

Research Article

Open Access

적색과 초적색 LEDs 보광이 ‘홍로’/M.26 사과와 과실품질에 미치는 영향

강석범,^{1*} 송양익,² 박무용,² 권현중²

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 감귤시험장, ²농촌진흥청 국립원예특작과학원 사과시험장

Effect of RED and FAR-RED LEDs on the Fruit Quality of ‘Hongro’/M.26 Apple

Seok-Beom Kang,^{1*} Yang-Yik Song,² Moo-Yong Park² and Hun-Joong Kweon² (¹Citrus Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Seogwipo 699-946, Korea, ²Apple Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Gunwi 716-812, Korea)

Received: 15 October 2012 / Revised: 1 November 2012 / Accepted: 15 November 2012

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: As improved LEDs (Light Emitting Diode) industry and decreased the price of LEDs in Korea, some farmers try to using the RED LEDs in green house and open field to increase the production of crop under bad weather condition. The aim of this study is to find out the effect of RED and FAR-RED LEDs lighting on the fruit quality of twelve-year old ‘Hongro’/M.26 apple during night after sunset.

METHODS AND RESULTS: FAR-RED (730nm, 2 and 4 hour) and RED (620nm, 2 and 4 hour) with 20 LED/PCB were treated in orchard for 16 weeks from June 10 to October 10 in 2009 and 2010 with control as a comparison. In our experiments, leaf weight was significantly higher in RED LEDs than control, tended to be decreased as times of FAR-RED lighting increased. Fruit weight was increased more in RED LEDs than control in 2009 and 2010, but decreased in FAR-RED lighting compared to control in 2010. Firmness and Hunter’s a value of fruit were increased in FAR-RED lighting with 2 and 4 h than control. Soluble solid contents were higher in 2 h RED and 2, 4 h FAR-RED

LEDs compared to control in 2009, there was no significant difference in 2010. Acid contents were no difference among the treatments.

CONCLUSION(S): In our results, we found that RED LEDs was more helpful to increase the fruit weight and FAR-RED LEDs promote to be higher Hunter a value of fruit skin. So, we thought that it is necessary to more study if mixed of RED and FAR-RED lighting is more helpful to promote fruit quality of ‘Hongro’ apple than single lighting of RED or FAR-RED LEDs respectively.

Key Words: Fruit quality, Hongro, LEDs

서론

갈륨비소와 같은 화합물에 전류를 흘려 빛을 발산하는 LEDs (Light Emitting Diodes)는 미국에서 적색 LEDs가 처음 개발된 이후 다양한 색상과 파장의 LEDs가 개발되어 여러 분야에서 이용되고 있다. 과거에는 LEDs를 개발하였어도 너무 고가여서 농업에서의 이용연구는 정체되어 있었다. 그러나 최근 들어 LEDs 기술의 발달로 생산비용이 낮아지고 휘도가 높아짐에 따라 저렴한 가격의 LEDs를 농업에 이용하려는 연구가 대학과 연구소를 중심으로 추진되어 오고 있다. 농업에서 LEDs 이용이 관심을 끄는 이유는 식물에 유용한 특정한 파장을 이용할 수 있고 부피가 적으며 수명이 길고 열

*교신저자(Corresponding author),
Phone: +82-64-730-4173, Fax: +82-64-730-4111;
E-mail: hortkang@korea.kr

방출이 적다는데 있다(Brown *et al.*, 1995).

현재 국내에서는 들깨잎, 국화, 거베라 및 무화가 재배에서 LEDs를 활용한 개화지연 및 보광을 통한 생산성 향상을 위해 농가 현장에서 실험적으로 이용되고 있다(Jo *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2012; Go *et al.*, 2012). 그 외 상추(Bula *et al.*, 1991; Hoenecke *et al.*, 1992), 고추와 오이(Schuerger and Brown, 1994)와 같은 몇몇 작물들도 LEDs 보광을 활용하여 재배에 성공하였다.

