생물환경조절학회지 (J. Bio-Env. Con.) 8(2) : 136~146, 1999

전기히터식 난방, 온풍난방시스템을 채용한 단동 플라스틱 하우스의 열부하 해석 및 난방성능 평가

최동호* · 허종철[1] · 임종환[1] · 서효덕[2]
제주대 건축공학과, [1]제주대 기계공학과, [2]농촌진흥청 제주농업시험장

Evaluation of Heating Performance and Analysis of Heating Loads in Single Span Plastic Greenhouses with an Electrical or Hot-Air Heating

Choi, Dong-Ho* · Huh, Jong-Chul[1] · Lim, Jong-Hwan[1] · Suh, Hyo-Duk[2]
Dept. of Arch. Eng., Cheju Nat'l Univ. · [1]Dept. of Mech. Eng., Cheju Nat'l Univ. · [2]Cheju Agricultural Experiment Station, RDA

Abstract

A series of experiments were carried out in winter to investigate the indoor thermal environment in greenhouses with different kinds of heating systems, and characterize the energy consumption, heat transport and thermal energy efficiency of each system. By the quantitative calculation of heat losses which transmit through the covers of greenhouse, the fundamental data of energy-saving of the particular heating system were obtained. And from the analysis of air temperature differences between indoor and outside, it was possible to select more effective energy-saving and comfortable heating system in greenhouses. The electric heater was more stable in thermal environment and cheaper in cost, since it could be used during the surplus time of electric power from 10:00 P.M. to 8:00 A.M. But the low air temperature in greenhouses besides these times resulted in a chilling problem of the crops. The heating system by hot air had the advantage to show nearly uniform temperature difference by the height above the ground. But the system had the disadvantage to require more energy consumption than the electric heating system.

주제어 : 에너지 소비, 난방 방식, 하우스내 열환경
Key words : Energy consumption, Heating system, Indoor thermal environment
* Corresponding author

서 론

하우스의 난방계획을 수립함에 있어서, 하우스에 도입되는 난방방식과 난방설비의 성능, 에너지 소비효율, 쾌적성, 경제성에 대한 체계적인 검토가 이루어져야 한다. 특히, 난방방식의 적정성을 판단하고 난방에너지를 절감할 수 있는 하우스를 설계하기 위해서는 하우스에 채용되는 난방방식별 분포특성과 하우스 내외로 유출입되는 열이동 프로세스의 해석을 통한 정량적인 열량 산정과 체계적인 분석이 전제되어야 한다. 난방방식별 분포특성에 관해서는 복수의 플라스틱 단동 하우스에 전기히터식 난방, 온풍난방, 무가온 상태로 설정한 최 等(1999)의 연구를 통해 난방방식별 분포특성 등을 정량적으로 파악할 수 있었다. 하우스 내외로 유출입되는 열량을 산정하기 위한 열부하 해석은 이미 서 等(1996)과 손 等(1996)의 연구를 통해서도 소개되고 있다. 서 等(1996)의 연구에서는 특정지역의 기상데이터를 이용한 수치시뮬레이션에 의해 중장기적으로 하우스의 열적 거동을 검토하여 난방소요 열량산정 및 냉방효과 분석법과 그 효과를 소개하였으나 계산변수는 당해 하우스의 측정치보다는 가정된 기상데이터를 주로 이용하였으며, 당해 하우스내를 동일온도로 가정하므로서 난방방식별로 나타날 수 있는 하우스내 위치별, 높이별, 세분화된 시간대별 온도차에 따른 효과가 제대로 반영되지 않았다. 손 等(1996)의 연구 또한 실험치와 수치시뮬레이션 결과를 상호 비교하였으나, 포괄적인 환경조절 모델에 관한 수치시뮬레이션의 해법에 치중하여 검토되었다.

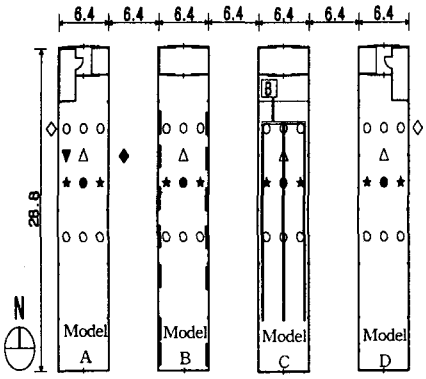
따라서, 본 연구에서는 무가온 상태, 전기히터, 온풍난방기를 각각 설치한 복수의 단동 하우스에서 상세하게 측정한 실험데이터를 바탕으로 각 난방방식별 난방부하, 에너지 소비특성 및 난방효율에 대하여 검토하므로서, 동절기 하우스의 단열계획과 효율적 난방방식 선정을 위한 기초데이터를 제시하고자 한다. 특히, 하우스내 위치와 높이에 따라 발생될 수 있는 온도차를 반영하여 난방방식별 실내외 온도차에 따른 에너지소비량을 정량적으로 파악하였다. 또한, 온풍난방시 급기덕트 주변의 작물에 미칠 수 있는 고온 피해의 발생가능성 및 덕트길이에 따른 온도변화 추이에 대해서도 검토하였다.

