

# 고온기 파프리카 재배 시 적절한 국산품종 선정을 위한 품종 간 생육 및 결실특성 비교

김용호<sup>1†</sup> · 양휘찬<sup>1†</sup> · 양승호<sup>2</sup> · 김대현<sup>3</sup> · 장동철<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 스마트농업융합학과, <sup>2</sup>강원대학교 원예학과, <sup>3</sup>강원대학교 바이오시스템 공학과

## Comparison of Growth and Fruiting Characteristics between Cultivars for the Selection of Appropriate Domestic Cultivars when Cultivating Paprika in High-Temperature Periods

Young-Ho Kim<sup>1†</sup>, Hwi-Chan Yang<sup>1†</sup>, Seong-Ho Yang<sup>2</sup>, Dae Hyun Kim<sup>3</sup>, and Dong-Cheol Jang<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Interdisciplinary Program in Smart Agri, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

<sup>2</sup>Department of Horticulture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

<sup>3</sup>Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

\*Corresponding author: [jdc@kangwon.ac.kr](mailto:jdc@kangwon.ac.kr)

†These authors contributed equally to this work.

Received: February 12, 2023

Revised: April 13, 2023

Accepted: May 5, 2023

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY  
41(6):674-685, 2023  
URL: <http://www.hst-j.org>

pISSN : 1226-8763  
eISSN : 2465-8588

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright©2023 Korean Society for Horticultural Science.

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원 스마트팜 연구개발사업단 (세부과제번호: no. 421040-04)의 지원에 의해 수행되었음.

### Abstract

The growth and fruiting characteristics of foreign and domestic varieties of paprika grown during the hot and rainy summer season in Gangwon-do were compared. The rainy season in 2021 lasted 17 days from July 3 to July 19, and 33 days from June 23 to July 25 in 2022. The daily average integrated solar radiation during the rainy season in 2021 was  $1788.4 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$ , though this factor was  $1293.1 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$  in 2022, which was only 62% of that in 2021. The plant height of the red varieties increased by 10–37% in 2022 compared to 2021, and the leaf area index (LAI) increased by 64%. The growth, width, and weight of fruits were lower in the ‘K-Gloria red’ variety compared to other red varieties. With regard to the yellow and orange varieties, the foreign varieties ‘Volante’ and ‘DSP7054’ showed similar growth levels in both 2022 and 2021. Production during the rainy season was higher in 2021 than in 2022 in varieties other than ‘K-Gloria red’ and ‘DSP7054’. ‘Hera red’ showed the smallest difference between 2021 and 2022 at  $0.1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , and ‘Ensemble’ had the largest difference at  $4.8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . For the yellow and orange series, the differences in production between the domestic varieties during the rainy season were  $0.8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  and  $1.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  compared to the foreign varieties, and the yields in low-light and high-temperature environments were lower than those of the foreign varieties. ‘ARO-3R’ is the proper variety for short-term cultivation, where the growing season ends before the rainy period, due to its stable growth in the early stages and higher yields prior to the rainy period. For long-term cultivation that passes the summer rainy season, ‘Hera red’, which does not show a large difference in production during the rainy season,

and ‘K-Gloria red’, ‘K-Gloria yellow’, and ‘K-Gloria orange’, which have high total production levels, are judged to be helpful for farm management.

**Additional key words:** *Capsicum annuum* L., greenhouse climatic condition, rain season, summer crop, yield

## 서 언

파프리카(*Capsicum annuum* L.)는 2003년 이후 하계작형의 재배확대에 의한 생산 공급체계 확립으로 강원도 지역의 여름 재배면적이 2003년 17ha에서 2020년 257ha로 증가하였다(Won et al., 2009; Jeon et al., 2021). 파프리카 수출량은 2020년 기준 대한민국 과채류 수출량의 68%(3,274ton)을 차지하여 주요 수출 작목으로 인정받고 있으며(KATI, 2023), 최근 국내 소비가 점점 증가하여 수출과 내수가 반 분씩 이루어지고 있다.

파프리카는 광과 온도환경에 따라 착과율이 민감하게 반응하며, 수확주기와 생산량에 영향을 미친다. 우리나라의 경우 계절 간 광주기의 편차가 크고, 국내 여름재배의 경우 여름철의 고온과 장마기를 경과한다는 특징이 있다(Shin and Son, 2015). 여름철 고온기 평지의 온실에서 파프리카를 재배할 경우, 온실내부 온도가 35°C 이상 올라 적정온도 관리에 어려움이 있으며 정상적인 착과가 진행되지 못하여 착과율과 과실품질이 저조할 뿐만 아니라, 일소과 및 배꼽썩음과와 같은 생리장해와 병해충 발생률이 높아지기 때문에 생산성이 겨울재배의 60–70%에 불과하다(Dodd et al., 2000; Jeong et al., 2008; Lee et al., 2008; Cho et al., 2009; Won et al., 2009). 이러한 문제로 인해 고온기에 고품질 파프리카의 연중 안정적인 생산과 수출시장 확보를 위해서는 품종 개발이 필요하다(Aloni et al., 1996; Lee et al., 2001; An et al., 2005; Won et al., 2009).

품종은 지역이나 기후에 따라 상품성과 생산량 등에 영향을 미치는 요인 중 하나이다(Park et al., 2017). 과거 파프리카 종자 시장은 국산 품종의 부족으로 인해 대부분 수입에 의존하였지만, 최근 GSP(Golden Seed Project)로 인해 국산 품종의 종류가 증가하였다. 하지만 개발된 국산 품종들의 안정성에 대한 농가의 불신으로 인해 시장진입이 어려운 실정이다(Park et al., 2020). 종자 수입 비용은 2011년 기준 주요 품종이 400원/립에서 2022년 약 600–700원/립으로 150–180% 상승하였다. 이러한 문제로 농가 경영비에 부담이 가중되고 있고, 이를 해결하기 위해 외산 품종을 대체할 만한 국산 품종 선발이 시급하다.

국내에서는 과실 크기에 따른 생육 특성(Jang and Chung, 1998), 고랭지 하계작형 토양재배에 적합한 품종 선발(Lee et al., 2001), 남부지역 고온기의 품종 간 생육 및 수량 특성(Choi et al., 2004), 환경조건과 재배여건에 적합한 파프리카 수출용 품종 선발(An et al., 2005) 신품종 육성을 위한 하계작형 품종 선발(Won et al., 2009), 수출을 위한 품종 간 생육 및 과실 특성(Lee, 2011), 여름철 소과형 파프리카 품종의 생육 및 수량 비교(Rhee et al., 2012), 국내 기상환경에 적합한 적색계열 파프리카 품종 선발(Kim et al., 2012), 겨울정식 파프리카의 적정품종선정(Jang et al., 2016), 하계작형 국산 파프리카 적정품종 선정(Park et al., 2016), 국산 품종의 동부지역 재배법 개발(Park et al., 2017), 수출용 국산 품종 보급확대를 위한 실증실험(Park et al., 2020), 광합성 모델을 이용한 파프리카의 광합성 분석(Jung et al., 2021), 동계작형 국산품종 보급을 위한 생육 및 수량비교(Bae et al., 2021), 고온기 대형 단동 하우스에서의 파프리카 품종별 재배 실증(Yeo et al., 2021), 근권부 냉방 처리를 통한 광합성과 성장 변화(Lee et al., 2022), 국산 품종 과실에 대한 내부 품질 및 수출을 위한 저장기술 등의 연구가 수행되었고(Kye et al., 2022; Byeon et al., 2023), 최근 개발된 품종들은 농가의 좋은 반응을 얻기 시작하면서 연구농업회사법인 코파와 함께 농가 실증시험을 진행되었다(Park et al., 2020).

