

코크스 난방기를 활용한 시설원예 난방비 절감 효과 Effects of Cokes Air Heater on Energy Saving in Horticultural Greenhouse

김현환* · 전 희 · 이시영 · 김진영¹
원예연구소, 농업기계화연구소

Hyun Whan Kim* · Hee Chun · Si Young Lee · ¹Jin Young Kim

National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea

¹*National Agricultural Mechanization Research Institute, RDA, Suwon
441-100, Korea*

서 론

석유를 이용한 시설원예 난방이 90%를 넘고 있으며, 최근 유가의 불안정으로 시설원예 난방비 비중이 30%를 이상을 차지하고 있어 대체에너지를 이용한 난방비 절감기술이 절실하다. 현재 시설원예 면적은 약 52,189ha(채소, 화훼포함)이며, 이중 난방면적은 13,621ha로 전체 면적의 26%가 난방비의 부담을 안고 시설재배를 하고 있다. 이에 단위 열량당 연료비가 비교적 저렴한 코크스를 이용하는 난방기 중 온풍기를 개발하여 시설원예 난방비를 절감코자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

코크스 난방시스템 연소장치는 송풍가열식, 연료공급방식은 스크류 이송식, 열교환방식은 온풍난방시스템으로 개발하였다. 코크스 난방기 성능시험은 난방능력, 열효율, 연료소모량을 측정하였다. 난방시험은 플라스틱하우스 350m²의 시설 2동에 코크스난방기, 경유온풍기(12만kcal)를 각각 설치하여 코크스 공급시간, 열효율, 난방능력 등을 조사하여 비교 분석하였다. 난방능력은 코크스의 소비량과 닥트의 5m위치 4개소, 공기 흡입부분 위치 1개소, 온실내 온도 1개소를 실내에 4개의 온도센서를 설치하여 Data logger(LI-1000)를 이용하여 측정하였다. 연탄연소시 가스농도 및 성분은 연소관리 측정기(KM-9106)로 측정하여 분석하였다. 작물은 오이(입추낙합, 농우종묘)를 재배하였으며, 과종은 2001년 8월 24일, 재배간격은 90×40cm, 2조로 정식은 9월 24일에 정식하여 표준재배법으로 관리하였으며, 생육 및 수량 등을 조사하였다.

열효율은 입출력법에 의해 산출하고 다음식에 의한다.

$$\eta = \frac{Q}{G_o \times H \ell} \times 100$$

여기서

η : 열효율 (%)

Q : 난방능력 (kcal/h)

G_o : 연료소비량 (kg/h)

$H \ell$: 코크스 연료의 저위발열량 (kcal/kg)

난방능력은 온풍 난방출력을 측정하여 다음식에 의거 산출하였다.

$$Q_1 = r \times A \times V \times C_p \times (t_2 - t_1) \times 3600 (\text{kcal/h})$$

여기서

Q_1 : 난방능력 (kcal/h)

r : 공기비중량(1.2kg/m³)

V : 평균풍속(m/sec)

C_p : 정압비열 (kcal/kg °C)

t_2 : 토출공기 평균온도 (°C)

t_1 : 실내 평균온도 (°C)

결과 및 고찰

1. 코크스 난방기 구조

코크스 난방기의 시작기는 Table 1에서와 같이 길이 2,302mm, 폭 925mm, 높이 1,524mm이며, 중량은 850kg으로 제작하였으며, 연료투입 방식은 스크류 이송방식으로 하였다. 난방기 본체는 연소실과 연관실, 재반이로 구성하였다. 자동제어장치는 타이머를 이용하여 코크스 연료공급, 공기투입, 재떨이 등의 동작이 작동되도록 하였다.

Table 1. Cokes air heater dimension

Dimension (L×W×H)	Weight	Fuel tank capacity	Fuel supply method
mm	Kg		
2,302×925×1,524	850	0.33m ² (120kg)	Screw pushing

2. 코크스 연료 특징 및 노동투하량

코크스연료는 석탄을 1,000℃ 내외에서 건류하여 만든 회백색이고 단단한 탄소로 해탄(骸炭)이라고도 한다. 연료의 공업 분석값은 고정탄소 80~94%, 회분 6~18%, 휘발분 0.5~2%이며, 원소 분석값은 탄소 80~92%, 수소 1~1.5%, 질소 0.5~0.9%, 산소 0.4~0.7%, 황 0.5~1%, 회분 6~18%이다. 발열량은 6,000~7,500kcal/kg이나 시험에 사용한 코크스는 6,800kcal/kg로 분석되었다. 코크스 난방기 노동투하량은 연료공급이 자동화로 1일 10분 정도면 가능하였다.

Table 2. Labor times to move the cokes air heater

Labor	Times(min · day ⁻¹)	Note
Cokes supply	10	Cokes were supplied automatically

3. 난방능력 및 배출가스

표 5에서와 같이 난방능력은 122,790kcal/hr, 열효율은 83.5%, 연료소비량은 18.6kg으로 저위발열량은 6,800kcal/kg, 토출공기온도는 53.4℃, 흡입공기온도는 17.4℃였다. 코크스 배출가스는 하우스 외부의 연도에서 측정된 결과 CO 1,303ppm, NO 30ppm, NO_x 33ppm SO₂ 10ppm이 검출되었으며, 하우스 내부에서는 검출되지 않았으나 CO, NO, SO₂ 등 유해가스의 유입이 되지 않도록 코크스난방기를 하우스와 별도로 구분하여 설치하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

Table 3. Heating capacity and efficiency

Heating capacity (kcal · h ⁻¹)	Energy efficiency (%)	Fuel consumption (kg · h ⁻¹)
122,790	83.5	18.6

* Moving periods : '01. 11.5~14

Table 4. Composition of exit gas

Position	Concentration (ppm)				
	CO,	CO ₂ ,	NO,	NO _x ,	SO ₂
Duct in greenhouse	0	0	0	0	1
Outdoor at airhole	1,303	0	30	33	10

4. 오이 생육 및 수량

오이의 생육과 수량은 Table 7, 8에서와 같이 처리간 차이가 없었으며, 수확은 11월 7일에서 익년 1월 18일까지 하였다. 생육 및 수량차이가 없었던 이유는 처리간에 야간 설정온도를 13℃로 유지한 결과로 판단된다.

