

외부공기 유입방식에 따른 느타리버섯 생육실의 온도변화 및 자실체의 생육특성

장명준^{1*} · 이윤혜² · 주영철¹

¹경기도농업기술원 환경농업연구과, ²경기도농업기술원 버섯연구소

Heating and cooling properties in cultivation room and cultural characteristics of oyster mushroom according to type of air exchange

Myoung-Jun Jang^{1*}, Yun-Hae Lee² and Young-Cheol Ju¹

¹Environmental Agriculture Research Division, GARES, Hwaseong, Gyeonggi-Do, 445-784, Korea

²Mushroom Research Institute, GARES, Gyeonggi Province Gwang-ju 464-870, Korea

(Received October 10, 2013 / Revised December 10, 2013 / Accepted December 22, 2013)

ABSTRACT – This study was carried out to find out suitable input method for air exchange about bottle cultivation of oyster mushroom. There was no difference of average temperature in cultivation room, but T1(direct introduction of outside air) was higher than T2(heat exchanger) and T3(air buffer) in the standard deviation. The ratio of cooling operating was the highest in August and in the descending order, T1 54%, T3 43%, T2 33%. At ratio of energy reduction, T2 and T3 were higher than T1. The operating ratio of heater was highest in January and in the descending order, T1 53%, T3 37%, T2 30%. At ratio of energy reduction(%), T2 and T3 were higher than T1 similar to result of cooling operating. Therefore there were largest in August about Cooling Degree-Hour and in January about Heating Degree-Hour. And fruit-body yields quality was excellent in T2 and T3 than T1. The suitable effective type of air exchange in oyster mushroom cultivation are heat exchange and air buffer system.

KEYWORDS – Air buffer, Heat exchanger, Mushroom cultivation house, Oyster mushroom

서 론

버섯은 기술, 노동 및 자본집약적인 산업으로 영구 재배사 및 간이재배사에서 생산되며, 고도의 재배기술을 요하는 작물로서 재배사의 환경관리가 매우 중요하다. 재배가 이루어지는 공간의 온도, 습도, 탄산가스 등이 최적으로 조절되어야만 좋은 버섯생장을 기대할 수 있는데, 버섯이 발생될 때부터 수확할 때까지는 반드시 환기를 시켜야 하며, 재배환경에 맞는 환기방식 및 환기팬의 용량 등을 설정하여야 한다. 최(1999)는 대부분의 식물이나 동물을 위한 시설의 효과적인 환경제어는 동식물에 의해 차지한 공간으로부터 외부 공기의 흡입에서 비롯된다고 하여 환기에 대한 중요성을 보고하였다. 하 등(2002)은 춘추느타리2호의 입상밀도별로 균류기 이후부터 수확기까지의 호흡량을 조사하였는데, 입상밀도가 높고, 생육기간이 경과할수록 높아지는 경향을 보인다고 하였다. 그리고 병재배 느타리버섯의 환기량 산정을 위해 신품종들에 대한 호흡량을 구명(장 등, 2007a)하였으

며, 품종이나 생육단계에 따라 환기량을 제어해야 한다고 하였다(장 등, 2009). 또한 유닛쿨러 및 환풍기의 풍속이 자실체에 미치는 적정 풍속은 0.3m/s이하라고 하였다(장 등, 2007b), 냉난방기 설치시 배양, 발이 및 생육의 각 공정에 있어서 냉난방기의 바람을 약하게 하여 종균과 배지의 건조를 막을 필요가 있다고 하였다(高辻正基, 2001). 현재 느타리버섯 시설재배농가의 환기시스템은 외부공기가 직접 유입되거나 열교환기 또는 기밀실을 사용하고 있다. 그러나 이들 시스템에 대한 기초자료가 매우 미흡하기 때문에 본 연구를 통해 느타리버섯의 생육에 적합한 외부공기 유입방식을 구명하여 재배사의 효율적 관리를 도모하고자 수행하게 되었다.

