

## 온실내 잉여 태양에너지 산정(II)

서원명<sup>1</sup> · 배용한<sup>2</sup> · 유영선<sup>4</sup> · 이성현<sup>4</sup> · 김현태<sup>3</sup> · 김영주<sup>1</sup> · 윤용철<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 지역환경기반공학과(농업생명과학연구원), <sup>2</sup>경상대학교 대학원,

<sup>3</sup>경상대학교 생물산업기계공학과(농업생명과학연구원)

## Estimation of Surplus Solar Energy in Greenhouse (II)

Won Myung Suh<sup>1</sup>, Yong Han Bae<sup>2</sup>, Young Sun Ryou<sup>4</sup>, Sung Hyoun Lee<sup>4</sup>,  
Hyeon Tae Kim<sup>3</sup>, Yong Ju Km<sup>1</sup>, and Yong Cheol Yoon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Agricultural Eng., Gyeongsang National Univ.

(Institute of Agriculture and Life Science, GNU), Jinju 660-701, Korea

<sup>2</sup>Graduate school, Gyeongsang National Univ., Jinju 660-701, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Bio-Industrial Machinery Eng., Gyeongsang National Univ.

(Institute of Agriculture and Life Science), Jinju 660-701, Korea

<sup>4</sup>National Academy of Agricultural Science, RAD, Suwon 441-707, Korea

**Abstract.** This study is about an analysis of surplus solar energy by important greenhouse type using Typical Meteorological Year (TMY) data which was secured in order to provide basic data for designing an optimum thermal storage system to accumulate surplus solar energy generated in greenhouses during the daytime. The 07-auto-1 and 08-auto-1 types showed similar heat budget tendencies regardless of greenhouse types. In other words, the ratios of surplus solar energy were about 20.0~29.0% regardless of greenhouse type. About 54.0~225.0% and 53.0~218.0% of required heating energy will be able to be supplemented respectively according to the greenhouse types. The 07-mono-1 and 07-mono-3 types also showed similar heat budget tendencies regardless of greenhouse types. In other words, the ratios of surplus solar energy were about 20.0~26.0% and 21.0~27.0% respectively by greenhouse type. About 57.0~211.0% and 62.0~228.0% of required heating energy will be able to be supplemented by greenhouse type. Except for Daegwallyeong and Suwon area, other regions can cover heating energy only by surplus solar energy, according to the study.

**Key words :** heat budget, heating energy, KSU greenhouse model, solar energy, typical meteorological year, ventilation

### 서 론

우리나라 시설원예는 1920년대에 첫 시작되었으며, 열화비닐과 폴리에틸렌필름이 피복재로 사용되기 시작한 1950년 초부터 경남 김해 지역에서 본격적으로 발전하게 되었다. 우리나라 시설원예는 짧은 역사에도 불구하고 빠른 성장을 거듭하였다. 1970년대에는 경제발전과 도시 인구의 증가에 따른 식생활 패턴의 변화로 신선채소의 수요 급증에 따라 시설원예 기술이 급속하게 발전

하였다. 현대화 시설의 보급으로 온실 환경조절 자동화, 양액재배 기술 등이 발달하였고, 온실이 대형화 및 연동화 되어 육묘공장과 기업형 농장이 증가하게 되었다.

시설면적도 급속하게 확대되어 시설원예 면적은 1990년 약 25,450ha에서 2000년에는 약 52,190ha로 10년 사이에 2배 이상 증가하였으며, 시설재배 기술 수준도 한 단계 향상되는 전기를 맞이하였다. 2009년 현재 시설원예 면적은 약 53,000ha로서 채소류 및 화훼류가 각각 약 50,000ha 및 3,100ha를 차지하고 있다. 시설원예 가온면적은 1990년에 전체 면적 중 약 9%인 2,200ha이었던 것이 2009년 현재 약 28%인 15,000ha 정도로 증가하였다(MFAFF, 2010a, b).

\*Corresponding author: ychoon@gnu.ac.kr  
Received April 29, 2011; Revised May 23, 2011;  
Accepted June 2, 2011

시설원예에 있어 난방에너지 비용을 절감시키기 위해서는 보온성을 개선한 시설의 구조 및 자재의 개발, 난방용 기계장치의 효율 개선뿐만 아니라 석유대체 에너지에 의한 난방에너지 등 종합적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다. 시설현대화를 통한 생산비절감과 고품질 농산물의 생산을 목표로 하고 있는 시설원예에 있어서 환경조절의 성패는 생산물의 품질과 직결되는 난방비는 생산비에 있어서 큰 비중을 차지하게 된다. 따라서 가온 온실의 경우, 다양한 형태의 난방비 절감 기술이 개발을 시도하고 있지만 여전히 유류에 의존하는 비중이 약 90% 이상을 차지하고 있다(DAE, 2008). 최근 정부는 시설원예 에너지 절감을 위하여 농촌진흥청을 중심으로 지중난방, 수막재배, 배기열 회수 시스템, 신·재생에너지 이용 등 다양한 기술을 개발하여 보급하고 있는 실정이다. 또한 난방에너지 50% 절감과 안정적 시설원예 생산물 생산기반 구축을 목표로 시설구조 개선 및 고효율 보온시스템, 신·재생에너지 이용기술 개발, 생산성 향상과 노동력 절감을 위한 자동화 기술개발, 작물 특성을 고려한 시설모델 개발 및 기상재해 경감을 위한 시설구조의 안정성 향상기술 등을 제시한 바 있다(RDA, 2008; DAE, 2008). Yoon 등(1998a, b, 2009)과 Suh 등(2010)은 에너지비용 절감을 전제로 태양열 집열기, 히트펌프 및 태양광발전기 등에 대한 연구결과를 발표한 적이 있으며, Suh 등(2000, 2003)은 오픈난방기의 폐열회수 시스템에 대해서도 연구한 결과를 발표한 적이 있다.

