

Actual Utilization and Thermal Environment of Greenhouses According to Several Cooling Methods during Summer Season¹⁾

Nam, Sang-Woon

Dept. of Agricultural Engineering, Chungnam National University,
Taejeon 305-764, Korea

Abstract

This study was performed to find an efficient method to overcome extremely high temperature in greenhouses during summer season. The actual utilization of greenhouses during hot summer season showed that about 21.6% of the investigated greenhouse farms were in fallow state, and most of greenhouse farms were cultivated under the very inferior environment. Thermal environment of greenhouses according to the evaporative cooling method and several assistant cooling methods such as ventilation, shading screen, roof sprinkling were examined. As the each assistant cooling method was used, about 74.8%, 26.9%, and 58.2% of temperatures measured at intervals of ten minutes between ten and seventeen o'clock were above 35°C. When shading screen and evaporative cooling system were operated, most greenhouse air temperatures were maintained below 35°C, and showed a drop of 3.8~4.2°C as compared with naturally ventilated greenhouse.

Key words : greenhouse cooling, assistant cooling, actual utilization, overcoming high temperature, thermal environment

¹⁾ 이 논문은 1998년도 농림부에서 시행한 농림기술개발과제의 일부로 수행되었음.

서 론

국내의 온실산업은 질적·양적으로 급속히 발전되고 있으며, 특히 수요의 고급화, 주년화에 대응하여 안정된 생산과 주년공급에 대한 요구가 날로 증대되고 있다. 원예산물의 주년안정생산을 위해서는 겨울철의 난방과 여름철의 고온극복이 과제이다. 난방에 관한 연구는 상당수 이루어져 있으며 최근의 유가 상승으로 에너지 비용

의 절감을 위한 연구가 활발히 이루어지고 있으나 온실의 냉방에 관한 연구는 미미한 실정이다. 우리 나라의 기상조건상 여름철의 온실내 기온은 현저하게 높아서 작물의 정상적인 생육이 불가능하므로 여름철에 휴경을 하는 곳이 많아 연간 이용율이 저하하게 된다. 시설의 유효이용이나 수익성의 측면에서 볼 때 여름철 온실내 환경의 적정화를 통한 주년재배의 달성은 온실재배에 있어서 당면과제라 할 수 있다.

지금까지 개발된 하절기 온실의 냉방방법은 기계적인 환기와 차광에 의한 방법, 증발냉각법, 배양액 및 근권부 냉각법, 작물체 주위 국부냉방법, 지붕살수법, 히트펌프에 의한 방법 등이 있다(Suh et al., 1995 ; Nam, 1996). 온실의 기온상승을 억제하기 위해서는 온실 안으로 흡수된 일사량에 해당하는 열을 제거해야만 하는데, 여름철의 일사부하는 매우 크기 때문에 히트펌프에 의한 방법은 경제적으로 사용이 불가능하므로 야간냉방에만 일부 이용되고 있는 실정이다(Kozai et al., 1985). 온실내부 기온은 환기율이 1회/min 일때도 강한 일사조건하에서는 이론적으로 외기온보다 6~7℃ 정도 높으며, 50%의 차광병행시 3~4℃ 정도 높다(Choi, 1989). 각종 보조적인 냉방방법들은 냉방효과가 정확히 알려져 있지 않으며 그다지 크지 않은 것으로 생각된다(Suh et al., 1995 ; Nam et al., 1996).

증발냉각을 실시한 온실의 경우 각종 조건에 따라 다르겠지만, 패드 방식은 외기온보다 2℃ 정도 높고, 포그방식은 1~2℃ 낮은 것으로 보고되고 있다(Muhoo, 1979 ; Mihara and Furumaki, 1973). 현재까지 개발되어 사용되고 있는 냉방방식 중에는 증발냉각법이 가장 효과적인 방법이지만 설치 및 유지비용이 많이 들고 설계, 시공, 유지관리 등의 체계적인 기술이 미비한 관계로 널리 보급되어 사용되고 있지는 못한 실정이다(Lee et al., 1995 ; Kim et al., 1997 ; Nam, 1998). 또한 단동 비닐하우스와 같이 시설투자가 많지 않은 경우에 증발냉각시스템과 같은 시설을 설치한다는 것은 거의 불가능한 현실이므로 보다 경제적인 고온극복 방안의 도출이 절실한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 온실의 경제적 고온극복 방안의 방향 설정을 위한 기초 자료를 얻기 위하여 하절기 온실의 활용실

