

유리온실과 플라스틱 온실의 환경조절시스템 비교분석

남상운¹ · 신현호¹ · 서동욱² · 유인호^{3*}

¹충남대학교 지역환경토목학과, ²충남대학교 농업과학연구소, ³국립원예특작과학원 시설원예시험장

Comparative analysis on environment control systems for glasshouses and plastic houses

Sang-Woon Nam¹, Hyun-Ho Shin¹, Dong-Uk Seo², In-Ho Yu^{3*}

¹Department of Agricultural and Rural Engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Institute of Agricultural Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

³Protected Horticulture Research Station, NIHHS, RDA, Busan 618-800, Korea

Received on 7 August 2014, revised on 11 September 2014, accepted on 15 September 2014

Abstract : In order to set up the basic environmental control systems which the new concept greenhouses have to equip, greenhouse characteristics, environmental management and control systems in domestic glasshouses and plastic houses were investigated and analyzed comparatively. Survey results on the width, length, eaves height, and the number of spans etc. showed that glasshouses were bigger than plastic houses significantly. New concept greenhouses claim to be plastic houses, but it will be reasonable to follow the specifications of the glasshouse. Specifications to be applied to new concept greenhouses were proposed as follows; hot water heating systems, aluminum screens as the thermal curtain, evaporative cooling systems, roof vents on the ridge, circulation fans, CO₂ enrichment, hydroponic systems, and automatic irrigation control systems. Environmental measurement systems for the indoor and outdoor temperature, humidity, light, wind speed and indoor CO₂ concentration have to be fully equipped. The automatic control system has to be as a complex environmental control system, not a single item control system. Also, for stable dissemination, domestically producing complete greenhouse control system should be made as soon as possible.

Key words : Automation, Energy saving, Environmental control, Glasshouse, Plastic house

I. 서론

국내 원예시설의 면적은 2010년 말 기준으로 53,136 ha로 단동 비닐하우스가 88.6%, 연동 플라스틱 온실이 10.1%, 유리온실이 0.7%를 차지하고 있다(MIFAFF, 2011). 1992년부터 시작된 정부의 시설원예 현대화 지원사업의 일환으로 국내 유리온실 표준설계도가 1997년에 작성되어 지금까지 시행되어져 왔으며, 2001년 농가보급형 자동화하우스(1-2W형) 표준설계서가 작성된 후 수정·보완되어 2010년에는 원예·특작시설 내재해형 규격 설계도·시방서에 자동화비닐하우스 3종이 보급되고 있다(Lee 등, 2010 ; MIFAFF와 RDA, 2010 ; Nam과 Both, 2011).

국내에서 개발된 자동화비닐하우스는 경제성이 우수하나 측고가 2.7 m에 불과하고, 이중구조, 권취식 환기창 등 구조가 복잡하여 시공성, 작업성, 유지관리 측면에서 보완 개선해야할 점이 많고, 생산성이 낮아 대규모 첨단 시설원에 단지에 적용하는 데는 한계가 있다. 한편, 유리온실과 비닐하우스의 중간 형태를 취한 높은 측고의 신개념 온실이 도입되어 전국적으로 설치면적 36.9 ha, 설치비 400억 원 규모로 빠르게 보급되고 있다. 그러나 신개념 온실에 대한 표준설계도가 없어 지역별로 온실의 성능 및 시공가격에 차이가 많고, 재해발생시 피해보상 기준 산정도 곤란한 실정으로 에너지 절감과 생산성 향상을 위한 신개념 온실 설계 및 표준화 연구가 진행 중에 있다(Gwak 등, 2013).

국내의 경우 경영비에서 차지하는 에너지 비용이 매우 높기 때문에 시설원예에서 에너지 절감은 당면과제 중 하

*Corresponding author: Tel: +82-51-602-2144

E-mail address: ihyu2003@korea.kr

나이다. 이에 대응하는 기술로 다겹보온커튼 등을 이용한 온실의 보온력 향상에 초점을 맞추고 있으나 외국에서는 다양한 에너지 절약형 온실시스템이 개발되고 있다(Lee와 Lee, 2013). 한편 국내 플라스틱 온실의 경우 시설과 환경 관리 기술의 낙후로 생산성이 매우 낮은 실정이다. m²당 토마토 생산량을 비교해 보면 네덜란드는 60 kg, 미국 58 kg, 스페인 16 kg 등에 비해 우리나라는 7 kg으로 현격한 차이를 보이고 있다(Lee, 2009).

