

단동 플라스틱 하우스의 관수, 천·측창 개폐 및 환기팬 조작에 따른 냉각효과 검토 (제2편)

An Examination on Cooling Effects According to Water Spray, Top and Side Windows, and Operation of Fan of Single Span Plastic Greenhouses (Part 2)

최 동 호* · 허 중 철¹ · 임 중 환¹ · 서 효 덕²

*제주대학교 건축공학과, ¹기계공학과, ²농촌진흥청 제주농업시험장

Choi, D.H* · Huh, J.C¹ · Lim, J.H¹ · Suh, H.D²

*¹Cheju National Univ. & ²Cheju Agricultural Experiment Station, RDA

서 론

시설원예농업은 당초 동절기 난방을 주목적으로 보급되었으나, 하우스의 생산성 향상을 위해 주년생산을 위한 연중재배 체계로 변화하였다. 따라서, 하절기 하우스 내부온도는 적정실온을 크게 상회함으로써 실온상승을 억제하기 위한 냉방이 현안의 문제점으로 대두되고 있다. 그 대안으로서 환기, 유입 일사량 조절, 증발냉각효과 이용 등이 실온상승 억제를 위한 방법으로 제시되고 있다. 본 논문은 앞서 발표된 제1편에 이어, 하우스의 실온저하를 도모하기 위하여 천·측창 개폐 및 환기팬 작동, 스프링클러 관수시의 냉각효과를 실험을 통해 정량적으로 비교, 분석한 것이다. 전술한 제1편에서는 천·측창, 환기팬 작동에 따른 냉각효과 및 하우스내 온도분포를 스프링클러 관수시와 비관수시로 구분하여 검토하였다. 그러나, 본 논문에서는 관수 및 천·측창 개폐, 환기팬 작동 등의 실험변수를 복합적으로 조합한 실험을 동일한 시간대에 실시함으로써, 각 변수간의 냉각효과를 정량적으로 비교하였다.

재료 및 방법

1. 실험대상 공간 및 측정항목

실험용 하우스는 전술한 제1편과 동일하게 농촌진흥청 제주농업시험장에 위치한 6.4m×28.8m×4.7m 규모의 경질판 PC(Poly Carbonate)구조 단동 플라스틱 하우스 4개동으로 구성되어 있다. 각 하우스의 중앙 최상부에는 부분적으로 개폐할 수 있는 천창이, 각 하우스의 양측면에는 권취형 측창이, 그리고 하우스 단변방향 양쪽 출입구 상부에는 환기를 위한 환기팬을 각각 설치하였다. Fig. 1

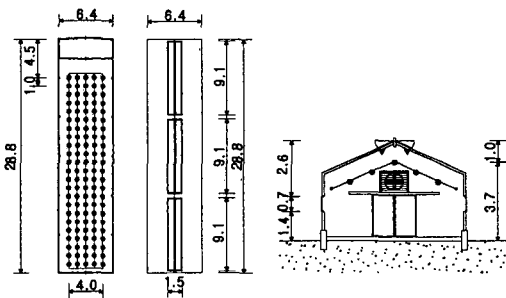


Fig. 1. Location of sprinkler in greenhouse

Table 1. Experimental conditions

Item		Top and side windows			Sprinkling Amount [mm]	Working time of sprinkler [min]	Indoor solar radiation [$W \cdot m^{-2}$]	Outdoor solar radiation [$W \cdot m^{-2}$]
		Top and side windows	Fan	Sprinkler				
Case 3	Model A	Close	Off	Off	-	-	593.4	884.4
	Model B	Close	Off	On	19.5	30	593.4	884.4
	Model C	Open	Off	On	19.5	30	593.4	884.4
	Model D	Open	Off	Off	-	-	593.4	884.4
Case 4	Model A	Close	Off	Off	-	-	543.9	883.9
	Model B	Close	On	On	19.5	30	543.9	883.9
	Model C	Open	On	On	19.5	30	543.9	883.9
	Model D	Open	Off	Off	-	-	543.9	883.9

에 나타난 바와 같이, 관수를 위해 지상 2~3m 높이에 길이방향(5개 라인)으로 일정간격마다 관수용 간이 스프링클러 헤드를 설치하였다

하우스내 공기온도, 흑구온도 및 외기온도는 열전대(T-type)를 이용하여 총 140점을 측정하였고, A동 하우스 실내외에 일사량계를 각각 설치하여 하우스 외부의 일사량과 하우스 내부로 유입된 옥내 일사량을 연속적으로 계측하였다. 이 밖에도 하우스내에 강우량계를 별도로 설치하여 관수시의 관수량을 측정하였다.

