약광기 HPS와 PLS lamp를 이용한 오이의 보광재배효과

권준국* · 유인호 · 박경섭 · 이재한 · 김진현 · 이종섭 · 이동수

국립원예특작과학원 시설원예연구소

Supplemental Lighting by HPS and PLS Lamps Affects Growth and Yield of Cucumber during Low Radiation Period

Joon-Kook Kwon*, In-Ho Yu, Kyoung-Sub Park, Jae-Han Lee, Jin-Hyun Kim,
Jung-Sup Lee, and Dong-Soo Lee

Protected Horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Haman 52054, Korea

Abstract. In this experiment the effect of supplemental lighting on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L. 'Fresh') plants during low radiation period of winter season were investigated in glasshouses using common high-pressure sodium (HPS) lamps and newly developed plasma lighting system (PLS) lamps. Plants grown without supplemental lighting were considered as a control. Supplemental lighting was provided from November 20th, 2015 to March 15th, 2016 to ensure 14-hour photoperiod (natural+supplemental light), also lamps were operated automatically when the outside sun radiation levels were less than $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Spectral analysis showed that HPS lamp had a discrete spectrum, lacked of the radiation in the 400-550 nm wave band (blue-green light), but had a high output in the orange-red region (550-650 nm). A higher red light output resulted in an increased red to far-red (R/FR) ratio in HPS lamp. PLS had a continuous spectrum and had a peak radiation in green region (490-550 nm). HPS has 12.6% lower output in photosynthetically active radiation (PAR) but 12.6% higher output in near infra-red (NIR) spectral regions compared to PLS. Both HPS and PLS lamps emitted very low levels of ultra-violet radiation (300-400 nm). Supplemental lighting both from HPS and PLS lamps increased plant height, leaf number, internode number and dry weight of cucumber plants compared to control. Photosynthetic activity of cucumber plants grown under two supplemental lighting systems was comparable. Number of fruits per cucumber plant (fruit weight per plant) in control, PLS, and HPS plots were 21.2 (2.9 kg), 38.7 (5.5 kg), and 40.4 (5.6 kg), respectively, thereby increasing yield by 1.8-1.9 times in comparison with control. An analysis of the economic feasibility of supplemental lighting in cucumber cultivation showed that considering lamp installation and electricity costs the income from supplemental lighting increased by 37% and 62% for PLS and HPS lamps, respectively.

Additional key words : artificial lighting, greenhouse, PAR, photosynthesis

서 론

시설원예작물 재배에 있어서 보광은 잎의 광합성과 작물체의 생장 및 발육을 촉진시키고 과실의 수량과 품질을 향상시키는 목적으로 이루어진다(Blom and Ingratta, 1984; Blain 등, 1987). 보광재배는 주로 일조량이 부족한 겨울철에 이루어지는데, 우리나라보다 겨울철에 일조량이 상대적으로 적은 네덜란드 등의 북유럽이나 미국 북부, 캐나다 등에서 토마토, 오이, 딸기, 파프리카 등의 채소류와 장미, 국화, 백합, 시클라멘 등의 화훼류에 보

편적으로 적용되고 있다. 특히 네덜란드는 일조량이 부족한 시기에 고압나트륨등을 이용한 보광재배로 파프리카, 오이, 토마토 등 과채류의 생산성을 증대시키고 있다(Dorais, 2003; Hao and Papadopoulos, 1999).

