

심야전력 전기히터, 온풍난방을 채용한 단동 하우스의

열부하 해석 및 난방효율 평가

Evaluation of Heating Efficiency and Analysis of Heating Loads in Greenhouses with Heating Systems of Electric Power

Midnight or Hot Air

최동호 · 허종철* · 임종환* · 서효덕**

제주대학교 건축공학과, *기계공학과, **농촌진흥청 제주농업시험장

D.H.Choi · J.C.Huh* · J.H.Lim* · H.D.Suh**

Dept. of Arch. Eng., Cheju National Univ., Cheju, Korea

*Dept. of Mech. Eng., Cheju National Univ., Cheju, Korea

**Cheju Agricultural Experiment Station, RDA, Cheju, Korea

1. 서론

동일부지내에 설치된 각 단동하우스에 무가온 상태 및 심야전력 전기히터, 온풍난방기를 각각 설치하여, 동절기 시설원예용 하우스의 온열환경, 난방방식별 에너지 소비특성, 난방효율에 대해서 검토하였다. 동절기 하우스의 벽체, 지붕을 통해 유출되는 관류열량을 정량적으로 계산하므로써, 하우스의 단열계획과 효율적 난방방식의 선정 및 난방에너지 절약을 유도할 수 있는 기초데이터를 제시하고자 한다. 또한, 온풍난방시 온풍급기덕트 주변의 작물에 미칠 수 있는 고온피해의 발생 가능성 및 덕트길이에 따른 온도하강 추이에 대해서도 검토하였다.

2. 재료 및 방법

실험용 하우스는 농촌진흥청 제주농업시험장에 위치한 PC(Poly Carbonate)구조 단동 하우스 4개동으로 구성되어 있다. 하우스 A동에는 태양열 축열난방시스템을, B동은 심야전력 전기히터 설비가, C동은 경유보일러에 의한 온풍난방시스템이, D동은 무가온 상태로 설정되었다. 측정항목은 실내외 공기온도, 후쿠온도, 일사량으로 한정하였다. 실험대상공간, 실험기간, 각 하우스의 설정조건 등에 관한 상세한 내용은 문헌1을 참조.

3. 결과 및 고찰

(1) 난방 열부하 해석

일사에너지가 실내로 유입되는 주간시간대는 취득열량이 증가함에 따라 벽체,

지붕, 틈새바람에 의한 손실열량도 더불어 증가하고 있다(Table 1). 반대로, 난방기가 작동하는 야간 시간대의 경우 주간보다 취득열량은 작지만 거의 일정량의 열량이 공급되므로 하우스의 각 부분별 손실열량 또한 이에 편승하여 주간보다 손실열량은 작지만 비교적 일정한 값을 나타내고 있다.

Table 1. Analytic results of heating load in Model B

Time	12 ~13 ^z	13 ~14	14 ~15	15 ~16	16 ~17	17 ~18	18 ~19	19 ~20	20 ~21	21 ~22	22 ~23	23 ~24
EPC ¹ [kWh]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.0	16.0
ISR ^A [W·m ²]	189	249	176	164	102	86	-	-	-	-	-	-
IAT ^W [°C]	17.4	18.6	18.1	16.7	15.1	12.8	10.8	9.6	8.9	8.4	11.8	12.7
OAT ^V [°C]	2.7	2.5	2.2	2.1	1.7	1.3	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
AHG ^U [MJ]	115	152	107	100	62	52	-	-	-	-	65	58
AHLW ^T [MJ]	26	28	28	26	24	20	17	15	14	13	19	21
AHLC ^S [MJ]	26	29	29	26	24	21	18	16	14	13	19	21
AHLI ^R [MJ]	23	25	25	23	21	18	15	13	12	11	17	18