그러나 국외 품종 연구의 경우 2년(Kahn and Leskovar, 2006; Szafirowska and Elkner, 2008; Sileshi et al., 2011)에서 3년(Hodges et al., 1995; Garcia et al., 2007)의 장기 실증연구가 지속적으로 진행되고 있지만, 국내 품종에 대한 연구는 대부분 6개월(Kim et al., 2012; Yeo et al., 2021)에서 1년(Jang and Chung, 1998; Lee et al., 2001; An et al., 2005; Won et al., 2009; Lee, 2011; Jang et al., 2016)으로 국외에 비해 품종에 대한 장기 실증 연구가 부족하다. 또한, 연구에 사용된 공시작목을 기상 및 재배환경이 다른 곳에서 육종한 외산 품종을 사용하여 국산품종의 생육특성 및 장기 실증 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 하계작형 농가에 적합한 품종 선정 자료로 활용되고자 GSP(Golden Seed Project)를 통해 육종된 국산품종 ‘Minerva red’, ‘Hera red’, ‘ARO-3R’, ‘Ensemble’, ‘Cori’, ‘K-Gloria red’, ‘K-Gloria yellow’, ‘K-Gloria Orange’를 여름철 고온과 장마기를 경과하는 하계작형의 강원도 지역 재배온실에서 2년간 장기 재배하여 관행 외산 품종과 국산품종의 생육 및 착과 특성을 비교하였다.

## 재료 및 방법

본 실험은 강원도 평창군에 소재(37°27'16" N, 128°25'48" E, 해발 381m)한 연동 플라스틱 필름온실(면적 19,800m<sup>2</sup>, 측고 5.5m)에서 수행하였다. 1차 실험은 2020년 11월부터 2021년 12월까지(13개월), 2차실험은 2021년 11월부터 2022년 12월까지(13개월)간 수행되었으며 품종은 적색 7종, 황색 2종, 주황색 2종을 사용하였다(Table 1).

1차 실험은 2020년 11월 20일, 2차 실험은 2021년 11월 15일에 암면 트레이(240공 Grodan co., Netherlands)에 파종하고 질석으로 복토하였다. 24일후 암면 큐브(Planttop 10cm×10cm×7.5cm, Grodan co., Netherlands)에 첫 본엽이 발현한 마디가 큐브와 밀착하도록 육묘의 길이에 따라 U자형으로 절곡하여 이식하고, 1차 실험은 2021년 1월 10일, 2차실험은 2022년 1월 8일에 코코피트(Growbag 100cm×10cm×12cm, Jiffy co., Netherlands)에 5주씩, 재식밀도 7.2stem·m<sup>2</sup>로 정식하였다. 파프리카 배양액은 네덜란드 PBG양액(비순환식)을 사용하여 전생육기간 공급 EC(Electrical Conductivity) 2.1 – 2.8dS·m<sup>-1</sup>로 급액하면서 배지 내 EC 3.5 – 5.58dS·m<sup>-1</sup>, 함수율 55 – 65%, 함수율 편차(ΔWC) 6 – 10%로 조절하기 위해 J당 2.3cc로 일사누적 속도에 따라 관수하였다. 파프리카 환경관리는 복합환경제어 시스템(Ridder Synopta, Ridder co., Netherland)을 사용하여 24시간 평균온도 20 – 22°C를 유지하도록 관리하였고, 주간 이산화탄소 농도를 400 – 500ppm으로 유지하기 위해 액화탄산가스(Taekyung Chemical Co., Seoul, Korea)를 시비하였다. 파프리카는 주당 2줄기 재배로 착과는 3분지부터 시작하였고 측지는 제거하였으며, 이후 4분지부터 측지의 잎 2매와 꽃 1개를 남겨 정지하였다.

품종 별 생육특성과 생산량, 과실품질 평가를 위해 식물체를 품종 당 10주씩 4주간격으로 조사하여 총 80주, 과실은 품종 당 5개씩 4주간격으로 조사하여 총 35개 조사하였다. 조사항목으로는 초장, 경경, 개화위치, 엽장, 엽폭, 생산량, 과중, 당도, 과장, 과폭 및 과피두께 등을 조사하였다. 초장은 큐브의 표면에서부터 식물의 성장점 위치까지 측정하였고 개화위치는 성장점에서 개화한 마디까지 측정하였다. 경경과 엽장, 엽폭은 개화한 마디의 줄기와 잎으로 측정하였다. 과실 측정의 경우 착색이 80 – 90% 진행되어 있는 과실을 수확하여 당도는 태좌와 씨를 제거한 후 일정한 크기로 잘라 착즙액을 디지털 당도계(Atago brix

**Table 1.** Varieties of paprika used in the experiment and seed production companies

Color	Cultivar	Company
Red	‘Sirocco’	Enza Zaden
	‘Minerva red’	Jeonbuk Agricultural Research and Extension Services
	‘Hera red’	Jeonbuk Agricultural Research and Extension Services
	‘K-Gloria red’	Araon
	‘ARO-3R’	Araon
	‘Ensemble’	Araon
Yellow	‘Cori’	Nongwoobio
	‘Volante’	Enza Zaden
	‘K-Gloria yellow’	Araon
Orange	‘DSP7054’	Deruiter
	‘K-Gloria orange’	Araon

refractometer, PAL-1, Atago Co., Ltd., Japan)를 사용하여 측정하였다. 또한 심실수와 과피두께의 경우 과실의 중간을 잘라 측정하였다. 생산량과 비파괴 엽면적지수 공식은 아래와 같다(Jang et al., 2016; Jang et al., 2021).

$$\text{Yield (kg} \cdot \text{m}^{-2}) = \text{Average harvest fruit (ea)} \times \text{Average fruit fresh weight (g)} \times \text{SD} \times 0.001$$

SD: Stem density (stem·m<sup>-2</sup>)

$$\text{Leaf area index (LAI)} = \text{Leaf length (cm)} \times \text{Leaf width (cm)} \times 0.6 \times \text{SD} \times \{L_1 + (L_2 \times 0.7)\}$$

SD: Stem density (stem·m<sup>-2</sup>)

L<sub>1</sub>: Number of leaves on the main stem; L<sub>2</sub>: Number of leaves on the lateral stem

통계분석은 국내에서 주로 재배되는 적색, 황색, 주황색 품종 중 계열간 차이를 비교하기 위해 색상별로 구분하여 진행하였다. SPSS version 26(IBM, New York, USA) 프로그램을 이용하여 연도(independent variable 1)와 품종(independent variable 2)의 두 독립 변인의 상호작용 검증을 위해 이원변량분석(two way ANOVA)를 실시하였고, 처리간 평균 차이를 검증하기 위해 Duncan 다중비교(Duncan's Multiple Range Test), 독립표본 t검정(T-test)를 사용하여 유의성 검정( $p < 0.05$ )하였다.

## 결과 및 고찰

2021년과 2022년의 외부온도, 온실 내부온도 및 누적 광량을 Fig. 1에 나타내었다. 2021년과 2022년의 장마기간은 각각 2021년 7월 3일부터 2021년 7월 19일까지 17일동안, 2022년 6월 23일부터 2022년 7월 25일까지 33일동안 지속되며 2022년이 2021년에 비해 16일 더 길었다(KMA, 2023). 연중 평균 온도는 20°C로 유지가 되었지만, 여름철 고온과 장마기로 인해 온도가 급격히 증가하는 경향을 보였다. 그러나 국내는 여름철 고온기의 영향으로 균일한 온도를 유지하는 것이 어렵기 때문에 (Jeong et al., 2009), 2021년과 2022년의 장마기 일평균 온도가 각각 24.1°C, 24.8°C로 연평균온도에 비해 21-24% 상승하였다. 일평균온도와 광은 과실의 생장과 크기, 과실의 수확기간에 직접적으로 영향을 주는 요인이다(Marcelis and Baan Hofman-Eijer, 1995; Kürklü, 1998; Adams et al., 2001; Marcelis et al., 2006). 시설내부의 불균일한 온도는 동화산물 분배 및 sink-source 비율을 변화시켜 파프리카의 불균일한 생육을 야기하기 때문에(Heuvelink et al., 2002; Marcelis et al., 2004), 파프리카 재배 시 생육을 균일하게 유지하기 위해 온실내부 온도를 일정하게 유지해야한다. 장마기간 동안의 총 누적 광량은 2021년 30,403J·cm<sup>-2</sup>, 2022년 42,672.5J·cm<sup>-2</sup>로 2022년이 2021년에 비해 40% 많았다. 하지만 장마기간의 차이를 고려하여 일평균 누적 광량을 산출하여 보면 2021년 1,788.4J·cm<sup>-2</sup>, 2022년 1,293.1J·cm<sup>-2</sup>로 2022년이 2021년에 62%에 불과하였다.