재료 및 방법

1. 실험대상공간 및 측정개요

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. 하우스의 벽체 및 지붕은 단층 PC판으로 마감된 피복재 이외에, 야간복사냉각에 의한 손실열량을 경감하기 위하여 하우스 내부 벽체로부터 약 0.2 m의 위치와 지상 2~4 m 높이에 권취형으로 개폐할 수 있는 PE 보온커텐(1층)이 추가로 설치되어 있다. 하우스 A동에는 태양열 축열난방시스템을, B동은 심야전력 전기히터 설비가, C동은 경유보일러에 의한 온풍난방시스템이, 그리고 D동은 난방장치를 설치하지 않은 무가온 상태로 설정되어 있다. A동에 설치된 태양열 축열난방시스템은 현재 시운전중인 관계로, 본 논문에서는 A동을 제외한 B, C, D동의 실험결과에 대해서만 발표하였다.

측정대상공간은 하우스내 열환경이 파악될 수 있는 최소한의 공간만을 선정하여 실내외 공기온도, 흑구온도, 일사량을 측정하였으며,



(a) Plane views

(b) Elevation views

(c) Vertical-section views

(unit : m)

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

[B] Boiler

Fig. 1. Shapes and measuring points of greenhouse models

각 센서로부터 측정된 데이터는 데이터 로거(Datascan 7320, Datascan)를 통해 매분마다 컴퓨터에 입력되게 하였다. 온도는 열전대(T-type)에 의해 측정하였고, 하우스내에 총 140점의 열전대를 설치하였다. 연직 및 수평방향 온도분포는 Fig. 1 (a)에 표시된 바와 같이, 각 하우스마다 길이방향으로 1개 단면을 연직방향 상세측정단면(3개의 측점군)으로, 그리고 재배 작물의 높이를 2단계로 가정하여 지상 0.8 m와 2.0 m높이의 2개 단면을 수평방향 상세측정단면(9개의 측점군)으로 선정하였다. 또한, 실내공기온도, 외기온도 이외에 각 하우스당 1개소씩 지상 1.0 m높이에 흑구온도계(Vernon식, SATO)를 설치하였으며, A동의 실내외에 측정파장범위 400~1,100 nm의 일사센서(LI200SZ, LI-COR)를 각 1점씩 설치하였다.

2. 실험조건

하우스내 열환경을 파악하기 위한 동절기 실험은 1999년 2월 12일부터 3월 10일까지 26일간 실시되었다. 동일한 기상조건하에서 실험이 진행되었으므로, 실험결과에 대한 하우스 상호간의 객관적인 비교가 가능하다. 당일 22시부터 익일 8시까지 10시간동안 공급되는 심야전력은 하우스 내부 양측에 설치된 전기히터(방열기)를 통해 하우스 내부를 난방하고 있다(Fig 1(a)). 전기히터에 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. 온풍난방의 경우, 하우스 길이방향으로 설치된 3개 라인의 온풍덕트를 통해 실내를

난방하며, 덕트직상부(지면에 대해 90°)에는 길이방향(2.4 m 간격)으로 온풍 취출구(각 10 ㎝길이의 +자형)를 설치하였다. 그러므로, 온풍덕트의 주변작물에서 발생될 수 있는 고온피해 및 덕트길이에 따른 온도변화 추이를 분석하기 위하여, 덕트 주변의 수평, 연직방향과 길이방향으로 일정간격마다 열전대를 설치하여 덕트내 온도를 측정하였다. 난방에너지로 사용된 경유소비량은 매일 1회씩 검침하여 투입에너지를 산출하였다. 무가온 상태인 D동 하우스내 열환경 계측 데이터는 동절기에 발생할 수 있는 난방기 고장시의 작물 냉해피해의 예측과 저온성작물의 재배가능성 확인은 물론, 난방효율 평가를 위한 기초자료로서 활용한다.

