

[논문] 태양에너지
Solar Energy
Vol. 19, No. 1, 1999

여름철, 파프리카 재배온실에서 실내환경조절 시스템과 건구온도 분포에 관한 연구

공 성 훈

계명대학교 건축공학과 교수

A study on Distribution of Dry Bulb Temperature and Indoor Environment Control System of Paprika Greenhouse in Summer Season

Kong, S. H.

Dept. of Architectural Engineering, Keimyung University, Taegu, Korea

ABSTRACT

The zone of greenhouse in Korea increase on a scale yearly. Particularly, greenhouse take up a important value on the agriculture economy. Greenhouse of scale, material, heating system, and drain is progressing to industrialization.

The dry bulb temperature, humidity, photosynthesis and so forth are necessary to maintain environment control of greenhouse. The dry bulb temperature among them greatly affects growing of a plant.

The purpose of this study is to analyzed the indoor environment control system and the characteristic of dry bulb temperature distribution on a large scale greenhouse in summer season.

1. 머리말

우리나라는 경제난 및 농촌인구의 감소와 노동력의 노령화, 부녀화에 따른 일손부족과 UR협상 결과에 따른 농산물 수입자유화 진전등에 따라 대내·외적으로 어려운 실정이다.

이에 따라 자본·기술집약적이며, 고품질 수요에 부응할 수 있는 시설원에 분야가 성장 잠재력을 갖춘 분야이다.

온실환경제어에 필요한 요소에는 건구온도, 습도, 광합성 등이 있지만, 그중에서도 건구온도는 식물의 생리반응에 많은 영향을 미친다.

본 연구는 경기도 평택시 외곽에 위치한 파프리카 재배용으로 설치된, 대규모 그린하우스의 대해 실내환경 제어시스템의 구조 및 운영방법과 위치별 건구온도 분포를 조사·분석하였다.

2. 측정 방법

2.1. 측정대상 및 위치

측정기간은 1998년 7월 17일 ~ 7월 20 일에 걸쳐 1시간 간격으로 총 72회 측정을 실시하였다.

측정위치는 실내공간에서 남쪽외벽부근 지표상 0.2m와 1m의 두 지점과, 남쪽외벽으로부터 13m 떨어진 곳에서 지표면, 지표상 0.1m, 0.2m, 0.4m, 1m, 1.5m, 3m의 각 지점과, 남쪽외벽으로부터 41m 떨어진 곳에서 지표면, 지표상 0.2m, 1.5m,

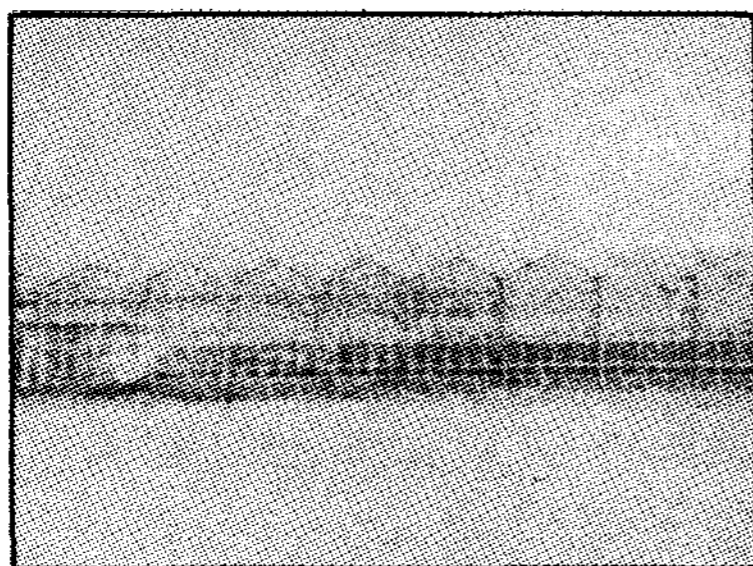
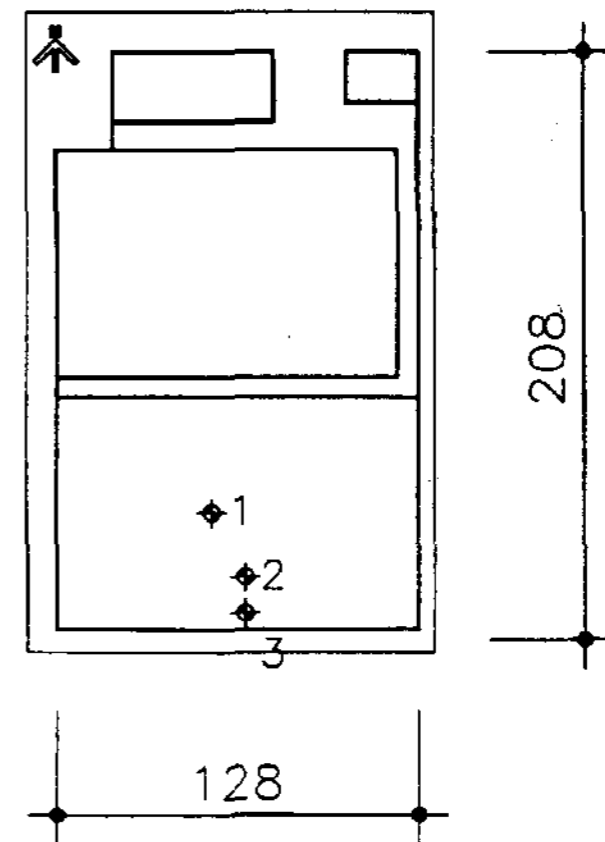
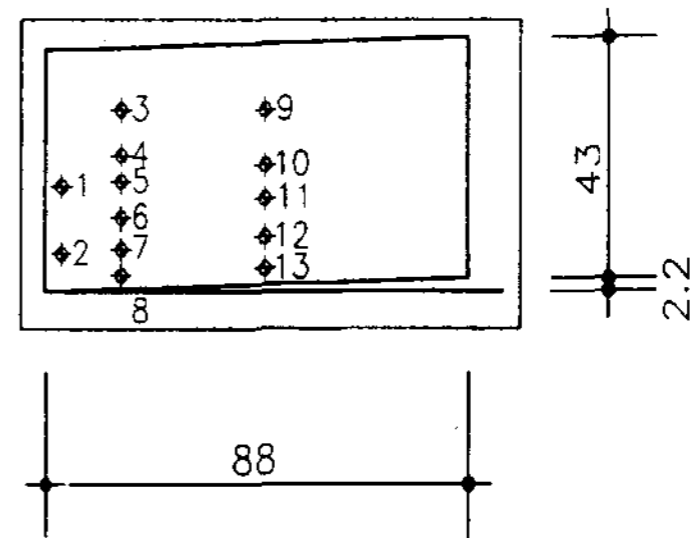


