

# 인공광을 이용한 온실의 광합성유효광양자속 조절 Control of Photosynthetic Photon Flux by the Artificial Lighting in Greenhouse

이현우 · 이석건 · 이종원 · 손갑수\*

경북대학교 농업생명과학대학 농업토목공학과

Lee, H.W. · Lee, S.G. · Lee, J.W. · Son, G.S.\*

Department of Agricultural Eng., Kyungpook National Univ., Daegu, 702-701

## 서론

농산물은 기후와 시장동향에 따라 물량, 품질, 가격이 변동하고 산지에 따라 상품규격이나 품종이 다양하기 때문에 적기에 수출물량을 공급하고 지속적으로 확보하는 것이 어려운 문제로 대두되고 있다. 따라서 앞으로 농산물의 국제 경쟁력은 상품의 고품질화와 시장의 변화에 따른 상품의 안정적 공급에 달려 있다고 할 것이다. 연구결과에 의하면 작물이 안정적으로 성장하고 고품질의 수확물을 지속적으로 생산하기 위해서는 적정 일일적산광합성유효광양자속을 균일하게 공급할 수 있어야 한다. 일반적으로 겨울에 비해 여름에 광합성유효광양자속이 훨씬 많은 것으로 알려져 있지만 실제로 일일적산광합성유효광양자속은 여름철에도 많은 날이 겨울철과 비슷한 값을 나타내고 있기 때문에 년중 일일적산광합성유효광양자속의 변화는 상당히 크다고 하겠다. 따라서 온실에서 고품질의 농산물을 년중 안정적으로 공급하기 위해서는 일일적산광합성유효광양자속을 작물의 생육조건에 적합하게 유지시킬 수 있는 기술의 개발이 필요하다.(Albright, 1999)

특히, 여름철의 흐린 날이나 겨울철에는 작물의 종류에 따라 자연광만으로는 생육에 적절한 목표광량을 공급할 수 없는 경우가 발생하며 이러한 경우에는 인공광을 이용하여 필요한 광을 공급할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 자연광의 변화에 따른 온실 내부의 광합성광량자속 년중 변화와 필요 보광량의 변화를 구명하고 기상조건에 따른 일일적산광합성광량자속의 변화를 분석하여 인공광을 이용하여 온실의 일일적산광합성광량자속의 조절하기 위한 인공광 제어방법을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

실험온실은 7m(폭)×11m(길이)×2.2m(축고)이고 동고가 4m인 양지붕형 단동유리온실로 경북대학교 부속농장에 설치하였으며 식물사진은 Fig. 1과 같다. 온실의 건설방위는 동서동이다.

기상조건은 기상청에서 구분하는 방법을 이용하였으며, 운량(雲量)을 기준으로 강수현상이 없는 날 하늘상태가 운량 0~2.4는 맑음, 2.5~5.4는 구름조금, 5.5~7.4는 구름많음, 7.5~9.9는 흐림 그리고 10이면 비로 구분하였다.

온실 바닥에서 0.8m 높이에 벤치를 설치하였고, 벤치로부터 1.9m 위에 400W 고압나트륨 인공광을 설치하였다.

광합성광량자속(Photosynthetic Photon Flux, PPF)의 변화를 분석하기 위하여 온실 내부의 여러 점에 광합성유효광양자속센서 LI190SB 광량자센서(400~700nm)를 설치하여 측정하였다.

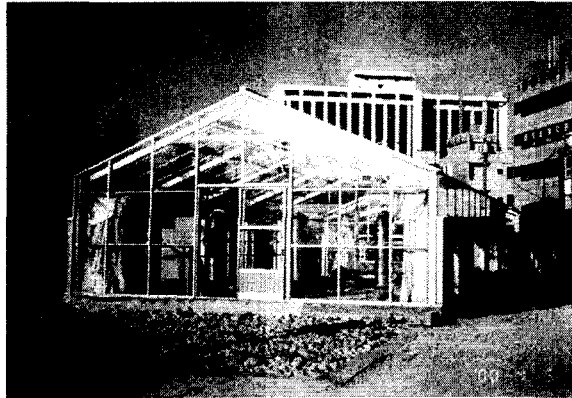


Fig. 1. Picture of experimental glasshouse.

