

충남지역 토마토 재배온실의 구조와 환경조절설비 실태분석

남상운^{1*} · 김영식²

Actual State of Structures and Environmental Control Facilities for Tomato Greenhouses in Chungnam Region

Sang-Woon Nam^{1*} · Young-Shik Kim²

ABSTRACT

An investigation was conducted to get the basic data for establishing structural safety and environmental management of tomato greenhouses in Chungnam region. The contents of the investigation consisted of actual state of greenhouse structures and environmental control facilities. Most of greenhouses were arch type single-span plastic houses and they had too low height for growing tomatoes. Frameworks of multi-span greenhouses were suitable, but those of single-span were mostly insufficient. Every greenhouse had thermal curtain movable or covering fixed inside the greenhouse for energy saving, and heating facilities were mostly warm air heater. Irrigation facilities were mostly drip tube and controlled by manual operation or timer. Almost all of the greenhouses didn't install high level of environmental control facilities such as ventilator, air circulation fan, CO₂ fertilizer, insect screen, supplemental light, and cooling device.

Key words: environmental control, greenhouse structures, keeping warm, ventilation

2008년 9월 22일 접수; 2009년 4월 24일 수정; 2009년 6월 3일 채택

¹ 충남대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부(Dept. of Bioresources Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea)

² 상명대학교 식물산업공학과(Dept. of Plant Science and Technology, Sangmyung University, Cheonan 330-720, Korea)

* 교신저자: 남상운(E-mail: swnam@cnu.ac.kr, Tel: +82-42-821-5794)

I. 서 론

우리나라의 토마토 산업 현황은 2007년말 현재 재배면적 7,353ha(노지 223ha, 시설 7,130ha)에서 연간 479,851톤(노지재배 9,549톤, 시설재배 470,302톤)을 생산하고 있으며 10a당 수량은 6,596kg 정도이다. 그 중 충남지역의 토마토 재배면적이 1,240ha(16.9%)로 전국 시도 가운데 1위이며 생산량은 78,127톤(16.3%)으로 2위를 차지하고 있어, 토마토 산업에서 차지하는 충남지역의 비중이 크다. 특히 충남지역의 재배면적 1,240ha 중 노지재배는 18ha(1.5%)에 불과하고, 시설재배가 1,222ha(98.5%)로 거의 대부분을 차지하고 있다(농림수산식품부, 2008).

충남지역의 경우 풍속 설계강도 기준(30년 빈도)은 대부분 25~35m/sec 이내이고, 적설 설계강도 기준(30년 빈도)은 25~35cm 미만으로 설계하는 것이 적합하며(농촌진흥청, 2007), 저온기에 다겹보온덮개를 이중 플라스틱하우스 구조의 외면에 피복하고 내부에 보온성이 높은 커튼자재를 사용하면 가온을 하지 않거나 최소한의 난방비로 토마토를 재배할 수 있다(권 등, 2004). 토양염류 농도나 관비방법에 따라 시설토마토의 생육 및 수량, 품질 및 무기성분 흡수에 영향을 미치므로 토마토 재배 시 철저한 온실 환경관리가 이루어져야 한다(이 등, 2006a, 2006b ; 이 등, 2007).

현재 시설토마토의 재배방법이나 품종 등의 연구는 상당히 많이 수행되고 있지만 온실의 구조 및 환경관리 기술의 낙후로 인하여 온실의 최적 환경관리가 이루어지지 못하고 있기 때문에 생산성과 채산성이 선진국에 비하여 낮다. m²당 토마토 생산량을 비교해 보면 네덜란드는 60kg, 미국 58kg, 스페인 16kg 등에 비해 우리나라는 7kg으로 현격한 차이를 보이고 있다(이, 2009). 농업의

국제경쟁력 제고를 위하여 농촌진흥청(2007)에서 현대화된 농가보급형 표준하우스 모델자동화, 단동 비닐하우스) 및 내재해형 원예특작시설 모델을 개발하여 보급하고 있으나 기술 및 자금부족 또는 기후조건이나 자연환경 및 사회적 요인 등의 이유로 지역별 특성화된 온실 형태가 널리 분포(김 등, 1994)하는 등 규격화 및 표준화된 토마토 재배온실의 모델이 없는 실정이다.

본 연구는 충남지역 토마토 재배온실의 구조와 환경조절설비 실태를 조사하여 토마토 재배시설 구조의 표준화, 규격화 및 구조적 안정성을 확보하고, 체계적인 환경관리를 통해 동절기 난방비 절감 및 하절기 온실 활용도 제고 그리고 토마토의 품질 및 수량증가 등을 목표로 토마토 재배시설의 표준모델 개발을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사대상 온실

충남 부여의 토마토시험장을 방문하여 토마토 특화작목 산학연 협력단 중점 관리 대상 명단과 모니터링 대상자 리스트를 입수하여 중점 관리 대상을 중심으로 대상지역을 선정하였으며 총 53 농가(부여군 25농가, 논산시 9농가, 청양군 2농가, 공주시 4농가, 보령시 8농가, 예산군 3농가, 아산시 2농가)를 대상으로 조사를 실시하였다. 조사는 연구원이 직접 시설영농 현장을 방문하여 실측 및 면접조사 방법으로 실시하였다.