태를 조사하고 열환경을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 하절기 온실의 활용실태 조사

조사대상은 영구 비닐하우스와 유리온실로 하였고, 표본조사 방법을 택하였으며 표본의 크기는 다음 식으로 구하였다(Roh, 1988).

$$n = \frac{N}{\left(\frac{e}{k}\right)^2 \frac{N-1}{P(1-P)} + 1}$$

여기서, N 은 모집단의 크기, P 는 모집단의 예상비율(예측할 수 없을 때 0.5), e 는 요구정밀도(허용 최대오차), k 는 신뢰도에 대응한 표준정규분포값(신뢰수준 95%일 때 1.96)이다.

모집단의 크기는 1995년도 농업총조사 자료를 이용하였고 표본수는 요구정밀도를 10%로 하여 비닐하우스 96농가, 유리온실 75농가로 설정하였으며, 표본추출은 층별다단추출법을 적용하였다. 1995년 농업총조사에 의하면 비닐하우스는 일시 73,260농가, 영구 61,584농가, 유리온실 329농가였으며, 전체농가중 시설재배 농가의 비율은 9.4%로서 경남 14.0%, 충남 12.1%, 경기 9.7%의 순으로 나타나고 있다(Ministry of Agriculture and Forestry, 1997).

특별시 및 광역시는 제외하고, 시설농가 비율이 높은 경기, 충남, 경남의 3개도를 선정한 후, 각 도에서 유리온실 농가가 가장 많은 경기 이천, 충남 부여, 경남 김해 시군을 선정하였으며, 유리온실 농가의 표본수가 부족한 경우는 인접 시군도 조사 대상에 포함시켰다. 표본선정은 도별 농가 수 및 면적 비율에 따라 표본수 산정 후 무작위로 추출하였으며 지역별 표본수는 Table 1과 같다.

Table 1. Investigated regions and sample numbers.

Region	Plastic house	Glass house	Total	Latitude
Kyonggi Icheon	40	37	77	37° 17'
Chungnam Buyeo	27	15	42	36° 16'
Kyongnam Kimhae	29	23	52	35° 15'
Total	96	75	171	

실태조사는 1999년 6월 28일부터 7월 21일 사이에 조사원이 현장을 방문하여 면 접으로 실시하였으며, 조사항목 및 조사내용은 다음과 같다. ① 일반현황, 시설면적, 시설종류, 경작여부. ② 휴경인 경우 : 휴경기간, 휴경이유, 대책. ③ 경작인 경우 : 재배작목, 재배방식, 고온극복방법. ④ 고온극복방법 : 환기방식, 차광실태, 지붕살수, 패드 증발냉각, 포그 증발냉각, 기타. ⑤ 경작온실의 열환경 측정 : 측정시간, 실내온습도, 실외온습도, 기상상태. ⑥ 기타 : 목표 한계 온도, 고온기 온실 운영의 문제점 및 애로사항, 고온극복 관련 개발 희망사항, 특이사항 등이다.

2. 냉방 및 보조냉방 처리별 고온억제 효과 비교 실험
냉방 및 보조냉방 방법별 고온 억제효과

를 분석하기 위하여 충남대학교 부속 농장에 설치된 단동 플라스틱 온실(6m×18m)에서 실험을 실시하였다. 실험온실은 인접한 4개동에 자연환기, 자연환기+50% 차광, 자연환기+지붕살수, 증발냉각의 일종인 에어쿨팬의 가동 등 4가지로 처리하였다.

자연환기는 측면을 1m 폭으로 개방하고 앞 뒤 출입문을 완전히 개방한 상태로 하였으며, 차광은 흑색망사를 지붕 외면에 피복한 상태로 하였고, 지붕살수는 맑은날 오전 10시부터 오후 5시까지, 에어쿨팬은 32℃ 이상인 경우에만 가동되도록 제어하였다. 실험은 1999년 7월 11일부터 30일 사이에 실시하였으며, 외부일사량, 외기 온습도, 처리별 실내 온습도를 HOBO data logger(Onset computer co.)를 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 하절기 온실의 활용실태 조사결과

조사대상 농가의 시설종류 및 면적 분포는 Table 2와 같다. 유리온실은 와이드스팬형 59농가(78.7%), 벤로형 16농가(21.3%)였으며, 비닐하우스는 단동형 58농가(60.4%), 연동형 38농가(39.6%)로서 시설면적은 평균 1,370평으로 나타났다.

