

# 큰느타리(새송이)버섯 스마트팜 재배를 통한 생육환경 분석 및 자실체 품질 특성

김길자\* · 김다미 · 안호섭 · 최진경 · 김선곤

전라남도농업기술원 식량작물연구소

## Analysis of the growth environment and fruiting body quality of *Pleurotus eryngii* cultivated by Smart Farming

Kil-Ja Kim\*, Da-Mi Kim, Ho-Sub An, Jin-Kyung Choi, and Seon-Gon Kim

Crop Research Division, Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Naju 58213, Korea

**ABSTRACT:** Currently, cultivation of mushrooms using the Information and Communication Technology (ICT)-based smart farming technique is increasing rapidly. The main environmental factors for growth of mushrooms are temperature, humidity, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), and light. Among all the mentioned factors, currently, only temperature has been maintained under automatic control. However, humidity and ventilation are controlled using a timer, based on technical experience. Therefore, in this study, a *Pleurotus eryngii* first-generation smart farm model was set up that can automatically control temperature, humidity, and ventilation. After installing the environmental control system and the monitoring device, the environmental condition of the mushroom cultivation room and the growth of the fruiting bodies were studied. The data thus obtained was compared to that obtained using the conventional cultivation method. In farm A, the temperature during the primordia formation stage was about 17°C, and was maintained at approximately 16°C during the fruiting stage. The humidity was initially maintained at 95%, and the farm was not humidified after the primordia formation stage. There was no sensor for CO<sub>2</sub> management, and the system was ventilated as required by observing the shape of the pileus and the stipe. It was observed that, the concentration of CO<sub>2</sub> was between 700 and 2,500 ppm during the growth period. The average weight of the mushrooms produced in farm A was 125 g, and the quality was between that of the premium and the first grade. In farm B, the CO<sub>2</sub> sensor was in use for measurement purposes only; the system was ventilated as required by observing the shape of the pileus and the stipe. During the growth period, the CO<sub>2</sub> concentration was observed to be between 640 and 4,500 ppm. The average weight of the mushrooms produced in farm B was 102 g. These results indicate that the quality of the king oyster mushroom is determined by the environmental conditions, especially by the concentration of CO<sub>2</sub>. Thus, the data obtained in this study can be used as an optimal smart farm model, where, by improving the environmental control method of farm A, better quality mushrooms were obtained.

**KEYWORDS:** King Oyster Mushroom, *Pleurotus eryngii*, Smart Farm Technology

## 서론

느타리버섯, 양송이버섯, 큰느타리(새송이)버섯, 팽이버섯, 표고버섯은 주요버섯 또는 5대 버섯으로 불리운다. 버섯 총생산량(농산버섯+표고버섯)은 158,031 M/T으로 느타리버섯은 39,675 M/T, 큰느타리버섯은 49,136 M/T, 팽이버섯은 28,532 M/T, 표고버섯은 생표고 21,318 M/T, 건표고 927 M/T으로 5대 버섯이 95.5%를 점유한다(2018 특용작물생산실적, 2018 임산물 생산조사). 이러한 버섯들은 대부분이 온도, 습도, CO<sub>2</sub> 농도를 인위적으로 조절된 인공재배시설에서 연중생산하고 있다. 인공재배는 버섯마다 특정 환경조건을 설정하여 균을 배양하고 버섯을

J. Mushrooms 2019 December, 17(4):211-217  
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2019.17.4.211>  
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853  
 © The Korean Society of Mushroom Science

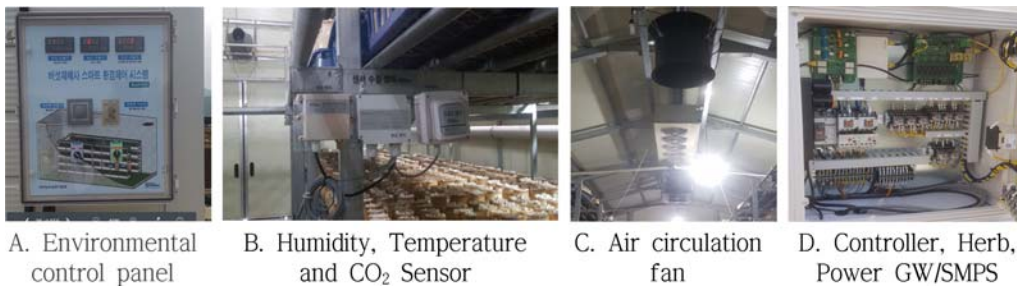
\*Corresponding author  
 E-mail : kjkim6517@korea.kr  
 Tel : +82-61-330-2534

