외기온이 온실의 차광효과에 미치는 영향

The influence of outside temperature upon shading effect in greenhouses

이석건, 이종원*, 이현우(경북대)
Lee, Suk Gun · Lee, Jong Won · Lee, Hyun Woo

Abstract

This study was conducted for analyzing the influence of outside temperature upon shading effect of greenhouses by simulation. The simulation program was tested by comparing predicted values to measured values and applied the Korean standard wide span glasshouse. The shading effect according to the variation of outside temperature was different by shading method and rate. The increasing rate of inside temperature with different shading rate was nearly propotional to the increasing value of outside temperature. The outside shading effect was a little better than inside shading.

Ⅰ. 서 론

고가의 첨단온실에 대한 주년재배의 필요성이 인식되고 있으나 휴작온실이 상당수 있는 주원인은 겨울철 난방연료비의 과다 및 여름철 온실내부온도의 과다상승이다. 고온기에 온실내부온도의 과다상승은 작물 생장을 저해할뿐만 아니라 온실내의 작업환경을 악화시키는 등 여러가지 문제점을 가지고 있다. 1997년도에 전국 200여개의 온실을 대상으로 휴작실태를 조사한 결과, 휴작하는 온실은 약 41%이며 휴작온실중에서 여름철 휴작온실이 75.6%로 전체온실의 약 30%정도는 여름철에 휴작을 하고 있었다. 이는 여름철에 노지재배 산물의 출하도 원인이 되겠지만 온실 내부온도의 과다상승이 주된 원인이라 판단된다. 온실의 냉방방법은 주로 보온겸용 차광재를 실내에 수평으로 설치한 소극적인 방법이 대부분이었으며 극소수의 온실에서만 지붕위나 온실내에 지붕면과 평행하게 설치한 경우가 있었다. 따라서 주년재배를 목적으로 하는 온실의 고온억제 방지책으로 온실의 폭을 50m 이내로 줄여 자연환기의 효율을 향상시키는 동시에 외부차광시설을 도입하여 광투과율을 감소시키는 방법이 적극적으로 검토되어야 할 것으로 판단된다. 일반적으로 차광망의 효과는 차광율과 통기성에 따라 다소 상이하지만 화훼나 채소의 화아분화나 개화시기 조절 또는 번식이나 육묘에 유용하며 고광도로 인한 소엽방지, 고온기의 승온 억제효과, 겨울철 야간의 단열효과 등이다. 특히 여름철 최고온도 발생시간대의 차광은 투과열량을 40%정도 감소하여 차광율 50%시 3~5℃정도의 냉방효과가 있다는 보고가 있다. 한편 외부차광막은 Pad & Fan, Mist & Fan, Fog & Fan 등의 다른 냉방시스템을 추가로 설치하기에 용이한 장점이 있다. 하지만 차광시설에 대한 체계적인 연구가 미진한 실정이므로 본 연구는 여름철에 차광으로 인한 온실내부의 승온억제 효과를 파악하여 온실의 차광설계 자료를 제공할 목적으로 시뮬레이션 모델을 개발하여 외기온의 변화에 차광효과를 분석하였다.

1998년 한국농공학회 학술발표회 논문집(1998년 10월 24일)

Ⅱ. 재료 및 방법

가. 온실모델 및 프로그램

그림 1과 같은 온실모델에 대하여 열평형 방정식을 이용하여 중력환기 및 온도변화에 대한 시뮬레이션을 수행하였으며, 프로그램은 주프로그램과 3개의 서브루틴으로 구성되어 있으며 흐름도는 그림 2와 같다. 분석대상 온실은 한국형 유리온실 표준설계도(건설교통부 공고 제 1997-451호, 1997. 12)중 **가-Ⅰ**형(와이드스팬형)이며 세부 입력조건은 Table 1과 같다.

