

‘Shine Muscat’ 포도의 적정 착과량 및 수확기준 설정

김준혁^{1,2} · 정명희¹ · 박요섭^{1,2} · 이별하나² · 박희승^{1*}¹중앙대학교 식물시스템학과, ²국립백두대간수목원 시드볼트부

Suitable Yields and Establishment of Harvesting Standard in ‘Shine Muscat’ Grape

Jun Hyeok Kim^{1,2}, Myung Hee Jung¹, Yo Sup Park^{1,2}, Byul Ha Na Lee², and Hee-Seung Park^{1*}¹Department of Integrative Plant Science, Chung-Ang University, Anseong 17546, Korea²Baekdudaegan National Arboretum, Seed Viability Research Team, Bonghwa-gun, Korea*Corresponding author: koussa@cau.ac.kr

Abstract

The aim of this study is to ascertain suitable harvesting time and yields for the development of color chart for the establishment of harvesting standard based on the skin color of ‘Shine Muscat’ grapes. The experiment was conducted at an orchard in Cheonan, Chungcheongnam-do, Korea and clusters per vine were set to harvest 1,800 kg, 2,100 kg and 2,400 kg per 10 a. Even though the yield was increased up to 2,400 kg per 10 a, there was no difference in the size of the fruit. However, with regard to fruit quality, grapes controlled to 2,400 kg per 10 a had lower soluble solids content, poorer coloring, higher acidity and hardness compared to other grapes controlled to 1,800 kg and 2,100 kg. Also, the chlorophyll content of grapes controlled to 2,400 kg per 10 a was higher compared to other grapes. Accordingly, for ‘Shine Muscat’ grape cultivation, it is considered that controlling the yield to less than 2,100 kg per 10a is effective in terms of fruit quality. Soluble solids content in grapes controlled to 1,800 kg and 2,100 kg per 10 a, exhibited a continuous increase with progress in ripening. The acidity and soluble solid-acid ratio remained unchanged for about 110 days after full bloom. Also, the color stage reached the peak at 120 days after full bloom. Therefore, it is considered that controlling the yield of ‘Shine Muscat’ grapes to within 2,100 kg per 10 a and harvesting 120 days after full are effective in meeting both productivity and fruit quality. To develop a color chart for the matured determination of ‘Shine Muscat’ grapes, the growing period was divided into 5 stages and based on these stages; fruit quality and pigment content were compared. A color chart was made by determining the appropriate range of soluble solids content and acidity.

Additional key words: acidity, clustering, coloration, color chart, soluble solids content

서 언

‘Shine Muscat’은 일본에서 1988년에 ‘Akitsu-21’(*Vitis labruscana*)과 ‘Hakunan’(*Vitis vinifera*)을 교배하여 2003년에 육종된 품종으로 저작감이 좋고 머스캣 향을 가지고 있는 황록색의 곱은 포도이다. 과일 성숙기는 ‘Kyoho’ 품종과 같은 시기이며, 열과와 탈립이 적고 저장성이 우수하며, 지베렐린 처리에 의한

Received: August 20, 2018
 Revised: November 28, 2018
 Accepted: January 5, 2019

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY
 37(2):178-189, 2019
 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 Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright©2019 Korean Society for Horticultural Science.

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ013431042018)의 지원에 의해 수행되었음. 이 논문은 2018년도 중앙대학교 연구년 결과물로 제출됨.

무핵재배가 가능하다(Yamada et al., 2008). 현재 우리나라에서 재배면적이 증가하고 있으나 국내에서는 ‘Shine Muscat’에 대한 연구가 거의 없어 고품질의 과실을 생산하기가 어려워 다양한 각도에서의 연구가 필요하다.

최근 많은 포도 연구가 DNA 또는 RNA 수준에서 이루어지고 있으나(Kim et al., 2017; Moon et al., 2017), 포도를 재배함에 있어 착과량 조절 등의 재배 기술 또한 착색과 과실 품질뿐만 아니라 포도나무의 세력과 내한성 등에 관여하는 중요한 요인이다. 국내에서도 ‘Campbell Early’와 ‘Kyoho’ 품종을 중심으로 적정 착과량 구명을 통하여 과실의 착색과 품질을 향상시키고자 하는 연구가 이루어져 왔으나(Shim et al., 2007), ‘Shine Muscat’을 대상으로 한 착과량 실험은 주로 일본에서만 수행되어 왔다(Yamada et al., 2008).

한편, 수확기 판정은 과실의 품질과 저장기간을 결정짓는 중요한 요인으로 미숙 또는 과숙한 과실을 수확할 경우, 과실 품질이 떨어지거나 저장기간이 짧아지며 생리장해가 발생한다. 일반적으로 포도는 과피색으로 숙기를 판단하며, 농가에서는 이러한 숙기 판단을 효율적으로 하기 위해 칼라 차트(color chart)를 이용한다. 현재 국내에서는 ‘홍이슬’과 ‘Campbell Early’와 같은 적색 포도 품종에서 과피색으로 생육 정도와 수확 시기를 판별하기 위한 기준으로 칼라 차트를 개발하여 활용하고 있으나(Park et al., 2007; Park et al., 2009), 포도의 숙기는 착색뿐만 아니라 당도, 산도 등 과실 품질과 밀접한 관련이 있으며, 착색된 이후에도 당·산도의 변화가 진행되므로 적정 수확기를 구명하기 위해서는 착색과 과실의 내적 성숙간의 시기적인 차이를 고려해야 한다. 또한, ‘Shine Muscat’과 같은 청색 포도 품종을 대상으로 한 칼라 차트에 대한 연구는 되어 있지 않으며, anthocyanin의 축적에 의해 육안으로 구분하기 쉬운 적색 포도에 비해 청포도는 과피색을 통한 숙기 판단이 어렵고, 색의 변화만을 가지고 숙기의 단계를 구분하는 것 또한 어려워 이에 대한 연구가 필요하다. 이러한 생육 단계의 구분은 hierarchical clustering 분석이 적절하며, Kaur and Kaur(2013)도 작은 dataset를 사용한 경우에는 K-means clustering보다는 hierarchical clustering 분석이 더 적합하며 성숙을 설명하기에 좋은 방법이라고 하였다.