이상과 같이 난방시스템을 갖춘 온실에 대해서는 에너지 관련 연구들이 지속적으로 수행되고 있다. 그러나 아직도 무가온 시설이 차지하는 비중이 약 80% 정도이지만, 이 들 온실에 대한 에너지 대책 및 재배기간 연장을 위한 시스템 개발은 미미한 실정이다. 보온 및 부분적인 보조열을 이용하여 무가온 재배온실의 재배기간을 연장하거나 가온온실의 난방 에너지를 절감하고, 특히 저탄소 녹색성장의 국가 비전을 실현하기 위해서 신·재생에너지의 하나인 태양열을 이용하여 온실경영비를 절감할 수 있는 방법을 모색할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한 겨울철 주간에 온실 내에서 발생하는 태양에너지(일여열, 온실내의 온도를 적정하게 유지하기 위해서 환기에 의하여 온실 밖으로 배출하는 열)를 효과적으로 회수하여 축열한 후, 적절한 방법으로 활용함으로써 온실의 난방에너지를 절감할 수

있을 뿐만 아니라 무가온 온실에도 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 주간에 온실 내에서 발생하는 일여 태양에너지를 분석하고, 일여 태양에너지를 축열할 적정 축열 시스템 설계의 기초자료를 제공할 목적으로 확보한 표준기상년(TMY; Typical Meteorological Year) 데이터, 즉 건물의 에너지 성능평가에 주로 사용되는 표준기상년 데이터(Kim 등, 2007)를 이용하여 1-2W형 온실을 중심으로 제주, 광주 및 수원 지역에 대하여 일여 태양에너지를 분석하여 보고된 바가 있다(Suh 등, 2009).

본 연구에서는 농림수산식품부에서 2008년 8월 28일 고시한 “원예특작시설 내재해형 규격 설계도·시방서”에 있는 자동화 비닐하우스 2종과 단동 비닐하우스 18종 중 농촌진흥청의 자문을 얻어 선정된 온실을 분석 대상으로 온실내 일여태양에너지를 분석하였다.

## 재료 및 방법

분석대상 온실은 앞에서 기술하였듯이 농촌진흥청에서 제안한 내재해형 규격온실이다. 내재해형 규격온실이란 매년 폭설·강풍에 의한 자연재해로 인해 시설하우스 붕괴 등 많은 피해가 발생하여 정부에서 “지역별 내재해 설계기준(적설심, 풍속)”을 정하고 해당 지역별 기준강도 이상으로 재해에 안전한 시설을 말한다.

본 연구에서는 Suh 등(2009)이 보고한 표준기상년 자료를 바탕으로 분석하였으며, 대상온실은 Table 1과 같다. 선정된 온실은 농림수산식품부에서 고시한 자동화비닐하우스 2종(07-자동화-1형, 08-자동화-1형)과 단동비닐하우스(07-단동-1~18형)중 농촌진흥청의 자문을 얻어 지역별로 특성화되어 가장 많이 보급되어 있는 07-자동화-1형, 08-자동화-1형, 07-단동-1형 및 07-단동-3형을 분석대상 온실로 선정하였다. Fig. 1은 온실의 단면을 나타낸 것이다.

Table 1에서 저속 및 고속 환기란 것은 설정된 온도에서 각각 분당 0.5회 및 1.0회의 환기횟수를 의미하는 것이다. 그리고 대상온실별로 주야간 온실 내부의 설정 온도나 환기설정온도는 Table 1과 같이 동일하게 하였다. 분석 대상지역은 제주, 광주, 진주, 부산, 전주, 대전, 수원, 대구 및 대관령을 포함하여 9개 지역으로 하였다. 그러나 온실 설치지역, 온실형태, 재배작물 및 온실의 관리관행에 따라 주야간 설정온도 및 환기설정온

Table 1. Types of greenhouse selected for analysis of surplus solar energy.

Types	B × L × H (m)	Floor areas (m <sup>2</sup> )	Setting temperatures (°C)	Remarks
07-auto-1	21 × 50 × 4.7	1,050	· daytime: 15	Multispan
08-auto-1	24 × 96 × 5.7	2,304	· nighttime: 10	
07-mono-1	5 × 97 × 2.6	485	· low speed ventilation: 25	Single-span
07-mono-3	7 × 97 × 3.3	679	· high speed ventilation: 27	