LEDs 광원이 식물에 대한 영향 연구는 다양하게 이뤄지고 있는데 주로 이용되는 광원은 광합성에 효율적인 660nm 적색광이 많다. 생리적인 측면에서 적색광은 신초와 줄기의 신장, 식물의 구조에 있어서 피토크롬의 반응과 변화에 중요한 역할을 한다고 보고되고 있다(Schuerger *et al.*, 1997). 포도나무들은 적색광 LEDs 보광에서 절간과 신초가 길게 자라는 등 영양생장이 촉진됐으며, 청색광 LEDs에서는 엽내 SPAD 지수가 높아졌다(Poudel *et al.*, 2008). 크렌베리 작물에서는 적색광이 식물체의 화이형성과 안토시아닌 생합성을 촉진하였으며, 초적색광과 빛이 없는 환경은 줄기의 신장과 잎의 황화현상을 유발하였다(Zhou and Singh, 2002). 그러나 초적색광인 730nm는 광합성의 효율을 증진시키는 역할보다는 측아의 발생을 억제하는 생리작용 효과가 있다고 보고되고 있다(Tucker, 1975).

LEDs는 단색광에서도 효과가 있지만 부족한 광질에 대해서는 서로 다른 광원을 혼합해서 효과를 얻는 연구도 이뤄지고 있다. 기내 배양되는 호접란에 적색광과 청색광을 혼합보광했을 때 잎과 뿌리의 생체량과 엽면적, 탄수화물과 엽내 엽록소와 카로티노이드 색소가 단일 적색광, 청색광 및 형광등 처리구에 비해 좋은 결과를 나타냈다(Shin *et al.*, 2008). 기내 딸기 식물체는 적색 70%와 청색30%를 혼합한 LEDs 보광에서 생육이 가장 좋았으며 광량은 $60\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이 가장 좋았다는 보고도 있다(Nhut *et al.*, 2003). 그러나 청색광은 식물체의 엽록소 생합성, 기공개폐, 효소 합성, 엽록체와 광합성 작용에서 중요한 역할을 한다고 보고되고 있다(Tibbitts *et al.*, 1983). 반면 기내에서 고추종자를 받아서 LED를 보광 하였을 때 적색광 단독보광에서는 생육량이 감소하였으나 적색광에 청색 또는 메탈할라이드램프를 혼합했을 때 생육량이 증가하였으며 엽수는 적색광 단독 또는 적색과 초적색을 혼합한 LEDs 광원처리에서 청색광에 비해 더욱 감소하였다는 보고도 있다(Brown *et al.*, 1995).

이에 본 연구는 사과와 수확기에 기상이 불순하여 과실의 비대 및 착색이 불량한 일들이 잦아지고, 다양한 원예작물에서 LEDs를 이용한 연구가 이뤄지고 있는 시점에 적색과 초적색 LEDs 보광이 홍로 사과의 과실품질에 미치는 영향을 구명하고 이용가능성을 평가하기 위하여 수행하였으며 노지에서 시험되는 만큼 결과에 대한 신뢰를 높이기 위해 2009년과 2010년의 2년에 걸쳐 시험하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험재료는 경북 군위군 소보면 소재 사과시험장 실험포장에 $4.0 \times 1.5\text{m}$ (167주/10a)로 재식되어 있는 수고 3m인 12년생 세장방추형 '홍로'/M.26 사과나무를 실험에 이용하였다. 본 실험포장은 사과시험장 표준관리 기준에 준하여 관리되고 있는 포장으로 농촌진흥청 농작물 병해충 예찰요강에 따라 병해충예찰시스템 방제법에 의해 10회 방제로 약제를 살포하며 실험포장을 관리하였다(RDA, 2008).