Table 2. Greenhouse type and area distribution.

Greenhouse type		Number of farms						Average area(py.)
		Total	<600 py. ²⁾	600≤	1000≤	1500≤	3000≤	
Glass house	Wide span	59	4	24	19	8	4	1160
	Venlo	16	0	3	3	6	4	2420
Plastic house	Single span	58	12	4	23	10	9	1460
	Multi span	38	0	16	13	8	1	1150
Total		171	16	47	58	32	18	1370

²⁾py.(pyong) : 3.30582 m²

여름철 고온기의 경작 실패는 Table 3과 같았으며 유리온실 18.7%, 비닐하우스

Table 3. Actual utilization of greenhouse during hot summer season.

Greenhouse type		Cultivation (farms)	Fallow (farms)	Fallow ratio (%)
Glass house	Wide span	47	12	20.3
	Venlo	14	2	12.5
	Sub total	61	14	18.7
Plastic house	Single span	40	18	31.0
	Multi span	33	5	13.2
	Sub total	73	23	24.0
Total		134	37	21.6

24.0%, 전체 21.6%의 시설재배 농가가 휴경하고 있는 것으로 나타났다. 휴경농가의 휴경기간, 휴경이유 및 향후 대책은 Table 4와 같이 조사되었다. 휴경기간은 30~60일이 23농가(62.2%)로 가장 많았고 60일 이상도 8농가(21.6%)나 되었으며, 평균 휴경기간은 41일로 나타났다. 휴경이유로는 작기전환이 28농가(75.7%)로 가장 많았으며 고온재배가 불가능하여 재배를 포기한 농가가 5농가(13.5%)로 나타났다. 향후 대책으로는 시설투자 후에 경작을 하겠다는 농가가 23농가(62.2%)였으나 대책이 없으므로 계속 휴경하겠다는 농가도 5농가(13.5%)나 되었다.

Table 4. Actual state of fallow farms.

unit : number of farms(%)

Fallow periods		Cause of fallow		Hereafter plan	
<30days	6(16.2)	Impossible conditions	5(13.5)	Continuous fallow	5(13.5)
30~60days	23(62.2)	Turn of farming period	28(75.7)	Cultivation after equipped facilities	23(62.2)
≥60days	8(21.6)	Others	4(10.8)	Others	9(24.3)
Total	37(100.)	Total	37(100.)	Total	37(100.)

다음은 고온기인 조사당시에 경작을 하고 있던 134농가를 대상으로 조사한 결과를 정리한 것이다. 경작농가의 재배방식은 유리온실의 경우 토양재배가 18농가(29.5%), 양액재배가 43농가(70.5%)였으며, 비닐하우스의 경우는 토양재배가 72농가(98.6%), 양액재배가 1농가(1.4%)로 나타났다. 주요 재배작목은 유리온실의 경우 장미(24농가), 토마토(13농가), 방울토마토(7농가), 오이(4농가), 백합(3농가), 파프리카, 멜론, 고추, 스타티스 등으로서 주로 화훼류와 과채류를 재배하고 있었고, 비닐하우스의 경우에는 오이(13농가), 수박(11농가), 고추(8농가), 토마토(7농가), 장미, 호박, 참외(5농가), 상추, 시금치, 국화(3농가), 열무, 쪽갓, 배추, 청경채, 카네이션

등으로서 다양하지만 비교적 채소류를 많이 재배하고 있었다.

고온극복을 위한 시설설치 현황은 Table 5와 같다. 유리온실에는 환기팬 설치율이 93.4%로 거의 설치되어 있었으나 비닐하우스에는 9.6%로 설치된 농가가 많지 않았다. 차광망은 유리온실 75.4%, 비닐하우스 39.7%로 전체 온실의 56.0%에 설치되어 있었으며, 유리온실의 32.8%, 비닐하우스의 4.1%에 지붕살수 장치가 설치되어 있는 것으로 나타났다. 증발냉각시스템은 유리온실에만 설치되어 있고 패드시스템이 3농가(4.9%), 포그시스템이 20농가(32.8%)에 설치된 것으로 조사되었다.

