버섯재배 자동송풍 · 관수장치 개발
Development of Automatic Air blast Watering Machine for Mushroom Growing

최광재* 박환중* 박경규** 이성현* 유병기*
K.J.Choe H.J.Park K.K.Park S.H.Lee B.K.Yu

1. 서론

느타리버섯은 수확시기에 균의 발육과 습도유지를 위하여 많은 량의 물을 필요로 한다. 버섯재배 농가는 관수작업을 위하여 양수기에 연결된 물뿌리개나 동력분무기에 연결된 노즐을 사용하여 버섯재배사에 통로를 이동해 가며 아침과 저녁 1일 2회의 관수작업을 하고 있다. 그러나 버섯재배사는 내부가 어둡고 버섯재배 균상이 양방향으로 4단 높이로 설치되어 있어 높은 곳과 구석까지 고르게 뿌려주기 어려우며, 재배사 균상위에는 버섯의 배지가 꽉 들어차 있어 환기가 원활하게 이루어지기 어려운 구조적인 특징이 있다

본 연구는 느타리버섯의 수확시기에 버섯재배사 통로를 왕복 주행하며 버섯균상 양쪽 1~4단 균상에 필요한 량의 물을 뿌려주고 물을 준 후 바람도 불어주며, 가끔씩 안개분무 가습도 하여 버섯의 재배환경을 적합하게 하여주는 장치를 개발하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험장치 구성

(1) 노즐의 분무량시험

관수작업과 습도조절을 목적으로 미세한 분무공을 갖는 분무노즐로 고압 분사시켜 분무입자의 크기와 입자의 도달거리를 조사하여 장치의 적정 설계요인을 찾기위한 실험장치를 구성하였다. 노즐로 고압의 물 분무를 위한 동력분무기 40A와 고속의 기류를 얻기 위하여 풍속 10m/sec와 14m/sec을 갖는 2종류의 원심팬을 설치하였다. 분무입자의 비산거리를 측정은 노즐의 전방에 경사진 골함석판을 설치하고 노즐로부터 일정한 간격으로 비커를 설치하여 물방울 낙하량을 측정하였다. 공시노즐은 gun-type 버너노즐로서 분무량이 0.5~8㎤/sec범위의 8종을 대상으로 하였다.

Table 1. Specification of atomization unit and measuring apparatus

Items	Specification
Power sprayer	0.04㎥/min, three plunger, 5~35kg/cm^2
Centrifugal fan	10m/sec(2.5㎥), 14m/sec(4.1㎥)
Inclined plate(W×L)	1.8 × 3.0m, corrugrate sheet, inclined angle of 30 °
Types of nozzle	8 types, 0.5, 0.85, 1.25, 1.5, 2.0, 4.0, 5.0, 8.0㎤/sec

* 농촌진흥청 농업기계화연구소
** 경북대학교 농업기계공학과

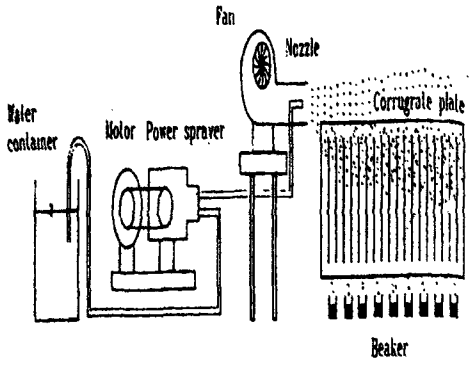

Fig 1. Layout of atomization testing system

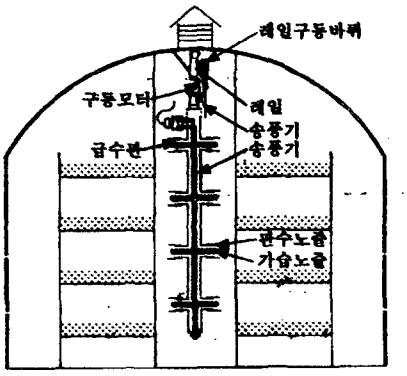

Fig 2. Automatic air blast watering-humidifying system

(2) 관수·가습 장치

균상 상, 중, 하층 균상에 고루 관수 및 가습이 되도록 하기 위하여 통로 중앙부를 이동하면서 관수와 가습이 되는 구조로 하였다. 재배사 중앙부 지붕에 hanger rail을 설치하고 분무장치가 이 레일위를 왕복 주행하면서 팬과 노즐에 의해 미립의 물방울을 살포하는 구조이다.

