

유·성목 및 유·무핵 ‘샤인머스캣’ 포도 액아의 괴사 및 화원기 발생 특성

박준영  · 김보민  · 정명희  · 박희승* 

중앙대학교 생명공학대학 식물생명공학과

Characteristics of Bud Necrosis and Formation of Inflorescence Primordium in Young and Adult ‘Shine Muscat’ Grapevines

Jun Young Park , Bo Min Kim , Myung Hee Jung , and Hee-Seung Park* 

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 why empty branches occur in ‘Shine Muscat’ grapevines. Moreover, it also aimed to understand the bud characteristics of grapevines by examining bud development, the occurrence of various necrosis types and inflorescence primordium formation. The rate of inflorescence primordium formation was highest in September for young vines and in October for adult vines. In contrast, the rate was rather low in March of the following year. The rate of blooming during the flowering period of the following year was higher than the rate of inflorescence primordium formation during all investigation periods. This is likely because inflorescence primordia are continuously formed in accessory buds during environmental dormancy. However, several empty branches were found in both young and adult vines. According to the location of node, the necrosis rates of primary and accessory buds were high, and the rate of inflorescence primordium formation was low in the 1st node. Therefore, higher than medium pruning could increase grape yields. Leaves should be pruned up to the nodes before and after the 5th node, which has a relatively low rate of necrosis and a high rate of inflorescence primordium formation. Monthly comparisons showed that the rate of primary bud necrosis increased during the dormancy period, and the inflorescence primordium formation rate was lower in adult vines compared to in young and gibberellic acid (GA)-treated vines. There were no significant differences in bud characteristics among the branch lengths in both young and adult vines. However, it was determined that the branch length in GA-treated vines should be at least 80 cm in order to increase the rate of inflorescence primordium formation. In addition, if the thickness of the branch is either too thick or thin, it negatively affects the rates of necrosis and the formation of the inflorescence primordium. Therefore, it is advantageous to maintain the thickness of branches between the 3rd and 4th nodes to 8.5–11.5 mm for young vines and 10.0–11.5 mm for adult vines. Furthermore, longer and thicker branches in GA-treated vines were found to be more advantageous for the formation of inflorescence primordium.

Received: June 7, 2022

Revised: July 21, 2022

Accepted: July 28, 2022

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY
40(6):630-642, 2022
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©2022 Korean Society for Horticultural Science.

이 논문은 2020년도 중앙대학교 CAU GRS 지원에 의하여 작성되었음.
이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2020 R1F1A1071626).

Additional key words: empty branch, monthly comparison, node, shoot diameter, shoot length

서 언

‘샤인머스켓’(Shine Muscat) 포도는 일본의 NIFTS(national institute of fruit tree science)에서 1988년에 ‘Akitsu-21’(*Vitis labruscana*)과 ‘Hakunan’(*Vitis vinifera*)을 교배하여 2003년에 육종한 대립계 청포도 품종으로, 특유의 머스캇향과 높은 당도 및 낮은 산도를 가진 식미가 우수한 품종이다(Yamada et al., 2008). 최근 국내 포도의 전체 생산량은 감소하고 있으나 해가 거듭할수록 ‘샤인머스켓’ 포도의 생산량은 증가하고 있으며 2022년에는 국내 포도 품종 중 재배면적 1위를 차지할 것으로 예상되고 있다.

‘샤인머스켓’ 포도의 수확기준을 설정하기 위한 칼라차트가 개발되었으며(Yamada et al., 2008; Kim et al., 2019a), 휘발성 물질에 관한 연구(Wu et al., 2020), 호르몬 처리에 의한 과실의 변화(Suehiro et al., 2019), 비료에 의한 과실의 특성 변화(Yao et al., 2019), 곰팡이에 의한 썩음병에 관한 연구(Kim et al., 2019b), 기온에 따른 열과 발생에 관한 연구(Kim et al., 2021) 등 과실에 대한 실험은 다양하게 진행되었지만 그 외의 기관을 대상으로 한 연구는 매우 부족한 실정이다. 특히 신초에 꽃송이가 생기지 않는 빈가지 발생은 ‘샤인머스켓’ 포도에서 종종 문제가 되고 있으나 거의 연구된 바가 없다.

빈가지 발생은 화원기 형성과 관련이 있는 것으로 생각되며, 포도의 화원기는 전년도에 형성되어 겨울 휴면을 거친 후 이듬해 신초로 발생되며 1년차에 형성된 화원기가 수확량의 60%를 결정한다(Li-mallet et al., 2015). 액아는 외관상 마디에 하나로 존재하는 것처럼 보이나 그 속에 1개의 주아와 2개 혹은 그 이상의 부아로 이루어진 겹눈이며(Choi et al., 2007), 내부에 여러 개의 엽원기와 화원기가 함께 형성된다. 하지만 외부에서 육안으로만 액아의 내부 상태를 파악하는 것은 어려움이 있다. 액아에 대한 이전 연구들을 보면 ‘툼슨시들리스’(Thompson seedless)와 ‘플레임시들리스’(Flame seedless) 품종에서 액아 괴사가 개화 후 3주 후에 처음 발견된 후 4-6주에 걸쳐 심각해졌으며(Morrison and Iodi, 1990), 탄수화물의 영양상태가 우수한 경우 포도에서 꽃 발달에 좋은 영향을 미치고(Srinivasan and Mullins, 1981), 액아의 감수분열 시기에 탄수화물의 공급이 부족할 경우 꽃이 형성되지 않는다고 보고되었다(Lebon et al., 2008). 또한 수체내 cytokinin은 화원기 발달에 도움을 주며(Negi and Olmo, 1972), 반대로 그늘이 지거나(Perez and Kliever, 1990; Wolf and Cook, 1992) 외생 gibberellin 처리(Naito et al., 1986)에 의해서, 수세가 강한 나무와 가지에서 액아의 괴사가 주로 일어난다고 보고되었다(Lavee et al., 1981; Naito et al., 1986, Dry and Coombe, 1994; Kavooosi et al., 2012). ‘아스카리’(Askari) 포도에서는 salicylic acid와 potassium sulfate의 처리가 액아 괴사를 줄이는데 효과가 있다고 보고되었다(Ahmadi et al., 2018). 국내에서도 ‘캠벨얼리’(Choi et al., 2007)와 ‘홍이슬’(Kim et al., 2011) 및 ‘흑구슬’(Kwon et al., 2011) 포도 등에서 주아괴사현상에 관한 연구가 진행되었으나 ‘샤인머스켓’ 포도의 액아 또는 화원기와 관련된 연구는 진행된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 ‘샤인머스켓’ 포도의 빈가지 발생 경감을 위해 ‘샤인머스켓’ 포도의 유목과 성목을 대상으로 무핵과 생산에 사용되는 GA(gibberellic acid)를 처리하여 액아의 괴사 및 화원기의 발생을 신초 발달 시기부터 이듬해 액아의 발아 시기 전까지 관찰하고 빈가지 발생에 영향을 미치는 요인에 대하여 구명하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

