

재배사내 CO₂ 농도가 아위느타리버섯의 생육 및 수량에 미치는 영향

원선이^{1*} · 장명준² · 주영철² · 이용범³

¹경기도농업기술원 원예산업연구과, ²경기도농업기술원 버섯연구소, ³서울시립대학교 환경원예학과

Optimum CO₂ Concentration for Fruit-body Formation and Yield of *Pleurotus ferulae* Mushroom in the Growing Facility for Bottle Cultivation

Seon Yi Won^{1*}, Myoung Jun Jang², Young Cheoul Ju², and Yong Beom Lee³

¹Horticultural Industry Research Div., GARES, Hwaseong 445-300, Korea

²Mushroom Research Institute, GARES, Kwangju 464-870, Korea

³Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

Abstract. The effects of CO₂ concentration on fruit-body formation and yield of *Pleurotus ferulae* (KME65003) mushroom were examined in the growing facilities for bottle cultivation. The CO₂ concentration levels in the growing facilities were 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm and 2000 ppm of CO₂, controlled by different ventilation amount. Yield of fruit body was highest of 102.4 g/bottle at 1000 ppm treatment and lowest of 75.1 g/bottle at 2000 ppm. As the CO₂ concentration increased up to 2000 ppm, the first pinhead formation and fruit-body growing period took longer, so total growing period took 16 days at 500 ppm, but 23 days at 2000 ppm. The number of pinhead formation was highest of 12.2/bottle at 1500 ppm and valid stipes was highest of 2.8/bottle at 1000 ppm. Fruit body characteristics such as pileus and stipe diameter, and stipe length were not significant at different CO₂ concentration. The fruit body ratio of 20~50 g range among the whole fruit body which was classified by weight was highest of 60.3% at 1000 ppm. As a result, the suitable CO₂ concentration of growth and yield of *Pleurotus ferulae* was showed as 1000 ppm.

Key words : *Pleurotus ferulae*, bottle cultivation, carbon dioxide concentration of growing facility

서 론

버섯은 호기성 미생물로서 호흡과정에서 이용한 산소와 같은 양의 탄산가스와 수분, 그리고 에너지 대사과정 중에 발생하는 호흡열 등을 방출한다. 이러한 호흡산물 중 탄산가스는 버섯 재배공간에 용존하는 산소에 비하여 비중이 높으며 이로 인하여 축적도가 산소에 비하여 높아지게 된다. 또한 제한된 공간속에서의 이산화탄소의 축적은 버섯의 자실체로의 분화 및 생육에 절대적으로 필요한 산소의 감소를 초래하게 된다(Kim, 2005). 대부분의 버섯은 고농도의 이산화탄소에 의해 자실체 형성 과정에서 가스 장해를 일으켜 자실체의 분화 및 형성에

나쁜 영향을 받기 때문에 이산화탄소의 농도는 버섯재배에 있어 중대한 관심사가 되고 있다(Lee 등, 2007; Chang 등, 1993, 2004; Sung 등, 1998).

버섯의 균사생장과 자실체의 발생에 영향을 미치는 환경적 요인은 온도, 광, 공기, 습도, 재배사의 각종 가스농도 등을 들 수 있는데, 이러한 재배사 내부의 환경조건은 재배방식이나 재배종에 따라 각기 다른 반응을 보이게 되며, 특히 병재배는 상대적으로 열린 공간에서 재배하는 균사재배에 비해 환경적 변화에 민감하게 반응하므로 좀더 세심한 관리를 요하게 된다. 특히, 재배사내 CO₂ 농도는 느타리버섯이나 팽이버섯의 경우 병재배시에 접종후 15일경이 되면 CO₂ 배출량이 최고가 되고 그 이후는 감소하며 균류기 이후 다시 증가하여 버섯형성때 가장 높아지며 자실체 생육시는 또 다시 낮아진다(Jung 등, 2005; Ju 등, 2004). 자

*Corresponding author: wsunni@gg.go.kr
Received May 18, 2010; Revised May 30, 2010;
Accepted June 7, 2010

실체 형성시 환기부족으로 인한 과도한 CO₂ 농도는 매우 유해하여 발이의 지연 및 어린버섯의 사멸을 초래하기도 하며, 생육기에는 버섯의 대가 길어지고 갖은 적어지게 하기도 한다.

