

새송이버섯 병재배에서 환기방법이 이산화탄소 농도 및 자실체형성에 미치는 영향

이현욱 · 안미정¹ · 이신우¹ · 이철호^{1*}

(주) 머쉬토피아 부설 버섯연구소, ¹진주산업대학교 작물생명과학과

Received September 4, 2006 / Accepted October 26, 2006

Effects of Various Ventilation Systems on the Carbon Dioxide Concentration and Fruiting Body Formation of King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii*) Grown in Culture Bottles. Hyun-Uk Lee, Mi-Jeong Ahn¹, Shin-Woo Lee¹ and Cheol-Ho Lee^{1*}. Mushroom Institute, Mushtopia Co., Ltd., Jinju, Gyeongnam 660-912, Korea, ¹Department of Crops Biotechnology, College of Life Sciences and Natural Resources, Jinju National University, Jinju, Gyeongnam 660-758, Korea – In an attempt to establish the appropriate ventilation device for the bottle culture of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*), we investigated carbon dioxide concentration and fruiting body formation according to the various ventilation systems within the mushroom house. In addition to, the efficiency of air circulation and growth rate as well as the appearance of physiologically abnormal phenotypes during their growth stage were also evaluated. Four different ventilation devices, parallel-pressure type, positive-pressure type, negative-pressure type, and positive- and negative-pressure type were applied in this study. The positive- and negative-pressure type showed the highest efficiency of air circulation as CO₂ concentration was 800 ppm and the level of air current was relatively low compared to the other types (the CO₂ concentration of parallel-pressure type was 1,400 ppm). Moreover, the stipe length, the cap diameter, yield, and general quality grown in positive- and negative type ventilation device were also better than in the other three devices though it took slightly longer period for harvesting (18.4 days) than the others (17.6, 17.9 and 18.3 days). The appearance of physiologically abnormal phenotypes such as fruiting body lump, soft rot, and brown rot were significantly decreased in positive- and negative type compared to other types, while the appearance rates were not much different for other symptoms of bacterial ooze, stipe limb and stipe bumpy. In summary, we propose that the optimal ventilation system for the bottle culture of king oyster mushroom is positive- and negative type, and this device is expected to increase the total quality as well as yield all year around.

Key words – king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*), ventilation, carbon dioxide concentration, fruiting body formation, bottle culture

서 론

새송이버섯의 학명은 *Pleurotus eryngii* (De Candolle ex Fries) Quel.이며, 새송이버섯은 분류학적으로 생물군>균계>진핵균아계>진균부>담자균아부>진정담자균강>동담자균아강(모균아강)>주름버섯목>느타리버섯과에 속하는 버섯으로서 백색목재부후균의 일종이다[8,17]. 일반명은 King Oyster Mushroom 또는 Boletus of the Steppes로 우리말로 왕(큰)굴버섯 또는 초원버섯으로 해석되지만, 우리나라에서는 큰느타리버섯으로 품종등록이 되어 있고, 상품명인 새송이버섯으로 정착되어 있다[14].

원산지는 남유럽 일대이며, 북아프리카, 중앙아시아, 남러시아 등지에 분포하고 있는 것으로 알려져 있다. 또한 떡갈나무와 뽕나무의 그루터기에서 자생하는 사물기생균으로 당근류에 속하는 몇몇 식물의 조직에서도 생장이 가능한 조건

기생균(반활물기생균)이라는 보고가 있으며, 산형과, 분과, 부처꽃과 등 초본식물의 뿌리에 질병을 유발시키는 병원균으로도 보고되어 있다[8,9,11,17].

버섯의 소비량은 국민소득과 비례하여, 세계적으로 버섯 생산량은 매년 3~4% 정도 증가하고 있는 추세에 있으며[6], 새송이버섯의 경우, 일본에서는 90년대 후반부터 인기품목의 하나로 버섯시장을 주도하고 있다[21].

새송이버섯은 자실체의 균사조직이 치밀하여 육질감이 뛰어나 맛이 탁월하고 자연산 송이와 식미가 거의 유사하며, 영양적인 측면에서도 비타민 C가 풍부하고 필수아미노산을 다양하게 함유하고 있으므로 개발의 가치가 매우 높다. 특히 다른 버섯에는 없는 비타민 B₁₂ (악성빈혈치유인자)를 함유하고 있고, 상황버섯이나 동충하초 등의 약용버섯보다 항암효과가 높다는 보고가 계속 나오고 있어 기능성 식용버섯으로서의 가치를 가지고 있으므로, 참살이를 추구하는 현대인들에게 많은 수요를 창출해 낼 수 있는 가능성을 가지고 있다. 게다가 가공 전의 상태에서도 저장성이 좋아 수출전략 작목으로 육성하는데 전혀 손색이 없는 대표적인 식용버섯 중의 하나다.

*Corresponding author

Tel : +82-55-751-3225, Fax : +82-55-751-3229

E-mail : cheolho@jinju.ac.kr

1997년에 경남농업기술원에서 국내 최초로 재배기술을 개발하여 농가에 보급하기 시작한 새송이버섯은 대의 모양과 육질이 자연산 송이버섯과 유사하여 비교적 짧은 기간에 버섯시장에 정착하였다. 재배면적또한 급증하여 현재는 전국의 약 500여 농가에서 연간 27,000톤 정도가 생산되고 있으며, 팽이버섯, 느타리버섯, 표고버섯과 함께 새송이버섯이 국내의 대표적인 식용버섯으로 자리매김하고 있다.

