

# 환기회수에 따른 포그냉방시스템의 냉방효과

## The Cooling Effect of Fog Cooling System as Affected by Air Exchange Rate

김기성\* · 김문기 · 권혁진  
서울대학교

Kim, K.S.\* · Kim, M.K. · Kwon, H.J.  
Seoul National University

### 서 론

첨단유리온실의 건설이 증가하면서 여름철 온실내 환경의 적정화를 위하여 증발냉각시스템의 도입이 증가하고 있으며, 대표적인 증발냉각시스템은 패드-팬 시스템과 포그시스템 등이 있다. 포그시스템은 냉방효율이 높고 다른 시스템과 비교하여 저비용이며 온실내 부공간의 활용면에서 우수한 장점이 있어 그 보급이 증가하고 있다.

그러나, 포그냉방시스템의 냉방효과는 온실 내부의 상대습도와 밀접한 관계가 있기 때문에 냉방효율을 높이고 온실내부의 환경을 적정하게 유지하기 위해서는 내부환경 변화를 고려한 포그냉방시스템의 설계와 운영이 이루어져야 한다.

따라서, 본 연구에서는 온실의 환기형태 및 환기회수의 변화에 따른 포그냉방시스템의 냉방효과를 분석하여 포그냉방시스템을 설계 및 효율적인 운영방법을 찾기 위한 기초자료를 얻고자 한다.

### 재료 및 방법

#### 1. 실험 온실 및 측정방법

포그냉방시스템은 경기도 안성에 위치한 폭 6.5m, 길이 19m, 높이 4m의 철판유리온실에 설치하였고 천창과 측창의 면적은 각각  $12.75 m^2$ ,  $7.65 m^2$ 이다. 피복재의 광투과율은 62%, 차광재(알루미늄 흡착필름)의 차광율 70%였다.

외부 기상 자료는 온실로부터 500m 떨어진 지점에 기상관측시스템(campbell)을 설치하여 기온, 습도, 풍속, 풍향, 일사량, 10분 간격으로 자동 기록하였고 온실 내부에 HOBO(H08-003-02, Onset computer Corp. : 10점), 일사계(PCM-01, 그리스), 풍속계(Series640, Dwyer Instrument, Inc. : 4점)를 그림 2와 같이 설치하여 10분 간격으로 자동 기록하였다.

#### 2. 포그냉방시스템의 설계

포그노즐은 Mee Industries Inc(Impaction pin IP-16)의 노즐을 사용하였고 분무입자의

크기가  $12\ \mu\text{m}$ 이하인 것이 전체 91.2%를 차지하였다. 포그노즐의 분사거리  $1.9\ \text{m}$ , 분사폭 최대  $0.75\ \text{m}$ 이다. 노즐의 개당 분무수량은  $0.094\ \text{kg}/\text{min}$ 이다. 포그노즐의 개수를 설정하기 위해서 ASHRAE(미국공조학회)방식의 냉방설계용 기상자료로부터 TAC 1%(건구온도:  $32.6^\circ\text{C}$ , 습구온도:  $26.1^\circ\text{C}$ , 일사량:  $881\ \text{W}/\text{m}^2$ )인 수원지역의 VETH선도를 작성하면 그림 2와 같다. 분무수량과 노즐의 분사거리, 분사폭을 고려하여  $1\ \text{m}$  간격으로 32개를 설치하였다. 설치 높이 바닥으로부터  $3.2\ \text{m}$ , 분사각은 바닥면으로부터  $30^\circ$ 가되게 설치하였다.

### 3. 실험방법

실험은 2000년 7월 1일부터 2000년 9월 5일까지 수행하였다. 자연환기 상태에서 환기 조건은 변화시켜 가며 진행하였다. 환기회수와 설정온도에 따른 분무수량은 표 1과 같으며, 제어방법은 시간제어를 하였다.