패드시스템을 설치한 온실에서는 모두가동하고 있었으나, 포그시스템은 노즐 구

명이 막히는 등 고장이 잦아 가동율이 매우 낮았다. 지붕살수의 경우도 효과가 별로 없으면서 막대한 지하수를 필요로 하고 운영비가 너무 많이 들기 때문에 설치만 해놓고 가동하지 않는 농가가 많았다. 실제 지붕살수 장치는 지붕세척용으로 포그시스템은 농약살포용으로만 이용하는 농가가 많았으며, 고온극복 수단으로 이용하는 농가(이용율)는 지붕살수 12농가(52.2%), 포그시스템 7농가(35.0%)로 매우 낮았다. 따라서 증발냉각 방식에 대한 기술의 체계화 및 저비용 기술의 개발이 시급한 것으로 판단되었다.

Table 6은 경작농가의 환기실태를 나타낸 것이다. 유리온실의 경우에는 거의 대부분이 측창, 천창 및 환기팬을 갖추고 있으며 여기에 유동팬까지 설치한 농가가

62.3%로 비교적 양호한 환기설비를 갖추고 있는 것으로 나타났으나, 비닐하우스의 경우에는 측창만 설치된 온실이 52%나 되고 천창과 환기팬을 설치한 농가는 9.6%에 불과해 매우 열악한 시설에서 재배가 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

Table 7은 경작농가의 차광실태를 나타낸 것이다. 유리온실의 경우에는 차광망으로 알루미늄 증착 필름을 가장 많이 사용하고 있었으며(71.7%), 비닐하우스에서는 흑색망사를 79.3%로 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다. 차광율은 농가마다 큰 편차를 보이고 있었으며 평균 57.6%로 나타났다고, 차광망 설치방식은 유리온실의 경우 100% 내부 커튼식으로 비닐하우스의 경우 내부커튼식 41.4%, 외부 피복식 58.6%로 나타났다.

Table 5. Actual state of equipped facilities for overcoming high temperature.

unit : farms(equipped ratio %)

Greenhouse	Ventilating fan	Shading screen	Roof sprinkling	Evaporative cooling	
				Pad system	Fog system
Glass house	57(93.4)	46(75.4)	20(32.8)	3(4.9)	20(32.8)
Plastic house	7(9.6)	29(39.7)	3(4.1)	0(0.0)	0(0.0)
Total	64(47.8)	75(56.0)	23(17.2)	3(2.2)	20(14.9)

Table 6. Actual state of ventilation in cultivating greenhouses.

unit : farms(%)

Greenhouse	Side vent	Roof vent ²⁾	Ventilating fan ³⁾	Circulation fan ⁴⁾	Total
Glass house	0(0.0)	4(6.6)	19(31.1)	38(62.3)	61(100)
Plastic house	38(52.0)	28(38.4)	6(8.2)	1(1.4)	73(100)
Total	38(28.3)	32(23.9)	25(18.7)	39(29.1)	134(100)

²⁾Side and roof vent

³⁾Side vent, roof vent and ventilating fan

⁴⁾Side vent, roof vent, ventilating fan and air circulation fan

Table 7. Actual state of shading in cultivating greenhouses.

unit : farms(%)

Items		Glass house	Plastic house	Total
Shading screen	Black net	1(2.2)	23(79.3)	24(32.0)
	Polyester sheet	12(26.1)	4(13.8)	16(21.3)
	Aluminum	33(71.7)	2(6.9)	35(46.7)
Shading degree (%)	< 30	5(10.9)	8(27.6)	13(17.3)
	30~50	4(8.7)	4(13.8)	8(10.7)
	50~70	21(45.6)	8(27.6)	29(38.7)
	≥ 70	16(34.8)	9(31.0)	25(33.3)
Equipped type	Inside curtain	46(100.)	12(41.4)	58(77.3)
	Outside cover	0(0.0)	17(58.6)	17(22.7)
Total		46(100.)	29(100.)	75(100.)

경작 농민들이 설문에 응답한 재배시 목표로 하는 최고 한계온도는 Table 8과 같았다. 유리온실에서는 거의 절반인 50.8%가 32.5℃이하로 응답하였으며 비닐하우스에서는 무응답이 43.8%였고 응답자 중에는 32.5℃이하가 24.6%로 가장 많았다. 전체 응답자의 평균은 33.1℃로서 외기온 가까이 떨어뜨리는 것을 목표로 하고 있었으나 실제상황은 Table 9에서 보는 바와

같이 매우 열악한 환경하에서 재배가 이루어지고 있었다. Table 9는 온실의 현장조사시 휴대용 디지털 온습도계를 이용하여 측정된 실내외 온습도를 시간대별로 분석한 결과이다. 비가 내린 날은 분석에서 제외하였으며 실제 재배가 이루어지고 있는 온실 내부의 기온은 외기온에 비하여 평균 2.7~4.2℃, 최대 5.0~9.0℃ 높게 나타나고 있고, 최고 42.0℃ 까지 관측되었다.

