

개화기 신초비틀기에 의한 ‘캠벨얼리’ 포도의 착립 및 과실품질

이재웅^{1*}, 송명규¹, 박재성¹, 이윤상², 홍의연², 한점화³

¹충청북도농업기술원 포도연구소, ²충청북도농업기술원 작물연구과, ³국립원예특작과학원 과수과

The Effect of Shoot Twist at Bloom on Fruitfulness and Fruit Quality of ‘Campbell Early’ Grapevine

Jae-Wung Lee^{1*}, Myung-Kyu Song¹, Jae-Sung Park¹, Yun-Sang Lee²,
Eui-Yon Hong² and Jeom-Hwa Han³

¹Grapes Research Institute, Chungbuk Agricultural Research & Extension Services, Okcheon 29017, Korea

²Department of Crops Research, Chungbuk Agricultural Research & Extension Services, Cheongju 28130, Korea

³Fruit Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Wanju 55365, Korea

Abstract - This study was conducted to investigate the effect of shoot twist on fruitfulness and fruit quality of ‘Campbell Early’ grapevine. Proper pruning and training are essential to produce a good yield of high-quality fruit and to maintain the balance between vegetative growth and fruiting. The most common problem in spur-pruned ‘Campbell Early’ cultivar is that vigorous buds has low fruitfulness and thereby the shoot become more vigorous the following spring because of lower crop load. Therefore, shoot twists in very vigorous ‘Campbell Early’ canes (above 10.0 mm) were performed on the third nodes and the 7th nodes of each shoot at 7 days before bloom and full bloom, respectively. Sprouting date, blooming date were not significantly different among the treatments while, harvesting date was delayed approximately 3 days. However, number of berries per cluster, cluster weight and fruitfulness were significantly higher in the shoot twist treatment on the third nodes than the control that was topping alone. Combination treatments of shoot twist and topping had an additive effect on increasing cluster weight resulting in higher increase of yield by 12.1 kg per vine. These results indicated that the shoot twist on very vigorous canes of ‘Campbell Early’ grapevine for well fruitfulness seemed to be very effective.

Key words - Campbell Early, Fruitfulness, Grpaevine, Shoot twist

서 언

우리나라 포도 재배면적의 66%로 가장 많이 재배되고 있는 ‘캠벨얼리’(KREI, 2017)는 울타리식 수형의 단초전정을 주로 실시하고 있다. 울타리식 수형은 작업이 편리하고 시설비가 저렴한 반면, 개화기 착립률에서는 많은 어려움을 가지고 있다. 즉 강전정을 실시하거나 질소를 과다하게 사용하면 화진현상이 쉽게 발생하여 착립률이 떨어지고 착색지연, 당 함량 저하 및 열과현상까지 발생하게 된다(Hwang and Jin, 1989; Kim *et al.*, 2011; Park and Kim, 1982). 또한 기후변화에 따른 개화기의 낮은 온도 및 일사량의 감소도 착립률 감소의 직접적인 원인으로

작용할 수 있다(Buttrose, 1969).

이러한 착립률의 감소는 포도나무의 수세가 강할 경우에 더욱 심하며, 재배적 조치로써 착립률을 높이기 위하여 4배체 ‘거봉’ 유핵재배의 경우 눈의 수를 많이 남기는 장·중초 전정을 실시한다(Song, 2000). 포도나무를 최소로 약전정하면 눈의 수가 많아지고 신초생장 및 엽면적이 약 2배 정도로 되어 광합성률이 40% 이상 향상될 수 있다(Downton and Grant, 1992). 또한 송이당 화수가 많아져 수량도 20% 이상 증수되며(Koblet, 1987), 잎이 많아지고(Winkler, 1931), 개화기의 탄수화물 함량도 증대된다(Winkler *et al.*, 1974). 그러나 간이비가림 울타리식 수형은 열간의 폭이 좁아 장·중초 전정이 곤란하여 단초전정이 일반적으로 실시되고 있다.

