

광량과 파프리카 품종에 따른 수량과의 상호관계

명동주¹ · 배종향² · 강종구³ · 이정현^{1*}

¹전남대학교 원예학과, ²원광대학교 원예애완동물학부, ³순천대학교 원예학과

Relationship between Radiation and Yield of Sweet Pepper Cultivars

Dong Ju Myung¹, Jong Hyang Bae², Jong Goo Kang³, and Jeong Hyun Lee^{1*}

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

²Division of Horticulture & Pet Animal-plant Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

³Department of Horticulture, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea

Abstract. The study was aimed at the development of the simple linear regression model to estimate the fruit yield of sweet pepper and to support decision-making management for growing sweet pepper crop in Korea. For quantitative analysis of relationship between environmental data and periodical yield of sweet pepper the data obtained from the commercial Venlo-type glasshouse for 2 years. Obtained periodical yield data of five different cultivars and radiation data were accumulated and fitted by linear regression. A significant linear relationship was found between radiation integral and fruit yield, whereas the production per unit of radiation was different between cultivars. The slope of linear regression could indicate as light use efficiency for fruit production (LUE_F , $g \cdot MJ^{-1}$). LUE_F of 'Ferrari' was $5.85 g \cdot MJ^{-1}$, 'Fiesta' 5.32 for first year and $4.75 g \cdot MJ^{-1}$ and for second year, 'President' was $4.66 g \cdot MJ^{-1}$, 'Cupra' was $3.86 g \cdot MJ^{-1}$, and 'Boogie' was $6.48 g \cdot MJ^{-1}$. The amount of light requirement for the unit gram of fruit was between $25.88 J \cdot g^{-1}$, for 'Cupra' and $15.42 J \cdot g^{-1}$ for 'Boogie'. Although we found the linear relationship between radiation and fruit yield, LUE_F was varied between cultivars and as well as year. The linear relationship could describe the fruit yield as function of radiation, but it needed more variable to generalization of the production, such as cultivar specifications, temperature, and number of fruits set per plant or unit of ground.

Key words : cultivars, greenhouse climatic, interception, light intensity

서 론

파프리카는 신선 농산물 수출액 비중이 높은 품목으로 안정적인 시장 확보 및 유지를 위해 생산지의 지속적인 물량 확보가 중요하다(Jeong 등, 2008). 또한 장기적인 생산물의 전략적 출하 및 신선농산물의 시장 교섭력을 강화하기 위해선 각 작부체계와 지역별 기상 상태에 따라 기간별 생산량 예측이 필요할 것이다. 파프리카 생산량의 결정 요인을 내적 요인과 외적 요인으로 나눌 수 있으며, 전자는 광합성산물의 분배 및 호르몬 후지는 지상부와 근권부 환경요인들(광, 온도, 이산화탄소, 습도 및 함수율 과 염류농도 등)에 의해 결정

된다(Aloni 등, 1996; De Pascale 등, 2003; Marcelis 등, 2004; Marcelis 등, 2005; Tadesse 등, 1999). 생산량은 동화산물의 생산량과 과실로의 동화산물의 분배율에 의존하고, 동화산물의 분배율은 과실의 착과수와 과실의 크기에 따라 다르며, 착과수는 동화산물의 공급과 밀접한 관계를 가지고 있으며, 많은 작물에서 낮은 광도와 고온에서 착과율을 저하 시킨다(Marcelis 등, 2004). 파프리카는 광과 온도환경은 착과율에 매우 민감하게 영향을 미쳐, 과실의 수확패턴과 수확량에 밀접한 연관관계를 가지고 있다(Aloni 등, 1996; Marcelis 등, 1997, 2004, 2005).

