

버섯의 효과적인 생육환경 구축을 위한 자동 습도조절 환경 연구

서신림¹ · 이현창^{2*} · 강선경³ · 신성윤⁴

Constructing of Humidity Automatic Regulation Environment to Build Effective Mushroom Growing Environment

Chen-Lin Xu¹ · Hyun-Chang Lee^{2*} · Sun-kyung Kang³ · Seong-Yoon Shin⁴

¹Department of Information Management, Institute of Convergence and Creativity, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

^{2*}Department of Information and E-Commerce, Institute of Convergence and Creativity, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

³Research Institute of Good Information Technology Company, Jeonju 570-639, Korea

⁴Department of Computer and Information Communication Engineering, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

요 약

경제 발전에 따라 식생활수준도 상당히 개선되어가고 있으며, 식이요법 관련하여 고영양 수요에서 건강식이요법으로 변화되어가고 있다. 그 가운데, 버섯은 고영양이면서, 풍부한 비타민을 함유하고 있는 건강식품으로서 많은 관심을 받고 있다. 이로 인해 버섯 산업은 새로운 유망산업으로 떠오르고 있다. 이를 위해 버섯에 대한 재배방식은 단순한 수공 재배모드에서 자동화된 공장화된 재배모드로 발전해오고 있다. 이와 같이 버섯의 생산 과정에서 요구되는 생육환경제어는 버섯의 산출량 및 품질에 직접적인 영향을 미친다. 이로 인해 본 논문에서는 버섯 재배에 중요한 환경요소들 중에서 습도가 버섯에 미치는 영향을 분석하고 현황을 조사해본다. 또한, 최근 농업기술 트렌드로 센서 네트워크를 적용한 진보된 IT 융합 서비스를 이용해서 더 효율적인 관리를 시도하고 있으며, 이를 본 연구에서도 적용하여 자동 습도조절환경을 구축하였다. 이를 통해 버섯의 생산 자동화 수준 및 버섯 단위 면적의 산출량과 품질, 버섯 생산의 경제적 효율과 경쟁력을 확보할 수 있게 되었다.

ABSTRACT

With the development of economy and improving of people's living standards, people dietary needs will be achieved from subsistence to high nutrition and from high nutrition to healthy transformation. Mushroom as a kind of highly nutritious, low fat, rich vitamin food has a great interest among the people. This makes the mushroom into a new sunrise industry and it gradually from pure manual cultivation develops toward the fully automatic factory. In the process of mushroom factory production, regulation of environmental factors directly affects the yield and quality of mushroom. In related to the methods of mushroom cultivation, the recent technologies apply the new technology such as sensors and IT convergence services. And then cultivating mushroom is managed effectively. This paper in order to solve the above problems and construct an effective mushroom growth environment using technology such as humidity sensor construct an environment that can automatically adjust the humidity. This environment has important significance to improve the level of automation mushroom production, increase yield per unit area and quality of mushroom, increase economic efficiency of mushroom production, and enhance the competitiveness of mushroom production.

키워드 : 환경, 습도, 자동, 센서

Key word : Environment, Humidity, Automation, Sensor

Received 02 October 2015, Revised 30 October 2015, Accepted 09 November 2015

* Corresponding Author Hyun Chang Lee(E-mail: hclglory@wku.ac.kr, Tel:+82-63-850-6260)

Department of Information and e-Commerce, Institute of Convergence and Creativity, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.11.2597>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 몇 년 동안, 사람들의 생각이 지속적으로 고양되고 생활수준도 크게 향상되고 있기 때문에 녹색 식품과 건강식품에 대한 관심도 점점 더 많아지고 있다[1]. 21세기 국제 연합 식량 농업기구 (FAO)를 우두머리로 한 국제 건강 조치는 식사 테이블에 “고기, 채소, 버섯”이 있는 새로운 건강 개념을 제안하였다[2]. 이 새로운 개념은 버섯 산업에 대한 거대한 사업 기회를 초래하였다. 국제 전문가들은 21세기에 버섯류 식품을 동물 식품, 식물 식품처럼 필수적인 식품이 될 것이라고 예측하였다[3].

