

파장별 야간 조사에 따른 '거봉' 포도의 품질 및 생산량

김준혁¹ · 박요섭¹ · 권용희² · 정명희¹ · 박희승^{1*}

¹중앙대학교 식물시스템과학과, ²국립원예특작과학원 과수과

Characterization of the Effects of Different Wavelengths of Night-break Lighting on the Fruit Quality and Yield of 'Kyoho' Grapes

JunHyeok Kim¹, YoSup Park¹, YongHee Kwon², MyungHee Jung¹, and Hee-Seung Park^{1*}

¹Department of Integrative Plant Science, Chung-Ang University, Anseong 17546, Korea

²Fruit Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: koussa@cau.ac.kr

Abstract

This study was conducted to estimate the light pollution damage caused by night-break lighting in 'Kyoho' grapes. Night irradiation was performed every night for four hours (10 p.m. to 2 a.m.) from the full bloom to the harvest stage using red, blue, and white lamps as artificial light. Fruit yield, soluble solid content, anthocyanin content, and chlorophyll a content were affected by night irradiation. The soluble solid content of the control was 17.5 °Brix, approximately 1°Brix higher than the red (16.4°Brix), blue (16.2°Brix), and white light treated grapes (16.3°Brix). The anthocyanin content of the skin was also higher in the control at 4.08 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ compared to the red (3.14 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$), blue (2.47 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$), and white (2.82 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) light treated samples. On the other hand, the chlorophyll a content of the control was the lowest at 0.268 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ as compared with the red (0.339 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$), blue (0.345 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$), and white (0.372 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) light treated samples. Considering that higher soluble solid contents, higher accumulation of anthocyanin, and lower chlorophyll a contents are factors involved in fruit maturation, night irradiation may delay fruit maturation and red light treatment may result in decreased yield. Our results confirmed that night-break lighting regardless of the wavelength provoked light pollution in 'Kyoho' grapes. Therefore, fruit maturation may be poor in the presence of artificial light, including streetlamps, in neighboring vineyards.

Additional key words: acidity, anthocyanin, chlorophyll, coloration, soluble solid, *Vitis labruscana B*

서 언

과수의 생장과 발달에는 기후적인 요인과 토양적인 요인, 생물학적 요인 등 다양한 요인들이 복합적으로 관여하고 있다. 토양·생물학적인 요인은 재배 기술을 통해 상당 부분 인위적인 조절이 가능하나, 반면에 기후적인 요인들은 온·습도의 조절이 가능한 시설재배의 경우에도 일장과 같이 빛과 관련된 요인은 인

Received: August 9, 2016

Revised: September 30, 2016

Accepted: October 6, 2016

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY
35(2):170-177, 2017
URL: <http://www.kjhst.org>

pISSN : 1226-8763
eISSN : 2465-8588

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

Copyright©2017 Korean Society for Horticultural Science.

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ010907062017)의 지원에 의해 수행되었음.
이 논문은 2017년도 중앙대학교 연구장학기금 지원에 의한 것임.

위적인 조절이 거의 불가능하거나, 일부 가능하더라도 많은 경제적인 비용이 발생한다.

빛에 관한 연구들은 크게 빛의 세기와 길이의 두 가지 관점에서 수행되었다. 과수 재배의 경우, 투광량은 광합성 효율에 영향을 미쳐 사과와 과실 품질 뿐만 아니라 생산성에도 직접적인 영향을 미치는 것으로 보고되었으며(Barritt et al., 1991), 수관형성 및 수형 조절 등을 통하여 수관 내부의 투광량 및 조도를 높여주기 위한 연구들이 사과와 포도에서 수행되었다(Downey et al., 2005; Jung and Choi, 2010; Song et al., 2014). 빛의 길이와 관련된 연구들은 포도에서 명기와 암기의 비율 및 명기의 길이에 초점을 맞추어 수행되었다(Kondo et al., 2014).

채소에서는 일장 변화에 따른 과실 품질 및 생산성에 관한 연구들이 브로콜리와 상추 등에서 보고되었다(Park et al., 2012; Molmann et al., 2015). 한편, 암기와 관련하여 Trouwborst et al. (2010)은 오이에서 암기 중의 빛이 광합성을 증가시켜 과실 품질이 향상된다고 하였으나, Lienten (1997)은 딸기에서 암기 중의 빛이 광주기를 교란하여 생산성이 감소한다고 하였다. 딸기에서는 추광의 부정적인 결과들이 보고되었으며 연구들은 추광 시점이 암기의 중반으로 단순한 암기의 단축이 아닌 암기의 중단 즉, 'night-break lighting' 조건에서 수행되었다(Lienten, 1997). 화훼류에서는, Higuchi et al. (2012)과 Kwon et al. (2013) 등이 'night-break lighting'이 국화의 개화와 생장 등에 미치는 영향을 보고하였으며, Kim et al. (2015)과 Park et al. (2013) 등은 Cymbidium, 백일홍, Geranium 등에서 이러한 'night-break lighting' 처리에 의한 화아분화 및 생육특성에 관한 연구 결과를 보고하였다.