Fig 1. 온실 외관



1. 남측외벽에서 41m, 2.남측외벽에서 13m, 3.남측외벽

Fig. 2. 측정위치도(평면, 단위 : m)



1.지표상 1m, 2.지표상 0.2m, 3.지표상 3m
4.지표상 1.5m, 5.지표상 1m 6.지표상 0.4m
7.지표상 0.2m, 8.지표면, 9.지표상 3m
10.지표상 1.5m, 11.지표상 1.5m,
12.지표상 3m, 13.지표면

Fig. 3. 측정위치도(단면, 단위:m)

3m의 각 지점에서 위치별 온도를 측정하였다. (Fig. 2, 3 참조)

측정대상 시설은 남북으로 약 208m와 동서로 128m의 대규모시설로, 배수를 고려 하여 재배 중간부분에서 남북으로 22cm의 기울기를 가지는 구조이다. 측정 및 조사의 내용은 수직·수평위치별 실내온도 분포와 물리적 환경을 중심으로 하였다.

2.2 측정 항목 및 기기

측정항목은 실내온도이고, 측정기기는 Remote-Scanner로 T-type Thermocouple wire를 사용하고, DE1200 software를 통해 자동 측정하였다.

측정 점은 남쪽외벽부근에서 2개소, 남쪽 외벽으로부터 13m 떨어진 곳에서 7개소, 41m 떨어진 곳에서 4개소로 총 13개소에서 측정을 실시하였다.(Fig. 2, 3 참조)

3. 측정결과 및 고찰

3.1 대상공간의 온도조절 시스템

총 7500 坪(작업장 300 坪장 포함)의 대형시설로 4mm의 유리재로 이루어져 있으며, 대상시설의 재배식물은 파프리카로서 생육적정온도는 토마토(Tomato)와 거의 흡사한 조건이다.

온실내부의 공기유동은 자연대류현상의 원리를 기본으로 하였고, 정체되기 쉬운 온실내부의 공기유동을 활성화 하기 위해서는 천장부근의 팬을 이용하였다. 그리고 상승기류에 의한 에너지 손실과 온실내부 각지점에서의 온도 편차를 최소화 하기 위해서, 온실 상하층부분에 온수용 배관을 설치하였다.

대상공간에서의 재배작물(Paprika)에 적합한 온도환경을 만드는데 영향을 미치는 각각의 시스템은 다음과 같다.

