

2류체 노즐을 이용한 물분사에 의한 온실의 냉각효과

Cooling effect of water spraying in greenhouse by two-fluid nozzle

민영봉* · 김도완

경상대학교

Min, Young-bong* · Kim, Do-Wan

Gyeongsang National University

서론

하절기 우리나라 온실의 내부온도는 작물재배의 한계온도 이상의 고온으로 상승하여 고온장애로 생산물의 양과 품질을 저하시켜 농가에 손실을 주고 있다. 지금까지 알려진 가장 경제적인 냉방방법은 Fog분무에 의한 증발냉각법이다. Fog분무는 고압공기의 분출유속을 이용한 2류체노즐에 의한 것이 가장 효과적이며, 현재까지는 공기압축기가 필요하여 온실내 냉방장치로 이용시 장치비가 많이 들어간다.

2류체 노즐의 액공과 기공의 크기를 크게 하고 공기압축기 대신 터보팬을 이용하여 저압다량의 공기분출에 의한 포그분무를 실현한 터보팬 2류체 노즐을 개발하였다. 이 노즐을 탑재한 포그 발생장치의 분무입자와 증발현상은 이미 보고된 바 있다.(민, 2000) 본 연구는 개발된 포그 발생장치를 실험용 유리온실에 설치하고 고온기에 포그분무에 의한 온실의 냉방효과를 알아보려고 수행하였다.

재료 및 방법

1. 대상온실

본 연구에 사용한 온실은 경상대학교 포장내에 있는 단동식 철골유리온실로서 가로×세로×높이는 950cm×2400cm×580cm이다. 대상온실의 천창 크기는 폭×길이가 120cm×2250cm이며 측창의 크기는 92cm×2250cm이다.

2. 실험장치

가. 포그발생장치

1) 2류체노즐

물을 미립자로 만들기 위하여 사용한 터보팬 2류체노즐의 액공과 기공의 크기는 각각 2mm와 6mm이며 면적은 3.14mm²와 21.20mm²이다. 터보팬으로 압축한 노즐내의 공기압은 0.3kg/cm²이며 2류체노즐의 구조는 Fig.1과 같다. 사용한 터보팬은 풍량 2.43m³/min, 소요동력 965w이다.

2) 송풍팬

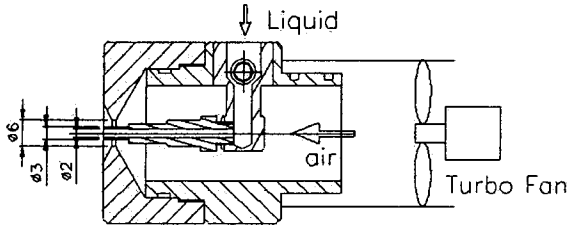


Fig. 1. Details of two-fluid nozzle.

노즐로부터 만들어진 미립자는 자체의 운동에너지로 원거리 이동이 불가능하므로 전원 220V, 출력 400W, 풍량 61m³/min의 송풍기를 사용하여 온실내에 부유시켰으며 이때 측정된 분무입자의 체적과 입수에 의한 평균입경은 약 30 μ m였다. 2류체노즐과 송풍기를 결합하고 물 공급 및 360° 선회용 전기장치를 부착한 포그발생장치는 사진1과 같다.



Photo. 1. Machine of fog spray

나. 온·습도측정 장치

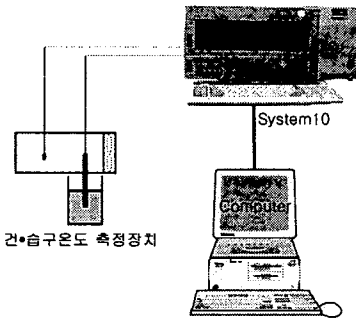


Fig. 2. Schematic diagram for collecting temperature

온·습도측정을 위하여 구성된 장치는 Fig. 2와 같다. 데이터 수집은 DAYTRONICS사의 System10을 사용하였다. System10에 내장된 카드 10A98은 온도센서 Thermocouple을 사용하며 1개의 카드에 8개의 채널이 사용 가능하다. 온도를 측정하기 위하여 계측상자를 제작하였다. 계측상자는 수평원통관으로 내부에 Thermocouple을 설치하였으며, 관의 한쪽 끝에는 온실내의 공기를 유동시키기 위하여 FAN을 설치하였다.

