

PLANT&FOREST

Characteristics of lateral bud development, necrosis and genesis of flower primordium in 'Kyoho' grapevines

Jun Young Park¹, Myung Hee Jung¹, Bo Min Kim¹, Yo Sup Park², Jun Hyeok Kim³, Hee-Seung Park^{1*}

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

²Citrus Research Institute, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Jeju 63607, Korea

³Wild Plant Seed Research Division, Baekdudaegan National Arboretum, Bonghwa 36209, Korea

*Corresponding author: koussa@cau.ac.kr

Abstract

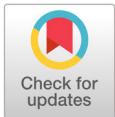
This study investigated the effective harvest of 'Kyoho' grapevines by examining their characteristics including bud development, necrosis types and flower primordium formation. The size of the axillary bud did not show any difference in the 5th node or more, but it was smaller because it was closer to the base in the 4th node or less. In the 1st node, the rates of main bud necrosis (MBN), accessory bud necrosis (ABN), and whole bud necrosis (WBN) were high, and the rate of flower primordium formation was low, but there was no significant difference in the other nodes. Therefore, it was expected that using other nodes than the 1st node would be advantageous to secure production. Because the growth progresses after sprouting, the main bud necrosis rate increases, showing a very low flower primordium formation rate in March of the following year. Therefore, a method is needed to increase the storage nutrients in the winter and the rate of flower primordium formation after March. This study found that the thickness of the shoots should be less than 8.5 mm between the 3rd and 4th nodes, and the length should be less than 60 cm for nodes up to the 10th node.

Keywords: bud, flower primordium rate, Kyoho, necrosis rate, tree vigor

Introduction

대립계 포도 중 '거봉' (*Vitis Labruscana* B. cv. Kyoho)은 국내에서 '캠벨얼리' (Campbell Early)에 이어 두번째로 많이 재배되고 있는 주요한 품종 중 하나이다(Hwang et al., 2010). '거봉' (Kyoho) 포도에 관한 연구는 착과량에 따른 기본 품질(Shim et al., 2007), 생장조절제 처리(Han and Lee, 2001) 및 빛 처리(Kim et al., 2017) 등 과일을 대상으로 한 다양한 선행 연구들이 존재하는 것과 비교하여, 정작 과실 발달의 출발점인 액아(bud)에 대한 연구는 상대적으로 매우 부족한 실정이다.

포도의 액아는 외관상 하나처럼 보이지만 그 안에 하나의 주아와 여러 개의 부아로 이루어져 있으며, 액아는 가지, 잎, 꽃의 원기를 모두 가지고 있다(Choi et al., 2007). 신초의 생장과 함께 마디마다 형성된 액아는 가을을 지나 겨울 휴면기를 거쳐 이듬해 발아하게 된다. 따라서



OPEN ACCESS

Citation: Park JY, Jung MH, Kim BM, Park YS, Kim JH, Park HS. 2020. Characteristics of lateral bud development, necrosis and genesis of flower primordium in 'Kyoho' grapevines. Korean Journal of Agricultural Science 47:987-993. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20200082>

Received: July 01, 2020

Revised: October 26, 2020

Accepted: November 17, 2020

Copyright: © 2020 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

전년도에 형성된 포도 액아의 소질 및 결과모지의 특성은 다음해 수체생장에 영향을 미쳐 이듬해 포도 과실의 품질 및 생산량에 직접적인 영향을 끼친다(Vasudevan et al., 1998; Choi, 1999). 특히, 많은 포도에서 발생하고 있는 주아괴사로 인해 부아를 이용한 과실 생산이 이루어지고 있으며, 부아에서 발달한 과실의 경우 당도, 산도, 안토시아닌 함량 등 과실 품질은 주아에서 발생한 과실과 차이가 없으나 과방중, 과방장 등이 작아 과실의 외관 저하 및 생산량 감소를 가져올 수 있다(Choi, 1999). 따라서 액아의 발육 특성을 이해하는 것은 고품질 과실을 재배하기 위한 기본이 될 수 있다.