버섯은 고단백·저칼로리 식품이면서 식이섬유, 비타민, 철, 아연 등 무기질이 풍부한 건강식품으로 주목을 받고 있다. 버섯은 칼로리는 낮고, 포만감은 높이는 식이섬유가 풍부하여 과식을 억제하기 때문에 뛰어난 다이어트 식품으로 평가된다. 버섯에는 식이섬유가 40%나 들어 있어 장내의 유해물, 노폐물, 발암 물질을 배설하고 혈액을 깨끗하게 한다. 또한 버섯에 함유된 에르고스테롤은 햇빛의 자외선에 의해 비타민 D로 바뀌어 장내의 칼슘 흡수를 돕는다. 그리고 버섯은 면역기능을 높이는 효능이 있어 감염이나 암을 예방하는 효능이 있다. 혈액순환을 원활히 하는 데 도움이 되며 생리활성 물질이 함유되어 건강 증진 및 유지에 도움이 된다[4].

특히 중국에서는 버섯이 전통 산업이며 새로운 산업이고 유망 산업이다. 버섯 산업은 큰 발전 잠재력이 있으며 넓은 시장 전망을 가지고 있다. 중국 경제의 발전에 따라 사람들의 생활수준이 개선되어서 식습관 역시 영양위주의 식단에서 건강위주의 식단으로 변화되었다[2]. 통계자료의 결과에 따라 1인당 평균 년 버섯 소비량을 계산 하면 미국 버섯 소비량이 90kg, 서유럽 50kg, 일본 23kg 중국은 1kg정도만 있다. 전문가들은 중국의 버섯 소비량이 앞으로 매년 10% 속도로 증가하고, 중국 국내 시장이 두 배 이상 성장하는 것을 예측한다[5].

게다가 최근 농업 분야에서는 센서 네트워크와 같은 신기술을 적용한 진보된 IT융합 서비스들에 대한 연구와 시도가 활발하게 진행되고 있다. 이와 동시에 본 논문에서는 버섯 인공 재배 시 상대습도의 중요성에 비추어 센서 등 기술들을 이용해서 효율적인 버섯의 습도를

파악하는 방법을 모색한다. 각 습도에 따른 버섯의 성장상태 변화와 상대습도를 벗어난 경우의 품질상태를 분석한 다음 효율적인 버섯 생육환경 조성을 위해 습도 센서 및 표식 장치를 이용하여 버섯 자동 습도 조절 환경을 구축하였다.

II. 관련 연구

본 장에서는 버섯의 효과적인 생육환경을 구축하기 위해 습도와 버섯의 상관관계 분석하고 각국의 연구 현황을 살펴본다.

2.1. 버섯 생육환경 상대습도

일반적으로 버섯 성장 환경 습도는 공기 상대 습도이다. 버섯 인공 재배 생산 과정에서 상대 습도는 핵심적인 역할을 하고 있다. 습도의 적정성은 버섯 재배 환경 제어의 관건이다.

상대 습도는 버섯 성장 품질에 영향을 미치는 직접적인 요인이고 현재 버섯 공장화 생산 제어 중에 가장 어려운 환경 요인이다. 표1에 나타내는 데이터 살펴보면 버섯의 균사 및 자실체에 따라 필요한 습도 역시 다르다[6].

Table. 1 Optimum Temperature and Relative Humidity of Mushroom Growth

Type	Growth Stage				Varieties
	Mycelium		Fruitbody		
	Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	
Low Temperature	21-23	60-70	13-18	80-95	Lentinus Edodes, Needle Mushroom, Oyster Mushroom, Hericium Erinaceus, Pleurotus Eryngii
Medium Temperature	22-24	70-80	20-24	85-95	Tremella, Black Fungus
High Temperature	29-32	60-70	24-30	85-95	Straw Mushroom, Lucid Ganoderma

대부분 버섯의 균사체의 성장단계에서 요구하는 상대 습도는 60%~75%이고 자실체의 발육단계에서 요구하는 상대 습도는 80%~95%이다. 재배 실내 상대 습도가 60%이하이면 자실체 성장이 중지되고, 상대 습도가 40%~45%이면 자실체는 분화되지 않고 이미 분화된 작은 버섯도 건조해서 죽는다[7]. 그러나 재배 실내 상대 습도가 96%를 초과하면 세균이 쉽게 번식될 수 있고 자실체의 정상적인 호흡을 방해한다. 재배실이 과하게 습하면 자실체 발육이 부전되며 균 캡은 성장하지 않고 긴 줄기만 성장된다[2].