Time	24 ~01	01 ~02	02 ~03	03 ~04	04 ~05	05 ~06	06 ~07	07 ~08	08 ~09	09 ~10	10 ~11	11 ~12
EPC[kWh]	14.0	13.0	14.0	13.0	14.0	13.0	13.0	12.0	-	-	-	-
ISR[W·m ²]	-	-	-	-	-	-	-	-	126	245	310	367
IAT[°C]	12.9	13.0	12.9	12.9	12.9	13.0	13.0	13.2	12.4	17.6	23.6	27.0
OAT[°C]	1.3	1.4	1.4	1.3	1.1	1.2	1.3	1.6	2.1	3.1	4.5	5.6
AHG[MJ]	50	47	50	47	50	47	47	43	77	149	189	223
AHLW[MJ]	20	20	20	20	21	21	21	20	18	26	34	38
AHLC[MJ]	20	21	21	21	21	21	21	21	19	26	35	38
AHLI[MJ]	18	18	18	18	18	18	18	17	16	23	30	33

^z12~13 : 12:00~13:00, ^yEPC : Electric power consumption.

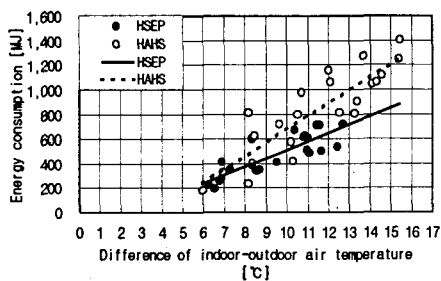
^xISR : Indoor solar radiation., ^wIAT : Indoor average temp. at 0.8m height.

^vOAT : Outdoor air temp.. ^uAHG : Amount of heat gain.

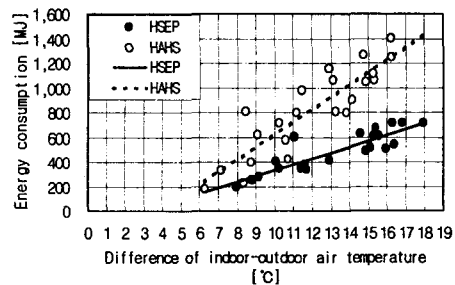
^tAHLW : Amount of heat loss through wall.

^sAHLC : Amount of heat loss through ceiling.

^rAHLI : Amount of heat loss by infiltration.



(a) 0.8m level on the ground



(b) 2.0m level on the ground

Fig. 1. Relationships of air temperature difference of indoor and outdoor, and energy consumption(HSEP : Heating system of electric power at midnight, HAHS : Hot air heating system)

(2) 에너지 소비량 및 난방효율

Fig. 1은 투입열량과 실내외온도차의 관계를 나타낸 것이다. 동일한 실내외온도차에서는 온풍난방보다 심야전력난방이 상대적으로 낮은 열량으로 동일한 실내기준온도를 유지할 수 있으므로, 그만큼 난방효율이 높다는 것을 시사해 주고 있다. Fig. 1(b)에서, 지상 2.0m높이의 온도를 설정한 온도로 유지하기 위해서는 온풍난방이 심야전력보다 약 2배의 에너지가 더 소비되고 있음을 알 수 있다.

(3) 온풍난방시 덕트주변의 온열환경 및 덕트길이별 온도분포

덕트상부의 온풍취출구가 위치한 연직단면(측정단면1)과 취출온풍의 영향권에서 벗어난 위치의 연직단면(측정단면2)에 대하여 검토하였다. 검토대상 두 측정단면 모두 약 1°C이내의 비교적 균일한 온도가 계측되므로서, 온풍에 의한 주변작물의 고온피해는 관찰되지 않았다(Fig. 3). 이러한 현상은 덕트에서 공급되는 대량의 온풍이 단시간내에 실내로 확산하여 균등하게 분포하기 때문으로 풀이된다. 온풍공급덕트 길이에 따른 온도하강 효과는 Fig. 5에 나타난 바와 같이 단위 길이당 0.5~0.8°C씩 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.

