자는 수분과 온도의 적정관리이다. 최근 표고의 생산은 주로 시설내 재배로 이루어지고 있고 비닐하우스내는 외부환경보다 온도가 높고 건조가 심하여 주의 깊은 관리를 하지 않으며 버섯발생에 불리한 환경이다. 자연 강우보다는 관수에 의함으로 연중 적정 수분의 공급이 버섯생산의 중요한 요인이 되었다. 표고재배에서 과다한 수분공급은 원목에 푸른곰팡이병, 주홍꼬리버섯, 시룻번버섯 등 잡균을 번식시켜서 표고 생산량을 감소시

킬 뿐만 아니라, 버섯에 수분이 많아져서 색깔이 짙고, 저장성이 떨어지게하여 품질을 열화시킨다. 그러나 표고재배시에 환경조건인 재배사의 온도와 수분을 효과적으로 관리하지 못하면 원목의 표고균이 사멸하거나 병충해가 만연하여 원목의 버섯생산 능력을 잃게 된다. 표고생산비 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 원목대금으로 비율은 생산경비의 31%에 달한다. 따라서 재배사의 온도와 수분관리는 원목의 표고생산성을 좌우하는 매우 중요한 요인이 된다. 하지만 원목은 무겁고, 수분관리가 어렵고 연중재배가 불리한 관계로 최근에는 표고툽밥재배가 크게 중요시 되고 있으나 아직 생산자는 20여명, 총생산량은 2%에 지나지 않아서 툽밥재배기술의 개발이 계속 요구되고 있다.

툽밥재배기술은 최근에 2004년부터 획기적으로 개선되어 고품질이 연중 생산되고 있다. 표고 툽밥재배는 손이 많이 가는 배지관리와 수확, 푸른곰팡이병, 생산된 버섯의 과다한 수분함량 등을 성공적으로 개선하여 원목표고 이상의 고품질을 생산하고 있다 (김원수, 산림청, 2005).

표고생산 4요소는 종균, 배지, 환경, 기술로써, 기술은 앞의 세 가지 요소를 효율적으로 관리하여 고품질의 버섯을 생산하는 재배기술임. 이 중에서 이번 연구가 중점으로 하는 것은 재배환경으로서, 중요한 환경요소 3가지는 온도, 습도, 광도임. 이것이 알맞을 때 고품질의 버섯생산으로 이어짐. 이들 환경을 적절히 조절하기 위하여 버섯재배사는 다음의 구조와 기능을 가지고 있음.

표 3 버섯재배사의 구조와 기능

| 구조 | 기능 조절 | 비고 |
|----------|------------|------------------|
| 이중비닐 하우스 | 온도, 습도, 수분 | 비가림, 보온, 연중재배 가능 |
| 차광망 | 온도, 습도, 광도 | 차광, 온도하강, 습도상승 |
| 창문 | 온도, 습도, | 통풍, 균일한 온도와 습도 |
| 관수시설 | 온도, 습도, 수분 | 관수, 수막, 가습 |
| 난방기, 냉방기 | 온도, 습도 | 가온, 감온, 연중재배 가능 |

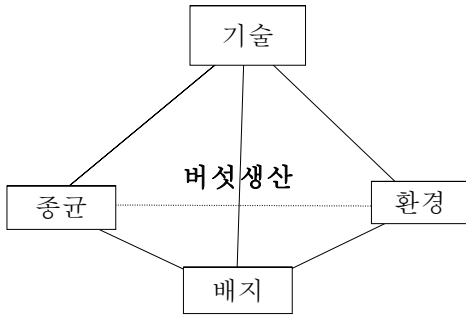


그림 2. 버섯생산 4요소.

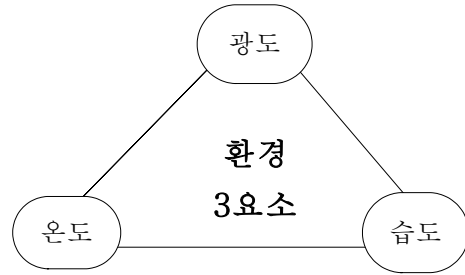


그림 3. 버섯재배 환경 3요소



그림 4. 원목재배에서 고품질 화고생산 그림 5. 톱밥재배에서 고품질 생표고

오늘날 표고(*Lentinula edodes*)재배는 이미 노지재배 위주에서 시설재배로 전환하여 생산성 및 경쟁력이 크게 향상되었다(산림청, 2000). 따라서 표고재배면적 중 시설재배가 차지하는 비중이 75%까지 확대되었다(산림청, 2000). 시설재배는 고품질의 표고버섯을 연중 안정적으로 생산할 수 있는 장점을 지니고 있지만 시설내 재배환경에 따라 극심한 변화가 있어서 여전히 연구가 요구되는 실정이다.

시설재배사는 비닐하우스 등을 이용한 비가림 시설재배와 침수조를 설치하는 침수 시설재배, 일본 모리(森)회사에서 개발한 현수식(懸垂式)시설재배 등이 있다(임업연구원, 1998). 비가림 시설재배는 비닐하우스를 설치하고 지붕에 비닐과 차광망을 씌운 후 스프링클러 시설을 하여 비를 맞추지 않고 필요한 시설에 쓰러뜨리기 및 살수를 하여 버섯을 생산하는 것으로 급속히 보급되고 있다(임업연구

원, 1998). 침수시설재배는 침수조를 설치하고 골목을 침수조에 담구어서 수분의 흡수와 온도자극을 받게 함으로써 버섯발생을 유도하는 것이다. 이 방법은 매일 일정량의 고품질 버섯을 시장에 보급할 수 있을 것으로 기대되었으나 습도관리가 어려워져 실용화 되지 못하였다.

표고시설재배의 장점은 양질의 표고를 생산 할 수 있고, 버섯 발생후 강우로 인한 품질 저하를 줄일 수 있으며, 생산시기 조절이 가능하여 높은 가격을 받을 수 있고 병해충 예방 및 방제가 용이한 점이다(전국표고버섯 생산자 연합회, 2003). 시설재배는 또한 표고재배기간을 단축할 수 있어 자금회전이 빠르며, 적산 온도를 보충할 수 있기 때문에 배지내 균사활착을 촉진 할 수 있고 집약재배가 가능하여 노동력을 절감하는 등의 많은 장점도 가지고 있다(전국표고버섯 생산자 연합회, 2003).

그러나 재배사를 제시된 표준모델을 따라 설치를 하였더라도 개개의 농가들이 재배하고 있는 지역내 재배환경들이 다양하여 이를 고려하지 않는다면 오히려 피해를 또한 볼 수 있다. 다시 말해서 기본적으로 시설내부가 외부환경보다 온도가 높아지기 때문에 균사의 생장은 양호해 지나, 습도가 높은 경우 잡균의 발생 가능성도 높아지게 된다. 또한 표고시설재배사내에서는 낮에 높은 온도에 비하여 상대습도가 지나치게 낮아지기도 한다. 반면에 온도가 낮아지면 상대습도가 지나치게 높아져 자라는 버섯의 수분이 많아지기 때문에 버섯의 외관품질이 떨어질 뿐만 아니라, 과도한 버섯생산으로 수확인력이 단기간에 요구되어 작업이 어렵고, 시기를 놓치면 과숙하여 품질이 낮아지고, 잡균의 번식으로 생산량이 감소될 수도 있다 (임산버섯, 1998).

시설재배사내에서 수확되는 버섯은 고품질의 버섯으로서 농가에 안정된 소득을 보장해 주고 있다. 일반적으로 버섯은 수분이 90%이기 때문에 자라면서 많은 물을 요구하고 있다. 특히 건조시기 동안 지속적인 수분관리가 중요하다. 그런데 시설재배사는 외기환경보다 온도가 높고 건조하기 쉬워서 버섯재배 실패율이 높다. 그러므로 시설내 환경인자에 정확한 대한 지식이 필요하다. 결국 개개의 재배사 여건에 적절한 온도와 수분에 대한 올바른 이해는 연중 표고생산기간을 연장할 수 있게 하고, 병해충해의 발생률을 낮춰 버섯품질 향상을 시키면서 표고

재배 실패율을 낮추게 될 것이다. 본 연구는 현재 성공적으로 표고를 생산하고 있는 재배사에서 시-공간적으로 변화하고 있는 온도 및 습도 변화를 이해하여 적절한 온도와 습도관리의 모델을 제시하는 것이다.



그림 6. 고온 과습으로 인한 주홍꼬리 버섯균 발생



그림 7. 고온과습으로 인한 푸른곰팡이 병 발생

나. 경제·산업적 측면

우리나라는 200년도에 1,080톤의 건표고를 중국에서 수입하였다. 중국의 톱밥 재배로부터 생산된 표고가 다량으로 수입됨으로써 국내 표고가격은 크게 하락하였으며, 국내 원목표고 생산자들은 참나무 원목 재료의 구입난과 가격상승으로 경쟁력이 더욱 떨어져 있다.

국내의 표고톱밥재배는 불확실한 톱밥원료공급과 시간과 노력이 거의 3배 이상 드는 비경제적인 버섯수확 방식 때문이 현재로서는 경쟁력이 매우 낮다. 표고 생산비의 45%가 재료비, 재료비의 74%가 원목대금으로 지출된다 (임업연구원, 2000).

다. 사회·문화적 측면

국내 버섯의 소비량은 국민소득 향상과 함께 계속 늘고 있으며, 표고는 매년 7% 성장할 것으로 예측된다. 한편 표고는 산주와 농산촌 주민들에게 2-5년의 단기간에 수익을 가져다주는 단기소득작물로써, 농산촌 사회의 안정에 기여한다.

2. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

가. 현황

표고 원목재배의 개선점으로는, 1) 출입구 확대(화물차 통과 가능), 2) 고품질 표고생산이 가능한 비가림 시설의 개발 등 이었고, 균상재배에서는 1) 품질향상 연구 필요, 2) 새로운 차광재 및 피복재 개발 필요, 3) 계절별 적합한 품종개발 필요, 4) 시설 시공비의 절감 방안 모색, 5) 일본식 재배 방식에 의존(새로운 재배시스템 개발 필요), 6) 새로운 배지의 개발 필요, 7) 차광문제 개선, 8) 환기문제 개선 등이 조사된 바 있음 (산림청, 2000).

산림청의 표고재배사 모델개발 용역연구에서는 골목재배용 모델 6종류를 개발하였다. 골목재배용 모델에서는, 내설형 및 내풍형 각 단동 1중구조 및 2중구조, 2연동 부분2중구조를 개발. 내설형은 양지붕형이며 내풍형은 아취형임.

하지만 이 재배시설에에서는 눈, 비, 바람 등에 대한 안전성과 내구성이 잘 반영된 반면에 재배사내 수분과 온도의 변동에 대한 고려가 적었음. 예로써, 표고 재배시설을 플라스틱 하우스를 설계할 경우의 내용년수 10년, 안전도 50%, 재현기간 15년을 기준으로 하였음. 골목재배용 내풍형 모델은 설계풍속 34m/s(단동), 27m/s(연동), 설계적설심 25cm이었고, 내설형 모델은 설계적설심 30cm(단동), 27cm(연동), 설계풍속 31m/s(단동), 25m/s(연동)로 설계하였음.

따라서 충남 천안시 농업기술센터의 박상돈 지도사(2001)는 환기와 고온다습한 조건을 해결하는 방안으로 맞배형재배사, 지붕 및 처마에 개폐기를 설치한 일반재배사 등 5개의 모델을 제시하였고, 재배사 모델별로 온도변화를 조사한 결과 맞배형에서 온도가 가장 낮게 유지되었음.

그간 국내에서는 표고원목재배 기계화 시스템을 개발하였고, 효과적인 접종원으로 성형종구 제조기와 자동화 제조기를 개발 보급하였음. 산림청에서는 시설재배에 지원을 하여왔음. - 전국적으로 표고원목재배의 접종 및 재배기술은 선진국의 수준임,

나. 문제점

재배사 실내는 외기 환경보다 일반적으로 온도는 높고 수분은 모자라는 경향

이다. 그 결과로 시설재배에서 수분과 온도를 잘 조절하지 못하여 버섯을 발생 시키지 못하는 경우가 자주 생겼고, 높은 온도하에서 과도한 수분공급은 금색시룻버섯, 주홍꼬리버섯 등의 극심한 피해를 초래하였다. 그러므로 연중 버섯생산을 위한 수분과 온도관리에 대하여는 깊은 연구가 필요하다. 한편 미국 (Beyer 등 2000) 뉴질랜드 등 국외에서는 적정 수분과 온도에 대한 모델을 개발하여 재배자는 그것에 준하여서 버섯을 재배하고 있다.

3. 앞으로의 전망

표고재배는 거의 실내재배로 이루어지고 있으므로 적정온도와 습도조건에 대한 이해는 버섯재배 실패율을 낮추는 한편, 표고버섯의 연중 생산기간을 연장하고, 병충해의 발생률을 낮추어서, 버섯 품질을 향상시킬 것임.

버섯재배사내 온도와 습도를 감지하고 이것을 제어할 수 있는 장비기술은 국내기술로써 충분할 것임. 일본과 중국 등이 표고 버섯 생산면에서 국내의 기술보다 앞서 면이 있으나 현지의 환경을 고려하여야하므로 국내 개발이 매우 중요함.

제 3절 연구개발 내용 및 범위

1. 연구개발 목표와 내용

표고 시설재배사내 적정 수분-온도 관리 모델 정립

| 연구개발 목표 | 연구개발 내용 및 범위 | 연구개발 결과 |
|-----------------------|---|----------------|
| 재배사내 적정 수분-온도관리 모델 정립 | 재배사내 수분온도 변동과악 -재배사 형(단동,연동) -재배사내 위치별 -버섯나무내 위치별 -균주별 버섯발생 상태 -표고원목의 골화정도 -표고 생산량 -시험모델의 개선과 확립 | 적정 수분-온도 모델 정립 |

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1절 현황

표고 원목재배의 개선점으로는, 1) 출입구 확대(화물차 통과 가능), 2) 고품질 표고생산이 가능한 비가림 시설의 개발 등 이었고, 균상재배에서는 1) 품질향상 연구 필요, 2) 새로운 차광재 및 피복재 개발 필요, 3) 계절별 적합한 품종개발 필요, 4) 시설 시공비의 절감 방안 모색, 5) 일본식 재배 방식에 의존(새로운 재배시스템 개발 필요), 6) 새로운 배지의 개발 필요, 7) 차광문제 개선, 8) 환기문제 개선 등이 조사된 바 있다 (산림청, 2000).

산림청의 표고재배사 모델개발 용역연구에서는 골목재배용 모델 6종류를 개발하였다. 골목재배용 모델에서는, 내설형 및 내풍형 각 단동 1중구조 및 2중구조, 2연동 부분2중구조를 개발. 내설형은 양지붕형이며 내풍형은 아취형이다.

하지만 이 재배시설에서는 눈, 비, 바람 등에 대한 안전성과 내구성이 잘 반영된 반면에 재배사내 수분과 온도의 변동에 대한 고려가 적었다. 예로써, 표고 재배시설을 플라스틱 하우스를 설계할 경우의 내용년수 10년, 안전도 50%, 재현기간 15년을 기준으로 하였다. 골목재배용 내풍형 모델은 설계풍속 34m/s(단동), 27m/s(연동), 설계적설심 25cm이었고, 내설형 모델은 설계적설심 30cm(단동), 27cm(연동), 설계풍속 31m/s(단동), 25m/s(연동)로 설계하였다.

따라서 충남 천안시 농업기술센터의 박상돈 지도사(2001)는 환기와 고온다습한 조건을 해결하는 방안으로 맞배형재배사, 지붕 및 처마에 개폐기를 설치한 일반재배사 등 5개의 모델을 제시하였고, 재배사 모델별로 온도변화를 조사한 결과 맞배형에서 온도가 가장 낮게 유지되었다.

그간 국내에서는 표고원목재배 기계화 시스템을 개발하였고, 효과적인 접종원으로 성형종구 제조기와 자동화 제조기를 개발 보급하였다. 산림청에서는 시설재배에 지원을 하여왔고, 우리의 표고원목재배의 접종 및 재배기술은 선진국의 수준이라 할 수 있다.

제 2절 문제점

재배사 실내는 외기 환경보다 일반적으로 온도는 높고 수분은 모자라는 경향이다. 그 결과로 시설재배에서 수분과 온도를 잘 조절하지 못하여 버섯을 발생시키지 못하는 경우가 자주 생겼다. 또한 높은 온도하에서 과도한 수분공급은 금색시룻버섯, 주홍꼬리버섯 등의 극심한 피해를 초래하였다. 그러므로 연중 버섯생산을 위한 수분과 온도관리에 대하여는 깊은 연구가 필요하다. 한편 미국 (Beyer 등 2000) 뉴질랜드 등 국외에서는 적정 수분과 온도에 대한 모델을 개발하여 재배자는 그것에 준하여서 버섯을 재배하고 있다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

표고재배는 비가림과 차광이 있는 시설재배사에서 많이 이루어지고 있다. 시설 내 재배는 표고발생기간을 연장시키고, 고품질의 표고 생산을 위해서 매우 효과적이다. 그러나 재배사내 온도와 수분관리가 매우 중요하다. 상대습도는 온도에 비례하여 크게 달라지므로 재배사의 적정 수분-온도관리를 위해서는 온-습도의 변동을 이해할 필요가 있다. 원목은 수피가 있으므로 주위 습도에 영향을 덜 받지만, 발생한 버섯의 생장은 주위의 온도와 습도에 크게 영향을 받는다. 그러므로 재배사내의 온-습도 환경에 대한 연구는 표고재배에서 중요한 사항이다. 이 연구의 목적은 표고재배사에서 적정한 온습도 관리모형을 제시하는 것이다. 이번 장에서는 원목재배사, 톱밥재배사, 관리모형의 검정, 표고자실체의 수분포테셜, 그리고 표고규주의 DNA를 RAPD법으로 분석한 결과를 보고한다.

제 1 절 표고 원목재배사 온습도 관리

1. 머리말

원목재배에서 고품질의 표고를 생산하기 위하여는 재배사내 수분관리가 제일 중요한 것으로 알려져 있다. 그리고 이 수분은 공중 상대습도로써 측정할 수 있는데, 상대습도는 온도에 비례하여 크게 달라진다. 따라서 많은 성공적인 재배자들은 습도를 조절하기 위하여 온도를 우선 낮추고 있다. 그 방법 중에 하나가 차광이며, 통풍이고 수막관수 또는 분무이다. 재배사의 적정 수분-온도관리 모형을 개발에는 성공적인 재배사에서 온-습도의 변동을 이해하는 것이 매우 중요하였으므로 이것을 알고자 장단기적인 온습도변화를 측정하였다.

2. 재료 및 방법

가) 표고 원목 및 톱밥재배 시설재배사 내의 수분-온도 변동상황 파악

(1) 재배사 선정

현재 앞선 기술로 활발하게 버섯을 생산하고 있는 표고 재배자에 대하여 다음 같이 원목 재배사 4곳, 노지원목재배 1곳, 그리고 톱밥재배사를 3개소에 대하여 재배사내에 공중 온-습도센서를 원목의 높이별로 설치하고 2003년 11월부터 장기간 조사하였다. 측정은 HOBO에 내장된 센서를 이용하여 매 시간 간격으로 온도와 습도를 측정하고 데이터 로거에 기록하였고 주기적으로 데이터를 회수하여 분석하였다.

(2) 온도, 습도 및 광센서 설치

버섯 재배사내의 주요한 환경요인 중, 온도, 습도, 광 조건의 시계열 변화와, 재배사내에 서 원목이 위치하는 높이를 고려하여 0.1m, 0.4m, 0.7m, 1.0cm 높이에, 그리고 중앙부와 외곽 모서리 위치와의 편차를 알기 위하여 4곳에 센서를 설치하였다. 재배사 외부 1곳에도 설치하여 재배사 내외부의 차이를 조사하였다.

관측에는 센서로는 온도, 습도, 광 조건을 모두 측정할 수 있고, 지속적인 관측 및 유지관리가 용이한 HOBO H8(Onset Computer Corporation) 시리즈, CR10X Logger(Campbell Scientific, Inc.) 및 20여개의 온도, 습도, 광센서 등을 사용하였다. 그리고 휴대용 온습도측정기 (testo 605-H1)로써 미세환경적인 변이데이터를 보완하였다.

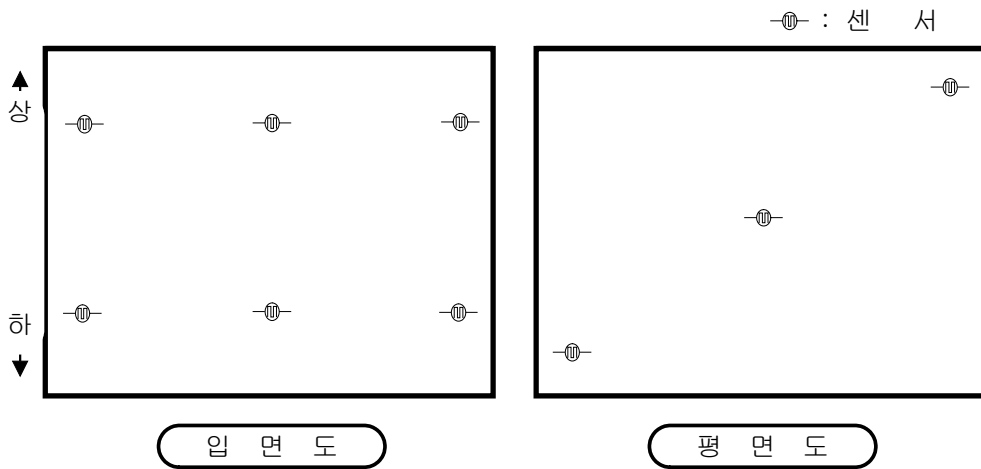


그림 8. 버섯 재배사내의 수분 및 온도 센서 배치도

나) 표고 원목 내부의 환경변화 조사

버섯 재배사의 환경변화에 따른 표고 원목의 수피, 변재, 심재 내에서의 균사의 지속적인 변화를 관찰하기 위하여 표고 원목의 높이 부위에 따라 온도 센서를 설치하고 원목의 높이를 상중하부로 나누어서 온도를 측정하였다. 표피부와 중심부, 높이에 따라 (10cm, 60cm, 110cm), 그리고 4방향으로 열전대 (Thermocouple) 온도센서를 24개 (= 2 내외 x 3 높이 x 4 방향) 설치하여 측정하고 데이터 로거에 기록하였다,

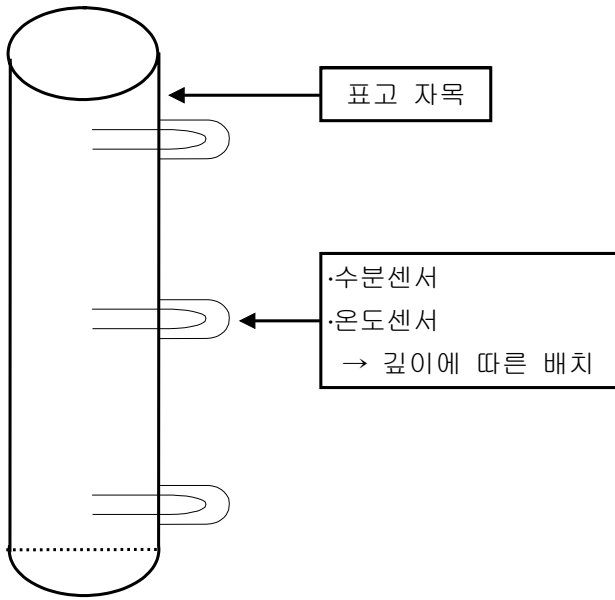


그림 9. 표고 골목 내·외부 센서 배치도



그림 10 표고재배사 관수시설



그림 11. 표고원목 높이별(10cm, 60cm, 110cm) 온도 습도센서와 연결된 데이터로거.



그림 12. 온도 습도센서 측정치의 데이터로거에서 받은 자료 이전.



그림 13. 원목의 하부에서 발생한 수분이 많은 표고버섯. 현 상대습도는 48.6%였음.

2) 조사규모

- 센서: 3 수평적 위치 x 4 수직적 위치 + 1 외부위치 = 10개
- 원목 내부: (2 내외위치 x 3 높이 위치) x 4방향 = 24센서
- 재배사 형별 연차별로 1개형씩 조사: 일반 단동형 3개,
- 지역: 충북(청주, 청원) 충남(청양)에서 총 4개소에 설치

- 균주: 톱밥재배용 고온성과, 원목재배용 저온성(모리 290).

3) 시험재배사의 구조

표고시설재배사내의 시·공간적 온·습도변화를 알기 위하여 청주, 청원군, 청양군내 4개 지역에서 선정된 재배사의 구조는 표 8과 같다.

표 5. General characteristics of *Lentinula edodes* cultivation shed.

| 원목재배 | | | | | | |
|----------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| 재배사 형 | 단동형 | 단동형 | 연동형 | 단동형 | 단동형 | 노지재배 |
| 재배균 주 | 모리290 (저온성) | 모리290 (저온성) | 모리290 (저온성) | 고온성(90%) 산림4호, 108호 저온성(10%) | 767 357 290 | 767 357 290 |
| 방 향 | 동서 | 동서 | 동서 | 동서 | 남북 | 동서 |
| 재배사 규모 | 6m x 35m x 3.2m 간격 1.5m | 15m x 40-55m x 3.2m 2연동 | 13-20m x 30-50m x 3.2m 3연동 | 16,000본 30동 7m x 15m x 3.2m | 7.5m x 80m x 3.2m | 참나무] 리기다소 나무림 |
| 차광형 태 | 비닐+비음 망 | 비닐+비음 망 | 비닐+비 음망 | 비닐+비음망 | 비닐, 비음망 | |
| 수분 온도관 리 | 관수 비닐 차광 | 관수 비닐 차광 | 관수 비닐 차광 | 관수 비닐 차광 온풍 | 관수 비닐 차광 | 노지, 동절기 비닐 |
| 장소 | 충북 청주 가경동 황새골 | 충북 청원군 미원면 가덕 | 충북 청원군 북이면 토성리 | 충주시 노은면 법동리 | 천안시 성거면 | 천안시 성거면 |
| 소유자 | 이향주 | 이후원 | 변형석 | 이명수 (리을농산) | 황성태 (천안황금) | 황성태 (천안황금) |

4) 온도, 습도 및 광량 측정

버섯 재배사내의 주요한 환경요인인 온도, 습도, 광의 시공간적인 변화를 관측하기 위하여 재배사내에 위치별로 센서를 설치하였다. 재배사내부에서 이들 입자들의 수평적인 차이를 알기위해서 중앙부와 외곽부에 센서를 설치하여 기록하였고, 수직적인 차이를 알기위해서 센서를 10cm, 40cm, 70cm, 100cm 높이에 설치하여 기록하였다. 이중 재배사 중앙부 위치 1개소(100cm 높이센서1개, 10cm높이센서1개)에서 지속적으로 관측하였다(Figure 2). 재배사외부에도 온·습도를 측정하여 재배사내외부의 차이를 조사하였다.

온도, 수분을 지속적으로 측정기록하기 위하여 HOBO Pro H8(Onset Computer Corporation)시리즈와 광조건을 측정할 수 있는 HOBO Light Intensity Data Logger를 사용하였다(Figure 3). 이 장비들은 1개 측정지점에서 1시간단위로 온도와 습도 그리고 광도를 2003년 10월부터 2004년 10월까지 기록했으며, 이 자료들은 분석프로그램인 Boxcar Pro을 이용하여 매월 다운 받았다.



그림 14. 표고재배사. 왼쪽 위로부터 동절기보온 톱밥재배사, 측장계폐, 동절기 비닐보온재배, 동절기 자연노출, 천창계폐, 노지재배의 보온보습비닐, 단동 연결재배사, 4연동재배사 내부.

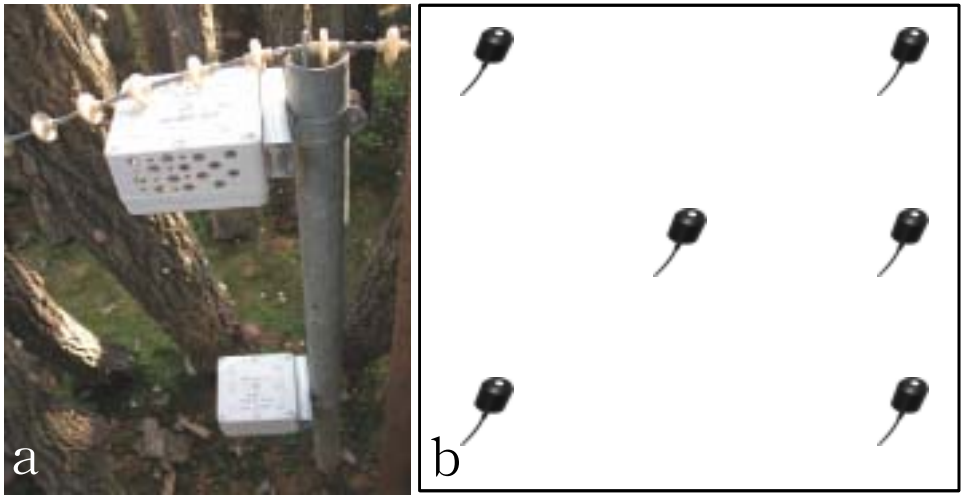



그림 15-16  : Arrangement of temperature & relative humidity(RH) sensors. a: vertical arrangement: 10cm and 70cm height, b: horizontal arrangement in *Lentinula edodes* cultivation shed.



그림 17. HOBO, Measuring instrument for temperature and relative humidity(c)



그림 18. light intensity data logger



그림 19. *Lentinula edodes* log cultivation shed.

3. 온·습도자료 분석방법

1) 원목재배사내 수평적, 수직적 위치별 온·습도 변화비교

시설재배사내 중앙부와 외곽부간 수평적인 차이를 알기 위하여 2003년 11월부터 2004년10월까지 기록된 온습도 자료를 비교하였고, 시설재배사내서 수직적인 차이를 알기 위하여 중앙부에 10cm, 40cm, 70cm, 100cm높이에서 측정한 온습도 자료를 분석하였다.

2) 원목재배사의 온·습도 변화비교

원목재배사내에서 2003년 11월부터 2004년 10월까지 온습도의 시간적인 변화, 3월 1일부터 2일, 6월 1일부터 2일, 9월 1일부터 2일, 12월 1일부터 2일에 측정한 일중 온·습도에 대한 시간적인 변화 그리고 계절별, 일별 광도의 시간적인 변화를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 재배사내 위치별 온습도

재배사내에서 60cm 높이에서는 일평균 온도가 2월 중순까지는 $-14\sim 0$ °C였고, 중앙부에서 2~3도 높았다. 재배사 가장자리와 외부는 비슷하였다. 2월 중순부터는 일평균 온도가 $-5\sim +5$ 도를 유지하였으며 위치별로 차이가 없었다. 그러나 30cm 부위에서는 2월 중순경에 재배사내 중앙부와 가장자리가 비슷하였고 외부가 2~3도 낮았다. 2월 하순부터는 재배사 내외부의 온도를 비슷하게 유지하였다. 통풍이 없는 경우 토양수분이 계속 위로 올라오므로 바닥의 습도가 상승하였다.

표 6. 재배사내 위치별 온도, 습도, 이슬점 및 버섯표면 온도 (변형석, 2005년 4월 23일)

| 높이 위치 | 바닥(0 cm) | 중간(60cm) | 위 (120cm) |
|-----------|----------|----------|-----------|
| 온도 (°C) | 22.4 | 20.2 | 21.0 |
| 습도 (%) | 32.0 | 30.7 | 31.0 |
| 이슬점 (°C) | 6.0 | 1.5 | 3.3 |
| 버섯온도 (°C) | 13.2 | 12.8 | 15.0 |

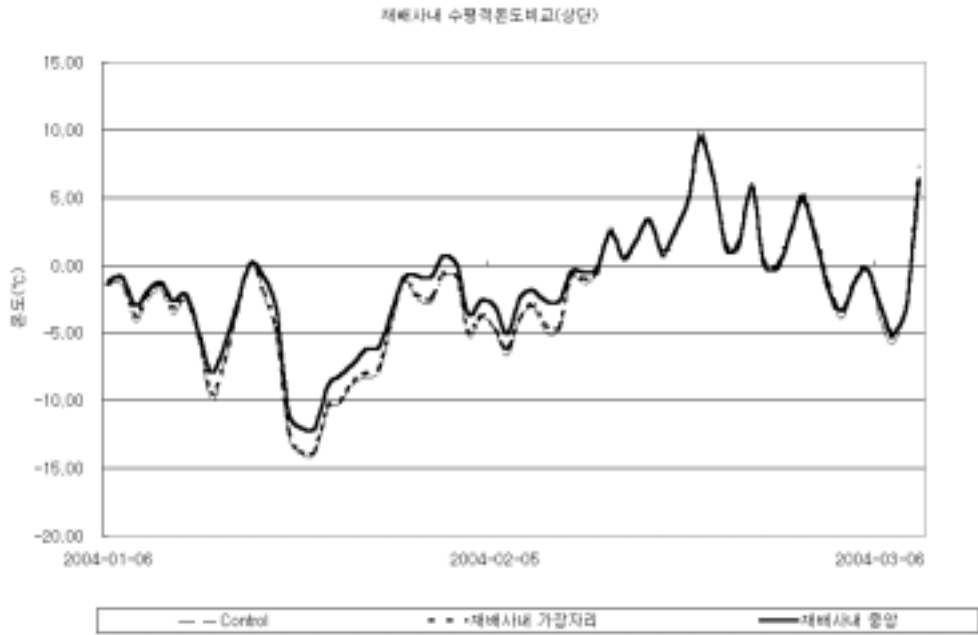


그림 20. 변형석씨 표고원목재배사내 중앙부와 가장자리에서 1.0m 높이에서의 온도변화



그림 21. 변형식씨 표고원목재배사내 중앙부와 가장자리에서 0.1m 높이에서의 온도변화.

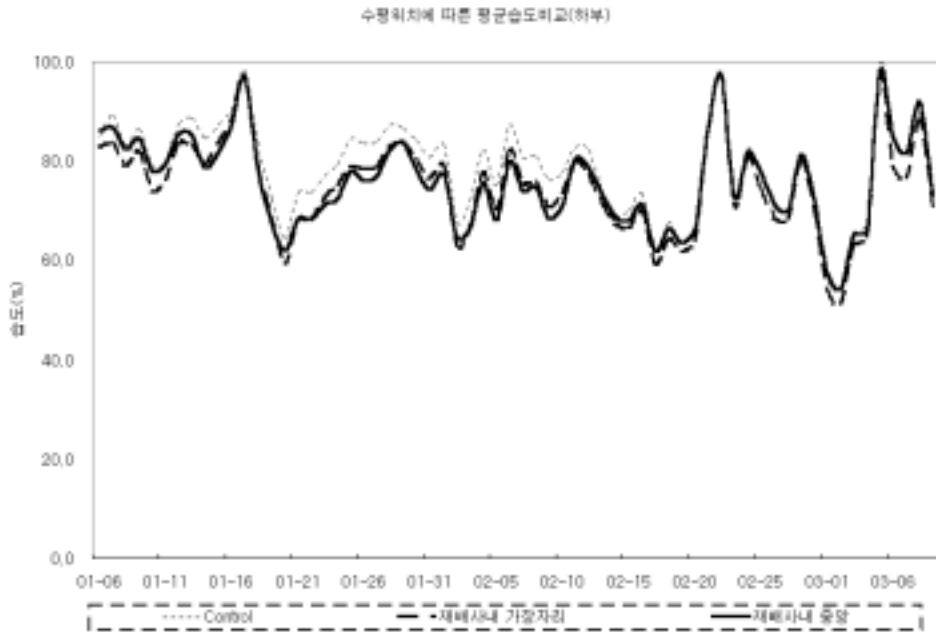


그림 22. 변형석 씨 표고원목재배사내 중앙부와 가장자리에서의 1.0m 높이에서의 습도변동

습도는 재배사내에서 1.0m 높이에서 외부보다 2-7% 낮았으며, 대체로 재배사에서 중앙부가 가장자리보다 높았다. 일평균 60-95%였고, 주로 80% 내외를 유지하였다. 0.1m 높이에서는 일평균 60-95%범위였으나 주로 80-85%를 유지하였다. 2월 중순까지는 내부의 습도가 외부다 약 10% 낮았다. 그 후부터는 내외부가 비슷하게 55-95%로 심하게 변화였다.