Table 8. Control target of greenhouse air temperature during hot summer season.

unit : farms(%)

Greenhouse	No answer	≤30℃	≤32.5℃	≤35℃	≤37.5℃	Total
Glass house	11(18.0)	5(8.2)	31(50.8)	12(19.7)	2(3.3)	61(100)
Plastic house	32(43.8)	13(17.8)	18(24.6)	5(6.9)	5(6.9)	73(100)
Total	43(32.1)	18(13.4)	49(36.6)	17(12.7)	7(5.2)	134(100)

Table 9. Temperature and humidity differences between inside and outside of cultivating greenhouse.

Measured time	Temperature(℃)		Humidity (%)	Measuring numbers
	Max.	Avg.		
10:00~12:00	6.0	3.8	-11~13	18
12:00~14:00	9.0	4.2	- 7~13	16
14:00~16:00	6.0	3.3	-12~17	31
16:00~18:00	5.0	2.7	-19~ 9	25

하절기 온실 운영의 문제점 및 애로사항으로는 고온으로 작물재배 어려움, 생산성 저하, 작업환경 열악, 품질저하, 병충해 다발 등의 의견이 있었다. 그밖에 지하수를 이용하여 근권부를 냉각하는 사례가 6농가 있었는데, 비교적 효과가 좋은 것으로 생각하고 있었다. 실제 근권부의 냉각은 뿌리의 활력을 증진시켜 흡수력을 좋게함과 동시에 냉각수가 흡수됨으로써 약간의 체온저하효과를 나타내고 고온스트레스를 경감시키는 것으로 보고되고 있어(Nam et al., 1996) 엽채류의 재배에서는 경제적인 고온극복 방안이 될 수 있을 것으로 사료된다.

시설재배 농민들이 고온기 재배와 관련하여 개발되기 바라는 내용을 조사한 결과 무엇보다도 저비용 기술의 개발에 관한 요구가 매우 높았다. 이들의 고온극복 관련 희망사항으로는 외부공기 차단후 냉방기술, 지하수 이용기술, 수막재배 기술, 고온품종 개발, 그리고 온도조절이 용이한 온실 구조(환기창 면적 확대, 환기창 개폐각도 문제 개선, 유리온실의 측면을 비닐 권취식으로 교체하여 개폐면적 확대 등)의 개발 등이었다.

Table 10. Weather conditions during the experimental period.

Item		Mean	Range
Temperature(°C)	Daily mean	26.6	23.7~28.9
	Daily max.	31.8	28.7~34.1
	Daily min.	22.5	20.1~25.4
Humidity(%)	Daily mean	71.6	61.9~88.9
	Daily max.	90.8	74.6~99.2
	Daily min.	47.5	40.1~65.3
Radiation (MJ/m ²)	Daily integrated	15.96	6.37~23.45
Rainfall	40.1 mm in 5 rained days		

2. 냉방 및 보조냉방 처리별 열환경 분석

Table 10은 실험기간 동안의 외부 기상 특성을 정리한 것이다. 낮 최고 기온은 28.7~34.1°C의 범위에 평균 31.8°C였고, 최저습도는 40.1~65.3%(평균 47.5%)의 범위를 보였다. 수평면일사량은 6.37~23.45(평균 15.96) MJ/m²/day의 범위였고, 비가 내린 날은 5일에 총강우량은 40.1 mm로서 전체적으로 맑은날이 많았다.

냉방 및 보조냉방 처리별 온실의 열환경을 비교 측정된 결과를 분석하여 Table 11 및 Table 12에 나타내었으며 관측예를 Fig. 1에 나타내었다. Table 11은 처리별 자연환기 대비 냉방효과를 나타낸 것으로서 자연환기시 온도 분포는 외기온에 비하여 대체로 5.9~6.3°C(최대10.7°C) 상승하는 것으로 나타났으며, 차광을 병행할 경우에는 자연환기만 실시하는 경우에 비하여 약 3°C정도의 온도 하강효과를 보였고, 차광과 증발냉각의 일종인 에어쿨팬의 가동으로 3.8~4.2°C의 냉방효과를 보이는 것으로 나타났다. 그러나 지붕살수의 냉방 효과는 거의 기대할 수 없는 것으로 나타났다.

