

광보상점 이하의 보광이 절화장미 ‘Vital’의 생육에 미치는 영향

최영하^{1*} · 권준국² · 최경이¹ · 강남준¹ · 전희¹ · 조명환¹ · 서태철¹ · 노미영¹ · 이성찬² · 이재한²
¹원예연구소 시설원예시험장, ²원예연구소

Effect of Supplemental Lighting of Sub-Compensation Intensities on Growth of *Rosa hybrida* L. ‘Vital’

Young Hah Choi^{1*}, Joon Kook Kwon², Gyeong Lee Choi¹, Nam Jun Kang¹, Hee Chun¹, Myeong Whan Cho¹, Tae Cheol Seo¹, Mi Young Roh¹, Seong Chun Lee², and Jae Han Lee²

¹Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-300, Korea

²National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 440-706, Korea

Abstract. This experiment was conducted to investigate the effect of supplemental lighting of low light intensities on growth and yield of rose ‘Vital’ in a forcing culture. Metal halide lamp (MH), High pressure sodium lamp (HSP), and MH+HSP were used as the light sources, and they were set up at a 310 cm × 450 cm interval and at 120 cm above the culture beds. Light intensity at 1m point distance from supplemental lighting sources was 32~34 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Days to the 1st and 2nd harvests decreased by 5~8 and 3~5 days, respectively in supplemental lighting treatment as compared to the control. Days to harvesting was the shortest in MH+HPS treatment, followed by HPS and MH, although there was no significant difference between HPS and MH treatments. The growth was better and incidence of blind shooting decreased by 5~7% in supplemental lighting treatments than the control, increasing marketable cut flowers. The incidence of blind shoot was the lowest in MH+HPS treatment, and there were no significant difference between MH and HPS treatments. In conclusion, supplemental lighting of low light intensities was effective in reducing days to flowering and reduced occurrence of blind shoots.

Key words : blind shoot, days to harvesting, rose, supplemental lighting

서 언

시설재배에 있어서 보광은 부족한 광량을 보충하기 위하여 인공광을 추가로 조명하는 경우와 일장연장을 하기 위하여 일몰시각부터 일정시간 동안 인공광으로 조명을 하는 경우로 나누어 생각할 수 있다. 일반적인 보광처리는 전조를 의미하고 후자는 개화조절을 목적으로 하는 전조처리를 의미한다.

보광의 목적은 광합성 양을 늘려 건물생산을 많게 하는데 있으므로 보광을 행하는 시간대에 따라서 조사 조건이 다르다(JGHA, 2006a, 2006b; Nelson, 1991). 주간 조명은 우천시에 광의 강도가 광 보상점보다 낮

을 경우에 점등해주며 야간 조명은 광합성과 생장촉진을 목적으로 통상 일몰후 또는 일출전 혹은 양시간대에 점등하여 일조시간을 연장해준다. 조명의 강도나 시간은 재배작물의 종류, 기상조건, 생산목적 등에 따라서 달라지지만 일반적으로 광보상점 이상의 광을 조사해준다. 그러나 보광은 설치비와 전력비용의 부담이 크기 때문에 육묘상(Kang 등, 2004)과 같은 소면적에서 이용되고 있는 정도이며 최근 식물생장상을 이용하여 효율적인 이용방법에 관한 연구가 이루어지고 있다(Kim, 1998; Kim과 Park, 2002; Kim 등, 2003).

전조는 일장을 연장시켜줌으로써 장일식물은 화아분화를 촉진시키고, 단일식물은 화아분화를 억제시켜 개화에 영향을 미치게 된다. 전조에 유효한 광강도와 조사량도 전조방법이나 작물의 종류에 따라 다르지만, 많

*Corresponding author: yhchoi@rda.go.kr
Received February 15, 2008; accepted March 3, 2008

은 작물에 있어서 수광면의 광강도(방사조도)가 $0.01 \sim 0.1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 의 조건으로 1시간 점등한 경우의 광량이면 일장효과가 나타나므로 보광에 이용되는 조명강도보다는 낮은 것이 일반적이다(JGHA, 2006a).

장미는 목본성의 관목이고 유전적으로 연중 개화하는 특성을 지니고 있다. 또한 채화하면 신초가 축아로부터 발생되며 발생한 신초가 대사산물의 저장부위가 된다. 이러한 이유로 보광에 의한 광합성으로 고정된 탄수화물이 쉽게 잎에서부터 다른 기관으로 이동하여 이용되거나 저장된다. 따라서 장미는 다른 작물에 비해 보광에 잘 반응하고, 지속적인 보광에도 생리장해가 적은 작물로 알려져 있다(JGHA, 2006b).

