Journal of Bio-Environment Control, 18(3):208-214, (2009)

느타리버섯의 품종별 환기횟수에 따른 생육특성

장명준* · 하태문 · 이윤혜 · 주영철
경기도농업기술원 버섯연구소

Growth Characteristics of Variety of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) as Affected by Number of Air Exchanges

Myoung-Jun Jang*, Tae-Moon Ha, Yun-Hae Lee, and Young-Cheol Ju
Mushroom Research Station, GARES, Gwang-Ju 464-870, Korea

Abstract. In this study, we investigated the effects of the number of air exchanges (NAE) on shape fruit body in two oyster mushrooms, Chunchu 2# and Suhan 2#. The suitable NAEs of Chunchu 2# were $1/10h^{-1}$ at primordial induction, $1/6h^{-1}$ at early stage of growth, $1/4h^{-1}$ at middle stage of growth, $1/4h^{-1}$ at late stage of growth and those of Suhan 2# were $1/6h^{-1}$ at primordial induction, $1/6h^{-1}$ at early stage of growth, $1/4h^{-1}$ at middle stage of growth, and $1/2h^{-1}$ at late stage of growth. In those conditions, the fruit bodies grew well. CO_2 concentration hardly affected the primordial formation of both mushrooms. However there were ventilation disturbances over 1500ppm. For instance, the end of pileus rolled up etc. As a result, Suhan 2# required higher ventilation compared with Chunchu 2# and the lower NAE was favorable for growth.

Key words : bottle cultivation, carbon dioxide, oyster mushroom, respiration

서 언

버섯은 호기성 생물체로 호흡산물로 이용한 산소량과 동량의 이산화탄소, 수분 및 에너지 이화과정 중에 발생하는 호흡열 등을 방출한다. 이러한 대사산물 중 이산화탄소는 제한된 공간속에 축적되게 되고, 이산화탄소의 농도가 높아지면 버섯의 대가 길어지고 갓의 발달이 저해되어 기형버섯이 발생하게 된다.

Lambert(1933)는 버섯재배에 있어 담자포자 발달에 높은 이산화탄소 농도가 해로운 영향을 끼친다고 하였고, 버섯 재배사에서 산소와 이산화탄소는 중요한 인자로 알려져 있다(Miles 등, 1997). Thepa 등(1999)은 에너지 평형방정식을 이용하여 환기모델을 제시하고 증발냉각과 지속적인 환기를 통해 지나친 온도상승을 억제하고 버섯생육에 적합한 습도를 유지할 수 있다고 보고하였다. 표고재배시설의 환기특성이 분석되었으며(Choi 등, 2000), 자연환기상태의 표고재배시설에서 에너지평형방정식을 이용한 환기모델과 수치해석기법을 이용하여 환기구의 환기량을 계산하였다(Son, 2000). 느타리버섯 균사생장을 위해 이산화탄소농도를 15% 이하, 자실체가 형성될 때에는 0.03~0.3%로 조절하여야 한다고 보고되었다(Sung 등, 1998).

이와 같이 대부분의 식물이나 동물을 위한 시설의 효과적인 환경제어는 동 · 식물에 의해 차지한 공간으로부터 외부 공기의 흡입에서 비롯되며, 이러한 목적을 위한 환기시스템의 설계시 흡입된 공기의 양과 분포는 중요하다. 따라서 재배가 이루어지는 공간의 온도, 습도, 이산화탄소 등이 최적으로 조절되어야만 좋은 버섯 생장을 기대할 수 있는데, 버섯이 발생될 때부터 수확할 때가지는 반드시 환기를 시켜야 하며, 재배환경에 맞는 환기방식 및 환기팬의 용량 등을 설정하여야 한다. 그러나 실내 환경조건을 제어하는 공조기자재나 활용기술 및 버섯의 생리기작 등 종합적인 과학기술의 확립이 미흡한 실정이며, 더욱이 시설재배 중 가장 많은 부분을 차지하고 있는 느타리버섯에 관한 기초자료가 매우 부족한 실정이다. 또한 버섯재배사의 환기의 경우 자연환기를 하고 있는 간이재배사는 물론, 강제환

*Corresponding author: plant119@gg.go.kr
Received December 26, 2008; Revised August 3, 2009; Accepted August 5, 2009

기 시스템이 갖추어져 있는 영구재배사의 경우에도 버섯 생육단계 및 품종, 온도에 따른 체계적인 관리가 경험에 의존하고 있는 실정이다. 이에 재배사 설치시 품종별 환기요구도를 파악하고 그에 따른 생육단계별 적정 환기횟수를 설정코자 본 연구를 수행하게 되었다.