에너지 절감과 생산성 향상을 위해서는 국내 기상조건에 안전한 온실구조를 바탕으로 환경조절 성능을 향상시킬 수 있는 환경조절장치의 설치 가이드라인 작성, 지역별 기상 자료를 기반으로 한 환경설계에 필요한 단위설계요소 연구, 신개념 온실에 적합한 냉난방시스템의 선발 및 재배시스템 등에 대한 표준화 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 신개념 온실 구조가 갖추어야 할 기본 환경조절시스템 설정을 위하여 국내 유리온실과 연동형 플라스틱 온실의 환경조절 및 제어시스템에 대한 실태를 조사하여 비교 분석하였다.

II. 재료 및 방법

신개념 온실은 첨단 유리온실의 생산성과 플라스틱 온실의 경제성을 추구하는 온실 형태로 이를 만족하기 위한 조건을 탐색하기 위하여 같은 지역에 위치한 유리온실과 연동 플라스틱 온실을 조사 대상으로 하였다. 국내에는 유리온실이 많지 않기 때문에 먼저 산재해 있는 유리온실의 위치를 파악하고, 그 인근에 위치한 연동 플라스틱 온실을 찾아 실태조사를 수행하였다. 따라서 조사대상을 전국으로 확대하는 것은 무리가 있으며 샘플수도 한계가 있으나 본 연구의 목적을 달성하는 데는 문제가 없는 것으로 판단하였다.

충남, 충북, 전남, 전북 지역을 중심으로 유리온실 농가를 25개 선정한 후, 유리온실 인근에 위치한 1-2W형 이상 수준의 연동형 플라스틱 온실 농가 25개를 선정하여 실태 조사를 실시하였다. 조사항목은 Nam과 Kim(2009)의 조사를 참고하여 기본 조사항목을 선정하고, 추가로 문헌 분석을 통하여(Kamp와 Timmerman, 1996; JGHA, 2007) 세부 조사항목을 구성하였다. 온실의 규격과 재배작목, 난방 방식, 난방연료, 환기방식, 보온 및 차광, 관수, CO₂시비, 환경계측 및 제어방식 등이었고, 현장을 방문하여 실

측, 면접조사를 병행하였다.

III. 결과 및 고찰

Table 1은 유리온실과 플라스틱 온실의 규격을 비교한 것이다. 온실의 폭은 대부분 6~8 m의 범위에 있으나 플라스틱 온실은 6 m 이하가 24%인 반면 유리온실은 8 m 초과가 28%로써 대체로 유리온실의 폭이 넓은 것으로 나타났다. 플라스틱 온실의 연동수는 대부분 10연동 이하였으나 유리온실의 경우 10연동 초과가 60%, 20연동 초과도 24%나 되었다. 온실의 길이는 대체로 토지의 형상과 관련이 있기 때문에 큰 의미는 없으나 유리온실의 경우 100 m를 초과하는 온실이 상당수 있었다. 이상의 결과로 볼 때 유리온실의 규모가 플라스틱 온실에 비하여 훨씬 큼을 알 수 있다.

지붕경사는 대체로 25~30° 사이에 있었으며, 플라스틱 온실의 측고는 대부분 3 m 이하였으나 유리온실의 측고는 대부분 3 m를 초과하고 5 m를 초과하는 경우도 25%나 되었다. 최근 첨단온실의 단지화, 대규모화, 고측고화 추세를 보이고 있는 것과 같이 신개념 온실은 플라스틱 온실을 표방하지만 유리온실의 규격을 따르는 것이 합리적일 것으로 판단된다. 한편, 유리온실의 형태는 벨로형 60%, 와이드스팬형 40%로 나타났다. 재배작목을 분석한 결과 유리온실에서는 대부분 파프리카를 재배하고 있었으며, 플라스틱 온실에서는 토마토를 가장 많이 재배하고 있었다.

