

하절기 온실의 활용실태 및 열환경 분석

Actual State of Practical Use and Thermal Environment of Greenhouses in Summer Season

남 상 운*(충남대) · 김 문 기(서울대)

Nam, Sang Woon · Kim, Moon Ki

Abstract

This study was performed to find an efficient method to overcome extremely high temperature within greenhouses in summer season. The actual states of practical use for greenhouses in hot summer season were investigated. About 21.6 % of the investigated greenhouse farms were no cultivation, and most greenhouse farms were cultivating under the very inferior environment. To examine thermal environment of greenhouse according to cooling or assistant cooling, greenhouses were treated with natural ventilation, shading, roof sprinkling, and evaporative cooling with air cool fan. Shading and operating air cool fan showed a drop in temperature of 3.8~4.2°C as compared with natural ventilation, and most greenhouse air temperatures were maintained below 35°C.

I. 서 론

국민 생활수준의 향상과 함께 식생활수준이 고급화되고 식품의 종류가 다양화됨에 따라 원예산물에 대한 수요가 매년 증가하는 동시에 농업생산체계 재편성의 일환으로 국내의 온실산업은 질적·양적으로 급속히 발전되고 있다. 특히 수요의 고급화, 주년화에 대응하여 안정된 생산과 주년공급에 대한 요구가 날로 증대되고 있다. 원예산물의 주년안정생산이라는 개념은 시설원예의 존재이유를 대변하기도 하지만 아직 국내 시설원예분야의 연구자 및 생산자들에게는 이것이 가장 어려운 문제의 하나로 남아있는 실정이다. 주년안정생산에 있어 주된 문제는 겨울철의 난방과 여름철의 냉방이다. 이 두 가지 요소는 막대한 에너지 비용의 부담을 필요로 하므로 석유 한 방울 생산되지 않는 우리 나라에 있어서는 실로 어려운 문제가 아닐 수 없다.

지금까지의 원예시설에 관한 연구는 70년대 석유판동을 겪은 이후로 자연에너지 이용기술 등 주로 난방에너지의 절약에 초점을 맞추어 진행되어 왔다. 그러나 우리 나라의 기상조건상 여름철의 온실내 기온은 현저하게 높아서 대부분의 작물은 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. 따라서 본 연구에서는 온실의 경제적 고온극복 방안의 방향 설정을 위한 기초 자료를 얻기 위하여 하절기 온실의 활용실태를 조사하고 열환경을 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 하절기 온실의 활용실태 조사

조사대상은 영구 비닐하우스와 유리온실로 하였고, 표본조사 방법을 택하였으며 표본의 크기는 다음 식으로 구하였다.

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

여기서, N 은 모집단의 크기, P 은 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.

표 1. 시도별 시설재배농가(호) 및 시설면적(ha)

시도	시설면적	비닐하우스				유리온실		기타		시설농가 비율(%)
		일시		영구		농가	면적	농가	면적	
		농가	면적	농가	면적					
서울	511	37	12	1354	498	-	-	9	1	51.0
부산	1206	1397	625	1250	577	2	0	25	3	27.3
대구	838	1371	604	651	233	2	0	12	1	15.5
인천	200	911	63	557	126	2	0	148	11	9.0
광주	976	600	160	1943	815	-	-	32	2	21.6
대전	259	332	96	521	162	-	-	9	1	11.0
경기	4665	4553	777	10190	3795	104	22	785	70	9.7
강원	1162	2621	447	3672	653	33	9	818	54	8.6
충북	1174	1893	357	2480	760	24	6	440	51	4.9
충남	6155	15262	4222	6913	1790	32	9	1061	133	12.1
전북	3039	6894	2037	3009	955	35	14	232	34	6.7
전남	3704	7449	1417	8628	2218	36	10	945	58	6.8
경북	8710	10174	3649	9729	4989	18	6	694	66	7.9
경남	9668	19662	7126	7595	2482	38	14	378	46	14.0
제주	1173	104	33	3092	1138	3	1	3	1	8.0
계	43440	73260	21624	61584	21192	329	92	2430	533	9.4

주) 자료 : 농업총조사(1995), 시설농가비율은 전체농가중 시설재배 농가의 비율임.

표본수는 요구정밀도를 10%로 하여 비닐하우스 96농가, 유리온실 75농가로 설정하였으며, 표본추출은 층별다단추출법을 적용하였다. 특별시 및 광역시는 제외하고, 시설농가비율이 높은 3개도 선정(경기, 충남, 경남)후, 각 도에서 유리온실 농가가 가장 많은 시군을 선정(경기이천, 충남부여, 경남김해)하였으며, 유리온실 농가의 표본수가 부족한 경우는 인접 시군도 조사대상에 포함시켰다. 도별 농가수 및 면적 비율에 따라 표본수 산정 후 무작위로 추출하였다.