2. 조사항목

(1) 온실의 구조

- ① 일반사항 : 시설종류, 설치년도, 온실의 설

- 치방향, 시설면적, 재배방식, 재해사례
- ② 온실의 규격 : 길이, 폭, 측고(처마높이), 동고(지붕높이)
 - ③ 골조재 규격 : 서까래, 도리, 기둥, 중방의 단면과 설치간격
 - ④ 온실의 기초 : 기초의 종류, 매설깊이 등
- (2) 환경조절설비 실태
- ① 피복재 현황 : 외부 및 내부 피복재의 종류와 두께, 피복층수
 - ② 관수시설 현황 : 관수장치 및 제어방식
 - ③ 보온 및 난방시설 현황 : 보온피복의 종류와 층수, 난방장치, 난방기 용량, 연간 난방비
 - ④ 환기시설 현황 : 측창과 천창 환기구구조, 개폐방식, 개폐폭, 환기팬과 유동팬 설치 현황
 - ⑤ 기타설비 : 탄산가스 시비, 방충망, 지중가온 설비, 차광망, 냉방설비, 보광설비 설치 현황 및 유인줄 설치위치

조적 형태(단동과 연동) 및 외부피복재로 분류하였으며 외부피복재로 분류하였을 때 비닐하우스가 89.0%를 차지하여 플라스틱 온실의 형태가 충남지역 온실의 대부분을 차지하고 있는 것을 확인하였다. 그리고 구조적인 형태로 분류할 때 단동형 온실 28농가(52.8%), 유리온실 등을 포함한 연동형온실 15농가(27.2%), 단동과 연동형 온실을 모두 보유한 농가는 10농가(18.9%)인 것으로 조사되었고, 단동 비닐하우스의 2개 농가와 연동 비닐하우스의 1개 농가에서 형태는 같으나 구조적으로 차이가 많이 나는 온실 3개소는 구분하여 조사하였다. 따라서 총 53개 농가의 조사범위에서 66개소 온실표본의 구조 및 환경조절설비 실태를 조사하게 되었다. 온실의 설치년도는 Table 2에서처럼 '94~ '98년 사이에 설치한 온실이 48.5%로 가장 많았고 '04년 이후에 설치한 온실이 25.8%로 뒤를 이었다. 이때 단·연동으로 분류하여 살펴보면 설치기간이 10년 이상인 온실

III. 결과 및 고찰

1. 토마토 재배온실의 구조실태

1) 일반사항

시설의 설치방식은 Table 1과 같이 온실의 구

Table 1. Types of greenhouses

Classification	Farms (%)
Plastic house (single-span)	28 (52.8)
Plastic house (multi-span)	9 (17.0)
Plastic house (single and multi)	10 (18.9)
Glass house (multi-span)	5 (9.4)
Poly Carbone house (multi-span)	1 (1.9)
Total	53 (100)

Table 2. Year of greenhouse construction Unit: farms (%)

Years	Single-span	Multi-span	Total	Remarks
Before 1993	5 (12.5)	5 (19.2)	10 (15.2)	Above 15 yr.
1994~1998	16 (40.0)	16 (61.5)	32 (48.5)	Above 10 yr.
1999~2003	5 (12.5)	2 (7.7)	7 (10.6)	Above 5 yr.
After 2004	14 (35.0)	3 (11.5)	17 (25.8)	Under 5 yr.
Total	40 (100)	26 (100)	66 (100)	

의 비율은 거의 비슷하나 최근 10년간 단동의 설치현황이 더 많은 것으로 나타났는데 이는 지난 4~5년간 폭설 등의 피해로 단동형의 온실이 많이 교체되었기 때문으로 판단된다(남, 2005). 연동형 온실의 연동수는 5연동 미만이 19.2%, 10연동 이상 15.4%였고 5~9연동이 65.4%의 분포를 보였으며 6연동(평균 6.5연동)이 가장 많았다. 한편 온실의 설치방향은 Table 3에서 보는바와 같이 남북동이 80.3%로 동서동 16.7%와 기타 3%의 방향에 비하여 월등히 많았으며 단동형의 온실에서도 남북동의 형태가 77.5%로 나타났다. 단동형 온실의 경우 동서동이 광환경에 유리함에도 불구하고 토지의 장방형에 따라 임의로 시공되고 있었다(남 등, 2008). 농가의 시설면적은 Table 4에서 보는바와 같이 0.3~0.5ha가 32.1%로 가장 많았으며 1.0ha 이상의 농가도 5.7%로 나타났으나 0.3ha 미만이 15.1%로 규모가 영세한 농가가 상당히 많음을 알 수 있었다(평균 0.45ha). 또 Table 5에서 온실의 재배방식은 수경재배 20.8%에 비하여 토양재배가 79.2%로 훨씬 많아 아직 충남지역 토마토 재배에 수경재배 시스템이 많이 보급되지 못했음을 알 수 있었다.

조사지역의 재해사례로는 1994년 태풍에 파손된 사례가 1건, 1997년 폭설에 의한 붕괴 1건, 2002년 태풍 루사 때 돌풍으로 온실 붕괴 1건, 인발 파손 1건, 유리 파손 3건, 2004년 폭설로

인하여 부분적 손상과 전면 교체한 것이 7건이었으며 기타 홍수 범람으로 인한 침수 피해 1건 등이 있었다. 이를 분석해보면 크게 폭설피해와 돌풍에 의한 피해로 나뉘는데 폭설의 경우 2004년의 피해가 가장 컸다. 이는 기존의 규격에서 허용하는 설하중을 초과하여 대전지방에 2004년 3월 4일과 5일에 걸쳐 49cm라는 기록적인 적설량을 기록하였기 때문이다(남, 2005). 따라서 이러한 기상재해에 대하여 대비할 수 있는 새로운 규격의 도입 또는 철저한 사전관리가 요구된다 유리온실의 경우 돌풍에 의한 유리의 파손이 종종 발생하였으며 단동형 비닐하우스의 경우 인발에 의한 피해가 문제이며 이에 대한 대책이 필요한 것으로 판단되었다.

