

큰느타리버섯 재배의 최적 CO₂ 조건

류재산^{1)*} · 김민근¹⁾ · 조속현¹⁾ · 윤용철²⁾ · 서원명²⁾ · 이현숙³⁾

¹⁾경남농업기술원 식물환경연구과, ²⁾경상대학교 농업생명대학 농공학과, ³⁾경상대학교 자연과학대학 미생물학과

Optimal CO₂ level for cultivation of *Pleurotus eryngii*

Jae-San Ryu^{1)*}, Min-Keun Kim¹⁾, Sook-Hyun Cho¹⁾, Young-Chul Yun²⁾, Won-Myung Seo²⁾, Hyun-Sook Lee³⁾

¹⁾Dept. of Plant Environment, Gyeongnam Agriculture and Research and Extension Services, Jinju 660-360, Korea,

²⁾Dept. of Agricultural Engineering, Gyeongsang National Univ. Jinju 660-701 Korea,

³⁾Dept. of Microbiology, Gyeongsang National Univ. Jinju 660-701 Korea

ABSTRACT : Carbon dioxide(CO₂) promotes development of primordia and depress differentiation of sporophore and gill containing basidia, have an effect on quality. This experiments were conducted to elucidate optimal level of CO₂ for king oyster mushroom(*Pleurotus eryngii*). King oyster mushroom was cultivated under 1,600, 2,400, and 3,200ppm CO₂. Harvest ratio in normal plot were 98.6, 99.3, and 93.8% at 1,600, 2,400, 3,200ppm, respectively, so 2,400ppm is optimal. The yield per bottle was 102.5g at 2,400ppm, better than 99.7g at 1,600ppm, The CO₂ concentration of 2,400ppm was also the best condition for quality, 6.1 at 2,400ppm was 115% of 1,600ppm's. In thinning treatment plot, quality at 2,400ppm was 9.5 better than 1,600ppm whose quality was 9.4. The yields per bottle were 90.7, 98.2, 77.3g at 1,600, 2,400, 3,200ppm respectively. These results show that 2,400ppm was optimal CO₂ concentration for quantity of King Oyster mushroom as well as quality.

KEYWORDS : King oyster mushroom, *Pleurotus eryngii*, cultivation, Carbon dioxide(CO₂)

서 론

큰느타리버섯은 1950년대에 이미 재배에 관한 연구로 인공재배에 성공하였으나, 대량생산체계의 구축은 1990년대 초의 일로 비교적 최근에 재배가 활발해졌다. 원산지가 유럽대륙의 지중해연안과 남부독일의 반건조한 스텝기 후지역이며 동양권으로의 도입이 늦어 1990년대 초에 대만에 먼저 도입되었고, 일본과 한국, 중국이 순차적으로 도입하였다. 현재 재배기술 분야는 한국이 앞서고, 기초연구나 육종은 일본이 우위에 있다는 것이 대체적인 시각이다. 국내에는 1995년 처음 도입된 비교적 새로운 버섯이고, 우수한 상품성과 맛으로 폭발적 생산량의 증가세 (6,000톤('02) 33,000톤('04) (농림부 특용작물생산실적, 2004)를 보여 왔다. 큰느타리버섯을 생육시키는 재배사는 팽이 재배사나 느타리 재배사를 변형 혹은 개조하여 사용하였는데, 초기에는 환기문제로 버섯이 죽거나, 연장장애로 재배에 어려움을 겪었다. 큰느타리버섯 만을 위한 재배사를 건설하고, 공간이 넓은 느타리버섯 재배사를 개조하여 사용함으로써 점차적으로 재배환경이 개선되었으나, 객관적이고 과학적인 연구 없이 농업인의 경험에 의한 재배법이 주로 이루어지고 있다. 최근 가격이 하락하고 국내

시장의 수요가 한계에 다다름으로 인해서 국제 시장에 나아가야 하나 고품질의 버섯을 안정하게 생산하는 일은 아직도 어려운 일이어서 품질에 영향을 줄 수 있는 요인을 정밀하게 구명하여 농가에 제시하는 것이 시급하다고 하겠다. 큰느타리버섯의 생육에 관여하는 요인들 중 가장 중요한 것 중 하나가 CO₂인데 이것은 발이나, 갓, 주름형성에 많은 영향을 끼친다. (R. Noble, M. E. Love, 1991)

본 과제에서는 큰느타리버섯의 생육상태에 영향을 주는 주요한 요인으로 CO₂(환기)를 정밀하게 조절할 수 있는 연구재배사에서 여러 수준의 설정하여 각 요인의 최적 조건을 구명하여 밝혀내고자 하였다.

