

# 간접열식 LPG온풍난방기 개발

## Development of LPG hot air heater for greenhouse heating

김영중      유영선      장진택      이건중

농업기계화연구소

Y.J.Kim      Y.S. Yoo      J.T. Chang      K.J. Rhee

National Agricultural Mechanization Research Institute

### 1. 서론

간접열식 LPG온풍난방기는 LP(Liquefied Petroleum)가스를 열원으로 한 온풍난방기를 말한다. LP가스는 청정연료로 완전연소가 가능하며 연소 시 다량의 탄산가스가 생성되므로 온실에서 난방용으로 사용할 경우 이를 작물의 광합성에 이용할 수 있는 장점이 있다. 탄산가스시비는 공기중의 탄산가스농도를 인위적으로 높여줌으로써 부족한 탄산가스를 공급하여 작물의 생육촉진 혹은 수량증대, 품질향상 등의 목적으로 행해지는 기술이다. 대기 중의 탄산가스농도는 350ppm으로 아침 일찍 환기하지 않으면 작물의 광합성에 의해 온실 내의 탄산가스농도는 급격히 저하하여 작물의 생장에 장애를 미치므로(박 등, 1998) 액화탄산가스를 기화시키거나 LPG를 연소시켜 적정탄산가스농도(600~1,000ppm)를 유지시켜 주고 있으며, 일부 시설재배농가에서는 온실 내에 설치한 직화식 온풍난방기에서 배출되는 탄산가스를 이용하고 있다. 본 연구는 온실난방용 간접열식 LPG 온풍난방기와 동시에 연소시 발생하는 배기탄산가스를 온실 내로 유인할 수 있는 시스템을 개발하고자 수행되었다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. LPG온풍난방기 제작

본 시험에 사용한 LPG온풍난방기의 구조 및 주요 제원은 그림 1, 표1과 같다. 온풍기는 정격용량  $18 \times 10^4$  kcal 온풍기를 사용하였고 버너는 가스버너를 사용하였다. LP가스를 공급하기 위하여 버너의 연소능력과 LP가스의 자연기화량을 고려하여 50kg 용기 6개가 포함된 가스공급시설을 설치하였다. 배기탄산가스를 온실 내로 유인하기 위해 연도가스출구부분에 시로코펜과 게이트로 구성된 탄산가스공급장치를 부착하였다.

#### 나. 시험방법

시작기의 성능을 조사하기 위하여 배기가스측정기(Sensonic 2000)로 연소가스성분을 측정하였으며 온풍온도, 가스소비량을 계측하였고 탄산가스공급장치의 성능을 측정하였다. 탄산가스를 온실에 유인했을 때 탄산가스 농도변화는 탄산가스측정기(Priva 250E CO<sub>2</sub> Monitor)를 사용하였다.

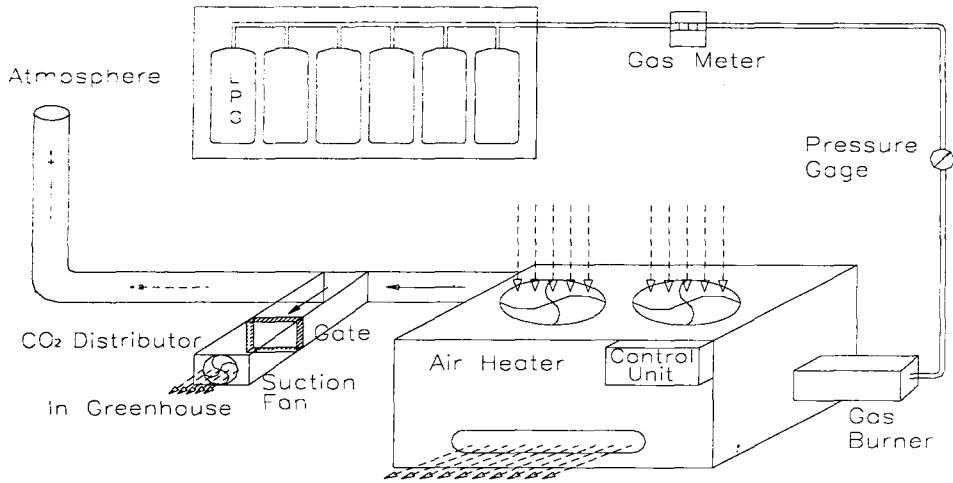


Fig. 1. Overview of LPG air heater

Table 1. Details of the LPG air heater.