2) 온실의 규격

온실의 규격을 조사한 결과는 Table 6, 7과 같다. 단동 온실의 폭은 7m 이상이 65%로 대체로 양호한 편이었으나 6m 미만도 15%나 되는 것으로 나타났다. 연동 온실의 폭은 7~7.9m가 69%

Table 3. Orientation of greenhouses

Orientation		Farms (%)
Single-span	East to west	8 (12.1)
	North to south	31 (47.0)
Multi-span	East to west	3 (4.6)
	North to south	22 (33.3)
Others		2 (3.0)
Total		66 (100)

Table 4. Area of greenhouses

Area	Farms (%)
Under 0.3 ha	8 (15.1)
0.3~0.5 ha	17 (32.1)
0.5~0.7 ha	13 (24.5)
0.7~1.0 ha	12 (22.6)
Above 1.0 ha	3 (5.7)
Total	53 (100)

Table 5. Method of cultivation

Type	Farms (%)
Soil culture	42 (79.2)
Hydroponics	11 (20.8)
Total	53 (100)

로 나타났으며 8m 이상인 온실도 31%로 보급형 연동형 온실의 폭 7m를 모두 만족하는 것으로 나타났다(농촌진흥청, 2007). 온실의 길이는 단동의 경우 50~90m미만이 20%, 90m이상이 80%였고, 연동의 경우에는 50~90m미만 42.3%, 90m이상이 57.7%인 것으로 조사되어 대체적으로 단동 온실이 연동에 비하여 더 길게 설치된 것으로 나타났다으며 온실관리 및 환기에 유리한 조건인 50m 이하의 온실은 한건도 없는 것으로 나타났다(김 등, 2000). 단동 온실의 동고는 3~3.9m가 50%이고, 연동은 5m이상이 57.7%인 것으로 나타났다. 이것은 농촌진흥청 보급형 단동 온실의 동고 2.9m, 연동 온실의 동고 4.55m에 비하여 약간 더 높은 것이다. 단동 온실의 측고는 1.6~1.9m가 57.7%로 가장 많았고, 연동은 3m이상이 57.7%로 대다수였다. 이것은 보급형 단동 온실의 측고 1.8m와 거의 유사하고, 연동의 측고 2.7m에

비해서는 더 높은 것을 알 수 있다. 이는 수고가 비교적 높은 토마토의 재배 및 온실 환경 조건의 개선을 위해 일반 보급형 온실보다 더 높게 설치한 것으로 생각되지만, 선진국 토마토재배 온실의 높이 6m에 비하면 훨씬 낮은 수준이다(이, 2009).

3) 골조재의 규격

골조재의 규격을 조사한 결과는 Table 8, 9와 같다. 서까래의 규격은 단동의 경우 25.4 \emptyset , 1.5t가 47.5%로 가장 많았고, 31.8 \emptyset , 1.5t가 45%를 차지하였다. 연동의 경우 25.4 \emptyset , 1.5t가 23.1%이고 31.8 \emptyset , 1.5t가 57.7%로 나타났으며, 유리온실 및 PC형 온실(23.1%)에서는 C형강을 이용하여 서까래를 설치하고 있었다. 그 밖에 트러스 식으로 골조를 형성한 광폭의 무기동 온실 1동이 있었다. 서까래 간격은 단동에서 60cm를 초과하는

Table 6. Width and length of greenhouses

Unit: farms (%)

	Span width			Length		
	Single-span	Multi-span	Total	Single-span	Multi-span	Total
<6.0m	6 (15.0)	0 (0.0)	6 (9.1)	<50m	0 (0.0)	0 (0.0)
6.0~6.9	8 (20.0)	0 (0.0)	8 (12.1)	50~69	2 (5.0)	7 (26.9)
7.0~7.9	14 (35.0)	18 (69.0)	32 (48.5)	70~89	6 (15.0)	4 (15.4)
≥8.0m	12 (30.0)	8 (30.8)	20 (30.3)	≥90m	32 (80.0)	15 (57.7)
Total	40 (100)	26 (100)	66 (100)	Total	40 (100)	26 (100)

Table 7. Roof and eave height of greenhouses

Unit: farms (%)

	Roof height			Eave height		
	Single-span	Multi-span	Total	Single-span	Multi-span	Total
<2.5m	4 (10.0)	0 (0.0)	4 (6.1)	<1.5m	10 (25.0)	0 (0.0)
2.5~2.9	9 (22.5)	0 (0.0)	9 (13.6)	1.6~1.9	23 (57.5)	0 (0.0)
3.0~3.9	20 (50.0)	1 (3.8)	21 (31.8)	2.0~2.4	6 (15.0)	6 (23.1)
4.0~4.9	5 (12.5)	11 (42.3)	16 (24.2)	2.5~2.9	1 (2.5)	5 (19.2)
≥5.0m	2 (5.0)	15 (57.7)	17 (25.8)	≥3.0m	0 (0.0)	15 (57.7)
Total	40 (100)	26 (100)	66 (100)	Total	40 (100)	26 (100)

온실이 80%로 대체로 표준 규격에 비하여 넓게 설치하고 있었으며, 연동에서는 60cm 간격이 76.9%로 대체로 표준 규격에 의해 설치되어 있는 것으로 나타났다. 도리의 규격은 단동에서 25.4 \emptyset , 1.5t가 70%이고 31.8 \emptyset , 1.5t가 15%를 차지하였으며, 연동은 25.4 \emptyset , 1.5t가 65.4%이고, 31.8 \emptyset , 1.5t가 11.5%를 차지하는 것으로 나타났고 유리온실과 PC온실의 경우에는 모두 C형강을 사용하고 있었다. 도리의 설치 개수는 표준 규격에서 동당 7개를 설치하도록 되어 있고 최소한 5개 이상은 설치해야 할 것으로 판단되지만 실제 농가에서는 3개 이하만 설치한 경우가 단동 37.5%, 연동 7.7%로 조사되어 보강이 필요한 것

으로 생각되었다(남과 유, 2000).

