

과방중 및 지베렐린 농도에 따른 ‘Shine Muscat’ 포도의 과피갈변 발생 양상

박준영^{ID} · 정명희^{ID} · 박희승^{ID}

중앙대학교 생명자원공학부 식물생명공학과

Occurrence of Skin Browning according to Cluster Weight and the Gibberellic Acid (GA₃) Concentration in ‘Shine Muscat’ Grapes

JunYoung Park^{ID}, MyungHee Jung^{ID}, and Hee-Seung Park^{*}^{ID}

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

*Corresponding author: koussa@cau.ac.kr

Abstract

This study aimed to investigate the occurrence of skin browning during the ripening period of ‘Shine Muscat’ grapes to determine the appropriate cluster weight and concentrations of gibberellic acid (GA₃), a growth regulator for seedless cultivation, required to achieve optimal fruit production. In the first study year, the yield was adjusted to 2,400 kg per 10 a and the cluster weight was categorized at 500, 700, and 900 g. Weak skin browning and severe external damage were evident from 70 and 91 days after full bloom, respectively, with approximately 20% occurrence in all treatment groups until 105 days after full bloom. In the final investigation (112 days after full bloom), the 500 and 700 g cluster weight groups showed approximately 40% of serious skin browning, while the 900 g cluster weight group showed approximately 20%. The 900 g cluster weight group had a low occurrence of browning but poor fruit quality. Meanwhile, the 700 g cluster weight group had a high occurrence of physiological disorders such as fruit cracking and ripe rot. Therefore, when producing 2,400 kg per 10 a, harvesting approximately 105 days after full bloom with a cluster weight of 500 g would be optimal to obtain high-quality fruits. In the second study year, with a yield of 2,400 kg per 10 a and 500 g cluster weight as the standard, GA₃ treatments of 0 (untreated control group), 12.5, 25, and 50 ppm were tested. Weak skin browning occurred from 64 days after full bloom, increasing rapidly in the untreated group. The highest external damage rate was observed in the untreated group, with 51.1% occurrence of skin browning at harvest. In contrast, there was no significant difference between the 12.5 and 50 ppm groups, with the lowest external damage rate in the 25 ppm group. Fruit quality was lowest in the untreated group. At harvest, fruit cracking and ripe rot increased in all groups. Hence, harvesting approximately 110 days after full bloom would be optimal. There were no significant differences among the GA₃ treatment groups until 110 days after full bloom. Therefore, based on the two-year experimental results, when producing 2,400 kg per 10 a, the optimal conditions for producing high-quality fruit and reducing skin browning would be a cluster weight of 500 g and GA₃ treatment of 25 ppm, with harvesting approximately 110 days after full bloom.

Received: April 14, 2023

Revised: May 12, 2023

Accepted: June 19, 2023

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY
41(6):645-655, 2023
URL: <http://www.hst-j.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©2023 Korean Society for Horticultural Science.

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로
한 국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.
2020 R1F1A1071626).

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ01570704
2022)의 지원에 의해 수행되었음.

Additional key words: fruit quality, growth regulator, harvest, physiological disorder, yield

서 언

갈변은 여러 과수에서 발생하는 증상으로 주로 과실의 과피나 과육에서 갈색으로 색의 변형이 일어나 과실의 품질에 영향을 미치는 현상이다. 갈변에 관한 연구로는 저장 조건에 따른 'Fuji' 사과의 과육 갈변(Lee and Choi, 1997), 동양배 'Niitaka' 품종의 과피 얼룩 및 과심 갈변 장해에 대한 연구(Whang et al., 2003), 근적외선을 사용하여 비파괴적 방법으로 내부 갈변 사과를 판별하는 연구(Kim and Lim, 2021) 등이 수행되었다. 포도에서는 저장 중 과정의 갈변(Hamie et al., 2022; Unal et al., 2022), 저장 중 충격 혹은 진균 감염으로 인한 내부 갈변(Daniels et al., 2021) 등 주로 저장과 관련된 연구가 진행되었으며, 'Shine Muscat' 이전에는 국내에서는 대부분 흑포도 품종이 재배되어 과피의 갈변에 관한 연구는 거의 진행된 바가 없다. 과피에 관해서는 적포도인 'Crimson Seedless' 포도에서 착색과 포도의 품질 향상을 위해 기존에 처리되던 에테폰와 그 대체제로써 brassinolide 처리와 환상박피를 통한 비교 연구(Belal et al., 2022)나 청포도인 'Shine Muscat' 포도에서 수확기 포도의 숙기별 과방의 색 비교를 통한 color chart를 만드는 연구(Kim et al., 2019) 등 진행되었지만 갈변 연구와는 거리가 있다.

'Shine Muscat' 포도는 대립계 청포도 품종으로 높은 당도와 낮은 산도 및 얇은 껍질 등 우수한 품질의 포도 품종으로(Yamada et al., 2008), 국내에서도 2022년 기준 가장 많은 재배면적을 차지하고 있으며 대부분 GA₃를 처리하여 무핵재배를 하고 있다. 반면에 성숙기에 과피에 갈색의 반점이 생겨나 시간이 지남에 따라 그 반점이 합쳐지고 커져 얼룩 형태로 남아 고품질 'Shine Muscat' 포도 생산에 어려움이 있다. 다른 청포도 품종인 'Suihou' 포도에서도 성숙이 빠른 과실에서 과피갈변이 많이 나타나는 것으로 보고되었으며(Ogoro et al., 2007), 'Shine Muscat' 포도에서는 만개 후 70~80일 경부터 발생하는 것으로 알려져 있다(Suehiro et al., 2014). 한편 국내에서 진행된 대부분의 GA₃ 처리 관련 연구는 'Kyoho' 포도 품종을 대상으로 하였으며(Jeong et al., 1998), 국내 'Shine Muscat' 포도의 경우 'Kyoho' 품종을 기준으로 하거나 재배 경험상 더 나은 방법을 채택하여 재배를 하고 있다.

따라서 본 연구에서는 'Shine Muscat' 포도를 대상으로 10a 당 목표 착과량 2,400kg을 기준으로 과피갈변의 시기별 발생 빈도를 파악하고 과실 품질을 조사하여 과피갈변의 발생 경감과 함께 고품질 과실을 재배할 수 있는 적정 과방중을 구명하고 더 나아가 과피갈변 경감 및 고품질 과실에 유리한 적정 Gibberellic acid 처리 농도를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

2020년에 진행된 1년차 연구에서는 경기도 안성시에 위치한 포도 과원에서 2.5m x 2.8m 간격으로 재식 되어있는 5~6년생 성목 'Shine Muscat' 포도 품종을 이용하여 실험을 진행하였다. 재배 조건은 모든 처리구를 10a 당 2,400kg의 착과량에 맞추어 재배하였으며, 처리구 별로 무핵처리하여 농가에서 주로 생산하는 과방중 700g을 기준으로 목표 과방중을 500g, 700g, 900g으로 나누어 처리구당 3반복으로 실험을 진행하였다. 만개기에 과립의 무핵화를 위해 1차처리로 GA₃(아이에이피 지베렐린 수용제, 장유산업, Korea) 25ppm을 단용 처리하고 만개 후 14일에 과실 비대를 목적으로 2차처리를 GA₃ 25ppm과 함께 Thidiazuron(더크리, 바이엘 크롭사이언스, Korea) 2.5ppm을 혼용처리 하여 실험을 진행하였다.