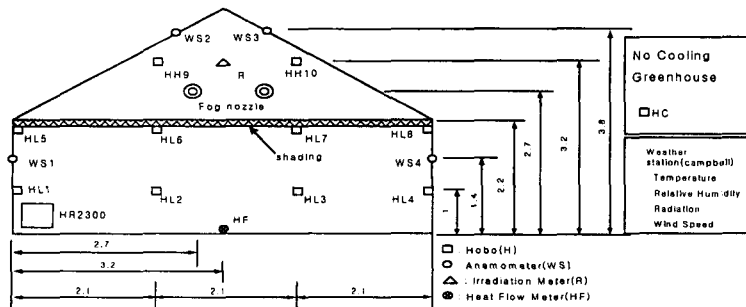


그림 1. 실험온실의 센서 배치도

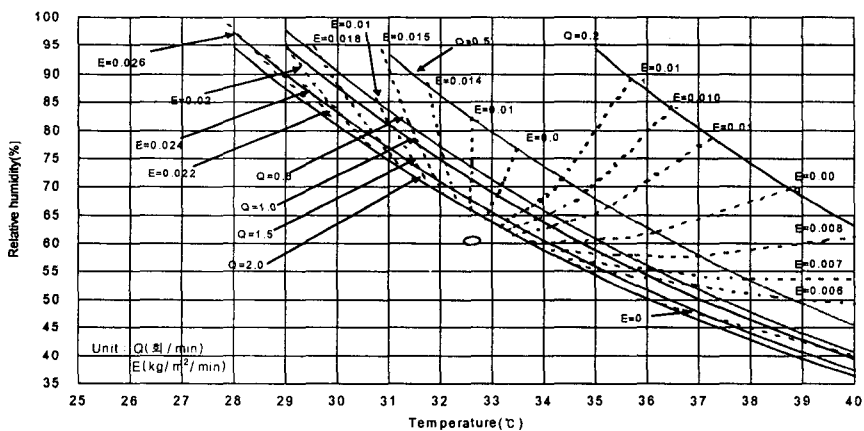


그림 2. 수원지역의 포그냉방설계용 VETH선도

표 1. 포그냉방 설계용 VETH 선도에 의한 설정온도별 분무수량

| 설정온도(℃) | 환기회수<br>(회/min) | 무 차 광          |           | 차 광 (70%)      |           |
|---------|-----------------|----------------|-----------|----------------|-----------|
|         |                 | 수 량<br>(g/min) | 습도<br>(%) | 수 량<br>(g/min) | 습도<br>(%) |
| 30      | 0.2             | ***            | **        | 655            | 97        |
|         | 0.5             | ***            | **        | 819            | 83        |
|         | 0.8             | 2012           | 90        | 936            | 80        |
|         | 1.0             | 2106           | 88        | 1053           | 79        |
|         | 1.5             | 2340           | 83        | 1170           | 77        |
| 32      | 0.2             | ***            | **        | 503            | 81        |
|         | 0.5             | 1603           | 86        | 527            | 70        |
|         | 0.8             | 1638           | 77        | 585            | 68        |
|         | 1.0             | 1661           | 75        | 597            | 67        |
|         | 1.5             | 1708           | 71        | 644            | 66        |
| 34      | 0.2             | ***            | **        | 351            | 67        |
|         | 0.5             | 1334           | 74        | 269            | 59        |
|         | 0.8             | 1252           | 66        | 176            | 57        |
|         | 1.0             | 1205           | 64        | 117            | 57        |
|         | 1.5             | 1053           | 61        | 0              | 0         |

주) \*\*\* : 이론적으로 불가능

## 결과 및 고찰

### 1. 무차광 온실의 온·습도 분포

- 냉방시간 : 10~16시, 분무간격 : 1분30초, 천창, 측창개방(그림 3, 4)
- 냉방 시간 중 온실내부 평균기온 : 34.5℃, 평균습도: 62.6%
- 냉방 시간 중 온실외부 평균기온 : 31.3℃, 평균습도: 62.3%
- 무냉방 온실(차광율70%)의 평균온도: 37.1℃, 평균습도: 45.5%
- 분무수량을 이론식에 대입하여 계산된 온실 내부 기온 : 30.6℃, 습도 : 82.1%

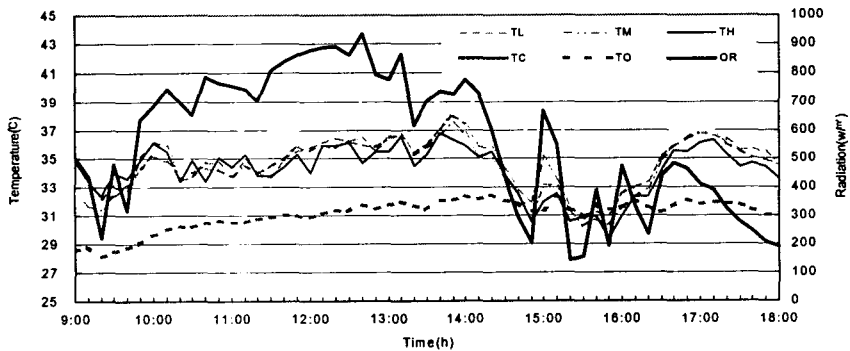


그림 3. 포그냉방 온실의 기온변화 [환기회수:1.08(회/min), 분무량:2009g]