Table 2와 Table 3은 유리온실과 플라스틱 온실의 난방 방식과 보온커튼 사용실태를 조사한 결과이다. 플라스틱 온실의 난방방식은 대부분 온풍난방(80%)으로 나타났고, 유리온실은 온수난방이 40%로 가장 많고 지열+온수난방이 20%로 뒤를 잇는 것으로 나타났다. 난방연료는 대부분 경유를 사용하고 있으며 경유와 전기를 병용하는 농가가 뒤를 잇고 있다. 보온커튼의 경우 플라스틱 온실에서는 부직포(56%)와 다겹보온커튼(16%)을 주로 사용하고 있으나 유리온실의 경우 알루미늄 스크린(LS_10)을 가장 많이 사용하고 있었다(68%). 보온커튼의 층수는 대부분 2층을 사용하고 있으나 플라스틱 온실에서는 3층을 사용하는 농가도 16%나 되었다.

온실의 난방을 실시하고 있는 농가는 전체적으로 26%에 불과했다. 플라스틱 온실의 경우 4%로 거의 없었고, 유리온실의 경우에는 지열히트펌프 40%, 공기열 히트펌프 8%

Table 1. Comparison of the greenhouse size between glasshouses and plastic houses.

Item	Glasshouses	Plastic houses	Total
Width	≤6 m	0(0%)	6(12%)
	≤8 m	18(72%)	34(68%)
	≤10 m	4(16%)	7(14%)
	>10 m	3(12%)	3(6%)
Number of span	≤5	5(20%)	13(36%)
	≤10	5(20%)	10(40%)
	≤15	4(16%)	1(4%)
	≤20	5(20%)	0(0%)
	>20	6(24%)	1(4%)
Length	≤60 m	4(16%)	2(8%)
	≤80 m	5(20%)	3(12%)
	≤100 m	7(28%)	19(76%)
	>100 m	9(36%)	1(4%)
Slope of roof	≤20°	3(12%)	4(16%)
	≤25°	7(28%)	3(12%)
	≤30°	12(48%)	9(36%)
	>30°	3(12%)	9(36%)
Eaves height	≤3 m	5(20%)	18(72%)
	≤4 m	8(32%)	6(24%)
	≤5 m	5(20%)	0(0%)
	>5 m	7(25%)	1(4%)

Table 2. Comparison of heating systems between glasshouses and plastic houses.

Item	Glasshouses	Plastic houses	Total
Heating system	Geothermal	3(12%)	0(0%)
	Hot air	4(16%)	20(80%)
	Hot water	10(40%)	3(12%)
	Geothermal+Hot water	5(20%)	0(0%)
	Geothermal+Hot air	3(12%)	1(4%)
	Others	0(0%)	1(4%)
Heating fuel	Electricity	3(12%)	4(16%)
	Diesel	8(32%)	16(64%)
	LPG	2(8%)	0(0%)
	Bunker C oil	4(16%)	0(0%)
	Electricity+Diesel	7(28%)	3(12%)
	Others	1(4%)	2(8%)

로 히트펌프를 이용하는 경우가 48%나 되었다. 지열이나 공기열 히트펌프로 난방을 실시하는 경우에는 동일 시스템으로 여름철 냉방이 가능하기 때문에 판단된다. 그러나 여름철 온실의 냉방부하는 매우 크기 때문에 히트펌프를 이용한 냉방은 경제성이 없으므로 포그시스템과 같은 증발 냉각시스템의 도입이 필요할 것으로 생각된다.

온실의 난방 관련 설문조사를 수행한 결과 Table 4와 같이 다양한 재배경력을 갖고 있었고, 난방온도는 대부분 15~20°C로 설정하고 있으며 유리온실의 난방 설정온도가 대체로 더 높은 것으로 나타났다. 현재 사용하고 있는 난방기의 용량이 적당하다는 농가가 48%였으며 부족하다는 농가가 30%로 나타나 난방기용량 선정 방법의 개선이 필요한

Table 3. Comparison of thermal curtain usage between glasshouses and plastic houses.