item		specifications
burner		gun type gas burner 161,000 kcal/hr
furnace and heat exchanger	capacity	18,000kcal/hr
	furnace	$\Phi 700 \times L1740 \times 2.5t$
	heat exchanger	$\Phi 75 \times L1440 \times 1.5t$ , 2steps
LPG container		50kg $\times$ 6
CO <sub>2</sub> supplier	type	suction type
	dimension	160 $\times$ W30 $\times$ H35
	fan	sirocco fan airflow rate 1200m <sup>3</sup> /hr

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 시작기의 성능

표 2는 시작기의 성능을 나타내고 있다. 연소배출가스 분석값은 건연소가스 속에 함유된 조성비로 나타내며 연소가스는 CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 등으로 구성되었다(이 등, 1998). 시작기의 이론적연소효율은 90.4%로 나왔으며 CO는 검출되지 않았고 CO<sub>2</sub>는 배기가스중의 11.74%를 차지했다. 이 CO<sub>2</sub> 값은 LPG의 완전연소가 될 경우의 최대 CO<sub>2</sub>값(13.8~15.1%)에 미치지 못

했지만 과잉공기비 1.16으로서 연소상태가 우수했다는 것을 알 수 있었다. 연소가스온도는 253℃ 온풍기 토출구에서 온풍온도는 80℃가 되었다. CO<sub>2</sub> 공급기로 부터 배출되는 NO 및 SO<sub>2</sub>의 농도는 각각 13, 8ppm으로 나타났고 이러한 농도의 가스가 300평 온실을 채운다고 가정하면 NO가 우리 나라 산업안전보건법에서 규정한 규정치를 초과하려면 14시간 연속 운전하여야 하므로 배기가스를 온실 내로 유입하여도 큰 문제가 없을 것으로 판단되었다.

Table 2. The performance of the prototype LPG air heater

item		measured value		remarks
calorific value(kcal)		179,000		gas pressure = 230mmAq calorific value of LPG= 12,000 kcal/kg
consumed gas amount(kg/h)		14.92		
exhaust gas		flue gas	CO <sub>2</sub> supplier	maximum gas amounts in industrial sites(Korea) (exposed period for 8 hours) CO : 50ppm CO <sub>2</sub> : 5,000ppm NO : 25ppm NO <sub>2</sub> : 3ppm SO <sub>2</sub> : 2ppm * to excess the maximum amount of NO in 10a greenhouse . the CO <sub>2</sub> supplier shall be operated for 14 hours without any interruption.
	O <sub>2</sub> (%)	3	14.5	
	CO <sub>2</sub> (%)	11.74	4.22	
	CO(ppm)	0	0	
	NO(ppm)	54	13	
	SO <sub>2</sub> (ppm)	7	8	
	excess air ratio	1.16		
	theoretical combustion efficiency (%)	90.4		
	flue gas temperature (℃)	253		
	warm air temperature (℃)	80	89	
thermal efficiency of prototype(%)		86		

#### 나. 온실 내의 CO<sub>2</sub> 농도변화

그림 2는 온풍과 배기탄산가스를 온실 내로 유입했을 때 온실 내의 온도와 탄산가스농도 변화상태를 보여준다. 온실 내의 초기온도는 18℃, 초기 탄산가스농도

는 300ppm에서 시작기를 운전시켜 본 결과 180분 만에 실내 온도는 27℃, 탄산 가스농도는 4,000ppm으로 증가하였다.