본 논문에서는 실험기간 중 비교적 동절기의 기상상태를 대표할 수 있는 대표일(2월 27일 12:00~28일 12:00시)을 선정하여, 대표일의 온열환경에 대해 집중적으로 검토하였다. 또한, 실험결과를 효율적으로 정리하기 위하여 각 하우스마다 지상 0.8 m높이를 기준높이로 설정하여, 기준높이에 설치된 9개의 평균 공기온도(기준면 온도)를 실내기준온도로 정의하였다. 각 하우스의 난방설정온도는 기간에 따라 10℃와 15℃의 2종류로 구분하였다. 그리고, B동은 심야시간대에 국한하여 전력이 공급되고, C동은 실내 설정온도에 연동하여 작동하는 특성 때문에 각각의 난방 작동시간은 일치하지 않는다. 따라서, 난방방식별 난방효율 및 에너지 소비효율은 시각에 따라 달라지므로, 본 논문에서는 Table 2에 나타낸 바와 같이, 실제로 야간의 난방기가 작동되는 시간대만을 대상으로 실내외 온도차와 연료소비량과의 관계를 정리하였다.

3. 난방 열부하 해석

난방 열부하 해석은 하우스의 열손실에 영향을 미치는 모든 환경변수를 고려하여 산출하는 것이 바람직하나, 온실의 구조, 피복재에 의한 공기의 차단정도, 태양광의 투과량, 외기의 풍향·풍속 등이 동일함을 전제로 하여 산출하였다. 특히, 본 연구에서는 하우스 각 부분별로 개략적인 손실열량을 산출하는데 그 목적이 있으므로, 난방 열부하 해석에 관계되는 주요한 항목만을 정리하였다.

1) 취득열량

가. 심야전력에 의한 취득열량 (q_{ME})

$$q_{ME} = Q_E \cdot 3.6\times10^{-6} \ [MJ \cdot h^{-1}] \quad \cdots\cdots (1)$$

Q_E : 심야전력 [kW]

나. 온풍난방에 의한 취득열량 (q_{oil})

$$q_{oil} = Q_o \cdot 38.54\times10^{-6} \ [MJ \cdot h^{-1}] \quad \cdots\cdots (2)$$

Q_o : 경유 소비량 [ℓ]

다. 일사에 의한 취득열량 (q_{sol})

$$q_{sol} = A_g \cdot q_s \cdot 0.0036\times10^{-6} \ [MJ \cdot h^{-1}] \quad \cdots\cdots (3)$$

A_g : 하우스 바닥면적 [m^2]

q_s : 유입 일사에너지 [$W \cdot m^{-2}$]

2) 손실열량

가. 벽체(혹은 지붕)를 통한 손실열량 (q_w) (日本建築學會, 1980)

$$q_w = K \cdot (ti - to) \cdot A \ [MJ \cdot h^{-1}] \quad \cdots\cdots (4)$$

K : 벽체, 지붕의 열관류율 [$MJ \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot ℃^{-1}$]. 벽체, 지붕의 K값은 0.0147로 설정하였으며, 복사에 의한 손실열량은 고려하지 않았다(李, 1992).

ti, to : 실내온도, 외기온도 [℃]

A : 벽체 혹은 지붕의 면적 [m^2]. 벽체, 지붕의 면적은 각각 182.4 m^2, 186.6m^2으로 설정하여 계산하였다.

나. 틈새 바람에 의한 손실열량 (q_{IS})

$$q_{IS} = 0.0012 \cdot Q_I \cdot (ti - to) \ [MJ \cdot h^{-1}] \quad \cdots\cdots (5)$$

Q_I : 틈새바람의 양 [$m^3 \cdot h^{-1}$]

틈새바람에 의한 환기량은 환기회수를 2회로 가정하여 1,267 $m^3 \cdot h^{-1}$로 설정하였다 (申, 1995).

