

태양열 집열방법별 집열효과 구명

Study on the Heating Efficiency in Different Heat Collection Methods for Greenhouse

최영하* · 이재한 · 권준국 · 박동금 · 이한철
영남농업시험장 부산원예시험장

Choi, Y. H.* · Lee, J. H. · Kwon, J. K. · Park, D. K. · Lee, H. C.
Pusan Horticultural Experiment Station, Yeongnam Agri. Exp. St., RDA,
Pusan 616-300, Korea.

서론

최근 환경보전형 농업에 대한 국내외적 관심이 높아지고 있고, 지구환경 및 기후변화 협약에서는 화석연료 사용량을 국가별로 규제하려는 움직임이 있다. 더구나 우리 나라는 화석연료를 전량 수입에 의존하고 있고, 최근에는 경제위기로 유가가 급등함에 따라 생산 비중 난방비가 점유하는 비율이 증가되어 경쟁력 저하의 주 요인이 되고 있으므로 이에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다. 따라서 본시험은 자연열(태양열)을 경제적이면서 효율적으로 이용하기 위해 몇 가지 집열장치를 설치하고 장치별 집열효과를 검토하였다.

재료 및 방법

1998년부터 1999년까지 2년간 100㎡ 유리온실 3동에서 집열방법을 각각 다르게 하여, 현재 시판되고 있는 집열판(24㎡, 경사각 50도, Solar heart Inc.)을 시설외부에 설치하여 이용하는 방법, 유동철편(집열 Radiator부착 철편, 직경 1m) 2개를 천창부에 설치하고 천창을 밀폐한 후 온실상부의 열을 집열하는 방법, 온실의 중도리 전부를 물이 순환되는 각관(75×45×3T, 1m간격×10줄×온실길이12m = 120m)으로 설치하여 집열하는 방법 등으로 하였다. 각 동마다 지하에 축열조(깊이 2m×폭 1.5m×길이 8.6m = 약 26톤)를 설치한 후 중간을 막아 저온수조와 고온수조로 구분하였다. 수조 중간 1.5m 높이에 통수로를 내어 일정량의 물(약 15톤)이 지속적으로 순환될 수 있도록 하였다.

결과 및 고찰

Table 1. Change of monthly mean water temperature^z in different heat collection methods.

Month	Solar collector ^y			Square pipe ^x			Air-lift fan ^w		
	High(a) temp.	Low(b) temp.	a-b	High(a) temp.	Low(b) temp.	a-b	High(a) temp.	Low(b) temp.	a-b
'98. Nov.	36.24	29.24	7.00	22.60	19.80	2.80	24.79	23.43	1.36
Dec.	29.86	24.56	5.30	20.64	19.41	1.23	20.92	19.95	0.97
'99. Jan.	32.78	26.73	6.05	24.14	22.03	2.11	23.87	22.15	1.72
Feb.	33.21	26.60	6.61	23.63	21.00	2.63	23.10	20.94	2.16
Mar.	29.74	23.24	6.50	21.64	18.84	2.80	23.73	21.99	1.74
Mean	32.37	26.07	6.29	22.53	20.22	2.31	23.28	21.69	1.59

^zAmount of heated water per one day : 6,000 liter

^ySolar collector : flat-plate(24m')

^xSquare pipe : purlin is made square pipe(75×45×3T)that is able to pass through water.

^wAir-lift fan : attached radiator for heated air collection

Table 1은 집열방법별 집열수조의 월평균 온도변화를 측정 한 것이다. 집열수조의 월별 온도변화는 2월, 1월, 12월 순으로 많았다. 고수조와 저수조의 온도차이는 집열판집열구가 가장 많았고 각관집열구, 유동철킨집열구 순 이었다. 각관집열구와 유동철킨집열구간에는 큰 차이가 없었다.