2년차 연구에서는 충청남도 천안시에 위치한 포도 과원에서 3m x 2.5m 간격으로 재식되어 있는 2021년 기준 5~6년생 성목 'Shine Muscat' 포도 품종을 이용하여 실험을 진행하였다. 재배 조건은 작년 결과 중 가장 우수했던 10a 당 2,400kg의 착과량에 과방중을 500g으로 맞추어 재배하였다. GA₃ 농도는 12.5ppm, 25ppm, 50ppm로 구분하여 처리하였으며 추가적으로 아

무 처리를 하지 않은 무처리구까지 총 4개의 처리구로 설정하고 처리구당 4반복으로 실험을 진행하였다. GA₃를 처리하는 처리구의 처리 시기는 작년과 동일하게 만개기에 과립의 무핵화를 위해 1차처리로 GA₃(아이에이피 지베렐린 수용제, 장유산업, Korea)를 각 처리구 농도에 맞추어 단용 처리하고 만개 후 14일에 과실비대를 위해 2차처리를 각 처리구 농도에 맞는 GA₃에 더해 Thidiazuron(더크리, 바이엘 크롭사이언스, Korea) 2.5ppm을 동일한 농도로 혼용처리 하여 실험을 진행하였다.

실험 방법

1년차 연구에서는 Suehiro et al. (2014)의 연구에서 과피갈변이 만개 후 70일에 처음 조사되었다는 결과를 참고하여 과피갈변 발생 조사 시기를 만개 후 70일을 시작으로 7일 간격으로 총 7회를 진행하였다. 과피갈변 조사방법은 알숙기를 마치고 백색 봉지로 패대 되어있는 각 과방의 봉지 하단을 조사 시기마다 열어 과피갈변 발생 유무 및 발생 단계 정도를 파악하고 다시 스테이플러를 이용해 닫았으며 생육시기가 진행됨에 따라 일어나는 열과 및 탄저병에 의한 피해 과립은 따로 제거하지 않고 수확기 품질 조사에 발생 비율을 체크하였다.

2년차 연구에서는 작년 조사에서 만개 후 70일 조사에서 이미 발생을 시작한 결과를 참고하여 더 이른 만개 후 50일부터 7일 간격으로 총 10회를 진행하였다. 과피갈변 조사 등 그 외의 사항은 동일한 방법으로 진행하였다.

과피갈변은 총 4 단계로 구분하였으며 과방내 모든 과립이 Fig. 1A와 같이 과피갈변이 발생하지 않은 무발생 과방을 0단계, Fig. 1B와 같이 기준 과립 표면 30% 미만의 미세한 점과 같은 약한 과피갈변이 일어난 과방을 1단계, Fig. 1C와 같이 기준 과립 표면의 약 30 - 70% 정도 반점이 커져 쉽게 육안으로 쉽게 과피갈변이 구분되는 과방을 2단계, Fig. 1D와 같이 기준 과립 표면의 70% 이상 거의 모든 표면을 갈변으로 덮인 과립을 가진 과방을 3단계로 정하였다. 추가적으로 3단계의 과피갈변이 일어난 과방에서 과방내 과립수의 50% 이상에서 과피갈변이 발생하여 피해가 심각한 과방의 비율을 별도로 조사하였다.

수확기 과실 품질 조사를 위해 1년차에는 'Shine Muscat' 포도를 만개 후 100일, 110일 및 지연수확 가능성을 확인하기 위한 130일 총 3회 1/3씩 무작위로 수확하였고, 2년차에는 100일부터 130일까지 10일 간격으로 총 4회 1/4씩 무작위로 수확하여 주요 과실 품질인 과립중, 횡경, 당도, 산도, 열과 발생률, 탄저병 발생률, 경도 및 엽록소 함량을 조사하였다.

과피갈변 과립과 정상 과립의 해부학적 차이를 관찰하기 위해 과피갈변이 발생한 과립의 적도면과 정상 과립의 적도면을 채취하여 관찰하였다. 2.5% Glutaraldehyde 용액(Glutaraldehyde 25% Aqueous Solution, Ted Pella Inc, USA)으로 1차 고정 한 뒤 1% Osmic acid 용액(Osmium Tetroxide 4% Aqueous Solution, Ted Pella Inc, USA)으로 2차 고정하고 40 - 100% ethanol(Ethyl Alcohol Anhydrous, 대정화금, Korea)을 이용하여 탈수하였다. 탈수된 절편은 ethanol과 propylene oxide [(±)-Propylene oxide, Sigma-Aldrich, USA]을 1:1로 섞은 용액에 15분간 침지 후 100% propylene oxide 용액으로 유리화 하고 propylene oxide와 Embed-812(EMBED 812 RESIN, Electron Microscopy Science, USA), DDSA(DDSA - Dodenyl

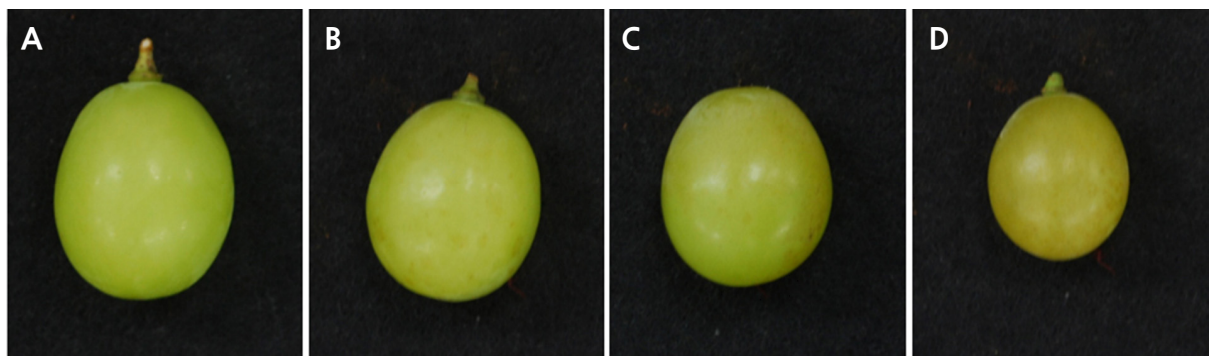


Fig. 1. Three stages of skin browning symptoms in 'Shine Muscat' grapes. (A) normal, (B) first stage, (C) second stage, and (D) third stage.

Succinic Anhydride Specially Distilled, Electron Microscopy Science, USA), NMA(NADIC METHYL ANHYDRIDE, Electron Microscopy Science, USA)를 섞어 만든 epon 용액을 각각 2:1, 1:1로 섞은 용액에 1시간 이상 침지 후 epon 용액에 하룻밤 동안 담가 두었다. Epon 용액이 충분히 흡수된 절편을 다음날 DMP-30(DMP-30, Electron Microscopy Science, USA)이 첨가된 epon을 이용하여 silicon mold(Embedding Mold, Ted Pella Inc, USA)에 넣고 60°C에서 3일간 경화시켜 block을 제작하였다. 완성된 block은 ultramicrotome(PT-X, RMC, USA)을 이용하여 1 μ m로 자른 후 0.5% Periodic acid(Periodic acid, JANSSEN, USA), Schiff's reagent(Fuchsin basic, 대정화금, Korea), 1% Sodium bisulfate(Sigma-Aldrich, Sodium bisulfite, USA)에 각각 30분, 15분, 15분간 처리하여 염색하였다. 염색된 시료는 광학현미경(BX51, Olympus, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

그래프 작성

그래프 작성은 Sigmaplot(Sigmaplot v12, SPSS Inc, USA) 프로그램을 이용하여 multiple line & scatter-error bars를 실시하여 성숙 기간에 따른 변화와 처리구별 유의성을 분석하였다.