그러나, 새송이버섯은 남유럽 일대의 스텝기후에 자생하는 버섯으로[8,9,11,17], 환경에 매우 민감하게 반응하는 생육 특성을 지니고 있어 생육실의 환경조건에 따라 품질이 현저하게 달라지므로 재배에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

한편, 대부분의 버섯은 고농도의 이산화탄소에 의해 자실체형성과정에서 가스장해를 일으켜 자실체의 분화형태에 나쁜 영향을 받기 때문에 이산화탄소의 농도는 버섯재배에 있어 중대한 관심사다[4,5,7,19,20,23]. 특히 새송이버섯은 환기요구도가 높아 환기량이 부족한 경우, 발아가 잘 되지 않고 쉽게 이산화탄소에 의한 장해를 받아 생리장해나 세균병으로 연결된다. 반대로, 환기량이 너무 많으면 대의 생장이 둔화되고 갓의 생장이 조기에 촉진되어 대가 짧고 갓이 큰 버섯이 되므로 상품성이 떨어지는 경향을 보이므로, 시간당 환기요구량 및 환기회수를 정확히 산출하여 저비용으로 최대의 효율을 낼 수 있는 환기시스템을 개발할 필요가 있다.

본 논문에서는 새송이버섯 재배에 있어 다양한 환기방법이 실내 이산화탄소 농도의 증감과 새송이버섯의 자실체형성에 미치는 영향을 조사하여 생산성 향상에 따른 농가 소득증대에 기여하고자 실내포장에서 시험한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재배실 환경

본 연구는 2006년 2월부터 2006년 6월까지 경상남도 진주

시 대곡면 설매리에 소재한 새송이버섯 재배경영체(대표 이현욱)에서 실시하였다.

본 연구에 사용한 재배사의 구조와 형태는 Fig. 1과 같다. 즉, 벽체는 100 mm 스티로폼패널로서, 폭 6.5 m, 길이 18 m, 평균높이 4 m의 연면적 117 m² (35.6 평)/동, 실내용적 468 m³/동이며, 지붕은 100 mm 스티로폼 지붕패널로 중천장이 없는 A자 지붕형태이다. 균상대(bed)는 바닥으로부터 60 cm 위에 1단을 기점으로, 총 4단, 단과 단 사이의 간격은 60 cm이며, 폭 135 cm, 길이 16 m의 철재 고정 균상대를 동당 양측으로 2기를 설치하였으며, 출입문(outlet)이 있는 앞뒤의 벽체로부터 1 m, 측면 벽체로부터 0.5 m의 간격을 두고 설치하였다.

항온시설로는 재배사 한 동당 3 Hp 항온기를 3대씩 설치하였다. 각 항온기는 실내 팬형 유니트쿨러 1대와 실외 콘덴싱 유니트 1대를 각각 연결시킨 독립식으로, 가온히터는 팬형 유니트쿨러 1대당 1.2 kW짜리 제상히터 6개를 설치하였다.

평압형 환기방법

기존의 환기시스템 중에서 농가에서 현재 가장 많이 도입하고 있는 평압형은 흡기구와 배기구 양측에 동일한 용량의 팬을 설치하여 동시에 작동되게 하여 환기를 시키는 시스템이다. 평압형 환기시스템의 모식도를 Fig. 2에 나타내었는데, 생육실 1동을 기준으로, 흡기구에는 1 Hp 시로코팬 1대를 실외에 장착하여 250 Φ 자바라닥트로 실내 천장 입구까지 연결하여 실내 균상복도를 통해 맞은 편 출입문 끝까지 250 Φ 비닐닥트를 연결 설치하였다. 배기구는 1/4 Hp 서터형 송풍팬을 출입구의 좌우측 4지점에 장착하였는데, 부착지점은 실내 바닥으로부터 30 cm 위였다. 트윈타이머를 이용하여 흡기구와 배기구를 묶어 1개의 콘트롤러를 설치하여 흡기구와 배기구를 동시에 제어할 수 있도록 하였다.

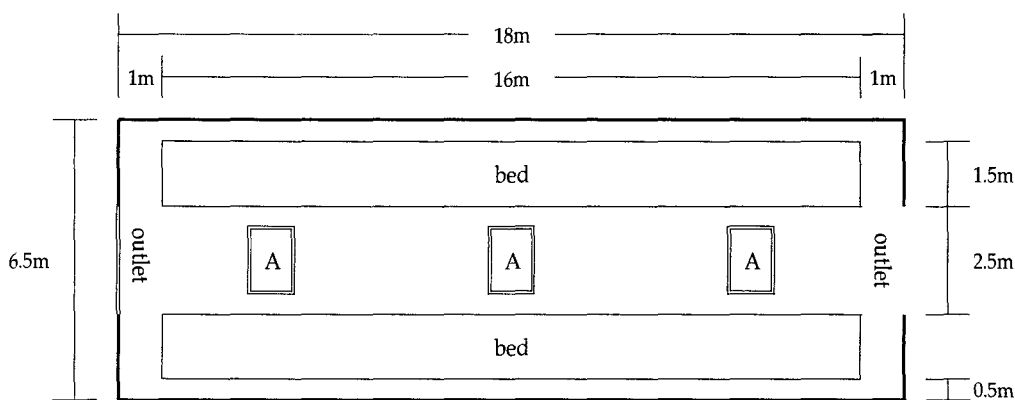


Fig. 1. The ground plan of the mushroom house in this study.
A: 3 Hp air conditioner (fan-type unit cooler)