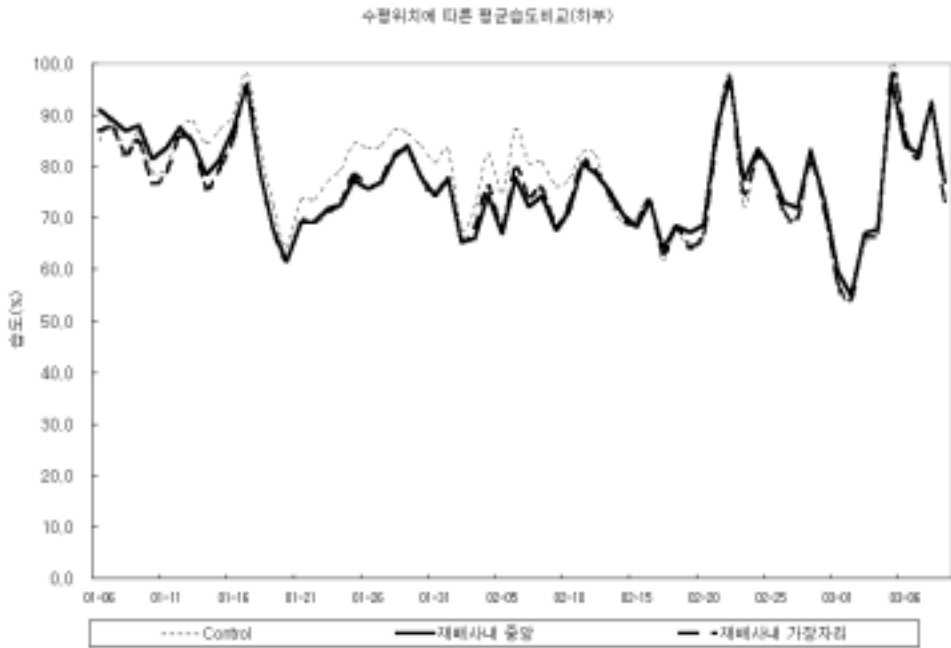


그림 23. 변형석씨 표고원목재배사내 중앙부와 가장자리에서의 하부높이에서 습도변동.

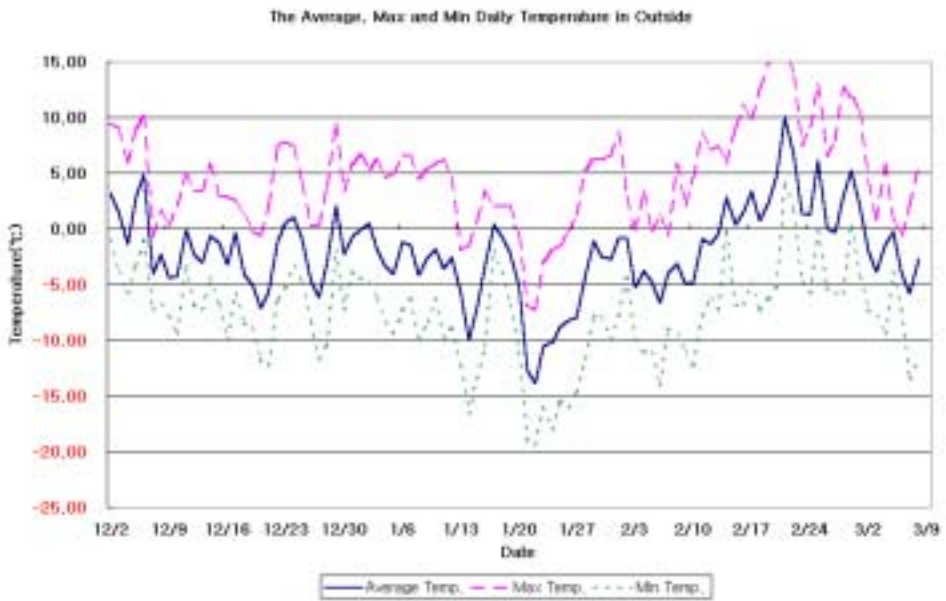


그림 24. 변형석씨 표고원목재배사내 최고, 평균,최저 온도 변화기록

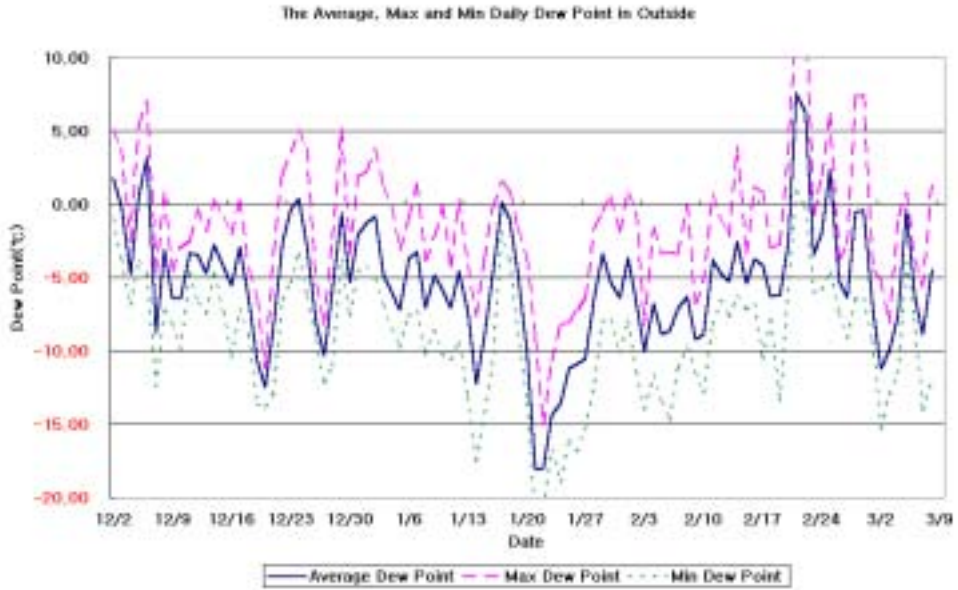


그림 25. 변형석씨 표고원목재배사 외부에서의 이슬점 온도 기록.

공기중의 수증기가 응결수로 되는 이슬점 온도는 재배사내 수직적 높이에 따라 크게 달랐다. 이슬점 온도가 높은 곳은 0.1m 지점이었고, 하루 중에서 높이에 관계없이 이슬점 온도가 비슷한 시각은 아침 8-10시경으로 상대습도는 80-90%였다. 버섯균사 성장을 위한 에너지는 원목내부에서 유래하지만, 버섯생장은 원내 외부의 온도와 습도에 크게 영향을 받게 된다.

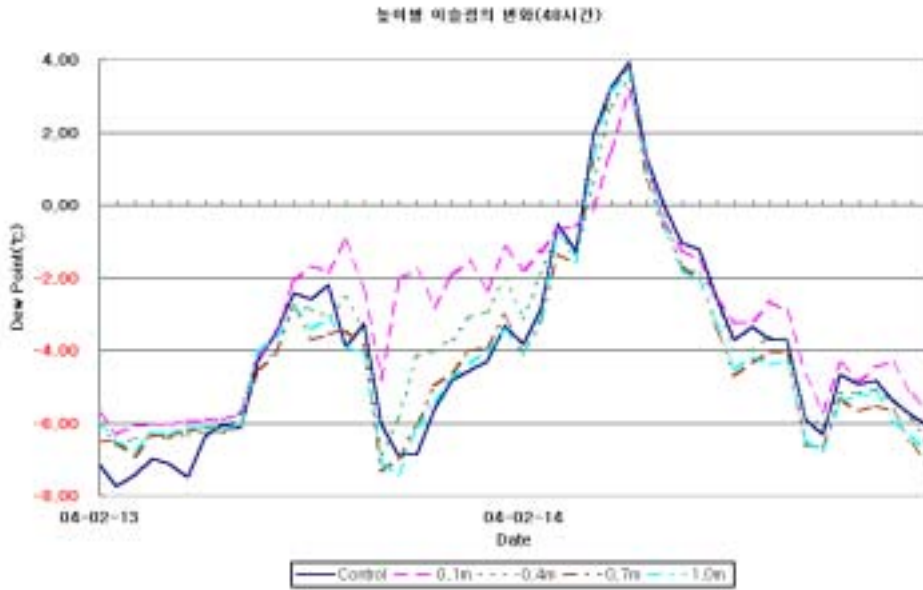


그림 26. 변형석시 표고원목재배사내 원목높이별 이슬점 온도의 48시간 변화.

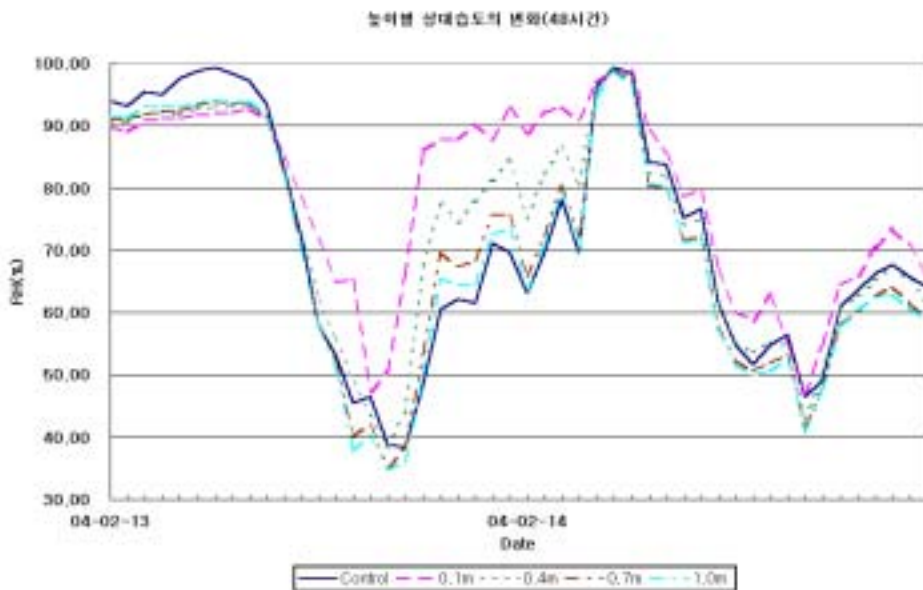


그림 27. 변형석시 표고원목재배사내 원목 높이별 상대습도 48시간 기록.

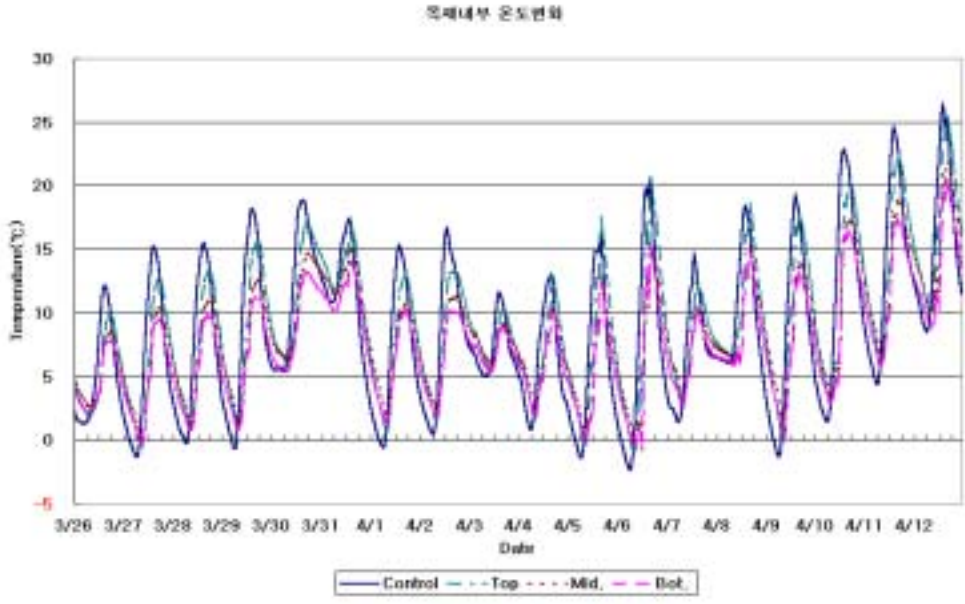


그림 28. 변형석씨 표고원목재배 원목내 온도변화.

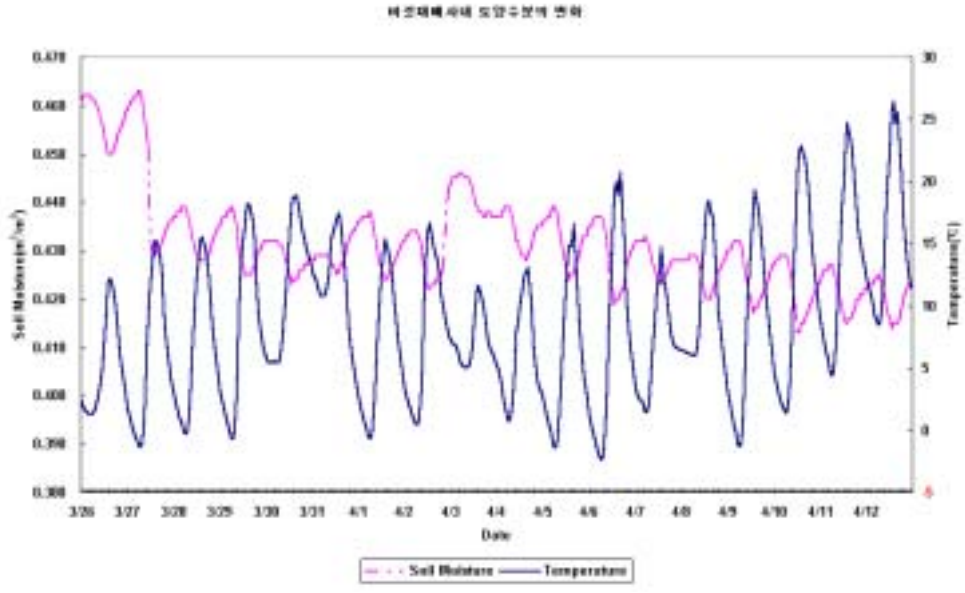


그림 29. 변형석씨 표고원목재배사내 토양수분 및 온도변화.

토양수분은 42-44%로 밤낮으로 2% 이내로 변한다. 토양수분과 온도변화는 반대의 경향으로 낮에 온도가 높으면 상대습도가 낮아져서 토양수분을 잃게 되지만 밤에는 토양수분이 지중에서 올라온 수분과 공기중의 응결수가 있어서 수분이 증가하는 것으로 생각된다. 이러한 토양수분의 밤낮 변화는 송이산 토양수분 관리에도 응용될 수 있을 것으로 생각한다.

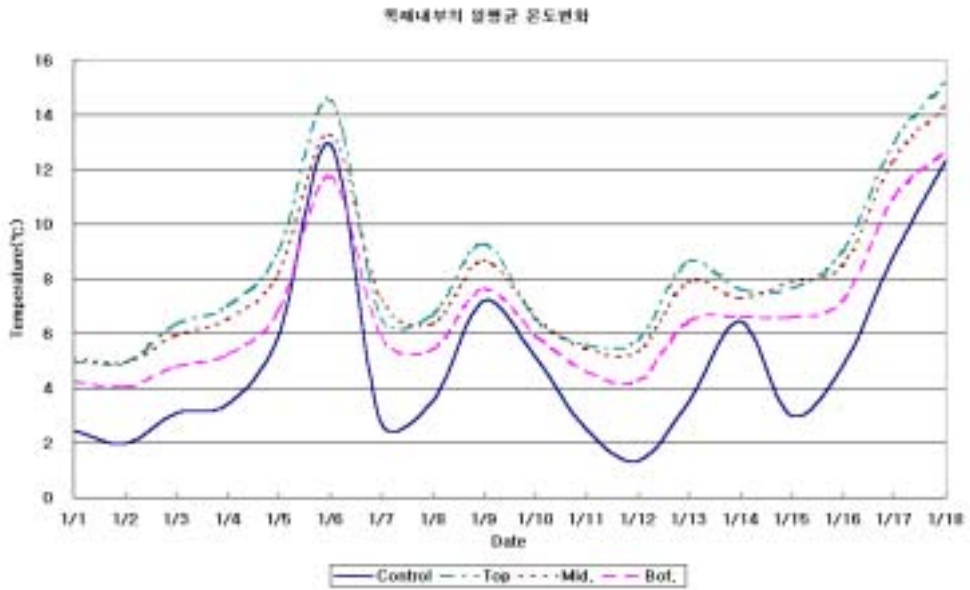


그림 30. 변형석씨 표고재배 원목내부의 일평균 온도변화.

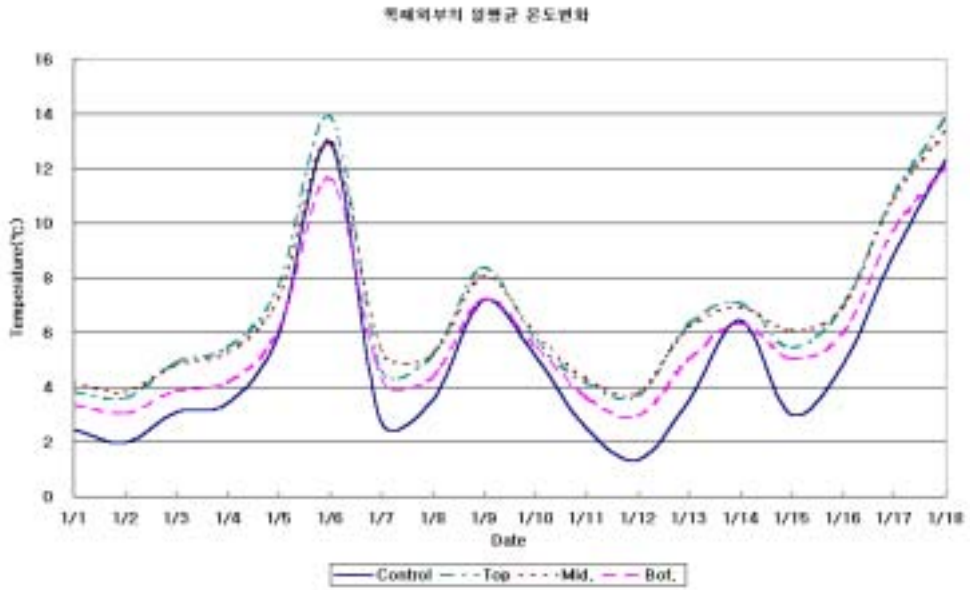


그림 31. 변형석씨 표고재배 원목의 외부온도의 일평균 변화

표고원목의 내부온도는 외부온도보다 약 1-2°C가 높다. 그리고 11cm 상부는 10cm 하부보다 2도 정도 높다. 그래서 상부가 더 잘 건조하게 된다.

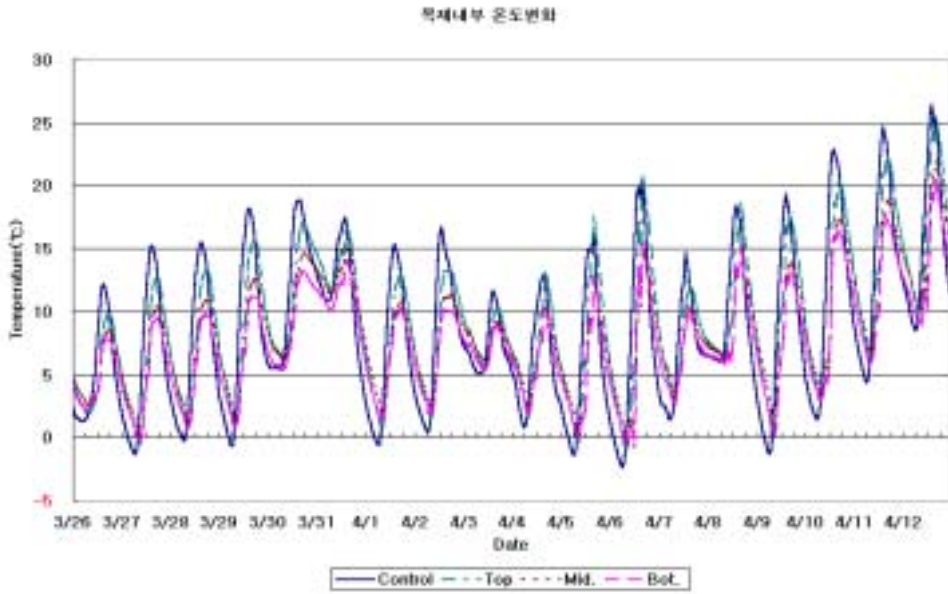


그림 32. 변형석씨 표고원목재배 내부온도 변화.

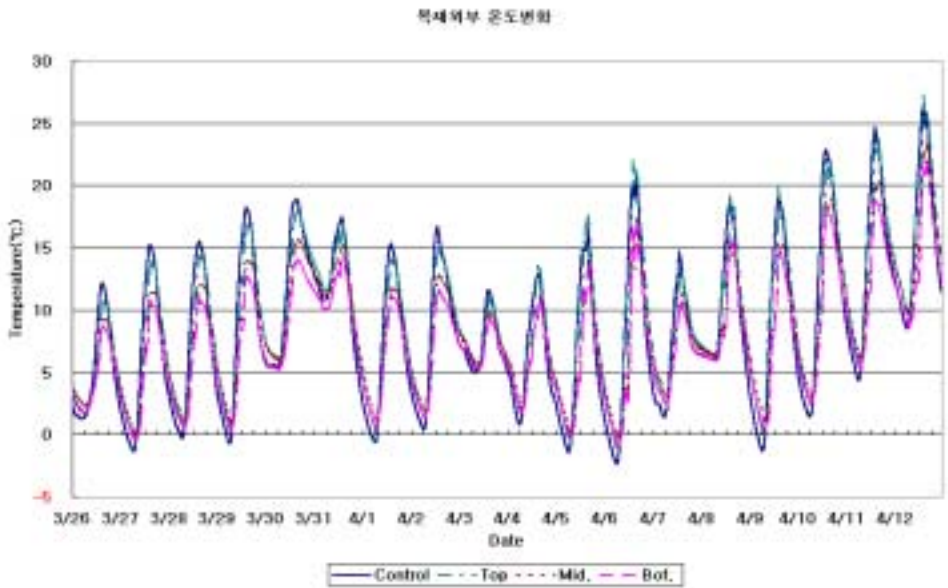


그림 33. 변형석씨 표고재배원목의 외부온도 변화.

표 7. 이향주씨 표고원목재배사내 원목높이별 습도 온도 이슬점 차이.

| | 바닥(0cm) | 중간(60cm) | 위(110cm) |
|--------|---------|----------|----------|
| 습도(%) | 67.7 | 59.3 | 54.1 |
| 온도(C) | 21.9 | 24 | 25.7 |
| 이슬점(C) | 15.7 | 15.7 | 15.6 |

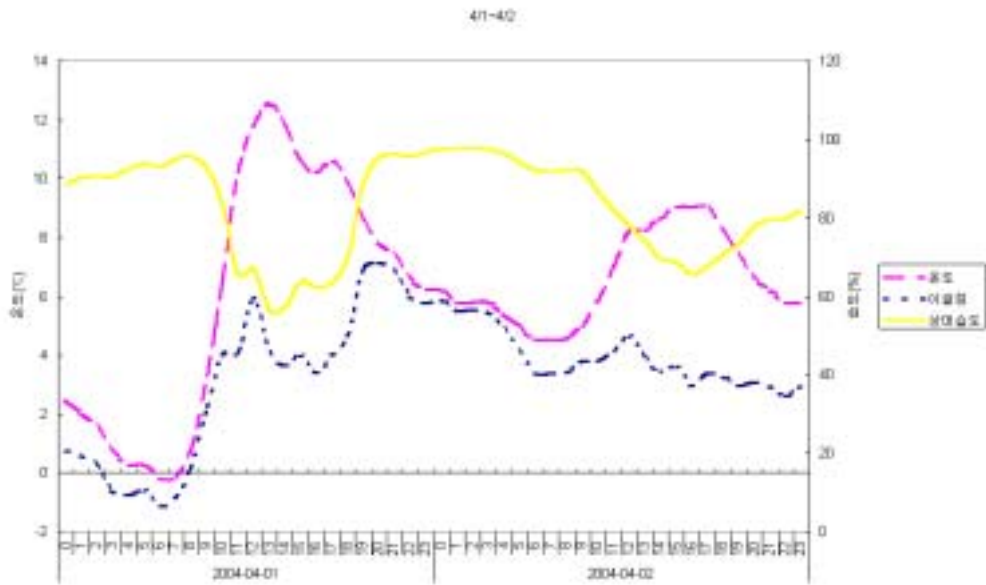


그림 34. 이향주 씨 표고재배사내 0.1m 높이에서의 온도, 습도, 이슬점의 48시간 변동 기록.

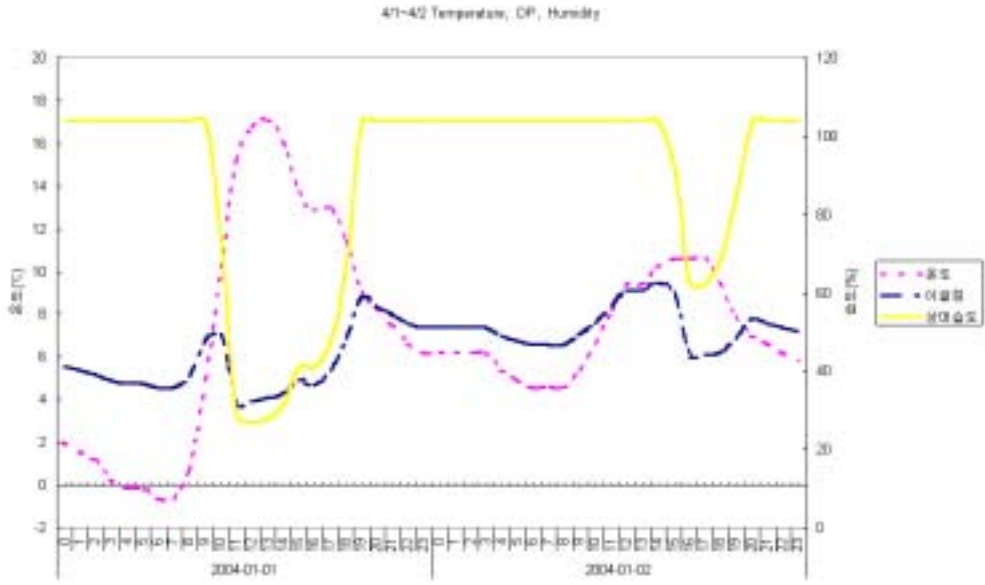


그림 35. 이향주 씨 표고재배사내 1.0m 높이에서의 온도 습도 이슬점의 48시간 변동 기록.

습도는 온도와 반비례한다. 공기중 온도가 이슬점온도에 가까우면 상대습도는 100%에 가까워진다. 0.1m 높이 지점에서 이슬점에 가깝게되는 시각은 아침 8-10 시경으로 이 기간은 시간적으로 1.0m 지점에서보다 길다.

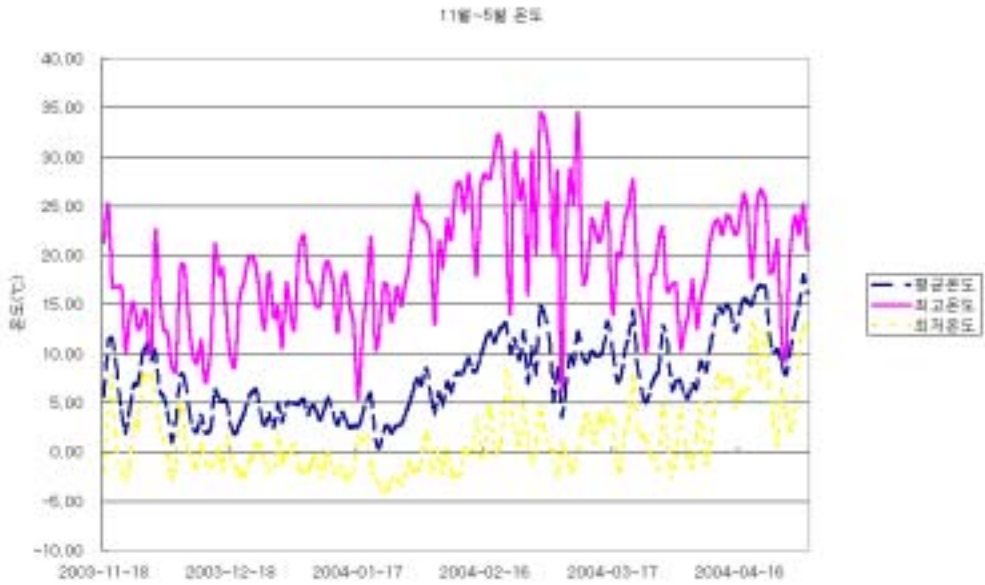


그림 36. 이향주씨 표고원목 재배사내 1m 높이에서 최고, 평균, 최저온도 변화.

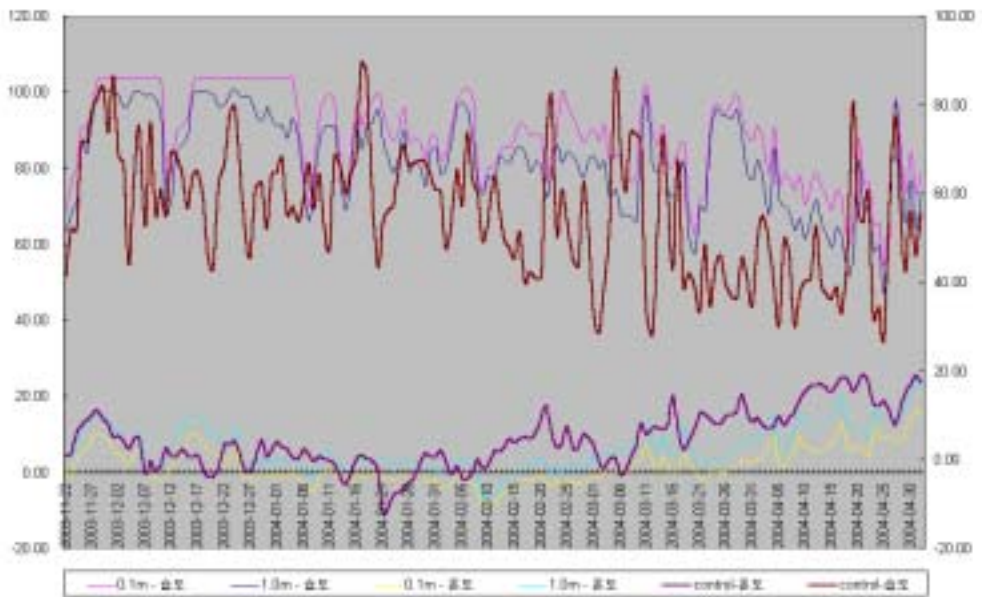


그림 37. 이후원 씨 표고원목 재배사내 0.1m, 1.0m 높이에서의 온도와 습도 변화

0.1m 높이에서의 습도는 1.0m 높이에서보다 5%정도 높았다. 0.1m 높이에서의 온도는 1.0m 높이에서의 온도보다 약 3-5도가 낮았다. 온도와 습도는 2월 초순까지는 외부가 낮았으나, 그 후부터는 외부가 오히려 높아졌다.

표 8. 이후원씨 표고원목재배사내 원목높이별 온도 습도 이슬점 차이.

| | 바닥(0cm) | 중간(60cm) | 위(110cm) |
|--------|---------|----------|----------|
| 온도(C) | 24.5 | 25.8 | 27.3 |
| 습도(%) | 67.5 | 48.7 | 43.7 |
| 이슬점(C) | 15.4 | 13.9 | 15 |

1) 원목재배사에서의 온-습도, 이슬점, 버섯온도

원목재배사에서 4월 중에 관리하지 않은 경우 높이에 따른 온도는 지표면-120cm 높이가 20 - 22도로 차이가 없었고, 습도 또한 내우 낮은 30-32%였다. 자연적으로 발생한 버섯은 수분이 너무 적어서 화고이나 작았다. 이슬점은 바닥에서 1.5 - 6도로 낮은 반면에 버섯의 온도가 12.8-15.0도로 버섯이 매마른 상태가 되었다. 버섯은 상대습도에 크게 좌우되므로, 지면에서 높아질수록 수분관리가 불리하게 되며 통풍으로서 습도를 균질화 시킬 필요가 있다.

한편 관리된 재배사에서는 온도가 12 - 17도에 이르며, 상대습도는 45-68%로, 바닥에 가까운 높이에서는 버섯온도가 거의 이슬점에 도달하여 과습할 정도였다. 오히려 통풍이 필요한 상태였다. 특히 2월 중에 원목을 보존하기 위하여 비닐을 씌운 경우는 8-20도, 상대습도는 43-79%였다.

표 9. 동절기 무관리 표고원목재배사내 높이별 온-습도, 이슬점, 버섯온도 차이 (청원군, 변형석 2005년 4월 23일).

| 높이 | 바닥(0cm) | 중간(60cm) | 위(120cm) |
|---------|---------|----------|----------|
| 온도(℃) | 22.4 | 20.2 | 21.0 |
| 습도(%) | 32.0 | 30.7 | 31.0 |
| 이슬점(℃) | 6.0 | 1.5 | 3.3 |
| 버섯온도(℃) | 13.2 | 12.8 | 15.0 |

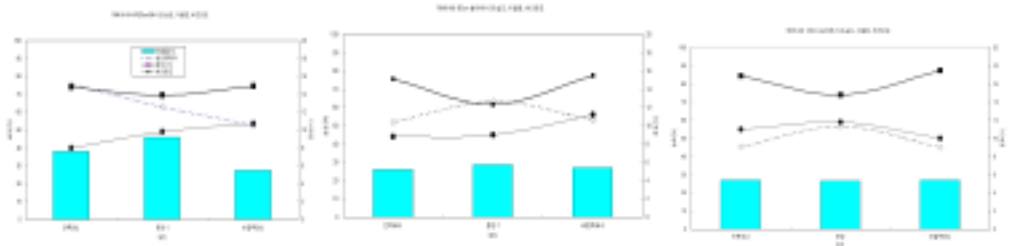


그림 38. 표고원목재배사내 수평 및 수직적 높이에 따른 온-습도, 이슬점, 버섯온도 차이. (청주시 가경동 2005년 4월 23일).

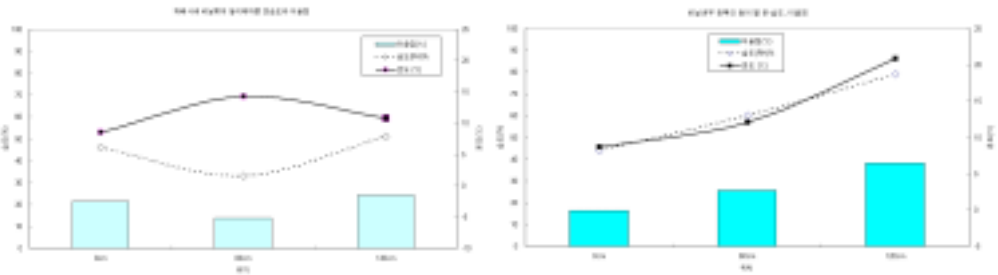


그림 39. 동절기에 비닐을 씌운 원목재배에서 비닐외부와 내부 온-습도, 이슬점.