재료 및 방법

1. 시험균주 및 종균제조

시험에 사용한 균주는 춘추느타리 2호와 수한느타리 2호이며 PDA 평판배지에서 7일간 배양 후 톱밥과 미강이 80:20(v/v)로 혼합된 삼각플라스크에서 20일 배양시킨 다음 850cc P.P병에서 25일간 배양하여 종균으로 사용하였다.

2. 배지제조 후 배양관리

시험에 사용한 배지는 물에 불린 부피 기준으로 춘추느타리 2호의 경우, 미송톱밥 + 비트펄프 + 면실박(50:30:20, v/v), 수한느타리 2호의 경우는 미송톱밥 + 비트펄프 + 미강 + 면실박(50:40:8:2, v/v)의 비율로 제조하였다. 수분함량을 65% 내외로 조절하였고, 850cc 병에 580g을 입병하여 121°C에서 90분간 살균한 다음, 냉각 후 병당 약 10g씩 종균을 접종하였다. 배양온도는 20 ± 1°C, 상대습도는 65 ± 5%로 조절하여 25일간 배양하였다.

3. 환기시험용 장치제작

느타리버섯이 아크릴챔버(0.43m × 0.43m × 0.48m)에서 생육하는 기간의 CO_2의 농도를 측정하기 위해 유량계로 환기횟수(환기량/생육실 체적)를 챔버별로 각각 1/2, 1/4, 1/6, 1/8, 1/10h^{-1}으로 설정한 후 아크릴챔버 내부로 압축기를 이용하여 외부공기를 유입시켜 다른 쪽으로 배출되도록 하였다. 배출공기는 각각 용량에 맞는 펌프를 이용하여 배출하였으며, 공기압축기와 챔버사이

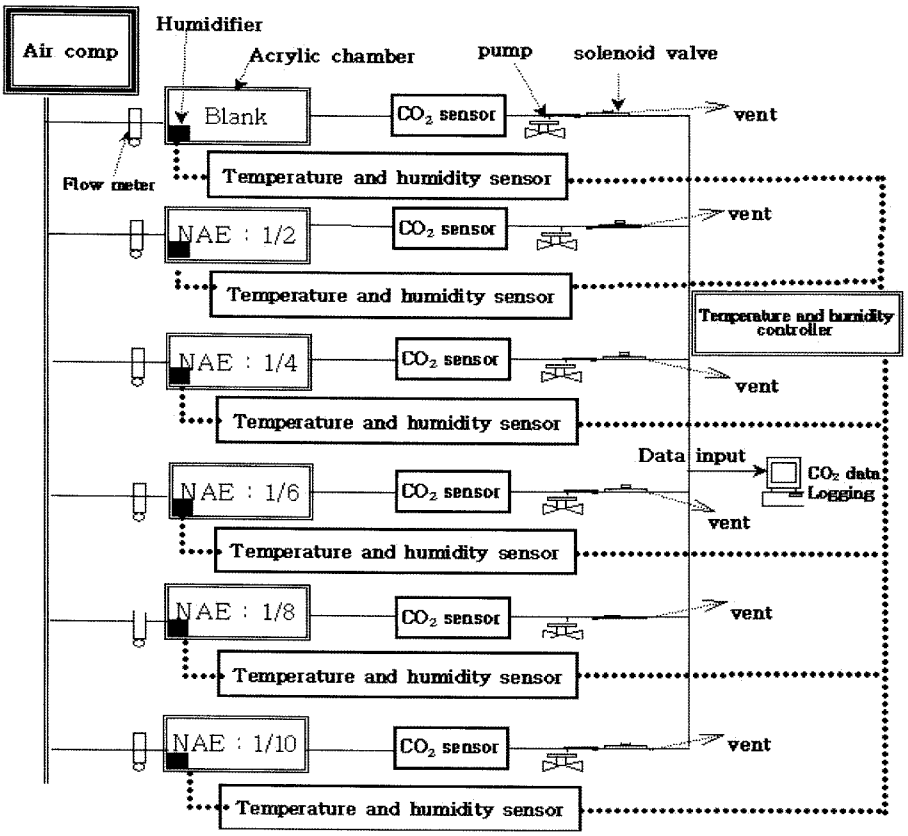

Fig. 1. A control and measurement system.

