

온실의 광환경 분석을 위한 기초실험

The Basic Experiments for Analysis of Solar Radiation Environments in Greenhouse

이현우, 이석건, 김길동*, 이종원(경북대)

Lee, Hyun Woo · Lee, Suk Gun · Kim, Kil Dong · Lee, Jong Won

Abstract

It was needed to know the amount of PAR to predict the growth of crops, and the quantity of total radiation to control the temperature by shading screen in the greenhouse.

Experiments have been conducted to determine the correlation between the hourly PAR and total solar radiation, the transmission of PAR and total solar radiation at canopy location, and the relationship between the illuminance and total solar radiation.

Additional experiments are needed to confirm these experimental results.

1. 서론

온실과 관련하여 태양광은 세가지 요소로 구분할 수 있다. 첫째는 온도변화에 영향을 주는 파장인 약 300-3,000nm범위의 전천일사량, 둘째는 식물의 광합성에 직접적인 영향을 주는 파장이 400-700nm범위의 광합성유효복사량(PAR, Photosynthetically Active Radiation), 마지막으로 가시광선 범위로 밝기를 나타내는 조도로 구분된다.

시뮬레이션을 통하여 작물의 성장량을 예측하는데 필요한 환경인자에는 온도, 습도, 이산화탄소농도, 일장, 광량 등이 있다. 이들 중 PAR의 양은 제어가 어렵기 때문에 작물의 수확량에 큰 영향을 줄 수 있다. 결국 PAR의 양을 정확히 예측하게 되면 시뮬레이션을 통하여 수확량을 정확하게 예측할 수 있다. 그러나 PAR의 양은 전국적으로 정확하게 계측되고 있지 못하기 때문에 자료를 얻기가 어려운 실정이다. 따라서 현재 기상청에서 제공하고 있는 전천일사량을 이용하여 PAR의 양을 계산할 수 있는 방법에 대한 검토가 필요하다.

온실외부의 일사량과 온실의 구조재를 통과하여 내부의 수관에 도달하는 내부일사량과는 상당한 차이가 있다. 특히 작물의 생장에 직접적인 영향을 주는 수관에 도달하는 PAR의 양은 온실의 운영에 있어서 대단히 중요한 요소이다. 따라서 온실 내부의 수관부에 도달하는 PAR의 양을 정확히 계산할 필요가 있다.

온실내부의 온도조절을 위해 사용되고 있는 차광의 제어방법은 온도, 시간, 조도, 일사량 등을 기준으로 이루어 지고 있으며, 조사 결과에 의하면 온도를 기준으로 제어하는 방법이 널리 사용되고 있다. 그러나 차광은 일사량에 의한 온실내부의 온도상승을 차단하는 방법이기 때문

에 일사량을 기준으로 제어 되어야 할 것이다. 조도의 측정은 일사량의 측정에 비하여 경비가 저렴하므로 조도량을 이용하여 일사량을 예측할 수 있다면 차광제어에 필요한 경비를 절감할 수 있기 때문에 일사량과 조도량의 상관관계를 찾아낼 필요가 있다.

따라서, 본 연구는 실험을 통하여 전천일사량과 PAR의 상관관계를 구명하고, 온실의 수관부에서의 PAR의 투과율을 산정하며, 온실외부와 내부에서 전천일사량과 조도의 관계를 구명하기 위하여 수행되었다.

2. 실험장치 및 방법

가. 실험온실 및 계측시스템

1) 실험온실

그림 1은 본 실험에 사용된 온실로서 경북대학교 부속농장에 위치한 폭(6.6m)×길이(7.7m)×높이(4.6m)인 유리온실이다. 이 온실은 온실내부 온도를 하강시키기 위한 다른 냉방시스템을 사용하고 있지 않으며 단지, 천창과 한 쪽 측창을 완전 개방하여 자연환기를 통하여 온실내부의 온도조절을 하고 있다. 온실내부환경계측을 위한 센서의 위치는 지상으로부터 1.5m에 온도센서 5점과 지상으로부터 0.7m에 일사센서 2점을 그림 2와 같이 설치하였다. 또한, 온실외부에 온도센서 1점과 일사센서 2점을 설치하여 측정하였다.