이와 같이, 버섯의 종류 및 재배방식에 따라 CO₂ 농도에 대한 생육반응은 달라지게 되는데 아위느타리버섯의 대량생산을 위한 시설 병재배시 균사생장 및 자실체 발생에 적절한 CO₂ 농도에 대하여 아직까지 보고되지 않은 실정으로, 본 연구에서는 아위느타리버섯의 CO₂ 농도에 따른 생육 및 수량 반응을 검토하여 시설 병재배에 적합한 CO₂ 농도를 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험에 사용된 균주는 경기도농업기술원 버섯연구소에서 수집·선발한 아위느타리버섯(*Pleurotus ferulae*) KME65003 계통으로, 4°C에서 계대·보관하던 원균을 PDA 평판배지에서 7일간 배양한 후 250ml 삼각플라스크(툽밥 + 미강 = 80 : 20)로 옮겨 다시 20일간 증식한 후, 툽밥과 미강을 80 : 20으로 혼합한 종균배양병(850ml)에 10g씩 접종하여 20~22°C에서 30일간 배양한 후 시험용 종균으로 사용하였다. 버섯생육을 위한 배지의 조성은 미송툽밥 + 비트펄프 + 면실박 = 50 : 30 : 20(v/v)의 비율로 혼합하여 사용하였고, 배지의 수분 함량은 65% 내외로 조절하여 850ml 병에 580~600g이 되도록 충전한 후 121°C에서 90분간 고압살균하고 냉각한 후 미리 배양한 종균을 병당 10g 내외로 접종하였다. 접종이 완료된 배지는 온도 20°C, 상대습도 60 ± 5%로 조절되는 배양실에서 30일간 배양한 후 병목 1cm 아래 부분에서 병목부근의 균사체를 균꺾기한 후 생육실로 옮겨 CO₂ 농도에 따른 생육반응을 검토하였다. CO₂ 농도는 입상후부터 수확기까지 ① 500ppm, ② 1000ppm, ③ 1500ppm, ④ 2000ppm 등 4수준으로 조절하여 시험을 실시하였다. 생육실 규모는 3m × 3m × 2.5m의 판넬재배사로, CO₂ 농도는 CO₂ 측정기(MyCO₂, Edynbergh, England)를 이용하여 환기량을 달리하면서 각 처리의 농도를 조절하였고, 생육 온도는 전처리 모두 16°C로 조절하였으며 발이 이후부터 수확기까지는 상대습도를 80%로 유지관리하면서 생육시켰다. 버섯의 초발이 소요일수는 균꺾기한 후 생육실에 입상한 날로부터 전체 병

수의 70%가 버섯 원기가 형성될때까지의 경과일수를, 생육일수는 원기형성후 수확까지의 소요일수를 조사하여 나타내었고, 발이개체수는 크기가 2cm 이상인 자실체의 총수를, 유효경수는 중량 10g 이상인 자실체수를 조사하여 나타내었으며, 수량은 병 전체의 자실체 무게를 측정하여 나타내었다. 버섯 중량 등급별 분포비율을 나타내기 위하여 전체 자실체의 개별 중량을 측정하여 50g 이상, 50~20g, 20g 이하의 3등급으로 분류하여 총 발이개체수에 대한 등급별 개체수를 비율로 나타내었으며, 자실체의 갓직경, 대직경, 대길이 등은 농촌진흥청 농업과학기술연구 조사분석기준(RDA, 2003)에 준하여 실시하였다.