Received December 9, 2019  
 Revised December 17, 2019  
 Accepted December 23, 2019

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Table 1.** Data collection systems and methods for *Pleurotus eryngii* cultivation

Division	Measuring device	Standard
Sensor collecting section	Temperature	-50~100°C
	Humidity	0~100% RH
	CO <sub>2</sub>	0~6,000 ppm
	Sensor node	Data transmitter
Image monitor and save	CCTV	2.0 megapixels, HD, Infrared support
	DVR	4 channels, FHD support, 1TB HDD included
equipment controller	Log control	3 channels
		Air circulation, humidifier, temperature



**Fig. 1.** Smart environment control system to cultivate the mushroom.

발생시켜 생육시키는 시스템으로 밀폐된 좁은 공간에서 이루어지는 집약적인 농법이다. 따라서 대규모 온실이나 하우스보다 훨씬 환경조절이 용이하다고 말할 수 있다.

일반적으로 ICT(Information & Communication Technology, 정보통신기술)을 융합한 환경관리 기술은 시설원예와 버섯에서 주로 사용되며 버섯에서는 온도, 습도, CO<sub>2</sub> 농도, 광이 주요 환경요인으로 작용한다(Lee *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2015; Yoo *et al.*, 2016; Yoon *et al.*, 2003). 또한 버섯은 이러한 요인들의 변화가 생육에 큰 영향을 주기 때문에 실시간 데이터 값이 중요한 요인으로 인식되고 있다. (Moon *et al.*, 2015). 그러나 단순한 생육온도 설정 등에 대한 연구와 버섯재배사 환경을 표준화하기 위한 연구로 버섯재배사 구조, 환경관리 등에 관한 연구는 많았으나(Lee *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2015; Suh *et al.*, 2002; Yoon *et al.*, 2003) 이들 온도, 습도, CO<sub>2</sub>, 광 등을 자동으로 제어하고 모니터링하는 연구는 미미하였다. 따라서 본 연구에서는 작업의 편리성과 생산성 향상을 목표로 큰느타리버섯 농가에 스마트 환경제어 및 모니터링 시스템을 설치하여 최적의 생육모델 개발을 위해 농가의 재배환경조건과 자실체 생육을 조사하고 분석하였으며 그 결과를 소개하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험농가 현황

본 시험은 큰느타리버섯 ‘큰느타리2호’를 재배하고 있는 전남의 2개 농가를 대상으로 실시하였다. 선정된 농가

는 20년이상 큰느타리버섯을 재배한 농가로 재배기술이 우수한 농가중의 하나이며 A 농가는 소규모농가로 학교 급식과 로컬푸드 등 지역사회에 전량 납품하였고, B농가는 20동 이상의 대규모 농가로 광주농수산물공판장에 우수한 품질로 납품하며 일부 수출도 하는 농가이다.

### 생육환경 및 생육 데이터 측정을 위한 장비설치

큰느타리버섯 생육환경 데이터를 수집하기 위하여 환경 제어용 온도, 습도, CO<sub>2</sub> 센서를 설치하였고 제어장치로 원격통합제어기와 로컬제어기를 설치하였다. 또한 원격 제어 및 모니터링, 수집 정보의 저장 및 공유를 위하여 웹서버와 DB서버를 구성하였으며 이미지 모니터링 및 데이터 베이스 구축을 위해 PTZ 돔 25배줌 카메라와 저장장치를 설치하여 1일 2회 정위치에서 촬영하도록 설정하였다. 생육실내 위치별 상하별 균일한 온도 유지를 위해 상하 공기 순환팬을 2개씩 설치하였다. (Table 1, Fig. 1)

### 생육환경 데이터 수집

큰느타리버섯의 생육환경 데이터는 생육실내 설치한 센서와 데이터 로거를 활용하여 다운로드하여 분석하였으며 센서 위치는 생육실 중앙부위 약 150 cm 높이에 설치하였다.(Fig. 1-B)

