

파프리카 재배 온실의 피복재 종류에 따른 환경요인과 수량성

김호철¹ · 정석기¹ · 이정현² · 배종향^{1*}

¹원광대학교 원예 · 애완동식물학부, ²전남대학교 식물생명공학부

Effects of Greenhouse Covering Material on Environment Factors and Fruit Yield in Protected Cultivation of Sweet Pepper

Ho Cheol Kim¹, Sek Gi Jung¹, Jeong Hyun Lee², and Hyang Jong Bae^{1*}

¹Division of Horticulture and Pat Animal-Plant Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

²Division of Faculty of Plant Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

Abstract. To analysis effect of environment factors on productivity of sweet pepper according to greenhouse covering material (glass, plastic film), this was investigated. In glasshouse, outside light was positively correlated with yield as that $100MJ \cdot m^{-2}$ of outside light increased $300\sim 500g \cdot m^{-2}$, also cumulative temperature was same tendency. On possibility of model development for yield estimate cumulative temperature was high than outside light. According to covering material, leaf photosynthesis, productivity per outside light and term in glasshouse was more high 13%, 46%, and 47% compared with plastic film house, respectively. Result of analysis of effect of light, temperature, and CO_2 on yield, relative yield coefficient, yield increment coefficient, and yield reduction coefficient in glasshouse were more high 25%, 73%, and 34% compared with plastic film house, respectively. Hence, sweet pepper's growing in glasshouse compare with plastic film house had more productivity, but that had more sensitivity to charge of environment factors.

Key words : covering material, environment factors, productivity, yield

서 언

국내 파프리카는 원예작물 중 대일 수출 작목으로써 각광을 받고 있으며, 차후 다른 국가에도 수출 시장을 확대할 수 있는 가능성을 갖고 있다(KATI, 2009). 그러나 국내 파프리카 생산성은 증가하고 있음에도 불구하고 농업 선진국인 네덜란드에 비해 아주 낮은 수준이다(Jeong 등, 2008; Vermeulen, 2008). 이러한 생산성의 차이는 온실의 피복재, 시스템 및 재배자의 기술수준 등의 차이에서 나타나는 것으로 보여진다. 특히, 국내 파프리카 재배 온실의 70% 이상을 차지하고 있는 플라스틱필름 온실(Jeong 등, 2008)은 유리온실에 비해 생산성이 낮다는 것은 일반화된 사실이다. 그러나 기존 플라스틱필름 온실의 재배농기들이 유리온실을 신

축하거나 유리를 제외한 광투과율이 높은 피복재들로 교체하기에는 비용면에서 큰 부담을 느끼고 있어 개선이 어려운 실정이다.

피복재 종류 또는 동일한 피복재의 온실에서도 다양한 요인에 의해 생산성 차이를 나타낸다. 특히 환경요인 중 광량, 온도 및 습도 등이 관여한다(Dorais, 2003; Heuvelink 등, 2004; Heuvelink와 Challa, 1989; Marcelis 등, 2004). 동일한 외부 광량이라도 플라스틱 필름 온실은 유리온실에 비해 투과율이 낮아 생육 및 생산성 저하를 가져오고(Jeong 등, 2008; Kwon과 Chun, 1999). 유럽 지역보다 외부 광량이 좋은 우리나라의 여건을 고려하고 온실의 피복재 개선에 따른 투광량, 광 이용효율 증대와 재배 기술의 수준을 높인다면 농업 선진국의 생산성에 근접할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 동일 지역 내 국내 파프리카 유리온실과 플라스틱필름온실 농가를 대상으로 하여 생산성에 대한 주요 환경요인의 영향 정도를 비교 분석

*Corresponding author: bae@wku.ac.kr
Received July 18, 2009; Revised September 3, 2009;
Accepted September 15, 2009

하고자 수행하였다.

재료 및 방법

동일 피복재를 이용한 파프리카 온실의 수확량에 대한 온도 및 광 환경의 영향과 모델 개발에 적합한 환경요인을 구명하기 위해 전북에 유리온실 2농가, 전남에 유리온실 2농가 등 총 4농가를 대상으로 본 연구를 수행하였다. 4곳의 재배농가는 모두 암면슬라브를 이용하고 있었고, 양액 관리도 거의 동일한 수준이었다. 그리고 복합환경제어시스템으로는 Integro 724 computer(Priva, The Netherlands)를 이용하고 있었으며, 주간 22~25°C, 야간 18~20°C, 습도 70~75% 정도로 관리하고 있었다. 주요 환경요인(광, 온도, CO₂)과 수확량 간 비교 분석을 위한 자료는 각 재배농가의 생산이력관리시스템 내에 누적된 자료를 수집하여 이용하였다.

