Jour. Korean For. Soc. Vol. 94, No. 6, pp. 468~475 (2005)

한국임학회지

JOURNAL OF KOREAN FOREST SOCIETY

표고시설재배사내 시 · 공간적인 온 · 습도변화

류성렬* · 구창덕*

충북대학교 농과대학 산림과학부

Spatiotemporal Changes of Temperature and Humidity in *Lentinula edodes* Cultivation Sheds

Ryul Sung Ryu* and Chang Duck Koo*

School of Forest Resources, Chungbuk National University, Ckheongju 361-763, Korea

요 약: 표고재배사내 시공간적인 온습도 변화를 이해하기 위하여 표고시설재배사내 HOBO H8시리즈 센서를 이용하여 온·습도를 측정하였다. 2003년 10월부터 2004년 10월 까지 얻어진 결과는 다음과 같다. 1. 수평적 온도변화는 재배사내부의 가장자리보다 중앙부분이 더 작았다. 한편 상대습도변화 는 재배사내부의 가장자리보다 중앙부분에서 3%정도가 크게 나타났다. 2. 수직적 온도변화는 온도가 올라갈 때 하단 보다 상단에서 컷으며, 온도가 떨어질 때 하단 보다 상단에서 작았다. 그래서 토양표면에 가까울수록 온도는 작은 변동폭을 보였다. 수직적 상대습도변화는 온도가 올라갈 때 하단보다 상단에서 작았으며, 온도가 떨어질 때 는 하단보다 상단에서 컷다. 결국 온 · 습도는 재배사내에서 반대경향으로 나타났다. 3. 원목재배사내에서 최저온도는 4월말까지 영하의 온도로 유지되었으며, 최저온도는 5월초 에 비로서 영상온도를 회복하였다. 한편 계절별로 볼때 겨울이 온도변화가 가장 심했으며, 일중 30°C를 나타냈다. 반면 최저상대습도로서 4월, 5월, 6월에 20%이하를 보였으며, 그 이 후 40%이상을 회복하였다.

Abstract: To understand spatiotemporal changes of temperature and humidity in *Lentinula edodes* cultivation sheds, temperature, relative humidity were measured with HOBO H8 series sensors in log cultivation sheds and sawdust cultivation sheds. The results obtained from October in 2003 to October in 2004 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.

Key words **:** *lentinula edodes, cultivation shed, spatiotemporal changes, temperature and relative humidity*

서 론

오늘날 표고(*Lentinula edodes*)재배에서는 노지재배 위주에서 시설재배로 전환하여 생산성 및 경쟁력 제고가 요구되고 있다(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 연구가 시급한 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

*Corresponding author
E-mail: 25ryul@naver.com, koocdm@chungbuk.ac.kr

비를 맞추지 않고 필요한 시설에 쓰러뜨리기 및 살수를 하여 버섯을 생산하는 것으로 급속히 보급되고 있다(임업연구원, 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 어려워서 실용화 되지 못하였다.

표고시설재배의 장점은 양질의 표고를 생산 할 수 있고, 버섯 발생 후 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, 적산온도를 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 양호해지나, 잡균의 발생가능성도 높아지게 된다. 또한 표고시설재배사내에서 온도가 낮아지면 상대습도가 지나치게 높아져 자라는 버섯의 수분이 많아지기 때문에 버섯의 외관품질이 떨어질 뿐만 아니라, 잡균의 번식으로 생산량이 감소될 수도 있다(임산버섯, 1998).

결국 농가 개개의 재배사 여건에 알맞은 온도와 수분에 대한 올바른 이해는 표고를 연중 생산할 수 있게 하고, 병해충해의 발생률을 낮춰 버섯품질 향상을 시키면서 표고재배 실패율을 낮추게 될 것이다.

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 쉬어서 버섯재배 실패율이 높다. 그러므로 시설내 환경인자에 정확한 대한 지식이 필요하다.

본 연구의 목적은 시-공간적으로 변화하고 있는 재배사내 온도 및 습도 변화를 이해하여 앞으로 표고버섯를 재배하는데 참고자료가 될 것이다.

