

Salicylic acid 및 1-MCP 처리가 ‘캠벨얼리’ 포도의 생리장애 및 품질에 미치는 영향

김성주¹ · 노수인¹ · 최철² · 임병선³ · 안영직⁴ · 천종필^{1*}

¹충남대학교 원예학과, ²경북대학교 원예학과,
³국립원예특작과학원, ⁴배재대학교 원예학과

Effects of Salicylic Acid and 1-Methylcyclopropene on Physiological Disorders and Berry Quality in ‘Campbell Early’ Table Grapes

Sung-Joo Kim¹, Soo-In Noh¹, Cheol Choi², Byung-Sun Lim³, Young-Jik Ahn⁴, and Jong-Pil Chun^{1*}

¹Dept. of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Dept. of Horticulture, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

³National Institute of Horticultural & Herbal Science, Jeonju 55365, Korea

⁴Dept. of Horticulture, Paichai University, Daejeon 35345, Korea

Abstract. This study was conducted to compare the effect of salicylic acid (SA), an ethylene biosynthesis inhibitor, and the 1-methylcyclopropene (1-MCP) fumigation, to prevent fruit quality deterioration and physiological disorders during the shelf-life of Korea’s leading export grape variety ‘Campbell Early’. The berries treated with SA after 1-MCP fumigation (1-MCP+SA) showed a higher firmness value and titratable acidity than single treatment of SA or 1-MCP. The rate of shattered berry was high as 41.7% for 100ppm ethephon spray, 40.8% for 25μM SA, and 38.2% for 1,000ppb 1-MCP, but showing only 18.7% when the SA was applied after 1-MCP fumigation. The ratio of short brushes less than 1mm was largest at 74.3% for ethephon treatment, while 1-MCP+SA treatment was found to have the longest brush length among all treatments, with a 2-4mm ratio of 22.8% and a 4-6mm ratio of 27.9%. The weight of rachis was found to be the lowest at 2.3g in the ethephon treatment, and the reduction of rachis weight loss per cluster by 1-MCP+SA treatment was evident. In addition, 1-MCP+SA treatment were effective in mitigating stem browning and berry decay during the 16-day storage period at 19°C in this cultivar, so it is believed that they can be used as a practical post-harvest treatment in grape exportation.

Additional key words : berry decay, brush length, rachis browning, soluble solids

서 론

일반적으로 포도 과실의 저장 중 품질의 악화는 호흡 현상과 같은 대사활동(metabolic activity)의 증가 및 수분의 손실에 기인하며, 이를 방지하기 위한 저온저장 및 습도의 유지는 과실의 품질연장을 위해 매우 중요한 요소이다(Pereira 등, 2018; Zhang 등, 2001). 수확 후 감모와 부패균에 의해 유발되는 과경의 갈변 및 탈립장애는 포도 과실의 품질을 떨어뜨리는 가장 중요한 요인이며(Crisosto 등, 1994), 수확한 원예산물의 대사활동을

조절하는 호르몬인 에틸렌(Saltveit, 1999)은 포도의 과육 갈변 및 감모율 증가 등 품질 저하의 원인으로 작용하므로(de Almeida 등, 2014), 다양한 과실에서 에틸렌작용억제제인 1-methylcyclopropene (1-MCP)을 훈증 처리하여 과실의 에틸렌에 대한 반응성을 조절하는 경우 갈변방지 및 품질보전 기간을 증가시킬 수 있다(Cheng 등, 2018; Lee 등, 2012; Li 등, 2015; Massolo 등, 2011). 한편, 세포막지질의 과산화를 유발하는 활성산소(oxygen free radicals)의 증가는 과실 내에서 산화작용을 일으키므로 과실세포가 기능적, 구조적 손상으로 변질되고 갈변하는 등 과실의 품질을 급격히 떨어뜨리게 된다(Hodges 등, 2004). Salicylic acid(SA)는 활성산소의 농도 저감, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) oxidase의 활성 감소, 생물학적/비생물학적 스트레스에

*Corresponding author: jpchun@cnu.ac.kr

Received July 3, 2019; Revised July 12, 2019;

Accepted July 15, 2019

대한 내성 증가, 과경의 갈변 및 리그닌화와 관련된 phenylalanine ammonia-lyase와 peroxidase의 활성감소 (He 등, 2005; Mauchi-Mani와 Metraux, 1998; Cai 등, 2006) 및 에틸렌생성 억제 효과를 보이는 물질로 알려져 있다(Altvorst와 Bovy, 1995).

따라서 본 연구에서는 우리나라 대표 수출품종인 ‘캠벨얼리’를 대상으로 유통 중 갈변억제 및 품질보존을 위한 에틸렌생합성 제어물질인 SA 처리 효과를 1-MCP 훈증처리와 비교 검토함으로써 추후 한국산 포도의 수출 현지 유통력 증대를 통한 수출물량 증대에 기여하고자 실시하였다.