따라서 본 실험은 ‘Shine Muscat’ 포도의 고품질 과실 생산을 위하여 국내의 적정 착과량 설정과 군집분석방법을 이용하여 품질 균일도를 높이기 위한 칼라 차트를 개발하고자 수행되었다.

재료 및 방법

시험 재료 및 처리

본 연구는 2016년에 충청남도 천안시 소재 개인농가에서 3.0 x 3.0m로 재식된 4년생 ‘Shine Muscat’ 포도 12주를 이용하여 수행되었다. 착과량에 따른 과실 품질을 조사하기 위하여 목표 생산량을 각각 10a당 1,800, 2,100, 2,400kg으로 설정하여, 과중 500g을 기준으로 재식거리를 고려하여 목표 착과량을 조절하였다.

생육기에는 만개 후 40일부터 7일 간격으로 수확 전인 만개 후 89일까지 시료를 채취하여 주당 1송이를 1반복으로 처리구당 3반복으로 과실 품질을 분석하였으며, 수확기에는 만개 후 100일에서부터 만개 후 130일까지 10일 간격으로 주당 3송이를 1반복으로 하여 처리구당 3반복으로 과실 품질을 분석하였다.

각 나무 당 1개의 과방을 선정하여 디지털카메라(D80, Nikon Corp., Japan)를 이용하여 매 시기별로 사진을 촬영하였으며, Nikkor 18 - 55mm(Nikon Corp., Japan) 렌즈와 함께 사용하였다.

과실 품질 분석

수집된 과실의 과방중, 과립중, 종경, 횡경, 가용성 고형물 함량, 산 함량 등 기본적인 특성을 조사하였다. 가용성 고형물 함량은 디지털 굴절 당도계(PR-32, Atago Corp., Japan)를 이용하여 측정하였다. 산 함량은 과즙 10mL와 증류수 40mL를 혼합한 희석액에 0.1N NaOH를 가하여 pH meter(SP-2200, Suntex, Taiwan)로 pH 8.1이 될 때까지의 NaOH 양을 측정하였고, 측정된 값을 TA(titratable acidity)로 환산하였다.

과실 경도

경도를 측정하기 위해 만개후 47일부터 각 과방에서 5과립씩 무작위로 선발하였으며, 과립 적도부의 과피를 제거한 후 직경 2mm plunger가 장착된 texture analyzer를 이용하여 $2\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 속도로 5mm 깊이까지 뉴턴(N) 단위의 최대 압력을 측정하였다.

착색 판단

성숙에 따른 착색 정도를 수치화하기 위하여, Motonaga et al.(2015)이 만든 Color Ripening Chart를 이용하여 'Shine Muscat'을 대상으로 미숙과를 1, 완숙과를 12로 12단계의 색상 스케일을 수치화한 후 착색 단계(color stage) 값으로 이용하였다. 또한, Photoshop 프로그램(Adobe Photoshop CC, Adobe Systems Inc., USA)을 이용하여 각 시기의 샘플 사진에서 송이의 평균 hue 값을 구하였다.

Carotenoid 함량

과실의 과피 내 carotenoid 함량을 측정하기 위해 청포도에서 가장 많이 함유된 것으로 알려진 β -carotene과 lutein을 분석하였다(Giovanelli and Brenna, 2007). 과립을 무작위로 선발하여 과피를 과립에서 분리하고, 과피 10g을 acetone 20mL에 암상 태에서 24시간 동안 침지하였다. 침지된 추출액에서 상정액을 분리하여 0.45 μm membrane filter로 여과한 후 분석하였다. β -carotene과 lutein은 Bunea et al.(2012)의 방법을 참고하여, HPLC 시스템(Agilent 1,200 series, Agilent Technologies, CA, USA)으로 분석하였다. 분석용 컬럼은 ZORBAX C-18 컬럼($250 \times 4.6\text{mm}$ I.D, particle size 5.0 μm)을 이용하여 440nm에서 측정하였다.

엽록소(chlorophyll) 함량

과실의 과피 내 엽록소 함량을 측정하기 위해 각 과방에서 10과립을 무작위로 선발하였으며, 1.1cm의 cork borer를 이용하여 disk를 채취하였다. 채취한 10개의 disk를 100% MeOH로 추출하여 651nm와 664nm파장에서 흡광도를 측정한 후, 엽록소 함량으로 환산하였다(Choi et al., 1996).

단위가 다른 두 성분의 함량 비율을 구하기 위하여, 엽록소 함량을 측정할 때 제작하였던 disk의 무게를 측정하여 단위를 표준화하였다. 표준화된 엽록소 함량을 이용하여 lutein/chlorophyll 함량 비율을 구하였다.

통계 분석

수집된 데이터의 통계분석은 PASW(PASW Inc., 18.0 K, USA) 프로그램을 이용하여, Duncan 다중검정($p = 0.05$) 분석을 실시하였다. 계층적 군집분석은 조사된 가용성 고형물 함량, 산 함량, 엽록소 함량, lutein 함량, hue 값을 대상으로 7일과 10일 단위의 시기 범위를 다시 분류하는 데 사용하였다.

결과 및 고찰

착과량 조절에 따른 최종 생산량

'Shine Muscat' 포도는 현재 우리나라에서 적정 착과량이 구명되어 있지 않아 과다 착과에 의한 과실의 품질 저하가 발생하고 있다. 이에 따라 'Shine Muscat' 품종의 적정 착과량을 구명하기 위하여, 일본에서 설정되어 있는 'Shine Muscat'의 착과량을 기준으로 본 실험을 진행하였다. 오카야마 농업연구소에서는 적정 착과량을 2,400kg/10a까지 설정 가능하다고 하였으나(Okayama

Prefecture Web site, 2012), Yamada and Sato(2016)은 'Shine Muscat'의 적정 착과량을 1,800kg/10a로 설정하여 보고자 간 적정 착과량의 차이가 커 본 연구에서는 1,800 및 2,400kg/10a 처리구 외에 두 처리구의 중간값을 포함하여 실험을 진행하였다.