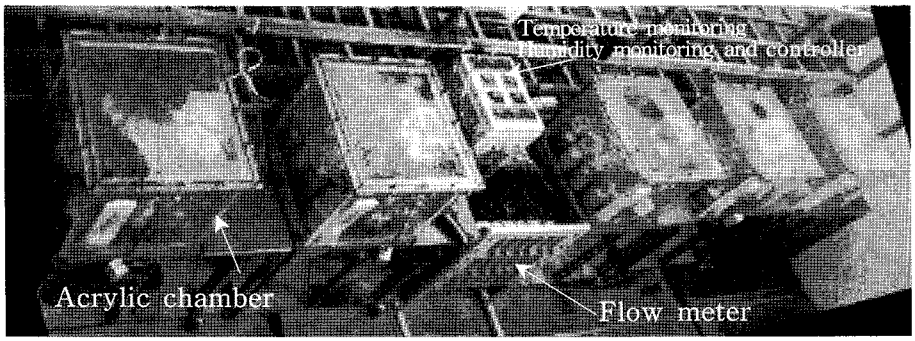

Fig. 2. Growth chambers for oyster mushrooms.

에 수분제거기(TB1374X, Mahle filter Co., Germany)를 설치하여 대기공기와 공기압축기에서 발생한 수분을 제거하였다.

또한 대조구를 설치하여 외부공기의 평균 CO_2 유입 농도를 측정하였으며, 환기횟수가 설정된 각각의 챔버에서 배출되는 CO_2량을 측정하는 방식으로 제작하여 시험을 수행하였다(Fig. 1, Fig. 2). 제작된 측정장치는 공기도입부, 유량계(RMA2, Dwyer instruments Inc., USA), 아크릴챔버, 근적외선 CO_2 농도 측정기(MYCO2, Edinburgh Instruments Ltd., England), 가습기, 모니터링 소프트웨어(Genie Strategy Editor version 2.12, American Advantech Co., USA), 온 · 습도 센서로 구성되어 있다. 이 중 가습기는 진동자를 이용하여 제작하였고, 습도센서와 습도제어기를 이용하여 상대습도를 조절하였다. 또한 근적외선 CO_2 농도 측정기는 수분의 침투를 방지하기 위해 실리카겔 필터를 제작하여 설치하였고, 측정기의 신호를 받아 수치로 변환하여 소프트웨어 프로그램으로 실시간 자료수집 및 저장을 하였다.

4. 생육환경조절 및 생육조사

생육단계 기준은 발이유도기는 균긁기 후~3일, 생육초기는 균긁기후 4일~6일, 생육중기는 7~9일(갓크기 1~2cm), 생육후기는 10~11일(갓크기 3~4cm)로 하였다. 생육온도는 15 ± 1°C를 유지하였고, 발이유도기에는 상대습도 90 ± 5%, 생육초기부터는 85 ± 5%로 설정하여 실험을 수행하였으며, 각각의 생육단계별로 환기시험용 챔버에 16병씩 입상하여 2일 동안 생육시킨 후 생육조사를 실시하였다. 상품화율은 자실체 중량에 대한 유효경수의 비율로 나타내었으며, 생육단계별 생육검정은 Kim(2006)이 보고한 비상품버섯의 사례를 기준으로 대가 곧고 갓이 원형인 것은 정상으로, 대가 뒤틀리거나 갓이 말리는 증상 등 생리적 장해현상이 발생되는 경우에는 비정상으로 구분하여 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 춘추느타리 2호의 환기횟수에 따른 생육단계별 생육특성

춘추느타리 2호의 발이유도기는 환기횟수 $1/2h^{-1}$일 경우 CO_2농도는 406ppm으로 갓형성이 늦어지는 경향이었고, 환기횟수 $1/4h^{-1}$에서는 갓의 형성이 빠른 경향이었다. 환기횟수 1/6, 1/8, $1/10h^{-1}$에서는 대의 형성 정도와 갓의 분화형태가 양호하였으며, CO_2 농도는