1. 원목재배사내 수평적 온·습도 변화비교

시설재배사내 중앙부와 외곽부에서 2004년 1월부터 2004년 3월까지 온·습도 계측기를 10cm와 100cm 높이에 설치하여 기록한 결과를 보면 수평적 위치에 따라 달랐다. 즉 온도는 재배사 외부보다 내부가 변화폭이 적었으며 10cm 높이의 온도가 100cm 높이 온도보다 0.6℃ 정도 낮았다. 한편 습도는 재배사 외부와 내부는 최대 100%까지 올라가는 것은 동일하지만, 최저습도는 재배사 중앙부가 외곽보다 3~4% 정도 높았다. 그리고 10cm 높이에서의 습도가 100cm 높이보다 일정한 변동을 보였다.

온도는 재배사 100cm 높이에서 측정한 외부온도와 약 1~2℃ 정도 차이가 났으며 재배사 내부보다 외부가 온도변동이 컸다. 또한 2004년 1월부터 3월까지 측정

기간 동안 재배사 외곽부는 -13~9℃ 범위였으며, 중앙부는 -11~9℃로 재배사 외곽부의 온도변동이 보다 컸다.

재배사 10cm 높이에서 측정한 온도와 비교할 때 재배사 외부온도는 측정기간 동안 -14~10℃ 범위였으며 재배사 내부보다 약 1~2℃ 정도 변동폭이 컸다. 또한 재배사 외곽부가 -12~9℃ 범위였으며, 중앙부는 -11~9℃로 외곽부가 중앙부보다 온도변동폭이 1℃가 컸다.

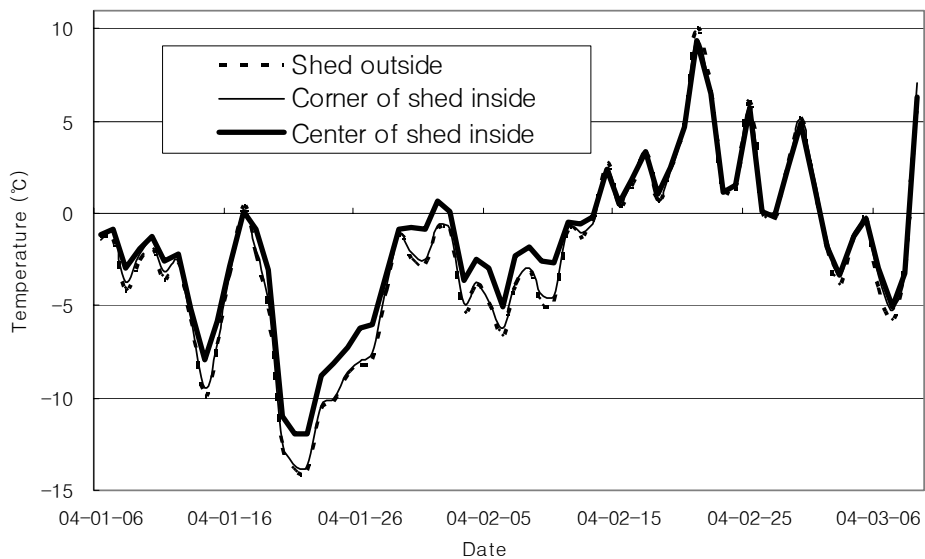


그림 40. Horizontal differences in temperature changes at height of 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during January to March in 2004.

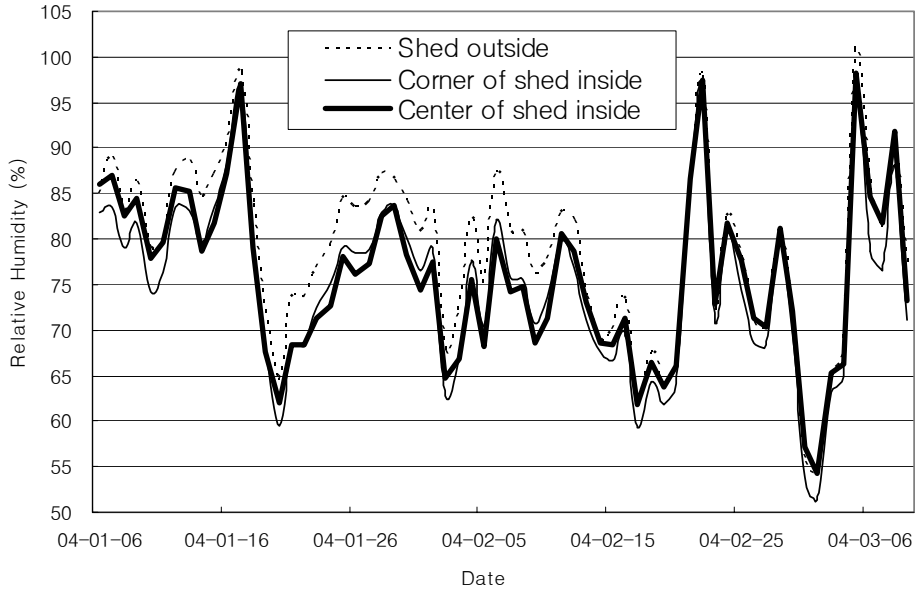


그림 41. Horizontal differences in relative humidity changes at height of 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during January to March in 2004.

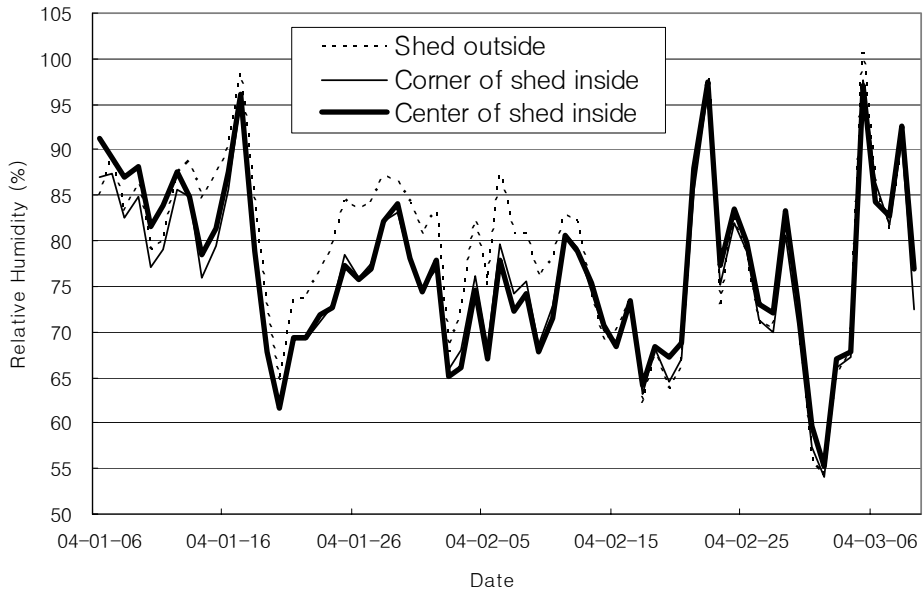


그림 42. Horizontal differences in relative humidity changes at height of 10cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during January to March in 2004.

100cm 높이에서의 최저습도는 3월초에 일어났으며, 재배사내 외곽부가 51% 인데 비하여 재배사내 중앙부는 최저 54%로, 재배사내 중앙부가 약 3%정도 높았다. 한편 10cm 높이에서의 최저습도는 재배사외부와 재배사내 외곽부가 100cm높이에서 값과 같이 54%였고 재배사내 중앙부는 최저 55%로 차이가 매우 적었다(Figure 9). 상대습도 변동폭이 가장 적은 곳은 재배사 중앙부의 10cm 높이였다.

2. 원목재배사내 수직적 온·습도 변화비교

일반적으로, 재배사내에서 높이에 따른 온도변화를 비교해보면 기온이 상승할 때는, 상부로 갈수록 온도가 높고 하부로 내려올수록 온도가 낮았다. 반면에 기온이 하강할 때는, 상부로 갈수록 온도가 낮고 하부로 내려올수록 온도가 높았다. 따라서 지표면에 가까울수록 온도의 편차가 적었다.

재배사내 상대습도는 온도의 분포와 정반대의 현상을 나타내고 있다. 기온이 상승할 때는 상부에서 상대습도가 낮았으며, 기온이 하강할 때는 상부에서 상대습도는 높았다.

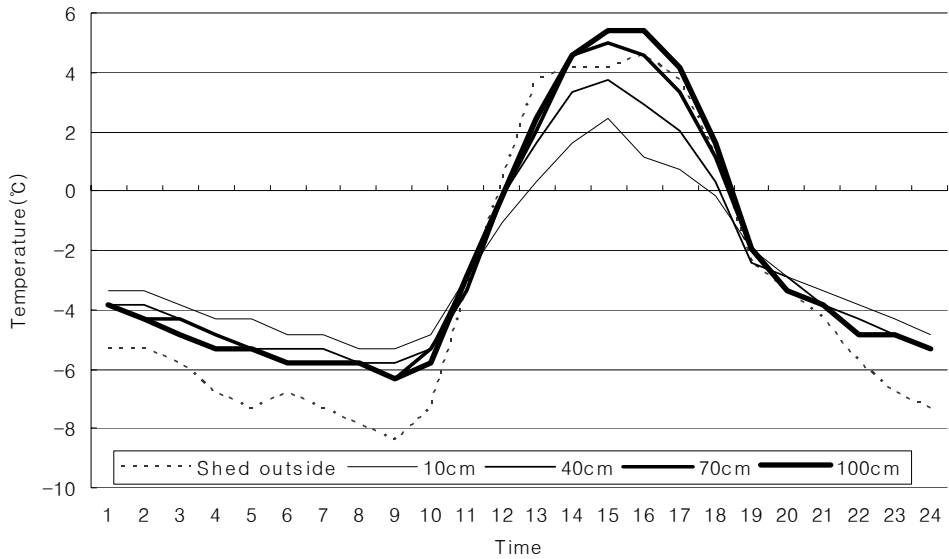


그림 43. Vertical differences in temperature changes at height of 10cm, 40cm, 70cm and 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed on 1 January in 2004.

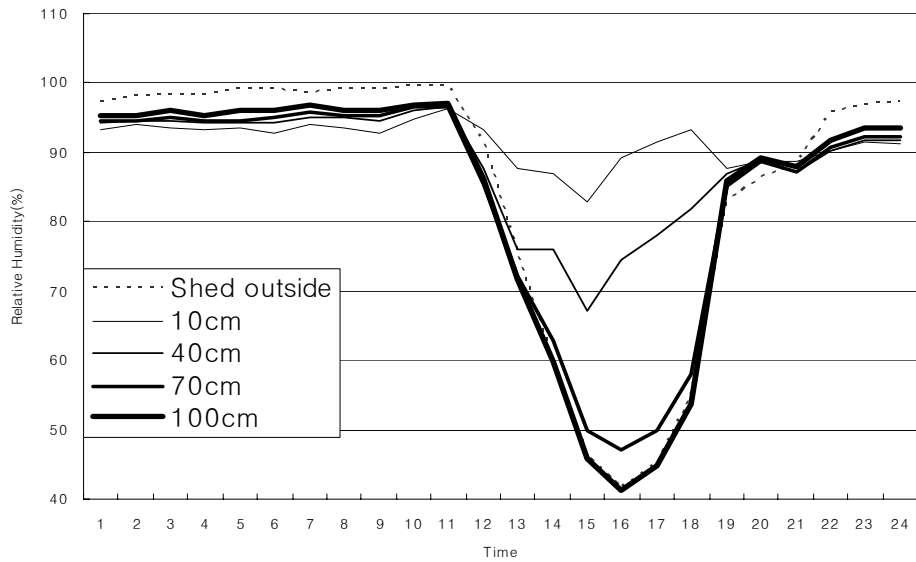


그림 44. Vertical differences in relative humidity changes at height of 10cm, 40cm, 70cm and 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed on 1 January in 2004.

2003년 12월 2일부터 2004년 1월 4일까지의 조사기간 중 수직적 위치에 따른 온도의 변화는 10cm의 높이에서의 온도와 습도 변동폭이 가장 작았다. 조사기간 중 높이에 따른 온도의 차이를 보면 원목 상부가 하부보다 평균 0.64℃ 높았다. 한편 수직적 위치에 따른 상대습도의 차이는 최저습도에서는 원목 상부와 하부의 차이가 평균 4.8%로 나타났지만 최고습도는 거의 100%였다.

온도는 낮에는 영상기온을 유지하지만, 밤과 새벽에는 영하의 기온이었다. 온도변화의 양상은 100cm 높이가 70cm, 40cm, 10cm에 비하여 훨씬 온도의 상승과 하강이 크게 변하는 것을 볼 수 있다. 또한 100cm높이에서의 상대습도는 온도와는 정 반대로 태양의 고도가 높아짐에 따라 습도는 감소하며, 밤과 새벽에 100% 가깝게 유지되는 것을 볼 수 있다.

Table 3. Vertical differences in temperature & relative humidity at height of 10cm, 40cm, 70cm and 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed on 1 January in 2004.

| Vertical position | Temperature(°C) | Relative Humidity(%) |
|-------------------|-----------------|----------------------|
| 외부온도 | -12.3~10.2 | 37.3~101.7 |
| 10cm | -9.5~9.0 | 37.7~99.8 |
| 40cm | -10.0~9.4 | 31.4~100.0 |
| 70cm | -10.6~9.4 | 31.7~100.2 |
| 100cm | -10.6~9.8 | 29.0~100.3 |

3. 원목재배사내의 온·습도 변화비교

1) 원목재배사의 연중 온·습도변화

원목재배사내의 100cm 높이에서 2003년 10월부터 2004년 10월까지 온도변화는 $-3.9\sim 36.6^{\circ}\text{C}$ 범위였고 평균온도는 14.1°C 였다. 최저온도는 4월말까지 영하의 기온을 유지되다가 5월부터 영상의 기온으로 올라갔다. 또한 사계절중 겨울이 여름보다 일교차가 크게 나타났다. 겨울에 최대일교차는 37.3°C 인데 비하여 여름은 최대일교차가 13.5°C 였다.

이 시설재배사에서 재배되고 있는 모리 290은 저온성 품종으로 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 정도에서 주로 발생을 한다. Figure 12에 의하면 3월부터 온도가 지속적으로 상승하고, 8월말부터는 온도가 하강하고 있다. 표고버섯발생에 적정한 온도는 4월부터 5월까지와 가을철에 해당하는 8월말 이후인 온도가 하강하고 있는 시점이다. 더욱이 가을철은 온도가 하강하는 시점이고 밤낮의 온도편차로 인해 버섯발생이 잘 된다고 생각한다(류근호, 2004).

한편 100cm 높이에서 습도변화는 $15.8\sim 103.9\%$ 범위였으며 평균습도는 91.2% 였다. 4월, 5월, 6월에는 재배사내 최저습도가 20%미만이었고, 6월 이후부터는 최저습도가 40%이상 되었다(Figure 13). 여름철은 한낮의 35°C 이상 되는 높은 온도와 50% 미만의 낮은 습도로 인하여 버섯이 발생되지 않거나 말라버리기 쉽다. 또한 새벽에 온도가 떨어짐으로서 생기는 이슬로 인해 버섯발생보다는 병충해발생에 보다 유리한 경우가 있다. 이를 방지하기 위해서 낮에 측면으로부터 더운 공기가 들어오지 못하도록 하는 통풍이 더욱 필요하며 차광을 더 높여서 온도를 더욱 높이는 것이 필요하다.

10cm높이에서 측정된 온도변화는 $-3.9\sim 32.7^{\circ}\text{C}$ 의 범위를 나타냈으며 평균온도는 12.6°C 였다. 한편 습도는 $32.4\sim 102.3\%$ 의 범위를 나타냈으며 평균습도는 90%이다. 연중 온·습도변화는 100cm 높이에서 보다 10cm높이에서 온습도는 작게 변화였다.

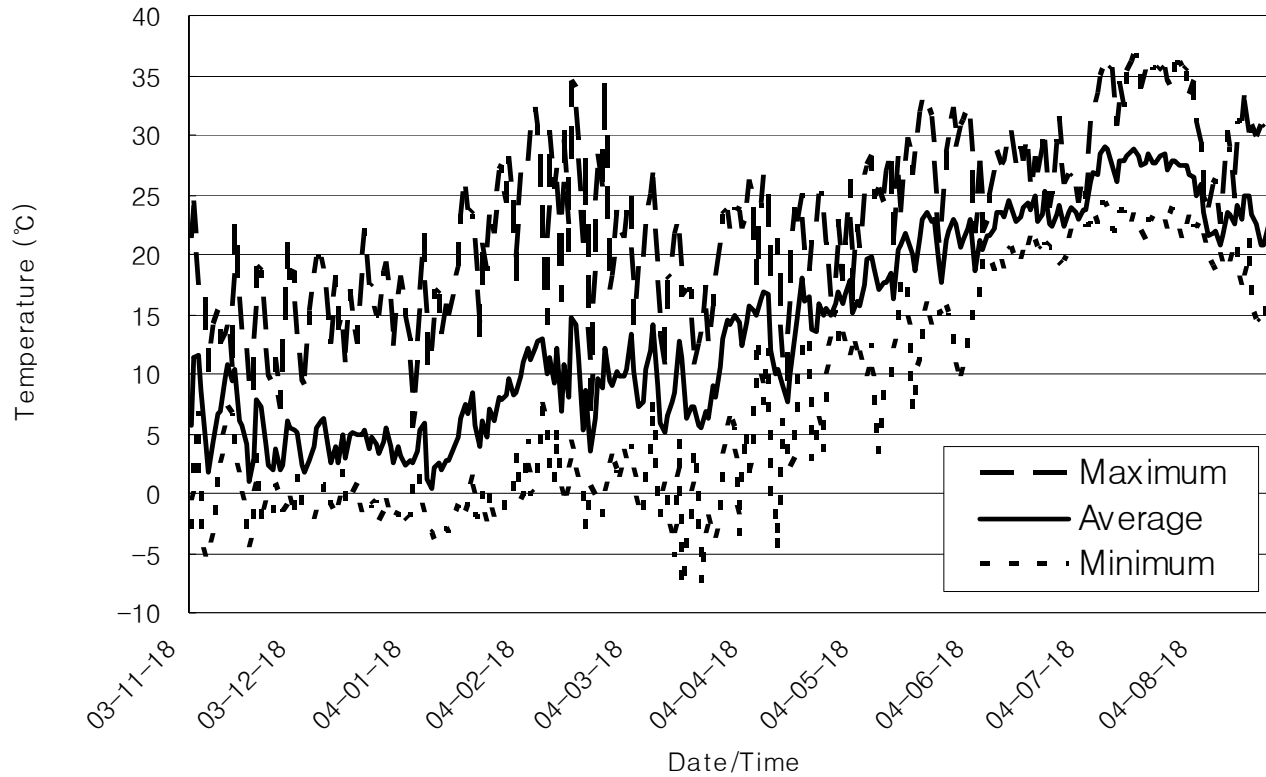


그림 45. Maximum, average and minimum temperature changes at height of 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during November in 2003 to September in 2004.

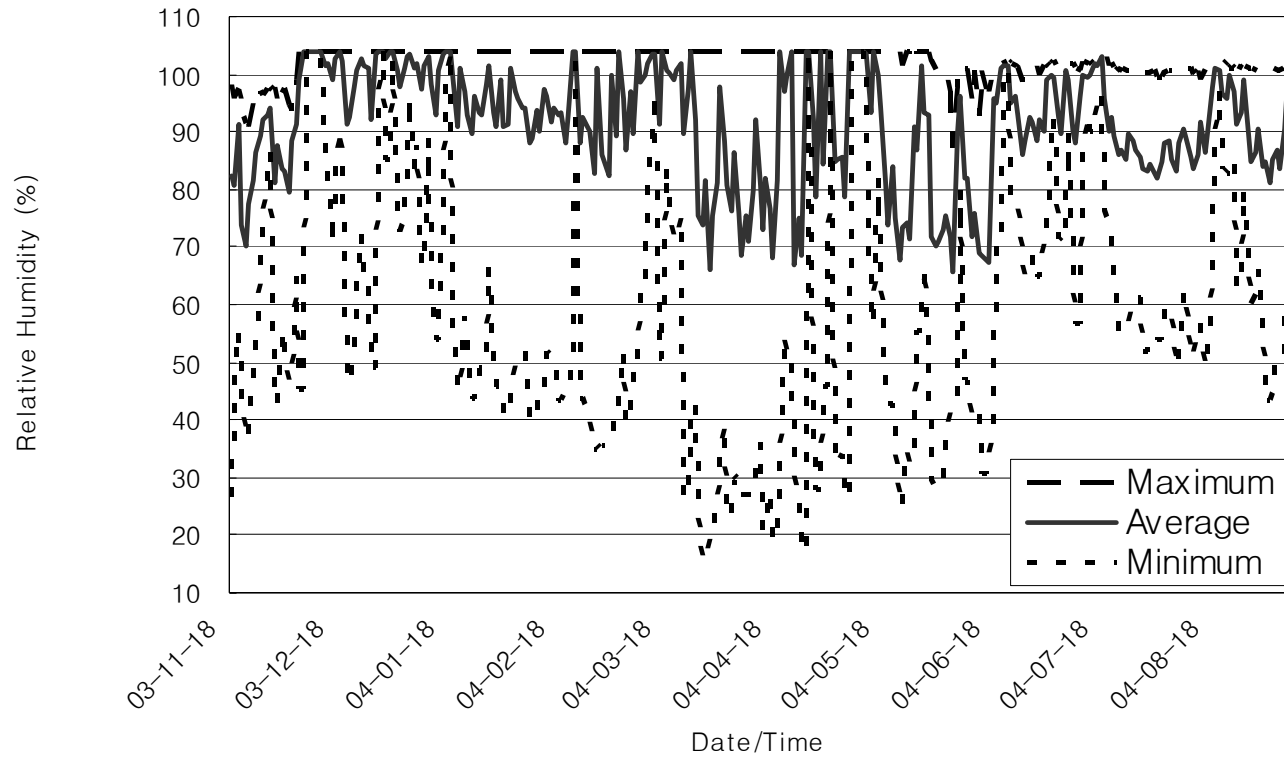


그림 46. Maximum, average and minimum relative humidity changes at height of 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during November in 2003 to September in 2004.

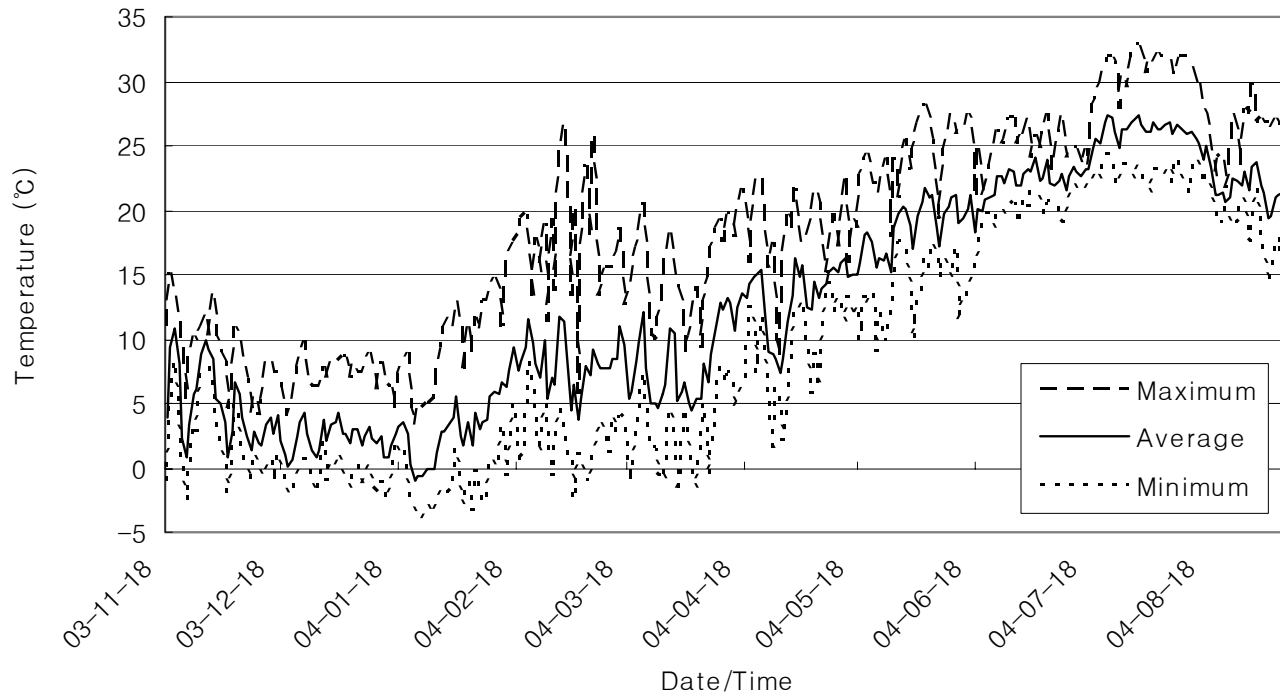


그림 47. Maximum, average and minimum temperature changes at height of 10cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during November in 2003 to September in 2004.

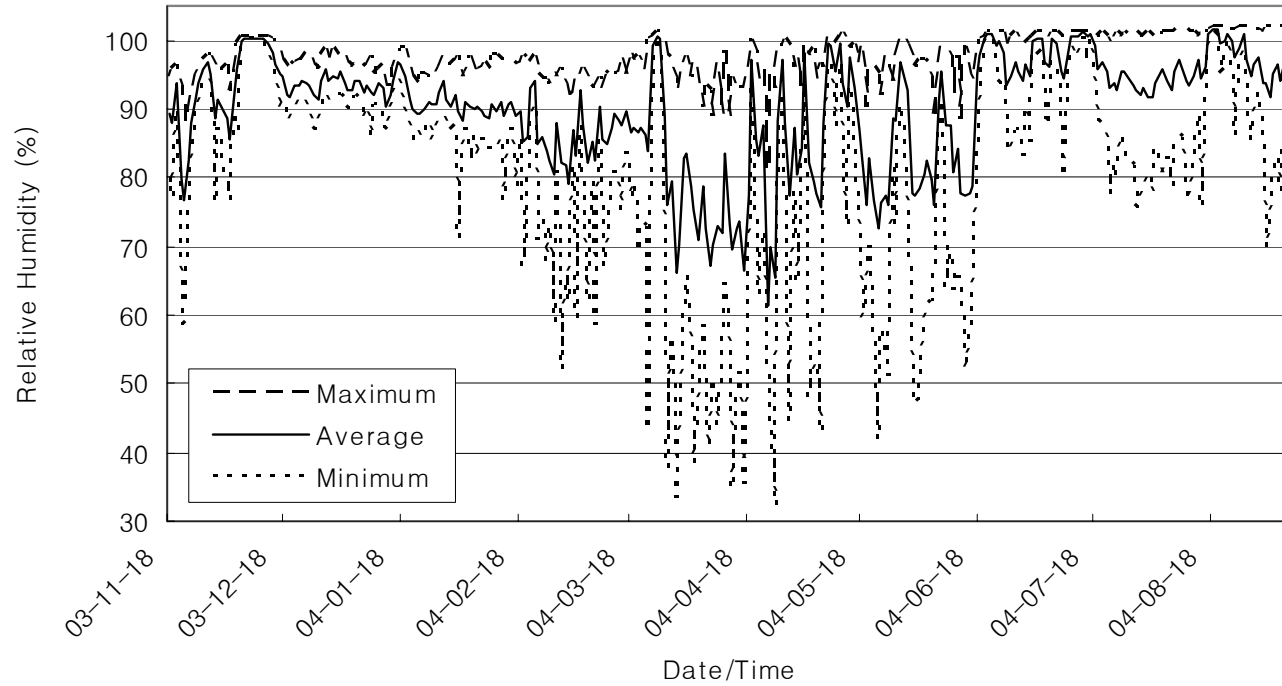


그림 48. Maximum, average and minimum relative humidity changes at height of 10cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during November in 2003 to September in 2004.

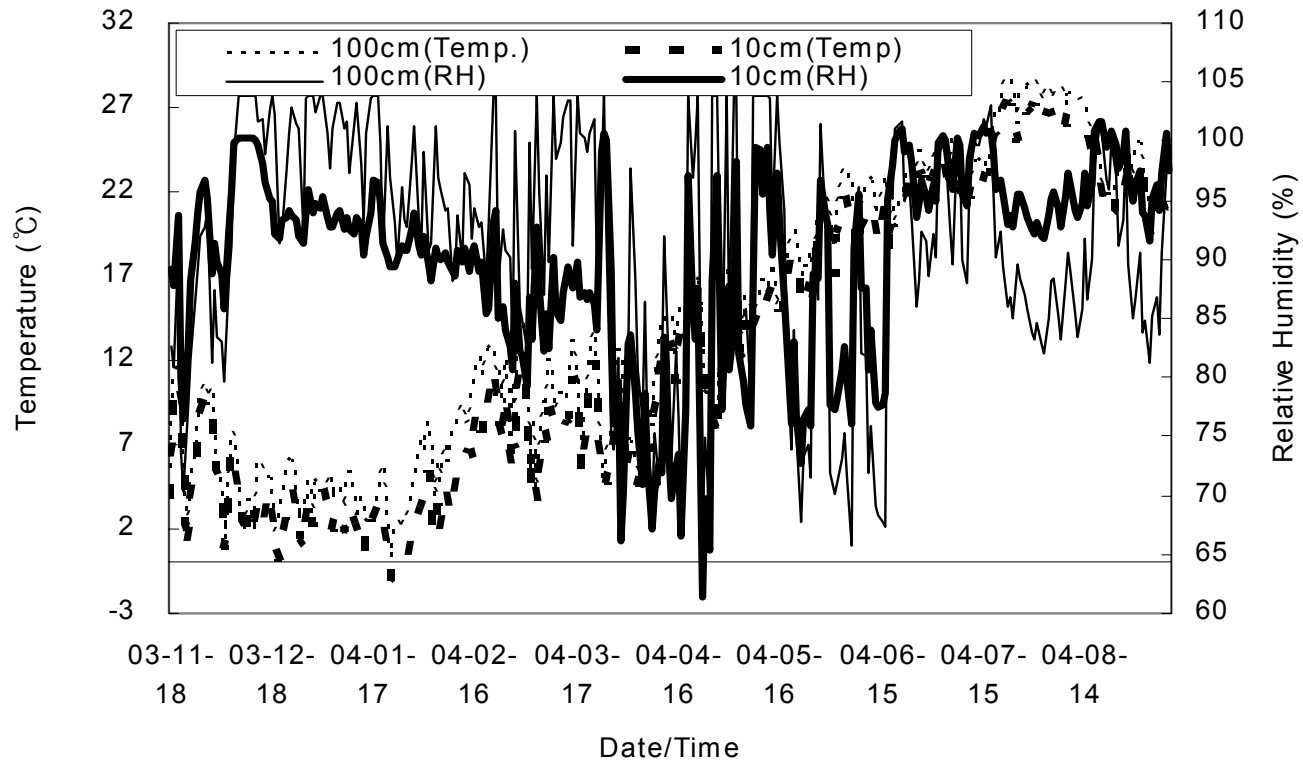


그림 49. Comparison of average temperature & average relative humidity changes at height of 100cm & 10cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during November in 2003 to September in 2004.

100cm 높이와 10cm 높이에서 측정된 온도를 살펴보면 100cm가 10cm에서 보다 최고온도는 3.8℃ 높았으며 평균온도는 1.5℃ 높았고 최저온도는 차이가 없었다. 최고습도는 100cm가 10cm에서 둘다 100%로 포화되었고 평균습도는 100cm 높이에서 1.2% 높았지만 최저습도는 16.6%가 낮았다. 모든 높이별 온습도는 겨울과 봄철은 상대습도는 버섯생장에 유리한 80% 이상을 보이지만 온도가 너무 낮아 버섯생장을 위해 보온이 필요한 시기이며 여름철에는 버섯발생을 위해 온도가 너무 높게 유지되고 있다. 따라서 차광과 환기를 통해 상대습도를 조절함으로써 버섯발생에 유리하도록 이루어져야 한다.

표 11. Comparison of temperature & relative humidity at height of 100cm and 10cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed.

| | Temperature(℃) | | Relative Humidity(%) | |
|---------|----------------|------|----------------------|-------|
| | 100cm | 10cm | 100cm | 10cm |
| Maximum | 36.6 | 32.8 | 103.9 | 102.3 |
| Average | 14.1 | 12.7 | 91.2 | 90.0 |
| Minimum | -3.9 | -3.9 | 15.8 | 32.4 |

2) 원목재배사내 일중 온·습도변화

일반적으로 버섯재배사내 온도와 습도변화는 정반대의 경향이 있다. 새벽부터 오전까지 온도가 떨어지면 습도가 높아지고, 아침부터 오후 2시경까지 온도가 상승하는 동안 습도는 그와 반대로 감소한다. 그러나 오후 늦게부터 다시 온도는 떨어지고 습도는 올라간다.

한편 습도가 높을 때 온도가 조금만 떨어져도 이슬점에 도달한다. 반면에 습도가 낮을 때 온도가 매우 많이 내려가야만 이슬점에 도달한다. 공기중에서 이슬이 맺히면 버섯에게 자연적으로 수분을 공급하는 셈이기 때문에 버섯이 성장하는데 유리하다고 생각된다.

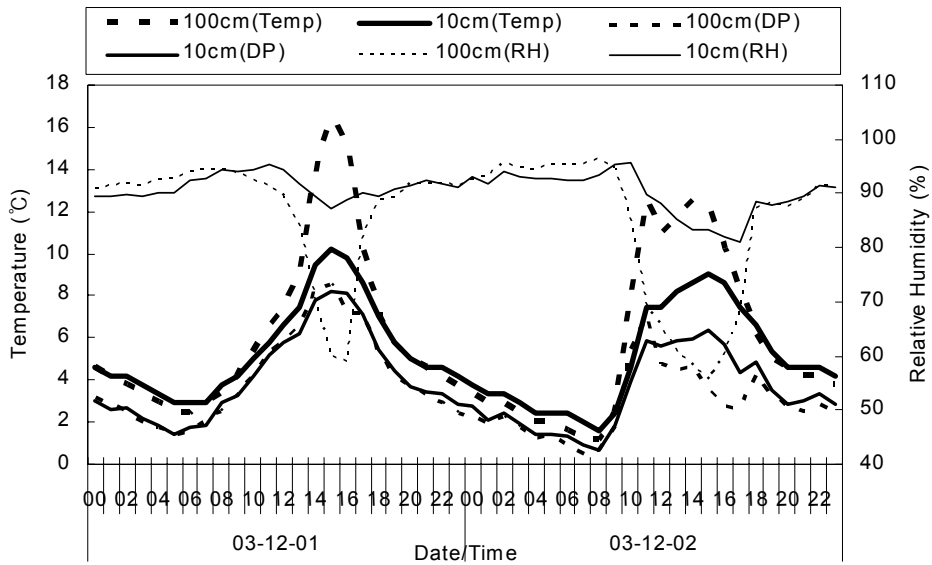


그림 50. Temperature, dew point and relative humidity changes at height of 10cm & 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during 1 to 2 in December in 2003.

겨울동안 재배사 내에서 변화하고 있는 온도, 이슬점 그리고 상대습도를 나타낸 것이다. 새벽4시부터 오전5까지 100cm와 10cm높이에서의 온도가 3°C이하로 떨어지고 있고 습도는 80%이상이었다. 한편 온도는 오전 6시부터 오르다가 오후 3시경부터 감소하기 시작한 반면 습도는 그와 반대경향을 보였다.

겨울철 재배사의 습도는 버섯이 성장하는데 충분한 80% 이상이 유지되지만 온도가 4°C이하로 낮아서 것을 볼 때 재배사내 균사생장과 버섯발생을 위해서는 보온이 필요하다고 생각한다.