이러한 암기의 교란을 야기하는 빛의 부정적인 영향은 '빛공해'라는 개념으로 정의되었으며(Kim, 2004), 국내에서도 화훼류의 개화생리뿐만 아니라 벼, 콩과 같은 작물을 대상으로 한 연구들이 일부 진행되었으나(Kim et al., 2001; Kim et al., 2002a; Kim et al., 2002b; Kim et al., 2002c), 과수를 대상으로 '빛공해'의 개념이 적용된 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 야간 조사가 국내 주요 재배 품종인 '거봉' 포도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 야간 조사 유무 및 조사된 광질에 따른 생장량 및 과실 품질의 차이를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

시험 재료 및 처리

본 연구는 2014년에 경기도 안성 소재 개인농가에서 4.0m x 1.5m로 재식된 4년생 '거봉' 포도 12주를 이용하여 수행하였다. 야간 조사 유무 및 광질에 따른 과실 품질을 조사하기 위해 처리구를 적색광, 청색광, 3파장 백색광 처리구 및 무처리구로 나누고 각 처리구당 3주씩 선정하여 적색(SIGMA20EX-R, Sunseakorea Corp., Korea), 청색(SIGMA20EX-B, Sunseakorea Corp., Korea), 3파장 백색(SIGMA20EX-D, Sunseakorea Corp., Korea)을 발색하는 램프를 만개기인 5월 31일부터 최종 수확기까지 설치하여 암기 중반인 밤 10시부터 오전 2시까지 4시간씩 조사하였다. 처리된 광 조건은 3파장 백색광 처리구의 경우 가시광선과 동일하며, 적색광 및 청색광 처리구는 분광광도계(845x, Hewlett-Packard, USA)를 이용하여 각각 625-740nm(적색 파장)와 440-500nm(청색 파장) 범위의 빛이 조사되었음을 확인하였다(Figs. 1 and 2).

야간 조사 처리를 제외한 재배적인 요인들의 영향을 최소화하기 위해 거봉 포도의 적정 착과 기준인 990m²당 1,800kg를 목표 생산량으로 설정하고 과방중 500g을 기준으로 과방수 및 과립수를 조절하였다. 과실 수확은 관행수확기인 만개 후 90일을 기준으로, 만개 후 80, 90, 100일에 분산수확하였다.

과실 품질 분석

수확된 과실의 품질 분석은 1송이를 1반복으로 주당 4반복, 처리구당 12반복하였으며, 과방중, 가용성 고형물 함량, 산도 등 과실의 기본적인 특성을 조사하였다. 가용성 고형물 함량은 디지털 굴절 당도계(PR-32, Atago Corp., Japan)를 이용하여 측정

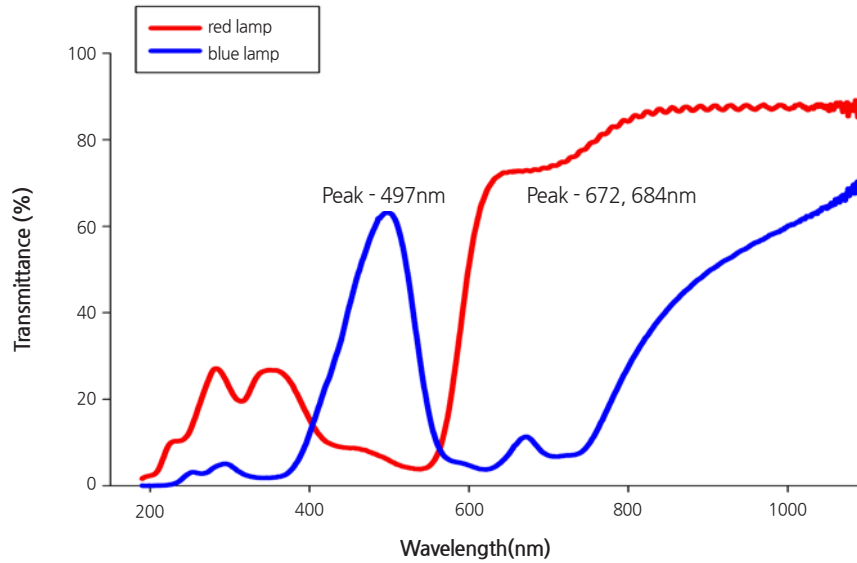


Fig. 1. Spectral distribution of light transmitted through red and blue lamps.