또한 포도의 수세가 강할 경우 착립을 증진시키기 위해서 신

*교신저자: leepodo@korea.kr

Tel. +82-43-220-5821

초 선단부의 생장점 또는 측아를 제거하면 개화수를 증가시켜 결실 향상과 과실의 비대 및 수량의 증대가 가능한 것으로 알려져 있다(Hwang and Jin, 1989). 그러나 기존의 적심 처리도 수세가 아주 강할 경우에는 착립 증진 효과가 감소할 뿐 아니라 적심에 의한 엽수의 감소는 엽면적의 감소를 초래하게 된다. 포도 재배에 있어 고품질 과실을 생산할 수 있는 적절한 엽면적은 품종 간에 차이가 있으나 ‘캠벨얼리’의 경우 25엽으로 재배하는 것이 당 함량과 착색 촉진에 좋다고 하였다(Park and Kim, 1982). 착립률 향상을 위해서는 적심 뿐 아니라 전년도 적정 착과량도 수체의 생육에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며(Song *et al.*, 2000), 환상박피에 의하여도 탄수화물의 하부 이동을 차단하여 착과율의 증대 및 수량의 증대가 가능하였다(Coombe, 1959; Jacob, 1931). 이러한 신초의 양분 흐름을 차단하는 방법으로 환상박피 뿐 아니라 신초의 비틀기도 고려해 볼 수 있을 것이다. 즉 신초 비틀기를 하면 앞에서 생산된 동화양분의 하부로의 흐름을 일시적으로 차단함으로써 개화기 착립률 증대에 높은 효과가 기대된다.

따라서 본 연구는 결과지의 굵기 10 mm 이상의 수세가 아주 강한 ‘캠벨얼리’를 시험 재료로 하여 착립률 증진을 위한 신초 비틀기의 효과를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험 재료 및 처리

본 시험은 ‘캠벨얼리’ 8년생을 공시하여 2015년부터 2년간 충북농업기술원 포도연구소 완전비가림 하우스 시험포장에서 수행하였다. 공시재료는 188-08 접목묘를 울타리식 웨이크만 수형으로 재배한 것으로 주간높이는 80 cm이며, 주지는 남북 2방향으로 두었고 재식거리는 열간 2.4 m, 주간거리를 2.5 m로 하였다. 재배 하우스는 폭 5 m, 높이 5 m의 완전비가림 하우스였으며, 원줄기는 1.2 m 높이에서 T자로 유인하였다.

수세는 개화 7일 전 신초 생장에 따라 3절 부위의 두께를 측정하여 최강(결과지 두께 12 mm 이상), 강(10~12 mm) 및 중(10 mm 이하)으로 분류하여, 신초의 두께가 10 mm 이상이 되는 강수세 나무를 선정하여 3주씩 공시하여 난과법 3반복으로 배치하여 수행하였다.

신초 비틀기의 처리는 개화 7일 전 및 개화시에, 처리 부위는 3번째 마디 및 7번째 마디에 각각 나누어 실시하여 적심 관행구와 비교하여 분석을 하였다. 신초 비틀기 정도는 약 90° 로 실시하여 신초 체관부위의 이동 통로를 일시적으로 폐쇄함으로써

환상박피와 유사한 효과를 유도하였다.

적심은 관행구의 경우 처리 후 신초의 길이가 1.2 m 이상이 되면 손으로 신초의 선단을 제거하였고, 신초비틀기 처리구는 개화 후 14일에 인접한 신초와 맞닿으면 일률적으로 선단을 제거하였으며 부초는 본엽만 남기고 제거하였다.

착립률 및 착립수는 개화 후 10일에 조사하여 착립률을 0(불량)~9(양호)으로 분류하였으며, 알숙기는 ‘캠벨얼리’의 적정 과립수 80개 이상의 시험구에서는 80개로 실시하여 적정 과립을 유지하였다.

생육 특성 및 과실 특성

발아기는 엽아가 움터서 눈이 약간 신장한 시기, 개화기는 80% 개화한 시기를 조사하였고, 신초의 생육은 개화 후 10일에 신초의 길이와 3절 부위의 두께를 측정하였으며 엽의 폭, 길이, 면적을 측정하였다.

수확기 판정은 ‘캠벨얼리’ 숙기 판정용 칼라차트(국립원예특작과학원)을 이용하여 숙기 판정표 9 이상을 기준으로 하였다. 과실 품질 조사를 위해 수확기에 과실을 처리별로 동시에 수확하여 과립중, 과방중 및 과피색을 측정하였으며, 과실 특성은 농업과학기술연구조사 분석기준(RDA, 2012)에 의하여 조사하였다.