결과 및 고찰

재배사내 CO₂ 농도에 따른 아위느타리버섯의 수량 및 생육상황은 Table 1과 같다. 버섯 수량은 CO₂ 1000ppm 처리에서 102.4g/병으로 가장 많았고, CO₂ 2000ppm 처리에서 75.1g/병으로 가장 적게 나타났는데, CO₂ 500~1500ppm 처리간에는 95.8~102.4g/병으로 처리간 차이가 없었고, CO₂ 2000ppm 처리만 현저히 적어져 유의차가 인정되었다. 자실체 발생 초기 단계의 발이율은 CO₂ 500, 1000, 1500ppm 처리에서는 96.5~96.9%로 큰 차이가 없었으나 CO₂ 2000ppm 처리에서 95.3%로 다소 낮은 경향이였으며, 초발이소요일수는 CO₂ 농도가 높아질수록 길어지는 경향으로 CO₂ 500, 1000ppm 처리에서는 6일로 같았으며 CO₂ 1500, 2000ppm 처리에서는 각각 8일과 9일 소요되었으며, 생육일수 또한 같은 경향으로 수확에 소요되는 전체 재배일수는 CO₂ 500ppm 처리에서는 16일이 소요된 반면, CO₂ 2000ppm 처리에서는 23일로 현저히 길어져 CO₂ 농도가 높아짐에 따라 발이율이 떨어지고 재배기간도 현저히 길어짐을 알 수 있었다. Lee 등(2006)은 큰느타리버섯은 환기요구도가 높아 환기량이 부족한 경우 발이가 잘 되지 않고 이산화탄소 고농도에 의한 장애를 쉽게 받아 생리장해나 세균병이 발생하게 된다고 보고하였는데 본 실험에서는 CO₂ 2000ppm 처리에서 생육이 억제되거나 지연되는 결과를 나타내었다.

버섯 발생 초기의 발이개체수는 CO₂ 500ppm 처리에서 7.6개/병으로 가장 적었고 1500ppm 처리까지는

재배사내 CO₂ 농도가 아위느타리버섯의 생육 및 수량에 미치는 영향

Table 1. The fruit-body formation characteristics and yield of *Pleurotus ferulae* (KME65003) by different CO₂ concentration in growing facility.

CO ₂ conc. (ppm)	Yield (g/bottle)	Pinheading bottle's rate (%)	First pinheading period (days)	Fruitbody growing period (days)	No. of pinheading /bottle	No. of valid stipe ^z /bottle
500	95.8	96.5	6	10	7.6	2.7
1,000	102.4	96.9	6	11	10.6	2.8
1,500	96.3	96.9	8	13	12.2	2.4
2,000	75.1	95.3	9	14	10.1	2.3
LSD ($\alpha = 0.05$)	21.7				NS	NS
C.V.	12.5				49.2	30.6

^zfruitbody which weighted > 10 g

12.2개/병으로 CO₂ 농도가 높을수록 발이개체수가 증가하다가, 2000ppm 처리에서 다시 10.1개/병으로 감소하는 경향을 보였으나 유의차는 없었으며, 유효경수 또한 처리간 차이는 없는 것으로 나타났다.

CO₂ 농도에 따른 자실체의 생육특성을 비교하기 위하여 수확기 자실체의 갓직경, 대직경, 대길이, 기형을 등을 조사하여 Table 2와 같이 나타내었다. CO₂ 농도에 따른 처리별 생육상황을 비교해 보면 수확기 갓 직경은 CO₂ 500ppm 처리에서는 각각 6.2cm, 2000ppm 처리에서는 5.2cm로 CO₂ 농도가 높아질수록 적어지는 경향이었고, 대 직경은 CO₂ 1500ppm 처리까지는 3.1~3.3cm/개로 같은 경향이였으나, CO₂ 2000ppm 처리에서는 2.2cm/개로 현저히 적어지는 경향이였다. 자실체 대의 길이는 CO₂ 1500ppm까지는 CO₂ 농도와 비례하여 길어져 9.3cm/개로 가장 높았으나 2000ppm 처리에서는 8.3cm/개로 낮아져 다소 억제되는 경향이였다. 비정형 자실체 발생율은 CO₂ 500~1500ppm 처리에서는 4.0~7.3%로 유의차가 없었으나 2000ppm 처리에서는 13.8%로 현저히 증가하여 다른 처리와 통계적 유의차가 인정되었다. 이와 같은 결과로 아위느타

