

전기히터식 난방, 온풍난방 및 무가온 단동 플라스틱 하우스의 열환경 비교

최동호* · 허종철¹ · 임종환¹ · 서효덕²

제주대 건축공학과, ¹제주대 기계공학과, ²농촌진흥청 제주농업시험장

Comparison of Thermal Environment in Single Span Plastic Greenhouses with an Electrical Heating, Hot-Air Heating or without Heating

Choi, Dong-Ho* · Huh, Jong-Chul¹ · Lim, Jong-Hwan¹ · Suh, Hyo-Duk²

Dept. of Arch. Eng., Cheju Nat'l Univ. · ¹Dept. of Mech. Eng., Cheju Nat'l Univ.

· ²Cheju Agricultural Experiment Station, RDA

Abstract

In this paper, the thermal characteristics in plastic greenhouses with heating systems of electric power, hot air, and non-heating are measured and analyzed by field tests. From these tests, we were able to estimate the heating efficiency and quantitatively evaluate the characteristics of indoor thermal distributions of the particular heating system in greenhouses. The heating system of electric power was ineffective to reduce the difference of thermal distribution in the vertical direction. The hot air heating system also does not properly reduce the serious temperature fluctuation by time. By removing the above problems, these data will be utilized effectively to design better thermal environment in greenhouses.

주 제 어 : 난방 효율, 난방 방식, 하우스내 열환경

Key words : Heating efficiency, Heating system, Indoor thermal environment

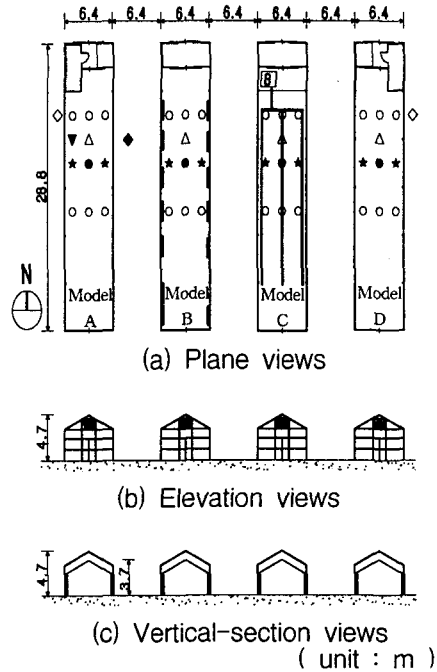
* Corresponding author

서 론

시설원예용 하우스는 일반 건축물에 비해 피복재의 단열이 취약하고 개방성이 강한 투명재료로 마감되므로써, 동절기의 하우스내 열환경은 일사량, 복사냉각, 외기온도, 열원장치에 의해 크게 영향을 받는다. 또한, 열환경을 비롯한 하우스내 환경을 구성하는 각 환경인자들은 공간내 위치, 높이, 시간에 따라 상이한 분포특성을 나타내므로, 이를 효율적으로 제어하기 위해서는 외기변화에 따른 하우스내 각종 환경인자들의 분포특성을 정량적으로 파악하고 이에 대한 체계적인 검토와 적절한 대책이 수립되어야 한다. 이와 같은 맥락에서 신 등(1996)과 구 등(1998)은 동절기가 아닌 비난방기에 있어서 특정 작물에 적합한 생육환경을 조성하기 위하여, 환기방식과 실내외 온도 등을 계측하여 하우스내 열환경 검토하였다. 또한,孔(1999)은 하절기 온실의 실내환경조절 시스템과 건구온도 분포를 실측에 의해 검토하였고, 김 등(1998)은 지중가온에 따른 효과를 검토하였다. 이와 같이 하우스내 열환경에 중점을 둔 연구사례는 다수 보고되고 있으나, 각 난방방식별 상호간의 분포특성 및 난방효율 등을 정량적으로 분석한 사례는 비교적 많지 않다. 최 등(1998a, 1998b, 1998c)은 PC구조 4연동 하우스에서 동절기 무가온 및 온풍난방시, 그리고 하절기 일사차폐에 의한 하우스내 온도, 상대습도, 일사량, 이산화탄소 농도 등의 주요 환경인자에 관한 분포특성을 상세히 파악하였다. 그러나, 이들 연구에서는 단일 하우스에서 날짜를 달리하며 실험이 순차적으로 진행된 관계로 각 실험변수에 따른 정성적인 효과를 주로 파악할 수 있었다.

따라서, 본 연구에서는 시설원예용 하우스의 난방방식별 열환경 특성, 즉 온도 분포상의 문제점을 파악하고, 하우스 난방시

스텝 선정 및 하우스 설계를 위한 기초자료를 제공하기 위하여 동일 부지내에 동일한 형상으로 복수의 단동 플라스틱 하우스를 조성하였다.



