

## 시설내 환경조건이 원목재배 표고버섯의 생육과 품질에 미치는 영향

손정익\* · 최원석  
서울대학교 식물생산과학부

### Effect of Environmental Conditions on Growth and Quality of Log-cultured Oak Mushroom(*Lentinus edodes*(Berk) Sing) under Protected Cultivation

Jung Eek Son\* and Won Seok Choi

School of Plant Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

**Abstract.** Since the growth and quality of oak mushrooms are sensitively affected by environmental conditions, an adequate environmental control is very essential to improve the yield and quality under protected cultivation. In this study, the diameter, thickness, length and hardness of cap and stipe, the dry weight, fresh weight and moisture content of the mushrooms were analyzed under the environmental conditions such as night air temperatures (control, 5~11°C and 12~18°C), relative humidities in the daytime (control, humidifying for 6 h and 12 h), and wind velocities (control, fan-operation for 6 h and 12 h). At a lower night temperature, the quality of the mushrooms was improved, and considered to be optimum at 3~8°C in terms of fresh weight and quality. At 70~80% of relative humidity in the daytime, the fresh weight was increased, but the quality decreased. Considering the quality, the relative humidity in the daytime is adequate at around 50%. At 6 h of maintaining the wind velocity at 1~2  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , the growth and quality were better, but the lightness became higher at 12 h although the fresh weight was reduced by evaporation. It is concluded that even though both of the yield and quality are not easily improved at a same time, optimum approaches should be required by using the relationship among environmental factors and the growth and quality.

**Key words :** log culture, night air temperature, relative humidity, wind velocity

\*Corresponding author

## 서 언

표고버섯은 세계적으로 생산량과 소비량이 증가하고 있는 버섯으로, 항암작용이 있는 다당류의 일종인 Lentinan과 혈중 콜레스테롤의 함량을 저하시키는 Eritadenine을 포함하고 있으며(Jong and Birmingham, 1993; Suzuki and Oshima, 1976), 식품영양학적으로는 탄수화물, 단백질, 지방, 비타민 B, 비타민 D, 다당류, 미네랄 등을 포함하고 있다(Lee, 2000).

이러한 표고버섯의 활착, 생육 및 품질은 환경요인에 민감하게 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Ohira and Matsumoto, 1984; Joo, 1996). 표고버섯의 발생 및 생육환경은 온도 7~20°C, 습도 70~80%, 시설재배시 차광률 80~90%로 구명되어 있으나(Lee and Ko, 1996),

고품질 표고로 평가되는 화고 및 동고의 생육환경은 약간 상이한 것으로 알려져 있다. 고품질 표고버섯은 일반적으로 이른 봄이나 늦가을에 생산되며, 매년 기상 환경에 따라 생산량과 품질에 차이를 보이고 있다(Lee et al., 1995). 실제로 표고버섯을 시설 재배할 경우, 품질 향상을 위해서는 고품질 표고버섯의 생육과 품질에 관여하는 환경요인에 관한 세부적인 조사가 필요하고, 이를 실현시키기 위해서는 표고버섯 전용 온실의 환경 특성 분석(Son, 2000)에 근거한 환경조절이 필요하다.

Son and Choi(2000)는 고품질 표고버섯을 형성하는 환경조건의 분석을 위하여 국내 대표적인 표고버섯 생산지역 3개소에서 고품질 표고버섯이 생산되는 시기의 기상환경을 분석함으로써 개략적인 관련 환경요인(온도, 상대습도, 풍속)과 적정 범위를 도출하였다. 그러나 기

상자료 분석을 통한 환경분석은 노지에서 환경조건을 고려하기 때문에 시설재배 시에도 적용할 수 있는가에 관해서는 확신할 수 없다. 따라서 시설재배 조건에서 환경요인의 적정 범위를 세부적으로 설정하고 이러한 조건에서 표고버섯의 생육과 품질의 확인이 필요하다. 본 연구에서는 도출된 환경요인과 범위를 중심으로 원목재배 표고버섯의 생육과 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 재배시스템