피복재에 따른 온실의 온도 및 광 환경이 수확에 미치는 영향을 구명하기 위해 위의 전북 농가 중 김제에 위치한 유리온실농가와 동일 지역에 있는 플라스틱 필름온실의 환경데이터 자료를 수집하여 비교분석하였다. 그리고 주마다 두 온실 내 파프리카의 광합성을 농가당 3지점 지정하여 광합성측정기(Li-6400, Li-cor, USA)를 이용하여 측정하였다.

자료 분석은 각 농가에서 수집된 환경데이터를 동일 재배 시기 및 간격으로 외부광량, 적산온도, 누적광량으로 분리 정리하고 수확량 자료와 비교하였다. 생산성 차이는 외부광량, 적산온도, 누적광량 등을 각각 또는 누적광량*적산온도를 독립변인, 수확량을 종속변인으로 하여 선형관계 및 직각쌍곡선(Rectangular hyperbolic) 함수로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 외부 광량 및 적산온도에 따른 유리온실의 수확량

유리온실에서 외부 광량이 수확량에 미치는 영향을 조사한 결과(Fig. 1, Table 1), 유리온실 4농가 모두 외부광량 증가에 따라 수확량도 증가하는 선형관계를 나타내었다. 유리온실 4농가에서 외부광량이 100MJ·m⁻² 증가 시 수확량은 300~500g·m⁻² 정도 증가하는

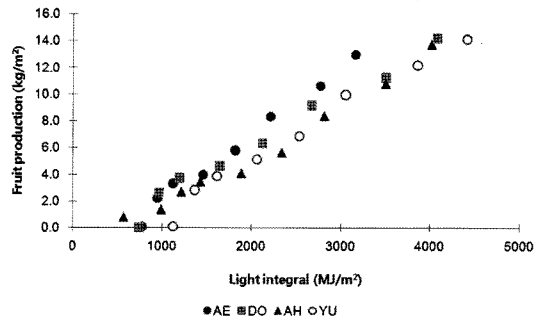


Fig. 1. Linear relationship between light integral (outside light) and fruit production of sweet pepper at four glasshouses.

Table 1. Co-efficiencies of linear regression between light integral (MJ·m⁻²) and fruit production (kg·m⁻²) of sweet pepper grown at four commercial glasshouses.

Farm	Co-efficiency (kg/MJ)	Constant	R ²
AE	0.005	-2.998	0.978
DO	0.003	-1.689	0.981
AH	0.003	-2.134	0.979
YU	0.004	-3.224	0.981

것으로 나타났다. 일반적으로 유리온실의 파프리카 수량은 누적광량과 깊은 관련을 갖고 있다. 또한 누적광량은 동일한 투광량의 피복재에서는 외부광량과 깊은 관계를 갖는다. 선형함수를 고려하면 동일한 피복재임에도 불구하고 4농가 간 동일 광량에 따른 파프리카의 생산량이 크게는 60% 이상까지 차이를 나타내었다. 특히, 4농가 중 DO와 AH 농가는 파프리카 수확에 대한 광이용효율이 다른 2농가에 비해 낮았다. 이러한 생산량에 관여한 광이용효율의 차이는 같은 온실 구조와 피복재의 이물질 흡착 정도에 따른 투광량 차이, 그리고 재배자의 관리 기술 차이 등이 영향을 준 것으로 판단되었다.

유리온실에서 적산온도가 수확량에 미치는 영향을 조사한 결과(Fig. 2, Table 2), 유리온실 4농가 모두 적산온도와 수확량 간 선형적인 관계를 보였다(Fig. 2). 농가 간 적산온도 선형함수의 계수는 광이용효율의 선형함수 계수(Table 1)보다 작게 나타났고, 편차도 작았다. 일반적으로 과실의 수확량은 24시간 평균온도에 영향을 받는데 본 분석에 이용한 적산온도로 분석한 결과 농가 간 단위 적산온도 당 수확량의 차이를 줄일 수 있었다. 따라서 농가 간 단위 기간 당 수확량에

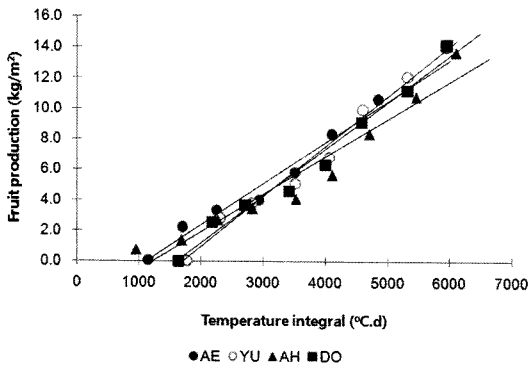


Fig. 2. Linear relationship between temperature integral and fruit production of sweet pepper grown at four glasshouses.