재료 및 방법

공시균주 및 배지

본 실험에 사용한 큰느타리(*Pleurotus eryngii*)는 농촌진흥청에서 분양받은 큰느타리2호를 사용하였으며, MCM (Mushroom Complete Media) 배지를 사용하여 25℃에서 계대배양하며 사용하였다. 재배실험에 사용한 배지는 미송 톱밥 : 첨가제의 비율을 7:3(부피비)로 하였고, 첨가제는 미강:밀기울의 비율이 1:1로 하였다. 배지의 수분은 63~67%로 맞추고 850ml PP(Polypropylene) 병에 580g의 배지를 충전하여 121℃에서 90분간 살균하여 사용하였다.

*Corresponding author: <coolmush@dreamwise.com>

배양 및 생육환경조건

배양을 위해서는 포플러 톱밥:미강을 7:3으로 혼합하여 살균한 배지에 균사를 만연시킨 MCM 배지조각 4개를 접종하여 키운 종균을 약15g 접종하여 온도 23℃, 상대습도 60%, CO₂ 2,000ppm이하로 맞춘 배양실에서 35일 배양시켰다. 35일 배양 후 균굽기를 하여 종균과 기존배지를 깊이 1cm가량 제거하였다. 생육실의 크기는 바닥면적 7.3평 체적은 7.9m³이다. 환기를 위하여 동력환기팬은 1/4마력 시로코팬을 균상열의 중앙에 각 1대 설치하였고, 흡입구는 북도쪽에 가로 세로 의 환기창을 설치하였다. 습도는 발이기까지 90% 습기까지(자실체크기 2.5~3cm정도) 85% 습기 후 수확기까지 80%로 유지하였다. 온도는 균굽기부터 습기까지 15℃ 습기 후부터 수확까지 14℃를 유지하였다. CO₂조건은 1,600, 2,400, 3,200ppm 이하로 맞추어 생육환경을 조성하였다.

습기, 방임 및 자실체 특성평가

습기는 자실체의 크기가 2.3~3cm까지 커지면 가장 건실한 1대만을 남기고 나머지는 살균된 칼로 제거하였다. 방임은 습기처리 없이 수확기까지 유지해주는 것이다. 자실체의 갓이 충분히 개산되기 전에 수확하여 밀둥치의 균괴를 제거한 후 무게, 길이, 대두께, 갓직경, 갓의 색도 등을 측정하였다. 대 두께는 대의 중간지점을 측정하였다. 품질기준은 앞서의 자실체 특성을 9점측정법을 사용하여 9(좋음)~1(나쁨)의 순서로 평가하였다.

결과 및 고찰

CO₂ 농도에 따른 자실체 발생 특성

CO₂ 농도에 따른 큰느타리버섯의 발생특징을 살펴보면, 발이소요일수에 있어서 1,600ppm일 경우 10.5일 2,400ppm과 3,200ppm일 경우는 10일 정도 소요되었다. 이것은 CO₂의 농도가 자실체의 발생을 촉진시킨다는 연구결과와 일치하는 것으로 2,400, 3,200ppm간의 차이가 없는 것은 두처리간의 발이초기의 CO₂ 농도가 비슷하다는 것을 의미한다. 균굽기일로부터 수확완료일까지의 수확소요일은 1,600, 2,400, 3,200ppm 방임처리에서 각각 18.5, 18.5, 19.5일이 소요되었고, 습기 처리구에서는 16.0, 16.0 그리고 15.5일이 소요되었다. CO₂의 농도가 높으면