재료 및 방법

공기 유입방식 설치

Fig 1은 공기 유입방식별 모식도로 각각의 생육실 크기는 12 m³(2.4×2.0×2.5 m)이고, T1(외부공기 직접

*Corresponding author: plant119@gg.go.kr

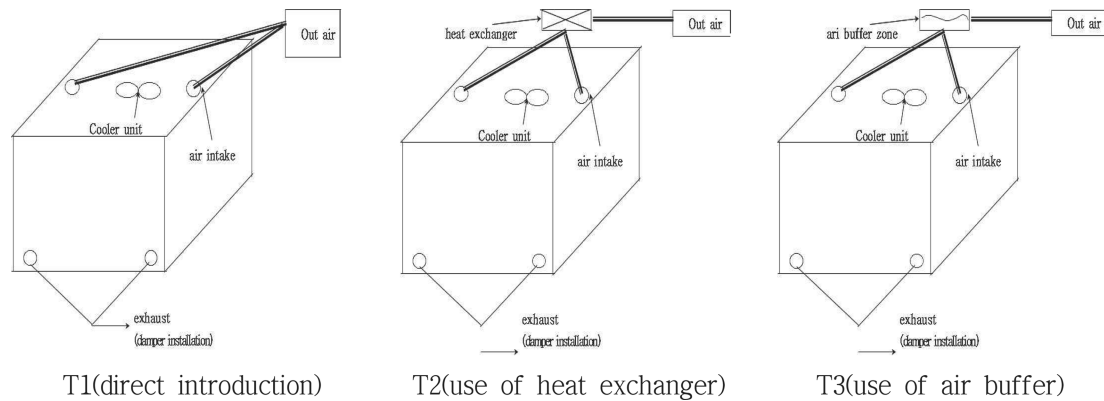


Fig. 1. Feature of cultivation room of input type of air exchange. Size of cultivation room by treatment; 12 m³(2.4×2.0×2.5 m)

유입)은 급기부분이 바로 외부와 연결되어 급기되도록 하였으며, T2(열교환기)는 급기구에 6 m³/min의 용량을 지닌 열교환기(두루산업, Korea)를 연결하였고, T3(기밀실)는 기밀실을 생육실 1/2크기의 공간을 만든 후 내부에 히터와 에어컨을 이용하여 15°C로 유지되도록 하였으며, 재배사의 급기구를 기밀실과 연결하였다.

처리구별로 각각의 생육실에 CR-10X(Campbell scientific INC, Canada)로 생육온도가 15°C가 될 수 있도록 제어하였고, 월별시간별 평균 온도변화를 측정하였다. 이 때 사용한 온도측정 장치는 HMP45C (Vaisala Co.)이었다.

냉난방기의 가동율 및 절감율을 산출하기 위해 병재배 느타리버섯의 생육기간은 균굽기 이후 12일로서 월별 1회재배에 따른 냉난방시간을 조사하였다. 그리고 조사한 냉난방기 가동시간(hour)을 재배기간(12일)으로 나눈 후 여기에 100을 곱하여 계산한 것을 냉방기 가동율(%)로 나타내었다. 또한 냉방기 절감율(%)은 외부공기방식 가동율에서 열교환기(또는 기밀실)의 가동율 차에 대한 값을 산출한 후 절대값으로 나타내었다.

그리고, 일반적으로 냉방이나 난방에 필요한 소요 에너지를 간접적으로 비교하는 수단으로 사용되고 있는 Degree-Hour(D-H)를 이용하여 냉방정도는 Cooling Degree-Hour(CD-H)로 난방정도는 Heating Degree-Hour(HD-H)로 나타내었고, 계산방법으로는 CR-10X에 저장된 자료를 이용하여 공기 유입방식에 따른 냉난방정도를 구하였다. 설정온도(TS)는 느타리버섯의 적정 생육온도인 15°C로, 생육실 내부온도(TI)는 생육기간별 평균온도로 하여 $\sum(TS-TI) \times \Delta t$ 에 대입하여 산출하였다. 이 때 Δt 는 계산을 나타내는 시간단위 h로 나타내었다.

