

단동 플라스틱 하우스의 관수, 천·측창 개폐 및 환기팬 조작에 따른 냉각효과 검토 (제1편)

An Examination on Cooling Effects According to Water Spray, Top and Side Windows, and Operation of Fan of Single Span Plastic Greenhouses (Part 1)

최 동 호* · 허 종 철¹ · 임 종 환¹ · 서 효 덕²

*제주대학교 건축공학과, ¹기계공학과, ²농촌진흥청 제주농업시험장

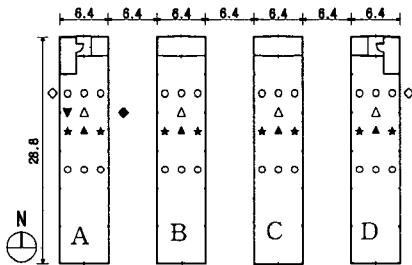
Choi, D.H* · Huh, J.C¹ · Lim, J.H¹ · Suh, H.D²

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

서 론

기온이 상승하는 5월에서 9월의 기간 동안 하우스 온도는 적정 실온을 상회하는 고온을 나타내므로, 이를 극복하기 위한 적절한 대책 수립이 절실히 요구되고 있다. 이를 위해, 본 연구에서는 고온기의 천·측창 개폐, 환기팬 작동 및 스프링클러 관수시에 동반되는 단동 플라스틱 하우스의 냉각효과를 실험에 의해 검토하였다. 재배작물의 습해방지와 냉각효과 극대화를 위해 미립자의 미스트를 단속적으로 발생시키는 미스트 냉각에 관련된 연구사례는 이미 다수 보고되어 있으나, 재배작물에 수분을 일정시간 동안 연속적으로 공급하는 관수시의 냉각효과를 검토한 연구사례는 그다지 많지 않다. 따라서, 본 연구에서는

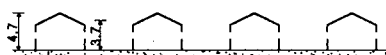
실험조건을 스프링클러 관수시와 비관수시로 양분하여 천·측창 개폐 및 환기팬 작동 여부를 주요변수 설정하여 각 하우스간의 냉각효과를 정량적으로 비교하였다. 하우스의 천·측창을 인위적으로 폐쇄함으로써 개폐장치 고장 등의 조작불능시를 가정한 경우의 하우스내 온열환경에 대해서도 검토하였다.



(a) Plan views



(b) Elevation views



(c) Vertical-section views
(unit : m)

Fig. 1. Shapes and measuring points of greenhouse models

재료 및 방법

1. 실험대상 공간 및 측정항목

실험용 하우스는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이, 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 길이방향으로 개폐할 수 있는 천창을, 각 하우스의 양측면에는 권취형 측창을, 그리고

Table 1. Experimental conditions

Item	Condition			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 1	Model A	Close	Off	Off	-	-	285.4	815.0
	Model B	Close	On	Off	-	-	285.4	815.0
	Model C	Open	On	Off	-	-	285.4	815.0
	Model D	Open	Off	Off	-	-	285.4	815.0
Case 2	Model A	Close	Off	On	6.5	30	480.4	852.0
	Model B	Close	On	On	6.5	30	480.4	852.0
	Model C	Open	On	On	6.5	30	480.4	852.0
	Model D	Open	Off	On	6.5	30	480.4	852.0

하우스 단변방향 양쪽 출입구 상부에는 환기를 위한 환기팬을 각각 설치하였다. 하우스 내부에는 과수(단감, 배)를 식재하였으며, 관수를 위해 지상 2~3m 높이에 길이방향(5개 라인)으로 일정간격마다 관수용 간이 스프링클러 헤드를 설치하였다. 실험대상 하우스의 실내온도 측정영역은 Fig. 1과 같이 하우스내 열환경에 관한 분포특성이 파악될 수 있는 최소한의 공간만을 선정하였으며, 열전대(T-type)를 이용하여 총 140여점의 실내외 온도를 측정하였다. 그리고, 각 하우스의 지상 0.8m높이(각동 1개소)에 흑구온도계를 설치하여 하우스내 온열 및 복사환경을 측정하였다. 또한, A동 하우스의 실내외에 일사량계를 각각 설치하여 하우스 옥내외 일사량을 연속적으로 계측하였다. 이 밖에도 관수시의 관수량을 측정하기 위해 하우스내에 강수량계를 설치하였다.