장미에 대한 보광에 관한 연구는, 1960년대 후반에 형광등을 이용한 보광이 수량증대 효과가 있다는 것이 밝혀졌고(Mastalerz와 Langhans, 1969), 1975년 이후 기술이 크게 진보되어 북아메리카의 장미생산지에서 고압나트륨등에 의한 상업적인 보광이 시작되었다. 최근의 국외 연구결과들을 보면, 이용한 광원은 고압나트륨등(high pressure sodium lamp)이나 메탈할라이드등(metal halide)이고, 두 가지 광을 혼합하여 사용하는 경우도 많다(Bredmose, 1993, 1994; Khui와 George, 1997; Menard와 Dansereau, 1992, 1995; Mortensen과 Fjeld, 1998). 사용한 광도는 장미의 광보상점으로 알려져 있는 $60 \sim 70 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 부터 $150 \sim 300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 까지 다양하다(Bredmose, 1993; Menard와 Dansereau, 1992; Zandstra 등, 1995; Zieslin과 Tsujita, 1990). 보광효과는 품종간 차이가 많으나 대체로 생체중, 경경 및 경장 증가(Bredmose, 1993; Zieslin과 Tsujita, 1990), 블라인드 감소에 의한 증수(Bredmose, 1994; Khui와 George, 1997), 상품율 증가(Bredmose, 1994; Zandstra 등, 1995), 신초발생 및 개화촉진(Mortensen과 Fjeld, 1998; Sarkka와 Christian, 2003), 광합성 효율증진(Zieslin과 Tsujita, 1990) 등으로 나타났다.

국내 연구보고의 주요 내용은, 보광강도(조도)는 3,000lux 이상, 광주기는 14~18시간으로 처리한 결과, 대체로 보광처리구의 생육이 좋아졌고(Chung 등, 2003; Lee 등, 2001, 2003), 품종에 따라 15%정도의 증수효과가 있었으며(Lee 등, 2001), 개화소요일수가 6일정도 단축되었다(Chung 등, 2003). 또한 Na 등(2007)은 'Nobles' 품종에서 나트륨등 보광으로 수량과

품질을 높일수 있다고 하였다.

궁극적으로 보광으로부터 얻을 수 있는 생장촉진과 생산성 및 품질향상의 근원은 광합성량의 증가일 것이다. 그리고 광합성량은 보상점 이하의 낮은 광도라 할지라도 조사된 양만큼 증가될 것으로 생각된다. 따라서 본 시험은 광보상점 이하의 광도로 보광하였을 경우 장미생육에 미치는 영향을 구명하여 보광방법에 관한 기초자료를 얻고자 수행 하였다.

재료 및 방법

장미 품종은 'Vital'(Kordes Co., Germany)을 사용하였다. 2005년에는 소형 유리온실(폭 6.0m×길이 8.0m×높이 3.8m, 면적 48m²) 8동을 이용하여 9월에 재식거리 40cm×20cm로 정식하여 관비재배하였고, 11월부터 2006년 4월까지 수확하였다. 2006년에는 2연동 현대화 하우스(폭 15.4m, 길이 21.0m, 높이 4.8m)를 4등분(구당 81m²)하여 순환식 암면 아칭재배를 하였는데, 베드폭 90cm, 길이 850cm, 높이 70cm로 하여 15cm×30cm로 정식하여 12월부터 2007년 4월까지 수확하였다.

야간최저온도는 생육단계별로 18~20°C, 주간은 30°C를 넘지 않도록 관리하였다. 비배 및 기타 관리는 표준영농교본 장미재배법(RDA, 2001)에 준하였다.