우리나라는 맑은 날을 기준으로 겨울철에도 하루 적산 일사량이 $800\sim1,200 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$ 로서 시설작물 재배에 부족하지 않으나(Myung, 2007), 온실 자체의 낮은 투광률로 인해 광량이 부족해져서 작물 생산성이 낮은 수준이다(Jeong 등, 2008; Kwon과 Chun, 1999). 특히 겨울철부터 이른 봄에 걸쳐 저일조현상 등에 의한 광량 부족으로 시설과채류의 착과수가 감소되고 품질이 저하되는 등의 문제가 빈번하게 일어나고 있다(Jeong 등, 2009). 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 보광재배가 필요한데, 보광을 위해서는 설치비와 운영비가 적게 들고 효율성이

*Corresponding author: kjk0412@korea.kr

Received October 2, 2018; Revised October 23, 2018;

Accepted October 24, 2018

Fig. 1. View of three experimental small glasshouses equipped with plasma lighting system (PLS), high pressure sodium (HPS) lamps, and without lighting lamps (control).

높은 광원을 이용하는 것이 매우 중요하다.

국내에서 시설원예작물의 보광재배는 설치 및 운용 비용 때문에 실제적 농가보급은 저조한 실정이며, 장미, 토마토, 파프리카, 분화류 등의 작물재배에 국한되어 있다. 보광 광원으로는 고압나트륨등(high-pressure sodium lamp, HPS)과 메탈할라이드등(metal halide lamp, MH)이 가장 많이 이용되고 있는데(Jeong 등, 2018) 그 이유는 광도가 높고 수명이 비교적 길며 생육을 촉진하는 효과가 있기 때문이다(Blom and Ingratta, 1984). 그 외에 형광등, 할로젠등, LED가 부분적으로 이용되고 있다.

과채류 작물의 보광재배 효과에 관한 연구는 토마토(Demers 등, 1998; Dorais 등, 1991), 파프리카(Kwon 등, 2016; Lee 등, 2014), 오이(Blain 등 1987; Hao and Papadopoulos, 1999; Hovi 등, 2004; Hao 등, 2006) 등에서 다양하게 검토되었다. 이들 작물의 생육 촉진에 의한 과실수량의 증대효과는 재배지역, 재배조건, 보광조건 등에 따라 차이가 있으나 대체로 15~40%였다. 과채류 작물의 적정 보광기간은 하루 14~17시간으로 알려져 있다(Demers 등, 1998). 토마토의 경우 14시간의 광주기 처리에서 가장 생육이 우수하고 과실수량이 높았고, 그 이상의 광주기에서는 생육과 수량이 더 이상 증가되지 않고 오히려 잎의 황백화, 기형과 등의 발생이 많아졌다고 하였다(Demers 등, 1998; Dorais 등, 1996). 오이의 보광기간에 관한 연구결과는 없으나 대체로 16시간 내외로 보광재배에 관한 연구가 이루어졌다(Hao and Papadopoulos, 1999).

최근 국내외적으로 주목을 받고 있는 플라즈마등(plasma lighting system, PLS)은 자연광에 가장 근접한 파장을 방출하는 것으로 알려져 있고(Kwon 등, 2016; Lee 등, 2014), HPS 램프에 비해 식물 생육에 필요한 광질을 고루 지니고 있어 식물재배용 인공광원으로서의 이용성이 크게 기대되고 있다. 본 연구는 시설원예용 보광 광원으로 가장 보편적으로 이용되는 HPS와 PLS 램

프의 광학 특성을 비롯하여 시설오이의 생육과 수량에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2015년 10월부터 2016년까지 4월까지 국립 원예특작과학원 시설원예연구소(경상남도 함안군 소재)의 양지봉형 유리온실(폭 8.4m, 길이 10m, 높이 5.5m)에서 수행하였다. 보광등으로는 플라즈마등(plasma lighting system, SPLS, 1,000W, LG electronics, Korea)과 고압 나트륨등(high-pressure sodium lamp, SON-T, 700W, Philips, Netherlands)을 온실 한 동당 12개씩 온실 바닥 으로부터 3.2m 높이, 램프 사이의 간격을 2.5m로 하여 설치하였다(Fig. 1). 보광등의 용량은 HPS 램프는 700W, PLS 램프는 1,000W를 각각 사용하였는데, 이는 램프의 용량이 같은 조건에서 PLS 램프가 HPS 램프에 비해 광도가 다소 낮아서 거의 동일한 광도로 맞추기 위함이었다. 실험작물은 절임오이인 ‘후레쉬’ 품종을 2015년 10월 8일에 32공 트레이에 파종·육묘하였다가 2015년 11월 2일에 나무틀 재배상(폭 1.2m, 길이 7.0m, 높이 50cm, 사양토+퇴비를 5:1로 혼합)에 정식하였으며, 재식거리는 이랑너비 1.2m(2열), 포기사이 40cm로 심었다. 정식 후 유인, 잎 및 측지 제거, 병해충 방제 등의 관리작업을 주기적으로 실시하였으며, 과실은 2015년 12월 9일부터 2016년 3월 15일까지 25회 수확하였다.