LEDs 보광

사과원 실험포장내 LEDs를 설치하기 위해 4m 길이의 개별지주 상단부위에 적색(660nm)과 초적색(730nm) LEDs 광원(비엘텍, 20LED/PCB) 1개를 설치하며 지주에 설치된 광원이 사과나무의 선단에서 1m 이내에 있도록 조절하였다. 설치된 LEDs 광원은 타이머를 이용하여 점등과 소등을 조절하도록 전원차단기를 설치하였다. LEDs 보광시점은 사과 꽃눈 분화기(6월 25일)와 착색기(8월 26일)에 일몰 후 2시간과 4시간씩 1개월간 보광처리 하였으며 보광시 광량은 LEDs 광원에서 1m 거리에서 $5\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 였다. 실험은 대조구(보광을 하지 않은 무처리구), 적색광 LEDs 2시간과 4시간, 초적색광 LEDs 2시간과 4시간의 5처리 3반복의 난괴법으로 실험을 설계하였으며 각 반복별 3주를 두어 실험을 수행하였다.

광과장 및 광량 측정

실험에 이용되는 LEDs 광원이 정확한 과장을 나타내는지 확인하기 위하여 광과장 측정기(LI-1800, LICOR, USA)를 이용하여 광과장과 광량을 측정하였다. 측정을 위해 2010년 9월 14일 일몰후 1시간 후에 광원에서 2.5m 떨어진 수관에서 광과장을 측정하였다. 광량 측정을 위해서는 광원에서 1m 떨어진 지점에서 광과장 측정기를 이용하여 광량자량($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)을 측정하였다. 이는 실험에 이용된 광원이 실제 사과잎에 닿는 높이가 1m 이내에 있도록 조절하였기에 이 높이에서 광량자량을 측정하였다.

생육 및 과실품질 조사

사과 홍로 품종의 엽중과 엽내 SPAD지수 조사를 위해 2010년 9월 13일 LEDs 처리구별로 엽을 채취하였다. 엽중은 수관의 중간부위에서 과실이 착과되지 않은 가지의 중간부위에서 처리별로 50엽을 채취하여 무게를 조사하였다. 과실은 수확시에 각 처리별로 착과된 과실을 전량 수확하여 과중분포를 조사하기 위해 과실 개별의 무게를 측정하였다. 수확시의 과실품질은 주당 5과씩 선별하여 경도, 가용성 고형물 및 산 함량을 조사하였다. 경도는 직경 8mm 헤드를 가진 경도계(FT-327, Wagner, USA)로 측정하였으며, 가용성고형물 함량은 과실을 분쇄하여 착즙한 후 No. 2 여과지로 걸러낸 과즙을 디지털당도계(PR-100, Atago Co., Japan)로 측정하여 Brix로 표시하였다. 산 함량은 착즙한 과즙 5ml를 증류수

20mL로 희석한 후 0.1N NaOH로 pH 8.1이 되는 시점을 중화점으로 한 적정치를 사과산으로 환산하였다(Kang *et al.*, 1995; Yu *et al.*, 1994).

산함량 계산식: (NaOH 적정량(mL)×NaOH 노르말농도(0.1N) × acid meq. factor (사과산 0.067) × 100 × 희석배수) / 적정에 이용된 과즙량(mL)

과실의 착색도 측정을 위해 색차계(CM-2002, Minolta, Japan)를 이용하여 반복별로 10개의 과실에 대해 Hunter L, a, b 값을 측정하였다. 과실의 L/D율을 조사하기 위해 반복별로 5개의 과실의 횡경과 종경을 조사하였다. 과중분포 조사를 위해 시험에 이용된 시험수의 과실을 수확종료일에 전량 수확하여 전체 과실의 무게를 조사하였다. 조사에는 최저 188g 이하부터 최고 375g 이상까지 7등급으로 나뉜 과중 분포를 %로 조사하였으며 300g 이상 과중이 전체과중의 몇 %를 차지하는지도 함께 조사하였다.

통계처리

통계 분석은 SAS Enterprise Guide 3.0 통계 프로그램을 이용하여 던컨다중검정(P=0.05)으로 처리간의 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

일몰 후 야간에 LEDs 보광을 한 결과 적색에 비해 초적색 LEDs 보광 처리구가 같은 양의 LEDs를 설치하였어도 눈으로 보기에는 어두워 보였다(Fig.1.). 실험에 이용된 적색과 초적색 LEDs가 정확한 파장을 나타내는지를 확인하기 위해 일몰 후 LEDs 조사 중에 광파장을 측정하였다(Fig.2.). 실험에 이용된 두개의 광원은 각각의 파장을 적색(660nm)과 초적색(730nm)에 근접한 653nm 와 727nm를 나타내어 실험에 이용되는 파장을 잘 조사해 주고 있음을 알 수 있었다.