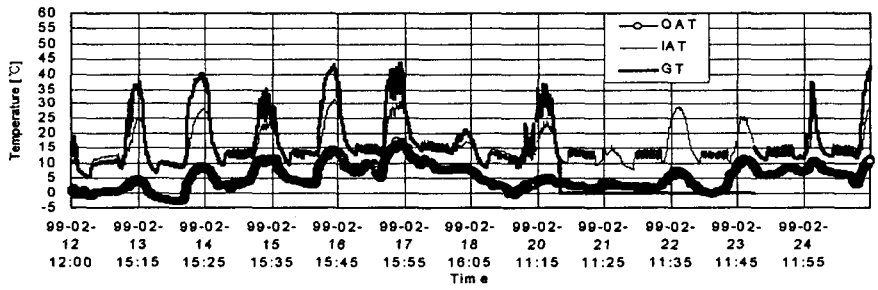
결과 및 고찰

1. 하우스내 열환경

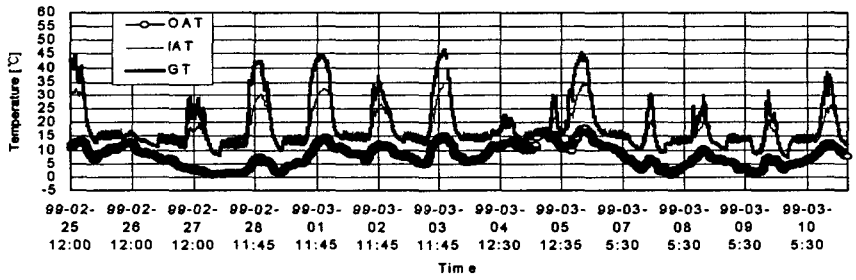
1999년 2월 12일~3월 10일(26일간)에 측정한 실내 기준온도, 흑구온도, 외기온도를 Fig.2, Fig. 3, Fig. 4에 나타내었다. 주간의 실내 온도분포는 유입되는 일사량에 비례하여 무가온 상태에서도 실내기준온도와 흑구온도는 각각 15~35℃, 15~47℃의 비교적 높은 온도를 나타냈었다. 심야전력에 의한 전기히터 난방의 경우, 일몰 직후부터 심야전력이 공급되지 않는 22시까지와 익일 8시~9시경에 다소의 실온저하가 관측되었다. 온풍난방의 경우, 난방기가 작동되는 시간대에는 약 12℃정도의 우려할 만한 큰 폭의 실온 변화가 계측되었으므로, 실온 변화폭을 줄이기 위한 적절한 대책 수립이 요망된다. 무가온 상태에서는 외기온이 하강하는 야간 시간대의 실내외온도차는 약 5℃정도로 계측되었으며, 전실험기간 동안 실내 기준온도의 최저치가 4℃ 이상을 유지하고 있으므로 제주지역은 무가온 상태하에서도 저온성 작물의 재배가 가능할 것으로 판단된다.

2. 난방 열부하 해석

열부하 해석 데이터는 하우스의 각 부분을 통해 유출되는 열량을 정량적으로 산출하

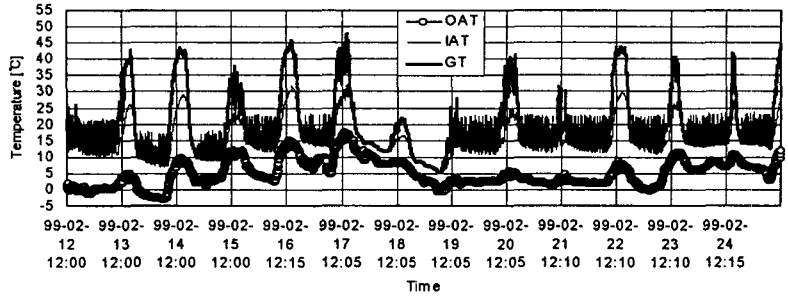


(a) Temperature variation with time (Feb. 12 ~ Feb. 25, 1999)

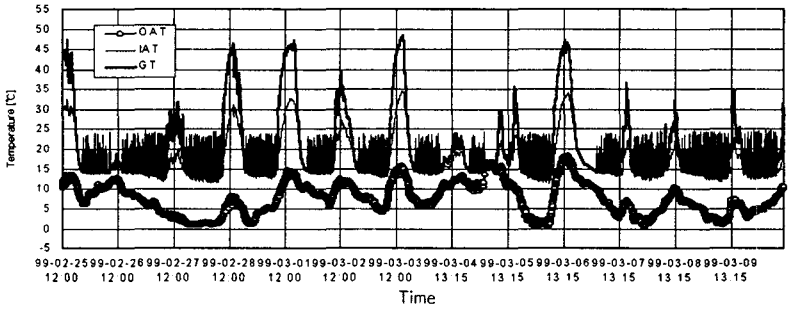


(b) Temperature variation with time (Feb. 25 ~ Mar. 10, 1999)

Fig. 2. Variations of air and globe temperature with time in plastic greenhouse B (OAT : Outdoor air-temp., IAT : Indoor average temp. at 0.8m height, GT : Globe temp.)