Table 2. Co-efficiencies of linear regression between temperature integral (°Cd) and fruit production (kg · m⁻²) of sweet pepper grown at four glasshouses.

Farms	Co-efficiency (kg/°Cd)	Constant	R ²
AE	0.002	-3.038	0.972
DO	0.003	-4.968	0.978
AH	0.002	-3.011	0.935
YU	0.003	-5.585	0.985

측에 있어 24시간 평균온도에 의한 모델 개발의 가능성이 높게 나타났다.

2. 온실의 피복재에 따른 파프리카의 광합성 특성

유리온실과 플라스틱필름온실에서 재배되고 있는 파프리카의 생육 특성을 비교하고자 광합성 특성을 조사하였다(Fig. 3). 광합성은 동일 광량 시 유리온실에서 플라스틱필름온실에서보다 높게 나타내었다. Fig. 3의 선형함수에 따르면(자료미제시) 최대 순광합성은 유리온실에서 16.83 μmol · m⁻² · s⁻¹로 플라스틱필름온실의 14.93 μmol · m⁻² · s⁻¹보다 13% 정도 높게 나타났다.

플라스틱필름온실보다 유리온실에 순광합성량이 더 높게 나타난 원인을 찾기 위해 총광합성량과 호흡량을 추정해 본 결과(Table 3), 총광합성량은 플라스틱필름온실과 유리온실에서 비슷하게 나타났으나, 호흡량의 차이가 플라스틱필름온실에서 유리온실보다 많은 것으로 나타났다. 호흡량의 차이는 광합성 측정 시 동일한 온도 조건으로 측정하였기 때문에 온도에 의한 차이라 볼 수 없었다. 따라서 작물의 광이용효율이 유리온실에서 플라스틱필름온실보다 높고, 피복재에 따라 작물에 온도보다

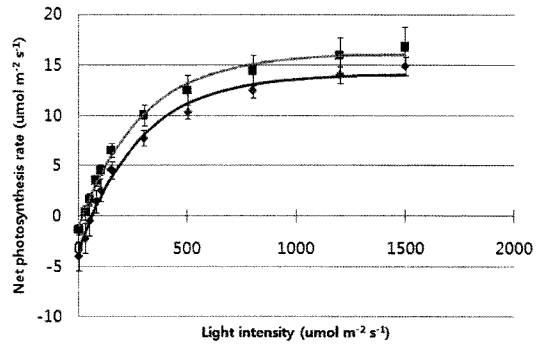


Fig. 3. Effect of light intensity on photosynthesis rate of sweet pepper plant grown at glasshouse (■) and plastic film house (◆).

Table 3. Characteristics of leaf photosynthesis of sweet pepper plant grown at glasshouse and plastic film house.

	Glasshouse	SE	Plastic house	SE
E ₀	0.0598	0.004	0.0625	0.006
P _{gmax}	17.20	0.37	17.58	0.58
R _d	-1.00	0.30	-3.42	0.46

는 광량의 영향이 더 큰 것으로 판단되었다. 또한 이는 광량과 건물생산량 간 정의 상관성(Heuvelink, 1996; Lee 등, 2002)을 고려할 때 차후 건물 분배에 따른 수확량에도 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

3. 온실의 피복재에 따른 내부 광량 및 온도와 수량 간 상호관계 분석

유리온실과 플라스틱필름온실 간 외부 광량 및 온도에 따른 수량 관계를 도출하였다(Fig. 4). 누적광량에 따른 수량의 추정식에서 유리온실은 Y = 0.035x - 2.521(R² = 0.989), 플라스틱필름온실은 Y = 0.024x - 2.513(R² = 0.987)로 나타났다. 본 추정식에 의해 유리온실은 100MJ · m⁻² 당 350g · m⁻²을 생산하였지만, 플라스틱필름온실에서는 100MJ · m⁻² 당 240g · m⁻²을 생산하였다. 따라서 단위 광량당 생산성에서 유리온실이 플라스틱필름온실보다 46% 정도 높게 나타났다.