### 자실체 특성조사 및 품질분석

자실체의 생육 특성은 생육이 완료된 후 박스단위로 일시수확하여 갓과 대의 크기, 굵기, 개체중, 수량 등 농촌

**Table 2.** Environmental conditions and methods for spawn running

Farm	Bottle capacity (cc)	Temperature (°C)	Humidity (%)	CO <sub>2</sub> concentration (ppm)	Culture period (Culture+boarding)
A	1,100	21	Not humidified	Timer ventilation	30 days
B	1,400	19	Not humidified	Timer ventilation	45 days(28+17)



**Fig 2.** Fruiting body growth(Farm A: stipe is thick and pileus is bigger, Farm B: stipe is long and pileus is small).

진흥청 표준조사법(2003)에 준하여 조사하였다. 품질은 가락동농수산물시장 경매 등급별 품질규격을 참고하여 갓/대 비율, 대길이/대굵기 등을 분석하였다.(Lee *et al.*, 2014)

### 결과 및 고찰

#### 농가 재배사 현황

시험농가 A는 큰느타리2호를 병재배하였고 생육실의 크기는 바닥면적 66 m<sup>2</sup>로 외벽은 유리섬유 샌드위치판넬(100T)과 내벽은 우레탄폼 구조로 단열과 내연성을 높인 재배사였다. 균상형태는 2열 5단으로 냉난방은 자동제어 방식으로 하였고 가습은 입상 후 3일 정도 초음파가습기로 가습한 후 가습하지 않았으며 CO<sub>2</sub>센서는 없었으며 생육기간동안 갓과 대의 모양을 보면서 타이머로 환기 조절하였다. 1회 입병량은 4,000병이었다. B농가는 ‘큰느타리 2호’를 병재배하는 농가로 바닥면적 75 m<sup>2</sup>, 균상형태는 2열 4단, 냉동기는 5마력, 외벽단열은 100T 스티로폼 샌드위치판넬을 사용하였다. A농가와 마찬가지로 온도만 자동제어 하였으며 습도와 CO<sub>2</sub>는 경험에 의존하여 타이머를 이용하였다. 습도는 초음파 가습기 2대로 조절하였고 균상 아래쪽에 유동팬을 설치하여 생육실내 공기를 순환시켰다. 1회 5,000병을 입식하여 재배하였다.

#### 배지조성 및 배양조건

큰느타리버섯 배지는 두 농가 모두 소맥피:옥수수피:비트펄프 : 옥배아박 : 대두피 : 대두박 : 야자박 : 해바라기박 =32:9:15:10:8:10:10:6 조성으로 같은 업체에서 혼합배지를 구입하여 사용하고 있었다. A농가의 경우 1,100 cc 병을 사용하였으며 톱밥배지의 배양온도는 21°C에서 30일

간 배양하였으며 B농가는 1,400 cc병으로 19°C에서 28일간 배양한 후 약 17일간 후숙하여 생육에 사용하였다. (Table 2)

#### 환경제어 방법과 to-do list 분석

A농가의 경우 온도관리는 발이 17°C, 자실체 생육은 약 16°C로 관리하였으며 수확기에는 15°C로 관리하였다. 습도는 초기 95%로 유지하다가 병 표면이 균사로 코팅 완료되면 가습을 멈추었는데 센서와 데이터로거로 측정된 결과 입식 후 95~90%로 점차 낮아지며 뒤집기 후에는 80~75%, 숙음 후 부터는 70~85% 유지하였다 (Table 3, Fig. 3~Fig. 5). 이는 초기 가습 후 인공가습은 하지 않았으며 배지 내 수분이 증발하면서 유지되는 공중습도 변화로 판단되었다. CO<sub>2</sub> 관리는 입상 다음날까지 2,000~3,000 ppm 수준을 유지하고 3일째부터 수확까지는 꾸준히 1,500~1,800 ppm을 유지하는 경향이였다. 다만 수확기에는 수확인력의 CO<sub>2</sub> 발생량 때문인지 다소 높아지는 경향을 보였다. 이러한 결과는 농촌진흥청 농사로 영농활용기술자료(2004, 2006, 2007)와 비슷한 경향이였다. 다만 생육기마다 CO<sub>2</sub> 값이 약간씩 차이가 있었으나 경향은 같았고 이는 경험에 의존하기 때문인 것으로 생각되며 센서 기반 재배법을 구현할 수 있는 의미 있는 데이터라고 생각되었다. 실제 자실체의 모양은 B농가 보다 더 대두께가 더 통통하며 갓 크기도 더 큰 것을 사진으로 확인할 수 있다 (Fig. 2). 류 등 보고에는 자실체 발달정도를 3개 시기로 나누어서 적정온도를 설정하였는데 발이 17°C, 원기신장기 16°C, 생육기 15°C로 선정한 것(영농활용기술, 2006)과 같은 조건으로 유지하고 있었다.

