

# 수막시스템에 의한 온실의 냉방 효과

## Cooling Effect by Water Curtain System in Greenhouse

윤남규 · 김학주 · 이시영 · 염성현 · 이해은 · 남윤일  
농촌진흥청 원예연구소 시설재배과

Yun, N.K. · Kim, H.J. · Lee, S.Y. · Yum, S.H. · Lee, H.E. · Nam, Y.I.  
Division of Protected Cultivation, National Horticultural Research Institute,  
RDA, Suwon, 441-540

### 서 론

수막시스템은 연중 일정한 수온을 유지하는 특성을 가진 지하수를 이용하여 동절기 야간에 온실로부터의 복사열손실을 억제하고, 지하수의 열에너지를 실내공기와 교환함으로써 온실을 보온 및 난방하는 원리를 이용하는 것이다. 따라서, 지금까지 수막시스템은 기온이 낮은 겨울철에 온실의 난방에너지 비용 절감을 주목적으로 사용되어왔다. 때문에 난방이 필요하지 않은 기간동안에는 사용되지 않고 방치되는 경우가 대부분이었다. 특히 기온이 높은 여름철에는 환기를 방해하여 오히려 온실내부의 환경을 열악하게 하는 원인으로 작용하기도 하였다.

현재까지 온실의 냉방방법으로 알려진 것 중 가장 효과적인 것은 물의 기화잠열을 이용한 증발냉각법이라고 할 수 있다. 수막시스템 또한 물을 사용하므로 자연환기 상태에서 수막의 증발냉각원리를 병행하는 것에 착안하여 본 연구를 수행하게 되었다. 본래 수막시스템은 폐쇄된 상태의 이중피복온실에서 겨울철 야간의 복사열이 유출되는 것을 억제하기 위해 사용되는 것이므로 여름철의 환기에 대한 고려가 결여되어 있는 것이 일반적이다. 그러나, 기존 수막시스템을 최소한으로 수정하여 자연환기와 수막을 동시에 사용할 수 있다면 수막시스템의 활용도를 높일 수 있을 뿐만 아니라 온실의 환경 또한 보다 호적한 조건으로 관리할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 지금까지 온실에서 겨울철 보온 및 난방만을 목적으로 사용되었던 수막시스템의 고온기 냉방효과를 구명하고자 수행되었다.

### 재료 및 방법

본 연구를 위해 설치된 수막시스템 및 온실의 구성은 Fig. 1과 같다. 그림에서와 같이 수막시스템은 기존의 수막시스템에 회수용 탱크와 순환용 탱크가 추가되어 물을 재사용할 수 있으므로 지하수량에 관계없이 사용할 수 있도록 하였다. 여건에 따라 회수용 탱크와 순환용 탱크를 별개로 하지 않고 하나의 탱크로 사용하는 것도 가능하다.

실험온실의 면적은 150m<sup>2</sup>이고, 폭은 6m, 측고는 1.7m, 동고는 3m이다. 실험은 총 3회에 걸쳐 실시하였는데, 작물은 재배가 종료되어 없는 상태였다. 1차 및 2차 실험은 수막온실의 외부(1중) 측창만을 연 상태에서 수막을 30분 동안 가동하고, 내부(2중) 측

창을 열어 자연환기 상태로 30분 동안 유지하는 것을 반복하며 내부 온도, 습도를 측정하였고, 3차 실험은 외부와 내부 측창이 모두 열린 상태에서 수막을 30분 간격으로 ON/OFF 하며 내부 온도와 습도를 측정하였다. 3차 실험시에는 내부(2중) 피복재를 위로 걷어 지붕에서 흘러내린 수막이 바닥의 수막 물받이로 자유낙하하는 동안 공기와 접촉하여 증발할 수 있도록 하였다.

실험온실과 동일한 크기의 온실을 대조구로 선택하여 측창을 개방한 상태로 자연환기를 실시하여 실험온실과 내부 온도, 습도를 비교하였다. 측창은 모두 1m 높이로 균일하게 설정하였다.