충청남도 천안시에 위치한 포도 과원에서 2018년 3월부터 2019년까지 3월까지 3m × 5m로 재식된 2-3년생 유목과 5-6년생의 성목 ‘샤인머스켓’ 포도 품종을 이용하여 실험을 진행하였다. 무핵재배를 위해 GA를 처리할 경우의 액아 발달은 특히

빈가지가 많이 발생하는 유목을 대상으로 처리하여 무처리와 비교하였다. GA 처리구는 재식 거리 2.5m × 2.8m로 재식된 경기도 안성시에 위치한 포도 과원에서 실험을 진행하였다. GA 처리는 ‘샤인머스캣’ 농가에서 관용적으로 처리하는 방법을 이용하였으며, 만개기에 무핵화를 위해 GA(장유산업, 아이에이피 지베렐린 수용제, korea) 25ppm을 단용 처리하고 만개 14일 후에 과실 비대를 위해 GA 25ppm과 Thidiazuron(바이엘 크롭사이언스, 더크리, korea) 2.5ppm을 혼용하여 2차 처리하였다. 무핵과 생산을 위한 성장조절제 처리 외에는 다른 처리를 배제하여 액아의 발달에 영향을 미칠수도 있는 요인을 최소화하였다. 따라서 GA를 처리하지 않은 유핵 유목, 유핵 성목과 GA를 처리한 무핵 유목 총 3가지의 처리구로 실험을 진행하였다.

실험 방법

2018년에 형성된 액아의 시기별 특성을 조사하기 위하여 신초의 마디수가 10마디 이상 되는 6월부터 2019년 3월까지 매일 가지를 채취하여 실험을 진행하였다. 가지 채취는 10마디 이상 되는 신초를 유목과 성목 모두 12가지씩 채취하였다. 신초의 발달 정도를 확인하기 위해 줄자를 이용하여 마디 사이 길이를 측정 후 합산하고 신초 길이 데이터로 사용하였으며, vernier calipers(Mitutoyo corp., CD-15CP, Japan)로 과실이 맺히는 3번 액아와 4번 액아 사이의 굵기를 측정하여 신초 굵기 데이터로 사용하였다. 그리고 액아의 크기 변화는 기부의 첫 번째부터 열 번째까지 액아의 횡경을 vernier calipers로 측정하였다.

포도 액아의 내부를 관찰하기 위하여 크기를 측정된 액아를 화장도(DORCO VINA CO., ST300, Korea)를 사용하여 종으로 절단한 후 실체현미경(Olympus BX51, Japan)을 이용하여 액아의 괴사여부 및 화원기형성을 조사하였다.

액아괴사는 권(Kwon et al., 2011)의 방법에 따라 정상눈(Normal bud)과 주아괴사(MBN, main bud necrosis), 부아괴사(ABN, accessory bud necrosis), 눈괴사(WBN, whole bud necrosis)로 분류하여 조사하였다(Fig. 1). 1개의 주아와 2개 혹은 그 이상의 부아가 모두 정상인 눈을 정상눈(Fig. 1A), 액아 괴사 형태에 따라 부아는 정상적으로 존재하나 주아가 없거나 괴사한 액아를 주아괴사(Fig. 1B), 주아는 정상이나 부아가 없거나 괴사한 눈을 부아괴사(Fig. 1C), 마지막으로 주아와 부아 모두 없거나 괴사한 형태의 눈을 눈괴사(Fig. 1D)로 구분하였으며, 화원기의 형성은 형성 위치나 개수의 구분 없이 형성 여부를 조사하였다.

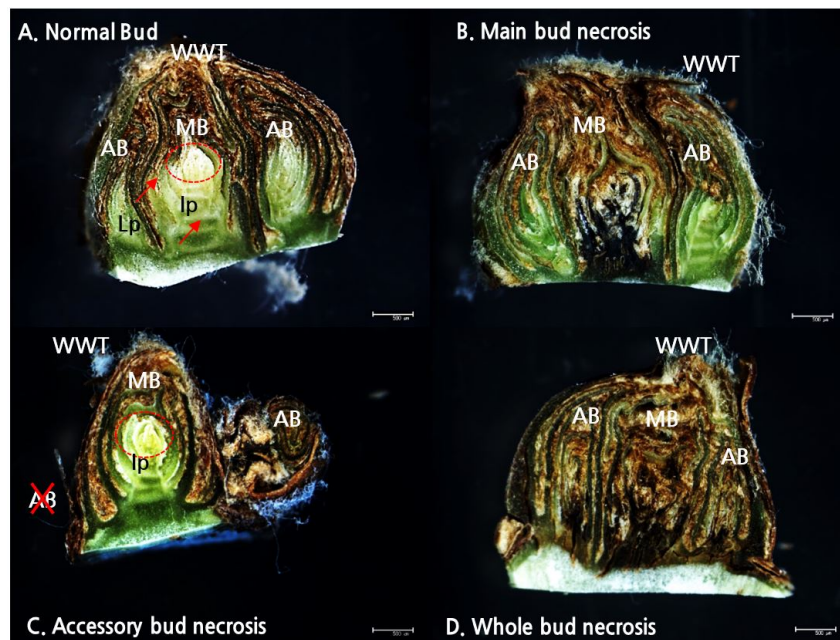


Fig. 1. Types of necrosis in the axillary buds of ‘Shine Muscat’ grapevines observed using stereomicroscopy. MB: main bud; AB: accessory bud; Ip: inflorescence primordium; Lp: leaf primordium; WWT: white wool tip.

통계 분석

통계 분석은 PASW Statistics 18(SPSS Inc., USA) 프로그램을 이용하여 T-검정($p = 0.05, 0.01$)과 Duncan 다중검정($p = 0.05$)을 실시하여 처리간 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

유목과 성목의 화원기형성률과 화수발생률

액아에서 발생한 신초가 10마디 이상으로 자라난 2018년 6월부터 이듬해 신초가 발아하기 전인 2019년 3월까지 한달 간격으로 가지를 채취하여 조사한 결과(Table 1), 유목은 9월에 36.7%, 성목은 10월에 49.2%로 조사 기간 중 가장 높은 화원기형성률을 보였다. 가장 화원기형성률이 높은 시기의 정상눈은 유목이 90%, 성목이 89.2%로 차이를 보이지 않았으며 눈의 크기는 유목이 4.69mm로 성목의 4.11mm 보다 더 큰 것으로 조사되었다.

화수(꽃송이)를 가진 신초의 발생률을 알아보기 위하여 5월에 신초의 마디가 다섯 마디 이상 되었을 때 화수의 유무를 조사하였다(Table 2). 유목의 경우 전체 1,041개의 신초 중 699개의 신초가 화수를 가지고 있어 67.1%로 조사되었고, 성목의 경우에는 1,270개의 신초 중 671개의 신초가 화수를 형성하여 52.8%로 조사되었다. 이는 앞에서 조사한 화원기형성률과는 반대되는 결과이며 화원기형성률이 가장 높은 달에도 유목은 36.7%, 성목은 49.2%였으며 최종 조사일인 3월의 화원기형성률은 유목 27.7%, 성목 8.5%로 화원기형성률과 비교하여 높은 화수발생률을 보였다. 이는 최종 조사시기인 3월 이후 포도가 발아하는 4월 중순까지 약 45일간의 기간 동안에 화원기형성이 계속 진행되었다는 의미로 생각되며, 특히 이 기간에는 부아에서의 화원기형성률이 높을 것으로 추정되었다. 이러한 결과는 화수가 발생한 신초의 수를 조사한 것으로 신초에 2송이가 달릴 경우를 감안하면 화수의 발생률은 더 높아질 가능성이 있음을 알 수 있었으나, 그럼에도 불구하고 유목과 성목 모두 화수를 가진 가지의 발생률이 낮은 것으로 조사되었다.

