

유리온실과 플라스틱온실 재배환경하에서의 파프리카의 생장, 건물분배율 및 수량

정원주¹ · 이정현¹ · 김호철² · 배종향^{2*}

¹전남대학교 식물생명공학과, ²원광대학교 원예 · 애원동식물학부

Dry Matter Production, Distribution and Yield of Sweet Pepper Grown under Glasshouse and Plastic Greenhouse in Korea

Won-Ju Jeong¹, Jeong Hyun Lee¹, Ho Cheol Kim², and Jong Hyang Bae^{2*}

¹Department of Horticulture & Plant Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

²Department of Horticulture and Pat Animal-Plant Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

Abstract. This research was conducted to compare drymatter production and yield pattern between commercial glasshouse (G) and plastic greenhouse (PG) in Korea. In both greenhouses sowing and plating of sweet pepper was 28 August and 27 September, 2007. Destructive measurement and yield of sweet pepper, cv. 'Derby', was obtained from January to May, 2008. Averaged light transmissivity over 20 times observed 65% in G and 51% in PG. The averaged daily radiation sum of greenhouses during whole growing period was 9.03MJ/m²/day for G and 7.37MJ/m²/day for PG. Leaf area index (LAI) in G crop was 36% higher than the crop in PG at the end of experiment (247days after planting: DAP), whereas there was no significantly difference for 212 DAP in both greenhouses. Total dry matter production was 1759.9g · m⁻² for G and 1308.5g · m⁻² for PG. Fruit production observed 14.1kg · m⁻² in G and 7.8kg · m⁻² in PG. There was slightly difference measurement of dry matter distribution of generative or vegetative parts to total dry matter between G and PG.

Key words : dry matter distribution, dry matter production, fruit production, light transmissivity

서 언

국내 파프리카는 일본 이외에 미국, 러시아, 대만 등 수출시장의 확대를 모색하고 있어 우리나라 주요 수출원에 작물로서 농업생산에 큰 역할을 하고 있다 (KATI, 2009). 네덜란드에서의 파프리카의 재배온실은 대부분이 유리온실과 시설내부의 설비들의 첨단 시스템이 구축된 반면, 국내 파프리카 재배면적 343ha 중 플라스틱 온실이 71%, 유리온실이 29%로 대부분이 플라스틱온실에서 재배되고 있다(Jeong 등, 2008). 파프리카 재배농가 간 생산성의 차이도 크지만, 온실의 형태별 평균 수량도 유리온실이 79% 정도 높게 보고 되고 있다. 단순히 온실의 형태별 수량 차이도 있겠지

만 재배자간의 재배기술력의 차이도 있을 것으로 사료 된다. 국내 파프리카의 평균 수량은 2000년 6.8kg · m⁻²에서 2007년 9.4kg · m⁻²로 7년 동안 38%의 생산성 향상을 보이고 있으나, 네덜란드 평균수량의 30% 수준에 불과하다(Jeong 등, 2008; Vermeulen, 2008).

재배관리기술을 제외하고 수량의 차이는 온실내부의 광환경, 온도 및 습도환경에 따라 생산량의 많은 차이를 보인다고 보고 되었으며(Dorais, 2003; Heuvelink 등, 2004; Heuvelink와 Challa, 1989; Marcelis 등, 2004), 특히 광환경은 온실작물 생산에 가장 제한적인 요인으로 작용하며, 파프리카는 광도와 온도의 상호 효과에 의한 착과수에 따른 수확주기 진폭이 매우 심한 품목이다(Heuvelink 등, 2004; Marcelis 등, 2004). 우리나라의 외부광량은 맑은날 기준 겨울철에도 800~1,200J/cm²/day로 외부광량은 온실작물 생산에 제한적이지 않으나(Myoung, 2007), 플라스틱 온실의 경우

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

재배기간 동안 온실내부로 투과되는 광량이 유리온실에 비해 낮아 작물 생산성 저하에 큰 영향을 미친다 (Jeong 등, 2008; Kwon와 Chun, 1999). 이러한 온실형태별 광 투과율의 차이는 고추 재배시 유리온실 64.7%, 플라스틱 온실 56.4%로 광 투과율이 높은 유리온실에서 최종 생산량을 높이는 결과를 나타냈다 (Kwon와 Chun, 1999).