Table 1. General characteristics of *Lentinula edodes* cultivation shed.

	원목방식		
재배사형	단동형	단동형	연동형
재배균주	저온성	저온성	저온성
방 향	동서	동서	동서
재배규모(m)	7 * 33 * 3	7 * 55 * 3	13 * 34 * 3
차광형태	비닐 및 비음망	비닐 및 비음망	비닐 및 비음망
장소	충북 청주	충북 청원	충북 청원

재료 및 방법

1. 시험재배사의 구조

표고시설재배사내의 시 · 공간적 온 · 습도변화를 알기 위하여 충북청주, 청원, 3개 지역에서 선정된 재배사의 구조는 Table 1와 같다.

2. 온 · 습도 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 10 cm, 40 cm, 70 cm, 100 cm 높이에 설치하여 기록하였

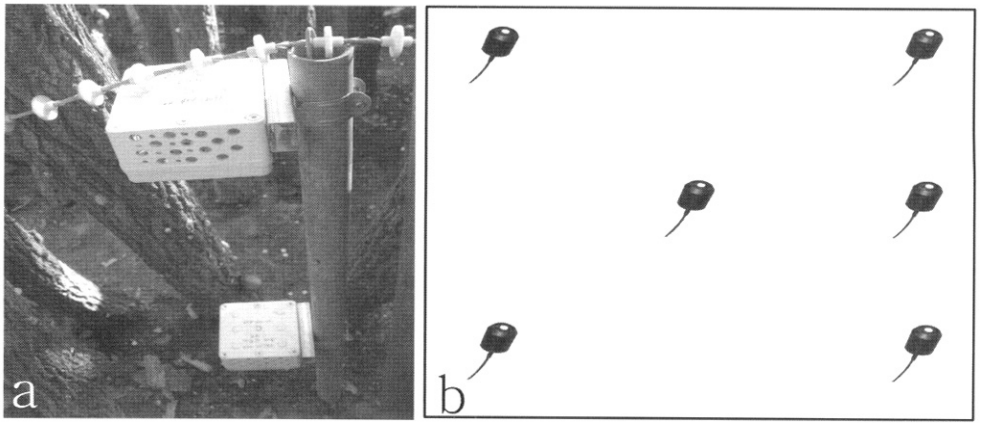

Figure 1. Arrangement of temperature & relative humidity (RH) sensors.
a: vertical arrangement: 10 cm and 70 cm height, b: horizontal arrangement in *Lentinula edodes* cultivation shed.

Figure 2. HOBO, Measuring instrument for temperature and relative humidity

다. 이중 재배사 중앙부 위치 1개소(100 cm 높이센서1개, 10 cm높이센서1개)에서 지속적으로 관측하였다(Figure 1). 재배사외부에도 온·습도를 측정하여 재배사내외부의 차이를 조사하였다.

온도, 수분을 지속적으로 측정기록하기 위하여 HOBO Pro H8(Onset Computer Corporation)시리즈를 사용하였다(Figure 2). 이 장비들은 1개 측정지점에서 1시간단위로 온도와 습도 그리고 광도를 2003년 10월부터 2004년 10월까지 기록했으며, 이 자료들은 분석프로그램인 Boxcar Pro을 이용하여 매월 다운 받았다.

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 10 cm, 40 cm, 70 cm, 100 cm높이에서 측정한 온습도자료를 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.