보통 수확기가 빨라지는데 3,200ppm정도의 고농도에서는 습기여부에 따라 다른 결과가 도출되었다. 이것은 습음처리를 하여 하나만 남기고 나머지를 제거하면 CO₂에 대한 저항성이 커져서 촉진효과를 보이고, 방임구에서는 발이가 고르지 못하거나 개체간에 생육시기가 다르면 높은 농도의 CO₂에 오히려 피해를 받아서 수확소요일수가 길어지게 된다. 수확율은 버섯재배의 경제성분석에서 있어서 중요한 의미를 가지는데, 습기처리구가 98.8%로서 방임의 97.2%보다 102% 높은 수치를 보였다. CO₂의 농도별로는 습기처리에서 1,600, 2,400ppm에서 100%수확되었고, 3,200ppm에서는 96.5%의 수확율을 보였다. 방임처리에서는 더 분명한 차이를 보여서 1,600, 2,400, 3,200ppm에서 각각 98.6, 99.3, 93.8%의 수확율을 보였다. 3,200ppm정도의 고농도에서는 병발생정도가 높게 나타나서 폐기하는 비율이 높아진다.(표 1)

방임처리구의 CO₂농도에 따른 자실체특성

방임처리구에서 CO₂ 농도가 1,600, 2,400, 3,200ppm이하로 유지하였을 경우 자실체의 특징은 대길이에 있어서 각각 95.9, 98.4, 89.6mm고, 대두께는 27.7, 28.9, 30.9mm였다(표2). 이러한 결과는 CO₂가 대길이 신장을 촉진하는 효과가 있는 기존의 연구결과와 일치하였다. 본 연구결과 대두께가 증가하는데도 영향을 미친 것으로 나타났다. 갓직경에 있어서 CO₂의 농도가 높아질 수록 41.3, 39.2, 37.4mm로 작아졌으며, 수확한 자실체의 무게는 각각 98.6, 102.5, 98.5g으로 나타났다. 1,600에서 3,200ppm까지의 농도조건에서 대의 길이가 길어지고 대의 두께가 두꺼워져서 무게도 정의 상관관계를 보일 것 같았지만 대의 두께를 대의 중간부분에서 측정하기 때문에 3,200ppm에서는 자실체 대두께가 밀부분은 두껍고 위쪽은 가늘어져서 무게가 많이 나가지 않는다. 무게와 함께 가장 중요한 특징 중의 하나인 품질에 있어서는 2,400ppm에서 6.1로써 가장 우수하였고 1,600ppm에서 5.5, 3,200ppm에서는 5.4를 기록하였다. 3,200ppm에서는 병당 경수가 1.9개임에도 불구하고 지나치게 높은 CO₂ 농도에 의해 갓형성이 지연되고 주름(gill)이 대에 수평으로 형성되어 품질이 전반적으로 저하되었다. 병당 경수에 있어서는 3,200ppm이 1.9개로 가장 좋았다. CO₂ 농도는 발이를 촉진시키지만, 작은 개체의 생장을 억제하기 때문에 발이기를 지나 신장기

Table 1. Effect of CO₂ on development of primordia and period of harvesting

CO ₂ 농도 (ppm)	Days for pinheading	Days for harvest		Periods of harvesting (days)		Harvest rate (%)	
		Normal	Thinning	Normal	Thinning	Normal	Thinning
1,600	10.5	18.5	16.0	3.5	3.0	98.6	100
2,400	10.0	18.5	16.0	3.5	3.0	99.3	100
3,200	10.0	19.5	15.5	4.5	4.0	93.8	96.5

Table 2. Effect of CO₂ on fruit body property in normal treatment plot

CO ₂ conc. (ppm)	Height (mm)	Diameter of stipe(mm)	Diameter of pileus(mm)	Weight (g)	Quality* (1~9)	No. of stipe/bottle
1,600	95.9	27.7	41.3	99.7	5.5±1.5	2.5
2,400	98.4	28.9	39.2	102.5	6.1±1.7	2.2
3,200	99.6	30.9	37.4	98.5	5.1±2.0	1.9