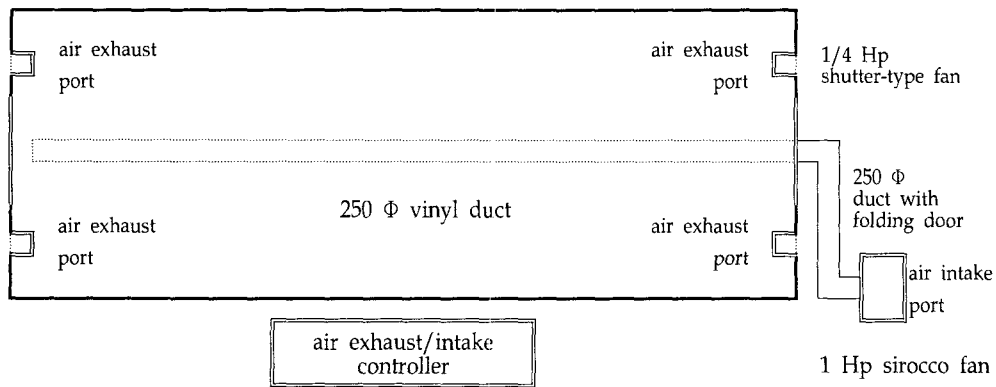


Fig. 2. The schematic diagram of parallel-pressure type ventilation system.

양압형 환기방법

양압형은 흡기구에만 동력의 팬을 설치하고 배기구는 무동력의 배기구멍만 설치하여 환기를 시키는 시스템이며, 이러한 양압형 환기시스템의 모식도를 Fig. 3에 나타내었다. 생육실 1동을 기준으로, 흡기구에는 1 Hp 시로코팬 1대를 실외에 장착하여 250 Φ 자바라닥트로 실내 천장 입구까지 연결하여 실내 균상복도를 통해 맞은 편 출입문 끝까지 250 Φ 비닐DUCT를 연결 설치하였다. 배기구는 무동력 셔터를 출입구의 좌우측 4지점에 장착하였는데, 부착지점은 실내 바닥으로부터 30 cm 위였다. 트윈타이머를 이용하여 흡기구에 1개의 콘트롤러를 설치하여 흡기구만 제어할 수 있도록 하였다.

음압형 환기방법

음압형은 양압형과는 정반대로 배기구에만 동력의 팬을 설치하고 흡기구는 무동력의 흡기구멍만 설치하여 환기를 시키는 시스템이다. 본 연구에서는 생육실 1동을 기준으로, 흡기구에는 양쪽 출입문 상단에 가로 900 mm, 세로 600 mm 크기의 직사각형 구멍을 관통시켜 프리필터로 봉한 무동력 흡기구를 각각 1개소씩 설치하였다. 배기구는 1/2 Hp 셔터형 송풍팬을 출입구의 좌우측 4지점에 장착하였는데, 부착지

송풍팬을 출입구의 좌우측 4지점에 장착하였는데, 부착지점은 실내 바닥으로부터 30 cm 위였다. 트윈타이머를 이용하여 배기구에 1개의 콘트롤러를 설치하여 배기구만 제어할 수 있도록 하였다(Fig. 4).

복합형 환기방법

복합형은 평압형과 유사하게 흡기구와 배기구 양측 모두에 팬을 설치하는 방법이지만, 흡기구 팬의 용량이 높고, 배기구 팬의 용량이 상대적으로 낮으며, 환기 시 흡기구와 배기구가 동시에 작동되지 않고 작동타이머를 따로 설치하여 독립적으로 작동되도록 장치를 한 것이다. 즉, 어떤 때는 흡기구 팬만 작동시켜 양압을 형성하고, 어떤 때는 배기구 팬만 작동시켜 음압을 형성하며, 때로는 양측이 모두 작동되어 미미한 양압이 형성되도록 한 환기시스템이다. 본 실험에서는 생육실 1동을 기준으로, 흡기구에는 1 Hp 시로코팬 1대를 실외에 장착하여 250 Φ 자바라닥트로 실내 천장 입구까지 연결하여 실내 균상복도를 통해 맞은 편 출입문 끝까지 250 Φ 비닐DUCT를 연결 설치하였다. 배기구는 1/2 Hp 셔터형 송풍팬을 출입구의 좌우측 4지점에 장착하였는데, 부착지

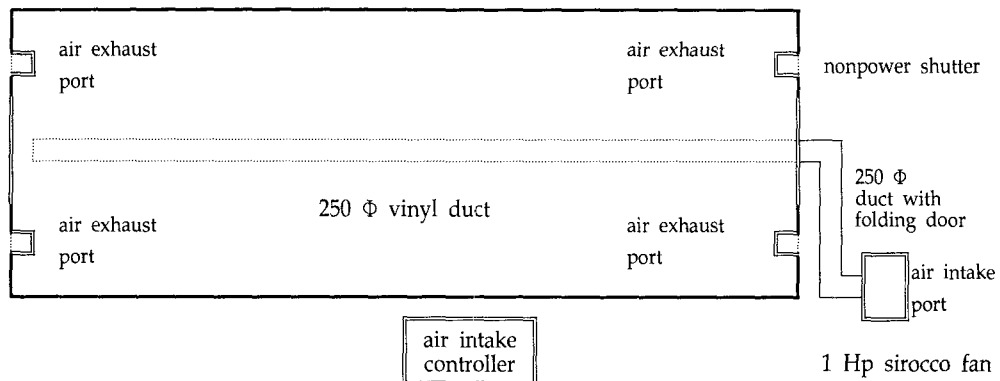


Fig. 3. The schematic diagram of positive-pressure type ventilation system.