국내 파프리카의 기간별 단위면적당 생산성은 네덜란드에 비해 매우 심한 진폭을 보이며, 이는 수출 물량 확보에 주요한 문제점 중 하나이다. 시장경쟁력 확보 방안 중 한 가지는 안정적인 물량 공급이며, 공급

*Corresponding author: leetag@jnu.ac.kr
Received August 30, 2012; Revised September 6, 2012;
Accepted September 12, 2012

자는 조합원들의 단위 기간 당 전체 수량에 대한 사전 예측이다. 조합원들의 개별 수량 예측은 공동선별장의 운영효율을 극대화할 수 있으며, 수출 및 국내 시장의 출하비율을 결정 하는데 중요한 역할을 할 것이다. 현재 ERP(Enterprise resource planning)을 이용하여 개별 농가의 파프리카 생육 정보 및 재배관리 정보를 입력하여 생산량 예측을 수행하고 있지만, 기상 정보와 작물의 생육정보의 병합에 의한 예측에 관한 관련 연구가 수행은 미비하다. 또한 환경요인과 수량과는 밀접한 관계를 가지고 있다고 많은 연구자들에 의해 보고된 바 있지만 국내 파프리카 재배관련 연구자료는 주로 생산 관리 방법인 근권환경조절(배지의 종류 및 양액관리 방법에 있어 급액량, EC, 근권온도)에 의한 연구는 제한적이다.

따라서, 본 연구는 파프리카 재배 농가 2년간의 품종별 기간별 생산량과 광량의 관계를 분석하여 생산관리의 의사결정 지지 및 수량예측을 위한 단순 모델을 개발하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 전라남도 강진군 군동면 아트팜농조합법인의 벤토형 유리온실(1.65ha, 단위폭 9.6m 측고 높이 3.8m)에서 재배된 파프리카의 생산관련 자료와 기상자료를 2005년 7월 24일부터 2007년 7월 23일까지 수집하여 분석하였다. 파프리카 품종은 'Ferrari', 'Cupra', 'Fiesta', 'President'(Enza zaden, The Netherlands)와 'Boogie'(Rijk Zwaan, The Netherlands)가 재배되었으며, 파종은 2005년과 2006년 7월 24일, 정식은 두 작기 모두 파종 후 36일인 8월 30일에 동일하게 실시하였다. 품종과 상관없이 재식밀도는 3.75plants/m², 줄기밀도는 주당 2줄기 유인하여 7.5stems/m²로 하였다. 각 재배 작기마다 새로운 암면 슬라브(Grodan Expert, 15cm × 90cm × 7.5cm)를 2열로 배열하였으며, 배지볼륨을 10.4L · m⁻²한 뒤 EC 3.5dS · m⁻¹, pH 5.5의 양액으로 포습시켜, 하루 정도 경과 후 주간 20cm 간격(슬라브당 4주씩)으로 정식하였다.

지상부 및 근권부 환경조절은 복합환경조절시스템(Integro 724, Priva, The Netherlands)과 양액급액시스템(Nutriflex, Priva, The Netherlands)의 설정값에 의해 관리 및 조절되었으며, 시스템에 저장된 재배 기

간 동안의 광량, 이산화탄소 시용량, 온도, 습도, 급액량 및 배액량에 관한 자료를 수집하였다.

양액의 공급시기와 공급량은 생육단계별 또는 광량별로 배액량이 30~40% 정도로 관리 하였으며 배양액의 농도 관리는 생육초기(9월 중순~11월 중순)에는 EC 2.5~3.5dS · m⁻¹, pH 6.0 내외, 겨울철(11월 하순~2월 하순)에는 3.0~3.55dS · m⁻¹로 하였으며, 봄철(3월 상순~5월 하순)은 EC를 2.0~3.5dS · m⁻¹ 내외로 관리 하였다. 양액공급 방법은 외부광량 기준 겨울은 1.5~1.8cc · J⁻¹, 봄 · 가을은 2~2.2cc · J⁻¹, 고온기에는 2.5~2.8cc · J⁻¹로 설정하여 맑은 날을 기준으로 일일 6~8회 정도 급액이 되도록 하였다.