통계 분석

통계 분석은 PASW Statistics(PASW Statistics 18, SPSS Inc, USA) 프로그램을 이용하여 Duncan 다중검정($p = 0.05$)을 실시하여 처리구별 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

'Shine Muscat' 포도의 과피갈변 증상

과피갈변의 진행 단계를 실체현미경으로 검정한 결과 과피갈변이 발생하지 않은 과피 표면과 비교하여 2-4단계 까지는 연한 갈색 반점이 조그맣게 나타나기 시작하여 반점들이 합쳐지고 갈변 부위가 계속 넓어지는 것으로 조사되었다(Figs. 1 and 2). 이와 같이 작은 반점들이 주변의 반점들과 합쳐지면서 과일의 대부분을 덮는 생리장해는 배 품종인 'Whangkeumbae'의 동녹 발생이 유사하게 진행되는 것으로 보고되었으나 'Whangkeumbae' 배의 경우 코르크 세포들이 관찰되는데 반해 'Shine Muscat' 포도는 코르크 세포가 형성되지 않으며, 'Niitaka' 배의 과피흑변이나 사과와 과육갈변 같은 증상도 보이지 않아 명확한 기작 구명을 위해서는 향후 연구가 더 필요할 것으로 생각된다. 최종 4단계의 과피갈변은 조사된 과립의 표피 대부분이 갈변된 형태를 보였으며 전체적인 과립의 색이 갈색으로 조사되었다(Fig. 2D).

광학현미경으로 정상부위와 과피갈변 부위를 검정한 결과 'Shine Muscat' 포도 과피의 정상 부위는 한층의 외표피와 2-3층의 아표피로 구성되어 있으나 과피갈변 조직의 아표피는 정상과보다 1-2층 많으며 세포 크기도 더 큰 것으로 조사되었다. 따라서 과피갈변 발생 부위에서 표피가 더 두꺼웠으며, 아표피의 세포벽이 두껍고 각피층의 발달이 미흡할 뿐만 아니라 정상과에 비해 많은 탄닌이 관찰되었다. 반면에 액포막이 파괴되고 노화가 진행된 세포들이 많이 발견되어 조직과 세포의 성숙이 불균일하게 진행되고 있는 것으로 관찰되었다(Fig. 3). 포도 과일의 성숙 과정에서 나타나는 변화에는 아표피 세포들이 과육 세포로 분화면서 세포벽이 얇아지고 액포 내의 탄닌이 분해되는 과정이 동반되는데(Fougère-Rifot et al., 1997), 과피갈변 부위에서는 이러한 과정없이 세포의 노화가 진행되는 것으로 조사되었다. 따라서 과피갈변은 부분별로 정상적인 성숙이 진행되지 못한 채 노화가 진행되어 나타나는 생리장해로 생각되며 청포도에서 많이 발생되는 동녹과는 다른 형태를 나타내는 것으로 관찰되었다. 'Shine Muscat' 포도에서 나타나는 과피갈변은 기존에 보고된 과피에 나타나는 생리장해들이나 갈변들과는 발생 원인이 다른 것으로 판단되어 이에 대한 연구가 추후 더 필요할 것으로 생각되었다.

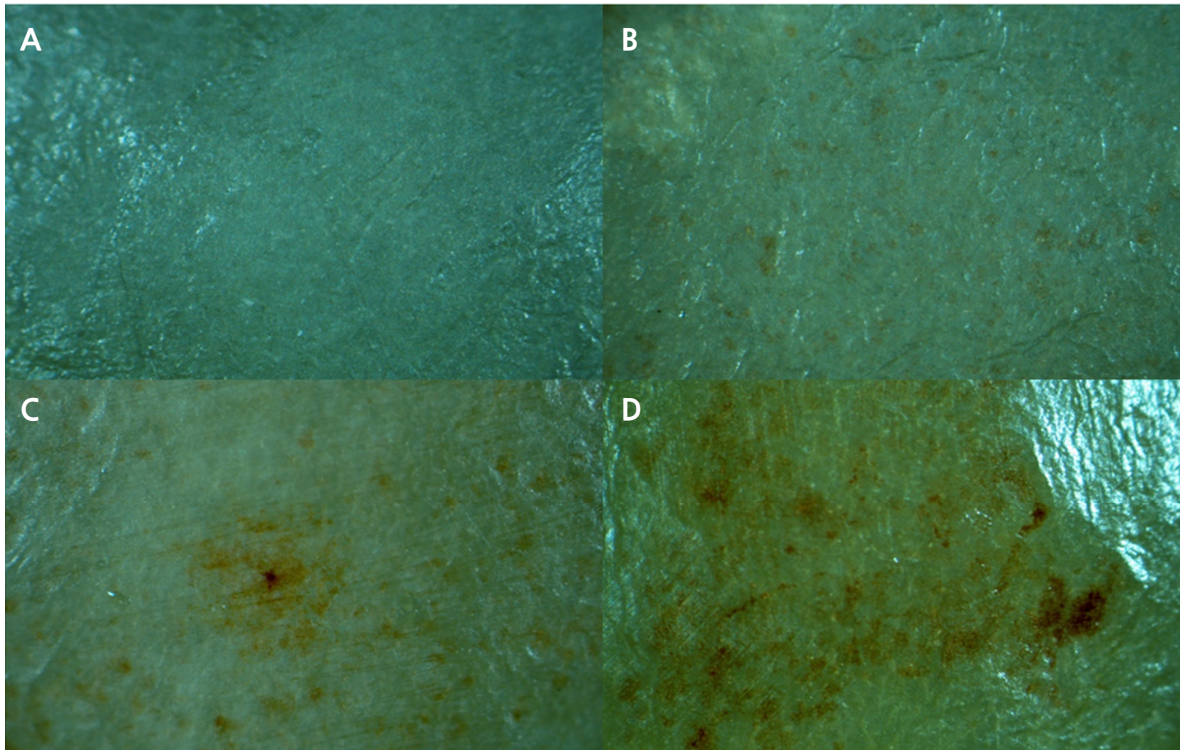


Fig. 2. Three stages of skin browning symptoms in 'Shine Muscat' grapes according to a stereomicroscope. (A) normal, (B) first stage, (C) second stage, and (D) third stage.

