

태양열을 이용한 난방시스템의 시설재배 실용화 실태 조사

남상영 · 강한철 · 김태수 · 김인재 · 김민자 · 이철희
충북농업기술원

Farm survey on the application of solar energy system to the controlled culture

Sang Young Nam, Han Chul Kang, Tae Su Kim, In Jae Kim, Min Ja Kim, and Cheol Hee Lee
Chungbuk Province ARES, Chongwon 363-880, Korea

ABSTRACT

Heating supply system using solar energy-collecting plate was examined for 20 farmers. Some problems, resolution, future energy system, and basic information were discussed. Installation cost was approximately 18 million won/20a. Main crops cultured were tomato(30%) and floricultural crop(40%). Minor crops cultured were grape, red pepper, cucumber, lettuce, and strawberry. Information was mostly obtained from agricultural service agents. 75% of farm house hold reported that energy reduction effect was below 20%, showing some different result compared with over 20% that was totalized from agricultural service agents. Cost of installation was excessive in considering energy reduction effect. Another problem was insufficient technical proficiency of solar energy company .

Key words : solar energy, controlled culture, cost reduction

서 언

매년 겨울이 되면 시설채소나 화훼 등을 재배하는 농가에서는 유가상승으로 에너지원 공급과 관리의 어려움 때문에 영농을 중단하는 사례도 많았다.

시설재배는 유류, 연탄, 목재, 심야전기 및 태양열 집열판 등을 이용한 가온재배와 자연조건에서 하우스 시설만을 이용한 무가온재배로 구분할 수 있다.

태양열 이용 지중 가온은 태양열 집열판을 600평 기준 20~30개 정도 설치하여 주간에 태양에너지를 축열조에 저장한 후 저장된 온수를 땅속에 매설된 엑셀파이프를 통해 순환시키는 방법으로 점차 확대되고 있다(이, 1997). 시설하우스의 가온 및 보온방법 개발에 관한 연구로서는 이 등(1982)은 지중열 교환 장치에 의한 평균 축열량은 온실내부 일사량의 46%를 차지한다고 보고하였으며, 일중 보온 커튼을 설치하므로써 커튼 내 온도가 10℃정도 상승한다고

Corresponding author : 남 상 영, 우 363-880 충북 청원군 오창면 괴정리 383, 충북농업기술원 작물연구과
E-mail : nsangy@hanmail.net

보고 하였다. 또한 高와 山川(1981)은 온실난방을 위한 지중열 교환 방법의 설계기준을 제시하고자 지중매설 파이프 주변의 열 흐름에 대한 열전도 모형을 개발하였으나 지중열 교환 방법보다는 잠열재를 이용한 잉여에너지 이용이 더 실용성이 있다고 보고하였다.

이러한 무가온재배의 이점을 분석하기 위해 하우스 피복재별 효과 및 피복방법, 지중열 교환, 지하수 이용, 축열물주머니 설치, 잠열, 축열 보온 시스템 개발 등 국내외에서 다양하게 연구가 이루어져 왔으며, 시설원예 농업을 보다 안정화시키기 위하여 겨울철 에너지 관리가 더욱 중요한 과제가 되고 있다(이, 1999).

본 연구에서는 태양열 집열판을 이용한 가온재배 실태를 조사 분석 및 그에 따른 문제점을 도출하고, 해결방안을 모색하여 향후 자연에너지 이용 기기 제작 및 사용의 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