Table 12는 처리별 열환경을 비교한 것으로서 실험기간동안 강우시는 제외하고 오전 10시부터 오후 5시까지의 10분간격 데이터를 분석한 결과이다. 자연환기만으로는 최고 42.4°C까지 실내온도가 상승하고 거의 대부분 35°C를 초과하여 작물재배가 곤란한 것으로 나타났다. 차광을 병행할 경우에는 26.9%(일평균 1.9시간)만 35°C를 초과하는 것으로 나타나 약간만 개선하면 어느 정도의 고온극복은 가능할 것으로 판단되었다. 차광과 증발냉각의 일종인 에어쿨팬의 가동은 온실내의 기온을 대부분 35°C 이내로 유지하는 것이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 철골온실과 같이 시설비가 많이 투자된 경우나 고부가가치의 작물을 재배하는 경우에는 증발냉각시스템을 도입하고, 그 외에는 경제적

Table 11. Cooling effect of several cooling methods as compared with natural ventilation.

Item		95% confidence limits	Max.
Difference between inside and outside temperature in naturally ventilated greenhouse		5.9 ~ 6.3	10.7
Cooling effect (°C)	Shading screen	-2.9 ~ -3.1	-5.8
	Roof sprinkling	-1.0 ~ -1.2	-3.4
	Evaporative cooling	-3.8 ~ -4.2	-8.3

Table 12. Thermal environment of greenhouse according to the evaporative cooling method or the other assistant cooling methods.

Item	Outside		Greenhouse air temperature(°C)			
	Temperature(°C)	Humidity (%)	Natural ventilation	Shading screen	Roof sprinkling	Evaporative cooling
Mean	30.5	54.1	36.6	33.6	35.5	32.6
Standard deviation	1.8	8.9	2.7	2.5	2.6	1.9
Maximum	34.1	89.8	42.4	39.1	41.4	37.1
Minimum	26.3	40.1	27.9	26.3	27.5	27.5
Time above 35°C	Daily average(hour)		5.2	1.9	4.1	0.6
	Excess ratio(%)		74.8	26.9	58.2	8.1

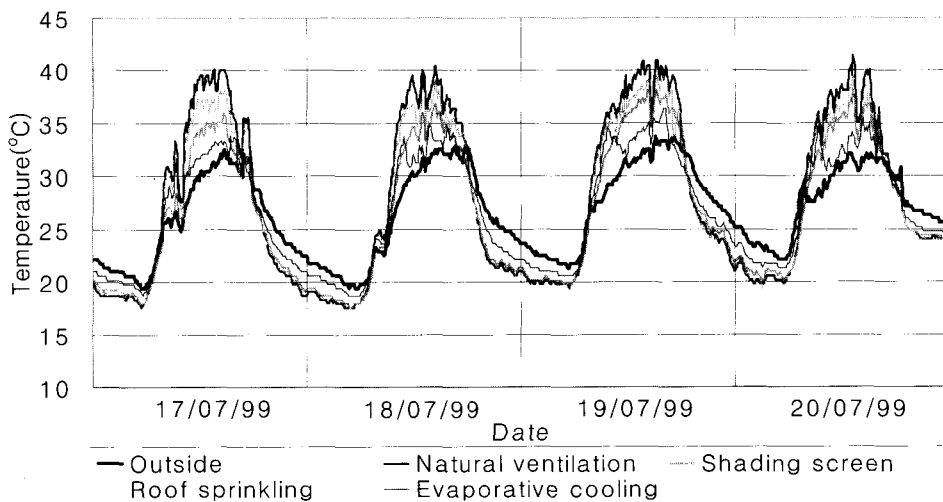


Fig. 1. Examples of greenhouse air temperature according to the evaporative cooling method or the other assistant cooling methods.