리버섯은 CO₂ 1500ppm까지는 극심한 stress를 받지 않으나 2000ppm 농도에서는 자실체 생육억제 및 발육장애가 일어남을 알 수 있었다. 자실체 갓와 대의 길이에 대한 비율(A/B)은 CO₂ 농도가 높을수록 적어져 500ppm 처리에서는 0.8이었으나, 2000ppm 처리에서는 0.6으로 재배사내 CO₂ 농도가 높아짐으로서 갓의 신장이 억제되었음을 알 수 있었는데 이는 큰느타리버섯 재배시 환기량이 너무 많으면 대의 생장은 둔화되고 갓의 성장만 조기에 촉진되어 대가 짧고 갓이 큰 버섯이 발생된다는 Lee 등(2006)의 연구결과와도 일치하였다.

대부분의 버섯은 CO₂ 농도가 높을 경우 가스장애가 일어나 자실체의 분화과정 중 형태 형성이 제대로 이루어지지 않으므로 생육단계에 맞는 CO₂ 농도의 조절은 버섯재배에 있어서 중요한 요소가 된다(Lee 등, 2007; Jung 등, 2005). 본 실험에서도 균류기 후 생육 17일이 경과한 아위느타리 버섯의 생육상황을 보면 Fig. 1에서와 같이 CO₂ 농도 500ppm 처리에서는 1~2개의 자실체만 발육하여 갓이 현저히 커지고 대는 위축되어 있었고, CO₂ 1000, 1500ppm 처리에서는

Table 2. Morphological characteristics of fruitbody by different CO₂ concentration in growing facility of *Pleurotus ferulae* (KME65003).

CO ₂ conc. (ppm)	Dia. of pileus (A) (cm)	Dia. of stipe (cm)	Length of stipe (B) (cm)	(A)/(B)	Abnormal fruit body formation rate (%)
500	6.2	3.2	8.0	0.8	7.3
1,000	6.2	3.1	8.7	0.7	4.0
1,500	5.6	3.3	9.3	0.6	5.9
2,000	5.2	2.2	8.3	0.6	13.8
LSD ($\alpha = 0.05$)	NS	NS	NS	NS	5.4
C.V	10.3	29.0	12.6	10.6	37.3



Fig. 1. Development state of fruit body grown for 17 days in cultivation room by different CO₂ concentration.

3~4개의 자실체가 비교적 균일하게 신장하여 일반적인 아위느타리버섯의 형태를 나타내고 있었으며 1000ppm 보다 1500ppm 처리에서 갓의 신장의 다소 지연되고 있음을 알 수 있었다. 2000ppm 처리에서는 Table 1, 2에서 고찰한 바와 같이 생육 17일차에서의 자실체는 갓과 대 모두 생육이 극히 저조하고 신장이 제대로 이루어지지 않은 상태로 재배기간이 더욱 소요되어야 함을 알 수 있었다.

이와 같은 결과로 아위느타리버섯은 환기량이 많아 CO₂ 농도가 낮은 조건에서는 대의 발육과 동시에 갓의 신장이 일어나 자실체가 충분히 발육하지 않은 상태에서 수확기에 도달하므로 재배일수가 짧아지고 충분한 수량을 확보할 수 없으며 갓만 너무 커져 상품성이 떨어지기 쉬운 특성을 나타내며, 반면 CO₂ 농도가 너무 높아질 경우에는 전체적으로 생육이 억제 또는 지연되어 재배일수가 길어지고 수량도 현저히 떨어지며 정상적인 자실체 발육도 이루어지지 않아 비상상품성 버섯의 발생이 많아지는 것으로 나타났다. Ha (2002) 등이 수한느타리 1호와 춘추느타리 2호에 대하여 CO₂ 농도별 생육반응 및 수량성에 대하여 연구한 결과에서는 수한느타리 1호는 1000~1500ppm 범위에서, 춘추느타리 2호는 500~1000ppm 범위에서 가장 상품성이 높은 자실체를 생산할 수 있었고 수량 또한 높았다고 보고하였는데, 본 실험에서는 CO₂ 1000ppm 과 1500ppm 처리에서 가장 양호한 생육을 보여 수한느타리1호와 같은 결과를 나타내었다.