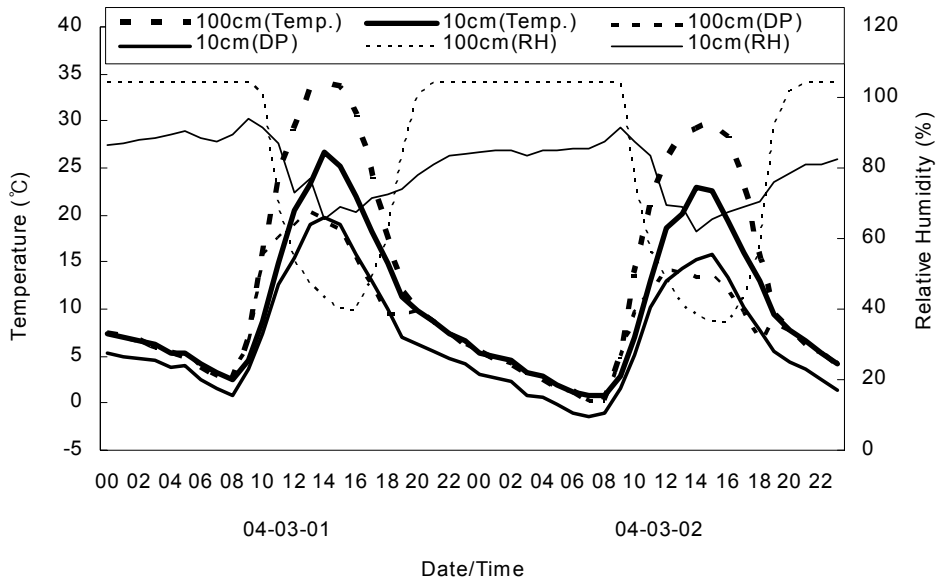


그림 51. Temperature, dew point and relative humidity changes at height of 10cm & 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during 1 to 2 on March in 2004.

2004년도 3월 1일부터 2일까지 48시간 동안 온습도의 변화를 나타낸 그래프이다. 온도는 새벽 0시부터 오전 8까지 낮아지는데 100cm 높이에서의 온도는 최저 0.9°C까지 떨어지고, 10cm높이에서는 최저 2.5°C까지 떨어졌다. 한편 온도는 다시 오전 8시부터 상승하여 오후 3시경에는 100cm 높이에서 최대 36.4°C, 10cm 높이에서는 최고 26.7°C까지 상승하였다.

습도는 온도와 반대로 새벽 0시부터 오전 8시까지 100cm 높이에서는 포화상태를 유지하고, 10cm높이에서는 93.9%였다. 습도는 오전 8시 이후부터는 감소하여 100cm 높이에서 최저 39%, 10cm 높이에서는 최저 65%였다.

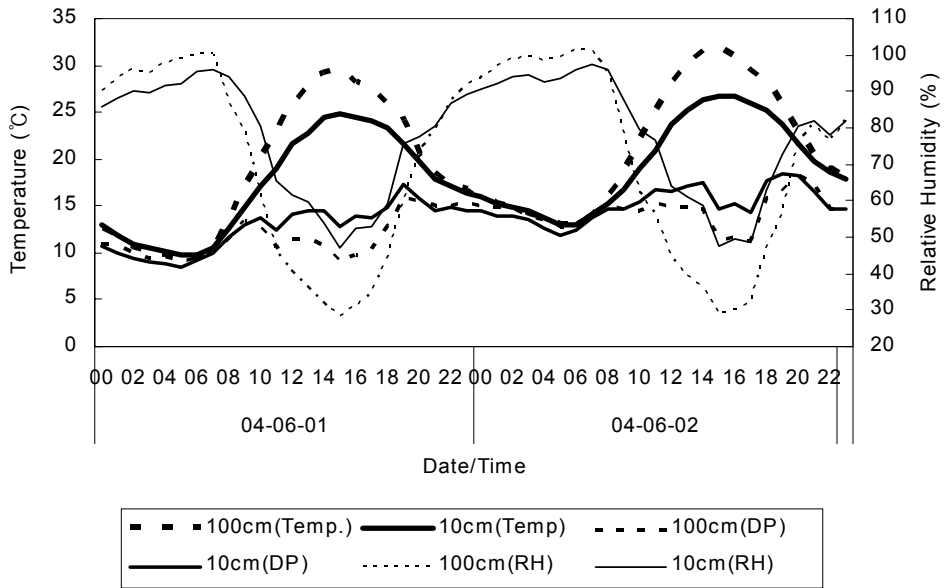


그림 52. Temperature, dew point and relative humidity changes at height of 10cm & 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during 1th to 2th June in 2004.

2004년 6월 1일부터 2일까지 재배사내 온·습도변화를 나타낸 것으로, 온도는 100cm 높이에서는 새벽 5시에 8.6°C까지 내려가고 10cm 높이에서는 9.4°C까지 낮아졌다. 새벽 5시부터 오후 3시까지 온도가 상승하여 100cm 높이에서 최대 29.5°C, 10cm에서는 24.8°C까지 되었다. 온도는 그 이후부터 다시 감소했다. 한편 습도는 온도와는 반대로 새벽 5시까지 100cm 높이에서 90%에서 포화상태가 되며, 10cm 높이에서는 80%에서 96%까지 상승하였다. 습도는 오후 3시가 되었을 때 100cm 높이에서는 28%로, 10cm높이에서는 47%로 낮아졌다.

이 시기는 높은 기온과 장마로 인한 높은 습도때문에 버섯이 많이 발생하더라도 품질이 저하된다. 따라서 여름철 버섯을 발생시킬 때에는 차광과 환기를 통하여 온도와 습도의 세심한 주의가 요구된다 (천야방부, 1999).

2004년 9월 1일부터 2일까지 재배사내 온·습도변화를 나타낸 것이다. 온도는 100cm 높이에서 새벽 5시까지 18.6°C로, 10cm 높이에서는 9.8°C로 낮아졌다. 하지만 새벽 5시부터 오후 3시까지 100cm 높이에서는 최대 29.9°C로, 10cm 높이

에서는 24.8℃로 상승하였다. 한편 습도는 온도와 반대로 새벽5시까지 포화상태인 100%였다가 오후 3시가 되었을 때 100cm 높이에서는 43.3%로, 10cm에서는 69.8%로 낮아졌다. 이슬점은 습도가 각각의 높이에서 최저로 떨어졌을 때 100cm에서는 14.6℃이며, 10cm에서는 13.8℃였다. 상대습도가 100%가 유지되는 밤과 새벽시간에 버섯발생에 유리한 10~20℃의 온도가 유지되면 버섯발생과 생장에 좋은 시기이다. 여름철은 보낸 표고원목은 일반적으로 건조한 상태에 있으므로 수분이 많이 부족하다. 따라서 가을철 관수로써 표고균사가 잘 자라는데 필요한 수분을 공급할 필요가 있다 (안승정지, 1998).

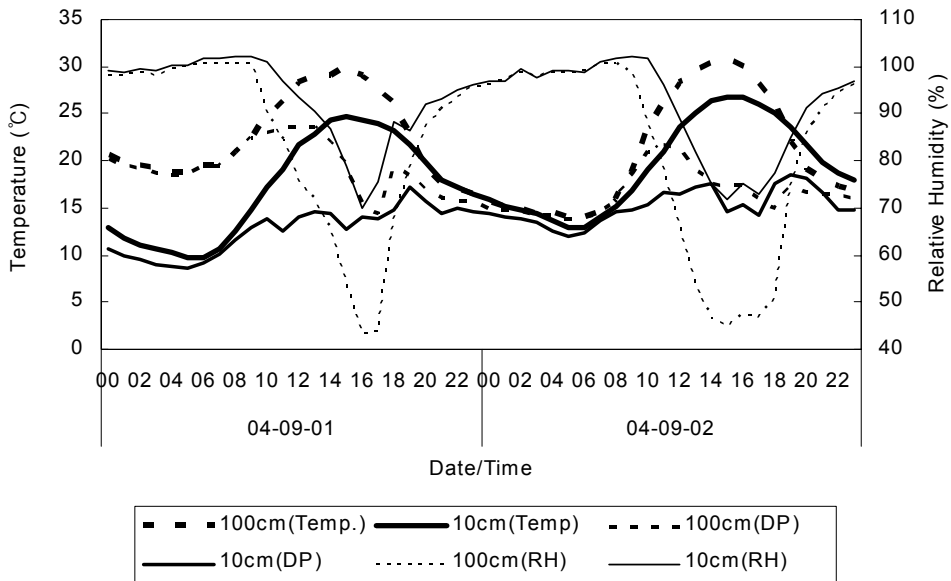


그림 53. Temperature, dew point and relative humidity changes at height of 10cm & 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during 1th to 2th September in 2004.

3) 원목재배사내 광도변화

광도는 2004년 1월부터 9월까지 원목재배사에서 기록한 결과 1월부터 3월까지 10,000 lux에 도달하였으며, 3월부터 4월까지 6000 lux, 5월부터는 2000 lux 이하였다. 1월부터 3월까지는 10,000 lux까지 올라갔다. 그 이유는 겨울동안 온도가 떨어져 있던 표고원목내 온도를 올리기 위해 시설재배사의 비움망을 개방시킨 것이다. 또한 온도가 올라가는 4월 이후에는 표고생장의 적정온도를 유지하기 위해 비움망으로 빛을 차단한 것으로 생각된다.

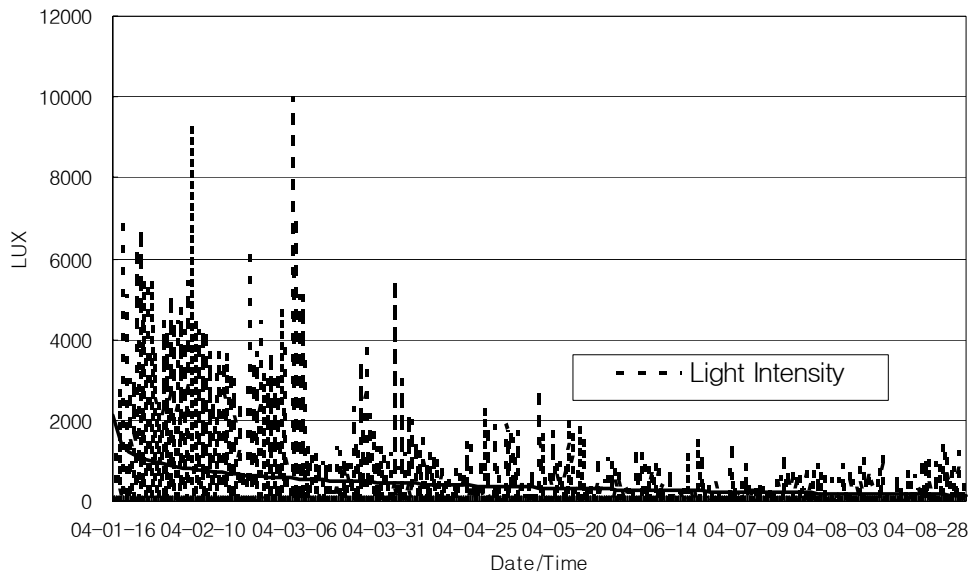


그림 54. Light intensity at height of 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during January to September in 2004.

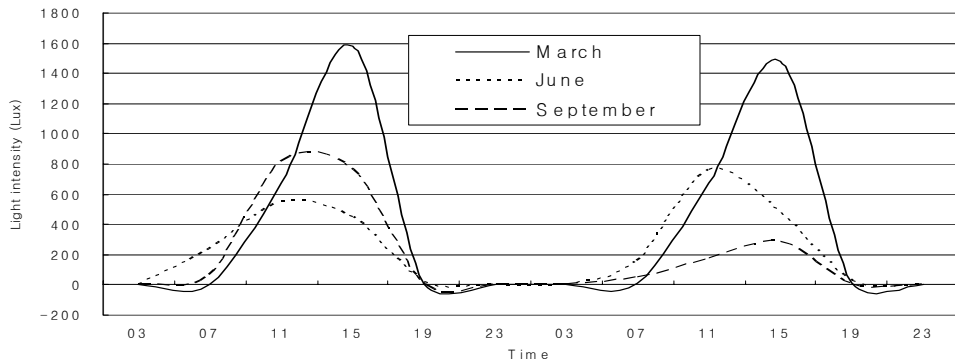


그림 55. Light intensity of March, June, September at height of 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed.

2003년도 3월, 6월, 9월중의 하루 동안, 재배사내 광도를 기록한 것이다. 광도는 3월중에는 오전 7시까지 0 lux이며 오전 7시부터 광도가 증가하여 최대 1600 lux로 되었다. 한편 6월중에는 최고 600 lux, 9월은 최고 800 lux였다.

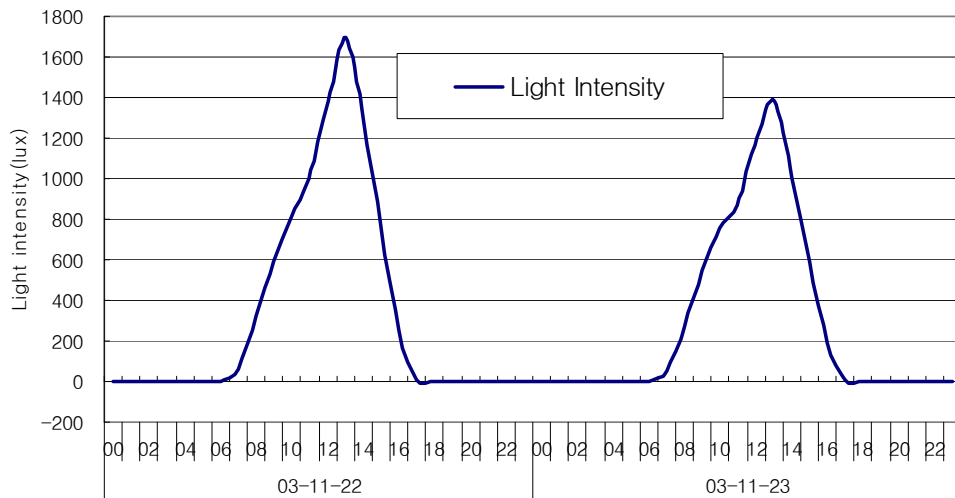


그림 56. Light intensity of day at height of 100cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during January to September in 2004.

2004년 1월 17일부터 1월 18일까지 100cm높이에서 일중 광도변화를 기록한 값으로, 새벽 2시부터 새벽 6시까지 광도는 0 lux였고 오전 6시부터 오전 9시까지 버섯생장에 유리한 500 lux이하였으며 그 이후부터 오후2시경에는 1500 lux~3000 lux까지 상승하였다.

한낮에 표고원목이 햇빛에 장시간 노출되면 골목내 온도는 상승하고 수분함수율이 40%이하로 떨어져 표고균이 사멸하거나 생장을 못 할 수 있으므로 차광이 필요하다(임업연구원 1998).

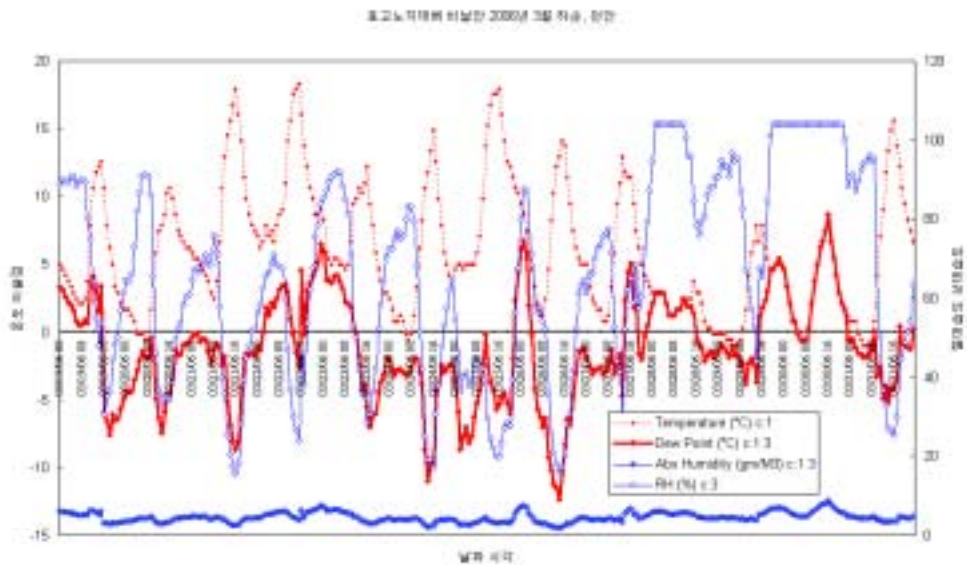


그림 57. 표고노지재배 비닐안 온도, 이슬점, 상대습도, 절대습도 변화. 천안 황성태 씨 농장. 2006년 3월 하순.

노지재배에서 늦겨울과 초봄에 화고 및 건표고 생산을 위하여 11월부터 비닐을 씌워서 표고원목의 수분과 온도를 관리하고 있었다. 화고가 생산되고 있는 3월 하순경 온도와 습도상황은 다음과 같다. 이 기간 중 온도는 영상을 유지하면서 최고 18도에 이르렀고 이슬점은 대체로 영하였다. 상대습도는 20 - 90%로 변동하였지만, 절대습도는 1.9-7.5g/m³ 정도였다. 3월말경에는 상대습도가 40-100%에 이르면서 이슬점이 영상으로 되었다.

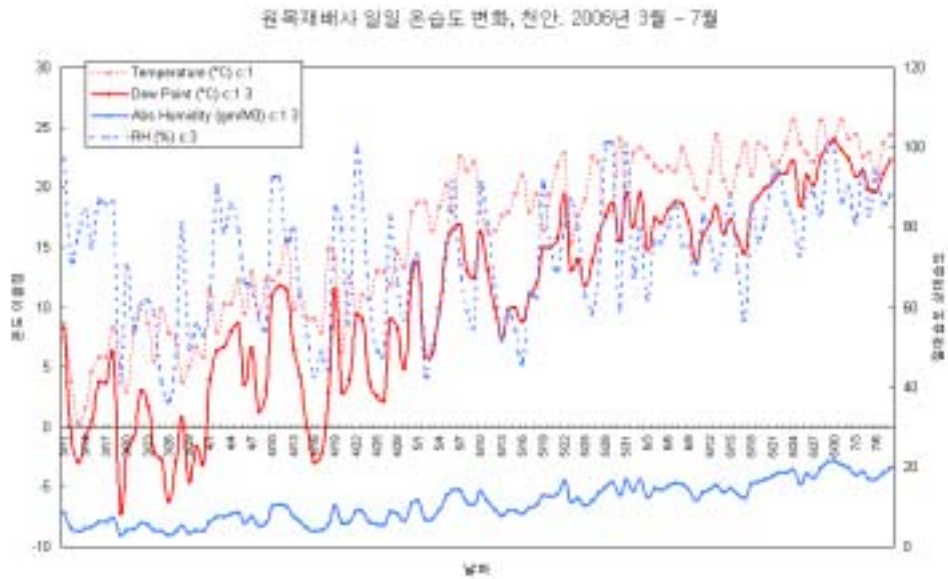


그림 58. 표고재배사 일일 10시 기록 온-습도, 천안 황성태 2006년 3월 - 7월.

재배사인 경우 3월부터 7월까지 오전 10시 기준 온도와 습도변화에서 상대 습도는 평균적으 변화가 없었으나 기온과 이슬점 그리고 절대습도는 계속 상승하였다. 기온은 3월에 5-15℃에서 5월초에 15-22℃, 그리고 6월에는 20 - 25℃로 상승하였다. 일간 온도차이는 점점 감소하였다. 이슬점은 3월에 -5 - 6℃에서 4월에는 2-10℃, 5월에는 10-18℃, 그리고 6월에는 17 - 22℃까지 상승하였다. 상대습도변화는 경향이 다소 다른 것으로 5월 말경까지는 40-95%, 5월말경- 7월에는 70-95%로 변화폭이 적어졌다. 6월 중에는 평균 80-85%를 유지하였다. 절대습도 또한 3월 - 7월중에 크게 증가하였다. 3월에는 3-10g/m³였고, 계속적으로 증가하여 7월초에는 18-23g/m³에 달하였다. 7월에 온도가 높고, 공기중에 수분이 많아 이슬점이 높은 현상은 결국 7월중에는 고온성 버섯인 경우 한밤중에 버섯이 급속히 사람을 설명하는 것이다. 이런 점에서 7월에 버섯생산을 조절하기 위하여는 관수를 줄이고 온도는 낮추는 방법이 고려될 수 있다고 생각된다.

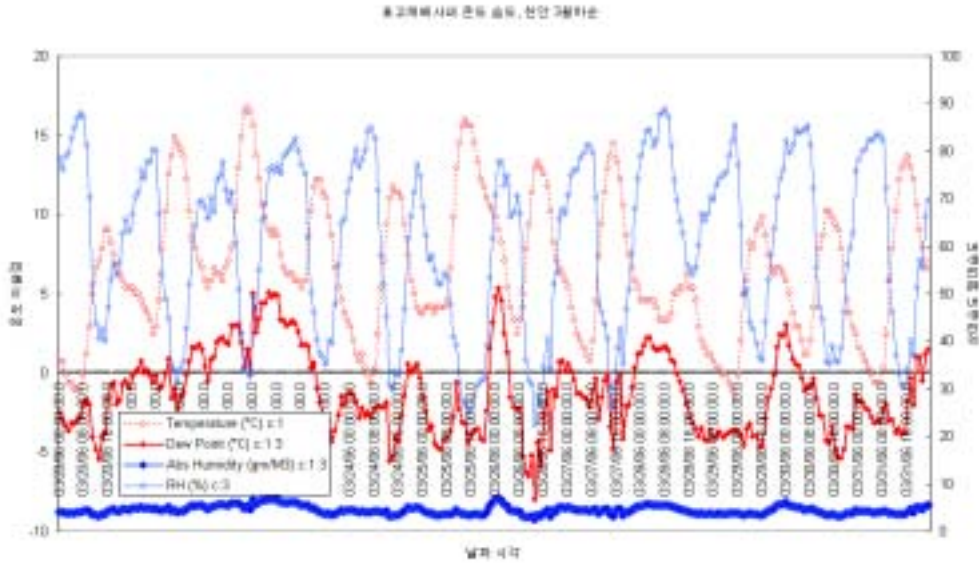


그림 59. 표고재배사내 온-습도변화, 천안, 황성태. 2006년 3월 하순. 버섯생산 없음.

버섯을 발생시키지 않는 표고재배사에서 3월 하순경 수분-온도변화는 노지재배와는 달랐다. 온도는 0-16°C 영상이었고, 이슬점은 대체로 영하였다. 상대습도는 낮에는 30% 미만이었고 밤에는 70-90%, 절대습도는 2.8g/m³ - 6.5 g/m³ 이었다.

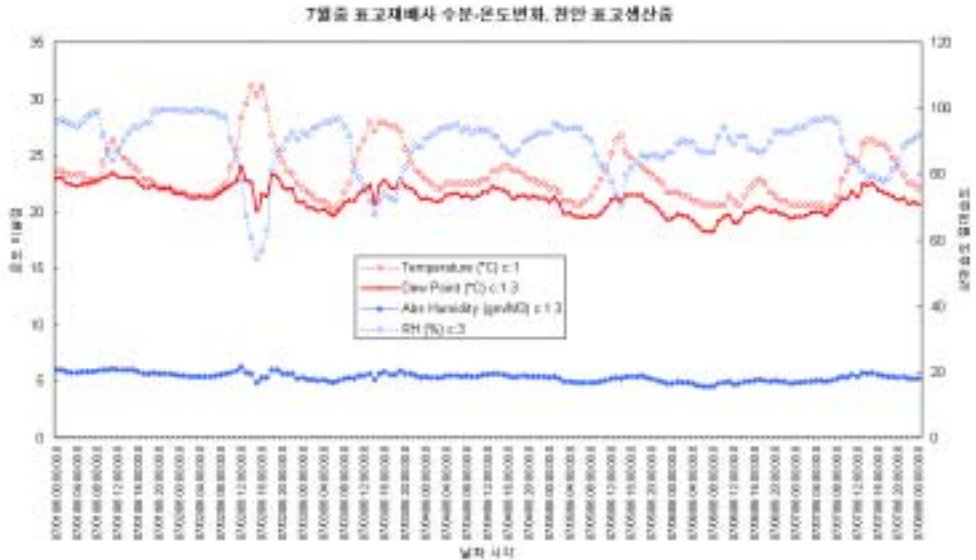


그림 60. 표고재배사 온습도 변화, 천안, 2006년 7월 상순, 버섯생산중.

7월 상순에 버섯생산중인 재배사인 경우, 온도는 20-27°C, 이슬점은 20-24°C였다. 상대습도는 70-98%, 절대습도는 18.5 - 23.5 g/m³였다. 이 기간은 장마 때이므로 공기중에 수분이 많으므로 축창, 천창 그리고 환풍기로써 습도를 조절하였다. 이 시기는 절대습도가 20g/m³로써 매우 높으므로 이슬점이 20°C 이상이라 밤에 온도가 낮아질 경우에는 발생된 버섯이 수분을 많이 함유하게 된다. 고온성 버섯 중에서 수분함유율에 덜 민감한 균종이 필요하다고 생각된다.

4. 결론

표고재배사내에서 중앙부는 외곽부보다 온·습도가 높고 변동폭이 작았고, 지표면에 가까울수록 온도의 변화폭이 작았다. 재배사내의 상대습도는 온도변화와는 정반대 현상이었다. 원목재배사내 온·습도 변화는 최저온도는 4월말까지는 영하였으며, 겨울에 일교차가 가장 높았고, 일중 온·습도 변화는 저녁부터 새벽까지 상대습도가 100%이르면서, 온도와 상대습도의 변화는 정반대의 경향이였다. 환기가 매우 필요하였다.

제 2 절 표고 톱밥재배사 온-습도 관리

1. 머리말

표고톱밥재배에서는 과습하여 푸른곰팡이의 피해가 심하고, 약간이라도 건조하면 버섯발생이 잘 안되는 위험성이 크다. 그러나 최근 온도와 습도를 효율적으로 관리하여 화고도 생산하며, 나아가 버섯발생시기를 조절하기도 한다. 그러므로 고품질의 표고를 생산하기 위하여는 재배사내 수분관리가 매우 중요한 것으로 알려져 있다. 상대습도는 온도에 비례하여 크게 달라진다. 따라서 많은 성공적인 재배자들은 습도를 조절하기 위하여 온도를 우선 낮추고 있다. 그 방법 중에 하나가 차광이며, 통풍이고 수막관수 또는 분무이다. 특히 톱밥재배는 동절기에도 생산이 가능하므로 보온이 큰 효과가 있으며, 하절기에는 온도를 낮추기 위하여 2중 차광과 분무를 하는 경우도 있다. 톱밥재배사의 적정 수분-온도관리 모델을 개발에는 성공적인 재배사에서 온-습도의 변동을 이해하는 것이 매우 중요하였으므로 이것을 알고자 장단기적인 온습도변화를 측정하였다.

2. 재료 및 방법

가) 표고 원목 및 톱밥재배 시설재배사 내의 수분-온도 변동상황 파악

(1) 재배사 선정

현재 앞선 기술로 활발하게 버섯을 생산하고 있는 표고 재배자에 대하여 다음 같이 톱밥재배사를 3개소에 대하여 재배사내에 공중 온-습도센서를 원목의 높이별로 설치하고 2003년 11월부터 장기간 조사하였다. 측정은 HOBO에 내장된 센서를 이용하여 매 시간 간격으로 온도와 습도를 측정하고 데이터 로거에 기록하였고 주기적으로 데이터를 회수하여 분석하였다.

(2) 온도, 습도 및 광센서 설치

표고톱밥 재배사내의 주요한 환경요인 중, 온도, 습도, 이슬점을 장기간 측정하기 위하여 원목재배사와 동일하게 HOBO H8(Onset Computer

Corporation) 시리즈를 설치하고, 단기간은 휴대용 온습도측정기 (testo 605-H1) 로써 미세환경적인 변이데이터를 보완하였다.

2) 조사규모

- 센서: 6 재배사 x 1 수직적 위치 + 1 외부위치 = 7개
- 재배사 형별 연차별로 1개형씩 조사: 일반 단동형 3개,
- 지역: 강원(고성) 충남(청양)에서 총 3개소에 설치
- 균주: 톱밥재배용 고온성

3) 시험재배사의 구조

표 12. 표고툽밥재배사의 내역

| | 툽밥재배 | | |
|------------|-------------------------------|--|--|
| 재배사형 | 단동형 | 단동형 | 연동형 |
| 재배 방식 | 중국식 8단 2kg, 4kg | 대만식 지면재배 1.3kg | 대만식 지면재배 1.3kg |
| 균주 | 중국균주 | 대만균주 (중저온성) | 대만균주 (중저온성) |
| 방 향 | 동서 | 동서 | 동서 |
| 재배사 규모 | 7m x 25m x 4m 2중 6개동 | 3.6m x 35m x 4m 단동형이지만 작업통로로 연결된 11연동형 | 3.2m x 48-55 m x 4m 2연도, 3연도, 4연도, 6연동 등 배지 자가생산 |
| 수분-온도 조절시설 | 2중 비닐+비움망 흰색단열재 보일러 | 2중 비닐 + 비움망 보일러 | 2중 비닐 + 비움망 에어쿨, 보일러 |
| 장소 | 강원 고성군 토성면 성천리 | 충남 청양군 청남면 왕진리 논 | 충남 청양군 청남면 왕진리 논, 원예시설온실 |
| 소유자 | 문중헌 | 정의용 (청흥버섯) | 정의용 (청흥버섯) |

4) 온도, 습도 및 광량 측정

온도, 수분을 지속적으로 측정기록하기 위한 HOBO Pro H8(Onset Computer Corporation)시리즈로 1개 측정지점에서 1시간단위로 온도와 습도 이슬점을 2003년 10월부터 2006년 7월까지 기록했으며, 이 자료들은 분석프로그램인 Boxcar Pro을 이용하여 다운 받았다.



그림 61. *Lentinula edodes* sawdust cultivation shed.

3. 온·습도자료 분석방법

연중 톱밥재배사내에서 온습도의 시간적인 변화와 3월 11일부터 12일, 6월 11일부터 12일, 9월 25일부터 26일, 12월 11일부터 12일에 측정한 일중 온·습도의 시간적인 변화를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 톱밥재배사의 온도-습도 변화

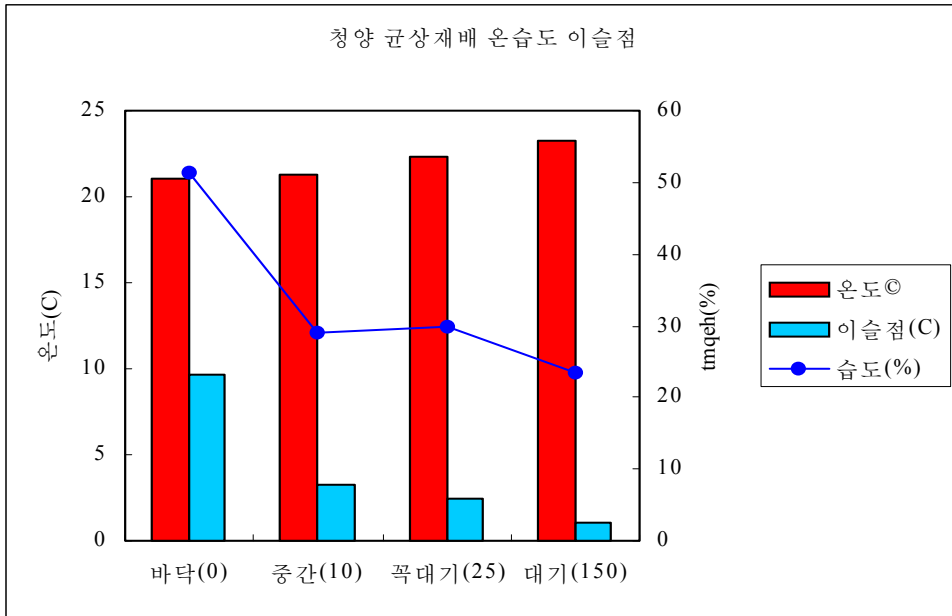


그림 62. 톱밥재배사의 지면 높이별 온도, 상대습도, 이슬점. (충남 청양 정의용 씨 표고톱밥재배사).

톱밥재배사에서의 온-습도 변화는 원목재배사에서와는 달랐다. 먼저 봉지내에서 균사를 배양하는 동안에는 온도가 중요하게 영향을 준다. 습도가 중요하지 않고, 오히려 건조한 상태가 톱밥배지의 오염을 적게한다. 그리고 버섯발생재배사에서는 온도습도가 모두 중요하게 된다. 톱밥배지는 높이가 25cm로 버섯이 발생하는 곳은 이 부위이므로 이 지점에 대한 온습도 관리가 중요하다. 온도는 바닥과 25cm 지점에서 2도 정도밖에 차이가 나지만, 습도는 30% 이상이 차이 나며, 이슬점 온도 또한 5도 이상이 차이가 난다. 그러나 버섯발생하는 지점이 25cm 높이에 일정하므로 이 높이에 대한 습도의 관리가 고품질 버섯생산의 요점이 된다.



그림 63. 정의용 씨 표고톱밥재배사내 온도 및 습도변화



그림 64. 정의용 씨 표고톱밥재배사내 온도 변화 기록

표고톱밥재배사에서 온도와 습도의 조절은 우선 차광정도로써 효과적으로 하고 있으며, 동시에 통풍과 보온을 하고 있다. 상대습도에 따라 배지 표면의 갈색 피막의 단단하기가 크게 변하여 버섯발생에 불리할 수가 있으므로 배지 상부에서 적정한 습도와 배지표면의 수분농도를 이해하는 것이 다음 단계 중요한 연구 과제라고 생각한다.

톱밥재배사내 느타리버섯을 발생시킬 때 재배사 환경을 적절하게 하는 방법을 제시한 것을 살펴보면 저온기간일 때에는 16~27°C로 유지시키고 고온기간일 때 21~27°C로 온도를 유지해야 한다고 보고했다(Stamets 2000). 한편 습도는 60~80%로, 광은 500~2000 lux범위가 좋으며, 장기간 500 lux이하로 할 때는 버섯의 자루가 길어질 수 있다고 하였다(Stamets 2000).

1) 톱밥재배사내 연중 온·습도변화

톱밥재배사 외부에서 연중 온도변화는 -18.1~37°C범위였으며 평균온도는 13.

2℃였다. 최저온도는 5월초까지 영하였고, 그 이후부터 영상의 기온으로 되었다. 외부습도변화는 11.3%~102.9%범위였으며 평균습도는 79.5%였다.

Figure 26을 보면 2003년 12월부터 2004년도 10월까지 톱밥시설재배사 내부에서 측정된 온도를 나타낸 것으로서 내부온도변화를 보면 -4.3~36.1℃로 나타났으며 평균온도는 15.5℃였다. 표고배양에 적당한 온도는 20℃내외이므로(스므오, 2000), 이 재배사에서 적당한 배양기간은 5~6월과 9~10월경이었다. 이 톱밥재배사에서는 3~4개월간의 배양기간이 끝나면 톱밥봉지 상부를 절단하여 버섯발생에 유리한 9~10월경에 이르러 15~20℃의 온도로 유지하며 수확을 하고 있다.