표 2. 선발된 조사대상지역 및 표본수

지역	비닐하우스	유리온실	계	인접지역	위도
경기 이천	40	37	77	여주, 안성, 용인	37° 17'
충남 부여	27	15	42	공주, 논산, 청양	36° 16'
경남 김해	29	23	52	창원, 밀양, 마산	35° 15'
계	96	75	171		

조사항목 및 조사내용은 다음과 같다. ① 일반현황, 시설면적, 시설종류, 경작여부. ② 휴작인 경우 : 휴작기간, 휴작이유, 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 등.

2. 냉방 및 보조냉방 처리별 고온억제 효과 비교 실험

냉방 및 보조냉방 방법별 고온 억제효과를 분석하기 위하여 다음과 같은 실험을 실시하였다.

① 실험내용 : 냉방 및 보조냉방 처리별 고온억제 효과 비교 실험. ② 처리 : 자연환기, 차광환기, 지붕살수, 에어쿨팬(증발냉각의 일종)의 4처리. ③ 실험방법 : 충남대학교 부속 농장에 설치된 단동 플라스틱 온실(6m×18m)중 인접한 4개동에서 동시에 연속 환경계측 실험. ④ 계측항목 : 외부일사량, 외기 온습도, 처리별 실내 온습도(HOBO data logger, Onset computer co.)

III. 결과 및 고찰

1. 하절기 온실의 활용실태 조사결과

하절기 온실의 활용실태 조사결과를 요약하면 표 3 ~ 표 11과 같다.

표 3. 조사대상 농가의 시설종류 및 면적 분포

시설종류		농가수(호)					평균면적(평)	
		계	<600평	600≤	1000≤	1500≤		3000≤
유리온실	와이드스팬	59	4	24	19	8	4	1160
	벤로	16	0	3	3	6	4	2420
비닐하우스	단동	58	12	4	23	10	9	1460
	연동	38	0	16	13	8	1	1150
계		171	16	47	58	32	18	1370

표 4. 여름철 고온기 경작 실태

시설종류		경작농가(호)	휴작농가(호)	휴작율(%)
유리온실	와이드스팬	47	12	20.3
	벤로	14	2	12.5
	소계	61	14	18.7
비닐하우스	단동	40	18	31.0
	연동	33	5	13.2
	소계	73	23	24.0
계		134	37	21.6

표 5. 휴작 농가의 실태

단위 : 농가수(%)

휴작 기간		휴작 이유		향후 대책	
30일미만	6(16.2)	고온재배불가	5(13.5)	계속휴작	5(13.5)
30~60일	23(62.2)	작기전환	28(75.7)	시설투자후 경작	23(62.2)
60일이상	8(21.6)	기타	4(10.8)	기타	9(24.3)
계	37(100.)	계	37(100.)	계	37(100.)

주) 휴작기간 평균 : 41일

표 6. 경작 농가의 재배방식 및 주요재배작목

항 목	유리온실	비닐하우스
재배방식	토양재배 18농가(29.5%) 양액재배 43농가(70.5%)	토양재배 72농가(98.6%) 양액재배 1농가(1.4%)
재배작목	장미(24농가) ; 토마토(13농가) 방울토마토(7농가) ; 오이(4농가) 백합(3농가) 기타 : 파프리카, 메론, 고추, 스타티스	오이(13농가) ; 수박(11농가) 고추(8농가) ; 토마토(7농가) 장미,호박,참외(5) ; 상추,시금치,국화(3) 기타 : 열무, 쑥갓, 배추, 청경채, 카네이션

표 7. 고온극복을 위한 시설 설치 현황

단위 : 농가수(설치율%)

시설종류	환기팬	차광망	지붕살수	패드	포그
유리온실	57(93.4)	46(75.4)	20(32.8)	3(4.9)	20(32.8)
비닐하우스	7(9.6)	29(39.7)	3(4.1)	0(0.0)	0(0.0)
계	64(47.8)	75(56.0)	23(17.2)	3(2.2)	20(14.9)

지붕살수 및 포그는 효과가 별로 없으면서 값이 너무 비싸고, 고장이 잦아 약살포와 지붕세척시만 이용하는 농가가 많았으며, 고온극복 수단으로 이용하는 농가(이용율)는 지붕살수 12농가(52.2%), 포그 7농가(35.0%)로 매우 낮았다.