* : 9(good) ~ 1(bad)

때에는 발이개체가 많아도 유효한 경수가 줄어들게 된다. CO₂ 농도에 따른 방입처리구의 품질별 수량(그림1)을 살펴보면, 상품으로 분류되는 9~7까지의 품질별 수량이 2,400ppm에서 5,951g이고 전체 수확량 중 40.6%를 차지하였다. 다음으로는 3,200ppm의 4,258g이고 32%를 차지하였다. 그러나 증품은 1,600ppm이 6,441g(45.5%)가 생산되어 가장 많았고, 2,400ppm은 5,716(39%), 3,200ppm은 4,736g(35.6%)가 생산되었다. 하품은 3,200ppm이 4,311g(32.4%)를 생산하여 가장 많은 양이 생산되었다. 종합적으로 볼 때 2,400ppm이 가장 우수한 품질생산량을 보였고, 1,600ppm과 3,200ppm이 그 뒤를 따랐다. CO₂ 농도는 자실체 모양형성에 가장 많은 영향을 주는데 어느 정도까지의 농도는 품질과 수량에 긍정적인 영향을 미치나, 지나치게 높으면 오히려 악영향을 끼친다는 것을 알 수 있다. 총 입상량을 기준으로 한 병당무게는 CO₂농도에 더 민감한 반응을 보였다. 즉 1,600, 2,400, 3,200ppm에서 각각 98.3, 101.8, 92.4g으로 최고/최저

비율이 110%이상이었다.

숙음처리조건시 CO₂ 농도에 따른 자실체특성

큰느타리버섯 초기 재배법은 수량에 초점을 맞추어 유효 경수가 많게끔 환경조건을 맞추었으나, 대량 생산 속에 품질차별화가 일어나자 안정적으로 발이 되면서 유효경수는 줄이는 방법을 많이 연구하게끔 되었다. 발이수를 자체를 조절한다는 것은 어려운 기술이고, 자칫 잘못하면 발이시기가 불균일하여 환경설정에 어려움이 있을 수 있다. 그리하여 농가에 보급된 것이 인위적으로 우량한 1~2대만을 남기고 나머지를 제거해주는 방법이다. 이것을 숙음처리라고 하는데, 중부이남 지역에서는 폭넓게 이용되고 있다. 그래서 숙음재배법에 맞는 환경조건 확립실험도 병행하여 수행하였다.

숙음처리의 CO₂ 농도에 따른 대길이의 변화는 방입처리구와 같이 길어졌다(표 3). 방입구보다 숙음처리구에서 대길이가 98mm와 121.9mm로 124%길어졌다. 각각의 농도에 따른 대길이는 3,200ppm에서 123.4mm로 가장 길었으며, 2,400ppm에서 122.2mm, 1,600ppm에서는 120mm였다. 대두께는 2,400ppm이 42mm로 가장 두꺼웠고, 3,200ppm이 40.7mm로 다음이었다. 갓직경은 1,600ppm이 52mm, 2,400ppm이 47.3mm, 3,200ppm이 32.2mm를 기록하였다. CO₂의 신장촉진, 갓 생성억제의 효과를 본 실험 결과로 확인할 수 있었다. 두께는 3,200ppm에서 다소 가늘어졌다. 수확량은 2,400ppm에서 98.2g으로 가장 많이 수확되었고, 3,200ppm이 77.3g으로 가장 적은 양이 수확되었다. 특히 3,200ppm에서는 갓직경이 대두께보다 작아서 품질상의 문제가 발생하였고, 갓이 기형이 되거나, 주름(gill)이 불균일하게 발달하는 기형증상이 나타나서 품질이 저하되었다. 품질은 2,400ppm이 가장 우수하였고,