농가 보급형 자동화온실(1-2W형 연동온실)의 기둥은 48.1 \emptyset , 2.1t의 파이프를 2m 간격으로 설치하도록 되어 있다. 조사대상 온실의 기둥은 Table 10과 같이 설치되어 있는데 온실의 55%는 농가 보급형 자동화 온실과 같은 규격의 기둥을 사용하였으며, 60 \times 60mm 각관의 기둥도 45%로 나타나 대체로 양호한 것으로 판단되었다 한편, 기둥간격은 53.9%의 온실이 2m로 농가 보급형 자동화 온실과 같은 간격이었지만 그 보다 넓은 간격으로 설치되어 있는 것도 46.1%나 되어 구조적인 안정성의 검토가 필요할 것으로 판단되었다. 농가 보급형 자동화 온실의 중방 규격은 기

Table 8. Frame size and interval of rafters

Unit: farms (%)

Size				Interval			
Class	Single-span	Multi-span	Total	Class	Single-span	Multi-span	Total
22.2 \emptyset ,1.5t	1 (2.5)	0 (0.0)	1 (1.5)	\leq 60cm	8 (20.0)	20 (76.9)	28 (42.4)
25.4 \emptyset ,1.2t	1 (2.5)	0 (0.0)	1 (1.5)	61~70	7 (17.5)	1 (3.8)	8 (12.1)
25.4 \emptyset ,1.5t	19 (47.5)	6 (23.1)	25 (37.9)	71~80	13 (32.5)	5 (19.2)	18 (27.3)
31.8 \emptyset ,1.5t	18 (45.0)	14 (53.8)	32 (48.5)	81~90	2 (5.0)	0 (0.0)	2 (3.0)
C-shape steel	0 (0.0)	6 (23.1)	6 (9.1)	91~100	7 (17.5)	0 (0.0)	7 (10.6)
Others	1 (2.5)	0 (0.0)	1 (1.5)	\geq 101cm	3 (7.5)	0 (0.0)	3 (4.5)
Total	40 (100)	26 (100)	66 (100)	Total	40 (100)	26 (100)	66 (100)

Table 9. Frame size and number of purlines in each single-span

Unit: farms (%)

Size				Number			
Class	Single-span	Multi-span	Total	Class	Single-span	Multi-span	Total
22.2 \emptyset ,1.5t	3 (7.5)	0 (0.0)	3 (4.6)	1 ea.	1 (2.5)	0 (0.0)	1 (1.5)
25.4 \emptyset ,1.2t	2 (5.0)	0 (0.0)	2 (3.0)	3 ea.	14 (35.0)	2 (7.7)	16 (24.2)
25.4 \emptyset ,1.5t	28 (70.0)	17 (65.4)	45 (68.2)	5 ea.	10 (25.0)	3 (11.5)	13 (19.7)
31.8 \emptyset ,1.5t	6 (15.0)	3 (11.5)	9 (13.6)	7 ea.	9 (22.5)	15 (57.7)	24 (36.4)
C-shape steel	0 (0.0)	6 (23.1)	6 (9.1)	9 ea.	6 (15.0)	1 (3.8)	7 (10.6)
Others	1 (2.5)	0 (0.0)	1 (1.5)	11 ea.	0 (0.0)	5 (19.2)	5 (7.6)
Total	40 (100)	26 (100)	66 (100)	Total	40 (100)	26 (100)	66 (100)

충남지역 토마토 재배온실의 구조와 환경조절설비 실태분석

등과 같은 단면의 파이프를 4.0m 간격으로 설치하도록 되어 있다. 농가에서 실측 조사한 결과는 중방의 규격과 간격이 기둥의 것과 동일한 것으로 나타났는데, 이는 기둥 2개마다 1개의 중방이 설치되는 농가보급형 자동화 온실의 규격보다 더 강한 구조로써 토마토를 유인할 경우 작물하중이 크게 걸리므로 바람직한 결과로 생각된다.

4) 온실의 기초

파이프 골조 온실의 기초는 단동형의 경우 서까래 부분의 매설깊이에 의한 마찰 저항력으로, 연동형의 경우 기둥부분의 콘크리트 기초로써 침하 및 인발에 저항하도록 하고 있다. 특히 파이

프 골조 온실과 같은 경량 구조물의 경우는 상부 하중에 의한 침하의 위험보다는 강풍에서의 인발에 대한 위험이 더 큰 것으로 알려져 있다. 일반적인 온실의 경우 설계풍속 30m/s까지는 매설깊이 30cm면 충분하지만 설계풍속 40m/s의 경우 연약지반은 50cm 이상의 매설깊이가 필요한 것으로 보고되어 있다(김과 남, 1995). 충남지역의 설계풍속은 30년 재현기간에 25m/s내외(김 등, 2000)로 비교적 안전한 기상조건이다. 단동형의 경우 매설깊이가 30cm 미만인 1개소의 온실(2.5%)을 제외한 대부분이 강풍에 의한 인발에 대하여 안정적인 것으로 판단된다. 또한 조사한 모든 연동형 온실에서 기둥에 콘크리트 기초를