재료 및 방법

시험 재료는 2018년 9월 10일 충남대학교 과수원에서 ‘캠벨얼리’ 포도를 수확하여 즉시 실험에 이용할 건전한 과방을 100개 선별한 후 9kg들이 플라스틱 망 상자에 1열로 담고 25°C에서 12시간 방치한 후 실험에 이용하였다. 50과방을 대상으로 ethephon(2-chloroethyl phosphonic acid, Farm Hannong Co. Ltd, Korea) 및 salicylic acid(Junsei Chem. Co. Ltd, Japan)를 각각 100 μ L·L⁻¹ 및 25 μ M을 과방에서 물방울이 떨어질 정도로 살포 처리하였다. 1-MCP 처리는 송풍장치가 달린 21L 들이 플라스틱 밀폐통에 50개의 과방을 넣고 1-methylcyclopropene(1-MCP, SmartFresh™, AgroFresh Inc., USA) powder를 기체상태로 기화시켜 1000ppb 농도로 12시간 상온에서 처리하였다.

1-MCP가 처리된 50과방 중 25과방은 SA 25 μ M을 살포하였다(1-MCP+SA). 에테폰 및 SA 처리구는 살포 후 25°C에서 자연건조 후 포도 수출용 perforated zipper bag을 이용하여 포장한 후 9kg 들이 종이박스에 각각

개별 polyethylene (PE) 포장 상태로 12-13개의 과방을 담고 19°C에서 16일간 모의 유통한 후 탈립율, 부패율, 갈변 및 품질요인을 분석하였다.

과방중 및 과립중은 전자저울(AND, CB-3000, Korea)로 측정하였고, 과립의 횡경(diameter)과 종경(length)을 vernier calipers로 측정한 후 과형비를 구하였다. 수축의 길이는 과립 전체를 제거한 후 측정하였고, 과립자루의 길이, 과립 받침대인 패드의 두께, 패드와 과립을 연결하는 중심유관속인 브러쉬의 길이를 각각 측정하였다. 경도는 직경 5mm 측정봉을 이용하여 적도면에 수직으로 5mm sample move, 100mm/min의 조건으로 최대압력을 측정하였다. 가용성 고형물은 과립 10개를 모아 cheese cloth를 이용하여 착즙한 후 digital refractometer(PR-32 α , ATAGO, Japan)를 사용하여 측정하였다.

산 함량은 동일한 방법으로 착즙한 과즙 5mL를 증류수 35mL에 희석하여 0.1N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 중화 적정한 후 주석산으로 환산하였다. 과피색 측정에는 chroma meter(CR-410, Minolta, Japan)를 이용하여 과립의 적도면을 측정하여 L*, a*, b*를 구하고 Hue angle을 계산하였다.

통계분석은 SPSS 프로그램(version 18.0, SPSS, Inc., Chicago, Illinois, USA)을 사용하였다. 분산분석(ANOVA)은 P<0.05의 유의수준에서 실행되었으며, 평균은 던컨의 다중범위검정을 사용하여 차이를 확인하였다.

결과 및 고찰

‘캠벨얼리’ 포도의 수확시 과실 특성은 Table 1과 같다. 즉, 과방은 374g, 과립은 4.5g, 경도는 2.5N, 가용성 고형물 함량은 15.3°Brix, 산 함량은 0.48%로 ‘캠벨얼리’ 포도의 과실 특성을 보였다.

Table 1. Fruit characteristics of ‘Campbell Early’ grapes at harvest.

Characteristics	At harvest				
	Cluster wt. (g)	Berry wt. (g)	Berry length (L, mm)	Berry diameter (D, mm)	Berry shape (L/D)
in berry	374.3±14.6 ^a	4.5±0.2	20.7±0.4	19.2±0.3	1.11±0.02
in stem	Rachis (mm)	Pedicele (mm)	Pad (mm)	Brush (mm)	Browning (Index)
	145.8±5.6 ^a	4.6±0.3	3.3±0.2	7.1±0.3	0
in quality	Berry firmness (N)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity (%)	SS/TA (ratio)	Off-odor (Index)
	2.5±0.1 ^a	15.3±0.3	0.48±0.01	70.83	0
in color	L*	a*	b*	C	H°
	28.3±0.3 ^a	3.2±0.3	0.4±0.1	3.3±0.2	2.7±1.4

^aData were the average of 24 clusters with standard error.