적색계열의 파프리카의 연도와 품종에 따른 생육을 비교하여 Table 2에 나타내었다. 파프리카는 영양생장과 생식생장의 균형에 민감한 과채류이기 때문에 생육 및 착과가 작물의 균형에 미치는 영향이 중요하고, 이러한 작물의 균형을 판단하기 위한 지표로 초장, 경경 및 개화위치 등이 사용될 수 있다(Jang et al., 2016). 2021년의 초장은 'ARO-3R'이 387.5cm로 가장 길었고 'Sirocco'가 362.8cm로 'ARO-3R'을 제외한 국산품종들에 비해 길었는데, 이는 적색계열 중 'Sirocco'의 초장이 길었다는 Jang et al.(2016)의 연구 결과와 동일하였다. 2022년도에 'ARO-3R'의 초장은 386.8cm로 전년도와 큰 차이가 없었지만, 다른 국산품종들의 경우 2021년도에 비해 2022년의 초장이 10-37% 증가하였다. 가장 많이 길어진 품종은 'Hera red'로 37% 증가하였고, 'Sirocco' 경우 8% 감소하였는데, 이는 적색 품종 중 'Sirocco'의 초장이 다소 짧았다는 Kim et al.(2012)의 연구 결과와 동일하였다. 2021년의 경경은 'Sirocco'가 5.1mm로 가장 두꺼웠으나 국산품종과 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 2022년의 경경은 2021년에 비해 'Sirocco'가 11% 로 가장 많이 감소하였으며, 'Minerva red', 'K-Gloria red',

‘Ensemble’가 4.8mm로 가장 두꺼웠고 ‘Hera red’와 ‘Cori’는 각각 2%, 5% 감소한 4.4, 4.3mm로 국산품종 중 가장 얇았다. LAI은 2021년에 ‘ARO-3R’이 2.9로 가장 높았고, ‘Sirocco’가 2.8로 ‘ARO-3R’을 제외한 국산품종에 비해 높았는데, 그 중 ‘Cori’가 2.1로 가장 낮았다. 연도별 LAI 평균은 2022년이 2021년에 비해 64% 더 컸으며, 그 중 ‘K-Gloria red’가 112%로가

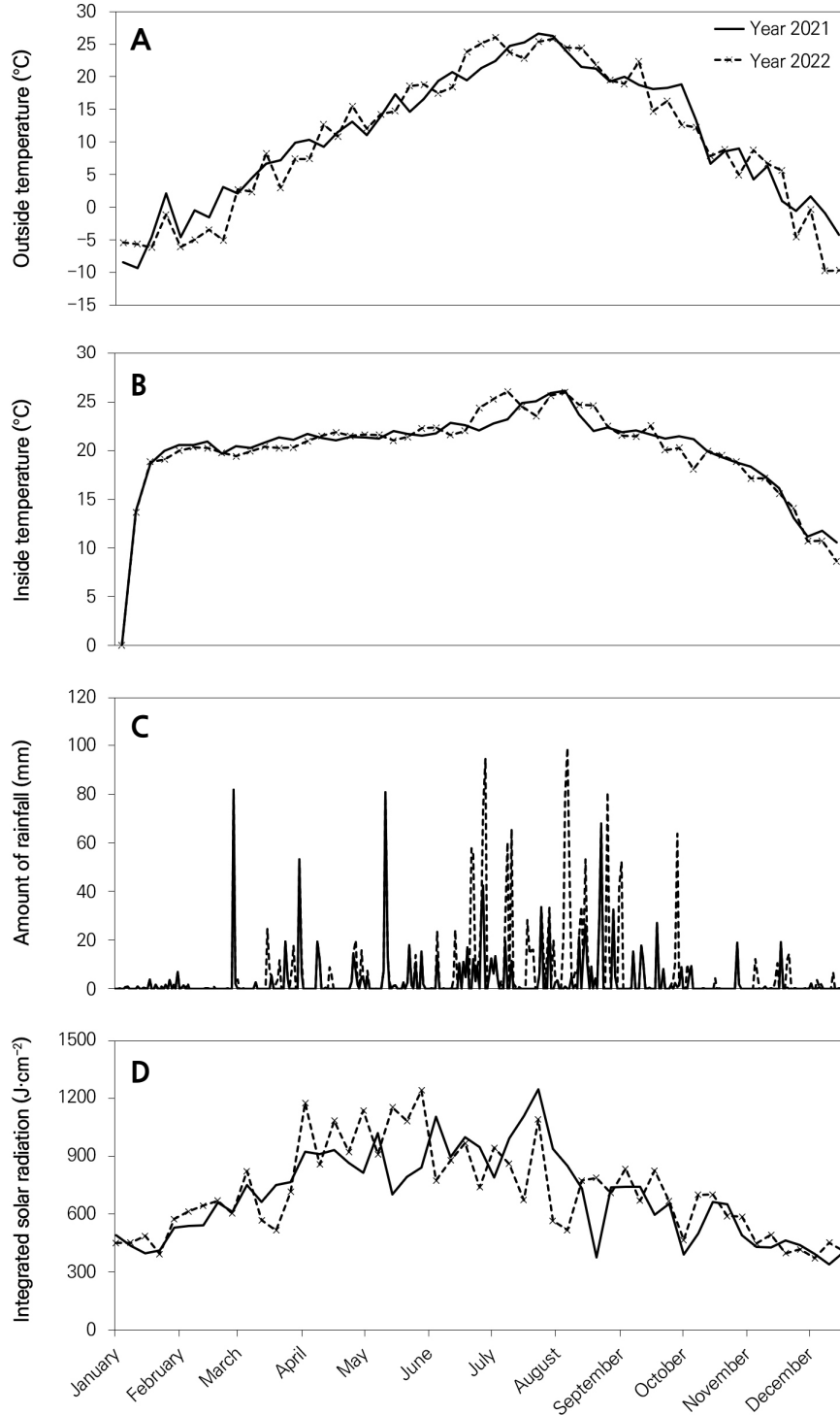


Fig. 1. The meteorological environment in 2021 and 2022: outside temperature (A), temperature inside the greenhouse (B), amount of rainfall (C), and integrated solar radiation (D).

장 많이 증가하였다. 2021년도의 개화위치는 ‘Cori’가 4.2cm로 가장 짧았고, ‘K-Gloria red’, ‘Ensemble’이 각각 7.0, 6.7cm로 가장 길었다. 다른 생육지표들과는 다르게 개화위치에서는 2021년도와 2022년도가 유사한 경향을 보였다. 초장과 경경의 경우 ‘Sirocco’가 2021년에 비해 2022년에 감소한 것을 확인할 수 있었다. 이는 대조품종인 ‘Sirocco’가 국산 품종들에 비해 약광, 고온인 장마기 환경에 민감하게 반응하였기 때문이라고 판단된다. 반면 ‘ARO-3R’의 경우 2021년 대비 2022년에 초장, 경경, LAI가 증가한 것으로 보아 환경요인에 의한 민감도가 높지 않다고 판단된다(Fig. 1).