포도 액아에 관한 국내 연구는 '캠벨얼리', '홍이슬' (Hongisul) 그리고 '흑구슬' (Heukgoosul) 등에서 진행된 바 있으며, '캠벨얼리'의 경우 신초의 세력이 액아 괴사에 영향을 미치고(Choi, 1999), '홍이슬'은 신초의 세력과 더불어 액아의 형성 위치에 따라 액아 괴사가 영향을 받는 것으로 보고되었다(Kim et al., 2011). '흑구슬'의 경우는 액아의 괴사 자체는 다른 품종에 비해 적었으나 1번 액아의 눈괴사율이 높아 재배시 1번 액아의 사용을 피해야 수량 확보에 유리한 것으로 보고되었다(Kwon et al., 2011). 국외 연구로는 2 - 3번 액아에서 주로 괴사가 발견된다는 '퀸오브바인야드' (Queen of vineyard) 포도(Lavee et al., 1981) 등이 보고되었지만, 국내외에서 '거봉'의 액아에 대한 연구는 거의 없었다.

따라서 본 연구에서는 '거봉'의 액아의 발달 특성을 이해하기 위해서 액아의 크기, 괴사발생률 및 화원기형성률을 조사하여 '거봉' 품종의 액아 특성을 구명하고자 하였다.

Materials and Methods

실험 재료

본 연구는 경기도 안성시 내에 위치한 농가 포장에 재식중인 5 - 6년생 '거봉' 포도를 이용하여 2018년 6월부터 2019년 3월까지 실험을 진행하였다. 재식 거리는 2.5 m × 2.8 m로 재식 되었으며 '거봉' 포도 액아의 본연의 특성을 조사하기 위해 일반적인 포도 재배 방식과 다르게 과실에 gibberellin 및 다른 처리를 하지 않고 생육을 관찰하였다.

실험 방법

액아의 외적 발달 특성을 관찰하기 위해 매월 10마디 이상 자란 가지를 기부부터 10마디까지를 12가지씩 채취하여 실험을 진행하였다. 액아의 크기는 가지에 위치하는 모든 액아를 vernier calipers (CD-15CP, Mitutoyo corp., Kawasaki, Japan)를 이용하여 횡경을 측정하였다. 또한 가지의 발달에 따른 액아의 발달 정도를 알아보기 위해 주로 과일이 달리는 3번과 4번 마디 사이의 굽기를 vernier calipers를 이용하여 측정하였으며 가지의 길이 또한 측정하였다. 포도 액아의 외적 형질로만 액아의 내부적 상태를 확정 짓기 어렵기 때문에(Dry and Coombe, 1994; Collins and Rawnsley, 2005), 액아를 종경 방향으로 절단하여 주아 및 부아로 이루어진 액아의 내부를 실체현미경 (Olympus BX51, Olympus, Shinjuku, Japan)을 이용하여 괴사 여부와 화원기의 발달을 조사하였다(Fig. 1).

