

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 22, No. 3, 2002

온풍난방을 채용한 3연동 플라스틱 하우스의 실내공기용적 변화가 하우스 온열환경에 미치는 영향

Influence on the Thermal Environment by Change of Indoor-air Volume of Plastic Greenhouse with Hot Air Heating Systems

전삼채*, 이창수**, 나수연*, 허종철**, 최동호***

Samchae Jeon*, Changsu Li**, Suyeun Na*, Jongchul Huh**, Dongho Choi***

Key words : 난방시스템(Heating system), 온실(Plastic greenhouse), 온열환경(Thermal environment)

Abstract

Relatively being economical in installation and easy in operation, hot-air heating system has been generally used in greenhouse for heating system regardless of high cost in maintenance and uneven distribution of air temperature. Therefore to overcome the disadvantages in maintenance and in distribution of air temperature and to improve efficiency of heating system, this experimental study is performed. This experimental study aims to improve the character of uneven temperature distribution in vertical direction and to reduce energy consumption for heating in a greenhouse. The experiment had been performed to investigate change of thermal environment and effects on reducing energy consumption for heating in greenhouse by additional surface insulation and reduction of indoor-air volume that come by installing transparent vinyl membranes with different height in each house. The results show that there is a wide difference in oil-energy consumption between houses according to condition of surface insulation and change of indoor-air volume. Furthermore, the results show that the efficiency of dual surface is higher than that of change of indoor-air volume in terms of energy saving.

* 제주대학교 건축공학과

** 제주대학교 기계공학과

*** 대구가톨릭대학교 건축학과

* *Department of Architectural Engineering, Cheju national university*

** *Department of Mechanical Engineering, Cheju national university*

*** *Department of Architecture, Catholic University of Daegu*

1. 서론

시설원예용 플라스틱 하우스(이하에서는 약칭하여 하우스로 표기토록 함)는 일반건축물에 비해 단열이 취약하며, 투명한 외피로 마감되어 외부 일사에 직접적으로 노출되는 등 외부환경과의 관련성이 극히 높은 구조적인 특성 때문에 하우스의 온열환경을 적정 수준으로 유지, 제어하는데는 실질적으로 많은 어려움이 있다.^{1),2),3),4)} 이들 하우스 난방시스템들 중 일반농가에 가장 폭넓게 보급된 것은 온풍난방시스템이며, 이 방식은 지표면에 설치된 덕트를 통해 보일러에서 송풍된 온풍을 실내로 취출하여 난방하는 시스템이다. 온풍난방시스템은 값싼 초기투자비와 조작 및 취급, 관리가 용이한 반면, 온도분포의 불균일성 및 덕트 주변 작물에의 고온피해 가능성 등 시급히 개선되어야 할 문제점도 안고 있다.^{5),6)}

한편, 시설원예용 하우스 설계시 하우스 높이는 일반적으로 재배작물의 생육환경과 재배특성을 고려하여 결정하는 것이 바람직하나, 실제 농가에서는 그 대부분이 재배작물의 높이 및 특성과는 무관하게 일률적으로 결정되는 실정이다. 이와 같이 하우스의 높이가 대부분 일률적으로 결정, 보급됨에 따라 하우스의 연직 및 수평방향의 온도분포 발생, 에너지 이용의 효율성 저하, 건축비용 증대 등 많은 불합리성을 내포하게 됨으로서 결국 이러한 요인들은 우리 농업의 생산성 및 경쟁력 향상의 저해요인으로 작용하고 있다.

따라서 본 연구에서는 하우스 높이에 따른 실내 온열환경의 분포특성을 파악하기 위하여, 온풍난방시스템을 채용한 3연동 하우스 4개동 내부에 각각 높이를 달리한 투명 비닐막을 추가로 설치하여 비닐막 설치높이(실내공기용적 변화)에 따른 온도 및 상대습도의 분포특성을 파악하고, 난방에 영향을 미칠 것으로 사료되는 실내공기용적 변화에 따른 난방에너지 절감가능성 및 단열보강에 따른 열적 효과를 실증실험을 통해 검토하였다. 본

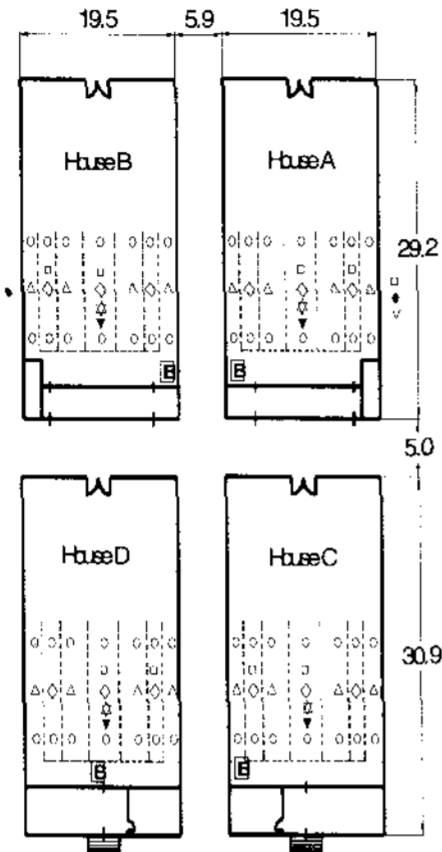
연구는 실증실험을 통해 하우스의 형태, 높이 등 하우스 설계에 필요한 기초데이터를 확보하고 온풍난방시스템을 채용한 3연동 플라스틱 하우스의 실내온열환경을 파악함으로써, 하우스의 합리적 설계와 하우스 환경개선에 기여함을 목적으로 한다. 또한 본 연구에서는 하우스 지표면에 배치된 온풍공급 덕트의 길이에 따른 온도하강 추이를 검토하기 위한 실험도 병행함으로써, 하우스 적정실온 유지를 위한 온풍공급 덕트의 배치상의 문제점에 대해서도 개략적으로 검토하였다.

2. 실험개요

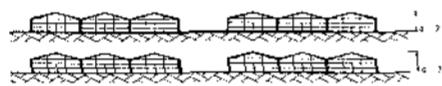
2.1. 실험대상하우스

실험대상 하우스는 그림. 1, 2에 나타난 바와 같이, 농촌진흥청 제주농업시험장내에 위치한 19.5m(폭)×30m(길이)×4.7m(높이) 규모의 경질판 PC(Polycarbonate)구조 연동 하우스 4개동으로 구성되어 있다. 연동형(ridge and furrow)하우스는 양지붕형 시설원예용 하우스를 복수로 연결하고 내부 칸막이를 없애 하나의 실내 공간으로 만든 것이다. 실험은 하우스 내부에 채소류를 재배하는 상태에서 진행되었으며, 난방시스템은 모두 동일하게 경유보일러에 의한 온풍난방을 적용하였다. 실험대상 하우스의 벽체 및 지붕은 단층 PC판으로 마감된 피복재 이외에, 야간 복사냉각과 열관류에 의한 손실열량을 경감하기 위하여 하우스 양측의 외피 내측 약 0.2m의 위치와 하우스A, C, D동에 각각 지상 2.8m, 2.45m, 1.9m높이에 투명한 비닐막을 수평방향으로 설치하여, 이를 경계로 상하 두 공간간의 열이동 및 공기유동이 경감되거나 단절되는 효과를 기대하였다. 본 연구는 주로 하우스의 높이(실내공기체적) 변화에 따른 실내온열환경특성을 실험에 의해 비교, 검토한 것으로서, 실내 비닐막을 추가로 설치하지 않은 하우스B동(단일외피로 마감)의 실험결과와도 상호 비교할 수 있도록 하였다. 본 실험

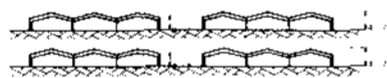
험과정에서 하우스C동의 실험결과가 결측됨에 따라, 본 논문에서는 나머지 3개동(하우스A, B, D 동)의 실험결과에 국한하여 보고하였다.