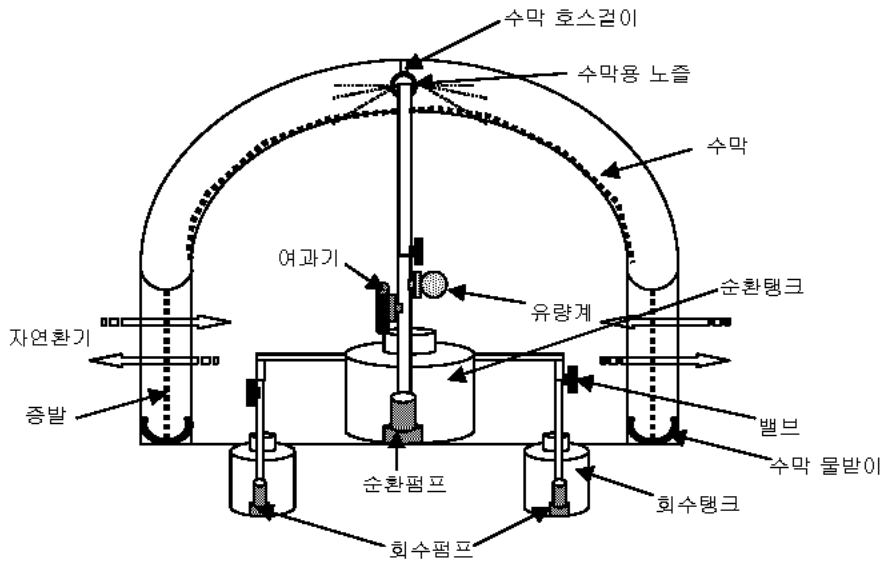


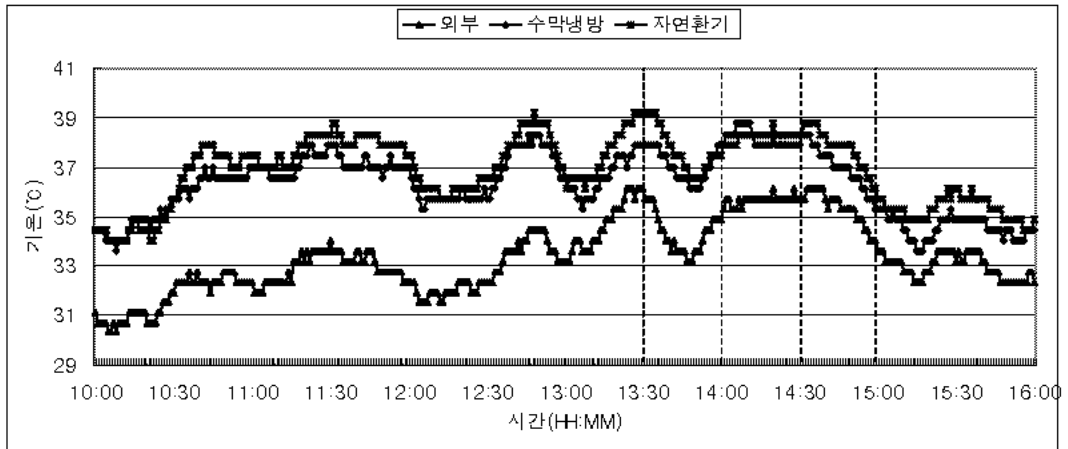
Fig. 1. Layout of the cooling system by water curtain

## 결과 및 고찰

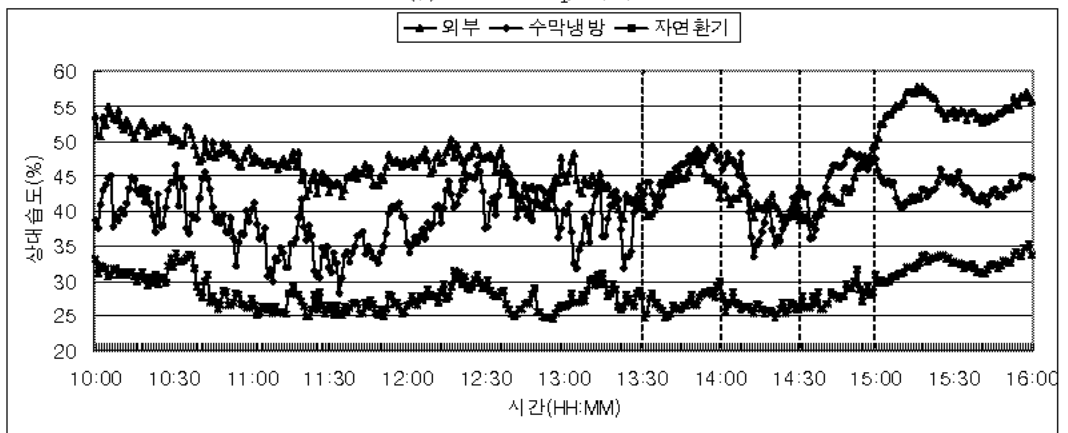
1차 실험(2003. 7. 30 13:30~15:30)시 온실 내외의 온도와 습도를 측정한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 1차 실험은 30분을 주기로 수막가동과 자연환기를 반복하며 실내의 온습도 변화를 측정하였다. 이 때 수막유량은 22 l/min였다. Fig. 1(a)에서 볼 수 있는 바와 같이 수막과 자연환기를 반복한 처리구의 온도가 자연환기만을 수행한 대조구보다 다소 낮았으나 그 차이가 미약하고, 이는 반드시 수막에 의한 효과로 볼 수 없는 것으로 판단되었다. 이 실험에서는 수막이 가동되는 동안에는 측창이 닫힌 상태였으므로 Fig. 1(b)에서 보는 바와 같이 수막이 가동되는 동안에는 실내의 상대습도가 높아지고, 자연환기가 이루어지는 동안에는 서서히 낮아지는 경향을 보였다.