CO₂ 농도별 수확기 버섯의 개체별 중량을 측정하여 총 조사개체수에 대한 등급별 개체수의 분포비율을 측정 한 결과는 Table 3과 같다. 개체중 50g 이상인 자실체의 비율은 CO₂ 500ppm 처리에서 10.3%로 가장 높았으나, 20~50g 범위는 CO₂ 1000ppm 처리에서 60.3%로 가장 높게 나타나, 상품화가 가능한 20g 이

Table 3. The ratio of fruit body classification according to weight range by different CO₂ concentration in growing facility.

CO ₂ conc. (ppm)	Ratio of grade by weight (%)		
	> 50 g	20~50 g	< 20 g
500	10.3	43.1	46.6
1,000	5.1	60.3	34.6
1,500	7.8	51.6	40.6
2,000	0.0	40.7	59.3

Table 4. Physiological characteristics of fruit body by different CO₂ concentration in growing facility.

CO ₂ conc. (ppm)	Hardness (kg/cm ²)		Cohesiveness (%)		Gumness (kg)	
	Pileus	Stipe	Pileus	Stipe	Pileus	Stipe
500	4.8	3.7	60.0	80.9	1.6	1.7
1,000	3.3	3.8	57.7	77.3	1.3	1.8
1,500	3.4	3.4	57.2	80.5	1.1	1.4
2,000	3.8	3.5	60.7	79.1	1.4	1.5

상의 버섯 생산비율은 CO₂ 1000ppm 처리에서 65.4%로 가장 높은 것으로 나타났으며, CO₂ 2000ppm 처리에서는 50g 이상의 버섯은 발생하지 않았고, 20g 이하의 생산비율이 59.3%로 가장 높게 나타나 상품화에 적합한 20g 이상의 버섯 생산 비율은 40.7%로 가장 적었다. 이와 같은 결과는 CO₂ 500ppm 처리에서는 발육 초기에 생육이 양호하였던 1~2개의 자실체만 급격히 신장하여 50g 이상의 버섯발생 비율이 다른 처리보다 높아졌으며, CO₂ 2000ppm 처리에서는 높은 CO₂에 의해 자실체의 발육이 억제되어 50g 이상의 자실체는 전혀 발생하지 않았고 개체중 20g 이하의 자실체 비율만 높아진 것으로 판단되었다.

수확기 자실체 갓과 대의 경도, 응집성, 검성은 Table 4와 같다. 자실체 경도는 CO₂ 500ppm 처리에서 갓의 경도가 4.8kg/cm²로 다소 높은 경향이었고 대는 처리는 처리간 차이가 없었으며, 응집성과 검성은 대부분의 버섯류에서와 같이 갓보다는 대의 응집성이 큰 것으로 나타났으나 CO₂ 농도에 따른 큰 차이는 없었다.