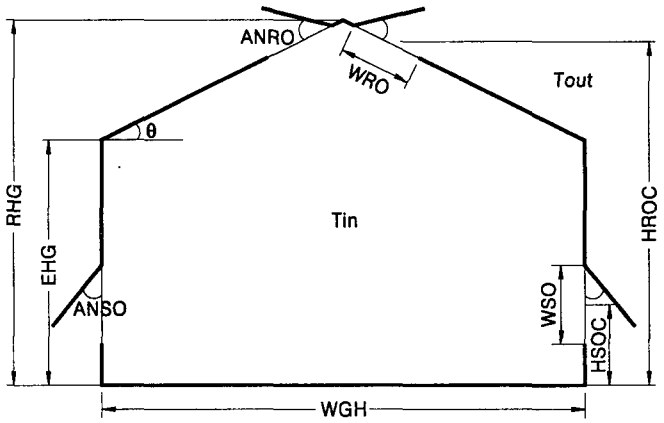


그림 1. 온실모델

표 1. 시뮬레이션 프로그램의 온실제원 입력 조건 (와이드스팬형)

Parameters	Variables	Values	Parameters	Variables	Values
Length of greenhouse	LGH	100m	Outside Temperature	TOUT	20~40℃
Width of greenhouse	WGH	9.0m	Shading rate	SHRT	0~90%
No. of span	NSP	1~11	Opening Angle		
Ridge height	RHG	6.5m	roof opening	ANRO	30°
Eave height	EHG	4.3m	side opening	ANSO	60°
Length of roof opening	LRO	100m	Frame ratio	FRRT	10%
Width of roof opening	WRO	1.33m	Planting ratio	PLRT	60%
Length of side opening	LSO	100m	Atmospheric transparency	ATTR	75.3%
Width of side opening	WSO	1.45m	transmissivity of glass	TRGL	90%
Height of side opening center	HSOC	1.475m	Latitude	LAT	37°