시설재배 주산단지인 경기도 시흥, 고양, 남양주, 포천, 용인, 성남, 평택, 김포, 파주, 광주, 이천, 가평, 충북 괴산, 경남 마산, 창원, 함양, 충남 논산, 홍성, 강원 춘천, 인천광역시 계양구 등 20개소의 태양열 집열판을 이용한 30농가를 선정하여 시설재배 실용화 실태조사 설문지를 작성하였다. 조사항목으로 설치년도, 영농경력, 태양열 이용면적, 집열판 설치수, 주 작목명, 작목별 조수익 및 소득, 설치년도 및 금액, 하우스형태, 커튼자재, 가온시간, 밤과 낮의 유지 온도, 사용 유류명, 유류 사용량, 주 가온기명, 가온 시간, 가온형태, 태양열 이용 정보입수, 연료절감효과, 품질향상기여, 시공업체의 A/S 만족도, 불만족 이유, 금후 이웃 권장여부, 미권장 사유, 시설의 개

Table 1. List of investigated items

Installing, Farmers, Cost of installation, Heating area of concentration plate, Heat concentration plate, Oil heating system, Solar energy heating system, Crops, Information, Improvement point, Reduction of oil, Quality of service, Reason of dissatisfaction, Recommendation to other farmer, Reason of no recommendation, Extent of oil reduction, Income increase, Problems, Suggestions recommended

선할점, 적정 설치비용, 참여농가 및 인근주민 의견, 문제점과 개선방안 등 27개 항목이었다(Table 1). 1997년 6월 25일부터 1997년 7월 25일까지 1개월에 걸쳐 설문 및 현지 청취조사 한 후 신뢰도가 높은 것으로 보이는 20농가의 조사치를 분석하고 지도기관(충남·경기·충북 농업기술원, 당진·홍성·보성·춘천 농업기술센터)에서 분석한 내용과 비교 검토하였다.

결과 및 고찰

시설재배 조사농가의 태양열을 이용한 가온 난방 기기 설치현황은 Table 2와 같다. 설치시기는 '94년 1호, '95년 4호, '96년 15호로 태양열 이용 난방시설이 대부분 '96년도에 설치되었는데(75%) 이는 유류값 상승 등으로 '95년을 시점으로 '96년부터 태양열을 이용한 난방기기를 본격적으로 설치하기 시작했기 때문이다.

설치규모는 11~30a가 15호로 75%를 차지하였으며, 개소당 태양열 집열판 이용 난방면적은 28.1a(843평)이었다. 집열판은 시공회사에서 권장하는 20a당 20개를 설치하였고(극동하이텍솔라, 1996), 20a당 설치비용은 17,975천원이 소요되었으며, 그중 정부 보조액이 6,618천원으로 37%, 읍자

Table 2. Statistical reports on heating system installation using solar energy

Installing Year			Farmers Area				Cost of installation (thousand Won/20a)				Heating area of concentration plate (area)	Heat concentration plate (number/20a)
'94	'95	'96	11~20	21~30	31~40	Over 41	Total	Assistance	Financing	Own charge		
1	4	15	7	8	3	2	17,975	6,618	4,202	7,155	28.1	20

4,202천원으로 23%, 자부담 7,155천원으로 40%를 차지하였다.

태양열을 집열판을 이용한 가온시의 주 재배작목은 화훼(40%)와 토마토(30%)가 14호로 70%였으며 (Table 3), 포도, 고추, 오이, 상치 및 딸기 등은 1~2호에 불과한 실정이었다.

태양열 집열판 이용 정보는 Table 4에서와 같이 대부분 지도기관에서 얻고 있었으나, 일부는 작목반에서 얻었으며, 시설의 개선할점으로 집열판이라고 응답한 농가가 14호로 이에 대한 정밀한 검토가 필요하다고 생각되었으며, 다음으로 축열조, 지중배선, 심야전기 겸용사용 등의 소수 의견도 있었다.