플라스틱온실의 광투과율을 개선하기 위해 광투과율이 높은 피복재를 이용을 하고 있지만 피복재 비용이 높다는 단점을 가지고 있으며, 시설내부의 설비에 의한 차광율은 유리온실내부의 설비에 비해 높다. 파프리카의 단위면적당 생산량의 증대는 재배농가의 경쟁력 제고는 물론 수출물량의 안정적 확보와 이를 통한 시장 경쟁력을 확대할 수 있기 때문에 온실 형태 및 구조와 피복재료 등에 따른 작물의 기간별 생육 및 생산량에 대한 연구와 시설내부 환경요인의 동적 변화에 따른 연구가 수반이 되어야 할 필요성이 있다.

따라서 본 연구는 국내 유리온실과 플라스틱 온실에서 재배되고 있는 파프리카의 생육상태를 비교 분석하고 파프리카의 작물 성장량과 수확량을 질적으로 분석하고, 동적인 시설내부의 광량, 작물의 성장량 및 수량을 기간별로 분석하여 비닐온실 내에서의 단위면적당 생산성을 증대 방안에 대한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 전남 강진군 군동면(34.3°N, 126.8°E)에 소재한 아트팜영농조합법인(198.4m × 80m × 3.8m, 벤로형 유리온실)과 꾸메땅영농조합법인(120m × 110m × 2.5m, 1~2 W형 플라스틱 온실)에서 수행하였다. 파프리카 품종은 'Derby'(De Ruiter Seeds, The Netherlands)를 공시하여, 2007년 8월 28일 암면 트레이에 파종하여 암면큐브에 가식한 후 1차 분지가 발생된 시점인 2007년 9월 27일에 정식하여 2008년 5월 31일까지 36주간 재배되었다. 재식밀도는 두 온실 모두 3.75주/

m², 두 줄기 유인으로 수경재배 하였고, 배양액조성은 Grodan(Denmark)사의 파프리카 표준 양액처방전을 사용하였다(Table 1). 양액관리는 암면슬라브 내의 EC를 4.5dS · m⁻¹로 관리하기 위해 광량이 낮은 겨울철 급액 EC는 3.0~3.5dS · m⁻¹와 pH 5.5, 광량이 증가하는 계절인 봄철이후에는 급액 2.0~3.0dS · m⁻¹와 pH 5.5로 관리 하였다. 양액의 급액회수와 단위면적당 급액량은 외부광량, 생육단계 및 배지내의 함수율에 따라 조절하였다.

첫 수확은 유리온실과 플라스틱 온실 모두 정식 후 98일 쯤인 2008년 1월 3일에 실시하였으며, 각 온실 별로 50주씩 샘플을 선정하여 첫 수확 일부터 5월까지 매 4주마다 식물체 5주씩 파괴 조사하였다. 기간별 과실생산량은 일주일에 1회 조사되었다. 과실의 수확은 2008년 1월 3일부터 동년 5월 30일까지 일주일 간격으로 오전 09:00~11:00 사이에 실시하였다.

식물체 생체중은 뿌리를 제외한 식물체의 지상부를 줄기, 엽, 엽병, 과실, 꽃(꽃봉오리 포함)으로 구분하여 미세저울(EK-610i, 0.2~600g, A&D, Korea)로 개별 측정하였고, 측정시료를 드라이 오븐(120 Ventilated oven, Doori Tech, Korea) 90에서 7일 동안 건조시킨 후 미세저울(EK-610i, 0.2~A&D, Korea)을 이용 건물중을 측정하였다. 식물체 엽면적 측정은 Leaf Area Meter(LI-3100, LI-COR, USA)를 이용하였다.

온실내부 환경관리는 유리온실의 경우 Integro 724 Computer(Priva, Neth.), 플라스틱온실의 경우 Synopta (Clima 500, Hortimax, Neth.) 복합환경제어 시스템을 이용하였다. 내부 온도관리는 두 온실 모두 주간 22~25°C, 야간 18~20°C로 일중 24시간 평균온도 21~22°C, 습도는 주 · 야간 평균 70~75%로 관리하였다. 이산화탄소는 흐린 날은 350~400ppm, 맑은 날은 450~600ppm 내외로 외부 광도와 환기창의 개도율을 계산하여 조절하였다.

온실내부의 투광량과 작물의 수광량은 두 개의 광센서(Line Quantum sensor, LI-COR, USA)와 Light

Table 1. Chemical composition of nutrient solution for sweet pepper hydroponically formulated by Grodan bv. from Denmark.