Table 10. Frame size and interval of columns and cross beams in multi-span greenhouses

Unit: farms (%)

Class	Size			Interval			
	Plastic house	Glass house	Total	Class	Plastic house	Glass house	Total
48.1∅,2.1t	11 (55.0)	0 (0.0)	11 (42.3)	2.0m	9 (45.0)	5 (83.3)	14 (53.8)
60×60 square pipe	9 (45.0)	0 (0.0)	9 (34.6)	2.5m	1 (5.0)	0 (0.0)	1 (3.8)
H-shape(column)	0 (0.0)	6 (100)	6 (23.1)	3.0m	10 (50.0)	0 (0.0)	10 (38.5)
C-shape(cross beam)				3.5m	0 (0.0)	1 (16.7)	1 (3.8)
Total	20 (100)	6 (100)	26 (100)	Total	20 (100)	6 (100)	26 (100)

Table 11. Depth of rafter pipes and concrete footings buried in the ground

Unit: farms (%)

Class	Single-span (rafter pipe)	Multi-span (concrete footing)	Total
<30cm	1 (2.5)	0 (0.0)	1 (1.5)
30~39	7 (17.5)	2 (7.0)	9 (13.6)
40~49	15 (37.5)	3 (11.5)	18 (27.3)
50~59	14 (35.0)	6 (23.1)	20 (30.3)
≥60cm	3 (7.5)	15 (57.7)	18 (27.3)
Total	40 (100)	26 (100)	66 (100)

설치한 것으로 나타나 온실의 기초는 대체로 안정적인 것으로 판단되었다.

2. 환경조절설비실태

1) 피복재 현황

온실의 외부 피복재는 Table 12에서와 같이 PE 필름이 단·연동 각각 75.0%와 53.9%로 가장 많이 사용되고 있으며 단동은 EVA(10.0%), 연동은 유리(19.2%)가 그 다음으로 많은 것으로 조사되었다. 그밖에 PC 경질판과 일본에서 수입한 폴리올레핀 또는 볼스계 필름 등을 사용하고 있는 농가도 10농가나 되었다. 피복재의 두께를 살펴보면 단동의 경우 0.1mm미만이 55.0%로 가장 많았지만 연동의 경우는 대부분 0.1mm이상의 피복재를 사용하는 것으로 조사되어 피복재 두께가 단·연동에 따라 차이를 보이는 것으로 나타났다 내부 피복재의 경우 Table 13과 같이 PE가

단·연동 합쳐 81.8%, 내부피복재를 설치하지 않은 온실은 10.6%였다. 내부피복재는 피복층 사이에 공간을 두어 공기층을 형성하여 보온효과를 얻기 위하여 설치하는 구조물인데 특히 단동의 경우 2중의 공기층을 둔 온실이 57.5%로 가장 많았고 3중의 공간을 형성한 온실도 2개소나 되어 단동의 주요 보온시설은 다중 피복임을 알 수 있었다. 연동의 경우 내부피복재가 설치된 온실은 모두 1중의 층수를 가지고 있었다. 이는 설계 시공 상 연동형 온실에 다중의 내부 고정 피복재를 설치하는 것이 어렵기 때문으로 생각되며 내부피복재의 두께는 0.1mm미만이 60.6%를 차지하여 비교적 외부 피복재보다 얇은 두께의 피복재가 쓰이는 경향이 있었다

2) 관수시설 현황

관수시설 현황을 조사한 결과는 Table 14, 15

Table 12. Kinds and thickness of greenhouse covering

Unit: farms (%)

	Kind of covering material			Thickness			
	Single-span	Multi-span	Total	Single-span	Multi-span	Total	
PE	30 (75.0)	14 (53.9)	44 (66.7)	<0.1mm	22 (55.0)	1 (3.8)	23 (34.9)
PVC	1 (2.5)	0 (0.0)	1 (1.5)	0.1~0.14	11 (27.5)	12 (46.2)	23 (34.8)
EVA	4 (10.0)	2 (7.7)	6 (9.1)	0.15~0.19	7 (17.5)	7 (27.0)	14 (21.2)
Glass	0 (0.0)	5 (19.2)	5 (7.6)	≥0.2mm	0 (0.0)	6 (23.1)	6 (9.1)
Others	5 (12.5)	5 (7.6)	10 (15.2)				
Total	40 (100)	26 (100)	66 (100)	Total	40 (100)	26 (100)	66 (100)

Table 13. Characteristics of covering fixed inside the greenhouse

Unit: farms (%)

	Kind of material			Number of layer			Thickness		
	Single	Multi	Total	Single	Multi	Total	(mm)	Farms	
PE	36(90.0)	18(69.2)	54(81.8)	Single	14(35.0)	20(76.9)	34(51.5)	< 0.06	6(9.1)
EVA	3(7.5)	1(3.8)	4(6.1)	Double	23(57.5)	0(0.0)	23(34.8)	0.06~0.09	34(51.5)
Others	0(0.0)	1(3.8)	1(1.5)	Triple	2(5.0)	0(0.0)	2(3.0)	≥ 0.1	19(28.8)
None	1(2.5)	6(23.1)	7(10.6)	None	1(2.5)	6(23.1)	7(10.6)	None	7(10.6)
Total	40(100)	26(100)	66(100)	Total	40(100)	26(100)	66(100)	Total	66(100)