실험은 2001년 3월 15일부터 2001년 4월 30일까지 서울대학교 농업생명과학대학 실험농장에 설치한 버섯재배사(6×20 m, PE필름+90% 차광망) 3동을 이용하여 실시되었다. 버섯 종균은 저온성인 Mori 290이며, 이 종균이 접종된 참나무를 실험에 사용하였다. 참나무 원목은 24시간동안 8~15°C의 수돗물에 침수한 후에 버섯재배사로 이동하여 자실체 발생을 유도하였다. 자실체 발생이 시작된 후부터 실험을 시작하였고, 실험의 균일성을 위하여 1개의 원목 당 지름이 1 cm인 자실체 5~7개 정도로 조절하였다. 각 처리별 환경조건을 유지하기 위하여 각 버섯 재배사 내부에 별도로 PE 필름으로 피복한 소형 재배 공간(1.5×2×2 m)을 3개 설치하고 그 내부에 1.5 m의 접종된 참나무 원목 5개 짝을 설치하였다.

### 2. 시설내 환경요인 처리 및 측정

본 실험에서는 야간온도, 상대습도, 풍속 처리의 3개의 실험이 독립적으로 수행되었다. 야간온도실험은 3처리로서 18:00~06:00 시간대에 무처리(2~6°C)와 열선을 이용하여 5~11°C와 12~18°C로 조절하였다. 시설내 주간 온도는 5~25°C이었다. 습도실험은 주간 최저 습도를 3처리로서 무처리구(30~50%)와 2개의 가습처리구(70~80%)로 유지하기 위하여 가습기를 12시간과 6시간 사용)를 사용하였다. 야간은 별도로 습도를 조절하지 않았다. 풍속실험은 3처리로 주간에 무처리(0.2~1 m·s<sup>-1</sup>), 소형 환기팬을 이용하여 1~2 m·s<sup>-1</sup>로 유지하는 작동시간을 12시간, 6시간으로 처리하였다. 실내온도 및 상대습도는 T-type thermocouple을 이용하여 제작한 건습구온도계, 실내 풍속은 열선풍속계(V-

01-AND, IET), 데이터의 계측 및 제어는 CR-10X (Cambell Scientific Inc., USA)를 이용하였다.

### 3. 버섯의 생육과 물리적 특성 조사

버섯의 갓이 70~89% 퍼졌을 때에 수확하여, 갓의 직경(장경)과 두께, 균병의 직경과 길이를 측정하였다. 자실체의 건물중은 48시간 동결 건조한 후에 측정하였다. 함수율은 건물중과 생체중을 이용하여 계산하였다. 갓의 착색도는 Colorimeter(Minolta, CR-200)을 사용하여 갓의 중앙부와 주변부를 1회 측정하여, 밝기를 의미하는 L값을 사용하였다. 갓의 경도 측정을 위하여 갓의 중앙부(1×1 cm)와 균병의 중앙부(1 cm)를 절단하여 Texture analyzer(TA-XT2i, Stable Micro Systems, USA)를 사용하였다. 측정조건으로 측정속도 5 mm·s<sup>-1</sup>, 거리는 두께의 40%, 직경은 5 mm이었다. 통계처리는 SAS statistical package (SAS Institute, 1995)를 이용하였고, 측정된 데이터의 유의성은 Duncan의 다중검정 (P < 0.05)을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 야간 온도가 표고버섯의 생육과 품질에 미치는 영향