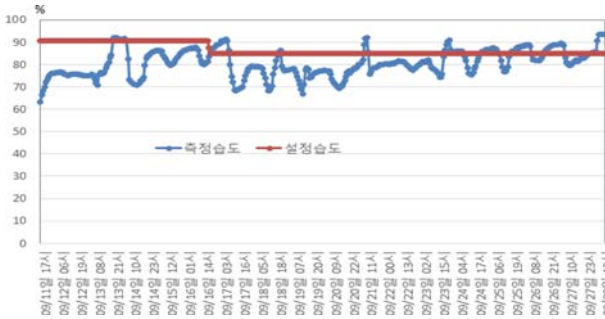
B농가의 경우 온도관리는 약 19~17°C에서 발이시키고 자실체 생육기에는 약 17~18°C로 관리하였고 생육후기

**Table 3.** Environmental management according to the growth progress day of farm A and to-do list

Growth days	Temperature (°C)	Humidity (%)	CO <sub>2</sub> concentration (ppm)	Growth stage	To-do list
1	15.6	74.8	604	Scratch off Mycelia	Start of growth
2	16.4~16.3	90.7~96.1	1,516~1,630		
3	16.3~15.9	95.5~97.2	1,419~1,571	Mycelial coating starts	
4	15.8~15.4	93.1~90.4	1,367~1,475		
5	15.7~16.4	89.9~83.8	1,321~1,340		
6	16.0~16.5	85.5~87	1,243~1,742	Primordia formation	
7	16.4~16.4	83~78.9	1,826~2,234		
8	16.3~16.5	81.7~74	1,763~1,743	Fruit body grow up to the neck of the bottle.	Flipping bottle
9	16.4~16.5	77.9~73.8	1,752~1,757		
10	16.4~16.5	74.6~69.4	1,770~1,737		
11	16.4~16.5	77.3~69.2	1,767~1,769		
12	16.4~16.5	77.8~72.9	1,781~1,768		Left with two fruit body
13	16.4~16.5	80.8~83	1,793~1,667		
14	16.5~16.4	79.5~85	1,766~1,767		
15	16.4~16.4	79.9~76.1	1,784~1,683		Harvest
16	15.3~15.4	81.3~79.1	1,597~1,584		Harvest
17	15.0	80.3~77.1	?1,500~1,400		Harvest completed



**Fig 3.** Setting and measuring temperature during culture period of farm A.



**Fig 4.** Setting and measuring humidity during culture period of farm A.

(숙음 후)에는 13~15°C로 유지하였다. 습도는 83~95%로 육안관찰하면서 경험에 의존하여 조절하였다. CO<sub>2</sub> 조절은



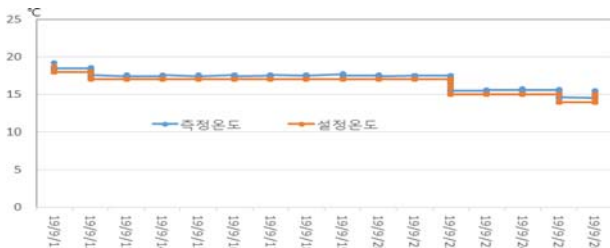
**Fig 5.** Setting and measuring CO<sub>2</sub> concentration during culture period of farm A.