Item		Glasshouses	Plastic houses	Total
Thermal curtain	LS-ULTRA-10	17(68%)	1(4%)	18(36%)
	Multi-layer thermal curtain	1(4%)	4(16%)	5(10%)
	Non-woven fabrics	4(16%)	14(56%)	18(36%)
	Fabrics+LS10	1(4%)	2(8%)	3(6%)
	Others	4(16%)	5(20%)	9(18%)
Number of thermal curtain layers	Single	1(4%)	8(32%)	9(18%)
	Double	21(84%)	12(48%)	33(66%)
	Triple	1(4%)	4(16%)	5(10%)
	Others	2(8%)	1(4%)	3(6%)

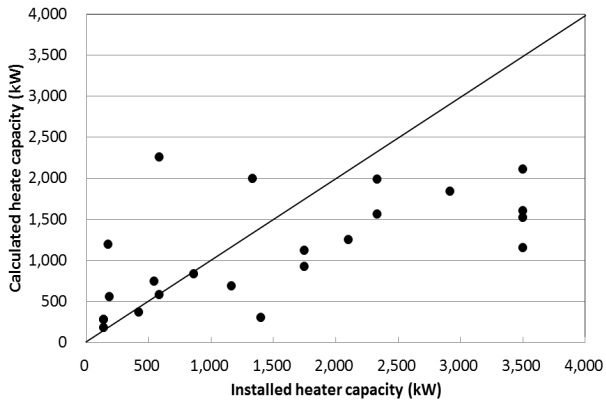
Table 4. Question investigation on the heating of glasshouses and plastic houses.

Item		Glasshouses	Plastic houses	Total
Cultivation career	≤10 years	4(16%)	2(8%)	6(12%)
	≤15 years	7(28%)	10(40%)	17(34%)
	≤20 years	10(40%)	6(24%)	16(32%)
	>20 years	2(8%)	4(16%)	6(12%)
	No answer	2(8%)	3(12%)	5(10%)
Setting temperature	10~12.5℃	1(4%)	2(8%)	3(6%)
	12.5~15℃	0(0%)	3(12%)	3(6%)
	15~17.5℃	10(40%)	17(68%)	27(54%)
	17.5~20℃	12(48%)	3(12%)	15(30%)
	≥20℃	2(8%)	0(0%)	2(4%)
Appropriacy of heater capacity	Quite enough	0(0%)	0(0%)	0(0%)
	Adequate	12(48%)	12(48%)	24(48%)
	Insufficient	9(36%)	6(24%)	15(30%)
	Great scarce	0(0%)	1(4%)	1(2%)
	No answer	4(16%)	6(24%)	10(20%)
Heating cost per 10a	≤₩5 million	5(20%)	1(4%)	6(12%)
	≤₩10 million	3(12%)	9(36%)	12(24%)
	≤₩15 million	8(32%)	5(20%)	13(26%)
	≤₩20 million	0(0%)	0(0%)	0(0%)
	>₩20 million	3(12%)	1(4%)	4(8%)
	No answer	6(24%)	9(36%)	15(30%)

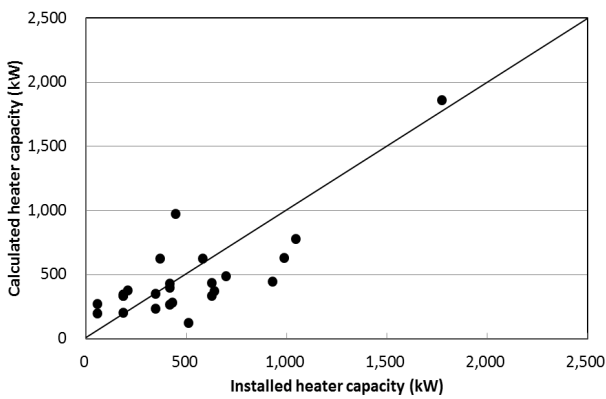
것으로 판단되었다. 10a당 연간 난방비는 농가에 따라서 큰 편차를 보이고 있으며 대체로 500만원에서 1,500만원 사이인 것으로 나타났다. Fig. 1은 난방부하 계산에 의한 난방기용량(Kim 등, 1997)과 실제 농가에 설치된 난방기 용량(실태조사)을 비교한 것이다. 계산값과 실제 설치용량 사이에는 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있으며 설계기준 적용이 일정하지 않음을 보여주는 일례로 생각된다. 플라스틱 온실에 비하여 유리온실의 경우가 더 큰 차이를 보이