(a) Plane views



(b) Elevation views



(c) Vertical-section views

(unit : m)

Temperature

- Two measuring points (0.8 and 2.0m above the ground)
- △ Five measuring points (0.4, 0.8, 1.2, 2.0 and 2.8m above the ground)
- ◇ Six measuring points (0.4, 0.8, 1.2, 2.0, 2.8 and 4.0m above the ground)
- Measurement of globe temp.
- Measurement of outdoor air-temp.

Solar radiation

- ★ Outdoor solar radiation
- ☆ Indoor solar radiation

Relative humidity

- ▽ Outdoor relative humidity
- ▼ Indoor relative humidity

Boiler

Hot-air duct

그림 1. Shapes and measuring points of green-house models

2.2 측정개요

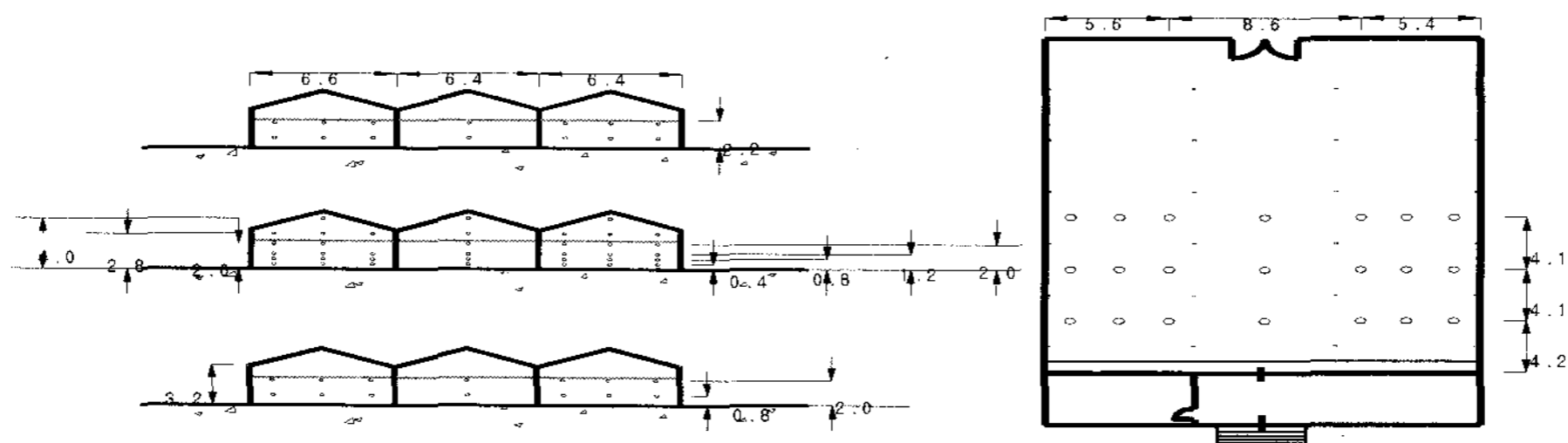
각종 계측용 센서는 하우스내의 온열환경이 파악될 수 있는 최소한의 공간만을 선정하여 실내외 공기온도, 흑구온도, 일사량, 상대습도를 측정하였으며, 각 센서로부터 측정된 데이터는 데이터 로거(Datascan 7320, Datascan)를 통해 매 10초마다 컴퓨터에 자동적으로 저장되게 하였다. 하우스의 공기온도, 흑구온도 및 외기온도는 열전대(T-type)에 의해 측정하였으며, 특히 온도측정점은 하우스 4개동에 총 320점을 설치함으로써 하우스내 온열환경을 비교적 상세히 파악할 수 있도록 하였다. 그림 1, 2에 나타난 바와 같이 연직방향 온도측정점은 모든 하우스에서 하우스 장 변 길이방향 1개 단면을 상세 측정단면(3개의 측정점)으로 선정하고, 각 측정점당 지상 0.4m, 0.8m, 1.2m, 2.0m, 2.8m, 4.0m높이에 열전대를 설치하여 연직방향 온도분포를 파악할 수 있도록 하였다. 또한 수평방향에 대해서도 각 하우스마다 21개의 측정점을 선정하고 각 측정점당 상하 2개의 측정점(재배 작물의 높이를 고려하여 0.8m, 2.0m높이로 가정)을 설치하여 수평방향 온도분포를 파악하였다. 실내공기온도 이외에 지상 0.8m높이(2개소)에 흑구온도계(Vernon식, SATO)를 설치하여 하우스내 복사환경을 측정하였다. 투명하고 비교적 단열이 취약한 외피로 마감되어 주간 일사유입과 야간의 복사냉각 효과가 탁월하게 작용하고 있는 농업시설물에서는 흑구온도가 하우스내 온열환경 평가에 중요한 지표로 활용될 것으로 사료된다. 외기온도는 센서로 유입되는 복사의 차단과 정확한 온도계측을 위해 아스만 통풍건습계와 동일한 원리의 보조장치를 제작하여 계측하였다. 그리고 실내에 설치된 모든 온도센서의 직상부에는 일사차폐물을 설치하여 센서가 일사 및 상부로부터의 복사에 직접적으로 노출되지 않도록 배려했다. 또한 하우스 내외부에 일사량계를 설치하여 하우스로 유입되는 일사량을 계측하였으나, 본 논문에서는 주로 야간의

난방시간대 온열환경에 대해 중점적으로 검토하였으므로, 일사량의 제시는 생략토록 하였다. 이 밖에도 상대습도계(HK8607, Delta OHM사)를 하우스 내외부에 설치하여 상대습도의 변화추이를 계측하였으며, 각 하우스별 난방에 필요한 유류소비량을 계측하기 위하여 온풍난방기의 유류공급계통에 유량계(Flo-sensors Models 101, Mcmillan사)를 각각 설치하여 유류소비량을 매 초마다 컴퓨터에 수록할 수 있는 유량 검침시스템을 구축하였다.