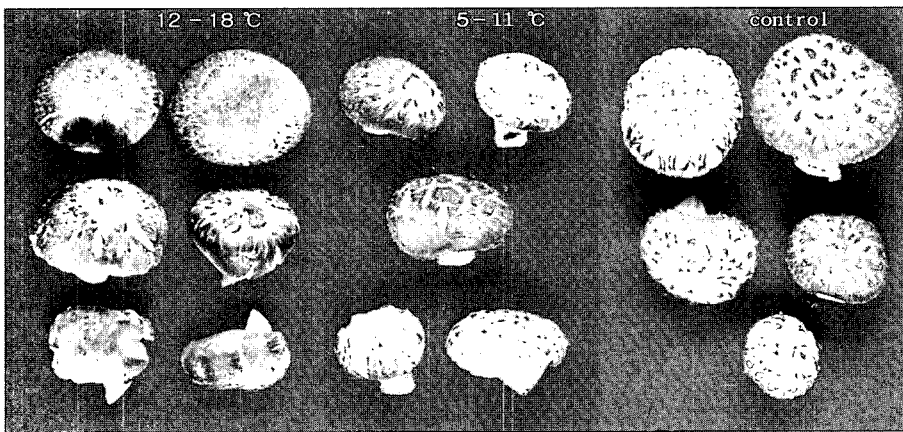
온도처리에 대하여 갓의 직경과 두께는 유의성이 없는 것으로 나타났으나, 균병의 직경은 야간온도가 높은 12~18°C 처리구가 기타 처리구에 비하여 2~3 mm 작았으며, 길이는 5~11°C 처리구가 가장 긴 것으로 나타났다. 전체 생체중은 12~18°C 처리구에서 22 g으로 다른 처리구에 비하여 2~4 g 높았지만, 건물중은 반대의 경향이 나타났다. 버섯의 함수율은 야간온도가 낮은 처리구에서 75%로 다른 처리구에 비하여 약 5% 정도 낮았다. 밝기를 나타내는 L 값의 경우, 야간온도가 낮은 처리구에서 75로 다른 처리구에 비하여 15~20 정도 높은 값을 가졌으며, 갓과 균병의 경도도 높은 것으로 나타났다. 대부분의 갓에서 균열이 관찰되었다(Table 1).

실제로 야간의 저온과 저습은 버섯의 생육과 고품질 버섯 형성에 매우 밀접한 관계를 가지고 있으며, 야간온도가 높을수록 동일한 절대습도 하에서는 상대습도가 낮아지기 때문에 그 결과에 상응하여 품질이 저하되는 것으로 판단되었다. 갓과 균병의 경도는 온도처리

**Table 1.** Diameter, thickness, length and hardness of cap and stipe, dry weight, fresh weight and moisture content of oak mushroom at each night temperature treatment.

Temp. treatment (°C)	Cap			Stipe			Weight (g)		Moisture content (%)	Lightness value
	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Hardness (kg)	Diameer (mm)	Length (mm)	Hardness (kg)	Dry	Fresh		
(Control) 2~6	54.3a <sup>z</sup>	24.6a	1.8a	17.3a	29.2b	2.6a	4.6a	18.7b	75.0b	75.6a
5~11	55.3a	25.7a	1.7ab	17.5a	35.5a	2.3a	4.4a	22.6a	80.5a	56.7b
12~18	56.6a	26.2a	1.0b	14.7b	32.5ab	1.2b	3.9b	20.2b	80.6a	60.5b

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test,  $p < 0.05$ .



**Fig. 1.** Comparison of fruit bodies of oak mushrooms grown at different night temperatures.

에 대하여 유의성이 확인되었으며, 저온에서 경도가 증가하고 함수율이 감소하는 것으로 나타났다. Fig. 1은 자실체의 형태 및 착색 정도를 나타내는 것으로서, 갓의 색깔이 백색이며 표면의 균열이 많을수록 고품질이 기 때문에(Min, 1995), 낮은 야간온도에서 고품질 생산이 가능하다는 것을 알 수 있다.

이 결과는 표고버섯의 생산지역에서 고품질 버섯이 생산되는 시기에 온도조건을 측정한 결과 평균 최저온도가 2~8°C이었다는 보고(Son and Choi, 2000)와 일치하는 결과로서, 야간 온도가 낮을수록 주야간 온도차이가 커짐에 따라 육질의 경도와 착색도가 증가하였고, 이에 따른 상품성도 향상되었다고 생각된다. 따라서 중량을 고려할 경우, 최저온도는 최저 생육온도인 3°C 이상 8°C 이하가 적절할 것으로 생각된다.