Table 1. Characteristics of axillary buds in the month with the highest inflorescence primordium formation rate from June 2018 to March 2019 according to age of 'Shine Muscat' grapevines

	Bud Size (mm)	Normal (%)	MBN ^z (%)	ABN ^y (%)	WBN ^x (%)	Inflorescence primordium (%)
Young vine (September)	4.69 ^w	90.0	2.5	6.7	0.8	36.7
Adult vine (October)	4.11	89.2	3.3	5.8	1.6	49.2
Significance	**	ns	ns	ns	ns	ns

^zMBN: main bud necrosis.

^yABN: accessory bud necrosis.

^xWBN: whole bud necrosis.

ns, *, **: not significant and significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively, according to t-tests.

^wAverage values for each month are shown.

Table 2. Incidence of bunched shoots in young and adult 'Shine Muscat' grapevines after germination in 2019

	Total shoot number	Bunched shoot number	Bunched shoot formation (%)
Young vine	1,041	699	67.1
Adult vine	1,270	671	52.8

2018년 마디 위치에 따른 액아의 특성 비교

신초에서 액아가 형성되는 마디 위치에 따른 액아의 특성을 보기 위해 2018년 6월부터 2019년 3월까지의 액아를 유목 (Table 3), 성목(Table 4), GA처리(Table 5)로 나누어 신초 기부의 첫 번째 액아부터 열 번째 액아까지를 대상으로 조사하였다.

유목 '샤인머스캣'의 위치에 따른 액아의 크기는 1번액아가 4.37mm로 가장 큰 것으로 조사되었으며 바로 다음 두 번째 액아가 4.03mm로 가장 작았으나, 그 차이는 약 0.3mm에 불과하여 위치에 따른 액아의 크기는 큰 차이가 없었다. 성목에서는 1번 액아가 4.18mm로 가장 컸으며 유목과 다르게 10번액아가 3.71mm로 가장 작은 것으로 조사되었으나 유목과 마찬가지로 그

Table 3. Means of bud size, bud necrosis, and inflorescence primordium formation rate from June 2018 to March 2019 according to bud location in young 'Shine Muscat' grapevines

Bud location	Bud size (mm)	MBN ^z (%)	ABN ^y (%)	WBN ^x (%)	Inflorescence primordium (%)
1st	4.37 a ^w	15.0 a	15.8 a	4.1 ab	8.3 c
2nd	4.03 c	2.5 c	2.5 b	6.6 a	10.8 bc
3rd	4.30 ab	3.3 c	9.1 b	4.1 ab	19.1 ab
4th	4.24 ab	2.5 c	5.0 b	3.3 ab	15.8 abc
5th	4.32 ab	3.3 c	5.8 b	5.0 ab	24.1 a
6th	4.35 ab	1.6 c	5.0 b	2.5 ab	25.0 a
7th	4.30 ab	6.7 bc	3.3 b	4.1 ab	25.0 a
8th	4.27 ab	4.1 c	5.8 b	0.8 b	21.8 a
9th	4.19 ab	4.1 c	4.1 b	2.5 ab	24.1 a
10th	4.16 bc	10.0 ab	6.6 b	3.3 ab	15.0 abc

^zMBN: main bud necrosis.

^yABN: accessory bud necrosis.

^xWBN: whole bud necrosis.

^wMeans followed by different letters within columns are significantly different according to Duncan's multiple range tests, $p < 0.05$.

Table 4. Means of bud size, bud necrosis, and inflorescence primordium formation rate from June 2018 to March 2019 according to bud location in adult 'Shine Muscat' grapevines

Bud location	Bud size (mm)	MBN ^z (%)	ABN ^y (%)	WBN ^x (%)	Inflorescence primordium (%)
1st	4.18 a ^w	14.1 a	17.5 a	5.0 a	10.0 b
2nd	3.87 cd	6.6 b	4.1 cde	0.8 a	20.8 a
3rd	3.99 bc	8.3 ab	3.3 de	5.0 a	12.5 ab
4th	4.11 ab	5.8 b	3.3 de	0.8 a	15.8 ab
5th	4.09 ab	5.8 b	0.8 e	1.6 a	14.1 ab
6th	4.08 ab	7.5 ab	3.3 de	1.6 a	15.8 ab
7th	4.08 ab	9.1 ab	6.6 bcde	0.8 a	13.3 ab
8th	3.97 bc	8.3 ab	9.1 bcd	1.6 a	15.8 ab
9th	3.77 e	5.0 b	10.8 bc	4.1 a	18.3 ab
10th	3.71 e	5.8 b	11.6 ab	3.3 a	20.0 ab

^zMBN: main bud necrosis.

^yABN: accessory bud necrosis.

^xWBN: whole bud necrosis.

^wMeans followed by different letters within columns are significantly different according to Duncan's multiple range tests, $p < 0.05$.

차이는 크지 않았다. 무핵화 및 과실비대를 위해 생장조정제를 처리한 유목 '샤인머스캣'은 5번과 6번 액아에서 4.40mm로 가장 크게 조사되었으며, 2번 액아가 4.02mm로 가장 작았으나 역시 그 차이가 크지 않아 마디의 액아의 크기는 모든 시험구에서 차이를 보였으나 그 차이가 크지 않아 마디별 액아의 크기는 크게 다르지 않은 것으로 조사되었다. 유목에서 형성된 액아의 주아, 부아 및 눈괴사율을 조사한 결과, 1번 액아에서 주아 및 부아괴사율이 각각 15.0%, 15.8%로 가장 높았다. 눈 전체가 죽는 눈괴사율은 2번 액아에서 6.6%로 가장 높게 조사되었지만 그 차이가 크지 않았다. 3-9번 마디의 액아에서는 주아, 부아 및 눈괴사율이 액아의 위치에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나 10번 눈의 주아괴사율이 약간 높은 것으로 조사되었다. 성목에서 또한 주아괴사율과 부아괴사율이 1번 액아에서 14.1%와 17.5%로 가장 높게 조사되었다. 눈괴사율은 전체적으로 5.0%를 넘지 않았다. 그리고 다른 위치의 액아에서는 주아괴사율이 4, 5번 액아에서 5.8%로 낮게 조사되었고, 부아괴사율은 5번 액아에서 0.8%로 가장 낮게 조사되었으며 3, 4, 6번 액아에서는 3.3%로 5번 액아 부근에서 괴사가 적게 일어나는 것으로 확인되었다. GA를 처리한 유목 처리구에서도 주아 및 부아괴사율에서 1번 액아가 각각 15.8%, 16.6%로 가장 높게 조사되어 모든 처리구에서 같은 양상을 보였다. 눈괴사율은 1, 2번 액아에서 가장 낮게 조사되었지만 화원기형성률이 1번 액아에서 10.0%로 가장 낮게 나타나 발아시 빈가지가 많을 것으로 예상되었다. 신초생장에 따라 신초의 기부부터 눈이 발달하기 시작하여 초기의 주아 괴사 발생이 신초의 아래쪽 눈부터 시작되는 '캠벨얼리'(Choi et al., 2007)와 2, 3번 액아에서 주로 높은 괴사율을 보이며 7번 액아까지 점진적으로 감소한다는 '퀸오브바인야드'(Queen of vineyard) 포도(Lavee et al., 1981)와 비슷한 경향을 나타냈다. 화원기형성률은 유목에서 1번 액아에서 8.3%로 가장 낮게 조사되었으며 2번 액아에서 10.8%로 그 다음으로 낮았다. 반면 5-9번 액아에서는 21.8-25%로 조사되어 기부의 액아보다 약 두배 이상 높은 화원기형성률을 보였으며, 이는 '설타나'(Sultana) 포도에서 기부에서 송이가 가장 적게 형성되고 9번 액아에서 형성률이 가장 높다(Anticliff and Webster, 1955)는 보고와 유사한 경향을 보였다. 하지만 성목과 유목 GA 처리구의 경우는 1번 액아가 가장 낮게 조사되었으나, 2번 액아에서 매우 높게 조사되었다.