Component	Macro element (mmol · L ⁻¹)							Micro element (umol · L ⁻¹)					
	NH ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	H ₂ PO ₄	B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Standard	1.0	7.5	4.3	1.5	15.3	1.8	1.3	30	15	10	5	0.8	0.5

Meter(LI-205A, LI-COR, USA)를 이용하여 12:00~13:00 사이에 온실 외부 및 내부의 광도(PAR: Photosynthetically active radiation, 400~700 nm)를 측정하여 계산하였고, 작물의 상부와 하부의 광도를 측정하여 광수광율(%)을 계산하였다.

시설내부 누적 광량 대비 건물생산량과 수량 및 총 건물생산량 대비 기관별 건물 분배율을 분석하기 위하여 SPSS(14.0 version, USA) 프로그램을 이용하여 두 온실의 평균간 차이를 최소 유의차 검정(Least significant difference) 하였다.

결과 및 고찰

1. 온실내부 누적광량과 작물 성장량

유리온실과 플라스틱 온실 내부의 광량은 조사기간 동안 유리온실이 플라스틱 온실에 비해 높은 경향을 보였다(Fig. 1). 시설내부로 유입된 평균 일중 광량은 유리온실 9.03MJ/m²/day, 플라스틱 온실 7.37MJ/m²/day로 유리온실의 시설내부 광량이 23.5% 많았고, 투광을 마찬가지로 유리온실이 플라스틱 온실에 비해 25%가 높았다(Table 2).

단위 면적당 총 건물생산량은 유리온실에서 1,759.9g·m⁻²와 플라스틱 온실에서 1,308.5g·m⁻²로 유리온실에서 재배된 파프리카의 성장량이 34% 높았다(Table

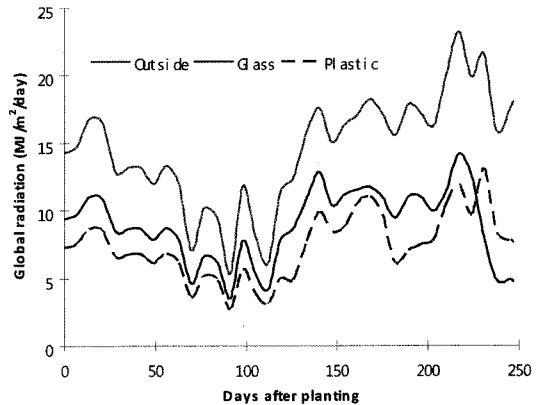


Fig. 1. Comparison of dynamics diurnal variation in transmissivity of averaged global radiation in both greenhouses of sweet pepper during the whole growing periods.

3). 온실 별 전체 조사기간 동안의 동적인 건물생산 패턴은 최종조사를 제외한 정식 후 212일까지는 통계적인 차이는 없었지만 유리온실의 식물체가 플라스틱 온실의 식물체보다 높은 건물생산 패턴을 보였다(Fig. 2). 또한, 시설내부 누적광량 대비 단위면적당 건물생산량은 유리온실 0.87g·m⁻², 플라스틱 온실 0.78g·m⁻²로 유리온실에서 재배된 식물체의 광 이용효율(Radiation Use Efficiency: RUE, g/MJ)이 높은 경향을 보였다(Fig. 3).

두 온실간 엽면적지수의 차이는 정식 후부터 212일

Table 2. Averaged global radiation, incident radiation and lighttransmissivity between glass and plastic greenhouse located in Gang-jin County, Jeonnam province. The radiation averaged over January to May in 2008.

Greenhouse	Global radiation sum (MJ/m ² /day)	Incident radiation sum (MJ/m ² /day)	Transmissivity (%)
Glass	14.47	9.03	65.3 (27.9 ^a)
Plastic	14.47	7.37	50.1
LSD ²		0.674	1.378
		***	***

^aAfter sprinkles a liquid light shading agent (Reduheat, Mardenkro, The Netherlands) on the roof in multi-span venlo type glasshouse at 14 May in 2008.

²Least significant difference at 5% level.

***, significant difference at P ≤ 0.001.

Table 3. Comparison of growth and yield characteristics of sweet pepper grown under glasshouse and plastic greenhouse. Final measurement in both greenhouse carried out on 31 May in 2008.