결과 및 고찰

1. 원목재배사내 수평적 온·습도 변화비교

시설재배사내 중앙부와 외곽부에서 2004년 1월부터

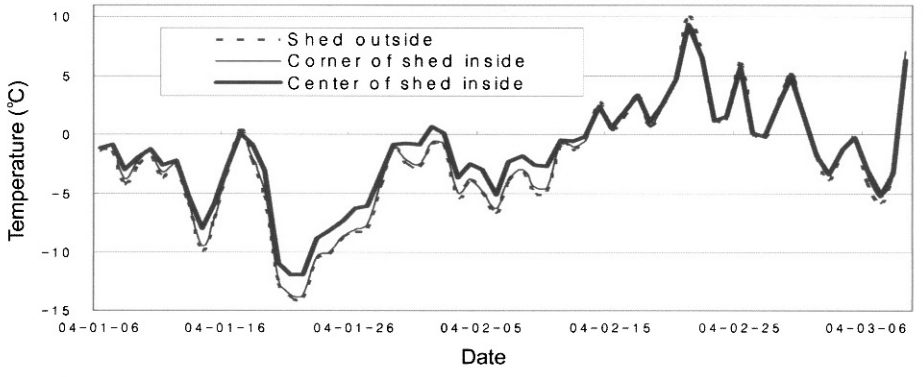

Figure 3. Horizontal differences in temperature changes at height of 100 cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during January to March in 2004.

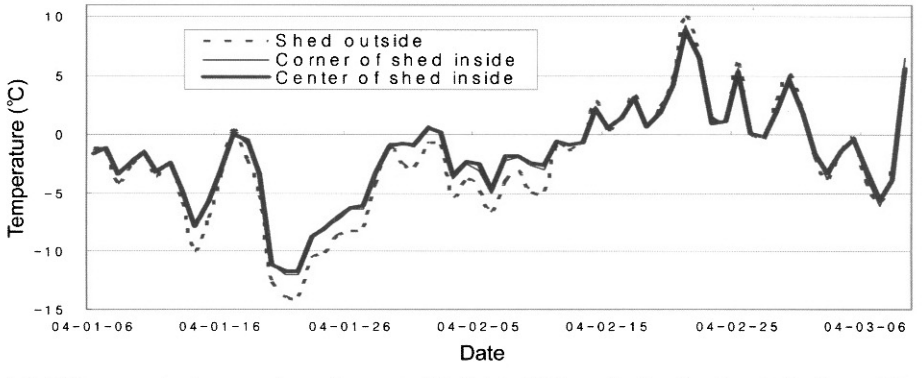

Figure 4. Horizontal differences in temperature changes at height of 10 cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during January to March in 2004.

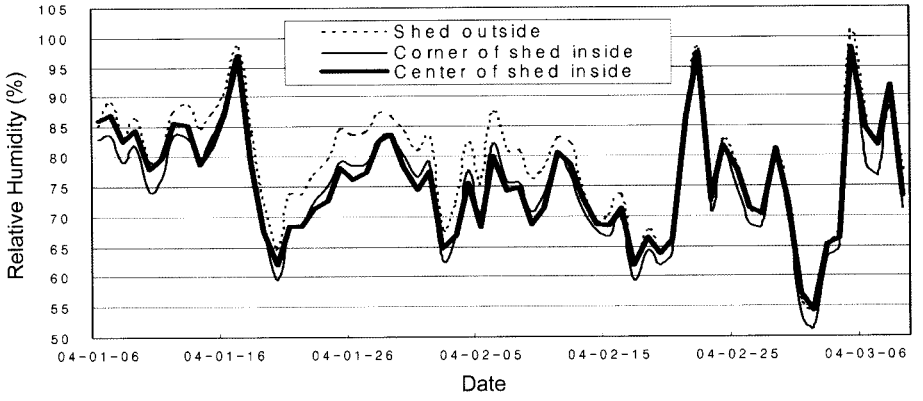

Figure 5. Horizontal differences in relative humidity changes at height of 100 cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during January to March in 2004.