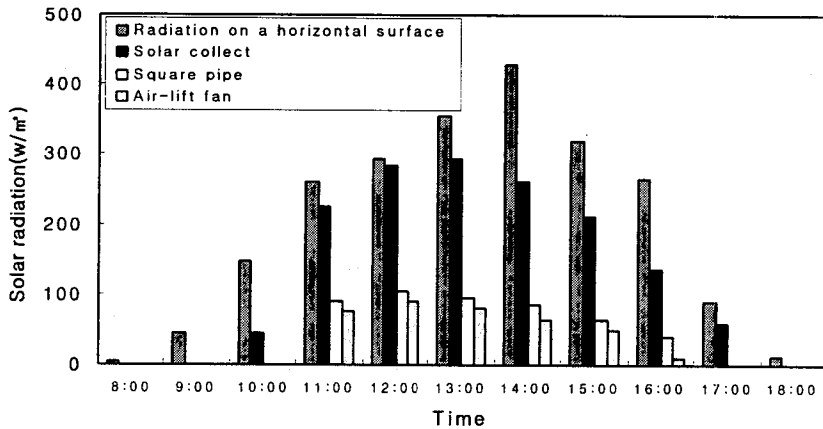


Fig. 1. Heat exchange rate according to the solar radiation in different heat collection methods. (1999. 1.16, The radiation on a horizontal surface : 11.09MJ/m')

Fig. 1은 1999년 1월 16일, 수평면 일사량이 11.09MJ/m'로 맑은날의 집열방법별 열교환율을 나타낸 것이다. 집열방법별 총 열교환율은 집열판이 가장 높았다. 각관과 유동철킨 집열판의 20%정도였고 방법간 큰 차이가 없었다. 시간대별 열교환율은 집열판은 14시경

에, 골조판과 유동철편은 12시경에 가장 높게 나타났다.

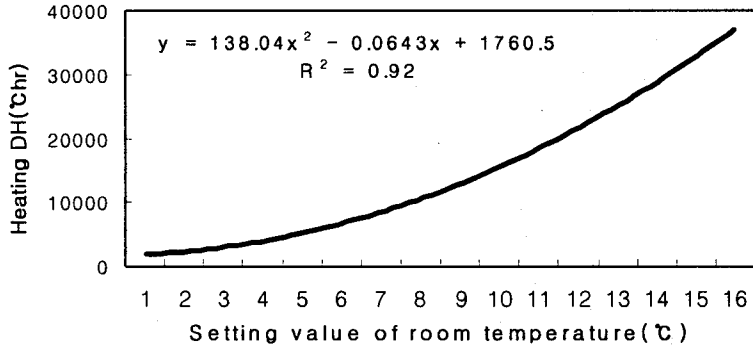


Fig. 2. The tendency line of heating degree hour according to the setting value of room temperature from Nov. in 1998 to Mar. in 1999.

Fig. 2는 난방설정온도별 부산지역의 98년 11월 1일부터 3월 31일 까지 5개월간의 난방 디그리아워 추세선을 나타낸 것이다. 난방설정온도를 9°C로 하였을 때 동계 총 난방 디그리아워는 13,000시간 정도 되었다.

Table 2. Total amount of heat collection and heating efficiency in different heat collection methods.^z

Month	DH ^y (°C·hr)	Term heating load ^x (kcal)/100m ²	Amount of heat collection (efficiency %)					
			Solar collector		Square pipe		Air-lift fan	
'98. Nov.	823	359,857	924,000	(257)	369,600	(103)	179,520	(50)
Dec.	2,597	1,135,538	699,600	(62)	162,360	(14)	128,040	(11)
'99. Jan.	4,607	2,014,411	798,600	(40)	278,520	(14)	227,040	(11)
Feb.	3,587	1,568,416	793,200	(51)	315,600	(20)	259,200	(17)
Mar.	1,347	588,976	858,000	(146)	369,600	(63)	229,680	(39)
Total	12,961	5,667,198	4,073,400	(72)	1,495,680	(26)	1,023,480	(18)

^zSetting value of room temperature for heating : 9°C, House area : 100m²

^yHeating degree hour(Mihara method) : If $Q_c \geq Q_h$, $DH_m = 24(Q_c - Q_m)$, if $Q_c < Q_h$, $DH_m = 24(Q_h - Q_m) \cdot (Q_c - Q_l)^2 / (Q_h - Q_l)^2$, but $Q_c < Q_l$, $Q_c - Q_l = 0$