Greenhouse	Total dry weight (g·m ⁻²)	Plant height (cm)	LAI (m ² /m ²)	Fruit weight (g/fruit)	Yield (kg·m ⁻²)
Glass	1759.9	277.2	6.2	185.8	14.1
Plastic	1308.5	236.7	4.5	193.6	7.8
LSD ²	327.9	14.48	0.87	5.25	-

²Least significant difference at 5% level.

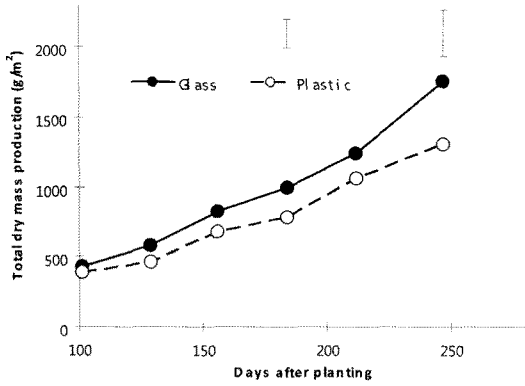


Fig. 2. Comparison of dynamics total dry mass production as a function of days after planting (day 0 = 2007. 9. 27) of sweet pepper grown under glasshouse and plastic greenhouse during the whole growing period. Vertical bars indicate least significant difference at 5% level.

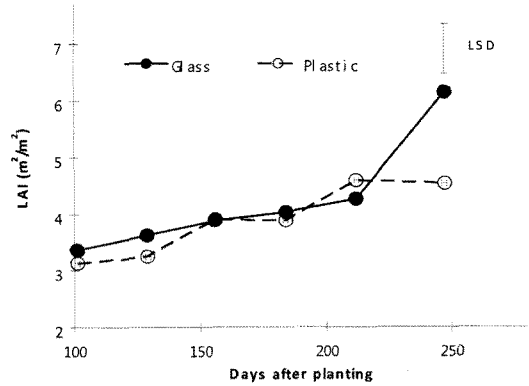


Fig. 4. Comparison of dynamics leaf area index (LAI) as a function of days after planting (day 0 = 27 September 2008) of sweet pepper grown under glasshouse and plastic greenhouse during the whole growing period. Vertical bars indicate least significant difference at 5% level.

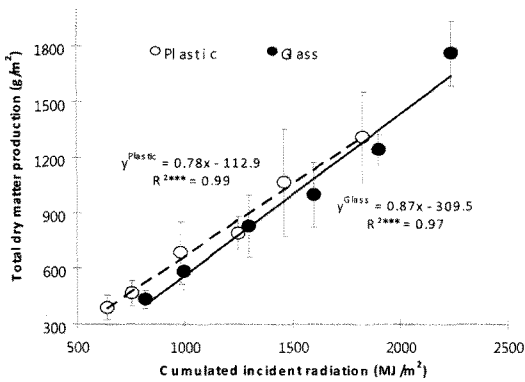


Fig. 3. Comparison of total dry mass production as a function of cumulated incident radiation of sweet pepper grown under glasshouse and plastic greenhouse during the whole growing period. Solid and dotted line indicate that effect of cumulated incident radiation to trend of dynamics dry mass production pattern in glasshouse and plastic greenhouse. Vertical bars indicate standard deviation of means. ***, significant at $P \leq 0.001$.

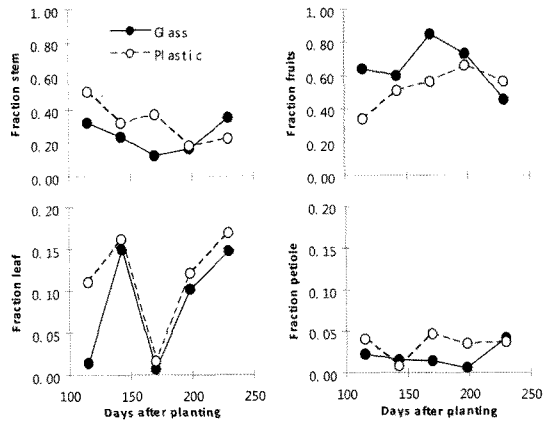


Fig. 5. Comparison of fraction of total dry matter allocated to plant parts as a function of days after planting (day 0 = 27 September 2008) of sweet pepper grown under glass house and plastic greenhouse during the whole growing period.