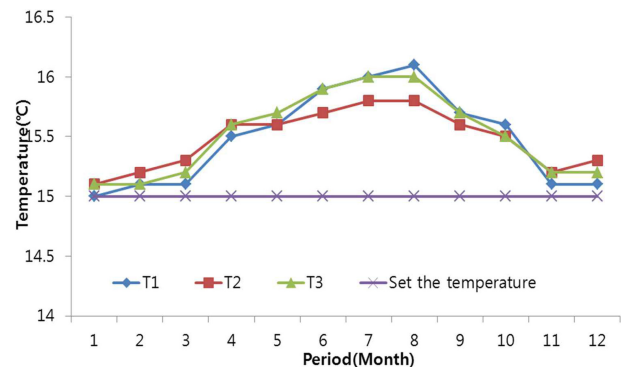


Fig. 2. Variations of temperature in cultivation room for one year according to type of air exchange. Set the temperature; 15°C. T1(direct introduction of outside air), T2 (use of heat exchanger), T3 (use of air buffer)

입상밀도

각각의 생육실에 하 등(2002)이 보고한 계절별 적정 입상밀도를 기준으로 봄철(3~5월)과 가을철(9~11월)은 40병/m³, 여름철(6~8월)과 겨울철(1~2월, 12월)은 30병/m³을 입상하여 2007~2008년의 2년간 월별 1회 재배하였다.

생육특성 및 수량

외부공기 유입방식에 따른 처리구별 생육특성 및 수량은 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)에 준하여 조사하였으며, 통계처리는 Duncan의 다중범위검정을 통하여 평균값들에 대한 유의성을 SAS프로그램을 이용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

월별 생육실 온도변화 조사

월별 재배기간 중 생육실 평균온도는 15°C로 자동 제어시 동절기와 하절기는 모든 처리구에서 ±1°C이

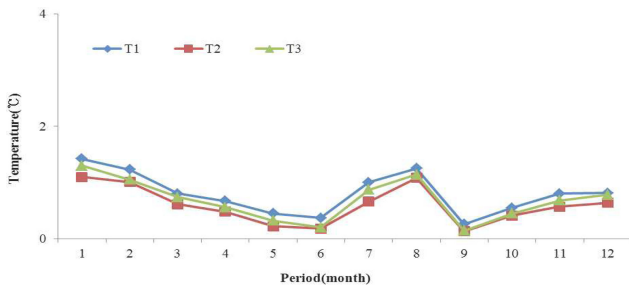


Fig. 3. The standard deviation of the setting temperature in cultivation room for one year according to type of air exchange. T1(direct introduction of outside air), T2 (use of heat exchanger), T3 (use of air buffer)

Table 1. Monthly cooling time for growth period of fruit-body (unit : hour)

Month	T1	T2	T3	T1-T2	T1-T3
4	81.3	51.9	49.3	29.4	32.0
5	124.4	51.9	101.3	72.5	23.1
6	194.8	124.4	183.2	70.4	11.6
7	252.7	141.2	194.4	111.5	58.3
8	260.4	168.2	197.2	92.2	63.2
9	144.2	112.9	133.5	31.3	10.7
10	32.5	10.6	6.1	21.9	26.4
Total	1090.3	661.1	865	429.2	225.3

상의 편차가 발생되었으며, 월별 온도편차는 T2(열교환기), T3(기밀실), T1(외부공기 직접유입)의 순으로 적었다(Fig. 2, Fig. 3).

윤 등(2006)은 큰노타리버섯의 영구형재배사에 대한 환경요인 분석결과 외기온에 따라 재배사 내부온도편차가 발생되었다고 하였으며, 특히 계절이 바뀌는 시점에 계절변화에 따른 냉난방기의 작동여부가 중요하다고 하였다. 본 실험에서도 월별로 재배한 결과 생육기간 중 온도편차가 발생하였고, 처리구 모두 1, 2, 8월에 가장 높아 동절기 및 하절기에는 온도관리에 주의하여야 할 것으로 판단되었다.

냉 · 난방 가동기 이용효율

Table 1은 월별 재배기간 중 총 냉방시간을 조사한 것으로서 T1(외부공기 직접유입)은 1,090.3시간, T2(열교환기)는 661.1시간, T3(기밀실)은 865.0시간으로 T2(열교환기)에서 가장 적었다.