액아 형성 위치에 따른 결과를 종합하면 유목 '샤인머스캣'은 기부의 1번 액아에서 주아 및 부아괴사율이 가장 높고, 화원기형성률은 가장 떨어지기 때문에, 괴사율은 낮고 화원기형성률이 높은 5번 이상의 액아까지 전정시 남겨 재배하는 것이 수량확보에 유리할 것으로 생각된다. 성목 및 GA 처리 '샤인머스캣' 또한 1번 액아에서 다른 위치의 액아보다 괴사율은 높고 화원기

Table 5. Means of bud size, bud necrosis, and inflorescence primordium formation rate from June 2018 to March 2019 according to bud location in young 'Shine Muscat' grapevines after gibberellic acid treatment

Bud location	Bud size (mm)	MBN ^z (%)	ABN ^y (%)	WBN ^x (%)	Inflorescence primordium (%)
1st	4.37 ab ^z	15.8 A	16.6 a	3.3 c	10.0 b
2nd	4.02 c	2.5 B	2.5 c	3.3 c	26.6 a
3rd	4.29 ab	5.8 b	4.1 bc	8.3 abc	20.8 ab
4th	4.23 abc	4.1 b	2.5 c	10.8 ab	21.6 a
5th	4.40 a	3.3 b	5.8 bc	7.5 abc	21.6 a
6th	4.40 a	1.6 b	3.3 c	9.1 abc	16.6 ab
7th	4.27 ab	2.5 b	5.0 bc	11.6 a	24.1 a
8th	4.24 abc	4.1 b	8.3 bc	4.1 bc	19.1 ab
9th	4.15 bc	4.1 b	10.8 ab	5.8 abc	27.5 a
10th	4.18 abc	1.6 b	7.5 bc	5.8 abc	18.3 ab

^zMBN: main bud necrosis.

^yABN: accessory bud necrosis.

^xWBN: whole bud necrosis.

^wMeans followed by different letters within columns are significantly different according to Duncan's multiple range tests, $p < 0.05$.

형성률이 떨어지기 때문에 1, 2번 액아만 남기는 단초전정 보다는 더 많은 수의 액아를 남기는 중·장초전정을 하는 것이 더 유리할 것으로 생각된다.

2018년 월별 액아의 특성 비교

각 시기별 '샤인머스캣' 포도 액아의 크기(Fig. 2)는 모든 처리구에서 조사가 시작된 6월에 가장 작게 조사되었으며 8월까지 생육기간 중에는 일정한 경향을 보이지 않았으나 이후 유목과 성목은 9월까지 유목 GA 처리구는 10월까지 증가하였다. 유목

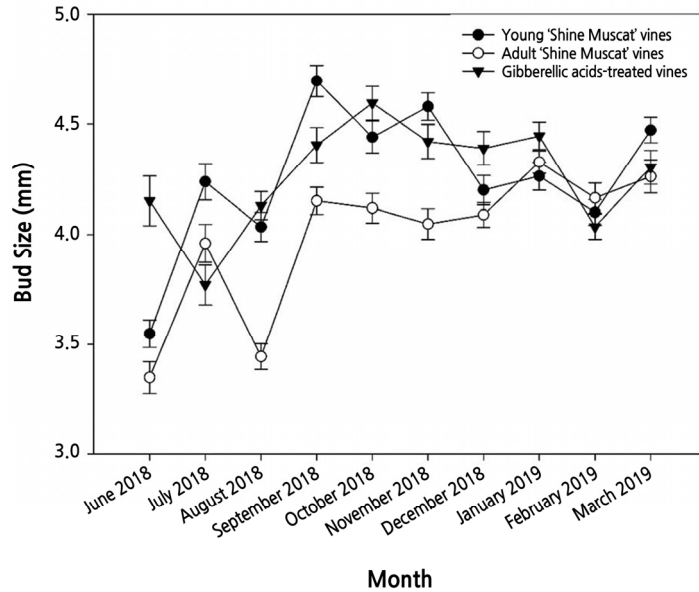


Fig. 2. Seasonal changes in bud size in young and adult 'Shine Muscat' grapevines and in young grapevines treated with gibberellic acid.

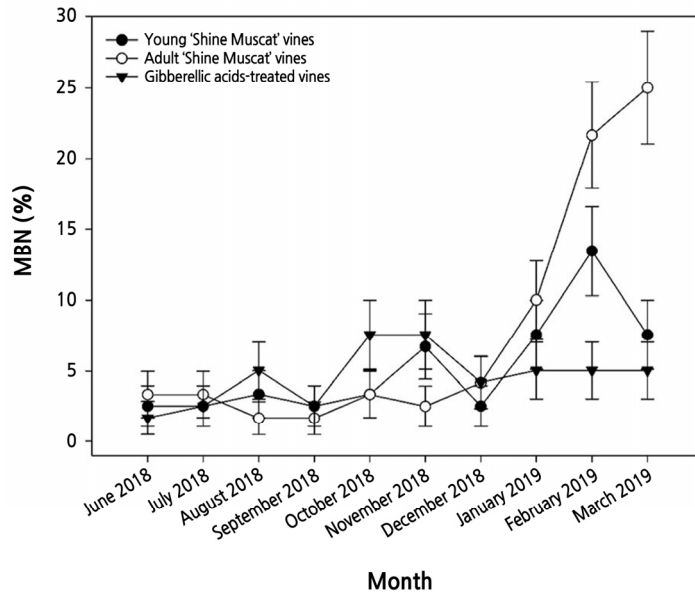


Fig. 3. Seasonal changes in MBN (main bud necrosis) in young and adult 'Shine Muscat' grapevines and in young grapevines treated with gibberellic acid.