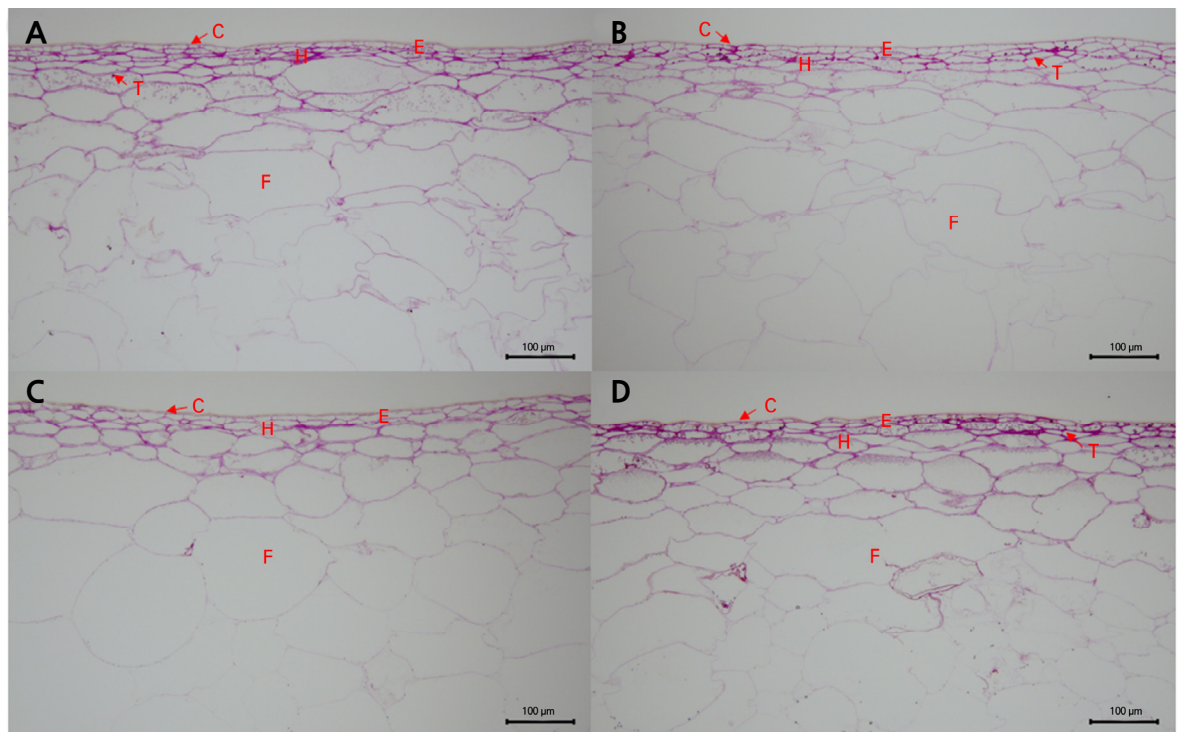


Fig. 3. Morphological characteristics of normal and skin browning in 'Shine Muscat' grapes according to an optical microscope. (A) Normal berry DAFB 71 (x200), (B) Skin browning berry DAFB 71 (x200), (C) Normal berry DAFB 113 (x200), (D) Skin browning berry DAFB 113 (x200). C: Cuticle, E: Epidermis, H: Hypodermis, F: Flesh, T: Tannin.

과방중에 따른 과실 품질과 과피갈변 발생률

과실품질

만개 후 100일, 110일, 과숙 상태인 만개 후 130일에 과실 품질을 조사한 결과, 만개 후 100일에 시행된 1차 수확 후 과실 품질 조사(Table 1)에서 과방중 900g 처리구에서 과방중 500g 및 700g 처리구와 비교하여 과립중 및 과립의 크기가 작았다. 그리고 당도는 15.8°Brix로 다른 두 처리구의 19.6°Brix와 18.8°Brix에 비해 현저히 낮고 산도는 통계적 유의성은 나타나지 않았으나 수치적으로 높은 것으로 조사되었다. 경도 또한 다른 두 처리구에 비해 무른 것으로 조사되었으며 총 엽록소의 함량은 차이가 없었으나 엽록소 a의 함량이 높게 나타나 엽록소 b의 함량이 성숙과 함께 감소하는 경향을 보인다는 기존의 보고 (Giovannelli and Brenna, 2007)와 비교하여 해당 처리구는 성숙이 온전히 이루어지지 않은 것을 확인할 수 있었다.

만개 후 110일의 2차 조사(Table 1)에서도 1차 조사와 동일한 경향을 보였는데 과방중 900g 처리구의 과실 품질이 다른 두 처리구와 비교하여 저조하였다. 당도는 과방중 900g 처리구에서 이전 시기와 비교하여 증가하였으나 17.7°Brix로 다른 두 처리구와 비교해서는 낮은 것으로 조사되었다. 과방중 500g 처리구에서만 평균 20.4°Brix로 조사되어 Kim et al.(2019)의 논문에서 'Shine Muscat' 포도는 만개 후 110일에 19°Brix가 넘고 만개 후 130일에 20°Brix이 넘는 결과와 비교하여 이보다 10일 이상 빠르게 해당 가용성 고형물 함량이 높아진 것을 알 수 있었다. 산도는 1차 수확 결과와 비교하여 세 처리구 모두 낮아졌지만 처리구간 차이는 없었다. 청포도 'Prince' 품종에서 가용성 고형물이 18–19% 이상으로 증가할 때와 산도가 0.6% 미만일 경우 과피갈변의 발생이 많다는 결과(Vial et al., 2005)와 비교하여 'Shine Muscat' 품종에서도 만개 후 105일과 만개 후 112일에 과방중 500g, 700g 두 처리구에서 과피갈변이 급격히 증가하는 경향을 확인할 수 있었다. 경도는 과방중 900g 처리구에서 1차 조사 결과와 마찬가지로 상대적으로 낮은 경향을 보였다. 엽록소 함량 조사 결과 엽록소 a, b, 총 함량 모두 과방중 900g 처리구에서 높게 나타나 만개 후 110일에도 900g으로 과방중을 유도하게 된다면 충분히 성숙하지 못하는 것을 확인하였다. 자연 수확 시 과실 품질 변화 확인을 위해 만개 후 130일에 진행된 3차 수확 후 과실 품질 조사(Table 1)에서도 과방중 900g 처리구에서 과립의 크기가 유의미하게 작고 당도와 경도가 낮았으며, 엽록소 함량은 다른 처리구의 만개 후 100일 수준으로 감소하였지만 여전히 높아 최종 조사에서도 과실의 품질이 가장 불량한 것으로 조사되었다. 과방중 500g 처리구와 과방중 700g 처리구간 비교에서는 통계적인 유의성은 인정되지 않았으나 과방중 500g 처리구에서 우수한 것으로 조사되었다.

위 결과를 종합하여 볼 때 모든 조사시기에서 과방중 900g 처리구의 품질이 다른 처리구에 비해 현저히 낮은 것에 비해 과방

Table 1. Comparison of Fruit Quality according to Cluster Weight in 'Shine Muscat' Grapes in 2020

Harvest Time (DAFB ^z)	Cluster Weight (g)	Berry Weight (g)	Diameter (mm)	Soluble Solid Contents (°Brix)	Acidity (%)	Firmness (g)	Chl ^y a (µg/cm ²)	Chl b (µg/cm ²)	Total Chl (µg/cm ²)	Fruit Cracking (%)	Ripe Rot (%)
100	500	9.60 a ^x	23.07 a	19.75 a	0.47 a	85.54 a	0.25 ab	0.10 a	0.34 a	52.00 b	24.00 b
	700	8.29 a	22.88 a	18.76 a	0.49 a	81.41 a	0.18 b	0.17 a	0.35 a	80.00 a	40.00 a
	900	5.95 b	20.48	15.79 b	0.54 a	65.00 b	0.31 a	0.03 a	0.34 a	81.82 a	36.36 a
110	500	8.88 a	23.52 a	20.38 a	0.39 a	89.79 a	0.13 b	0.18 b	0.30 b	58.33 a	29.17 b
	700	8.63 a	23.44 a	19.54 a	0.41 a	94.32 a	0.14 ab	0.21 ab	0.35 b	66.67 a	46.67 a
	900	6.59 b	21.58 b	17.66 b	0.43 a	69.17 b	0.16 a	0.28 a	0.44 a	33.33 b	41.67 a
130	500	9.41 a	22.97 a	20.72 a	0.26 a	103.08 a	0.16 b	0.09 b	0.24 b	38.15 b	48.40 ab
	700	8.33 b	22.69 a	19.96 a	0.28 a	94.21 b	0.16 b	0.10 b	0.26 b	78.07 a	54.49 a
	900	5.58 c	20.38 b	17.01 b	0.30 a	74.04 c	0.19 a	0.14 a	0.33 a	42.52 b	43.59 b

^zMeans day after full bloom.