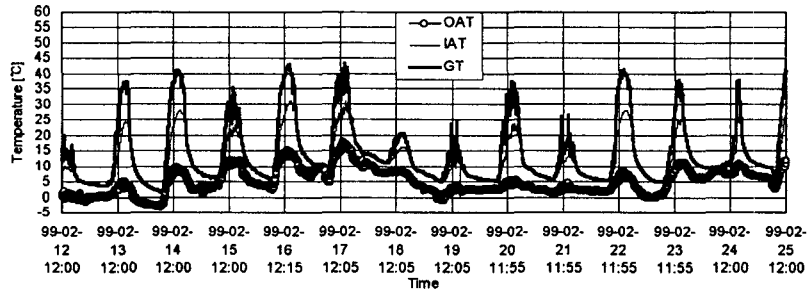


(a) Temperature variation with time (Feb. 12 ~ Feb. 25, 1999)

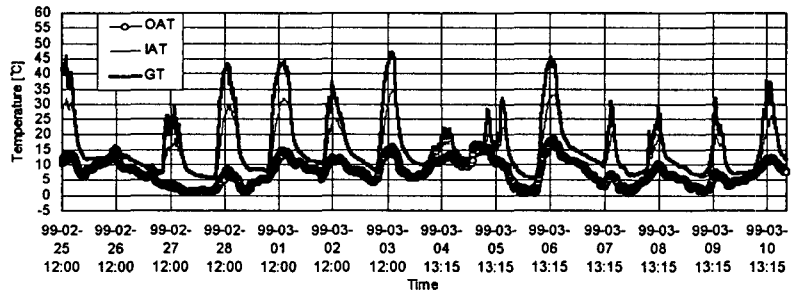


(b) Temperature variation with time (Feb. 25 ~ Mar. 10, 1999)

Fig. 3. Variations of air and globe temperature with time in plastic greenhouse C



(a) Temperature variation with time (Feb. 12 ~ Feb. 25, 1999)



(b) Temperature variation with time (Feb. 25 ~ Mar. 10, 1999)

Fig. 4. Variations of air and globe temperature with time in plastic greenhouse D

Table 1. Results of heating load in plastic greenhouse B

Time [h]	Z12 ~13	13 ~14	14 ~15	15 ~16	16 ~17	17 ~18	18 ~19	19 ~20	20 ~21	21 ~22	22 ~23	23 ~24
YEPC [kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.0	16.0
XISR [MJ]	115	152	107	100	62	52	0	0	0	0	0	0
WIAT [℃]	17.4	18.6	18.1	16.7	15.1	12.8	10.8	9.6	8.9	8.4	11.8	12.7
VOAT [℃]	2.7	2.5	2.2	2.1	1.7	1.3	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
UAHG [MJ]	115	152	107	100	62	52	0	0	0	0	65	58
TAHLW [MJ]	39	43	43	39	36	31	26	23	21	20	29	31
SAHLR [MJ]	40	44	43	40	37	31	27	24	22	20	30	32
RAHLI [MJ]	23	25	24	22	21	18	15	13	12	11	17	18
Time [h]	24 ~01	01 ~02	02 ~03	03 ~04	04 ~05	05 ~06	06 ~07	07 ~08	08 ~09	09 ~10	10 ~11	11 ~12
YEPC [kWh]	14.0	13.0	14.0	13.0	14.0	13.0	13.0	12.0	0	0	0	0
XISR [MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	77	149	189	223
WIAT [℃]	12.9	13.0	12.9	12.9	12.9	13.0	13.0	13.2	12.4	17.6	23.6	27.0
VOAT [℃]	1.3	1.4	1.4	1.3	1.1	1.2	1.3	1.6	2.1	3.1	4.5	5.6
UAHG [MJ]	50	47	50	47	50	47	47	43	77	149	189	223
TAHLW [MJ]	31	31	31	31	32	31	31	31	28	39	51	57
SAHLR [MJ]	32	32	31	32	32	32	32	32	28	40	53	59
RAHLI [MJ]	18	18	18	18	18	18	18	17	16	22	30	33

ZZ12~13 : 12:00~13:00
XISR : Indoor solar radiation.
VOAT : Outdoor air temp..
TAHLW : Amount of heat loss through wall.
RAHLI : Amount of heat loss by infiltration.
YEPC : Electric power consumption.
WIAT : Indoor average temp. at 0.8m height.
UAHG : Amount of heat gain.
SAHLR : Amount of heat loss through roof.