전문가의 연구결과에 따르면 습도는 버섯의 품질에 직접적인 영향을 미친다. 상대 습도 80%이하 시에 공기 강제 순환 작용을 더하면 버섯의 표면 수분이 심각하게 손실된다. 성장과정에서 버섯이 이를 연속 탈수 상태에 있으면 버섯 표면에 균열이 생긴다. 재배실내의 공기가 장기간 습도 포화 상태에 있으면 버섯의 호흡은 작용 억제를 받고 품질은 떨어진다. 습도가 계속 높은 상태에 있으면 버섯의 표면에 물 얼룩이 생긴다 [8]. 이에 따라서 높은 품질의 버섯을 재배하려면 재배 환경에서 상대 습도의 적정성을 제어하는 것은 중요하고 우선시되어야 한다.

2.2. 각국의 연구 현황

온실 제어 측면에서 네덜란드를 대표로 미국 유럽 국가들은 시설규모가 크고 자동화 수준은 높으며 생산 효율이 높다. 그리고 온실 안의 빛, 물, 가스등의 지능화 제어를 실현하였다. 네덜란드에서 개발된 온실 컴퓨터 제어 시스템은 인간기계 상호작용 인터페이스를 통해서 데이터를 설정하고 필요한 정보를 표시한다. 컴퓨터를 이용하여 온실 안의 온도, 습도, CO₂ 농도를 제어할 수 있다. 컴퓨터가 자동적으로 모니터링 및 관리하고 온실 내 환경 자동 제어 조절을 달성하는 동시에 환경 지수 데이터 및 시설 상태 지수를 자동 기록 및 저장할 수 있다[9,10].

한국 버섯 재배 모드는 대부분 공업화 시설 생산이며 생산 규모가 크다. 공장화 시설 재배 수준은 국제 선진 수준이다. 컴퓨터를 통해서 지능적으로 버섯 재배 온실을 제어하면서 전체 생산 프로세스는 절차에 따라서 행해진다. 보조하는 부분은 인공적으로 조작한다 [11,12].

최근 몇 년 동안 중국의 버섯 생산은 급속하게 증가

하고 있고 이미 세계 최대의 버섯 생산국 및 수출국이 되고 있다. 중국의 전통적인 버섯 생산방식은 수공으로 조작하기 때문에 노동이 비효율적이고, 버섯의 산출량 및 품질은 저하되고 선진국과의 격차가 분명해진다. 중국이 버섯 산업을 공장화하고, 자동 제어 환경 조건을 만들 수 있다면 품질 좋은 버섯의 산출량을 증가시킬 수 있다. 이는 중국 버섯 산업의 국가 경쟁력을 향상시킬 수 있다[13].

이러한 상황에서 본 연구에서는 버섯 재배 환경에서의 습도의 중요성을 고려하여 자동 습도 조절 환경을 구축하고자 한다.

III. 버섯 효과적인 생육환경을 구축하기 위한 구성요소

버섯의 효과적인 생육환경을 구축하기 위한 습도센서 등 기술을 필요로 한다. 습도센서란 “습도(수증기의 농도: 상대습도, 절대습도)를 전기적, 광학적인 방법으로 등 최종적으로 전기신호로 처리할 수 있는 방법으로 검출할 수 있는 매체”로 정의 할 수 있다 [14]. 버섯 재배를 공장화 하는 과정 중에 습도센서는 중요한 역할을 하고 있다.

습도가 버섯에 미치는 영향을 바탕으로 효율적인 관리를 위하여 버섯이 있는 온실 안에 습도센서를 설치하고, 마이크로 컨트롤러를 통해서 LCD 디스플레이장치와 연결하여 컴퓨터로 제어 및 관리 할 수 있도록 그림 1과 같이 습도 자동 조절 환경을 설계하다.