통계 분석

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

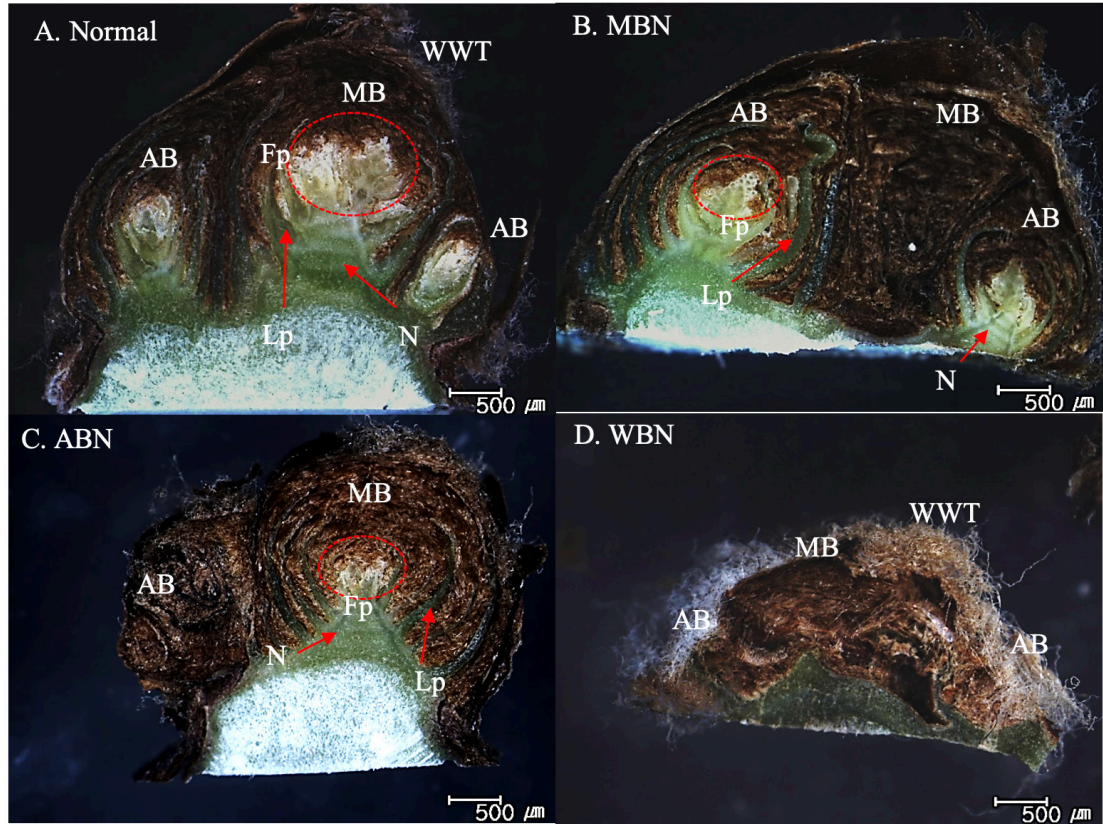


Fig. 1. The necrosis types of lateral bud observed by the photograph of stereomicroscope in 'Kyoho' grapevine. (A) Normal, normal bud, (B) MBN, main bud necrosis, (C) ABN, accessory bud necrosis, (D) WBN, whole bud necrosis. AB, accessory bud; Fp, flower primordium; Lp, leaf primordium; MB, main bud; N, node; WWT, white wool tip.

Results and Discussion

액아형성 위치에 따른 괴사율 및 화원기형성률

신초가 발아하여 10마디 이상 형성되는 2018년 6월부터 이듬해 신초가 발아하기 전 시기인 2019년 3월까지 월별로 액아의 내부 관찰 결과에 따라 정상액아(Fig. 1A), 주아괴사(Fig. 1B), 부아괴사(Fig. 1C), 눈괴사(Fig. 1D)로 구분하였으며, 화원기 발달 여부는 주아 혹은 부아 구분없이 조사하였다. 또한 액아의 크기 및 액아의 형성 위치에 따른 주아괴사율, 부아괴사율, 눈괴사율 그리고 화원기형성률을 조사하였으며(Table 1) 결과는 다음과 같다. 액아의 크기는 기부에 가까운 1번 액아에서 4.68 mm로 가장 작게 조사되었으며 6번과 7번 액아에서 5.69 mm와 5.66 mm로 크게 조사되었으나 4-9번 액아의 크기가 5.51 - 5.69 mm인 것으로 조사되어 4-9번 까지의 액아에서는 액아의 크기는 큰 차이를 보이지 않았다. 4번 액아 이하에서는 기부로 갈수록 액아의 크기가 작아졌는데 이는 '홍이슬' 포도(Kim et al., 2011)나 '흑구슬' 포도(Kwon et al., 2011)의 1-3번 액아의 크기가 작았다는 기존의 연구와 같은 결과를 보였다. 주아괴사율은 6번 액아에서 30.0%로 가장 높게 조사되었고, 9번 액아에서 12.9%로 가장 낮게 조사되었으며, 부아괴사율은 1번 액아에서 18.8%로 가장 높아 다른 위치보다 월등히 높은 것으로 조사되었다. 눈괴사율은 모든 액아에서 10%를 넘지 않았으며 통계적차이가 나타나지 않았다. '홍이슬' 포도의 주아괴사율과 비교하여(Kim et al., 2011) '거봉' 포도의 주아괴사율이 높게 조사되었으나 부아괴사와 눈괴사는 낮은 비율을 보였다. 또한