성숙일수를 기준으로 적절한 수확시기를 조사하기 위하여, 만개 후 100일, 110일, 120일, 130일에 각각 전체 착과량의 1/4씩 무작위로 수확하였다. 만개 후 100일 이후에는 과방중의 변화가 거의 없는 것으로 조사되었으며, 과방중이 거의 최종 목표치에 도달하였기 때문에 만개 후 100일에 이미 목표수확량에 도달하였을 것으로 예상된다(Fig. 1). 만개 후 130일에 최종 수확한 과실의 수확량을 계산한 결과 모든 생산구에서 오차범위 2% 이내로 목표 수확량에 도달하였다(Table 1). 이러한 결과는 포도에서 같은 과방의 무게를 설정하고 주당 착과수를 조절하여도 목표 수확량에 근접한 결과를 얻은 앞선 실험과 동일하였으며(Cheon et al., 2015), Jung et al.(2014)은 최종 생산량이 주당 착과수보다는 과방당 착립수에 더 크게 영향을 받는다고 보고하였다. 반면에 'Kyoho' 포도에서 지나치게 착과량을 늘리고자 할 경우 오히려 최종 생산량이 감소한다는 보고가 있어(Shim et al., 2007), 'Shine Muscat'에서도 2,400kg/10a까지는 착과량이 많아져도 최종 생산량에 영향을 미치지 않으나 착과량이 더 많아지면 최종 생산량이 감소할 것으로 생각된다.

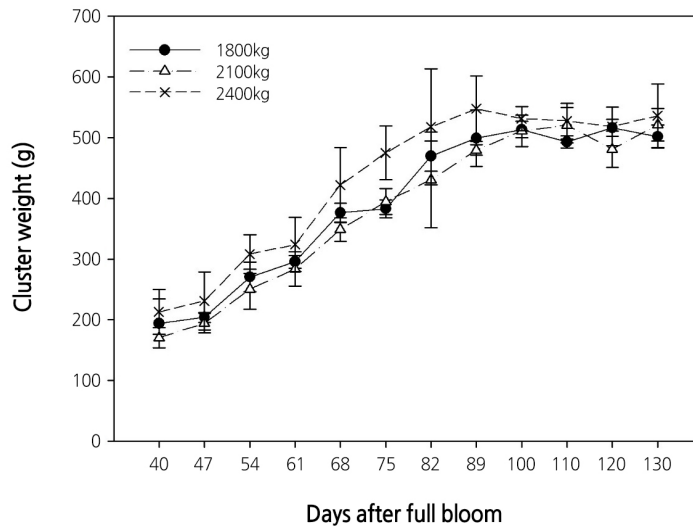


Fig. 1. Changes of cluster weight according to crop load in 'Shine Muscat' grapes. Vertical bars indicate standard error of the mean.

Table 1. Final yield according to crop load in 'Shine Muscat' grapes at 130 days after full bloom

Crop load (kg/10a)	Final yield (kg)	Achievement rate ² (%)
1,800	1814.5	100.8
2,100	2134.3	101.6
2,400	2437.7	101.6

²Mean percentage of final yield per crop load.

착과량에 따른 과실 비대와 품질

각 수확기별 착과량 조절에 따른 외적 특성 조사 결과, 과방중, 과립중, 종경, 횡경은 만개 후 110일의 종경을 제외하고는 수확 시기별로 생산량에 따른 차이가 나타나지 않았다(Table 2). 만개 후 110일에 1,800kg/10a 생산구가 다른 생산구들에 비해 종경이 낮게 조사되었으나, 과방중에 영향을 미칠 정도가 되지 않고 특히, 다른 수확시기에서는 종경에서도 차이를 보이지 않아 무작위로 샘플을 채취하는 과정에서의 오차인 것으로 생각되었으며, 전체적으로 과방의 크기를 일정하게 조절하고 착과시키는

Table 2. Comparison of fruit growth characteristics according to crop load during the harvest period in 'Shine Muscat' grapes

Harvest time (DAFB ²)	Crop load (kg/10a)	Cluster weight (g)	Berry weight (g)	Berry length (mm)	Berry diameter (mm)
100	1,800	513.3 a ³	7.2 a	26.0 a	22.4 a
	2,100	511.3 a	7.1 a	25.9 a	21.7 a
	2,400	531.5 a	7.4 a	26.0 a	22.0 a
110	1,800	492.8 a	6.7 a	24.1 b	21.0 a
	2,100	520.4 a	7.2 a	25.8 a	21.3 a
	2,400	527.5 a	7.4 a	25.6 a	21.3 a
120	1,800	516.3 a	7.1 a	25.5 a	21.1 a
	2,100	481.0 a	6.9 a	26.1 a	21.4 a
	2,400	518.6 a	7.4 a	26.3 a	22.1 a
130	1,800	502.0 a	7.0 a	24.9 a	21.5 a
	2,100	521.0 a	6.5 a	24.6 a	20.3 a
	2,400	536.0 a	7.8 a	26.4 a	21.8 a

²Days after full bloom.

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

과방의 수에 따라 생산량을 조절할 경우 10a당 1,800 - 2,400kg까지의 범위에서 과립이나 과방의 발달은 차이가 없는 것으로 판단되었다.

Song et al.(2000)은 'Campbell Early' 포도에서 착과량을 다르게 처리할 경우 각 처리당 과방중이 수치상으로 차이는 있으나 통계적으로 유의차가 없고, 과립중은 착과량이 적을수록 무거워지는 경향이었다고 보고하였으며, Kok(2016)은 'Muscat Hamburg' 포도에서 송이숙기 한 생산구의 과방중이 그렇지 않은 생산구의 과방중보다 커진다고 보고하여 본 실험의 결과와는 일치하지 않았다. 본실험에서는 'Shine Muscat' 포도의 경우 10a당 2,400kg까지는 적절한 과방의 무게를 설정하면 착과량에 따른 생산량과 과실의 외적 특성에 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다.

착과량 조절에 따른 과실 품질을 조사하기 위하여, 가용성 고형물 함량, 산 함량, 경도 및 착색 단계를 비교하였다(Table 3). 가용성 고형물 함량의 경우 1,800, 2,100, 2,400kg/10a 생산구에서 각각 전체 평균, 19.2, 19.7, 18.2°Brix로 1,800 및 2,100kg/10a 생산구에서는 통계적 차이를 보이지 않았으나, 2,400kg/10a 생산구는 다른 생산구에 비해 가용성 고형물 함량이 1°Brix 이상 낮았다(Table 3).