**Table 2.** Growth characteristics of seven different red paprika varieties in 2021 and 2022

Cultivar	Plant height (cm)		Stem diameter (mm)		LAI <sup>z</sup>		Flower position (cm)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Sirocco	362.8 ± 26.5 b <sup>y</sup>	336.4 ± 17.4 c	5.1 ± 1.8 a	4.6 ± 0.4 ab	2.8 ± 1.0 ab	4.0 ± 1.0 bc	5.0 ± 2.6 bc	5.0 ± 0.6 b
Minerva red	307.9 ± 16.9 de	342.3 ± 9.0 c	4.5 ± 1.3 a	4.8 ± 0.4 a	2.4 ± 0.9 bc	3.8 ± 0.8 bc	5.0 ± 2.6 bc	5.0 ± 1.0 b
Hera red	209.9 ± 12.8 e	332.3 ± 16.0 c	4.5 ± 1.2 a	4.4 ± 0.4 c	2.7 ± 1.0 ab	4.4 ± 0.8 b	4.8 ± 2.6 bc	4.8 ± 1.0 bc
ARO-3R	387.5 ± 39.7 a	386.8 ± 15.2 b	4.6 ± 1.2 a	4.6 ± 0.4 ab	2.9 ± 0.9 a	3.4 ± 0.6 c	5.5 ± 2.7 b	5.5 ± 0.8 b
K-Gloria red	334.7 ± 12.1 c	426.1 ± 23.9 a	4.6 ± 1.3 a	4.8 ± 0.2 a	2.5 ± 0.9 abc	5.3 ± 0.7 a	7.0 ± 3.3 a	6.9 ± 0.9 a
Ensemble	325.7 ± 20.1 cd	418.4 ± 31.7 a	4.5 ± 1.3 a	4.8 ± 0.3 a	2.4 ± 0.7 bc	4.2 ± 1.2 bc	6.7 ± 3.5 a	6.7 ± 0.8 a
Cori	338.1 ± 20.2 c	397.7 ± 20.8 b	4.5 ± 1.2 a	4.3 ± 0.2 c	2.1 ± 0.7 c	3.8 ± 1.1 bc	4.2 ± 2.3 c	4.2 ± 0.5 c
Average	323.8 ± 56.5	377.1 ± 39.8	4.6 ± 0.2	4.6 ± 0.2	2.5 ± 0.3	4.1 ± 0.6	5.5 ± 1.0	5.4 ± 1.0
Significance <sup>x</sup>								
Year (A)	***		*		***		***	
Cultivar (B)	***		NS		**		*	
Interaction (A×B)	***		NS		***		**	

<sup>z</sup>LAI: Leaf Area Index.

<sup>y</sup>Means for eight replicates with ten samples within each column followed by the same letters are not significantly different according to Duncan’s multiple range test at  $p < 0.05$ .

<sup>x</sup>NS: non-significant, \*, \*\* and \*\*\* of significant at  $p < 0.05$ , 0.01 and 0.001.

**Table 3.** Fruit characteristics of seven different red paprika varieties in 2021 and 2022

Cultivar	Fruit length (cm)		Fruit width (cm)		Fruit thickness (mm)		Soluble Solid (°Brix)		Fruit fresh weight (g fruit <sup>-1</sup> )		Fruit dry weight (g fruit <sup>-1</sup> )	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Sirocco	8.8 ± 0.7 ab <sup>z</sup>	8.9 ± 0.6 ab	8.1 ± 1.0 a	8.1 ± 0.4 a	6.9 ± 1.6 a	6.6 ± 0.9 a	6.7 ± 0.8 b	4.6 ± 1.5 b	180.2 ± 36.9 a	171.4 ± 22.7 ab	14.0 ± 2.6 a	13.4 ± 2.4 b
Minerva red	8.2 ± 0.9 ab	8.4 ± 0.6 b	7.9 ± 1.0 a	7.9 ± 0.5 ab	6.9 ± 2.4 a	6.1 ± 0.8 a	6.6 ± 0.9 b	4.5 ± 1.5 b	155.8 ± 57.5 ab	171.8 ± 40.2 ab	12.0 ± 3.6 a	12.9 ± 2.1 b
Hera red	9.3 ± 1.4 a	9.2 ± 0.8 a	7.9 ± 1.1 a	7.9 ± 0.3 ab	6.7 ± 2.3 a	7.1 ± 1.3 a	7.6 ± 1.3 ab	4.5 ± 1.7 b	170.2 ± 63.0 ab	154.9 ± 19.4 b	14.1 ± 3.8 a	13.4 ± 2.0 b
ARO-3R	8.3 ± 1.4 ab	8.7 ± 0.5 ab	7.4 ± 1.2 a	7.5 ± 0.2 bc	7.1 ± 2.9 a	6.6 ± 0.9 a	7.3 ± 1.8 ab	5.0 ± 1.9 ab	154.1 ± 58.7 ab	172.4 ± 26.2 ab	13.2 ± 4.2 a	12.9 ± 2.1 b
K-Gloria red	7.8 ± 2.5 b	8.9 ± 0.8 ab	6.5 ± 2.0 b	7.7 ± 0.2 ab	6.8 ± 3.0 a	7.0 ± 1.0 a	7.7 ± 1.1 ab	4.3 ± 1.6 b	129.9 ± 56.9 b	153.2 ± 29.7 b	11.6 ± 3.0 a	13.0 ± 1.7 b
Ensemble	8.5 ± 1.6 ab	9.0 ± 0.7 ab	7.4 ± 1.0 ab	7.9 ± 0.4 ab	7.7 ± 4.4 a	7.0 ± 1.0 a	8.3 ± 2.4 a	4.7 ± 1.4 b	151.6 ± 57.4 ab	190.4 ± 41.7 a	13.2 ± 3.7 a	15.3 ± 2.3 a
Cori	8.5 ± 1.7 ab	9.3 ± 0.6 a	7.2 ± 0.9 ab	7.3 ± 0.4 c	6.1 ± 2.0 a	6.7 ± 1.1 a	8.5 ± 1.5 a	5.7 ± 1.8 a	141.8 ± 60.9 ab	168.0 ± 40.2 ab	11.6 ± 2.4 a	13.5 ± 2.1 b
Average	8.5 ± 0.5	8.9 ± 0.3	7.5 ± 0.5	7.8 ± 0.3	6.9 ± 0.5	6.7 ± 0.3	7.5 ± 0.7	4.8 ± 0.5	154.8 ± 16.7	168.9 ± 12.5	12.8 ± 1.1	13.5 ± 0.8
Significance <sup>y</sup>												
Year (A)	NS		NS		NS		***		NS		*	
Cultivar (B)	NS		*		NS		***		***		**	
Interaction (A×B)	NS		NS		NS		NS		NS		NS	

<sup>z</sup>Means for seven replicates with five samples within each column followed by the same letters are not significantly different according to Duncan’s multiple range test at  $p < 0.05$ .

<sup>y</sup>NS: non-significant, \*, \*\* and \*\*\* of significant at  $p < 0.05$ , 0.01 and 0.001.