**2. 주간 상대습도가 표고버섯의 생육과 품질에 미치는 영향**

상대습도를 높게 처리하는 시간에 대하여 균병의 직

경과 두께를 제외하고 갓의 두께 및 직경, 중량, 함수율 모두 유의성이 있는 것으로 나타났다. 특히 갓의 직경은 70~80%의 상대습도를 12시간 유지하는 처리구에서 67 mm로 다른 구에 비하여 20%이상 높게 나타났다. 전체 생체중은 높은 상대습도를 유지하는 처리구에서 26.5 g으로 다른 처리구에 비하여 4~6 g 높았지만, 건물중은 반대의 경향이 나타났다. 버섯의 함수율은 가습 처리구에서 81%로 무처리구에 비하여 약 11%정도 높았다. 무처리구(30~50%)에서 착색도의 지표인 L값과 갓의 경도가 높은 것으로 나타났다(Table 2).

본 결과로부터 주간의 저온과 저습은 버섯의 생육과 고품질 버섯 형성에 매우 밀접한 관계를 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 상대습도가 높을 경우는 버섯으로부터의 수분증발이 억제되기 때문에 크기와 중량이 증가하였지만 함수율과 경도가 감소하였고 착색이 진행되어 상품성이 낮았다(Fig. 2). Son and Choi(2000)에 의하면 표고버섯이 생산지역에서 고품질 버섯이 생산되는 시기에 일중 상대습도 변화가

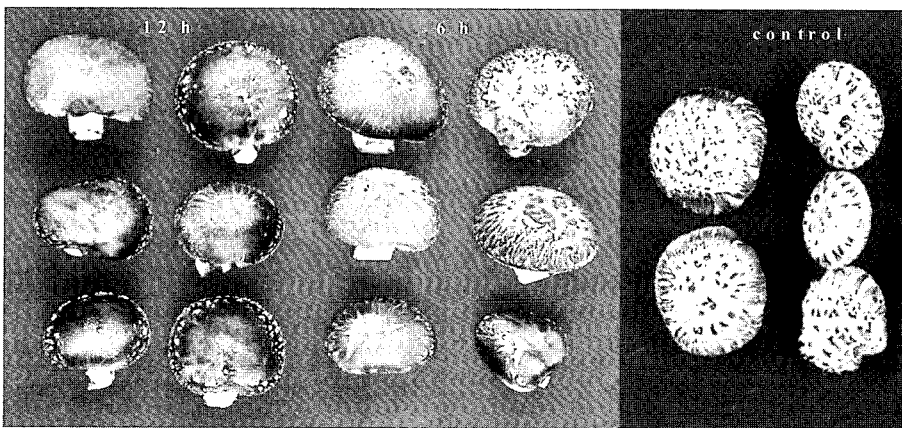
시설내 환경조건이 원목재배 표고버섯의 생육과 품질에 미치는 영향

**Table 2.** Diameter, thickness, length and hardness of cap and stipe, dry weight, fresh weight and moisture content of oak mushroom at each relative humidity (RH) treatment in the daytime.

RH treatment (h/day)	Cap			Stipe			Weight (g)		Moisture content (%)	Lightness value
	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Hardness (kg)	Diameter (mm)	Length (mm)	Hardness (kg)	Dry	Fresh		
(Control) 0 <sup>2</sup>	55.9b <sup>3</sup>	22.5b	1.8a	17.7a	34.3a	1.9a	6.4a	20.8b	69.3b	76.5a
6	58.4b	26.3a	1.3b	16.7a	31.5a	1.6a	4.8b	22.3b	78.5a	61.2b
12	67.4a	27.7a	0.8c	15.9a	34.6a	1.6a	5.0b	26.5a	81.1a	57.2b

<sup>2</sup>Operation time of humidifiers to maintain the RH at 70-80%.

<sup>3</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test,  $p < 0.05$ .



**Fig. 2.** Comparison of fruit bodies of oak mushrooms grown at different relative humidities. (The 0, 6 and 12 h mean the humidifying times to maintain the relative humidity at 70-80%).

40~90%이었기 때문에, 시설재배시 생체중을 고려한다면 주간에도 높은 상대습도가 유리하지만, 품질을 고려한다면 주간 상대습도를 70~80%이상으로 반드시 유지할 필요는 없고, 50%정도가 적절할 것으로 생각된다.