2. 하우스별 실험조건

실험종류 및 실험조건을 상세를 Table 1에 나타내었다. 실험은 스프링클러 관수시와 비관수시로 구분하여 천·측창, 환기팬 작동에 따른 냉각효과 및 하우스내 온도분포를 파악하기 위한 2종류(Case 1, 2)의 실험을 실시하였다. 각 실험은 4개의 하우스에서 동시에 실시함으로써, 계측 결과에 대한 하우스 상호간의 객관적인 비교가 가능하다. Case 1의 경우 하우스A는 천·측창을 인위적으로 폐쇄함으로써 개폐장치 고장 등의 조작불능시를 가정하여 하우스내 온열환경을 검토하기 위한 실험조건이다. 하우스B는 천·측창을 폐쇄한 상태에서 환기팬만을 작동한 경우, 하우스C는 천·측창 개방 및 환기팬을 작동한 경우, 하우스D는 천·측창을 개방하여 자연환기를 도입한 경우이다. Case 2는 스프링클러로 관수한 경우로서, 천·측창, 환기팬을 작동하지 않은 하우스A, 환기팬을 작동시킨 하우스B, 천·측창, 환기팬을 모두를 작동한 하우스C, 천·측창을 개방한 하우스D로 설정하여 4개 동에서 실험을 동시에 실시하였다. 실험은 하우스내의 온도가 상승하는 주간시간에 국한하여 단속적으로 실시하였으며, 각 하우스마다 지상 0.8m높이를 기준높이로 가정하여, 기준높이에 설치된 9개의 평균 공기온도를 실내기준온도로 정의하였다.

결과 및 고찰

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 1	Model A	42.1	43.1	54.8	-	-	25.5	62.8
	Model B	36.4	36.4	47.9	28.4	36.5	25.5	53.0
	Model C	29.0	28.9	43.3	27.8	28.2	25.5	44.2
	Model D	29.0	29.3	43.8	-	-	25.5	44.5
Case 2	Model A	34.4	33.9	31.9	-	-	25.5	99.0
	Model B	30.4	30.7	32.2	28.4	27.9	25.5	96.5
	Model C	25.0	25.5	24.8	28.2	21.4	25.5	97.2
	Model D	25.0	24.8	28.3	-	-	25.5	97.3

^z0.8m : 0.8m height on the ground

^y2.0m : 2.0m height on the ground

1. 비관수시의 천·측창 개폐 및 환기팬을 가동한 경우의 냉각효과 (Case 1)

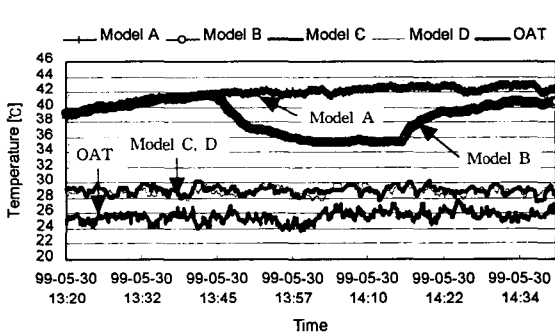


Fig. 2. Variations of Indoor Air Temp. at each Models (Case 1)
OAT : Outdoor air temp.

스C, D의 경우, 환기팬의 가동여부에 관계없이 양 하우스 모두 거의 동일한 온도로서, 외기온보다 약 3.5°C 높고, 천·측창을 폐쇄한 하우스A의 경우보다는 13.1°C 낮은 온도를 나타내었다. 이것은 이미 하우스의 천·측창이 개방되어 비교적 충분한 환기량이 확보되므로 환기팬에 의한 환기량이 추가로 확보되더라도 실온저하에는 거의 기여하지 못함을 입증한 것이다.