적색계열의 파프리카의 연도와 품종에 따른 과실 특성을 비교하여 Table 3에 나타내었다. 2021년 ‘Hera red’의 과장이 9.3cm로 가장 길었고, ‘K-Gloria red’가 7.8cm로 가장 짧았다. ‘Sirocco’의 경우 8.8cm로 ‘Hera red’를 제외한 나머지 국산 품종들보다 길었지만, 통계적 유의성은 없었다. 2022년에는 ‘Hera red’와 ‘Cori’가 각각 9.2cm, 9.3cm로 가장 길었고 ‘Minerva red’가 8.4cm로 가장 짧으며 그 중 ‘Hera red’가 2년간 과장이 가장 길었다. 2021년의 과폭은 ‘Sirocco’가 8.1cm로 가장 길었으며, ‘K-Gloria red’가 6.5cm로 가장 짧았다. 2022년도에서도 ‘Sirocco’가 8.1cm로 가장 길었고, 가장 짧은 품종은 ‘Cori’로 7.3cm였다. 과장, 과폭의 경우 2021년과 2022년의 평균값의 차이가 1% 이하로 연도에 따른 편차가 크지 않았다. 과 피두께는 2021년과 2022년 모두 품종 간 통계적 유의성은 없었으며 연도간 차이 또한 나타나지 않았다. 당도의 경우 2021년에는 ‘Ensemble’과 ‘Cori’가 8.3, 8.5°Brix로 가장 높았으며, ‘Sirocco’와 ‘Minerva red’가 6.7, 6.6°Brix로 가장 낮았고, 연도 별 평균 당도를 비교하였을 때 2022년이 2021년에 비해 평균 59% 낮았다. 특히 ‘K-Gloria red’가 79%로 가장 많이 감소하였으며, ‘Sirocco’와 ‘ARO-3R’가 46%로 가장 적게 감소하였다. 이는 2021년에 비해 2022년의 장마기가 오래 지속됨에 따라 (Fig. 1), 저광 및 고온으로 인해 과실의 당축적이 저하되었기 때문이라고 판단된다. 2021년의 과중은 ‘Sirocco’가 180.2g으로 가장 무거웠고, ‘K-Gloria red’가 129.9g으로 가장 가벼웠다. 이는 ‘Sirocco’의 과중이 164.9g으로 낮았다는 Kim et al.(2012)의 연구결과와 달랐는데, 이러한 결과는 선행 연구의 경우 생육초기에 고온에서 재배를 하는 동계작형이었기 때문에 고온으로 인한 과중의 감소 때문이라고 판단된다(Marcelis et al., 2004). 2022년은 ‘Ensemble’의 과중이 전년도 대비 20% 증가한 190.4g으로 가장 무거웠으며, 2021년도에 가장 무거웠던 ‘Sirocco’가 171.4g으로 21년도에 비해 5% 감소하였다. 국산품종의 과중은 2021년에 비해 2022년에 무거워졌으나, ‘Hera red’는 170. 황색계열 파프리카의 연도와 품종에 따른 생육을 비교조사한 결과(Table 4), 2021년 초장은 ‘Volante’가 311.1cm로 256.3cm 인 ‘K-Gloria yellow’에 비해 21% 더 길었지만, ‘K-Gloria yellow’의 생육 편차가 커 통계적 유의성이 나타나지 않았다. 2022년은 2021년과 달리 ‘K-Gloria yellow’가 35% 증가한 346.4cm로 314.5cm인 ‘Volante’에 비하여 9% 더 길었다. 경경은 2021년에 ‘Volante’ 4.9mm, ‘K-Gloria yellow’가 4.8mm로 두 품종 간 차이는 없었고, 2022년 또한 품종 간 차이는 없었으나 2021년에 비해 ‘Volante’가 6%, ‘K-Gloria yellow’가 10% 감소함에 따라 연도간 차이가 나타났다. LAI는 2021년과 2022년 모두에서 품종 간의 차이는 나타나지 않았으나, 2022년이 2021년에 비해 ‘Volante’에서 36%, ‘K-Gloria yellow’ 80% 증가하였다. 개화위치는 2021년에서 초장, 경경, LAI가 높았던 ‘Volante’가 5.5cm로 3.9cm인 ‘K-Gloria yellow’에 비해 41% 유의하게 길었다. 2022년에는 ‘Volante’의 생육이 ‘K-Gloria yellow’에 비해 저조하였는데, 개화위치 또한 ‘Volante’가 4.4cm로 전년도 대비 20% 감소하여 5.1cm인 ‘K-Gloria yellow’에 비해 14% 낮았다.

Table 4. Growth characteristics of yellow paprika varieties in 2021 and 2022

Cultivar	Plant height (cm)		Stem diameter (mm)		LAI <sup>z</sup>		Flower position (cm)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Volante	311.1 ± 14.8	314.5 ± 11.1	4.9 ± 1.4	4.4 ± 1.2	2.8 ± 0.9	3.8 ± 1.2	5.5 ± 1.8	4.4 ± 1.9
K-Gloria yellow	256.3 ± 92.5	346.4 ± 14.2	4.8 ± 1.4	4.5 ± 1.2	2.5 ± 0.9	4.5 ± 1.4	3.9 ± 1.7	5.1 ± 2.3
Significance <sup>y</sup>	NS	***	NS	NS	NS	NS	**	NS
Average	283.7 ± 38.7	330.5 ± 22.6	4.9 ± 0.1	4.5 ± 0.1	2.7 ± 0.2	4.2 ± 0.5	4.7 ± 1.1	4.8 ± 0.5
Significance <sup>x</sup>								
Year (A)	**		**		***			NS
Cultivar (B)	NS		NS		NS			NS
Interaction (A×B)	**		NS		*			**

<sup>z</sup>LAI: Leaf Area Index.

<sup>y</sup>\*, \*\*, \*\*\*, and NS values are significantly different from that of the cultivar ( $p < 0.05$ , 0.01 and 0.001 t-test).

<sup>x</sup>NS: non-significant, \*, \*\* and \*\*\* of significant at  $p < 0.05$ , 0.01 and 0.001.

주황색계열 파프리카의 연도와 품종에 따른 생육을 비교조사한 결과(Table 5), 2021년에 ‘DSP7054’가 350.5cm로 337.9cm인 ‘K-Gloria orange’ 보다 4% 더 길었고 2022년에 ‘K-Gloria orange’가 전년도 대비 13% 증가한 382.8cm로 372.2cm인 ‘DSP6054’보다 3% 더 길었지만 유의적인 차이는 없었다. 경경에서는 2021년과 2022년의 품종 간 차이가 없었지만, 2022년이 2021년에 비해 ‘DSP7054’가 7%, ‘K-Gloria orange’가 9% 증가한 것을 확인하였다. LAI는 2021년에 2.4로 두 품종 모두 동일하였지만, 2022년에는 전년도 대비 ‘DSP7054’ 42%, ‘K-Gloria orange’ 63% 증가하였다. 개화위치는 ‘K-Gloria orange’가 2021년과 2022년 모두 ‘DSP7054’에 비하여 길었으나 유의적인 차이는 아니었다. 이와 달리 2022년의 개화위치가 2021년에 비해 ‘DSP7054’는 34%, ‘K-Gloria orange’가 31% 증가하였다. 황색계열 품종의 평균 경경과 LAI은 주황색계열 품종에 비해 높았지만, 초장의 경우 다른 계열품종들에 비해 저조하였다. 황색품종의 경우 적색품종과 동일하게 대조구인 ‘Volante’가 2021년에 비해 2022년에 국산품종인 ‘K-Gloria yellow’보다 초장과 경경이 감소하였고, 주황색품종의 경우 대조구인 ‘DSP7054’와 ‘K-Gloria orange’의 생육 차이가 나타나지 않은 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 황색품종의 경우 대조구인 ‘Volante’가 ‘K-Gloria yellow’에 비해 환경 요인에 대한 영향을 많이 받지만, 주황색품종의 경우 대조구와 국산품종 간 환경 요인으로 인한 생육상 차이는 없었다고 사료된다.