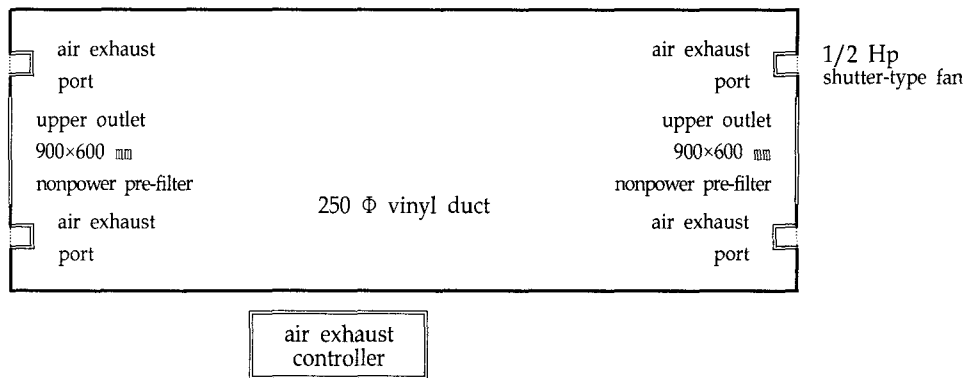


Fig. 4. The schematic diagram of negative-pressure type ventilation system.

점은 실내 바닥으로부터 30 cm 위였다. 트윈타이머를 이용하여 흡기구에 1개, 배기구 4개를 묶어 1개를 설치하여 각각 독립적으로 제어할 수 있도록 하였다(Fig. 5).

배지재료의 이화학적 성질 조사

가비중은 1,000 cc 비중병을 이용하였으며, 입도는 35 mesh와 20 mesh 체를 이용하여 조사하였다. 수분은 105℃ 건조법[11], 탄질비(C/N)의 경우, 조탄소(T-C)는 연소법, 조질소(T-N)와 조단백질(T-P)은 Kjeldahl법으로 토양 화학분석법[2]에 준하였다.

균주의 배양

본 실험에 사용된 균주는 *Pleurotus eryngii* (큰느타리 3호)로 경남농업기술원 식물환경과 버섯연구실에서 분양받아 potato dextrose agar (potato 200 g, dextrose 20 g, agar 20 g, 증류수 1 L)배지에서 증식시켜 사용하였다.

버드나무톱밥과 미강을 8:2(v/v)의 비율로 혼합한 후에 물을 첨가하여 수분함량을 65%로 조정하여 250 mL 삼각플라스크에 130 g씩 넣고, 배지의 가밀도가 0.65 g/cm³ 정도 되게 200 mL 눈금까지 수평으로 다진 다음, 원형 나무막대기(직경

1 cm)로 충전된 배지의 중앙을 삼각플라스크의 밑바닥까지 수직으로 구멍을 내고 면전하였다. 이것을 30분간 고압증기 멸균(121℃/1.2 kg/cm²)하여 20℃로 냉각시킨 뒤, 버섯균주를 접종하고 25℃ 항온기에서 20일간 암배양하여 1대 접종원으로 사용하였다.

850 mL polypropylene (PP)병에 1대 접종원 제조시의 혼합배지를 병당 550 g씩 충전(가밀도 0.65 g/cm³)하여 90분간 고압증기멸균한 뒤 배지내의 온도를 20~25℃로 급냉시킨 후 무균상자에서 1대 접종원을 병당 15 g씩 접종하였다. 온도 20±1℃, 상대습도 68±3%, 이산화탄소농도 1,000±50 ppm으로 조절된 암조건의 배양실에서 30일간 배양한 것을 2대 접종원으로 사용하였다.

배양묘의 제조

배지의 주재료로는 미송톱밥을 사용하였고, 부재료는 콘코브와 미강, 밀기울, 비트펄프 및 면실박을 0.87:1.90:1.04:0.43:0.26의 무게비율로 혼합한 것을 사용하였다. 주재료와 부재료의 혼합비율을 5.5:4.5(v/v)로 하였으며, 여기에 물을 첨가하여 수분함량을 67%로 조정하여, 16구형 자동입병기로 850 mL PP병에 병당 620±10 g씩 충전한 다음, 121℃에서

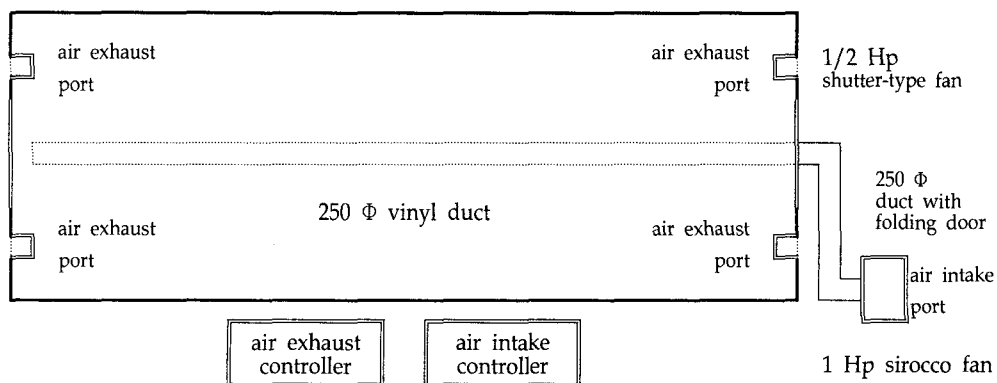


Fig. 5. The schematic diagram of positive- and negative-pressure type ventilation system.

90분간 고압증기살균시킨 후 25℃로 급속냉각시켜 배지를 제조하였다. 조제된 배지의 평균 전 pH는 pH 5.8~6.0이었다.

제조된 배지에 4구형 자동접종기로 2대 접종원을 병당 15g씩 접종한 다음 온도 22±1℃, 상대습도 67±1%, 이산화탄소 농도 1,000±50 ppm으로 조절된 암조건의 배양실에서 40일간 균사배양한 것을 배양묘로 사용하였다. 처리량은 구당 13,000 병으로 하여 4 가지 처리구를 동시에 1회 재배하였다.