산 함량은 1,800, 2,100, 2,400kg/10a 생산구에서 각각 0.35, 0.32, 0.37%로 그 차이가 크지는 않으나 2,400kg/10a 생산구의 산도가 1,800 및 2,100kg/10a 생산구에 비해 높은 것으로 나타났다. 당산비는 1,800, 2,100, 2,400kg/10a 생산구에서 각각 58.0, 63.1, 50.9로 2,100kg/10a 생산구가 가장 높았으며, 가용성 고형물 함량과 마찬가지로 2,400kg/10a 생산구가 다른 생산구에 비해 당산비가 낮았으며, 통계적으로 유의성이 인정되었다(Table 3).

경도는 1,800, 2,100, 2,400kg/10a 생산구당 각각 39.3, 41.6, 48.1N으로 착과량이 감소할수록 경도가 낮아지는 경향을 보였으며, 1,800 및 2,100kg/10a 생산구가 2,400kg/10a 생산구보다 낮게 조사되었다(Table 3).

수확된 과실들의 착색 단계를 비교해 본 결과, 1,800, 2,100, 2,400kg/10a 생산구에서 각각 평균 8.75, 9.14, 8.44로 조사되었다(Table 3). 1,800kg/10a 생산구가 2,400kg/10a 생산구보다 수치상으로는 높았으나 통계상 차이가 없는 것으로 조사되었으며, 2,100kg/10a 생산구가 가장 높게 조사되었다. 비록 Motonaga et al.(2015)이 개발한 Color Ripening Chart가 각 색의 단계에 따른 과실 품질을 제시하지는 않았으나, 일반적으로 과실의 색이 포도의 품질에 중요한 역할을 하며 착색이 가용성 고형물

함량과 산 함량 등의 과실 품질과 상관관계를 나타내므로 착색 단계를 이용하여 과실 품질 간의 상관관계를 분석하였다(Table 4). 상관분석 결과, 착색 단계는 가용성 고형물 함량과 양의 상관관계를, 산 함량과 음의 상관관계를 나타내며, 경도와는 상관관계를 나타내지 않는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 'Campbell Earlyly'와 'Kyoho' 포도에서 착과량 조절에 따라 착색도와 함께 과실의 품질에 차이가 있다고 보고한 결과와 같았다(Shim et al., 2007; Song et al., 2000).

착색에 영향을 미치는 엽록소와 carotenoid 함량을 분석한 결과, 엽록소 함량은 1,800, 2,100, 2,400kg/10a 생산구에서 엽록소 a 함량이 각각 0.20, 0.19, 0.23 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, 엽록소 b가 각각 0.17, 0.16, 0.20 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, 총 엽록소 함량이 각각 0.37, 0.34, 0.43 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 로 1,800, 2,100kg/10a 생산구에 비해 2,400kg/10a 생산구에서 더 높게 조사되었다(Table 5). 엽록소 함량의 감소가 성숙에 수반되는 현상임을 감안했을 때(Giovanelli and Brenna, 2007; Kamffer et al., 2010), 2,400kg/10a 생산구가 1,800 및 2,100kg/10a 생산구에 비해 성숙이 지연된 것으로 생각된다.

Carotenoid 함량의 경우, Lutein 함량은 1,800, 2,100, 2,400kg/10a 생산구에서 각각 0.24, 0.24, 0.24 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 로 각 생산구 별로 차이가 없는 것으로 조사되었다(Table 5). 하지만 β -carotene 함량의 경우, 각 샘플의 함량이 매우 미량으로 검출되어 분석이

Table 3. Comparison of average fruit quality from 100 to 130 days after full bloom according to crop load in 'Shine Muscat' grapes

Treatment (kg/10a)	SSC ^z (°Brix)	Acidity (%)	SSC /acidity	Firmness (N)	Color stage ^y
1,800	19.2 a ^x	0.35 b	58.0 a	39.3 b	8.75 ab
2,100	19.7 a	0.34 b	63.1 a	41.6 b	9.17 a
2,400	18.2 b	0.37 a	50.9 b	48.1 a	8.44 b

^zSoluble solids content.

^yMean color value digitized by using the color ripening chart from Motonaga et al. (2015).

^xMean separation within each columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 4. Correlation among fruit quality attributes in 'Shine Muscat' grapes

Instrumental attribute	Correlation coefficient between instrumental attributes				
	Color stage	SSC	Acidity	SSC/acidity	Firmness
Color stage	1.000				
SSC ^z	0.804 **	1.000			
Acidity	- 0.787 **	- 0.789 **	1.000		
SSC/acidity	0.813 **	0.894 **	- 0.944 **	1.000	
Firmness	- 0.016 ns	0.012 ns	- 0.057 ns	0.069 ns	1.000

^zSoluble solids content.

ns, ** Non-significant or significant at $p \leq 0.01$, respectively.

Table 5. Comparison of average fruit pigment contents from 100 to 130 days after full bloom according to crop load in 'Shine Muscat' grapes

Treatment (kg/10a)	Chlorophyll a ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)	Chlorophyll b ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)	Total Chlorophyll ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)	Lutein ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Total chlorophyll /lutein
1,800	0.20 b ^z	0.17 ab	0.37 b	0.24 a	1.9 a
2,100	0.19 b	0.16 b	0.34 b	0.24 a	1.9 a
2,400	0.23 a	0.20 a	0.43 a	0.24 a	2.1 a

^zMean separation within each columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

불가능하였다. 따라서 본 실험에서는 lutein 함량만을 이용하여 분석하였으며, 일반적으로 β -carotene이 청포도의 대표적인 성분이라고 생각할 때, 'Shine Muscat' 포도에서 lutein에 대표 성분으로 검출된 것에 대한 추후 시험이 더 필요할 것으로 생각되었다.

엽록소와 lutein의 비율은 1,800, 2,100, 2,400kg/10a 생산구에서 각각 1.9, 1.9, 2.1로 통계적 유의성은 없지만 2,400kg/10a 생산구가 다른 생산구에 비해 높은 것으로 조사되었다. 'Shine Muscat' 과 같은 청포도 품종의 황색 과실들은 anthocyanin 생합성의 비활성화에 의한 결과로 보고되었으며(kobayashi et al., 2004), Rustioni et al.(2015)은 이러한 anthocyanin이 없는 포도 품종에서 노랑색을 나타내는데 anthocyanin과 같은 색소 물질의 축적 대신 엽록소와 carotenoid와 같은 색소 물질의 이화 작용들이 관여한다고 하였다. 따라서, 엽록소와 carotenoid인 lutein 비율의 감소는 'Shine Muscat' 포도의 성숙에 동반한 착색의 정도를 간접적으로 의미하며, 본 실험에서는 통계적 유의성은 없지만, 1,800, 2,100kg/10a 생산구가 2,400kg/10a 생산구보다 엽록소와 lutein의 비율이 낮은 것으로 보아 생산량을 늘릴 경우 착색이 지연될 것으로 판단된다(Table 5).