황색계열 파프리카의 연도와 품종에 따른 과실 특성 비교조사한 결과(Table 6), 황색계열은 2년간 과장과 과폭이 유사하였으며, 외산품종과 국산품종 간의 생육 또한 유의한 차이가 나타나지 않았다. 과피두께 또한 연도 및 품종 간 차이는 없었지만, ‘Volante’가 2022년 6.6mm로 7.4mm인 2021년에 비해 11% 감소하였다. 당도의 경우 2021년에서 ‘Volante’가 6.3°Brix ‘K-Gloria yellow’는 7.8°Brix로 2022년에 비해 ‘Volante’가 43%, ‘K-Gloria yellow’가 73% 감소하였다. 2021년의 과중은 ‘Volante’가 158.3g으로 국산품종인 ‘K-Gloria yellow’의 134.0g보다 18% 무거웠다.

주황색계열 파프리카의 연도와 품종에 따른 과실 특성 비교조사한 결과(Table 7), 주황색계열 또한 황색계열과 동일하게 2년간 외산품종과 국산품종 간의 과장, 과폭 및 과피두께에서 유사하였다. 당도의 경우 2021년에서 ‘DSP7054’가 8.2°Brix, ‘K-Gloria orange’가 8.6°Brix로 적색과 황색계열에 비해 높았다. 이는 주황색계열이 가장 당도가 높았고 다음으로 적색계열, 황색계열 순으로 높았다는 Yeon et al.(2021)의 연구 결과와 일치하였다. 과중은 편차로 인해 품종과 연도간 유의한 차이가 없었지만, 2021년도에 비해 2022년도에 평균 12% 증가하였고 편차 또한 약 11g 감소하였다.

2021년과 2022년의 총 생산량 및 장마기 생산량을 비교하였다(Fig. 2). 고온과 장마기의 영향을 받은 과실의 생산량을 조사하기 위해 과실의 성장을 고려하여 6-8주 후인 8월 중순에 생육조사를 실시하였다(Won et al., 2009). 2022년의 총생산량은 ‘Ensemble’ ‘Ensemble’을 제외한 품종에서 2021년보다 약 36% 많았지만 장마기의 생산량은 ‘K-Gloria red’와 ‘DSP7054’

**Table 5.** Growth characteristics of orange paprika varieties in 2021 and 2022

Cultivar	Plant height (cm)		Stem diameter (mm)		LAI <sup>z</sup>		Flower position (cm)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
DSP7054	350.5 ± 13.9	372.2 ± 15.5	4.6 ± 1.5	4.4 ± 1.2	2.8 ± 0.9	3.8 ± 1.2	5.5 ± 1.8	4.4 ± 1.9
K-Gloria Orange	337.9 ± 12.2	382.8 ± 16.9	4.4 ± 1.4	4.5 ± 1.2	2.5 ± 0.9	4.5 ± 1.4	3.9 ± 1.7	5.1 ± 2.3
Significance <sup>y</sup>	*	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS
Average	344.2 ± 8.9	377.5 ± 7.5	4.5 ± 0.1	4.5 ± 0.1	2.7 ± 0.2	4.2 ± 0.5	4.7 ± 1.1	4.8 ± 0.5
Significance <sup>x</sup>								
Year (A)		***		NS		***		**
Cultivar (B)		NS		NS		NS		NS
Interaction (A×B)		*		NS		NS		NS

<sup>z</sup>LAI: Leaf Area Index.

<sup>y</sup>\*, \*\*, \*\*\*, and NS values are significantly different from that of the cultivar ( $p < 0.05$ , 0.01 and 0.001 t-test).

<sup>x</sup>NS: non-significant, \*, \*\* and \*\*\* of significant at  $p < 0.05$ , 0.01 and 0.001.



를 제외한 품종에서 2021년에 2022년보다 많았다. 이 결과는 2021년의 장마기간이 2022년보다 상대적으로 짧았던 것과 관련이 있다. 2021년과 2022년의 장마기간 중의 생산량 차이는 적색계열에서 평균 1.4kg·m<sup>-2</sup> 이었으며, 그 중 ‘Hera red’가 0.1kg·m<sup>-2</sup>로 가장 적었고, ‘ARO-3R’이 2.34kg·m<sup>-2</sup>, ‘Ensemble’이 4.8kg·m<sup>-2</sup>로 차이가 컸다. 황색과 주황색계열은 외산 품종이 국산품종에 비해 장마기 생산량이 2021년과 2022년 모두 높았으며, 장마기간의 생산량 차이 또한 ‘K-Gloria yellow’가 0.8kg·m<sup>-2</sup>, ‘K-Gloria orange’가 1.5kg·m<sup>-2</sup>으로 외산 품종에 비해 저광 및 고온환경에서의 저조한 생산량을 보였다. 파프리카는 여러 환경 요인 중 온도와 광이 착과율에 민감하게 영향을 미치며, 수확량과 밀접한 관계를 가지고 있다(Aloni et al., 1996; Marcellis et al., 2004). 2021년의 장마기의 평균 누적 광량은 2022년의 장마기 평균 누적 광량에 비해 38% 높았고, 2022년도의 고온기가 6월 23일부터 7월 25일까지 33일로 2021년도의 7월 3일부터 7월 19일까지 17일 보다 길었기 때문에 장마기의 생산량이 2022년이 2021년에 비해 낮았다고 판단된다(Fig.1).

다양한 온실형태로 노지 단기재배와 시설 장기재배가 있는 강원도 하계작형 중 장마기 이전에 작기가 종료되는 단기재배의 경우 초반 생육이 안정적지만, 장마기에 수확량이 저조한 ‘ARO-3R’가 유리하다고 판단된다. 여름철 장마기를 경과하는 장기재배의 경우 장마기의 생산량 편차가 크지 않은 ‘Hera red’가 장마 이후 파프리카의 생산량이 줄어드는 9-10월에서 경쟁력을

**Table 6.** Fruit characteristics of yellow paprika varieties in 2021 and 2022

Cultivar	Plant height (cm)		Fruit width (cm)		Fruit thickness (mm)		Soluble Solid (°Brix)		Fruit fresh weight (g·fruit <sup>-1</sup> )		Fruit dry weight (g·fruit <sup>-1</sup> )	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Volante	8.6±1.4	8.7±0.7	7.6±1.4	8.0±0.8	7.4±2.8	6.6±1.0	6.3±0.6	4.4±1.3	158.3±69.0	176.5±41.3	10.5±2.8	14.2±2.7
K-Gloria yellow	7.9±1.6	8.3±1.1	7.6±1.1	8.1±0.7	5.8±1.8	6.2±0.9	7.8±1.4	4.5±1.3	134.0±72.4	171.3±66.7	10.9±5.0	13.7±2.9
Significance <sup>z</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS
Average	8.3±0.5	8.5±0.3	7.6±0.0	8.1±0.1	6.6±1.1	6.4±0.3	7.1±1.1	4.5±0.1	146.2±17.2	173.9±3.7	10.7±0.3	14.0±0.4
Significance <sup>y</sup>												
Year (A)	NS		NS		NS		***		*		***	
Cultivar (B)	NS		NS		NS		**		NS		NS	
Interaction (A×B)	NS		NS		NS		*		NS		NS	

<sup>z</sup>\*, \*\*, \*\*\*, and NS values are significantly different from that of the cultivar ( $p < 0.05, 0.01$  and  $0.001$  t-test).

<sup>y</sup>NS: non-significant, \*, \*\* and \*\*\* of significant at  $p < 0.05, 0.01$  and  $0.001$ .