공기 도입방식별 냉방기의 가동율 및 절감율은 Table 2와 같다. 냉방기의 년중 평균 가동율은 T1(외부공기 직접유입) 54%, T3(기밀실) 43%, T2(열교환기) 33%의 순이었고, 월별 가동율은 8월에 처리구

Table 2. Monthly operating ratio and savings ratio of the refrigerator for bottle cultivation (unit : %)

Month	operating ratio(%)			savings ratio(%)	
	T1	T2	T3	T1-T2	T1-T3
4	28	18	17	10	11
5	43	18	35	25	8
6	68	43	64	24	4
7	88	49	68	39	20
8	90	58	68	32	22
9	50	39	46	11	4
10	11	4	2	8	9
Average	54	33	43	21	11

※ operating ratio(%) = refrigerator operating time(hour)/cultivation period(288 hour)×100, savings ratio(%) : absolute value

Table 3. Monthly heating time for growth period of fruit-body (unit : hour)

Month	T1	T2	T3	T1-T2	T1-T3
1	324.5	216.8	265.3	107.7	59.2
2	206.2	114.9	144.7	91.3	61.5
3	156.1	91.7	120.5	64.4	35.6
4	154.7	86.5	102.4	68.2	52.3
5	42.6	11.1	36.3	31.5	6.3
6	31.4	8.6	24.6	22.9	6.8
9	54.3	26.9	40.3	27.4	14.0
10	85.9	46.2	52.8	39.7	33.1
11	185.9	104.3	121.1	81.6	64.8
12	265.3	168.6	146.2	96.7	119.1
Total	1,506.9	875.6	1,054.2	631.4	452.7

모두 높았으며, T1(외부공기 직접유입)에서는 90%, T3(기밀실)에서는 68%, T2(열교환기)에서는 58%이었다. 그리고 년중 재배시 냉방기의 평균 절감율은 T1(외부공기 직접유입) 대비 T2(열교환기)는 21%, T3(기밀실)은 11%이었다.

재배기간 동안 난방기의 경우 총 가동시간은 T1(외부공기 직접유입)에서 1,506.9시간, T3(기밀실)에서 1,054.2시간, T2(열교환기)에서는 875.6시간으로 T2의 가동시간이 가장 작았다(Table 3).

난방기의 가동율 및 절감율은 Table 4와 같다. 난방기의 년중 평균 가동율은 T1(외부공기 직접유입)에서 53%, T2(열교환기)는 37%, T3(기밀실)은 30%이었고, 년중 평균 절감율은 T1(외부공기 직접유입) 대비 T2(열교환기)는 22%, T3(기밀실)은 16%이었다. 이와 같은 결과 열교환기를 설치하여 재배할 경우 가

Table 4. Monthly operating ratio and savings ratio of the heater for bottle cultivation (unit : %)

Month	operating ratio(%)			savings ratio(%)	
	T1	T2	T3	T1-T2	T1-T3
1	113	75	92	37	21
2	72	40	50	32	21
3	54	32	42	22	12
4	54	30	36	24	18
5	15	4	13	11	2
6	11	3	9	8	2
9	19	9	14	10	5
10	30	16	18	14	11
11	65	36	42	28	23
12	92	59	51	34	41
Average	53	30	37	22	16

* operating ratio(%) = heater operating time(hour)/cultivation period (288hour)×100, savings ratio(%) : absolute value

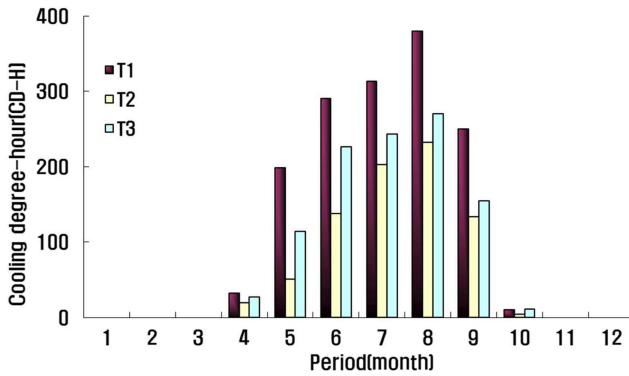


Fig. 4. Monthly cooling degree-hour for setting temperature. Cooling Degree-Hour = $\sum (TS-TI) \times \Delta t$. TS; Setting temperature, TI; Cultivation room temperature, Δt =unit of hour. T1; direct introduction of outside air, T2; use of heat exchanger, T3; use of air buffer.