보광은 2015년 11월 20일부터 2016년 3월 15일까지 약 4개월간 실시하였다. 보광하는 기간은 하루에 명기를 14시간(자연광+보광, 쾌청한 날일 경우 일몰 후 5~6시간 점등)으로 정하여 실시하였고 일몰 전 30분부터 점등을 개시하였다. 주간에는 광도 센서와 제어기를 설치하여 일사량이 100W·m² 이하일 때 자동으로 점등이 되게 하고 이상일 때는 소등되도록 제어하였다. 온실 내 온도관리는 낮의 경우 환기설정온도를 25°C로 설정하여 천창

과 측량의 자동개폐를 통하여 관리하였고, 밤에는 온수 난방장치(온수보일러, 에어로핀 방열배관, 제어기)로 난방설정온도를 17°C로 설정하여 관리하였다. 관수는 점적 튜브, 토양수분장력센서를 설치하여 토양수분함량을 기준으로 하여 1~2주 간격으로 실시하였고 시비는 생육상태를 감안하여 1~2주 간격으로 시판양액(물푸레, 대유)을 250~500배액으로 희석하여 공급하였다.

보광등의 분광특성과 파장대별 광도, 광양자속 밀도 등은 휴대용 spectroradiometer (LI-1800, Li-Cor, USA)를 이용하여 측정하였으며, 광원과 측정기 센서부위 간에 100cm 거리를 두어 측정하였다. 오이의 생육은 초장, 엽수, 줄기직경, 엽면적, 엽중, 경중, 근중을 측정하고, 과실수량은 과실 개수와 무게를 측정하였다. 작물의 광합성, 기공저항 및 호흡량은 휴대용 photosynthesis system (LI-6400, Li-Cor, USA)을 이용하여 측정하였고, 엽면적은 엽면적 측정기(LI-3100, Li-Cor, USA)를 이용하여 측정하였다. 보광등 이용에 따른 전력소비량은 전자식 전력량계(LS산전, Korea)를 별도로 설치하여 측정하였다.

실험구는 온실당 오이를 60주를 재식하여 완전임의배치법 3반복(반복당 20주)으로 배치하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.1, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 분산분석을 실시하였고 평균 간 비교는 던컨의 다중검정을 이용하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., USA)을 이용하여 나타내었다.

결과 및 고찰

보광재배에 이용된 두 광원 램프의 광학 특성을 파악

하고자, PLS와 HPS 램프의 분광특성과 광양자속 밀도, 광 분포비율을 측정하였으며 그 결과를 Fig. 2와 Table 1, 2에 각각 나타내었다. PLS와 HPS 램프의 300-1,100nm 파장대의 광분포 곡선을 보면 뚜렷한 차이를 나타내었다(Fig. 2). 즉 보광 광원으로 가장 보편적으로 이용되는 HPS 램프는 550-650nm와 800-830nm의 광이 두드러지게 많이 분포하고, PLS 램프는 400-700nm의 광합성유효광(PAR)이 고르게 분포하는 특성이 있었다. 그리고 PLS는 HPS에 비해 청색광 파장대인 400-550nm 광량이 많이 분포하고 근적외선이 상대적으로 적은 특성을 지니었다. 광 파장대별 광양자속 밀도를 측정한 결과(Table 1)를 보면, 300-400nm의 자외선과 400-700nm의 광합성유효광은 HPS에 비해 PLS가 20%와 33% 각각 많은 반면, 700-1,100nm의 근적외선(near infra-red, NIR)은 HPS가 PLS보다 52% 많았다. 한편 far-red(700-740nm)에 대한 red(640-700nm) 광의 비율은 HPS가