센서는 있었으나 자동제어는 하지 않았고 갓과 대의 모양을 보면서 오랜 경험에 의존하여 환기하였는데 센서와 데이터 로거로 측정한 결과 입상 3~4일째 균사가 병표면에 증식되기 시작하면 환기를 충분히 하여 700~1,000 ppm을 유지한 후 환기를 끄고 초발이를 거쳐 뒤집기 후 숙음전날까지 CO<sub>2</sub> 농도를 최대 3500~4,500 ppm 까지 상승시켰다가 숙음 후 1,000~1,300 ppm을 유지하면서 갓과 대 모양을 형성시켰다 (Table 4, Fig. 6~Fig. 8). 이는 A농가와 다른 환기 관리방법으로 숙음 전까지 자실체의 대길이는 길게, 갓은 작게 형성시킨 후 숙음 이후 환기량을 조절하면서 대와 갓의 모양을 적절하게 만들어가는 방식이었다. 확실한 것은 CO<sub>2</sub> 농도가 높으면 대길이가 가늘고 길어지면서 갓 크기가 작아진다는 것을 재차 확인하였다 (Table 5, Fig. 2).

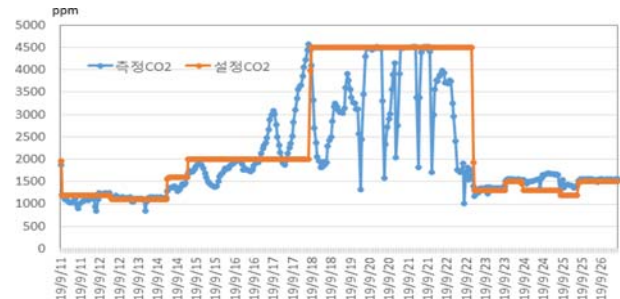


**Table 4.** Environmental management according to the growth progress day of farm B and to-do list

Growth days	Temperature (°C)	Humidity (%)	CO <sub>2</sub> concentration (ppm)	Growth stage	To-do list
1	18	95	500~800	Scratch off Mycelia	Start of growth
2	17~18	85~90	800~1,200		
3	16~17	85~90	900~1,100	Mycelial coating starts	Ventilation on
4	16~17	85~90	900~1,100		
5	17~18	85~90	1,100~2,000		Ventilation off
6	17~18	85~90	1,100~2,000		
7	17~18	85~90	1,100~2,000	Primordia formation	
8	17~18	85~90	2,000~3,000	Fruit body grow up to the neck of the bottle.	Flipping bottle
9	17~18	80~86	2,500~4,000		
10	17~18	80~86	2,500~5,000		
11	16~17	80~86	2,000~3,000		
12	15~17	80~86	1,000~1,300		Left with two ~three fruit body Ventilation on
13	14~15	80~86	1,000~1,300		
14	13~15	80~86	1,000~1,300		
15	13~15	80~86	1,000~1,300		Harvest
16	13~15	80~86	1,000~1,300		Harvest
17	13~15	80~86	1,000~1,300		Harvest completed