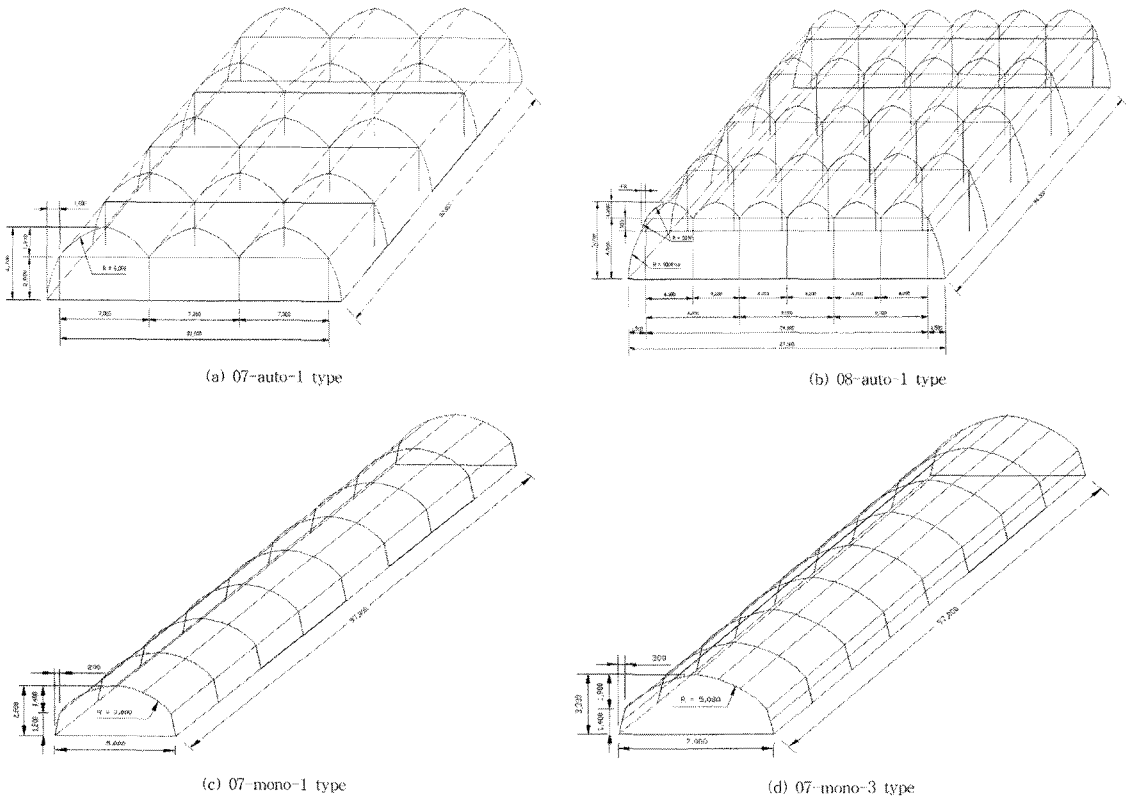


Fig. 1. Cross section of greenhouse (unit: mm).

도가 다르기 때문에 이들 설정온도의 변화에 따른 잉여 태양에너지도 분석할 필요가 있으나 설정온도의 변화나 지역별 잉여 태양에너지는 추후 분석할 예정이다.

분석 대상온실에서 재배되는 작물은 모두 오이로 가정하였으며, 오이의 작기는 9월 1일과 1월 16일에 정식하는 2작기(1m<sup>2</sup> 당 약 2주 재배)로 가정하였다. 그리고 차광이나 보온 커튼은 설치하지 않은 것으로 하였다.

본 연구에서 채택한 잉여 태양에너지 분석방법은 수학적인 온실 열분석 모형인 KSU-온실모형(Suh, 1986)을 활용하였다.

본 수치적 온실 환경 분석모형을 이용하기 위해서는 TMY 자료 중에서 년, 월, 일뿐만 아니라 Table 2와

같이 해당년월일의 매 시간 단위의 기상요소가 필요하다. 온실의 시뮬레이션을 위해서는 일차적으로 온실의 형상과 관련된 제반 치수를 비롯하여 온실구성 인자의 물리적인 특성치와 대략적인 초기조건을 입력자료로 필요로 한다. 초기조건으로는 온실내·외 지표면 온도 및 지온, 피복면 내측과 바닥면 표층의 수분 응집량, 온실의 환기율, 온실내 공기의 수증기압 및 온실기온의 추정치 등이 필요하다. 또한 분석에 이용되는 주요 파라메타로서는 시간간격, 위도, 경도, 작물 및 온실바닥의 태양광 흡수율, 피복재 두께 및 굴절계수, 환기용량, 온실의 규격, 온풍조율, 실내바닥의 열전도계수, 작물의 포기 수 및 높이 등 다양하게 요구된다. 그리고 잉여

**Table 2.** Meteorological elements for greenhouse simulation (KSU-greenhouse model).

Classification	Time	Dry temperature	Wind velocity	Solar radiation	Dew point temperature	Amount of clouds	Station pressure	Precipitation	Snowfall of three hours
Unit	Hour	°C	m/s	MJ/m <sup>2</sup>	°C	1-10	hPa	mm	cm

태양에너지는 환기에 의해 온실 밖으로 배출되는 열이기 때문에 동일지역 또는 동일한 온실 형태일지라도 환기설정온도에 따라 달라진다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 07-자동화-형과 08-자동화-1형

Table 3과 4는 07-자동화-1형과 08-자동화-1형의 열수지를 지역별로 나타낸 것이고, Fig. 2와 3은 Table 3 및 4의 소요 난방에너지(Heater)와 잉여 태양에너지(Ventilation)를 도식화한 것이다. Fig. 4 및 5는 온실 바닥 단위면적당 소요 난방에너지와 잉여태양에너지를 나타낸 것이다.

Table 3과 Fig. 2에서 알 수 있듯이 07-자동화-1형

의 경우, 전체 에너지 투입량 중에 태양에너지가 차지하는 비율은 지역별로 약 63.0~87.0% 정도의 범위에 있는 것으로 나타났다. 태양에너지의 최대 및 최소 지역은 진주와 제주지역으로서 각각 약 2,508.0GJ과 1,991.0GJ로 나타나 제주지역의 태양에너지는 진주지역에 비해 약 79.4% 정도였다. 소요 난방에너지(Heater)는 대관령 및 제주지역이 각각 약 1,264.0GJ 및 299.0GJ로서 대관령이 가장 높게 나타났고, 대관령에 비해 제주지역의 소요 난방에너지는 약 24.0%에 불과한 것으로 나타났다. 또한 온실에서 배출되는 잉여 태양에너지의 최대 및 최소 지역은 부산과 전주 지역으로서 각각 약 733.0GJ과 580.0GJ 정도로서 부산지역 대비 전주지역은 약 79.0% 정도였다. 전체 에너지 손실량 중 환기에 의해 배출되는 에너지, 즉 잉