Fig. 2. Spectral distribution of artificial light sources: PLS (plasma lighting system) lamp and HPS (high pressure sodium) lamp. Measurements were taken by means of calibrated spectroradiometer, distance from light source 100 cm.

Table 1. Spectral characteristics of PLS (plasma lighting system) lamp and HPS (high pressure sodium) lamp (distance between lamp housing and detector 100 cm).

Lamp	Photon flux density ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)				R/FR*
	Total (300-1,100nm)	Ultra-violet (300-400nm)	PAR (400-700nm)	Near infra-red (700-1,100nm)	
PLS	184.1	0.6	146.5	37.0	2.25
HPS	167.2	0.5	110.4	56.3	3.70

Table 2. Spectral output of PLS (plasma lighting system) lamp and HPS (high pressure sodium) lamp in the ultraviolet (UV), photosynthetically active radiation (PAR) and near infra-red (NIR) range (distance between lamp housing and detector 100 cm).

Lamp	Irradiance ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)	Spectral output (%)		
		UV (300-400 nm)	PAR (400-700nm)	NIR (700-1000nm)
PLS	37.7	0.5	85.3	14.2
HPS	30.5	0.5	72.7	26.8

3.70으로 PLS의 2.25보다 훨씬 높았다. 이러한 HPS와 PLS의 차이는 Kwon 등(2016)의 보고와 거의 비슷하였다. 유사한 연구결과로서 Lee 등(2014)은 LEP (light emitting plasma)가 HPS보다 광합성유효광량이 약 50% 많다고 보고하였는데 본 연구에 이용된 PLS(33% 많음)와 비교할 때 정도의 차이가 있으나 비슷한 경향을 나타내었다.

그리고 전체광량 에너지의 구성 비율(Table 2)을 보면, 전체 광량은 HPS에 비해 PLS가 약 24% 많았고, UV는 동일하였으며, 광합성유효광(PAR)은 12.6% 많았고 NIR은 반대로 12.6% 적은 특성이 있었다. 이러한 결과는 Kwon 등(2016)의 HPS와 PLS 램프와의 광학특성 비교 보고와 거의 유사한 경향을 나타냈는데 HPS와 PLS 램프의 전형적인 광학특성이라고 이해되었다.

온실 내 기온과 상대습도의 측정결과(Table 3)를 보면, 보광 온실과 무보광 온실과의 기온과 상대습도의 차이는 예상보다 작았다. 무보광 온실에 비해 보광한 온실에서 평균기온이 0.6-0.7°C, 주간기온이 0.5-0.7°C, 야간기온이 0.7-1.0°C 높았고, 보광에 따른 상대습도는 조명의 영향으로 무보광에 비해 약간 낮은 경향을 보였다. 보광램프 간에 있어서는 HPS 램프가 PLS 램프에 비해 주간 및 야간 기온이 다소 높았는데, 이는 HPS가 PLS보다 700-1,100nm의 NIR이 52% 많은 데 기인한 것으로 판단되었다. 그리고 보광과 무보광 간에 야간기온 차이가 예상보다 작은 것은 야간에 보광한 시간(약 5-6시간)과 보광하지 않은 시간(10시간 내외)을 평균하여 나타낸 것이 하나의 원인으로 작용하였다. 결과적으로 보광에 따른 조명이 온실 내 기온과 상대습도의 변화에는 그다지 영향을 미치지 않는다는 것을 보여주었다.