하였다. 산도는 pH meter(SP-2200, Suntex, Taiwan)를 이용하였으며, 과즙 10ml와 증류수 40ml를 혼합한 희석액에 0.1N NaOH를 가하여 pH 8.1이 될 때까지의 NaOH 양을 측정하였고, 측정된 값을 TA(titratable acidity)로 환산하였다.

과실의 과피내 anthocyanin 함량을 측정하기 위해 각 과방에서 10과립을 무작위로 선별하였으며, 1.1cm의 cork borer를 이용하여 disk를 만들었다. 제작된 시료는 0.1N HCl과 MeOH를 부피비 85:15로 혼합한 침출액에 담근 뒤 암소에서 24시간 추출한 후 Spectro Photometer(UV mini 1240, Shimadzu, Japan)를 이용하여 530nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 값은 Koeppen and Basson(1966)의 방법으로 환산하였다. Chlorophyll 함량 측정에 이용된 시료는 anthocyanin 함량 측정 시료와 동일하게 제작했으며, 100%MeOH로 추출하여 651nm와 664nm 파장에서 흡광도를 측정하고, 측정된 흡광도를 chlorophyll 함량으로 환산하였다.

통계 분석

수집된 데이터의 통계 분석은 PASW(PASW Inc., ver. 18.0 K, USA) 프로그램을 이용하여 판별분석 및 Duncan 다중검정 ($p = 0.05$) 분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

야간 조사에 따른 과실의 크기 변화

야간 조사에 따른 과실 품질을 비교하기 위하여 모든 처리구의 목표 생산량을 990m²당 1,800kg으로 설정하여 과방수 및 과립수를 조절하였으나 최종 생산량은 모든 처리구에서 목표 생산량에 미치지 못하였다(Table 1). 그중 적색광 처리구가 목표 생산량의 68% 수준으로 가장 낮고, 청색광 처리구가 95%로 가장 높은 최종 생산량을 나타냈다. 무처리구와 백색광 처리구는 각각 목표 생산량의 84, 87% 수준으로 평균 1,550kg의 과실이 생산되었다(Table 1). 본 실험에서는 각 처리구의 수확기 중의 시기적인 변화를 알아보기 위해 만개 후 90일을 기준으로 만개 후 80, 90, 100일에 각각 전체 과방의 1/3씩 무작위로 수확하였다. 따라서 최종 생산량이 목표 생산량에 미치지 못한 것은 관행 수확기 이전부터 과실이 수확되어 과실 비대가 완료되지 않은 과실이 일부 포함되었기 때문으로 생각되었다. 또한, 만개 후 90일 이후에 수확된 과실의 과방중을 기준으로 최종 생산량을 환산

하면 청색광 및 백색광 처리구와 무처리구의 경우 목표 생산량과의 오차 범위가 5% 수준으로 목표 생산량에 근접한 것으로 분석되었다. 반면에 적색광 처리구의 경우에는 다른 처리구에 비해 현저히 낮은 최종 생산량을 보였을 뿐만 아니라 만개 후 80일의 결과를 제외하고 분석한 경우에도 목표 생산량과 큰 차이를 보였다.

만개 후 80일에 수확된 과실의 과방중은 청색광 처리구가 434.4g으로 가장 높았으며 적색광 처리구와 무처리구는 각각 351.5, 364.0g으로 청색광 처리구에 비해 낮은 과방중을 나타냈다(Table 2). 만개 후 90일과 100일에 수확한 과실은 무처리구의 과방중은 만개 후 80일부터 100일까지 평균 30g 정도씩 꾸준히 증가한 반면 적색광 처리구들은 과방중이 오히려 감소하는 경향을 보였다.

전체 평균 과립중은 청색광 처리구에서 11.6g으로 가장 높았으며 과방중과 최종 생산량도 가장 많은 것으로 나타나 청색광 처리는 과립비대에 유리하게 작용하는 것으로 판단되었다(Table 2). 적색광 처리구와 무처리구의 과립중은 10.9g으로 동일하였으나 과방중과 최종 생산량에서는 적색광 처리구가 현저히 낮은 것으로 조사되었다. 이는 야간 조사 처리를 위해 봉지를 씌

Table 1. Comparison of fruit yield and achievement rate according to night lighting in 'Kyoho' grapes

| Treatment | Final Yield | Final Yield Rate ^z |
|-------------|-----------------------|-------------------------------|
| | (kg) | (%) |
| Red lamp | 1227.5 b ^y | 68.2 b |
| Blue lamp | 1710.0 a | 95.0 a |
| 3 band lamp | 1526.1 ab | 84.8 ab |
| Control | 1565.7 ab | 87.0 ab |

^zFinal Yield compared to target yield.