표 8. 경작 농가의 환기실태

단위 : 농가수(%)

시설종류	측창	측창+천창	천,측창+환기팬	창,환기팬+유동팬	계
유리온실	0(0.0)	4(6.6)	19(31.1)	38(62.3)	61(100)
비닐하우스	38(52.0)	28(38.4)	6(8.2)	1(1.4)	73(100)
계	38(28.3)	32(23.9)	25(18.7)	39(29.1)	134(100)

표 9. 경작 농가의 차광실태

단위 : 농가수(%)

항 목		유리온실	비닐하우스	계
차광망종류	흑색방사	1(2.2)	23(79.3)	24(32.0)
	부직포	12(26.1)	4(13.8)	16(21.3)
	알루미늄	33(71.7)	2(6.9)	35(46.7)
차광율	30%미만	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%이상	16(34.8)	9(31.0)	25(33.3)
설치방식	내부	46(100.)	12(41.4)	58(77.3)
	외부	0(0.0)	17(58.6)	17(22.7)
계		46(100.)	29(100.)	75(100.)

주) 차광율 평균 : 57.6%

표 10. 재배시 목표로 하는 최고한계온도

단위 : 농가수(%)

시설종류	무응답	≤30℃	≤32.5℃	≤35℃	≤37.5℃	계
유리온실	11(18.0)	5(8.2)	31(50.8)	12(19.7)	2(3.3)	61(100)
비닐하우스	32(43.8)	13(17.8)	18(24.6)	5(6.9)	5(6.9)	73(100)
계	43(32.1)	18(13.4)	49(36.6)	17(12.7)	7(5.2)	134(100)

표 11. 경작온실의 열환경 측정 결과

측정시간	실내외기온차(℃)		실내외 습도차(%)	측정수
	최대	평균		
10~12시	6.0	3.8	-11~13	18
12~14시	9.0	4.2	-7~13	16
14~16시	6.0	3.3	-12~17	31
16~18시	5.0	2.7	-19~9	25

주) 비온날 제외, 관측 최고실내기온 : 42℃

후 냉방기술, 지하수 이용기술, 수막재배 기술, 저비용 기술, 고온품종 개발, 온도조절이 용이한 온실 구조(창면적 확대, 창개폐 각도 문제, 유리온실 측면 비닐 권취식 등)의 개발 등이었다.

2. 냉방 및 보조냉방 처리별 열환경 분석

표 12. 계측기간(13/07/99~27/07/99) 기상특성

항 목	평균	범 위
기온(℃)	일평균	26.6 23.7~28.9
	일최고	31.8 28.7~34.1
	일최저	22.5 20.1~25.4
습도(%)	일평균	71.6 61.9~88.9
	일최고	90.8 74.6~99.2
	일최저	47.5 40.1~65.3
일사(MJ/m ²)	일적산	15.96 6.37~23.45
강우	강우일 5일, 총강우량	40.1 mm

표 14. 냉방 및 보조냉방 처리별 열환경 비교

항 목	외기온 (℃)	외기습도 (%)	온실 내부 기온(℃)			
			자연환기	차광환기	지붕살수	에어쿨펜
평 균	30.5	54.1	36.6	33.6	35.5	32.6
표준편차	1.8	8.9	2.7	2.5	2.6	1.9
최 대	34.1	89.8	42.4	39.1	41.4	37.1
최 소	26.3	40.1	27.9	26.3	27.5	27.5
35℃ 초과시간	일평균(시간)		5.2	1.9	4.1	0.6
	초과율(%)		74.8	26.9	58.2	8.1

주) 99년 7월 13일~27일(15일간) 10:00~17:00 까지의 10분간격 데이터 분석(강우시 제외)

IV. 결 론

온실의 경제적 고온극복 방안의 방향 설정을 위한 기초 자료를 얻기 위하여 하절기 온실의 활용실태를 조사한 결과 전체 조사대상 농가중 21.6%(유리온실 18.7%, 비닐하우스 24.0%)가 휴작하고 있었으며, 나머지 경우도 매우 열악한 환경 하에서 재배가 이루어지고 있었고, 고온극복을 위한 저비용 기술의 개발에 관한 요구가 매우 높았다. 또한 냉방 및 보조냉방 처리별 온실의 열환경을 비교 측정된 결과 차광과 에어쿨펜의 가동으로 자연환기 온실에 비하여 3.8~4.2℃의 냉방효과를 보였으며, 온실내의 기온을 대부분 35℃ 이내로 유지하는 것이 가능한 것으로 나타났다.