사과나무의 생육기 중 각 LEDs 처리간의 광합성량 조사에서는 처리간에 차이가 없었다(자료 생략). 그러나 야간에 조사되는 LEDs 광량은 광합성에 바로 이용하기에는 낮은 10 μmol/m²/s 이하의 광량이었지만 적은 광량을 오랜 시간 조사받은 결과 홍로 사과 엽중에 있어서는 대조구(1.02g)에 비해 적색광 2시간(1.23g)과 4시간(1.21g) 조사구에서 엽중이



Fig. 1. Photo of RED and FAR-RED LEDs lighting after sunset in apple orchard.

증가하였다. 그러나 초적색광 처리구에서는 대조구에 비해 엽중이 감소하였으며 보광 시간이 길어질수록 더욱 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3). 이는 광합성에 유효한 660nm의 적색광이 광합성 반응을 자극하여 엽의 생육을 증진시켰기 때문에 대조구에 비해 엽중이 증가하였다고 판단되며 2시간의 보광으로도 4시간과 동일한 효과를 나타냈다(Poudel *et al.*, 2008). 이러한 결과는 Poudel (2008)의 포도나무에 적색 LEDs 보광에 의해 수체내 절간과 신초생장이 길게 자랐다는 보고처럼 낮은 광량의 적색광이라도 장기간의 LEDs 보광에서는 영양생장을 촉진시키고 있음을 알 수 있었다. 반면 730nm의 초적색광에서는 대조구에 비해 오히려 엽의 생육을 억제시키고 있었는데 이는 토마토 재배에서 16시간의 일장에서 5분간의 짧은 초적색광 보광만으로도 측아의 생장을 억제시키는 효과가 있었다는 보고(Tucker, 1975)와 유사한 결과로서 2시간보다 4시간 보광에서 엽중이 더욱 감소하였다.

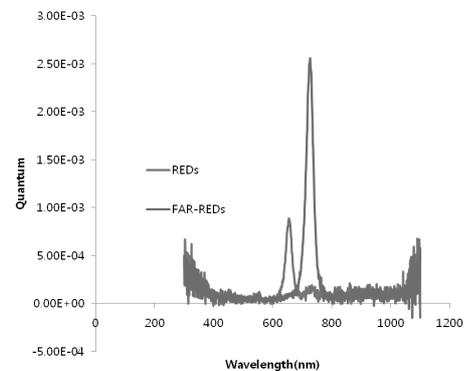


Fig. 2. Analysis of light wavelength of RED and FAR-RED LEDs lighting by spectroradiometer after sunset (Light wavelength data was inspected at spots 2.5m depart from light source).

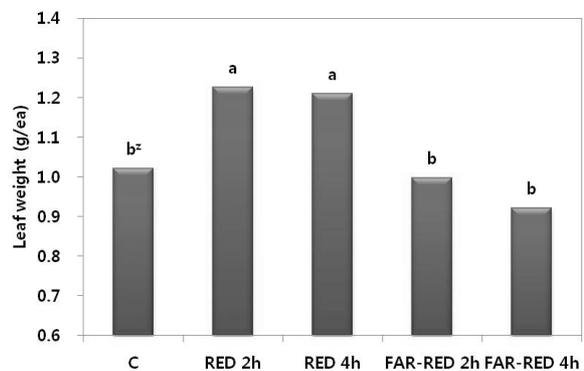


Fig. 3. Leaf weight of ‘Hongro’ apple cultivar affected by LEDs lighting after sunset (Sep. 13, 2010). *DMRT at p = 0.05