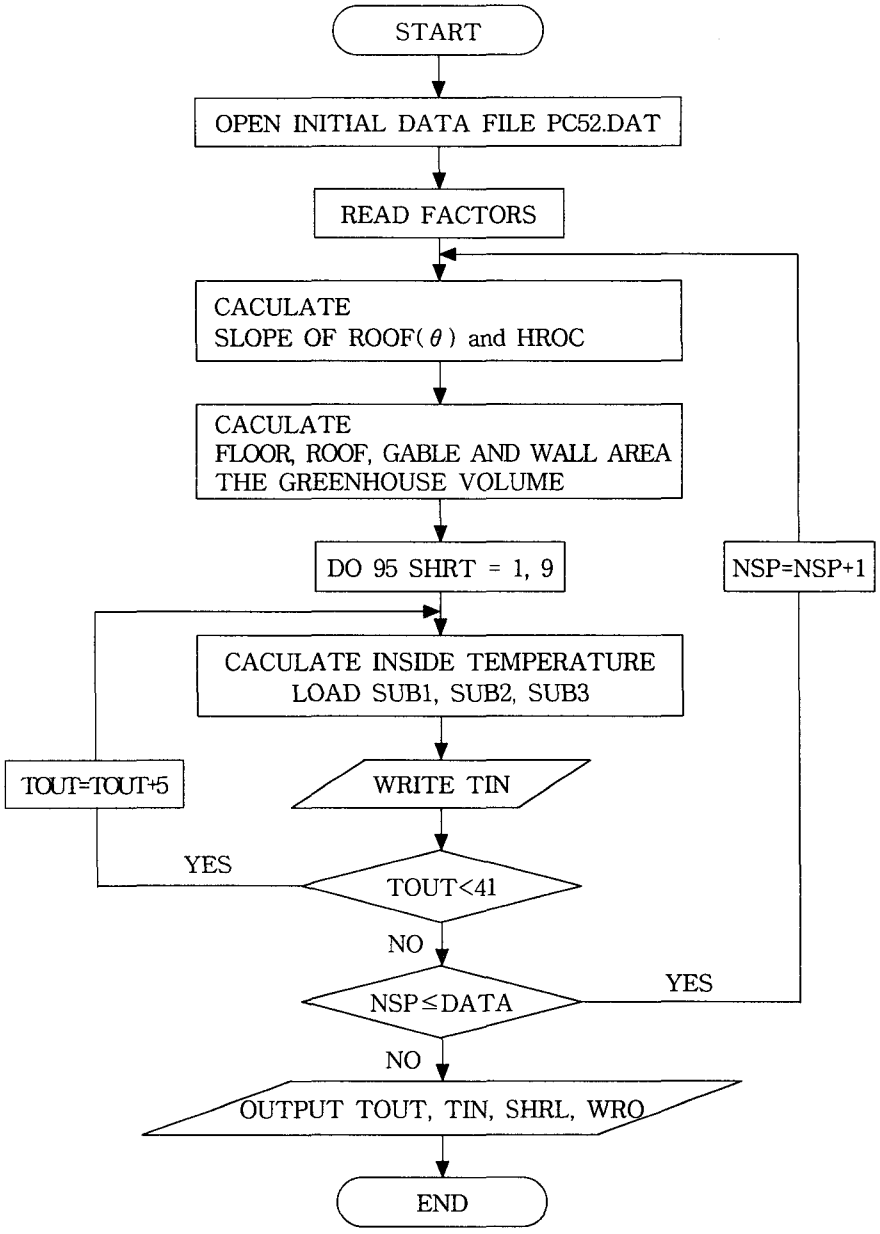


그림 2. 시뮬레이션 프로그램의 흐름도

나. 광투과율, 차광율 및 환기면적의 관계

일반적으로 유리의 광투과율은 90%정도이므로, 유리온실에서 광투율은 90%, 차광율은 0%인 것으로 가정하였다. 또, 내부차광의 경우 차광율이 증가할수록 환기율은 감소하기 때문에 내부차광율이 증가함에 따라 천창의 환기면적이 비례적으로 감소하는 것으로 가정하였으며 구체적인 값은 표 2와 같다.

표 2. 광투과율, 차광율, 환기면적의 관계

광투과율	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
차 광 율	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
천창면적비	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

다. 프로그램의 검증

시뮬레이션 프로그램은 2연동 온실의 내부온도를 측정하고 측정치와 계산치를 비교하여 검증하였으며 그 결과는 그림 3과 같다. 본 프로그램은 바닥축열을 고려하지 않은 정적해석이므로 계산치와 측정치가 다소 차이가 있지만 온실의 내부온도 예측 프로그램으로 사용이 가능할 것으로 판단되며 앞으로 장기간의 측정자료를 이용하여 추가검증을 실시하고 프로그램의 일부를 보완하고자 한다.

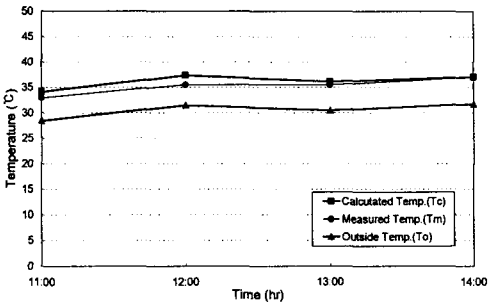


그림 3. 시뮬레이션 프로그램의 검정

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 외기온의 변화에 따른 차광율별 온실내부온도의 변화

한국형 유리온실 표준설계도중 **가**-**I** 형(와이드스팬형)을 대상으로 중력환기만을 고려하여 외부차광과 내부차광의 효과를 분석하였다. 외기온, 연동수 및 외기온에 따라 온실의 내부온도 변화를 분석한 예는 표 2~3 및 그림 4~5와 같다.