까지 거의 나지 않았으나 최종 조사에서 엽면적지수의 차이는 통계적인 차이를 나타냈다(Fig. 4). 전체 재배 기간 동안 두 온실의 작물 수광율은 유리온실 96%, 플라스틱 온실 94%로 통계적인 차이가 없어 엽면적지수가 3 이상에서는 군락이 밀폐되어 작물 수광율이 90% 이상 되기 때문에(Heuvelink, 1996) 온실내부로 유입된 광은 두 온실 모두 군락에 의해 거의 수광하였다고 판단된다. 광량과 단위건물생산량은 정의 상관관계를 가지고 있으므로(Heuvelink, 1996; Lee 등,

2002; Nederhoff와 Vegter, 1994), 온실 광 투과율이 높아 시설내부 광량과 작물 광 이용효율이 높았던 유리온실이 플라스틱 온실에 비해 총 건물생산량이 높았을 것으로 사료된다.

2. 기관별 건물 분배

조사기간 동안 동적인 기관별 건물분배(Fraction)는 유리온실의 경우 과실 0.46~0.85g/g, 줄기 0.13~0.35g/g, 엽 0.01~0.15g/g, 엽병 0.01~0.04g/g, 플라스틱 온실 과실 0.34~0.66g/g, 줄기 0.18~0.50g/g, 엽 0.02~

0.17g/g, 엽병 0.01~0.05g/g로 변화폭이 심하였다(Fig. 5).

Gonzalez-Real 등(2008)에 의하면 기관별 건물분배의 진폭은 식물체의 착과수에 의해 결정되어지며 과실로의 건물분배가 높아지면 뿌리, 엽, 줄기(엽병 포함)로의 건물분배는 직선적으로 감소한다고 보고하였다. 유리화 비닐온실에서 재배된 파프리카의 평균 각 기관별 건물분배율은 총 건물 1g의 증가할 엽은 각각 0.38g과 0.44g의 증가를 보였으며, 생식기관인 과실과 꽃은 각각 0.62g과 0.56g로 영양생장기관은 플라스틱 온실에서 높았으며, 생식기관은 유리온실에서 재배된 파프리카 높게 나타났다(Fig. 6). 파프리카는 동화산물의 과실로의 분배는 평균 60%로 생육단계별로 주기적

으로 변하고 급액 온도, 급액 EC, 배지 함수율과 같은 근권부의 환경 보다는 착과수 및 과실 크기와 지상부 환경에 영향을 크게 받는다(Abdel-Mawgoud 등, 2005; Gonzalez-Real 등, 2008; Heuvelink 등, 2004; Marcellis 등, 2004). 또한, 영양생장 기관으로 건물 분배는 착과가 시작되어 생식생장과 영양생장을 병행하기 시작하는 시점에서 현저하게 줄어든다(Amor 등, 2008; Nielsen와 Veierskov, 1988). 오이에서는 재배 기간 동안 온실내부 광량이 높으면 영양생장 기관으로의 건물분배율은 감소하지만, 생식생장 기관으로의 건물 분배율이 증가한다고 보고한 바(Marcellis, 1993, 1994), 본 연구 결과 마찬가지로 시설내부 광량이 높은 유리온실에서 플라스틱 온실에 비해 생식생장 기관으로의 건물분배가 높았고, 영양생장 기관으로의 건물 분배는 낮은 결과를 나타냈다. 파프리카 재배 시 가장 중요한 영양생장과 생식생장을 균형있게 조절하기 위하여 착과 초기 시설내부 광량과 엽면적을 고려하여 착과마디와 과실 개수를 조절하여 생장의 균형을 유지시키고 기관별 건물 분배를 급변하지 않게 착과수를 조절해줌으로써 작물 전체적으로 균일한 성장을 유도하여 효율적인 작물 관리가 되어야 할 것으로 판단된다.