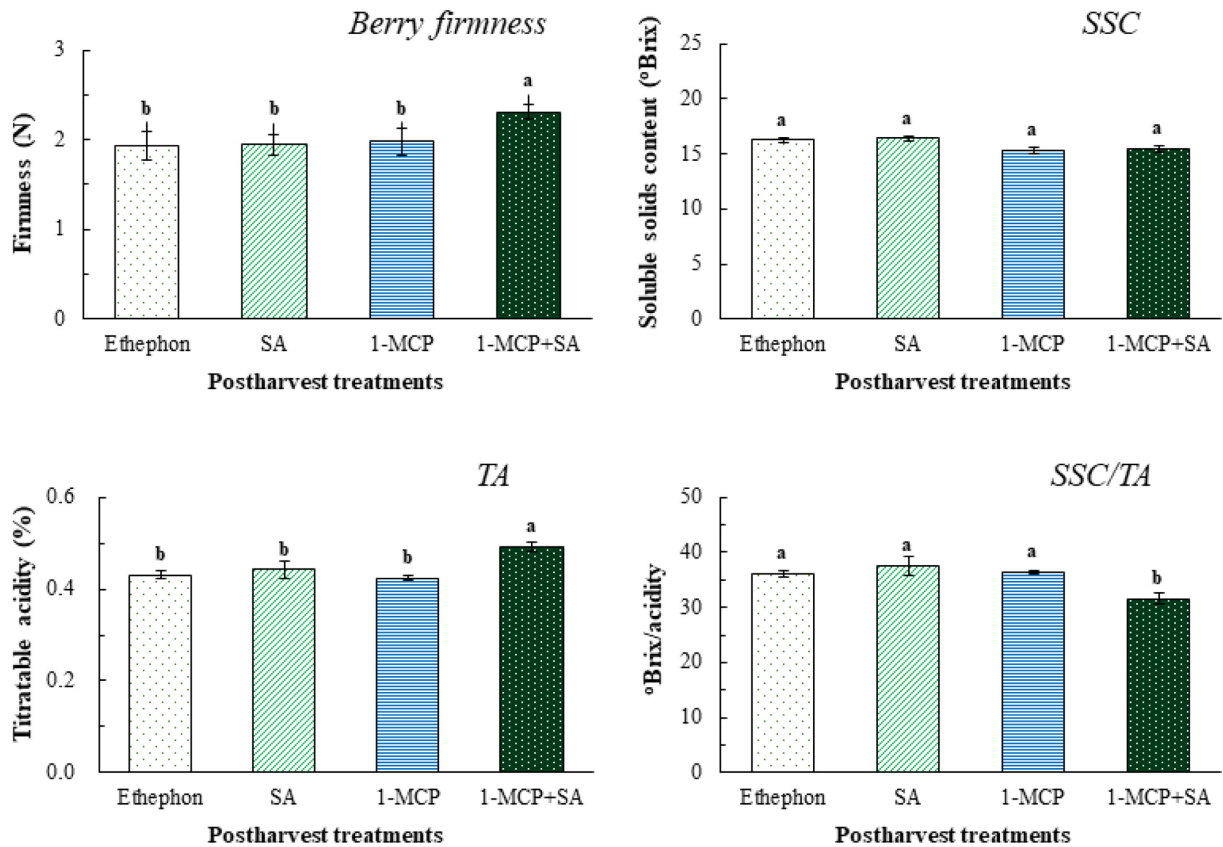


Fig. 1. Effect of single or combined treatment of salicylic acid (SA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the berry firmness, soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA) and SSC/TA ratio in ‘Campbell Early’ grapes stored for 16 days at 19°C.

포도의 저장 중 과립의 정도는 저온저장 동안 급격히 감소되며 이는 과피 및 과육의 세포벽 성분의 가수분해 및 관련 효소의 활성 증가와 관련이 있다(Oanh 등, 2010; Deng 등, 2005). 본 연구에서 저장 후 정도는 에테폰 처리구, SA 처리구 및 1-MCP 처리구는 1.95-1.98N로 유사한 수준으로 조사되었고 1-MCP를 처리한 과실에 SA를 추가적으로 처리한 경우에는 2.31N으로 저장 중 과립의 정도유지 효과가 가장 크게 나타났다(Fig. 1). 이러한 결과는 저장 전 과립의 정도가 2.5N으로 조사된 점(Table 1)을 감안하면 1-MCP+SA 처리구의 정도유지 효과는 매우 유의한 것으로 평가되었으며 100 μ L·L⁻¹ 농도의 에테폰 처리는 과립의 정도에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다.

가용성고형물함량에는 수확 후 처리에 따른 영향이 나타나지 않아 15-16°Brix를 유지하였다. 적정 산함량은 1-MCP+SA 처리구가 0.49%로 가장 높았고, SA 및 1-MCP 처리구는 각각 0.44, 0.42%로 대조구인 에테폰 처리구의 0.43%에 비해 유의한 차이가 없는 것으로 조사되었다(Fig. 2).