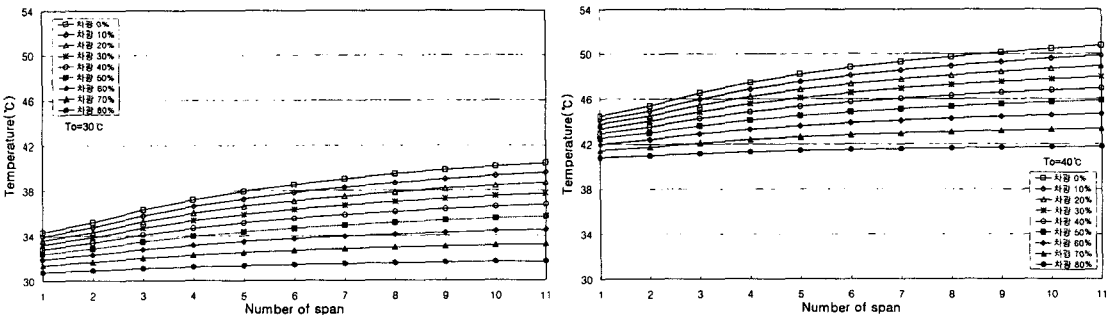
표 2. 외기온에 따른 온실 내부온도(외부차광:차광율 50%)

구 분		No. of span (Span width : 9m)										
차광율	외기온	1 (9m)	2 (18m)	3 (27m)	4 (36m)	5 (45m)	6 (54m)	7 (63m)	8 (72m)	9 (81m)	10 (90m)	11 (99m)
50%	20℃	22.32	22.80	23.38	23.85	24.23	24.54	24.80	25.02	25.21	25.38	25.52
	25℃	27.36	27.84	28.43	28.91	29.30	29.61	29.87	30.09	30.29	30.46	30.60
	30℃	32.39	32.88	33.48	33.97	34.36	34.68	34.94	35.17	35.36	35.53	35.68
	35℃	37.43	37.92	38.53	39.03	39.42	39.74	40.01	40.24	40.44	40.61	40.76
	40℃	42.46	42.97	43.58	44.08	44.48	44.81	45.08	45.31	45.51	45.69	45.84

표 3. 외기온에 따른 온실 내부온도(내부차광:차광율 50%)

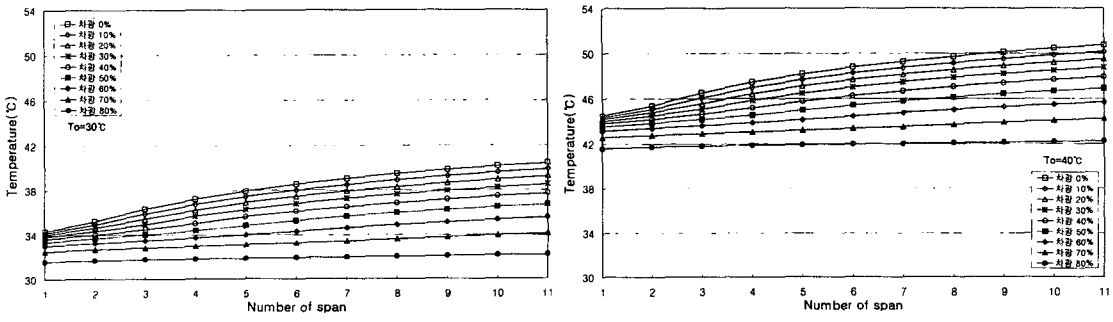
구 분		No. of span (Span width : 9m)										
차광율	외기온	1 (9m)	2 (18m)	3 (27m)	4 (36m)	5 (45m)	6 (54m)	7 (63m)	8 (72m)	9 (81m)	10 (90m)	11 (99m)
50%	20℃	23.29	23.59	23.92	24.27	24.71	25.12	25.48	25.79	26.07	26.32	26.54
	25℃	28.34	28.64	28.97	29.34	29.78	30.19	30.55	30.87	31.15	31.40	31.63
	30℃	33.38	33.69	34.03	34.40	34.84	35.27	35.63	35.95	36.24	36.49	36.72
	35℃	38.43	38.75	39.09	39.46	39.91	40.34	40.71	41.04	41.32	41.58	41.81
	40℃	43.48	43.80	44.15	44.52	44.98	45.41	45.79	46.12	46.41	46.67	46.90