고 있으며 실제 설치용량이 계산값에 비하여 상당히 큰 것으로 나타났다. 이는 농가에서 느끼는 난방기 용량이 부족하다는 의견과는 상반되는 결과로써 실험을 통한 검증이 필요할 것으로 판단된다.

유리온실과 플라스틱 온실의 환기관련 설비 실태를 Fig. 2에 나타냈다. 최근 대규모 다연동 온실의 경우 높은 측고에 측창을 설치하지 않는 경향을 보이고 있는데(BioIn, 2012), 실태조사 결과도 유리온실의 경우 측창을 설치한



(a) Glasshouses



(b) Plastic houses

Fig. 1. Comparison between calculated and installed heater capacity of surveyed greenhouses.

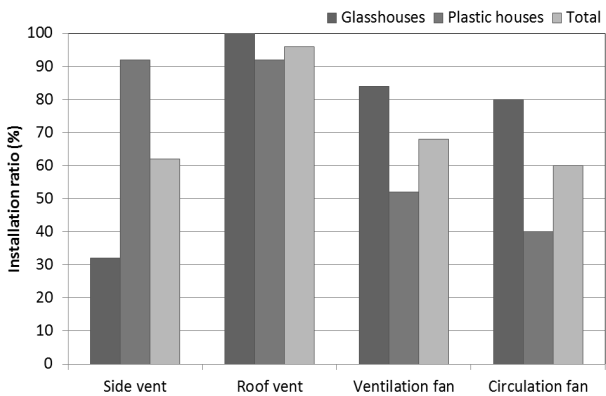


Fig. 2. Comparison of installation status of ventilation facilities between glasshouses and plastic houses.

농가가 32%에 불과한 것으로 나타났다. 그러나 플라스틱 온실에서는 대부분 측창을 설치하고 있으며 천창은 거의 모두 설치하고 있다. Nam 등(2013)에 의하면 9연동 온실에서 측창이 없는 경우에는 측창을 설치한 경우 보다 환기율이 1/3 정도로 낮게 나타났다. 신개념 온실에서는 천창과

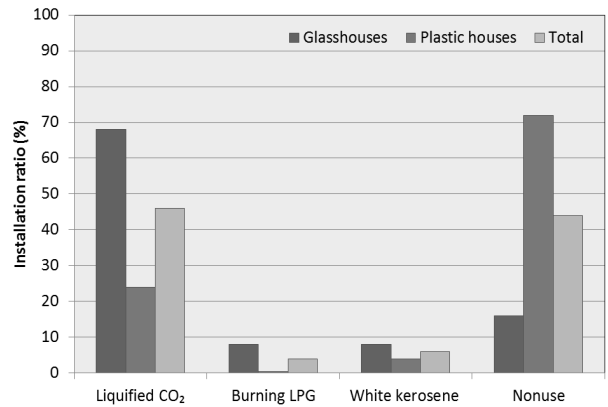


Fig. 3. Comparison of installation status of CO₂ enrichment facilities in glasshouses and plastic houses.

측창을 모두 설치하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 환기팬을 설치한 농가는 유리온실 84%, 플라스틱 온실 52%로 나타났고, 유동팬을 설치한 농가는 유리온실 80%, 플라스틱 온실 40%로 나타났다. 유리온실의 천창은 모두 용마루에 설치되어 있으나 플라스틱 온실은 12%만 용마루에 설치되어 있고 80%는 곡부에 설치되어 있다. 천창을 곡부에 설치하는 것보다 용마루에 설치하면 온도분포를 개선하고 토마토 상품과 수량이 증가하는 것으로 보고되었으며(Lee 등, 1995), 또한 개구부 높이차의 상승으로 중력환기량이 증가하는 것으로 알려져 있고, 1 m 높아질 때 약 10~15% 정도의 환기율 증가가 있는 것으로 보고되고 있다(Byeon, 2010; Nam 등, 2013). 따라서 신개념 온실의 환기 구조는 용마루 천창을 갖는 유리온실의 구조를 따라야 할 것으로 판단된다.