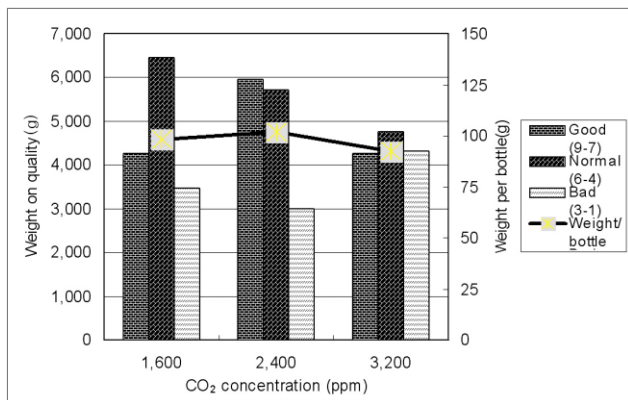


Fig. 1. Effect of CO₂ on quantity classified by quality in normal treatment plot(whole bottle)

Table 3. Effect of CO₂ on fruit body property in thinning treatment plot

CO ₂ 농도 (ppm)	Height (mm)	Diameter of stipe (mm)	Diameter of pileus (mm)	Weight (g)	Quality* (1~9)
1,600	120.0	38.6	52.0	90.7	9.4±0.8
2,400	122.2	42.0	47.3	98.2	9.5±0.7
3,200	123.4	40.7	32.2	77.3	8.0±0.5

* : 9(good) ~ 1(bad)

Table 4. Effect of CO₂ on quantity classified by quality in thinning treatment plot(whole bottle)

CO ₂ Conc. (ppm)	Weight on quality(g)/Ratio(%)			Index of weight
	9≤	9>,8≤	8>,7≤	
1,600	5,342/40.9	5,446/41.7	2,272/17.4	121
2,400	6,108/43.2	6,172/43.7	1,852/13.2	131
3,200	3,480/32.4	3,953/36.8	3,309/30.8	100

3,200ppm이 8.0으로 가장 낮은 수치를 기록하였다. CO₂농도를 달리하고 숙기처리를 한 자실체의 특성은 표 4와 같다. 즉 특품이라고 할 수 있는 품질 9는 2,400ppm에서 6,108(43.2%)g이고, 1,600ppm에서는 5,342g(40.9%), 3,200ppm에서는 3,480g(32.4%)으로써 가장 적은 생산량을 보였다. 상품인 품질8은 1,600, 2,400, 3,200ppm에서 각각 5,446g(41.7%), 6,172g(43.7%), 3,953g(36.8%)으로 2,400ppm에서 가장 많이 생산되었다. 결과적으로 특품과 상품 생산비율을 보면 2,400ppm에서는 86.9%이고, 1,600ppm에서는 82.6%이고, 3,200ppm에서는 69.2%로 가장 낮은 비율을 보였다. 품질뿐만 아니라 전체 생산수량에서도 3,200ppm에서 생산한 것을 100이라고 보면 1,600ppm은 121, 2,400ppm은 131이었다. 이러한 결과는 고농도의 CO₂가 자실체의 정상적인 발달과정을 억제시켜서 3,200ppm에서 다른 처리구에 비해 비정상적인 자실체들이 많이 나타났기 때문이다. CO₂의 농도가 1,600ppm 일 때 갓의 형성이 대와 직각으로 형성되어 정상적인 모습에 가까우나 2,400ppm 부터는 갓의 아랫부분인 길(gill)이 대로부터 직각으로 발달하지 않고 대와 평행을 이루는 주름이 형성되기 시작한다. 3,200ppm에서는 갓과 길(gill)의 형성이 억제되어 대부분의 자실체가 대두께가 갓직경 보다 크다.



Fig. 2. Characteristics of fruit body with difference of carbon dioxide level.

큰느타리버섯은 갓직경과 대두께가 차이가 작을 수록 고 품질버섯으로 평가된다. 1,600ppm의 버섯은 가장 전형적인 버섯형태를 갖추고 있고, 2,400ppm의 경우 전형적인 버섯갓의 모양과는 약간 차이가 있지만 품질상으로 우수한 것으로 판명 받을 수 있다. 그리고 CO₂ 3,200ppm을 처

리한 생육실에서 작업시에 작업자들이 고농도의 CO₂에 의한 것으로 추정되는 경미한 두통과 답답한 느낌을 가지는 경우가 있어 작업환경 측면으로는 버섯품질면에서 바람직하지 않는 환경조건으로 사료된다.

