

탄산가스의 변화동태에 기초한 실내버섯재배장에서의 합리적인 환기량결정방법

강건호, 정광명

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《버섯재배는 과학적으로 하여야지 잘못하면 실패할수 있습니다.》(《김정일선집》 증보판 제19권 73페이지)

날로 늘어나는 버섯에 대한 수요를 충족시키기 위하여서는 인공재배를 위한 영양기질을 잘 선택하는것과 함께 실내버섯배양장과 재배장에 적합한 환경을 조성해야 한다.

버섯재배에서 제기되는 배양장과 재배실안의 온도, 습도, 통풍조건들을 버섯품종들의 특성에 맞게 합리적으로 결정하기 위한 연구들[1-3]이 많이 진행되였다.

우리는 버섯배양에서 중요한 인자로 되는 실내버섯배양장과 재배장에서의 탄산가스변화동태에 기초한 동력학적모형화방법을 리용하여 합리적인 통풍량을 결정하기 위한 연구를 하였다.

재료와 방법

시험균그루로서 우리 나라에서 많이 재배하고있는 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)을 리용하였다.

느타리버섯의 특성에 맞게 배양과 재배관리를 잘하여 생산성을 높이려면 실내버섯배양장과 재배장의 온도, 습도를 잘 조절하는것과 함께 산소와 탄산가스의 농도를 재배시기별로 과학적으로 보장하여야 한다. 그런데 실내버섯배양장과 재배장의 온도, 습도보장문제는 일반적인 방법으로 해결할수 있지만 산소, 탄산가스의 농도를 과학적으로 보장하는 문제는 환기를 합리적으로 조종하는 방법으로 해결하여야 한다.

우리는 버섯을 실내에서 배양하거나 재배할 때 합리적인 통풍량을 결정하는 문제를 탄산가스의 변화동태에 기초한 동력학적모형화방법을 리용하여 고찰하였다.

버섯은 일반적으로 호기성진균으로서 산소를 흡수하고 탄산가스를 내보내는 과정을 통하여 성장발육한다. 그러므로 버섯을 실내에서 배양하거나 재배할 때에는 버섯의 생육과정에 많은 량의 탄산가스가 발생하게 되고 일정한 농도한계를 넘으면 버섯의 생육에 지장을 주며 지어 버섯이 죽기까지 한다. 실내버섯배양장과 재배장에서 필요한 공기류입량을 계산하려면 건물내부의 체적이 주어진 조건에서 버섯기질개수에 따르는 탄산가스농도의 시간적인 변화동태를 잘 알아야 한다.

복잡성을 피하기 위하여 실내재배장에서 탄산가스농도의 시간적인 변화동태해석에 기초한 환기량결정문제에 대하여서만 논의한다.

일반적으로 실내버섯재배장의 체적이 주어졌을 때 재배장안에 있는 버섯기질개수에 따르는 내부탄산가스농도의 시간적인 변화과정은 다음과 같은 수학적모형으로 표현된다.

$$\frac{dC}{dt} = \alpha - \beta C(t), C(0) = C_0 \quad (1)$$

여기서 $\alpha = \frac{nm+br}{V}$ 이고 $\beta = \frac{\lambda b}{V}$ 이다. V 는 버섯재배장내부의 체적(m^3)이고 n 은 버섯기질개수, m 은 버섯기질 1개가 내보내는 탄산가스량(m^3/min), r 은 류입공기중에 포함된 탄산가스함량(%), b 는 류입공기량(m^3/min), C_0 은 버섯재배장내부의 초기탄산가스함량(%), λ 는 버섯재배장내부의 특성에 관계되는 보조변수이다.

식 (1)을 풀면

$$C(t) = \lambda e^{-\beta t} + \frac{\alpha}{\beta} [e^{-\beta t} - 1] \quad (2)$$

로 된다.

식 (2)를 리용하여 버섯재배장의 환기량을 결정하려면 재배장내부의 체적과 버섯기질개수를 재배장내부에서 버섯의 숨쉬기과정에 발생하는 탄산가스농도와와의 호상련관속에서 고찰하여야 한다. 즉 실내버섯재배장에서 버섯들의 생육에 지장이 없도록 안전상태가 보장되도록 하려면 탄산가스의 실내허용농도기준값을 만족시키도록 깨끗한 공기의 환기량결정 문제를 해결하여야 한다.

이 문제를 해결하기 위하여 식 (2)를 변경시키면 버섯기질개수가 고정되고 재배장내부의 체적이 주어졌을 때 일정한 시간안에 탄산가스의 허용농도를 보장하기 위한 환기량(b)은 다음의 식을 리용하여 결정할수 있다.

$$b = \frac{V}{t} \ln \left[\frac{\left(r + \frac{nm}{b} \right) \left(e^{\frac{bt}{V}} + \frac{bC_0}{br+nm} - 1 \right)}{C_{\text{허}}} \right] \quad (3)$$

식 (3)은 환기량(b)을 미지량으로 포함하는 비선형방정식이므로 해석적인 풀이를 구할수 없다. 그러므로 버섯기질개수가 고정되고 건물내부의 체적이 주어졌을 때 이 비선형방정식의 근사풀이를 계산하기 위하여서는 시간변수와 그것에 대응한 탄산가스농도에 대하여 일정한 가정을 주어야 한다. 이 비선형방정식의 근사풀이를 계산하기 위하여 버섯의 견딜시간과 허용탄산가스농도를 미리 주면서 이에 따르는 환기량(b)을 결정하는 반복도식을 만들면

$$b_{k+1} = \frac{V}{t} \ln \left[\frac{\left(r + \frac{nm}{b} \right) \left(e^{\frac{b_k t}{V}} + \frac{b_k C_0}{b_k r + nm} - 1 \right)}{C_{\text{허}}} \right] \quad (4)$$

로 표시된다. 이 반복도식의 수렴성은 담보되므로 $|b_{k+1} - b_k| \leq \varepsilon$ 조건이 담보될 때까지 반복을 계속한다.