유리온실과 플라스틱 온실의 탄산가스 시비 실태를 Fig. 3에 나타냈다. 유리온실 농가는 대부분(84%) 탄산가스를 시비하고 있으나 플라스틱 온실 농가는 일부만(28%)이 시비를 하는 것으로 나타났다. 탄산가스 시비는 대부분 액화 탄산가스를 직접 사용하고 있으며 일부만이 연소방식을 사용하고 있다. 신개념 온실의 환경제어시스템에는 유리온실과 같은 규격의 탄산가스 시비 장치를 도입할 필요가 있을 것으로 판단된다.

Fig. 4와 Table 5는 유리온실과 플라스틱 온실의 재배방식과 관수·관비 및 관수제어방식에 대한 실태조사 결과를 정리한 것이다. 유리온실은 거의 모두 수경재배를 하고 있으며 플라스틱 온실도 대부분 수경재배를 하고 있으나 32%는 토경재배를 하고 있는 것으로 나타났다. 거의 대부분 관비(관수+시비)를 시행하고 있으나 플라스틱 온실의 경우

Table 5. Comparison of irrigation control systems for glasshouses and plastic houses.

Control type	Glasshouses	Plastic houses	Total
Automatic	18(72%)	0(0%)	18(36%)
Timer	5(20%)	9(36%)	14(28%)
Insolation	0(0%)	2(8%)	2(4%)
Insolation+Timer	1(4%)	4(16%)	5(10%)
Manual	1(4%)	8(32%)	9(18%)
Others	0(0%)	2(8%)	2(4%)

Table 6. Actual state of environment measurements in glasshouses and plastic houses.

Measuring item		Glasshouses	Plastic houses	Total
Indoor	Air temperature	24(96%)	19(76%)	43(86%)
	Relative humidity	19(76%)	16(64%)	35(70%)
	Insolation	19(76%)	7(28%)	26(52%)
	Wind speed	18(72%)	3(12%)	21(42%)
	CO ₂ concentration	16(64%)	3(12%)	19(38%)
	Soil temperature	9(36%)	0(0%)	9(18%)
	Outdoor	Air temperature	20(80%)	6(24%)
Relative humidity		18(72%)	5(20%)	23(46%)
Insolation		19(76%)	3(12%)	22(44%)
Wind speed		12(48%)	3(12%)	15(30%)
CO ₂ concentration		0(0%)	0(0%)	0(0%)
Soil temperature		0(0%)	0(0%)	0(0%)

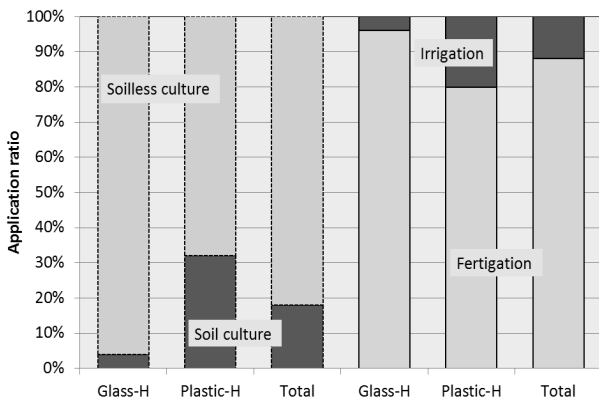


Fig. 4. Cropping systems and watering types in glasshouses and plastic houses.