- Temperature
- Two measuring point (0.8 and 2.0m above the ground)
 - ★ Five measuring point (0.4, 0.8, 1.2, 2.0 and 2.8m above the ground)
 - Six measuring point (0.4, 0.8, 1.2, 2.0, 2.8 and 4.0m above the ground)
 - ◇ Measurement of outdoor air-temp.
 - △ Measurement of globe temp. (1.0m above the ground)
- Solar radiation
- ▼ Indoor solar radiation
 - ◆ Outdoor solar radiation
 - ▬ Electric heater at midnight
 - ▭ Duct for supplying hot air
 - Boiler

Fig. 1. Shapes and measuring points of greenhouse models

여기에 각각 전기히터, 경유 보일러에 의한 온풍난방, 무가온 상태로 설정하여 위치, 높이, 시간에 따른 하우스내 열환경에 관한 분포 특성을 상세히 검토하였다. 즉, 초기 시설투자비가 저렴한 전기히터식 난방과 발열량이 높고 설치와 조작이 비교적 간편하여 기존 농가에 폭넓게 보급된 경유 온풍난방기를 각각 설치하여, 각 난방방식별 하우스내 열환경에 관한 분포특성을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 실험용 하우스

실험용 하우스는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이, 농촌진흥청 제주농업시험장내에 위치한 6.4 m × 28.8 m × 4.7 m 규모의 경질판 PC(Polycarbonate)구조 단동 하우스 4개동으로 구성되어 있다. 하우스 벽체 및 지붕은 단층 PC판으로 마감된 피복재 이외에, 복사냉각에 의한 손실열량을 경감하기 위하여 하우스 내부 벽체로부터 약 0.2 m의 위치와, 지상 2~4 m 높이에 경사지게 권취형으로 개폐할 수 있는 PE 보온커튼(1층)이 추가로 설치(Fig. 1 (c))되어 있다. 실험은 하우스내에 작물을 재배하지 않은 상태에서 실시하였다. 즉, A동에는 태양열 축열난방시스템을, B동은 심야전력 전기히터 설비가, C동은 경유보일러에 의한 온풍난방시스템이, 그리고 D동은 난방기를 설치하지 않은 무가온 상태로 설정되어 있다. A동에 설치된 태양열 축열난방시스템은 현재 시운전중인 관계로, 본 논문에서는 A동을 제외한 B, C, D동의 실험결과에 대해서만 보고한다.

2. 온도 및 일사량의 측정

측정대상공간은 Fig. 1과 같이 하우스내

열환경에 관한 분포특성이 파악될 수 있는 최소한의 공간만을 선정하여 실험을 실시하였다. 실내외 공기온도, 흑구온도, 일사량 등은 각 센서로부터 데이터 로거(Datascan 7320, Datascan)를 통해 매분마다 컴퓨터에 입력된다.

하우스내 공기온도, 흑구온도 및 외기온도는 열전대(T-type)를 이용하여 측정하였다. 온도 측정점은 하우스 내부공간의 열환경을 상세히 파악할 수 있도록 4개동에 총 140점을 선정하였다. 연직방향의 온도는 각 하우스마다 길이방향으로 1개 단면을 상세 측정단면(3개의 측정군)으로 선정하고, 각 측정군당 지상 0.4 m, 0.8 m, 1.2 m, 2.0 m, 2.8 m, 4.0 m 높이에 열전대를 설치하여 측정하였다. 또한, 수평방향에 대해서도 각 하우스마다 9개의 측정군을 선정하고, 각 측정군당 상하 2개의 측정점(재배되는 작물의 높이를 지상 0.8m 높이와 지상 2.0m 높이로 가정)을 설치하였다.

또한, 실내 공기온도 이외에 지상 0.8 m 높이(1개소)에 직경 15 cm의 흑구온도계(Vernon식, SATO)를 설치하여 하우스내 복사환경을 측정하였다. 여기서 사용한 흑구온도계는 두께 0.5 mm 동판으로 만든 중공의 구체를 무광택 흑색으로 도색하여, 그 중심에 온도센서를 삽입한 온도계이다. 이것은 주변으로부터의 복사효과와 주변 공기온도에 의한 대류효과를 복합적으로 반영한 것으로, 일종의 작물의 체감온도를 나타내고 있다. 따라서, 주간의 일사유입과 야간의 복사냉각 효과가 탁월한 농업 시설물에서는 흑구온도계에 의한 계측결과는 하우스 열환경 평가에 중요한 지표로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

외기온도는 정확한 온도측정을 위하여 센서부에 복사 유입을 배제시키고 센서 주위의 공기를 일정속도로 유동시키기 위한 장치를 제작하여 측정하였다. 또한, 실내온도는 모든

온도센서의 직상부에 일사차폐물을 설치하여 센서가 직접적으로 일사에 노출되지 않도록 배려하였다. 그리고 A동 하우스 실내외에 측정 파장범위가 400~1,100 nm 인 일사센서(LI200SZ, LI-COR)를 각각 1대씩 설치하여 하우스 외부의 일사량과 하우스 외피를 투과하여 내부로 유입된 실내 일사량을 연속적으로 계측하였다.