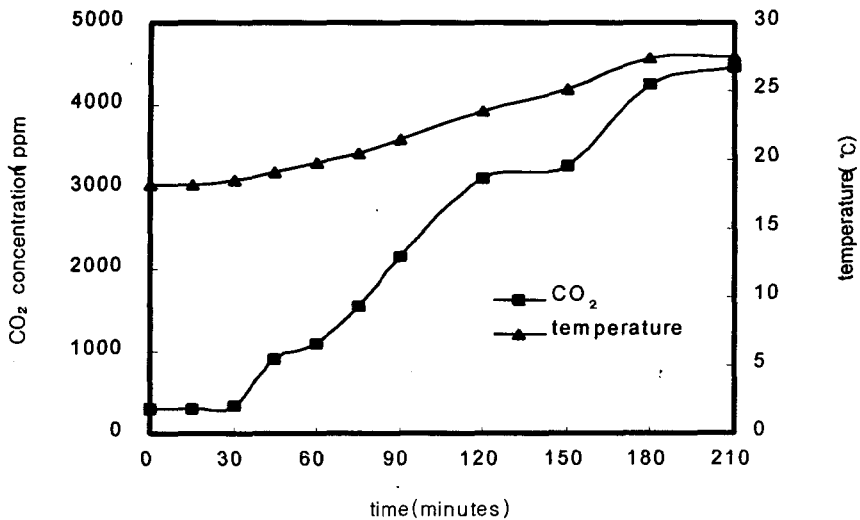


Fig .2. The changes of CO<sub>2</sub> concentration and temperature in the greenhouse of 8,350m<sup>2</sup>(300pyung, 1-2W) when hot air and CO<sub>2</sub> were supplied from prototype LPG air heater.

온실 작물의 광합성 적정농도는 600~1,000ppm으로 300평 온실에서 본 시작기를 사용한다면 1시간의 운전으로 적정농도에 도달할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 다. 시작기의 경제성 분석

간접열식 LPG온풍기와 경유온풍기의 경제성을 비교하였다(표 3). LPG온풍난방기에 포함되는 비용은 LPG탱크(1.6톤)- 500만원, 온풍기(가스버너 포함)-550만원, 기타 배관 및 설치비- 150만원으로 계산하여 총 비용이 1,200만원이 되었다. 반면, 경유온풍기는 500만원으로 계상 하였고 내구연한은 경유온풍기 5년, LPG온풍기 10년으로 정하였다. 연간사용시간은 경유온풍기 659시간, LPG온풍기는 열효율과 경유보다 상대적으로 높은 발열량을 고려하여(경유 : LPG =1 : 1.3) 506시간으로 정하여 비교 해본 결과 연간유동비는 각각 4,012,417, 3,382,430원으로 LPG온풍기가 72만원 정도가 낮았지만 연간소요비용은 LPG의 상대적으로 높은 초기설치비용 때문에 경유온풍기 보다 10만원 정도가 더 소요되었다. 그러나, 배기탄산가스 공급에 의한 작물의 수량증수, 생산물의 고품질 효과를 고려한다면 장기적 관점에서 LPG온풍기 사용이 더 경제적이라 할 수 있다.

Table 3. Economic analysis and comparison between the two air heaters

item	light oil air heater	LPG air heater	
capacity	180,000kcal/hr	180,000kcal/hr	
purchase price (thousand won)	5,000	12,000	
durable year(yr)	5	10	
total use hours/yr	659	506	
annual fixed cost (won/yr)	depreciation	900,000	1,080,000
	repair cost	250,000	600,000
	interest	137,500	330,000
	sum	1,287,500	2,010,000
fixed cost (won원/hr)	1,954	3,972	
operating cost (won/hr)	fuel	5,929	6,525
	electricity	160	160
	sun	6,089	6,685
total cost (won/hr)	8,042	10,657	
index	100	133	
annual operation cost(won/yr)	4,012,417	3,382,430	
annual cost per yr(won)	5,299,917	5,392,430	