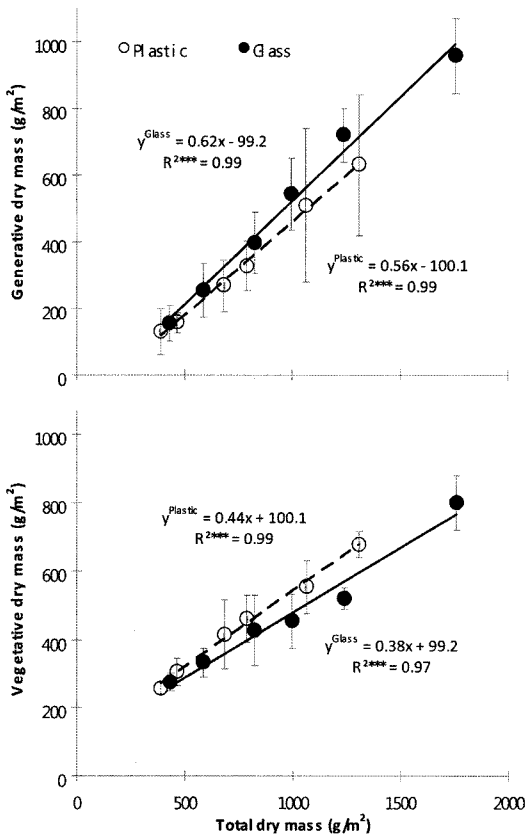


Fig. 6. Allometric relation between cumulative total dry mass production and generative or vegetative dry mass in sweet pepper grown under glasshouse and plastic greenhouse during the whole growing period. Solid and dotted line indicate trend of dynamics dry mass distribution pattern in glasshouse and plastic greenhouse. Vertical bars indicate standard deviation of means. ***, significant at $P \leq 0.001$.

3. 온실내부 누적광량과 수량 패턴

전체 조사기간 동안 총 수확량은 유리온실 $14.1\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 플라스틱 온실 $7.8\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 로 시설내부 광 투과율이 높아 온실내부 광량이 높은 유리온실의 수량이 80%가 높았다(Table 3). 온실 별 동적인 주간 수확 패턴은 두 온실 모두 정식 후 98일 첫 수확 직후 115~155일 까지 약 40일 동안 극히 낮은 수량성을 나타내었고 이러한 낮은 수량 기간은 이후 3회 정도 나타났다. 수량의 주기성은(Yield fluctuation) 두 온실 모두 전체 재배기간 동안 크게 4회 반복되었다. 이러한 낮은 수량기간은 유리온실에서 플라스틱 온실에 비해 1주일 정도 빨리 회복하는 경향을 보였다(Fig. 7). 시설내부 누적 광량 대비 누적수량은 유리온실 0.008kg/MJ , 플라스틱 온실 0.005kg/MJ 로 유리온실에서 60%가 높은 생산성을 보였다(Fig. 8). 온실외부 누적광량 대비 파프리카의 누적 수량은 품종간 차이는 있으나 통계적으로 매우 유의한 정의 상관관계가 Myoung(2007)에 의해 보고 된 것과 마찬가지로, 본 연구 결과 시설내부 누적광량과 파프리카의 누적수량

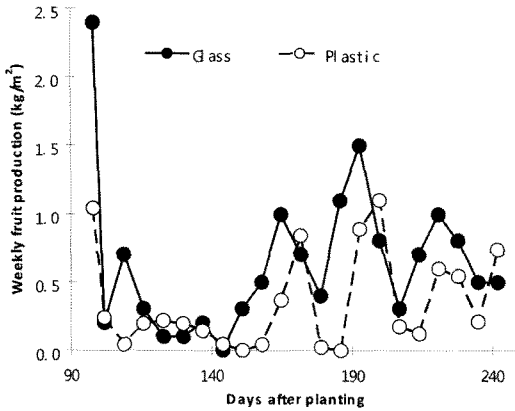


Fig. 7. Comparison of dynamics weekly fruit production as a function of days after planting (day 0 = 27 September 2008) of sweet pepper grown under glass house and plastic greenhouse during whole harvesting period. Each symbol represents one harvest time.

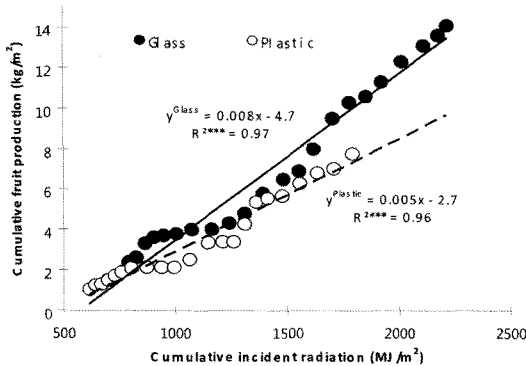


Fig. 8. Linear relationship between cumulative incident radiation and cumulative fruit production of sweet pepper grown under glasshouse and plastic greenhouse during the whole harvesting period. Each symbol represents one harvest time. Solid and dotted line indicate trend of dynamics cumulative fruit production pattern in glasshouse and plastic greenhouse. ***, significant at $P \leq 0.001$.