표 2에서 보는 바와 같이, 외부차광율이 50%일 때 온실 내부온도는 최저 22.3℃(외기온이 20℃일 때 단동인 경우), 최고 45.8℃(외기온이 40℃일 때 11연동인 경우)로 분석되었고, 내부차광율이 50%일 때 온실의 내부온도는 최저 23.3℃(외기온이 20℃일 때 단동인 경우), 최고 46.9℃(외기온이 40℃일 때 11연동인 경우)로 나타났다. 차광율이 50%인 경우 외부차광이 내부차광보다 1.0℃~1.1℃정도 승온억제효과가 더 있는 것으로 분석되었다. 그리고, 차광율이 50%인 경우, 외기온이 20℃, 25℃, 30℃, 35℃, 40℃로 변화할 때, 외부차광인 경우 승온억제효과가 각각 1.87℃~4.60℃, 1.90℃~4.67℃, 1.93℃~4.74℃, 1.96℃~4.81℃, 2.0℃~4.88℃였으며, 내부차광인 경우는 0.9℃~3.58℃, 0.92℃~3.64℃, 0.94℃~3.70℃, 0.96℃~3.76℃, 0.98℃~3.82℃로 나타났다. 연동수가 증가할수록 승온억제효과가 큰 것은 온실 내부온도의 상승이 광투과에 기인되고 다연동 온실일수록 온실체적에 대한 지붕면적의 비율이 증가하기 때문이며, 외부차광이 내부차광보다 승온억제효과가 뛰어난 것은 내부차광으로 인한 천창의 환기면적이 감소하기 때문이다. 그림 4는 외기온 변화에 따라 차광율별로 온실내부온도변화를 도시한 것으로, 연동수가 증가할수록 환기가 불량해지기 때문에 온실 내부온도는 증가하였고, 11연동(온실 폭 99m) 온실의 내부온도는 차광율이 10%씩 증가함에 따라 약 1.1℃정도 감소하여 차광율이 50%의 차광시설을 하면 차광시설을 하지 않는 경우(차광율 0%)보다 약 4.7℃정도의 온도하강 효과가 있음을 알 수 있다. 또한 차광율이 50%이고 외기온이 30℃에서 40℃로 변화할 때 온실내부온도의 증가치는 외기온의 증가분 만큼 약 10.3℃정도로, 외부차광과 내부차광의 차이는 없었다.



(a) 외기온 30℃ (b) 외기온 40℃

그림 4. 차광율과 온실내부온도의 관계(외부차광)



(a) 외기온 30℃ (b) 외기온 40℃

그림 5. 차광율과 온실내부온도의 관계(내부차광)

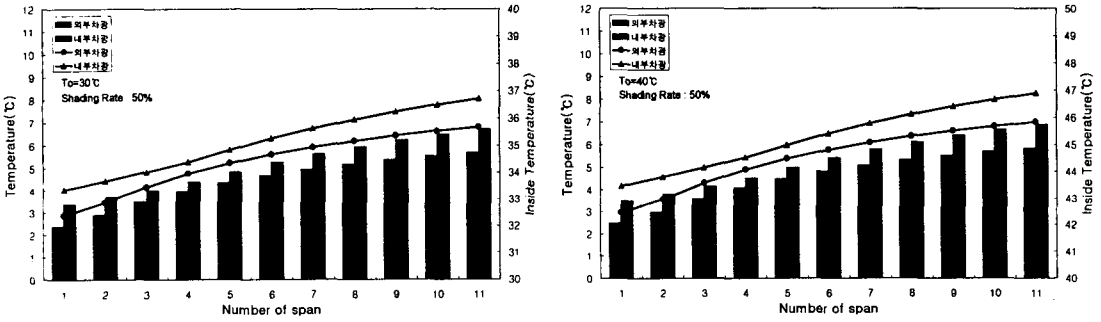
2. 차광방법에 따른 승온억제효과

차광방법은 크게 외부차광과 내부차광으로 구분할 수 있으며, 이에 따른 승온억제효과를 분석한 결과는 표 4와 그림 6과 같다.