주간과 야간의 오이의 광합성능력을 Fig. 3에 나타내었다. 보광이 이루어지지 않는 주간에는 예상하는 바와 같이 무보광구와 보광구 간, 보광광원 간 모두에서 차이가 없었다. 그러나 보광이 이루어지는 야간에는 무보광의 경우, 순 CO₂ 흡수가 전혀 없었으나 HPS와 PLS로 보광한 것은 주간에 비해서는 매우 낮은 수준이었지만 광합성 능력을 나타내었다. HPS와 PLS 램프 간에는 유의적인 차이가 없었다. 이와 관련한 연구로서 Jiang 등(2017)은 보광을 함으로써 무보광 대비 광합성이 크게 증가하고 광양지속 밀도가 증가함에 따라 광합성이 증가하다가 1,000μmol m⁻²s⁻¹에서 안정화된다고 보고하였다.

정식 후 70일경 오이의 초장, 엽수, 엽면적, 생체중, 건물중 등의 생육특성을 Table 4에 나타내었다. 보광재

Fig. 3. Net CO₂ assimilation rate of cucumber plants grown under supplemental lighting and no supplemental lighting (control) measured at daytime (12:00-13:00) and night time (19:00-20:00). Vertical error bars represent standard error of the mean (n=4). Mean values with the same letter are not significantly different at p < 0.05.

Table 3. Air temperature and relative humidity in greenhouses equipped with PLS (Plasma lighting system) lamp and HPS (high pressure sodium) and in greenhouses without supplemental lighting (control). Data was recorded in December 1-7, 2015.

Lamp	Air temperature (°C)			Relative humidity (%)
	Mean weekly	Day	Night	
Control	18.7	20.8	16.6	55.0
PLS	19.3	21.3	17.3	53.1
HPS	19.5	21.5	17.6	50.3

Table 4. Growth characteristics of cucumber grown under supplemental lighting and no supplemental lighting (control) measured at 70 days after planting.

Lamp	Plant height (cm)	No. of leaves (ea/plant)	Stem dia. (mm)	Leaf area (cm ² /leaf)	Fresh wt. (g/plant)			Dry wt. (g/plant)		
					Leaves	Stem	Root	Leaves	Stem	Root
Control	212b	15.0b	7.4b	424b	280.5b	127.0b	9.7a	24.0b	11.1b	0.8a
PLS	293a ²	18.0a	10.2a	589a	421.2a	235.1a	11.4a	48.0a	18.4a	0.9a
HPS	283a	18.0a	10.2a	600a	444.6a	212.4a	11.4a	47.7a	17.6a	0.9a

²Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

Table 5. Marketable fruit yield of cucumber grown under supplemental lighting and no supplemental lighting (control).

Lamp	No. of fruits		Fruit weight	
	ea/plant	ea/10a	g/plant	kg/10a
Control	21.2 (100)b	57,240b	2,895 (100)b	7,817a
PLS	38.7 (183)a	104,490a	5,545 (192)a	14,972a
HPS	40.4 (191)a	109,080a	5,590 (193)a	15,093a

^aMean separation within columns by DMRT at 5% level.**Table 6.** Electricity consumption and economical efficiency by supplemental lighting with HPS and PLS lamps in cucumber cultivation.

Lamp	Electricity consumption ² (kW/h)	Economical efficiency (thou. won/10a)			
		Gross profit ³	Lamp install	Electric charges	Income
Control	-	15,844	-	-	15,844 (100)
PLS	53,369	30,347	6,200	2,501	21,646 (137)
HPS	41,135	30,746	3,100	1,896	25,750 (162)

²Supplemental lighting was provided from November 20th, 2015 to March 15th, 2016.³Price of cucumber fruit is 2,027 won/kg, The number of cucumber plants per 10a is 2,700.