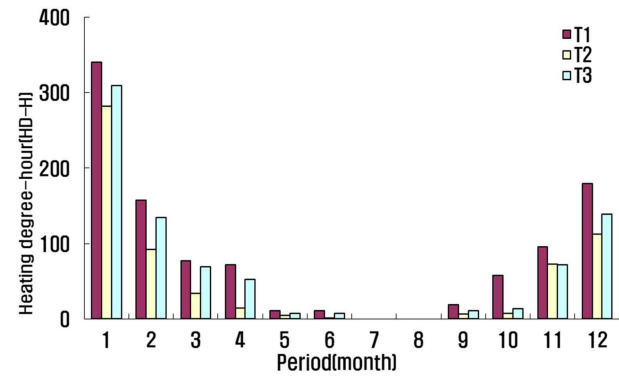


Fig. 5. Monthly heating degree-hour for setting temperature. Heating Degree-Hour = $\sum (TS-TI) \times \Delta t$. TS; Setting temperature, TI; Cultivation room temperature, Δt =unit of hour. T1; direct introduction of outside air, T2; use of heat exchanger, T3; use of air buffer.

Table 5. Yields and properties of fruit-body by type of air exchange

Month		Diameter of pileus (mm)	Thickness of stipe (mm)	Length of stipe (mm)	Yields (g/bottle)	Commercial yields ratio(%)
1	T1	35	8	84	118b ^a	61
	T2	35	9	92	130a	63
	T3	34	10	94	128a	61
2	T1	33	8	91	123b	61
	T2	35	9	103	132a	65
	T3	36	8	101	132a	66
3	T1	33	9	91	128b	62
	T2	29	9	78	140a	69
	T3	30	9	88	137a	69
4	T1	36	10	75	126a	66
	T2	38	10	75	127a	68
	T3	30	11	90	125a	69
5	T1	37	10	76	128b	65
	T2	38	9	82	132a	67
	T3	38	9	81	130a	66
6	T1	36	8	82	139b	62
	T2	36	9	85	147a	63
	T3	36	10	82	145a	63
7	T1	33	9	87	141b	61
	T2	33	9	91	153a	65
	T3	33	10	89	151a	63
8	T1	33	10	84	143b	61
	T2	35	10	94	152a	63
	T3	33	9	88	150a	63
9	T1	34	9	89	158a	67
	T2	34	8	91	161a	70
	T3	34	9	89	158a	69
10	T1	36	9	90	142a	65
	T2	36	9	88	147a	69
	T3	35	10	88	145a	67
11	T1	29	9	79	145b	63
	T2	27	9	82	150a	63
	T3	32	8	87	150a	61
12	T1	34	10	64	124b	52
	T2	33	10	74	140a	57
	T3	32	10	78	138a	56

^a Values followed by the same letter do not differ significantly at $p>0.05$ according to Duncan's multiple range test.

동율은 낮고 절감율이 높아 에너지를 절감할 수 있을 것으로 판단되었다.

월별 냉난방 정도

공기 유입방식에 따른 냉방정도(CD-H)는 8월, 난방정도(HD-H)는 1월에 가장 높았으며, 냉방정도의 경우 T1(외부공기 직접유입)>T3(기밀실)>T2(열교환기)의 순이었고, 난방정도(HD-H)도 냉방정도(CD-H)의 경우와 동일하였다(Fig. 4, Fig. 5).

따라서 열교환기나 기밀실 방식을 이용할 경우 냉난방기의 가동시간을 줄임으로써 전력소비량을 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

생육특성 및 수량

공기 유입방식에 따른 수량 및 생육특성을 조사한 결과 Table 5와 같다. 비교적 외기의 온도가 안정적인 봄철과 가을철인 4월, 9월 및 10월에 모든 처리구에서 수량이 대등한 결과를 나타내었다. 그리고 나머지 기간은 T2(열교환기)와 T3(기밀실)에서 T1(외부공기 직접유입) 보다 높게 나타났다.