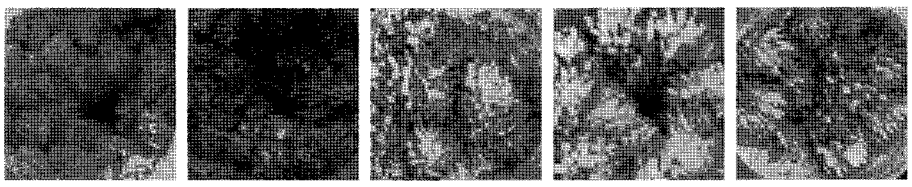

Fig. 3. Growth characteristics of Chunchu 2# at primordia formation period under different numbers of air exchanges (NAE).

Table 1. CO_2 concentrations in the chamber for Chunchu 2# under different NAEs and growth stages.

NAE (h^{-1})[z]	CO_2 concentration (ppm)			
	Primordia formation period	Early stage	Middle stage	Late stage
1/2	406	424	464	715
1/4	656	756	972	1,088
1/6	903	1,185	1,408	1,935
1/8	1,122	1,276	1,638	2,728
1/10	1,372	1,443	2,630	3,515

[z]NAE is the number of air exchanges in the cultivation room.

각각 903, 1,122, 1,372ppm으로 나타났다(Fig. 3).

초발이 이후 환기횟수를 조정하여 생육단계별로 CO_2 농도 및 생육특성을 조사한 결과는 Table 1 및 Table 2와 같다. 생육초기의 생육특성을 살펴보면 갓크기는 환기횟수 1/2h^{-1}에서 16.4mm로 가장 컸고, 환기횟수 1/10h^{-1}에서 12.0mm로 가장 작았다.

CO_2 농도 300~5,000ppm 조건에서 느타리버섯을 생육시킨 결과 고농도일수록 갓의 크기가 작아지고, 대의 길이는 500ppm보다 3,000ppm에서 길이가 길어지는 경향이라고 보고하였는바(Jang 등, 2003) 본 실험에서도 환기횟수에 따라 CO_2 농도가 높아질수록 이와 일치하는 경향이었다.

버섯 재배시 이산화탄소농도 제어는 생육시기에 따라 다르지만 600~1,000ppm 정도로 조절하여야 한다(Masanobu, 2001)고 하였으며, Ha 등(2002)은 춘추느타리 2호의 생육적정 CO_2 농도가 500~1,000ppm이고, 1,500ppm 이상에서는 품질이 떨어지는 경향을 나타낸다고 보고하였는바 본 실험에서도 생육초기의 환기횟수별 CO_2 농도범위는 424~1,443ppm로서 느타리버섯의 생육에 적합한 범위였다.

이상의 결과로 생육초기에서는 환기횟수 1/2~1/10h^{-1}에서 모두 생육이 가능하지만 환기횟수 1/2, 1/4, 1/6h^{-1}에서 상품화율이 높았고, 자실체의 형태도 양호하였다. 따라서 환기횟수가 클수록 환풍기의 용량이 크고 전력소모량이 커지기 때문에 이러한 전력소비량 등을 고려하여 생육초기에는 환기횟수 1/6h^{-1}으로 조정하여 생육관리를 하는 것이 춘추느타리 2호의 안정생산에 기여할 수 있을 것으로 판단되었다.

생육중기의 생육형태로 갓크기는 환기횟수 1/2h^{-1}에서 23.3mm로 가장 컸고, 환기횟수 1/10h^{-1}에서 16.8mm로 가장 작았다. 그리고 환기횟수 1/2, 1/4, 1/6h^{-1}에서 생육형태가 양호하였으며, 수량 및 상품화율은 환기횟수 1/2, 1/4h^{-1}에서 다른 처리구에 비해 높게 나타났고, 환기횟수 1/8, 1/10h^{-1}에서는 생육형태가 불량하였다.

Ha 등(2002)이 보고한 1,500ppm 이상에서 품질이 떨어진다고 하였는바 환기횟수 1/8h^{-1}에서 CO_2 농도가 1,638ppm으로 환기장해가 발생된 것으로 사료되며, 따라서 춘추느타리 2호의 생육중기에 생육관리를 위한 환기횟수는 1/4h^{-1}가 적정할 것으로 판단되었다.