1-MCP는 에틸렌리셉터와의 상호작용을 통해 에틸렌

signalling 반응을 차단하는 작용기작을 갖는 것으로 보고(Sisler와 Serek, 2003; Watkins, 2006) 되었는데, 사과 및 감과 같은 호흡급등형 과실의 정도 유지에 매우 효과적인 것으로 보고된 바 있다(McArtney 등, 2011; Salvador 등, 2004). 한편 포도를 비롯한 호흡비급등형 과실의 경우에는 안토시아닌 색소의 축적 지연, 산도 증가 등의 성숙지연 효과가 보고(Chervin 등, 2004)되었고 탈립에 매우 민감한 품종인 ‘Isabel’ 품종에 대해 2,000 ppb수준의 고농도 1-MCP 처리에 의한 정도 유지효과가 보고된 바 있다(Silva 등, 2013). 따라서, 본 연구에서 1-MCP 처리가 과립 정도에 미치는 영향이 적었던 것은 처리 농도가 1,000ppb로 낮았던 것이 원인으로 생각되며 추후 호흡비급등형 과실인 ‘캠벨얼리’ 포도에 있어 1-MCP 처리시 적정 농도 구명 연구가 진행되어야 할 것으로 판단되었다. 한편, Mehta와 Chundawat(1979)에 따르면 에테폰을 ‘Beauty Seedless’ 포도에 대해 착색개시기에 125-500ppm 농도로 처리한 경우, 가용성고형물 함량 증가 및 산함량 감소에 따른 품질향상 효과가 나타난다고 보고하였는데 본 실험에서와 같이 수확 후 살포 처리한 경우에는 가용성고형물 증가 효과 및 산함량

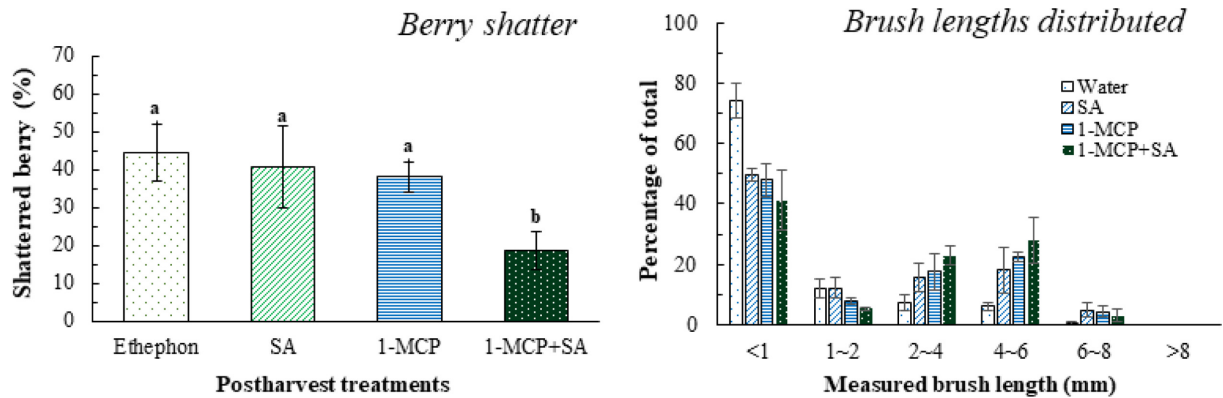


Fig. 2. Effect of single or combined treatment of salicylic acid (SA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the berry shatter rates and brush length distribution in ‘Campbell Early’ grapes stored for 16 days at 19°C.

감소 효과가 크게 나타나지 않은 것으로 조사되었으므로 포도 품종별로 처리시기 및 처리 농도에 따라서 에테폰에 대한 반응성이 달라진다는 것을 확인할 수 있었다.

SA는 천연의 페놀화합물로서 생물학적 및 비생물학적 스트레스 반응을 조절하는 물질로 에틸렌생합성 과정에 있어 ACC 산화효소 활성 저감을 통한 에틸렌생성을 억제하는 효과를 보인다(Altvorst와 Bovy, 1995). 포도에 있어서는 ‘Bidaneh’ 품종에 대한 1-2mM SA 처리로 저온저장 기간 중 과립경도를 무처리구에 비해 높게 유지하였다는 결과가 보고된 바 있다(Ranjbaran 등, 2011). 본 실험에서 SA 단용 처리구에서 경도 유지 효과가 크게 나타나지 않았던 것은 ‘캠벨얼리’ 품종의 SA 처리에 대한 반응성이 낮거나 처리 농도가 상대적으로 낮았던 것이 원인으로 생각되며 1-MCP와 병행되어 처리한 경우, 경도 유지 효과가 크게 나타난 것은 에틸렌생합성 억제 효과 및 에틸렌작용 억제 효과가 상승적으로 작용하여 나타난 결과로 이해되었다(Fig. 1).