**Table 3.** Heat budget of 07-auto-1 type greenhouse by region of typical meteorological year.

Regions	Energy inputs (MJ)			Energy losses (MJ)				
	Solar	Heater	Total	Radiation	Convection	Ventilation	Others	Total
Gwangju	2,326,536	480,472	2,807,008	1,321,461	111,973	690,112	683,462	2,807,008
Jeju	1,991,146	298,842	2,289,988	970,125	62,725	670,958	585,780	2,289,588
Jeonju	2,159,453	568,748	2,728,201	1,398,236	108,642	579,970	641,353	2,728,201
Jinju	2,508,487	543,250	3,051,737	1,421,302	133,359	717,015	780,061	3,051,737
Busan	2,300,748	439,138	2,739,886	1,228,840	100,363	733,256	677,427	2,739,886
Suwon	2,226,502	656,860	2,883,362	1,513,210	138,149	625,892	606,111	2,883,362
Daejeon	2,332,246	625,601	2,957,847	1,490,169	123,581	652,705	691,392	2,957,847
Daegu	2,152,098	589,281	2,741,379	1,328,171	114,027	611,769	687,412	2,741,379
Daegwanryong	2,157,720	1,264,384	3,422,104	1,791,847	307,209	687,503	635,545	3,422,104

**Table 4.** Heat budget of 08-auto-1 type greenhouse by region of typical meteorological year.

Regions	Energy inputs (MJ)			Energy losses (MJ)				
	Solar	Heater	Total	Radiation	Convection	Ventilation	Others	Total
Gwangju	5,252,549	1,122,258	6,374,807	3,023,663	242,654	1,557,016	1,551,474	6,374,807
Jeju	4,479,225	691,484	5,170,709	2,197,969	129,436	1,505,002	1,338,302	5,170,709
Jeonju	4,874,400	1,343,456	6,217,856	3,217,292	235,269	1,328,187	1,437,108	6,217,856
Jinju	5,678,111	1,267,431	6,945,542	3,239,613	292,369	1,646,810	1,766,750	6,945,542
Busan	5,201,254	1,014,136	6,215,390	2,789,782	214,813	1,674,334	1,536,461	6,215,390
Suwon	5,032,855	1,545,320	6,578,175	3,473,456	298,963	1,443,038	1,362,718	6,578,175
Daejeon	5,271,491	1,474,086	6,745,577	3,419,404	269,088	1,518,513	1,538,572	6,745,577
Daegu	4,852,518	1,367,035	6,219,553	3,023,000	242,179	1,417,450	1,536,924	6,219,553
Daegwanryong	4,878,210	2,955,686	7,833,896	4,146,408	671,995	1,569,681	1,441,812	7,829,896

온실내 잉여 태양에너지 산정(II)

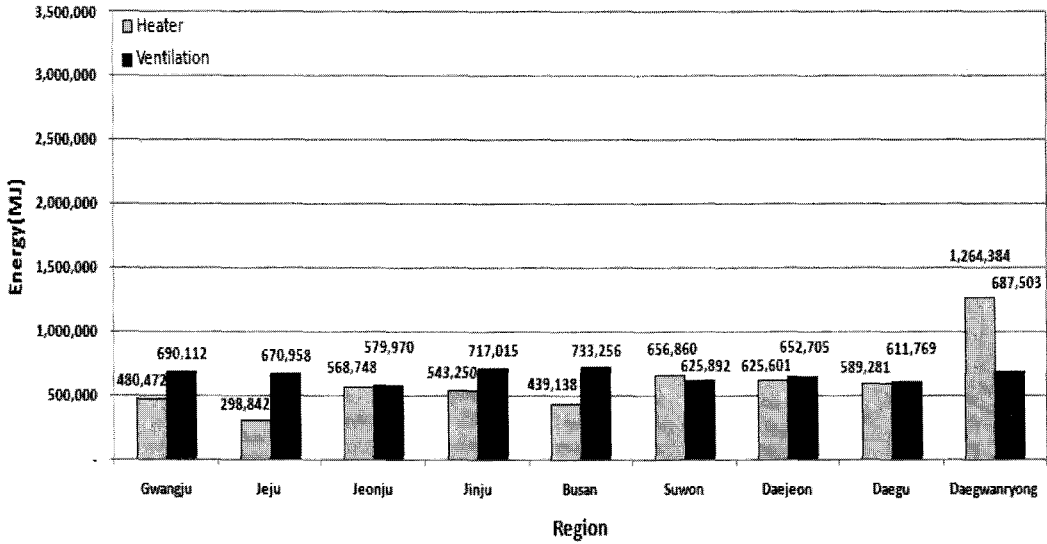


Fig. 2. Heating and surplus solar energy (Heater and Ventilation) of 07-auto-1 type greenhouse.

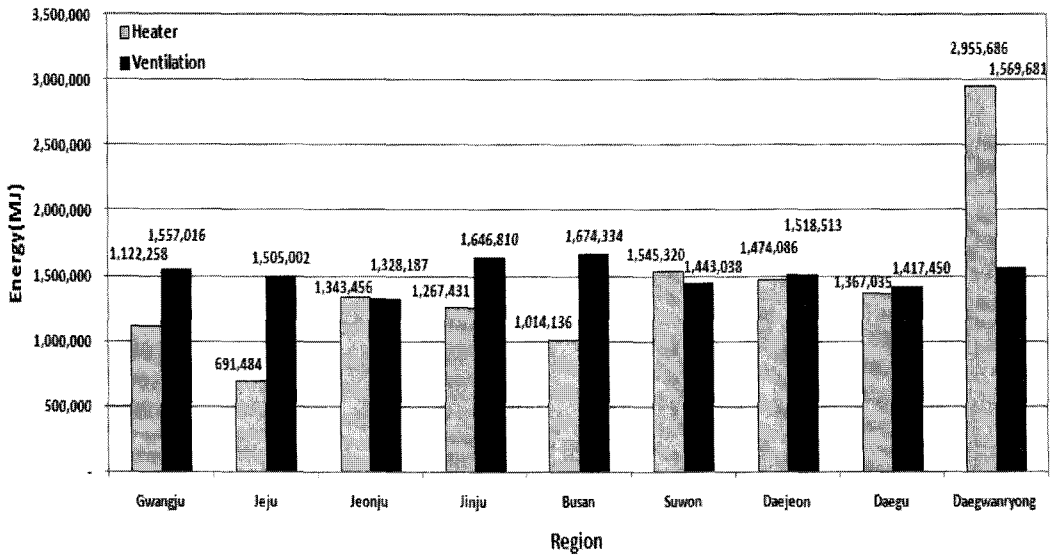


Fig. 3. Heating and surplus solar energy (Heater and Ventilation) of 08-auto-1 type greenhouse.