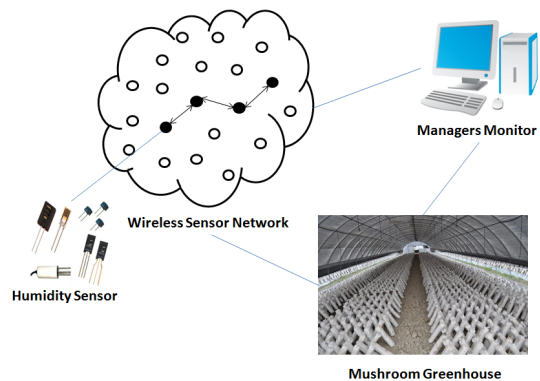


Fig. 1 Structure Diagram of Environment

자동 습도조절 환경의 동작 흐름은 습도센서가 습도 측정 시작하고 측정된 데이터를 LCD 디스플레이장치에 표시 한다. 버섯 성장단계에서 습도가 적당한지 계속 반복적으로 측정한다. 균사체 성장단계에서 습도가 60%이하 혹은 75%이상이면 연결된 LED불이 켜지고 자실체 성장단계에서 습도가 80%이하 혹은 95%이상이면 LED불이 켜진다. 사용자가 켜진 LED를 확인함으로써 습도가 적절한 범위를 벗어난 것을 쉽게 확인할 수 있다.

IV. 자동 습도조절 환경 구축

4.1. 기존 환경 및 문제점

상대습도는 버섯 재배 온실 환경 중에 가장 제어하기 어려운 변수이다. 주로 다음과 같은 측면에서 표현하고 있다.

1) 상대습도 측정 문제

버섯 재배 시 습도를 조절할 때 기술인원은 대부분 경험을 바탕으로 제어하고 있다. 가습할 때 항상 안개 방울이 보아야 요구습도에 도달한다고 생각하고 있지만 사실 그때는 이미 습도포화에 도달 되어있다. 일반 건습구 측정설비는 상대습도에 대한 측정이 정확하지 않다. 예를 들면, 큰 오차가 있고 응답시간이 느리며 습도가 90%이상 시에는 습도를 측정할 수 없다. 휴대용 디지털 습도계는 측정 시 10분이 지나야 지수가 안정될 수 있고, 측정할 때 마다 10분이 소요 되어야 한다. 탐침형 습도센서는 비용이 높고 결로현상이 있을 때 측정하면 좋지 않다.

2) 상대습도 변화 문제

온도를 조절 및 환기 시킬 때 마다 상대습도의 변화가 발생하게 되는데 이 상황에서 대부분의 버섯은 적당한 습도인 85%~95%의 범위를 벗어난다.

3) 상대습도 유지 문제

온도조절 및 환기방식으로 인해 버섯의 환경조작시 상대습도의 지수는 보장 될 수 없다. 그리고 습도는 적당 범위보다 높을 때도 있고 낮을 때도 있다. 임시적으로 가습을 해도 문제를 해결할 수 없다. 환경조작이

끝난 후에 즉시 제어하지 않으면 상대습도는 계속 적당범위를 벗어난다. 이는 제어에 대한 어려움을 증가시킨다 [2].

4.2. 습도 자동 조절 환경

본 논문에서는 습도가 버섯에 대해 미치는 영향을 바탕으로 더 효율적으로 관리하기 위한 습도센서, 표시장치 등을 이용해서 자동 습도조절 환경을 구축하였다. 본 환경에서 사용자 누구나 쉽게 조작할 수 있고 비용도 저렴하다. 본 환경을 이용하면 버섯재배를 공장화시키는 것에 도움이 된다. 버섯 재배 시에 가장 어려운 습도조절을 자동화 할 수 있고, 버섯 재배 환경의 적정성에 도움이 된다.

그림 2는 자동 습도조절 환경을 이용하여 실제 실내 습도를 측정 한 것으로, 측정된 습도가 46.0% 인 것을 나타낸 것이다.



Fig. 2 Indoor Humidity Value 46.0%

V. 결 론

최근 다양한 신기술 농업 결합 시스템이 나오고 있지만 일요 농가들은 아직도 전통적인 농사방법을 사용하고 있다. 특히 그중에 버섯의 인공재배 모드는 아직 에너지 소비율이 높고, 관리기술 및 환경제어 수준이 낮고 경험이 바탕이 된 수공 조작 단계에 멈추고 있다. 버섯 재배 생산을 공장화 하려면 가장 중요한 문제는 환경요수이다. 안정적인 버섯 재배 환경요수는 버섯 공장화 생산에 보장된 시설을 제공할 수 있고 버섯 생산 자동화 수준을 향상시킬 수 있다.

환경 요소 중에 가장 중요한 습도를 효율적으로 제어 하기 위해서 본 논문에서는 습도가 버섯에 미치는 영향을 바탕으로 효과적인 버섯의 생육환경을 위한 자동 습도 조절 환경을 구축하였다. 각국의 버섯 재배현황을 살펴보고 버섯을 습도에 따라 성장상태의 변화와 적절한 습도를 벗어날 경우의 품질상태의 상황을 분석한 다음에 습도 센서, 표식 장치를 이용하여 실시요 버섯 자동 습도조절 솔루션을 도출하면서 자동 습도조절 환경을 구축하였다.