2.3 실험조건

각 하우스별 실험조건을 표 1에 정리하였다. 각 하우스별 온열환경을 보다 정량적으로 파악하기 위하여, 본 연구에서는 동일부지, 동일 향, 동일 형상의 하우스, 동일한 기상조건 하에서 동시에 실험을 실시함으로써 실험결과에 대한 하우스 상호간의 객관적 비교가 가능하도록 하였다. 실험대상 하우스 4개동에는 각각 온풍난방기를 설치하고 지표면에 동일 형상 및 간격으로 배치된 온풍덕트를 통해 실내를 난방하며, 온풍덕트의 직상부(지면에 대해 90. 각도)에는 길이방향으로 일정 위치(약 2.4m간격)마다 온풍취출구를 두었다. 본 논문에서는 하우스의 실내공기용적 변화가 하

우스내 온열환경에 미치는 영향을 파악하기 위하여 하우스A, C, D동에는 지상 2.8m, 2.45m, 1.9m높이에 기밀성이 확보될 수 있도록 투명비닐을 수평으로 설치하여 투명비닐막 하부의 온열환경을 상세히 검토할 수 있도록 하였다. 하우스 B동은 단일외피 상태(하우스내부에 추가적인 비닐막 미설치)로 설정하여 이중외피 적용유무에 따른 실내분포특성을 비교할 수 있게 하였다. 그러나 전술한 바와 같이 하우스C동의 경우 실험 중 데이터가 결측되어, 본 논문에서는 하우스C동을 제외한 나머지 3개동의 실험결과에 국한하여 보고하였다. 실험기간은 동절기가 아닌 4월(2001년 4월 2일~29일)에 실시된 관계로 일사가 유입되는 주간에는 재배작물의 고온피해를 예방하기 위하여 하우스에 설치된 측창 및 실내 비닐막을 개방하여 실내를 환기상태로 유지하였으며, 야간에는 각 하우스별로 난방온도를 설정하여 실내외 온도차가 형성되게 하였다. 본 논문에는 외기온도가 비교적 낮은 하루를 대표일(2001년 4월 4일 13:00~5일 13:00시)로 선정하고, 대표일 야간시간대의 하우스내 온열환경에 대해 집중적으로 검토하였다. 또한, 실험결과를 효율적으로 분석하기 위하여 본 논문에서는 각 하우스마다 지상 0.8m높이를 실내기준높이로 설정하고 기준



(unit : m)

그림 2. Detail measuring points of greenhouse models

높이에 설치된 21개소의 공기온도(기준면온도) 평균치를 실내기준온도로 정의하여 나타내었다. 각 하우스의 실내설정온도는 17°C로 설정하였으나, 각 하우스에 설치된 온풍난방기의 형식 및 서모스탯 특성, 위치별 온도 등의 조건들이 다소 상이하므로 하우스별 보일러 설정온도 및 각 하우스의 난방 작동시각은 반드시 일치하지는 않았다. 따라서 본 논문에서는 각 하우스에서 실제로 야간에 난방기가 작동되는 시각대를 중심으로 결과를 정리하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 공기온도분포

대표일의 외기온도, 하우스내 공기온도 평균치를 표 2에 나타내었다. 대표일의 외기온도는 주

간의 경우 10~20°C, 야간평균은 약 6°C전후를 나타냄으로써, 4월임에도 불구하고 야간시간대에는 비교적 낮은 온도를 유지하였다. 대표일의 하우스A, B, D동의 주간 실내기준온도(표 2, 그림 3)는 실내로 유입되는 강한 일사의 영향으로 하우스 측창 등의 개구부를 통해 자연환기가 수반됨에도 불구하고 정오 무렵을 정점으로 약 30°C까지 상승하였으며, 그 이후 시간이 경과함에 따라 점진적인 하강곡선을 나타내었다. 야간시간대에는 하우스A, B, D동의 실내기준온도가 각각 14~21°C, 14~18°C, 14~21°C로써, 온풍난방이 지속되는 익일 새벽까지 보일러의 작동상태에 따라 실온이 규칙적으로 변화하였다. 그림 3에서 알 수 있는 바와 같이, 각 하우스별 야간시간대의 실내기준온도를 분석하면 단일외피이고 실내공기용적이 가장 큰 하우스B동이 실내에 비닐막을

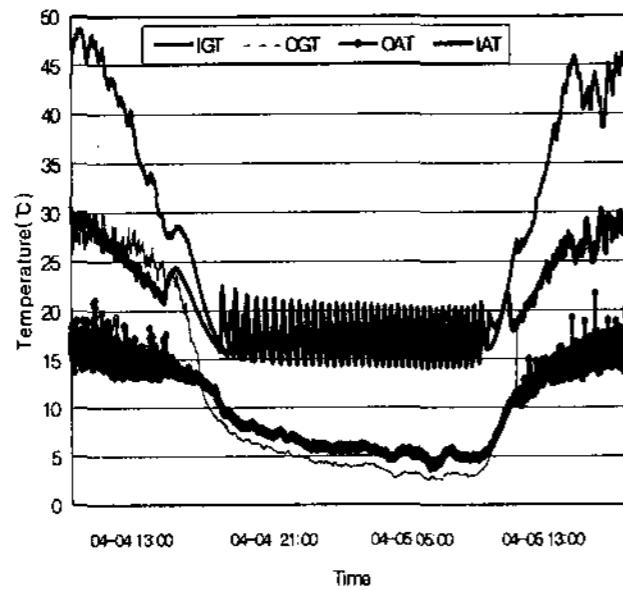
표 1. Experimental conditions

Item	Side-windows open or not	Height of indoor's vinyl screen	The indoor air-volume	Heating time	Setting temp. of heating	Indoor average temp.
Greenhouse A	Daytime : Open Nighttime: Closed	2.8m above the ground	1393.5m ³	2001/04/04 20:00 ~04/05 06:00	17 °C	17.2 °C
Greenhouse B	Daytime : Open Nighttime: Closed	Nothing (Only outdoor plastic)	2022.1m ³	2001/04/04 20:00 ~04/05 06:00	17 °C	16.1 °C
Greenhouse D	Daytime : Open Nighttime: Closed	1.9m above the ground	955.8m ³	2001/04/04 20:00 ~04/05 06:00	17 °C	16.9 °C