괴사율이 기부에 가까운 액아에서만 높게 조사되고 주아에서는 거의 괴사가 나타나지 않은 '흑구슬' 포도와 비교하여(Kwon et al., 2011) '거봉' 포도는 전체적으로 마디 위치에 따른 경향을 보이지 않고 주아괴사율이 높은 것으로 조사되었으며 이는 봄에 발아하는 액아의 많은 부분이 부아가 발달하는 것으로 판단되었다. 또한 '퀸오브바인 야드' 포도에서 1번 액아가 가장 작고, 6, 7번째 액아가 가장 컸으며 액아의 횡경과 주아괴사간 음의 상관관계를 보였다(Lavee et al., 1981)는 결과와 일치하였다. 화원기형성률은 9번 액아에서 45.8%로 가장 높게 조사되었으며 가장 낮게 조사된 1번 액아의 18.3%보다 두 배 이상 높은 수치를 보였다. 이러한 결과는 '톰슨 시들리스' (Thompson Seedless) 포도에서 기부 근처에서 형성된 액아의 화원기형성률이 다른 액아에 비해 떨어진다는 결과(Williams, 2000)와 일치하였다. 따라서 '거봉' 포도는 중·장초 전정을 하는 것이 안정적인 수량 확보에 유리할 것으로 생각되며, 무핵재배시 단초전정을 하는 경우 액아 발달에 관한 연구가 더 필요할 것으로 생각되었다.

Table 1. Bud size, bud necrosis and flower primordium rates according to bud position.

Bud position	Bud size (mm)	MBN (%)	ABN (%)	WBN (%)	Flower primordium (%)
1 st	4.68d	21.6abc	18.8a	8.3a	18.3c
2 nd	4.93c	20.8abc	3.3c	3.3a	30.0b
3 rd	5.07c	22.5abc	1.6c	4.1a	34.1b
4 th	5.55ab	25.0a	1.6c	7.5a	30.0b
5 th	5.61ab	22.5abc	3.3c	9.1a	22.5bc
6 th	5.69a	30.0a	2.5c	5.8a	29.1bc
7 th	5.66a	25.0ab	2.5c	4.1a	34.1b
8 th	5.51ab	20.0abc	4.1c	4.1a	32.5b
9 th	5.53ab	12.9c	10.8b	4.1a	45.8a
10 th	5.41b	15.0bc	5.8bc	4.1a	30.8b

MBN, main bud necrosis; ABN, accessory bud necrosis; WBN, whole bud necrosis.

a - d: Means in a row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

월별 액아 괴사율 및 화원기형성률

2018년 6월부터 2019년 3월까지 액아의 크기와 주아, 부아 그리고 눈괴사율 및 화원기형성률을 월별로 조사하였다(Fig. 2). 조사 기간중 7월의 액아의 크기가 4.76 mm로 가장 작게 조사되었고 9월에 6.10 mm로 가장 크게 조사되었으나 9월 이후에는 9월 보다 오히려 작은 것으로 조사되었다. 주아괴사율은 액아 형성 초기인 6월과 7월에서 3.3%로 가장 낮게 조사되었으며 이후 점진적으로 증가하여 마지막 조사인 3월에 52.5%로 가장 높게 조사되었다. 부아괴사율과 눈괴사율은 조사기간 전체적으로 10%를 넘기지 않게 낮게 조사되었다. 화원기형성률은 6월과 7월에 거의 조사되지 않았으나 이후 큰 폭으로 증가하여 9월에 53.3%로 가장 높았으며 12월까지 높은 형성률을 보인다 이후 감소하였다. 이는 주아괴사가 증가함에 따라 주아 내에 형성되었던 화원기의 감소에 따른 결과로 생각되며, 조사 기간 중 일정한 경향을 나타내지 않은 부아 및 눈괴사율을 제외하고 주아괴사율과 관련하여 '홍이슬' 포도(Kim et al., 2011)와 '흑구슬' 포도(Kwon et al., 2011) 그리고 '아스카리' (Askari) 포도(Bijan et al., 2013)에서 조사가 진행될 수록 높아지는 결과와 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 '톰슨 시들리스' 포도에서 개화기에는 화원기가 거의 발생하지 않지만 생육 시기가 진행되는 동안 증가한다는 결과(Williams, 2000)와 일치하였다. 주아괴사가 많이 발생하는 '쉬라즈' (Shiraz) 포도에서도 시간이 지남에 따라 주아괴사가 발생되고 겨울에 증가한다(Collins and Rawnsley, 2005)는 결과와 일치하였다. 따라서 품종에 따라 주아괴사율과 주아괴사 시기가 다를 수 있으나 부아 또한 주아만큼 수량에 큰 영향을 끼치는 것으로 생각되며 충실한 화원기를 형성하기 위해서는 많은 저장양분을 축적시키는 것이 중요할 것으로 생각된다.