사용자는 본 환경을 이용해서 실시간으로 버섯 성장 환경에서 습도를 측정할 수 있고 이에 따라서 신속하게 습도를 조절할 수 있다. 버섯의 성장환경에서 적절한 습도를 일정하게 유지하면, 더 좋은 품질의 버섯을 재배할 수 있으며, 버섯 생산 자동화 수준, 단위 면적의 산출량 및 품질, 버섯 생산의 경제효율 및 경쟁력에 대한 중요한 의미를 갖는다.

향후에 더 좋은 버섯 성장환경을 만들기 위한 다른 환경 요소도 분석하고 이용하면서 자동 환경 조절 시스템을 구축하고자 한다.

REFERENCES

- [1] Huan Wang, "Design of the Black Fungus Growth Environment Monitoring System Based on PLC," Master dissertation, Northeast Agricultural University, 2014.
- [2] Li-na Wan, "Study on Humidity Stability of Fruiting Environment in Industrial Production of Edible Fungus," Master dissertation, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, 2010.
- [3] Ping Jin, Fen-ju Qin, "Advantages and Characteristic Industry Development of Edible Fungi in China," *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2007(1), pp.54-56, 2007.
- [4] Myung-yoon Park, Gun-soon Lee, and Sun-ju Park, "Mushroom," in *Power Food Super Food*. Goyang-si, Gyeonggi-do: Blue Happy, Dec. 2010.
- [5] Shao-feng Wu, "Discussion on Some Problems in the Industrial Production of Edible Fungi," *Edible Fungi of China*, 27(1), pp.52-54, 2008.
- [6] Yu-zhen Xiao, Xiu-hong Xu, Lin-chang Li, "Edible Fungi Cultivation Techniques," in *The Northeast Forestry University Press*, Harbin, 2011.
- [7] Yun-tao Ye, "Factory Standardization Production of Pollution-free Edible Fungi," *Agriculture Engineering Technology(Green Food)*, 2004(4), pp.18-19, 2004.
- [8] Yi Huang, "Edible Fungi Cultivation," in *Higher Education Press*, Beijing, 1999.
- [9] Albright LD, Gates RS, A rvanit is K G, et al. "Environment Control for Plants on Earth and in Space," *IEEE, Control Systems Magazine*, 9(10), pp.28-47, 2001.
- [10] Lu-juan Deng, Kan-yu Zhang, You-min Gong, et al. "Environment Optimal Control in Intelligent Greenhouse," in *Proceedings of the Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation*, pp.5356- 5360,2004.
- [11] Jun Yang, "Edible Fungi's Factory Facilities Cultivation and Market in South Korea," *Edible Fungi of China*, 25(2), pp.7-8, 2004.
- [12] Guang-ming Hao, "Factory Cultivation Techniques of Pleurotus Eryngii in South Korea," *Edible Fungi*, 2003(2), pp.38-39, 2003.
- [13] Xiao-wen Zhang, "The Development Present Situation and Prospect of Facilities Agriculture," *Agricultural Technology & Equipment*, 2006(11), pp.6-8, 2006.
- [14] Jon-go Kim, Il-gu Jee, "(Easy to Understand the Latest) Sensor Technologies : Basic Practical Use," *D.B.Info: Bogdoo Press*, 2014.



서신림(Chen-Lin Xu)

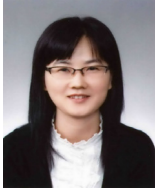
원광대학교 정보관리학과 박사
 ※관심분야 : 정보관리, 경영정보시스템, e-비즈니스, 비즈니스 인텔리전스



이현창(Hyun-Chang Lee)

원광대학교 정보전자상거래학부 교수

※관심분야 : 비즈니스 인텔리전스, 시맨틱기술, 유비쿼터스 컴퓨팅



강선경(Sun-kyung Kang)

㈜중은정보기술 연구소장,

※관심분야 : HCI, 영상처리, 패턴인식, 임베디드 시스템, 빅데이터



신성윤(Seong-Yoon Shin)

군산대학교 컴퓨터정보공학과 교수

※관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 가상현실, 멀티미디어