은 통계적으로 매우 유의한 선형적인 관계가 나타났다. 온실내부 광 환경이 불균일하거나 광량이 낮아지면 파프리카의 낙화 및 낙과가 유도되어 작과가 불균일하고 전체 수량에 부정적인 영향을 미치며(Marcelis 등, 2004), 유리온실에 비해 시설내부 광 투과율이 낮은 플라스틱 온실에서 고추의 수량이 낮아진다고 보고되었다(Kown와 Chun, 1999). 유리온실에 비해 투광량이 낮아 시설내부 광량이 낮은 플라스틱 온실에서 광합성량이 낮아 그로 인하여 작과 특성이 있는 파프리카 식물

체의 상위마디의 낙화 및 낙과를 초래하여 생산성이 낮은 것으로 판단된다. 또한, 유리온실의 측고 3.8m에 비해 플라스틱 온실의 측고는 2.5m로 시설내부 구조물에 의한 차폐율이 플라스틱 온실에서 더 높아 투과율에 부정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다. 이러한 시설내부 광 환경의 문제를 해결하고 직립성이 강한 파프리카의 작물관리 및 생산성을 높이기 위해 기존 파프리카 재배용 온실과 최근 시공되는 온실은 측고가 높아져 플라스틱 온실도 4m 이상으로 측고가 높아져 시설내부 광 환경과 작물관리를 개선하여 생산성을 향상시키고 있는 추세이다(Yu 등, 2007). Cockshull 등 (1992), Marcelis(1993) 및 Myoung(2007)의 보고와 마찬가지로 시설 내·외부 광량의 증가는 시설 과채류의 생산성 향상과 직결되는 문제로 시설내부 광 투과율을 증가시키기 위한 피복재 관리 및 시설내부 설비에 의한 차폐율을 줄이기 위한 노력이 필요하다. 또한 파프리카 재배 농기간 생산성 차이를 줄이고 생산성을 향상시켜 파프리카의 경쟁력을 재고시키기 위하여 온도, CO₂, EC, 함수율 등과 같은 지상부 환경과 근권부 환경을 작물생육에 최적화 시키고 현재 재배 온실들의 환경관리를 개선시키는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 현재 대일 수출중인 상업적인 유리온실과 플라스틱 온실에서 파프리카 ‘Derby’를 공시품종으로 하여 국내 온실 간 생산량 차이 발생을 분석하여, 생산성 차이를 개선하고자 시설내부의 광량, 작물의 성장량 및 수량을 두 온실간 기간별로 비교 분석하였다. 재배기간 동안 평균 일중 광량은 유리온실 9.03MJ/m²/day, 플라스틱 온실 7.37MJ/m²/day로 23% 정도 유리온실의 시설내부 광량이 많았다. 총 조사기간 동안 파프리카의 성장량은 유리온실 1759.9g · m⁻², 플라스틱 온실 1308.5g · m⁻²으로 유리온실의 작물 성장량이 높았다. 총 건물생산량 대비 영양생장/생식생장 기관의 건물분배는 시설내부 광량이 높은 유리온실에서 생식생장 기관의 건물분배는 높았고, 영양생장 기관의 건물분배는 낮았다. 두 온실의 파프리카 생산성은 유리온실 14.1kg · m⁻², 플라스틱 온실 7.8kg · m⁻²으로 유리온실이 매우 높은 생산성을 보였다.

본 연구결과는 온실 간 파프리카의 기간별 동적인 건물생산량과 건물 분배 패턴, 수량을 분석함으로써 파프리카의 수량을 예측하고 우리나라 파프리카 생산성 향상을 위한 재배기술 분야의 기초 자료와 농가 간 생산성 차이 원인을 분석하고 그에 따른 생산성 극복 기술을 개발하는데 중요한 자료가 될 것이라고 판단된다.

주제어 : 건물분배, 건물생산량, 투광량, 파프리카 수량

사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행되었음.