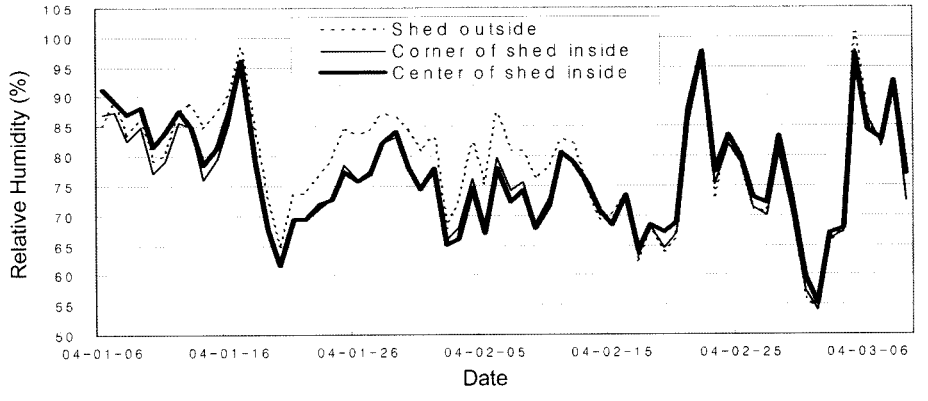

Figure 6. Horizontal differences in relative humidity changes at height of 10 cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during January to March in 2004.

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

온도는 재배사 100 cm 높이에서 측정한 외부온도와 약 1~2°C정도 차이가 났으며 재배사 내부보다 외부가 온도변동이 컸다. 또한 2004년 1월부터 3월까지 측정기간 동안 재배사 외곽부는 -13~9°C범위였으며, 중앙부는 -11~9°C로 재배사 외곽부의 온도변동이 보다 컸다(Figure 3).

재배사 10 cm 높이에서 측정한 온도와 비교할 때 재배사 외부온도는 측정기간 동안 -14~10 범위였으며 재배사 내부보다 약 1~2 °C정도 변동폭이 컸다. 또한 재배사 외곽부가 -12~9°C범위였으며, 중앙부는 -11~9°C로 외곽부가 중앙부보다 온도변동폭이 1°C가 컸다(Figure 4).

100 cm 높이에서의 최저습도는 3월초에 일어났으며, 재배사내 외곽부가 51% 인데 비하여 재배사내 중앙부는 최저 54%로, 재배사내 중앙부가 약 3%정도 높았다(Figure 5). 한편 10 cm 높이에서의 최저습도는 재배사외부와 재배사내 외곽부가 100 cm높이에서 값과 같이 54%였고 재배사내 중앙부는 최저 55%로 차이가 매우 적었다(Figure 6). 상대습도 변동폭이 가장 적은 곳은 재배사 중앙부의 10 cm 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(Figure 7).

재배사내 상대습도는 온도의 분포와 정반대의 현상을 나타내고 있다. 기온이 상승할 때는 상부에서 상대습도가 낮았으며, 기온이 하강할 때는 상부에서 상대습도는 높았다(Figure 8).

2003년 12월 2일부터 2004년 1월 4일까지의 조사기간 중 수직적 위치에 따른 온도의 변화는 Table 2와 같이 10 cm의 높이에서의 온도와 습도 변동폭이 가장 작았다. 조사기간 중 높이에 따른 온도의 차이를 보면 원목 상부

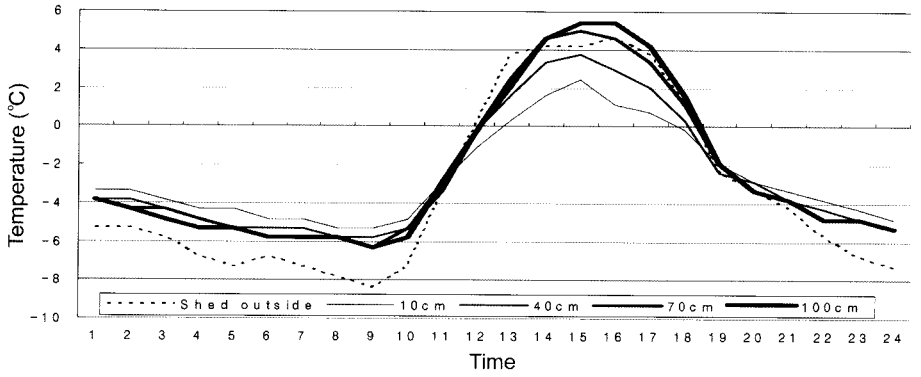

Figure 7. Vertical differences in temperature changes at height of 10 cm, 40 cm, 70 cm and 100 cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed on 1 January in 2004.