**Table 7.** Fruit characteristics of orange paprika varieties in 2021 and 2022

Cultivar	Fruit length (cm)		Fruit width (cm)		Fruit thickness (mm)		Soluble Solid (°Brix)		Fruit fresh weight (g·fruit <sup>-1</sup> )		Fruit dry weight (g·fruit <sup>-1</sup> )	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
DSP7054	8.7±1.5	8.8±1.0	7.4±1.0	7.7±0.9	5.8±1.4	6.6±1.0	6.3±0.6	4.4±1.3	158.3±69.0	176.5±41.3	10.5±2.8	14.2±2.7
K-Gloria Orange	8.2±1.5	8.4±0.7	7.3±1.0	7.8±0.7	6.6±2.2	6.2±0.9	7.8±1.4	4.5±1.3	134.0±72.4	171.3±66.7	10.9±5.0	13.7±2.9
Significance <sup>z</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS
Average	8.5±0.4	8.6±0.3	7.4±0.1	7.8±0.1	6.2±0.6	6.4±0.3	7.1±1.1	4.5±0.1	146.2±17.2	173.9±3.7	10.7±0.3	14.0±0.4
Significance <sup>y</sup>												
Year (A)	NS		NS		NS		***		NS		NS	
Cultivar (B)	NS		NS		NS		NS		NS		NS	
Interaction (A×B)	NS		NS		NS		NS		NS		NS	

<sup>z</sup>\*, \*\*, \*\*\*, and NS values are significantly different from that of the cultivar ( $p < 0.05, 0.01$  and  $0.001$  t-test).

<sup>y</sup>NS: non-significant, \*, \*\* and \*\*\* of significant at  $p < 0.05, 0.01$  and  $0.001$ .

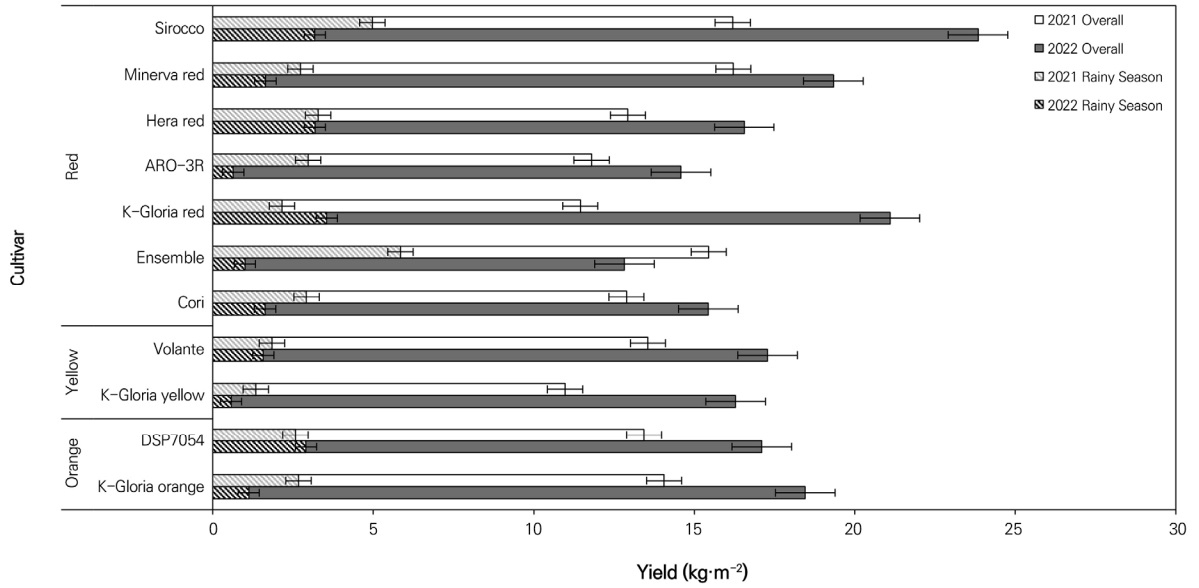


Fig. 2. Total yield of domestic and foreign varieties in 2021 and 2022 and yields affected by the rainy season (August 11, 2021 and August 12, 2022).

갖출 수 있을 것으로 생각되며, 총 생산량이 많은 ‘K-Gloria red’, ‘K-Gloria yellow’ 및 ‘K-Gloria orange’도 농가 경영성에 도움이 될 것으로 판단된다.

### 초록

본 실험은 여름철 고온기와 장마기를 경과하는 강원도의 하계작형에서 외산품종과 국산품종의 생육과 착과 특성을 비교하였다. 2021년의 장마기간은 7월 3일부터 7월 19일까지 17일동안, 2022년은 6월 23일부터 7월 25일까지 33일이었다. 2021년의 장마기간 일일 평균 누적 광량은  $1788.4\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$ , 2022년은  $1293.1\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$ 로 2022년이 2021년의 62%에 불과하였다. 적색계열의 품종의 초장은 2022년이 2021년 대비 10–37% 증가하였고, LAI의 또한 64% 증가하였다. 적색계열 품종 중 ‘K-Gloria red’가 과장과 과폭 및 과중에서 다른 품종들에 비해 저조하였다. 황색, 주황색계열의 품종은 외산품종인 ‘Volante’와 ‘DSP7054’가 2021년 대비 2022년에 유사한 생육을 보였다. 장마기간중의 생산량은 ‘K-Gloria red’와 ‘DSP7054’를 제외한 품종에서 2022년에 비해 2021년도의 생산량이 많았다. ‘Hera red’가  $0.1\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 으로 2021년과 2022년의 차이가 가장 적었고, ‘Ensemble’이  $4.8\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 로 가장 차이가 많이 났다. 황색과 주황색계열의 경우 외산품종에 비해 국산품종의 장마기간 생산량 차이가  $0.8\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $1.5\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 로 외산품종에 비해 저광 및 고온환경에서의 생산량이 저조하였다. 장마기 이전에 작기가 종료되는 단기재배는 초반 생육이 안정적지만, 장마기에 수확량이 저조한 ‘ARO-3R’가 유리하다고 판단된다. 여름철 장마기를 경과하는 장기재배의 경우 장마기의 생산량 편차가 크지 않은 ‘Hera red’와 총 생산량이 많은 ‘K-Gloria red’, ‘K-Gloria yellow’ 및 ‘K-Gloria orange’가 농가 경영성에 도움이 될 것으로 판단된다.