**3. 풍속이 표고버섯의 생육과 품질에 미치는 영향**

풍속처리에 대하여 갓의 직경과 두께는 유의성이 없는 것으로 나타났으나, 균병의 길이는 풍속처리 시간이 12 시간인 경우가 무처리에 비하여 짧았다. 전체 생체중은 무처리구에서 23.7 g으로 다른 처리구에 비하여 2~4 g

**Table 3.** Diameter, thickness, length and hardness of cap and stipe, dry weight, fresh weight and moisture content of oak mushroom at each wind treatment.

Wind treatment (h/day)	Cap			Stipe			Weight (g)		Moisture content (%)	Lightness value
	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Hardness (kg)	Diameter (mm)	Length (mm)	Hardness (kg)	Dry	Fresh		
(Control) 0 <sup>2</sup>	57.9a <sup>3</sup>	27.0a	0.9b	16.9a	40.0a	0.9b	3.6b	23.7a	84.3a	50c <sup>2</sup>
6	54.3a	26.2a	0.8b	17.1a	34.2ab	1.2b	3.8b	20.2a	81.3a	62b
12	50.4a	25.0a	1.7a	16.5a	33.5b	2.0a	4.6a	19.6a	75.0b	77a

<sup>2</sup>Operation time of fans to maintain the wind velocity at 1-2 m/s.

<sup>3</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test,  $p < 0.05$ .

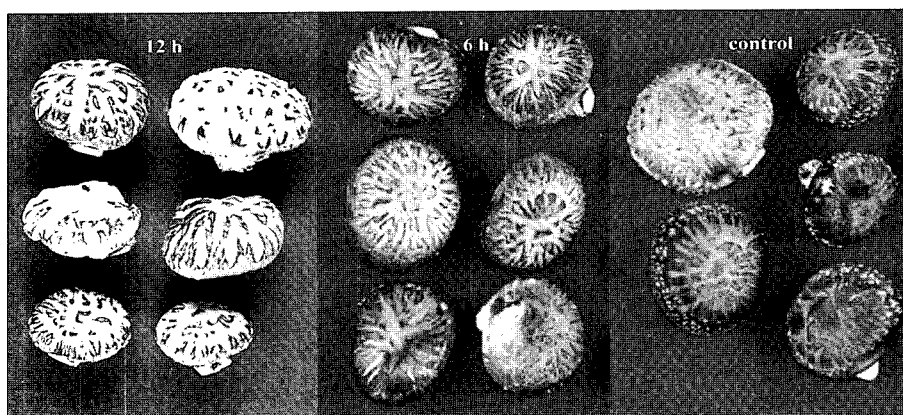


Fig. 3. Comparison of fruit bodies of oak mushrooms grown at different wind velocities. (The 0, 6 and 12 h mean the fan-operation times to maintain the wind velocity at 1~2 m/s).

높았지만, 건물중은 반대의 경향으로 나타났다. 버섯의 함수율은 풍속처리구에서 약 6~8%정도 낮았다. L 값은 풍속이 12시간 지속될 경우에 77로서 풍속이 없는 무처리구에 비하여 크게 높았으며, 갓과 균병의 경도도 다른 처리구에 비하여 높은 것으로 나타났다(Table 3).

풍속의 증가는 산소공급을 증가시켜 버섯의 영양생장과 자실체 형성에 영향을 주지만, 과도한 풍속의 상승은 자실체의 수분 증발을 증가시키고 함수율을 저하시켜 성장을 억제시킨다(Lee, 2001). 본 결과에서 적용한 풍속은 실제로 표고버섯의 생산지역에서 고품질 버섯이 생산되는 시기에 측정된 평균 풍속 1~2 m·s<sup>-1</sup>으로서 (Son and Choi, 2000), 풍속이 없는 경우에 비하여 6시간 이상의 풍속을 조성한 경우에 생육과 품질이 양호하였다. 특히 12시간 지속될 경우, 증발에 의하여 생체중은 감소하였으나, L값은 높은 것으로 나타났다.