와 같다. 관수장치는 Table 14에서와 같이 점적 호스가 66%, 분수호스가 20.8%로 가장 많이 사용되는 것을 알 수 있었고, 관수제어는 수동으로 하는 농가가 56.5%, 타이머로 하는 농가가 35.8%로 아직 자동화의 비율이 미미한 것으로 나타났다. 인건비 절감을 통한 농가의 경영개선과 적정 환경 관리에 의한 생산성 향상을 위해서는 자동화가 시급히 요구되며, 관수자동화를 위한 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

3) 보온 및 난방시설 현황

보온을 위한 다층커튼은 주간에는 개방하여 필

Table 14. Irrigation facilities

Classification	Farms (%)
Perforated tube	11 (20.8)
Drip tube	35 (66.0)
Perforated +Drip tube	4 (7.5)
Drip button	1 (1.9)
Sprinkler	1 (1.9)
Furrow irrigation	1 (1.9)
Total	53 (100)

Table 15. Control method for irrigation

Method	Farms (%)
Manual	30 (56.5)
Timer	19 (35.8)
Automatic by soil moisture sensor	4 (7.5)
Total	53 (100)

Table 16. Actual state of thermal curtain inside the greenhouse

Layer	Unit; farms(%)			Kind	Unit; farms(%)		
	Single -span	Double -span	Total		Single -span	Double -span	Total
Single	7(17.5)	3(11.5)	10(15.2)	Non-woven fabric	7(17.5)	19(73.1)	26(39.4)
Double	(0.0)	17(65.4)	17(25.8)	Aluminum screen	0(0.0)	6(23.1)	6(9.1)
Triple	(0.0)	5(19.2)	5(7.6)	and fabric			
None	33(82.5)	1(3.8)	34(51.5)	None	33(82.5)	1(3.8)	34(51.5)
Total	40(100)	26(100)	66(100)	Total	40(100)	26(100)	66(100)

요한 투광량을 늘리고, 야간에는 밀폐하여 보온력을 높이는 시설로 가운데재배나 무가온 재배 모두 필수적인 보온시설이다 Table 16과 같이 단동형은 커튼시설을 설치하지 않은 농가가 82.5%로 대부분 다중의 고정피복을 이용하고 있었으며, 연동형의 경우 다층 보온커튼이 대부분 보급되어 보온력 증진에 의한 난방비 절감을 위한 시설투자가 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 보온커튼은 대부분 부직포를 사용하고 일부는 알루미늄스크린을 병용하고 있었다. 난방시설 현황은 Table 17과 같다. 난방시설은 온풍난방 농가가 62.3%, 온수난방 농가가 13.2%를 차지하였고, 기타 17%로 지열히트펌프 3농가, 수막시스템 1농가 등이 있었다. 난방기 용량은 10a당 5만kcal/hr 미만이 15.1%이고, 5~9.9만kcal/hr인 농가가 24.5%로 나타났다. 토마토 재배온실의 적정 난방기 용량은 10a당 13.5만kcal/hr 이고(농촌진흥청, 2006), 충남 부여지방의 기상조건에서 난방온도를 6℃로 설정하고 보온시설의 열점감율 60%를 적용할 경우의 난방기 용량은 9만kcal/hr 정도이다(남 등, 2008). 이와 비교할 때 적정 난방기용량을 확보하고 있는 농가는 60% 정도인 것으로 조사되었다. 10a당 연간 난방비는 600~899만원이 13.2%, 300만원 미만이 28.3%로 조사되었다(2007년 기준).

4) 환기시설 현황

온실에서 환기란 시설내의 공기를 외부공기로

치환하는 것을 말하며 환기시설은 온실 내부의 온도조절뿐만 아니라 탄산가스 공급 및 유해가스 배출 등 온실의 환경관리에 있어 많은 기능을 담당하는 시설이다. Table 18과 같이 단동형 온실의 천창은 굴뚝식의 장치를 이용하고 있으며 연동형의 경우 권취식과 창문식으로 구분하여 조사하였다. 단동형의 경우 7개소(17.5%)만이 굴뚝식의 천창 환기시설이 설치되어 있었고 대부분 권취식 측창만 설치하고 있었다. 이는 아치형 온실에 천창을 설치하기가 쉽지 않기 때문이며 아치

형 단동 비닐하우스에 대한 천창 설치방법에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 연동형의 경우 모든 온실에 천창 환기시설이 설치되어 있었으며 플라스틱 온실의 경우 권취식, 유리온실 등에서는 창문식을 이용하고 있었고, 환기창의 개폐폭은 대부분 1.0~1.9m의 범위에 있었다. 측창은 대부분 권취식으로 설치되어 있었으며 유리 온실에서도 지붕을 제외한 온실 측벽부분을 PE 필름으로 설치하여 권취식으로 개폐하고 있었다. 측창의 개폐폭은 1.0~1.4m가 41.5%, 1.5~1.9m

Table 17. Actual state of heating facilities in greenhouse

Heating facility		Capacity of heater per 10a		Annual heating cost per 10a	
Type	Farms(%)	10 ⁴ kcal/hr	Farms(%)	10 ⁴ Won	Farms(%)
Hot water heating	7(13.2)	< 5.0	8(15.1)	< 300	15(28.3)
Warm air heating	33(62.3)	5.0~9.9	13(24.5)	300~599	25(47.2)
Warm air + water	9(17.0)	10~14.9	17(32.1)	600~899	7(13.2)
Others	4(7.5)	≥ 15	15(28.3)	≥ 900	6(11.3)
Total	53(100)	Total	53(100)	Total	53(100)