♪ 수리비계수, 연이율 : 5%

♪ 연료비: 면세보일러등유: 242원/ℓ, 면세LPG: 435원/kg

♪ 전기료: 농사용(병): 36.7원/kwh

그림 3은 경유가격을 기준으로 LPG온풍난방기와 경유온풍난방기의 연간 유동비를 나타낸 것으로 현재 LP가격 435원을 기준으로 면세경유가격이 247.75원이면 두 온풍기의 연간유동비가 같고 경유가격이 247.75원 이상으로 오르면 LPG온풍기가 더 유리한 것으로 나타났다. 따라서 현 시점에서 면세경유가격은 242원으로 LPG온풍기를 선택하여도 크게 불리하지 만은 않다고 사료된다.

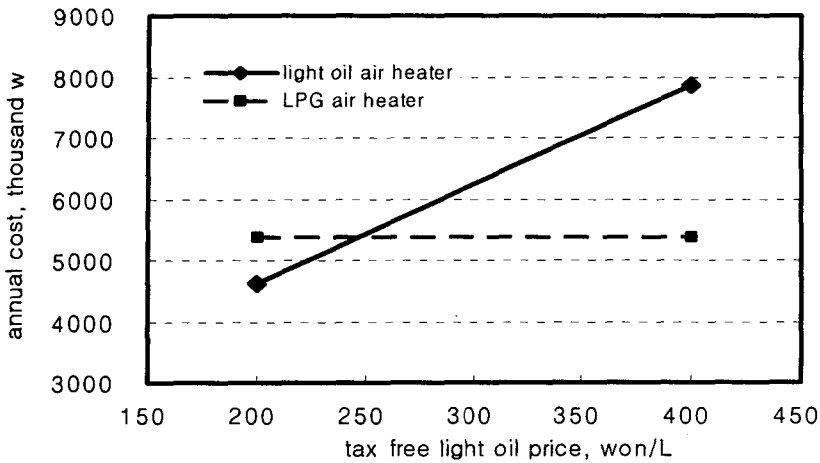


Fig. 3. Annual cost comparison between LPG air heater and Light oil air heater

#### 4. 적요

1. LPG 온풍기는 용량  $16 \times 10^4$  kcal 건타입가스버너, 연소부 및 열교환부, 6개의 50kgLPG탱크와 자동절체기, 가스메타, 배관으로 구성하였다. LPG 온풍기의 이론연소효율은 91%, CO<sub>2</sub> 배출량은 11.74%, CO배출량은 0ppm, 과잉공기비는 1.16, 배기가스온도는 253℃, 온풍온도는 80℃로서 우수한 성능으로 나타났다.
2. LPG온풍기에서 배출되는 배기가스중의 CO<sub>2</sub> 를 온실로 공급하기 위하여 CO<sub>2</sub> 공급기를 제작하여 배출가스연도에 부착하였다. CO<sub>2</sub> 공급기는 흡입형 시로코팬(1200m<sup>3</sup>/h)과 차단문으로 이루어졌다. 1-2W형 300평 온실내의 CO<sub>2</sub> 농도를 1000ppm으로 올리기 위해서는 CO<sub>2</sub> 공급기를 약 1시간 정도 운전시켜야 할 것으로 판단되었다.
3. LPG온풍기와 경유온풍기의 경제성 비교분석에 의하면 현 시점의 경유 가격 242원, LP가스 가격 435원을 기준으로 연간소요비용은 각각 5,392,430원, 5,299,917원으로 경유온풍기가 10만원 정도 경제적이지만 탄산가스 시용비용, 탄산가스 공급으로 인한 작물의 수량증대 및 고품질 생산물을 고려한다면 LPG온풍기 사용이 더 경제적이라 사료된다.

#### 참고문헌

- (1) 박석근 외 3인. 1998. 원시인이 꼭 알아야 할 용어 384가지 - 기초원예용어집- 도서출판 서원 pp. 204.
- (2) 이규성 외 5인. 1998. 연소공학. 형설출판사. pp. 129.
- (3) LG-Caltex가스주식회사 연구개발팀. 1998. LP가스를 이용한 온실난방.