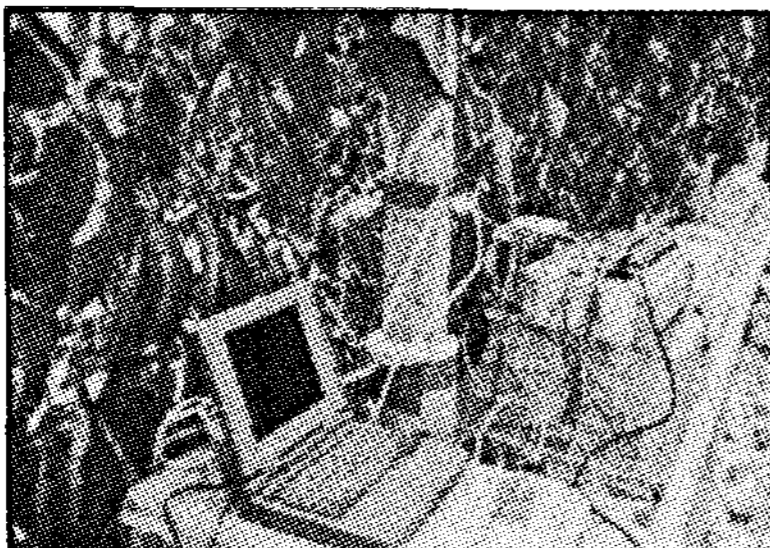


Fig. 4. 온실 내부온도 측정장치

① 난방장치(Heating system)

조사대상 온실에서 사용하는 난방방식은 온수 난방방식을 채택하고 있다.

온도조절 방법은 보일러(3600KW) 2대(Fig. 5 참조)로 수온(60~80°C)유지를 위한 버너의 on/off를 통해서 이루어지며, 목표온도의 설정에 따른 온수 방열관에 의한 실내온도 조절도 함께 이루어지고 있다.

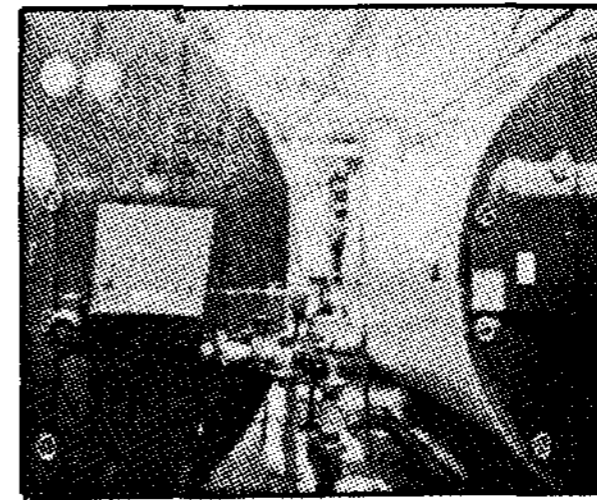


Fig. 5. 온수용 보일러

② 컴퓨터 환경제어 장치 (Computerized Environment system)

컴퓨터 제어장치를 채용하여 실내의 온도, 풍향, 풍속, 강수량등 복합환경을 작물의 상태에 맞게 자동조절하고 있다.

③ 천·측창개폐장치(Window System)

온실주변의 기상변화에 따라 개폐장치가 자동 제어됨으로써 환기효율을 확대하고, 개폐장치는 온실내 식물체의 증산과 지면으로부터의 지속적인 증발로 인한 과습을 방지함으로써 온도가 강하하는 것을 최소화 한다.(Fig. 6 참조)

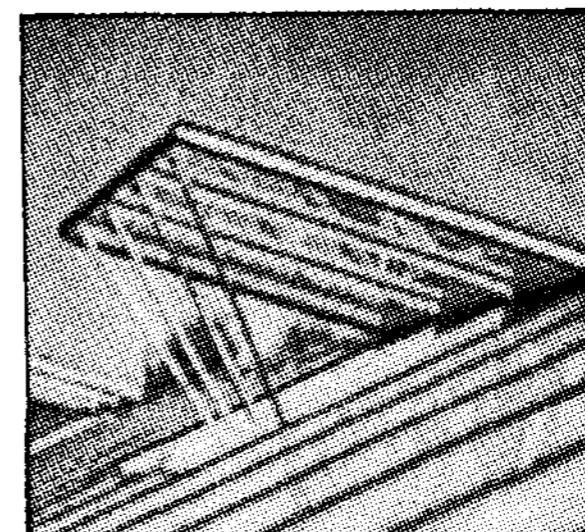


Fig. 6. 천창 개폐장치

④ 커튼 장치(Curtain shading system)

작물의 생육환경에 따른 여름철 일사량 조절과 겨울철 유리를 통해 빠져나가는 열을 최소화하여 보온효과를 높이고 있다.(Fig. 7 참조)

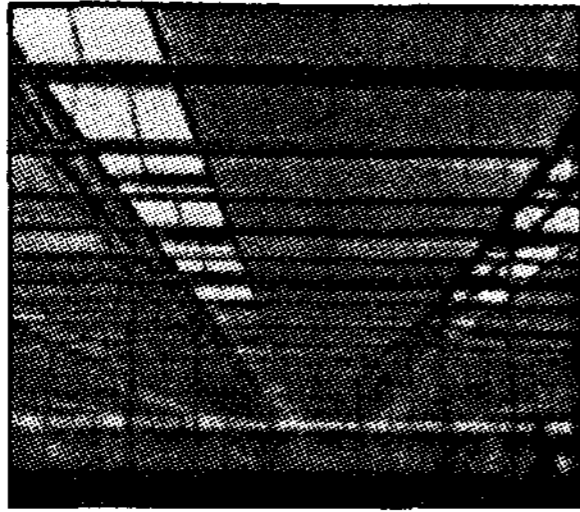


Fig. 7. 커튼장치

⑤ 환기팬장치(Ventilation Fan System)

상층부에 공기순환용 팬(4개소)이 공기의 정체를 방지하고 온실내부에서 온도층이 생기는 것을 예방하고 있다. 또한 여름철 창환기만으로는 고온억제에 한계가 있기 때문에 환기팬에 의한 강제 환기를 하고 있다.