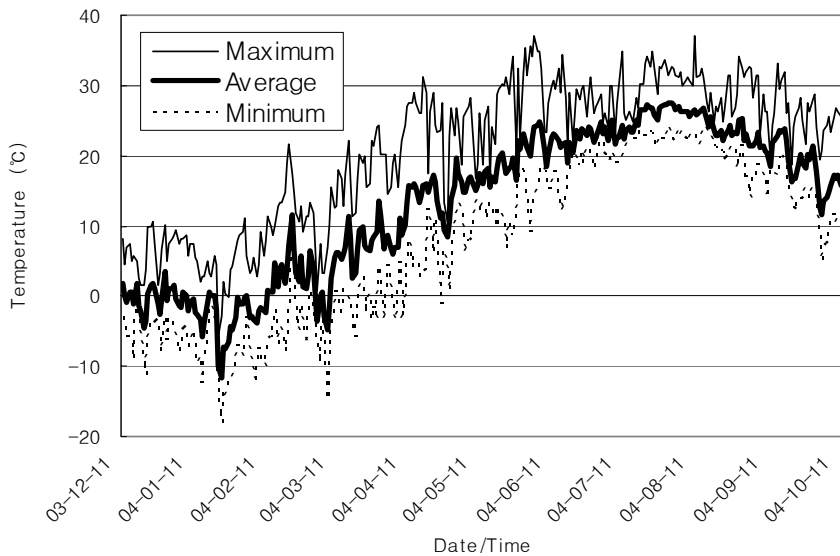


그림 65. 톱밥재배사 외부 기온, 최대 평균, 최소기온. 2003년 12월-2004년 10월, 정의용

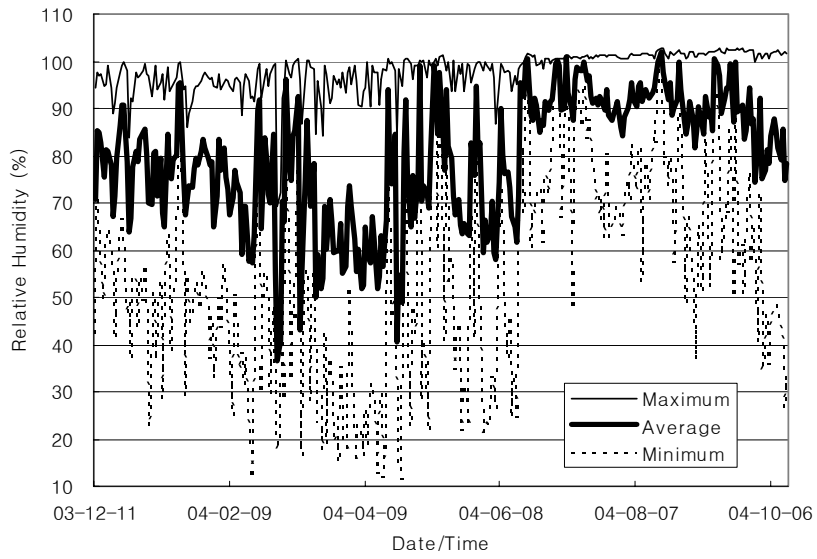


그림 66. 톱밥재배사 외부의 최대습도, 평균 습도, 최저습도. 12월 2003년-2004년 10월. 청양 정의용,

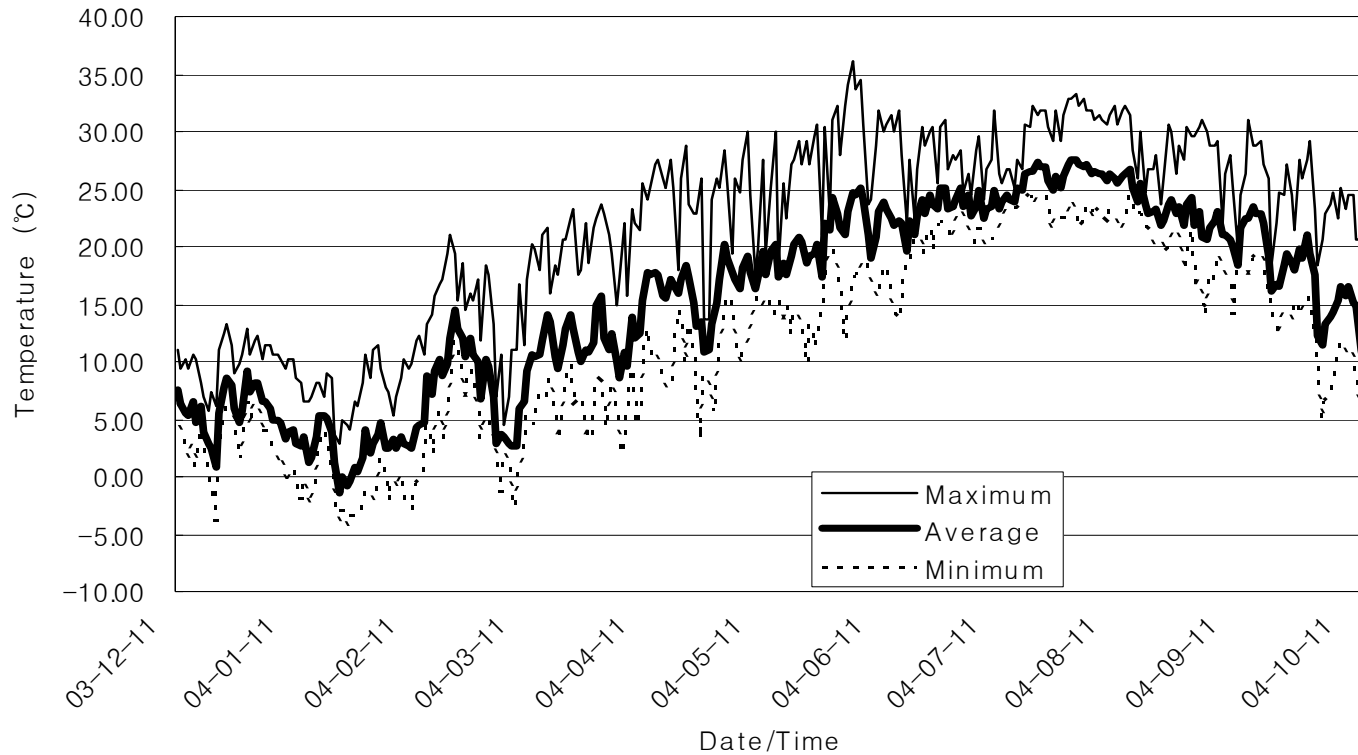


그림 67. Maximum, average and minimum temperature changes at height of 100cm in *Lentinula edodes* sawdust cultivation shed during December in 2003 to October in 2004.

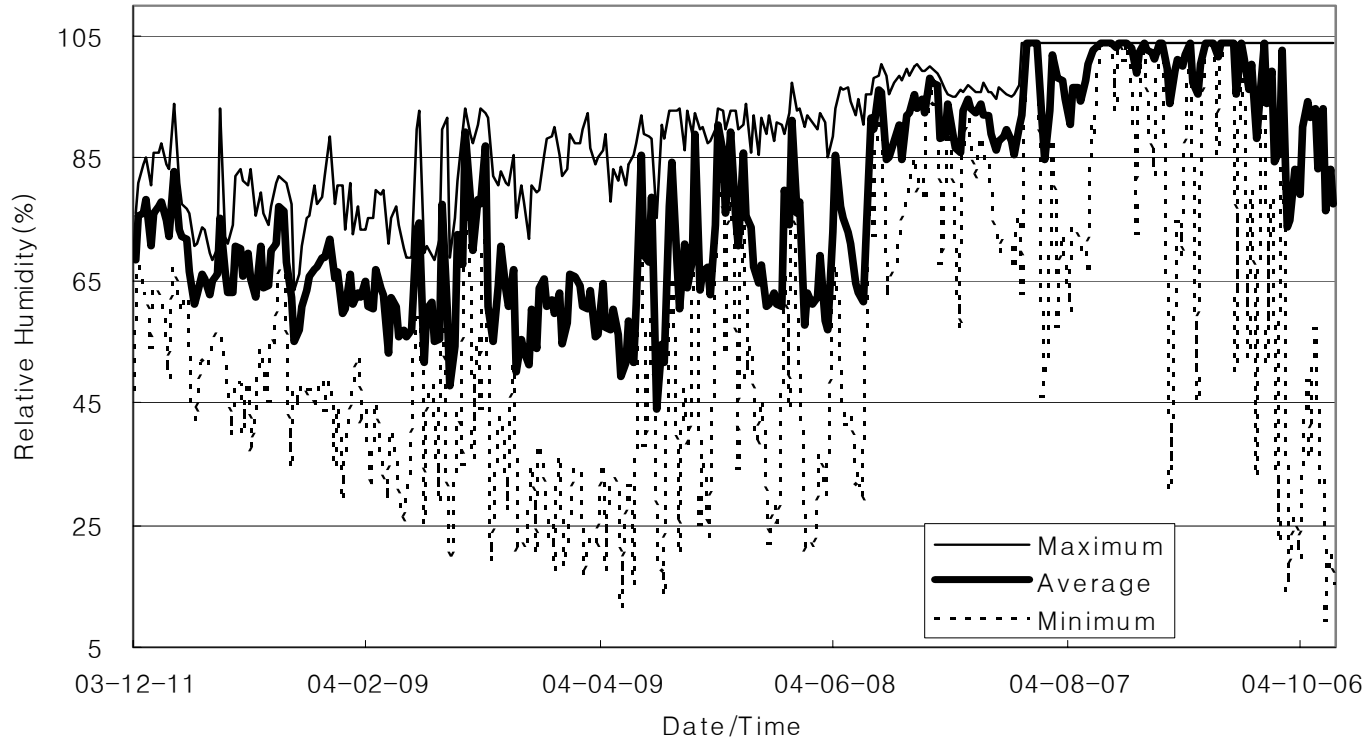


그림 68. Maximum, average and minimum relative humidity at height of 100cm in *Lentinula edodes* sawdust cultivation shed during December in 2003 to October in 2004.

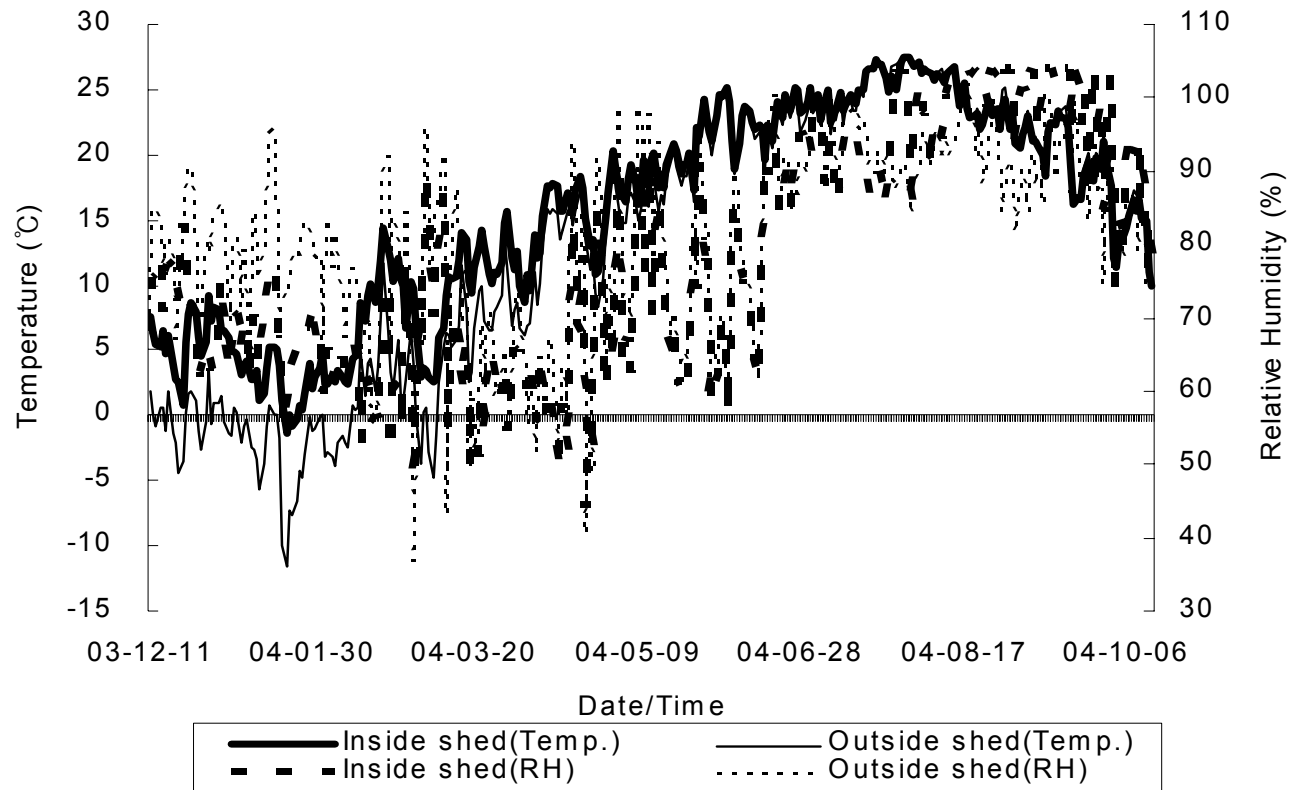


그림 69. Relative Humidity at height of 100cm in inside and outside of *Lentinula edodes* sawdust cultivation shed during December in 2003 to October in 2004.

2003년 12월부터 2004년도 10월까지 톱밥시설재배사 내부에서 측정된 내부의 상대습도 변화를 나타낸 것으로, 9.2~104%의 범위를 가지며 평균습도는 77.5%였다. 그러나 톱밥재배에서는 배지가 봉지안에 있으므로 군사배양기간 동안에는 외부습도에 영향을 거의 받지 않는다.

톱밥재배사에서 외부와 내부의 온·습도변화를 나타낸 것이다. 최고온도는 재배사외부가 내부보다 0.9℃가 더 높았으며, 최저온도는 -13.7℃차이가 났다. 반면에 재배사외부가 재배사내부보다 최고습도는 -1.9%가 낮았으며, 최저습도는 2% 더 낮았다. 이는 겨울과 봄철 배양기관 동안 난방을 통해 재배사내 보온을 하였

2) 톱밥재배사내 계절별 일중 온·습도변화다.

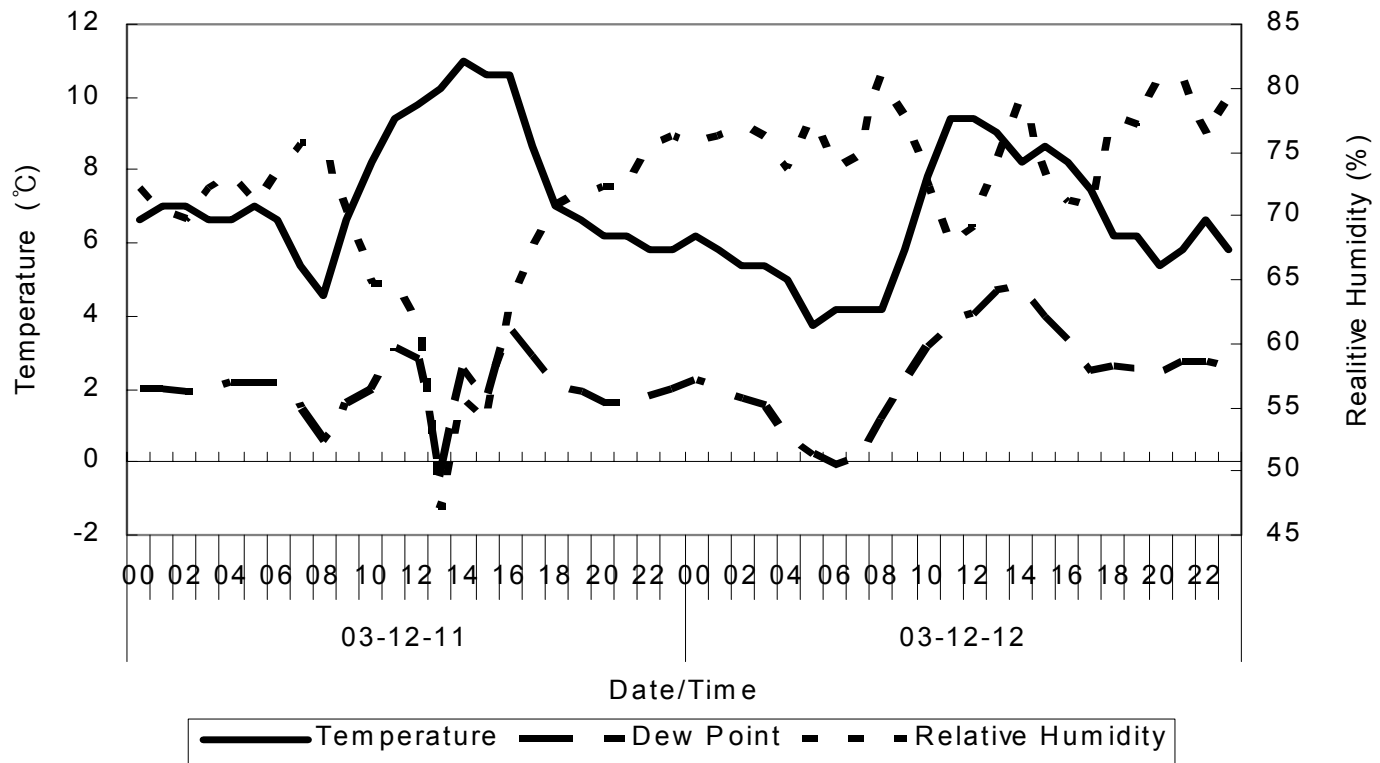


그림 70. Temperature, dew point and relative humidity at height of 100cm in *Lentinula edodes* sawdust cultivation shed during 11th to 12th December in 2003.

2003년 12월 11일부터 2003년 12월 12일(48시간)동안 톱밥시설재배사내 온도, 이슬점, 상대습도 변화를 나타낸 것이다. 온도는 오전 8시에 4.6℃였으며, 오후 2 시에는 11℃까지 상승하였다. 하지만 습도는 온도와 반대로, 새벽까지는 70%이상 이었으나 오전8시부터 오후2시까지 지속적으로 감소하여 50%미만 이었다.

한편 온도가 최저점인 4.6℃일 때 이슬이 맺히는 온도는 0.6℃인데 반하여, 온도가 최고점인 11℃에 이르렀을 때에 이슬점은 영하에 도달한 것을 볼 수 있다. 이때 재배사내 상대습도는 47%였다. 따라서 겨울동안에는 재배사에 습도를 높게 유지하지 않았다.

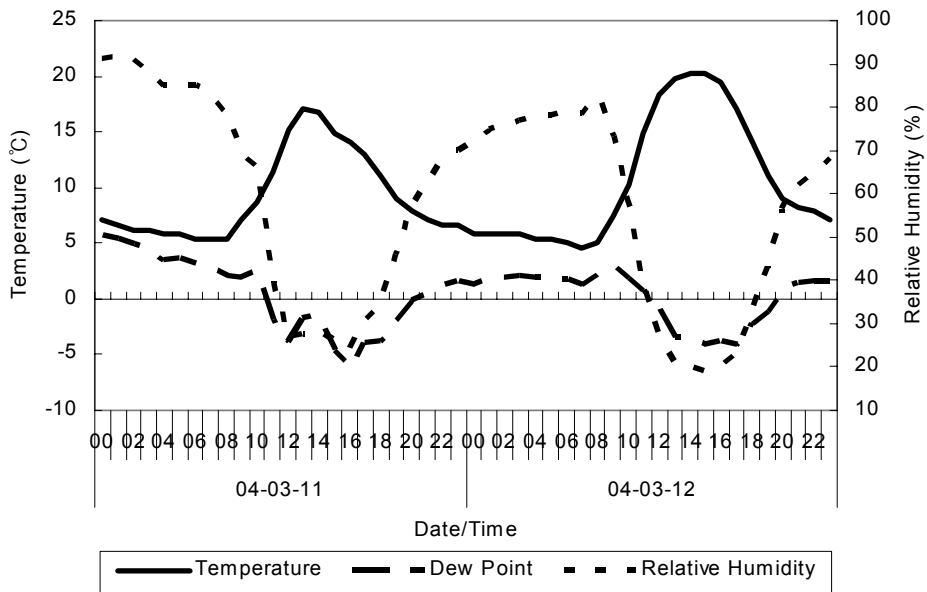


그림 71. Temperature, dew point and relative humidity at height of 100cm in *Lentinula edodes* sawdust cultivation shed during 11th to 12th March in 2004.

2004년 3월 11일부터 2004년 3월 12일(48시간)동안 톱밥시설재배사내에 온·습도 변화를 나타낸 것이다. 온도는 5~15℃의 범위로 변화였는데, 오전 8시부터 오후 1시까지 상승하다가 그 이후 감소했다. 한편 상대습도는 밤 10시부터 다음 날 7시까지 80%였으며 오후 2시경에는 20%까지 감소하였다.

최저온도인 5.4℃일 때 이슬은 2.0℃에서 맺히며 최고온도로 올라가는 오후 1시경에 온도는 17.4℃였고 이슬점은 -3.4℃였다.

2004년 6월 11일부터 2004년 6월 12일까지 톱밥시설재배사내에서 기록한 것으로서, 온도는 오전 6시부터 오후 4시까지 18℃~30℃범위였으며 습도는 90~40%였다. 일중 최저온도는 오전6시에 17.9℃였으며 이때 이슬점은 16.9℃였고, 습도는 96.5%였다. 정오에 최고온도가 29.9℃되었을 때 이슬점은 15.4℃였으며, 습도는 41.4%였다.

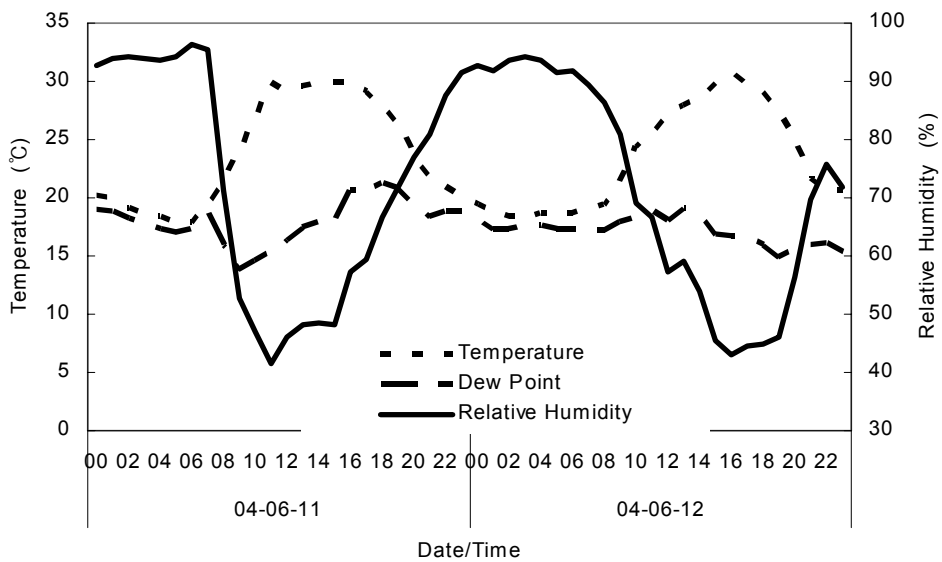


그림 72. Temperature, dew point and relative humidity at height of 100cm in *Lentinula edodes* sawdust cultivation shed during 11th to 12th June in 2004.

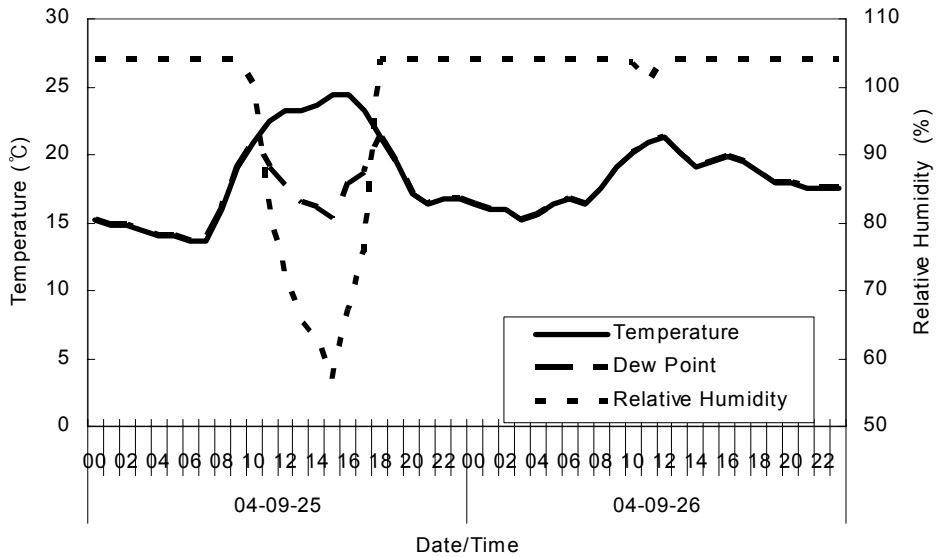


그림 73. Temperature, dew point and relative humidity at height of 100cm in *Lentinula edodes* sawdust cultivation shed during 25th to 26th September in 2004.

버섯발생 기간이었던 2004년 9월 25일부터 2004년 9월 26일(48시간)동안 톱밥 시설재배사내에서 측정한 온도, 이슬점, 상대습도변화를 나타 낸 것으로, 온도는 오전 7시에 13.7°C였다가 오후4시에는 24.4°C까지 상승하였다. 그 이후 감소하였다. 습도는 온도와는 달리 오전 7시까지 포화상태인 100%를 유지한 후 온도가 22°C이상 올라가는 시점에서 감소하였다. 그리고 다시 오후 4시경에 다시 습도는 상승하였다. 한편 이슬점과 온도는 습도가 100%가 될 때 일치하였으나, 오후4시경 온도가 24.4°C일 때 이슬점은 15.3°C였는데 이때 상대습도는 59%로 가장 낮은 상태였다.

결과적으로 온도의 일중변화는 상대습도변화와는 정반대의 경향을 보였다. 즉 밤과 새벽에 습도는 가장 높아지고, 최고온도가 될 때 최저습도가 되었다. 상대 습도가 높으면 온도가 조금만 낮아져도 물이 생기므로 이슬점은 높고 상대습도가 낮으면 온도가 상당히 낮아져야 물이 생기므로 이슬점은 낮게 된다. 버섯발생에 유리한 조건은 추운날씨에는 보온을 하고, 더운 날씨에는 차광과 환기를 통해 온도조절을 함으로서 상대습도를 관리해야 한다고 판단된다.

4. 결과 및 고찰

1) 톱밥재배에서의 온도-습도 변화

대만식 톱밥재배는 배지를 지면에 세워서 두고 온습도를 관리하므로 원목재배에서와 비슷한 면이 있다. 버섯발생위치는 지표면에서 25cm 높이이므로 이 지점을 일괄적으로 관리함으로써 균일한 품질의 표고생산을 이룰 수 있다. 12월은 버섯가격이 높아서 난방하여 온도를 15도내외로 유지하여 버섯생산한다. 난방비용의 경제성이 고려되므로, 버섯생산을 하지 않는 경우에는, 톱밥재배사에서는 보온재와 햇볕을 이용하여 1월 중에는 $-2 \sim 5^{\circ}\text{C}$ 로 유지하였음. 버섯생산이 많은 10월중에는 온도를 20도 이하, 상대습도를 60 ~85%로 유지하여 고품질 버섯을 생산하고 있다.



그림 74. 표고재배사, 내부, 온습도계 설치, 톱밥재배사 내부, 버섯발생, 화고발생, HOBO

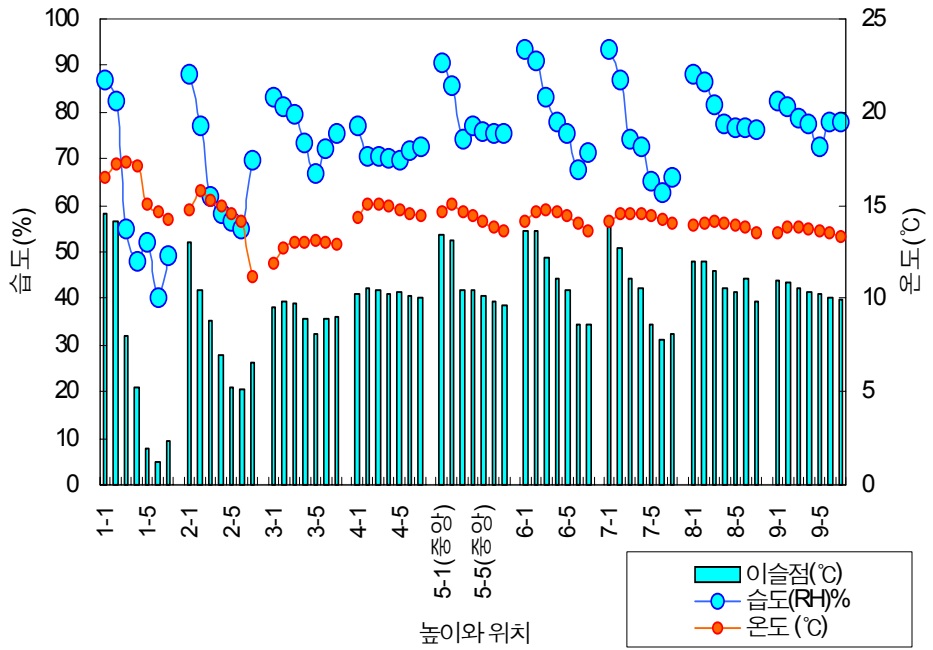


그림 75. 톱밥재배사내 높이 위치별 온-습도, 이슬점. 12월 중 겨울재배 경우.



그림 76. 겨울재배하지 않는 경우 온-습도.



그림 77. 툽밥재배사내 온-습도변화. 2006년 1월중, 고성 문중현

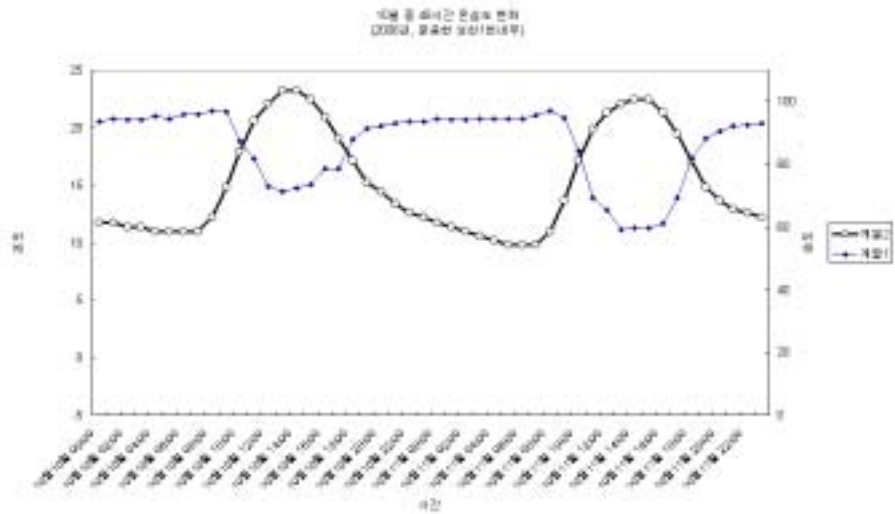


그림 78. 툽밥재배사내 온-습도변화. 2005년 10월중, 고성 문중현

2) 툽밥재배의 문제

그동안 표고버섯의 툽밥재배에는 온도 습도관리에서 곤란한 문제가 많이 대두

되었다. 톱밥배지는 수분을 유지하기 위한 막으로 갈변된 표피가 유일하지만, 보습의 효과가 크지는 않고 푸른곰팡이 같은 병원균의 침투에도 강하지는 못하다. 따라서 배지의 수분유지와 동시에 잡균의 오염을 막는 것이 가장 중요한 기술이다. 온도가 높고 습도가 높으면 배지표면에 푸른곰팡이병이 심하게 되고 표고균사가 사멸한다. 갈변된 배지표면은 곰팡이 침투에 저항성이 있지만 습하게 되면 푸른곰팡이가 잘 침투한다. 한편 배지가 건조하면 갈변된 피막으로 직접적인 수분침투가 느리게 되되어 배지의 수분공급의 어렵게 된다. 그리고 수확시에는 대체로 가벼운 배지를 두손으로 쥐어야하므로 수확속도가 느리게 된다. 결국 이런 배지의 관리와 수확이 인건비 지출을 높이게 되는 것이다. 특히 생산된 버섯의 수분함량이 높은 경우 저품질이 되며, 저장성 또한 낮아져서 표고재배자의 수익이 감소된다.

3) 표고 톱밥 재배 성공요소

톱밥재배의 성공요소는 원목재배에서보다 더 중요하게 온도와 습도의 관리이다. 재배사의 온-습도의 변화를 이해하는 것이 재배사의 온도와 습도를 잘 관리하는 요인이 된다. 상대습도는 온도에 반비례하여, 온도가 높으면 낮아지고, 온도가 낮아지면 올라간다. 즉 버섯재배사 안에서 차광으로 온도를 낮추면 상대습도는 올라가고, 밤이 되어 온도가 낮아져도 상대습도는 올라간다.

봉지가 제거된 톱밥재배에서 수분관리는 더욱 중요하다. 배지수분을 충분히 공급한 후 버섯발생시에는 주위 온도 조절하여 습도를 효율적으로 유지할 수 있다. 발생한 버섯의 계속적인 생장은 주위 온-습도에 크게 영향 받는다.

톱밥재배사에서도 상대습도는 지면으로부터 높이에 크게 영향을 받는다. 온도는 낮을 수록 상대습도가 높고 온도가 높을수록 상대습도가 낮으므로, 온습도에 대하여 일일 밤낮의 변화와 계절적인 변화를 고려하는 관리가 필요하다.

4) 톱밥재배 모델 비교

(1) 대만식 톱밥재배사 온-습도 변화 (청양)

배지를 지면에 놓는 대만식 재배는 버섯배지와 버섯이 발생하는 높이가 0-25cm 범위이므로 온-습도 관리도 이 방법이 원목길이가 120cm 되는 원목재배나 7-8단으로 180cm 높이까지 버섯이 발생하는 환경보다 유리하다.

1월 중 균사배양기간에 일평균온도 변화범위는 1-9℃, 습도범위: 72-83%이고, 지표면 0cm에서 온-습도 8.8℃, 67%, 이슬점: 3.5℃이었다. 20cm 지점에서는 온도와 습도가 9.3℃, 63%, 이슬점은 2.7℃이었다. 2월-5월 중에 최저온도는 4.8℃, 최고온도 31.9℃, 평균온도는 11.5℃ 이었다. 습도는 최저 13.8%, 최고 98.1%, 평균은 72%였다. 대만식 재배는 기존 원목재배사를 이용할 수 있는 것으로 배양기간동안에는 가능한한 습도를 낮게하여야 오염을 방지할 수 있다.

(2) 중국식 톱밥재배 (고성)

표고톱밥재배에서 중국식 재배는 프레임을 이용하여 배지를 수직으로 높이 180cm 까지 7-8단으로 배열하고 갈변하면 배지의 비닐 벗긴다. 그러므로 버섯은 육면체 배지의 모든 방향에서 발생하여 생산량이 많을 것으로 기대되지만 배지의 크기가 4kg 미만으로 보습이 어려우므로 버섯발생에 한계가 있다. 발생버섯갯수가 많으면 소형의 저품질이 된다. 그러므로 1개 배지당 키울 버섯의 갯수를 고려하는 것이 중요하다.

중국식 톱밥재배사(고성, 문중헌 씨)의 예를 보면 재배사내 온-습도 변화에서 재배사내 위치와 높이에 따른 변이 컸다. 1월 중에는 상단일수록 온도, 상대습도 이슬점이 높다. 높이에 따른 온도 변이폭은 12-20℃, 습도 변이폭은 40-95%이고, 차이가 큰 높이는 상단 2단과 3단 사이이다 (120-130cm 높이). 온습도의 변이는 재배사의 측창의 높이와 일치하는 경향이 있다. 결국 톱밥재배는 통풍으로써 위치별 온-습도의 차이를 줄이고 있다.

제 3절. 재배사의 적정 수분-온도 관리모델의 검증

1. 표고원목재배사

가. 머리말

기존 표고원목재배에서 현재 국내 재배자들의 추세가 조기 집중으로 집중시기가 12월에서 2월 사이에 진행되고 있어 보온과 보습이 필요하였다. 따라서 시험모델로는 1-3월 시기에 보온이 가능한 집중과 배양용 하우스의 시험모델을 작성하였다. 시험모델의 형태로는 보온과 함께 차광망을 개폐할 수 있는 시설을 가진 2중 연동 형태로 환기팬을 설치하여 효율성을 높이고자 하였다.