보광용 광원은 메탈할라이드등(metal halide lamp, 250W, 광속 20,500Lm, 램프효율 103.5Lm·W⁻¹), 고압나트륨등(high pressure sodium lamp, 250W, 광속 25,000Lm, 램프효율 98.7Lm·W⁻¹), 혼합등(메탈할라이드등+고압나트륨등)을 사용하였다. 보광등은 베드위 120cm 높이에 310cm×450cm 간격으로 2005년에는 소형 온실당 2개, 2006년에는 처리구당 4개씩을 설치하였다. 일몰후부터 4시간씩, 2005년에는 10월 20일부터 2006년 4월 30일까지, 그리고 2006년에는 11월 20일부터 2007년 4월 20일까지 보광하였다. 광원의 분광분포는 휴대용 분광광도계(LI-1800, EKO, USA)로, 그리고 광원으로부터의 거리별 광도는 6-sensor quantum light meter(3415LQF5, Spectrum Technologies, USA)를 이용하여 측정하였다. 시험구 배치는 2005년에는 완전임의 배치 2반복으로, 그리고 2006년에는 단구제로 하여 연차간 반복효과를 구하였다.

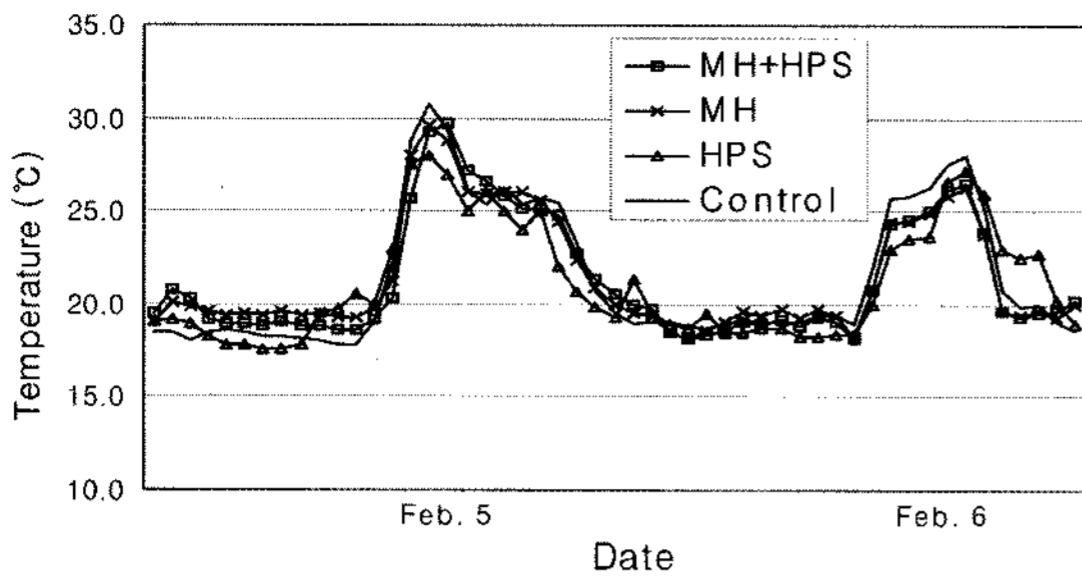


Fig. 1. Changes of temperature from Feb. 5 to Feb. 6, 2005 in greenhouses as affected by light source. MH, metal halide lamp; HPS, high pressure sodium lamp.

결과 및 고찰

온도조사 결과(Fig. 1), 전처리구에서 주간은 30°C를 넘지 않았고, 야간기온은 18°C 이상으로 유지되었다. 처리간에 큰 온도차이는 없었으나 메탈할라이드구와 메탈할라이드+고압나트륨 혼합구가 고압나트륨구와 무처리구에 비해 야간기온이 0.5~1.0°C정도 높았다. 이는 난방기의 설치위치와 덕트를 통해 나간 가열된 공기의 순환 방식이 그 원인으로 생각되었다.

시험에 사용한 보광등의 분광분포는 Fig. 2와 같다. 메탈 할라이드등은 백색광이며 가시광 비율이 20~40%정도, 적외선 비율은 50~67%정도였고, 600nm이하의 단파장이 많았다. 고압나트륨등은 황백색광이며 가시광 비율이 27~30%, 적외선 비율은 47~63%정도였고, 550nm 이상의 장파장이 많았다. 식물의 광합성율은 400~500nm와 600~700nm의 파장대에서 높지만 두 가지 광원 모두 이를 충족시키는 파장 특성은 보이지 않았다.