^xTerm heating load $Q = A_w \cdot U \cdot 0.75 \cdot (T_i - T_o) \cdot (1 - fr)$: $A_w(200)$, $U(5.3)$, $fr(0.45)$

Table 2는 난방설정온도를 9°C로 하였을 경우의 집열방법별 총집열량 및 집열효율을 나타낸 것이다. 집열판 집열구가 총집열량 및 집열효율이 가장 높았고 각관, 유동철편 집열구 순 이었는데 각관과 유동철편 간에는 큰 차이가 없었다. 집열판은 11월과 3월, 각관은 11월에 집열량이 소요열량보다 많았고 기온이 낮은 1월이 난방부하가 커서 집열효율이 가장 낮았다.

Table 3. Amount of fuel saving for heating in different heat collection methods.^z

Month	Fuel required (liter/100m ³)	Fuel saved (liter/100m ³) ^y		
		Solar collector (Saving rate %)	Square pipe (Saving rate %)	Air-lift fan (Saving rate %)
'98. Nov.	55	142 (257)	57 (103)	28 (50)
Dec.	174	107 (62)	25 (14)	20 (11)
'99. Jan.	309	122 (40)	43 (14)	35 (11)
Feb.	240	122 (51)	48 (20)	40 (17)
Mar.	90	132 (146)	57 (63)	35 (39)
Total	869	624 (72)	229 (26)	157 (18)

^zSetting value of room temperature for heating : 9°C,

^yFuel used : gasoline (9,000kcal/ℓ), Heating degree hour(Chr/ from Nov. in 1988 to Mar. in 1999), Heating load coefficient : 5.3, Hot water heater efficiency : 0.725, Heat saving rate : 45 %

Table 3은 집열방법별 난방연료 절감량 과 절감율을 나타낸 것이다. 총 난방연료 절감량은 집열판 집열구가 624리터, 각관이 229리터, 유동팬이 157리터였다.

요약 및 결론

태양열 집열판을 이용하는 대부분의 농가에서는 40~50m³ 정도의 집열판으로 10a를 가온하고 있는데 이런 경우 연간 난방연료 절감량은 1,200 리터에 불과하여 전체난방 필요량의 85% 정도를 보조가온에 의존해야하는 것으로 나타났고, 유동팬도 집열효율에 비해 제작, 설치 및 유지비가 과다하게 소요되므로 이 두 가지 집열방법은 사실상 경제성이 없는 것으로 나타났다. 각관은 관의 부식우려와 지하수조 설치 등의 문제로 현재로서는 경제성이 다소 떨어지나 관자체의 자재비나 설치비에 추가부담이 거의 없이 년 26%정도의 연료를 절감할 수 있으므로 앞으로 보다 열전도율이 높고 내부식성이 강한 관자재의 개발, 서까래를 집열판으로 이용하는 방법개발, 저수방법의 개선 등으로 집열효율을 높일 경우 가장 경제적으로 자연열을 이용할 수 있는 방법으로 생각되었다.

참고문헌

- (1) 김진현, 오중열, 구건효, 김태욱. 1998. 시설원에 태양열 시스템의 효율적 이용과 자동화 장치개발. 생물생산시설환경. 7(1) : 25-34.
- (2) Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operation and management. Prentice hall. Englewood Cliffs, NJ, USA. p. 140-156.
- (3) 서원명, 윤용철, 이승환, 이석건. 1999. 온실난방을 위한 평판형 태양열 집열기의 열적 성능 분석. 한국농공학회지. 40(6) : 46-56.
- (4) 윤홍선, 박판규, 오성근, 조남홍. 1993. 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 평판형 태양열 집열기의 성능해석. 농시논문집. 34(2) : 39-48.
- (5) 中村 宏, 望月正之. 1982. 太陽熱利用による温室の暖房技術の確立試験. 神奈川農總研. 野菜試験場施設園藝における省エネルギー-対策技術に関する試験研究成績概要. 2 : 125-126.