지상부환경 관리는 주간 23~25°C, 야간 18~20°C를 설정하여 난방과 환기시스템을 이용해 조절하였으며, 이산화탄소는 흐린 날은 350~400mg · L⁻¹, 맑은 날은 450~600mg · L⁻¹ 내외로 유지하였다. 시설내외부 환경요인인 주간평균온도, 야간평균온도, 24시간 평균온도와 주간과 야간 평균온도의 편차, 광량은 일일 누적 일사량의 총량과 주간 누적광량을 조사하였다.

수확은 47주부터 실시하였으며 수확량은 주간단위로 생산량을 조사하였고, CO₂와 에너지는 투입시기별 누적량을 기록하였다. 양액의 공급량과 배액량을 매일 조사하여 주간단위의 누적평균을 구하였다.

1. 통계분석

기간별 전체 수확량을 품종별 재배면적으로 나눈 값인 1m² 당 기간별 생산량을 첫 수확 일부터 수확종료까지 기간별 누적값을 계산하였으며, 기간별 일중 광량과 24시간 평균온도를 정식 후부터 첫 수확 일까지 적산한 값을 초기값으로 이용하여 매 기간마다 초기 누적광량 및 적산온도값에 더해 누적수량 값을 계산 하였다. 기간별 누적 수량을 종속변량으로 기간별 누적 광량을 독립변량으로 하여 직선회귀분석(SPSS, USA) 하였다. 회귀분석을 통해 회귀식의 상관계수와 모수의 t검정(5% 수준)을 통해 회귀식의 유의성 검증 하였고, 회귀 계수값은 동일 수확일수 동안 품종간 비교하여 해석하였다.

결과 및 고찰

누적광량이 증가할수록 파프리카의 생산량은 비례적

광량과 파프리카 품종에 따른 수량과의 상호관계

Table 1. Parameters of linear relationship between outside global radiation integral and daily temperature integral during the each growing period.

Growing period	Regression co-efficient (°C/MJ)	Constant (°C)	R ²
2005~2006	1.478 ± 0.019	206.3 ± 49.6	0.993
2006~2007	1.422 ± 0.020	254.6 ± 56.7	0.991

Table 2. Co-efficiency of linear regression between global radiation sum and cumulated yield of different sweet pepper cultivars. Sweet pepper Fruits were harvested from week 47 in 2005 to week 32 in 2006 and in 2006 to week 36 in 2007.

Observation	Cultivar	Regression co-efficient (g · MJ ⁻¹)	Constant (g · m ⁻²)	R ²
2005~2006	Ferrari	5.851 ± 0.202	-3299 ± 560	0.987
	Fiesta	5.319 ± 0.172	-3186 ± 477	0.989
	President	4.659 ± 0.145	-2047 ± 402.	0.989
2006~2007	Cupra	3.864 ± 0.111	-1908 ± 315	0.993
	Fiesta	4.752 ± 0.123	-1710 ± 348.	0.991
	Boogie	6.484 ± 0.244	-2971 ± 689.	0.985

으로 증가하는 선형적인 관계를 나타냈으며 선형함수의 기울기는 단위광량당 생산성을 나타내는 지표로서 광량 1MJ당 파프리카의 생산성을 의미한다(Table 1). 2005~2006년 작기(1년차) 에서는 적색 파프리카 인 'Ferrari'가 1MJ 당 5.85g, 노랑색인 'Fiesta'는 5.32g, 오렌지색인 'President'는 4.66g으로 'Ferrari'가 단위 광량당 생산성이 가장 높았다(Table 2). 2006~ 2007 인 재배기간(2년차)에서는 1년차와 마찬가지로 누적광 량에 대한 파프리카의 수량은 매우 유의한 직선적인 선형관계를 보였고, 1MJ 당 품종간의 과실의 생산량 은 'Cupra'는 3.86g, 'Fiesta'는 4.75g, 'Boogie'는 6.48g으로 'Boogie'의 광 이용효율성이 가장 높았다 (Table 2). 광량과 파프리카의 선형관계는 Kim 등 (2009)과 유사한 결과를 보였으며, 3~5g · MJ⁻¹의 보다 높게 나타났다. 광량 대비 파프리카의 생산성의 역수는 파프리카의 단위 g당 필요한 광량으로 환산이 가능 하다. 예를 들어, 'Cupra'는 25.88J · g⁻¹, Fiesta는 21.04J · g⁻¹, Boogie는 15.42J · g⁻¹의 광량이 필요한 것으로 계산되었다. 각 품종 별로 첫 수확기까지의 필 요한 광량은 1년차의 'Fiesta'가 가장 높은 599.0MJ · m⁻²으로 다른 품종보다 높았고, 반면 2년차의 'Fiesta'