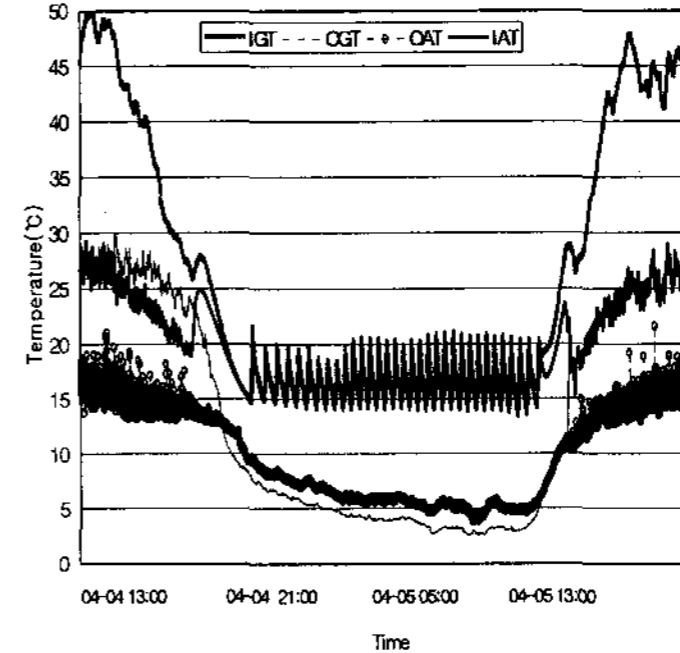
표 2. Results of experiment

Item	Outdoor air temp.(°C)			Indoor average temp. at 0.8m height(°C)			Globe temp.(°C)			Relative humidity(%)			Oil consumption(ℓ)
	13~20 (7hrs)	20~06 (10hrs)	06~13 (7hrs)	13~20 (7hrs)	20~06 (10hrs)	06~13 (7hrs)	13~20 (7hrs)	20~06 (10hrs)	06~13 (7hrs)	13~20 (7hrs)	20~06 (10hrs)	06~13 (7hrs)	20~06 (10hrs)
House A	14.1	6.1	11.9	23.5	17.2	23	33.1	16.7	32.4	55.9	66.9	54.6	46.2
House B	''	''	''	23.5	16.1	22	34.2	16.3	34	52.9	65.5	51.4	70.4
House D	''	''	''	22.5	16.9	22	33.1	16.1	33.8	49.8	67.6	48.3	40

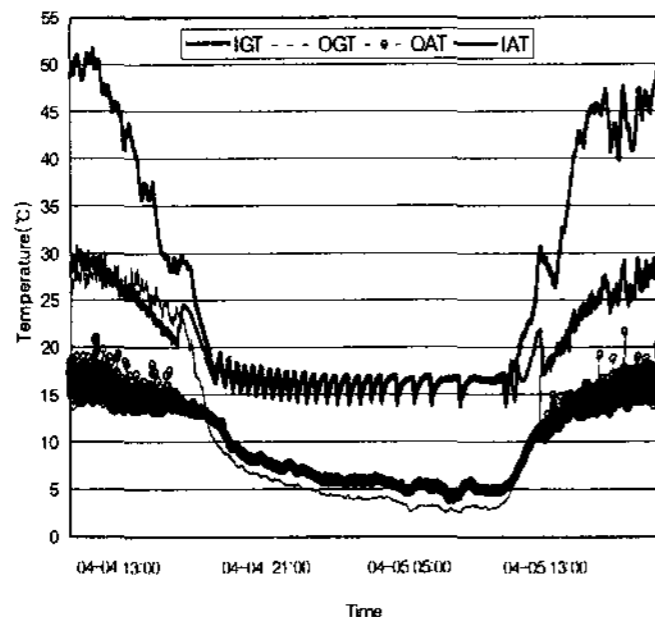
* Date 13:00 April 4 ~ 13:00 April 5



(a) Greenhouse A



(c) Greenhouse D



(b) Greenhouse B

【범례】

- IGT(Indoor globe temp.)
- OGT(Outdoor globe temp.)
- OAT(Outdoor air temp.)
- IAT(Indoor air temp. at 0.8m height)

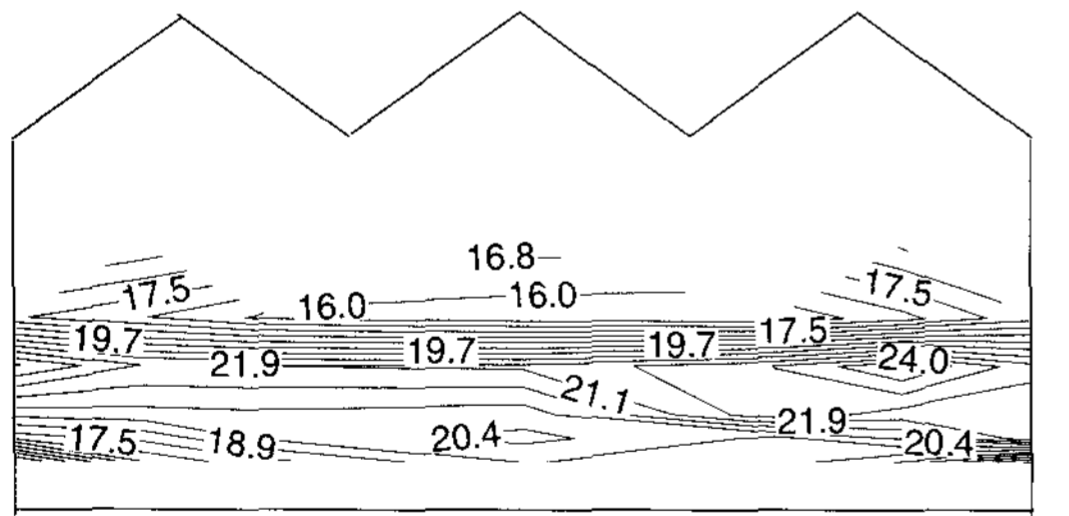
그림 3. Variations of temperature with time in greenhouse models

추가적으로 설치하여 난방부분의 공기용적을 크게 줄인 하우스A, D동의 경우보다 1회 난방연속 작동시간이 긴 것으로 나타났으며, 야간시간대의 난방기 가동빈도 및 난방기 가동시의 온도변화 응답성도 난방영역의 공기용적이 상대적으로 적은 하우스A, D동이 높은 것으로 조사되었다. 즉, 하우스 A, D동의 경우 실내비닐막 설치에 따른 난방공기용적 축소와 단열보강효과에 기인하여 1회 연속난방가동시간이 단축되고 공기용적 축소에 따른 난방응답성이 향상되어 난방기 1회 작동에 따른 온도변화폭이 상대적으로 큰 것으로 조사되었다. 야간시간대의 각 하우스별 실내기준온도(평균값)는 하우스A, B, D동에서 각각 17.2°C, 16.1°C, 16.9°C로써 하우스별로 약 1°C 전후의 온도차를 나타내었지만, 각 하우스의 난방유류 소