^yDifferent lowercase letters within columns denote significant differences by Duncan's multiple range test, at $p = 0.05$.

Table 2. Comparison of fruit quality at each harvest time according to night lighting in 'Kyoho' grapes

| Treatments | DAFB ^z | | | |
|-------------|--------------------------|----------|---------|---------|
| | 80 | 90 | 100 | all |
| | Cluster weight (g) | | | |
| Red lamp | 351.5 b ^x | 345.5 b | 338.1 b | 345.1 c |
| Blue lamp | 434.5 a | 446.4 a | 471.0 a | 450.6 a |
| 3 band lamp | 390.6 ab | 386.0 ab | 420.4 a | 399.0 b |
| Control | 364.0 b | 389.0 ab | 431.3 a | 394.7 b |
| | Berry weight (g) | | | |
| Red lamp | 11.2 a | 10.7 b | 10.9 a | 10.9 b |
| Blue lamp | 11.2 a | 11.8 a | 11.8 a | 11.6 a |
| 3 band lamp | 11.0 a | 11.1 ab | 11.2 a | 11.1 ab |
| Control | 10.3 a | 11.2 ab | 11.3 a | 10.9 b |
| | SSC ^y (°brix) | | | |
| Red lamp | 16.1 b | 16.4 a | 16.6 a | 16.4 b |
| Blue lamp | 16.4 b | 15.7 a | 16.6 a | 16.2 b |
| 3 band lamp | 16.2 b | 16.6 a | 16.2 a | 16.3 b |
| Control | 18.2 a | 17.0 a | 17.2 a | 17.5 a |
| | Acidity (%) | | | |
| Red lamp | 0.56 b | 0.48 b | 0.48 b | 0.51 b |
| Blue lamp | 0.64 a | 0.60 a | 0.56 a | 0.60 a |
| 3 band lamp | 0.57 b | 0.53 b | 0.51 b | 0.53 b |
| Control | 0.62 ab | 0.50 b | 0.52 b | 0.54 b |

^zDays after full bloom.

^ySoluble solid contents.

^xMean separation within each column according to Duncan's multiple range test, 5% level.

우지 않은 상태에서 광원 및 주변의 과실로 야간 해충들이 집중되어 그로 인해 훼손된 과립이 다수 발생하였기 때문에, 이러한 과립 훼손은 청색광 및 백색광 처리구에 비해 적색광 처리시 특히 심한 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 여러 종류의 해충들이 광의 파장에 따라 다른 주광성을 나타낸다는 결과에 따른 것으로 보여지며(Shimoda and Honda, 2013; Kang and Park, 2014), 이에 대해서는 보다 깊이 있는 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

야간 조사에 따른 과실 품질

전체 수확 과실의 가용성 고형물 함량은 무처리구가 17.5°Brix로 야간 조사 처리구에 비해 높았다(Table 2). 이는 만개 후 80일에 수확한 무처리구가 18.2°Brix로 야간 조사 처리구에 비해 현저히 높았기 때문이며, 만개 후 90일과 100일에도 여전히 무처리구의 가용성 고형물 함량이 높은 것으로 나타났으나 유의성은 인정되지 않았다. 따라서 야간 조사시 과실내 가용성 고형물의 함량이 낮아지는 것으로 조사되었으며 특히, 가용성 고형물의 축적을 지연시키는 것으로 생각된다. 수확 과실 산도의 전체 평균은 청색광 처리구가 0.6%로 가장 높은 것으로 조사되었으며 이는 수확시기에 관계없이 같은 결과를 보였다(Table 2). 적색광, 백색광 처리구와 무처리구의 산도는 만개 후 80일과 90일 사이에 현저히 떨어졌으며 만개 후 90일과 100일 사이에는 산도가 유지되거나 감소 폭이 매우 작았다. 반면에 만개 후 80일에 가장 산도가 높았던 청색광 처리구는 만개 후 100일까지 일정 비율로 산도가 낮아지나 계속 높은 산도가 유지되는 것으로 조사되었다. 이는 산도는 고온에 노출된 기간에 따라 영향을 받는다는 기존의 보고(Kim et al., 2011)를 보면 청색과 처리구의 과실 온도가 다른 처리구에 비해 낮게 유지되는 것으로 추측되었다. 당산비는 만개 후 80일에는 차이가 없었으나 만개 후 90일부터는 청색광 처리구에서 가장 낮은 수준을 나타냈으며 그 결과 전체 평균에서도 청색광 처리구가 가장 낮은 수준을 나타냈다(Table 2). 따라서, 청색광 처리시 무처리구에 비해 과방증이 높은 것으로 조사되어 최종 생산량에는 긍정적인 영향을 미칠 가능성이 있으나 당도가 낮고 산도가 높아 과실 품질이 떨어지는 것으로 조사되었다.