Table 5. Cucumber grow at 120 days after transplanting

Heater	Plant height (cm)	Leaf number (No.)	Leaf area (cm ² · plant ⁻¹)	Fresh weight (g · plant ⁻¹)
Cokes air heater	325.5	32.2	14,525	967.6
Diesel air heater	318.3	31.7	14,839	985.4
DMRT 0.05	NS			

Table 6. Cucumber fruit characteristics and yields

Heater	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit weight (g · plant ⁻¹)	Fruit number (No · plant ⁻¹)	Yields (g · plant ⁻¹)	Maketable rate (%)
Cokes air heater	250	31.4	141.0	8.3	1,170	90.3
Diesel air heater	248	30.9	140.5	8.6	1,208	91.2
DMRT 0.05	NS					

5. 경유 대비 코크스 난방 효과 분석

연간 난방기 가동시간에 따른 난방비용은 경유난방기의 경우 연간 난방시간이 1,100시간인 중부지역은 9,259천원/10a, 900시간인 남부지역은 7,752천원/10a인데 비하여 코크스 난방기는 7,536천원/10a, 6,542천원/10a으로 19% 및 16%가 절감되는 것으로 분석되었다. 코크스난방기 도입에 따른 경유가격 손익분기점은 중부지역은 280원/ℓ, 남부지역은 290원/ℓ으로 나타나 코크스난방기 사용상의 불편함을 감안하더라도 현재로서는 경제성이 있는 것으로 분석되었다.

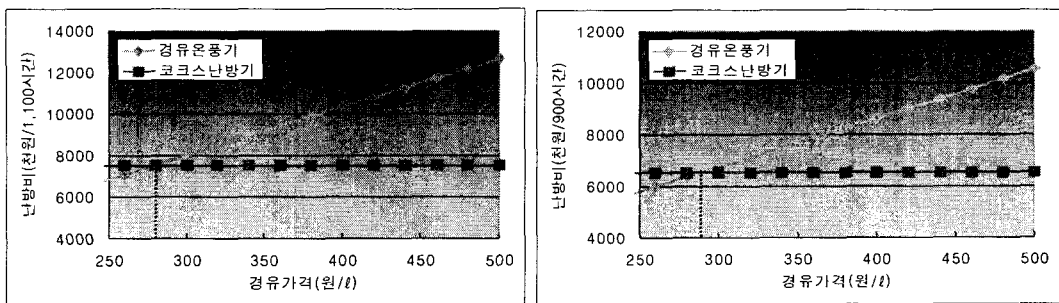


Fig. 1. Comparison of benefit point between cokes and diesel air heater

요약 및 결론

유가불안정에 따른 시설원예 광열동력비 비중이 30%이상으로 높아져 석유대체 에너지를 이용한 난방비 절감기술 개발이 절실하게 되어 코크스온풍기를 실용화하고자 실시한 난방효과 시험결과 코크스온풍기의 길이는 2,032mm, 폭 925mm, 높이 1,524mm이며, 중량은 850kg, 연료통용량 120kg, 연료공급방식은 스크류 이송식으로 시작기를 제작하였다. 난방능력은 122,790kcal/hr, 열효율은 83.5%, 연료소비량은 18.6kg 이었다. 코크스배출가스는 외부에는 CO 1,303ppm, NO 30ppm, NO_x 33ppm SO₂ 10ppm이 검출되었다. 연간 난방기 가동시간에 따른 난방비용은 난방기의 경우 연간 난방시간이 1,100시간인 중부지역은 9,259천원/10a, 900시간인 남부지역은 7,752천원/10a인데 비하여 코크스난방기는 중부지역은 7,536천원/10a, 900시간인 남부지역은 6,542천원/10a으로 19%, 16%가 절감되었다. 오이 생육상태, 과실특성, 수량 등은 유의성이 없는 것으로 나타났다. 연간 가동시에 코크스난방기와 경유온풍기의 손익분기 경유가격은 중부지역은 280원/ℓ, 남부지역은 290원/ℓ으로 분석되었다.

인용문헌

1. 손응권 · 우상국 · 이동균 · 신홍수 · 김명수 · 박용희. 1983. 연탄 온수보일러의 효율향상. 한국동력자원연구소.
2. 손응권 · 최상일 · 박철우 · 현주수 · 김성완 · 임영준. 1987. 연탄교체 자동감지시스템 개발. 한국동력자원연구소.
3. 최상일 · 손응권 · 현주수 · 김성완. 1990. 연탄 자동교체시스템 개발(Ⅱ). 한국동력자원연구소.
4. 최상일 · 현주수 · 김성완 · 이금배 · 김희국. 1992. 농업용 비닐하우스등에 연탄자동교체기보급 실용화방안 연구. 한국에너지기술연구소.
5. 최익준 · 손영목 · 김영일 · 정인화 · 박태준 · 조명승. 1985. 가정용 석탄연료 및 연소기기 개발. 한국동력자원연구소.