3. 실험방법

1999년 8월에 온실 1동에 대칭되는 반쪽에 건·습구 온도센서('T' Type Themocouple)를 지면으로부터 1m의 높이에 설치하였으며, 이때 센서와 노즐과의 높이차는 120cm 였다.

냉방온실과 비냉방온실, 외부의 온·습도를 비교하기 위하여 크기와 조건이 같은 옆동 온실과 온실의 지붕에 동일한 방법으로 각각 1개씩의 건·습구 온도센서 센서를 설치하였다.

포그발생장치에는 4개의 2류체노즐이 탑재되어 있으며 실험시 1개의 2류체 노즐로부터 분사되는 물의 양은 20ml/min였다. 표준온실내 2대를 설치하여 포그발생장치를 연속적으로 작동, 포그를 360° 비산시켜 온·습도 DATA를 10초 주기로 System10으로 부터 RS232C를 통하여 컴퓨터로 받았다.

효율은 식①을 사용하여 계산하였다.(남, 1998)

$$\eta = \left| \frac{T_d - T}{T_d - T_w} \right| \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$$= \left| \frac{27.70 - 28.72}{27.70 - 25.95} \right| = 0.583$$

T_d : 외부의 건구온도, T_w : 외부의 습구온도, T : 냉각된공기의온도
 상대습도는 건구온도와 습구온도를 읽어 ASAE(D271.2)를 이용하여 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 냉방온실과 비냉방온실의 온실의 온도변화

온실에 2류체노즐로 물을 분사한 냉방온실과 비냉방온실의 온도변화는 Fig. 3과 같이 나타났으며 외부의 평균 온·습도가 27.6℃, 87.5%일 때 냉방시 비냉방온실과의 평균온도 차는 약 1.3℃였다.

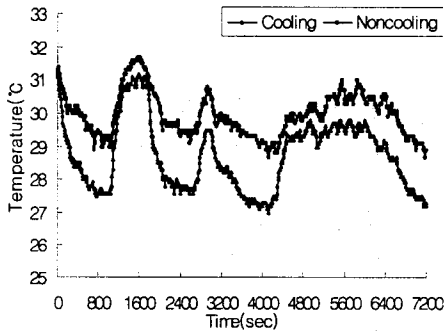


Fig. 3. Temperature comparison of cooling and noncooling

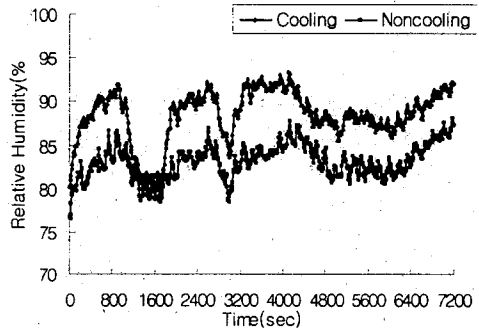


Fig. 4. Relative Humidity comparison of cooling and noncooling

냉방온실과 비냉방온실의 온도상승 및 하강의 곡선변화가 비슷한 경향을 보인 것은 일사량과 바람의 영향을 많이 받은 것으로 사료된다. 민(1997)은 여름철 외기온과 온실내의 온도를 2~3℃차로 유지하기 위한 포그의 분무량은 4.6ml/m²/min으로 밝히고 있는데, 본 실험에서의 분무량은 1.425ml/m²/min으로 아주 적게 분무하였음에도 냉각효과는 평균 1.3℃였다. 이 영향 실험온실이 규모가 작은 단동온실이어서 환기율이 높고, 미세한 분무립의 송풍비산에 의해 증발속도가 빠른 것에 기인된 것으로 판단된다.