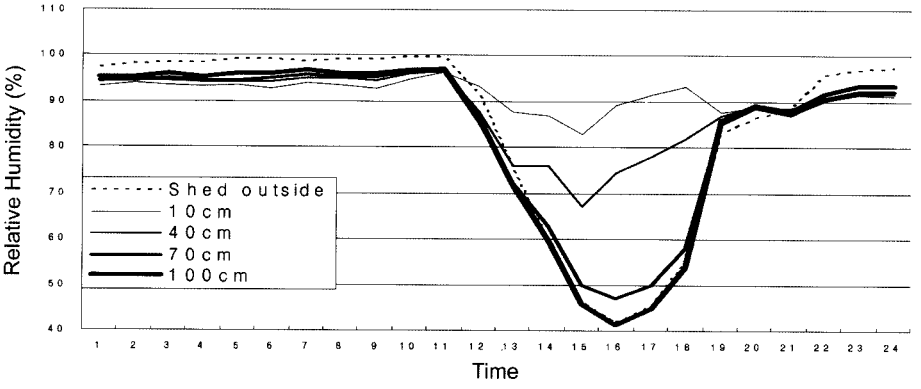

Figure 8. Vertical differences in relative humidity changes at height of 10 cm, 40 cm, 70cm and 100 cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed on 1 January in 2004.

Table 2. Vertical differences in temperature & relative humidity at height of 10 cm, 40 cm, 70 cm and 100 cm 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
10 cm	-9.5~9.0	37.7~99.8
40 cm	-10.0~9.4	31.4~100.0
70 cm	-10.6~9.4	31.7~100.2
100 cm	-10.6~9.8	29.0~100.3

가 하부보다 평균 0.64°C높았다. 한편 수직적 위치에 따른 상대습도의 차이는 최저습도에서는 원목 상부와 하부의 차이가 평균 4.8%로 나타났지만 최고습도는 거의 100% 였다.

온도는 Figure 7에서 볼 수 있듯이 낮에는 영상기온을 유지하지만, 밤과 새벽에는 영하의 기온이었다. 온도변화의 양상은 100 cm 높이가 70 cm, 40 cm, 10 cm에 비하여 훨씬 온도의 상승과 하강이 크게 변하는 것을 볼 수 있다. 또한 Figure 8에서 보여주는 것과 같이 100 cm높이에서의 상대습도는 온도와는 정 반대로 태양의 고도가 높아짐에 따라 습도는 감소하며, 밤과 새벽에 100%가깝게 유지되는 것을 볼 수 있다.

(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 생장하는데 유리하다고 생각된다.

Figure 9을 보면 겨울동안 재배사 내에서 변화하고 있는 온도, 이슬점 그리고 상대습도를 나타낸 것이다. 새벽0시부터 오전 5까지 100 cm와 10 cm높이에서의 온도가 3°C 이하로 떨어지고 있고 습도는 80%이상이었다. 한편 온도는 오전 6시부터 오르다가 오후 3시경부터 감소하기 시작한 반면 습도는 그와 반대경향을 보였다.

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

Figure 10을 보면 2004년도 3월 1일부터 2일까지 48시

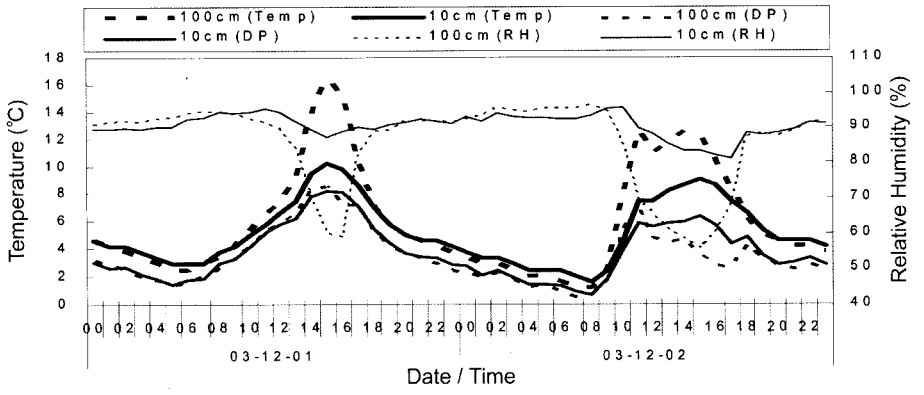

Figure 9. Temperature, dew point and relative humidity changes at height of 10 cm & 100 cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during 1 to 2 in December in 2003.