자실체형성력, 수량 및 생리장해 발생정도 조사

균사배양이 완료된 배양묘를 16구형 자동균기기를 이용하여 배지표면을 0.5 cm정도 깊이로 긁어낸(영양생장기에서 생식생장기로 전환시키기 위한 물리적인 자극의 일종임) 후, 배양묘를 거꾸로 뒤집은 상태(배지표면에 물이 맺히지 않도록 하기 위함)로 온도 17±0.5℃, 상대습도 92±3%로 조절된 암조건의 생육실에서 9일간 어린 자실체의 발생을 유도하였다. 배지표면에 어린 자실체가 5~10 mm정도 자란 상태에서 배양묘를 바로 세운 뒤, 실내조건을 온도 16±0.5℃, 상대습도 85±3%로 조절한 다음, 암조건으로 약 3일간 자실체를 생육시킨 후, 1병에서 1개체의 버섯을 수확하기 위해 1개체만 남기고 나머지 개체는 모두 숙아낸 뒤, 계속 동일한 환경조건에서 자실체를 16~20일간 생육시켜 수확하였다.

수확소요일수는 배지표면의 균기 처리(발이유기) 후부터 자실체 수확기까지의 일수로 표시하였고, 자실체분화형태의 조사는 대의 길이 및 갓의 직경 등의 항목에 대하여 실시하였다. 품질조사에 있어서는 달관조사에서 주로 사용하는 방법인 하등급에서 상등급까지를 1~9로 계수화하였다. 수량은 1개의 병에서 수확된 자실체 무게의 평균값을 g단위로 표시하였다.

수확소요일수, 자실체분화형태 및 수량의 조사를 위해 4 가지 처리구별로 각각 256병씩 선정하였는데, 선정지점은 실내를 길이로 3등분하여 1/3지점과 2/3지점의 좌, 우측 균상대 2단과 3단, 총 8지점으로 하였으며, 지점 당 32병을 선정하였다. 조사는 처리구별로 선정된 256병 중에서 생리장해가 발생되지 않은 32병을 3반복으로 총 96병을 임의 선정하여 실시하였다.

다음으로, 생육기간 내내 세균점액증상, 오뎅이(달걀)증

상, 진무름증상, 비늘대증상, 굴곡대증상, 갈반증상의 6종의 생리장해에 대해 조사하였다. 각 생리장해의 발생 정도는 자실체의 수확직전 전체적인 발생 정도를 육안으로 조사하여 생리장해 종류별로 발생된 정도를 전체 병수에 대한 발생된 병수의 백분율에 따라 -(0%), +(1~3%), ++(4~6%), +++(7~9%), ++++(10~12%) 및 +++++(13~15%)로 표기하였다.

실내 환경효율 조사

온도와 습도, 이산화탄소 농도의 측정은 실내를 전, 중, 후로 3등분하고, 좌, 우측으로 나누어 상단, 중단, 하단의 총 18 지점에서 실시하였으며, 측정치는 이들의 평균값으로 표시하였다. 이산화탄소 농도의 측정에는 Testo 400 (독일)을 사용하였다.

기류발생 정도는 모기향 연기의 흐트러짐 정도를 0에서 10까지로 계수화하였고, 기류머 형성 정도는 모기향 연기의 흐름 정도를 0에서 10까지로 계수화하였으며, 측정위치는 온도, 습도 및 이산화탄소 농도의 측정 위치와 동일하였다[22].

결과 및 고찰

배지재료의 이화학적 성질

본 실험에 사용된 배지재료의 이화학적 성질을 조사한 결과, 미강의 수분함량은 11.0%였다(Table 1). 일반적으로, 미강의 수분함량이 11~14%인 경우 상온에서 3개월 정도 저장 가능하나 고온기에는 1주일 정도면 변질되므로 보관방법에 특별한 배려가 필요하며, 미강이 변질되면 비타민류가 파괴되어 양분 부족현상이 일어나고 지방산의 과산화물이 증대되어 균사생장을 저해시킨다고 알려져 있다[22]. 그 외 미송톱밥을 제외한 다른 재료들의 수분함량은 10.4%에서 12.2%로 비슷한 수분함량을 나타내었다.

콘코브의 가비중이 0.22 g/cc로 가장 낮게 나타난 것은 입자가 가장 크다는 것을 의미하며, 비트펄프와 면실박의 가비중이 상대적으로 높게 나타난 것은 입자의 크기가 미강과 밀기울에 비해 작은 것이 아니라 압착된 형태로 되어 있기 때문이다.

본 실험에서 미송톱밥의 경우, 배지재료로 사용하기 직전

Table 1. Physico-chemical characteristics of medium materials

Medium materials	Humidity (%)	Bulk density (g/cc)	T-C (%)	T-N (%)	T-P (%)	C/N
Pine-sawdust	64.7	0.33	54.9	0.03	0.2	1715.0
Corncob	12.2	0.22	53.3	0.30	1.9	177.7
Rice-bran	11.0	0.37	49.5	1.84	11.5	26.9
Wheat-bran	12.0	0.31	51.5	2.17	13.6	23.7
Beet-pulp	11.4	0.61	36.4	1.71	10.7	21.3
Cotton seed meal	10.4	0.53	49.8	5.27	32.9	9.4

의 발효된 것(수분함량이 높음)을 조사하였으므로 타 재료들과의 상대적인 비교는 의미가 없다.

탄질비(C/N)는 미송톱밥이 1715.0, 콘코브가 177.7로서 타 재료들에 비해 월등하게 높은 것으로 나타나 탄소원으로 작용하는 재료임을 시사하고 있다[1,3]. 한편, 미강, 밀기울, 비트펄프 및 면실박의 탄질비는 9.4~26.9로서 이들 재료는 주로 질소원으로 작용하는 것으로 나타났다. 일반적으로, 탄소원은 버섯 건물중량의 대부분을 차지하며, 세포의 구조와 유기물의 합성에 관여하고, 산화하여 세포에 필요한 에너지를 공급하는 역할을 한다. 이에 비해 질소원은 아미노산, 단백질, 효소, 비타민 등의 합성에 필수적으로 사용되므로 버섯의 생장에 있어 중요한 영양원의 역할을 하는 것으로 알려져 있다[3,12].