3. 하우스별 실험조건

실험은 동일한 외기조건하에서 동시에 실시되므로, 계측 결과에 대해서 하우스 상호간의 객관적인 비교가 가능하다. 본 논문에서는 실험기간 중 비교적 동절기의 기상 상태를 대표할 수 있는 대표일(1999년 2월 27일 12:00시~28일 12:00시)을 선정하여 대표일의 열환경에 대해 집중적으로 검토하였다. 또한, 각 하우스마다 지상 0.8 m 높이를 기준높이로 가정하여, 기준높이에 설치된 9개의 평균 공기온도(기준면 온도)를 실내기준온도로 정의하였다. 각 하우스의 난방온도는 10℃로 설정하였으며, 하우스별 열환경 및 실험조건을 보다 상세하게 정리하면 다음과 같다.

1) 심야전력에 의한 전기히터난방 (플라스틱 하우스 B동)

심야전력은 당일 22시부터 익일 8시까지 10시간동안 공급되며, 공급된 전력량은 계측실에 설치된 전력계(MACH30, MACH-DAT/S, DUCATI energia)를 통해 매분마다 컴퓨터에 입력된다. 실용적인 측면에서 심야전력의 적용은 심야전력에 의해 발생된 열량을 축열장치 등에 축열시킨 후 심야시간대 이외의 시간대에 사용토록 규정되어 있으나, 본 논문에서는 축열장치 없이 심야시간대에 공급된 전력을 심야시간대의 난방열원으로 사용할 수 있도록 그 의미를 확장하여 정의하였다. Fig. 1에

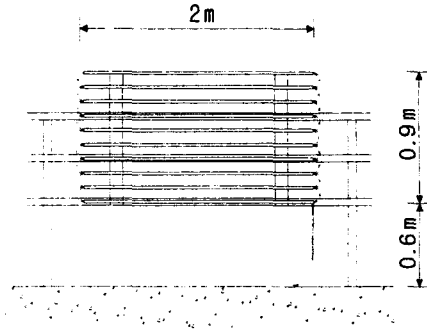


Fig. 2 Shape of Electric heater

나타난 바와 같이, 전기히터(방열기)는 하우스 B동의 내부 양측에 설치하여 하우스 내부를 난방하고 있다. 전기히터의 형상, 크기 및 설치높이를 Fig. 2에 나타내었다.

2) 경유 보일러에 의한 온풍난방 (플라스틱 하우스 C동)

경유 보일러는 하우스 C동내 입구측에 설치되어 하우스 길이방향으로 설치된 3개 라인의 온풍덕트(직경 30 cm)를 통해 실내를 난방하고 있다. 덕트직상부(지면에 대해 90°)에는 온풍 취출구(각 10 cm 길이의 +자형)가 길이방향(2.4 m 간격)으로 설치되어 있다. 또한, 난방에너지 소비량은 매일 1회씩 경유 소비량을 기록하여 투입 에너지를 산출하였다.

3) 무가온 (플라스틱 하우스 D동)

하우스 D동은 하우스 내부를 난방하지 않으므로써, 무가온 하우스의 동절기 실온 하강 정도를 파악하고 있다. 즉, 무가온시의 하우스내 온도를 계측하므로써 동절기의 난방기 고장시 작물에 미칠 수 있는 냉해 피해를 예측하고, 무가온 상태에서의 저온작물 재배가능성을 확인할 수 있다. 또한, 탄난방방식과의 비교를 통해 난방효과를 정량적으로 파악할 수 있는 기준으로 활용할 수 있다.

Table 1. Comparison of air temperature in each plastic greenhouse

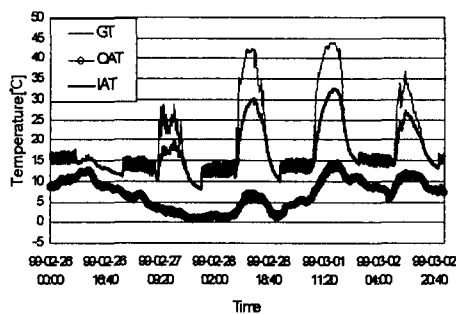
Item	Outdoor air temp. [°C]		Indoor average temp. at 0.8m height [°C]		Globe temp. [°C]	
	08:00~18:00 (10 hours)	18:00~08:00 (14 hours)	08:00~18:00 (10 hours)	18:00~08:00 (14 hours)	08:00~18:00 (10 hours)	18:00~08:00 (14 hours)
		22:00~08:00 (10 hours)		22:00~08:00 (10 hours)		22:00~08:00 (10 hours)
Plastic greenhouse B	2.8	1.2	17.9	11.9	24.8	10.9
		1.3		12.9		11.5
Plastic greenhouse C	"	1.2	18.4	16.6	26.2	15.7
		1.3		16.6		15.6
Plastic greenhouse D	"	1.2	15.6	6.7	22.8	6.9
		1.3		6.1		6.3