춘추느타리 2호의 생육후기에서 갓크기는 환기횟수 1/2h^{-1}에서 33.9mm로 가장 컸고, 환기횟수 1/10h^{-1}에서 가장 작았다. 자실체 형태는 생육중기와 같이 환기횟수 1/2, 1/4h^{-1}에서 CO_2 농도가 각각 715, 1,088ppm으로 자실체 형태가 양호하였으며, 환기횟수 1/6h^{-1} 이

Table 2. Growth phase and morphological characteristics of Chunchu 2# under different NAEs and growth stages.

NAE (h^{-1})[z]	Early stage					Middle stage					Late stage				
	D.P[y] (mm)	L.S[x] (mm)	yield (g)	RHY[w] (%)	Exa[v]	D.P (mm)	L.S (mm)	yield (g)	RHY (%)	Exa	D.P (mm)	L.S (mm)	yield (g)	RHY (%)	Exa
1/2	16.4a[u]	45.7b	106a	85a	N	23.3a	60.3c	131a	80a	N	33.9a	88.3a	157a	75a	N
1/4	15.1b	46.7b	103a	84a	N	21.7b	66.1ab	130a	80a	N	28.7b	82.3b	155ab	73a	N
1/6	14.6bc	50.7a	98ab	82a	N	20.8b	64.9b	119ab	74b	N	28.6b	84.6ab	150ab	68b	A
1/8	13.8c	51.1a	94b	74b	A	17.3c	69.8a	116b	74b	A	27.3b	83.1b	147b	65b	A
1/10	12.0d	52.0a	90c	69c	A	16.8c	68.9ab	108c	73c	A	24.1c	75.9c	136c	59c	A

[z]NAE is the number of air exchanges in the cultivation room.
[y]D.P: Diameter of pileus, [x]L.S: Length of stipe, [w]RHY: Rate of a high-grade fruit-body yield
[v]Examination with the naked eye about shape of fruit-body: A (Abnormal), N (Normal)
[u]Mean separation within a line by Duncan's multiple range test at 5%

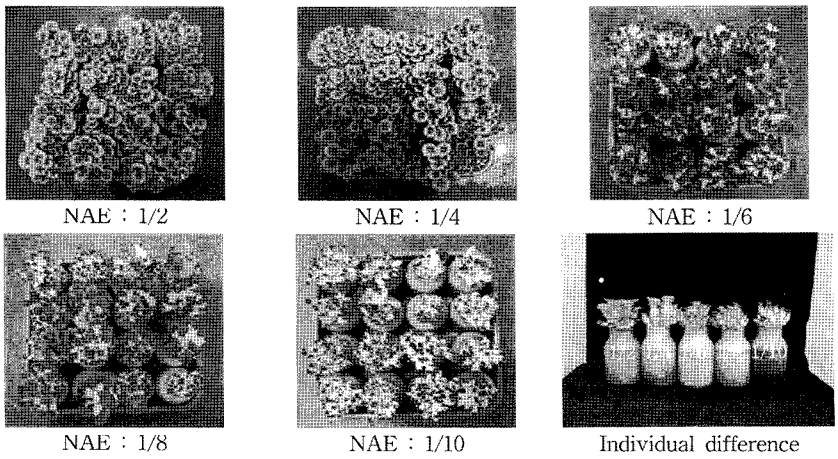

Fig. 4. Growth characteristics of Chunchu 2# at the late stage under different NAEs.

상에서는 CO_2 농도가 1,935~3,515ppm으로 자실체 형태가 불량하였다(Fig. 4). 따라서 춘추느타리 2호의 생육후기의 상품화율 및 경제성을 고려하여 볼 때 환기횟수 $1/4h^{-1}$가 적정할 것으로 판단되었다.