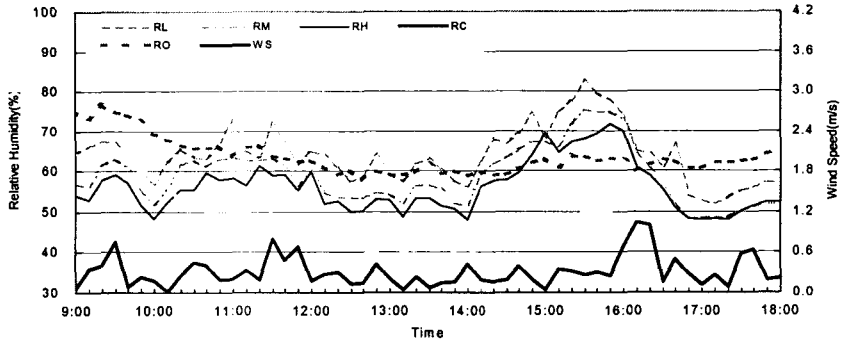


그림 4. 포그냉방 온실의 습도변화 [환기회수:1.08(회/min), 분무량:2009g]

## 2. 차광율 70% 온실의 온·습도 분포

- 냉방시간 : 10~16시, 분무간격 : 1분30초, 천창개방(그림 5, 6)
- 냉방 시간 중 온실내부 평균기온 : 35.6℃, 평균습도: 59.8%
- 냉방 시간 중 온실외부 평균기온 : 31.9℃, 평균습도:
- 무냉방 온실(차광율 70%)의 평균온도: 38.3℃, 평균습도: 62.4%
- 분무수량을 이론식에 대입하여 계산된 온실 내부 기온 : 31.6℃, 습도 : 75.8%

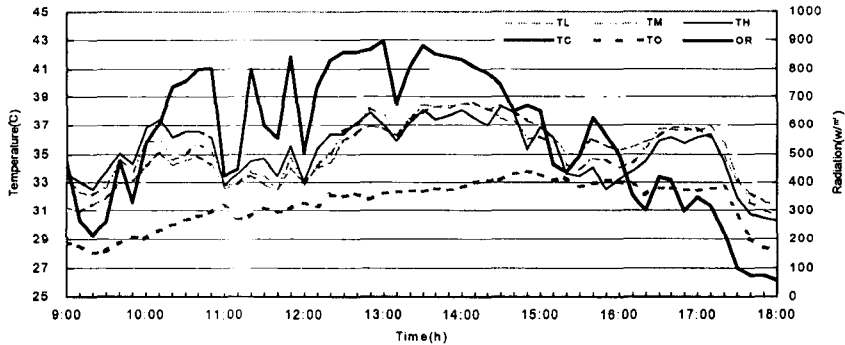


그림 5. 포그냉방 온실의 기온변화 [환기회수:0.96(회/min), 분무량:2009g]

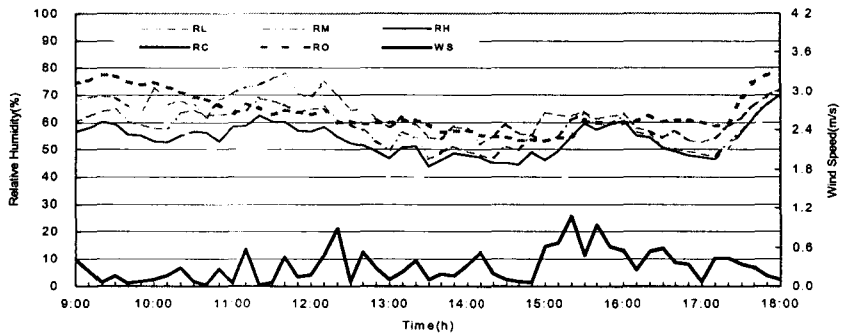


그림 6. 포그냉방 온실의 습도변화 [환기회수:0.96(회/min), 분무량:2009g]

### 3. 결과 분석

무냉방 온실(차광율 70%)과 비교하여 약 3℃ 내부온도 하강효과가 있다. 그러나, 온실 내부의 습도가 70% 내외인 것으로 보아 내부환경변화에 따른 수량변화를 고려하지 못하여 냉방효율이 떨어진 것으로 판단되므로 제어방법을 내부 습도에 의한 제어방식에 대한 연구가 필요하다. 또한, 온실 내부에서 분무입자의 증발효율을 높이기 위하여 노즐의 위치 변경, 실내 공기유동 등의 연구도 수행되어야 할 것이다.

### 인용문헌

1. 김문기 외. 1997, 원예시설의 환경설계기준 작성연구, 농어촌진흥공사. p.221-250.
2. 민영봉, 김명규, 김도완. 2000. 터보팬 2류체노즐에 의한 분무입자의 증발현상. 한국농업기계학회 5(1) : p.221-227.
3. Carpenter, W. J. and W. W. Willis. 1959, Comparisons of Evaporative Fan and Pad and High Pressure Mist Systems for Greenhouse Cooling. Proc. Amer. Soc, Hort, Sci. 74 : p.711-718.
4. MEE INDUSTRIES INC. <http://www.meefog.thomasregister.com>
5. Walker, J. N. and D. J. Cotter. 1968. Cooling of greenhouses with various water evaporation systems. Transactions of the ASAE 11(1) : p.116-119.