※Date : 12:00 Feb. 27 ~ 12:00 Feb. 28, 1999

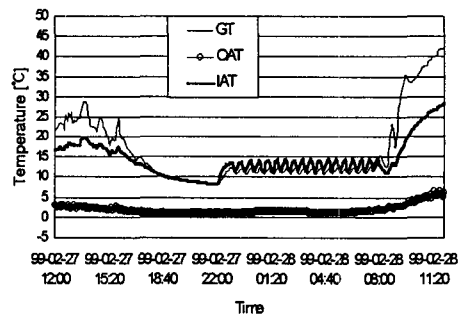
Table 2. Results of heating load

Item		Time	22:00 ~ 08:00 (10 hours)	18:00 ~ 08:00 (14 hours)	12:00 ~ 12:00 (24 hours)
Plastic greenhouse B	Power consumption [kWh]		140	140	140
	Amount of heat [MJ]		504	504	504
Plastic greenhouse C	Oil consumption [ℓ]		23.12	32.38	37
	Amount of heat [MJ]		891	1,248	1,426

※Date : 12:00 Feb. 27 ~ 12:00 Feb. 28, 1999



(a) Temperature variations with time



(b) Temperature variations during specific time

Fig. 3. Variations of air and globe temperature with time in plastic greenhouse B (GT : Globe temp., OAT : Outdoor air-temp., IAT : Indoor average temp. at 0.8m height)

결과 및 고찰

1. 심야전력에 의한 전기히터난방 (플라스틱 하우스 B동)

실내기준온도, 흑구온도, 외기온도의 측정 결과를 Table 1과 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3으로부터 주간 시간대에는 다량의 일사가 실내로 유입됨에 따라 평균 실내기준온도가 13℃ 이상을 유지하고 있으나, 일몰 후 심야전력이 공급되는

22시 이전까지는 지속적으로 실내온도가 하강하여 22시경에는 일중 최저온도(8℃)를 나타내고 있다. 심야전력이 공급되는 22시 이후부터 익일 8시 이전까지는 비교적 일정한 실온을 유지하고 있으나, 실내 설정온도의 상하한치에 대응하여 전기히터가 자동으로 on-off 되므로 실내 기준온도를 비롯한 하우스내 각 부분의 온도는 12~15℃ 범위내에서 규칙적으로 변화하고 있다. 심야전력 공급이 중단되는 8시 이후부터는 일사량이 실내로 유입되면서 실온은 서서히 상승

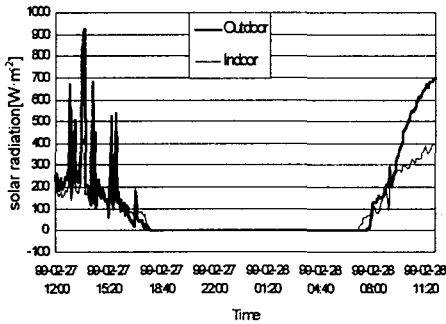


Fig. 4. Variations of amount of solar radiation with time

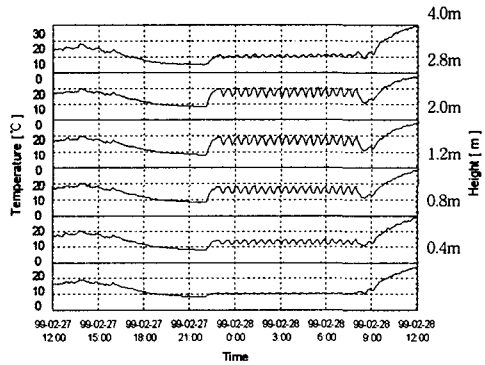
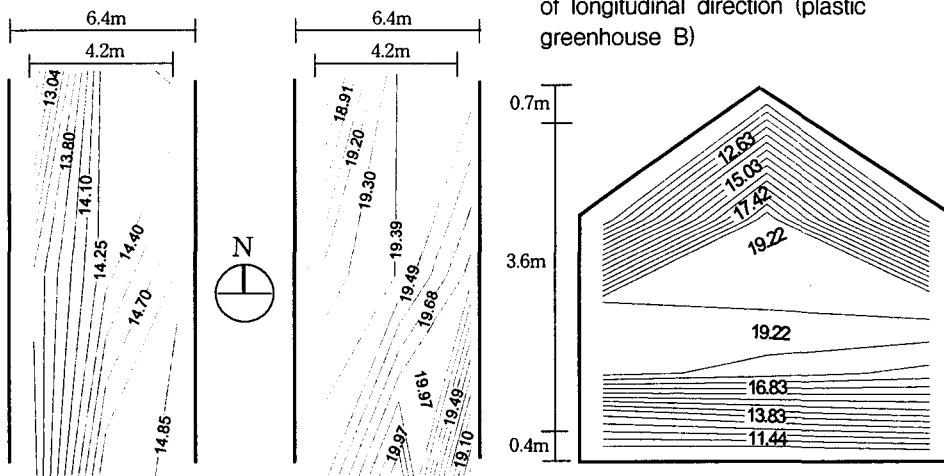