Yoo 등(2002)은 느타리버섯은 생육시에 CO_2에 대한 감수성이 가장 민감하게 나타나고 다음은 버섯이 발생될 때이고 균사생육시에는 크게 나타나지 않는다고 하였는데, 이와 같이 본 실험에서도 버섯이 발생될 때보다 생육시에 CO_2에 대한 감수성이 더 크게 나타났다. 그리고 춘추느타리 2호 병재배시 수확기 환기량이 부족하면 자실체 대가 구부러지고 갓이 뒤집어지거나 기형으로 변하는 특징이 있어 수확기 약 2일전부터의 환기량 조절이 버섯품질에 많은 영향을 미치며(Ha 등, 2002), 춘추느타리 2호의 생육단계가 진전될수록 호흡량이 증가한다는 연구결과(Jang 등, 2007)와 같이, 본 실험에서도 원기형성기 보다는 자실체의 생육시에 환기에 대한 요구도가 큰 것으로 나타났고, 환기횟수가 작을 경우, 즉 환기량이 부족할수록 환기장해 현상이 심하게 나타났다. 그러므로 춘추느타리 2호의 안정적 재배를 위해 실내체적을 고려하여 발이유도기에는 환기횟수 $1/10h^{-1}$, 생육초기에는 $1/6h^{-1}$, 생육중기와 생육후기 모두 $1/4h^{-1}$로 조정하여 재배하여야 할 것으로 판단되었다.

2. 수한2호의 환기횟수에 따른 생육단계별 생육특성

수한느타리 2호의 발이유도기에서 환기횟수 1/2, 1/8, $1/10h^{-1}$에서 갓의 분화가 늦어지는 경향이었으며, 환기횟수 1/4, $1/6h^{-1}$에서 CO_2 농도는 각각 877, 1,441ppm으로 초발이의 형태가 양호하였다(Fig 5). Jang 등(2007)에 의하면 수한느타리 2호의 경우 춘추느타리 2호보다 호흡량이 많다고 하였는바 춘추느타리 2호에 비해 환기량이 많아야 하며, 따라서 환기횟수는 $1/4h^{-1}$와 $1/6h^{-1}$이 적정하였고, 환풍기 용량을 고려하여 적정 환기횟수는 $1/6h^{-1}$으로 판단되었다.

수한느타리 2호의 환기횟수에 따른 생육단계별 CO_2 농도와 생육특성을 조사한 결과 Table 3 및 Table 4와 같다.

생육초기의 생육특성을 살펴보면 갓크기는 환기횟수

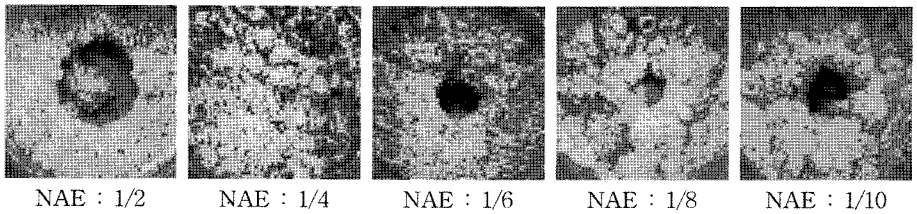

Fig. 5. Growth characteristics of Suhan 2# at primordia formation period under different numbers of air exchanges (NAE).

Table 3. CO_2 concentrations in the chamber for Suhan 2# under different NAEs and growth stages.

NAE (h^{-1})[z]	CO_2 concentration (ppm)			
	Primordia formation period	Early stage	Middle stage	Late stage
1/2	412	437	585	690
1/4	687	869	956	1,134
1/6	877	1,508	1,612	2,624
1/8	1,441	1,612	1,912	3,039
1/10	1,719	2,102	2,692	3,518

[z]NAE is the number of air exchanges in the cultivation room.

$1/2h^{-1}$에서 17.9mm로 가장 컸고, 환기횟수 $1/10h^{-1}$에서 13.4mm로 가장 작았다. 수한느타리 2호의 생육형태는 춘추느타리 2호와 달리 환기횟수 $1/8h^{-1}$과 $1/10h^{-1}$에서 생육형태가 불량하였는데, 이는 CO_2 농도가 각각 1,612, 2,102ppm로 Ha 등(2002)이 보고한 생육적정 CO_2 농도의 최대범위인 1,500ppm 이상이었기 때문인 것으로 판단되었다. 따라서 수한느타리 2호의 생육초기에 환기횟수 1/2, 1/4, $1/6h^{-1}$에서 생육이 양호하였고, 환풍기의 용량에 따른 전력소비량을 고려하여 환기횟수가 $1/6h^{-1}$이 적정한 것으로 보인다.