므로서, 하우스의 단열계획 및 실내온열환경의 효율적 제어를 위한 기초 데이터로 활용된다. 하우스의 벽체, 지붕을 통해 유출되는 관류열량, 틈새바람에 의한 손실열량, 심야전력과 온풍난방에 의한 취득열량 및 일사에 의한 취득열량을 시간대별로 산출하여 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 본 해석에서는 지중열 교환량 및 축열효과를 고려하지 않았으므로, 각 시간대별 전체 취득열량과 손실열량이 일치하지 않음을 알 수 있다. 아울러 시설농업이 에너지 집약적 농업임을 감안하여 열부하 계산의 정도를 보다 향상시키기 위해서는 관용적인 관수가 아닌 당해 하우스에 적합한 열관류율 등의 경계조건이 제시되어야 할 것으로 사료된다.

일사에너지가 실내로 유입되는 주간시간대는 취득열량이 증가함에 따라 벽체, 지붕,

Table 2. Results of heating load in plastic greenhouse C

Time [h]	[Z]12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24
[Y]OC [ℓ]	0	0	0	0	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
[X]ISR [MJ]	115	152	107	100	62	52	0	0	0	0	0	0
[W]IAT [℃]	17.3	18.7	17.7	16.1	15.5	15.7	16.8	16.8	16.5	17.1	16.2	17.0
[V]OAT [℃]	2.7	2.5	2.2	2.1	1.7	1.3	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
[U]AHG [MJ]	115	152	107	100	151	141	89	89	89	89	89	89
[T]AHLW [MJ]	39	43	41	37	37	38	42	42	42	43	41	43
[S]AHLR [MJ]	40	44	42	38	38	39	43	43	43	44	42	44
[R]AHLI [MJ]	23	25	24	22	21	22	24	24	24	25	23	25
Time [h]	24~01	01~02	02~03	03~04	04~05	05~06	06~07	07~08	08~09	09~10	10~11	11~12
[Y]OC [ℓ]	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	0	0	0
[X]ISR [MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	77	149	189	223
[W]IAT [℃]	16.4	16.7	17.0	16.5	17.1	16.5	15.9	16.0	16.0	17.5	22.7	26.3
[V]OAT [℃]	1.3	1.4	1.4	1.3	1.1	1.2	1.3	1.6	2.1	3.1	4.5	5.6
[U]AHG [MJ]	89	89	89	89	89	89	89	89	166	149	189	223
[T]AHLW [MJ]	40	41	42	41	43	41	39	38	37	39	49	55
[S]AHLR [MJ]	41	42	42	42	44	42	40	39	38	40	50	57
[R]AHLI [MJ]	23	23	24	23	25	24	23	22	21	22	28	32

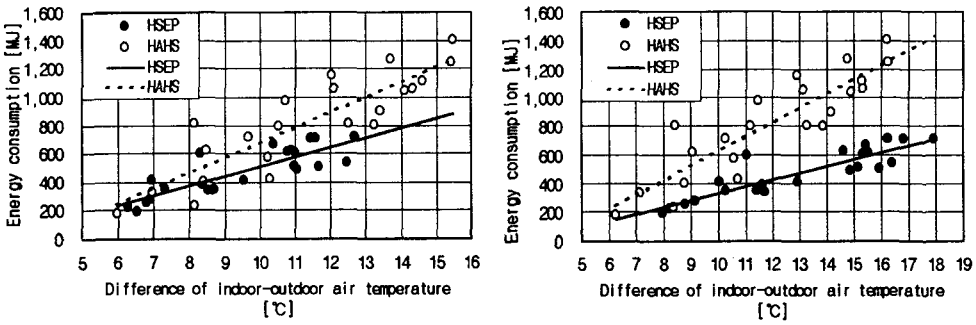
[Z]12~13 : 12:00~13:00
[X]ISR : Indoor solar radiation.
[V]OAT : Outdoor air temp..
[T]AHLW : Amount of heat loss through wall.
[R]AHLI : Amount of heat loss by infiltration.
[Y]OC : Oil consumption.
[W]IAT : Indoor average temp. at 0.8m height.
[U]AHG : Amount of heat gain.
[S]AHLR : Amount of heat loss through roof.