⑥ 온수 배관(Hot water Piping)

방열관으로의 온수공급은 목표온도에 따라 설정된 온도센서로 순환펌프를 가동시켜 실내온도를 조절한다.

온실 하부의 온수배관은 작물 성장 적정온도를 유지하기 위해 설치되었고, 온실 상층부에도 방열관을 배관하여 온도차에 의해 발생하는 상승기류를 최소화하고 있다.(Fig. 8 참조)



Fig. 8. 온실내부 온수관로

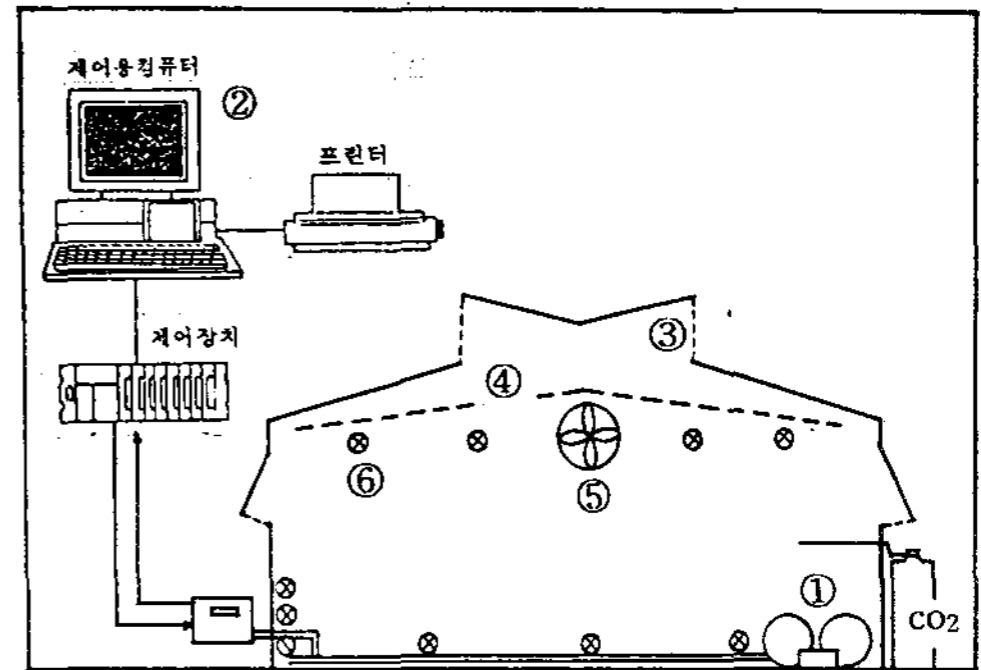


Fig. 9. 실내환경조절 시스템의 개요

3.2 실내온도 측정결과

3.2.1 실내온도의 수평·수직분포

시설재배공간에 대한 실내온도 분포범위를 살펴보면 14.0℃~44.8℃로 평균 26.0℃ 정도로 분포하고 있으며, 각 지점에서의 최대, 최소온도 분포범위가 넓게 형성이 되어 있다는 것을 알 수 있다.

각 지점별 실내온도 분포를 살펴보면, 측정위치 남쪽 외벽부근의 지표상 20 (Fig. 3 참조, 2번지점)에서 (17.8℃~32.5℃)평균 25.2℃, 지표상 100cm (Fig. 3참조, 1번 지점)에서 (18.0℃~32.2℃)평균 25.2℃의 온도분포가 나타났다.(Fig. 10 참조)

남쪽외벽에서 13m 떨어진 곳(Fig. 2에서 2번지점)의 지표면온도는(21.9℃~29.2℃) 평균 25.3℃, 지표상 10cm에서는(20.9℃~30.9℃) 평균 25.4℃, 지표상 20cm에서는 (21.2℃~30.1℃) 평균 25.3℃, 지표상 40cm에서는(20.6℃~31.5℃) 평균 25.3℃, 지표상 100cm에서는(20.8℃~33.6℃) 평균 25.3℃, 지표상 150cm에서는 (20.5℃~42.8℃) 평균 26.7℃, 지표상 300cm에서는 (18.9℃~44.5℃) 평균 26.8℃의 온도분포가 나타났다.