## 결과 및 고찰

가. 온실내부의 일일적산 광합성유효광량자속 년중 변화

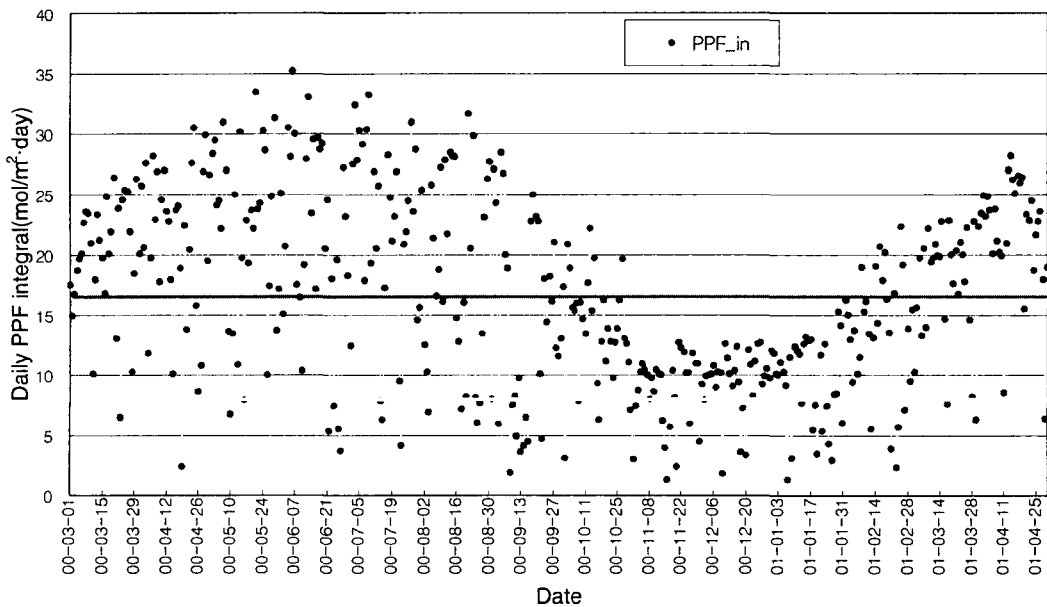


Fig. 2. Variation of daily integral PPF in greenhouse.

Fig. 2는 년중 실험온실 내부의 일일적산 광합성유효광양자속의 변화를 도시한 것이다. 우리가 잘 알고 있는 바와 같이 겨울철과 여름철의 일일적산광양자속은 대체로 큰 차이를 보여 주고 있다. 그러나 특이한 것은 여름철에도 많은 날이 겨울철과 비슷한 일일적산량을 나타내고 있다는 것이다. 이는 생육기간이 짧은 작물들의 경우 여름철에도 일사량이 적은 날이 계속되어 광합성광양자속의 부족으로 인한 생산량의 감소나 수확 시기에 좋지 않은 영향을 줄 가능성이 있다는 것을 의미한다. 따라서 고품질의 농산물을 년 중 안정적으로 공급하기 위해서는 인공광을 이용하여 일일적산광합성유효광양자속을 생육환경에 맞게 조절할 필요가 있을 것이다.

#### 나. 필요보광량

작물의 종류에 따라 생육에 필요한 적정 광량은 다른 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 잎상추(*Lactuca sativa* L., cv. Vivaldi)를 공시작물로 선정하여 필요보광량을 산정하였다. Both(1997)등은 보광을 이용한 상추재배 연구에서 광합성광양자속이  $17\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 이하인 경우 잎끝마름이 발생하지 않고 빠른 성장을 하였다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 비교를 위하여  $17\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 과  $11\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 의 두 가지 적산량을 목표 광량으로 가정하고 필요보광량을 산정하였다. Table 1은 상추재배를 위해 공급해야 할 일일적산 광합성광양자속량의 목표값을  $11\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 과  $17\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 로 하였을 경우의 기상조건별 필요보광량을 계산한 결과이다. 목표값이  $11\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 인 경우 년중 보광이 필요한 것으로 나타났으며 겨울철에 최대 약  $9\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 정도의 보광이 필요한 것으로 분석되었다. 목표값이  $17\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 인 경우도 년중 보광이 필요한 것으로 나타났고, 11월부터 1월까지의 모든 날에 보광이 필요한 것으로 분석되었으며, 이 기간 중 최대 필요보광량은 약  $15\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 정도인 것으로 나타났다.