야간 조사에 따른 과피 착색 변화

Anthocyanin 함량은 만개 후 80일에 무처리구가 $5.10\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 로 가장 높은 수준을 나타냈으며 만개 후 100일에도 청색광 처리구에 비해 함량이 높은 것으로 조사되어, 전체 평균 anthocyanin 함량은 무처리구가 다른 처리구에 비해 현저히 높은 것으로 조사되었다(Table 3). 이러한 결과는 야간조사가 포도 과피에서의 anthocyanin 합성에 긍정적인 영향을 보인다고 보고한 Kondo et al. (2014)의 결과와는 상반된 결과를 보였다. 한편, 무처리구를 포함한 각 처리구들의 시기적인 anthocyanin 함량 변화는 수확기 경과에 따른 일정한 경향을 보이지 않았으며, 이는 본 연구에서 착색을 기준으로 수확할 경우 과실의 성숙도가 유사한 과실들만 선발되어 야간 조사 처리가 과실 품질에 미치는 영향을 명확하게 비교할 수 없을 것으로 판단하여 과실 착색도를 배제하고 3번의 수확기 모두 무작위로 과실을 수확하였기 때문인 것으로 생각되었다. 이로 인해 과실의 anthocyanin 함량이 극히 낮거나 높은 과실들이 일부 시기에 포함되어 수확기 경과에 따른 일정한 경향을 보이지 않은 것으로 생각되었다. Chlorophyll a, b 및 총 chlorophyll 함량 또한 시기적으로 일정한 경향을 보이지 않았는데 이 또한 착색도를 배제한 무작위 수확이 그 원인으로 작용한 것으로 생각되었다. 반면에 수확된 전체 과실을 비교한 결과, 무처리구의 chlorophyll a 함량이 $0.268\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 로 다른 처리구에 비하여 현저히 낮았으며, chlorophyll b는 적색광 및 무처리구에서 낮은 것으로 조사되었다(Table 3). 총 chlorophyll 함량은 무처리구와 적색광 처리구에서 각각 0.674 와 $0.701\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 로 가장 낮았고 청색광 처리구에서 $0.838\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 로 가장 높았다. 무처리구는 chlorophyll a와 b의 함량이 모두 낮았으며 야간 조사 처리구에 비해 특히 chlorophyll a의 함량이 영향을 받는 것으로 조사되었다(Table 3). 이러한 결과는 야간조사가 Cymbidium에서 chlorophyll 함량에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 보고한 Kim et al. (2015)과 같은 결과를 보였다. 포도 과실의 착색은 anthocyanin의 증가와 chlorophyll의 감소를 통해 진행되는 과정으로 본 연구에서는 야간 조사가 과피의 착색에 미치는 시기적인 영향은 정확히

파악하기 어려웠으나 수확된 전체 과실에서 무처리구가 야간 조사 처리구에 비해 anthocyanin 함량이 높고 chlorophyll 함량이 낮은 것으로 볼 때 야간 조사 처리가 과피의 착색을 저해하는 것은 분명한 결과로 생각되었다. 특히, 무처리구의 chlorophyll a의 함량이 모든 수확기에서 가장 낮게 나타나 무처리구의 chlorophyll 분해가 가장 일찍 진행되는 것으로 조사되었다. 반면에 청색광 처리구는 anthocyanin 함량이 가장 낮고 chlorophyll b 및 총 chlorophyll 함량이 가장 높아 야간 조사에 따른 착색 저해가 가장 심한 것으로 판단되었다.