한편, 1-MCP+SA 처리구에서 16일간의 유통 후 산함량이 유의하게 높게 유지되었는데 (Fig. 1), 이는 기존의 보고에서 SA 100µM을 ‘Cabernet Sauvignon’ 포도에 처리한 경우, 12일 저장 후 무처리구 및 1-MCP처리구에 비해 보다 높은 산함량을 보였다는 보고(Dachi 등, 2017)와 ‘Flame Seedless’에 대한 수확 전 SA 1-2mM 처리 시 나타난 산함량 수준(Harindra Champa 등, 2015)과 유사한 것으로 SA는 에틸렌생합성 조절 이외에도 저장 중 과실 호흡량의 저감(Srivastava와 Dwivedi, 2000)에 따른 감모율의 감소 등 과실 내 생리활성의 안정화와 깊은 관련이 있는 물질로 이해되며 추후 포도의 품종별 적정 농도가 구명된다면 포도의 수확 후 품질보전을 위해 실용적인 사용이 가능할 것으로 기대되었다(Fig. 1).

일반적으로 포도의 수확 후 발생하는 마름, 탈립, 갈변

등의 장애는 과실의 품질을 악화시키고 가격을 낮추는 주요 요인으로 작용한다. 이러한 장애는 과실이 수확 후 자연적으로 보이는 생명유지 현상의 결과물인데, 포도는 수확 후에도 호흡을 통해 축적된 양분을 분해하는 대사 활동을 계속하고 과실의 외부환경의 습도차이에 의한 수분의 자연적 손실에 따라 과립이 마르고 과립과 과정을 연결하는 패드부위의 리그닌화로 과립의 탈립이 발생하게 된다(Centioni 등, 2014). 이러한 장애는 온도가 높을수록 증가하며 리그닌화의 지속으로 줄기의 갈변도가 증가하므로 외관적 품질 저하의 중요한 원인이 되며(Chen 등, 2018) 소비자에게는 선호도를 좌우하는 지표로 작용한다(Lichter, 2008). 따라서, 수확 후 유통과정에서 탈립 및 갈변의 문제점을 해결하기 위한 기술 개발이 시급한 실정이다.

SA 및 1-MCP 처리가 ‘캠벨얼리’ 포도의 유통 중 탈립, 갈변, 부패에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다. 탈립률은 에테폰 처리구가 41.4%, SA 단용구 40.8%, 1-MCP 단용구 38.2%로 높은 탈립률을 보였는데 1-MCP 처리 후 SA를 살포처리한 경우에만 18.7%로 탈립률이 현저히 낮은 결과를 보였다(Fig. 2). 브러쉬의 길이를 조사한 결과, 에테폰 처리구의 경우 1mm 미만의 짧은 브러쉬가 74.3%로 조사되어 대부분의 과립이 패드에 불안정한 상태로 달려있었고 SA처리의 경우 1mm 미만 49.6%, 1-2mm 12.1%, 2-4mm 15.6%, 4-6mm 18.0%로 무처리구에 비해서는 길이가 긴 브러쉬 비율이 높은 것으로 조사되었다. 1-MCP 처리구의 경우, 2-4mm 17.5%, 4-6mm 22.5%로 SA 처리구에 비해 브러쉬 길이가 긴 것으로 조사되었고 1-MCP+SA 처리구는 2-4mm 22.8%, 4-6mm 27.9%로 전 처리구 중 가장 브러쉬 길이가 길게 조사되었다(Fig. 2).

이 같은 결과는 ‘캠벨얼리’ 포도의 모의수출 운송과정에서 이산화황 및 MA 포장조건에서 브러쉬의 길이가

Table 2. Effect of single or combined treatment of salicylic acid (SA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the weight of individual berry, rachis and weight ratio of rachis per cluster in ‘Campbell Early’ grapes stored for 16 days at 19°C.

Treatment	Weights (g)		
	Individual berry	Rachis	Rachis/cluster (%)
Ethephon	4.6 b ^z	2.5 b	0.72±0.08 ^y
SA	4.9 a	3.9 a	1.01±0.11
1-MCP	5.0 a	3.5 a	1.02±0.01
1-MCP+SA	5.0 a	3.8 a	1.06±0.02

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

^yData were the average of 5 replications with standard error.