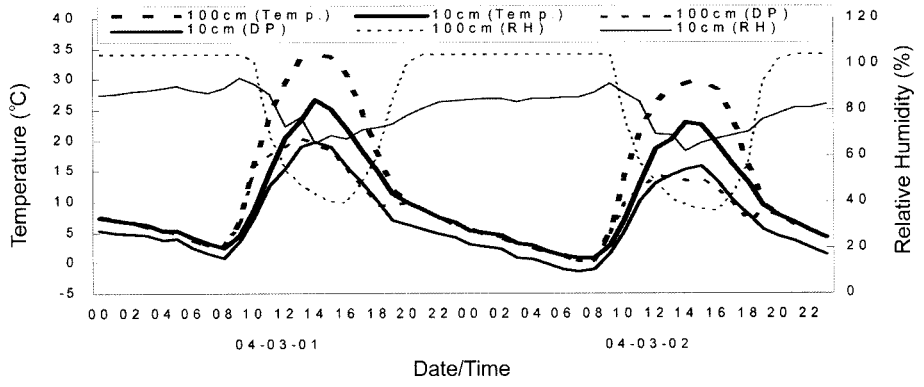

Figure 10. Temperature, dew point and relative humidity changes at height of 10 cm & 100 cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during 1 to 2 on March in 2004.

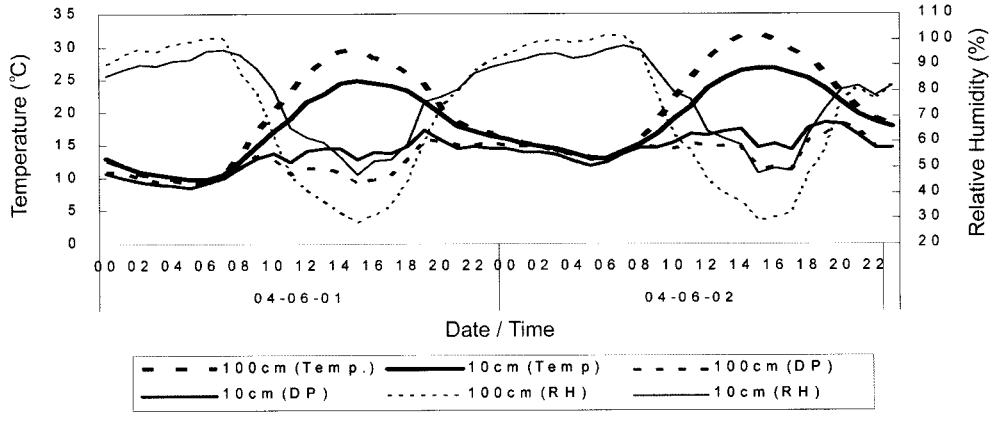

Figure 11. Temperature, dew point and relative humidity changes at height of 10 cm & 100 cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during 1th to 2th June in 2004.

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

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

Figure 11를 보면 2004년 6월 1일부터 2일까지 재배사내 온·습도변화를 나타낸 것으로, 온도는 100 cm 높이에서는 새벽 5시에 8.6°C까지 내려가고 10 cm 높이에서는 9.4°C까지 낮아졌다. 새벽 5시부터 오후 3시까지 온도가 상승하여 100 cm 높이에서 최대 29.5°C, 10 cm에서는