환기방법에 따른 환기효율

새송이버섯 병재배에서 환기방법에 따른 생육실 내의 환기효율을 조사한 결과, 이산화탄소농도는 평압환기방법이 1,400 ppm으로 가장 높았고, 그 다음이 양압형 환기방법, 음압형 환기방법 순이었으며, 복합형 환기방법이 800 ppm으로 가장 낮았다(Table 2). 한편, Stamets는 새송이버섯의 자실체 형성과정에서 원기형성에 필요한 적정환경은 온도 10~15°C, 상대습도 95~100%, 이산화탄소농도 500~1,000 ppm, 시간당 환기횟수 4~5회, 조도 500~1,000 lux에서 4~5일 소요된다고 설정하였다[17]. 이 기준에 따르면, 복합형 환기방법이 환기효율측면에서 가장 우수하였고, 새송이버섯의 자실체형성에 필요한 산소요구도에도 가장 적합한 것으로 나타났다. 일반적으로, 자실체형성과정에서 원기형성에 필요한 적정 이산화탄소의 농도는 느타리버섯의 경우 600 ppm, 팽이버섯, 풀버섯, 양송이 등은 1,000 ppm이며, 표고버섯의 경우는 아직 밝혀져 있지 않다[18]. 즉, 새송이버섯을 포함한 느타리버섯류에 속하는 종류들이 대체로 산소요구도가 높은 편으로 환기요구량이 많음을 의미한다. 기류발생정도의 경우, 복합형이 상대적으로 적게 측정되어 새송이버섯의 품질향상에 크게 기여한 것으로 나타났다. 기류머형성정도 또한

복합형이 상대적으로 현저히 낮게 측정되었는데, 이는 이산화탄소농도를 낮추는데 크게 영향을 미친 것으로 판단된다.

결과적으로 볼 때, 평압형과 양압형은 새송이버섯 재배용 환기시스템으로 부적절한 것으로 나타났으며, 음압형의 경우에는 재배가 어느 정도는 가능하지만 고온기 여름재배에는 다소 문제가 발생할 수 있으므로, 새송이버섯의 연중 안전재배를 위해서는 복합형환기시스템이 가장 유리한 것으로 나타났다.

환기방법에 따른 새송이버섯 재배효율

환기방법에 따른 새송이버섯의 재배효율을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 수확소요일수가 가장 낮은 평압형이 17.6일로 복합형의 18.4일에 비해 상대적으로 0.8일 정도 수확이 빠른 것으로 나타났는데, 이는 기류의 발생량이 많아 갓의 전개가 촉진되면서 생육기간이 단축된 것으로 보인다. 그러나, 평압형의 경우 대의 생장이 충분히 이루어지지 못한 상태에서 갓의 생장이 촉진됨으로 인해 결과적으로는 수량의 감소에 결정적인 영향을 미친 것으로 판단된다. 대의 길이는 평압형이 114.0 mm로서 가장 길이가 짧은 반면, 복합형은 126.0 mm로서 가장 긴 것으로 나타났다. 한편, 갓의 직경은 대의 길이와는 반대로 평압형이 61.9 mm로 가장 길었고, 복합형이 53.0 mm로 가장 짧은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기류의 발생량이 많고 실내 이산화탄소농도가 높은 환경으로 갈수록 대의 길이가 짧아지고 갓의 생육이 촉진된다는 기존의 연구결과와 일치한다. 즉, 자실체의 생육에는 일반적으로 공기중의 이산화탄소농도인 300 ppm정도가 가장 좋으며, 느타리버섯의 경우 이보다 고농도에서는 대가 도장하고 비대해지며, 갓의 생육이 불량한 자실체가 형성된다는 연구결과가 있다[24].

새송이버섯의 품질에 있어서도 이산화탄소 농도가 가장 높게 나타난 평압형이 6.3으로 가장 나쁜 반면, 이산화탄소 농도가 가장 낮게 나타난 복합형이 8.7로 가장 양호한 것으로 나타났다. 병당 수량에 있어서는 평압형의 경우, 79.0 g인데 비해 복합형의 경우 89.0 g으로 12.7% 정도의 증수효과가

Table 2. Concentration of carbon dioxide and air circulation rate according to various ventilation devices in the bottle culture of *P. eryngii*

Ventilation types	parallel-pressure type	positive-pressure type	negative-pressure type	positive- and negative-pressure type
CO ₂ concentration (ppm)	1,400	1,250	1,100	800
Airflow (0~10)	10 (very high)	7 (high)	5 (medium)	4 (medium)
Airflow belt (0~10)	10 (very high)	8 (high)	4 (medium)	2 (low)

* The run time and time interval of aeration fan were 10 min and 30 min, respectively.

있는 것으로 조사되었다. 이는 복합형의 경우, 환기효율이 가장 높아 실내 이산화탄소농도가 가장 낮고, 기류의 발생정도가 가장 미미하여 자실체의 분화과정에서 대의 생장이 충분히 진행된 다음 갖의 생장이 진행됨으로서 수량의 증가에 영향을 미친 것으로 판단된다. 이와 관련한 연구결과로는 느타리버섯의 자실체생육에 있어 발이유기 7일 후에 원기가 형성되는데, 이 시기부터 산소요구량이 많아지기 시작하며, 이때부터는 자실체가 이산화탄소농도에 민감하게 반응하여 자실체의 분화형태에 직접적으로 영향을 미친다는 보고가 있다 [23]. 이는 본 연구에 있어서 자실체의 분화형태와 품질에 대한 결과와 일치한다.