결과적으로 가용성 고형물 함량, 산 함량, 당산비, 경도와 착색 단계를 비교해 보았을 때, 2,400kg/10a 생산구가 1,800 및 2,100kg/10a 생산구에 비해 과실 품질이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다(Table 3). 현재 'Shine Muscat' 포도재배 농가에서 정확한 재배기술이 정착되지 않았기 때문에 과다 착과를 시키는 경우가 많은데, 이렇게 외적 특성은 차이가 없지만 과실 품질에서 차이가 나기 때문에 적당한 착과 기준이 없다면 고품질 과실 생산이 어려울 수 있다고 판단된다. 또한, 이러한 결과는 다른 품종과 같이 착과량을 적게 조절할수록 과실 품질이 향상되는 이전의 연구들과 같은 결과를 보이거나, 1,800 및 2,100kg/10a 생산구에서 차이를 보이지 않았으므로 'Shine Muscat' 포도 재배 시 생산량을 10a당 2,100kg 내외로 조절하는 것이 생산량과 품질 측면에서 가장 좋은 결과를 얻을 수 있는 것으로 생각된다. 한편 본 실험에서는 1차 수확이 가능한 만개 100일후부터 일정하게 1/4씩을 수확하여 남아 있는 과실의 품질이 향상될 가능성을 배제할 수 없었다. 반면에 현장에서도 1차 수확 후에는 분산수확이 진행되므로 1/4씩 수확한 것과 실질적인 분산수확 시의 품질 차이를 정확하게 비교하기는 어려우나 2,100kg 이상을 수확하는 것은 품질을 저하시킬 것으로 판단되었다.

수확시기 설정

착과량에 따른 과실의 품질 변화를 비교하기 위해서, 품질에 차이가 없는 10a당 1,800kg 및 2,100kg 생산구를 대상으로 가용성 고형물 함량, 산 함량은 만개 후 40일부터 마지막 수확기인 만개 후 130일까지를 비교하였으며, 경도는 만개 후 47일부터 만개 후 130일까지, 착색 단계는 본 실험에서 설정한 만개 후 100일부터 130일까지 비교하였다.

가용성 고형물 함량은 성숙이 진행될수록 계속 증가하였으며, 만개 후 110일에는 1,800 및 2,100kg/10a 생산구에서 각각 19.2, 19.6°Brix로 Yamada et al.(2008)이 이야기한 'Shine Muscat'의 평균 당도인 19°Brix보다 높았으며, 만개 후 130일에는 각각 20.4, 20.8°Brix로 높아졌다(Fig. 2). 일반적으로 포도의 가용성 고형물 함량은 변색기 이전에는 매우 낮은 수준을 유지하다가 변색기 직전에 급증하는 것으로 보고되었으나(Kim et al., 1998), 본 연구에서는 만개기 이후 지속적인 증가 패턴을 보여 기존의 보고와는 다른 결과를 보였으며, 포도 품종별 가용성 고형물 함량의 증가에 관하여 더 깊은 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

산 함량 변화 역시, 모든 생산구에서 동일한 경향을 보여주었으며, 과립비대 초기인 만개 후 47일까지는 산 함량이 증가하다가 그 이후부터는 계속 감소하였고, 만개 후 110일 이후부터는 더 이상 감소하지 않고 일정하게 유지되었다. 당산비 역시, 성숙이 진행되면서 계속 증가하다가 만개 후 110일 이후부터 일정하게 나타났다(Fig. 2). 경도의 경우 과실 발달 초기에 급격히 감소한 후 만개 후 75일부터는 일정하게 유지되었다(Fig. 2).

착색 단계의 변화는 만개 후 120일에 최대치에 도달하였다가 약간 감소하는 경향이었으나 변화폭이 크지는 않았다(Fig. 3). 이는 포도의 과피색을 기준으로 수확기를 설정할 경우 만개 후 120일이 수확 적기라는 뜻으로 해석할 수 있으나 과실의 품질 측정이 동반되지 않아 품질과 착색을 동시에 비교하여 수확기를 설정하는 것이 보다 정확할 것으로 생각된다.