가용성 고형물은 과즙을 취해 디지털 당도계(PR-32, Atago, Japan)로 측정하였으며, 산함량은 과즙 10 ml에 증류수 40 ml로 희석한 후, 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.1까지 적정하여 주석산(tartaric acid)의 함량으로 환산하였다. 과실의 착색은 송이의 중간 부분을 색차색도계(CR-200, Minolta, Japan)를 이용하여 Hunter Value (L, a, b)값을 측정하였다. 과피 중 안토시아닌 함량은 cork borer (5 mm ϕ)를 이용, 과립의 적도면에서 10개의 과피 절편을 채취하여 0.1 N HCl-100% EtOH (15:85, V/V) 용액에 침지하여 냉암소에서 24시간 보관 후 spectrophotometer (UV-2501 PC, Shimadzu, Japan)로 535 nm 흡광도를 측정하여, Fuleki and Francis (1968a, 1968b)의 방법으로 총 안토시아닌 함량을 계산하였다.

통계 분석

실험 결과의 통계처리는 SAS 프로그램(SAS, 2013)을 사용하였고, 처리간 유의차 검증은 Duncan's multiple range test (DMRT)로 0.05% 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

발아기 및 생육

신초 비틀기에 의한 ‘캠벨얼리’의 생육은 Table 1과 Table 2와 같다. 발아기와 개화기는 각각 4월 10일과 5월 20일로 처리 간 차이를 보이지 않았는데, 완전비가림 하우스 시설에서 재배되어 생육의 차이가 크지 않았던 것으로 판단되었다. 그러나 수확이 완료되는 시점은 무처리 8월 22일에 비하여 3절 신초 비틀기 처리구에서 8월 25일로 3일 늦었다. 수확기에서의 차이는 신초 비틀기 처리구에서 수량이 높았기 때문으로 생각되며 일반적인 옥천 지역의 수확기(Kim *et al.*, 2011)와 일치하는 경향을 보였다.

개화 후 10일에 조사한 신초의 길이는 무처리가 157.3 cm로 가장 길었으며, 신초 3절 비틀기 처리구에서 가장 짧은 경향을 보였다. 이와 같이 처리구에서 신초의 길이가 짧은 것은 신초 비틀기에 의한 물리적 상처가 신초의 세력을 억제하였기 때문으로 생각되었다. 더불어 착립률 향상에 의한 과립수 및 과방중의 증가도 신초신장 억제에 영향을 미치는 것으로 볼 때(Song,

2000; Kim *et al.*, 2014), 신초 비틀기가 수세 안정에 큰 효과를 주는 것으로 판단되었다. 또한 잎의 크기 및 엽면적도 유의성은 없었으나 처리구에서 다소 감소하는 경향을 보였다.

수량구성요소

신초 비틀기에 의한 ‘캠벨얼리’의 수량구성요소는 Table 3과 Fig. 1과 같다. 개화 후 10일, 알숙기 전에 조사된 송이당 과립수는 무처리 38개에 비하여 3절 신초 비틀기 처리구에서 114개로 가장 많았다. 신초의 선단부를 제거하는 적심은 신초의 생장을 억제하여 결실 향상을 가져오는 방법이다(Hwang and Jin, 1989). 또한 개화기의 환상박피도 ‘블랙 코린스’의 착립률을 향상시킬 뿐 아니라 성숙도 9일 촉진하였다(Jacob, 1928). 이와 같이 개화기의 신초 비틀기도 신초 선단의 양분의 이동을 차단시켜 세력을 억제함으로써 송이당 과립수가 증대된 것으로 생각되었다. 신초의 세력 억제에 의한 착립률의 증대는 또 다른 선행 연구(Park *et al.*, 2010; Kim *et al.*, 2014)와 같이 과방중의 증가를 유도하여 3절 신초 비틀기 처리구에서 과방중이 405.2 g으로 가장 무거웠다.

Table 1. Effect of shoot twist on sprouting, blooming and harvesting dates of ‘Campbell Early’ grapevine

Treatment		Sprouting date	Blooming date	Harvesting date	
				First	Last
Control		4. 10	5. 20	8. 21	8. 22
Shoot twist (7 days before bloom)	3 rd node	4. 10	5. 20	8. 21	8. 25
	7 th node	4. 10	5. 20	8. 21	8. 23
Shoot twist (at bloom)	3 rd node	4. 10	5. 20	8. 21	8. 25
	7 th node	4. 10	5. 20	8. 21	8. 22

Table 2. Effect of shoot twist on shoot and leaf growth of ‘Campbell Early’ grapevine

Treatment		Shoot ^z		Leaf ^z		
		Length (cm)	Diameter ^y (cm)	Length (cm)	Width (cm)	Area (cm ²)
Control		157.3 a ^x	1.28 a	20.6 a	22.1 a	216.4 a
Shoot twist (7 days before bloom)	3 rd node	139.5 b	1.25 a	19.4 a	21.7 a	204.9 a
	7 th node	151.2 a	1.22 a	19.8 a	21.9 a	211.5 a
Shoot twist (at bloom)	3 rd node	142.4 b	1.24 a	19.1 a	21.3 a	207.8 a
	7 th node	154.4 a	1.24 a	20.4 a	22.0 a	214.2 a

^zShoot and leaf : Shoot and leaf were measured on June 5 (10 days after bloom).