판별분석을 통한 야간 조사 처리의 영향 분석

무처리구와 야간 조사 처리구 전체를 비교하였을 때 anthocyanin 함량과 chlorophyll a 함량을 기준으로 구분이 가능한 것으로 분석되었다(Table 4). 이는 야간 조사 처리는 과실의 착색 지연에 가장 큰 영향을 미친다는 것을 의미한다. 각각의 야간 조사 처리구와 무처리구를 비교한 결과 각 처리마다 다른 구분 기준들이 도출되었다. 적색광 처리는 과실의 내적 품질 및 과방중에 영향을 미쳐 당도와 과방증을 기준으로 적색광 처리 과실과 무처리 과실과 구분되었다. 청색광 처리 과실은 과실의 품질 및 착색에 영향을 미쳐 당산비와 anthocyanin 및 chlorophyll a 함량을 기준으로 청색광 처리 과실과 무처리 과실의 구분이 가능하였다. 마지막으로 백색광 처리는 chlorophyll a의 감소를 억제하여 chlorophyll a를 기준으로 백색광 처리 과실과 무처리 과실의 구분이 가능한 것으로 조사되었다.

본 연구에서 야간 조사는 청색광 처리구의 일부 과실에서 보여진 과실 비대에 긍정적인 영향을 제외하면 과실의 낮은 가용성 고형물 함량과 높은 산도 및 착색 지연, 충해 과실 발생 등의 부정적인 영향들을 야기하였다. 본 연구에서 보여진 야간 조사로 인한 변화를 '빛공해'의 관점에서 보면, 크게 생리적 또는 직접적 빛공해와 물리적 또는 간접적 빛공해로 나누어 볼 수 있다. 먼저 당 및 anthocyanin 축적의 지연, 산 및 chlorophyll 감소의 억제와 같이 야간 조사가 과실의 생리적 반응 및 변화들에 미

Table 3. Comparison of fruit pigments at each harvest time according to night lighting in 'Kyoho' Grapes

| Treatments | DAFB ² | | | |
|-------------|--|----------|----------|----------|
| | 80 | 90 | 100 | all |
| | Anthocyanin (µg·cm ⁻²) | | | |
| Red lamp | 3.25 b ^y | 3.23 a | 2.96 ab | 3.14 b |
| Blue lamp | 2.21 b | 3.01 a | 2.18 b | 2.47 b |
| 3 band lamp | 2.46 b | 3.77 a | 2.42 ab | 2.82 b |
| Control | 5.10 a | 3.92 a | 3.52 a | 4.08 a |
| | Chlorophyll a (µg·cm ⁻²) | | | |
| Red lamp | 0.380 a | 0.357 ab | 0.281 bc | 0.339 a |
| Blue lamp | 0.287 bc | 0.409 a | 0.339 ab | 0.345 a |
| 3 band lamp | 0.360 ab | 0.387 ab | 0.369 a | 0.372 a |
| Control | 0.215 c | 0.331 b | 0.257 c | 0.268 b |
| | Chlorophyll b (µg·cm ⁻²) | | | |
| Red lamp | 0.311 b | 0.419 bc | 0.424 a | 0.391 b |
| Blue lamp | 0.464 a | 0.574 a | 0.440 a | 0.493 a |
| 3 band lamp | 0.287 b | 0.547 ab | 0.449 a | 0.441 ab |
| Control | 0.391 ab | 0.372 c | 0.381 a | 0.380 b |
| | Total Chlorophyll (µg·cm ⁻²) | | | |
| Red lamp | 0.622 b | 0.776 b | 0.705 bc | 0.701 b |
| Blue lamp | 0.752 a | 0.983 a | 0.779 ab | 0.838 a |
| 3 band lamp | 0.613 b | 0.933 a | 0.818 a | 0.788 ab |
| Control | 0.681 ab | 0.702 b | 0.638 c | 0.674 b |

²Days after full bloom.

^yMean separation within each column according to Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 4. Models for discriminant of night lighting treated grape. Models were derived by stepwise multivariable discriminant analysis. Letters in parentheses indicates orders of variables that were inputted in each function.

| | Model | Variables | Wilks'lambda | Standardized Coefficient | Functions |
|---------------------------------|-------|---|--------------|--------------------------|---|
| Control : All lamp ² | 1 | Anthocyanin (z) | 0.873(.000) | 1.000 | 59.982z-1.899 |
| | 2 | Anthocyanin (z ₁) Chlorophyll a (z ₂) | 0.805(.000) | 0.695 -0.636 | 41.691z ₁ -7.604z ₂ +1.266 |
| Control : red lamp | 1 | SSC (z) | 0.797(.001) | 1.000 | 0.949z-15.938 |
| | 2 | SSC (z ₁) Cluster weight (z ₂) | 0.690(.000) | 0.663 0.825 | 0.011z ₁ +0.782z ₂ -17.001 |
| Control : Blue lamp | 1 | SSC/Acidity (z) | 0.642(.000) | 1.000 | 0.303z-8.761 |
| | 2 | SSC/Acidity (z ₁) Anthocyanin (z ₂) | 0.482(.000) | 0.739 0.639 | 0.224z ₁ +44.952z ₂ -7.920 |
| | 3 | SSC/Acidity (z ₁) Anthocyanin (z ₂) Chlorophyll a (z ₃) | 0.405(.000) | 0.729 0.602 -0.527 | 0.221z ₁ +39.030z ₂ -6.637z ₃ -5.524 |
| | 1 | Chlorophyll a (z) | 0.692(.000) | 1.000 | 13.347z-4.500 |

²All values of red, blue, and white lamp treatments were entered into the discriminant analysis.