기존의 표고원목재배에서 집중, 배양 및 발생작업이 동일하우스에서 이루어져 대부분의 산림청 고시 표고원목재배용 시설하우스 모델이 발생작업용으로 설계가 되어있다. 그러므로 집중, 배양과정중 표고 집중목의 사멸현상이 빈번하여 농가의 소득창출에 막대한 피해를 발생시켜 집중, 배양용 모델의 작성 및 개선으로 농가 요구에 부합하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

1). 중부지역 중,고온성 표고재배시설 현황

중,고온성 집단재배단지인 경기 용인, 여주, 양평, 충북 청원, 문의, 충남 청양, 공주지역의 재배시설을 조사한 바 경기 용인 일부지역의 시설이 1-A4 및 1-A2형의 단동2중 형태를 이용하여 측고를 높이고 차광막을 개폐식으로 변형한 시설을 가지고 나머지 지역의 재배시설은 1-A3 및 1-A1형태의 단동1중 형태를 지니고 있었다.

2) 대상 재배사 모델 형태별 온, 습도 조사

재배사 형태별 온도 및 습도의 변화를 조사하기 위해 시험에 이용된 표고재배 시설 모델은 원목재배용으로는 2가지로 1-A3와 1-A4를 대상으로 하였고 톱밥배지재배용으로는 본 연구소에서 시험중인 재배시설을 이용하여 시험을 진행하였다. 1-A3모델은 산조108균주를 1-A4모델은 산조302균주를 공시하였다.

표 13. 표고 원목재배시설

| 모델명 | 용도 | 형태 | 규격(m) | | | 중앙 기둥 간격(m) | 서가래 | |
|------|--------------------|----------|-------|-----|-----|-------------------|-------------|-----------|
| | | | 폭 | 측고 | 동고 | | 규격 (m/m) | 간격 (m) |
| 1-A3 | 고온성비가림 | 단동 1중 | 8.0 | 1.5 | 3.7 | 2.0 | D25*1.5 | 0.5 |
| 1-A4 | 고온성비가림 및 저온성 | 단동 2중 | 8.0 | 1.5 | 3.7 | 2.0 | D25*1.5 | 0.5 |

톱밥배지 재배시설로 단동2중형태의 재배시설과 연동2중 형태의 재배시설을 이용하여 시험을 진행하였고, 톱밥배지 형태는 1.2kg 중량의 원통형배지를 이용하였다.

표 14. 표고 톱밥재배시설

| 구분형태 | 형태 | 내부피복 | 외부피복 | 비고 |
|------|------|----------------|----------------|--------|
| A | 단동2중 | 3중(비닐+카시미론+비닐) | 차광막 | 시험재배시설 |
| B | 연동2중 | 1중(비닐) | 3중(비닐+카시미론+비닐) | " |

3) 표고원목재배용 하우스 시험모델 형태와 구조는 다음과 같다.

가) 기본 형태 : 2중 연동 형태(11.6×40m, 140평형)

- 외부(비음시설: 95%차광율, 개폐가능)
- 내부(피복시설: 비닐+카시미론+비닐, 측창 개폐가능)
- 전,후면 상부(환기시설: 팬), 외부골재(온도조절시설: 수막)
- 동고(4.1m), 측고(2.5m)

나) 구조적 특징

외부 비음시설은 최상까지 개폐가 가능토록 하여 저온시기에 개방을 하여 일사량을 늘려 내부온도를 상온으로 유지 가능토록하였다. 내부 피복시설은

비닐과 카시미론을 이용하여 비습시설 개방시에도 내부에 직접적인 일사광선이 비치지 않게하였다.

4). 재배사내 온,습도 변화 조사

시험 모델을 이용하여 접종, 배양과정중 온,습도 변화를 외부 환경과 기존 1-A3형태의 원목재배용 하우스의 온,습도 변화와 비교를 하여 개선점을 찾고자 한다. 온,습도 측정기기는 지면에서 80cm 높이에 설치하였다.



그림 79 : 시험모델 측면



그림 80 : 시험모델 전면



그림 81 : 시험모델 내부



그림 82 : 시험모델 환기팬

다. 결과 및 고찰

1) 표고원목 재배시설 모델별 기상환경 및 버섯생산량

시험모델관리를 이용하여 저온성 품종 집중목을 이용, 가을 시기의 온습도 변화를 조사하고 분석하였다. 가을시기인 10월 중순경의 시간대별 온도변화를 살펴보면 PM 4:00에서 PM 6:00사이의 온도 변화는 외부환경과 거의 동일한게 변화를 하고 이후 점점 격차가 벌어지고 있다. AM 6:00경에는 약 7°C 정도의 온도 차이를 가져 피복으로 인한 온도상승효과는 확인되었다.(그림 5 관련)

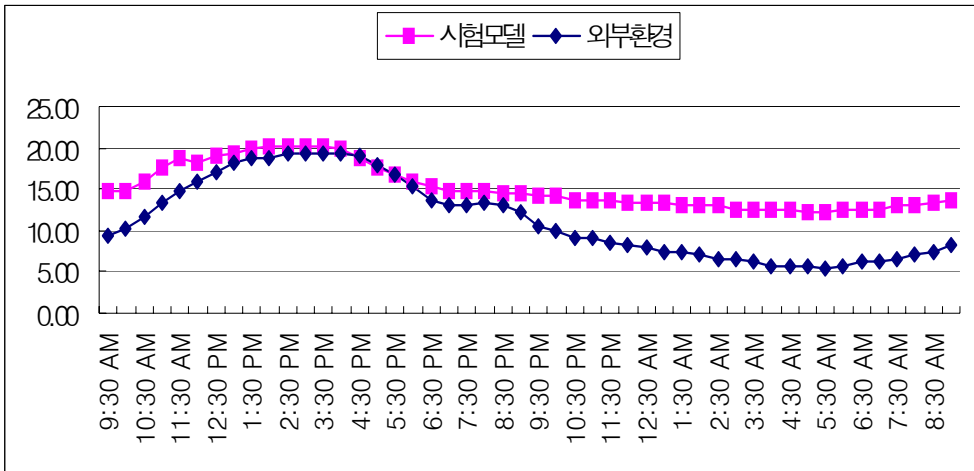


그림 83 : 원목재배용 시험모델의 일일 시간대별 온도 변화(10/15-10/16)

10월 중순 이후의 일평균 온도변화를 비교하여보면 시험모델 및 1-A3모델 모두 외부환경보다 내부 평균온도가 높게 유지되는 되나 시험모델과 1-A3모델을 비교하였을 시에는 최대 5°C 이상 온도차이가 조사되었다.(그림 6, 7 관련)

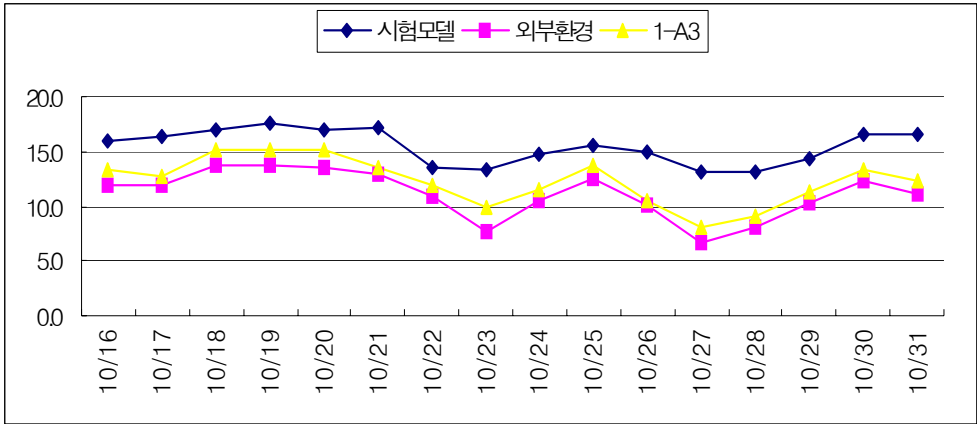


그림 84 : 시험모델의 일평균 온도 변화

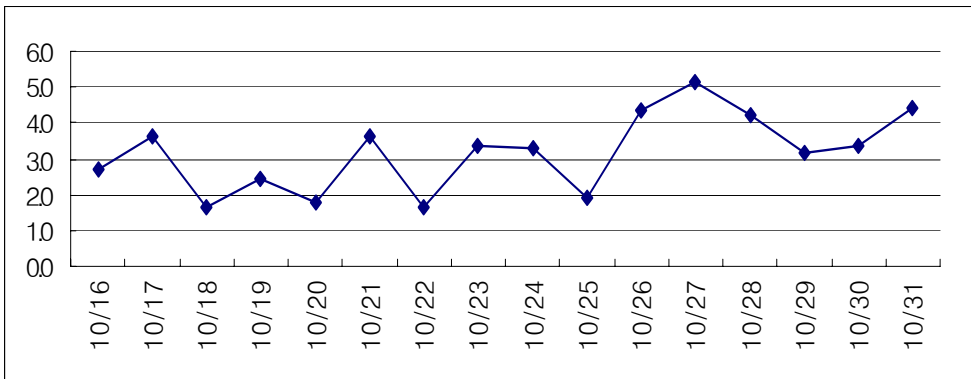


그림 85 : 시험모델과 1-A3형의 온도 차이

시험모델의 상대습도 변화를 살펴보면 외부환경 및 1-A3모델에 비하여 습도가 높게 조사가 되었다.(그림 8 관련)

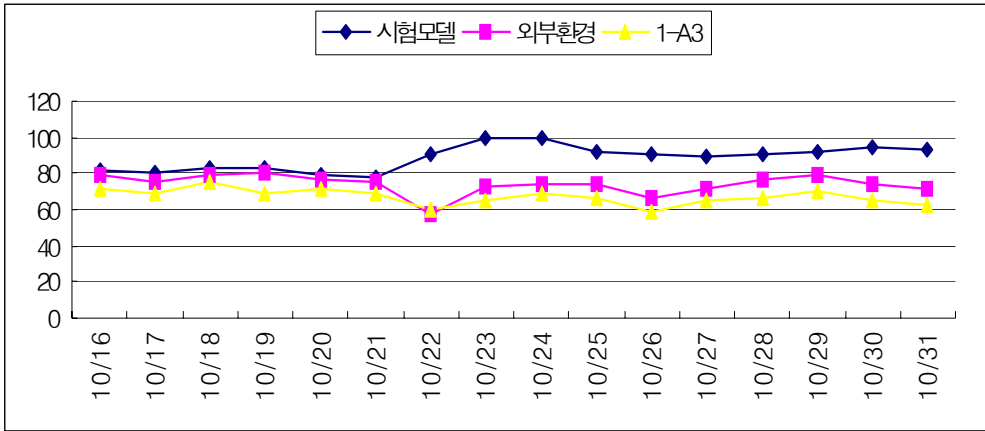


그림 86 : 시험모델의 습도 변화

시험모델의 초겨울시기 12월 2일자 의 시간대별 온도변화를 살펴보면 PM 2:00 부터 PM 5:30사이의 온도는 외부환경과 동일한 변화 양상을 보이고 있다. 또 최대 온도차이는 약 6.7℃로 시험모델의 온도 유지가 가능하다.(그림 9 관련)

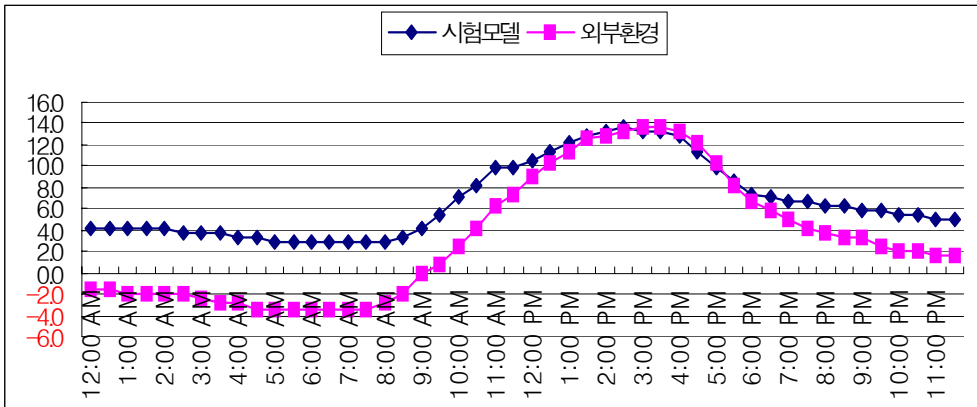


그림 87 : 시험모델의 일일시간대별 온도 변화

12월초의 시험모델의 온도변화를 살펴보면 최대 5℃의 평균온도 차이를 나타내고 있다.(그림 10관련)

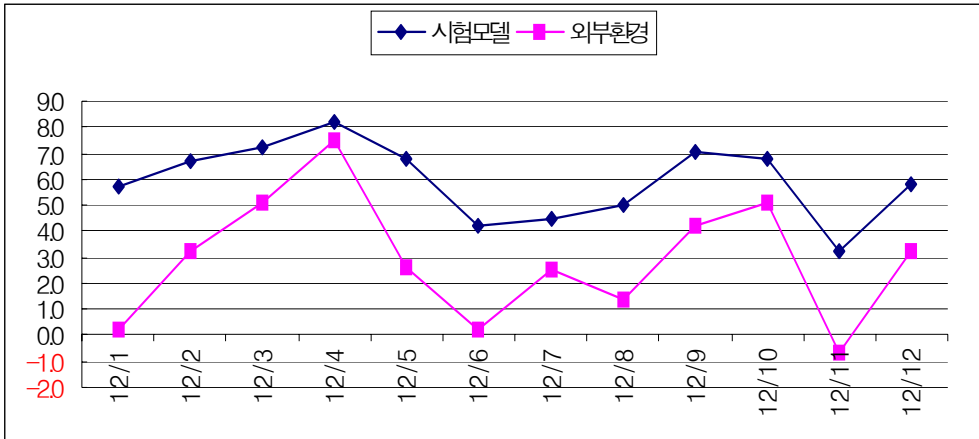


그림 88 : 시험모델 일평균 온도변화

봄철 4월 21일자 시간대별 온도변화를 살펴보면 최대 약 5°C정도 시험모델의 온도가 높게 유지가 되고 있다. AM 6:00경에는 최저 3.5°C정도 외부기온이 떨어져도 약 8.5°C정도로 시험모델 내부온도가 유지되고 있다.(그림 11 관련)

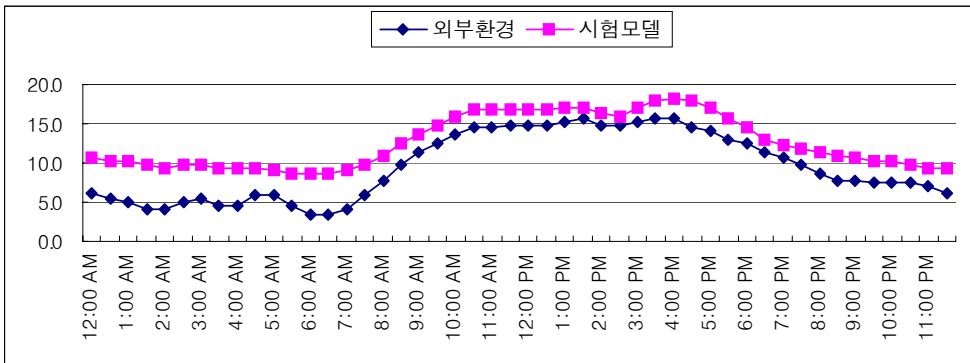


그림 89 : 시험모델 시간대별 온도변화

봄철 4월 말 시기의 시험모델의 일평균기온을 정리하면 4/20부터4/27까지의 온도변화는 초기 저온에서의 피복으로 온도상승효과를 가지고 4/28일 이후 기온의 상승으로 측창개방으로 인해 이후 시험모델이 평균온도가 외부기온과 동일한 변화를 보이고 있다.(그림 12 관련)

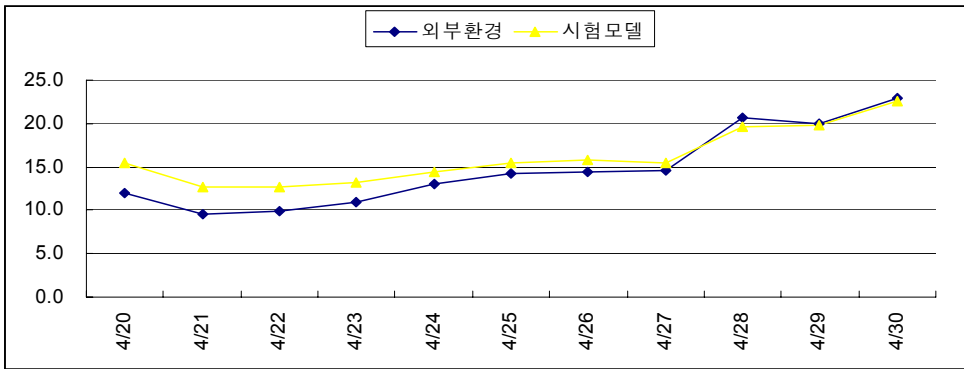


그림 90 : 시험모델 일평균 온도변화

표고원목재배용 시험모델(접종, 배양전용)의 온, 습도변화를 조사한 결과를 정리하면 저온시기에는 비닐과 카시미론을 이용한 3중 피복을 사용하여 해가진 후 약 5°C 정도의 보온효과를 보이고 있다. 저온시기에 2중 비음시설을 완전히 개방하면 일사량이 증가하여 내부온도를 높일 수 있다.

- 저온시기의 피복으로 인하여 관수가 불가능할 때 내부 습도가 높게 유지되기에 균사의 생장을 조금이나마 더 양호하게 진행할수도 있다. 이는 일반적으로 겨울시기에 관수가 불가능할 때 일반재배농가에서 지면의 습을 이용하여 버섯목의 균사생장을 진행하기 위하여 행하는 버섯목 눅히기의 효과를 가져올 수 있다.

- 시험모델의 고온시기의 온, 습도 변화 조사가 미진하여 추후 환기팬과 비음시설(천장 및 측면 개폐), 피복시설(측면 개폐)등으로 외부환경과 관련하여 조사하였다.

2. 표고툽밥재배용 하우스 시험모델

가. 머리말

기존 관행적으로 이루어지는 표고 원목재배방식에서 탈피해 자원부족과 노동력 부족 대응하여 자원 활용도가 높고 단기재배로 투자금 회수기간이 짧은 표고 툽밥배지 재배가 많은 관심의 대상이 되고 있다. 하지만 국내의 툽밥재배는 아직 초기단계라 원목재배처럼 적정 시설하우스 및 재배기술이 정착되지 않아 기 시험은 툽밥재배에 알맞은 시설모델하우스를 개발, 개선하여 국내 툽밥재배활성화에 기여하고자 한다.

기존 표고 원목재배농가의 최소한의 투자로 툽밥재배로의 전환을 기본으로 하여 원목재배용 하우스를 개선을 하여 툽밥재배용 하우스로 이용하고자 한다. 툽밥재배와 원목재배의 가장 큰 차이점은 온,습도가 버섯의 생장 및 품질에 미치는 영향이 매우 크기에 재배하우스의 규모가 기존 100평 기준이 된다면 온,습도 조절에 문제가 되고 농가에서 실제 툽밥배지 배양시에는 시설하우스내 평당 100개 정도의 배지가 입상가능하고 발생시에는 약 평당 200개 정도의 배지가 입상 가능하여 원목재배처럼 100평 기준이 된다면 배양시에는 약 10,000개 발생시에는 약 20,000개의 배지가 입상가능하여 일률적인 관리가 힘들기에 약 30평 정도의 소규모로 운영을 하여 올바른 관리를 수행할 수 있도록 시험모델을 작성하였다.

나. 재료 및 방법

1) 표고툽밥재배용 하우스 시험모델 형태와 구조는 다음과 같다.

가) 기본 형태 : 2중 단동 형태(7×15m, 32평형)

- 외부(비음시설: 90%차광율, 개폐가능)
- 내부(피복시설: 비닐+카시미론+비닐, 측장개폐가능)
- 전,후면 상부(환기시설: 팬), 외부골재(온도조절시설: 수막)

나) 구조적 특징

외부 비음시설은 최상까지 개폐가 가능토록 하여 저온시기에 개방을 하여 일사량을 늘려 내부온도를 상온으로 유지 가능토록하였다. 내부 피복시설은 비닐과 카시미론을 이용하여 비음시설 개방시에도 내부에 직접적인 일사광선이

비치지 않게하였다. 환기시설과 수막시설을 구비하여 고온시기에 온도를 낮게 유지할수 있도록하였다.



그림 91 : 시험모델 전면



그림 92 : 시험모델 측면

2) 재배사내 온,습도 변화 조사

시험 모델을 이용 기존 톱밥재배자들이 주로 수행하는 겨울재배방식을 시험대상으로 하여 크게 조제 후 톱밥배지 자연배양과정과 버섯발생작업 과정중 외부환경과 환경조절을 수행한 재배사내 온,습도를 조사하여 시험모델의 개선점을 찾고자 하였다. 이 시험에는 톱밥배지는 블록배지(2kg)를 이용하였고 시험모델내에 선반을 설치하여 톱밥배지를 입상하였다. 버섯 발생 작업시에는 상면재배 방식으로 봉지 윗면만 커팅을 하고 물을 채워 윗부분에서만 버섯을 발생시켰다.

다. 결과 및 고찰

1) 자연 배양과정 중 온,습도 변화

자연배양 30일차까지의 시험모델관리는 초기 군사재생 및 유해균의 오염을 방지하고 배양초기 배지의 갈변화를 방지하기 위하여 비음시설을 이용하여 빛을 차단하였다. 이로 인하여 외부 환경보다 시험모델내의 평균온도는 낮았으나 피복시설을 이용하여 최고최저 온도편차를 최소화 하여 표고균이 생장시 변온에 의해 피해를 입지 않도록 관리를 하였다.(그림 15, 16 관련)

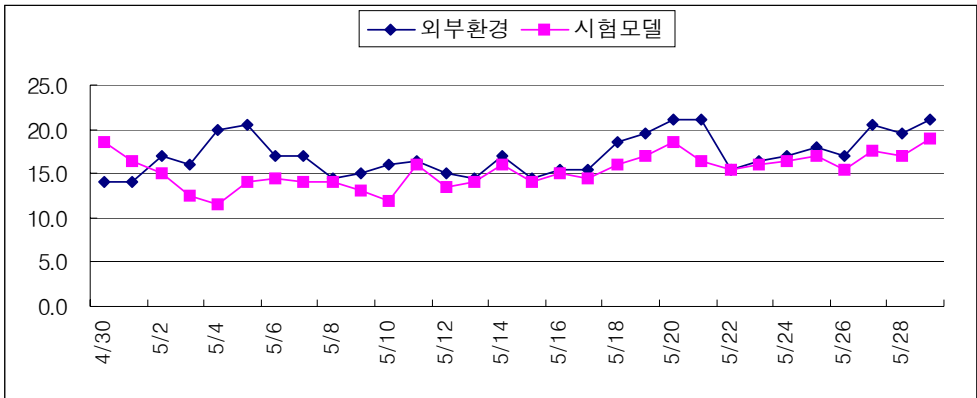


그림 93 : 자연배양 15일차 시험모델 온도 변화

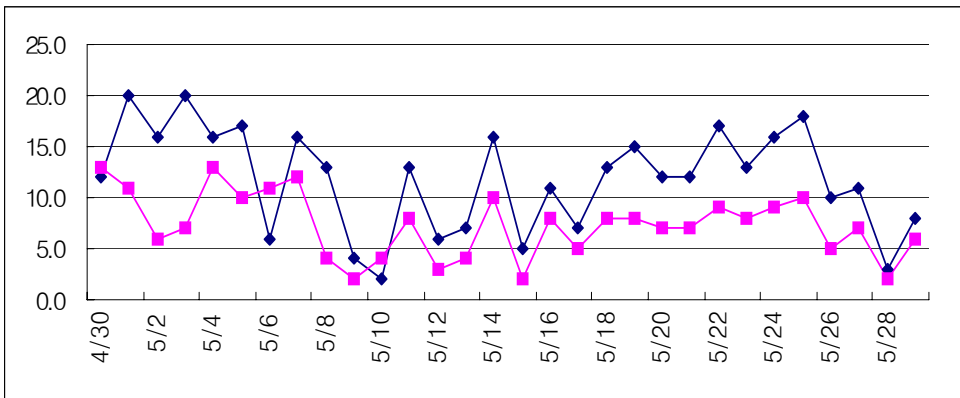


그림 94 : 자연배양 15일차 시험모델 최고, 최저온도 편차

자연배양 과정 중 가장 큰 문제점이 되고 있는 7-8월(배양 90-110일) 장마철 고온기에는 환기팬과 수막시설을 이용하여 시험모델내부의 온도를 하강하여 평균적으로 외부 환경보다 1-5°C정도의 온도 하강효과를 가져왔다. 장마철 7-8월달의 이상기온으로 외부온도가 최대 36°C 상승을 하였지만 환기팬과 수막시설을 이용하여 31°C까지 하강시켰다.

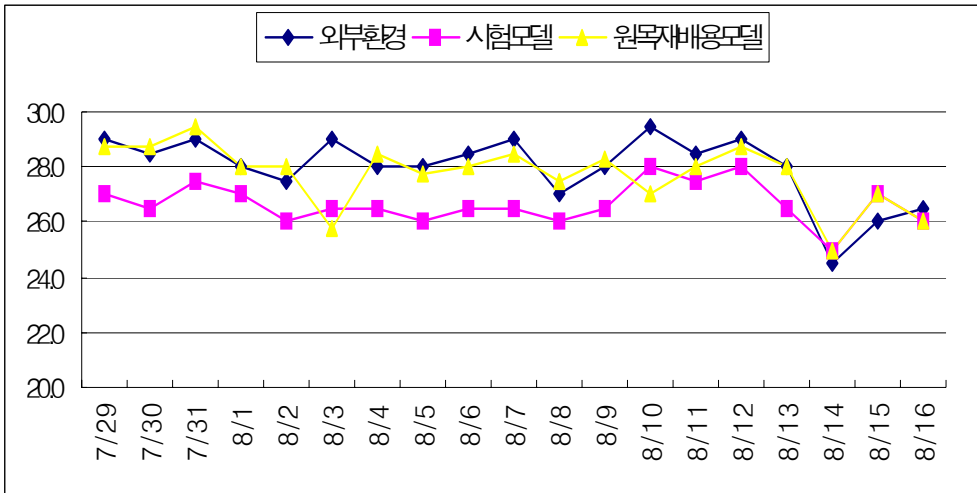


그림 95 : 고온기(7-8월)의 시험모델 온도 변화

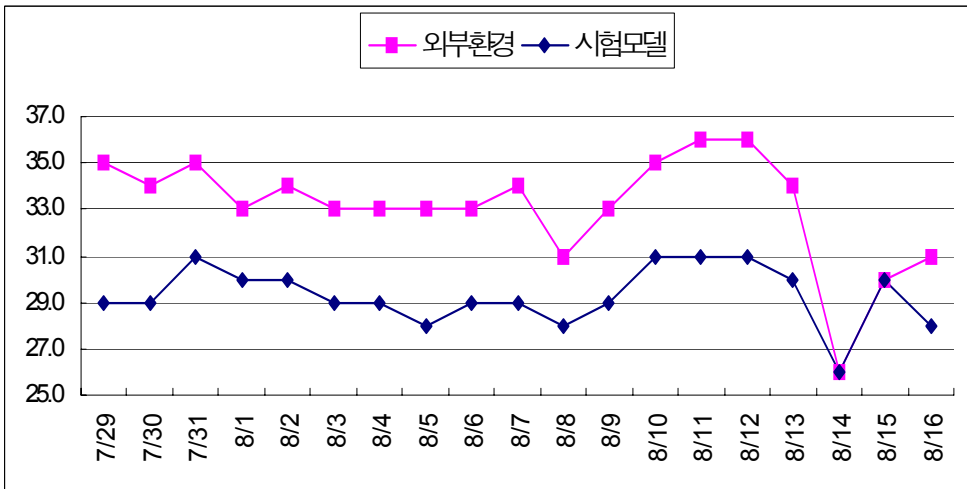


그림 96 : 고온기(7-8월)의 시험모델 최고온도 변화

1차 개선된 표고톱밥재배용 시험모델을 이용하여 표고톱밥배지를 자연 배양한 결과를 보면 약 4개월(120일)의 배양 및 갈변 기간이 소요되었고 기존 원목재배용 모델(1중 형태)보다 고온기의 온도가 평균 1℃ 이상 낮게 유지가 되었다. 원목재배용 모델은 고온기의 최고온도가 외부환경보다 약 1-2℃정도 낮게 관리

된 것에 반해 시험모델은 환기팬 및 수막시설을 이용하여 최대 5℃의 온도하강 효과를 얻을 수 있었다.

2) 버섯 발생과정 중 온,습도 변화

버섯발생시기(1주기)의 시험모델의 온,습도 변화를 살펴보면 10월 중순이후 외부환경에 비하여 평균 온도가 최대 7℃까지 높게 유지가 되었다. 외부환경이 최저 -2℃까지 떨어진 상황에서 시험모델의 내부 최저온도는 5℃로 실온이 유지되어 밤사이 톱밥배지내부의 수분이 얼어 배지가 부서지는 일이 예방되었다. 이 시기에 시험모델의 온도가 외부환경에 비해 평균3.9℃가 높게 조사되었고 상대습도는 0.5%정도 외부환경보다 낮게 조사되어 큰 차이점을 발견하지 못하였다.(그림 19 관련)

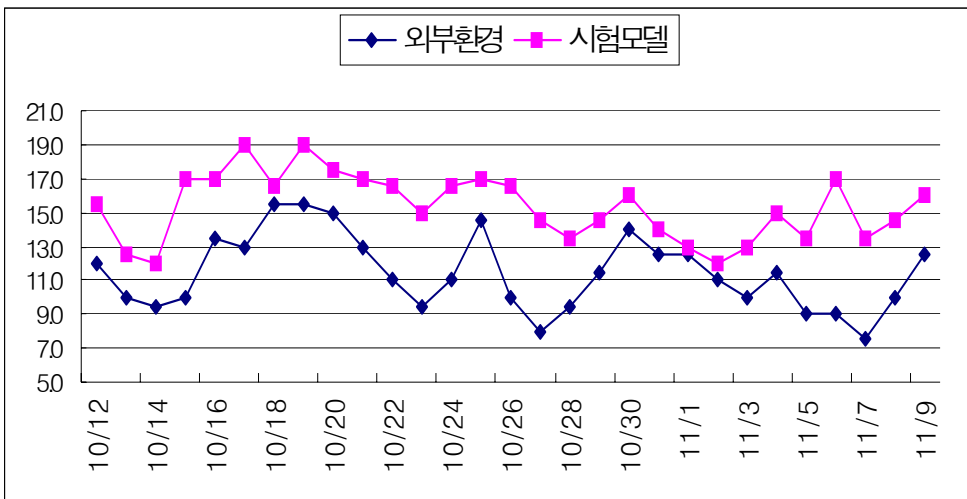


그림 97 : 버섯발생시기(1주기)의 시험모델 온도 변화



그림 98 시험모델 버섯발생모습



그림 99 시험모델 버섯발생모습

2주기의 시험모델의 온도변화를 살펴보면 외부환경이 평균 4.6°C 이고 시험모델이 평균 11.1°C 로 5.5°C 가 높게 조사되어 외부기온이 떨어질수록 시험모델내의 평균온도와 차이가 월등히 나타나고 있다. 습도는 외부습도가 평균 79.4% 이고 시험모델이 평균 77.5% 로 조사되어 상대습도에서는 1주기와 마찬가지로 큰 차이를 나타내지 않고 있다.

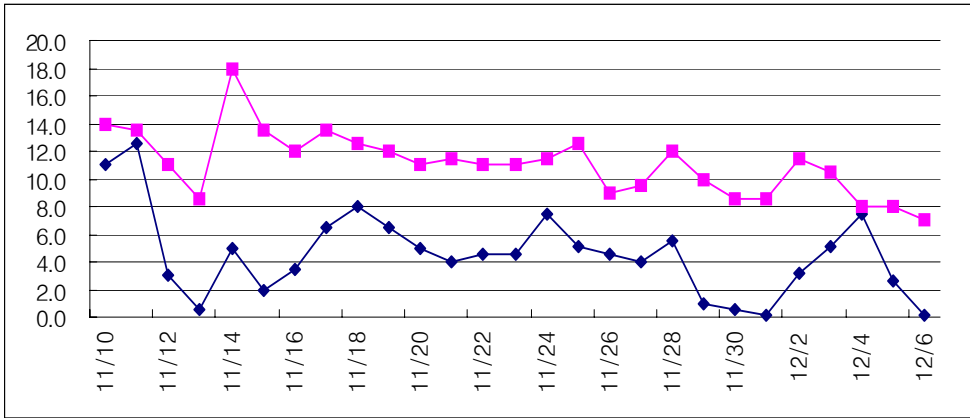


그림 100 : 버섯발생시기(2주기)의 시험모델 온도 변화

3) 시험군주 버섯생산성검정

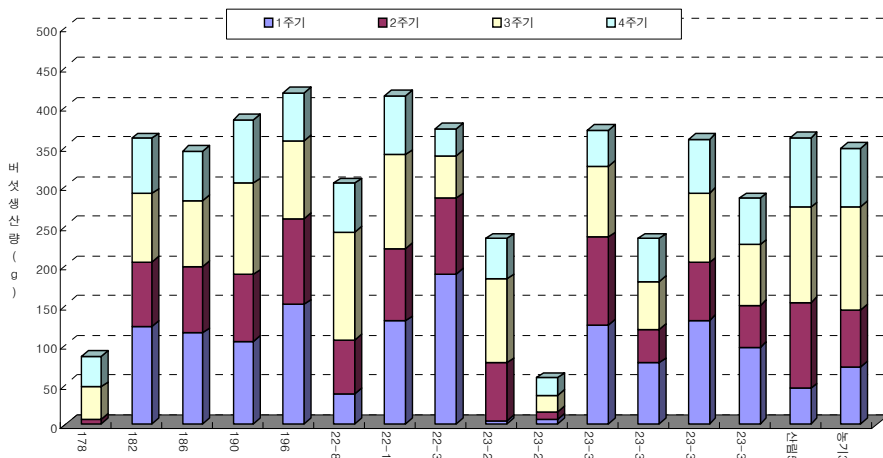


그림 101 : 시험군주 버섯생산성 검정(배지당)

표고톱밥재배용 시험모델(자연배양, 발생용)에서의 사각블록배지로 조제된 표고톱밥배지의 버섯생산성을 보면 기본적으로 4주기까지의 버섯생산량을 조사하여 2개 시험군주만이 약 400g이상의 생산량을 얻어 약 20%(배지중량 2kg 기준)

의 회수율을 보이고 있다. 그리고 8개 균주는 약 300g이상으로 15%이상의 회수율을 보이고 있다. 일반적으로 톱밥배지의 버섯회수율은 약 30%정도로 예상하나 이번 시험에선 상면재배방식으로 버섯의 발생을 윗면에서만 수행하여 버섯품질은 전면 발생방식보다 뛰어나나 버섯의 생산량이 조금 감소하는 경향이 있다.

조사대상 시험균주 중 196균주와 22-10균주의 버섯생산량은 대조균주인 산림5호 보다 버섯생산량이 높아 추후 본격적인 실연재배를 통하여 톱밥재배용 품종으로 등록하고자 한다.

3. 원목 및 톱밥재배사 모델 검정의 결론

표고 원목재배 및 톱밥재배용 시설하우스 개선모델은 2중 골조를 기본으로 하여 작성되었고 외부골조는 비음시설을 내부골조는 보온시설을 기본설치 하였다. 이 2가지 시험모델은 기본 개념은 동일선상에서 출발을 하게 되나 원목재배용 시험모델은 원활한 환기를 위하여 중심고(동고)의 높이를 4.1m이상으로 측고는 2.5m정도로 하였고 톱밥재배용 시험모델은 공기중에 직접적으로 노출된 배지의 보습과 재배환경을 효과적으로 조절하기 위하여 원목재배용 시험모델 보다는 소규모로 작성되었다.