하절기 온실 운영의 문제점 및 애로사항으로는 고온으로 작물재배 어려움, 생산성 저하, 작업환경 열악, 품질저하, 병충해 다발 등의 의견이 있었다. 지하수를 이용하여 근권부를 냉각하는 사례가 6농가 있었는데, 비교적 효과가 좋은 것으로 생각하고 있었다. 농민들의 고온극복 관련 개발 희망사항으로는 외기차단

표 13. 처리별 자연환기 대비 냉방효과

항 목	95% 신뢰수준	최대관측치
자연환기시 온도분포 (외기온 +℃)	5.9 ~ 6.3	10.7
냉방효과 (자연환기 +℃)	차광환기	-2.9 ~ -3.1 -5.8
	지붕살수	-1.0 ~ -1.2 -3.4
	에어쿨펜	-3.8 ~ -4.2 -8.3

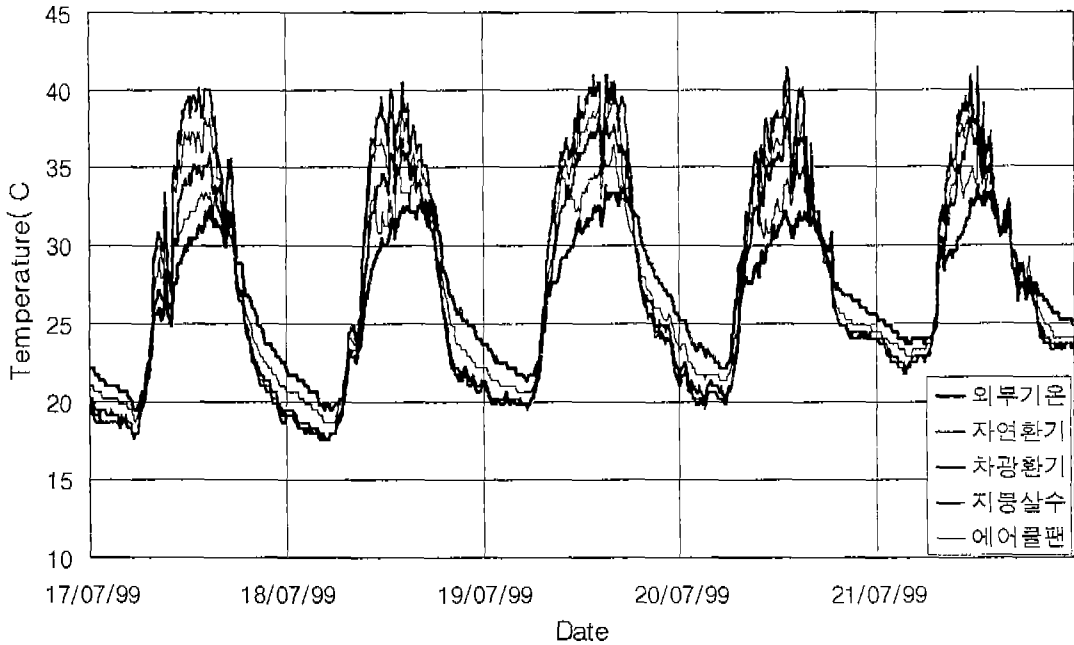


그림 1. 냉방 및 보조냉방 처리별 온도관측 예

참고문헌

1. 김문기 외, 1997, 원예시설의 환경설계기준 작성연구, 농어촌진흥공사.
2. 남상운, 1995, 아치형 온실의 자연환기 및 차광방법 개선 연구, 안성산업대학교 논문집 27 : 237-249.
3. 남상운, 1996, 온실 냉방기술의 현황 및 과제, 한국첨단농업시설협회의회 연구발표자료집 3 : 57-88.
4. 남상운, 1998, 증발냉각시스템의 온실냉방 적용성 평가, 생물생산시설환경 7(4) : 283-289.
5. 노형진, 1998, Excel에 의한 조사방법 및 통계분석, 법문사.
6. 서원명, 윤용철, 박중춘, 손영걸, 1995, 우리나라 온실의 냉방시스템 도입 검토, 경상대 시설원예연구 2 : 17-30.
7. 우영희 외, 1994, 하절기 효율적인 하우스 온도 습도 관리에 관한 연구, 생물생산시설환경 3(1) : 58-65.
8. 이기명, 1995, 고온기 시설채소 안정생산을 위한 환경관리 기술, 시설원예연구 8(1) : 17-30.
9. 이석건, 이현우, 김성식, 이종원, 1995, Fan and Pad Cooling System의 냉방효과, 생물생산시설환경학회 논문발표요지 4(2) : 78-81.
10. Albright, Louis D., 1990, Environment Control for Animals and Plants, ASAE Textbook.
11. 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.
12. 武富 猛, 1979, 하우스의 噴霧冷房による夏季高温對策, 農業および園藝 54 : 648-652.
13. 日本施設園藝協會, 1994, 施設園藝ハンドブック, 温度制御 : 冷房.