적산온도에 따른 수확량의 추정식에서 유리온실은 Y = 0.028x - 6.034(R² = 0.981), 플라스틱필름온실은 Y = 0.019x - 4.341(R² = 0.978)로 나타났다. 본 추정식에 의해서도 누적광량과 마찬가지로 유리온실이 플라스틱필름온실보다 47% 정도 높은 생산성을 나타내었다.

두 요인들에 대한 분석을 비교하면 시설내부의 24시

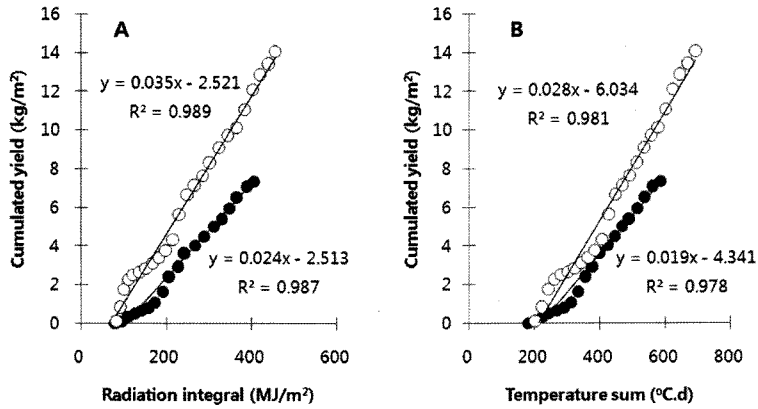


Fig. 4. Linear relationship between radiation integral (A) or temperature integral (B) and fruit production of sweet pepper grown at glasshouse and plastic film house.

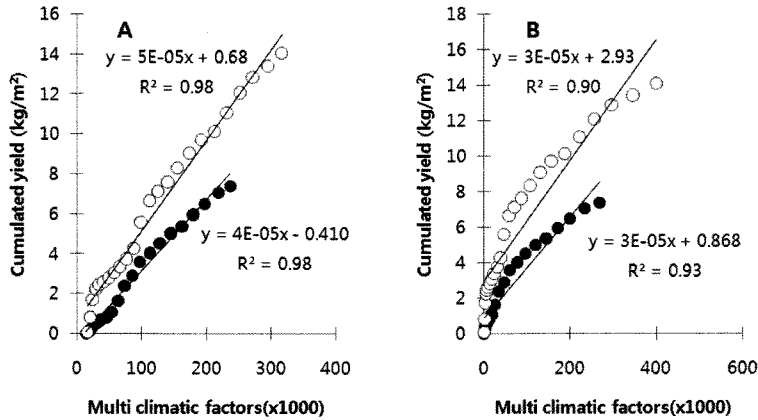


Fig. 5. Linear relationship between multi climatic factors [light and temperature (A), light, temperature and CO₂ (B)] and fruit production of sweet pepper grown at glasshouse and plastic film house.

간 평균온도 조절을 추가 난방 에너지 없이 광량에 의해 더 쉽게 높일 수 있다면 유리온실에서 단위 기간 당 생산율은 적산온도보다 누적광량에서 높을 것으로 생각되었다. 또한 작물 생육에 있어 온도와 광량 간에는 정의상관이 있으므로 생산량 분석에 있어 누적 광량과 적산온도 간의 상호관계를 세밀히 분석할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

누적광량, 적산온도 및 CO₂ 간 곱을 독립변량으로 하여 피복재에 따른 생산량에 대한 영향을 분석하였다 (Fig. 5). 그러나 누적광량과 적산온도의 곱을 이용한 결과 각각을 독립 변량으로 분석한 경우와 두 피복재 간 차이는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 그리고 3 요인의 곱을 독립 변량으로 분석하였을 때에도 마찬가지였다.

Table 4. Co-efficiencies of rectangular hyperbolic equation to multi-climatic factors on fruit production of sweet pepper grown at glasshouse and plastic film house.

Covering materials	D	B	C	A
Plastic house (Z)	1.09*10 ⁻⁵	-7,645	0.0065	7,606
Glass house (Y)	1.36*10 ⁻⁵	-10,280	0.0113	11,315
Y/Z ratio	1.25	1.34	1.73	1.49

$$F(x) = A + B/(1 + D*X) + C*X$$

D, maximum relative yield; B, maximum yield reduction; C, maximum yield increment; A, maximum yield; X, multi-climatic factor.