은 9월에 4.69mm의 최대 크기를 보인 후 12월까지 4.21mm로 작아져, 9월 4.15mm였던 액아의 크기가 12월 4.09mm로 크기가 변화가 거의 없는 성목에 비하여 비교적 큰 폭으로 감소하였다. 유목 GA 처리구는 10월에 4.59mm로 가장 크게 조사되었으며 1월까지 소폭 감소하였다. 세처리구 모두 1월과 2월 사이 액아 크기는 감소하였지만 발아가 시작되는 3월에는 크기를 회복하는 것으로 조사되었다. 가지의 생육 기간 중에 눈의 크기가 큰 폭으로 변화하며 일정한 경향을 보이지 않은 것은 가지당 10개 액아의 평균값을 기준으로 조사했을 때 가지의 성장상태나 마디별 눈의 발달 정도에 큰 차이가 있기 때문인 것으로 생각되었다. 반면에 신초생장이 정지한 9월 이후에는 눈 크기의 변화 또한 크게 차이가 나지 않은 석으로 생각된다.

월별 과사율 비교에서 주아과사율은(Fig. 3)은 12월까지 모든 처리구에서 큰 차이를 보이지 않고 10% 아래로 유지되었으나 유목 GA 처리구를 제외하고는 이후 휴면기에도 증가하는 추세를 보였으며 특히 성목의 경우에는 계속해서 증가하여 3월에 주아과사율이 25.0%까지 도달하였다. 부아과사율(Fig. 4) 앞선 주아과사율과 발생 양상이 달랐으며 조사가 시작된 6월에 유목과 성목에서 각각 13.3%와 25.0%로 가장 높은 부아과사율을 보인 이후 모든 조사 기간 동안 5% 내외의 낮은 부아과사율을 유지하였다. 유목 GA 처리구는 7월을 제외한 시기에서 모두 10% 미만이었으며 큰 경향을 보이지 않았다. 눈과사율(Fig. 5)은 유목과 성목 모두 전 시기에 걸쳐 10%를 넘는 달이 존재하지 않았다. 가장 높은 경우도 유목의 경우 8월 8.3%였으며 성목은 3월 7.5%에 불과했다. 반면에 유목 GA 처리구는 10월과 11월에 큰 폭으로 증가하여 최고 20%에 가까운 수치를 보였으나 이후 감소하여 3월에는 다른 처리구와 비슷한 과사율을 보였다. 화원기형성률(Fig. 6)은 6월에는 공통적으로 화원기가 형성되지 않았으나 이후 9월에서 10월까지 꾸준히 증가한 후 감소하였다. 유목과 유목 GA 처리구는 9월에 36.7%와 34.9%로 가장 높은 형성률을 보이고 이후 감소하다 1월과 2월 이후 다시 증가하는 경향을 보였으나, 성목의 경우 10월에 49.2%로 조사된 이후 조사가 끝나는 시점까지 감소하여 3월에는 유목과 유목 GA 처리구보다 현저히 낮은 화원기형성률을 보였다. 이와 같이 성목의 화원기 형성율이 낮은 이유는 휴면기간 동안의 높은 주아과사율과 연관된 것으로 보인다.

위 결과를 종합하여 볼 때 시간이 지남에 여러가지 환경 요인, 특히 휴면에 들어가는 시점 이후 겨울의 추위와 같은 스트레스에 크게 영향을 받아 주아과사율이 증가하는 경향을 나타내는 것으로 생각되며, 이후의 화원기형성은 부아에서 이루어지는 것으로 판단된다.

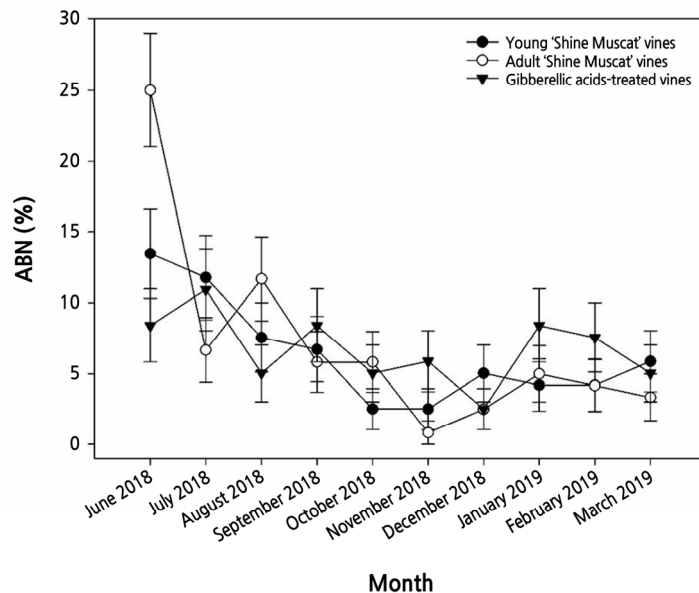


Fig. 4. Seasonal changes in ABN (accessory bud necrosis) in young and adult 'Shine Muscat' grapevines and in young grapevines treated with gibberellic acid.

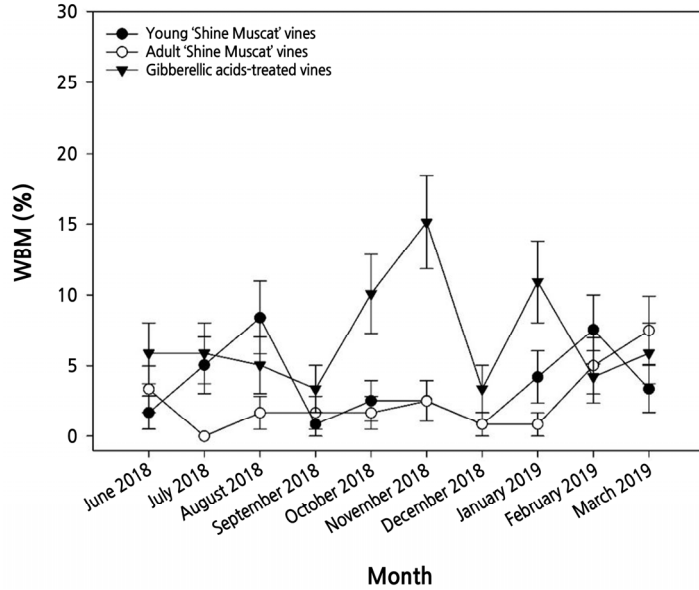


Fig. 5. Seasonal changes in WBN (whole bud necrosis) in young and adult 'Shine Muscat' grapevines and in young grapevines treated with gibberellic acid.