틈새바람에 의한 손실열량도 더불어 증가하고 있다. 반대로, 난방기가 작동하는 야간 시간대의 경우 주간보다 취득열량은 작지만 거의 일정량의 열량이 공급되므로 하우스의 각 부분별 손실열량 또한 이에 편승하여 주간보다 작으나 비교적 일정한 값을 나타내고 있다. 한편, 심야전력 난방의 경우 일몰 후 심야전력이 공급되는 22시 이전 시간대에는 하우스내의 취득열량이 없으므로 실내온도는 서서히 하강하여, 결국 실내외온도차 감소에 따른 각 부분별 손실열량도 서서히 감소하고 있다.

3. 에너지 소비량 및 난방효율

Fig. 5는 동절기 전실험기간 동안 측정된 소비전력 및 유류 소비량에 의해 산출된 투입열량(에너지관리공단, 1997)과 실

내외 온도차의 관계를 나타낸 것이다. 심야전력 난방의 경우, 심야전력이 공급되는 22시~익일 8시에는 거의 일정한 전력이 공급되고 있으나, 온풍난방의 경우에는 일사량이 유입되는 일부 주간시간대 및 심야전력공급 이전시간대에도 간헐적으로 난방기가 작동되었다. 이와 같이, 심야전력과 온풍난방은 난방시간대가 상이하므로 동일한 시간대로 설정하여 실내외 온도차를 산출할 경우, 실내외 온도차에는 유입된 일사량과 비난방시의 효과가 반영되어 난방투입열량 및 실내외온도차의 객관적인 비교가 곤란해진다. 따라서, 본 논문에서는 난방기가 실질적으로 작동된 시간대로 한정하여 투입열량과 실내외온도차를 정리하였다. 지상 0.8 m와 2.0 m높이의 평균공기온도를 각각 실내기준온도로 가정하여 산출한 실내외온도차와 난방투입열량과의 관계를 Fig. 5에 각각 나타내었다. Fig. 5에서 알 수 있는 바와 같이, 심야전력난방은 온풍난방보다 상대적으로 적은 열량으로 동일한 실내기준온도를 유지(심야전력의 기울기가 온풍난방보다 완만)할 수 있으므로, 그만큼 난방효율이 높다는 것을 시사해 주고 있다. 또한 심야전력난방의 경우, 2.0 m 높이에서의 온도가 0.8 m 높이에서의 온도보다 약 8℃정도 높게 나타나고 있으므로, 그 만큼 동일투입열량에 대해서 2.0 m 높이에서의 실내외온도차는 증대되었다. 그러므로, 2.0 m 높이의 난방효율은 0.8 m보다 높게 평가되었다. Fig. 5 (b)에서 알 수 있는 바와 같이, 지상 2.0 m높이의 온도를 설정한 온도로 유지하기 위해서는 온풍난방이 심야전력보다 상대적으로 약 2배의 에너지가 더 소비되고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 하우스의 형상, 구조, 단열상태 등 그 특성에 따라 달리 나타날 수 있다.



(a) 0.8 m level on the ground

(b) 2.0 m level on the ground

Fig. 5. Relationships of air temperature difference of indoor and outdoor, and energy consumption(HSEP : Heating system with electric power at midnight, HAHS : Hot air heating system)

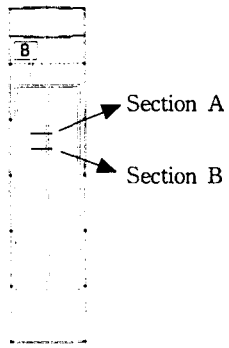
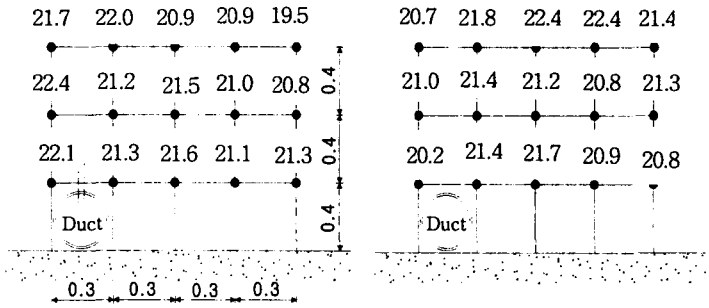