Table 1은 광원으로 부터의 거리별 광도를 나타낸 것이다. 광원별 광도는 큰 차이가 없었으나 고압나트륨등이 메탈할라이드 등에 비해 근소하게 높았다. 광원으로부터 30cm 떨어진 지점의 광도는 $50\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 정도로 장미의 광보상점을 상회하는 정도의 광도였지만 광원으로부터 70cm 지점의 광도는 $32\sim34\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 정도로 낮아졌고, 광원으로부터 멀리 떨어진 250cm 지점은 $12\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 정도로 광보상점보다 현저히 낮은 수준이었다. 따라서 출하 직전의 꽃송이 부근은 광보상점 정도의 광량을 받을 수 있지만 신초가 생육하는 전 기간은 광보상점보다 현저히 낮은 광량을 받았

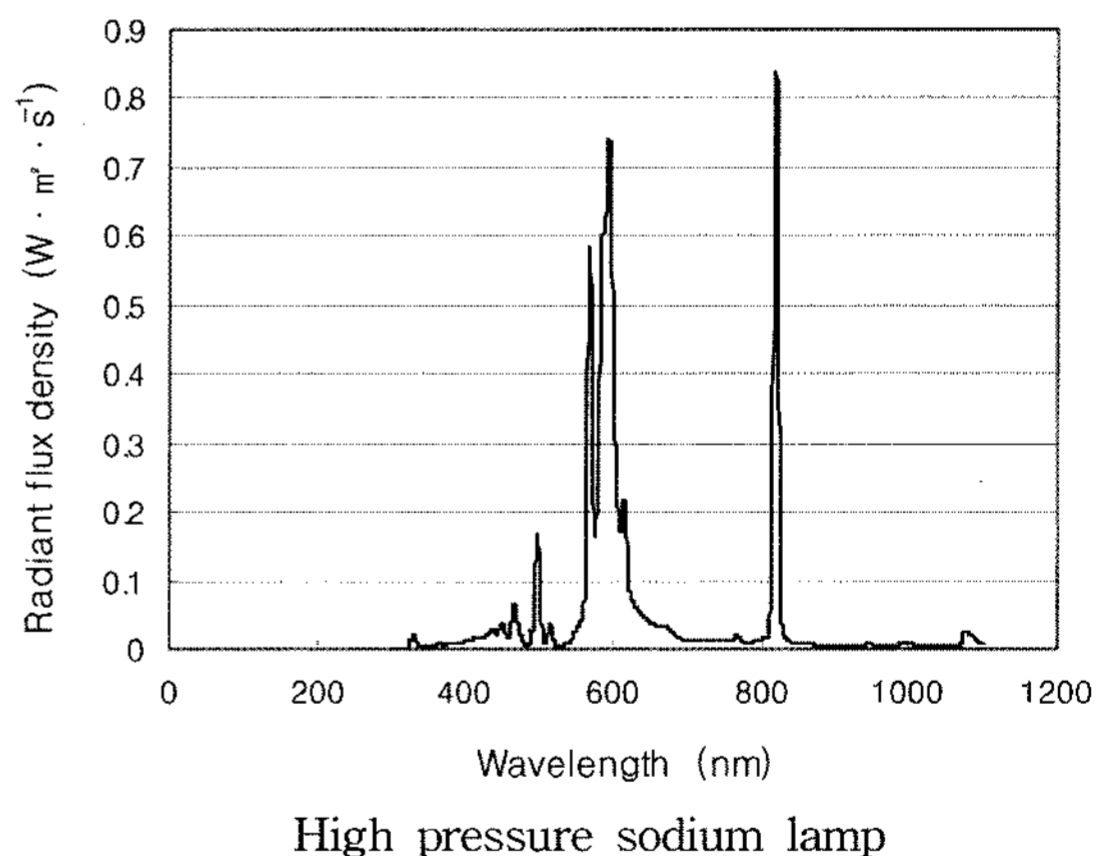
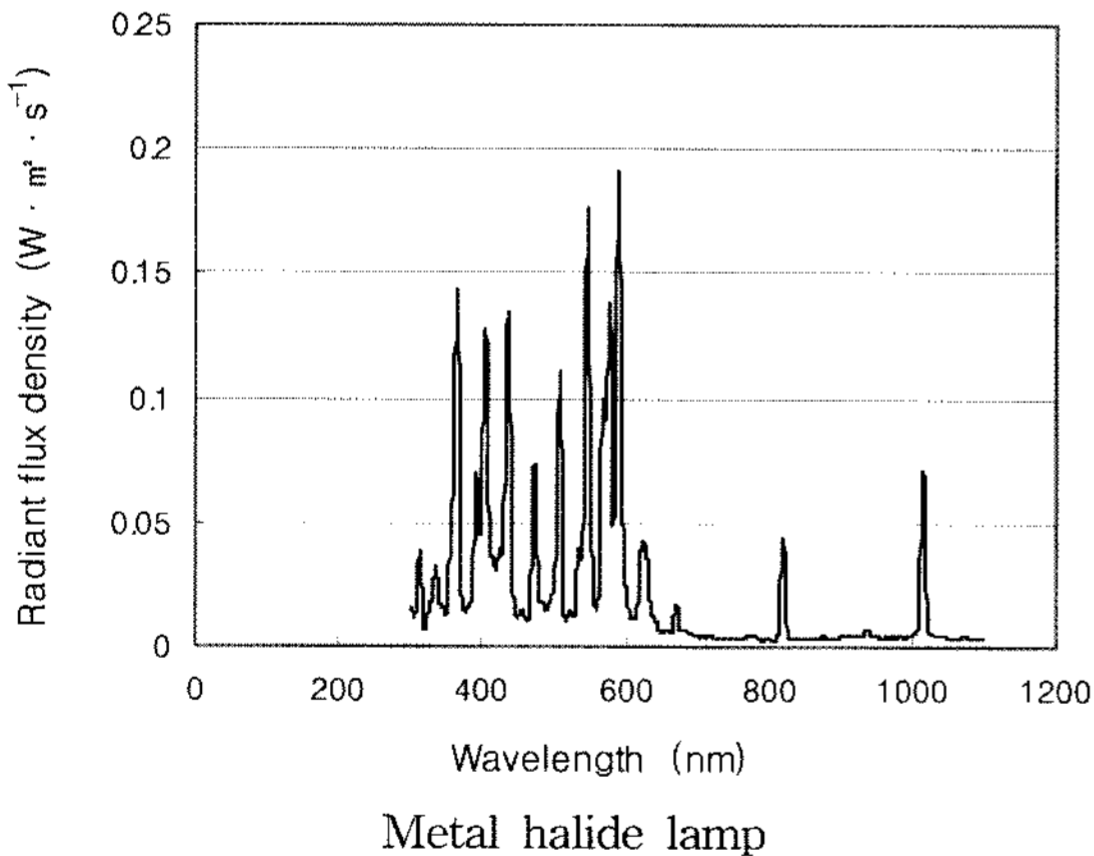