인 고온극복 방안으로 적절한 차광과 환기시스템의 도입이 필요할 것으로 판단되었다. 즉, 충분한 환기가 이루어질 수 있도록 환기창의 구조를 개선하고 강제환기시설을 도입하는 등의 환기시스템과 차광방법 개선에 관한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

Literature cited

1. Bottcher, R.W., G.R. Baughman and D.J. Kesler. 1989. Evaporative Cooling Using a Pneumatic Misting System. Transactions of the ASAE 32(2) : 671-676.
2. Choi, H.L. 1989. Ventilation of agricultural structures. Daegwang Pub., Seoul. p. 323-344.
3. Japan Greenhouse Horticulture Association. 1994. Handbook of greenhouse horticulture. Horticultural information center. p. 198-224.
4. Kim, M.K. et al. 1997. Design standards for greenhouse environment. Korea Agricultural & Rural Infrastructure Corporation. p. 221-250.
5. Kozai, T., M. Hayashi, T. Kadoma and Z. Quan. 1985. Applications of a heat pump system to greenhouse environmental control - Operating characteristics of the cooling system in summer nighttime. J. Agr. Met. 41(3) : 231-240.
6. Lee, S.K., J.W. Lee, H.W. Lee and S.S. Kim. 1995. Cooling effects of fan and pad cooling system. Proceeding of Bio-Environment Control 4(2) : 78-81.
7. Mihara, Y. and H. Furumaki. 1973. Fog and fan method for greenhouse cooling. J. Agr. Met. 28(4) : 231-236.
8. Ministry of Agriculture and Forestry. 1997. '95 Census of agriculture, Korea.
9. Muhoo, M. 1979. Countermeasure for overcoming high temperature by evaporative cooling in greenhouse during summer season. Agriculture and horticulture, Japan. Vol. 54 : 648-652.
10. Nam, S.W. 1996. Actual state and development strategics on greenhouse cooling technology. The Korea Society for Hightech Agricultural Facilities. Theses Collection Vol. 3 : 57-88.
11. Nam, S.W., M.K. Kim and J.E. Son. 1996. Nutrient solution cooling and its effect on temperature of leaf lettuce in hydroponic system. Acta Horticulturae 440 : 227-232.
12. Nam, S.W. 1998. Adaptability of evaporative cooling system for greenhouses to the weather conditions of Korea. J. Bio-Env. Con. 7(4) : 283-289.
13. Roh, H.J. 1998. Survey and statistical analysis by Excel. Beobmoon Pub., Seoul. p. 3-30.
14. Suh, W.M., Y.C. Yoon, J.C. Park and Y.G. Son. 1995. Examination for introduction of greenhouse cooling system in Korea. J. Greenhouse Horticulture of GSNU., Korea. Vol. 2 : 123-145.
15. Woo, Y.H. et al. 1994. Studies on management of effective temperature and humidity in greenhouse at summer season. J. Bio-Env. Con. 3(1) : 58-65.

하절기 온실의 활용실태 및 몇가지 고온극복 방법별 열환경 분석

남 상 운
충남대학교 농공학과

적 요

온실의 경제적 고온극복 방안의 방향 설정을 위한 기초 자료를 얻기 위하여 비닐하우스 96 농가, 유리온실 75농가를 대상으로 하절기 온실의 활용실태를 조사한 결과 유리온실 18.7%, 비닐하우스 24.0%, 전체 21.6%의 시설재배 농가가 휴경하고 있었으며, 나머지 경우도 매우 열악한 환경하에서 재배가 이루어지고 있었고, 고온 극복을 위한 저비용 기술의 개발에 관한 요구가 매우 높았다. 냉방 및 보조냉방 처리별 온실의 열환경을 비교 측정된 결과 자연환기만으로는 74.8%, 지붕살수시 58.2%가 35℃를 초과하여 작물재배가 곤란한 것으로 나타났다. 환기와 차광을 병행할 경우에는 26.9%만 35℃를 초과하는 것으로 나타나 약간만 개선하면 어느 정도의 고온극복은 가능할 것으로 판단되었다. 차광과 증발냉각의 일종인 에어쿨팬의 가동으로 자연환기 온실에 비하여 3.8~4.2℃의 냉방효과를 보였으며, 온실내의 기온을 대부분 35℃ 이내로 유지하는 것이 가능한 것으로 나타났다. 증발냉각시스템의 도입으로 고온극복이 가능하지만 확대보급을 위해서는 비용절감 및 체계화기술 개발이 과제로 남아 있다. 한편, 차광과 고효율의 환기로 어느 정도의 고온극복이 가능하므로 비교적 시설비 투자가 적은 온실에 대하여는 환기시스템 및 차광방법 개선 등의 연구를 통한 경제적인 고온극복 방안 설정이 필요할 것으로 판단되었다.

주제어 : 온실냉방, 보조냉방, 활용실태, 고온극복, 열환경