^yMeans chlorophyll.

^xMeans followed by different letters within columns are significantly different according to Duncan's multiple range test, $p = 0.05$.

중 500g과 700g 처리구에서는 품질 차이가 크지 않았다. 과방중 900g 처리구의 과립의 크기와 과립중이 작은 것은 과방을 크게 만들기 위해 많은 과립을 착과시킨 결과 과립의 비대 자체가 불량해지기 때문인 것으로 판단되었다. 경도 또한 과방중 900g 처리구에서 가장 낮게 조사되었고 엽록소 함량 조사에서는 1차 수확을 제외하고 계속해서 높게 나타났다. 경도는 지나치게 많은 과립수로 인해 당도가 낮은 것과 마찬가지로 세포벽 구성물질이 충분히 집적되지 못하기 때문인 것으로 생각된다. 반면에 열과 및 탄저병의 발생은 조사 시기나 처리구간 일정한 경향을 나타내지는 않았으나 과방중 700g 처리구에서 모든 조사에서 가장 많이 발생하는 것으로 조사되어 고품질의 과실 생산과 생산량 확보에 차질이 있을 수 있는 것으로 판단되었다. 따라서 'Shine Muscat' 포도의 과방중은 500g 전후로 조절하는 것이 고품질을 유지하면서 생리장애와 병 발생 정도가 낮아 고품질의 'Shine Muscat' 포도 생산에 알맞은 과방중으로 생각된다.

과피갈변 발생률

만개 후 70일부터 112일까지 과피갈변의 발생을 조사한 결과(Fig. 4A), 첫 조사인 만개 후 70일 조사에서 과방중 500g 및 900g 처리구에서 각각 27.6%와 3.5%의 1단계의 과피갈변이 발견되었다. 조사 2회차인 만개 후 77일에서부터 모든 처리구에서 1단계 이상의 미세한 과피갈변이 발생하여 이전 연구 결과에서 보고된 'Shine Muscat' 포도는 만개 후 70-80일에 과피갈변이 최초 발생한다는 결과(Suehiro et al., 2014)와 일치하였다. 만개 후 77일에 1단계 과피갈변은 과방중 500g 처리구에서 61.2%로 최고점을 나타냈으며, 이후 수확 시기인 만개 후 105일과 112일 조사에서도 3단계의 비율이 높게 나타났다(Fig.

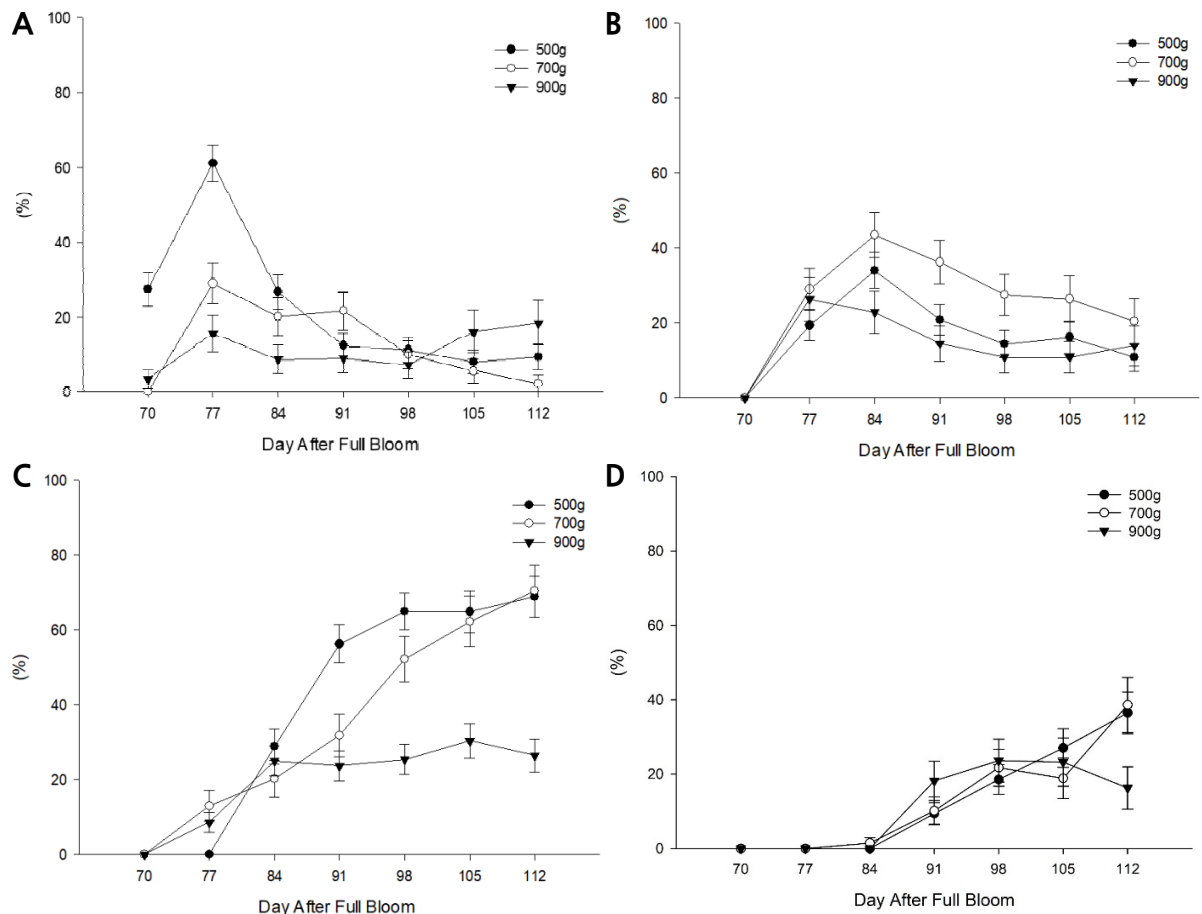


Fig. 4. Occurrence rates of skin browning according to the cluster weight in 'Shine Muscat' grapes in 2020. (A) first stage, (B) second stage, (C) third stage, and (D) severely externally damaged bunches.