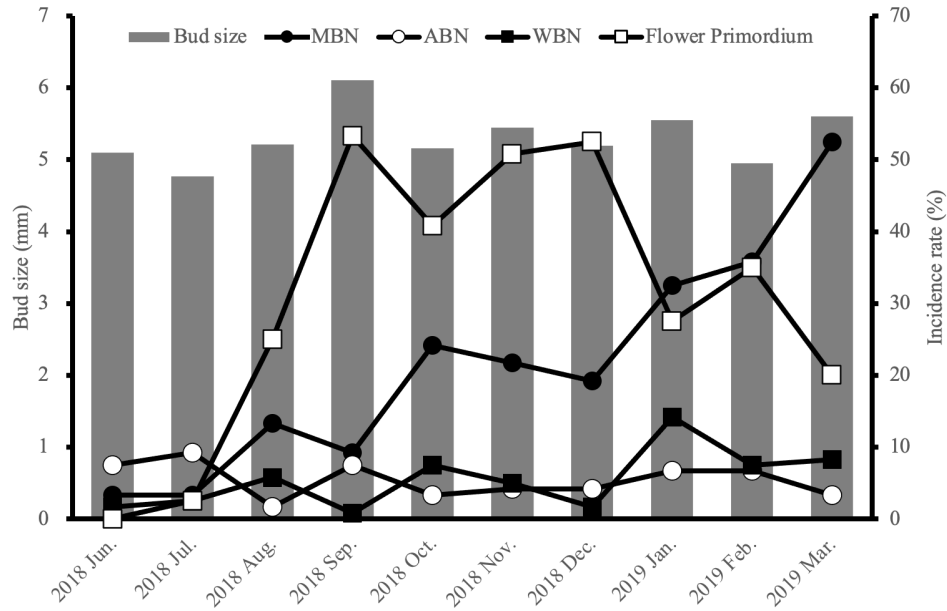


Fig. 2. Bud size, bud necrosis and flower primordium rates according to growth stages. MBN, main bud necrosis; ABN, accessory bud necrosis; WBN, whole bud necrosis.

신탄 수세에 따른 액아 괴사율 및 화원기형성률

수세에 따른 액아의 발달과 괴사율 그리고 화원기형성률을 알아보기 위해 조사기간 동안 가지의 굵기(Table 2)와 길이(Table 3)에 따라 비교하였다. 가지의 굵기는 7 mm 미만부터 11.5 mm 이상까지 1.5 mm 간격으로 총 다섯구간으로 나누어 비교하였다(Table 2). 비교 결과 액아의 크기는 모든 구간에서 차이를 보였으며 7 mm 미만 구간에서 4.65 mm로 가장 작았고 11.5 mm 이상 구간에서 6.01 mm로 가장 컸으며 가지가 굵을수록 액아의 크기가 증가하는 것으로 조사되었다. 주아괴사율 또한 액아의 크기와 마찬가지로 가지가 굵을수록 증가하여 가장 가는 구간에서는 4.0%로 가장 적게 조사되었으나, 가장 굵은 구간에서 42.3%로 10배 이상 큰 차이를 보였다. 부아괴사율은 가지가 가장 가는 구간에서 10.0%로 가장 높게 조사되고 가장 굵은 구간에서는 3.8%로 가장 낮게 조사되어 가지가 굵어질 수록 괴사율은 낮아지는 경향을 보였다. 눈괴사율은 10 mm를 기준으로 10 mm 이상과 10 mm 미만에서 큰 차이를 보였다. 화원기형성률은 구간간 통계적차이를 보이지 않았으나 가장 굵은 11.5 mm 이상 구간에서 25.2%로 가장 낮게 조사되었다. 액아의 괴사율의 합이 8.5 mm 미만 구간에서 18%보다 낮았고, 10 mm 미만구간에서 약 25%인데 반해 10 mm 이상 구간에서는 47%보다 높았기 때문에, 가지의 굵기를 8.5 mm 미만으로 유지해 주고 최대한 10 mm를 넘기지 않도록 하는 것이 액아 괴사를 줄일 수 있는 방법으로 생각되며, 굵기에 따른 결과는 ‘홍이슬’ 포도(Kim et al., 2011)에서 8.5 mm를 넘는 굵기의 가지에서 정상 액아의 비율이 현저히 줄어드는 것과 결과가 일치했다.