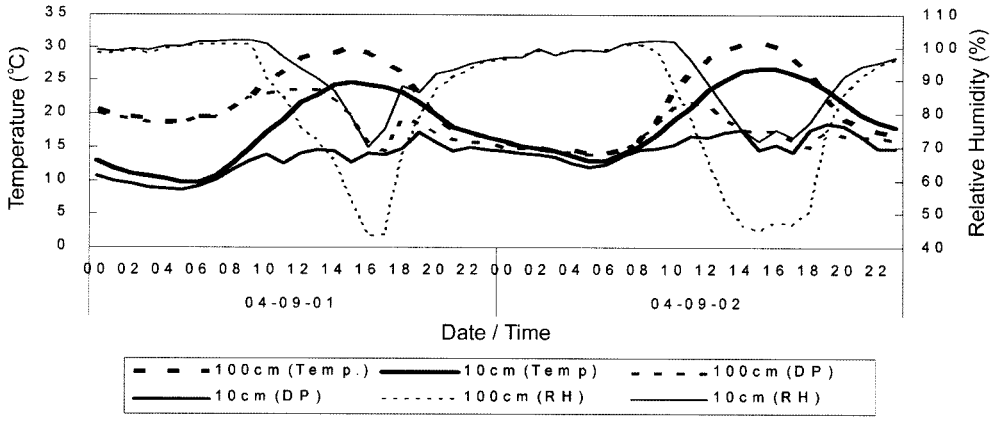

Figure 12. Temperature, dew point and relative humidity changes at height of 10 cm & 100 cm in *Lentinula edodes* log cultivation shed during 1th to 2th September in 2004.

24.8°C까지 되었다. 온도는 그 이후부터 다시 감소했다. 한편 습도는 온도와는 반대로 새벽 5시까지 100 cm 높이에서 90%에서 포화상태가 되며, 10 cm 높이에서는 80%에서 96%까지 상승하였다. 습도는 오후 3시가 되었을 때 100 cm 높이에서는 28%로, 10 cm높이에서는 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).

Figure 12을 보면 2004년 9월 1일부터 2일까지 재배사내 온·습도변화를 나타낸 것이다. 온도는 100 cm 높이에서 새벽 5시까지 18.6°C로, 10 cm 높이에서는 9.8°C로 낮아졌다. 하지만 새벽 5시부터 오후 3시까지 100 cm 높이에서는 최대 29.9°C로, 10 cm 높이에서는 24.8°C로 상승하였다. 한편 습도는 온도와 반대로 새벽5시까지 포화상태인 100%였다가 오후 3시가 되었을 때 100 cm 높이에서는 43.3%로, 10 cm에서는 69.8%로 낮아졌다. 이슬점은 습도가 각각의 높이에서 최저로 떨어졌을 때 100 cm에서는 14.6°C이며, 10 cm에서는 13.8°C였다. 상대습도가 100%가 유지되는 밤과 새벽시간에 버섯발생에 유리한 10~20°C의 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).

결 론

본 연구는 표고시설재배사내에서 시·공간적인 온·습도변화를 이해할 목적으로, 원목재배사에서 온·습도 측정하였다. 2003년 10월부터 2004년 10월까지 본 연구에서 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 시설재배사내에서 수평적인 온·습도의 차이를 보면 재배사내 중앙부가 외곽부보다 온·습도 변동폭이 작았으며, 습도는 재배사내 중앙부가 외곽부위에 비해 3%정도 높았다.

2. 시설재배사내 수직적인 온·습도의 차이를 보면 기온이 상승할 때는 100 cm에서 온도가 가장 높았고, 70 cm, 40 cm, 10 cm 순서로 온도가 높았다. 기온이 하강할 때는 반대로 100 cm에서 온도가 가장 낮았고 70 cm, 40 cm, 10 cm 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·습도 변화에서 최저온도는 4월말까지는 영하였으며 5월초부터 영상으로 되었다. 또한 사계절중 겨울에 일교차가 가장 컷으며, 겨울에 최대일교차는 30°C였다. 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 올라가지만 온도가 상승하면서 다시 상대습도는 내려간다. 원목재배사내 온도와 상대습도의 변화는 정반대의 경향을 보였다.

4. 고품질의 버섯생산은 상대습도의 효율적인 조절이 필수적이라고 할 수 있다. 즉 상대습도 조절은 온도조절로써 가능하다. 버섯재배자들은 온도조절을 위해 비음과 보온으로 이 같은 것을 실천하고 있었다.