20%는 관수와 시비를 별개로 하고 있는 것으로 나타났다. 유리온실 농가는 대부분 자동으로 관수제어를 실시하고 있으나 플라스틱 온실의 경우 관수자동제어를 하고 있는 농가는 하나도 없고, 타이머를 이용하는 농가가 36%로 가장 많고 수동으로 하는 농가도 32%나 되었다. 신개념 온실에서는 수경재배를 기본으로 하고, 자동 관수제어시스템을

갖추도록 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

Table 6은 유리온실과 플라스틱 온실의 환경계측 실태를 비교한 것이다. 유리온실 농가에서는 대부분 실내외 온습도와 광, 실내풍속 및 CO₂농도를 계측하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 환기창을 제어하는데 필요한 실외풍속을 계측하는 농가는 비교적 낮고, 지온을 측정하는 농가도 많지 않았다. 플라스틱 온실의 경우에는 대부분 실내 온습도만을 계측하고, 광이나 다른 환경요인을 계측하는 농가는 많지 않았다. 복합 환경제어시스템으로 가기 위해서는 실내외 온습도, 광, 풍속 및 실내 CO₂농도의 계측은 반드시 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Table 7은 유리온실과 플라스틱 온실의 환경조절 실태를 비교한 것이다. 유리온실에서는 난방, 환기창, 보온커튼, 관수와 같은 환경조절시스템을 100% 갖추고 있고, 차광(96%), 환기팬(84%), CO₂시비(72%) 등도 대부분 갖추고 있으나 냉방설비나 보광설비를 갖춘 농가는 많지 않았다. 플라스틱 온실에서도 난방, 환기창, 보온커튼, 차광, 관수 등의 환경조절시스템은 대부분 갖추고 있으나 난방, 환기

Table 7. Actual state of environment controls in glasshouses and plastic houses.

Control item	Glasshouses	Plastic houses	Total
Heating	25(100%)	24(96%)	49(98%)
Cooling	12(48%)	1(4%)	13(26%)
Ventilation window	25(100%)	25(100%)	50(100%)
Ventilation fan	21(84%)	14(56%)	35(70%)
Thermal curtain	25(100%)	24(96%)	49(98%)
Shading screen	24(96%)	24(96%)	48(96%)
Supplemental lighting	0(0%)	1(4%)	1(2%)
CO ₂ enrichment	18(72%)	4(16%)	22(44%)
Irrigation	25(100%)	23(92%)	48(96%)

Table 8. Actual state of environment control systems in glasshouses and plastic houses.

Item	Glasshouses	Plastic houses	Total	
Control type	Automatic	18(72%)	1(4%)	19(38%)
	Semi-automatic	7(28%)	24(96%)	31(62%)
	Manual	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Control item	Individual	7(28%)	24(96%)	31(62%)
	Complex	18(72%)	1(4%)	19(38%)
Control system	Domestic	8(32%)	25(100%)	33(66%)
	Foreign-made	17(68%)	0(0%)	17(34%)

팬, 보광, CO₂시비 등의 설비를 갖춘 농가는 많지 않았다.

Table 8은 유리온실과 플라스틱 온실의 환경제어시스템을 비교한 것이다. 제어방식은 유리온실의 경우 자동이 72%인데 반하여 플라스틱 온실은 반자동이 96%를 차지하는 것으로 나타났다. 제어항목도 유리온실은 복합제어가 72%인데 반하여 플라스틱 온실은 단일제어가 96%로 나타났다. 온실의 환경제어시스템은 유리온실의 경우 68%가 수입 제품을 사용하고 있었고, 플라스틱 온실에서는 100% 국산 제품을 사용하는 것으로 나타났다. 복합 환경제어시스템(자동 제어시스템)의 경우는 거의 대부분 수입에 의존하고 있는 것으로서 온실의 복합 환경제어시스템 국산화가 시급한 것으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

신개념 온실의 개발 방향 설정 및 신개념 온실이 갖추어야 할 기본 환경조절시스템 설정을 위하여 국내 유리온실과 플라스틱 온실의 규격, 환경계측 및 조절, 제어시스템 등의 실태를 조사하고, 비교 분석하였다. 온실의 폭과 길이, 측고, 연동수 등을 비교한 결과 유리온실의 규모가 플