추후 원목재배용 발생전용하우스의 시험모델을 작성하고 집중,배양용 시험모델과 톱밥재배용 시험모델에서 개선점을 찾아 시험모델을 재작성, 보안 하여 온, 습도의 변화를 관찰하여 국내환경 및 여건에 알맞은 표고재배용 시설모델을 확립하고자 하였다.

4. 표고재배사 모델 개선점

가) 원목재배사 모델

1-A4 시설모델에 비해 최고, 최저온도의 편차가 높아 버섯발생시에는 유리하였다. 기존 측고 1.5m에서 4.0m정도로 측고를 올려 환기성과 재료의 운반성을 높일 필요가 있다. 기존 고정식 차광막을 개폐식으로 변형하여 우중시 제습과 버섯 상품성을 높일수 있다. 이중 차광막을 설치하여 재배사의 온도와 습도조절

폭이 높아진다.

나) 톱밥재배사 모델

중국식과 대만식은 톱밥배지를 배열하는 방식이 다르므로 이에 대한 온습도 조절방식이 가능하도록 재배사 구조가 변환될 필요가 있다. 중국식은 배지를 150cm 높이까지 배열하므로 이 정도 높이까지 온도와 습도를 조절하는 통풍, 차광, 관수시설이 보완되어야 한다. 대만식은 배지를 지표면에 배열하므로 버섯발생과 생장을 위한 온습도 조절이 약 25cm 높이 까지만 이루어져도 매우 유리하였다.

4. 결론

톱밥시설재배사내 온·습도 변화는 연중 -4.3°C 에서 36.5°C 까지 변했으며 평균 온도는 15.5°C 였다. 한편 상대습도는 연중 9.2%에서 100%의 포화상태까지 보였다. 평균상대습도는 77.5%였다. 톱밥재배사내 일중 온도와 상대습도의 변화는 정반대의 경향을 보였고, 이는 원목재배사와 유사하였다. 고품질의 버섯생산은 상대습도의 효율적인 조절이 필수적이라고 할 수 있다. 즉 상대습도 조절은 온도조절로써 가능한데, 버섯재배자들은 온도조절을 위해 비움과 보운을 효적으로 경제적으로 이용하고 있었다.

제 4절 표고자실체내 수분과 삼투포텐셜

1. 머리말

소비자들이 표고버섯을 구입 할 때에는 모양이 원형 또는 타원형으로 고르고 일정하며 갓이 피지 않은 상태로 광택이 나며 연갈색 바탕에 흰줄무늬가 있고 두꺼우며 외관에 흠집이 없는 제품을 선호한다(김건희, 1996). 그러나 농가에서 소비자에게 버섯을 판매 할 때 버섯가격의 단위는 원/kg으로 무게 당 가격이다. 버섯은 수분이 90%이다. 다시 말하면 같은 크기의 버섯이 있을 때 수분함량이 많을수록 무게는 많이 나가게 된다. 그러나 버섯의 수분함량이 높아지면 색이 진해져 흔히 말하는 물 버섯이 되어 상품성이 없다. 산림청 버섯의 표준출하 규격에서 생표고의 등급은 크기의 고르기, 갓의 개열, 갓의 형상, 갓의 색깔, 신선도, 피해품, 이물에 따라 특, 상, 보통의 3가지 등급으로 구분한다. 그러나 이 모든 작업은 대부분 육안으로 실행될 뿐 품질별 수분함량에 대한 구체적 자료가 부족한 실정이다. 그러나 표고균종에 따라서는 자실체내 수분함량에 큰 영향이 없이 외관상 고품질을 유지하는 것이 있다. 이것은 자실체의 삼투압이나 균사조직의 특성에 기인하는 것으로 생각된다.

고품질 표고버섯재배 자실체의 수분함량과 조직내 수분포텐셜과의 관계를 이해하기 위하여 290과 302, 2가지 표고종균의 자실체를 조사하였다.

2. 재료 및 방법

충북대내 표고재배사에 온습도계측기와 우량계를 설치하여 온도, 상대습도, 강수량을 측정하였다. 버섯채취는 2005년 4월, 5월, 10월에 총 9번 채취하였으며, 채취한 버섯을 실험실로 가져가 삼투압과 수분함량을 구하였다.

버섯의 삼투압 측정은 삼투압측정기(VAPRO PRESSURE OSMOMETER, MODEL 5520)를 이용하였다. 채취한 버섯의 갓 부분을 약간 잘라 즙(10 μ l)일 내어 삼투압측정기에 넣고 삼투압을 측정하였다. 삼투압측정기를 이용하여 측정된 값(mmol/kg)은 molality농도이므로 이것을 삼투압으로 나타내면 1mol = 1000mmol = 2.5MPa = 25bars이므로 측정된 값을 1000mmol = 25bars로 계산하

여 삼투압을 구하였다. 삼투압을 측정하고 남은 버섯으로 수분함량을 측정하였다. 생체량(g)을 측정한 후 60℃ 에서 버섯을 건조시킨 후 건량을 측정하였다.



그림 102. 수분함량에 따른 표고의 색깔 차이. 좌로부터 수분과다. 많음, 수분적은 화고.

3. 결과 및 고찰

1) 버섯 내의 수분함량과 삼투압과의 관계

균류가 성장하거나 버섯이 발생하는 시기는 강수량보다 온도에 의한 영향이 더 크며, 표고버섯 내의 수분함량은 원기형성기의 상대습도보다는 채취 할 당시의 상대습도에 더 많은 영향을 받았다. 그리고 표고버섯 내의 수분함량이 높아질 수록 삼투압은 낮아지는 음의상관성이 있으며 버섯의 품종(290, 302)에 따라 수분함량이 같아도 삼투압에 차이가 있었다.

버섯의 수분함량과 삼투압과의 상관관계는 290버섯인 경우 -0.81 , 302버섯은 -0.88 이었다. 이는 수분함량이 높을수록 삼투압이 낮아지는 것을 나타낸다. 산포도로 나타낸 경향을 보면 290의 삼투압의 범위는 1.5~16bars, 302의 삼투압의 범위는 1.5~23bars로 302의 삼투압 범위가 더 넓었다. 수분함량이 80%일 때의 삼투압을 보면 290은 6.5bars, 302는 5bars를 나타낸다. 즉 290이 조직내 당류나 무기물 단백질 등을 더 많이 함유함을 나타낸다.

삼투압 현상은 농도가 높은 쪽으로 농도가 낮은 지역에서 용매가 이동하게 되는 것으로 290과 302의 수분함량이 80%로 같아도 290의 삼투압이 6.5bars, 302의 삼투압이 5.0bars로 290의 버섯이 302의 버섯보다 물을 더 흡수 할 수 있음을 나

타내었다.

2) 삼투압의 의미

이 결과는 버섯의 외관상 품질을 설명하면서 버섯의 맛과 저장성을 나타내는 것으로 생각된다. 소비자들은 표고버섯을 구입 할 때 우선 색깔이 밝고, 모양이 원형 또는 타원형으로 고르고 일정하며 갓이 피지 않고 광택이 나며 연갈색 바탕에 흰줄무늬가 있고 두꺼우며 외관에 흠집이 없는 제품을 선호한다. 적당히 수분이 적은 것이 조직은 많으면서 맛이 진하다. 삼투압이 낮다는 것은 그 만큼, 당분이나 단백질 농도가 낮아서 맛이 덜하다는 것을 뜻한다. 그러나 같은 수분함량이라 하여도 290과 302의 버섯은 육안으로 차이가 있다. 같은 수분함량 일 때 302는 290보다 수분을 더 많이 머금은 듯이 보인다.

상관계수: -0.8142

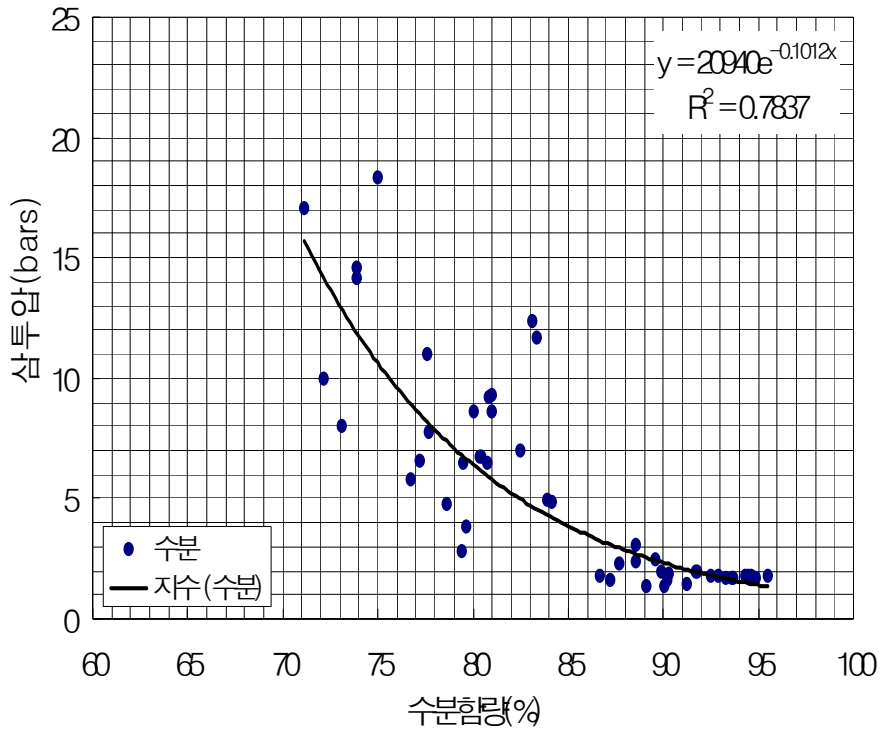


Fig 8. 290의 수분함량과삼투압의 관계

그림 103. 표고중간 290품종의 수분함량과 삼투포텐셜.

상관계수 : -0.8849

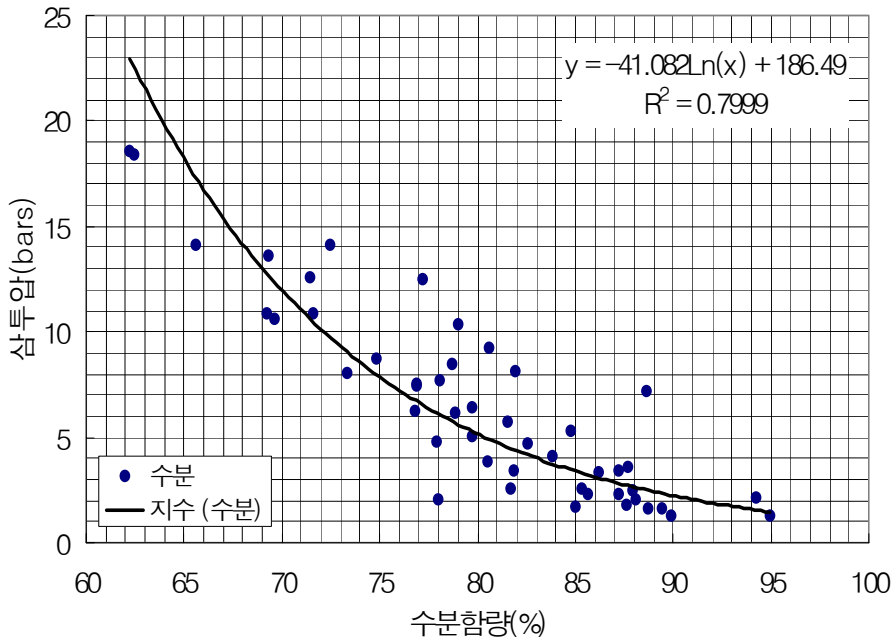


Fig 9. 302의 수분함량과 삼투압의 관계

그림 104. 표고중균 302품종의 자실체 수분함량과 삼투포텐셜.

4. 결론

버섯자실체내 수분함량이 높을수록 삼투포텐셜이 낮아졌으며, 이것은 종균에 따라 차이가 있었다. 생버섯으로 고품질 표고품종은 수분함량에 크게 관계없이 색깔과 모양이 좋은 버섯으로 조직내부에 당이나 단백질 아미노산, 무기물들의 함량이 균사조직의 삼투압이 높은 동시에 높아 영양가가 높은 품종이다. 버섯 내의 수분함량이 높더라도 건조한 듯이 밝은 색을 나타내면 가격이 높고, 중량이 많아서 버섯소득이 높게될 것이라고 생각한다.

제 5절 표고버섯 DNA 의 RAPD 분석

1. 머리말

국내에서 표고종균은 약 20여개가 실제 버섯재배에 이용되는 것으로 생각된다. 이 들은 균주 이름이 다르지만 그들의 유사성은 매우 드물게 분석되었다. 본 연구에서는 10 종류의 표고버섯 균주들의 유사성을 검토하기 위하여 RAPD 분석을 하였다.

2. 재료 및 방법

충북 청원군의 표고재배자들로부터 표고버섯 자실체를 기증받아 DNA를 얻은 다음 random decamer를 PCR primer 로 사용한 RAPD 분석을 하였다. 분석에 사용한 품종은 옥출, 기부, 115, 602, 대구7, 임협6, 290(보은), 290(청원), 유우지로(청원), 유우지로(괴산) 이었다.

3.결과 및 고찰

분석 결과, 하나의 decamer primer 로 모든 품종을 구별할 수는 없었지만 10 종류의 decamer를 사용하면 분석에 사용한 품종을 모두 구별할 수 있는 것으로 나타났다. 분석한 품종 중 290 과 유우지로 품종의 경우 각각 산지가 다른 두 sample을 분석하였는데, 이 경우에서와 같이 품종은 같으나 산지가 다른 경우에도 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 품종 식별에 RAPD 분석방법이 매우 유용하게 사용될 수 있음을 보여주는 것이다. 현재의 RAPD 분석결과에 근거하면 분석에 사용한 10개 sample 은 다음과 같이 다섯 개 group 으로 나눌 수 있는 것으로 나타났다: Group 1: 옥출, Group 2: 기부, Group 3: 115, Group 4: 602, 대구7, 임협6, Group 5: 290(보은), 290(청원), 유우지로(청원), 유우지로(괴산).



그림 105. 분석에 이용된 표고. 좌로부터, 290, 유지로, 일본 톳토리에서 구입된 115, 옥출.

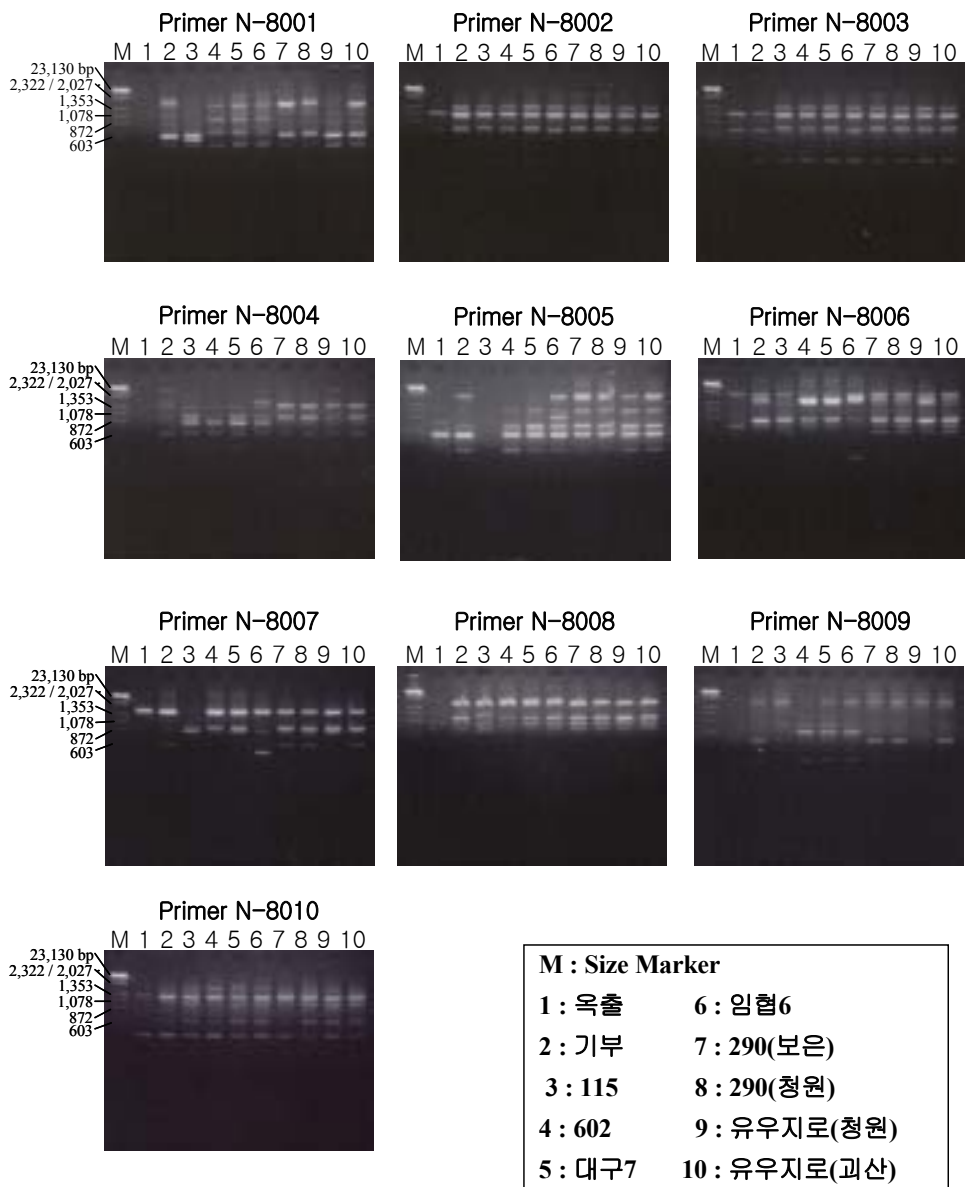


그림 106. 10개 표고종균 DNA의 RAPD 분석

4. 결론

표고종균 10개에 대한 RAPD 분석결과 다섯 개 group 으로 나눌 수 있었으며 602, 대구7와 임협6은 같은 group, 290과 유우지로도 같은 group 이었다.

제 6 절 재배사 수분-온도 관리 모델 제시

표고재배사에서 적절한 수분과 온도관리를 위한 모델개발에서는 우선 현재 성공적인 재배사의 실제사례연구를 통하여 재배사의 구조를 기술하고, 이 구조들의 기능을 이해하여, 우선 개념적인 모델을 제시하고자 하였다. 일반적인 모델은 그림과 단어 3차원영상, 수학적인 표현, 컴퓨터에 의한 시뮬레이션 등을 의미한다. 이번 연구에서는 효과적이고 경제적인 온도와 수분조절을 위한 버섯재배사의 개념적인 모델을 버섯재배사의 구조와 기능면에서 구체화하였다.

1. 머리말

표고생산 4요소는 종균, 배지, 환경, 기술로써, 기술은 앞의 세 가지 요소를 효율적으로 관리하여 고품질의 버섯을 생산하는 재배기술이다. 종균은 고온성, 중온성 저온성 등 버섯이 발생하는 온도로 구분이 되며, 버섯자실체의 생산량과 품질 특성은 산림 4호, 임협 6호 290, 357, 115 유지로 등의 이름을 가지고 있다. 종균은 균사체를 배양하여 원목에 접종할 수 있는 상태인 톱밥종균, 성형종균 등을 포함한다. 배지는 원목재배의 경우 상수리나무, 굴참나무, 졸참나무 등의 수종을 의미하고, 톱밥재배인 경우는 참나무톱밥에 미강, 탄산칼슘 등을 혼합한 것으로 봉지에 담아서 1.3kg, 2kg, 4kg 등의 크기를 의미한다. 환경은 표고버섯균이 자라는 환경조건으로 온도, 수분, 광도, 경쟁병원균의 성장들을 의미한다. 마지막으로 기술은 앞의 3가지 요소를 관리하는 기술을 의미하는 것으로, 종균과 접종원관리, 배지관리 그리고 환경조절관리기술이다.

이 중에서 이번 연구가 중점으로 하는 것은 재배환경으로서, 중요한 환경요소 3가지는 온도, 습도, 시간으로. 이것이 알맞을 때 고품질의 버섯생산으로 이어진다. 시간은 환경조건을 지속시간을 의미하지만 동시에 하루중 시각, 계절적 시간도 의미한다. 즉 환경조건을 지속시간은 단기적으로 직접적으로 관여하는 인자이고, 하루중 시각은 밤낮의 온도와 습도차이가 나타나기 때문에 중요한 고려사항이다. 그리고 연중 계절적인 시각 또한 온도와 습도가 중요하게 작용하므로 버섯

재배에 중요한 고려사항이 된다. 결국 온도, 습도, 시간의 3가지 환경을 적절히 조절하기 위하여 버섯재배사는 다음의 구조와 기능을 가지고 있다.

표 15 버섯재배사의 구조와 기능

| 구조 | 기능 조절 | 비고 |
|----------|------------|------------------|
| 이중비닐 하우스 | 온도, 습도, 수분 | 비가림, 보온, 연중재배 가능 |
| 차광망 | 온도, 습도, 광도 | 차광, 온도하강, 습도상승 |
| 창문 | 온도, 습도, | 통풍, 균일한 온도와 습도 |
| 관수시설 | 온도, 습도, 수분 | 관수, 수막, 가습 |
| 난방기, 냉방기 | 온도, 습도 | 가온, 감온, 연중재배 가능 |



그림 107. 천창을 설치한 재배사(천안, 황성태씨 농장)

그림 108. 차광, 천창, 환풍 고려한 재배사 내부(천안 황성태씨 농장)

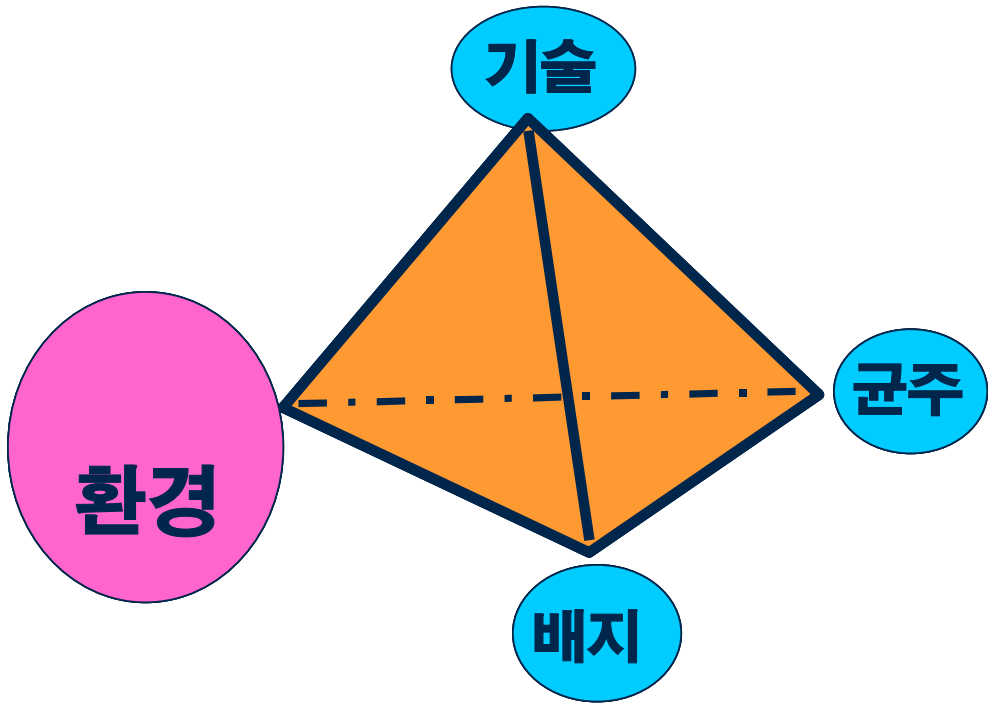


그림 109. 버섯생산 4요소

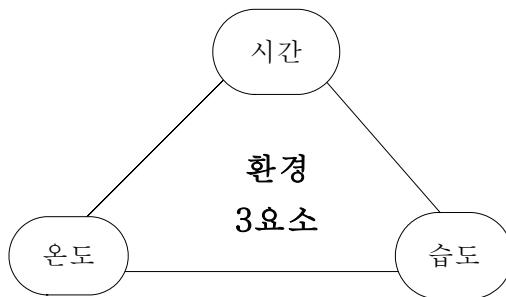


그림 110. 버섯재배 환경 3요소

2. 온-습도관리의 개념적 모델: 재배사의 구조와 기능

표고균사가 최대로 잘 자라는 온도는 25도 이지만 표고버섯재배에 적당한 온도와 습도는 15-20도, 55 - 85%로 알려져 있다. 이 조건은 다른 잡균의 생장보다 표고에 유리한 조건이 된다. 일반적으로 낮은 온도에서는 표고균생장이 감소

하고 높은 온도에서는 표고균이 사멸할 수도 있다. 수분이 적으면 효소활동이 둔화되어 표고균의 생장이 감소하고 과다하면 산소부족으로 생장을 하지 못한다.

높은 온도와 습도는 표고균의 생장은 저해되면서 잡균과 표고해균의 번식은 크게된다. 원목과 배지에 수분이 적어지면 나무좀이나 나방등의 곤충 피해가 증가한다.

버섯생산의 모델에서 고려되는 독립변수는 온도 습도 시간이며, 종속변수는 버섯생산소득이라고 할 수 있다. 이를 함수관계로 나타내면 다음과 같이 된다.

$$\text{버섯생산 소득} = f(\text{온도, 습도, 시간})$$

이 함수관계에서 독립변수를 조절하기 위한 버섯재배사의 구조는 차광, 비닐막, 환기창, 관수라고 할 수 있다. 이 구조들의 기능을 연관시키면 다음과 같다.



그림 118. 표고재배사의 구조 (천안, 황성태 씨 농장)



그림 119. 표고재배사내 관수시설과 환풍기 설치 (천안 황성태)



그림 120. 표고재배사내의 환풍기와 천창 (천안 황성태)

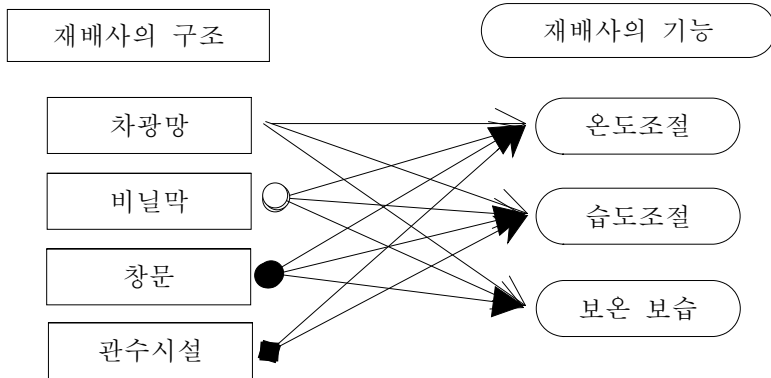


그림 121. 표고재배사의 구조와 기능 개념적 모델

봄철에 발생하는 버섯은 온-습도와 이슬점, 버섯온도가 화고생산에 유리하고 이들 버섯은 건표고 생산에 이용된다. 이 시기에 재배사내 일평균 온도변화는 20 - 22℃로 차이가 적었고, 습도는 매우 낮은 30 - 32% 였다. 이슬점은 바닥에서 1.5 - 6℃. 버섯의 온도 12.8-15.0℃범위이다. 봄철에도 수분이 너무 적으면 버섯은 소형으로 저품질이 나오므로, 보온과 보습을 위하여 비닐씌우기가 매우 효과적이 된다.

재배사 내부에서 온도와 습도를 조절하는데에는 한계가 있으므로 재배사 외부에서 가습하여 습도를 높이면서 온도를 낮춘다. 이것은 이석이조의 효과이다. 특히 매우 뜨거운 날씨에는 잠시동안의 고열로도 표고원목의 열해가 발생할 수 있으므로 단기간 온도를 효과적으로 낮추는 방법이 고려될 필요가 있다. 천안 황성태 씨는 외부 차광망위로 분무를 하여 기화열러써 온도를 낮추는 동시에 재배사 주위의 습도를 높이고 있다. 그 외 경우에는 재배사내 위치와 높이에 따른 온습도차이는 환풍으로 조절할 수 있다.



그림 122. 보온과 햇빛이용을 위한 흰색의 단열재와 온도 하강을 위한 높은 차광 설치 (화성, 최찬규 씨 농장)



그림 123. 재배사 상부 분무로 기화열 이용한 온도하강과 동시에 습도상승 효과 (천안 황성태 씨 농장)

3. 온-습도 연중관리모델 제시

표고재배사는 연중 관리된다. 계절별로 재배를 하는 경우와 하지 않는 경우에 따라 그리고 목표로 하는 버섯의 품질에 따라 온습도관리가 다를 수 있다. 여기서는 겨울철에 재배하지 않는 경우의 관리를 제시하고, 겨울철 재배하는 경우는

추후 연구가 필요하다고 생각한다.

표 16. 표고재배사의 목표 온-습도

| 수분 목표(상대습도) | 온도 목표 |
|--|--|
| 최대범위: 40 ~ 90% 최대생산 : 85% 고품질 생산: 55 ~ 70% | 최대 범위: -8 ~ 32℃ 최적 범위: 5 ~ 25℃ (톱밥재배 15 ~27℃) 최대온도차이: 15℃ 최적온도 일일차이: 10℃ |

4. 결론

표고재배사의 적정 온습도 관리 모델은 표고재배사에서 표고재배에 유리한 조건을 유지하는 것이다. 즉 고온과 과습, 또는 과건을 피하여 병충해를 줄이고, 버섯의 성장속도를 조절하는 것이다. 이 모델에는 버섯재배사의 구조와 기능을 이해하여 저비용으로 온습도를 관리하는 것이다.

저비용으로 온도와 습도를 효과적으로 관리하기 위하여서는 버섯재배사 구조인 차광, 비닐막, 창문 그리고 관수시설을 효과적으로 이용할 수 있다. 차광의 기능은 온도를 낮추면서 상대습도를 높이는 것으로 표고의 성장을 다른 병해충의 번식보다 유리하게 한다. 비닐막의 기능은 보습과 보온으로 매우 중요하다. 창문은 천창, 측창, 출입문 등으로 환기의 기능을 하면서 재배사내의 온도와 습도를 균일화시킨다. 관수는 표고생장에 가장 중요한 수분을 공급하면서, 동시에 온도를 낮추고 상대습도를 높인다.

표 17. 연중 월별 표고원목재배사의 버섯생산 및 품질을 위한 온-습도관리

| 월 | 버섯가격지수, 작업, 버섯품질 및 생산관리 | 온-습도 관리 |
|----|---|---|
| 1 | 가격 가장 높음, 100. 작업 휴식, 접종준비, 폭설대비, 피해우려로 하우스 천장 개방. 생산량 없음 | 온도: 보온으로 영상유지 습도: 40% 이상, 차광하지 않음 개방하여 자연상태 |
| 2 | 가격 좋음, 85. 관수준비, 접종준비, 폭설대비 생산량 없음 | 온도: 보온으로 영상유지 습도: 40% 이상 하루중 개폐로서 과고온 방지 |
| 3 | 가격 낮아짐, 80. 차광망 차폐 접종 및 관수, 균사생장 화고생산 | 보온보습 중요 온도: 50 - 70% 보온: 0 ~25 ℃ |
| 4 | 가격 가장 낮음, 66. 자연상태의 버섯발생을 유도, 수확, 원목의 해균 방제, 저온성 고품질 최대생산 | 관수와 차광으로 보습 온도: 50 - 70% 보온: 5 ~25 ℃ |
| 5 | 가격 낮지만 높아짐, 80. 시장가격의 상승, 관수와 차광으로써 원목해균 방제, 전체 품종 고품질 최대생산 | 습도: 고품질 생산: 55 ~ 70% 최적 범위: 5 ~ 25℃ 최대온도차이: 15℃ 최적온도 일일차이: 10℃ |
| 6 | 가격 낮음, 75. 고온 과습, 품질 하락에 주의. 야간 온도 낮춤, 뒤집기 작업 전품종 고품질생산 목표, 선별중요 | 최대생산 : 85% 최적 범위: 5 ~ 25℃ 과습 과온 방지를 위하여 통풍 중요. |
| 7 | 가격 낮음, 75고온 다습방지, 환기를 철저히 강우는 차폐하여 과습을 방지할 것 저온성 제외 전 품종 고품질 생산목표 | 과온 과습방지 통풍 유지 |
| 8 | 가격 낮음, 75고온성 발생 시도, 관수 자제, 해균 방제. 품질관리 | 최대생산 : 85% 최적 범위: 5 ~ 25℃ |
| 9 | 가격 낮음, 65. 대량발생, 저품질 가격하락 우려, 발생조절, 야간 보온으로 고품질 생산 | 습도: 고품질 생산: 55 ~ 70% 최적 범위: 5 ~ 25℃ 최대온도차이: 15℃ 최적온도 일일차이: 10℃ |
| 10 | 가격 58. 대량발생으로 저품질 가격하락 우려, 발생조절, 야간 보온으로 고품질 생산 관수자제 등 물관리로 품질 조절. | 습도: 고품질 생산: 55 ~ 70% 최적 범위: 5 ~ 25℃ 최대온도차이: 15℃ |
| 11 | 버섯가격 낮지만 상승, 60. 보온 보습. 발생 유지 작업. 보온으로 저온성 최대생산 목표 | 습도: 고품질 생산: 55 ~ 70% 최적 범위: 5 ~ 25℃ 최대온도차이: 15℃ |
| 12 | 가격 높아짐, 70.. 월동 준비 월말 폭설피해에 대비 개방. 발생없음 | 원목 휴식, 보온 보습 최저유지, 습도 40%, 최저온도 -8도 이상. |

표 18. 연중 월별 표고톱밥재배사의 작업과 버섯생산 및 고품질을 위한 온-습도관리

| 월 | 버섯가격지수, 작업, 버섯품질 및 생산관리 | 온-습도 관리 |
|-------------|--|--|
| 1 (20일) | 가격 가장 높음, 100. 작업 휴식, 접종준비, 균사배양 기간 | 온도: 보온과 배양으로 18~20℃ 유지 습도: 가능한 한 낮게, 오염방지 빛 이용 온도 상승. 보온. 차광하지 않음 |
| 2 (45일) | 가격 좋음, 85. 봉지 배열 발생 준비 생산량 없음 | 온도: 보온으로 영상유지 습도: 40% 이상 하루중 개폐로서 과고온 방지 |
| 3 | 가격 낮아짐, 80. 1/2 갈변, 봉지 위를 잘라서 열음. | 보온보습 중요 온도: 50 - 70% 보온: 15 ~25 ℃ |
| 4 (100일) | 가격 가장 낮음, 66. 1차 버섯수확, 화고생산 | 관수와 차광으로 보습 온도: 50 - 70% 보온: 15 ~25 ℃ |
| 5 | 가격 낮지만 높아짐, 80. 2차 배양기간 15-20일 간격으로 관수작업, 6시간동안. 물 채우고 뒤집음. 낮에 함. | 습도: 고품질 생산: 55 ~ 70% 최적 범위: 15 ~ 25℃ 최대온도차이: 15℃ 최적온도 일일차이: 10℃ |
| 6 (180일) | 가격 낮음, 75. 2차수확. 버섯이 항상 봉지 위쪽에서 발생하도록 배지상면의 물관리필요. | 최대생산 : 85% 최적 범위: 15 ~ 25℃ 과습 과온 방지를 위하여 통풍 중요. |
| 7 | 가격 낮음, 75. 발생작업, 상황에 따라 3일 관수 3일 배양. 10-20일 간격 발생처리. | 과온 과습방지 통풍 유지 30℃ 이하 유지. |
| 8 (220일) | 가격 낮음, 75. 3차수확, 화고 목표. | 최대생산 : 75% 최적 범위: 22 ~ 30℃ |
| 9 | 가격 낮음, 65. 발생작업은 2주 ~ 4주 간격. 대량발생, 저품질 가격하락 우려, 발생조절, 야간 보온으로 고품질 생산 | 습도: 고품질 생산: 55 ~ 70% 최적 범위: 5 ~ 25℃ 최대온도차이: 15℃ 최적온도 일일차이: 10℃ |
| 10 | 가격 58. 대량발생으로 저품질 가격하락 우려, 발생조절, 야간 보온으로 고품질 생산 관수자제 등 물관리로 품질 조절. | 습도: 고품질 생산: 55 ~ 70% 최적 범위: 15 ~ 25℃ 최대온도차이: 15℃ |
| 11 | 버섯가격 낮지만 상승, 60. 보온 보습. 발생 유지 작업. 보온으로 저온성 최대생산 목표 | 습도: 고품질 생산: 55 ~ 70% 최적 범위: 15 ~ 25℃ 최대온도차이: 15℃ |
| 12 | 가격 높아짐, 70.. 월동 준비 -5℃ 이상 유지필요. | 원목 휴식, 보온 보습 최저유지, 습도 40%, 최저온도 -5도 이상. |

제 7절 결론 종합

표고시설재배사의 적정한 수분-온도 관리를 위한 모델개발을 위하여 원목재배사와 톱밥재배사내 시·공간적인 온·습도변화를 2003년 7월부터 2006년 7월까지 3년간의 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 표고재배사내에서 수평 위치적인 온·습도의 차이를 보면 재배사내 중앙부가 외곽부보다 온·습도가 높고 변동폭이 작았으며, 습도는 재배사내 중앙부가 외곽부위보다 약 3% 높았다. 중앙부의 환기를 증가시키는 방안이 필요하였다.
2. 표고재배사내 원목 높이에 따른 수직 위치적인 온·습도의 차이를 보면, 기온이 상승할 때는 100cm, 70cm, 40cm, 10cm 순서로 온도가 높았다. 기온이 하강할 때는 반대로 100cm, 70cm, 40cm, 10cm 순서로 내려올수록 온도가 낮았다. 따라서 지표면에 가까울수록 온도의 변화폭이 작은 것으로 나타났다. 재배사내의 상대습도는 온도의 분포와는 정반대의 현상을 나타내는 것으로 기온상승시 상부에서 상대습도가 낮았으며, 기온하강시에는 하부로 내려올수록 상대습도는 낮았다.
3. 원목재배사내 온·습도 변화를 보면 연중 온·습도변화에서 최저온도는 4월말까지는 영하였으며 5월초부터 영상으로 되었다. 또한 사계절중 겨울에 일교차가 가장 컸으며, 겨울에 최대일교차는 30℃였다. 한편 최저상대습도는 4월과 5월 그리고 6월에 20%미만의 날이 많았으며 6월 이후부터 최저습도는 40%이상이었다. 한편 원목재배사내 일중 온·습도 변화를 보면 저녁부터 새벽까지 온도가 내려가면서 상대습도는 100% 포화상태까지 올라가지만 온도가 상승하면 상대습도는 다시 내려간다. 원목재배사내 온도와 상대습도의 변화는 정반대의 경향을 보였다.
4. 톱밥시설재배사내 온·습도 변화를 보면 연중 -4.3℃에서 36.5℃까지 변했으며 평균온도는 15.5℃였다. 한편 상대습도는 연중 9.2%에서 100%인 포화상태를 보였다. 평균상대습도는 77.5%였다. 톱밥재배사내 일중 온도와 상대습도의 변

화는 정반대의 경향을 보였다. 이는 원목재배사와 유사하였다.