치는 영향은 야간조사에 따른 생리적 또는 직접적 빛공해로 구분할 수 있으며, 인공 광원이 존재함으로 인해 광원 주변으로 별레들을 집중되고 이로 인한 충해과의 발생은 야간 조사에 따른 물리적 또는 간접적 빛공해로 구분할 수 있다. 야간 조사에 따른 빛공해의 양상은 처리구에 따라 다소 다른 결과를 보이는 것으로 조사되었다. 먼저 적색등, 청색등, 백색등 처리구 모두 무처리구에 비해 당도 및 anthocyanin 함량이 낮고 chlorophyll a 함량이 높아 모든 처리구에 걸쳐 생리적 빛공해가 발생하였으며, 그중, 청색광 처리는 다른 처리구에 비해 산도가 가장 높고 당산비는 가장 낮아 청색광 처리구의 생리적 빛공해가 가장 심한 것으로 판단되었다. 반면에 적색광 처리구의 경우에는 과방충이 낮았으며 이는 충해과의 발생으로 인한 것으로 추정되어 물리적인 빛공해는 적색광 처리구가 가장 심한 것으로 판단되었다.

초 록

본 연구는 '거봉' 포도 재배시 야간의 빛 공해에 따른 피해를 예측하기 위하여 실시하였다. 야간 조사는 만개기부터 수확기까지 인공 광원으로 적색, 청색, 백색 램프를 사용하여 매일 오후 10시부터 오전 2시까지 4시간동안 조사하였다. 야간 조사는 생산량을 비롯하여 가용성 고형물 함량, anthocyanin, chlorophyll a 함량에 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 무처리구의 가용성 고형물 함량은 17.5°Brix로 야간에 빛을 조사한 적색광, 청색광, 백색광 처리구의 16.4, 16.2, 16.3°Brix에 비해 1°Brix 이상 높았으며, 과피의 anthocyanin 함량 또한 무처리구가 4.08µg·cm⁻²로 적색광, 청색광, 백색광 처리구의 3.14, 2.47, 2.82µg·cm⁻²보다 높은 것으로 조사되었다. 반면에 chlorophyll a 함량은 무처리구가 0.268µg·cm⁻²로 적색광, 청색광, 백색광 처리구의 0.339, 0.345, 0.372µg·cm⁻²와 비교하여 가장 낮았다. 결과적으로, 당의 증가와 anthocyanin의 축적 및 chlorophyll의 감소는 과실 성숙에 수반된 현상이라는 점을 고려할 때, 야간 조사는 '거봉'의 암기를 중단시켜 과실의 성숙 과정을 지연시키며 적색광 처리는 생산량 감소를 수반하였다. 따라서 광파장에 관계없이 야간조사에 의한 빛공해가 나타나는 것으로 확인되었으며, 가로등을 비롯한 야간 조명이 설치된 지역에 인접한 포도원의 경우 과실의 성숙이 불량해 질 수 있는 것으로 판단된다.