LEDs 보광이 홍로 사과의 과중분포에 미치는 영향을 조사한 결과, 2009년에는 정상적인 기상환경에서 재배되어 과실은 모든 처리구에서 잘 비대하였다(Table 1). 188g 이하의 소과중은 무처리구인 대조구는 0.8%였으나 적색광 2시간과

4시간에서는 0%로 작은 과실이 없었으며, 초적색광 2시간 처리구에서 1%, 4시간 처리구에서 1.2%로 소량 발생되었다. 반면 300g 이상의 과실에 있어서는 대조구에서 52.6%를 나타냈으나 적색 2시간과 4시간 처리구에서는 각각 64.9, 76.0%를 나타냈으며 초적색 2시간과 4시간 보광 처리구에서는 58.1, 65.8%를 나타내었다. 홍로 사과는 9월 하순에 출하되는 추석용 사과로 과실 크기가 클수록 과실 가격이 높게 형성되는데 2009년의 실험에서는 무처리구인 대조구에 비해 LEDs 보광 처리구에서 300g 이상 과실이 증가하였다. 특히 적색광에서는 188g 이하의 소과 발생도 없었고 300g 이상의 대과중도 다른 처리구에 비해 높게 나타났다.

2010년에는 봄철 저온에 의해 실험 포장의 개화기가 1주일 이상 지연되었고 생육기간 동안 불량한 기상환경에 의한 일조 부족 및 갈반병에 의한 조기낙엽 등으로 과실비대가 좋지 않아 전체적인 과실크기가 전년에 비해 감소하였다. 그로 인해 2010년 실험에서는 무처리구인 대조구에 비해 적색광 LEDs를 2시간과 4시간 보광한 처리구의 과중이 다소 커졌으며 초적색광을 조사한 처리구는 감소하는 경향을 나타냈다. 특히 188g 이하의 소과중 분포가 대조구가 54%를 나타냈으나 적색광 2시간 보광에서는 39%, 적색광 4시간 보광에서는 35%로 대조구에 비해 소과중 발생이 적었다. 반면 초적색광 2시간과 4시간 보광에서는 74%와 76%로 소과중 발생이 뚜렷하게 증가하여 초적색광 보광이 사과 홍로 품종의 과중을 감소시키는 결과를 나타냈으며 그 영향은 보광 시간이 길수록 커졌다(Table 1).

앞서 언급한 바와 같이 2010년 실험을 수행할 때 기상적인 요인으로 과실 비대가 불량하였으나 251~300g 이내의 과중 분포를 보면 대조구는 5.1%를 차지하였다. 반면, 적색 2시간과 4시간 처리구에서는 11.4와 11.8%를 나타냈으며 초적색광 2시간 처리구에서는 0%와 0.6%를 나타내어 2009과 2010년의 2년간의 실험결과를 통해 살펴보면 대조구에 비해

적색광 보광은 홍로 사과 과실의 과중을 증가시키고 있는 것을 볼 수 있어 홍로에서 적색광이 과실비대에 도움이 되는 것으로 나타났다. 이러한 결과에 대해 일몰 후 야간의 적색광 LEDs 보광은 광합성에 직접적인 효과를 나타낸다고 볼 수는 없지만 약한 광량이 오랫동안 조사되어 그 누적효과에 의해 엽중과 과중이 증가한 것으로 판단되었다.