5. 고품질의 버섯생산은 상대습도의 효율적인 조절이 필수적이라고 할 수 있다. 즉 상대습도 조절은 온도조절로써 가능하다. 버섯재배자들은 온도조절을 위해 비움과 보온으로 이 같은 것을 실천하고 있었다.
6. 노지재배에서는 이른 봄 화고와 건표고생산을 위하여 12월부터 비닐씌우기를 하고 보습과 보습하여 지대한 결과를 얻고 있었다.
7. 버섯자실체내 수분함량이 높을수록 삼투포텐셜이 낮아졌으며, 이것은 종균에 따라 차이가 있었다. 생버섯으로 고품질 표고품종은 수분함량에 크게 관계없이 색깔과 모양이 좋은 버섯으로 조직내부에 당이나 단백질 아미노산, 무기물들의 함량이 높아 군사조직의 삼투압이 높은 품종이다. 이것은 버섯 내의 수분함량이 높더라도 건조한 듯이 밝은 색을 나타내므로 가격이 높고, 중량이 많아서 버섯소득이 높을 것이라고 생각된다.
8. 버섯온도와 상대습도 이슬점: 밤낮의 차이 버섯이 수분을 얻는 방법은 주로 원목이나 배지의 저장수분이지만, 이슬점에 도달한 버섯표면에 맺힌 이슬도 중요하게 이용한다. 이것은 버섯생장에 유리하지만 품질이 저하되는 물벗서의 요인이기도 하다. 그러므로 고품질 버섯생산을 위해서는 이슬점과 버섯의 온도를 측정하여 재배사내 온도와 습도를 조절할 필요가 있다.
9. 표고종균 10개에 대한 RAPD 분석결과에 의하면 다섯 개 group 으로 나눌 수 있는 것으로 나타났다: Group 1: 옥출, Group 2: 기부, Group 3: 115, Group 4: 602, 대구7, 임협6, Group 5: 290(보은), 290(청원), 유우지로(청원), 유우지로(괴산).
10. 버섯재배사의 구조와 기능을 고려하여 저비용으로 재배사의 온도와 습도를 효과적으로 관리하기 위하여서는 버섯재배사 구조인 차광, 비닐막, 창문 그리고 관수시설을 효과적으로 이용할 수 있다. 차광의 기능은 온도를 낮추면서 상대습도를 높이는 것으로 표고의 생장을 다른 병해충의 번식보다 유리하게 한다. 비닐막의 기능은 보습과 보온으로 매우 중요하다. 창문은 천창, 측창, 출입문 등으로 환기의 기능을 하면서 재배사내의 온도와 습도를 균일화시킨다. 관수는 표고생장에 가장 중요한 수분을 공급하면서, 동시에 온도를 낮추고 상

대습도를 높인다.

11. 표고재배사의 적정 온습도 관리모델에서 고려되는 독립변수는 온도 습도 시간이며, 종속변수는 버섯생산소득이라고 할 수 있다. 이를 함수관계로 나타내면 다음과 같이 된다. 버섯생산 소득 = $f(\text{온도}, \text{습도}, \text{시간})$. 이 함수관계에서 독립변수를 조절하기 위한 버섯재배사의 구조는 차광, 비닐막, 환기창, 관수라고 할 수 있다.
12. 재배사의 적정 온습도관리에서 중요한 것은 고온다습시기에는 표고균사가 사멸하지 않도록하고 저온 건조기에는 버섯생장이 계속되도록 온도와 습도가 유지되는 것이다. 실패확률이 적은 재배사의 최고온도는 25℃ 이며, 최저온도는 특히 톱밥재배사는, 영상이다. 건표고를 위한 화고생산과 일반 생표고생산을 위한 온습도관리가 다르지만, 생산시기에는 15-20도 정도에서 60-80%가 유리한 것으로 생각된다.
13. 표고재배사의 연중 온습도 관리모델을 월별로 최근의 버섯가격변동을 고려하여 제시하였다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 기술적 측면

본 연구 결과는 표고시설재배사의 수분-온도 동태를 이해하고 표고생산에 효과적인 수분조건과 온도조절 방법을 제시하였다. 본 모델은 외부환경보다 높은 재배사내의 온도와 이에 따른 수분결핍 정도를 이해시켜서 버섯생산의 시기를 조절하고 생산기간을 연장하는데 기여하고, 높은 수분과 온도에서 창궐하는 버섯병해충의 발생을 감소시키며, 재배사내 위치상 심한 수분-온도차를 해소하여 버섯생산을 균질화하고 고품질의 버섯생산에 기여할 것이다. 하등품 생산의 주요인은 과다하거나 부족한 수분, 그리고 고온다습에 의한 병해충이다.

시설재배로 생산하는 상황버섯, 영지버섯, 양송이, 느타리 버섯의 생산기술에 기여할 것이다.

제 2절 경제 · 산업적 측면

특상품의 표고는 kg당 9,000-11,000원이나, 하등품은 1,000-2500원으로 불과하므로 표고재배농가의 수익을 위하여서는 하등품의 생산을 극감시키는 것이 중요하다. 표고시설재배사의 적정 수분-온도 관리모델은 상등품의 생산에 크게 기여할 것이다. 원목비는 표고생산비의 45%를 차지하므로 원목의 효율성 증가는 생산비 절감의 요체이다. 표고생산 원자재인 참나무 자원이 크게 부족하여 충북을 제외한 전국이 골목을 중국으로부터 수입에 절대적으로 의존하고 있는 가운데 원목의 생산효율을 증대시킬 것임.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

표고재배사의 수분-온도관리의 개념적 모델과 연중 관리모델은 차후 더욱 개선되어 표고버섯자체 뿐만 아니라, 시설재배를 하고 있는 상황버섯, 영지버섯, 느타리버섯 등의 버섯재배와 표고생산 시설내의 수분과 온도를 조절하는데 자동화 프로그램 개발에 응용할 수 있을 것이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 1절 표고시설재배사의 구조와 기능

1. 재배사의 구조

원목재배시설은 출입구 통로 등이 좁아 작업의 불편과 노동력의 소모가 크며 고품질의 버섯생산량이 노지에 비하여 적게 나오는 문제점을 안고 있었다. 그 결과 표고시설재배내 표고원목재배의 개선점의 일환으로 출입구 확대, 고품질의 표고생산이 가능한 비가림 시설의 개발 등이 조사되었다(산림청, 2000). 또한 톱밥재배시설은 배양과 재배기간이 길며 오염율이 원목에 비해 높고 배지공급이 원활하지 못하여 공급가격이 높았다. 그리고 표고품질이 원목보다 떨어질뿐더러 냉, 난방비가 많이 소요되는 문제점을 안고 있다. 아직 톱밥재배는 이러한 문제점을 해결하기 위해 연구를 하고 있는 실정이다.

대체로 표고재배사의 표준모델들은 구조적 안전성, 통풍개선방법, 양호한 배수, 작업성향, 규격의 유동성 등 내설/내풍형 구조를 잘 반영한 반면 버섯생장에 중요한 요인인 온·습도변동에 대한 고려가 적었다. 따라서 충남 천안시 농업기술센터의 박상돈(2001)은 환기와 고온다습한 조건을 해결하는 방안으로 5개의 모델을 제시했다. 맞배형재배사는 환기가 양호하여 고온다습한 지역과 골목 군사활착실로 사용하는 것이 적당하며, 일반재배사는 재배사문위에 환기창 및 환풍기를 설치하여 통풍이 잘 되게 하였다. 또한 재배사 모델별로 온도변화를 조사한 결과는 맞배형에서 온도가 가장 낮게 유지된다고 보고하고 있다.

2. 시설재배사내 온도관리

(주)광미실업(2002)은 느타리재배를 위한 기술로서 종균접종, 군사배양 그리고 버섯발생까지 온도를 조절함으로써 고품질 다수확을 위한 재배기술을 제공한바 있다. 종균접종시 배지온도는 23~25℃를 유지하고 산소공급을 원활하게 하라고

권고했다. 또한 20~25℃가 되는 여름에 실내온도를 10~15℃로 유지하며, 균상이 건조해지지 않도록 산소 및 수분을 충분한 공급을 요구하고 있다.

3. 버섯배지내 수분관리

버섯배지의 수분함량은 버섯재배에 중요한 역할을 한다. 물은 버섯의 90~95%를 차지하며 그것의 생장은 세포가 물을 얼마나 잘 흡수할 수 있는가에 달려있다. 버섯의 품질, 크기 그리고 수확량은 배지내의 수분량과 밀접한 관련이 있다 (Schroder & Schisler, 1981; Kalberer, 1985,1987). 버섯에 의한 수분흡수는 수확량에 중요한 인자이다(Kalberer, 1991). 따라서 배지의 수분동태에 관련해 Beecher & Magan(2000)은 양송이 재배사에 양송이의 수분흡수기작에 대해서 연구하였는데, 이 실험에서는 수분과 수분포텐셜이 버섯수확전에 비하여 수확이후 배지내 수분이 줄어든 점을 연구한바 있다.

또한 Beyer(2000)은 TDR을 사용하여 배지 수분동태에 관련하여 수분이동이 버섯을 생산하는데 품질을 결정하며, 배지내의 수분기작에 대해 지속적인 모니터링을 실시하여 실질적으로 재배자들이 그것에 따라 버섯을 재배하고 있다.

한편 우리나라에서는 원목재배사내에서 살수 및 쓰러뜨기 요령은 재배자의 경험에 따라 방법이 달라지기도 하나 임업연구원(1997)은 쓰러뜨리기 전에 5-6시간 충분히 물을 살수한 후에 쓰러뜨리기를 하여 나무에 충격을 주며, 쓰러뜨리기를 한 후에 1시간 정도 물을 더 준다. 다만 오래된 나무는 2-3시간 물을 더 줄 수도 있다. 그 다음날과 3일째 되는 날에도 10-20분 정도씩 물을 더 주며, 여름철에는 저녁때 오후 5-6시경에 주고 가을철에는 한낮인 12-2시경에 주도록 하고 있다.

4. 버섯의 수분포텐셜과 상대습도의 관계

버섯은 90% 이상이 수분이므로 성장하는데 물이 반드시 필요하다. Scott(1957)은 수분활동지수(Water activity)가 버섯생장에 필요한 수분을 가장 잘 설명할 수 있다고 주장했는데, 이는 상대습도가 100%일 때 수분포텐셜은 거의 0으로서 호흡으로 인한 증산이 없어 수분의 이탈이 없는 상태이지만 상대습도가 낮아질수록 수분포텐셜은 낮아지는 것을 볼 수 있다. 이 결과 점점 수분이 외부환경으

로 빠져 나간다. 이는 시설내에서 버섯이 성장하는데 온·습도조건의 중요성을 알 수 있다(Table 1, Figure 1).

Table 1. Water potential & relative humidity 25°C Scott(1957).

| 상대습도(%) | 100 | 99 | 98 | 97 | 96 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | 60 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 수분포텐셜(-Mpa) | 0 | 1.4 | 2.8 | 4.2 | 5.6 | 7.1 | 14.5 | 22.4 | 30.7 | 39.6 | 40.1 | 59.3 | 70.3 |

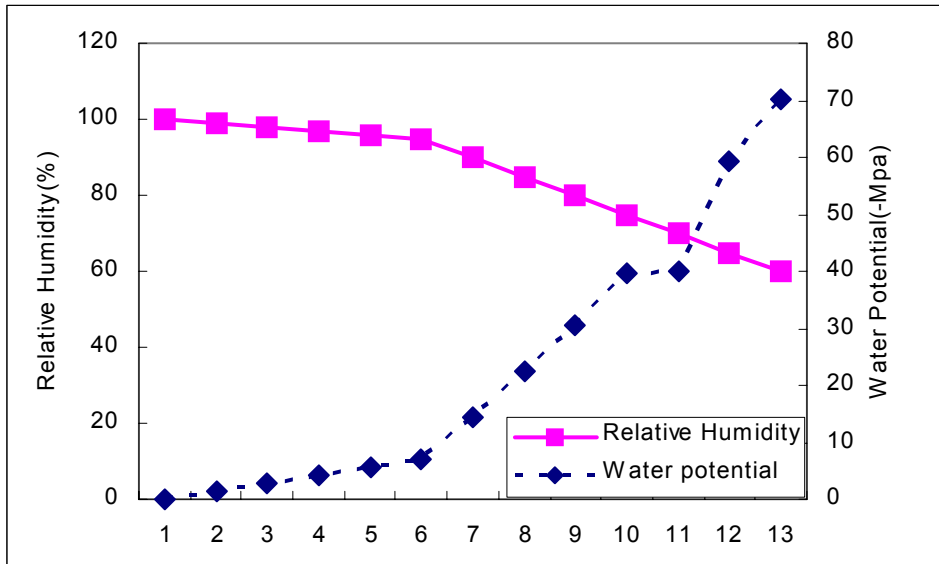


Figure 1. Water potential & relative humidity 25°C Scott(1957).

현재까지의 연구결과를 정리하여 보면 표고재배는 현재 보편적으로 재배기술을 농가들이 습득하고 있고 한국형재배모델이 원목재배용으로 13개와 톱밥재배용인 5개가 개발되어져 있다. 하지만 이 표준모델들은 구조적 안전성, 통풍개선 방법, 양호한 배수, 작업성향상, 규격의 유동성 등 내설/내풍형 구조를 잘 반영한 반면 버섯생장에 중요한 요인인 온·습도변동에 대한 고려가 적었다.

또한 표고재배를 하고 있는 농가의 재배사 위치나 시설에 적합한 재배방법을 터득하지 못하고 있는데 이는 재배사내의 온·습도조건에 따라 관리방법이 달라야 하는데도 불구하고 전국적으로 재배사 특징에 관계없이 모두가 비슷하게 재배하고 있기 때문이다. 느타리나 양송이 재배는 배지내 온도를 측정하여 실질적

으로 모델이 작성되어 국내외의 농가들이 버섯재배에 응용하고 있다. 버섯균사 생장과 버섯발생 및 생장에 적합한 재배사내 온·습도모델을 작성하여 이에 따른 버섯재배를 할 필요가 있다.

따라서 표고버섯재배도 이제는 거의 시설재배로 이루어지고 있으므로 온·습도변화에 대한 이해를 통해 버섯재배실패율을 낮추는 한편 연중생산할 수 있는 기술을 축적하고 병충해를 줄이면서 표고버섯품질향상을 도모할 필요가 있다.

5. 일본의 버섯연구

가. 톳토리 버섯연구소

톳토리시에 있는 재단법인 일본버섯연구소에서는 다양한 버섯균을 연구한다. 1000 여종류에서 분리된 10,000개 균사체 보유하고 있으며, 균사체는 10% 글리세린에서 196도 액체질소 통에서 영구 보관하면서 균주개발하고 있다. 특히 표고버섯 균주개발을 위하여는 단포자에서 발아분리 배양한 것을 교배한다. 주요 표고균주는 115호로써 茸王(균중의 왕) 상품명으로 시판되고 있으며, 버섯재배자들의 정보교환을 위하여 菌蕈(균심, 균진이라고 읽음)이라는 버섯잡지가 발생되고 있음.

나. 료토임업시험장 송이연구

후지타(藤田博美) 송이담당 수석연구원에 의하면 일본송이연구는 현재 미해결의 송이연구의 과제 즉 송이 균환형성기술을 개발하고 있으며, 송이포자를 사용하여 접종하고 포자의 발아와 균근형성 등에 대한 추가연구가 필요하다고 한다. 그리고 송이포자발아에는 부티릭산의 역할이 커지만 발아한 균사는 이 물질에 의하여 배양이 억제된다고 한다.

다. 나라삼립기술센터

Kawai(河合昌孝) 박사에 의하면, 소나무 성목에 공중취목법으로 뿌리를 발생시켜서 혼시메지 균근성 균근균의 버섯재배가 가능하고, 혼시메지 균사를 토양에 배양한 후 산림에 적용 균근형성과 버섯생산이 가능하다고 한다. 능이버섯

자실체에 균사를 분리배양하고 있고, 특히 포자에서 발아 배양이 쉽다고 한다.

라. 교토대학교 농학부

후타이 박사는 일본의 소나무 재선충병 방제에 관하여 토의하면서 해송과 적송림을 철저히 모니터링하여 재선충병의 증가를 감지하고 병든 나무를 적기에 벌채 소각함으로써 병의 진전을 막는 것이 중요하다고 하였다. 소나무재선충병은 우리나라는 현재 남해안쪽에서 13000ha에 걸쳐서 발생, 육지로 진전이 우려되고 있다.

마. 일본 관서총합환경관리센터 (KANSO)

일본의 Dr Iwase Koji(岩瀬剛二), 주임연구원에 따르면, 일본 산간 마을의 소득증대에 사토야마(전통적인 주위 산의 임산물 사용)를 적용하는데, 내용속에는 버섯재배를 포함하고 있다고 한다. 그리고 환경복원의 기술개발에 무덤내 유기물분해균, 균근균, 등을 사용하는 것을 고려하고 있었다.

6. 균근균 버섯 연구

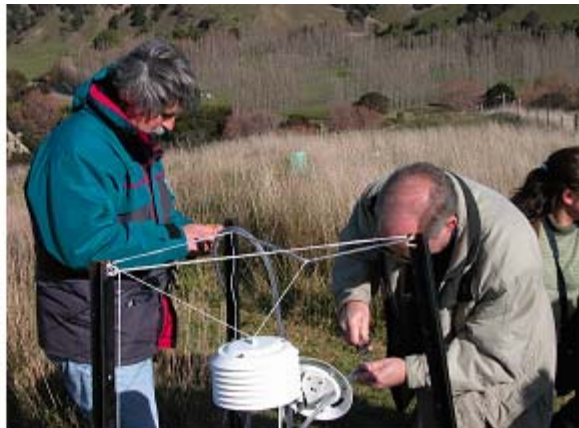
뉴질랜드는 1990년부터 참나무나 개암나무와 공생하여 발생하는 truffle 버섯재배 기술을 계속 획기적으로 발전시키고 있음으로 이에 대한 정보수집은 우리나라의 송이버섯 연구에 기여할 것이다. 그리고 뉴질랜드는 산림자원의 지속가능한 경영을 위하여 산림생태학 지식을 중요시하고 있음으로 이에 대한 정보 수집은 우리나라의 산림자원 관리에 응용될 것이다. 균근균 버섯인 truffle 버섯에 대한 세부연구 내용을 보면, truffle 접종묘를 개암나무나 참나무 등의 묘목에 접종하여 온실에 다른 균이 없이 배양한 후 알칼리성 토양의 초지에 truffle 농원을 조성한다. 현재 30여곳에서 농원을 조성하여 10여개 장소에서 truffle이 발생하였다고 한다. 이 연구결과, 덩이버섯 농장의 식생 및 온도관리를 송이산관리, 지속가능한 산림비옥도관리 기술에 응용될 수 있을 것이다. 뉴질랜드 식품연구소는 실제 농민의 투자와 기술을 지속적으로 상담하고 있음.

7. Truffle 연구자 모임

2004년 8월 4일 - 5일에 뉴질랜드 남섬, 북부 캔터베리, Amberly에서는 Truffles and Mushrooms 컨설팅 전문가가 모여서, 투자예정자 등 12명과 함께 truffl 농장을 다니면서 토의하였다. 주요 연구원은 Drs I. Hall, Y. Wang, A. V. Honrubia, J. Russell, C. LeLefevre, Mr. Fuqiang Yu: 중국과학원 균민식물연구소, 버섯연구담당 등 3인이었다.

가. Kekerungu truffle farm 조성지

식회암 지역으로, 양목장 목초지내에 참나무 및 개암나무 총 400본을 식재하였다. 자동관수시설이 설치되었고. 토양온도를 계속 측정 기록함. truffle 접종묘 식재에 잡초경쟁이 심하여 균의 활력이 약화되었다. 전문가 의견은 제초제 살포로 잡초제거 필요하고, 토양수분은 충분하다고 하였다.



나. Amberley fruiting farm

식재 7년째되는 농장으로, 관수시설 설치, 400주 식재, 개암나무에서 올 겨울 현재 truffle 이 나고 있음. 8개 나무에서 20여개 200g이 결실.



다. John's 포도농원

개암나무와 참나무 접종묘 100본 식재, 5년차로 관수시설 없이, 토양수분이 적어서 흙이 단단함. truffle 균의 형성이 확인되지 않았고, 제조제로써 묘목 주위 잡초를 효과적으로 제거하였다.

라. Lime Stone Hill 포도농원

석회암 지역, 포도농원의 일부에 200주의 참나무 개암나무 식재하였으나, 현재 생산되고 있지 않지만 가능성 높음.



마. JM Traffe's farm

12년전에 식재하여 개암나무에서 truffle 발생하여고, Quercus ilex에도
접종하여 식재되었음.

바. Mario Honrubi 교수의 truffle 강연

Lime stone Hill 의 Gary's 집에서 40여명 참석 경청



8. 국제 균근성 식용버섯 학회 (4th IWEMM)

국제균근성 버섯학회는 스페인 무르시아, 무르시아대학교 (Spain, Murcia)
에서 2005년 11월 28일 - 2005년 12월 2일 (5일간) 열렸다. 내용은 180여명의 균근성 식
용버섯 연구자들이 참여하여 50여편의 구두발표와 60여편의 포스터 발표를 하여 덩이버
섯, 젓버섯, 송이에대한 연구상황과 미래 연구과제를 토의하였다. 세계적으로 균근성 버
섯의 경제적 가치는 약 20억달러로 추정하였다.

그래서 유럽에서 계속 생산이 감소하고 있는 덩이버섯의 생산 증대를 위하여, 덩이균
을 접종시킨 참나무림묘목으로 덩이버섯농장을 조성하고, 소나무림은 제거하며, 토양과
수분을 관리하는 것은 우리나라의 송이산 관리에 적용할 수 있는 내용이 있었다.

국제 균근성 식용버섯학회의 다음 5회 개최는 2007년 9월 1일-4일 동안, 중국 운난
(Yunnan)성의 수충(Chuxiong)시에서 열기로 결정하였다. 균근성 식용 버섯연구분야 학
문의 국제학계동향은 다음과 같다.

- 덩이버섯(Tuber spp) 균사에 대한 DNA 및 분자생물학적 분별(유럽, 중국)
- 덩이버섯 접종묘의 양묘, 및 조림지 관리(스페인, 프랑스, 핀란드 등)
- 덩이버섯산지의 보존을 위한 소나무림 정리(스페인, 헝가리 등)
- 식용성 버섯의 생산과 지역사회의 경제(일본 사토야마 프로젝트)개발
- 송이, 젓버섯, 그물버섯 등 자원 개발 (한국, 모로코, 미국, 포르투갈 등)
- 버섯재배를 위한 산림관리(fungal silviculture) 경영 (스페인, 프랑스)

학회 참석 주요인사는 M. Honrubia 교수: Murcia 대학 생물학과 교수, D. Pilz 박사: 미국 PNW Forest Science Lab 연구원, Y. Wang 박사: 뉴질랜드 Crop and Food 식용성 버섯 연구담당관, K. Iwase 박사: 일본 관서 생물환경연구소 소장, I. Hall 박사: 뉴질랜드 덩이버섯 컨설턴트 등이었다.

학회에 참여한 덩이 접종묘생산 관련 업체로는 Robin Les Pepinieres 프랑스 : 덩이 접종, 소나무, 참나무묘목 생산. Crop and Food, 뉴질랜드. 덩이 잣버섯 등 접종묘 생산 및 투자, Cultivos Forestales and Micologicos. 스페인, UK Truffle Ltd: 유럽의 Burgundy truffle 생산 및 유통망 등이었다.



그림 129. 제 4회 국제 균근성 식용버섯 학회 로고, 스페인, Murcia.



그림 130. 검정덩이버섯의 접종묘의 생장.

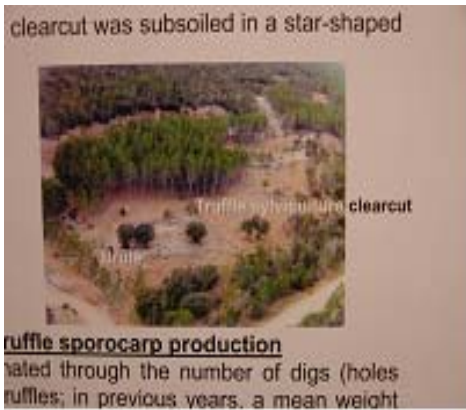


그림 131. 덩이발생림에서 기주인 참나무를 남기고 소나무는 벌채하였음.



그림 132. 포르투갈의 송이유사버섯. 모양 향기는 송이버섯, 맛은 매우 쓰다.

제 7 장 참고문헌

- Beecher.T.M. & Magan.N. 2000. Dynamics of water translocation in freshly harvested and stored mushrooms of *Agaricus bispours*. pp. 733-739
- Beyer, D.M., Lomax, K.M., Beelman, R.B. 2000. The use of time domain reflectometry to monitor water relations in mushroom substrate and casing. 15th Science and Cultivation of Edible Fungi. pp. 341-348.
- Kalberer, P.P. 1985. Influence of the depth of the casing layer on the awater extraction from casing soil and substrate by the sporophores, on the yield and on the dry matter content of the fruit bodies of the first three flushes of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. *Sci Hort.* 27 : 33-43
- Kalberer, P.P. 1987. Water potential of casing and substrate and osmotic potentials of fruit bodies of *Agaricus bisporus*. *Sci Hort.* 32 : 175-182
- Kalberer, P.P. 1987. Water relations of the mushroom culture (*Agaricus bisporus*):Influences on the crop yield and on dry matter content of the fruit bodies. In:Science and Cultivation of Edible Fungi, Ed. M. J. Maher. A. A. Balkema. Rotterdam. 1 : 269-274
- Magan.M. 1997. Fungi in Extreme Environments. *The Mycota* 4. pp. 99-113
- Mushworld. 2004. Oyster Mushroom Cultivation. *Mushroom Grower'Handbook* 1. pp. 298
- Nobel,R,Rama.T,Dobrovin-Pennington.A. 2000. Continuous measurement of casing soil and compost water availability in relation to mushroom yield and quality. pp. 433-439
- Schroeder, G.M. and Schisler, L. C. 1981. Effect of supplementation,

- substrate moisture and casing moisture on size, yield, and dry weight of mushrooms. *Mushroom Sci.* 11 : 511-521
- 구창덕, 김태현, 김재수. 2005. 표고톱밥재배 환경의 온습도: 사례연구. 2005 한국 임학회 학술연구발표 논문집. 511-513.
- 구창덕, 김태현, 김재수. 2005. 표고톱밥재배사의 온습도 관리. 2005 한국임학회 하계학술연구발표 논문집. 401-403.
- 김건희. 1996. 한국인 소비자들을 위한 선별된 버섯의 용도 및 저장에 관한 연구. 덕성여대논문집 제26집:253-266
- 김동환. 2003. 표고버섯 협업생산과 공동출하. 전국표고버섯생산자연합회. pp. 23-43
- 박상돈. 2001. 표고버섯 시설재배. 월간버섯 11 : 75-94
- 석천수지. 1998. 표고통나무재배에 있어서의 몇 가지 재배특성. 임산버섯45 : 13-15
- 신철우, 차동열, 전창성 외. 1992. 환경조절 재배사를 이용한 느타리 버섯재배 농가실증시험. 농업기술연구소 연구보고서. pp. 831-836
- 안승정지. 1998. 가을철 버섯나무의 물뿌리기 관리. 임산버섯 51 : 7-9
- 암기탁야. 2000. 물관리에 의한 버섯나무 만들기와 버섯생산(I). 임산버섯61 : 1-2
- 암기탁야. 2000. 물관리에 의한 버섯나무 만들기와 버섯생산(II). 임산버섯62 : 2-4
- 원철희. 1999. 버섯 성공적인 경영기법. 농민신문사. pp 95-189
- 윤갑희. 2003. 표고톱밥배지의 자연배양. 임산버섯 재배의 이론과 실제. pp. 21-37
- 윤갑희. 표고 톱밥재배의 기술과 재배시스템(II). 1999. 임산버섯. pp. 11-15
- 이용래. 1998. 한국표고재배사. 임산버섯47 : 17-19
- 이지열. 1991. 균학 버섯재배. 대광문화사
- 이태수, 윤갑희, 박원철, 김재성, 이지열. 1998. 표고재배기술141호. 임업연구원. pp. 13-29

- 이태수, 윤갑희, 박원철, 김재성, 이지열. 2000. 새로운 표고재배기술. 임업연구원. 389pp
- 이태수. 1999. 표고에 대한 새로운 기술개발 연구. pp. 19-36
- 이태수. 1999. 표고하우스시설재배. 버섯3권(1). 한국버섯연구회. pp. 173-211
- 이태수. 2000. 재배환경과 시설. 버섯정보신문사. pp. 135-156
- 이태수. 2000. 표고원목재배. 버섯 4권(2). 한국버섯연구회 pp. 121-160
- 임업연구원. 2000. 표고 병해충방제 및 재배시설 모델 개발. 산림청. 90 pp
- 정병현, 김의경, 이성연. 2003. 표고버섯의 소비실태 및 구입선호 분석. 산림경제 학회 11-2:15-22
- 차동열. 2000. 느타리버섯 재배환경과 안전생산 pp. 39-59
- 채정기. 2000. 표고재배의 문제점과 대책. 버섯 4권(1). 한국버섯연구회. pp. 177-195
- 천야방부. 1999. 장마철 표고 버섯나무의 버섯발생환경. p 18
- 최형기. 2002. 고품질·다수확을 위한 느타리버섯 재배기술. (주)광미실업. 88 pp
- 한국임산버섯생산자단체연합회. 1999. 표고재배시설모델개발. 산림청. 323pp
- 한국임산버섯생산자단체연합회. 1998. 표고재배시설 모델개발. 산림청. 184pp
- 현준호. 2001. 표고재배기술. 한국버섯연구회. pp. 185-198
- 홍순길. 표고시설재배용 하우스표준모델개발. 1998. 임산버섯. pp. 19-27

부록 표고재배사 관련 사진자료

1. 측정 방법



그림 133. 표고원목 높이별(10, 60, 110cm) 온습도측정 데이터로거.



그림 134. 버섯조직 삼투압측정기



그림 135. 온습도 측정 자료 설명



그림 136. 온습도이슬점측정기구 testo.



그림 137. HOBO 데이터 기록기



그림 138. HOBO에서 기록 다운로드

2. 병해충 등의 문제



그림 139. 주홍꼬리 버섯발생



그림 140. 고온과습으로 인한 푸른 곰팡이 발생



그림 141. 과습에 의한 잠균발생후 건조피해로 곤충해 발생



그림 142. 톱밥배지에 발생한 푸른곰팡이 병.



그림 143. 과습에 의한 주홍꼬리, 흑부병 등 발생



그림 144. 톱밥배지. 살균불충분에 의한 잠균 발생

3. 표고재배사의 구조

1) 원목재배사



그림 145. 표고원목재배사의 외부구조



그림 146. 원목재배사 전면, 천창



그림 147. 관수시설



그림 148. 표고원목재배사 차광 집중후배양



그림 149. 선풍기 설치



그림 150. 천창, 측창, 관수, 환풍시설이 된 표고원목재배사.

2) 표고톱밥재배사



그림 151. 표고톱밥재배사 겨울보온



그림 152. 표고톱밥재배사 비닐



그림 153. 표고톱밥재배사 가습기



그림 154. 연동 표고톱밥재배사 배양중



그림 155. 표고톱밥재배사 2중 차광



그림 156. 표고톱밥재배사 입구 연결

4. 보온 보습 관수 등 배지 관리



그림 157. 표고원목재배사 외부 가습



그림 158. 표고 톱밥배지 관수



그림 159. 표고톱밥배지 침수처리



그림 160. 표고톱밥배지에서 화고생산



그림 161. 표고노지 재배 비닐씌우기



그림 162. 표고 재배사 비닐씌우기

5. 재배 관리



그림 163. 원목 접종후 배양



그림 164. 톱밥배지 배양



그림 165. 톱밥배지 갈변



그림 166. 중국식 표고톱밥재배사 7단.



그림 167. 톱밥배지 버섯생산, 대만식



그림 168. 톱밥배지 버섯생산, 중국식

6. 수확



그림 169. 톱밥배지 버섯발생, 대만식, 청양 정의용 씨 재배사



그림 170. 원목 노지재배 화고 발생. 천안. 황성태 씨 재배장