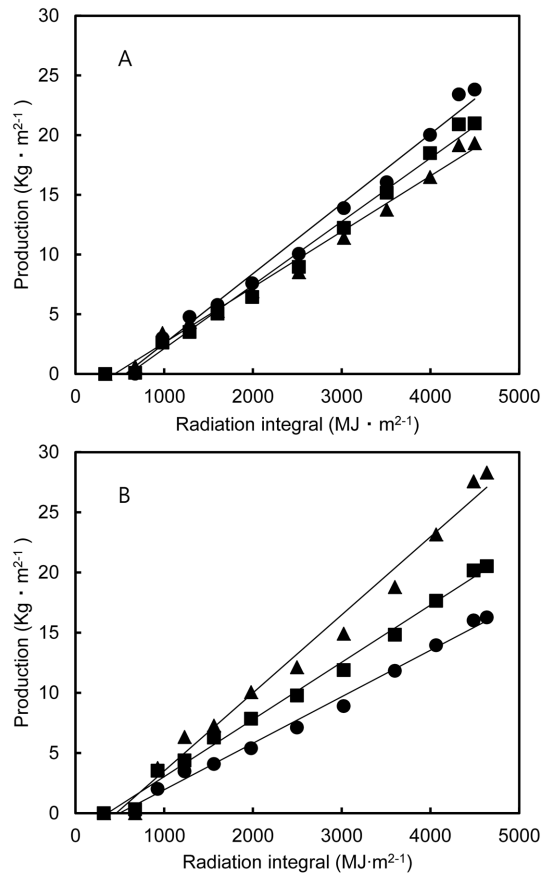


Fig. 1. Linear relationship between integration of outside radiation and cumulated production of sweet pepper of different cultivars, 'Ferrai', 'Cupra', 'Fiesta' and 'Boogie'. Fruits were harvested from week 47 in 2005 to week 32 in 2006 (A) and in 2006 to week 36 in 2007 (B).

는 359.8MJ · m⁻²로 가장 낮았다. 일반적으로 노랑색 의 경우 빨강색 파프리카 보다 생육 속도가 빠르기 때문에 필요한 광량이 낮지만, 1년차의 농약 살포 등 과 같은 물리적인 낙화 및 유과의 낙과가 발생되어 착과 절위가 높아졌고, 또한 1년차의 연구에서 단위 외부광량 증가 시 24시간 평균온도의 증가는 2년차에 비해 3.9% 높았다. 파프리카 재배시 주간의 고온은 파프리카의 생장율과 낙화율을 증가시키며, 지속적으로 과중과 종자생산량을 감소시킨다고 하였다(Kim 등, 2009; Marcelis 등, 2004).