유류절감 효과는 Table 5에서 보는 바와 같이 90%의 농가에서는 유류절감 효과가 있다고 한 반면 10%의 농가에서는 절감효과가 없다고 하였다. 유류절감 정도는 10%미만이라고 응답한 농가가 10호, 10~19%가 5호로 19%이하라고 응답한 농가가 75%를 차지하였는데 이는 태양열 집열판을 이용한 난방경험이 대부분 1년 정도(75%)로 효과 측정이 다소 불완전하다고 생각되나, 태양열 이용 기기 시공 회

사의 홍보자료 18%[(주)극동 하이텍 쏠라, 1996], 각급 지도기관의 분석자료 8~45%(농촌진흥청, 1995; 강, 1997; 김, 1999), 독농가의 태양열 집열판 이용 지중난방 운영사례 30~40%(민, 1997; 이, 1997)와는 난방비 절감에 따른 효과의 정도에 있어서 차이가 컸다. 따라서 난방방법에 따른 유류 절감정도에 대한 정밀한 분석으로 향후 태양열 집열판 이용 농가에서 활용할 수 있게 해야 될 것이라고 판단되었다.

품질향상 기여 여부는 75%의 농가에서 도움이 된다고 응답한 반면, 25%의 농가에서는 도움이 안된다고 응답하여 지도기관과 태양열 이용 기기 시공회사가 작물별 관리방법과 기기 사용 기술에 대한 지속적인 지도를 할 필요가 있다고 생각되었다.

난방기기 적정 설치비용은 대부분(90%)의 농가에서 15.9백만원/20a 이하가 되어야 된다고 하였으며 (Table 6), 설치비용 지원 요구 정도는 현재 지원되고 있는 보조 40%, 융자 20%, 자부담 40% 정도가 적정하다고 응답하여, 실제 설치비용 18백만원/20a 과는 차이가 있어 시설비가 과중한 것으로 나타나 이에 대한 검토가 필요하다고 생각되었다.

Table 3. Classification of crops cultured by solar energy heating system

crop							
Total	Grape	Tomato	Red-pepper	Cucumber	Lettuce	Strawberry	Floricultural
20	1	6	1	2	1	1	8

Table 4. Agencies for information on solar energy system and some proposed points of improvement

Information(farmer)					Improvement point(farmer)				
Total	Guidance administration	Other administration	Crop agent	Other agent	Total	Collecting plate	Heat storage system	Soil heating connection	Midnight
20	17	-	2	1	20	14	3	2	1

Table 5. Reduction of oil cost and extent of quality improvement using solar energy heating system

Reduction of oil									Contribution to grape quality		
Effect(farmer)			Extent(farmer)								
Total	Helpful	No helpful	Total	Below 10%	10-19	20-29	30-39	Over 40%	Total	Helpful	No contribution
20	18	2	20	10	5	1	2	2	20	15	5

Table 6. Installation cost and extent of support demand for solar energy heating system

Appropriate cost of equipment (million won/20a)					Demand extent of equipment cost		
Total	Below12	12.1~13.9	14.0~15.9	over 16.0	Total	Adequate at present	More desirable
20	3	5	10	2	20	20	-

Table7. Service quality of solar energy heating system company

Quality of service				Reason of dissatisfaction		
Total	Dissatisfaction	Satisfactory	Non response	Total	Delay of repairing	Deficiency of the technique
20	6	6	8	6	4	2

Table 8. Intent of exhorting solar energy heating system

Recommendation to other farmer				Reason of no recommendation		
Total	Recommend	No recommend	No respond	Total	Less efficacy	Deficiency of service
20	9	9	2	9	8	1

시공업체의 A/S는 불만족과 만족의 정도가 같아 보통인 것으로 나타났으며(Table 7), 불만족의 사유로는 고장시 수리지연이 67%로 많았고, 다음으로 시공업체의 기술부족이 33%였다. 이는 태양에너지 이용 기술에 대해 국내에서는 '94년 이후 본격적으로 개발에 착수했기 때문에 기술수준이 미흡하다는 보고와 비슷하다(강, 1997).