배한 오이는 무보광한 것에 비해 대부분의 생육 요소가 월등하게 우수하였다. 보광광원에 있어서는 PLS보광과 HPS 보광 간에 유의적인 차이가 없었다. 이와 관련하여 캐나다에서 일조량이 적은 2~3월에 HPS 램프(400W)로 보광(16시간 광주기)한 것이 오이의 엽수가 많고 건물중이 무거우며 절간장이 짧아지며 식물체가 탄탄해졌다고 보고하였다(Hao 등, 1998). 그리고 Demers 등(1998)은 HPS 램프(400W)를 이용한 토마토의 보광재배(광주기 14시간, PPF=110 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)에서 무보광에 비하여 지상부 생체중이 57% 증가하였다고 보고하였는데 본 연구결과와 유사한 수준의 경향을 나타내었다.

Table 5는 오이의 과실 수량을 나타내었는데 무보광에 비해 보광한 것이 과실수량이 월등하게 많았다. 주당 과실 수는 무보광(21.2개)에 비하여 PLS 보광이 38.7개, HPS 보광이 40.4개로 보광한 것이 1.8~1.9배 많았다. 두 광원 간에는 통계적 유의차가 없었다. 주당 과실무게에 있어서도 무보광 2.9kg에 비하여 PLS 보광이 5.5kg, HPS 보광이 5.6kg으로 보광한 것이 약 1.9배 무거웠다. 이러한 결과는 Kwon 등(2016)의 보고에서 무보광에 비해 PLS나 HPS 램프로 보광함으로써 파프리카의 생육과 수량이 유의적으로 증가하고 특히 PLS가 더 효과적이라고 하였는데 본 연구와는 다소 차이가 있었다. 그들은 PLS가 태양광과 유사한 광학성 특성이 있고 HPS에 비해 PAR 비율이 상대적으로 많기 때문에 수량 증가가 더 높은 것으로 평가하였다. 오이에 대한 보광재배 연구로서 Hao 등(1998)은 캐나다의 약광기인 12~2월에 HPS 램프(400W)로 보광(16시간 광주기)함으로써 과실 개수가 45%, 과실무게가 50% 증가되었다고 하였고, Blom

and Ingratta (1984)은 캐나다의 2~3월에 HPS 램프로 오이를 보광재배한 결과, 25%의 증수효과가 있었다고 하였다. 그리고 Hao 등(2006)은 캐나다의 겨울철 오이 보광재배에서 광도를 0 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 에서 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 높임에 따라 오이 과실수량이 비례적으로 증가하였으며, 특히 채식밀도가 높은 조건에서 보광에 의한 과실수량 증가가 더 뚜렷하였다고 보고하였다. 또한 Richard and Harry(1988)도 약광기에 HPS 램프를 이용한 토마토의 보광재배(광주기 18시간, PPF=100 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)에서 무보광에 비하여 과실수량(무게)이 75% 증가하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 수량증가 수준을 나타내었다. 이 상과 같이 보광재배에 의한 과채류의 수량증대 효과는 보광기간, 보광광도, 보광램프 종류, 자연광의 조건, 작물의 종류 및 품종 등에 따라 많은 차이가 있을 것으로 사료된다. 본 연구의 수량증가 효과는 기 연구결과에 비해 높게 나타났다고 평가되는데, 이는 보광기간이 길고(4개월), 보광광도가 높으며(167~184 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), 일조량이 가장 적은 기간에 보광하였으며, 자연광의 광도가 낮은 주간에도 보광한 것 등이 주요 원인이라고 판단된다.