남쪽외벽에서 41m 떨어진곳(Fig. 2에서 1번지점)의 지표면온도는 (19.6℃~32.4℃) 평균 25.5℃, 지표상 20cm에서는 (16.6℃~35.2℃) 평균 26.1℃, 지표상 150cm에서는 (16.9℃~35.7℃) 평균 25.6℃, 지표상 300cm에서는 (14.0℃~44.8℃) 평

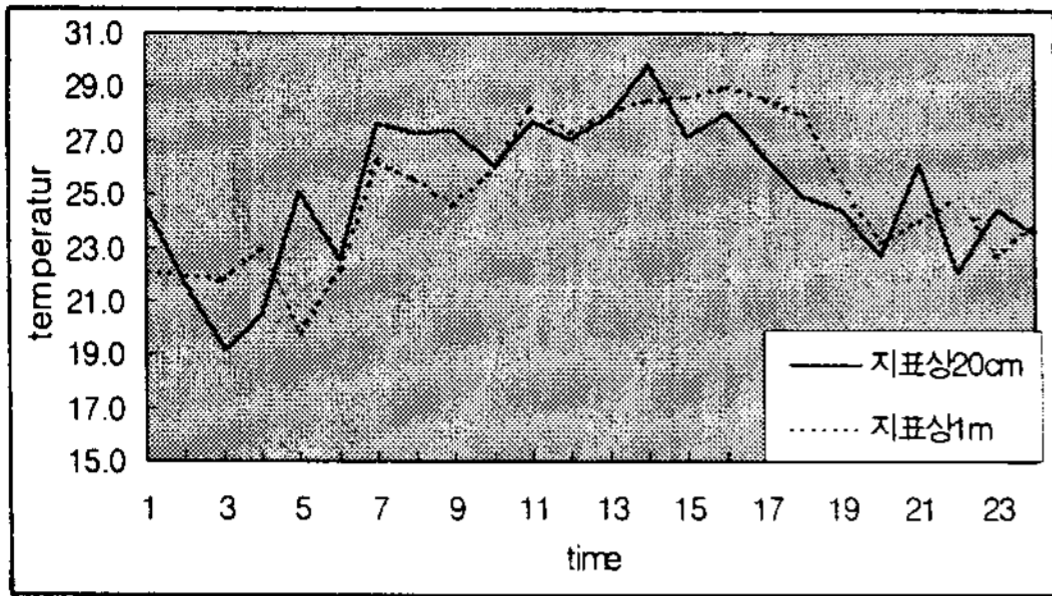


Fig. 10. 남쪽외벽부근 높이별 온도분포

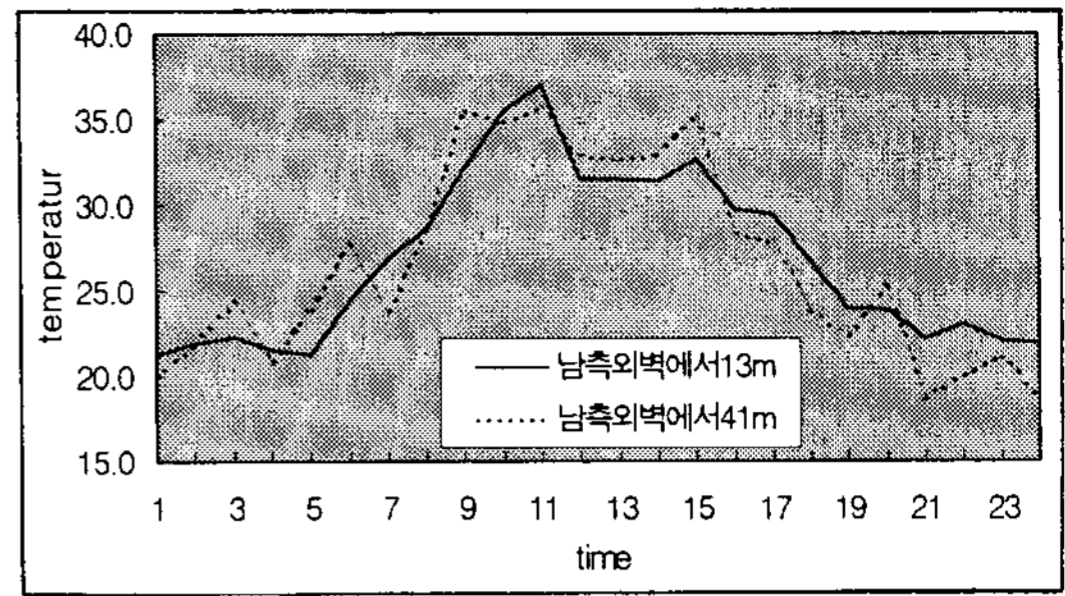


Fig. 14. 지표상 3m에서의 온도분포

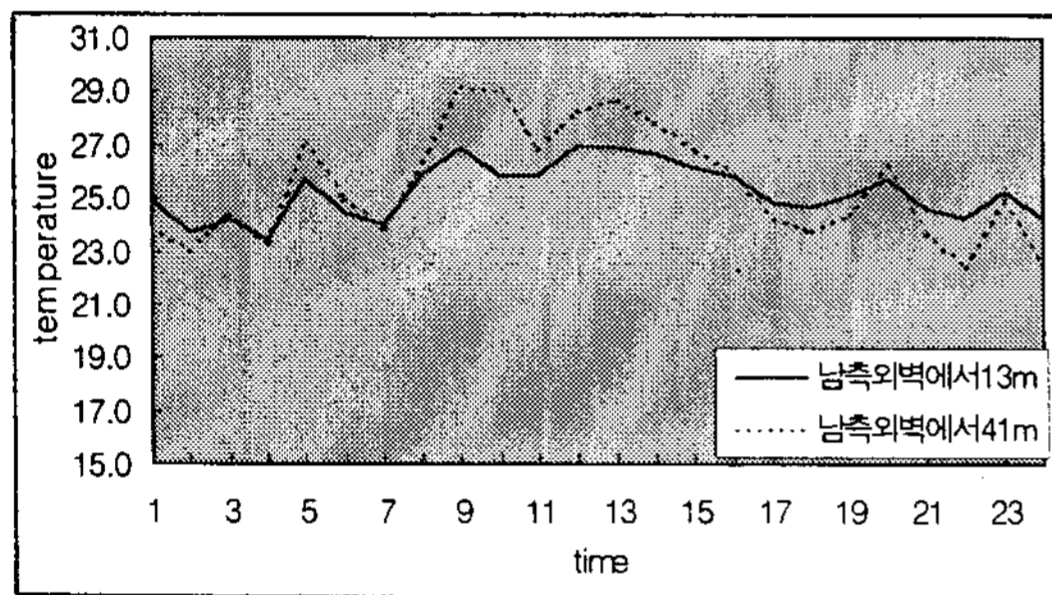


Fig. 11. 지표면상에서의 온도분포

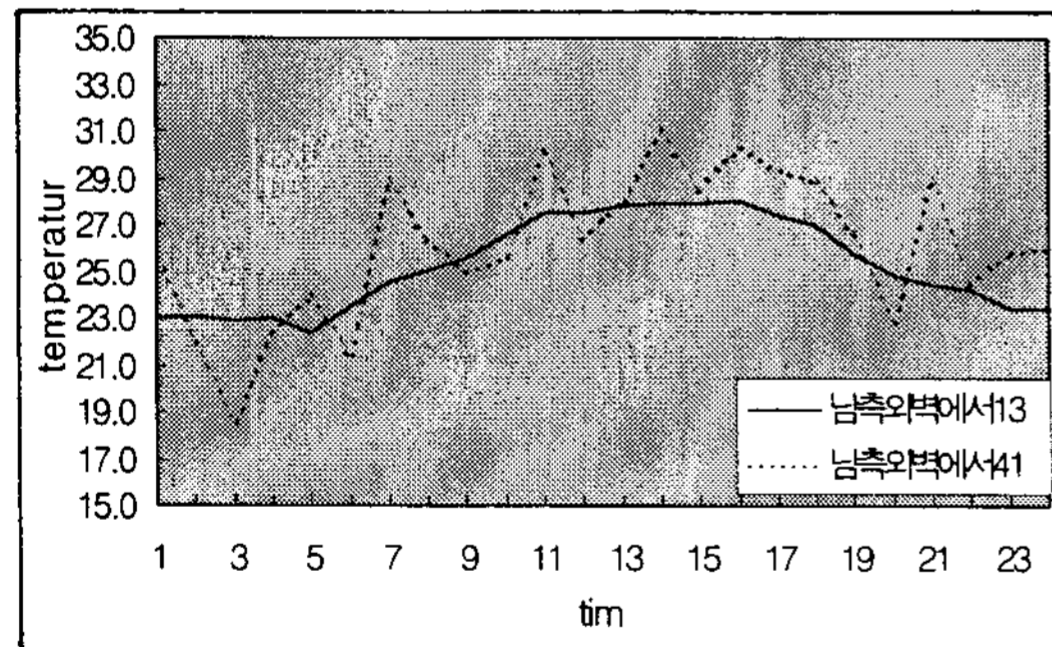


Fig. 12. 지표상 20cm에서의 온도분포

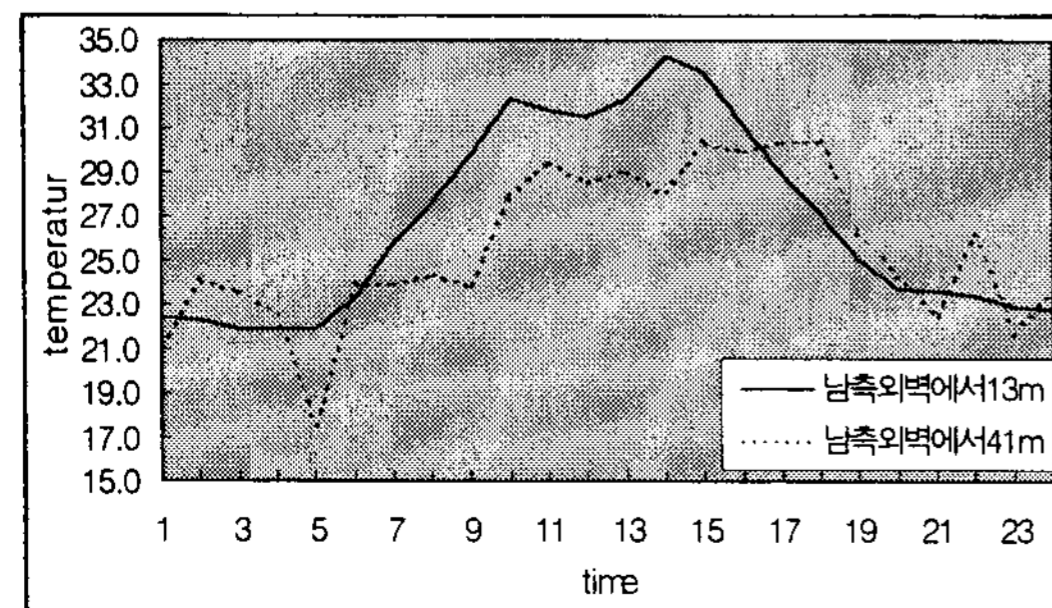


Fig. 13. 지표상 1.5m에서의 온도분포

Table 1. 온실내부 온도분포(°C)

측정위치	남측외벽으로부터 13m 지점		남측외벽으로부터 41m 지점	
	평균 온도	분포범위	평균 온도	분포범위
지표면	25.3	21.9~29.2	25.5	19.6~32.4
지표상 0.2m	25.3	21.2~30.1	26.1	16.6~35.2
지표상 1.5m	26.7	20.5~42.8	25.6	16.9~35.7