이 장치의 주요구조는 행거레일, 구동장치, 송풍 및 분무장치 그리고 제어장치로 구성되며 주행변속, 정역회전이 가능한 AC모터를 사용하여 체인전동으로 롤러를 구동하고 주행롤러에 의해 행거레일 위를 활주하도록 하였다.

가습 또는 설정 관수작업시간이 될 경우 타임스위치와 릴레이회로에 의하여 주행모터, 송풍기, 동력분무기를 가동하고 송수관에 설치한 전자변을 열어 관수 또는 가습을 선택 가동될 수 있게 하였다.

Table 2. Specification of automatic watering-cum-humidifying unit

Items	Specification
Carrier motor	Reversible & speed control, AC 40W
Fan	40m^3/min, 18mmAq
Power train	Sprocket & chain
Power sprayer	20 ℓ /min, 35kg/cm^2, 2 plunger, 750rpm
Nozzle size	0.85, 5.0㎤/sec, 80°
Control system	Relay switch on/off & time switch system

나. 분석방법

(1) 분무 물방울입자 분석

노즐의 입경을 조사하기 위하여 노즐의 규격별 분무입자의 분포 및 질량평균입경(MMD)을 측정하고 노즐로부터 살포된 입자의 비산거리별 분무입자의 변화를 분석하였다. 입자측정에 사용한 Malvern 입자분석기는 비이미지 광시스템으로 Fraunhorfer회절의 원리를 이용한 분무입자 측정기로서 측정 액적크기범위 1.2~118 ㎛에 적합한 63mm렌즈를 사용하여 측정하였다. 레이저 입자측정은 노즐로부터 0.5 1.0 1.5 2.0m의 거리에서 측정한 분무입자의 질량평균입경을 분석하여 관수 및 가습용의 적합성을 검토하였다.

(2) 관수·가습 물방울의 분포

레일을 이동하는 구동장치에 변속장치를 장착한 장치의 주행상태, 관수작업시의 관수량, 거리별 살포균일성 등 측정을 위하여 중앙통로로부터 직각방향으로 거리에 따라 균상위에 비커를 설치하고 노즐에서 분사된 물의 낙하량을 측정 물방울의 도달 균일성을 조사하였다.

3 결과 및 고찰

가. 노즐크기별 분무량

관수용 노즐은 균상면적 1㎡당 1일 1ℓ를 살수할 수 있어야 하므로 액적의 입경이 커야하고 가습장치용 노즐은 가능한한 쉽게 증발될 수 있도록 입자가 작아야 한다. 관수·가습장치용 노즐의 분당 분무량은 분무압력 1MPa 일때 노즐규격 1.0㎠/sec이하에서는 별차이가 없었으나 노즐이 커질수록 분무량이 실제보다 1.5~2배정도 커지는 경향을 나타냈다. 그리고 노즐의 분무압력 1MPa인 때에 비하여 2MPa인 때의 분무량은 약 35% 증가하였다.