수확일에 LEDs 보광에 따른 홍로 사과 품종의 과실특성을 조사한 결과 2009년에는 과중에 있어서는 처리간에 차이가 나타나지 않았으나 적색광 조사구가 대조구에 비해 무거운 경향을 나타냈으며 착색도에 있어서는 대조구에 비해 적색광에서 사과의 적색도를 나타내는 Hunter a 값이 다소 낮아지는 경향을 나타냈다. 반면 당도에 있어서는 초적색광 처리구가 대조구에 비해 당도가 높은 결과를 나타냈다. 2010년의 조사에서는 앞서 과중 분포에서 본 것과 같이 대조구에 비해 적색광 조사구에서 다소 과중이 무거운 경향을 나타냈으나 초적색광 조사구에서는 과중이 감소하였다. 착색도에 있어서는 2009년과 같은 경향으로 대조구에 비해 적색광 4시간 보광한 처리구에서 Hunter a 값이 낮아지는 경향을 나타냈으나 초적색광을 보광했을 때는 대조구에 비해 Hunter a 값이 높았으며 보광시간이 길어질수록 더 높아지는 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 '후지' 품종을 이용한 LEDs 보광실험에서도 동일한 결과(Kang *et al*, 2011)를 나타내었는데 이를 통해 착색향상에는 초적색광이 적색광보다 효과적임을 알 수 있었다(Table 2). 사과의 경도에 있어서는 2009년에는 뚜렷한 경향을 나타내지는 않았으나 2010년에는 다른 처리구에 비해 초적색광 처리구에서 경도가 유의하게 증가하였다. 반면, 크렌베리 작물에서 적색광 보광이 화아형성과 안토시아닌 생합성을 촉진시켰다고 하였는데(Zhou and Singh, 2002) 적색광 보광에 의한 사과에서의 안토시아닌 합성 및 발현 증진에 대해서는 좀 더 검토가 필요할 것으로 판단되었다.

Table 1. Distribution of fruit weight of 'Hongro' apple fruit affected by LEDs lighting after sunset

| Year | Treatment ^z | 188g | 189~ | 216~ | 251~ | 301~ | 341~ | 375g | 300g |
|------|------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | below | 215g | 250g | 300g | 340g | 375g | over | over |
| | | (%) | | | | | | | |
| 2009 | Control | 0.8 | 4.6 | 13.3 | 28.7 | 25.5 | 14.2 | 12.9 | 52.6 |
| | RED 2h | 0.0 | 0.3 | 7.5 | 27.3 | 22.0 | 22.2 | 20.8 | 64.9 |
| | RED 4h | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 18.7 | 26.5 | 17.9 | 31.5 | 76.0 |
| | FAR-RED 2h | 1.0 | 3.2 | 8.9 | 28.8 | 25.1 | 13.0 | 2.0 | 58.1 |
| | FAR-RED 4h | 1.2 | 0.6 | 8.2 | 24.2 | 21.8 | 22.2 | 21.8 | 65.8 |
| 2010 | Control | 53.7 | 25.2 | 15.0 | 5.1 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.9 |
| | RED 2h | 39.4 | 27.5 | 21.2 | 11.4 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.4 |
| | RED 4h | 35.0 | 24.1 | 27.1 | 11.8 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 |
| | FAR-RED 2h | 74.2 | 22.6 | 3.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | FAR-RED 4h | 75.6 | 19.4 | 3.8 | 0.6 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.6 |

^zControl: No lighting, RED : 660nm LEDs lighting of 2h and 4h after sunset, FAR-RED: 730nm LEDs lighting of 2h and 4h after sunset.

*Survey time: Sep. 9. 2009 and 2010

Table 2. Fruit quality of 'Hongro' apple cultivar affected by LEDs lighting after sunset

| Year | Treatment ^z | F.W. (g) | L/D ratio | Hunter's value | | | Firmness (kg/8mm ^f) | Soluble solid contents(Brix) | Acid contents (%) |
|------|------------------------|-------------------|-----------|----------------|--------|--------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| | | | | L | a | b | | | |
| 2009 | Control | 287a ^y | 0.91a | 39.1a | 28.2a | 12.3b | 3.60b | 14.7b | 0.21a |
| | RED 2h | 302a | 0.92a | 41.3a | 25.6ab | 14.2a | 3.78a | 15.7a | 0.24a |
| | RED 4h | 302a | 0.93a | 42.3a | 25.7ab | 14.4a | 3.65b | 14.9ab | 0.24a |
| | FAR-RED 2h | 299a | 0.93a | 39.4a | 27.0ab | 13.0ab | 3.56b | 15.5ab | 0.22a |
| | FAR-RED 4h | 305a | 0.91a | 41.4a | 25.1b | 14.7a | 3.64b | 15.4ab | 0.23a |
| 2010 | Control | 202a | 0.86a | 55.8a | 11.4a | 21.0a | 3.7b | 13.1a | 0.21a |
| | RED 2h | 220a | 0.86a | 53.3a | 11.9a | 56.6a | 3.7b | 13.3a | 0.22a |
| | RED 4h | 211a | 0.85a | 56.7a | 9.3a | 21.3a | 3.7b | 13.4a | 0.22a |
| | FAR-RED 2h | 174b | 0.86a | 54.6a | 12.1a | 20.1a | 4.0a | 13.7a | 0.22a |
| | FAR-RED 4h | 176b | 0.84a | 53.7a | 14.1a | 19.8a | 3.9ab | 13.2a | 0.21a |