Table 6은 2015년 11월 20일부터 2016년 3월 15일까지 117일간의 보광에 따른 전력소비량과 보광등 설치비용을 반영하여 오이 보광재배의 경제성을 단순 분석한 결과이다. 전력소비량은 PLS 램프가 HPS 램프에 비해 용량이 크기 때문에 약 34% 더 소비되었고, 오이의 조수익은 과실수량이 거의 비슷하기 때문에 거의 차이가 없었다. 큰 차이가 있는 것은 램프의 설치 비용으로 PLS 램프가 HPS 램프의 약 2배에 달하였다. PLS 램프는 최근에 개발되어 수요가 많지 않고 램프 가격이 고

가이어서 설치비용이 상대적으로 많이 소요되는 실정이다. 오이재배 수익, 보광등 설치비용, 전기요금 등을 반영하여 단순히 경제성을 분석해 볼 때, 무보광 대비 보광 재배하는 것이 경제적 효과가 상당히 높았고, 두 광원 간에는 HPS가 PLS 램프에 비해 낮은 램프 설치비용의 영향으로 경제성이 높은 것으로 나타났다. PLS와 HPS 램프는 37%와 62%의 소득증대효과가 각각 있었다. 따라서 보광 광원으로는 설치 비용이나 광 이용효율 등을 고려할 때 HPS 램프가 유리할 것으로 판단되었다. 이와 관련하여 Lee 등(2014)은 LEP (light emitting plasma)가 HPS 램프에 비해 광질은 우수하나 보광광원으로서의 효율성에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다고 보고하였다.

이상의 결과로 보아, 겨울철 약광기 오이재배 시에 보광을 하면 그 효과가 뚜렷이 나타나는 것을 알 수 있으며, 보광등에 있어서는 최근에 개발된 플라스마등이 광질은 우수하나 설치비용이 많이 소요되므로 고압나트륨등을 이용하는 것이 보다 유리한 것으로 확인되었다.

적 요

본 연구는 HPS (high-pressure sodium lamp, 고압나트륨등, 700W)와 PLS (Plasma Lighting System, 플라스마등, 1,000W) 램프를 이용하여 겨울재배 오이의 보광재배 효과를 구명하고자, 양지봉형 유리온실 3동에 무보광을 대조구로 하여 오이(‘후레쉬’ 품종)를 2015년 11월 2일에 정식하여 2016년 3월 15일까지 재배하였다. 보광은 2015년 11월 20일부터 2016년 3월 15일까지 약 4개월 동안 명기를 14시간/일(일몰 전 약 30분에 점등 개시)으로 정하여 실시하였고, 낮동안의 일사량이 100W·m² 이하일 경우 자동으로 점등이 되도록 제어하였다. 분광투과특성은 PLS의 경우 광합성유효광(400-700nm)이 전반적으로 고르게 분포하나 HPS는 400-550nm 광량이 매우 적은 반면, 550-650nm 광원이 PLS보다 많이 분포되었다. 330-1,100nm 광은 HPS가 PLS에 비해 6% 많았고 UV와 적색광은 비슷하였다. 광합성유효광(400-700nm)은 HPS에 비해 PLS가 12.6% 많았고, 근적외선(700-1,100nm)은 HPS에 비해 PLS가 12.6% 적었으며, R/FR은 HPS가 높았다. 오이의 초장, 엽수, 마디수, 건물중 등의 생육은 무보광에 비해 두 보광등에서 비슷한 수준으로 높았다. 광합성능력은 두 광원 간에 유의적인 차이가 없었다. 오이의 주당 과실 개수(무게)는 무보광 21.2개(2.9kg)에 비해 PLS가 38.7개(5.5kg), HPS가 40.4개(5.6kg)로 1.8~1.9배 많았다. 보광등의 설치비와 전기 에너지 비용을 고려하여 오이 보광재배의 경제성을 분석한 결과, PLS와 HPS 보광등은 각각 37%와 62%의 소득증대효과가 있었다.