지표상 3.0m	26.8	18.9~44.5	26.5	14.0~44.8

균 26.5°C의 온도 분포가 나타났다.(Fig. 11~14. 참조)

상하별 온도분포를 볼 때 상층부로 갈수록 온도의 순간변화와 교차범위가 하층부에 비해 크게 나타나고 있다. 남측외벽으로부터 각각 13m, 41m 떨어진 위치에서 지표면의 온도범위는 19.6°C ~ 32.4°C이고, 지표상 3m의 온도범위는 14.0°C ~ 44.8°C이므로 상하간 온도교차에서 상층부가 18.0°C정도로 크게 나타나는 것을 알수 있다. 그원인은 자동제어 시스템에 의한 천·측창의 개방, 환기팬에 의한 공기의 강제 유동 등의 영향으로 온도의 순간변화와 분포 범위가 크게 나타나고 있는 것으로 생각된다.

수평위치별 실내온도에서 전반적인 경향은 위치별(남측외벽에서 13m, 41m떨어진곳)로 평균온도가 유사한 것으로 나타났다. 그리고, 외벽에서

13m, 41m 떨어진 각지점의 온도범위를 비교하면 지표면에서 5.5℃, 지표상 20cm에서 9.7℃, 지표상 300cm에서 4.9℃정도가 중앙부분(41m위치)이 높게 나타났다.

3.2.2 외기온도와 실내온도 비교

측정기간중 외기 온도 분포는 19.1~29.4℃로 평균 24.3℃로 측정되었다. 평균온도 측면에서는 외기 온도와 온실내부 온도의 차이는 1.0~2.5℃ 정도로 나타났다.

시간별 온도분포에서 볼 때 외기 온도와 온실 내부(남측외벽으로부터 13m, 41m떨어진 위치)온도를 비교하면 정오12시 경우 1.9~4.6℃, 하오12시의 경우 0.5~2.3℃정도로 온실내부가 높은 것으로 나타났다.(Table 3 참조)