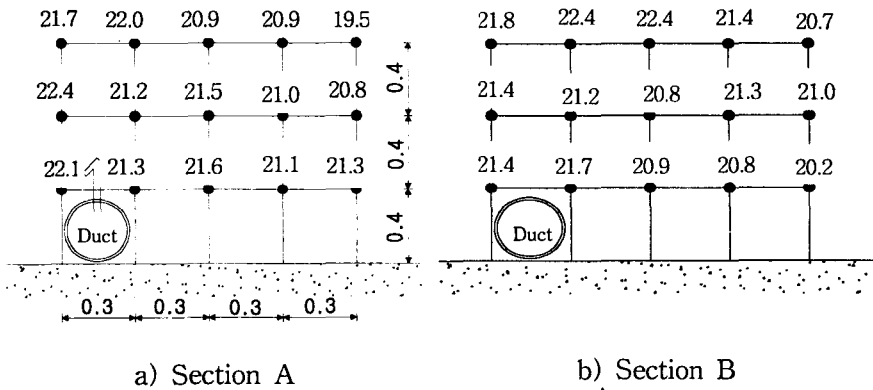


Fig. 3. Temperature distribution near supplying air duct

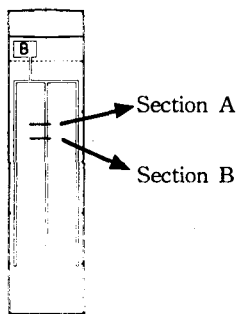


Fig. 4. Measuring points supplying air duct

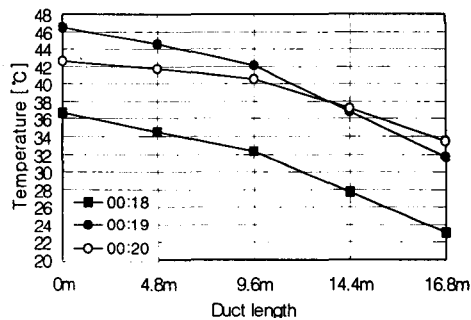


Fig. 5. Relationship of air temperature and duct length

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 동절기 시설원예용 하우스의 온열환경, 난방방식별 에너지 소비 특성, 하우스내 열이동 프로세스와 난방효율에 대해서 중점적으로 검토하였으며, 그 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 동절기 하우스의 벽체, 지붕을 통해 유출되는 관류열량을 정량적으로 계산 하므로써, 하우스의 단열계획 및 난방에너지 절약을 유도할 수 있는 기초데이터를 제시하였다.

2) 난방방식별 실내의 온도차와 에너지 소비량과의 관계를 정량적으로 도출하므로써, 쾌적성, 경제성을 고려한 최적의 하우스 난방방식의 선정과 난방기 운용의 효율화를 유도하기 위한 기초자료를 제시하였다.

3) 난방방식별 실내의 온도차와 에너지 소비량과의 관계로부터 도출된 결과는 심야전력난방이 온풍난방보다 난방효율이 현저히 높은 것으로 나타났다.

4) 온풍급기덕트 주변의 수평 및 연직방향으로 다수의 열전대를 설치하여 온풍난방시 덕트주변의 작물에 미칠 수 있는 고온피해 발생 가능성을 검토하였으나, 약 1℃이내의 비교적 균일한 온도가 계측되므로써, 온풍에 의한 주변작물의 고온피해는 관측되지 않았다.

5) 덕트길이방향으로 일정간격마다 덕트내부에 열전대를 설치하여 덕트길이에 따른 온도하강 추이를 검토한 결과, 덕트의 단위길이당 0.5~0.8℃씩의 온도강하가 계측되었다.

참고문헌

1. 최동호, 허종철, 임중환, 서효덕. 1999. 무가온, 심야전력 전기히터, 온풍난방을 채용한 단동 하우스의 온열환경 비교. 한국생물환경조절학회 춘계학술발표대회 논문집.
2. 최동호, 허종철, 임중환, 조은숙. 1998. 시설원예용 하우스의 동절기 비난방시의 온열공기환경특성에 관한 실험적 연구. 대한건축학회 논문집. 14권 5호 : 249-258.
3. 최동호, 허종철, 임중환, 김용덕. 1998. 온풍난방시 시설원예용 하우스의 온열공기환경특성에 관한 실험적 연구. 대한건축학회 논문집. 14권 11호 : 351-362.
4. 최동호, 허종철, 임중환. 1998. 일사량 조정이 시설원예용 하우스내 온열공기환경에 미치는 영향. 대한건축학회 논문집. 14권 12호 : 219-230.
5. 日本建築學會編. 1980. 建築學便覽 I. 丸善 : 977-980.
6. 신치용. 1995. 공기조화설비. 기문당 : 80-81.