2. 냉방온실과 비냉방온실의 습도변화

온실에 fog발생장치를 작동후 냉방온실과 비냉방온실의 습도변화는 Fig. 4와 같이 나타났으며 비냉방온실에 비해 냉방온실의 상대습도가 평균 5.4%정도 높았다.

냉방온실의 경우 상대습도가 최고 92%였으나 fog발생장치에서 분사된 30μm의 분무입자는 지면의 작물에 낙하하지 않고 모두 증발하였다.

3. 평면온도 변화

냉방중 평면의 온도 변화는 Fig. 5와 같이 나타났으며, 냉방효과는 노즐로부터 약3m전 후까지 나타났다. fog발생장치에서 분사되는 fog의 양을 늘이고 송풍팬의 용량을 크게

하면 3m이상도 가능할 것으로 사료된다. fog 분사장치를 중심으로 온도분포가 일정하지 아니한 것은 외부로부터 들어오는 바람의 방향이 온도분포에 영향을 준 것으로 판단된다.

4. 효율

효율은 냉방중 온실에 fog 분사장치로 분사 후 온실내의 평균온도를 냉각된 온실의 온도로 하여 냉방효율을 계산한 결과 냉방효율은 58.3%로 나타났다.

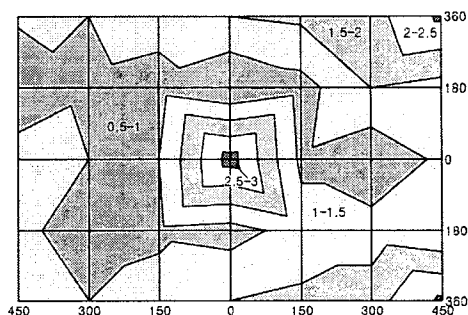


Fig. 5. Variation of temperature at a plane when cooling

적요

여름철 고온기 온실내 효율적 증발 냉방을 위하여, 다량 포그분무가 가능하고 설치비용이 저렴하도록 개발된 터보팬형 포그발생 장치는 1대당 포그분무량 80ml로 평면적 228m²에 2대를 소형 유리온실에 설치하여 실험하였다.

포그를 연속적으로 분무하고 순환팬에 의해 온실내로 입자를 360°로 비산시켜 증발냉각을 행하였다. 그 결과 실외온도와 습도가 27.6℃, 87.5%일 때 온실내부의 온·습도는 28.7℃, 88.5%로 증발냉각을 행하지 않은 경우보다 평균 1.3℃하강하였다. 이때 분무입자는 평균 30μm로 분무되어 온실내에서 전부 증발하였고, 지면의 작물에 낙하하지 않았다. 본 실험에서 사용한 포그-팬 장치의 포그분무량은 1.425ml/m²/min으로 자연환기일 때 이론적으로 계산한 4.6ml/m²/min보다 적고 효율 또한 58%수준으로 낮은 것으로 나타났다. 1대당 포그분무용량을 높이거나 장치 설치대수를 현재보다 3배정도 늘리는 방법으로 개선한다면 터보팬형 2류체노즐에 의한 포그냉방장치는 실용성이 높을 것으로 판단된다.

인용문헌

1. 남상운. 1998. 증발냉각시스템의 온실냉방 적용성 평가. 생물생산환경조절학회지 7(4) : 283~289
2. 민영봉의 23인. 1997. 공정육묘온실의 표준모델 및 자동화시스템개발과 활용기술연구. 경상대시설원예연구 제4호 : 164~166
3. 민영봉, 김명규, 김도완. 2000. 터보팬 2류체 노즐에 의한 분무입자의 증발현상. 한국농업기계학회 2000년 동계학술대회논문집 : 221~227
4. ASAE D271.2. Psychrometric Data