적 요

아위느타리버섯에 대한 재배사내 CO₂ 농도에 따른

재배사내 CO₂ 농도가 아위느타리버섯의 생육 및 수량에 미치는 영향

생육 및 수량성을 검토하여 시설재배에 적합한 CO₂ 농도를 구명하고자 재배사의 CO₂ 농도를 500, 1000, 1500, 2000ppm으로 조절하면서 재배시험을 실시한 결과, 자실체 수량은 CO₂ 1000ppm 처리에서 102.4g/병으로 가장 높았고, CO₂ 2000ppm 처리에서 75.1g/병으로 가장 적게 나타나 통계적으로 유의하였다. CO₂ 농도에 따른 초발이 소요일수는 CO₂ 농도가 증가할수록 길어지는 경향으로 CO₂ 500, 1000ppm 처리에서는 6일, CO₂ 1500, 2000 처리에서는 각각 8일과 9일이 소요되었으며 생육일수 또한 같은 경향을 나타내어 수확에 소요되는 전체 재배일수는 CO₂ 500ppm 처리에서는 16일, CO₂ 2000ppm 처리에서는 23일로 나타났다. 아위느타리버섯의 생육상황은 발이개체수는 1500ppm 처리에서 12.2개, 유효경수는 1000ppm 처리에서 2.8개로 가장 많은 경향이었고, 자실체 갯직경, 대직경, 대길이 등은 처리간 차이가 없었으며, 자실체의 비정형과 발생율은 CO₂ 500, 1000, 1500ppm 처리에서는 4.0~7.3%로 유의차가 없었으나 2000ppm 처리에서 13.8%로 현저히 증가하였다. 수확기 자실체의 중량에 따른 등급별 분포는 50g 이상은 갯의 신장이 1~2개체에서만 두드러졌던 500ppm 처리에서 10.3%으로 가장 높았으나, 상품화가 가능한 상등급과 중등급의 비율은 CO₂ 1000ppm 처리에서 65.4%로 가장 많았고, CO₂ 2000ppm 처리에서는 20g 이하의 하품의 비율이 59.3%로 가장 높은 것으로 나타났다. 수확기 자실체 갯과 대의 경도, 응집성, 검성 등의 물리적 특성은 처리간 큰 차이가 없어 CO₂ 농도가 수확기의 자실체 물성에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 아위느타리버섯 대량생산을 위한 시설재배사의 적정 CO₂ 농도는 자실체 수량과 유효경수가 많고 상품화가 가능한 중량의 개체 생산비율이 높은 CO₂ 1000ppm 처리가 가장 적합한 것으로 나타났다.

주제어 : CO₂ 농도, 병재배, 아위느타리버섯

사 사

이 논문은 농촌진흥청에서 시행한 지역특화기술개발 과제로 수행되었음.

인 용 문 헌

1. Chang, S.T., J.A. Buswell, and S.W. Chiu. 1993. Mushroom Biology and Mushroom Products. p.370. The Chinese University Press, Hong Kong.
2. Lee, H.-U., M.-J. Ahn, S.-W. Lee, and C.-H. Lee. 2007. Effects of Various Ventilation Systems on the Carbon Dioxide Concentration and Fruiting Body Formation of King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii*) Grown in Culture Bottles. Journal of Life Science 17(1):82-90.
3. Kim, K.H. 2005. The Strategy and Counterplan of Mushroom Cultivating Management for increase of the stable income. Cheonan Yunam Collage. pp.39-55 (in Korea).
4. Jung, K.J., D.S. Choi, H.K. Choi, and K.C. Jung. 2005. Development of Growing Method of *Pleurotus ferulea Lanzi*. Annual Report of Jeollabuk-Do ARIS. pp.794-802.
5. RDA. 2003. The Standard Guide Book of Research, investigation and Analysis in Agricultural Science Technology.
6. Chang, S.-T. and Philip G. Miles. 2004. Mushrooms(Cultivation, nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact).
7. Sung, J.M., Y.B. Yoo, and D.Y. Cha. 1998. Mushroom Science. p614 Kyo-Hak Publishing Co. Ltd., Seoul.
8. Ha, T.M., Y.C. Ju, and J.H. Chi. 2002. The Growing Technology of New Oyster Mushroom Cultivar in Bottle Culture. Annual Report of Kyounggi-Do ARES. pp.733-761.
9. Ju, Y.C., T.M. Ha, J.H. Chi, and G.J. Lim. 2004. Studies on Production Cost Reduction and All the Year Round Production System for King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii*) Bottle Culture. RDA Report.