^zControl: No lighting, RED : 660nm LEDs lighting of 2h and 4h after sunset, FAR-RED: 730nm LEDs lighting 2h and 4h after sunset.

^yDMRT at P = 0.05%,

^{*}Survey time: Sep. 9. 2009 and 2010

이상의 결과를 살펴보았을 때 적색광 보광에서는 광합성에 유효한 660nm의 파장이 공급됨에 따라 사과 엽종의 증가와 더불어 과중도 증가하는 경향을 나타냈지만 초적색광 보광에서는 엽중도 감소하였고 그와 더불어 2010년에는 과중도 초적색광 보광에서 감소하는 경향을 나타내었다. 반면 착색에 있어서는 초적색광 처리구가 대조구나 적색광에 비해 높은 결과를 나타내어 사과원에서 보광용으로 LEDs를 이용하고 연구하게 된다면 RED 또는 FAR-RED LEDs 단독이용이 아니라 두 광원의 장점을 같이 이용할 수 있는 혼합 보광에 대한 연구가 추가적으로 수행되어야 할 것으로 판단되었다. 또한 현재의 LEDs 판매 가격은 농가에서 이용하기에는 비용 부담이 많기에 앞으로 가격이 더욱 낮아지고 휘도도 더 밝아져야 할 것으로 판단되며 노지에 설치되기 때문에 내구성에 있어서도 보완이 필요할 것으로 생각되었다.

요 약

국내 LEDs 산업의 발달함에 따라 LEDs 가격이 지속적으로 낮아지며 광량과 내구성이 좋은 LEDs가 개발되어 불량한 기후 조건에서 작물의 수량을 증진하기 위하여 시설재배 농가를 중심으로 원예작물에 LEDs 이용을 위한 시도가 이뤄지고 있다. 이에 본 실험은 적색과 초적색 LEDs 보광이 '홍로'/M.26 사과의 과중분포 및 과실품질에 미치는 영향을 구명하여 사과에서 LEDs 보광이 과실의 품질향상에 도움이 될 수 있는지를 구명하기 위하여 실험하였다. 실험 처리는 대조구인 무처리구, 적색광(660nm) 2, 4시간 조사구, 초적색광(730nm) 2, 4시간 조사구의 5처리를 난괴법 3반복으로 실험하였다. LEDs 보광은 일몰후 처리별로 조사하였으며 처리시기는 화이분화기와 착색기에 각각 1개월씩 보광하였다. 실험결과 적색광 LEDs 보광에 의해 대조구에 비해 적색 LED

처리구에서 엽중이 늘어났으나 초적색 LEDs 보광에서는 엽중이 감소하였으며 보광시간이 길어질수록 더욱 감소하였다. 2009년에는 무처리구인 대조구에 비해 LEDs 처리구에서 과중이 증가하였으며 특히 적색광 LEDs 처리구에서 188g 이하의 소과 발생도 없었고 300g 이상 과실도 많았다. 2010년에는 250g 이상 과실이 대조구에 비해 적색광 2, 4시간 보광에서 증가하였으나 초적색광 보광에서는 대조구에 비해 감소하였다. 과실의 경도는 대조구에 비해 초적색광 2, 4시간 보광에서 증가하였으며 당도에서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 착색도에 있어서는 적색 LEDs 처리구가 대조구에 비해 Hunter a 값이 낮아지는 경향을 나타냈으나 초적색광에서는 높아지는 경향을 나타냈다. 이상의 결과를 통해 살펴보면, 적색광은 홍로 사과의 과중을 증가시켰으나 초적색광은 Hunter a 값을 높이는 결과를 나타냈다. 이에 앞으로 사과원에서의 LEDs의 효과적인 이용을 위해 적색광과 초적색광 단용처리가 아닌 혼합처리를 하여 각각의 광원의 효과가 상승적으로 작용하는 지에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