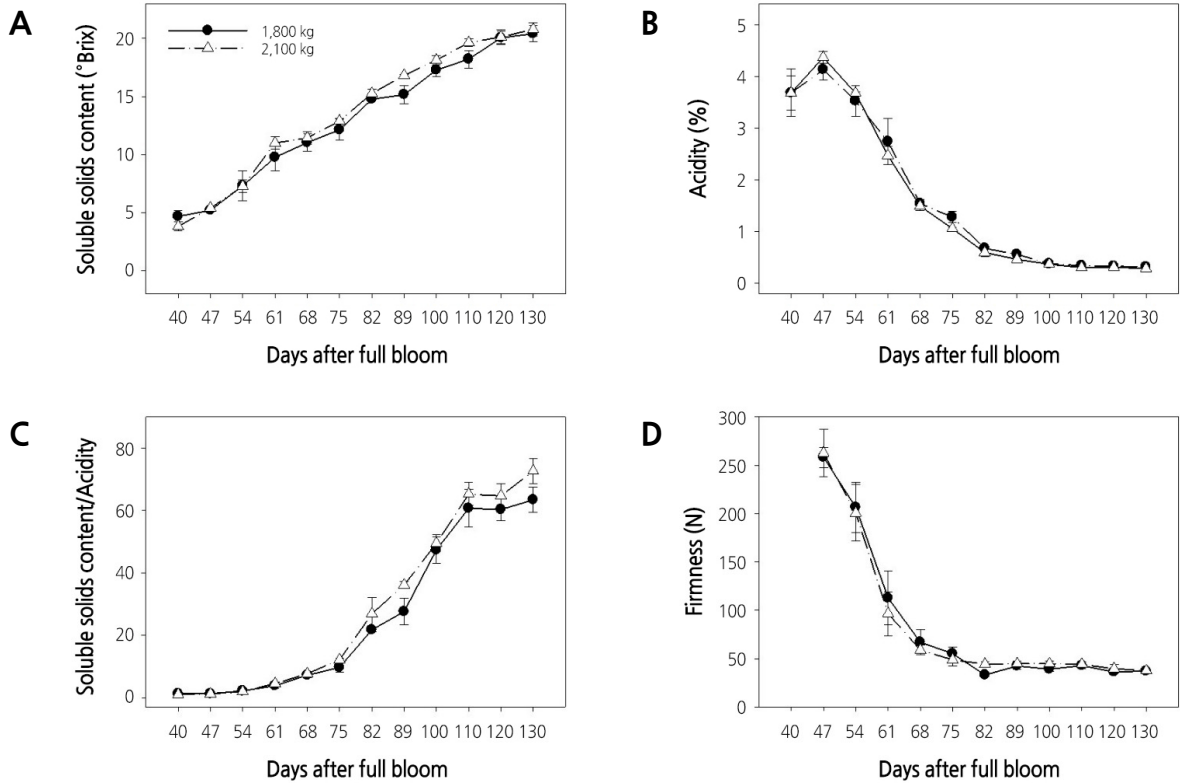


Fig. 2. Changes of soluble solids content (A), acidity (B), soluble solids content/acidity (C), and firmness (D) according to crop load in 'Shine Muscat' grapes. Vertical bars indicate standard error of the mean.

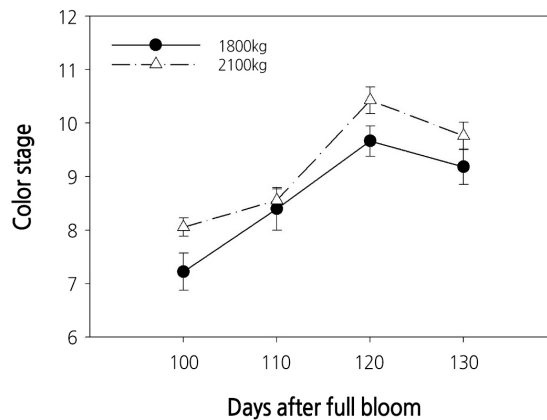


Fig. 3. Changes of color stage according to crop load in 'Shine Muscat' grapes during harvest. Vertical bars indicate standard error of the mean.

따라서 가용성 고형물 함량은 만개 후 120일부터 산 함량과 당산비는 110일 이후부터 큰 변화가 없고 경도의 경우 만개 후 75일부터 차이가 나지 않아 품질과 착색을 종합하여 판단할 경우 'Shine Muscat'의 적정 수확기는 착색 단계가 최고치에 달하는 120일 전후로 생각되며 만개 후 110일에도 수확이 가능하나, 착색이 불량할 수 있는 것으로 조사되었다. 이 또한 위의 실험과 마찬가지로 만개 후 100일부터 1/4씩 수확하여 현장에서의 분산수확과 정확한 비교는 어려우나 지속적인 수확에도 불구하고 만개 후 110일까지는 착색이 불량하여 최소한 120일 이후가 되어야 착색 단계가 최고치에 도달할 것으로 판단되었다.

숙기 판정용 칼라 차트 개발

기존의 일본의 연구에 의하면 'Shine Muscat' 포도의 색을 기준으로 착색 단계를 7단계로 나누는 방법이 시도되었으나 각 단계의 색상 차이가 육안으로 판별하기 어려워 5개의 단계로 나누어 칼라 차트를 만드는 방법이 제안되었고(Kobayashi et al., 2012), Motonaga et al.(2015)도 구체적으로 수확 기준을 위한 분석이라면, 12단계의 색상 스케일은 불필요하고 수확 적기의 색상을 포함한 전후의 몇 단계의 색상 스케일로 충분하다고 하였다. 따라서 숙기 판정을 위한 칼라 차트를 만들기 위하여 본 연구에서도 z점수로 표준화한 가용성 고형물 함량, 산 함량, 엽록소 함량, lutein 함량과 hue 값의 평균 데이터를 이용해 2,100kg/10a 생산구의 시기별 데이터를 덴드로그램을 참고하여 기존의 연구에서 제안된 것처럼 5개의 군집으로 군집화하였다. 결과적으로 만개 후 40, 47, 54일을 1단계로, 만개 후 61, 68일을 2단계로, 75일을 3단계로, 만개 후 82, 89일과 수확기인 100일을 4단계로, 나머지 만개 후 110, 120, 130일을 5단계로 분류하였다(Fig. 4).

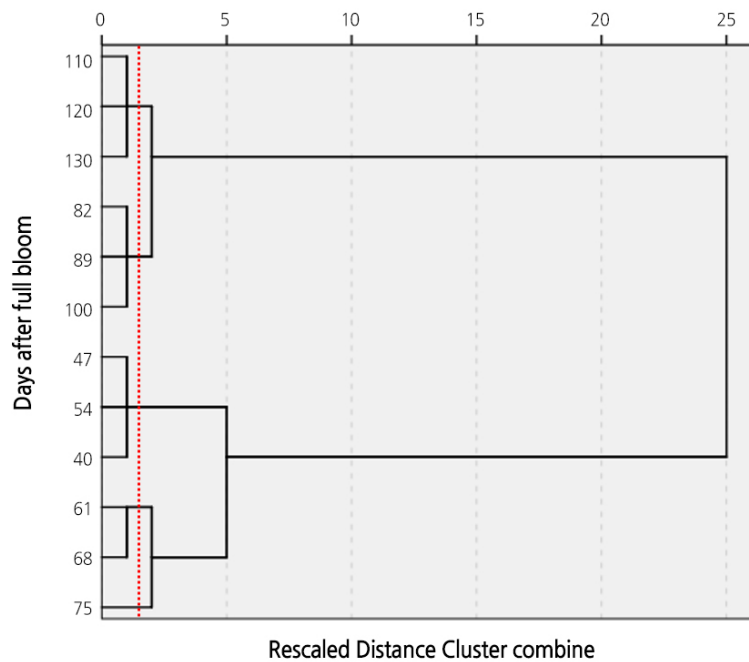


Fig. 4. Dendrogram showing classification of datasets by a hierarchical cluster analysis using ward's method for 'Shine Muscat' grapes. The datasets of soluble solids content, acidity, chlorophyll content, lutein content and hue value were input into the cluster analysis as variables. The red dotted line means selection criteria for five clusters.