여 태양에너지가 차지하는 비율은 지역별로 약 20.0~29.0% 정도의 범위에 있는 것으로 나타났다. 이것은 소요 난방에너지를 지역별로 약 54.0~225.0% 정도 보충할 수 있는 량이다. 그리고 태양에너지의 최대 및 최소 지역인 진주 및 제주지역의 경우, 소요 난방에너지를 보충할 수 있는 량이 각각 132.0%, 225.0%로서 서로 상이한 것을 알 수 있다.

Table 4와 Fig. 3을 보면, 전체 에너지 투입량 중에

태양에너지가 차지하는 비율은 지역별로 약 77.0~87.0% 정도의 범위에 있는 것으로 나타났다. 태양에너지의 최대 및 최소 지역은 Table 3의 07-자동화-1형과 마찬가지로 진주와 제주지역으로 나타났다. 제주지역의 태양에너지는 진주지역에 비해 약 79.9% 정도로 나타나 07-자동화-1형과 비슷한 경향을 보였다. 소요 난방에너지도 07-자동화-1형과 마찬가지로 대관령에 비해 제주지역의 소요 난방에너지는 약 23.0%에 불과한

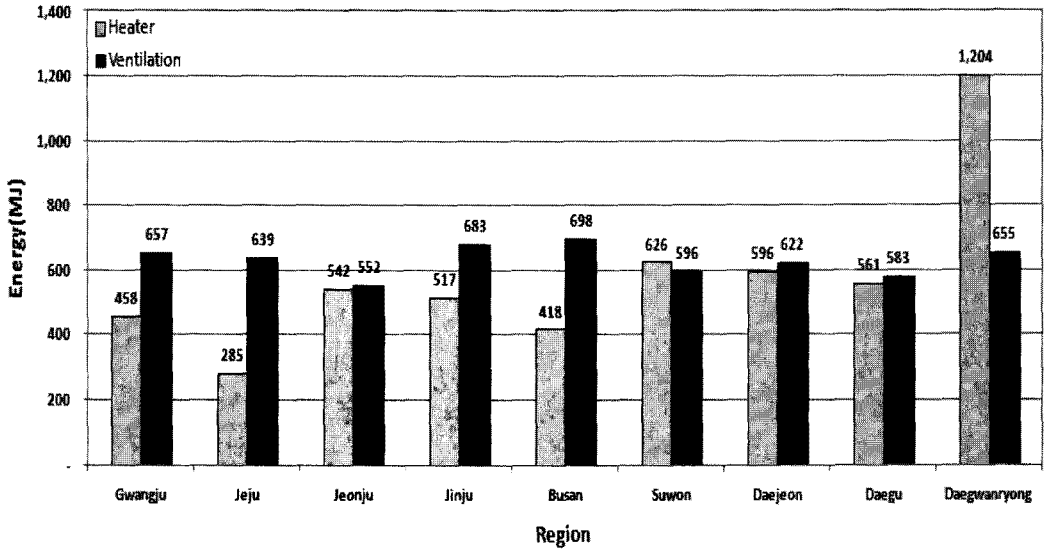


Fig. 4. Heating and surplus solar energy (Heater and Ventilation) per area of 07-auto-1 (1,050 m<sup>2</sup>) type greenhouse.

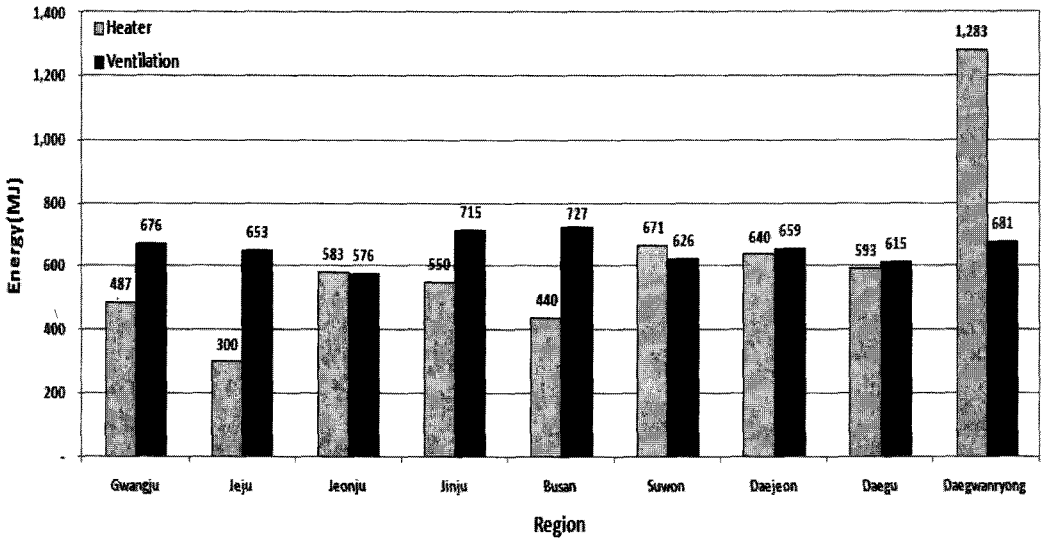


Fig. 5. Heating and surplus solar energy (Heater and Ventilation) per area of 08-auto-1 (2,304 m<sup>2</sup>) type greenhouse.