4C). 초기에 500g 처리구에 비해 낮은 과피갈변 발생률을 보인 700g 처리구도 수확시기에는 500g 처리구와 같이 70%에 가까운 높은 3단계 과피갈변 발생률을 보였으며 특히, 만개 후 112일에는 상품성이 현저히 떨어지는 50% 이상 과피갈변 발생률 (Fig. 4D)도 500g과 700g 처리구에서 40%에 가까운 과방에서 발생하여 피해가 심각한 것으로 조사되었다. 과방중 900g 처리구는 만개 후 77일에 초기 1단계의 발생 비율이 세 처리구 중 가장 낮았으며 이러한 경향은 수확기까지 지속되어 수확시기인 105일과 112일 조사에서도 3단계 발생률과 과피갈변 50% 이상 발생률이 세 처리구 중 가장 낮은 것으로 조사되었다(Fig. 4C and 4D). 이는 위에서 언급한 바와 같이 'Shine Muscat' 포도의 과피갈변이 불균일한 성숙 과정의 진행으로 야기된다고 생각했을 때 900g 처리구에서는 과일의 성숙이 전체적으로 늦게 진행되어 성숙장애가 적게 나타나기 때문으로 생각되었다. 따라서 과피갈변 경감 측면에서는 과방중을 900g으로 유도하여 크게 과실을 생산하거나 과피갈변으로 인한 피해가 심각해지기 전 시기인 만개 후 105일 이전에 수확하는 것이 과피갈변 발생 경감에 도움이 될 것으로 생각된다. 반면에 과실 품질 측면에서 'Shine Muscat' 품종을 과방중 900g으로 재배하는 것은 'Shine Muscat' 포도의 장점을 유지할 수 없을 정도로 품질 저하가 심각하여 최종적으로 품질과 병발생 및 과피갈변을 모두 고려하면 10a당 2,400kg을 생산하고자 할 때는 과방중을 500g으로 조절하여 재배하는 것이 가장 유리할 것으로 판단되었다.

Gibberellic acid(GA₃) 처리 농도에 따른 과실 품질 및 과피갈변 발생률

과실 품질

만개 후 100일부터 주요 과실 품질을 조사한 결과(Table 2) GA₃ 처리시 처리 농도에 관계없이 무처리에 비해 과립중이 약 1.5배 이상 증가하였으며 GA₃ 처리 농도 간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 당도는 만개 후 100일과 110일에는 GA₃ 처리구에 비하여 무처리구가 약간 높은 경향이었으나 120일 이후에는 처리간 특별한 차이를 보이지 않았다. Suehiro et al. (2019)은 모

Table 2. Comparison of Fruit Quality according to the Gibberellic Acid Concentration in 'Shine Muscat' Grapes in 2021

Harvest Time (DAFB ^z)	Gibberellic Acid concentration (ppm)	Berry Weight (g)	Diameter (mm)	Soluble Solid Contents (°Brix)	Acidity (%)	Firmness (g)	Chl ^y a (µg/cm ²)	Chl b (µg/cm ²)	Total Chl (µg/cm ²)	Fruit Cracking (%)	Ripe Rot (%)
100	0	5.33 b ^x	19.94 c	17.11 a	0.69 a	84.41 b	0.19 ab	0.17 bc	0.36 a	5.26 a	0.00 a
	12.5	9.38 a	23.00 a	16.14 a	0.54 b	98.47 a	0.15 b	0.22 a	0.38 a	4.76 a	0.00 a
	25	8.70 a	22.14 b	15.75 a	0.56 b	97.11 a	0.22 a	0.13 c	0.36 a	0.00 a	0.00 a
	50	9.70 a	23.03 a	15.64 a	0.49 b	95.64 a	0.17 ab	0.20 ab	0.38 a	4.17 a	4.17 a
110	0	5.49 c	19.48 c	19.47 a	0.75 a	88.39 b	0.17 c	0.11 b	0.29 b	0.00 a	13.64 a
	12.5	10.60 a	23.45 a	17.89 ab	0.60 b	97.42 a	0.21 bc	0.12 b	0.33 b	0.00 a	4.76 ab
	25	8.94 b	22.30 b	16.88 b	0.62 b	88.32 b	0.27 a	0.17 a	0.44 a	4.76 a	0.00 b
	50	10.04 a	23.08 a	16.25 b	0.62 b	87.89 b	0.23 ab	0.09 b	0.33 b	0.00 a	0.00 b
120	0	5.35 b	19.34 c	19.70 a	0.70 a	82.93 a	0.19 a	0.15 ab	0.35 a	4.55 c	22.73 ab
	12.5	9.89 a	23.55 a	20.27 a	0.54 b	85.59 a	0.20 a	0.14 b	0.34 a	8.70 b	4.35 bc
	25	9.25 a	22.42 b	17.64 b	0.53 b	80.37 a	0.22 a	0.17 a	0.39 a	14.29 a	0.00 c
	50	10.80 a	23.53 a	20.68 a	0.45 c	83.70 a	0.21 a	0.15 ab	0.36 a	12.00 a	40.00 a
130	0	5.64 b	20.15 d	20.01 a	0.57 a	80.64 b	0.12 a	0.12 b	0.24 c	4.35 a	30.43 b
	12.5	10.36 a	23.63 a	20.78 a	0.38 b	87.78 a	0.14 b	0.16 a	0.29 b	12.00 a	20.00 b
	25	9.74 a	22.53 c	19.03 a	0.38 b	73.41 c	0.21 a	0.16 a	0.37 a	0.00 a	40.91 ab
	50	9.77 a	23.01 b	19.99 a	0.35 b	90.55 a	0.13 b	0.13 b	0.26 bc	15.38 a	64.54 a

^z Means day after full bloom.

^y Means chlorophyll.

^x Means followed by different letters within columns are significantly different according to Duncan's multiple range test, $p = 0.05$.

든 생육기간에 걸쳐 무처리구가 GA₃ 처리구보다 당도가 높다고 보고하였는데 적정 수확기를 지나 GA₃ 처리구의 당도가 증가하여 일부 다른 결과를 보였다. 반면에 산도는 모든 조사기간 동안 무처리구에서 높은 것으로 조사되었다. 경도는 GA₃ 처리 유무에 따라 차이를 보였으며 만개 후 100일에 무처리구에서 경도가 낮게 조사되었다. 이후에는 경도에 일정한 경향을 보이지 않아 무처리구의 경도가 일찍 저하되는 것으로 생각된다. 엽록소 a의 함량은 만개 후 100일에는 처리간 일정한 경향이 없었으나 만개 후 110일부터는 무처리의 함량이 낮아 당도, 경도, 엽록소 a의 함량 등 산도를 제외한 조사 항목에서 무처리구는 GA₃ 처리구에 비해 성숙이 빨리 진행되는 것으로 확인되었다. 산도는 일정 기간 고온에 노출되어야 감소하는 것으로 알려져 있으며, GA₃ 처리에 따른 과립 크기의 차이가 무게 별 산함량에 영향을 미쳤을 것으로 추정되었다. 열과는 4번의 조사기간 동안 발생한 열과율의 평균은 무처리가 3.54%로 가장 적었고 50ppm 처리가 7.87%로 가장 높았으며 무처리구에서 조사기간 동안 유사한 발생률을 보인 데 반해 GA₃ 처리구에서는 수확이 지연될수록 증가하는 경향이 있었다. 탄저병 평균 발생률은 GA₃ 50ppm 처리구가 27.18%로 가장 높았으며 무처리구가 16.7%, 25ppm 처리구가 10.23%, 12.5ppm 처리구가 7.28%의 순으로 조사되었다. 반면에 급격하게 발생률이 증가하는 시기는 무처리와 GA₃ 처리구간에 차이를 보여 무처리구에서는 만개 후 110일에 13.64%의 발생률을 보인 후 꾸준히 증가하는데 반해 GA₃ 처리구는 만개 후 120일 이후에 급격히 발생하는 양상을 보였다.