Fig. 5. Variations of air temperature with the height above the ground of the middle of longitudinal direction (plastic greenhouse B)



(a) Plan view at 0.8m height (b) Plan view at 2.0m height (c) Vertical view at the middle of longitudinal direction

Fig. 6. Temperature variations in plastic greenhouse B (24:00 Feb. 27, 1999)

하고 있다. 이상의 실험결과에서 알 수 있는 바와 같이, 심야전력 난방의 경우 일몰 후부터 22시 이전 시간대에는 심야전력이 공급되지 않으므로 하우스내 온도하강을 방지하기 위하여 주간전력을 투입하는 등의 실온저하를 억제할 수 있는 적절한 대응책이 수립되어야 할 것이다.

실내복사환경 지표인 흑구온도(Table 1, Fig. 3)는 주간의 경우, 일출과 더불어 실내로 유입되는 일사량이 증가함에 따라 점차적으로 상승하여 주간 평균기온이 24.8℃를 나타내고 있다. 이것은 주간의 실내기준온도 평균치인 17.9℃보다 7℃정도 높게 나타나고 있으며, 정오 무렵의 흑구온도는 40℃이상의 고온을 나타내고 있다. 한편, 야간 시간대의 흑구온도는 10.9℃로서 실내기준온도(11.9℃)와 거의 동일한 온도를 나타내고 있다(Table 1참조).

평균일사량 분포는 Fig. 4에서 알 수 있는 바와 같이, 실내와 실외의 평균이 각각 $184 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, $260 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 으로서, 하우스 외피를 투과하는 과정에서 일부 반사·산란되어 옥외에서 관측된 일사량보다 29%정도가 감소하였음을 알 수 있다.

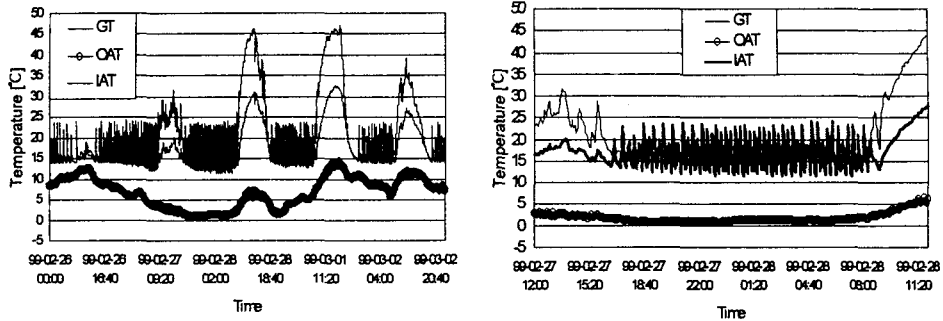
지상 0.8 m와 2.0 m 높이에서 측정된 수평온도분포(Fig. 6 (a),(b))는, 1℃ 이내의 비교적 균일한 온도분포를 나타내고 있다. 반면, 연직방향으로는 8℃ 전후의 비교적 큰 상하온도차를 나타내고 있다(Fig. 6 (c)). 지붕 하부 실내측에 설치된 PE 보온커튼을 경계로 약 2℃ 정도의 상하간 온도차를 관찰할 수 있다. 또한, 하우스 중심위치의 높이에 따른 시간대별 온도변화(Fig. 5) 추이를 관찰해보면, 야간의 경우 가장 낮은 위치인 지상 0.4 m 높이에서는 10℃ 전후의 균일한 온도를 유지하는데 반해, 상부로

갈수록 온도 및 온도변화폭이 증대되고 있다. 이같은 현상은 방열기(전기히터)가 하우스 양측 및 지상 0.6~1.5 m 높이에 편중되어 있을 뿐 아니라, 히터에서 발생된 열량이 하우스 내측 중심부가 아닌 히터의 직상부로 이동함으로써 큰 폭의 하우스내 상하온도차가 발생된 것으로 판단된다. 전기히터의 작동주기는 외기온도 및 실내설정온도에 따라 다소 차이가 있으나, 평균 30분에 1회 정도 작동되고 있음을 Fig. 5를 통해 확인할 수 있다.

2. 경우 보일러에 의한 온풍난방 (플라스틱 하우스 C동)

대표일의 심야시간대(22:00~08:00시)에 하우스내로 투입된 열량은 891 MJ로서, 앞서 기술한 심야전력 전기히터난방의 504 MJ보다 1.8배 정도 높게 계측되었다(Table 2). 이것은 각 하우스별로 설정온도(10℃)를 동일하게 설정하였으나 온풍난방의 용량 및 제어특성에 의해 투입열량이 높게 나타난 것으로 풀이된다. 또한, 대표일 하루(12:00~익일12:00시)동안 각 하우스에 투입된 열량은 심야전력난방이 504 MJ, 온풍난방이 1,426 MJ로서 온풍난방의 경우 일몰시간대 이후부터 심야전력의 공급이 개시되는 22시 이전까지 난방이 추가되었으므로 심야전력난방보다 2.8배 정도 높게 계측되었다.