전 등(2006)은 느타리버섯의 생육온도에 따라 자실체의 수량성이 각기 다른 반응을 보인다고 하였고, 유 등(2002)은 재배사에서 겨울이나 여름에 온도차가 심한 외부공기가 유입되므로 버섯생장에 가장 큰 문제점이라고 하였다. 본 실험에서도 외부공기 직접유입의 경우 동절기와 하절기에 수량 및 상품성이 열교환기 및 기밀실 처리구에 비해 떨어지는 경향이였다.

적 요

외부공기 유입방식에 따른 느타리버섯의 생육특성을 조사하기 위하여 3가지 처리구를 두어 실험한 결과 모든 처리구에서 재배기간 중 온도편차가 발생하였고, 처리구 모두 1, 2, 8월에 가장 높았으며, T2(열교환기)와 T3(기밀실)에서 T1(외부공기 직접유입) 보다 온도편차가 작은 경향이였다. 재배기간 중 냉방시간은 T1(외부공기 직접유입)은 1,090.3시간, T2(열교

환기)는 661.1시간, T3(기밀실)은 865.0시간이었고, 평균 냉방절감율은 T1(외부공기 직접유입) 대비 T2(열교환기)는 21%, T3(기밀실)은 11%이었다. 재배기간 동안 난방기의 년중 가동시간은 T1(외부공기 직접유입)은 1,506.9시간, T2(열교환기)는 875.6시간, T3(기밀실)은 1,054.2시간으로 T2의 가동시간이 가장 작았고, 년중 평균 난방절감율은 T1(외부공기 직접유입) 대비 T2(열교환기)는 22%, T3(기밀실)은 16%이었다. 외부공기 유입방식에 따른 냉방정도(CD-H)는 T1(외부공기 직접유입)>T3(기밀실)>T2(열교환기)의 순이었고, 난방정도(HD-H)도 냉방정도(CD-H)의 경우와 동일하였다. 수량은 T2(열교환기)와 T3(기밀실)에서 T1(외부공기 직접유입) 보다 4, 9, 10월을 제외한 전 기간에서 높았다.

이와 같은 결과로 시설재배사에서 느타리버섯 병재배시 열교환기 또는 기밀실을 설치하여 재배할 경우 에너지를 절감할 수 있고, 수량 및 고품질의 느타리버섯을 수확할 수 있어 농가소득증대에 기여할 것으로 판단되었다.

참고문헌

- 유영복, 신갑균, 이대진, 장현유. 2002. 버섯재배학원론. 제6장 재배사. pp. 134-163
- 윤용철, 서원명, 이인복. 2006. 영구형 큰느타리버섯 재배사의 환경요인 분석. 한국생물환경조절학회. **15** : 125-137
- 장명준, 하태문, 이윤혜, 주영철. 2009. 느타리버섯의 품종별 환기횟수에 따른 생육특성. 한국생물환경조절학회. **18** : 208-214
- 장명준, 하태문, 주영철. 2007a. 신품종 느타리버섯의 생육온도에 따른 호흡특성 비교. 한국버섯학회. **5** : 65-70
- 장명준, 하태문, 원선이, 주영철. 2007b. 느타리버섯의 생육에 적합한 풍속 구명. 경기도농업기술원 시험연구보고서. pp. 856-865
- 전창성, 공원식, 유영복, 장갑열, 백수봉, 천세철. 2006. 느타리버섯 생육온도와 자실체의 발생과 성장. 한국버섯학회. **4** : 33-38
- 최홍림. 1999. 농업시설물의 환기. 대광문화사. p. 41
- 하태문, 주영철, 지정현. 2002. 느타리버섯 병재배 안정생산 기술확립. 경기도농업기술원 시험연구보고서. pp. 733-776
- 高辻正基. 2001. 植物工場システム. 第5章 キノコ栽培技術. シ-エムシ-. pp. 211-252