Fig. 2. Spectral distribution of supplemental lighting sources.

Table 1. Light intensity according to the distance from different supplemental lighting sources.

Light source	Photon flux density ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)			
	30cm point from illuminant	70cm point from illuminant	100cm point from illuminant	250cm point from illuminant
MH+HPS ²	51	33	20	12
MH	50	32	20	12
HPS	52	34	22	12

²MH, metal halide lamp; HPS, high pressure sodium lamp.

Table 2. Days to harvest of rose 'Vital' as affected by supplemental lighting source.

Harvest time	MH+HPS ²	MH	HPS	Control
1st	61.2	61.9	64.8	69.7
2nd	49.8	51.4	52.1	54.9
Total	111.0 a ³	113.3 a	116.9 a	125.6 b

²MH, metal halide lamp; HPS, high pressure sodium lamp.

³Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

을 것으로 생각된다.

보광이 개화에 미치는 연구결과로, Carpenter 등 (1972)은 30cm²당 31.1W의 밝기로 조사한 결과 개화 일수가 4일정도 단축되었다고 하였고, Chung 등 (2003)은 3,500lux의 보광으로 개화소요일수가 6일정도 단축되었다고 하였다. Hayashi(1991)도 보광에 의한 개화일수의 단축을 증수요인으로 들었다. 본 시험에서는 2번화까지의 처리별 개화 소요일수는 혼합등이 가장 짧았고, 메탈할라이드, 고압나트륨구 순이었으나 유의한 차이는 없었다. 무처리구는 보광 처리구에 비해 1번화는 5~8일, 2번화는 3~5일, 전체적으로는 8~13일 정도 길었다. 즉, 광보상점보다 낮은 광도의 보광도 광보상점 이상의 보광에 못지않게 개화일수 단축에 효과적인 것으로 나타났다. 그리고 2번화의 개화소요일수가 1번화보다 짧아진 것은 기상환경이 좋아지면서 보광효과가 상대적으로 감소된 때문인 것으로 생각된다.