만개 후 110일 조사(Table 2)에서는 이전 품질조사와 비슷한 당산비의 경향을 나타냈으며 이전 조사 시기에 비해 당도가 50ppm 처리구는 약 0.5°Brix, 그 외에 다른 처리구는 1°Brix 이상 증가하였으나 산도의 감소가 이루어지지 않아 당산비에는 큰 영향이 없었으며, 12.5ppm 처리구에서 당산비가 가장 높은 것으로 조사되었다. 경도에서 25ppm 이상 GA₃를 처리한 처리구에서 큰 감소가 나타났다. 엽록소 함량은 25ppm 처리구에서 높게 조사되어 성숙이 지연된 것을 확인할 수 있었다. 열과는 25ppm 처리구에서만 조사되었고 5% 미만의 일부 과방에서만 나타났다. 이후 조사에서 만개 후 130일 조사의 25ppm 처리구를 제외하고 모든 처리구에서 발생하였으며 무처리구보다 GA₃를 처리한 처리구에서 더 많은 발생을 보였다. 탄저병은 무처리구에서 만개 후 110일에 13.64%가 발생한 이후 계속적으로 증가하였다. 반면에 GA₃ 처리구는 무처리구보다 발생시기는 늦었으나 고농도의 50ppm 처리구에서는 만개 후 120일부터 무처리구에 비하여 현저하게 높은 발생률을 보였다. 12.5ppm과 25ppm 처리구는 과숙 단계인 만개 후 130일을 제외하고는 탄저병 발생시기가 늦고 발생률도 낮은 것으로 조사되었다. GA₃ 처리시 탄저병 발생시기와 발생률, 특히 고농도 처리시의 높은 발생률에 대해서는 추후 별도의 연구가 더 필요할 것으로 생각되었다.

과실 품질을 종합해 볼 때 수확기중 성숙이 더 진행됨에 따라 당도가 증가하고 산함량이 낮아지는 경향을 보이나 만개 후 120일 이후의 조사에서 열과 및 탄저병의 발생이 급증하여 이보다 늦은 수확은 지양하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

과피갈변 발생률

만개 후 50일부터 진행된 과피갈변 조사에서 만개 후 57일까지는 과피갈변이 발생하지 않았다(Fig. 5A). 만개 후 64일 조사에서 미세한 1단계의 과피갈변이 최초로 조사되었으며 12.5ppm 처리구에서 34.7%로 가장 많았고, 무처리구에서 3.5%로 가장 적었다. 25ppm 및 50ppm 처리구는 차이 없이 중간 정도의 발생정도를 보였다. 만개 후 85일에 대부분의 처리구에서 1단계 발생이 최고점을 보였으며 이후 조사에서는 다음 단계로의 진행으로 인해 감소하였다. 같은 시기인 만개 후 85일 조사에서 2단계 과피갈변이 최초로 조사되었으며(Fig. 5B), 3단계는 만개 후 92일에 처음으로 관찰되었다. 과피갈변이 가장 심하게 나타나는 3단계는 만개 후 99일에는 처리간 큰 차이를 보이지 않았으나 만개 후 106일과 113일에는 처리간 차이를 보여 만개 후 113일의 무처리구의 과피갈변 발생률은 89.9%로 가장 높았으며, 25ppm 처리구는 65.1%로 가장 낮은 것으로 조사되었다. 과피갈변이 과방의 절반 이상에서 일어나 외적 품질 하락이 예상되는 과방의 비율(Fig. 5D)은 만개 후 99일 조사에서 2.2 – 7.1%로 최초로 조사되었으며 다음 조사인 만개 후 106일 조사에서 25ppm 처리구에서는 3.7%에서 9.4%로 소폭으로 증가하였으나 무처리구는 2.3%에서 37.3%로 대폭 증가하였다. 최종 조사에서는 25ppm 처리구와 무처리구에서 18.6%, 51.1%로 그 차이는 더 커져 무처리구의 경우 수확기에 절반 이상에 해당하는 과방에서 과피갈변으로 인한 피해가 우려되었다. GA₃ 처리의 경

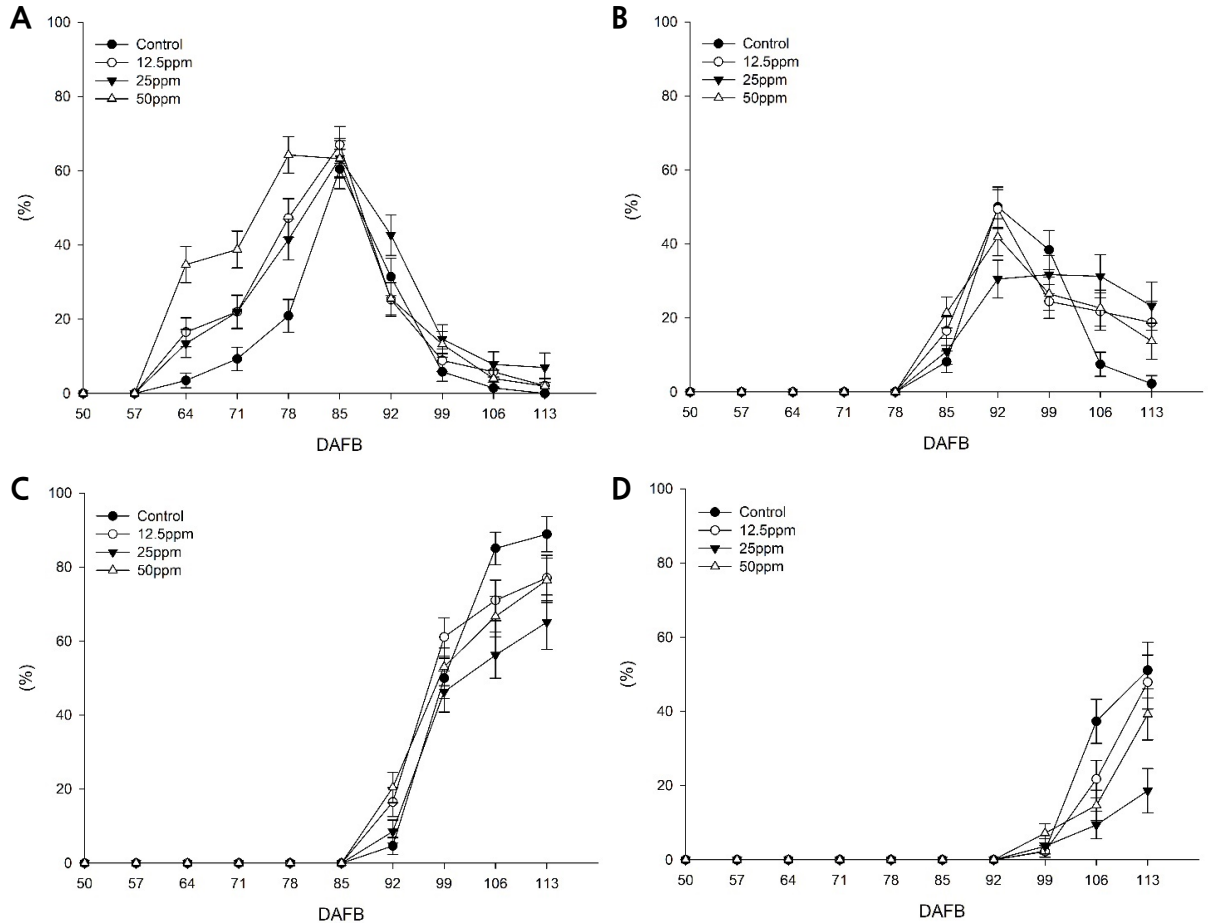


Fig. 5. Occurrence rates of skin browning according to the gibberellic acid concentration in 'Shine Muscat' grapes in 2021. (A) first stage, (B) second stage, (C) third stage, and (D) severely externally damaged bunches.