것으로 나타났다. 잉여태양에너지의 최대 및 최소 지역은 07-자동화-1형과 마찬가지로 부산과 전주지역으로 나타났다. 전체 에너지 손실량 중 잉여 태양에너지가 차지하는 비율도 지역별로 약 20.0~29.0% 정도의 범위에 있는 것으로 나타났다. 이것은 소요 난방에너지를 지역별로 약 53.0~218.0% 정도 보충할 수 있는 량이다. 이상과 같이 온실 내부로 투입되는 태양 또는 잉여 에너지 및 소요 난방에너지의 최대 및 최소값이

지역별로 상이한 것은 지역별 기상요소, 열복사 및 피복면의 대류열 등으로 손실되는 열량의 차이에 의한 것으로 판단된다.

Fig. 4와 Fig. 5를 보면 알 수 있듯이 07-자동화-1형과 08-자동화-1형 온실에 대해 단위면적당 잉여 태양에너지는 지역별 전체 평균이 각각 약 632.0MJ 및 659.0MJ인 것으로 나타났다. 소요 난방에너지도 잉여 태양에너지와 유사하다. 잉여 태양에너지는 지역, 농가,

재배작물 및 온실규격 등에 따라 다르기 때문에 단위 면적당 잉여 태양에너지를 검토하는 것이 축열 시스템 등을 설계할 때, 유용한 자료로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 07-단동-1형과 07-단동-3형

Table 5와 6은 07-단동-1형과 07-단동-3형의 열수지를 지역별로 나타낸 것이다.

전체 에너지 투입량 중에 태양에너지가 차지하는 비율은 지역별로 약 66.0~88.0% 정도의 범위에 있는 것으로 나타나 자동화 온실(07 및 08-자동화-1형)과 거의 유사한 것을 알 수 있다. 이것은 온실에 투입되는 태양에너지의 경우, 온실 유형보다는 지역(기상)에 좌우되는 것으로 판단된다. 태양에너지의 최대 및 최소 지역은 자동화 온실과 마찬가지로 진주와 제주지역으로서 각각 약 1,318.0GJ과 1,010.0GJ로 나타나 제주 지역의 태양에너지는 진주지역에 비해 약 77.0% 정도였다. 소요 난방에너지(Heater)는 대관령 및 제주지역이 각각 약 596.0GJ 및 141.0GJ로서 대관령이 가장

높게 나타났고, 대관령에 비해 제주지역의 소요 난방에너지는 약 24.0%에 불과한 것으로 나타났다. 또한 온실에서 배출되는 전체 잉여 태양에너지의 최대 및 최소 지역은 진주와 전주지역으로서 각각 약 354.0GJ과 283.0GJ 정도로서 진주지역 대비 전주지역은 약 80.0% 정도였다. 전체 에너지 손실량 중 환기에 의해 배출되는 에너지, 즉 잉여 태양에너지가 차지하는 비율은 지역별로 약 20.0~26.0% 정도로서 자동화 온실과 거의 유사하게 나타났다. 이것은 소요 난방에너지를 지역별로 약 57.0~211.0% 정도 보충할 수 있는 량으로서 지역별 상당한 차이가 있을 뿐만 아니라 대관령의 57.0%와 수원의 96.0%인 것을 제외하면 나머지 지역은 잉여 태양에너지만으로도 난방에너지를 충당할 수 있음을 알 수 있다.

Table 6을 보면, 전체 에너지 투입량 중에 태양에너지가 차지하는 비율은 07-단동-1형과 대단히 유사하게 나타났다. 태양에너지의 최대 및 최소 지역은 07-단동-1형과 마찬가지로 진주와 제주지역으로 나타났다. 제주 지역의 태양에너지는 진주지역에 비해 약 77.0% 정도

Table 5. Heat budget of 07-mono-1 type greenhouse by region of typical meteorological year.

Regions	Energy inputs (MJ)			Energy losses (MJ)				
	Solar	Heater	Total	Radiation	Convection	Ventilation	Others	Total
Gwangju	1,206,161.7	226,489.7	1,432,651.4	653,628.8	65,838.7	330,803.4	382,380.5	1,432,651.4
Jeju	1,010,719.7	141,193.9	1,151,913.6	485,142.1	37,701.9	299,072.4	329,997.2	1,151,913.6
Jeonju	1,121,042.7	265,876.9	1,386,919.6	682,032.6	63,370.2	283,504.8	358,012.0	1,386,919.6
Jinju	1,318,990.1	259,449.0	1,578,439.1	706,640.0	74,736.6	354,657.0	442,405.5	1,578,439.1
Busan	1,199,261.8	207,323.8	1,406,585.6	613,862.1	57,904.9	344,410.0	390,408.6	1,406,585.6
Suwon	1,170,306.9	309,248.9	1,479,555.8	742,579.5	78,176.0	295,849.3	362,951.0	1,479,555.8
Daejeon	1,215,568.4	293,014.7	1,508,583.1	728,642.1	72,369.4	316,348.6	391,223.0	1,508,583.1
Daegu	1,121,652.8	280,938.8	1,402,591.6	655,864.6	66,040.2	298,494.8	382,192.0	1,402,591.6
Daegwanryong	1,138,915.9	595,895.4	1,734,811.3	868,718.8	168,331.0	340,155.9	357,605.6	1,734,811.3

Table 6. Heat budget of 07-mono-3 type greenhouse by region of typical meteorological year.