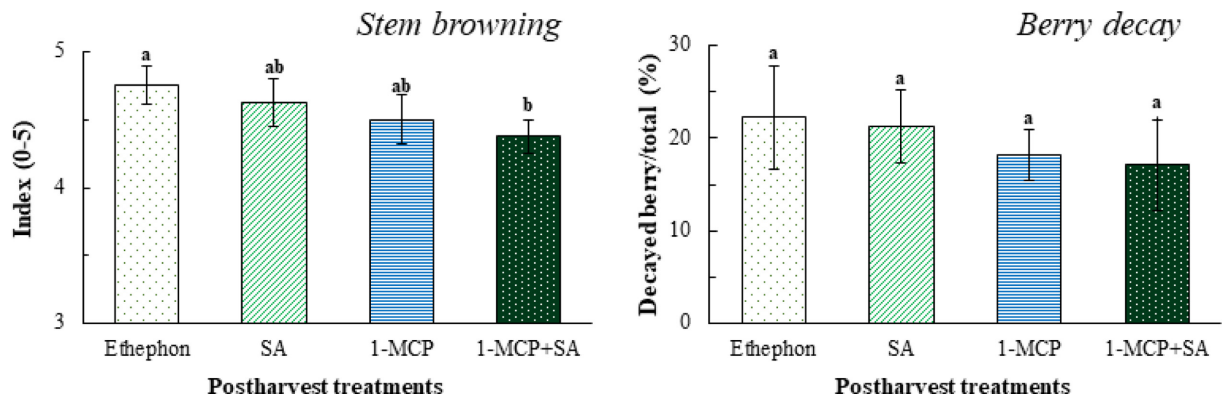


Fig. 3. Effect of single or combined treatment of salicylic acid (SA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the stem browning and berry decay in ‘Campbell Early’ grapes stored for 16 days at 19°C.

길게 유지되었고 탈립률도 낮았다는 보고(Choi 등, 2017)를 감안하면 탈립률과 과립을 지지하고 있는 패드와 과립을 연결하는 유관속인 브러쉬의 길이와 일정부분 관련성이 있는 것으로 생각되었다. 본 실험에서 유사한 크기의 과방을 대상으로 과립과 수축의 무게를 조사한 결과, 유통 중 에테폰처리구는 개별 과립의 평균 무게가 4.6g, SA 처리구는 4.9g, 1-MCP 처리구 및 1-MCP+SA 처리구는 5.0g으로 에테폰처리구의 과립무게가 가장 줄어든 것으로 조사되었다(Table 2).

또한, 과립을 모두 제거하고 측정된 수축의 무게도 에테폰처리구가 2.3g으로 가장 낮게 조사되었고 SA, 1-MCP 및 1-MCP+SA 처리구가 3.5-3.6g으로 상대적으로 높게 조사되었으며 이를 바탕으로 계산된 각 송이당 수축의 무게 비율도 개별 과축의 생체중과 동일한 결과를 보여 1-MCP 및 SA 처리에 의한 과축의 감모율 감소효과가 뚜렷하게 나타났다(Table 2).

한편, 에테폰 처리구의 경우, 수축무게 및 과립무게가 크게 감소하였음에도 탈립률과 줄기갈변에 있어 SA 및 1-MCP 단용 처리와 유사한 수준으로 조사되었는데, 이는 ‘캠벨얼리’ 포도에 있어 에테폰 100μL·L⁻¹ 수준 처리에서는 직접적인 탈립 및 갈변을 유도하지는 못하는 것

으로 이해되었다. 또한 1-MCP 처리 과실에 대한 SA 병행처리 효과는 ‘Flame Seedless’ 포도에서 수확 전 SA 살포처리를 통해 기공의 폐쇄를 통해 호흡 및 감모율 저감을 유도하여 과립의 탈립을 줄였다는 보고(Harindra Champa 등, 2015)를 감안하면 ‘캠벨얼리’ 포도에 있어서는 과립의 경도 및 산함량 유지(Fig. 1) 등 과실의 생리활성 억제와 같은 간접적인 효과에 기인하는 것으로 판단되었다.

저장 중 생리장해 발생에 미치는 에틸렌작용억제제(1-MCP)와 에틸렌생합성억제제(SA) 처리의 영향을 조사한 결과, 25μM 수준의 SA 처리구에서 다소 간 과정의 갈변 및 과립부패율이 경감되었다(Fig. 3). 이는 일본에서 ‘Bidaneh’ 포도에 대한 4mM 농도의 SA 처리가 45일간의 저온저장 기간 중 탈립, 부패 및 수축의 갈변을 유의하게 억제하였다는 보고(Ranjbaran 등, 2011)를 감안하면 포도에서의 수확 후 SA 처리의 실용화 가능성을 시사하고 있으며 추후 ‘캠벨얼리’ 품종에 적용 가능한 농도 규정 실험이 보장되어야 할 것으로 판단되었다.

이상의 결과를 종합하면 ‘캠벨얼리’ 포도에 있어 에틸렌작용억제제인 1-MCP 처리는 수축의 브러쉬의 퇴화방지, 수축의 건조 및 갈변억제 효과를 통한 직접적인 탈

립 경감 효과를 제공하였고 SA 처리에 의해 상승적인 효과를 나타낸 것으로 이해되므로 추후 수출 포도의 품질 유지를 위해 수확 전, 후 처리제로 실용적으로 이용이 가능할 것으로 생각되었다.