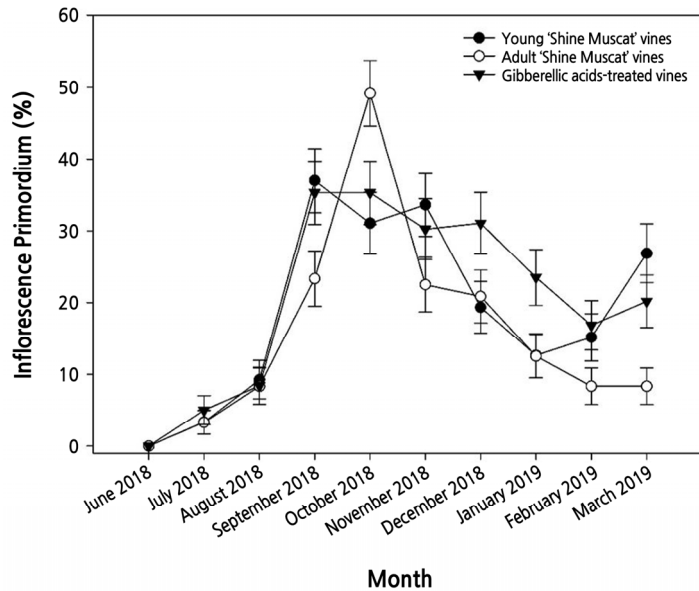


Fig. 6. Seasonal changes in inflorescence primordium formation rate in young and adult 'Shine Muscat' grapevines and in young grapevines treated with gibberellic acid.

발아 후 가지 길이에 따른 액아의 특성 비교

10번 마디까지 길이를 네 개의 구간으로 분류하여 6월에서 8월까지 측정된 후 평균값을 기준으로 비교한 결과 유목의 경우 (Table 6) 가지의 길이가 가장 짧은 구간인 60cm 미만에서 눈의 크기가 3.75mm로 가장 작게 조사되었고, 길이가 길어질수록 증가하여 100cm 이상 구간에서 4.49mm로 가장 크게 조사되었다. 주아, 부아 및 눈괴사율은 60cm 미만 구간에서 각각 10.0%, 10.0%, 7.5%로 조사되어 60-80cm 구간의 부아괴사율을 제외하고는 다른 구간에 비해 높게 조사되었다. 화원기형 성률은 통계적 차이는 나지 않았으나 60cm 미만 구간에서 15.0%로 낮은 경향을 보여 유목 '샤인머스캣'은 신초의 길이를 최

소한 60cm 이상 되도록 관리하는 것이 필요할 것으로 생각되었다. 성목 '샤인머스캣'(Table 7)의 경우에도 유목과 마찬가지로 가지의 길이가 길어질수록 액아의 크기는 커지는 것으로 조사되었다. 60cm미만 구간에서 주아괴사율이 13.3%로 가장 높았으며 부아 및 눈괴사율과 화원기형성률은 통계적 차이를 나타내지 않았다. 따라서 성목에서는 가지 길이가 길수록 액아의 크기는 큰 것으로 조사되었으나 액아의 크기에 따른 부아괴사율, 눈괴사율, 화원기형성률 등이 큰 차이를 보이지 않았으며 주아괴사율도 일정한 경향을 보이지 않아 가지의 길이가 액아 발달에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다.

GA를 처리한 유목 '샤인머스캣'(Table 8)의 경우에도 마찬가지로 길이가 늘어남에 따라 액아의 크기는 3.85mm에서

Table 6. Means of bud size, bud necrosis, and inflorescence primordium formation rate from June 2018 to March 2019 according to shoot length in young 'Shine Muscat' grapevines

Shoot length (cm)	Bud size (mm)	MBN ^z (%)	ABN ^y (%)	WBN ^x (%)	Inflorescence primordium (%)
<60	3.75 c ^w	10.0 a	10.0 ab	7.5 a	15.0 a
60 ≤ <80	3.77 c	2.8 b	10.9 a	1.4 b	18.5 a
80 ≤ <100	4.23 b	4.6 ab	4.1 b	3.3 ab	18.4 a
100 ≤	4.49 a	6.4 ab	5.8 ab	4.4 ab	19.6 a

^zMBN: main bud necrosis.

^yABN: accessory bud necrosis.

^xWBN: whole bud necrosis.

^wMeans followed by different letters within columns are significantly different according to Duncan's multiple range tests, $p < 0.05$.

Table 7. Means of bud size, bud necrosis, and inflorescence primordium formation rate from June 2018 to March 2019 according to shoot length in adult 'Shine Muscat' grapevines

Shoot length (cm)	Bud size (mm)	MBN ^z (%)	ABN ^y (%)	WBN ^x (%)	Inflorescence primordium (%)
<60	2.93 d ^w	13.3 a	10.0 a	0.0 a	20.0 a
60 ≤ <80	3.69 c	2.2 b	8.5 a	1.8 a	14.8 a
80 ≤ <100	4.01 b	10.9 a	6.1 a	2.8 a	14.4 a
100 ≤	4.26 a	6.5 ab	7.1 a	2.6 a	17.6 a

^zMBN: main bud necrosis.

^yABN: accessory bud necrosis.

^xWBN: whole bud necrosis.

^wMeans followed by different letters within columns are significantly different according to Duncan's multiple range tests, $p < 0.05$.

Table 8. Means of bud size, bud necrosis, and inflorescence primordium formation rate from June 2018 to March 2019 according to shoot length in young 'Shine Muscat' grapevines after gibberellic acid treatment

Shoot length (cm)	Bud size (mm)	MBN ^z (%)	ABN ^y (%)	WBN ^x (%)	Inflorescence primordium (%)
<60	3.85 c ^z	1.8 b	9.0 a	2.7 b	8.1 c
60 ≤ <80	3.94 c	3.0 ab	6.6 a	4.4 b	16.6 b
80 ≤ <100	4.41 b	5.4 ab	5.8 a	7.1 b	22.6 ab
100 ≤	4.61 a	6.3 a	7.0 a	11.8 a	27.7 a

^zMBN: main bud necrosis.

^yABN: accessory bud necrosis.

^xWBN: whole bud necrosis.

^wMeans followed by different letters within columns are significantly different according to Duncan's multiple range tests, $p < 0.05$.

4.61mm까지 증가하였다. 주아괴사율과 눈괴사율은 길이가 길어질수록 증가하는 경향을 보였으나 화원기형성률 역시 신초 길이가 증가할수록 8.1%에서 27.7%까지 3배 이상 증가하는 경향을 보여 주아괴사와 눈괴사에 따라 부아에서 형성되는 화원 기일 것으로 생각되었다. 따라서 마디 길이의 측면에서 GA 처리시에는 가지길이를 80cm 이상 유지해 주는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