참고문헌

- Brown, C.S., Schuerger, A.C., Sager, J.C., 1995. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 120, 808-813.
- Bula, R.J., Morrow, R.C., Tibbitts, T.W., Barta, D.J., Ignatius, R.W., Martin, T.S., 1991. Light emitting diodes as a radiation source for plants, *HortScience* 26, 203-205.
- Go K.N., Ha N.S., Hur Y., Shin S.B., An S.B., Do H.S. 2012. Development of the Technique for the Improved Production and Quality as Growth periods of Gebera

- used by LED lighting. *RDA*. 4-30
- Hoenecke, M.E., Bula, R.J., Tibbitts, T.W., 1992. Importance of "blue" photon levels for lettuce seedlings grown under red-light-emitting diodes, *HortScience* 27, 427-430.
- Jo G.C., Hwang I.T., Kim H.G., Gi K.Y., Youn B.G. 2009. Effect of white LED lighting on the flower quality of 'BackMa' and 'BackSun' Chrysanthemum. *RDA*. 1-4
- Kang D.S., et al. 1995. General chemistry. *Shinkwangmunhwasa*. 487-519
- Kang, S.B., Song, Y.Y., Park, M.Y., Nam, J.C., Kweon, H.J., Jeong, K.Y., 2011. Effects of RED and FAR-RED LED on the Growth and Fruit Quality of 'Fuji' Apple Cultivars in an Open Field, 2011 *ASHS Conference. Poster Session Abstracts*. 15
- Kim J.G., Yang D.S., Park B.J., Kang P.W. 2012. Annual Production of pig tree used by LED and Halogen lamp. *RDA*. 6-9
- Nhut, D.T., Takamura, T., Watanabe, H., Okamoto, K., Tanaka, M., 2003. Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs), *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 73, 43-52.
- Poudel, P.R., Kataok, I., Mochioka, R., 2008. Effect of red-and blue-light-emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes, *Plant Cell Tiss Organ Cult*. 92,147-153.
- RDA. 2008. Guess outline of disease and pest. *RDA*. 70-78.
- Schuerger, A.C., Brown, C.S., 1994. Spectral quality may be used to alter plant disease development in CELSS. *Adv. Space Res.* 14, 395-398.
- Schuerger, A.C., Brown, C.S., Stryjewski, E.C., 1997. Anatomical features of pepper plants (*Capsicum annum L.*) grown under red light emitting diodes supplemented with blue or far-red light, *Ann. Bot.* 79, 273-282.
- Shin, K.S., Murthy, H.N., Heo, J.W., Hahn, H.J., Paek, K.Y., 2008. The effect of light quality on the growth and development of in vitro cultured *Doritaenopsis* plant, *Acta Physiol Plant* 30, 339-343.
- Tibbitts T.W., Morgan, D.C., Warrington, J.J., 1983. Growth of lettuce, spinach, mustard and wheat plants under four combinations of high-pressure sodium, metal halide and tungsten halogen lamps at equal PPFD, *J. Am. Hortic. Sci.* 108, 622-630.
- Tucker D.J., 1975. FAR-RED light as a suppressor of side shoot growth in the tomato, *Plant Science Letters*. 5, 127-130.
- Yu J.H. 1994. Experiment note of Food engineering I, *Shimgudang*. 531-534
- Zhou, Y., Singh B.R., 2002. Red light stimulates flowering and anthocyanin biosynthesis in American cranberry, *Plant Growth Regulation* 38, 165-171.