수한느타리 2호의 생육중기에서는 갓크기는 환기횟수 $1/2h^{-1}$과 $1/4h^{-1}$에서 26.7mm로 가장 컸고, 환기횟수 $1/10h^{-1}$에서 19.2mm로 가장 작았다. 생육형태는 춘추느타리 2호와 같이 환기횟수 1/2, $1/4h^{-1}$에서 생육형태가 양호하였으며, 환기횟수 1/6, 1/8, $1/10h^{-1}$에서 일부 환기장해현상이 발생하여 형태가 불량하였다. 이는 환기횟수 1/6, 1/8, $1/10h^{-1}$의 CO_2 농도가 각각

Table 4. Growth phase and morphological characteristics of Suhan 2# under different NAEs and growth stages.

NAE (h^{-1})[z]	Early stage					Middle stage					Late stage				
	[y]D.P (mm)	[x]L.S (mm)	yield (g)	[w]RHY (%)	Exa[v]	D.P (mm)	L.S (mm)	yield (g)	RHY (%)	Exa	D.P (mm)	L.S (mm)	yield (g)	RHY (%)	Exa
1/2	17.9a[u]	47.2ab	75a	77a	N	26.7a	63.3b	99a	70a	N	30.3a	76.2a	129a	71a	N
1/4	16.6ab	47.0ab	72ab	76a	N	26.7a	68.9a	97a	69a	N	24.1b	71.6b	123ab	67b	A
1/6	14.6bc	48ab	71ab	76a	N	22.7b	66.0ab	94ab	64b	A	22.3c	70.2b	121ab	60c	A
1/8	13.8c	43b	68c	72b	A	20.6c	68.9a	86c	62b	A	18.2d	68.9b	119ab	58d	A
1/10	13.4c	51.1a	65c	68c	A	19.2c	63.9ab	84c	58c	A	17.3d	69.6b	114b	56d	A

[z]NAE is the number of air exchanges in the cultivation room.
[y]D.P: Diameter of pileus, [x]L.S: Length of stipe, [w]RHY: Rate of a high-grade fruit-body yield
[v]Examination with the naked eye about shape of fruit-body: A (Abnormal), N (Normal)
[u]Mean separation within a line by Duncan's multiple range test at 5%

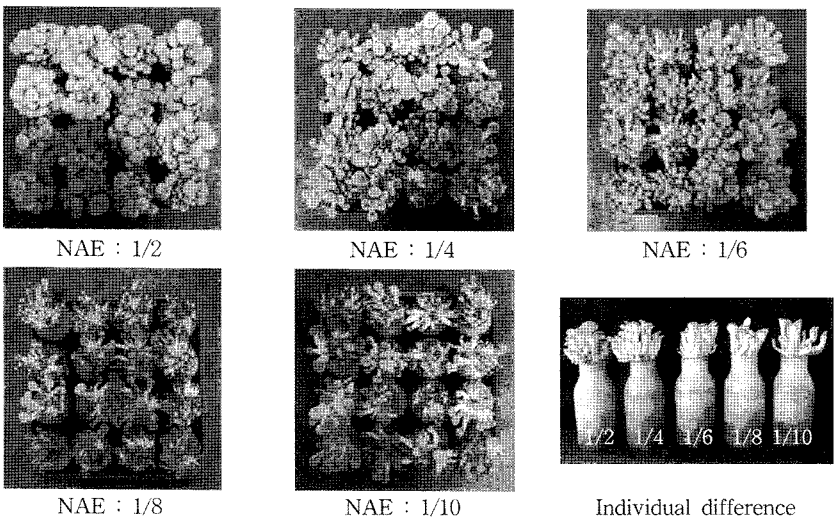

Fig. 6. Growth characteristics of Suhan 2# at the late stage under different NAEs.

1,612, 1,912, 2,692ppm으로 전 생육단계인 생육초기와 같이 적정 CO_2 농도가 1,500ppm 이상이었기 때문에 환기장해가 발생된 것으로 판단되며, 따라서 춘추느타리 2호와 같이 이 시기의 최적 환기횟수는 $1/4h^{-1}$이 적정한 것으로 판단되었다.