2차 실험(2003. 7. 31 13:00~16:00)은 수막가동과 자연환기의 반복주기를 40분으로 하고, 수막살수유량은 1차 실험의 약 70%인 15 l/min으로 하였으며 나머지 조건은 1차 실험과 동일하게 수행하였다. 2차 실험시 온실 내외의 온도와 상대습도 변화는 Fig. 2

와 같다. 2차 실험에서도 1차 실험과 유사한 결과가 도출되었으며, 수막과 자연환기를 병행한 처리구의 온도가 자연환기만을 수행한 대조구에 비해 1℃ 정도 낮은 것으로 나타났다.



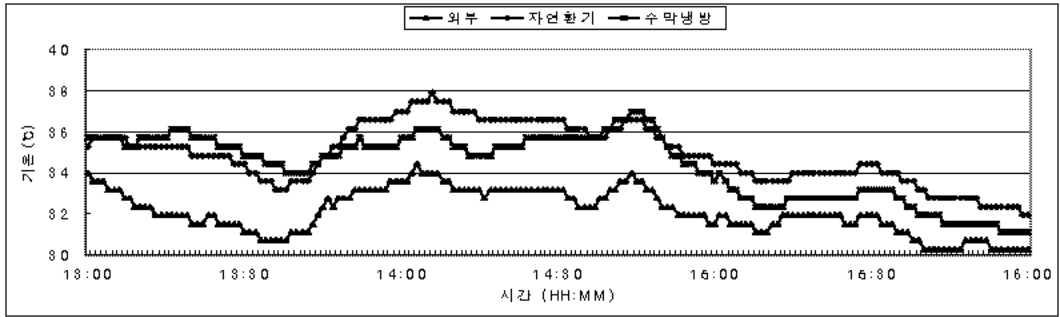
(a) Air Temperature



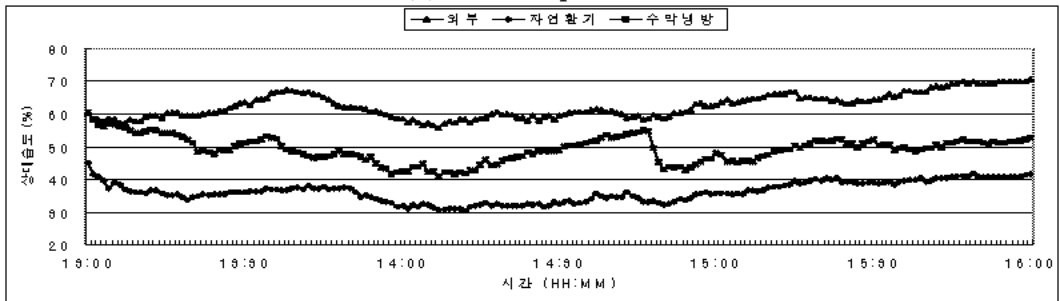
(b) Relative Humidity

Fig. 1 Variation of air temperature and relative humidity in greenhouse with water curtain system, on the first experiment.

3차 실험(2003. 9. 1 12:00~16:00)은 1, 2차 실험과 달리 수막시스템이 가동되는 동안에도 자연환기가 병행될 수 있도록 시스템을 변형하여 실험이 수행되었다. 따라서 수막시스템이 가동되는 30분동안은 지붕면에서의 수막과 측창부분에서의 증발냉각이 동시에 이루어졌다. 그 후 30분동안은 자연환기만을 수행하였다. 그 결과 3차 실험시의 온실내 온도는 처리구가 자연환기 대조구 보다 2~3℃ 더 낮게 나타나 수막시스템으로 인한 냉방효과가 가장 크게 나타났다(Fig. 3(a)). 이 때 처리구의 실내 상대습도는 대조구 보다 5~10% 더 높은 수준으로 1, 2차 실험시의 경우와 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 3(b)).