발아 후 가지 굵기에 따른 액아의 특성 비교

가지의 굵기에 따라 다섯 개의 구간으로 나누어 액아의 특성을 비교하였으며 유목의 액아 크기(Table 9)는 가지 굵기가 7mm 미만 구간에서 가장 작게 조사되었고, 굵기가 굵어짐에 따라 크기가 증가하여 가장 크게 조사된 구간과 1mm 이상의 크기 차이를 보였다. 주아괴사율은 통계적 차이를 보이지 않았으며, 부아괴사율은 7mm 미만에서 10.7%로 가장 높았으며 굵기가 굵어질수록 감소하여 11.5mm 이상 구간에서는 1.8%로 가장 적었다. 눈괴사율은 가지 굵기 10.0mm 이상인 구간에서 평균 7.1%로 높게 조사되었고 10mm 미만 구간에서 1.5–2.2%로 낮게 조사되어 10mm 미만 구간은 눈괴사율 발생이 적은 것으로 조사되었다. 화원기형성률은 8.5mm 이상 10mm 미만에서 23.6%로 최고치를 보였으며 이를 전후로 낮아지는 경향을 보여 가지 굵기가 너무 가늘거나 너무 굵은 경우 오히려 화원기형성률이 감소하는 것으로 조사되었다. 유목 '샤인머스켓'에서 가지 굵기가 너무 가늘면 부아괴사율이 높고 화원기형성률이 불량하고 너무 굵으면 눈괴사율이 높으며 화원기형성률이 불량하기 때문에 가지의 굵기를 약 8.5–11.5mm 정도로 유지하는 것이 꽃송이 확보에 유리할 것으로 생각된다. 성목 '샤인머스켓'(Table

Table 9. Means of bud size, bud necrosis, and inflorescence primordium formation rate from June 2018 to March 2019 according to shoot diameter in young 'Shine Muscat' grapevines

Shoot diameter (mm)	Bud size (mm)	MBN ^z (%)	ABN ^y (%)	WBN ^x (%)	Inflorescence primordium (%)	
<7	3.72 e ^w	5.0 a	10.7 a	2.1 b	16.4 ab	
7≤	<8.5	3.96 d	4.8 a	7.4 ab	2.2 b	14.8 b
8.5≤	<10	4.33 c	4.8 a	6.9 ab	1.5 b	23.6 a
10≤	<11.5	4.46 b	6.9 a	4.6 bc	6.1 a	20.0 ab
11.5≤	4.80 a	5.0 a	1.8 c	8.1 a	17.5 ab	

^zMBN: main bud necrosis.

^yABN: accessory bud necrosis.

^xWBN: whole bud necrosis.

^wMeans followed by different letters within columns are significantly different according to Duncan's multiple range tests, $p < 0.05$.

Table 10. Means of bud size, bud necrosis, and inflorescence primordium formation rate from June 2018 to March 2019 according to shoot diameter in adult 'Shine Muscat' grapevines

Shoot diameter (mm)	Bud size (mm)	MBN ^z (%)	ABN ^y (%)	WBN ^x (%)	Inflorescence primordium (%)	
<7	3.56 e ^w	3.0 c	10.0 a	0.8 a	13.6 b	
7≤	<8.5	3.97 d	5.4 bc	5.8 a	3.2 a	16.6 ab
8.5≤	<10	4.24 c	11.7 b	6.9 a	2.6 a	15.2 b
10≤	<11.5	4.65 b	23.3 a	3.3 a	6.6 a	25.0 a
11.5≤	5.24 a	26.0 a	4.0 a	2.0 a	12.0 b	

^zMBN: main bud necrosis.

^yABN: accessory bud necrosis.

^xWBN: whole bud necrosis.

^wMeans followed by different letters within columns are significantly different according to Duncan's multiple range tests, $p < 0.05$.

Table 11. Means of bud size, bud necrosis, and inflorescence primordium formation rate from June 2018 to March 2019 according to shoot diameter in young 'Shine Muscat' grapevines after gibberellic acid treatment

Shoot diameter (mm)	Bud size (mm)	MBN ^z (%)	ABN ^y (%)	WBN ^x (%)	Inflorescence primordium (%)	
<7	3.51 d ^w	0.7 b	12.3 a	0.7 b	12.3 d	
7≤	<8.5	4.06 c	3.7 ab	4.4 b	2.2 b	14.4 cd
8.5≤	<10	4.24 b	4.7 ab	5.0 b	8.1 a	20.5 bc
10≤	<11.5	4.61 a	6.6 a	7.0 b	11.4 a	25.1 ab
11.5≤	4.74 a	5.3 a	9.2 ab	9.9 a	31.1 a	

^zMBN: main bud necrosis.^yABN: accessory bud necrosis.^xWBN: whole bud necrosis.^wMeans followed by different letters within columns are significantly different according to Duncan's multiple range tests, $p < 0.05$.

10)의 액아의 크기는 유목과 같이 7mm 미만에서 가장 작게 조사되었고 가지가 굵어질수록 액아의 크기도 커져 유목과 같은 양상을 나타내었다. 주아괴사율은 7mm 미만에서 3.0%로 매우 낮았지만 가지가 굵어질수록 주아괴사율이 증가하여 11.5mm 이상 구간에서는 26.0%의 높은 주아괴사를 보였으며 특히, 유목과 비교하여 가지 굵기가 동일한 구간에서도 현저히 높은 주아괴사를 나타내었다. 이는 수세가 강할수록 주아괴사율이 증가한다는 Lavee et al.(1981)과 Collins and Rawnsley(2005)의 연구 결과와 일치하였다. 부아와 눈괴사율은 통계적 차이를 보이지 않았으며 유목과 비교해서도 큰 차이를 보이지 않았다. 화원기형성률의 경우 가지 굵기 10mm 이상 11.5mm 미만 구간에서 25.0%로 최고치를 보였으며 이를 전후하여 화원기형성률이 낮아지는 경향을 보여 성목에서도 유목과 같은 경향이었으나 유목보다는 조금 강하게 키우는 것이 유리한 것으로 조사되었다. GA 처리한 유목 '샤인머스캣'(Table 11)의 액아 크기는 앞선 무처리구와 같은 경향을 보였으며 가지 굵기 8.5mm 이상 처리구에서는 무처리구와 유사한 주아괴사율을 보였다. 굵기 7mm 미만의 가지에서 부아괴사율이 12.3%로 높게 나타났으나 8.5mm 이상에서는 부아괴사율과 눈괴사율 모두 큰 차이를 보이지 않았다. 화원기형성률은 액아의 크기와 같은 경향을 보여 7mm 미만 구간에서 12.3%로 가장 낮게 조사되었으며 굵기가 증가할수록 화원기형성률도 증가하는 경향을 보였다. 무처리구에서 8.5에서 10mm 구간의 화아형성률이 가장 좋았던 것에 비하여 GA 처리시에는 강하게 가지를 키우는 것이 화원기형성률에 도움이 되는 것을 알 수 있었다. 앞선 가지 길이에서의 결과와 종합하여 볼 때 GA를 처리하여 '샤인머스캣'을 재배할 때에는 수세를 충분히 강하게 유도하는 것이 화원기의 형성에 효과적이며 빈가지 발생 경감에 유리할 것으로 생각된다.