종합적으로 볼 때, 기류의 발생량이 적고 실내 이산화탄소 농도가 낮아질수록 갖의 전개를 억제하면서 대의 성장을 촉진함으로 인해 생육기간은 다소 지연되는 경향을 보였으나, 품질을 향상시키고 수량을 증가시키는 결과를 보였으므로, 복합형 환기방법이 새송이버섯의 생육환경에 가장 유리한 환기방법으로 사료된다.

환기방법에 따른 생리장애 발생상황

새송이버섯 자실체형성기에 발생하는 병해 및 생리장애의 종류로는 세균점액증상, 배지표면의 건조 및 발이기의 고온

장애에 의한 오뚝이(달걀)증상, 고온장애 및 수분부족에 의한 비늘대증상을 비롯하여 brown disease 등의 바이러스병을 포함한 20 여종이 알려져 있다[13-16].

한편, 일반적으로 새송이버섯의 생육단계에서 질병에 의한 직접적인 피해는 거의 없고, 1차적으로 발생된 생리장애에 의해 2차적으로 질병이 발생되고 있으므로 환기방법에 의한 기류형성량과 이산화탄소 농도는 생리장애와 매우 밀접한 관련이 있다. 따라서, 본 연구에서 환기방법에 따른 새송이버섯의 생리장애 발생정도를 조사한 결과, 세균점액증상(bacterial ooze), 비늘대증상(stipe limb) 및 굴곡대증상(stipe bumpy)은 환기방법에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났으나, 오뚝이증상(fruiting body lump), 진무름증상(soft rot) 및 갈반증상(brown rot)은 이산화탄소농도에 크게 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 4). 즉, 이산화탄소 농도가 가장 낮은 복합형 환기방법에서 이들 생리장애의 발생정도가 가장 낮았으며, 다음으로 이산화탄소 농도가 낮았던 음압형, 양압형 환기방법의 순으로 발생정도가 낮았다. 이산화탄소의 농도가 가장 높았던 평압형 환기방법에서의 발생정도가 가장 높게 나타났다.

특히, 새송이버섯의 자실체 생육에 있어 가장 문제가 되는 생리장애는 오뚝이증상과 진무름증상으로 나타났는데, 오뚝

Table 3. The effect of various ventilation types on the fruiting body formation of *P. eryngii*

Ventilation types	parallel-pressure type	positive-pressure type	negative-pressure type	positive- and negative-pressure type
Days for harvest (days)	17.8 ^b	17.9 ^b	18.3 ^a	18.4 ^a
Stipe length (mm)	114.0 ^d	117.0 ^c	123.0 ^b	126.0 ^a
Cap diameter (mm)	61.9 ^a	58.0 ^b	55.0 ^c	53.0 ^d
Quality (low 1 ↔ 9 high)	6.2 ^d	7.6 ^c	8.1 ^b	8.7 ^a
Yield (g/bottle)	79.0 ^d	83.0 ^c	86.0 ^b	89.0 ^a

^{abc,d} Within the same low, means with different superscripts are significantly different ($p = 0.01$)

Table 4. The effect of various ventilation methods on the appearance of physiologically abnormal phenotypes

Ventilation types	parallel-pressure type	positive-pressure type	negative-pressure type	positive- and negative-pressure type
Bacterial ooze	++	+	+	+
fruiting body lump	+++++	+++	+	-
Soft rot	+++	+	-	-
Stipe limb	++	+	+	+
Stipe bumpy	+	+	+	+
Brown rot	++++	++	-	-

* -, +, ++, +++, +++++, and ++++++ indicate 0%, 1~3%, 4~6%, 7~9%, 10~12%, and 13~15% appearance rate, respectively.

이증상은 발이초기에 발생되어 그 후 지속적으로 고농도의 이산화탄소에 노출이 되면 갖을 형성하지 못하고 진무름증상으로 진전되기도 하였으며, 진무름증상은 발이초기부터 발생하는 경우와 오뚝이증상에서 진전되는 2가지 유형을 보였는데, 이들 2종의 증상에 대한 보다 깊은 연구가 요망된다.

기존의 보고에서는 이산화탄소장해에 의한 생리장해현상으로 기증균사의 발생증상, 자실체의 도장(웃자람), 갈반증상의 3종을 들었고, 오뚝이증상은 배지표면의 건조 및 발이기의 고온장해에 의한 것이라고 하여 이산화탄소장해로 보지 않았다[14]. 그러나, 본 연구의 결과는 오뚝이증상 역시 고농도의 이산화탄소에 의하여 발생할 수 있음을 보여 주었으며, 또한 새송이버섯 재배에서 보고되지 않았던 진무름증상도 고농도의 이산화탄소에 의해 발생할 수 있음을 보여 주었다.

요 약

새송이버섯 재배에서 환기방법이 실내의 이산화탄소 농도 및 자실체형성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 평압형, 양압형, 음압형, 복합형의 4종의 환기방법을 사용하여 환기효율, 재배효율 및 생리장해발생정도를 포장에서 조사하였다.

그 결과 복합형의 경우, 실내 이산화탄소 농도가 평압형의 경우 1,400 ppm인 것에 비해 800 ppm으로서 현저하게 낮았고, 기류발생정도도 상대적으로 적어 환기효율이 가장 높은 것으로 나타났다. 대의 길이, 갓의 직경, 품질, 수량 등의 재배효율이 복합형에서 가장 높았으며, 수확소요일수가 단축되었다. 생리장해의 발생에 있어서는, 세균점액증상, 비늘대증상 및 굴곡대증상의 경우에서는 환기방법에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나, 오뚝이증상, 진무름증상 및 갈반증상은 이산화탄소 농도가 다른 환기방법에 비해 낮았던 복합형과 음압형에서 현저하게 줄어드는 경향을 보였다.