표 4. 차광방법에 따른 승온억제 효과

차광율 / 차광방법	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%
외 부 차 광	0.4~0.9	0.7~1.8	1.1~2.7	1.5~3.7	1.9~4.7	2.4~5.9	2.9~7.2	3.6~8.5
내 부 차 광	0.2~0.6	0.3~1.2	0.5~1.9	0.7~2.7	1.0~3.8	1.3~4.9	1.8~6.3	2.8~8.2
외부차광-내부차광	0.2~0.3	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0	1.0~0.9	1.1~1.0	1.1~0.9	0.8~0.3

분석결과에 의하면, 외기온에 관계없이 차광방법에 따른 승온억제효과의 차는 4연동까지는 연동수가 증가할수록 감소하였으나 5연동부터는 연동수가 증가할수록 증가하는 추세였다. 외부차광이 내부차광에 비해 최소 0.2℃, 최고 1.1℃ 승온억제효과가 우수한 것으로 나타났다.



(a) 외기온이 30℃인 경우　　(a) 외기온이 40℃인 경우

그림 6. 승온억제효과 및 온실 내부온도 변화(차광율 50%)

Ⅳ. 결 론

여름철에 차광으로 인한 온실내부의 승온억제 효과를 파악하여 온실의 차광설계 자료를 제공할 목적으로 시뮬레이션 모델을 개발하여 외기온 변화에 따른 차광효과 및 차광방법에 따른 승온억제효과를 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 중력환기를 고려하여 한국형 유리온실 표준설계도중 가-Ⅰ형(와이드스팬형)에 대한 외기온, 연동수, 차광방법 및 차광율의 변화에 따른 온실의 내부온도를 예측하였다.
2. 외기온 변화에 따른 차광효과는 차광방법, 차광율에 따라 상이하였으나 외기온 변화에 따른 승온억제효과는 거의 일정한 것으로 나타났다.

3. 외기온과 차광율의 변화에 따른 온실의 내부온도를 분석한 결과, 차광율별로 온실내부온도의 증가치는 외기온의 증가치와 거의 동일하게 나타났다.
4. 외부차광은 최소 0.4℃, 최고 8.5℃의 승온억제효과가 있었으며 내부차광은 최소 0.2℃, 최고 8.2℃의 승온억제효과가 있는 것으로 나타났다.
5. 외부차광이 내부차광에 비해 최소 0.2℃, 최고 1.1℃ 승온억제효과가 우수한 것으로 나타났으며, 그 차이는 4연동까지는 연동수가 증가할수록 감소하였으나 5연동부터는 연동수가 증가할수록 다시 커지는 경향을 보였다.

참 고 문 헌

1. 김진기. 1995. 시설내 여름철 고온극복을 위한 절화류 관리. 월간원예. 95년 7월호. pp. 236-238.
2. 日本施設園藝協會. 1994. 施設園藝ハンドブック. 園藝情報センター. pp. 233-235.
3. 横木清太郎. 1979. 溫室=ビニルハウス園藝ハンドブック. 養賢堂. pp.116-117.
4. 日本生物環境調節學會. 1995. 生物環境調節ハンドブック. 養賢堂. pp. 439-440.
5. Esmay, M. L., and J. E. Dixon. 1986. Environmental Control for Agricultural Buildings. The AVI Publishing Company.
6. Hellickson, M. A., and J. N. Walker. 1983. Ventilation of Agricultural Structures. ASAE.
7. Kozai. T., and S. Sase. 1978. A Simulation of Natural Ventilation for A Multi-span Greenhouse. Acta Horticulturae. Japan.