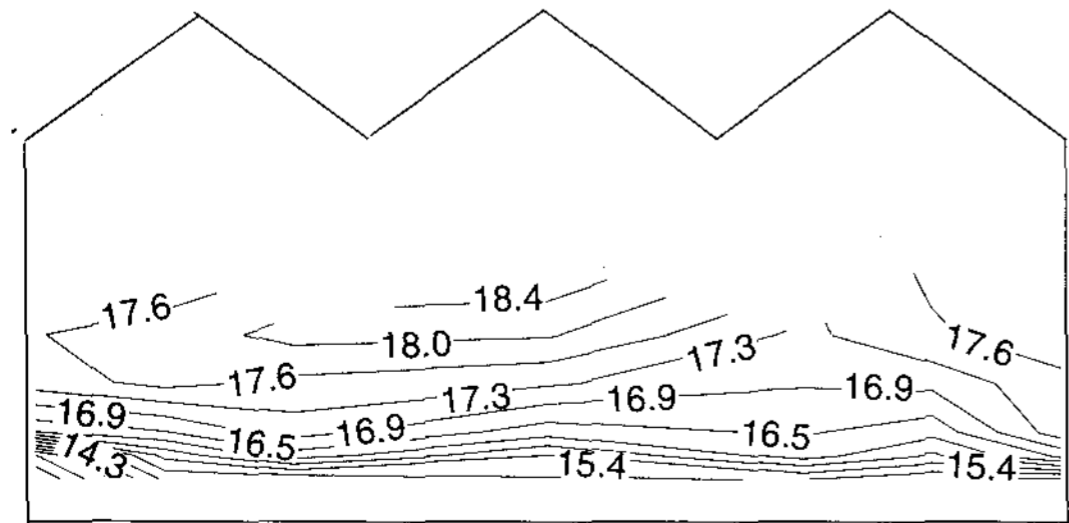
비량은 각각 46.2ℓ, 70.4ℓ, 40ℓ로써 현격한 차이를 보였다. 즉, 대표일의 이들 하우스에 대한 유류소비량의 경우 이중외피로써 실내공기용적이 하우스B동 대비 각각 69%와 47%인 하우스A동, D동의 유류소비량이 단일 외피로써 하우스 실내공기용적이 가장 큰 하우스B동의 유류소비량보다 34%와 43%가량 절감된 것으로 조사되었다. 특히 하우스B동의 난방작동 시간대 실내기준 온도가 16.1°C로서 하우스A, D동보다 약 1°C 낮게 설정된 것을 고려하면, 이중외피 및 실내공기용적 축소에 따른 난방에너지 소비량 절감효과는 이보다 훨씬 클 것으로 예상된다. 또한 하우스A동과 D동의 실험결과를 비교하면 두 하우스 모두 실내에 비닐막을 설치한 상태에서 추가적으로 실내공기용적을 하우스A동보다 69%가량 줄인 하

우스D동이 하우스A동보다 난방에 필요한 유류 소비량을 약 14%정도 절감할 수 있는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 대표일 1일에 국한한 실험결과이므로 기상상태 등의 실험조건 변화 및 실험기간을 보다 길게 설정한다면 다소의 차이는 발생될 수 있을 것으로 사료되나, 하우스의 외피 단열 및 실내공기용적 축소에 따른 하우스 난방에너지 절감효과를 가시적으로 관찰할 수 있었다는 측면에서 본 연구결과가 기여하는 바는 큰 것으로 기대되며, 하우스 외피단열 및 실내공기용적 축소는 하우스 난방에너지 절감에 결정적인 영향을 미칠 수 있는 중요한 변수임이 본 실험을 통해 확인할 수 있었다.

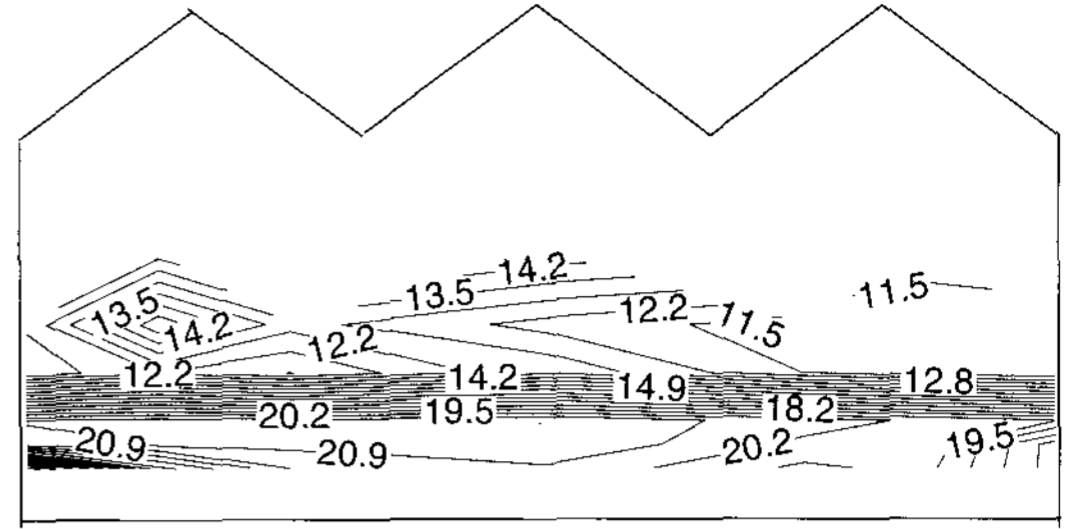
대표일의 심야시간대 하우스내 연직 및 수평방향 등온도분포를 그림 4, 5에 나타내었다. 온풍난방기가 작동중인 03시의 각 하우스의 연직방향 등온도분포의 경우 하우스 내측에 비닐막을 추가로 설치한 하우스A와 D동에서는 각각 소정의 높이에 설치된 비닐막을 경계로 상하간에 현격한 온도차를 관찰할 수 있었다.