Table 1. Supplemental value needed for gaining target PPF.

(unit:  $\text{mol} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )

Target PPF ( $\text{mol} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )	Cloud amount	Month											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	0.0~2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.5~5.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.5~7.4	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8
	7.5~9.9	3.8	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	3.4	4.4
	10.0	7.2	5.9	4.6	4.3	2.6	2.8	2.8	3.6	5.1	5.6	7.7	8.8
17	0.0~2.4	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	3.9
	2.5~5.4	4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.5	6.0
	5.5~7.4	6.7	2.9	-	-	-	-	-	-	-	-	5.8	7.8
	7.5~9.9	9.8	7.0	4.0	-	-	-	-	-	3.2	6.0	9.4	10.4
	10.0	13.2	11.9	10.6	10.3	8.6	8.8	8.8	9.6	11.1	11.6	13.7	14.8

다. 인공광의 배치 및 조광시간

Fig. 3은 여러 가지 인공광의 배열에 따른 광합성유효복사량의 분포를 도시한 것이다. Case 1은 모든 광을 켜었을 때의 분포도로서 중앙에서 PPF값이 가장 크고 가장자리로 갈수록 감소하여 위치별로 큰 차이를 보여주고 있다. Case 2는 균일한 분포의 광을 공급하기 위하여 광배치를 달리한 것으로 비교적 균일하나 더 많은 수정이 필요한 것으로 판단되었다. 이러한 그림은 균일한 분포의 광공급을 위한 광원의 적절한 배치를 결정하는데 이용될 수 있을 뿐만 아니라, 적정 광량을 공급하기 위한 광원의 높이 및 보광시간을 결정하는데 유용하게 이용될 수 있을 것이다. 앞으로 광환경 분석용 소프트웨어인 Lumen-Micro를 이용하여 다양한 광원의 배열 및 높이에 대한 광분포를 분석하여 균일한 광공급을 위한 적절한 광원배치를 결정할 예정이다.