추가주요어: 산함량, 안토시아닌, 엽록소, 착색, 가용성 고형물, 구미잡종

Literature Cited

- Barritt BH, Rom CR, Guelich KR, Drake SR, Dilley MA** (1991) Light level influences spur quality and canopy development and light interception influence fruit production in apple. *Hort sci* 26:993-999
- Downey MO, Dokoozlian NK, Krstic MP** (2005) Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: a review of recent research. *Am J Enol Vitic* 57:257-268
- Higuchi Y, Sumitomo K, Oda A, Shimizu H, Hisamatsu T** (2012) Day light quality affects the night-break response in the short-day plant chrysanthemum, suggesting differential phytochrome-mediated regulation of flowering. *J. Plant Physiol* 169:1789-1796. doi:10.1016/j.jplph.2012.07.003
- Jung SK, Choi HS** (2010) Light penetration, growth, and fruit productivity in 'Fuji' apple trees trained to four growing systems. *SCI HORTIC* 125:672-678. doi:10.1016/j.scienta.2010.05.027
- Kang HS, Park SH** (2014) Development of lighting for the behavioral suppression of pests using the wavelength range of the specific LED. *EASKO* 6:47-57
- Kim CG, Seo JH, Cho HS, Kim SJ, Hur IB** (2001) Growth and Yield Responses of Soybean under Night Illumination at Different Growth Stages. *Korean J. Crop Sci* 46:478-482
- Kim CG, Cho HS, Seo JH, Choi SH, Pyon JY** (2002a) Growth and Yield Response of Rice Cultivars to Different Night Illumination Intensities. *Korean J. Crop Sci* 47:471-474
- Kim CG, Seo JH, Cho HS, Kim SJ, Pyon JY** (2002b) Effect of Night Illumination on Growth and Yield of Sesame and Perilla. *KJAFM* 4:80-85
- Kim JT** (2004) The Causes and Measures of Light Pollution. *Magazine of the SAREK* 33:40-46
- Kim SH, Choi IM, Cho JG, Han JH, Hwang JH, Seo HH, Yun HK** (2011) Correlation Analysis Between Fruit Quality of 'Campbell Early' Grapes and Climatic Factors. *KJAFM* 13:93-100. doi:10.5532/KJAFM.2011.13.2.093
- Kim YY, Kim CK, Kim SJ, Kang WB** (2002c) Effect of Night Illumination on Growth and Grain Yield of Wheat and Barley. *KJAFM* 4:18-22
- Kim YJ, Yu DJ, Rho H, Runkle ES, Lee HJ, Kim KS** (2015) Photosynthetic changes in Cymbidium orchids grown under different intensities of night interruption lighting. *SCI HORTIC* 186:124-128. doi:10.1016/j.scienta.2015.01.036
- Koeppe BH, Basson DS** (1966) The anthocyanin pigments of Barlinka grapes. *Phytochemistry* 5:183-187. doi:10.1016/S0031-9422(00)85097-9
- Kondo S, Tomiyama H, Rodyoung A, Okawa K, Ohara H, Sugaya S, Hirai N** (2014) Abscisic acid metabolism and anthocyanin synthesis in grape skin are affected by light emitting diode (LED) irradiation at night. *J. Plant Physiol* 171:823-829. doi:10.1016/j.jplph.2014.01.001
- Kwon YS, Choi SY, Kil MJ, You BS, Jung JA, Park SK** (2013) Effect of night break treatment using Red LED (660 nm) on flower bud initiation and growth characteristics of chrysanthemum cv.'Baekma', and cv.'Jinba'. *KJOAS* 40:297-303. doi:10.7744/cnujas.2013.40.4.297
- Lieten F** (1997) Effects of chilling and night-break treatment on greenhouse production of 'Elsanta'. *Acta Hort* 439:633-640. doi:10.17660/ActaHortic.1997.439.105
- Mølmann JA, Steindal AL, Bengtsson GB, Seljåsen R, Lea P, Skaret J, Johansen TJ** (2015). Effects of temperature and photoperiod on sensory quality and contents of glucosinolates, flavonols and vitamin C in broccoli florets. *Food chem.* 172:47-55. doi:10.1016/j.foodchem.2014.09.015
- Park YG, Jeong BR, Hwang SJ** (2012) Growth and anthocyanin content of lettuce as affected by artificial light source and photoperiod in a closed-type plant production system. *Korean J Hort Sci Technol* 30:673-679. doi:10.7235/hort.2012.12020
- Park YJ, Kim YJ, Kim KS** (2013) Vegetative growth and flowering of Dianthus, Zinnia, and Pelargonium as affected by night interruption at different timings. *Hort. Environ. Biotechnol.* 54:236-242. doi:10.1007/s13580-013-0012-3
- Shimoda M, Honda KI** (2013) Insect reactions to light and its applications to pest management. *Jpn J Appl Entomol Zool* 48:413-421. doi:10.1007/s13355-013-0219-x
- Song JH, Kang IK, Choi DG** (2014) Light Conditions and Characteristics of Leaves and Fruit at Different Canopy Positions in Slender-spindle 'Hongro' Apple Trees. *Korean J Hort Sci Technol* 32:440-447. doi:10.7235/hort.2014.13169
- Trouwborst G, Oosterkamp J, Hogewoning SW, Harbinson J, Van Ieperen W** (2010) The responses of light interception, photosynthesis and fruit yield of cucumber to LED-lighting within the canopy. *Physiol Plant.* 138:289-300. doi:10.1111/j.1399-3054.2009.01333.x