인 용 문 헌

- Abdel-Mawgoud, A.M.R., Y.N. Sassine, M. Bohme, A.F. Abou-Hadid, and S.O. El-Abd. 2005. Sweet pepper biomass production and partitioning as affected by different shoot and root-zone conditions. *Int. J. Bot.* 1(2):151-157
- Amor, F.M. Del., G. Ortuno, M.D. Gomez-Lopez, and A.J. Garcia. 2008. Using growth functions to describe dry matter production of sweet pepper in greenhouses in southern Spain. *Acta. Hort.* 801: 1113-1120.
- Bae, J.H. 1999. Growing technic of high quality in sweet pepper. *The Kor. Soc. Hydroponic Cult. Res. Autumn Seminar*:55-74 (in Korean).
- Cockshull, K.E., C.J. Graves, and C.R.J. Cave. 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 67:11-24.
- Demers, D.A., J. Charbonneau, and A. Gosselin. 1991. Effects de l'eclairage d'appoint sur la croissance et la productive du poivron. *Can. J. Plant Sci.* 71:587-594.
- Dorais, M. 2003. The use of supplemental lighting for vegetable crop production: Light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. *Canadian Greenhouse Conference*.
- Erik, A.M. de Swart. 2007. Potential for breeding sweet pepper adapted to cooler growing conditions: A physiological and genetic analysis of growth traits in *Capicum*. Ph.D. Diss. Wageningen Agr. Univ., Production Ecology and Resource Conservation.
- Gonzalez-Real, M.M., A. Baille, and H.Q. Liu. 2008. Influence of fruit load on dry matter and N-distribution in sweet pepper plants. *Sci. Hort.* 117:307-315.
- Heuvelink, E. and H. Challa. 1989. Dynamic optimization of artificial lighting in greenhouse. *Acta Hort.* 206:401-402.
- Heuvelink, E. and R.P.M. Buiskool. 1995a. Influence of sink-source interaction on dry matter production in tomato. *Ann. Bot.* 75:381-389.
- Heuvelink, E., L.G.G. Batta, and T.H.J. Damen. 1995b. Transmission of solar radiation by a multispan venlo-type glasshouse: validation of a model. *Agr. For. Meteorol.* 74:41-59.
- Heuvelink, E. 1996. Dry matter partitioning in tomato: Validation of a dynamic simulation model. *Ann. Bot.* 77:71-80.
- Heuvelink, E. 1996. Tomato growth and yield: quantitative analysis and synthesis. PhD Thesis. Wageningen Agr. Univ. Wageningen, The Neth.
- Heuvelink, E., L.F.M. Marcelis, and O. Korner. 2004. How to reduce yield fluctuations in sweet pepper. *Acta. Hort.* 633:349-355.
- 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).
- Jeong, W.J., I.K. Kang, J.Y. Lee, S.H. Park, H.S. Kim, D.J. Myoung, G.T. Kim, and J.H. Lee. 2008. Study of dry and bio-mass of sweet pepper fruit and yield between glasshouse and plastic greenhouse. *The Kor. Soc. Bio-Environ. Control.* 17(2):541-544 (in Korean).
- Korea Agricultural Trade Information (KATI). 2009. The state of sweet pepper industry in Korea. *Korea Agro-Fisheries Trade Corporation*, Seoul, Korea (in Korean).
- 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.
- 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.
- Marcelis, L.F.M. 1993. Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber: 2. Effect of irradiance. *Scientia Hort.* 54:123-130.
- Marcelis, L.F.M. 1994. Effect of fruit growth, temperature and irradiance on biomass allocation to the vegetative parts of cucumber. *Neth. J. Agr. Sci.* 42:115-123.
- Marcelis, L.F.M. and L.R. Baan Hofman-Eijer. 1996. Growth analysis of sweet pepper fruits (*Capsicum annum L.*). *Acta Hort.* 412:470-478.
- 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.
- Myoung D.J. 2007. Correlation between climatic factors and yield of sweet pepper (*Capsicum annum L.*) in glasshouse. Ms.C Thesis. Chonnam Natl. Univ., Dept. Hort. Plant Bio-Technol (in Korean).

25. Nederhoff, E.M. and J.G. Vegter. 1994. Photosynthesis of stand of tomato, cucumber and sweet pepper measured in greenhouse under various CO₂ concentration. *Ann. of Bot.* 73:353-361.
26. Nielsen, T.H. and B. Veierskov. 1988. Distribution of dry matter in sweet pepper plants (*Capsicum annuum* L.) during the juvenile and generative growth phases. *Scientia. Hort.* 35:179-187.
27. Vermeulen, P.C.M.. 2008. *Kwantitative Informatie voor de Glastuinbouw.* 2008.
28. Yu, I.H., Y. Paek, H.J. Kim, H. Chun, and H.Y. You. 2007. The actual state and improvement proposal of greenhouses for paprika. *Kor. Soc. Hort. Sci.* 17(2):41.