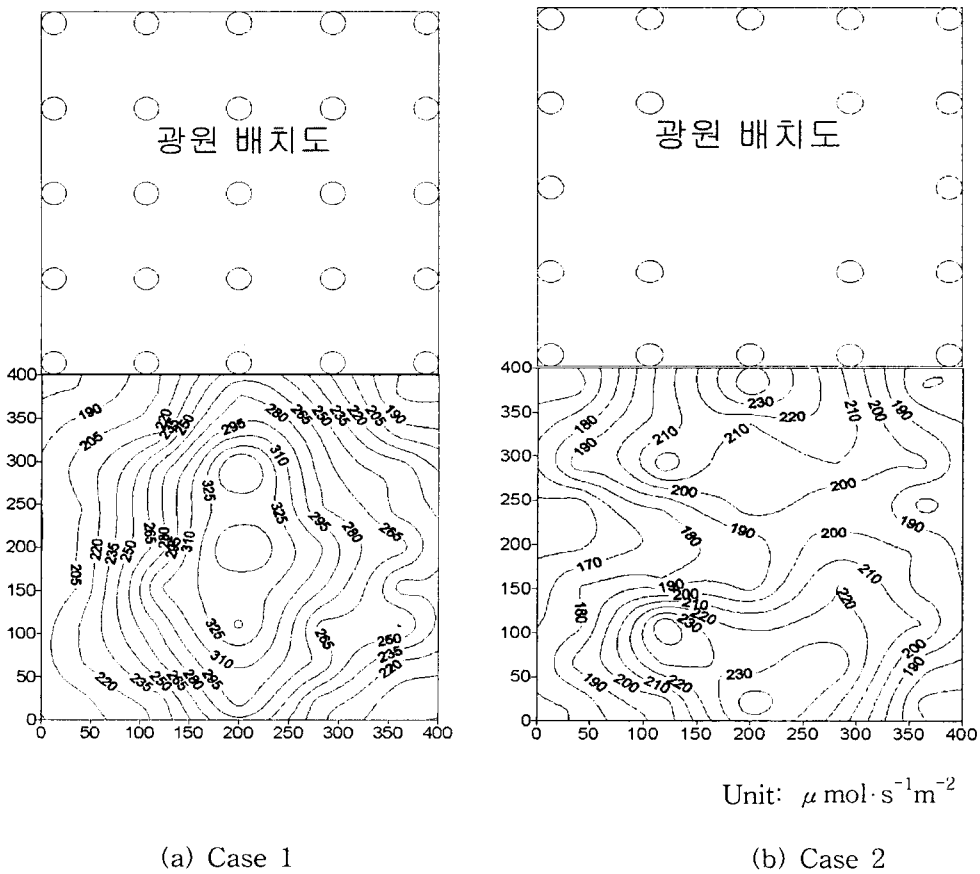


Fig. 3. Distribution patterns of PPF.

Table 2는 Fig. 3 Case 2의 광배치를 이용하여 비오는 날에  $11 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 의 일일적 산광합성유효광양자속을 공급하기 위한 월별 조광시간을 계산한 결과이다. 이러한 방법을 이용하여 구체적인 조광시간대를 결정하므로써 광량조절을 할 수 있을 것이다.

Table 2. Supplemental irradiation time for each month.

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Supplemental PPF (mol·d <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> )	7.2	5.9	4.6	4.3	2.6	2.8	2.8	3.6	5.1	5.6	7.7	8.8
Supplemental irradiation time (hr·d <sup>-1</sup> )	10.0	8.2	6.4	6.0	3.6	3.9	3.9	5.0	7.0	7.8	10.7	12.2

## 요약 및 결론

자연광의 변화에 따른 온실 내부의 광합성유효광량자속 년중 변화와 필요 보광량의 변화를 구명하고 기상조건에 따른 일일적산광합성광량자속의 변화를 분석하였다. 균일한 광공급을 위한 인공광의 배치방법 및 적정 일일적산광합성유효광량자속을 공급하기 위한 월별 조광시간을 분석하였다.

년중 보광이 필요한 것으로 나타났고, 11월부터 1월까지의 모든 날에 보광이 필요한 것으로 분석되었으며, 이 기간 중 최대 필요보광량은 약 15mol m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>정도인 것으로 나타났다.

PPF 분포도는 균일한 분포의 광공급을 위한 광원의 적절한 배치를 결정하는데 이용될 수 있을 뿐만 아니라, 적정 광량을 공급하기 위한 광원의 높이 및 보광시간을 결정하는데 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

## 인용문헌

1. 김문기 외, 1997. 원예시설의 환경 설계기준 작성연구 (II), 농어촌진흥공사.
2. 박미희, 이용범. 1999. 식물공장내 광도와 배양액농도가 상추의 생육과 품질에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회지 8(2):115-124.
3. 이현우 외, 1999, 싱글트러스 토마토 생산시스템의 국내 적용을 위한 생산성 분석, 생물환경조절학회지, 8(3), 164-171.
4. Albright, L.D., 1999. Environment control for plant production. ACESYS III Conference - From protected cultivation to phytomation -: 47-60.
5. 仁科弘重 外, 1994, 自然光利用型苗生産システムにおける環境制御, 日本生物環境調節學會第32回集會, 172-173.
6. 中屋耕 外, 1994, 自然光利用野菜工場の開発, 日本生物環境調節學會第32回集會, 168-169.
7. Both, A.J. and L.D. Albright, 1997. Hydroponic lettuce production influenced by integrated supplemental light levels in a controlled environment agriculture facility. Acta Horticulturae 418: 45-51.
8. Both, A.J. and L.D. Albright, 1998. Coordinated management of daily PAR integral and carbon dioxide for hydroponic lettuce production. Acta Horticulturae 456: 45-51.