실용적 차원에서는 강제환기에 의해 풍속을 유발시키는 것은 비효율적이고, 시설의 자연 환기율을 극대화하는 것이 효율적이라고 생각된다. 표고버섯의 수량과 품질을 동시에 향상시키는 것은 쉽지 않지만, 수량과 품질에 관여하는 환경요인과의 관계를 분석함으로써 최적의 방법을 모색하는 것이 필요하다.

## 적 요

표고버섯의 생육과 품질은 환경요인에 직접적인 영향을 받기 때문에, 시설재배에서는 생육과 품질을 향상시키기 위해서 적절한 환경조절이 필요하다. 본 연구에

서는 시설재배 하에서 야간 기온(무처리, 5~11°C, 12~18°C), 주간 상대습도(무처리, 6시간 및 12시간 가습), 풍속(무처리, 풍속 6시간 및 12시간 유지)에 대하여 버섯의 생체중, 건물중, 함수율, 갓의 직경, 두께, 착색도, 균병의 직경, 길이를 측정하였다. 야간 온도가 낮을수록 품질이 향상되었고, 생체중을 고려할 경우에 최저온도는 최저 생육온도 3°C이상 8°C 이하가 적절하였다. 주간에 상대습도 (70~80%)를 계속 유지시키면 생체중은 증가하지만, 고품질을 얻기 위해서는 50%정도가 적절하였다. 6시간 이상의 평균 풍속 (1~2 m·s<sup>-1</sup>) 처리구에서 생육과 품질이 양호하였고, 12시간 지속될 경우, 증발에 의하여 생체중은 감소하였으나, L값이 높은 것으로 나타났다. 표고버섯의 수량과 품질을 동시에 향상시키는 것은 쉽지 않지만, 수량과 품질에 관여하는 환경요인과의 관계를 분석함으로써 최적의 방법을 모색할 수 있을 것으로 판단된다.

**주제어** : 주간 상대습도, 원목재배, 야간 기온, 풍속

## 인 용 문 헌

1. Jong, S.C. and J.M. Birmingham. 1993. Medicinal and therapeutic value of the Shiitake mushroom. *Adv. Appl. Microbiol.* 39:154-184.
2. Joo, M.C. 1996. The analysis of management and the management of cultivation of *Lentinus edodes*. I for full-development of mycelium in bed logs. *J. Kor. For. Soc.* 85(4):596-604 (in Korean).
3. Lee, J.Y. 2001. *Mycology and Mushroom Cultivation.*

- Daegwang Publishing Co. p. 476 (in Korean).
4. Lee, S.P., S.K. Kim., B.C. Choj., S.C. Lee, and K.U. Kim. 1995. Growth and aromatic constituents of wild and domesticated *codonopsis lanceolata* grown at two different regions. *Kor. J. Crop. Sci.* 40(5):587-593 (in Korean).
  5. Lee, T.S. 2000. New cultivation techniques of oak-mushroom. Korea Forest Research Institute. Report 158. p. 14-17 (in Korean).
  6. Lee, T.S. and M.K. Ko. 1996. Innovation of long-cultivation for *Lentinus edodes*. Proceeding of Kor. Soc. Mycology, 96 November Symposium. p. 3-14 (in Korean).
  7. Min, D.S. 1995. Oak-mushroom of new cultivation and management. *The Farmer's Newspaper*. p. 245-247 (in Korean).
  8. SAS Institute. 1995. SAS system for windows. Release 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
  9. Son, J.E. 2000. Thermal and ventilative characteristics of single-span oak mushroom production facility as affected by area of roof openings and shading rates. *J. Bio-Env. Control* 9(2):120-126 (in Korean).
  10. Son, J.E and W.S. Choi. 2000. Analysis of climatic factors during growing period of high-quality oak mushroom (*Lentinus edodes*(Berk) Sing). *J. Bio-Env. Control* 9(2):115-119 (in Korean).
  11. Suzuki, S. and S. Oshima. 1976. Influence of Shiitake (*Lentinus edodes*) on human serum cholesterol. *Mushroom Sci.* 9. (Part 1). p. 463.
  12. Ohira, I. and T. Matsumoto. 1984. Effect of temperature on the yield and shape of *Letinus edodes* fruit bodies. Rept. Tottori Mycol. Inst., Japan 22:76-77.