사 사

본 연구과제는 농림기술개발과제로 "표고재배사내 적

정 수분-온도관리모델개발" 연구의 일환으로 수행되었으며, 도움을 주신 표고재배를 하시는 변형석, 이향주, 이후원, 정의용님께 깊은 감사를 드립니다.

인용문헌

1. 안승정지. 1998. 가을철 버섯나무의 물뿌리기 관리. 임산버섯 51: 7-9.
2. 이지열. 1991. 균학 버섯재배. 대광문화사.
3. 신철우, 차동열, 전창성 외. 1992. 환경조절 재배사를 이용한 느타리 버섯재배 농가실증시험. 농업기술연구소 연구보고서. pp. 831-836.
4. 석정수지. 1998. 표고통나무재배에 있어서의 몇가지 재배특성. 임산버섯 45: 13-15.
5. 이태수, 윤갑희, 박원철, 김재성, 이지열. 1998. 표고재배기술141호. 임업연구원. pp. 13-29.
6. 윤갑희. 표고 톱밥재배의 기술과 재배시스템(II). 1999. 임산버섯. pp. 11-15.
7. 이태수. 1999. 표고하우스시설재배. 버섯 3권(1). 한국버섯연구회. pp. 173-211.
8. 한국임산버섯생산자단체연협회. 1998. 표고재배시설 모델개발. 산림청. 184pp.
9. 원철희. 1999. 버섯 성공적인 경영기법. 농민신문사. pp 95-189.
10. 이태수. 1999. 표고에 대한 새로운 기술개발 연구. pp. 19-36.
11. 천야방부. 1999. 장마철 표고 버섯나무의 버섯발생환경. p. 18.
12. 한국임산버섯생산자단체연합회. 1999. 표고재배시설모델개발. 산림청. 323pp.
13. 암기탁야. 2000. 물관리에 의한 버섯나무 만들기와 버섯생산(I). 임산버섯 61: 1-2.
14. 이태수, 윤갑희, 박원철, 김재성, 이지열. 2000. 새로운 표고재배기술. 임업연구원. 389pp.
15. 이태수. 2000. 재배환경과 시설. 버섯정보신문사. pp. 135-156.
16. 이태수. 2000. 표고원목재배. 버섯 4권(2). 한국버섯연구회 pp. 121-160.
17. 임업연구원. 2000. 표고 병해충방제 및 재배시설 모델개발. 산림청. 90pp.
18. 차동열. 2000. 느타리버섯 재배환경과 안전생산 pp. 39-59.
20. 채정기. 2000. 표고재배의 문제점과 대책. 버섯 4권(1). 한국버섯연구회. pp. 177-195.
21. 박상돈. 2001. 표고버섯 시설재배. 월간버섯 11: 75-94.
22. 헌준호. 2001. 표고재배기술. 한국버섯연구회. pp. 185-198.
23. 최형기. 2002. 고품질 · 다수확을 위한 느타리버섯 재배기술. (주)광미실업. 88pp.
24. 김동환. 2003. 표고버섯 협업생산과 공동출하. 전국표고버섯생산자연합회. pp. 23-43.
25. 윤갑희. 2003. 표고톱밥배지의 자연배양. 임산버섯 재배의 이론과 실제. pp. 21-37.
26. 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.
27. 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.
30. Kalberer, P.P. 1987. Water potential of casing and substrate and osmotic potentials of fruit bodies of *Agaricus bisporus*. *Sci Hort.* 32: 175-182.
31. 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.
32. Magan.M. 1997. Fungi in Extreme Environments. The Mycota 4. pp. 99-113.
33. Mushworld. 2004. Oyster Mushroom Cultivation. Mushroom Grower'Handbook 1. pp. 298.
34. 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.
35. Beecher. T.M. & Magan.N. 2000. Dynamics of water translocation in freshly harvested and stored mushrooms of *Agaricus bispours.* pp. 733-739.
36. 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.

(2005년 9월 1일 접수; 2005년 10월 7일 채택)