Table 18. Actual state of greenhouse vents for natural ventilation

Opening width	Roof vent				Side vent		
	Single Chimney	Multi-span		Total	Roll-up	Window	Total
Roll-up	Window						
<1.0 m	7(17.5)	1(5.0)	6(100)	14(21.2)	7(10.8)	1(100)	8(12.1)
1.0~1.4	0(0.0)	9(45.0)	0(0.0)	9(13.6)	27(41.5)	0(0.0)	27(40.9)
1.5~1.9	0(0.0)	10(50.0)	0(0.0)	10(15.2)	25(38.5)	0(0.0)	25(37.9)
≥2.0 m	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	6(9.2)	0(0.0)	6(9.1)
None	33(82.5)	0(0.0)	0(0.0)	33(50.0)			
Total	40(100)	20(100)	6(100)	66(100)	65(100)	1(100)	66(100)

Table 19. Actual state of ventilation facilities for greenhouse

Open and shut vent		Fan	Farms(%)	Number of fans per a bay			
Method	Farms(%)	Ventilation	7(10.6)	Ventilation	Farms(%)	Circulation	Farms(%)
Manual	10(15.2)	Circulation	6(9.1)	Under 1	5(29.4)	Under 3	8(50.0)
Automatic	56(84.8)	All	10(15.2)	A fan	6(35.3)	3~5 fans	5(31.3)
		None	43(65.1)	Two fans	6(35.3)	Above 6	3(18.7)
Total	66(100)	Total	66(100)	Total	17(100)	Total	16(100)

가 38.5%로 나타났으며 PC온실의 창문식 측창은 개폐폭이 1m 미만이었다.

환기장치 현황을 조사한 결과는 Table 19와 같다. 환기창 개폐장치는 84.8%가 자동으로 이루어져 있고, 환기팬 또는 유동팬을 설치한 온실은 각각 10.6%, 9.1%, 환기팬과 유동팬을 모두 설치한 온실은 15.2%에 불과했으며, 설치한 온실 중에서 동당 환기팬 수가 1개 미만인 온실이 29.4%, 공기 유동팬 설치대수도 동당 3대 미만이 50%이고, 평균 설치대수가 동당 3대로 매우 부족하며, 정확한 설치기준이 마련되어야 할 것으로 판단되었다.

5) 기타설비

탄산가스 시비를 실시하는 농가는 3.8%, 방충망을 설치한 농가는 9.4%에 불과해 고도의 환경조절을 실시하는 경우는 별로 없는 것으로 판단되었다. 지중가온이나 차광, 보광 등의 시설을 설치한 농가도 별로 많지 않은 것으로 조사되었다 (Table 20). 여름재배를 하는 경우는 34.8%로 조사되었으나 증발냉각 등의 냉방시설을 갖춘 농가는 하나도 없었으며, 일부에서 차광정도의 고온대책만 사용하고 있어 아주 열악한 환경에서 여름재배가 이루어지고 있고 최고온기에는 거의 재배를 포기하는 것으로 나타났다. 유인줄 설치하는 별도의 구조물에 설치한 농가가 45.3%이고, 서까래에 설치한 농가가 24.5%, 중방에 설치한 농가가 20.8%로 조사되어, 구조물에 미치는 작물

하중의 영향을 검토할 필요가 있는 것으로 나타났다(Table 21).

토마토의 경우 딸기나 고추 등에 비해 키가 큰 작물로 약 1.5~2.4m 정도의 유인줄을 설치하여 재배하고 있으므로 작물 수형과 온실 내부의 각종 환경을 고려할 때 적정 시설 높이를 확보해야 한다. 실태조사 결과에 의하면 대체로 농가 보급형 표준규격에 비하여 온실의 높이가 높은 것으로 나타났지만 동고 3m 미만, 측고 1.5m 미만의 온실도 상당히 많이 있어 시설의 개선이 요구된다. 또한 온실의 광환경 개선을 위해서는 단동, 연동에 따라 시설의 설치 방향도 고려해야 하지만 실태조사 결과에 의하면 그렇지 못한 경우가 대부분이고, 환경조절 설비의 설치하는 개선의 여지가 많은 것으로 나타났다. 따라서 구조적으로 안전하면서 환경조절에 적합한 토마토 재배용 온실의 규격과 환경조절 설비 설치 매뉴얼의 개발이 필요할 것으로 판단되었다.

Table 21. Installed position of inducement string for tomato plants in greenhouse

Position	Farms (%)
Cross beam	11 (20.8)
Rafter	13 (24.5)
Extra frame	24 (45.3)
Column	5 (9.4)
Total	53 (100)

Table 20. Actual state of the other facilities for greenhouse environmental control

Sort	CO ₂ fertilizer	Insect screen	Soil warming	Shading screen	Supplemental light
Installed	2 (3.8)	5 (9.4)	14 (26.4)	26 (49.1)	2 (3.8)
None	51 (96.2)	48 (90.6)	39 (73.6)	27 (50.9)	51 (96.2)
Total	53 (100)	53 (100)	53 (100)	53 (100)	53 (100)

IV. 적 요

충남지역 토마토 재배온실의 구조적 안정성 확보와 체계적 환경관리를 위한 기초자료를 제공할 목적으로 구조 및 환경조절설비 실태를 조사 분석하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

조사대상 충남지역의 토마토 재배온실은 호당 평균면적 0.45ha, 플라스틱 단동온실의 형태가 대부분이며 10년 이상 시설을 사용하고 있는 농가가 많고, 설치방향은 단·연동 구분 없이 대부분 남북동으로 설치되어 있으며 토양재배가 수경재배에 비해 훨씬 많다.