Regions	Energy inputs (MJ)			Energy losses (MJ)				
	Solar	Heater	Total	Radiation	Convection	Ventilation	Others	Total
Gwangju	1,651,132.8	302,694.0	1,953,826.8	877,547.9	84,386.8	484,330.4	507,561.7	1,953,826.8
Jeju	1,389,847.7	189,255.9	1,579,103.6	652,284.7	48,933.9	432,625.1	445,259.9	1,579,103.6
Jeonju	1,534,445.3	353,989.4	1,888,434.7	916,329.5	81,757.9	405,411.9	484,935.4	1,888,434.7
Jinju	1,800,445.9	346,171.2	2,146,617.1	948,613.7	96,196.4	504,613.6	597,193.4	2,146,617.1
Busan	1,640,207.9	279,001.7	1,919,209.6	824,280.9	74,680.0	498,462.7	521,786.0	1,919,209.6
Suwon	1,597,610.5	411,678.1	2,009,288.6	995,927.7	100,938.9	420,804.3	491,617.7	2,009,288.6
Daejeon	1,662,571.7	390,889.2	2,053,460.9	976,457.0	92,733.1	456,117.6	528,153.2	2,053,460.9
Daegu	1,533,513.6	377,199.8	1,910,713.4	882,732.3	85,653.6	442,213.6	500,113.9	1,910,713.4
Daegwanryong	1,553,337.6	799,822.8	2,353,160.4	1,165,353.8	220,038.2	496,158.3	471,610.1	2,353,160.4

로 나타나 07-단동-1형과 동일한 경향을 보였다. 소요 난방에너지도 07-단동-1형과 마찬가지로 대관령에 비해 제주지역의 소요 난방에너지는 약 24.0%에 불과한 것으로 나타났다. 잉여 태양에너지의 최대 및 최소 지역은 07-단동-1형과 마찬가지로 진주와 전주지역으로 나타났다. 잉여 태양에너지가 차지하는 비율도 지역별로 약 21.0~27.0% 정도의 범위에 있는 것으로 나타났다. 이것은 소요 난방에너지를 지역별로 약 62.0~

228.0% 정도 보충할 수 있는 량이다. 결국 대관령 (62.0%)을 제외하면 잉여 태양에너지만으로도 난방에너지를 충당할 수 있음을 알 수 있다.

결과적으로 자동화(07-1 및 08-1형) 온실과 단동 (07-1, 3형)의 잉여 태양에너지의 활용 또한 비측 가능성 측면에서 대단히 소중한 난방자원이 될 수 있을 것으로 예상된다. 그리고 Fig. 6 및 7은 온실 바닥 단위면적당 소요 난방에너지와 잉여 태양에너지를 나

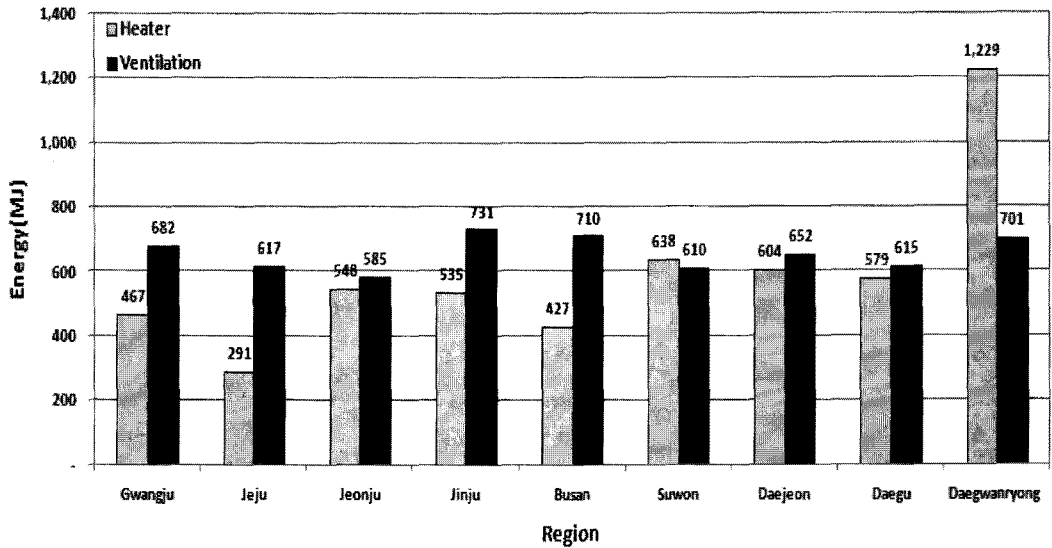


Fig. 6. Heating and surplus solar energy (Heater and Ventilation) per area of 07-mono-1 (485 m<sup>2</sup>) type greenhouse.

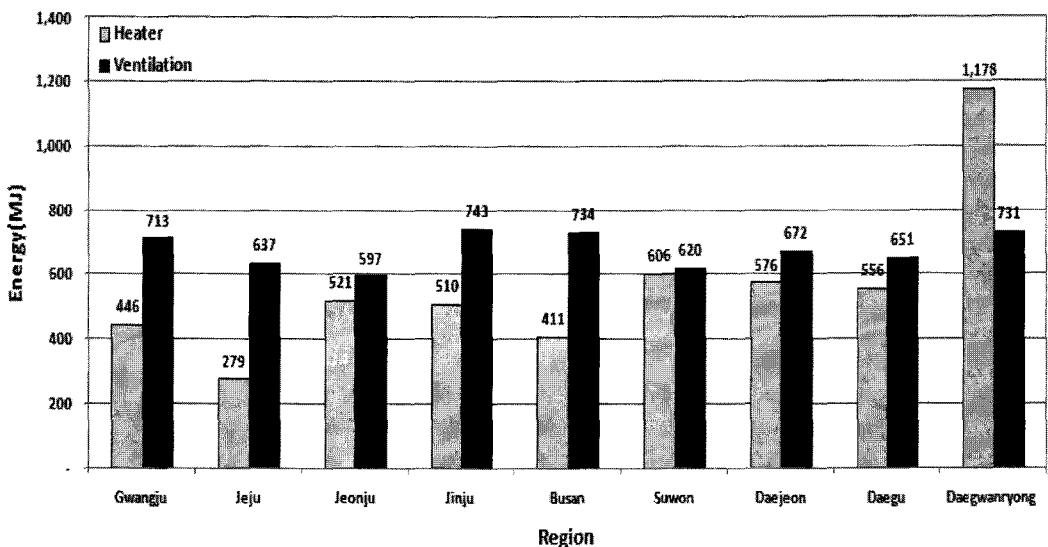


Fig. 7. Heating and surplus solar energy (Heater and Ventilation) per area of 07-mono-3 (679 m<sup>2</sup>) type greenhouse.