파프리카 생산성에 영향을 미치는 주요 환경요인(광, 온도, CO₂)을 이용하여 직각쌍곡선(Rectangular hyperbolic) 함수로 생산성을 분석하였다(Table 4). 유리온실과 플라스틱필름온실의 수량증가계수(C)의 값은 유리

온실에서 플라스틱필름온실보다 73%가 높게 나타났다. 이는 광, 온도, CO₂이용 효율이 플라스틱필름온실보다 매우 높기 때문으로 판단되었다(Table 4). 상대수량계수도 유리온실에서 플라스틱필름온실보다 25%가 높았지만, 최대수량감소계수는 유리온실에서 플라스틱필름온실보다 34%가 높게 나타났다. 유리온실에서 수량증가계수와 수량감소계수가 모두 높다는 것은 단위면적당 생산량도 많지만 환경적인 요인에 의해 감소될 수 있는 생산량도 많다는 의미로 해석되었다. 즉, 내·외부 환경요인의 급격한 변화와 더불어 재배자의 관리가 미흡할 시 기존 생산량에 비하여 유리온실에서 플라스틱필름온실보다 최종 생산량의 차이가 크다는 것을 의미한다. 따라서 유리온실에서는 생산성을 높이거나 유지하기 위해서는 제어시스템의 오류 방지나 재배자의 철저한 관리가 필요할 것으로 생각되었다.

적 요

파프리카 재배 온실의 피복재 종류에 따른 생산성 차이에 주요 환경요인의 영향 정도를 분석을 위해 유리온실과 플라스틱필름온실의 환경요인 누적데이터를 수집하여 수량과 비교 분석하였다. 유리온실은 외부광량과 수량 간 정적상관을 나타내었고, 100MJ·m⁻² 당 300~500g·m⁻²이 증가하는 것으로 나타났고, 적산온도도 같은 경향이였다. 그리고 수량 예측 모델 개발에 있어서는 적산온도가 외부광량보다 가능성을 높게 나타내었다. 최대 순광합성은 유리온실에서 16.83μmol·m⁻²·s⁻¹로 플라스틱필름온실의 14.93μmol·m⁻²·s⁻¹보다 13% 정도 높았다. 단위 광량당 생산성은 유리온실에서 플라스틱필름온실보다 46% 정도 높게 나타났다. 그리고 단위 기간당 생산성도 유리온실에서 플라스틱필름온실에서 보다 47% 높게 나타났다. 수량에 대한 광, 온도, CO₂에 의한 분석 결과 상대수량계수, 수량증가계수, 수량감소계수 및 최대수량계수는 유리온실에서 플라스틱필름온실보다 각각 25%, 73%, 34% 및 49% 높게 나타났다. 따라서 유리온실에서 파프리카

재배 시 플라스틱필름온실에 비해 생산성은 높으나, 환경요인의 급격한 변화에 더 민감한 것으로 나타났다.

주요어 : 생산성, 수량, 피복재, 환경요인

사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행되었음.

인 용 문 헌

1. Dorais, M. 2003. The use of supplemental lighting for vegetable crop production: Light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. Canadian Greenhouse Conference.
2. Heuvelink, E. and H. Challa. 1989. Dynamic optimization of artificial lighting in greenhouse. Acta Hort. 206:401-402.
3. Heuvelink, E. 1996. Dry matter partitioning in tomato: Validation of a dynamic simulation model. Ann. Bot. 77:71-80.
4. Heuvelink, E., L.F.M. Marcelis, and O. Korner. 2004. How to reduce yield fluctuations in sweet pepper. Acta. Hort. 633:349-355.
5. Jeong, E.M., W.T. Kim, S.R. Kim, and S.H. Yun. 2008. The state and urgent problem of sweet pepper in Korea. Korea Rural Economy Institute, Seoul, Korea. (in Korean).
6. Kwon, Y.S. and H. Chun. 1999. Production of chili pepper in different kinds of greenhouse in Korea. The Asian and Pacific Resion-Food and Fert. Techno. Ctr. Ext.-Bul. No. 478.
7. Lee, J.H., E. Heuvelink, and H. Challa. 2002. Effect of planting date and plant density on crop growth of cut chrysanthemum. J. Hort. Sci. Bio-Technol. 77:238-247.
8. Marcelis, L.F.M., E. Heuvelink, L.R. Baan Hofman-Eijer, J. Den Bakker, and L.B. Xue. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. J. Expt. Bot. 55:2261-2268.
9. Vermeulen, P.C.M.. 2008. Kwantitative Informatie voor de Glastuinbouw. 2008.