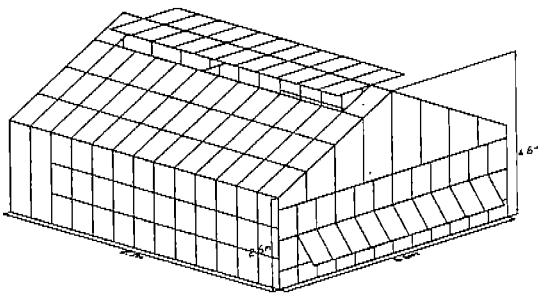


그림 1. 실험온실의 제원

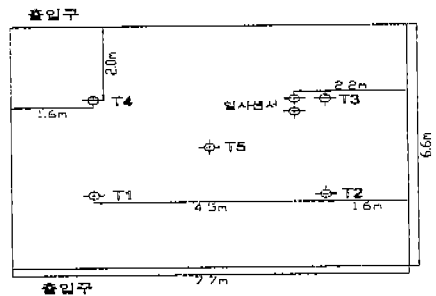


그림 2. 센서의 설치위치

2) 계측시스템

온실내의 온도, 일사량 및 광합성유효복사의 변화를 계측하기 위한 계측기로서는 21X MICORLOGGER(21XL, Campbell)를 이용하였다. 이 계측기는 8~16개 센서를 설치할 수 있으며, 멀티 채널을 사용한다면 최대 64개 센서를 추가하여 계측할 수 있다. 또한 계측간격은 1~6,552(sec)이며, 기록간격은 1~9,999(min)으로서 다양한 간격으로 저장할 수 있다. 본 실험에 사용된 온도센서는 -35℃~50℃까지 측정가능하고, 일사센서는 광합성유효복사를 계측하기 위해 LI190SB Quantum(400~700nm)센서와 수평면일사량을 계측하기 위해 LI200X Pyranometer(400~1100nm)센서를 온실내부와 외부에 각각 1점씩 설치하였으며, 센서의 정확도는 ±3%이다.

온실내의 온도, 일사량 및 광합성유효복사량을 계측하고자 온도센서를 온실외부에 1점, 온실내부에 5점을 설치하였으며, 일사센서는 온실외부에 2점, 온실내의 수관높이인 지면에서 70cm 되는 위치에 2점을 설치하여 계측하였다.

3) 계측기간

차광과 무차광시 외기온에 따른 온실내부 온도변화와 온실내부 일사량과 조도관계를 분석하기 위한 계측은 1999년 6월 5일~6일에 이루어졌으며, 온실외부 일사량과 조도관계를 분석하기 위한 계측은 8월 13일~14일에 실시하였다. 또한 온실내부 온도변화를 분석하고자 실험온실의 측창 한 쪽과 천창을 완전개방한 상태에서 센서의 값을 1분마다 계측하여 평균값을 기록하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 시간당 광합성유효복사량과 시간당 전천일사량의 상관식

1999년 6월중 경북대학교 농대2호관 옥상에서 측정한 시간당 광합성유효복사량을 이용하여 그날의 시간당 전천일사량값에 대한 회귀방정식은 그림 3과 같다. 실측치의 일차 회귀방정식의 계수는 2.2876로 나타났으며, 상관계수가 0.9909로 상관성이 아주 높았다.