태양열 집열판을 이용한 가온 난방의 금후 이wert권장 여부는 Table 8에서와 같이 권장과 미권장의 의견이 9농가씩으로 같았으며, 미권장 사유로는 대부분 설치비 대비 효과가 적다고(89%) 응답하여 좀 더 효율을 높일 수 있는 연구가 필요한 것으로 생각된다. 이는 태양열 이용 온수난방 시설을 할 경우 유류 비용 절약과 생육촉진, 품질향상 효과 등 고품질 농산물을 생산할 수 있는 장점이 있으나, 초기 시설비가 많이 드는 단점(평균 3~3.5만원)이 있다는 보고(이, 1997)와 비슷한 결과이다.

태양열 집열판을 이용한 시설재배 효과에 대해 각급 지도기관에서 파리고추 등 10작목을 대상으로

분석한 결과를 보면 Table 9에서와 같이 연료절감 효과는 포도에서 8%로 낮았으나, 기타 작목에서는 20~45%로 높았다. 이는 딸기 등 5작목에 대하여 이(1997)가 분석한 절감효과 25~36%와 비슷하였다.

소득증가는 오이가 38%로 가장 높았으며, 방울토마토, 파리고추 및 상추는 20~25%로 태양열 집열판을 이용한 가온 재배시 소득증대의 효과가 있는 것으로 나타났다. 이 외에도 작목에 따라 다소 차이는 있지만 조기수확, 품질향상, 수량 증대의 효과가 있었으며, 방울토마토의 경우 재배지에 따라 효과의 차이가 많아 지역에 따른 알맞은 작목 선택이 필요한 것으로 판단되었다.

태양열 집열판 이용 가온 재배 시 시설비가 많이 들고, 재배농가가 설비조작 요령과 관리기술을 잘 모르고, 시설이 차지하는 면적이 넓고, 열효율이 떨어지며, 시공업체의 설비운영 및 작물생리에 대한 기초 지식이 부족하다는 것이 문제점으로 나타났다(Table 10). 이는 태양열 집열판 이용에 대한 국내외 연구자료가 미미하고, 설비 운영 경험과 기술축적이

Table 9. Effect of heating supply system using concentrate plate of solar energy

Crops	Extent of oil reduction (%)	Income increase(%)	Effects	Information agency
Pepper	24~45	25	Early harvest 6~20 days Increase of harvest 10~20%	Chung-Nam ATES ^z
	27	-	-	Tangjin ATCY
Bell tomato	29	21	Early harvest 10days Increase of harvest 12 Quality improvement 5%	Hongsung ATC
	20	20	Early harvest 5days Increase of harvest 33% Quality improvement 15%	Posung ATC
	20~30	-	Quality improvement	Kyunggi ATES
Cucumber	21~40	38	Quality improvement 3% Increase of harvest 20%	Chuncheon ATC
	20~30	-	Quality improvement	Kyunggi ATES
Lily	20~30	-	Quality improvement	"
Strawberry	40	-	-	"
Rose	30	-	-	"
Pumpkin	20~30	-	Quality improvement	"
Radish	33	-	-	"
Lettuce	24~45	25	Early harvest 6~20 days Increase of harvest 10~20%	Chung-nam ATES
	8	-	-	Chung-buk ATES

z) Agricultural technology and extension service, Y Agricultural technology center

Table 10. Some problems and proposed improvement for solar energy heating system

Problems	Suggestions recommended
<ul style="list-style-type: none"> • Expensive cost of equipment • Deficiency of farmers techniques • Large farming area and lack ness of heating efficacy • Technical deficiency in the manual of the heating system and lack ness of knowledge on the farming system 	<ul style="list-style-type: none"> • Continual support of government for oil reduction and protection against environment contamination • Improved education and technical support of the heating system • Successive investigation of the heating system for the reduction of installation cost and increase of heating efficacy <ul style="list-style-type: none"> - Heating concentrate plate per acre - Dimension of heating concentrate tank - Distance and reclamation of pipe • Successive education of installation and farming system for employee in the manufacture