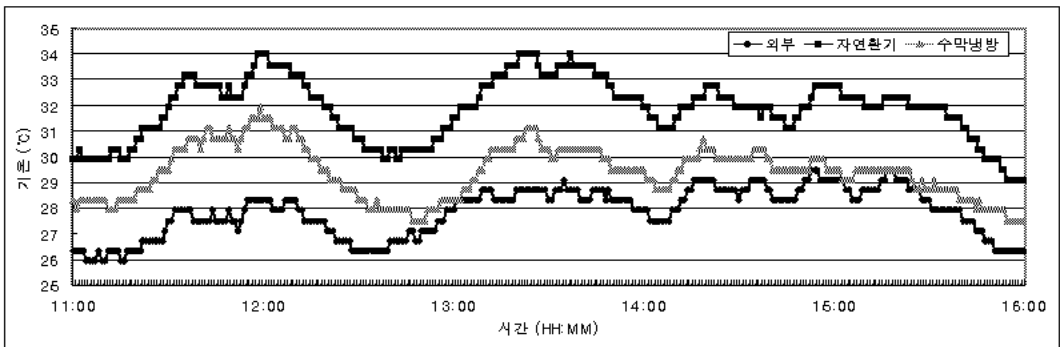


(a) Air Temperature

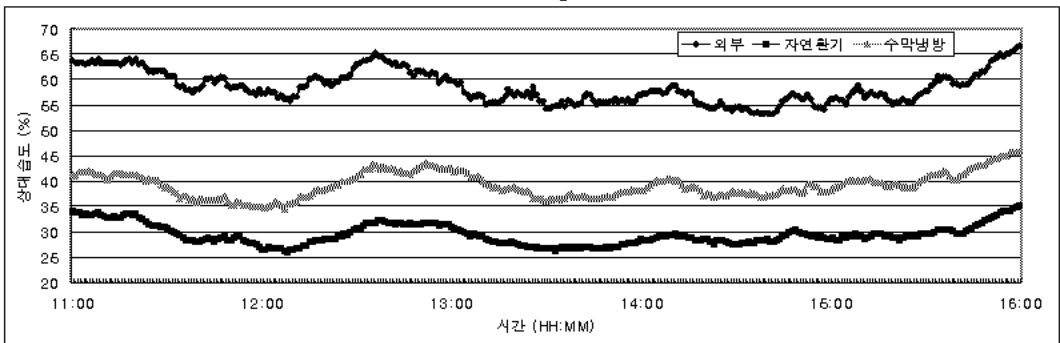


(b) Relative Humidity

Fig. 2 Variation of air temperature and relative humidity in greenhouse with water curtain system, on the second experiment.



(a) Air Temperature



(b) Relative Humidity

Fig. 3 Variation of air temperature and relative humidity in greenhouse with water curtain system, on the third experiment.

## 요약 및 결론

이상의 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수막시스템을 자연환기와 일정한 주기로 반복하여 가동한 온실의 내부 기온이 자연환기만을 연속 수행한 온실의 경우보다 1℃ 정도 낮았다.
2. 수막시스템의 물받이 부분을 수정하여 수막이 가동되는 동안에도 증발에 의한 냉방이 이루어지도록 처리한 온실의 내부기온은 자연환기만을 연속 수행한 온실의 경우보다 2~3℃ 더 낮은 결과를 보여 주었다.
3. 수막시스템에 의한 증발냉각과 자연환기가 병행하여 수행되는 동안 온실 내부의 상대습도는 35~45% 수준으로 추가 증발냉각의 여지가 많이 남아 있었으므로 연속하여 수막을 가동하고 증발냉각이 온실 전체 환기창에 걸쳐 보다 균등하게 이루어 질 수 있다면 더 높은 온실 냉방효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되었다.

## 인용문헌

1. 김문기, 남상운, 서원명, 윤용철, 이석진, 이현우. 2002. 생물환경조절공학. 청솔.
2. 윤남규. 2000. CFD 시뮬레이션에 의한 온실의 자연환기 및 공기유동 특성 분석. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
3. 이석진, 이현우, 김용현, 이진해, 이종원, 남효석, 윤용철, 서원명. 1998. 고효율 환경조절 및 에너지 절약형 온실구조의 최적설계. 농림부 연구보고서.
4. Holman, J.P. 1990. Heat Transfer. McGraw Hill Publishing Company.
5. T. Takakura. 1993. Climate under Cover. Kluwer Academic Publishers.