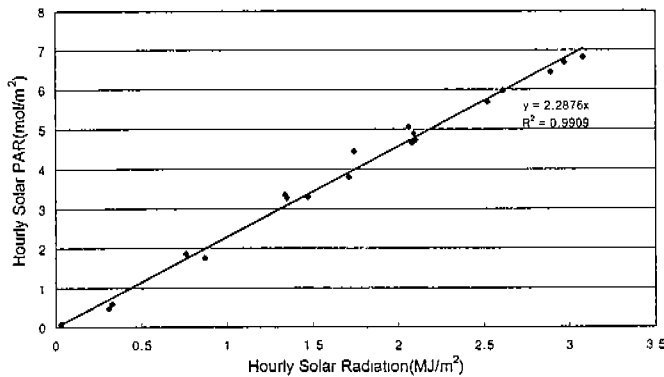


그림 3. 시간당 광합성유효복사량과 시간당 전천일사량의 상관식

나. 광합성유효복사 투과율과 전천일사량의 투과율

그림 4, 5는 6월 14일과 15일의 광합성유효복사 투과율과 전천일사량 투과율을 나타낸 것으로 그래프의 굴곡이 심한 부분은 태양의 이동으로 인한 온실골조의 그림자가 센서부분에 영향을 미친 것으로 판단된다. 그림 4에서 이러한 골조의 영향을 고려하지 않는다면 광합성유효복사 투과율과 전천일사 투과율은 약 73~78%에 해당되며, 그림 5에서는 약 70~75%에 해당된다.

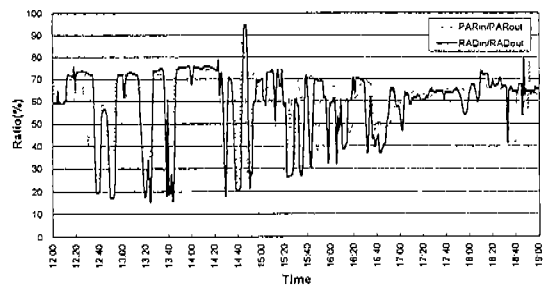
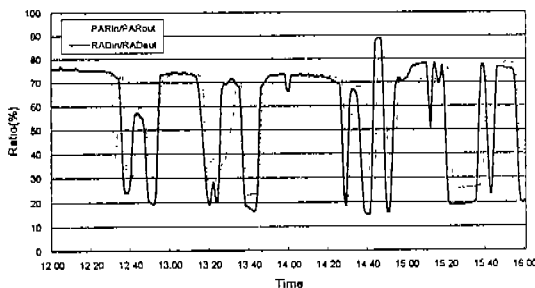


그림 4. PAR와 RAD의 투과율(6/14)

그림 5. PAR와 RAD의 투과율(6/15)

표 1은 온실구조의 그림자 영향을 고려한 일일평균투과율을 나타낸 것으로 광합성유효복사량과 전천일사량의 투과율은 비슷하게 나타났으며, 전체평균투과율은 60.1%로 나타났다. 이 평균투과율을 이용하면 온실외부 일사량을 이용하여 온실내부 일사량을 산정할 수 있을 것으로 판단된다. 앞으로 유리온실에 대한 추가 실험을 실시하여 검증된 실용 가능한 투과율을 제시할 계획이다.

표 1. 온실의 일일평균투과율(%)

일사량 종류	6월 14일	6월 15일
전천일사량(RAD)	60.1	60.1
광합성유효복사량(PAR)	60.2	59.8

다. 전천일사량과 조도의 관계

그림 6과 7은 온실외부 및 내부에서의 조도와 일사량 관계를 나타낸 것으로서, 온실내부 및 외부 실측치의 일차 회귀방정식의 계수는 0.0081로 같게 나타났으며, 상관계수는 온실외부가 0.9616, 온실내부가 0.898로서 온실외부가 내부보다 상관성이 높게 나타났다.