(a) Greenhouse A

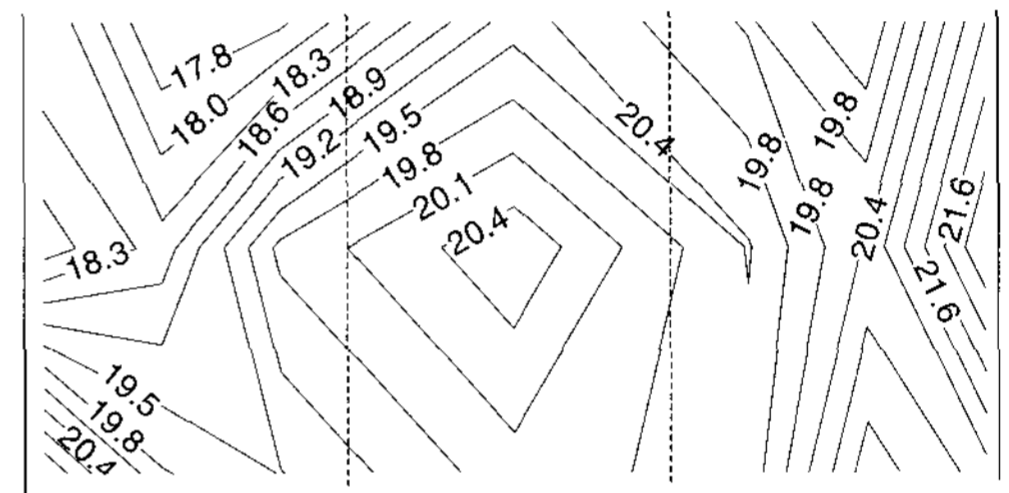


(b) Greenhouse B

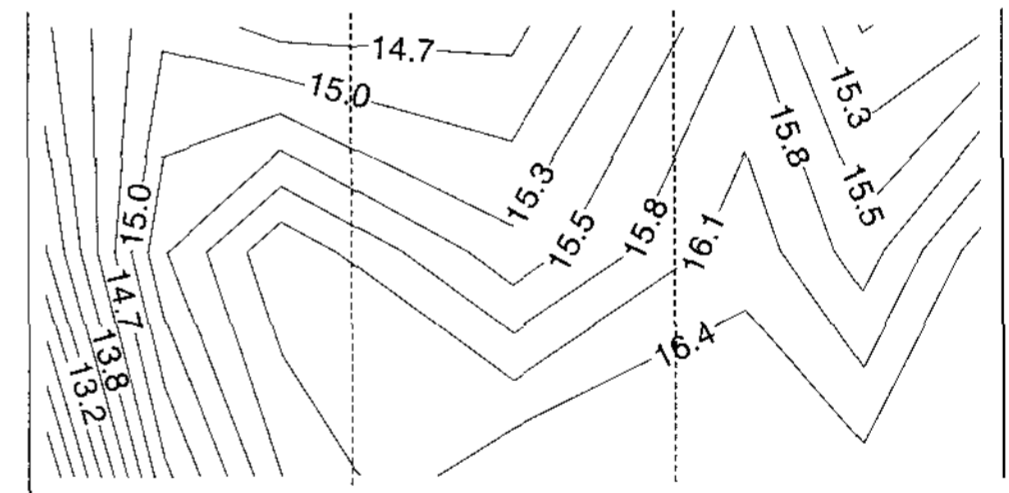


(c) Greenhouse D

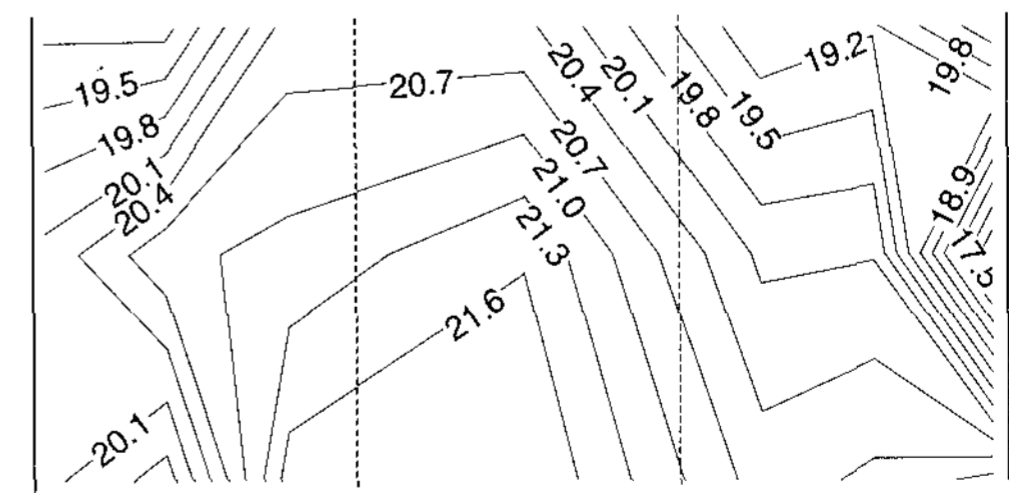
그림 4. Temperature variations in vertical view at the middle of longitudinal direction(24:00 April 4, 2001)



(a) Greenhouse A



(b) Greenhouse B



(c) Greenhouse D

그림 5. Temperature variations on plane at 0.8m height (24:00 April 4, 2001)

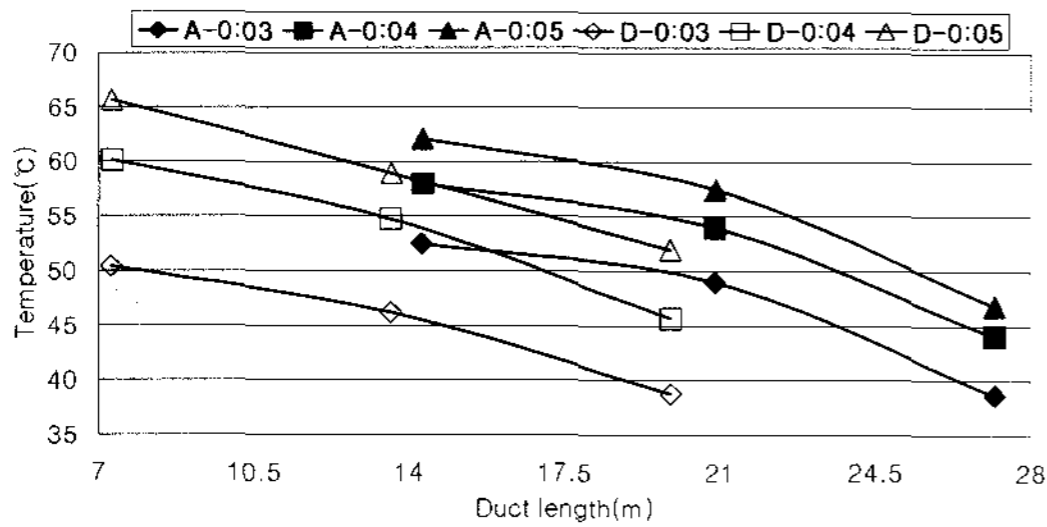


그림 6. Relationship of air temperature and duct length

지상 2.8m높이에 실내비닐막을 설치한 하우스 A동의 경우 위치에 따라 다소 차이는 있으나 비닐막 하부공간에서의 상하온도차는 약 1~2°C이 내로써 비교적 균일한 온도를 나타내었으며, 비닐막의 상부는 하부보다 약 4°C정도 낮은 온도를 나타내었다. 실내 비닐막의 설치높이가 지상 1.9m로써 하우스A동보다 실내 비닐막 설치높이가 0.9m 가량 낮은 하우스D동의 경우 비닐막 하부에서는 온도차 1°C이내의 극히 균일한 온도를 나타내었으며, 실내비닐막 상부는 전반적으로 하부보다 약 6°C 정도 낮은 온도를 나타내었다. 그리고 단일 외피조건인 하우스B동의 경우연직방향으로 약 3°C내외의 비교적 큰 상하온도차를 나타내었으며, 상부로 향할 수록 비교적 고온을 형성함으로써 작물재배영역 및 열류의 분포측면에서 에너지의 유효이용과는 상반된 분포특성을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 즉 하우스A와 D동의 결과를 비교하면 실내비닐막의 설치높이가 지상으로부터 낮게 설치하여 난방영역의 공기용적

을 상대적으로 적게 설정하는 것이 상하 및 위치별 온도차를 크게 경감시켜, 결국 하우스내 온도 균일화에 유리한 결과를 도출할 수 있었다. 이상의 결과를 종합하면, 하우스 내부에 실내 비닐막을 추가로 설치하는 것은 실내비닐막에 의한 열관류저항을 크게 하여 하우스 단열성 향상뿐 아니라 지표면 부근에서 취출된 온풍이 부력에 편승하여 상부공간으로 이동하는 열류 차단에 유효하게 작용하고 있음을 본 실험결과를 통해 입증할 수 있었다. 수평방향 온도분포(그림 5)는 지면에 설치된 온풍공급덕트의 배치상태에 따라 다소 위치별 온도차가 관측되었으나 비교적 균일한 온도를 나타내었다. 다만, 온풍공급덕트가 배치된 길이방향으로는 온풍취출온도가 점진적으로 하강(표 3, 그림 6 참조)하므로, 이러한 경향을 수평방향 등 온도 분포에서도 확인할 수 있었다.