이같이 광보상점보다 낮은 광도의 광조사가 개화소요일수를 단축할 수 있었던 생리적 기초는 주로 광합성량의 증가일 것이다. 즉 보광을 한 장미는 보광을 하지 않은 장미보다 매일 더 많은 광합성을 하고 그만큼 더 많은 탄수화물을 얻는 것이다. 이 탄수화물이 전류되어 생육을 촉진시키고, C/N율이나 호르몬 등에 작용하여 결과적으로 개화기간을 단축시켰을 것이다. Kim(2001)도 30~40μmol·m⁻²·s⁻¹ 정도의 광보상점보다 낮은 광도의 보광도 장미생육에 효과적이었다고 하였으며 같은 이유로 설명하고 있다.

Fig. 3은 2번화까지의 수확시기별 절화수를 나타낸 것이다. 보광처리구 간에는 수확기와 절화수 차이가 거의 없었다. 무처리구는 보광처리구에 비해 개화소요일수가 길어 수확기가 몇일 늦어졌고 절화수도 다소 적었는데, 절화수 감소는 Table 3에서 보는 것처럼 블라인드 발생율이 많았기 때문이다. 그리고 재배기간이 길어지면 수확기도 비례하여 지연되므로 결국 수확횟수가 적어져서 절화수도 적어질 것이다. 따라서 수확기의

조만, 즉 개화소요일수의 장단은 블라인드 발생율과 함께 절화수를 결정하는 주요한 요인이 될 수 있다.

Menard와 Dansereau(1992)는 50~100μmol·m⁻²·s⁻¹ 보광으로 생육이 촉진되어 상품화 비율이 현저히 증가되었다고 하였고, Carpenter와 Anderson(1972)은 개화일수가 단축되고 절화수가 증가되었지만 분지수가 많아져서 경장이 짧아지고 생체중이 감소되는 부작용도 있었다고 하였다. 그러나 보광으로 생육이 촉진되었다는 보고가 대부분이고 본 시험결과(Tables 3과 4)도 보광처리구가 무처리구에 비해 절화장, 마디수, 경경, 꽃 크기, 생체중, 건물중 등 전체적인 생육이 다소 좋았고, 보광처리구 간에는 혼합등이 좋은 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었다.

블라인드 발생율도 보광처리구가 무처리구에 비해 5~7%정도 감소되었고, 보광처리구 간에는 블라인드 발생율 차이가 없었다. 보광처리구의 블라인드 감소율이 다른 연구결과에 비해 비교적 낮은 이유는 품종차이도 있겠지만 근본적인 원인은 보광 광도가 낮았기 때문으로 생각된다. Zandstra 등(1995)도 150~300 μmol·m⁻²·s⁻¹ 보광으로 블라인드 발생율이 30% 이상 감소되었다고 하였고, Zieslin과 Tsujita(1990)는 119μmol·m⁻²·s⁻¹ 보광으로, 그리고 Bredmose(1993)는 0에서 174μmol·m⁻²·s⁻¹까지 PPFD를 증가시킴으로