이것은 태양에너지에 의한 열의 축적과 광합성용 CO₂발생을 위한 보일러 작동 등에 의한 것으로 생각된다.

Table 2. 조사기간중 외기 온도

일 시	온 도 (°C)	
	하오12시	정오12시
1998년 7월 17일	22.1	28.6
1998년 7월 18일	23.4	28.3
1998년 7월 19일	21.3	22.5
1998년 7월 20일	19.1	29.4

Table 3. 외기 온도와 실내온도 비교

시 간	온도(°C)		
	외기	외벽에서13m	외벽에서41m
정오12시	28.6	32.1	31.3
	28.3	30.2	32.9
	22.5	25.6	25.8
하오12시	23.4	24.6	23.9
	21.3	23.4	23.3
	19.1	21.4	20.8

3.2.3 생육온도 조건별 실내온도 분포 평가

파프리카의 생육온도(토마토와 생육조건이 유사한 것으로 알려져 있음) 조건과 비교를 하면, 낮기온(07:00~19:00)의 경우 13m떨어진 위치의 지표면에서 0.8℃, 지표상 20cm에서 1.8℃, 지표상 150cm에서 5.1℃, 지표상 300cm에서 5.6℃정도가 적온범위보다 높게 나타났다. 41m떨어진 위치의 지표면에서 1.6℃, 지표상 20cm에서 3.1℃, 지표상 150cm에서 2.9℃, 지표상 300cm에서 3.3℃정도가 적온범위보다 높게 나타났다.