타낸 것이다.

온실의 단위면적당 잉여 태양에너지를 분석한 결과를 보면, 자동화 온실의 경우 지역별 평균이 각각 632.0MJ 및 659.0MJ이었고, 단동인 경우 각각 658.0MJ 및 678.0MJ로서 앞에서도 기술하였듯이 온실 형태가 잉여 태양에너지에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다.

국내 시설원예용 온실의 대부분이 단동인 점을 고려할 때, 잉여 태양에너지를 축열할 적정 축열 시스템이 설계되면 몇몇 지역을 제외하고는 별도의 난방에너지 없이도 온실의 온도를 적정온도로 유지시킬 수 있음을 알 수 있다. 기존의 연구결과에 의하면 비교적 온난한 지역의 소형 난방온실은 야간 커튼을 설치하면 겨울철 난방에너지를 절반 정도까지 절감할 수 있는 것으로 보고되고 있으며, 보온커튼과 함께 적절한 규모의 락베드를 설치하여 운용할 경우, 난방열 없이도 온실의 온도를 적정온도로 유지할 수 있는 것으로 보고되고 있다(Suh, 1986). 따라서 이러한 점 등을 포함하여 재배작물의 종류, 재배시기 및 설정온도 등에 대한 구체적인 상황을 고려하여 보다 세밀히 검토하여야 할 것으로 판단된다.

## 적 요

본 연구는 주간에 온실 내에서 환기로 인하여 배출되는 잉여 태양에너지를 축열할 적정 축열 시스템 설계의 기초자료를 제공할 목적으로 확보한 표준기상년(TMY; Typical Meteorological Year) 데이터를 이용하여 주요 온실 형태별로 잉여 태양에너지를 분석하였다. 그 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 07-자동화-1형 및 08-자동화-1형의 경우, 온실형태에 관계없이 매우 유사한 열수지 경향을 보였다. 즉, 잉여 태양에너지가 차지하는 비율은 온실 형태별로 각각 약 20.0~29.0% 및 20.0~29.0% 정도로 나타났다. 그리고 소요 난방에너지를 온실 형태별로 각각 약 54.0~225.0% 및 53.0~218.0% 정도 보충할 수 있을 것으로 나타났다. 07-단동-1형과 07-단동-3형의 경우도 온실형태에 관계없이 매우 유사한 열수지 경향을 보였다. 즉, 잉여 태양에너지가 차지하는 비율은 온실 형태별로 각각 약 20.0~26.0% 및 21.0~27.0% 정도로 나타났다. 그리고 소요 난방에너지를 온실 형태별로 각각 약 57.0~

211.0% 및 62.0~228.0% 정도 보충할 수 있는 량이다. 그리고 온실형태에 관계없이 대관령 및 수원지역을 제외하면 나머지 지역은 잉여 태양에너지만으로도 난방에너지를 충당할 수 있음을 알 수 있었다.

**주제어** : 난방에너지, 열수지, 태양에너지, KSU-온실모형, 표준기상년, 환기

## 사 사

이 논문은 2008년, 2009년 농촌진흥청 어젠다 중심 농업과학기술개발 공동연구사업 “친환경 에너지 절감기술 및 바이오 대체에너지 개발-온실내 잉여 태양에너지 분석 모델 개발”의 연구비에 의해 수행되었습니다.

## 인 용 문 헌

1. Department of Agricultural Engineering, 2008. Guide book of energy down to tide over of high oil price. Suwon, Korea(in Korean).
2. Kim, H.Y. and J.J. Yee. 2007. Preparation the standard weather data and TAC map for heating and cooling load calculation in the 17-provinces of Korea. Architectural Institute of Korea 23(9):197-204(in Korean).
3. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2010b. Cultural state of floricultural crop in 2009. 3-13(in Korean).
4. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2010a. Production results of vegetable crop in 2009. 52-64(in Korean).
5. Rural Development Administration. 2008. Technology of operating cost down for agriculture. Suwon, Korea (in Korean).
6. Suh, W.M. 1986. Modeling of a greenhouse equipped with a solar rockbed system and with carbon dioxide enrichment. Ph.D. diss., Manhattan: Kansas State University.
7. Suh, W.M., Y.C. Yoon, and J.G. Kang. 2000. Analysis of heat exchanging performance of heat recovering device attached to exhaust gas duct. J. Bio-Env. Cont. 9(4):21-222(in Korean).
8. Suh, W.M., Y.C. Yoon, and J.K. Kwon. 2003. Heat exchange performance of improved heat recovery system. J. Bio-Env. Cont. 12(3):107-113(in Korean).
9. Suh, W.M., B.Y. Han, Y.S. Ryou, S.H. Lee, and Y.C. Yoon. 2009. Estimation of surplus solar energy in greenhouse (I) - case study based on 1-2W type -. J. KSAE 51(5):79-86(in Korean).
10. Suh, W.M., J.W. Leem, Y.J. Kim, Y.B. Min, H.T. Kim,

- M.R. Huh, and Y.C. Yoon. 2010. Heating effect by electric radiator in greenhouse of chrysanthemum cultivation. *J. Agri. & Life Science*. 44(4):79-85(in Korean).
11. Yoon, Y.C., W.M. Suh, and S.G. Lee. 1998a. A study on the greenhouse heating performance of heat pump system. *J. KSAE*, 40(3):94-102(in Korean).
12. Yoon, Y.C., W.M. Suh, and S.G. Lee. 1998b. Analysis on the thermal performance of flat-plate solar collector for greenhouse heating. *J. KSAE*, 40(6):46-56(in Korean).
13. Yoon, Y.C., Y.H. Bae, Y.S. Ryou, S.H. Lee, and W.M. Suh. 2009. Power generating performance of photovoltaic power system for greenhouse equipment operation. *J. Bio-Env. Con.* 18(3):177-184(in Korean).