라스틱 온실에 비하여 훨씬 큰 것으로 나타났다. 신개념 온실은 플라스틱 온실을 표방하지만 유리온실의 규격을 따르는 것이 합리적일 것으로 판단된다. 온실의 냉난방 방식과 보온커튼 사용실태를 비교한 결과 신개념 온실은 온수난방 방식에 알루미늄 스크린을 보온커튼으로 사용하고, 증발냉각시스템을 적용하는 것이 적당할 것으로 판단된다. 신개념 온실은 높은 측고에 다연동 구조를 기본으로 할 것이므로 환기방식은 용마루 천창으로 자연환기를 극대화하고, 환기팬과 유동팬을 설치하여 효율을 높일 필요가 있다. 액화탄산가스를 직접 이용하는 CO₂시비 장치를 도입하고, 재배방식은 수경재배를 기본으로 하고 자동 관수제어시스템을 갖추도록 할 필요가 있을 것으로 판단된다. 환경계측시스템의 경우 복합 환경제어시스템으로 가기 위해서는 실내외 온습도, 광, 풍속 및 실내 CO₂농도의 계측은 반드시 이루어져야 할 것으로 판단된다. 보온커튼, 냉난방 및 환기설비와 관수 조절시스템을 필수항목으로 갖추고 자동제어시스템을 도입할 필요가 있다. 자동제어시스템은 단일항목 제어가 아닌 복합 환경제어시스템으로 되어야하고, 안정적인 보급을 위해서는 시급히 국산화가 이루어져야 할 것으로 생각한다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업에 의해 이루어진 것임.

참고 문헌

- BioIn. 2012. Biotechnology trend. Industry No. 465 2000-08-05. Biotech Information Portal (<http://www.bioin.or.kr>).
- Byeon DH. 2010. Evaluation of greenhouse functionality according to the change of eaves height. Thesis for the degree of Master. Kyungpook National University. [in Korean]
- Gwak CS, Lee SH, Kim MW, Park YH. 2013. Characteristics of materials and construction technology for greenhouses. Magazine of the Korean Society of Agricultural Engineers 55(4):69-83. [in Korean]
- Japan Greenhouse Horticulture Association (JGHA). 2007. Handbook of Protected Horticulture 5th edition. pp.102-252. [in Japanese]
- Kamp PGH, Timmerman, GJ. 1996. Computerized Environmental Control in Greenhouses. IPC-Plant. Ede, The Netherlands. pp. 267.
- Kim MK, Lee SG, Jung SJ, Rhyu KH, Seo WM, Yoon YC, Son JE. 1997. Design standards for greenhouse environment. Rural Development Corporation. pp. 137. [in Korean]
- Lee JW, Lee HW. 2013. Foreign energy saving greenhouse system. Magazine of the Korean Society of Agricultural Engineers 55(4):37-43. [in Korean]
- Lee SD. 2009. Suggestions for improving the productivity of tomato. Proceeding of symposium on tomato export promotion. pp.55-66. [in Korean]
- Lee SY, Kim HH, Chun H, Kwon YS, Lee GM. 1995. Improvement of coverings and ventilation methods in 1-2W type vinyl house and growth responses of tomatoes. Proceeding of Bio. Fac. Env.4(2):97-99. [in Korean]
- Lee YB, Jun HJ, Son JE. 2010. Protected Horticulture New Edition. Hyangmoonsa Pub. pp. 32-45. [in Korean]
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF). 2011. Greenhouses Status for Protected Cultivation and Vegetable Productions. [in Korean]
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF), Rural Development Administration (RDA). 2010. Designated Notice of Standards to Endure Disaster for Horticultural and Herbal Facilities. [in Korean]
- Nam SW, Both AJ. 2011. Comparison of single-span plastic greenhouse in Korea and high tunnel in North America. CNU Journal of Agricultural Science 38(3):505-512. [in Korean]
- Nam SW, Kim YS. 2009. Actual state of structures and environmental control facilities for tomato greenhouses in Chungnam region. CNU Journal of Agricultural Science 36(1):73-85. [in Korean]
- Nam SW, Kim YS, Seo DU. 2013. Evaluation of natural ventilation performance for multi-span plastic greenhouses. Protected Horticulture and Plant Factory 22(1):7-12. [in Korean]