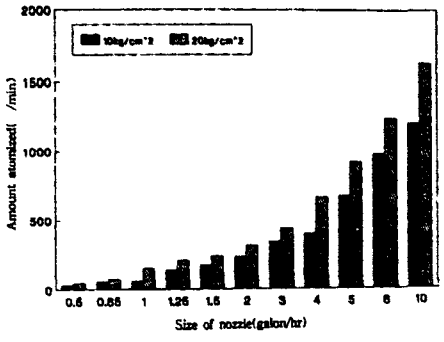

Fig 3. Amount of atomized water on the different size of nozzle under different level of pressure

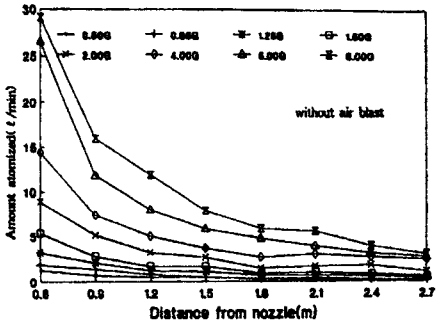

Fig 4. Amount of atomized droplet on the different distance from nozzle without air blast

나. 분무입자의 송출거리별 낙하량

기류가 없는 상태에서 측정한 노즐의 크기별 거리에 따른 분무액적의 낙하량은 노즐에서 거리가 멀어질수록 감소하였으며, 특히 노즐의 크기가 클수록 분무액적의 이동거리는 급격히 감소하였다.

원심팬을 사용하여 이들 노즐의 분무립에 풍속 10m/sec의 기류를 주었을 때 노즐규격 0.5와 0.85㎤/sec인 경우는 노즐로부터 원거리에 비산되어 균상의 중앙부 건너편 측에 낙하하는 양이 많았으며, 노즐규격 1.25와 1.5㎤/sec는 균일한 분포를 보였다. 한편 이들 노즐에 14m/sec의 강한 기류를 주었을 때 노즐규격 0.5㎤/sec를 사용시 모두 2.1m밖으로 비산되었고 노즐 0.85㎤/sec는 노즐에서 가까운 거리와 먼 거리에 액적의 낙하량이 많았다.

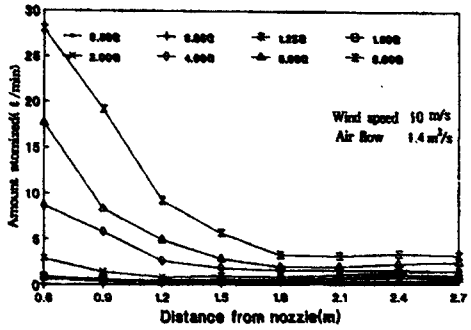

Fig 5. Amount of atomized droplet on the different distance from nozzle under the wind speed of 10m/sec

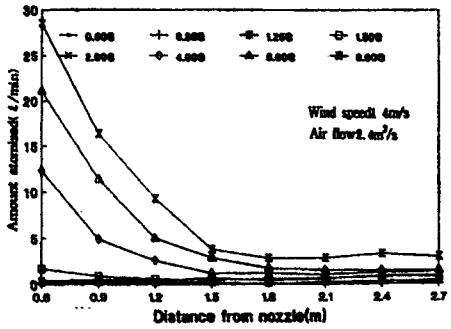

Fig 6. Amount of atomized droplet on the different distance from nozzle under the wind speed of 14m/sec

1.25~2.0㎤/sec 노즐은 비교적 균일한 분포를 나타내었으며 노즐 4.0~8.0㎤/sec에서는 근거리에 낙하량이 많았다. 분무액적의 낙하량 분포특성으로 볼 때 가습시에는 노즐 0.8~1.5㎤/sec를 사용하고 10m/sec정도의 기류를 가하는 것이 적합하다고 생각되며 관수작업시에는 노즐규격 2.0㎤/sec이상이 적합하고 볼 수 있다.

다. 분무입자의 입경변화

Fig 7, 8, 9는 노즐의 분무압력을 0.5~3MPa범위로 변화시켜 0.5㎤/sec 노즐에 대한 평균분무립(MMD)측정치를 입경가적곡선과 입도분포도이다. 평균분무립직경(MMD)은 분무압이 0.5, 1, 2, 3MPa일 때 각각 45㎛, 40㎛, 32㎛, 31㎛수준이었다.