추가 주제어 : 인공광, 온실, 광합성, 광합성유효광

사 사

본 연구는 산학연 공동연구(과제번호 PJ012423) 및 농촌진흥청 공동연구사업(PJ012309)으로 수행되었음

Literature Cited

- Blain, J., A. Gosselin, and M.J. Trudel. 1987. Influence of HPS supplementary lighting on growth and yield of greenhouse cucumbers. *HortScience* 22:36-38.
- Blom T.J., and F.J. Ingratta. 1984. The effect of high pressure sodium lighting on the production of tomatoes, cucumbers and roses. *Acta Hortic.* 148:905-914.
- Demers, D.A., M. Dorais, C.H. Wien, and A. Gosselin. 1998. Effects of supplemental light duration on greenhouse tomato plants and fruit yields. *Sci. Hortic.* 74:295-306.
- Dorais, M. 2003. The use of supplemental lighting for vegetable crop production: Light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. *Can. Greenhouse Conference*, October 9, 2003. p.1-8.
- Dorais, M., A. Gosselin, and M.J. Trudel. 1991. Annual greenhouse tomato production under a sequential intercropping system using supplemental light. *Sci. Hortic* 45:225-234.
- Dorais, M., S. Yelle, and A. Gosselin. 1996. Influence of extended photoperiod on photosynthate partitioning and export in tomato and pepper plants. *New Zealand J. Crop Hortic. Sci.* 24:29-37.
- Hao, X. and A.P. Papadopoulos. 1999. Effects of supplemental lighting and cover materials on growth, photosynthesis, biomass partitioning, early yield and quality of greenhouse cucumber. *Sci. Hort.* 80:1-18.
- Hao, X. Athanasios, A.P. Papadopoulos. and S. Khosla. 2006. Development of a high-wire cucumber production system on raised-troughs with supplemental lighting for year-round production. 27th Int'l Hort. Cong. and Exh., S06-P-66:190.
- Hovi, T., J. Nakkila, and R. R. Tahvonon. 2004. Interlighting improves production of year-round cucumber. *Sci. Hortic.* 102:283-294.
- Jeong, W.J., D.J. Myoung, and J.H. Lee. 2009. Comparison of climatic conditions of sweet pepper's greenhouse between Korea and the Netherlands. *J. Bio. Environ. Con.* 18:244-252 (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 glass-house and plastic greenhouse. *Kor. J. Bio. Environ. Con.* 17(2):541-544 (in Korean).
- Jeong, K.J., J.G. Yun, Y.S. Chon, H.S. Shin, and S.W. Lee. 2018. Effect of supplementary or heating lamps on the yield, vase life, and leaf color of cut rose. *Protected Horti-*

- culture and Plant Factory 27(2):158-165 (in Korean).
- Jiang, C., M. Johkan, M. Hohjo, A. Tsukagoshi, M. Ebihara, A. Nakaminami, and T. Maruo, 2017. Photosynthesis, plant growth, and fruit production of single-truss tomato improves with supplemental lighting provided from underneath or within the inner canopy. *Sci. Hortic.* 222:221-229.
- Kwon, D.Y., K.S. Park, J.W. Lee, and J.E. Son. 2016. Supplemental lighting effects of plasma lighting system and high pressure sodium lamps on photosynthesis and productivity of paprika. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 34(Suppl.I):40.
- Kwon, Y.S. and H. Chun. 1999. Production of chili pepper in different kinds of greenhouse in Korea. *The Asian and Pacific Region-Food and Fert. Techno. Ctr. Ext.-Bul. No.* 478 (in Korean).
- Lee, J.W., H.C. Kim, P.H. Jeong, Y.G. Ku, and J.H. Bae. 2014. Effects of supplemental lighting of high pressure sodium and lighting emitting plasma on growth and productivity of paprika during low radiation period of winter season. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 32:346-352.
- Myoung, D.J. 2007. Correlation between climatic factors and yield of sweet pepper (*Capxicum annuum* L.) in glasshouse. MS Thesis. Chonnam Nat'l. Univ., Dept. Hort. Plant Bio-Technol (in Korean).
- Richard J.M., W.J. Harry. 1988. Alternative production strategies for greenhouse tomatoes using supplemental lighting. *Sci. Hortic.* 35:161-166.