일반적으로 파프리카는 생산량을 제한하는 환경적인 요소로는 광환경이 가장 큰 영향을 미치며, 또한 온도 및 습도, CO₂와 수분관리 등은 착과 성향에 영향을

미친다. 본 연구결과 광량과 수량의 선형적인 관계를 나타냈지만, 품종간의 특성간의 차이에 대한 관계를 제시하지 못하였다. 본 연구에서는 누적광량과 수량과의 단순 선형관계를 나타내어 광이용효율과 과실의 단위 무게당 필요광량을 분석할 수 있었으나, LUE_F는 품종과 동일품종간에도 연도별로 상이하게 나타났다. ERP 시스템의 등록된 평균광량과 기간별 수량의 농가별로 선형회귀식을 이용하여 분석한다면 농가간 생산성 차이 원인을 해석하기 편리할 것으로 사료된다. 또한 품종에 상관 없이 수확량 예측을 위한 모델은 품종특성, 온도, 단위면적당 착과율도 고려하여야 할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 파프리카 생산 유리온실에서 기간별 생산량과 환경자료인 광량을 수집하여 재배기간 동안의 광량과 품종 간의 상호관계를 분석하여 생산관리의 의사 결정 지지 및 수량예측을 위한 단순 모델을 개발하고자 수행하였다. 누적광량과 파프리카의 생산량은 선형적인 관계를 나타냈으며, 선형함수의 기울기는 과실 생산에 소요된 광 이용 효율(LUE_F: light use efficiency for fruit production, g MJ⁻¹)으로 정의하였다. LUE_F는 ‘Ferrari’가 5.85g·MJ⁻¹, ‘Fiesta’는 1년차는 5.32g·MJ⁻¹와 2년차에는 4.75g·MJ⁻¹, ‘President’는 4.66g·MJ⁻¹, ‘Cupra’는 3.86g·MJ⁻¹, ‘Boogie’는 6.48g·MJ⁻¹으로 ‘Boogie’의 LUE_F가 가장 높게 나타났다. 파프리카의 과실생산에 필요한 광량은 단위 g당 ‘Cupra’가 25.88J·g⁻¹ 가장 높았고, Boogie가 가장 낮은 15.42J·g⁻¹이 필요한 것으로 나타났다. LUE_F가 높은 품종일수록 수확량이 많았다. 본 연구에서는 누적광량과 수량과의 단순 선형관계를 나타내어 광이용효율과 과실의 단위무게당 필요광량을 분석할 수 있었으나, LUE_F는 품종과 동일품종간에도 연도별로 상이하게 나타났다. 품종에 상관 없이 수확량 예측을 위한 모델은 품종특성, 온도, 단위면적당 착과율도 고려하여야 할 것으로 사료된다.

주제어 : 광도, 수광량, 온실환경, 품종

사 사

본 연구는 농림수산물부 농림수산물기술평기원의 지원에 의해 수행되었음.

인 용 문 헌

- Aloni, B., L. Karni, Z. Zaidman, and A.A. Schaar. 1996. Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) ovaries in relation to their abscission under different shading regimes. *Ann. Bot.* 78:163-168.
- De Pascale, S., C. Ruggiero, and G. Barbieri. 2003. Physiological responses of pepper to salinity and drought. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128:48-54.
- Heuvelink, E., L.F.M. Marcelis, and O. Körner. 2004. How to reduce yield fluctuation 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).
- Kim, H.C., S.G. Jung, J.H. Lee, and J.H. Bae. 2009. Effects of greenhouse covering material on environment factors and fruit yield in protected cultivation of sweet pepper. *J. Bio-Environ. Control* 18: 253-257.
- Marcelis, L.F.M. and L.R. Baan Hofman-Eijer. 1997. Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. *Ann. Bot.* 79: 687-693.
- 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. Exp. Bot.* 55:2261-2268.
- Marcelis, L.F.M., E. Brajeul, A. Elings, A. Garate, E. Heuvelink, and P.H.B. de Visser, 2005. Modelling nutrient uptake of sweet pepper. *Acta Hort.* 691:285-292.
- Tadesse, T., M.A. Nichols, and K.J. Fisher. 1999. Nutrient conductivity effects on sweet pepper plants grown using a nutrient film technique 1. Yield and fruit quality, *New Zeal. J. Crop Hort. Sci.*, 27:229-237.