우에도 25ppm을 기준으로 더 높거나 낮은 경우 오히려 과피갈변이 더 많이 발생하였기 때문에 과피갈변 경감 측면에서는 GA₃를 25ppm에 맞추어 처리하는 것이 가장 효과적일 것으로 판단된다. 따라서 앞의 품질조사에서 보듯이 만개 후 110일까지 GA₃ 12.5ppm과 25ppm 처리구에서 과실 품질이 처리구가 양호한 것으로 조사되었으나 그 차이가 크지 않은 반면 12.5ppm 처리구에서 25ppm 처리구에서 비해 과피갈변의 발생이 급격히 증가하기 때문에 10a 당 2,400kg 생산량에 500g으로 과방중을 유도하고 GA₃를 25ppm으로 처리하여 만개 후 110일 전후로 수확을 마치는 것이 과피갈변 경감 및 고품질의 과실 생산에 유리할 것으로 생각된다.

초 록

본 연구는 'Shine Muscat' 포도의 성숙기 과피갈변 증상에 대하여 시기별 발생 정도와 과실의 품질을 조사하여 고품질 과실 생산을 위한 적정 과방중 및 무핵재배를 위한 생장조절제 GA₃의 적정 처리 농도를 구명하고자 실시하였다. 1년차에는 생산량을 10a당 2,400kg으로 조절하였으며 과방중을 500g, 700g, 900g으로 구분하였다. 만개 후 70일부터 약한 과피갈변이 발생하였으며 만개 후 91일부터 외관상 피해가 두드러지는 과방이 나타났으며 만개 후 105일까지 모든 처리구에서 20% 내외로 발생하였다. 만개 후 112의 최종 조사에서는 과방중 500g, 700g 처리구는 약 40%, 900g 처리구는 약 20% 정도의 심한 과피갈변이

나타났다. 과방중 900g 처리구는 과피갈변은 적으나 품질이 비교할 수 없을 정도로 낮았으며, 700g 처리구는 열과와 탄저병 등 생리장해와 병 발생이 높았다. 따라서 10a당 2,400kg로 생산할 때 과방중을 500g으로 조절하여 만개 후 105일 전후로 수확을 완료하는 것이 좋을 것으로 생각되었다. 2년차에는 10a당 2,400kg 생산량에 500g 과방을 기준으로 GA₃를 12.5ppm, 25ppm, 50ppm 처리한 처리구와 무처리구로 구분하여 연구를 진행하였다. 만개 후 64일부터 작은 과피갈변이 발생하여 무처리구에서 빠르게 증가하였다. 무처리구 과방에서 수확기에 51.1%의 과피갈변 발생으로 인해 피해가 가장 컸고 12.5ppm, 50ppm 처리구간 차이는 없었으며 25ppm 처리구에서 가장 적었다. 과실 품질은 무처리구에서 가장 낮았다. 시기가 지날수록 모든 처리구에서 열과 및 탄저병이 증가하는 경향을 보여 만개 후 110일 전후로 수확을 마치는 것이 바람직할 것으로 생각되며, 만개 후 110일까지의 결과 GA₃ 처리구간 큰 차이는 보이지 않았다. 따라서 2년간의 실험 결과 10a당 2,400kg을 생산하고자 할 경우 과방중 500g과 GA₃ 25ppm 처리 후 만개 후 110일 전후로 수확을 마치는 것이 과피갈변의 경감 및 고품질 과실 생산에 알맞은 것으로 생각된다.

추가 주요어 : 과실품질, 생장조절제, 수확기, 생리장해, 생산량

Literature Cited

- Belal BEA, Kenawy MAE, Omar ASM (2022) Using brassinolide and girdling combined application as an alternative to ethephon for improving color and quality of 'Crimson Seedless' grapevines. *Hortic Environ Biotechnol* 63:869-885. doi:10.1007/s13580-022-00445-3
- Daniels AJ, Poblete EC, Nieuwoudt HH, Botha N, Opera UL (2021) Classification of browning on intact table grape bunches using near-infrared spectroscopy coupled with partial least squares-discriminant analysis and artificial neural networks. *Front Plant Sci* 12:768046. doi:10.3389/fpls.2021.768046
- Fougère-Rifot M, Park HS, Bouard J (1997) Berry pericarp ontogenesis from fertilization to maturity of *Vitis vinifera* L. var. Merlot. *J Int Sci Vigne Vin* 31:109-118. doi:10.20870/oeno-one.1997.31.3.1080
- 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
- Hamie N, Zoffoli JP, Tarricone L, Verrastro V, Pérez-Donoso AG, Gambacorta G (2022) Rachis browning and water loss description during postharvest storage of 'Krispy' and 'Thompson Seedless' table grapes. *Postharvest Biol Technol* 184:111758. doi:10.1016/j.postharvbio.2021.111758
- Jeong SB, Lee HJ, Chung, SJ (1998) Effect of gibberellic acid on seedlessness induction and berry development in 'Campbell Early' and 'Kyoho' grapes by GA grown in non-heated plastic house. *J Kor Soc Hortic Sci* 39:555-559
- Kim BG, Lim JG (2021) Discrimination of internally browned apples utilizing near-infrared non-destructive fruit sorting system. *JKAIS* 22:208-213
- Kim JH, Jung MH, Park YS, Lee BHN, Park HS (2019) Suitable yields and establishment of harvesting standard in 'Shine Muscat' grape. *Hortic Sci Technol* 37:178-189. doi:10.12972/kjhst.20190018
- Lee JB, Choi JU (1997) Effect of CA storage condition on the internal breakdown of fuji apple fruit under CA storage. *Korean J Food Preserv* 4:227-235
- Ogoro A, Ono T, Kagami H, Danjou N (2007) Skin browning occurred on berries of 'Suihou' grape. *Bull Okayama Agri Exp Sta* 25:5-10
- Suehiro Y, Mochida K, Itamura H, Esumi T (2014) Skin browning and expression of *PPO*, *STS*, and *CHS* genes in the grape berries of 'Shine Muscat'. *J Jpn Soc Hortic Sci* 83:122-132. doi:10.2503/jjshs1.CH-095
- Suehiro Y, Mochida K, Tusma M, Yasuda Y, Itamura H, Esumi T (2019) Effects of Gibberellic Acid/Cytokinin treatments on berry development and maturation in the yellow-green skinned 'Shine Muscat' grape. *Hort J* 88: 202-213. doi:10.2503/hortj.UTD-046
- Unal S, Sabir FK, Sabir A (2022) Aloe vera treatments extend the postharvest life of table grapes by delaying weight loss, berry softening, rachis browning, and biochemical changes. *Erwerbsobstbau* 64:767-775. doi:10.1007/s10341-022-00710-w
- Vial P, Crisosto C, Crisoto G (2005) Early harvest delays berry skin browning of 'Princess' table grapes. *Calif Agr* 59:103-108. doi:10.3733/ca.v059n02p103
- Whang YS, Piao YL, Lee JC (2003) Potential Factors associated with skin discoloration and core browning disorder in stored 'Nittaka' pears. *J Kor Soc Hortic Sci* 44:57-61
- 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'. *Natl Inst Fruit Tree Sci* 7:21-38