군집분석을 통해 분류된 각 시기에 따른 과실의 품질과 색소 함량을 조사하였다(Table 6). 과방중과 종경, 횡경의 경우, 1단계와 2단계, 3단계와 4단계 사이에서 증가하였다. 가용성 고형물 함량은 1단계부터 5단계까지 생육 단계가 진전되면서 계속 증가하였다. 산 함량의 경우, 4단계까지는 계속 감소를 하다가 그 이후 통계적 유의성을 보이지 않았다. 당산비는 산 함량과는 반대로 3단계 이후에 빠르게 증가하였다. 경도는 매 단계별로 계속 감소하였으며, 특히 3단계까지 빠르게 감소하다 그 이후부터는 수치상으로 감소는 하지만 유의하지 않았다. 엽록소 함량은 2단계와 3단계 사이에서 감소하였고 lutein 함량은 단계가 진행될수록 감소하였다. Hue 값은 3단계와 4단계 사이에서 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 종합해보면, 과실의 크기가 증가하지 않은 2단계와 3단계 사이를 기준으로 일반적으로 포도가 나타내는 생장양식인 이중S자형을 나타냈다. 또한, 포도의 착색은 두번째의 급속한 생장기와 함께 시작하는데 본 실험에서도 3단계 이후부터 엽록소 함량이 감소하면서 착색의 지표인 Hue 값이 감소하였고, 4단계에서는 이전 단계들과 비교하여 유의성이 인정되었다.

Table 6. Comparison of fruit qualities and pigment contents according to development stage in 'Shine Muscat' Grapes

Development stage	Cluster weight (g)	Berry length (mm)	Berry diameter (mm)	SSC ^z (°Brix)	Acidity (%)	SSC /acidity	Firmness (N)	Total Chlorophyll (µg·cm ⁻²)	Lutein (µg·g ⁻¹)	Hue value (°)
Stage 1 DAFB ^y 40 - 54	205.2 c ^x	21.4 d	16.9 c	5.5 e	3.91 a	1.4 c	221.5 a	0.48 ab	1.76 a	73.6 a
Stage 2 DAFB 61 - 68	316.2 b	23.3 c	19.5 b	11.2 d	1.98 b	6.1 c	77.8 b	0.49 a	1.16 b	73.7 a
Stage 3 DAFB 75	394.7 b	23.9 bc	20.3 ab	12.9 c	1.06 c	12.2 c	48.9 c	0.40 abc	0.62 c	70.7 a
Stage 4 DAFB 82 - 100	487.2 a	25.7 ab	21.4 a	17.3 b	0.44 d	42.3 b	44.7 c	0.38 bc	0.30 d	64.7 b
Stage 5 DAFB 110 - 130	508.6 a	25.3 a	20.9 a	20.2 a	0.30 d	67.6 a	40.5 c	0.39 c	0.24 d	62.6 b

^zSoluble solids content.

^yDays after full bloom.

^xMean separation within each columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

'Shine Muscat' Grape Color Chart for harvest determination

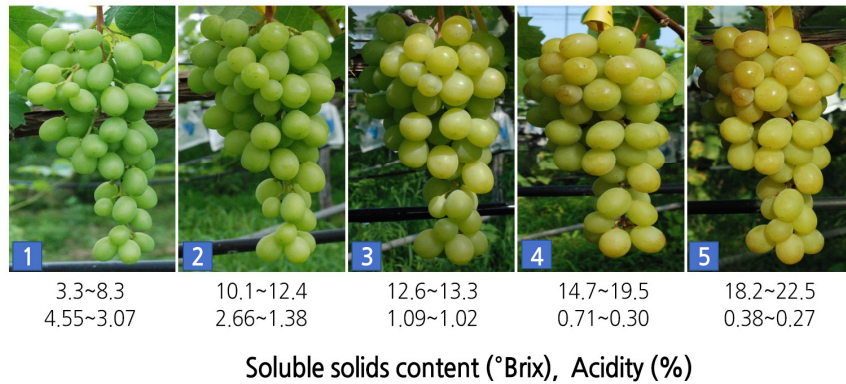


Fig. 5. Different ripening stages and color chart for 'Shine Muscat' grapes.

결과적으로 각 단계에 따른 가용성 고형물 함량과 산 함량의 적정 범위를 구하여 착색 지표와 함께 과실의 품질 지표를 함께 고려한 칼라 차트를 작성하였으며 시기를 5단계로 구분하였다(Fig. 5). 착색을 기준으로 할 때 본 논문에서 제시한 4단계에서도 수확이 가능하나 품질의 변이가 커 5단계가 수확적기로 생각된다. 각 착색 단계에 해당하는 과실 품질을 병기하여 본 칼라 차트를 이용하여 일정한 품질의 과실을 외관상 착색도를 통해 수확할 수 있도록 하였으며, 개발된 칼라 차트는 'Shine Muscat' 포도를 재배하는 농가에서 균일한 고품질의 포도를 생산하는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

초 록

본 연구에서는 국내에서 재배되고 있는 'Shine Muscat' 포도의 적정 착과량과 수확기를 구명하고, 과피색을 기준으로 한 숙기 판정용 칼라 차트를 개발하고자 하였다. 충청남도 천안 소재 농가 포장에서 실험을 수행하였으며, 생산량은 10a당 1,800,

2,100, 2,400kg으로 조절하였다. 10a당 2,400kg까지는 생산량이 증가해도 과실 크기에 차이가 없었으나, 과실 품질은 10a당 2,400kg 생산구가 다른 생산구에 비해 가용성 고형물 함량이 낮고 산 함량과 경도가 높으며 착색이 불량한 것으로 조사되었다. 엽록소 함량 또한 10a당 2,400kg 생산구가 다른 생산구에 비해 높게 조사되어, 고품질 과실 생산을 위해서는 ‘Shine Muscat’ 포도 재배 시 생산량은 10a당 2,100kg 이내로 조절하여야 할 것으로 생각되었다. 1,800kg 및 2,100kg 생산구의 시기별 과실 품질에 있어서 가용성 고형물 함량은 성숙이 진행될수록 계속해서 증가하였으며, 산 함량 및 당산비 모두 성숙이 진행될수록 계속 증가하다가 만개 후 110일 이후부터는 변화 없이 일정하게 유지되었다. 반면에 착색은 만개 후 120일에 최고치에 도달하였다. 따라서 ‘Shine Muscat’ 포도 재배 시 생산량을 10a당 2,100kg 이내로 조절하여, 만개 후 120일 이후에 수확하는 것이 생산 성과 과실 품질을 동시에 충족시키는 데 효과적인 것으로 생각된다. ‘Shine Muscat’ 포도의 숙기 판정용 칼라 차트를 개발하기 위해, 생육기를 5 단계로 구분하여, 이러한 단계들을 기준으로 과실의 품질과 색소 함량을 비교하였으며, 가용성 고형물 함량과 산 함량의 적정 범위를 구하여 칼라 차트를 작성하였다.