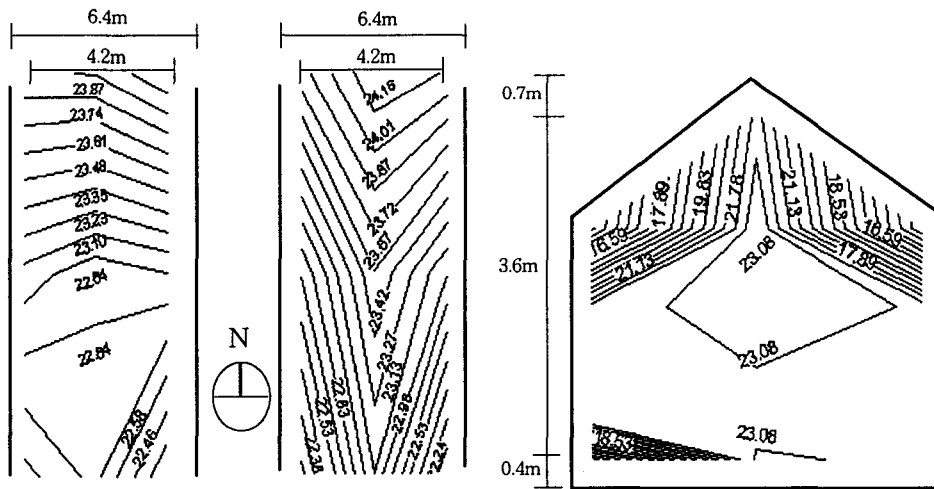
온풍난방시 대표일의 주간 시간대 실내기준온도와 흑구온도(Fig. 7 (a))는 전술한 심야전력 난방방식과 동일한 분포를 나타내고 있다. 그러나, 야간의 경우 12℃에 도달하면 온풍난방이 개시되어 24℃에서 난방이 종료됨으로써 12~24℃ 범위내에서 규칙적으로 변화하고



(a) Temperature variations with time

(b) Temperature variations during specific time

Fig. 7. Variations of air and globe temperature with time in plastic greenhouse C (GT : Globe temp., OAT : Outdoor air-temp., IAT : Indoor average temp. at 0.8m height)



(a) Plan view at 0.8m height

(b) Plan view at 2.0m height

(c) Vertical view at the middle of longitudinal direction

Fig. 8. Temperature variations in plastic greenhouse C (24:00 Feb. 27, 1999)

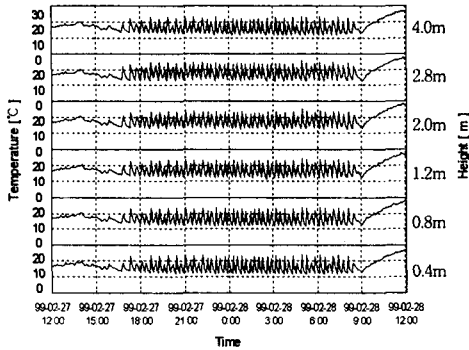
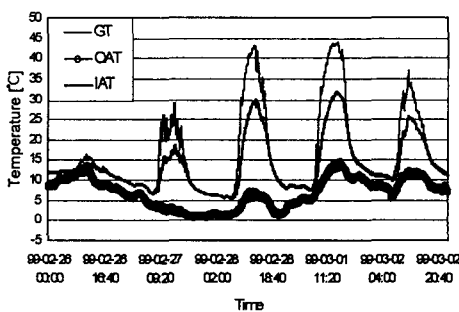


Fig. 9. Variations of air temperature with the height above the ground of the middle of longitudinal direction (plastic greenhouse C)

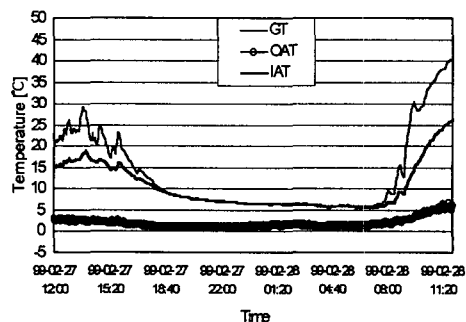
있다. 전술한 심야전력 난방방식은 약 3℃의 비교적 소폭의 실온변화를 나타낸 것에 비해, 온풍난방 실온 변화폭은 약 12℃정도로써 큰 폭으로 변화하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 온풍난방의 취약점을 보완하기 위해서는 실온변화가 하우스내 작물생육에 미치는 영향 및 온

풍난방기 작동에 의한 실온 변화폭을 줄이기 위한 체계적인 검토가 선행되어야 할 것으로 생각된다.