Table 2. Bud size, bud necrosis and flower primordium rates according to shoot diameter.

Shoot diameter (x, mm)	Bud size (mm)	MBN (%)	ABN (%)	WBN (%)	Flower primordium (%)
x < 7	4.65e	4.0d	10.0a	3.0c	32.0a
7 ≤ x < 8.5	4.93d	10.3cd	5.6ab	2.0c	33.3a
8.5 ≤ x < 10	5.40c	16.5c	4.8ab	4.0bc	32.2a
10 ≤ x < 11.5	5.60b	31.6b	5.4ab	10.8a	29.5a
11.5 ≤ x	6.01a	42.3a	3.8b	8.1ab	25.2a

MBN, main bud necrosis; ABN, accessory bud necrosis; WBN, whole bud necrosis.

a - e: Means in a row with different letters are significantly different (p < 0.05).

Table 3. Bud size, bud necrosis and flower primordium rates according to shoot length.

Shoot length (x, cm)	Bud size (mm)	MBN (%)	ABN (%)	WBN (%)	Flower primordium (%)
x < 60	5.08b	14.1b	6.2a	4.7b	35.0a
60 ≤ x < 80	5.65a	28.9a	4.8a	5.8b	26.7ab
80 ≤ x	5.82a	33.3a	0.0a	13.3a	16.6b

MBN, main bud necrosis; ABN, accessory bud necrosis; WBN, whole bud necrosis.

a, b: Means in a row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

가지의 길이는 60 cm 미만부터 80 cm 이상까지 20 cm 간격으로 총 세구간으로 구분하였다. 가지의 길이에 따른 비교 결과(Table 3), 액아의 크기는 60 cm 미만 구간에서 5.08 mm로 가장 작게 조사되었으며 가지 길이가 길어질 수록 5.82 mm까지 커졌으나 60 cm 이상 구간에서는 통계적차이를 보이지 않았다. 주아괴사율과 눈 괴사율은 60 cm 미만의 가지에서 각각 14.1%와 4.7%였으며 80 cm 이상의 가지에서는 33.3%와 13.3%까지 높아졌다. 부아괴사율은 가지 길이가 길어짐에 따라 괴사율이 감소하는 추세를 보였으나 통계적 차이를 보이지 않았다. 화원기형성률은 부아괴사율과 같은 추세로 35.0%에서 16.6%까지 감소하였다. 가지의 길이가 60 cm 미만 구간에서 그 외 구간과 비교하여 액아의 크기는 작았으나 괴사율은 낮았으며 화원기형성률은 높아, 10마디까지 60 cm 미만으로 신초의 길이를 유지해 주는 것이 액아 발달에 유리할 것으로 생각되었다.

이는 기존에 보고된 '거봉' 포도(Naito et al., 1986)나 '쉬라즈' 포도(Dry and Coombe, 1994)에서 가지의 굵기가 굵어질수록 주아괴사가 많이 발생하는 결과와 일치하였으며, 수세가 과도하게 강해지지 않도록 생육을 유도하거나 조치를 취해야 할 것으로 판단되었다.

위 내용의 결과들을 종합하였을 때 '거봉' 포도는 수세에 따라 액아의 발달이 크게 영향을 받으며, 발아시 부아의 역할이 매우 큰 것으로 조사되어 안정적인 생산을 위하여 수세와 부아 관리가 매우 중요할 것으로 생각되었다.

Conclusion

'거봉' 포도의 생육 전반에 걸친 액아의 발달 특성을 파악하고 액아의 괴사유형과 화원기 형성 특성을 조사하였다. 마디별 액아의 크기는 5번 마디 이상에서는 차이를 보이지 않았으나 4번 마디 이하에서는 기부에 가까워질수록 작았다. 주아, 부아, 눈괴사율과 화원기형성률은 1번 마디에서 괴사율이 높고 화원기형성률이 낮았으나 그 외의 마디에서는 큰 차이를 보이지 않아 1번 마디 보다는 다른 마디를 이용하는 것이 생산량 확보에 유리할 것으로 조사되었다. 발아 후 생육이 진전될수록 주아괴사율이 증가하여 이듬해 3월에는 매우 낮은 화원기형성률을 보여 겨울철 저장양분 확보와 3월 이후 발아까지 화원기형성률을 높이기 위한 대책이 필요한 것으로 생각된다. 신초의 굵기와 길이는 3 - 4번째 마디 사이의 굵기를 8.5 mm 미만으로 하고 10마디까지의 길이는 60 cm 미만으로 관리하는 것이 액아의 괴사율 감소와 화원기형성률을 향상시킬 수 있는 것으로 조사되었다.