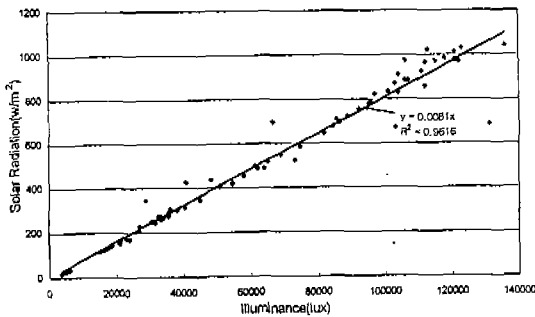


그림 6. 온실외부에서 일사량과 조도의 상관식

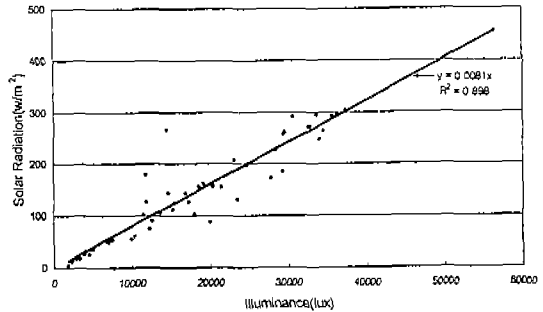


그림 7. 온실내부에서 일사량과 조도의 상관식

라. 차광온실과 무차광온실의 온도변화

그림 8과 9는 차광온실과 무차광온실의 온도변화를 나타낸 것으로 표 2에서 보는 바와 같이 주간시간대에 차광온실은 외기온보다 평균 0.7~2.2℃ 낮게 나타났으며, 무차광온실은 평균 2.8~3.2℃ 높게 나타났다.

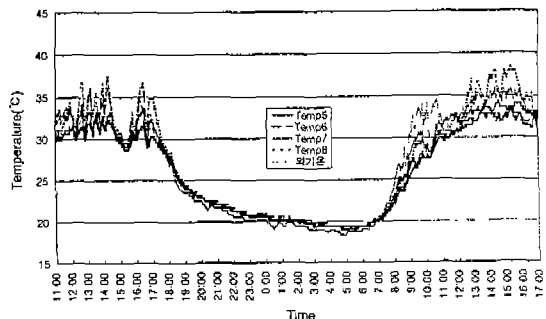
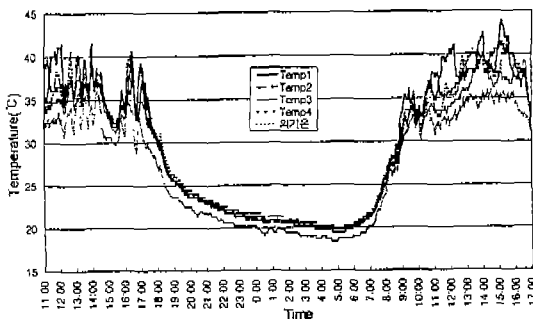


그림 8. 외기온에 따른 온실내부온도변화(무차광)

그림 9. 외기온에 따른 온실내부온도변화(차광)

표 2. 차광 및 무차광온실의 외기온과 내부온도의 평균온도차

구 분	6/19(11:00~20:00) 평균온도차	6/20(08:00~17:00) 평균온도차	야간평균온도차 (20:00~익일08:00)
차광온실	-0.7℃	-2.2℃	0.5℃
무차광온실	3.2℃	2.8℃	1.4℃

3. 결 론

기존의 기상자료에서 얻을 수 있는 전천일사량을 이용하여 PAR의 량을 산정할 수 있는 상관식을 제시하고, 온실내부의 전천일사량과 PAR의 량을 산정 할 수 있는 투과율을 제시하며, 온실외부 및 내부에서의 조도와 전천일사량의 상관식을 제시하기 위하여 수행한 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시간당 광합성유효복사량과 시간당 전천일사량의 상관식 $Y=2.2876X$ 를 제시하였다.
2. 유리온실에서 온실골조의 영향을 고려한 전체 평균일사량투과율은 60.1%였다
3. 온실내부와 온실외부에서의 전천일사량과 조도의 상관식 $Y=0.0081X$ 를 제시하였다.
4. 차광온실과 무차광온실의 온도변화는 차광온실이 외기온보다 평균 0.7~2.2℃ 낮게 나타났으며, 무차광온실은 평균 2.8~3.2℃ 높게 나타났다.
5. 앞으로 추가 실험을 통하여 제시된 식에 대한 검증을 실시한 후 실용 가능한 식을 제안할 계획이다.

참 고 문 헌

1. 농어촌진흥공사. 원예시설의 환경작성연구(Ⅱ) p75-133.
2. K.C. Ting, and G. A. Giacomelli. 1987. Availability of Solar Photosynthetically Active Radiation. TRANSACTIONS of the ASAE.
3. Campbell scientific. Instruction manual
4. Joe J. Hanan GREENHOUSE Adadvanced Technology for Protected Horticulture p122-128
5. Royal D. Heins, and Richard W. Thimijan. 1983. Photometric, Radiometric, and Quantum Light Units of Measure. HortScience Vol. 18(6)