지상 0.8 m와 2.0 m높이의 수평온도분포(Fig. 8 (a),(b))는 2℃이내의 비교적 균일한 온도 분포를 나타내고 있으며, 연직방향온도(Fig. 8 (c)) 또한 보온커튼이 설치된 높이보다 하부공간에서는 극히 균일한 온도를 나타내었다. 이것은 하우스 길이 방향으로 설치된 3개 라인의 온풍급기덕트에서 분출되는 대량의 온풍이 비교적 용적이 작은 하우스에 균등하게 분배되고 있기 때문인 것으로 판단된다. 하우스 중심위치의 높이에 따른 시간대별 온도변화 추이(Fig. 9) 또한 측정된 모든 높이에서 동일한 변화 패턴을 나타내고 있다. 온풍난방기의 작동주기는 외기온도 및 실내설정온도에 따라 다소 차이가 있으나, 평균 20분에 1회 정도의 주기로 작동되고 있음을 알 수 있다(Fig. 9). 또한, 실내온도가 24℃에서 12℃로 실내 온도가 하강하는 평균시간은 20분이 소요되므로, 외피 단열이 대단히 취약함을 암시해 주고 있다.

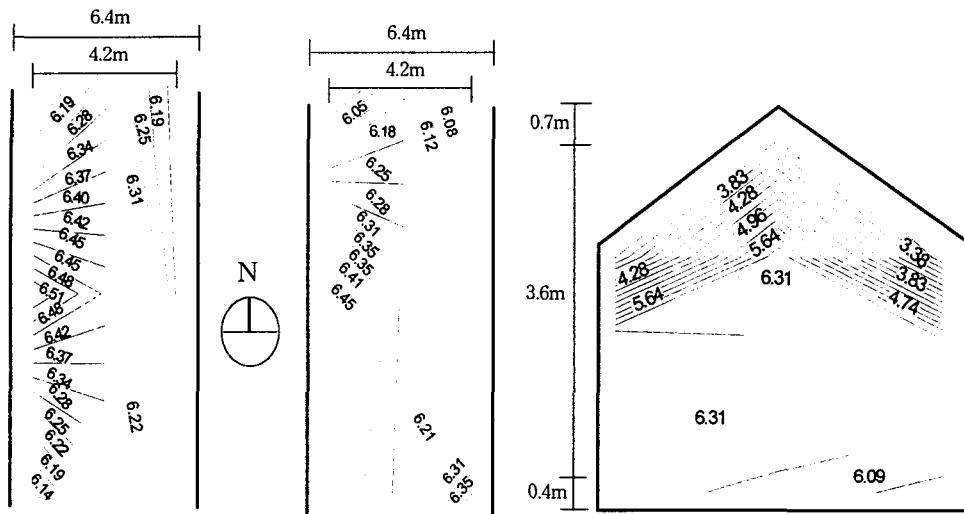


(a) Temperature variations with time



(B) Temperature Variations During Specific Times

Fig. 10. Variations of air and globe temperature with time in plastic greenhouse D (GT : Globe temp., OAT : Outdoor air-temp., IAT : Indoor average temp. at 0.8m height)



(a) Plan view at 0.8m height (b) Plan view at 2.0m height (c) Vertical view at the middle of longitudinal direction

Fig. 11. Temperature variations in plastic greenhouse D (24:00 Feb. 27, 1999)

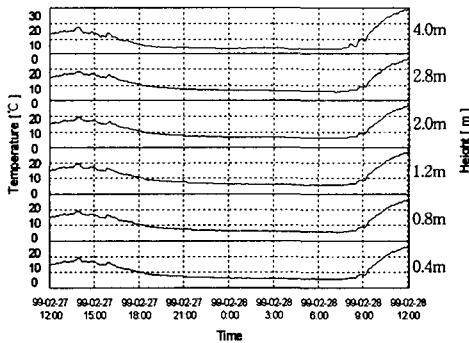


Fig. 12. Variations of air temperature with the height above the ground of the middle of longitudinal direction (plastic greenhouse D)

3. 무가온 (플라스틱 하우스 D등)

Table 1, Fig. 10을 통해 알 수 있는 바와 같이, 무가온시의 하우스내 열환경은 주간과 야간의 경우 앞서 기술한 심야전력난방 및 온풍난방과 동일한 분포를 나타내고 있으나, 야간의 경우 평균 실내기준온도가