전체적으로 볼 때, 평압형 환기방법은 환기효율이 낮아 실내 이산화탄소농도를 유효하게 밖으로 배출해 내지 못함으로써 품질과 수량을 현저하게 떨어뜨리고, 생리장해의 발생을 유도하는 결과를 초래하였으며, 양압형 또한 평압형에 비해 효율성이 다소 높은 경향을 보였으나, 이들 2종은 새송이버섯의 연중재배에 이용되는 환기방법으로 부적절한 것으로 나타났다. 음압형의 경우 상대적으로 효율성이 높은 환기방법으로서 어느 정도 도입의 가능성을 시사하고 있으나, 복합형이 환기효율, 재배효율 및 생리장해억제효과가 가장 우수한 것으로 조사되어, 새송이버섯 재배에서 복합형 환기방법을 도입할 경우, 품질향상과 생산성향상은 물론 연중 안전재배를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2005년 진주산업대학교 구조개혁 선도대학 지

원금 및 간접연구경비를 지원 받아 수행된 연구과제이며, 일부는 농림기술관리센터 2002~2003년 농업인기술개발과제비 지원에 의한 결과로 본 연구를 수행할 수 있도록 지원하여 주신 것에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Ammerman C. B. and S. S. Block. 1964. Feed from wastes, feeding value of rations containing sewage sludge and oakwood sawdust. *J. Agric. Food Chem.* **12**, 539-540.
2. Rural Development Administration. 1988. Analysis Method of Soil-Chemicals: Soil, Plant and Soil-microorganism. p450.
3. Chang H. G. 1976. Influence of nutritional supplementation to the substrate on vegetative and reproductive growth of winter mushroom, *Flammulina velutipes* (Curt. ex Fr.) Sing. and chemical changes of the substrates produced during growth of the fungus. *Kor. J. Mycol.* **4**, 31-44.
4. Chang S. T., J. A. Buswell and S. W. Chiu. 1993. Mushroom Biology and Mushroom Products. p370. The Chinese University Press, Hong Kong.
5. Chang S. T. and P. G. Miles. 1989. Edible Mushroom and Their Cultivation. p345. CRC Press, Boca Raton.
6. Chang S. T. and P. G. Miles. 1991. Recent trends in world production of cultivated mushrooms. *The Mushroom J.* **503**, 15-18.
7. Chang, S. T. and W. A. Hayes. 1978. The Biology and Cultivation of Edible Mushroom. pp521-557, Academic Press Inc., New York.
8. Dermar A. 1974. *Pleurotus eryngii* (Dc. ex. Fr.) Quel. in Slovakia. *Ceske Mykologie* **28**, 57-59.
9. Kim H. K., C. C. Jong, H. Y. Chang, G. P. Kim, D. Y. Cha and B. J. Moon. 1997. The artificial cultivation of *Pleurotus eryngii* (1) Investigation of mycelial growth conditions. *Kor. J. Mycol.* **25**, 305-310.
10. Kim J. U. and K. Y. Park. 1980. Experiment & Practice Method of Food Processing. p283. Hyangmun Publishing Co., Ltd. Seoul.
11. Kim H. K., C. C. Jong, S. J. Seok, G. P. Kim, D. Y. Cha and B. J. Moon. 1997. The artificial cultivation of *Pleurotus eryngii* (2) Morphological characteristics of fruiting body and cultural conditions. *Kor. J. Mycol.* **25**, 311-319.
12. Kim M. K., H. M. Kim, E. S. Na, S. H. Yoo, J. K. Chae and J. S. Hong. 2002. Mushroom Biology. p240. Hakmun Publishing Co., Ltd. Seoul.
13. Kim T. S., H. U. Lee, K. W. Song and W. K. Shin. 1998. King oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) white mold disease caused by *Cladobotryum varium*. *KSM News Letter (The Korean Society of Mycology)* **11**, 46.
14. Lee H. U. 1998. Cultivation Technique of King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii*). p81. Kyeongnam Agricultural Research & Extension Services, Jinju.
15. Lee H. U. 1999. Cultivation technique and disease detection of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*).

- Mushroom (The Mushroom Association of Korea) **3**, 137-165.
16. Lee H. U. 1999. New cropping system and disease detection of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). Mushroom (The Mushroom Association of Korea) **3**, 193-223.
 17. Stamets P. 1993. Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms. p552. Ten Speed Press. Berkeley, CA.
 18. Stamets P. and J. S. Chilton. 1983. The Mushroom Cultivator. p415. Agarikon Press. Olympia, Washington.
 19. Sung J. M., Y. B. Yoo and D. Y. Cha. 1998. Mushroom Science. p614. Kyo-Hak Publishing Co. Ltd., Seoul.
 20. Zadrazil F. 1975. Influence of CO₂ concentration on the mycelium growth of three *Pleurotus* species. *Eur. J. Appl. Microbiol.* **1**, 327-335.
 21. 木村榮一. 1999. 2000年版きのこ年鑑. 第10節 エリンギ. 農村文化社. pp.209-216.
 22. 山中勝彦, 柿本陽一. 1991. きのこ生育診断(ヒラタケ, エノキタケ), 農村文化社. p123.
 23. 時本景豪. 1991. きのこの基礎科學と最新技術. 農村文化社. p286.
 24. 衣川堅二郎, 高松善博, 鈴木彰, 田中淨, 近藤姫朗. 1986. 日菌報 **27**, 327.