수한느타리 2호의 생육후기에 갓크기는 환기횟수 $1/2h^{-1}$에서 30.3mm로 가장 크게 나타났고, 환기횟수 $1/10h^{-1}$에서 17.3mm로 가장 작았다. 자실체형태는 같은 시기의 춘추느타리 2호와 달리 환기횟수 $1/2h^{-1}$에서만 상품화율 및 생육형태가 양호하였다(Fig. 6).

Jang 등(2007)은 수한느타리 2호의 경우 생육온도가 높아질수록, 생육단계가 진전될수록 호흡량이 많아진다고 보고한 결과와 같이 생육후기로 갈수록 호흡량이 많아져 환기량을 늘려야 할 것으로 판단되었으며, 따라서 춘추느타리 2호와는 달리 수한느타리 2호의 생육후기 최적 환기횟수는 $1/2h^{-1}$가 적정한 것으로 보인다.

적 요

춘추느타리 2호의 최적 환기횟수는 발이유도기 $1/10h^{-1}$, 생육초기 $1/6h^{-1}$, 생육중기와 생육후기 $1/4h^{-1}$에서 자실체의 생육이 양호하였고, 수한느타리 2호는 발이유도기 $1/6h^{-1}$, 생육초기 $1/6h^{-1}$, 생육중기 $1/4h^{-1}$, 생육후기 $1/2h^{-1}$에서 자실체의 생육이 양호하였다. 춘추느타리 2호 및 수한느타리 2호 원기형성기에는 이산화탄소의 농도의 영향이 크게 나타나지 않았지만, 자실체 생육시 1,500ppm 이상일 경우 갓의 끝부분이 위로 말려 올라가는 등 환기장해 현상이 나타났다. 이와 같은 결과로 춘추느타리 2호에 비해 수한느타리 2호의 경우 호흡량이 높아져서 환기요구도가 높았으며, 환기횟수가 클 경우 생육이 양호하였다.

주제어 : 느타리버섯, 병재배, 이산화탄소, 호흡

인 용 문 헌

1. Choi, W.S., K.S. Park, and J.E. Son. 2000. Environment analysis of oak mushroom production facilities using different shading methods. Journal of Bio-Environment Control 9(1):65-68.
2. Ha, T.M., Y.C. Ju, and J.H. Ji. 2002. Stable Production Technique of Oyster mushroom by bottle cultivation. Report of Gyeonggido Agricultural Research & Extension Services, p. 733-776 (in Korean).
3. Kim, G.H. 2006. Postharvest technology manual of oyster mushroom. The Ministry of Agriculture and Forestry, p. 198-199 (in Korean).
4. Lambert, E.B. 1933. Effect of excess carbon dioxide on growing mushrooms. J. Agric. Res. 47(8):599-608.
5. Masanobu, B. 2001. Cultivation techniques of Mushroom, p. 211-252. In: System of plant factory. CMC Technical library, Lnc (in Japanese).
6. Miles, P.G. and S.T. Chang. 1997. Mushroom biology: concise basics and current developments. World scientific publishing Co. Pte. Ltd. p. 48.
7. Jang, M.J., T.M. Ha, and Y.C, Ju. 2007. Comparison of respiration characteristics on the new variety of oyster mushroom according to the growth temperature. Journal of Mushroom Sciences and Production 5(2):65-70 (in Korean).
8. Jang, K.Y., C.S. Jhune, J.S. Park, S.M. Cho, H.Y. Weon, J.C. Cheong, S.G. Choi, and J.M. Sung. 2003. Characterization of fruitbody morphology various environmental conditions in *Pleurotus ostreatus*. Mycobiology 31(3):145-150.
9. Son, J.E. 2000. Thermal and ventilation characteristics of single span oak mushroom production facility as affected by area of roof opening and shading rates. Journal of Bio-environment Control 9(2):120-126 (in Korean).
10. Sung, J.M., Y.B. Yoo, and D.Y. Cha. 1998. Mushroom Science. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., p. 255 (in Korean).
11. Thepa, S., K. Kirtikara, J. Hirunlabh, and J. Khedari. 1999. Improving indoor conditions of a Thai-style mushroom house by means of an evaporative cooler and continuous ventilation. Renewable Energy. 17(3): 359-369.
12. Yoo, Y.B., G.G. Shin, D.J. Lee, and H.Y. Chang. 2002. The Principles of Mushroom Cultivation. Sang-Rok Publishing Co., Ltd. p. 141 (in Korean).