6.7°C로서 외기온보다 약 5.5°C 높게 나타났다. 대표일의 외기온이 비교적 저온인 점을 고려한다면, 무가온 하우스의 외피 단열 상태에 따라 실내평균온도는 5°C 이상을 유지하고 있으므로, 제주지역의 경우 시설원예용 하우스에서 별도의 난방장치 없이 저온성 작물을 무난히 재배할 수 있을 것으로 사료된다. 전술한 두 난방방식을 포함한 이상의 실험결과를 종합하면, 22시~익일 8시의 평균 실내기준온도를 무가온시의 온도인 6.1°C에서 심야전력난방시의 실내기준온도인 12.9°C로 승온하는데 필요한 에너지가 504 MJ로 예측되었다(Table 1, 2참조). 또한 야간시간대(18:00~08:00시) 평균 실내기준온도를 무가온시 6.1°C에서 온풍난방시의 실내기준온도인 16.6°C로 승온하는데 필요한 에너지는 1,248 MJ이므로, 심야전력난방과 온풍난방의 경우 하우스내 온도를 1°C 상승시키는데 필요한 에너지는 각각 단위시

간당 7.4 MJ과 8.5 MJ의 난방에너지가 소비된 것으로 추산할 수 있다. 수평 및 연직방향 온도분포(Fig. 11, 12)는 난방용 열원을 공급하고 있지 않으므로, 하우스내의 온도차는 거의 관찰되지 않았다.

적 요

본 연구에서는 실측을 통해 시설원예용 하우스의 난방방식별 온도분포 특성 및 하우스내 열환경을 상세하게 검토하였다. 하우스내 복사환경지표인 흑구온도는 주간 경우 실내기준 온도보다 7℃ 이상 높게 나타났으나, 야간에는 실내기준온도와 동일한 온도로 나타났다. 심야전력 전기히터식 난방의 경우, 시간대별 온도변화는 약 3℃이내의 비교적 균일한 분포를 나타내고 있으나, 연직방향으로는 약 8℃ 정도의 비교적 큰 상하온도 분포를 나타내었다. 이것은 방열기의 설치위치 및 방열방식의 부적절함에서 기인한 것으로서, 연직방향 온도분포 경감을 위한 체계적인 검토와 일몰 후 심야전력 공급개시 이전 시간대의 실온 저하를 억제하기 위한 적절한 대책이 수립되어야 할 것이다. 온풍난방의 경우, 하우스내 모든 위치에서 12℃전후의 우려할 만한 큰 폭의 온도변화가 계측되었다. 이러한 온풍난방의 문제점을 개선하기 위해서는 실온변화가 하우스내 작물생육에 미치는 영향 및 실온 변화폭을 줄이기 위한 체계적인 검토가 이루어져야 할 것이다. 무가온 하우스내 열환경은 저온의 외기조건하에서도 야간 실내기준온도는 5℃ 이상을 유지하고 있으므로, 제주지역의 경우 별도의 난방장치 없이 무가온 하우스에서 저온성 작물의 재배가 가능할 것으로 판단된다. 하우스 실내측 상부에 보온커튼을 설치하여 하우스내 공간을 상하로 분할하는 것은 상하온도 균일화 및 난방효율 향상에 기여하

고 있음이 확인되었다. 본 연구를 통해 수집된 난방방식별 하우스내 열환경에 관한 상세한 실험데이터는 시설원예용 하우스의 난방방식 선정 및 하우스 설계를 위한 기초자료로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

인 용 문 헌

1. 공성훈. 1999. 여름철, 파프리카 재배온실에서 실내환경조절 시스템과 건구온도 분포에 관한 연구. 태양에너지학회 논문집 19(1) : 59-65.
2. 구건효, 송재관, 박규식. 1998. 성주지역 참외전용 온실의 모델개발 및 환경분석(1) - 성주 시설 참외단지 단동하우스의 온도 분포 특성 -. 생물생산시설환경 7(4) : 311-323.
3. 김진현, 김철수, 명병수, 최중섭, 구건효, 김태욱. 1998. 시설원예용 태양열 시스템의 효율적 이용과 자동화 장치개발(1) - 시설재배시 지중가온의 온도변화 연구 - 생물생산시설환경 7(1) : 15-24.
4. 손정익. 1994. 원예시설의 환경설계 및 환경제어. 생물생산시설환경. 3(1) : 72-81.
5. 신용습, 연일권, 도한우, 서동환, 배수곤, 최성국, 최부술. 1996. 터널형 하우스에서 환기방법이 참외의 생육 및 품질에 미치는 영향. 생물생산시설환경 5(2) : 187-193.
6. 최동호, 허종철, 임중환, 조은숙. 1998a. 시설원예용 하우스의 동절기 비난방식의 온열공기환경특성에 관한 실험적 연구. 대한건축학회 논문집 14(5) : 249-258.
7. 최동호, 허종철, 임중환, 김용덕. 1998b. 온풍난방시 시설원예용 하우스의 온열공기환경특성에 관한 실험적 연구. 대한건축학회 논문집 14(11) : 351-362.
8. 최동호, 허종철, 임중환. 1998c. 일사량 조정이 시설원예용 하우스내 온열공기환경에 미치는 영향. 대한건축학회 논문집 14(12) : 219-230.