

한국과 네덜란드의 파프리카 재배온실의 시설 내·외부 기상환경 비교

정원주 · 명동주 · 이정현*
전남대학교 농업생명과학대학 식물생명공학과

Comparison of Climatic Conditions of Sweet Pepper's Greenhouse between Korea and the Netherlands

Won-Ju Jeong, Dong-Ju Myoung, and Jeong-Hyun Lee*

Department of Horticulture & Plant biotechnology, Chonnam National University, Gwangju City 500-757, Korea

Abstract. This research aims at comparison of climatic conditions of sweet pepper's greenhouse between Korea (KOR) and the Netherlands (NL) to find out the reason of much lower yield in KOR than NL focusing on greenhouse climatic conditions. Hence, greenhouse climate data were obtained from each one commercial glasshouse in both countries. The crops (cv. 'Derby') were grown on rockwool slab with two stems per plant with 3.75plants/m² in KOR and three stems per plant with 2.5plants/m² or four stems per plant with 1.875plants/m² in NL. Even though plant density was differed but stem density was on the same to 7.5stems/m². There was no significantly difference on weekly growth of sweet pepper plant both countries, whereas harvested nodes to whole nodes of NL's plant was more than two times higher compared to KOR. The averaged daily global radiation during the whole growing periods was 14.5MJ/m²/day in KOR and 12.1MJ/m²/day in NL. Averaged 24h temperature was similar to both glasshouse as 21.6°C in KOR and 21.2°C in NL during the whole growing periods, however the variance was higher in KOR than NL. Humidity deficit (HD) was observed higher in KOR during the whole growing periods. Averaged day CO₂ concentration was measured contrary pattern in both countries because of heating to greenhouse on NL winter season. Averaged 24h temperature and day CO₂ concentration to daily global radiation was regular pattern in NL, whereas there are large scatter in KOR. Consequently, more irregular greenhouse climate condition in KOR could be induced irregularly crop growth.

Key words : climatic condition, global radiation, 24h temperature, humidity deficit, CO₂ concentration

서 언

국내 파프리카의 단위면적당 평균 수량은 2007년 9.4kg/m²으로(정 등, 2008) 첨단시설원에 선진국인 네덜란드의 26.9kg/m²에 비해 35% 수준으로 현저히 낮은 실정이다(Vermeulen, 2008). 파프리카의 수량은 광, 온도, 습도와 CO₂를 비롯한 지상부의 환경요인들과 근권부 환경요인들, 영양생장과 생식생장의 균형 및 품종 고유 특성 등의 각 요인들 간의 매우 복잡한 상호작용 효과를 나타낸다. 우리나라의 외부 기상환경 중 평균 광량은 13.3MJ/m²/day으로 9.9MJ/m²/day의 네

덜란드에 비해 1.3배가 높아 광량과 작물 생산성은 정 의 상관관계를 가지고 있다는 선행연구 결과가 보고 된 바(Cockshull 등, 1992; Marcelis, 1994, 2003; Lee 등, 2003; 명 등, 2008), 우리나라 파프리카의 잠재적인 생산성은 현재에 비해 매우 높다고 판단된다. 네덜란드의 외부 광환경이 좋지 않음에도 불구하고 외부 기상환경에 의한 시설내부 환경조절을 위한 시스템 및 생육단계별 환경요인들 간의 최적화는 균형 있는 생육상태 유지와 생산량을 지속적으로 증대시켰으며 세계 농산물 시장에서 높은 시장교섭력과 수출경쟁력을 확보해 나가고 있다(Swart, 2007).

네덜란드와 우리나라의 시설원에 작물의 생산성의 차이에 대한 의견은 생산시스템, 온실의 형태 및 구조, 외부기상환경, 품종의 차이, 복합 환경제어시스템의 유

*Corresponding author: leetag@jnu.ac.kr
Received July 18, 2009; Revised September 12, 2009;
Accepted September 21, 2009

무 및 환경제어 전략, 재배 기간 동안의 CO₂ 농도, 근권부의 환경 및 정식시기 등의 차이에 대한 내용들이 알려져 있다. 또한 특히, 온실형태와 온실구조에 따른 시설내부의 환경과 고온 및 고광기의 정식한 후 저온 저광기에 첫 수확시기의 차이에 의한 생산성의 차이를 들고 있다. 반면 과거 10여 년 동안 국내 파프리카의 재배환경에 대한 구체적인 연구 및 네덜란드와 우리나라의 시설내부의 기상환경, 작물의 생육 상태 등 구체적인 비교 연구는 진행되어 진바 없었다.

본 연구는 국내 유리온실 중 파프리카 생산성이 상위 농가와 네덜란드에서 동일한 품종을 재배한 농가간의 단위 면적당 생산성 및 외부기상 환경에 따른 시설내부의 환경관리의 차이점을 비교 분석하여 그 결과를 기초로 한 국내 파프리카 온실내부 환경조절 전략을 세부 조정하는데 활용하고자 한다. 따라서 본 연구는 우리나라와 네덜란드의 파프리카 재배 온실의 시설 내·외부 기상 환경을 비교하고 우리나라와 네덜란드의 파프리카 생산량의 차이 원인을 시설내부 환경관리 측면에서 분석하여 우리나라 파프리카의 시설내부 재배환경조건을 최적화하기 위한 기초 자료로 활용하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 전남 강진군 군동면(34.3°N, 126.8°E)에 소재한 아트팜 영농조합법인(198.4m × 80m × 3.8m, 벤로형 유리온실과 네덜란드는 Bleiswijk(52.0°N, 4.3°E)에 소재한 Jan van Den Bosch(450m × 110m × 3.8m, 벤로형 유리온실)에서 수행하였다. 양국 모두 파프리카 품종 'Derby'(Yellow, De Ruiter Seeds, The Netherlands)를 공시하였다.