**Fig 6.** Setting and measuring temperature during culture period of farm B.



**Fig 8.** Setting and measuring CO<sub>2</sub> concentration during culture period of farm B.



**Fig 7.** Setting and measuring humidity during culture period of farm B.

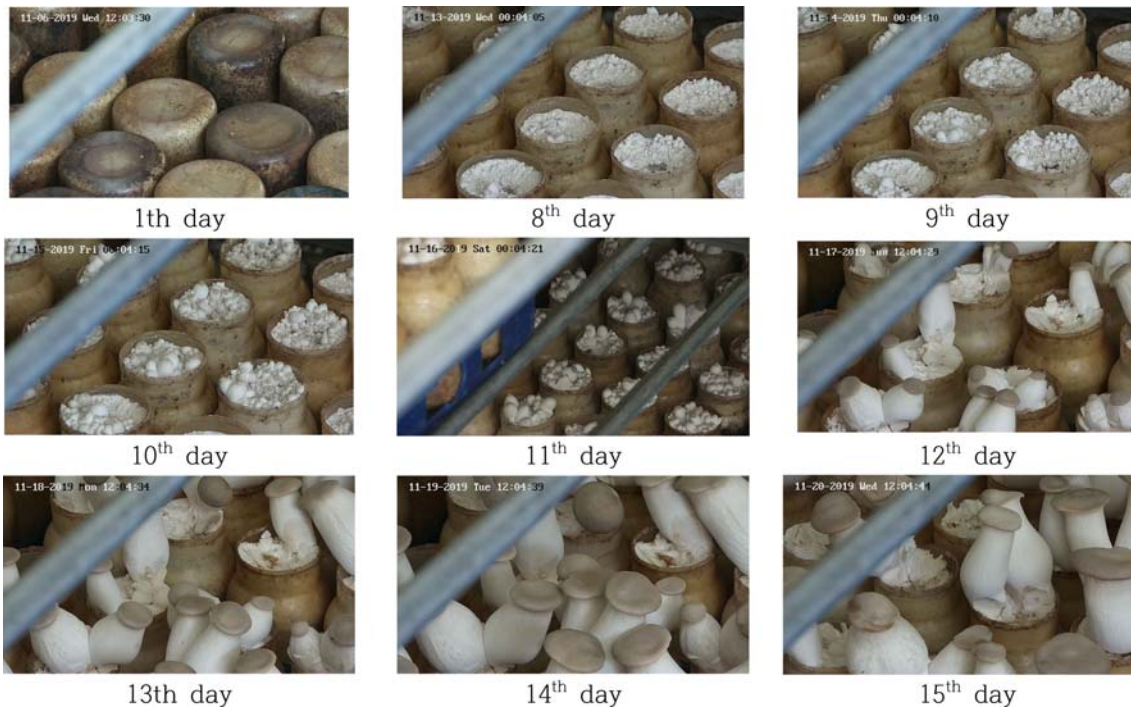
**농가별 자실체 특성**

A농가의 자실체 특성으로 평균 개체중 125 g, 대굵기

53 mm였으며 대길이/대굵기 비율은 1.8, 갓직경/대굵기 1.25 수준으로 개체중과 대굵기는 A등급(특품) 이상으로 높았으며 대길이/대굵기 비율은 B등급(상품)수준이었다. 또한 갓직경/대굵기도 B등급(상품)수준에 해당하였다. B농가의 자실체 품질은 평균 개체중 102g, 대굵기 48 mm, 대길이/대굵기 비율은 2.2, 갓직경/대굵기 1.2 수준으로 개체중은 특품이상에 해당하였으나 나머지는 상품수준이었다. 분석결과 대굵기에 비해 대길이가 긴 것으로 분석되었다 (Table 5). 이는 슈음작업 전에 생육실내 CO<sub>2</sub> 농도를 너무 높게 유지하기 때문인 것으로 판단되며 큰느타리버섯의 품질은 생육 시 온도도 중요하지만 CO<sub>2</sub> 농도가 깊게 관여하고 있다고 생각되었다. 이 등(Lee *et al.*,

**Table 5.** Characteristics of fruiting body from the farms

Farm	Pileus		Stipe		Stipe length/ stipe diameter (%)	Pileus diameter/ stipe diameter (%)
	Diameter (cm)	Thickness (cm)	Length (cm)	Diameter (cm)		
A	6.57	9.45	9.59	5.27	1.8	1.25
B	5.77	8.37	10.7	4.83	2.2	1.20



**Fig. 9.** Image data by days of growth of *Pleurotus eryngii*.

2014)이 설정한 품질관리 기준에 따르면 A등급(특품)은 개체중 90 g 이상, 대균기는 50 mm 이상 대길이/대균기 비율을 1.6~1.7, 갓직경/대균기 비율은 1.1~1.2 범위내여야 하며 B등급(상품)규격은 평균 개체중 45g 이상, 대균기는 40 mm 이상, 대길이/대균기 비율이 1.8~1.9, 갓직경/대균기 비율이 1.2~1.4 이다. A와 B농가 모두 자실체 개체중은 A등급 이상으로 크기와 무게는 우수하였다. 다만 대균기와 대길이의 적정비율, 갓 직경과 대 균기의 적정 비율은 관리방법에 따라 다소 차이가 있음을 알 수 있었다. 그림 9는 농가에 설치한 CCTV의 영상자료로 큰느타리버섯의 입장에서부터 수확기까지 동일 개체를 동일한 위치에서 매일 자동으로 촬영한 이미지이다. 이 자료는 1일 동안의 생육양상을 육안으로 관찰·분석할 수 있으며, 일일 환경제어 정보와 함께 빅데이터로서 생육정도와 품질을 연계분석할 수 있는 귀중한 자료가 될 것으로 생각된다.