2. 관수시의 천·측창 개폐 및 환기팬을 가동한 경우의 냉각효과 (Case 2)

각 하우스의 실내기준온도를 Fig. 3, Table 2에 나타내었다. 하우스A의 경우, 관수전의 밀폐된 하우스의 실온은 약 43°C로서 고온을 유지하였으나, 관수와 동시에 실온이 급격히 하락하기 시작하여 관수개시 30분 후의 실내기준온도는 관수 이전보다 무려 11°C 하락하였다. 그리고, 하우스B의 경우, 전술한 하우스A보다 냉각효과가 한층 향상되어 관수후의 최저온도는 약 28°C로서 외기온보다 2~3°C 높은 온도를 유지하였으며, 관수 및 환기팬

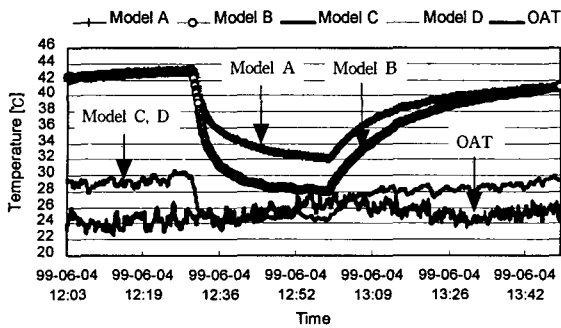


Fig. 3. Variations of Indoor Air Temp. at each Models (Case 2)
OAT : Outdoor air temp.

정지후의 실내기준온도는 전술한 하우스A와 동일한 추이로 서서히 상승하였다. 한편, 천·측창을 개방한 상태에서 환기팬의 작동상태만을 달리한 하우스C, D의 실내기준온도는 거의 동일한 온도를 나타내었으며, 관수와 동시에 실내기준온도는 급속히 하강하여 실내기준온도는 관수전보다 약 6°C 하강함으로써 외기온과 거의 동일한 온도를 나타내었다. 이상의 실험결과들을 종합하면, 포그보다 노즐 입경이 현저히 큰 스프링클러 관수의 경우도

하우스 실온저하에 효과적으로 작용하고 있음이 본 실험을 통해 입증할 수 있었다.

적 요

1. 하우스 개폐장치 조작 불능시를 가정하여 천·측창을 인위적으로 폐쇄한 경우, 하우스 내 온도는 외기온 보다 16 °C 높은, 즉 사실상 작물을 생육할 수 없는 고온상태를 나타내었다. 이러한 결과는 하우스 상태 및 외기조건 등에 따라 다소 상이할 것으로 예상된다.
2. 천·측창을 개방한 상태에서 환기팬을 가동한 경우, 환기팬 가동에 따른 추가적인 실온저하 효과는 계측되지 않았다.
3. 본 연구에서는 비교적 노즐 입경이 큰 스프링클러를 이용하여 관수시의 냉각효과를 검토하였다. 이 경우, 하우스내 온도는 스프링클러 작동과 동시에 비교적 짧은 시간내에 급격한 온도강하가 이루어졌다. 이 후 지속적인 온도강하는 둔화되어 비교적 안정된 온도를 유지함으로써, 하우스의 실온저하에 크게 기여하고 있음을 확인할 수 있었다.

인용문헌

1. 서상룡, 유수남, 성제훈. 1996. 미니 스프링클러의 살수 성능실험(1), 생물생산시설환경학회지. 제5권 2호 : 194-201
2. 김영중, 유영선, 윤진하, 오권영, 김승희. 1997. 포그노즐을 이용한 온실냉방시스템 분석. 생물생산시설환경학회지. 제6권 1호 : 48-54
3. 윤용철, 서원명, 이종열. 1998. 온실 냉방용 분무노즐의 분무 특성. 생물생산시설환경학회지. 제7권 4호 : 298-310
4. 최동호, 허종철, 임중환. 1998. 일사량 조정이 시설원예용 하우스내 온열공기환경에 미치는 영향. 대한건축학회 논문집. 제14권 12호 : 219-230
5. 서원명, 민영봉, 박중춘. 1994. 온실의 냉방관리를 위한 기화냉각 시스템 도입. 경상대학교 시설원예연구. Vol.1 : 173-178
6. 박중춘, 민영봉, 서원명, 정한택, 김진일. 1995. 온실의 고온 극복을 위한 몇가지 실험적 분석. 경상대학교 시설원예연구. Vol.2 : 107-121