우리나라는 2007년 8월 28일 암면트레이(240 holes, Grodan BV, Denmark)에 파종하여 본엽 2매가 출엽 한 후 암면 큐브(10cm × 10cm × 6.5cm, Grodan BV, Denmark)에 가식 한 후 1차분지가 발생된 시점인 2007년 9월 27일에 암면슬라브(90cm × 15cm × 7.5cm, Grodan BV, Denmark)정식하여 2008년 7월 26일까지 44주간 재배되었다. 네덜란드는 2007년 11월 초 암면트레이에 파종하여 11월 중순에 암면 큐브에 가식하여 1차분지가 발생된 시점인 2007년 12월 16일에 정식하여 2008년 10월까지 44주간 재배되었다.

재식밀도는 우리나라는 3.75주/m², 네덜란드는 2.75주/m², 1.875주/m²로 단위면적당 식물체 주수는 상이하였지만, 각각 식물체당 2, 3과 4 줄기를 유인하여 단위 면적당 줄기밀도는 모두 7.5stems/로 동일하였다. 양국 모두 수경재배하였고, 양액관리는 암면슬라브 내의 EC를 4.0~4.5dS · m⁻¹로 관리하기 위해 광량이 낮은 겨울철 급액은 EC 3.0~3.5dS · m⁻¹와 pH 5.5, 광량이 증가하는 봄철 이후에는 EC 2.5~3.0dS · m⁻¹와 pH 5.5로 관리 하였다. 배지 함수율은 전체 작기 동안 70~75%로 유지하였다. 배양액의 급액 횟수와 단위 면적당 급액량은 외부광량, 생육단계 및 배지내의 함수율에 따라 조절하였다.

두 온실 모두 시설내부 지상부(온도, 습도, CO₂ 등) 및 근권부(EC, pH, 함수율 등) 환경제어 및 데이터 백업은 Integro 724 computer(Priva, The Netherlands)를 사용하였다. 양국 간 시설 내·외부 기상환경을 비교하기 위하여 일중 평균 시설외부 누적광량, 시설내부 주·야간 온도 및 24시간 평균온도, 시설내부 주·야간 수분부족분(Humidity deficit: HD) 및 24시간 평균 수분부족분, 시설내부 주간 CO₂ 농도의 일중 데이터를 일주일간의 누적 평균데이터로 환산하여 전체 재배기간 동안의 기상데이터를 4주간의 평균값으로 나누어 비교 하였다. 기상환경의 비교는 정식후 44주간 비교분석하였지만, 식물체의 생육상태는 정식후 우리나라는 36주 네덜란드는 정식후 44주 동안 재배된 생육상태를 비교하였고, 7일간의 평균의 생육상태를 비교분석 하였다.

통계분석은 SPSS(version 14.0)를 이용하여 두 나라의 시설 내·외부 기상환경의 차이를 알아보기 위하여 최소유의차검정(Least significant difference, LSD 5%)하였고, Microsoft Excel 2008 program을 사용하여 평균과 데이터의 산포정도를 나타내는 표준편차를 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 우리나라와 네덜란드의 식물체 생장량 비교

네덜란드와 우리나라의 파프리카 전체 재배기간 동안 주당 초장신장은 우리나라 7.7cm/week, 네덜란드 7.6cm/week로 비슷한 경향을 나타냈고, 양국의 주당 절간 출현은 네덜란드가 1.1마디/week, 우리나라 1.2

마디/week로서 우리나라가 다소 빠른 경향을 보였다. 식물체 조사 시 총 마디수에 수확 과실수는 네덜란드 1.7마디당 1개, 우리나라의 경우 평균 3.7마디당 1개의 파프리카를 수확하는 것으로 나타났다. 네덜란드의 파프리카 정식은 12월에 이뤄지며 이 시기 겨울철 광량이 낮기 때문에 초기 충분한 영양생장기를 지나고 착과를 시켜 첫 착과위치가 4~5마디에서 착과를 시켰지만 우리나라의 경우는 9월 광량이 높은 시기에 정식을 하여 초기 착과마디가 2~3마디로 네덜란드에 비해 낮은 경향을 보였다 (Table 1). 파프리카의 영양생장기관의 생장률이 증가되면 낙화율이 낮아진다는 연구 결과 보고가 있는바(Marcelis 등, 2004), 네덜란드의 첫 착과 마디가 높다는 것은 정식초기 광량이 낮아 충분한 영양생장 이후 광량이 증가하는 시기에 착과시키고 겨울철 난방시스템에 의한 시설내부 높은 이산화탄소 농도관리로 인한 광합성량의 증대와 영양생장 기관의 생장률을 증가시킨 것으로 사료된다.