온실의 폭은 7~8m(평균 7.6m), 길이는 80~100m(평균 89.7m)인 농가가 대부분이었으며, 단동온실의 평균 높이는 측고 1.6m, 동고 3.2m, 연동온실의 평균높이는 측고 2.9m, 동고 4.8m로 농촌진흥청의 보급형 온실에 비하여는 약간 높게 나타나고 있지만 토마토 재배에 적합한 환경관리를 위해서는 온실의 측고를 좀 더 높여야 할 것으로 사료된다.

단동온실의 서까래 규격은 양호하나 설치간격이 대체로 넓고, 도리의 설치 개수가 부족한 것으로 나타났다. 연동온실의 경우 서까래 도리, 중방의 규격과 설치간격은 대체로 양호하나 기둥의 설치간격이 대체로 넓은 편이어서 구조적인 안정성 검토가 필요할 것으로 사료된다. 단동 서까래 매설부위 및 연동 기둥의 기초부위는 침하나 인발에 충분히 저항 할 수 있을 것으로 판단된다.

피복재는 대부분 PE필름을 사용하고 에너지 절감을 위해 내부에 고정터널을 설치하는 농가가 많으며 내피도 대부분 PE필름을 사용하고 있다. 단동온실에서는 보온커튼을 사용하는 농가가 많지 않고, 연동에서는 대부분 부직포 또는 알루미늄스크린 등의 다층 보온커튼을 사용하고 있다.

관수장치는 점적호스를 가장 많이 사용하고 다음으로 분수호스를 사용하고 있으며 관수제어는 수동이 가장 많고 다음으로 타이머를 이용하고 있다. 토양수분 계측에 의한 자동제어는 7.5%에 불과해 관수자동화의 필요성이 높은 것으로 판단된다.

난방은 대부분 온풍 난방기를 이용하고 있으며 적정 난방기 용량을 확보하고 있지 못한 농가도 많아 저온기 생육적인 유지에 어려움이 있을 것으로 판단된다. 난방비는 10a당 평균 6백만 원 정도가 연간 소요되는 것으로 조사되어 난방비 절감 대책이 절실한 것으로 사료된다.

대부분 권취식 천창창을 설치하고 있으나 단동의 경우 천창을 설치한 온실은 17.5%에 불과하며, 환기창 개폐장치는 대부분 자동으로 이루어져 있다. 강제 환기팬이나 공기 유동팬을 설치한 온실은 25.8%에 불과하며 설치대수가 매우 부족하고 정확한 설치기준이 마련되어 있지 못하다.

별도의 구조물에 토마토 유인줄을 설치하지 않고 중방이나 서까래에 설치하는 농가가 많아 구조물에 미치는 작물하중의 영향을 검토할 필요가 있는 것으로 판단된다. 기타 탄산가스 시비, 광환경 제어, 지중가온이나 방충망설치, 하절기 온실 냉방 등 고도의 환경조절을 실시하는 농가는 거의 없는 것으로 나타났다.

사 사

본 논문은 ARPC 토마토수출연구사업단의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

참고문헌

1. 권준국, 이재한, 강남준, 강경희, 최영하. 2004. 플라스틱하우스의 보온피복 재료 및 방법이 보온력과 토마토의 생육 및 수량에 미치는 영향. 생물환경조절학회지 13(4) : 251-257.
2. 김문기, 남상운. 1995. 파이프하우스의 구조안전에 관한 실험적 연구. 생물생산시설환경 4(1) : 17-24.
3. 김문기, 남상운, 서원명, 윤용철, 이석건, 이현우. 2000. 농업시설공학. 향문사 : 38-80.
4. 김문기, 남상운, 손정익, 윤남규. 1994. 지역별 특성화 온실의 실태 및 구조적 안전성. 생물생산시설환경 3(2) : 128-135.
5. 남상운. 2005. 농업시설의 기상재해 발생현황과 대책. 전원과 자원 47(3) : 30-37.
6. 남상운, 서원명, 윤용철, 이석건, 이인복, 이현우, 조병관. 2008. 개정판 생물환경조절공학. 도서출판 청솔 : 183-233.
7. 남상운, 유인호. 2000. 파이프 골조 온실의 구조 및 유지관리실태 조사 분석. 한국농공학회지 42(4) : 106-114.
8. 농림수산식품부. 2008. 작물통계조사. http://www.mifaff.go.kr/USR/WPGE0201/m_119/DTL.jsp.
9. 농촌진흥청. 2006. 시설원에 에너지 절감 가이드북. 농업공학연구소 : 157-166.
10. 농촌진흥청. 2007. 원예특작 내재해 시설 설계도. 농업공학연구소·원예연구소 : 3-102.
11. 이상돈. 2009. 토마토 생산성 향상을 위한 제언. 토마토 수출촉진 심포지엄 자료집 : 55-66.
12. 이상순, 김성배, 박용봉. 2006a. 관비방법이 시설 토마토의 생육 및 수량에 미치는 영향. 생물환경조절학회지 15(1) : 206-210.
13. 이상순, 김성배, 박용봉. 2006b. 관비방법이 시설 토마토의 품질 및 무기성분 흡수에 미치는 영향. 생물환경조절학회지 15(1) : 211-215.
14. 이한철, 조명환, 이시영, 최경이, 이재한. 2007. 토양 염류농도가 시설토마토의 생육, 수량, 광합성 속도 및 무기양분 흡수에 미치는 영향. 생물환경조절학회지 16(4) : 328-332.