2. 하우스별 실험조건

실험종류 및 실험조건의 상세를 Table 1에 나타내었다. 실험은 관수 및 천·측창 개폐, 환기팬 작동을 주요변수로 설정한 실험을 동일 시간대에 실시함으로써, 각 변수간의 냉각효과를 정량적으로 비교하였다. Case 1의 경우, 하우스A는 천·측창을 인위적으로 폐쇄하여 개폐장치 고장 등의 조작불능시를 가정한 경우이다. 하우스B는 천·측창은 폐쇄하고 환기팬을 제외한 스프링클러만을 작동한 경우, 하우스C는 천·측창은 개방한 상태에서 스프링클러를 작동한 경우, 하우스D는 천·측창만을 개방한 경우이다. Case 2의 경우, 전술한 바와 같이 천·측창, 환기팬, 스프링클러 모두를 작동시키지 않은 하우스A, 환기팬과 스프링클러를 작동시킨 하우스B, 천·측창, 환기팬, 스프링클러 모두를 작동한 하우스C, 천·측창만을 개방한 하우스D로 설정하여 4개동에서 동시에 실험을 실시하였다. 실험은 전술한 제1편과 같이 5월말에서 6월초에 실시하였으며, 각 실험은 하우스내의 온도가 상승하는 주간시간대에 국한하여 단속적으로 실시하였다. 실험결과는 각 하우스마다 지상 0.8m높이를 기준높이로 가정하여, 기준높이에 설치된 9개의 평균 공기온도를 실내기준온도로 정의하여 정리하였다.

결과 및 고찰

1. 천·측창 개폐 및 스프링클러 관수시의 냉각효과 검토 (Case 1)

각 하우스의 실내기준온도를 Fig. 2, Table 2에 나타내었다. 하우스A의 경우, 외기온보다 약 20℃ 높은 40.5℃를 나타내었다. 하우스B의 실내기준온도는 관수가 시작됨과 동시에 급격히 하강한 후 시간이 흐름에 따라 완만한 하강구배를 나타내었으며, 관수개시 30

Table 2. Relative comparison of experimental results

Item		Indoor air temp.		Globe temp. [°C]	Flow-in air temp. by fan [°C]	Flow-out air temp. by fan [°C]	Outdoor air temp. [°C]	Relative humidity [%]
		0.8m ^Z [°C]	2.0m ^Y [°C]					
Case 3	Model A	40.5	40.6	51.4	-	-	20.0	67.8
	Model B	29.0	28.7	33.9	39.0	26.0	20.0	97.3
	Model C	17.2	17.3	20.3	22.7	14.5	20.0	97.6
	Model D	24.5	24.7	36.7	-	-	20.0	37.1
Case 4	Model A	38.9	39.2	49.7	-	-	18.7	69.9
	Model B	24.2	24.1	26.3	22.1	23.3	18.7	97.0
	Model C	18.6	18.3	20.1	21.5	16.6	18.7	98.0
	Model D	23.2	23.5	35.8	-	-	18.7	53.9

^Z0.8m : 0.8m height on the ground

^Y2.0m : 2.0m height on the ground

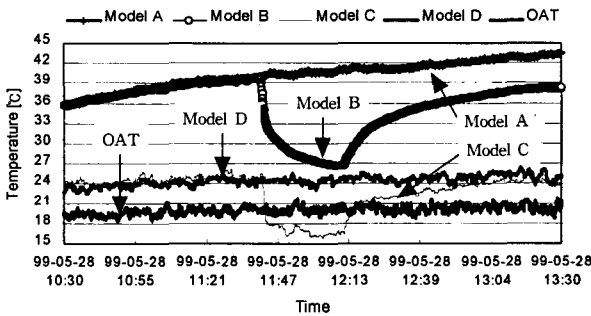


Fig. 2. Variations of Indoor Air Temp. at each Models (Case 3)
OAT : Outdoor air temp.

기준온도는 관수전 24.5°C로서 외기온보다 약 4.5°C정도 높은 온도를 나타내었다. 또한, 관수가 진행되는 동안의 실내기준온도 평균치는 17.2°C로서, 외기온보다 2.8°C 낮은 온도를 나타내었다. 이상의 결과를 종합하면, 에어로졸(Aerosol)상태의 미세 포그발생장치 대신 관수용 간이 스프링클러 장치 등이 설치된 경우에는 관수시간대를 비교적 실온이 상승하는 시간대로 설정해줌으로서 관수에 따른 냉각효과를 보다 극대화시킬 수 있을것으로 사료된다. 다만, 관수시의 수량 및 관수지속시간에 대해서는 재배작물의 습해 등을 고려하여 재배작물의 생육특성을 면밀히 검토하여 결정하여야 할 것으로 사료된다.