양국간 7일간 평균 영양생장량은 우리나라 23.2g/m²/week, 네덜란드는 22.5g/m²/week(3 stems)와 22.5g/m²/week(4 stems)로 큰 차이가 없었다(Table 2). 통계적 유의성은 나타나지 않았지만 기관별 주당 생장량은 엽과 엽병은 우리나라, 줄기의 생장량은 네덜란드가 높은 경향을 보였다. 특히 최종 수확기의 엽의 면적이 14% 정도 우리나라가 네덜란드 파프리카 농가보다 높은 경향을 나타냈다(Table 2).

2. 우리나라와 네덜란드의 시설외부 광 환경

파프리카 재배기간 동안 양국의 시설외부 평균광량은 우리나라 14.5MJ/m²/day, 네덜란드 12.1MJ/m²/day로 우리나라의 광량이 네덜란드에 비해 19.8% 높았다. 9월에 정식을 실시한 우리나라는 정식초기 4주 동안 15MJ/m²/day에 육박하는 높은 광 환경하에서 작물이 생육하게 된 이후 겨울철로 접어들어 광량이 점차적으로 낮아져 정식 14주 후에는 8MJ/m²/day 까지 감소하였고, 정식 20주 이후부터 일중 누적광량이 증가하여 정식 22주 후 부터는 17~20MJ/m²/day에 육박하였다. 정식 약 38주후 장마의 영향으로 일중 광량이 13~14MJ/m²/day 내외로 낮아졌지만 2~3주 후 작기 말 일중 광량은 15~16MJ/m²/day 다소 증가하는 경향을 보였다. 우리나라와는 상이하게 네덜란드의 파프리카 정식은 12월 초 · 중순 이루어지는데 정식 후 초기 5~6주 동안 시설 외부 일중 누적광량은 2~3MJ/m²/day로 우리나라 겨울철 일중 누적 광량보다 매우 낮았고, 이후 정식 14주 후부터 급격한 외부평균 광량은 증가하여 정식 20주 후부터 30주까지 일중 평균광량이 18~20MJ/m²/day을 상회할 만큼 높게 유지되고, 작기 말까지 서서히 감소되었다.

네덜란드의 경우 작물이 정식초기 5~6주간 겨울철 저일조 조건 때문에 충분한 영양생장기를 지나 착과시켜, 정식 후 6주부터 광량이 증가되는 시기에 과실의 생육을 도모하였다. 그러나 우리나라의 경우 광량이 높

Table 1. Growth characteristics of sweet pepper plants grown under glasshouse for 36 weeks after planting in Korea (KOR) and 44 weeks after planting with 3 stems (NL3) or 4 stems (NL4) per plant in the Netherlands.

Countries	Crop growing period (week)	Total vegetative dry weight (g · m ⁻²)	Plant height (cm)	No. of nodes	No. of harvested nodes (no./m ²)	Rate of ruit set (%)	First fruit set node no.
KOR	36	801.1 ± 80.1	278.0 ± 14.7	41.8 ± 4.8	84.8 ± 14.8	27.1 ± 5.0	2.3 ± 0.5
NL3	44	987.9 ± 37.1	337.1 ± 13.2	49.0 ± 1.7	209.2 ± 26.9	57.0 ± 7.4	4.0 ± 1.6
NL4	44	975.3 ± 98.6	330.9 ± 4.8	47.8 ± 4.8	208.8 ± 42.2	58.5 ± 11.7	4.6 ± 0.7

Table 2. Comparison of weekly vegetative growth rate in dry matter of sweet pepper plants grown under glasshouse for 36 weeks after planting in Korea (KOR) and 44 weeks after planting with 3 stems (NL3) or 4 stems (NL4) per plant in the Netherlands.

Countries	TVDW (g/m ² /week)	Main stem (g/m ² /week)	Branch stem (g/m ² /week)	Leaf (g/m ² /week)	Petiole (g/m ² /week)	Leaf area (cm ² /m ² /week)
KOR	22.3	2.0	11.5	7.1	1.6	1,708
NL3	22.5	1.8	13.1	6.3	1.4	1,494
NL4	22.2	1.7	12.9	6.3	1.3	1,461
LSD (5%)	3.4	0.3	2.2	1.1	0.3	239
F pr.	0.98	0.03	0.24	0.17	0.13	0.08

한국과 네덜란드의 파프리카 재배온실의 시설 내·외부 기상환경 비교

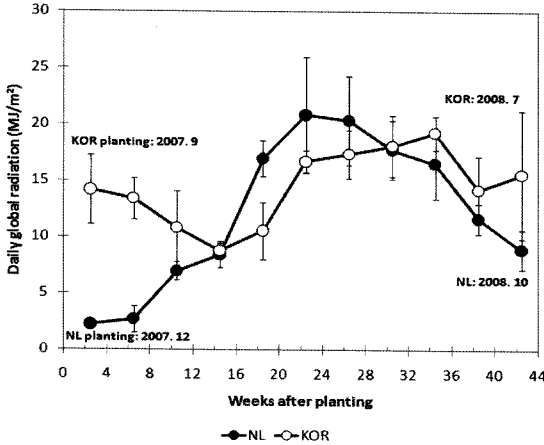


Fig. 1. Comparison of dynamic daily global radiation for 44 weeks after planting in Korea (KOR) and the Netherlands (NL) during the whole growing period of sweet pepper. Symbols (○, ●) indicate mean of 4 weeks from the four values of week averaged. Vertical bars indicate standard deviation of means.