Acknowledgements

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ013431042020)의 지원에 의해 수행되었습니다.

Authors Information

Jun Young Park, <https://orcid.org/0000-0003-3513-7720>

Myung Hee Jung, <https://orcid.org/0000-0002-7715-1144>

Bo Min Kim, <https://orcid.org/0000-0002-0027-8972>

Yo Sup Park, <https://orcid.org/0000-0001-5762-1033>

Jun Hyeok Kim, <https://orcid.org/0000-0002-9490-7054>

Hee-Seung Park, <https://orcid.org/0000-0002-4629-6607>

References

- Bijan K, Saeed E, Enayatela T, Majid R, Yajya E. 2013. Anatomical study and natural incidence of primary bud necrosis and its correlation with cane diameter, node position and sampling date in *Vitis vinifera* L. cv. Askari. *Annals of Biological Research* 4:163-172.
- Choi IM. 1999. Relation between bud characteristics and shoot growth in 'Campbell Early' (*vitis vinifera* L.x *vitis labrusca* L.) grapevines. Korea University, Seoul, Korea. [in Korean]
- Choi IM, Lee CH, Hong YP, Park HS. 2007. Relation between shoot vigour and bud necrosis in 'Campbell Early' grapevines. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 25:375-381. [in Korean]
- Collins C, Rawnsley B. 2005. Improving vineyard productivity through assessment of bud fruitfulness and bud necrosis. South Australian Research and Development Institute (SARDI), Adelaide, Australia.
- Dry PR, Coombe BG. 1994. Primary bud-axis necrosis of grapevines. 1. Natural Incidence and Correlation with Vigor. *Vitis* 33:225-230.
- Han DH, Lee CH. 2001. The effects of GA₃, CPPU and ABA applications on the quality of Kyoho (*Vitis vinifera* L. x *labrusca* L.) grape. pp. 193-197. In IX International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production 653.
- Hwang YS, Lim BS, Kim JK. 2010. Comparison of 'Kyoho' and 'Campbell Early' table grape fruit quality in wholesale market. *Korean Journal of Agricultural Science* 37:7-12. [in Korean]
- Kim EJ, Lee BHN, Kwon YH, Shin KH, Chung KH, Park SJ, Park HS. 2011. Bud necrosis characteristics of 'Hongisul' grape. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 29:407-412. [in Korean]
- Kim JH, Park YS, Kwon YH, Jung MH, Park HS. 2017. Characterization of the effects of different wavelengths of night-break lighting on the fruit quality and yield of 'Kyoho' grapes. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 35:170-177. [in Korean]
- Kwon YH, Kim EJ, Park SJ, Lee HC, Ma KB, Park HS. 2011. Axillary bud development and necrosis for 'Heukgoosul' grapevine. *Journal of Bio-Environment Control* 20:382-386. [in Korean]
- Lavee S, Melamud H, Ziv M, Bernstein Z. 1981. Necrosis in grapevine buds (*Vitis-Vinifera* Cv Queen of Vineyard). 1. Relation to Vegetative Vigor. *Vitis* 20:8-14.
- Naito R, Yamamura H, Yoshino K. 1986. Effect of shoot vigor and foiler application of GA and SADH on the occurrence of bud necrosis in 'Kyoho' Grape. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 55:130-137.
- 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 Journal of Horticultural Science & Technology* 25:389-393. [in Korean]
- Vasudevan L, Wolf TK, Welbaum GG, Wisniewski ME. 1998. Anatomical developments and effects of artificial shade on bud necrosis of 'Riesling' grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 49:429-439.
- Williams LE. 2000. Bud development and fruitfulness of grapevines. *Raisin Production Manual* 3393:24-29.