3.2 흑구온도분포

대표일의 흑구온도를 그림 3에 나타내었다. 주간시간대의 흑구온도는 태양복사의 영향으로 일출과 동시에 상승하기 시작하여 정오 무렵에는 모든 하우스에서 실내외 온도가 각각 50°C와 30°C 전후의 고온을 나타내었다. 태양복사의 효과가 반영되지 않은 실내공기온도(최고치 약 30°C)와 비교하면 실내 흑구온도는 대단히 높은 값을 나타내었다. 일몰 무렵 및 야간시간대의 흑구온도는 공기온도와 근사하거나 다소 낮은 온도를 나타내었다. 흑구온도의 일변화는 실내와 실외에서 각각

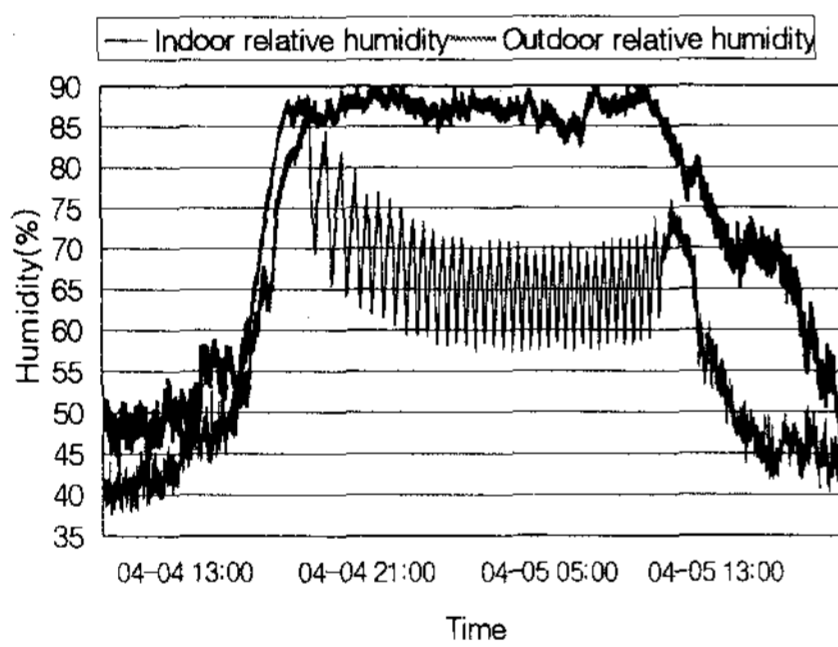
표 3. Air temperature in duct

Item	Time	Position 1 (from hot air furnace) / temp.	Position 2	Position 3	Temperature fall per meter
A-duct	00:03	14.3m/52.5°C	20.9m/49°C	27.2m/38.7°C	1.1°C/m
	00:04	14.3m/58°C	20.9m/53.9°C	27.2m/44.1°C	1.1°C/m
	00:05	14.3m/62.1°C	20.9m/57.4°C	27.2m/46.8°C	1.2°C/m
D-duct	00:03	7.3m/50.4°C	13.6m/46.2°C	19.9m/38.8°C	0.9°C/m
	00:04	7.3m/60.1°C	13.6m/54.8°C	19.9m/45.7°C	1.1°C/m
	00:05	7.3m/65.7°C	13.6m/58.9°C	19.9m/51.9°C	1.1°C/m

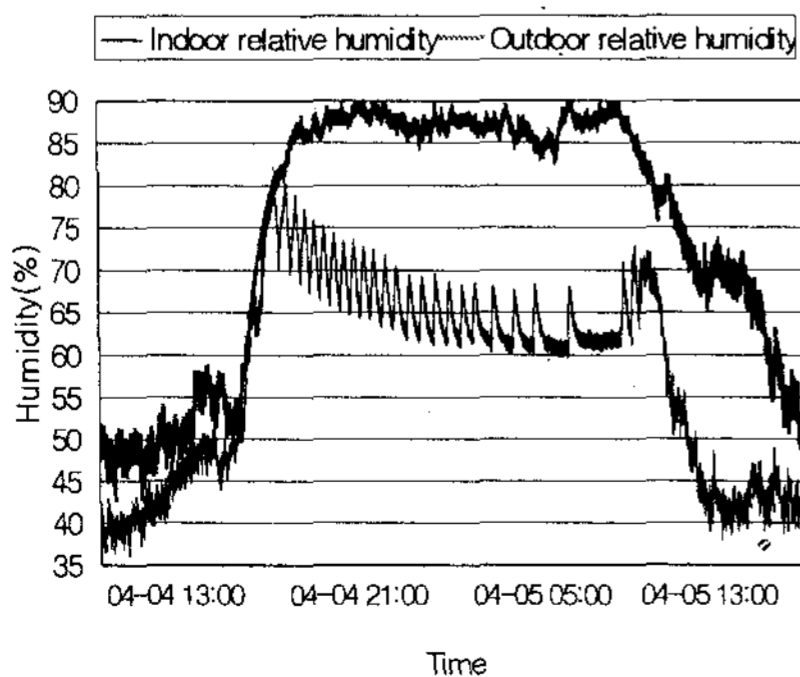
35℃와 25℃전후의 값을 나타냄으로써, 실내외 공기온도의 일변화치인 15℃와 13℃보다 2배 이상 높은 현저히 큰 차이를 나타내었다. 따라서, 투명외피와 상대적으로 단열이 취약한 외피로 마감되어 태양복사 유입 및 야간복사 냉각효과가 탁월한 시설원예용 하우스에서는 온열환경설계시 복사에 대한 효과를 신중히 고려하여야 하며, 이를 효과적으로 제어할 수 있는 방안이 강구되어야 할 것으로 사료된다.