은 시기에 정식하여 영양생장과 첫 그룹 착과 및 과실 비대의 초기 생육은 높게 유지할 수 있지만 높은 착과 부하와 낮은 광량은 2그룹의 착과 지연을 유발하여 작물의 영양생장과 생식생장의 생육 균형을 유지하는 것이 어려울 것으로 판단된다(Table 1). Marcelis 등(2004)은 파프리카의 생산성을 저해하는 가장 큰 요소는 낮은 광량에 의한 높은 낙화율의 증가에 기인한다고 보고한 바, 광량이 낮은 시기에 보광과 효율적인 이산화탄소 시용으로 광합성량의 증대와 온도관리는 낙화율을 낮출 수 있을 것으로 판단된다. 또한 겨울철 이후 평균 광량은 높게 유지됨으로 시설내부 환경을 파프리카의 생육에 따라 환경을 최적화시켜 준다면 우리나라 파프리카의 생산성을 높여 줄 수 있으리라 사료된다.

3. 주간 및 야간 온도와 24h 평균 온도 비교

파프리카 재배기간 동안의 시설내부 24시간 평균 온도는 우리나라가 21.6°C, 네덜란드가 21.2°C로 거의 동일한 경향을 보였으나, 우리나라는 정식 후 23°C에서 18주 후 20°C까지 평균온도가 급격히 감소하는 경향을 보였다. 이후 외부 광량과 외부 기온이 증가함에 따라 정식 36주 이후 여름철 시설내부 온도가 급격히 증가되어 작기 말에는 26°C에 육박하였다. 네덜란드의 경우 정식초기 겨울철 외부광량과 외부온도가 낮았기

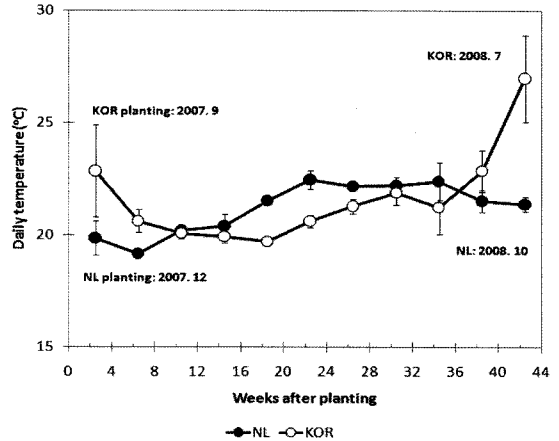


Fig. 2. Comparison of dynamic averaged daily temperature for 44 weeks after planting in Korea (KOR) and the Netherlands (NL) during the whole growing period of sweet pepper. Symbols (○, ●) indicate mean of 4 data (4 weeks) sets. Vertical bars indicate standard deviation of means.

때문에 평균온도는 19~20°C로 관리된 후 외부광량과 외부 기온이 증가하여 정식 20주 후 22.5°C를 최고점으로 하여 그 이후 21~22°C로 관리하였다(Fig. 2). 두 나라의 시설내부 주간 온도는 우리나라가 23.7°C와 네덜란드는 22.9°C로 우리나라가 다소 높게 나타났다. 양국 모두 주간 온도관리는 시설내부 24시간 평균온도에 비해 1.5~2.0°C 높게 관리되었고, 전체 재배기간 동안 주간 온도변화 패턴은 24시간 평균 온도와 비슷한 경향을 보였다. 반면 시설내부 야간온도는 우리나라가 19.6°C이고 네덜란드는 18.8°C로 야간온도 마찬가지로 우리나라가 네덜란드에 비해 높게 관리되었는데, 네덜란드의 경우 시설내부 야간온도가 전체 재배기간 동안에 큰 변화 없이 균일하게 관리된 반면, 우리나라는 정식초기와 작기 말 변화폭이 커 작기 말인 고온기에는 야간온도가 22~25°C까지 높아졌다(Fig. 3).

파프리카 전체 재배기간 동안 시설내부 주·야간 온도는 네덜란드에 비해 우리나라에서 불균일하게 관리되었다. 시설내부 불균일한 온도관리는 동화산물 분배 및 sink/source 비율의 변화를 유도하여 파프리카의 불균일한 생육을 유발하고(Heuvelink 등, 2004; Marcelis 등, 2004), 평균 온도는 엽 형성율에 영향을 미치고(Marcelis 등, 2006), 과실의 성장율과 크기, 과실의 수확기간에 직접적으로 영향을 주기 때문에