추가 주요어 : 산 함량, 균집화, 착색, 칼라 차트, 가용성 고형물 함량

Literature Cited

- Bunea CL, Pop N, Babes AC, Matea C, Dulf VF, Bunea A (2012) Carotenoids, total polyphenols and antioxidant activity of grapes (*Vitis vinifera*) cultivated in organic and conventional systems. *Chem Cent J* 6:66. doi:10.1186/1752-153X-6-66
- Cheon MG, Kim YB, Kim SR, Lee KM, Hong GP, Kim JG (2015) Effects of crop loads on vine growth and fruit quality of ‘Jinok’ grape in unheated plastic house. *Protected Hortic Plant Fac* 22:49-54. doi:10.12791/KSBEC.2013.22.1.049
- Choi LM, Park HS, Cho MD, Yun CJ (1996) Improvement of analytical method of chlorophylls in grape peel in the case of the presence of anthocyanins. *Korean J Hortic Sci Technol Sci* 14:632-633
- Giovanelli G, Brenna OV (2007) Evolution of some phenolic components, carotenoids and chlorophylls during ripening of three Italian grape varieties. *Eur Food Res Technol* 225:145-150. doi:10.1007/s00217-006-0436-4
- Jung MH, Kwon YH, Lee BHN, Park YS, Park HS (2014) Fruit quality and harvest time of ‘Heukboseok’ grape by fruit load. *Korean J Hortic Sci Technol* 32:289-295. doi:10.7235/hort.2014.131212
- Kamffer z, Bindon AK, Oberholster A (2010) Optimization of a method for the extraction and quantification of carotenoids and chlorophylls during ripening in grape berries (*Vitis vinifera* cv. Merlot). *J Agric Food Chem* 58:6578-6586. doi:10.1021/jf1004308
- Kaur M, Kaur U (2013) Comparison between K-mean and hierarchical algorithm using query redirection. *IJARCSSE* 3:1454-1459. doi:10.15680/IJARCSSE.2016.0406148
- Kim SA, Ahn SY, Yun HK (2017) Transcriptomic changes in dormant buds of two grapevine cultivars following exposure to freezing temperature. *Hortic Environ Biotechnol* 58:152-161. doi:10.1007/s13580-017-0147-8
- Kim SK, Nam YS, Oh JH, Choi DY, Park JC (1998) Seasonal changes in concentrations of sugar, organic acid, and anthocyanin in grapes (*Vitis* spp.). *Korean J Hortic Sci Technol Sci* 39:412-416
- Kobayashi K, Udo Y, Suzuki F, Kushida K (2012) Development of the color chart and a dedicated grasp of proper time of harvesting of grape ‘Shine Muscat’. *Y-CROST Res Rep* 7:75-78
- Kobayashi S, Yamamoto NG, Hirochika H (2004) Retrotransposon-induced mutations in grape skin color. *Science* 304:982-982. doi:10.1126/science.1095011
- Kok D (2016) Variation in total phenolic compounds, anthocyanin and monoterpene content of ‘Muscat Hamburg’ table grape variety (*V. vinifera* L.) as affected by cluster thinning and early and late period basal leaf removal treatments. *Erwerbs-Obstbau* 58:241-246. doi:10.1007/s10341-016-0283-9
- Moon JS, Hur YY, Jung SM, Choi YJ, Nam JC, Park JG, Koh SW (2017) Transcript profiling of native Korean grapevine species *Vitis flexuosa* exposed to dehydration and rehydration treatment. *Hortic Environ Biotechnol* 58:66-77. doi:10.1007/s13580-017-0064-x
- Motonaga Y, Nedu K, Suzuki T, Kobayashi K, Saito Y (2015) Color ripening chart for ‘Shine Muscat’ grape for *in situ* evaluation. *Agric Inf Res* 24:1-14
- Okayama Prefecture Web site (2012) Final research results major achievements in Heisei 24. Okayama Prefecture Web site Available via <http://www.pref.okayama.jp/page/342352.html> Accessed 07 August 2018
- Park SJ, Jung SM, Kim JB, Choi IM, Song GC (2009) Marking Hongsul grape color chart for determinate maturation. *Korean J Hortic Sci Technol* 27(Suppl. I):100
- Park SJ, Kim JB, Choi IM, Yun SK, Ryou MS (2007) Marking ‘Campbell Early’ grape color chart for determinate maturation. *Korean J Hortic Sci Technol* 25:88-88

- Rustioni L, Rocchi L, Failla O** (2015) Effect of anthocyanin absence on white berry grape (*Vitis vinifera* L.). *Vitis* 54:239-242
- Shim SB, Kwon YH, Hong YP, Park HS** (2007) Comparison of fruit quality and vegetative growth in 'Kyoho' grape by crop load and thinning. *Korean J Hortic Sci Technol* 25:389-393
- Song GC, Choi IM, Cho MD** (2000) Cold hardiness in relation to vine management in 'Campbell Early' grapevines. *Korean J Hortic Sci Technol* 18:387-390
- Yamada M, Sato A** (2016) Advances in table grape breeding in Japan. *Breed Sci* 66:34-45. doi:10.1270/jsbbs.66.34
- Yamada M, Yamane H, Sato A, Hirakawa N, Iwanami H, Yoshinaga K, Ozawa T, Mitani N, Shiraishi M, et al** (2008) New grape cultivar 'Shine Muscat'. *Bull Natl Inst Fruit Tree Sci* 7:21-38