2. 천·측창 개폐, 환기팬 작동, 스프링클러 관수시의 냉각효과 검토 (Case 2)

각 하우스의 실내기준온도를 Fig. 3, Table 2에 나타내었다. 하우스A의 실내기준온도는 38.9°C로서 외기온보다 20.2°C 높게 나타났으며, 하우스B의 실내기준온도는 24.2°C로서 외기온보다 5.5°C 높은 온도를 나타내었다. 그리고, 천·측창을 개방한 상태에서 환기팬과 스프링클러를 가동한 하우스C의 경우, 실내기준온도는 18.6°C로서 외기온과 거의 동일한 온도까지 실온이 저하하였다. 이와 동일한 조건에서 천·측창만을 폐쇄시킨 하우스B의 실내기준온도와 비교하면, 실내기준온도가 비교적 안정된 상태를 유지하는 관수종료 시점에

분후의 실내기준온도는 약 27°C까지 하강하였다. 하우스A, B의 실험 결과에서 천·측창 및 환기팬을 가동하지 않은 상태의 실내기준온도는 40°C를 상회하는 극히 높은 온도를 나타내었으나, 관수가 시작됨에 따라 실내기준온도는 큰 폭으로 하강함으로서 고온상태 하우스의 관수에 따른 하우스 냉각효과는 탁월한 것으로 조사되었다. 한편, 천·측창을 개방한 상태에서 스프링클러에 의한 냉각효과를 검토하기 위해 설정된 하우스C, D의 실내

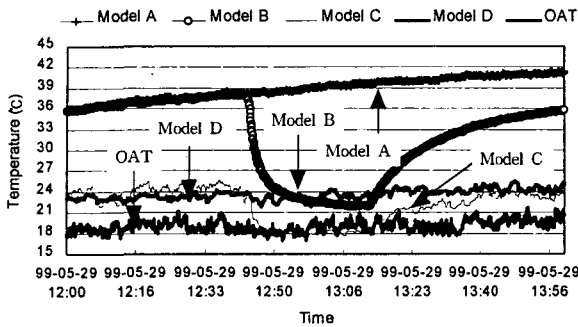


Fig. 3. Variations of Indoor Air Temp. at each Models (Case 4)
OAT : Outdoor air temp.

4.5°C 높은 것으로 조사되었다. 천·측창, 환기팬, 스프링클러 모두를 작동시킨 하우스C는 천·측창만을 개방한 하우스D보다 약 4.6°C 낮은 실내기준온도를 나타내는 것으로 조사되었다.

서 양 하우스의 실내기준온도는 천·측창을 개방한 하우스C가 천·측창을 폐쇄한 하우스B보다 약 4°C 낮은 온도를 나타내었다. 이것은 스프링클러에 의한 냉각작용 이외에 천·측창을 통한 자연환기가 원활히 이루어지면서 결국 환기팬에만 의존한 하우스B보다 상대적으로 많은 외기가 실내로 유입되었기 때문으로 추정된다. 스프링클러와 환기팬을 작동하지 않고 천·측창을 통한 환기에 의존한 하우스D의 경우, 실내기준온도는 23.2°C로서 외기온보다

적 요

1. 스프링클러에 의해 하우스내를 관수한 경우, 하우스내 온도는 스프링클러 작동과 동시에 급격히 하강한 후 시간이 흐름에 따라 완만한 하향구배를 나타내었다.
2. 천·측창을 개방한 상태에서 스프링클러에 의한 냉각효과를 측정할 결과, 실내기준온도는 외기온보다 약 2.8°C 낮은 온도를 나타내었다.
3. 본 실험결과 스프링클러 관수에 의한 냉각효과는 탁월한 것으로 조사되었으며, 관수시간대를 비교적 실온이 상승하는 주간시간대로 설정한다면, 그 효과를 극대화 할 수 있을 것으로 사료된다. 이 경우, 관수시의 수량 및 관수 지속시간 등에 대해서는 재배작물의 습해 등을 고려하여 이에 대한 면밀한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

인용문헌

1. 서상룡, 성제훈. 1997. 미니 스프링클러의 살수 성능실험(2), 생물생산시설환경학회지. 제6권 3호 : 183-189
2. 최동호, 허중철, 임중환. 1998. 일사량 조정이 시설원예용 하우스내 온열공기환경에 미치는 영향. 대한건축학회 논문집. 제14권 12호 : 219-230
3. 서원명, 윤용철, 박중춘, 손영길. 1995. 우리나라 온실의 냉방시스템 도입 검토. 경상대학교 시설원예연구. Vol.2 : 123-145
4. 박중춘, 민영봉, 서원명, 정한택, 김진일. 1995. 온실의 고온 극복을 위한 몇가지 실험적 분석. 경상대학교 시설원예연구. Vol.2 : 107-121
5. 최동호, 허중철, 임중환, 서효덕. 1999. 단동플라스틱 하우스의 관수, 천·측창 개폐 및 환기팬 조작에 따른 냉각효과 검토 (제1편). 한국생물환경조절학회학술논문발표요지. 제8권 2호