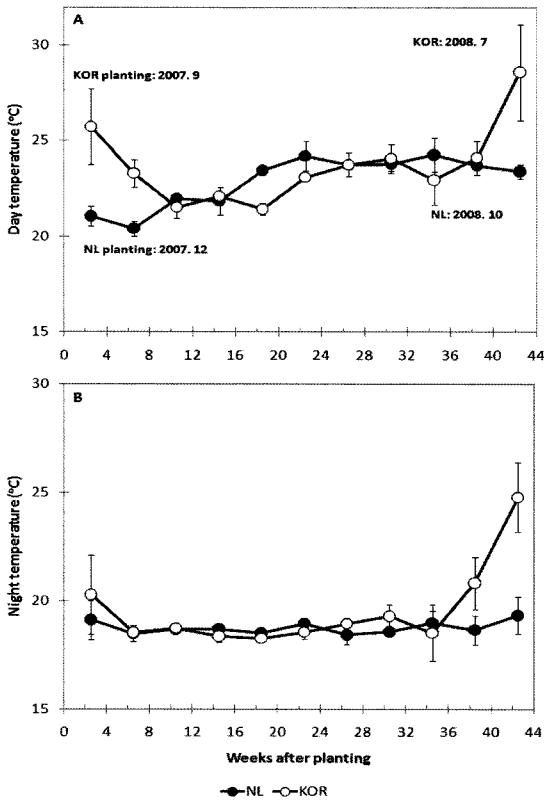


Fig 3. Comparison of dynamic day (A) and night (B) temperature for 44 weeks after planting in Korea (Kor) and the Netherlands (NL) during whole growing period of sweet pepper. Symbols (○, ●) indicate mean of 4 data (4 weeks) set. Vertical bars indicate standard deviation of means.

(Adams 등, 2001; Kürklü 등, 1998; Marcellis와 Hofman, 1996) 우리나라 파프리카 재배 시 균일한 생육을 유지하기 위해선 온실 내부 균일한 주·야간 온도관리가 필요할 것이다.

4. 우리나라와 네덜란드의 시설내부 주·야간, 24h 평균 수분부족분 비교

수분부족분(Humidity deficit: HD, g/m^3)은 시설 내부 온도에 대비한 포화수증기량에서 현시점의 시설 내부 절대수증기량을 제외한 값으로써, 시설내부의 습도관리, 작물 증산량 결정, 생리장해, 병·해충관리에 있어서 중요한 지표중 하나이다(Körner와 Challa, 2003). 양국의 전체 파프리카 재배기간 동안의 시설 내부 평균 수분부족분은 우리나라가 $4.5g/m^3$ 과 네덜란드는 $3.5g/m^3$ 로 전체 파프리카 재배기간 동안 네

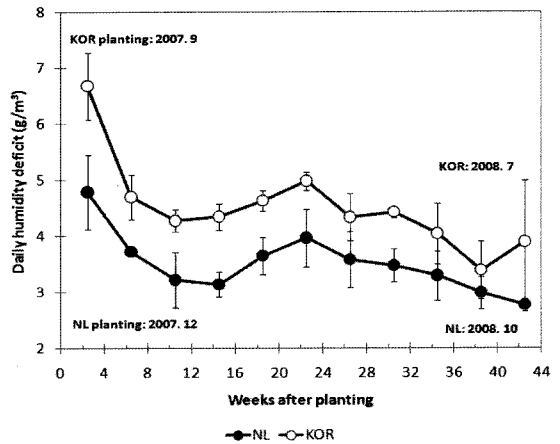


Fig. 4. Comparison of dynamic daily humidity deficit (HD) for 44 weeks after planting in Korea (Kor) and the Netherlands (NL) during whole growing period of sweet pepper. Symbols (○, ●) indicate mean of 4 data (4 weeks) set. Vertical bars indicate standard deviation of means.

덜란드의 시설내부 습도가 높게 관리되었다. 정식 후 높은 HD값은 작물의 엽면적이 낮아 증산량이 낮고, 우리나라의 경우 외부 광도와 온도가 높아 환기량이 많은 반면, 네덜란드의 경우 외부 기상환경은 반대로 광도가 낮고 외부 온도가 낮아 시설내부의 난방기간이 길어 수분부족분이 높게 유지되었다. 우리나라의 경우 정식 후 10주부터 높은 HD 값은 겨울철 주간 및 야간난방에 기인하였고, 높은 엽면적을 확보한 이후인 정식 후 22주부터는 서서히 감소되었다. 네덜란드도 우리나라와 비슷한 패턴이었지만 정식초기부터 서서히 감소하여 정식 14주 후부터 다시 증가한 후 22주부터는 점차적으로 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 4).

우리나라의 주간 평균 수분부족분은 $5.9g/m^3$, 네덜란드 $4.2g/m^3$ 로 우리나라 주간 평균 수분부족분이 $1.5g/m^3$ 높았다. 야간 수분부족분은 우리나라 $3.3g/m^3$, 네덜란드 $2.8g/m^3$ 로 주간 수분부족분의 차이보다 주간보다 더 적었다. 네덜란드 야간 평균 수분부족분은 정식초기 $4.5g/m^3$ 를 시작으로 점차적으로 감소하여 작기 말에는 $2.0g/m^3$ 이었다(Fig. 5). 야간의 수분부족분이 점차 감소하는 경향을 보인 것은 생육이 진행되면서 엽면적의 증가로 인한 증산량과 과실의 볼륨을 증가시키기 위한 환경조절 전략으로 판단된다. 높은 엽면적을 유지하고 있는 재배기간 중반기 이후부터는 외부기상