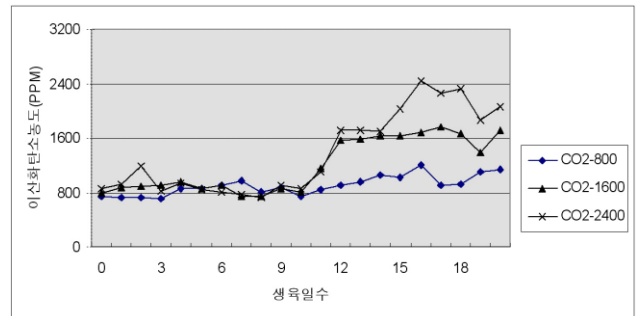


Fig. 3. Changes of carbon dioxide level with cultivation days(1,000bottles/7.9m²).

생육일수별, 생육실 체적별 CO₂ 농도변화

갓의 형성에 있어서 가장 영향을 많이 미치는 요소는 CO₂의 농도이다. CO₂는 적절한 농도에서는 발이수를 늘리는 작용을 하고 높아지면 갓과 길(gill)의 발달을 억제시키는 작용을 한다. 자연계의 버섯균사들이 지하부나 목재 등의 기질에서 자실체가 형성되지 않고 지상부로 나와서 분화가 되는 것은 아마도 이전단계에서는 CO₂의 농도가 높아서 분화신호가 억제되었기 때문이 아닌가 생각한다. 자연계에서 채취되는 버섯은 대부분 주름(gill)의 발달이 충분이 갓이 충분히 개산되어있거나 개산되기 전의 상태이고, 상대적으로 대두께가 가늘고 갓의 크기가 상당히 크다. 그러나 인공재배 되는 버섯들은 갓이 작고 대의 두께가 두껍다. 이것은 자연환경과 재배환경의 CO₂ 농도의 차이에서 기인한 것으로 사료된다. 버섯은 타가생물이기 때문에 지속적으로 CO₂를 배출한다. 적정한 CO₂ 농도를 넘어서게 되면 환풍기로서 인위적인 환기를 시켜주어야 한다. 체적이 작으면 더 자주 환기를 시켜야 하는데, 환기를 시키게 되면 생육실 내부의 온도, 습도조건이 외부공기로 인해 평형상태가 깨어지게 된다. 그림 2는 바닥면적이 7.3평이고 체적이 7.9m³인 생육실에 850ml 배양병 1,000개를 입상하여 800, 1,600, 2,400ppm으로 설정된 생육실내의 변화를 관측한 것이다. 각 생육실은 79.8×60cm 크기의 무동력

환기창을 통해 신선한 공기가 통할 수 있게 하였는데, 10일까지 800ppm대를 유지하였다. 발이가 시작된 11일부터 급격하게 농도가 증가하여 지속적으로 상승하였다. 설정치 이하로 CO₂농도를 유지하기 위하여 동력 시로코팬을 설치하였는데, 800ppm은 4일 만에 가동되었고, 1,600ppm은 13일 만에, 2,400ppm은 16일 만에 가동되었다. 균굽기 후 균사의 재부상과 응집까지는 많은 CO₂가 배출되지 않지만 발이가 시작되면 배출량이 급격히 증가한다.

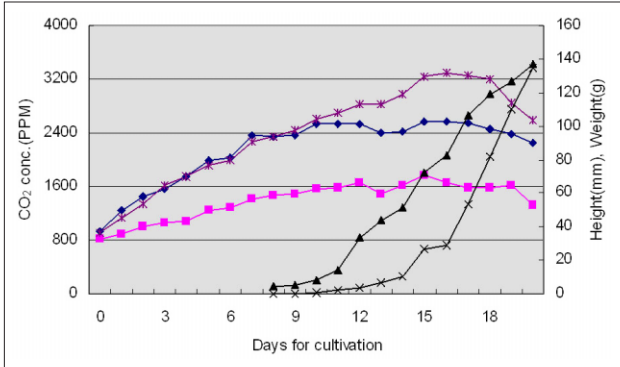


Fig. 4. Changes of carbon dioxide level and fruit body with cultivation days (3,000bottles / 7.9m³).