추가 주요어 : *Capsicum annuum* L., 온실환경, 장마기, 하계작형, 생산량

## Literature Cited

- Adams S, Cockshull K, Cave C (2001) Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *AoB PLANTS* 88:869-877. doi:10.1006/anbo.2001.1524
- Aloni B, Karni L, Zaidman Z, Schaffer A (1996) Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in relation to their abscission under different shading regimes. *AoB PLANTS* 78:163-168. doi:10.1006/anbo.1996.0109
- An C, Hwang Y, Yoon H, Hwang H, Rho C, Song G, Jeong B (2005) Effect of first irrigation time after sunrise on fruit quality and yield of sweet peppers (*Capsicum annuum* 'Jubilee' and 'Romeca') in rockwool culture. *Hortic Sci Technol* 23:146-152
- Bae JH, Ku YG, Kim CH, Kim CM, Ko BU (2021) Comparison of growth characteristics and fruit yield for the domestic red paprika in winter cultivation. *Hortic Sci Technol* 39:92
- Byeon SE, Jeong SG, Lwin PH, Lee JH, Latt TT, Park HW, Yun EY, Lee JS, Lee JW (2023) Seasonal difference of fruit quality attributes and physiological disorders in paprika cultivars under a simulated export system. *Hortic Sci Technol* 41:414-428. doi:10.7235/HORT.20230038
- Cho IH, Lee WM, Kwan KB, Woo YH, Lee KH (2009) Stable production technique of paprika (*Capsicum annuum* L.) by hydrogen peroxide treatment at summer. *J Bio-Env Con* 18:297-301
- Choi YH, Kwon JK, Lee JH, Kang NJ, Cho MW, Kang JS (2004) Effect of night and daytime temperatures on growth and yield of paprika 'Fiesta' and 'Jubilee'. *J Bio-Env Con* 13:226-232
- Dodd I, He J, Turnbull C, Lee S, Critchley C (2000) The influence of supra-optimal root-zone temperatures on growth and stomatal conductance in *Capsicum annuum* L. *Environ Exp Bot* 51:239-248. doi:10.1093/jexbot/51.343.239
- García MI, Lozano M, de Espinosa VM, Ayuso MC, Bernalte MJ, Vidal-Aragón MC, Pérez MM (2007) Agronomic characteristics and carotenoid content of five Bola-type paprika red pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Sci Hortic* 113:202-207. doi:10.1016/j.scienta.2007.02.003
- Heuvelink E, Marcelis L, Körner O (2002) How to reduce yield fluctuations in sweet pepper? In XXVI International Horticultural Congress: Protected Cultivation 2002: In Search of Structures, Systems and Plant Materials for 633, pp 349-355. doi:10.17660/ActaHortic.2004.633.42
- Hodges L, Sanders DC, Perry KB, Eskridge KM, Granberry DM, McLaurin WJ, Decoteau D, Dufault RJ, Garrett JT, et al. (1995) Adaptability and reliability of yield for four bell pepper cultivars across three southeastern states. *HortScience* 30:1205-1210. doi:10.21273/HORTSCI.30.6.1205
- Jang DC, Choi KY, Heo JY, Kim IS (2016) Comparison of growth and fruit setting characteristics for selecting the optimum winter-planted paprika cultivars. *Hortic Sci Technol* 34:424-432. doi:10.12972/kjst.20160043
- Jang DC, Yang SH, Na WH, Jeong MH, Yang HC, Kim YH, Hong EH, Choi KY, Kim IS, et al. (2021) Optimum Management of Leaf Removal and Lateral Branch Fruit Set in Winter-Planted Cultivation of Paprika. 2021, *Horticultrae* 7:348. doi:10.3390/horticultrae7100348
- Jang HG, Chung SJ (1998) Cultivar differences in dry matter production and potentially-grown fruits of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in rockwool culture. *J Bio-Env Con* 39:676-679
- Jeon SJ, Lee WK, Kim KW, Park KJ, Park YS, Kwon HJ (2021) Farm demonstration test to expand farm distribution of domestic paprika seeds for export. In Gangwon-do Agricultural Research & Extensions Services, Korea, pp 128-144
- Jeong E, Kim W, Kim S, Yun S (2008) The state and urgent problem of sweet pepper in Korea. In Korea Rural Economy Institute, Seoul, Korea
- Jeong WJ, Myoung DJ, Lee JH (2009) Comparison of climatic conditions of sweet pepper's greenhouse between Korea and the Netherlands. *J Bio-Env Con* 18:244-252
- Jung DH, Hwang IH, Shin JY, Son JE (2021) Analysis of leaf photosynthetic rates of hydroponically-grown paprika (*Capsicum annuum* L.) plants according to vertical position with multivariable photosynthesis models. *Hortic Environ Biotechnol* 62:41-51. doi:10.1007/s13580-020-00295-x
- Kahn BA, Leskovar DI (2006) Cultivar and plant arrangement effects on yield and fruit quality of bell pepper. *HortScience* 41:1565-1570. doi:10.21273/HORTSCI.41.7.1565
- KATI (2023) <http://www.kati.net/product/basisInfo.do?lcdCode=MD176>. Accessed 8 February 2023
- Kim HC, Ku YG, Lee JH, Kang JG, Bae JH (2012) Comparison plant growth and fruit setting among sweet pepper cultivars of red line. *J Bio-Env Con* 21:247-251
- Korea Meteorological Administratio (KMA) (2023) <https://data.kma.go.kr/cmnmn/main.do>. Accessed 8 February 2023
- Kürklü A (1998) Effects of temperature and time of harvest on the growth and yield of aubergine (*Solanum melongena* L.). *Turk J Agric For* 22:341-348
- Kye YB, Kim JC, Hwang KT, Kim SN (2022) Comparative phytochemical profiling of paprika (*Capsicum annuum* L.) with different fruit shapes and colors. *Hortic Environ Biotechnol* 63:571-580. doi:10.1007/s13580-022-00420-y
- Lee BK, Pham MD, Shin JW, Cui NY, Lee HI, Myeong JS, Chun CH (2022) Photosynthetic changes and growth of paprika transplants as affected by root-zone cooling methods under high air temperature conditions after transplanting. *Hortic Sci Technol* 40:672-688. doi:10.7235/HORT.20220061
- Lee J, Lee E, Kim W, Yeoung Y (2008) Fruit characteristics of high temperature period and economic analysis of summer paprika (*Capsicum annuum* L.) grown at different altitudes. *Hortic Sci Technol* 26:230-233

- Lee JK (2011) Comparison of growth and fruit characteristics among cultivars for selection of exporting sweet pepper. MSc thesis, Wonkwang Univ., Korea
- Lee JN, Shin KY, Lee JO, Lee UH, Kwon YS (2001) Selection of paprika varieties suitable for soil-culture under rain-shelter in highland. *Hortic Sci Technol* 42:163-166
- Marcelis L, Baan Hofman-Eijer L (1995) Growth analysis of sweet pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). In I International Symposium on Solanacea for Fresh Market 412, pp 470-478. doi:10.17660/ActaHortic.1995.412.56
- Marcelis L, Elings A, Bakker M, Brajeul E, Dieleman J, De Visser P, Heuvelink E (2006) Modelling dry matter production and partitioning in sweet pepper. In III International Symposium on Models for Plant Growth, Environmental Control and Farm Management in Protected Cultivation 718:121-128. doi:10.17660/ActaHortic.2006.718.13
- Marcelis L, Heuvelink E, Baan Hofman-Eijer L, Den Bakker J, Xue L (2004) Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Environ Exp Bot* 55:2261-2268. doi:10.1093/jxb/erh245
- Park BK, An CG, Lee SY, An JU, Hwang YH (2020) The farm field trials to increase supply of domestic paprika seeds. *Hortic Sci Technol* 38:130
- Park JS, Jang JH, Lee JT, Bae SH, Kwon SW (2017) The characteristics of plant by culture type under summer cultivation of sweet pepper in the eastern area of jeollabuk-do. *Hortic Sci Technol* 35:97
- Park JS, Jang JH, Lee JT, Kwon SW (2016) Verification for Expend Supply of Domestic Breeding Variety in Sweet Pepper 34:71
- Rhee HC, Roh GLCMY, Jeong JW, Cho MH, Kim YC, An CG (2012) Effect of water content in coir substrates on the growth and yield of mini-paprika in summer hydroponics. *J Bio-Env Con* 21:236-242
- Sileshi GW, Akinnifesi FK, Gondwe FM, Ajayi OC, Mng'omba S, Mwafongo K (2011) Effect of organic fertilizer on the growth and fruit yield of six paprika (*Capsicum annum* L.) cultivars in Malawi. *Agrofor Syst* 83:361-372. doi:10.1007/s10457-011-9415-2
- Shin JH, Son JE (2015) Irrigation criteria based on estimated transpiration and seasonal light environmental condition for greenhouse cultivation of paprika. *J Bio-Env Con* 24:1-7. doi:10.12791/KSBEC.2015.24.1.001
- Szafirowska A, Elkner K (2008) Yielding and fruit quality of three sweet pepper cultivars from organic and conventional cultivation. *J Fruit Ornam Plant Res* 69:135-143. doi:10.2478/v10032-008-0028-x
- Won JH, Jeong BC, Kim JK, Jeon SJ (2009) Selection of suitable cultivars for the hydroponics of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) in the alpine area in summer. *J Bio-Env Con* 18:425-430
- Yeo KH, Park SH, Yu IH, Lee HJ, Wi SH, Cho MC, Lee WM, Huh YC (2021) Cultivation demonstration of paprika (*Capsicum annum* L.) cultivars using the large single-span plastic greenhouse to overcome high temperature in south korea. *J Bio-Env Con* 30:429-440. doi:10.12791/KSBEC.2021.30.4.429