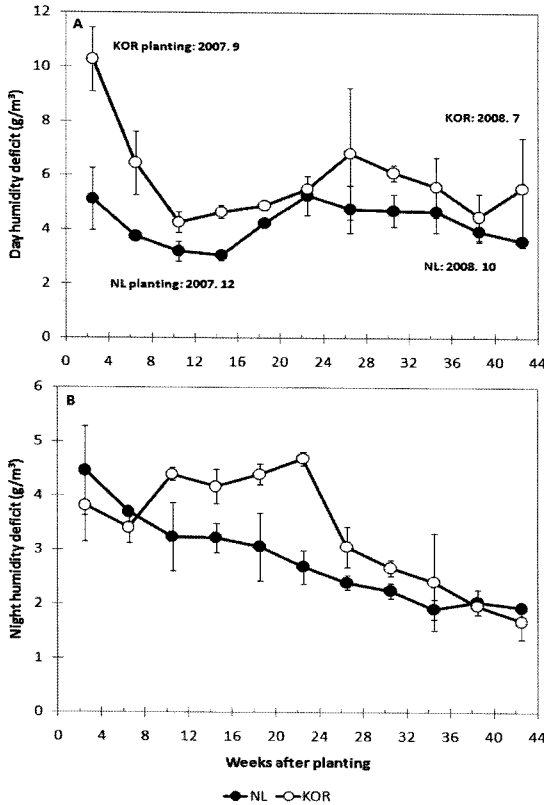


Fig. 5. Comparison of dynamic day (A) and night (B) humidity deficit (HD) for 44 weeks after planting in Korea (Kor) and the Netherlands (NL) during whole growing period of sweet pepper. Symbols (○, ●) indicate mean of 4 data (4 weeks) set. Vertical bars indicate standard deviation of means.

환경에 따라 시설내부의 습도 환경이 민간하게 변화함으로 시설내부 습도는 온도관리에 의하여 결정되어지므로(Körner와 Challa, 2003) 균일한 환기 및 난방으로 시설내부 주·야간 균일한 온도관리가 선행 되어야 할 것으로 사료된다.

5. 우리나라와 네덜란드의 시설내부 주간 CO₂ 농도 비교

시설내부 주간 평균 이산화탄소 농도는 우리나라 637ppm, 네덜란드 748ppm으로 네덜란드의 시설내부 이산화탄소 농도가 17.4% 높았다. 우리나라는 정식 초기와 작기 말 시설내부 이산화탄소 농도가 440~470ppm으로 전체 재배기간 동안 가장 낮았고, 정식 후 6~15주와 30~35주의 시설내부 주간 이산화탄소

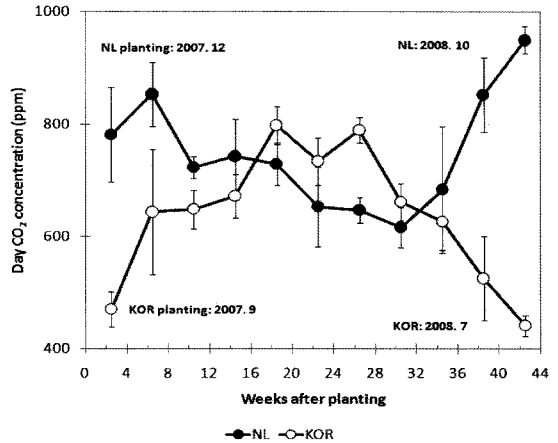


Fig. 6. Comparison of dynamic day CO₂ concentration for 44 weeks after planting in Korea (Kor) and the Netherlands (NL) during whole growing period of sweet pepper. Symbols (○, ●) indicate mean of 4 data (4 weeks) set. Vertical bars indicate standard deviation of means.

농도는 650~670ppm, 작기 중반인 정식 후 18~28주 까지 730~800ppm으로 가장 높았다. 이와는 반대로 네덜란드는 정식초기 약 6주와 작기 말 약 5주 동안 800~950ppm으로 가장 높았고, 작기 초·중반부터 중·후반까지 620~750ppm으로 관리되었다(Fig. 6). 네덜란드의 정식초기와 작기 후반부의 높은 이산화탄소의 농도는 저광기 및 저온기에 난방시 생성되는 이산화탄소의 시설내부 사용에 기인한 것이다.

같은 이산화탄소 농도에서 높은 엽면적지수를 가지고 있는 식물체가 이산화탄소 이용효율이 높다고 보고한 바(Nederhoff와 Vegter, 1994), 작기 말 네덜란드의 시설내부 이산화탄소 농도가 800ppm 이상으로 매우 높고 엽면적지수 또한 6 이상으로 높아 이산화탄소 이용효율이 높은 반면 우리나라의 작기 말 식물체 엽면적지수는 6 이상으로 높는데 반하여 시설내부 이산화탄소 농도가 500ppm 이하 수준으로 네덜란드에 비해 작물의 이산화탄소 이용효율이 낮을 것으로 판단된다. Nederhoff와 Vegter(1994)는 여름철 정식한 파프리카 보다 겨울철 정식한 파프리카에서 최대광합성을, 엽면적지수 당 최대광합성을, 이산화탄소 사용 및 광에 대한 반응이 더 높고, 낮은 광도에서 이산화탄소를 시설내부에 사용해주면 작물의 광 이용효율이 높아진다고 보고하였다. 네덜란드와 우리나라는 정식 시기가 겨울과 여름으로 겨울철 정식 된 네덜란드의 파프