3.3 상대습도분포

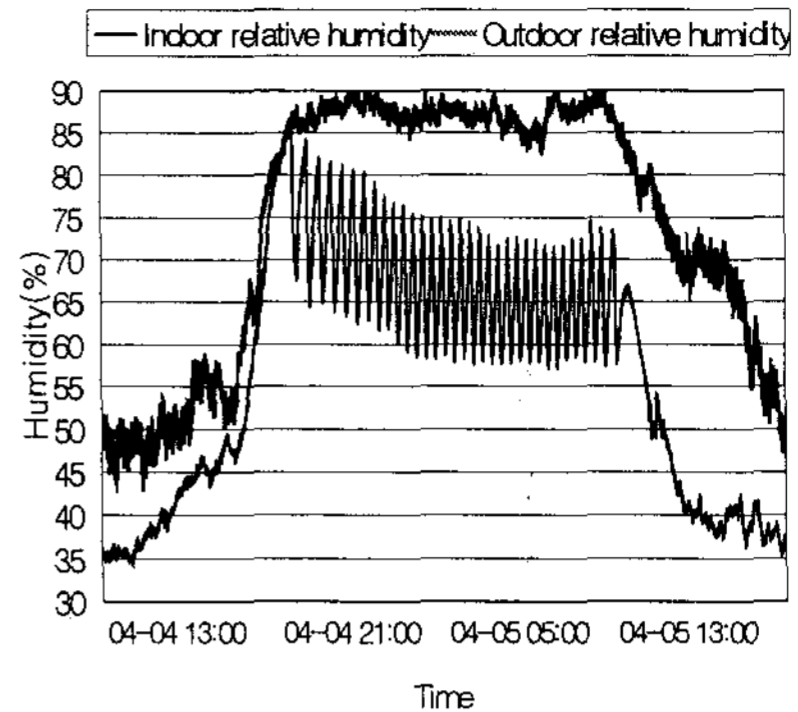
대표일의 상대습도를 그림 7에 나타내었다. 주간 시간대 각 하우스의 실내외 상대습도는 30~50%의 비교적 낮은 값을 나타내었으며, 각 하우스별 상대습도차도 그다지 크게 발생하지 않았다. 기온



(a) Greenhouse A



(b) Greenhouse B



(c) Greenhouse D

그림 7. Variations of relative humidity with time in greenhouse models

이 하강하는 야간시간대에도 외기온에 연동하여 옥외 상대습도는 비교적 높은 90%전후의 균일한 분포를 나타내었으며, 실내의 상대습도도 온풍난방기의 작동상태에 따라 60~80% 범위에서 규칙적으로 변화하고 있음을 확인할 수 있었다.

3.4 덕트길이와 취출온도의 상관관계

하우스내의 지표면에 설치된 온풍공급 덕트의 위치별 온도변화 추이를 표 3, 그림 6에 나타내었다. 온풍기에서 하우스내 각 위치로 배치된 덕트내의 공기온도는 온풍기에서 멀어질수록 덕트내 공기온도가 하강하였으며, 본 논문의 검토대상 시각대에서는 온풍덕트의 단위길이당 온도하강 정도가 0.5~0.6℃/m로써 온도하강 정도가 비교적 큰 것으로 조사되었다. 따라서 온풍난방기를 하우스의 가장자리에 설치하거나 하우스의 길이가 상대적으로 긴 하우스에서 온풍난방시스템을 적용할 경우 길이방향으로의 취출온풍의 온도하강 억제를 위한 덕트 배치방법의 개선 등의 적절한 대책이 수립되어야 하며, 이에 대한 적절한 대책이 마련되지 않는다면 사실상 이에 기인한 큰 폭의 실내온도차 발생을 용인하는 결과를 초래하게 될 것으로 사료된다.

4. 결론

본 실험을 통해 온풍난방을 채용한 3연동 필라스틱 하우스의 이중 외피 및 실내공기용적 변화에 따른 하우스내 온열환경특성을 상세히 검토하였다. 검토한 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

① 하우스의 실내기준온도는 주간인 경우 실내로 유입되는 강한 일사의 영향으로 약 30℃까지 상승하였으며, 야간시간대에는 온풍난방기의 설정온도를 기준으로 14~21℃ 범위 내에서 규칙적으로 변화하였다.

② 하우스에 비닐막을 추가로 설치하여 난방부분의 공기용적을 축소할 경우 단열효과 증대와 난방에 필요한 실내공기용적 축소에 따른 열용량 감소 등의 영향으로 온풍난방기의 1회 연속작동시간이 비교적 짧은 것으로 조사되었으며, 난방기 가동빈도 및 난방기 가동시의 실내온도변화 응답성은 높게 나타났다.

③ 각 하우스의 유류소비량은 외피단열상태 및 난방부분의 실내공기용적에 따라 큰 차이를 나타내었으며, 이중외피 설치에 따른 유류소비량 절감효과가 실내공기용적 변화에 따른 효과보다 상대적으로 큰 것으로 조사되었다. 그리고 실험결과에 의하면 외피상태 및 난방부분의 실내공기용적이 축소됨에 따라 난방유류 소비량은 30~40%정도 절감됨으로서 하우스의 외피단열상태 및 실내공기용적 최소화는 하우스 난방에너지 절감에 결정적인 영향을 미치는 변수임이 본 연구를 통해 확인되었다.

④ 하우스 내부의 소정 높이에 실내비닐막을 설치할 경우 하우스 단열성 향상 및 부력에 편승한 상승열류를 효과적으로 차단함으로써, 난방에너지절감과 실내온도 균일화에 크게 기여하는 것으로 조사되었다.

⑤ 주간시간대의 실내흑구온도는 태양복사의 영향으로 일출과 동시에 상승하기 시작하여 정오 무렵에는 50℃의 고온을 나타내었으며, 야간시간대에는 공기온도와 근사하거나 다소 낮은 온도를

나타내어, 하우스 설계시 외부로부터의 복사는 효과적으로 제어되어야 할 변수임이 본 실험을 통해 재확인되었다.

⑥ 온풍공급 덕트의 길이에 따른 온도강하 정도는 온풍난방기가 작동되는 임의의 시각대에서 측정된 결과 온풍덕트의 단위길이당 0.5~0.6℃/m로써 비교적 큰 폭의 온도하강이 수반되는 것으로 나타났다. 따라서 온풍난방시스템 적용시 덕트 배치방법 개선 등의 취출온풍 온도하강을 억제할 수 있는 적절한 대책의 마련이 필요한 것으로 조사되었다.

참고문헌

- 1) 문두길 외, "신제 시설원예학", 양문사, 1993.
- 2) 최동호·허종철·임종환·조은숙, "시설원예용 하우스의 동절기 비난방시의 온열공기환경 특성에 관한 실험적 연구", 대한건축학회, 대한건축학회 논문집 제14권 제5호, pp. 249-258, 1998.
- 3) 최동호·허종철·임종환·김용덕, "온풍난방시 시설원예용 하우스의 온열공기환경 특성에 관한 실험적 연구", 대한건축학회, 대한건축학회 논문집 제14권 제11호, pp. 351-362, 1998.
- 4) 최동호·허종철·임종환, "일사량 조정이 시설원예용 하우스내 온열공기환경에 미치는 영향", 대한건축학회, 대한건축학회 논문집 제14권 제12호, pp. 219-230, 1998.
- 5) 최동호·허종철·임종환·서효덕, "전기히터식 난방, 온풍난방 및 무가온 단동 필라스틱 하우스의 열환경 비교", 한국생물환경조절학회지 제8권 제2호, pp.125-135, 1999.
- 6) 최동호·허종철·임종환·서효덕, "전기히터식 난방, 온풍난방시스템을 채용한 단동 필라스틱 하우스의 열부하 해석 및 난방성능 평가", 한국생물환경조절학회지 제8권 제2호, pp.136-146, 1999.