Fig. 6. Measuring points around supplying air duct



a) Section A b) Section B

Fig. 7. Temperature variation near supplying air duct

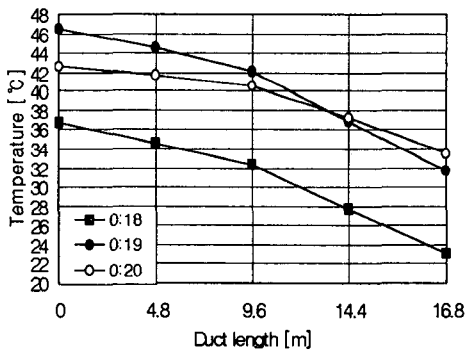


Fig. 8. Relationship between air temperature and duct length

4. 온풍난방시 덕트주변의 온열환경 및 덕트길이별 온도분포

온풍급기덕트 주변의 수평 및 연직방향으로 다수의 열전대를 설치하여 온풍난방시 덕트주변의 작물에 미칠 수 있는 고온피해의 발생 가능성을 검토하였다. Fig. 6에 나타낸 바와 같이, 온풍취출구가 설치된 위치의 연직단면(Section A)과 이 연직단면에서 2.4 m 떨어진, 즉 취출온풍의 영향권에서 벗어난 위치의 1개 연직단면(Section B)에 대하여 검토하였다. 검토대상 두 측정단면 모두 약 1℃이내의 비교적 균일한 온도가 계측되므로서, 온풍에 의한 주변작물의 고온피해는 관찰되지 않았다(Fig. 7). 이것은 덕트에서 분출된 대량의 온풍이 비교적 단시간에 실내로 확산하여 균등하게 분포하기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 덕트길이 방향으로 일정간격마다 덕트내부에 열전대를 설치하여 덕트길이에 따른 온도하강 효과를 검토하였다. 온풍이 공급되는 시간대에 1분 간격으로 측정한 각 위치별 온도분포는 보일러의 용량, 풍량, 하우스의 특성 등에 따라 차이가 있을 것으로 예상되나, Fig. 8에 나타낸 바와 같이 단위길이당 0.5~0.8℃씩 덕트내 온도가 저하하고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 길이가 긴 하우스에 길이방향으로 덕트를 길게 배치할 경우 위치별, 특히 길이방향으로 상당한 온도편차가 발생될 수 있음을 시사해 주고 있다.

적 요

본 연구에서는 동절기 시설원예용 하우스의 열환경, 난방방식별 에너지 소비 특성, 하우스내 열이동 프로세스와 난방효율에 대해서 중점적으로 검토하였다. 동절기

하우스의 벽체, 지붕을 통해 손실되는 관류열량을 정량적으로 계산하므로서, 하우스의 단열계획 및 난방에너지 절약을 유도할 수 있는 기초데이터를 제시하였다. 난방방식별 실내외 온도차와 에너지 소비량과의 관계를 정량적으로 도출하므로서, 쾌적성, 경제성을 고려한 최적의 하우스 난방방식 선정과 난방기 운용의 효율화를 유도하기 위한 기초자료를 제시하였다. 난방방식별 실내외 온도차와 에너지 소비량과의 관계로부터 도출된 결과는 심야전력 난방이 온풍난방에 비해 난방효율이 현저히 높은 것으로 나타났다. 덕트 주변의 수평 및 연직방향으로 다수의 열전대를 설치하여 온풍난방시 덕트주변의 작물에 미칠 수 있는 고온피해 발생 가능성을 검토하였으나, 약 1℃이내의 비교적 균일한 온도가 계측되므로서, 온풍에 의한 주변작물의 고온피해는 관측되지 않았다. 덕트 길이방향으로 일정간격마다 덕트내부에 열전대를 설치하여 덕트길이에 따른 온도하강 추이를 검토한 결과, 덕트 단위길이당 0.5~0.8℃의 온도강하가 계측되었다.

인용문헌

1. 서원명, 윤용철. 1996. 시뮬레이션 모형에 의한 온실의 열환경 분석. 생물생산시설환경. 5(2) : 215-235.
2. 손정익, 최규홍. 1996. 농업생산시설의 환경조절용 시뮬레이터에 관한 연구 - 수치모델에 의한 기본시스템 구축 -. 생물생산시설환경. 5(2) : 111-119.
3. 손정익. 1994. 원예시설의 환경설계 및 환경제어. 생물생산시설환경. 3(1) : 72-81.
4. 신치웅. 1995. 공기조화설비. 기문당. p. 80-81.
5. 에너지관리공단, 1997. 월간 에너지소비통계. p. 119.
6. 日本建築學會編. 1980. 建築學便覽Ⅰ. 丸善. p. 977-980.
7. 이석건 역. 1992. 농업환경조절공학. 교보문고. p. 137.
8. 최동호, 허종철, 임종환, 서효덕. 1999. 무가온, 심야전력 전기히터, 온풍난방을 채용한 단동하우스의 온열환경 비교. 한국생물환경조절학회 학술발표요지 8(1) : 1-4.