리카가 비록 낮은 광량이지만 높은 시설내부 이산화탄소 농도에 기인하여 작물의 광 이용효율과 이산화탄소 이용효율이 우리나라에 비해 높을 것으로 판단된다. 우리나라도 시설내부 이산화탄소 사용 효율을 높이고 작물의 광 이용효율을 증가시키기 위하여 추후 정식시기별 외부 광량과 시설내부 이산화탄소 농도에 따른 파프리카 생육과 수량에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

6. 외부광량 대비 시설내부 24h 평균온도 비교

일평균 광량의 증가에 따라 24시간 평균온도는 증가하는 경향을 보였고, 외부 광량 1MJ 시설내부 24시간 평균온도는 네덜란드가 0.15°C씩 매우 높은 통계적 유의성을 보였지만, 우리나라는 0.17°C씩 네덜란드에 비해 높은 경향을 보였지만 동일한 평균 광량 대비 시설내부의 24시간 평균온도의 편차가 매우 심하게 나타났다(Fig. 7). 광량에 대비 시설내부의 불균일한 환경은 불균일한 생육을 유도하기 때문에 지속적인 생산성을 유지하기 어렵다(Marcelis 등, 2004). 낮은 광환경에서는 광합성 산물이 낮기 때문에 24시간 평균온도를 낮게 유지하고 광량이 높은 환경에서는 24시간 평균온도를 높게 관리하여 호흡량을 증가시켜 발육속도를 증가시키는 것이 광합성산물의 이용 효율을 높게 할 수 있다(Heuvelink, 1996; Marcelis, 1994).

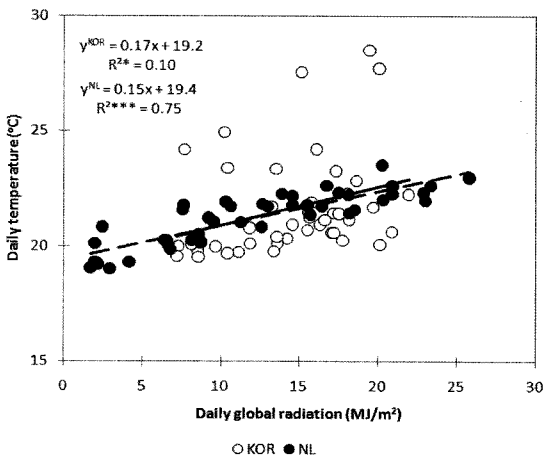


Fig. 7. Averaged daily temperature as a function of daily global in Korea (KOR), and the Netherlands (NL) during whole growing period. Symbols (○, ●) indicate mean of a week climatic data ($p < 0.001 = ***$, $p < 0.01 = **$, $p < 0.05 = *$).

7. 우리나라와 네덜란드의 외부광량 대비 시설내부 주간 CO₂ 농도 비교

네덜란드의 외부광량 대비 시설내부 이산화탄소의 농도는 통계적으로 유의하게 직선적으로 감소하는데 반하여 우리나라의 시설내부 이산화탄소 농도는 광량 대비 산포도가 심하게 나타나 외부광량에 따른 이산화탄소 사용 효율이 매우 낮은 것으로 판단되었다(Fig. 8). 광량이 증가하면 시설내부 온도가 증가하기 때문에 환기량이 증가하여 고농도의 이산화탄소를 사용하더라도 환기에 의한 손실이 많기 때문에 사용효율이 떨어진다. 이러한 결과는 우리나라의 이산화탄소 사용 효율이 네덜란드에 비해 현저히 떨어진다고 사료되며 파프리카의 높은 생산비를 감소시키기 위하여 외부광량과 환기량에 기반을 둔 경제적인 이산화탄소 농도 관리가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 우리나라의 파프리카 생산성이 상대적으로 높은 온실과 동일한 품종을 재배되고 있는 네덜란드의 온실의 재배환경을 비교분석한 것이어서 우리나라의 전체 평균 농가를 비교 대상으로 연구를 수행하진 못하였으나, 국내 파프리카 농가의 환경조절의 최적화를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 추후 시간별 시설 내·외부 환경변화에 따른 재배관리의 차이를 분석하고, 온실 내에서 재배된 작물의 기간별 생육비교를 통해 환경변화에 따른 작물의

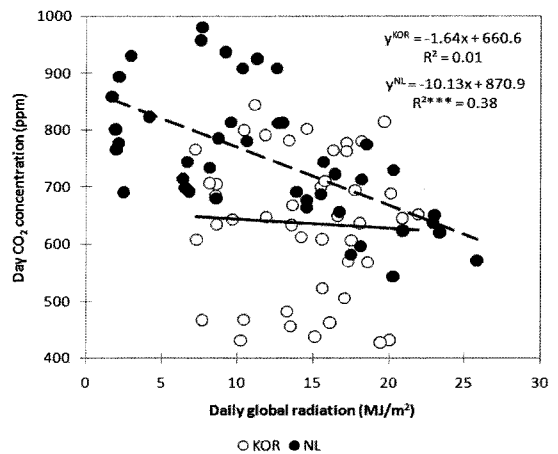


Fig. 8. Averaged day CO₂ concentration as a function of daily global radiation in Korea (KOR), and the Netherlands (NL) during whole growing period. Symbols (○, ●) indicate mean of a week climatic data ($p < 0.001 = ***$, $p < 0.01 = **$, $p < 0.05 = *$).