누적곡선으로 본 입경의 크기는 대부분 20㎛~60㎛범위에 있었으며 노즐의 분무압력이 0.5MPa에서 2.0MPa로 높아질수록 분무립 직경은 감소하였으나 2.0MPa이상에서는 별로 감소되지 않았다.

가습용노즐의 무기분사 상태에서는 살포거리별 물방울 평균입경(MMD)은 노즐의 크기가 클수록 커지며 노즐에서 멀어질수록 입자가 작아지는 경향을 보였다.

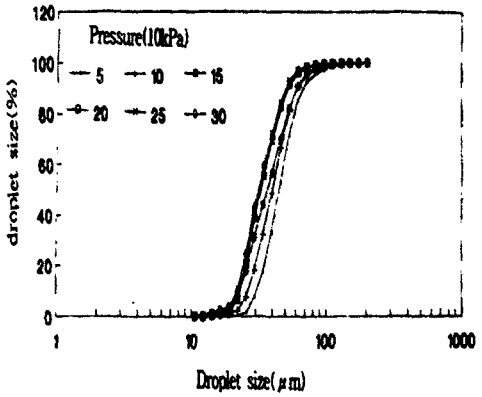

Fig 7. Accumulated droplet size(MMD) for different pressure

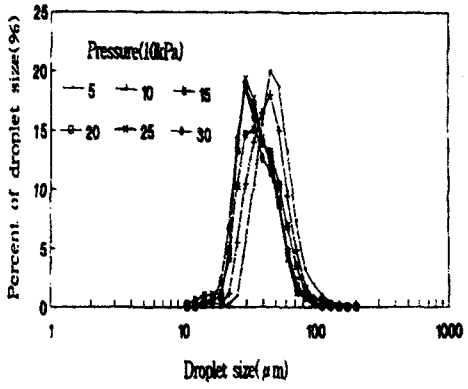

Fig 8. Distribution droplet size(MMD) for different pressure

특히 노즐의 규격 1.5㎤/sec이하에서는 물방울의 평균입경이 약 30㎛ 또는 그 이하이었으며 노즐규격 0.5~1.5㎤/sec 범위에서 평균입경은 5~8㎛ 정도로 큰 차이가 없었다. 한편 노즐에 10m/sec의 기류를 가하였을 경우 분무입자의 입경은 노즐로부터의 거리가 멀어짐에 따라 작아지고 노즐의 크기가 커질수록 입경은 커지는 경향이었다. 따라서 가습을 위하여는 노즐분두에 기류를 가하지 않는 것이 유리하고, 액적의 균일한 낙하를 위하여는 기류를 가하는것이 유리하며. 관수와 가습 겸용으로는 약한 기류를 가하는 것이 유리하다고 판단된다.

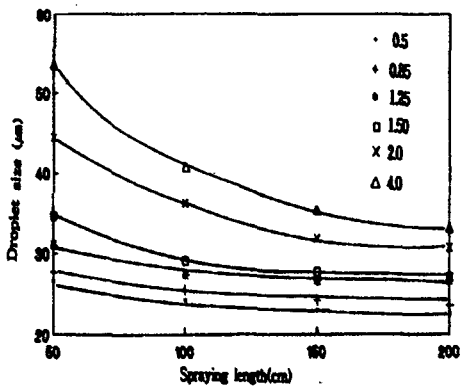

Fig 9. Effect of droplet size on the travelling distance from nozzle without air blast

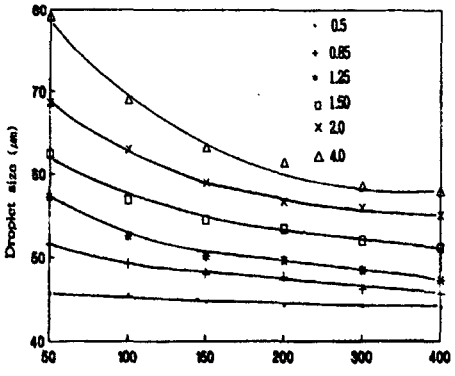

Fig11.Effect of droplet size on the travelling distance from nozzle in the wind speed of 10m/sec

라. 버섯재배사에 대한 적응성

캐리어 구동장치와 송풍팬모터의 입력전선은 행거의 전선걸이 롤러와 함께 이동되며 관수호스는 신축되므로 장치의 주행은 원활하였다. 동력분무기가 가동되고 송수관의 전자변이 열려 활주중 관수, 가습작업이 양호한 작동을 보였다.