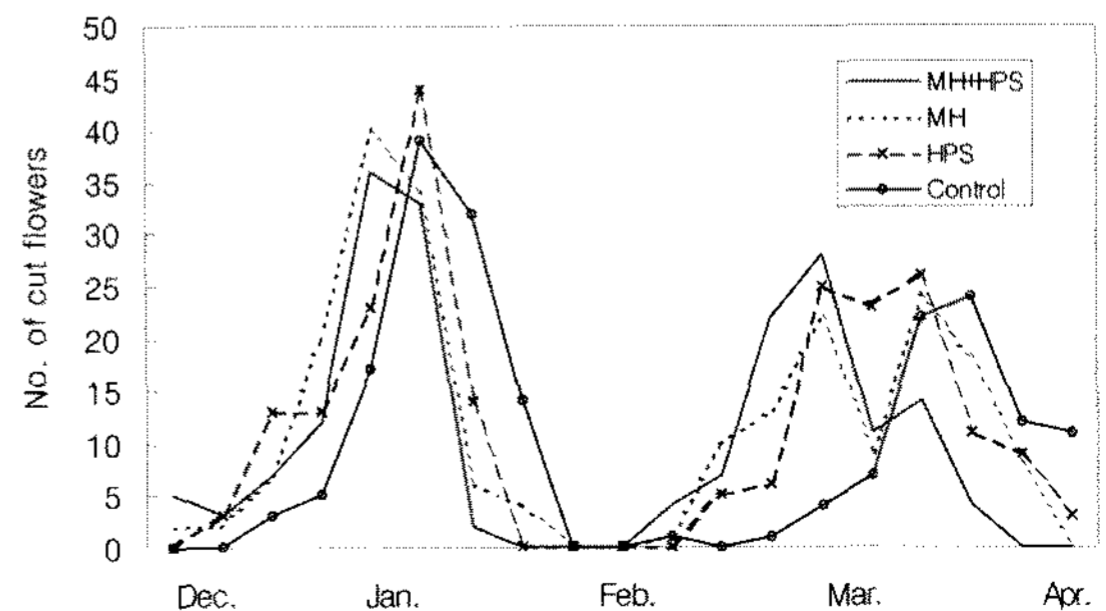


Fig. 3. Changes of number of cut flowers between supplemental lighting sources over the harvesting time from December 2006 to April 2007.

Table 3. Effect of supplemental lighting on growth of rose 'Vital'.

Light source	No. of cut flowers (per 50 plants)	Length of cut flowers (cm)	No. of node per stem	Stem diameter (mm)	Flower diameter (cm)	Blind shoot (%)
MH+HPS ²	229 a ³	82.6	16.0	6.37	7.5	22.5 a
MH	226 a	81.6	15.3	6.24	7.2	24.0 a
HPS	224 a	80.4	14.7	6.22	7.4	23.5 a
Control	208 b	78.9	14.6	6.02	6.9	29.5 b

²MH, metal halide lamp; HPS, high pressure sodium lamp.

³Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 4. Effect of supplemental lighting on fresh and dry weight of rose 'Vital'.

Light source	Fresh weight (g)				Dry weight (g)			
	Leaf	Stem	Flower	Total	Leaf	Stem	Flower	Total
MH+HPS ²	14.4	16.1	10.9	41.4 a ³	3.4	4.1	1.7	9.1 a
MH	13.5	15.8	10.6	39.9 a	3.3	4.0	1.7	9.0 a
HPS	13.1	14.2	10.7	38.0 a	3.2	3.9	1.7	8.8 a
Control	13.0	14.1	10.5	37.6 a	3.2	3.8	1.7	8.7 a

²MH, metal halide lamp; HPS, high pressure sodium lamp.

³Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

써 50% 이상의 블라인드 감소와 함께 생체중, 경장, 경경 등이 증가되었다고 하였다. 이와같은 연구결과들로 보아 블라인드 발생율은 품종은 물론 보광 광도의 영향을 많이 받는 것을 알 수 있다.

적 요

동계 절화장미 'Vital'재배시 보광이 장미의 생육과 절화수량에 미치는 영향을 구명코자 하였다. 보광 광원은 250W의 메탈할라이드등, 고압나트륨등 및 혼합(메탈할라이드등+고압나트륨등)등을 베드 위 120cm 높이에 310cm×450cm로 설치하였다. 보광등에서 1m 떨어진 지점의 광도는 32~34 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 였다. 보광구는 무처리구에 비해 개화소요일수가 1번화는 5~8일, 2번화는 3~5일 단축되었다. 보광구 간에는 혼합등이 개화소요일수가 가장 짧았고, 고압나트륨등, 메탈할라이드등 순이었으나 차이가 크지 않았다. 생육도 보광구가 무처리구에 비해 좋았다. 특히 블라인드 발생이 5~7% 감소되어 절화수량 증가의 주 요인이었다. 보광구간에는 혼합등이 가장 좋았고, 메탈할라이드등, 고압나트륨등 순이었으나 큰 차이는 없었다. 결론적으로, 보상점보다 낮은 광도의 보광도 개화소요일수 단축 및 블라인드 발생억제에 효과적이었다.