환기량(b)을 미지량으로 포함하는 비선형방정식 (3)의 풀이를 구하기 위한 이 반복도식 (4)를 리용하면 버섯의 숨쉬기에 필요한 탄산가스의 허용농도가 주어졌을 때 버섯의 안전한 생육상태가 보장되도록 하기 위한 깨끗한 공기의 통풍량을 계산할수 있다.

결과 및 논의

버섯의 숨쉬기에 필요한 탄산가스의 허용농도가 주어졌을 때 버섯의 안전한 생육상태

가 보장되도록 하기 위한 깨끗한 공기의 통풍량을 모의하였다.

먼저 ㄷ버섯공장의 실내재배장에서 여러가지 관측실험들을 진행한데 기초하여 보조변수와 탄산가스배출량, 초기탄산가스농도를 결정하였다. 중온성느타리버섯의 어린 자실체시기에 진행한 실험결과들로부터 탄산가스배출량 $m=0.000\ 023\text{m}^3/(\text{kg}\cdot\text{min})$, 초기탄산가스농도 $C_0=0.04\%$, 보조변수 $\lambda=1$ 로 주었다.

이러한 가정밑에서 ㄷ버섯공장실내버섯재배장 1호동의 체적 $V=100\text{m}^3$, 버섯기질개수 $n=1\ 000$ 개, 기질 1개당 평균질량 0.8kg , 체적 $0.004\ 8\text{m}^3$ 들을 측정하고 계산하였다. 그리고 느타리버섯의 자실체가 자랄 때 탄산가스의 농도는 0.1% 정도까지 허용되므로 탄산가스의 허용농도를 $C_{\text{허}}=0.07\%$ 로부터 $C_{\text{허}}=0.11\%$ 까지 변화시키면서 지속시간을 30min 간격으로 3h 동안 버섯의 안전한 생육에 필요한 통풍량을 모의계산하여 결정하였는데 그 결과는 표 1과 같다.

표 1. 실내버섯재배장의 체적이 주어졌을 때 허용농도와 지속시간에 따르는 통풍량($\text{m}^3\cdot\text{min}^{-1}$)

지속시간/min	허용농도/%					
	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.11
30	309.1	212.5	161.9	130.77	109.68	94.44
60	309.1	212.5	161.9	130.77	109.68	94.44
90	309.1	212.5	161.9	130.77	109.68	94.44
120	309.1	212.5	161.9	130.77	109.68	94.44
150	309.1	212.5	161.9	130.77	109.68	94.44
180	309.1	212.5	161.9	130.77	109.68	94.44

표 1에서 보는바와 같이 실내버섯재배장의 체적과 버섯기질의 개수가 주어졌을 때 탄산가스의 허용농도와 지속시간에 따르는 통풍량은 허용농도를 강하게 제한할수록 뚜렷이 증가하는 경향성을 가진다는것 그리고 버섯의 정상생육에 필요한 통풍량은 지속시간의 길이에 크게 의존하지 않는 경향성을 가진다는것을 알수 있다.

다음으로 일정한 허용농도와 시간조건에서 버섯기질의 개수에 따르는 통풍량을 모의하여 결정하였는데 그 결과는 표 2와 같다.

표 2. 일정한 허용농도와 시간조건에서 버섯기질의 개수에 따르는 통풍량($\text{m}^3\cdot\text{min}^{-1}$)

허용농도/%	버섯기질개수/개					
	500	1 000	1 500	2 000	2 500	3 000
0.08	80.95	161.90	242.86	323.81	404.76	485.70
0.09	65.38	130.77	196.15	261.54	326.92	392.31
0.10	54.84	109.68	164.52	219.35	274.20	329.03
0.11	47.22	94.44	141.67	188.89	236.11	283.33

시간은 1h

표 2에서 보는바와 같이 1h조건에서 버섯기질의 개수가 많을수록 그리고 탄산가스의 허용농도를 강하게 제한할수록 버섯의 안전한 생육에 필요한 통풍량은 현저하게 증가한다는것을 알수 있다.

맺 는 말

실내버섯배양장과 재배장의 체적이 주어졌을 때 배양장과 재배장안에 있는 버섯기질 개수에 따르는 내부탄산가스농도의 시간적변화동태를 고려한 통풍량결정에 수학적모형화 방법을 적용하면 실내버섯배양장과 재배장에서 버섯기질들의 생육과정에 내보내는 탄산가스를 충분히 고려한데 기초하여 버섯생산을 늘이는데 필요한 환기량을 합리적으로 결정하는 문제를 해결할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 리선희; 버섯재배, 공업출판사, 3~80, 주체98(2009).
- [2] A. Randall; A Journal of the Human Environment, 32, 264, 2003.
- [3] 王福林 等; 农业经济与管理, 1, 64, 2015.

주체108(2019)년 10월 5일 원고접수

Rational Determination Method of Ventilating Volume in Indoor Mushroom Cultivating Room on the Basis of the Change Rate of CO₂

Kang Kon Ho, Jong Kwang Myong

Using the mathematical modeling method for determining the ventilating volume in consideration of the time-change rate of CO₂ in indoor due to the number of mushroom culture blocks can scientifically solve the problems to determine rationally ventilating volume necessary for increasing the yield of mushroom.

Keywords: mushroom cultivation, ventilating volume