이와같은 관수노즐 및 가습노즐의 특성을 고려하여 표준버섯재배사에 자동 송풍·관수장치 시작기를 설치하여 얻은 송풍시와 무송풍시의 균상위에 낙하된 물방울낙하량을 비교한바, 무송풍시 버섯재배사의 중앙통로에 물방울 낙하량이 많았으나송풍시에는 관수노즐과 가습노즐 모두 재배상의 중앙부위를 중심으로 비교적 균일하게 낙하량이 분포되는 현상을 보여 실용적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

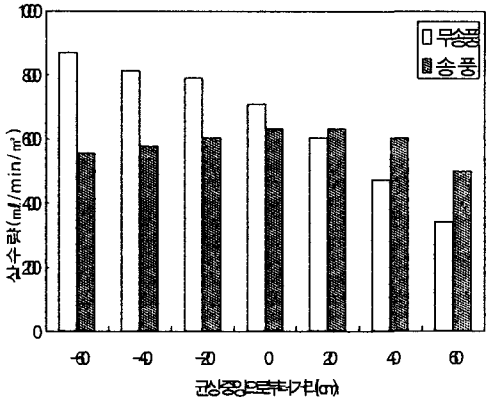

Fig 11. Droplet distribution sprayed for watering nozzle

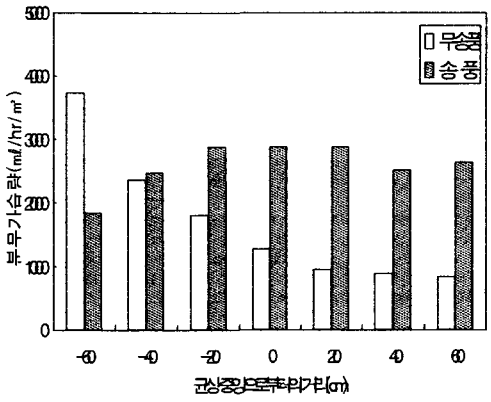

Fig 12. Droplet distribution sprayed for humidification nozzle

4. 요약 및 결론

가. 분무액적의 낙하량분포특성을 고려할 때 가습노즐은 0.8~1.5㎤//sec범위가, 관수용노즐은 2.0㎤//sec이상이 적합하며 이 때 10m/sec부근의 기류가 있는 것이 적합하다고 생각된다.

나. 노즐의 분무압력이 0.5MPa에서 2.0MPa로 높아질수록 분무립직경은 감소하였으나 2.0MPa이상에서는 분무립의 감소경향이 낮으므로 그 이상 가압할 필요는 없다고 본다.

다. 액적의 균일한 낙하를 위하여는 기류를 가하는 것이 유리하며, 관수, 가습겸용으로 사용할 경우 약한 기류를 가하는 것이 유리하다고 생각된다.

라. 관수노즐(0.85㎤//sec)와 가습노즐(5㎤//sec)을 겸비한 2단 노즐과 토출구 풍속 10m/sec의 성능을 가진 송풍기설치된 자동송풍관수장치의 균상위 물방울낙하분포량은 비교적 균일하여 버섯재배에 실용화할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

가. 이용하, 이은관 : 1983, 볏짚을 이용한 식용버섯의 속성재배법, 오성출반사

나. 자충력, 류창현, 김광포 : 1991, 최신 버섯재배기술, 농진회

다. 최광재 외 : 1990, 느타리버섯 재배 기계화실태조사연구, 농기계연 시험연구보고서

라. Peter Oei : 1991, Manual on mushroom cultivation, Tool Publications

마. 古川久彦 : 1992, きのこ學, 共立出版株式會社