주제어 : 보광, 블라인드 발생율, 수확소요일수, 장미

인 용 문 헌

1. Bredmose, N. 1993. Effects of year-round supplementary lighting on shoot development, flowering and quality of two glasshouse rose cultivars. *Sci. Hort.* 54:69-85.
2. Bredmose, N. 1994. Biological efficiency of supplementary lighting on cut roses the year round. *Sci. Hort.* 59:75-82.
3. Carpenter, W.J. and G.A. Anderson. 1972. High intensity supplementary lighting increase yields of greenhouse rose. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97:135-138.
4. Carpenter, W.J., R.C. Rodriguez, and W.H. Carlson. 1972. Effect of daylength on the growth and flowering of roses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97:135-138.
5. Chung, J.W., Y.S. Lee, K.B. An, G.Y. Lee, and J.W. Lim. 2003. Effects of supplementary light and nutrient concentration on growth and flowering of potted rose. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21(suppl.):94.
6. Hayashi, I. 1991. *New technique for rose cultivation.* 2th ed. Seibundoshinkosha, Chiyoda-Ku, Tokyo 1-5-5, Japan. p. 94-97.
7. (Japan Greenhouse Horticulture Association) JGHA. 2006a. *Handbook of protected horticulture.* 5th ed. Horticulture Information Center, Tokyo 2-21, Japan. p. 110.
8. (Japan Greenhouse Horticulture Association) JGHA. 2006b. *Handbook of protected horticulture.* 5th ed. Horticulture Information Center, Tokyo 2-21, Japan. p.

- 111-115.
9. Kang, Y.G., D.K. Park, and Y.A. Shin. 2004. Promote seedling quality of fruit vegetables with supplemental lighting. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22(suppl.):45.
 10. Khui, M.K. and R.A.T. George. 1997. Responses of glasshouse roses to light conditions. *Sci. Hort.* 6:223-235.
 11. Kim, J.K., Y.H. Kim, M.G. Lee, and Y.H. Choi. 2003. Analysis of energy consumption by photoperiod in closed transplants production system. *Proc. of the Kor. Soc. for Bio-Environ. Control Conf.* spring. p. 52-57.
 12. Kim, W.H. 2001. Cultural environment for Rose. p. 100. In: Kim, J.Y. and W.H. Kim(eds.). *Rose culture(Standard textbook for farming-120)*. RDA, Suwon.
 13. Kim, Y.H. 1998. Growth of plug seedlings raised under fluorescent lamps as artificial light source for close illumination. *Proc. of the Kor. Soc. for Bio-Environ. Control Conf.* spring. p. 47-54.
 14. Kim, Y.H. and H.S. Park. 2002. Growth of cucumber plug seedlings as affected by photoperiod and photosynthetic photon flux. *J. Bio-Environ. Control* 11:40-44.
 15. Lee, H.J., J.S. Oh, and Y.B. Lee. 2003. Effects of artificial light source and light intensity on the growth and quality of single-stemmed rose in winter. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21(suppl.): 89.
 16. Lee, K.S., W.H. Kim, B.S. Yoo, E.K. Lee, Y.N. Oh, J.Y. Kim, and B.H. Kim. 2001. Effect of supplementary light on quality and yield of cut rose in winter. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 19(suppl.):104.
 17. Mastalerz, J.W. and R.W. Langhans. 1969. *Roses*. Pennsylvania Flower Growers Association Inc., New York, USA. p. 87.
 18. Menard, C. and B. Dansereau. 1992. Influence of photosynthetic photon flux density and planting scheme on growth and development of cultivar Royalty roses. *Sci. Hort.* 50:197-207.
 19. Menard, C. and B. Dansereau. 1995. Differential response of rose cultivars to light source and nitrogen fertilization. *Sci. Hort.* 64:117-132.
 20. Mortensen, L.M. and T. Fjeld. 1998. Effects of air humidity, lighting period and lamp type on growth and vase life of roses. *Sci. Hort.* 73:229-237.
 21. Na, T.S., J.G. Kim, K.J. Choi, G.Y. Gi, and Y.K. Yoo. 2007. Effect of supplemental lighting on the growth and flowering of *Rosa hybrida* 'Nobles' in winter. *J. Bio-Environ. Control* 16:130-134.
 22. Nelson, P.V. 1991. *Greenhouse operation and management*. 4th ed. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
 23. RDA. 2001. *Rose culture(Standard textbook for farming-120)*. RDA Press, Suwon.
 24. Sarkka, L.E. and E. Christian. 2003. Effects of bending and harvesting height combinations on cut rose yield in a dense plantation with high intensity lighting. *Sci. Hort.* 98:433-447.
 25. Zandstra, M.B., M.M. Frank, and H.C.M. Schapendonk. 1995. Effects of different light treatments on the nocturnal transpiration and dynamics of stomatal closure of two rose cultivars. *Sci. Hort.* 61:251-262.
 26. Zieslin, N. and M.J. Tsujita. 1990. Response of miniature roses to supplementary illumination. 1. Light intensity. *Sci. Hort.* 42:113-121.