생육 상태를 비교 분석해야 좀 더 정밀한 비교분석을 할 수 있을 것으로 판단된다.

으로 수행되었음.

인 용 문 헌

적 요

본 연구는 우리나라와 네덜란드의 상업적인 온실에서 파프리카의 전체 재배기간 동안 시설 내·외부 기상환경을 비교 분석함으로써 양국간 생산량 차이 원인 분석을 함으로써 우리나라 파프리카의 시설내부 재배환경조건을 최적화 하기 위한 기초자료 확보를 위하여 이 연구를 수행하였다. 두 온실 모두 'Derby'를 공시하여 우리나라는 3.75주/m²(2 stems), 네덜란드는 2.5주/m²(3 stems), 1.875주/m²(4 stems)로 암면에 수경재배 하였다. 두 온실 모두 재식주수는 상이하였지만, 줄기밀도는 7.5m²/stems로 같았다. 양국의 파프리카 주별 생장량은 크게 차이가 나지 않았으나, 전체 마디 대비 수확마디는 네덜란드가 우리나라에 비해 두 배 이상 높았다. 전체 재배기간 동안 일중 평균 광량은 우리나라 14.5MJ/m²/day, 네덜란드 12.1MJ/m²/day로 우리나라가 19.8% 높았다. 시설내부 24시간 평균온도는 우리나라 21.6°C, 네덜란드 21.2°C로 비슷한 경향을 보였지만, 우리나라의 시설내부 온도관리가 변화폭이 심하였다. 전체 작기의 시설내부 수분부족분(HD)은 우리나라 4.5g/m³, 네덜란드 3.5g/m³로 우리나라의 시설내부가 더 건조하게 관리되었다. 특히 우리나라 야간의 수분부족분은 매우 변화폭이 컸다. 주간 평균 이산화탄소 농도는 우리나라와 네덜란드가 반대의 경향으로 관리되었고 이는 네덜란드의 겨울철 난방 시 배출되는 이산화탄소를 시설내부로 사용한 결과에 기인한다. 일중 외부 광량 대비 시설내부 24시간 평균온도와 주간 이산화탄소 농도는 우리나라는 매우 불균일하게 관리되었지만 네덜란드의 경우 균일하게 관리되었다. 네덜란드의 시설 내·외부 환경은 우리나라에 비해 균일하게 관리되었고, 우리나라의 불균일한 시설내부 환경은 작물의 불균일한 생육을 유도할 것으로 판단된다.

주제어 : 기상환경, 일중 광량, 시설내부 온도, 수분부족분, 이산화탄소 농도

사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원

1. Adams, S.R., K.E. Cockshull, and C.R.J. Cave. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Ann. Bot.* 88:869-877.
2. 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.
3. Erik, A.M. de Swart. 2007. Potential for breeding sweet pepper adapted to cooler growing conditions. PhD Thesis., Wageningen Agr. Univ., Wageningen, The Neth.
4. Heuvelink, E. 1996. Tomato growth and yield: quantitative analysis and synthesis. PhD. Thesis., Wageningen Agr. Univ., Wageningen, The Neth.
5. Heuvelink, E., L.F.M. Marcelis, and O. Körner. 2004. How to reduce yield fluctuations in sweet pepper. *Acta. Hort.* 633:349-355.
6. 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).
7. Körner, O. and H. Challa. 2003. Process-based humidity control regime for greenhouse crops. *Com. Elec. Agr.* 39:173-192.
8. Kürklü, A., P. Hadley, and A. Wheldon. 1998. Effects of temperature and time of harvest on the growth and yield of aubergine (*Solanum melongena* L.). *J. of Agri. For.* 22(1998):341-348.
9. Lee, J.H., J. Goudriaan, and H. Challa. 2003. Using the expolinear growth equation for modelling crop growth in year-round cut chrysanthemum. *Ann. Bot.* 92:697-703.
10. Lee, J.H. 2008. Paprika research institute annual report. Agricultural R&D promotion center. Seoul, Korea (in Korean).
11. 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.
12. 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.
13. Marcelis, L.F.M., E. Heuvelink, L.R.B. 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.
14. Marcelis, L.F.M., A. Elings, M.J. Bakker, E. Brajeul, J.A. Dieleman, P.H.B. Visser, and E. Heuvelink. 2006. Modelling dry matter production and partitioning in sweet pepper. *Acta. Hort.* 718:121-128.
15. Myoung, D.J. 2007. Correlation between climatic fac-

- tors and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in glasshouse. Ms.C. Thesis. Chonnam Natl. Univ., Dept. Hort. Plant Bio-Technol (in Korean).
16. Myoung, D.J., J.P. Lee, W.J. Jeong, G.C. Chung, S.G. Kim, and J.H. Lee. 2008. Correlation between radiation and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in glasshouse. The Lor. Soc. Bio-Environ. Control. 17(2):541-544 (in Korean).
17. 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. Bot. 73:353-361.
18. Vermeulen, P.C.M. 2008. Kwantitative Informatie voor de Glastuinbouw 2008.