초 록

본 연구는 '샤인머스캣' 포도에서 발생하는 빈가지 현상의 발생원인을 구명하고자 액아의 발달과 여러 괴사 유형 및 화원기의 발생을 조사하여 액아의 특성을 파악하였다. 화원기형성률은 유목은 9월 성목은 10월에 가장 높았으나 이듬해 3월의 화원기형성률은 오히려 낮았으며, 이듬해 개화기의 화수발생률은 모든 조사기간의 화원기형성률과 비교하여 높았다. 화원기형성률에 비하여 화수의 발생이 많은 것은 환경휴면 기간에 계속적으로 부아에서 화원기가 형성되었기 때문으로 생각되나, 그럼에도 불구하고 유목과 성목 모두 빈가지가 많이 발생하였다. 마디별 위치에 따른 액아의 특성은 1번액아에서 주아 및 부아괴사율이 높고 화원기형성률이 떨어지기 때문에 비교적 괴사율이 낮고 화원기형성률이 높게 조사된 5번 전후의 마디까지 남기는 중초전정 이상의 전정으로 포도를 재배하는 것이 수량 확보에 유리할 것으로 판단되었다. 월별 비교를 통해서 성목은 휴면기간 동안 유목과 GA 처리에 비해 주아괴사율이 증가하고 화원기형성률이 감소하는 것으로 조사되었다. 가지의 수세에 따른 액아의 발달은 유목과 성목 모두 가지의 길이에 따른 액아의 특성은 크게 차이가 없으나 GA 처리시에는 화원기형성률을 높이기 위

해 가지길이를 최소한 80cm 이상으로 유지시켜 주어야 할 것으로 판단되었다. 또한 가지의 굵기가 너무 굵거나 얇으면 괴사와 과 화원기 형성 측면에서 부정적인 영향을 미치기 때문에 3-4번 마디사이의 굵기가 유목은 8.5mm 이상 11.5mm 미만 정도가 유지되도록 하며 성목은 10.0mm 이상 11.5mm 미만 정도로 유지될 수 있도록 하는 것이 유리할 것으로 판단되었다. 반면에 GA 처리구의 경우 가지의 길이가 길어질수록, 굵기가 굵어질수록 화원기형성에 유리한 것으로 조사되었다.

추가 주요어 : 빈 가지, 월별비교, 마디, 가지 굵기, 가지 길이

Literature Cited

- Ahmadi J, Abedy B, Shoor M, Eshghi S, Fahlani RA (2018) Effect of salicylic acid and potassium sulfate on the primary bud necrosis and fruit set of the following year of Askari grapevine. *Eurasian J Biosci* 12:39-47
- Anticiff AJ, Webster WJ (1955) Studies on the sultana vine. I. Fruit bud distribution and bud burst with reference to forecasting potential crop. *Aust J Agric Res* 6:565-588. doi:10.1071/AR9550565
- Choi IM, Lee CH, Hong YP, Park HS (2007) Relation between shoot vigour and bud necrosis in 'Campbell Early' grapevines. *Korean J Hortic Sci Technol* 25:375-381
- Collins C, Rawnsley B (2005) Factors influencing primary bud necrosis (PBN) in Australian vineyards. *Acta Hortic* 689:81-86. doi:10.17660/ActaHortic.2005.689.5
- Dry PR, Coombe BG (1994) Primary bud-axis necrosis of grapevine. I. Natural incidence and correlation with vigour. *Vitis* 33:225-230
- Kavoosi B, Eshghi S, Tafazoli E, Rahemi M, Emam Y (2012) Primary bud necrosis (PBN) as affected by cane diameter, node position and sampling date in grapevine (*Vitis vinifera* L. 'Askari'). *Acta Hortic* 931:453-460. doi:10.17660/ActaHortic.2012.931.54
- Kim BS, Cho KC, Choi HS (2021) Eco-physiological responses of 'Campbell Early' and 'Jinok' grape vines of two regions affected by different climatic conditions. *Hortic Environ Biotechnol* 62:159-168. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00308-9>
- Kim EJ, Lee BHN, Kwon YH, Shin KH, Chung KH, Park SJ, Park HS (2011) Bud necrosis characteristics of 'Hongisul' Grape. *Korean J Hortic Sci Technol* 29:407-412
- Kim JH, Jung MH, Park YS, Lee BHN, Park HS (2019a) Suitable yields and establishment of harvesting standard in 'Shine Muscat' grape. *Korean J Hortic Sci Technol* 37:178-189. doi:10.12972/kjhst.20190018
- Kim YS, Kwon HT, Hong SB, Jeon YH (2019b) Occurrence of bunch rot disease caused by *Aspergillus tubingensis* on 'Shine Muscat' grape. *Res Plant Dis* 25:220-225. doi:10.5423/rpd.2019.25.4.220
- Kwon YH, Kim EJ, Park SJ, Lee HC, Ma KB, Park HS (2011) Axillary Bud Development and Necrosis for 'Heukgoosul' Grapevine. *J Bio-Env Con* 20:382-386
- Lavee S, Melamud H, Ziv H, Brenstein Z (1981) Necrosis in grapevine buds (*Vitis vinifera* cv. Queen of Vineyard) 1. Relation to vegetative vigor. *Vitis* 20:8-14
- Lebon G, Wojnarowicz G, Holzapfel B, Fontaine F, Vaillant-Gaveau N, Clément C (2008) Sugars and flowering in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). *J Exp Bot* 59:2565-2578. doi:10.1093/jxb/ern135
- Li-Mallet A, Rabot A, Geny L (2015) Factors controlling inflorescence primordia formation of grapevine: their role in latent bud fruitfulness? A review. *Botany* 94:147-163. doi:10.1139/cjb-2015-0108
- Morrison JC, Iodi M (1990) The development of primary bud necrosis in 'Thompson Seedless' and 'Flame Seedless' grapevines. *Vitis* 29:133-144
- Naito R, Yamamura H, Yoshino K (1986) Effects of shoot vigor and foliar application of GA and SADH on the occurrence of bud necrosis in kyoho grape. *J Jpn Soc Hortic Sci* 55:130-137. doi:10.2503/jjshs.55.130
- Negi S, Olmo H (1972) Certain embryological and biochemical aspects of cytokinin SD 8339 in converting sex of a male *Vitis vinifera* (Sylestris). *Am J Bot* 59:851-857. doi:10.1002/j.1537-2197.1972.tb10160.x
- Perez J, Kliewer WM (1990) Effect of shading on bud necrosis and bud fruitfulness of thompson seedless grapevines. *Am J Enol Vitic* 41:168-175
- Srinivasan C, Mullins MG (1981) Physiology of flowering in the grapevine a review. *Am J Enol Vitic* 32:47-63
- Suehiro Y, Mochida K, Tsuma M, Yasuda Y, Itamura H, Esumi T (2019) Effects of abscisic acid/ethephon treatments on berry development and maturation in the yellow-green skinned 'Shine Muscat' grape. *Hort J* 88:189-201. doi:10.2503/hortj.UTD-045
- Wolf TK, Cook MK (1992) Shoot growth and shade affect bud necrosis in Virginia. *Am J Enol Vitic* 43:394
- Wu Y, Zhang W, Song S, Xu W, Zhang C, Ma C, Wang L, Wang S (2020) Evolution of volatile compounds during the development of Muscat grape 'Shine Muscat' (*Vitis labrusca* × *V. vinifera*). *Food Chem* 309:125778. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125778
- 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
- Yao L, Zhu J, Li Z, Wang Y, Zhou X, Wang J (2019) Effects of zinc fertilizer on photosynthetic characteristics of 'Shine Muscat' grape. *E3S Web Conf* 136:07017. doi:10.1051/e3sconf/201913607017