적 요

본 연구는 우리나라 대표 수출 포도 품종인 ‘캠벨얼리’를 대상으로 에틸렌작용억제제인 1-methylcyclopropene(1-MCP)과 에틸렌생합성 저해 효과를 지닌 salicylic acid(SA)를 단독 혹은 병행처리하여 과실의 저장 및 유통환경에서 발생하는 탈립, 갈변 및 부패 등 생리장해의 발생과 과실 품질에 미치는 영향을 에틸렌 발생물질인 에테폰과 비교하여 검토하였다. 1-MCP 1,000ppb 혼중 처리 후 SA 25 μ M을 살포 처리하고 19°C에서 16일간 저장한 후 조사한 과립경도 및 산함량 수준은 단독처리에 비하여 높게 나타났다. 탈립률은 100 μ L \cdot L $^{-1}$ 에테폰 처리구 41.7%, SA 처리구 40.8%, 1-MCP 처리구 38.2%로 나타났으나 1-MCP 처리 후 SA를 처리한 경우는 18.7%로 탈립방지 효과가 월등하였다. 브러쉬의 길이를 측정 한 결과, 에테폰 처리구는 1mm 미만의 비율이 74.3%로 매우 높게 나타났던 반면, 1-MCP 처리 후 SA를 처리한 경우는 2-4mm의 비율이 22.8%, 4-6mm 비율이 27.9%로 브러쉬 길이가 길게 조사되었다. 과축의 무게는 에테폰 처리구에서 2.3g으로 가장 낮아 감모율의 증가에 미치는 에틸렌의 영향과 1-MCP 및 SA의 감모 억제효과를 확인할 수 있었다. 또한 1-MCP와 SA는 저장 중 ‘캠벨얼리’ 포도의 줄기갈변 억제 및 부패 경감에 일부 효과가 있음을 확인되어 추후 수출시 품질유지를 위한 기술 적용이 가능할 것으로 판단되었다.

추가 주제어: 가용성고형물, 과립 부패, 과축갈변, 브러쉬 길이

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 수출전략기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(617070-05-3).

Literature Cited

Altvorst, A.C. and A.G. Bovy. 1995. The role of ethylene in the senescence of carnation flowers, a review. *Plant Growth Regul.* 16:45-53. <https://doi.org/10.1007/BF00040506>.
Cai, C., C. Xu, X. Li, I. Ferguson, and K. Chen. 2006. Accu-

mulation of lignin in relation to change in activities of lignification enzymes in loquat fruit flesh after harvest. *Postharvest Biol. Technol.* 40:163-169.
Centioni, L., D. Tiberi, P. Pietromarchi, A. Bellincontro, and F. Mencarelli. 2014. Effect of postharvest dehydration on content of volatile organic compounds in the epicarp of Cesanese grape berry. *Amer. J. Enol. Vitic.* 65:333-340.
Chen, S., H. Wang, R. Wang, Q. Fu, and W. Zhang. 2018. Effect of gaseous chlorine dioxide (ClO₂) with different concentrations and numbers of treatments on controlling berry decay and rachis browning of table grape. *J. Food Process Preserv.* 42:e13662. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13662>
Cheng, Y., L. Liu, Y. Feng, Y. Dong, and J. Guan. 2018. Effects of 1-MCP on fruit quality and core browning in ‘Yali’ pear during cold storage. *Sci. Hort.* 243:350-356.
Chervin, C., A. El-Kereamy, J.P. Roustan, A. Latché, J. Lamon, and M. Bouzayen. 2004. Ethylene seems required for the berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit. *Plant Sci.* 167:1301-1305.
Choi, M.H., J.S. Lee, and B.S. Lim. 2017. Effects of combination treatment with sulfur dioxide generating pad and modified atmosphere packaging (MAP) on the quality of ‘Campbell Early’ grape under simulated export conditions. *Kor. J. Food Preserv.* 24:734-745.
Crisosto, C.H., J.L. Smilanick, N.K. Dokoozlian, and D.A. Luvisi. 1994. Maintaining table grape post-harvest quality for long distant markets. *Int. Symp. Table Grape Production Soc. Enol. Vitic.* 1:195-199.
Dachi, A.P., B.L. Hamm, J.F.L. de C. Cham, F.C. de Almeida, L.S. Heiffig-del Aguila, and J. Saavedra del Aguila. 2017. Ethylene, salicylic acid and 1-MCP affect must quality of ‘Cabernet Sauvignon’ winegrape. *Acta Hort.* 891:377-381. DOI:10.17660/ActaHortic. 2017.1188.51
de Almeida, F.C., J.F.L. de Camargo Cham, B.L. Ham, S.M. Ferreira, M. Gabbardo, and J.S. del Aguila. 2014. Use of plant growth regulators in the conservation of grapes “Italy” as aids in post-harvest. *Bio Web of Conferences Vol. 3.* 37th World Congress of Vine and Wine and 12th General Assembly of the OIV (Part 1). DOI:<https://doi.org/10.1051/bio-conf/20140301003>
Deng, Y., Y. Wu., and Y. Li. 2005. Changes in firmness, cell wall composition and cell wall hydrolases of grapes stored in high oxygen atmospheres. *Food Res. Int.* 38:769-776.
Harindra Champa, W.A., M.I.S. Gill, B.V.C. Mahajan, and N.K. Arora. 2015. Preharvest salicylic acid treatments to improve quality and postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. *J. Food Sci. Technol.* 52:3607-3616. doi:10.1007/s13197-014-1422-7
He, Y., Y. Liu, W. Cao, M. Hua, B. Xu, and B. Huang. 2005. Effects of salicylic acid on heat tolerance associated with antioxidant metabolism in Kentucky blue grass. *Crop Sci.* 45:988-995.