### 적 요

최근 ICT기반 스마트팜이 급속도로 증가추세이다. 버섯

의 생육환경요인은 온도, 습도, CO<sub>2</sub>, 광이 주 요인이지만 그동안 온도 위주의 자동제어가 사용되어왔다.

큰느타리버섯의 생육환경 조절은 온도는 자동제어하지만 가습과 환기는 경험을 기준으로 한 타이머 사용을 하고 있었다. 이에 본 연구에서는 온도, 습도, 환기까지 자동제어를 통해 큰느타리버섯의 1세대 스마트팜 모델을 설정하기 위한 시험을 진행하였다. 환경제어시스템 및 모니터링 장비를 설치 한 후 기존의 방법으로 재배하고 있는 상태에서 생육실의 조건과 자실체의 생육조사를 실시하였으며 그 결과를 소개하고자 한다.

A농가의 경우 온도는 약 17°C에서 발이시키고 자실체 생육기에는 약 16도로 관리하였다. 습도는 초기 95%로 유지하다가 초발이 이후에는 가습을 하지 않는 경향이였다. CO<sub>2</sub> 관리는 센서도 없었으며 갓과 대의 모양을 보면서 관행적으로 환기하고 있었고 700 ppm에서 최고 2,500 ppm까지 유지하는 경향이였다. 이 농가의 자실체 품질은 평균 개체중 125 g, 대균기 53 mm, 대길이/대균기 비율은 1.8, 갓직경/대균기 1.25 수준으로 A등급(특품)-B등급(상품) 사이에 해당하였다. B농가의 경우는 온도는 약

19~17°C에서 발이시키고 자실체 생육기에는 약 17°C로 관리하였고 생육후기에는 13~15°C였다. 습도는 83~95%로 육안관찰하면서 관행적으로 조절하는 경향이였다. CO<sub>2</sub> 관리는 센서는 있었으나 제어는 하지 않았고 갓과 대의 모양을 보면서 관행적으로 환기하고 있었고 640 ppm에서 최고 4,500 ppm까지 유지하는 경향이였다. 이 농가의 자실체 형태는 평균 개체중 102 g, 대굵기 48 mm, 대길이/대굵기 비율은 2.2, 갓직경/대굵기 1.2 수준이였다. 이러한 결과는 환경조건 특히 CO<sub>2</sub> 농도에 따라 큰느타리버섯의 품질이 결정됨을 알 수 있었으며 A농가의 환경조절 방법을 개선하면서 DB화하면 정밀한 스마트팜 모델로 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 농림식품기술기획평가원 공동연구사업(과제번호319010-01) 연구비 지원으로 수행된 연구결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

### REFERENCES

Lee CJ, Lee SH, Lee EJ, Park HS, Kong WS. 2018. Analysis of growth environment for precision cultivation management of the oyster mushroom 'Suhan'. *J mushrooms* 155-161.

Lee IB, Suh WM, Kim TK, Choi MG, Yoon YC. 2007. Survey and analysis on operation of equipment for environmental control in *Pleurotus eryngii* cultivation facilities. *J Agri Life Sci* 41(4): 47-53.(in Korean)

Lee SH, Yu BK, Kim Hj, Yun NK, Jung JC. 2015. Technology for improving the uniformity of environments in oyster mushroom cultivation houses using multi-layered shelves. *Protect Horticult Plant Fact* 24: 128-133.(in Korean)

Moon SM, kwon SY, Lim JH. 2015. Improvement of energy efficiency of plant factories by arranging air circulation fan and air flow control based on CFD. *J Internet Computing & Services* 16: 57-65(in Korean)

Suh WM, Yoon YC, Yoon YC and Kim YW. 2002. Technical development of environment control complex of micro-climatic factors for oyster mushroom cultivated in protected environment. *Proceedings trend of the mushroom industry. J Mushrooms* 14: 142-154

Yoo YB, Oh MJ, Oh YL, Shin PG, Jang KY, Kong WS. 2016. Development trend of the mushroom industry. *J Mushrooms* 14: 142-154.(in Korean)

Yoon YC, Suh WM, Lee HW. 2003. Analysis of environment factors in *Pleurotus eryngii* cultivation house. *J Bio-Env Con* 12: 200-206. (in Korean)