밤기온(19:00~07:00)의 경우 13m떨어진 위치의 지표면에서 11.6℃, 지표상 20cm에서 10.5℃, 지표상 150cm에서 9.7℃, 지표상 300cm에서 9.4℃정도가 적온범위보다 높게 나타났다. 41m떨어진 위치의 지표면에서 11.2℃, 지표상 20cm에서 10.8℃, 지표상 150cm에서 9.8℃, 지표상 300cm에서 9.0℃정도가 적온범위보다 높게 나타났다.(Table 4 참조)

전체적인 실내평균 온도와 파프리카의 생육조건을 비교하면, 낮인 경우(25℃ 기준) 평균 3℃, 밤인 경우(18℃ 기준) 평균 10.3℃정도가 온실내부가 더 높게 나타났다.

배수를 고려하여 온실내부 중앙부에서 남북으로 바닥 면에 기울기를 주어 설계되었기 때문에 이에 따라 중앙부와 남북 끝단에는 22cm의 높이 차이가 있었으며, 이것에 의한 온도변화는 평균 0.2℃~1.1℃정도로 미비한 것으로 나타났다.

Table 4. 토마토 작물의 생육적온과 한계 온도¹⁾

작 물	낮 기 온		밤 기 온		지 온		
	최고 한계 온도	적온	적온	최저 한계 온도	최고 한계 온도	적온	최저 한계 온도
파프리카	35	20~25	8~13	5	25	15~18	13

1) 月刊 冷凍空調技術, VOL.12 NO. 4 社團 法人 韓國 冷凍空調技術協會, pp 61-62

4. 맺음말

본 연구는 파프리카 재배용으로 설치된, 온실에 대해 실내환경 제어시스템의 구조 및 운영 방안과 위치별 건구온도 분포를 조사 분석하였다. 주요결과는 다음과 같다.

- 1) 온실내부의 공기유동은 자연대류현상을 기본으로 하였으며, 천장부근의 팬은 이용하여 온실내부의 공기정체를 최소화 하였다. 그리고 상승기류에 의한 에너지 손실과 온실내부 각지점에서의 온도 편차를 최소화 하기 위해서는, 온실 상하층부분에 온수용 배관을 설치하였다.
- 2) 전체적인 온도분포 범위는 각 위치별로 14.0℃~44.8℃(평균 26.0℃)로 나타났으며, 상하별 온도분포를 볼 때 상층부로 갈수록 온도의 순간변화와 분포 범위가 하층부에 비해 크게 나타나고 있다. 이것은 자동제어 시스템에 의한 천·측창의 개방, 환기팬에 의한 공기의 강제 유동 등의 영향으로 온도의 순간변화와 분포 범위가 크게 나타나고 있는 것으로 사료된다.
- 3) 외기 온도와 실내 온도를 비교한 결과 평균 온도 1.0~2.5℃정도가 외기 온도보다 높게 나타났다.

시간별 온도분포에서 볼 때 각 측정점에서 의 온도와 외기온도를 비교하면 정오12시 경우 1.9 ~4.6℃, 하오12시의 경우 0.5~2.3℃

정도로 온실내부가 높은 것으로 나타났으며, 이것은 태양에너지에 의한 열의 축적과 광합성용 CO₂발생을 위한 보일러 작동 등에 의한 것으로 생각된다.

- 4) 파프리카의 생육조건과 온실내부 온도를 비교하면, 낮인 경우(25℃ 기준) 평균 3℃, 밤인 경우(18℃ 기준) 평균 10.3℃정도로 온실내부가 더 높게 나타났다.

온실 시설의 보급속도에 비하여 온실 공조의 환경제어 시스템에 대한 국산화 개발이 미진하므로 이에 따른 기초연구가 앞으로도 지속적으로 필요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. 김광식의 9명, 1971, 원예작물을 위한 기상 환경조사. 중앙관상대 연구조사부 서울: 59-63
2. John, W. M. 1970. Nort American greenhouse. Conference Report Pennsylvania Univ: 86-106
3. 이중문, 남부지방 시설원예의 제환경조건에 대한 연구, 경상대학교. 1986
4. 月刊 冷凍空調技術, VOL.12 NO. 4 社團法人 韓國冷凍空調技術協會
5. ASHRAE, HAVC system and equipment, 1996