되어 있는 업체도 거의 없으며, 설치자재 또한 규격화가 안되어 업체별로 집열판의 규격과 열효율이 다르고, 집열판 설치를 위한 공간면적 확보(15~20평

/600평)와 시설비 과다 소요(18,000~38,000천원)가 문제점이 되고 있다는 보고(이, 1997)와 비슷한 결과이다. 이를 해결하기 위해서는 연료 절감 및 환경오

염 예방 차원에서 정부의 지속적인 지원으로 시설비를 낮추어야 하며, 조작 및 관리를 능숙하게 할 수 있도록 관리기술 내용의 사용지침서화와 개별 방문지도 등을 통한 교육을 해야 하고, 설치비를 낮추고 열효율을 높일 수 있는 지속적인 연구개발을 해야 하고, 특히 단위 면적당 집열판수, 축열탱크 크기 및 파이프 매설깊이와 간격 등에 관하여 세밀한 연구를 해야 한다. 그리고 시공업체 임직원을 대상으로 설비 원리와 작물생리에 대한 교육 및 세미나 등을 실시해 재배농가의 불안요인을 해소해 줄 것을 바라고 있었다.

적 요

태양열 집열판을 이용한 가온재배 실태를 조사 분석하고 그에 따른 문제점을 도출하여 해결방안을 모색, 향후 자연에너지 이용 기기제작 및 사용의 기초자료를 제공하고자 태양열 집열판을 이용한 20농가를 조사한 결과, 설치비용은 18백만원/20a 정도 소요되었으며, 주 재배작목은 토마토(30%)와 화훼(40%)였고, 포도, 고추, 오이, 상추 및 딸기 등도 일부 재배하고 있었다. 태양열이용 정보는 대부분 지도기관에서 얻고 있었으며, 연료절감 효과가 20%미만이라고 응답한 농가가 75%로 지도기관에서 조사한 대부분 20%이상과는 차이가 있었다. 연료절감 효과에 비하여 시설비의 과중과 시공업체의 기술부족이 문제점으로 나타나 이의 보완이 필요하였다.

인 용 문 헌

- 강용혁. 1997. 국내외 태양열 이용 농작물 생산기술 개발현황과 과제. 경기도원 태양열 이용 시설농업 생산비 절감방안 세미나자료 7~81.
- 高倉直, 山川 健一. 1981. 地中熱交換ハウスの設計 1. 定常一次元モデルたる解析. 農業氣象 37(3) 187~196.
- 극동 하이텍 솔라. 1996. 태양열 이용 시설원에 지중난방 SYSTEM 개발 홍보 자료.
- 김태수. 1999. 태양열을 이용한 온수난방 방법이 포도수체, 숙기촉진 및 품질에 미치는 영향. 충북도원 '99 농사시험연구사업 결과 평가회 자료, 농촌진흥청, 1995. 신개발 농기계 시제품 제작 협의자료. 1995. 태양열 온수 급탕기 이용 시설원에 보조가온기술 개발 1~29.
- 민자근. 1997. 태양열 이용 지중난방 운영사례. 경기도원 태양열 이용 시설농업 생산비 절감방안 세미나자료 103~105.
- 이범학. 1997. 태양열 이용 지중난방 운영사례. 경기도원 태양열 이용 시설농업 생산비 절감방안 세미나자료 106~108.
- 이수철. 1999. 효율적인 에너지 관리기법으로 시설원예작물 안전월동. 월간원예 12: 146~148.
- 이용범, 표현구, 박상근, 권영삼. 1982. 지중열교환하우스의 환경특성과 작물생육에 대한 영향. 농시보고(원예) 24: 59~69.
- 이재룡. 1997. 태양열 이용 농작물 생산의 경제성과 효과분석. 경기도원 태양열 이용 시설농업 생산비 절감방안 세미나자료 85~100.

(접수일 2000. 6. 10)

(수리일 2000. 8. 10)