- Hodges, D.M., G.E. Lester, K.D. Munro, and P.M.A. Toivonen. 2004. Oxidative stress: importance for postharvest quality. *HortScience*. 39:924-929.
- Lee, U.Y., K.Y. Oh, S.J. Moon, Y.S. Hwang, and J.P. Chun. 2012. Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on Fruit Quality and Occurrence of Physiological Disorders of Asian Pear (*Pyrus pyrifolia*), 'Wonhwang' and 'Whasan', during Shelf-life. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30:534-542.
- Li, L., T. Kaplunov, Y. Zutahy, A. Daus, R. Porat, and A. Lichter. 2015. The effects of 1-methylcyclopropene and ethylene on postharvest rachis browning in table grapes. *Postharvest Biol. Technol.* 107:16-22.
- Lichter, A., Y. Zutahy, L. Sonego, O. Dvir, T. Kaplunov, and S. Lurie. 2008. Evaluation of Table Grape Storage in Boxes with Sulfur Dioxide-releasing Pads with Either an Internal Plastic Liner or External Wrap. *HortTechnology* 18:206-214.
- Massolo, J.F., A. Concellon, A.R. Chaves, and A.R. Vincente. 2011. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 59:10-15.
- Mauchi-Mani, B. and J. Metraux. 1998. Salicylic acid and systemic acquired resistance to pathogen attack. *Annal. Bot.* 82:535-540.
- McArtney, S., M. Parker, J. Obermiller, and T. Hoyt. 2011. Effects of 1-Methylcyclopropene on firmness loss and the development of rots in apple fruit kept in farm markets or at elevated temperatures. *HortTechnol.* 21:494-499.
- Mehta, P.K. and B.S. Chundawat. 1979. Effect of Ethephon (2-chloroethyl phosphonic acid) on quality and ripening of Beauty Seedless grape. *Vitis* 18: 117-121.
- Oanh, V.T.K., K. Matsumoto, Y.S. Hwang, and J.P. Chun. 2010. Changes of cell wall polysaccharides during berry ripening in grapes (*Vitis* spp.). *Hort. Environ. Biotechnol.* 51:513-519.
- Pereira, E., R.G.B. e Silva, W.A. Spagnol, and V.S. Junior. 2018. Water loss in table grapes: model development and validation under dynamic storage conditions. *Food Sci. Technol. Campinas* 38:473-479. DOI:Dhttps://doi.org/10.1590/1678-457X.08817
- Ranjbaran, E., H. Sarikhani, A. Wakana, and D. Bakhshi. 2011. Effect of Salicylic Acid on Storage Life and Postharvest Quality of Grape (*Vitis vinifera* L. cv. Bidaneh Sefid). *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 56:263-269.
- Saltveit, M.E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 15:279-292.
- Salvador, A., J. Cuquerella, JM. Martinez-Javega, A. Monterde, and P. Navarro. 2004. 1-MCP Preserves the Firmness of Stored Persimmon 'Rojo Brillante'. *J. Food Sci.* 69:69-73.
- Silva, R.S., SM. Silva, A. Rocha, R.L. Dantas, A.P.P. Schunemann, and W.E. Pereira. 2013. Influence of 1-MCP on berry drop and quality of 'Isabel' grape. *Acta Hort.* 1012:509-514. DOI:10.17660/ActaHortic.2013.1012.67
- Sisler, E.C. and M. Serek. 2003. Compounds interacting with the ethylene receptor in plants. *Plant Biol.* 5:473-480.
- Srivastava, M.K. and U.N. Dwivedi. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Sci.* 158:87-96. doi: 10.1016/S0168-9452(00)00304-6.
- Watkins, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnol. Advan.* 24:389-409.
- Zhang, M., C. Li, Y. Huan, Q. Tao, and H. Wang. 2001. Preservation of fresh grapes at ice-temperature-high-humidity. *Int. Agrophysics.* 15:139-143.