그림 3은 같은 체적(7.9m³)의 생육실에 850ml 배양병을 각각 3,000병씩 입상하고, CO₂ 설정치를 한단계 높여서 1,600ppm, 2,400ppm, 그리고 3,200ppm으로 설정하고 CO₂농도의 변화치를 측정 한 것이다. 이번 처리는 CO₂농도를 설정치까지 급격하게 끌어올리기 위해 2,400ppm과 3,200ppm 설정 생육실의 무동력환기창을 모두 밀봉하였다. 1,600ppm 생육실은 그대로 개방하였다. 균굽기 후 생육 2일째부터 지속적으로 CO₂의 농도가 높아졌다. 발이기를 기점으로 CO₂의 농도증가속도가 빨라졌다. 7일경에 2,400ppm 생육실의 환기창이 가동되기 시작하였고, 15일부터는 3,200ppm의 생육실의 환기창도 가동되기 시작하였다. 대길이와 무게도 발이기 이후 30mm까지는 완만한 증가세를 보이다가 이후에는 급격한 신장기를 보였다.

적 요

CO₂는 버섯의 발이를 촉진하고 갓의 생성을 억제해서, 담

자포자를 가지는 주름(gill)의 발달을 억제하여 버섯의 품질을 결정하는데 영향을 미친다. 본 실험에서는 큰느타리버섯의 생육에 가장 적합한 CO₂농도를 구명하려고 1,600, 2,400, 3,200ppm 이하의 농도에서 버섯생육 실험하였다. 방임처리구에서 수확율은 방임조건 1,600, 2,400, 3,200ppm에서 각각 98.6, 99.3, 93.8%로 2,400ppm이 가장 우수하였고, 병당 무게에서도 2,400ppm이 가장 우수한 102.5g이 수확되었다. 품질은 2,400ppm이 6.1, 1,600ppm에서 5.5로 111% 우수하였다. 속음처리구에서 품질은 1,600, 2,400, 3,200ppm에서 9.4, 9.5, 8.0로 2,400ppm이 가장 높았다. 병당 수확량은 1,600, 2,400, 3,200ppm에서 각각 90.7, 98.2, 77.3g 이어서 방임처리구와 마찬가지로 2,400ppm에서 많은 수확량을 보였다. 이러한 결과를 놓고 볼 때 방임과 속음처리구의 최적 CO₂농도는 2,400ppm으로 사료된다.

감사의 글

본 연구결과는 농림부 농림기술관리센터(ARPC)의 연구비 지원의 일부결과이며, 연구비 지원에 감사합니다.

참고문헌

강미선, 강태수, 강안석, 손형락, 성재모. 2000. 큰느타리버섯 (*Pleurotus eryngii*)의 균사배양 및 인공재배에 관한 연구. 한국균학회지 28: 73-80.

김한경, 정종천, 석순자, 김광포, 차동열, 문병주. 1997a. *Pleurotus eryngii*균의 인공재배(1). 한국균학회지 25(4): 305-310.

김한경, 정종천, 석순자, 김광포, 차동열, 문병주. 1997b. *Pleurotus eryngii*균의 인공재배(2). 한국균학회지 25(4): 311-319.

농림부. 2004. 2004년 특용작물생산실적. 8~10p

이대진, 김공포, 이병의. 2003. 큰느타리(*Pleurotus eryngii*)의 인공재배에 관한 연구 한국균학회지. 31(3) 192~199,

小出博志. 2001. 버섯재배전과. 농문협. 171-177.

澤章三. 2001. 신타산에린기. 농문협. 74-106

R, Noble, M. E. Love, 1991. Carbon dioxide enrichment to control the growth of the mushroom *Agaricus bisporus* for mechanical harvesting. Mushroom Science 13: 253~261.