^yDiameter : Diameter at the 3rd internode from the base of cane.

^xMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at p=0.05.

Table 3. Effect of shoot twist on berry number, berry weight, cluster weight and fruitfulness of ‘Campbell Early’ grapevine

Treatment		No. of berries/cluster ^z	Berry wt ^y . (g)	Cluster wt ^y . (g)	Fruitfulness ^z (0~9)
Control		38 c ^x	4.6 a	158.4 b	3 b
Shoot twist (7 days before bloom)	3 rd node	114 a	4.0 a	405.2 a	7 a
	7 th node	52 bc	4.5 a	167.1 b	3 b
Shoot twist (at bloom)	3 rd node	87 ab	4.2 a	342.5 a	7 a
	7 th node	50 bc	4.4 a	201.7 b	3 b

^zNo. of berries and fruitfulness : No. of berries and fruitfulness were counted on June 5 (10 days after bloom).

^yBerry wt and cluster wt : Berry wt. and cluster wt. were measured at the harvest.

^xMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at p=0.05.



Fig. 1. Fruit growth of 20 days after shoot twist treatment in ‘Campbell Early’ grapevine.

과실품질 및 수량

신초 비틀기에 의한 ‘캠벨얼리’의 과실품질 및 수량은 Table 4와 같다. 가용성 고형물은 처리간 유의성은 없었으나 수량이 적은 무처리 및 7절 신초 비틀기 처리구에서 다소 높은 경향을 보였다. 2배체 품종의 경우 포도 과실의 착과량을 줄이면 가용성 고형물이 증가한다는 보고와 비슷한 경향이었으나(Song *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2014), 처리간 유의성이 없는 것은 과실품질을 유지하기 위하여 과립 성장기에 알숙기를 하여 송이당 과립수를 80개 이하로 조절하였기 때문으로 생각되었다. 산도에서

도 처리간 유의성이 없었는데, 4배체 ‘피오네’에서 수확량이 높을수록 산도는 높았으나 결과지당 35립 이하로 조절한 경우에는 산 함량에 차이가 없다는 보고(Hirano *et al.*, 1994)와 비슷한 경향을 보였다.

‘캠벨얼리’ 수세가 강할 경우에는 착립률이 극히 저조하여 무처리에서는 송이당 과립수가 38개에 불과하여 주당 수량도 7.5 kg로 극히 낮았다. 그러나 개화전 7일 및 개화기 3절 비틀기 처리구에서 주당 수량이 각각 12.1 kg, 11.3 kg으로 무처리에 비하여 1.5~1.6배 증가되었다. 이와 같은 수량의 증가는 신초 비

Table 4. Effect of shoot twist on fruit quality and yield of ‘Campbell Early’ grapevine

Treatment		Soluble solids (°Bx)	Titratable acidity (%)	Souble solids/Acidity (%)	Yield (kg/vine)
Control		15.0 a ^z	0.41 a	36.6 a	7.5 b
Shoot twist (7 days before bloom)	3 rd node	14.7 a	0.48 a	30.6 a	12.1 a
	7 th node	14.9 a	0.43 a	34.7 a	7.9 b
Shoot twist (at bloom)	3 rd node	14.9 a	0.44 a	33.9 a	11.3 a
	7 th node	15.1 a	0.43 a	35.1 a	8.5 b

^zMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at p=0.05.

Table 5. Effect of shoot twist on total anthocyanin and Hunter’s values of ‘Campbell Early’ grapevine

Treatment		Anthocyanin ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Hunter’s values		
			L ^z	a	b
Control		237.8 a ^y	20.7 a	1.38 a	0.22 a
Shoot twist (7 days before bloom)	3 rd node	187.5 b	21.1 a	1.22 a	0.21 a
	7 th node	200.2 ab	20.5 a	1.35 a	0.20 a
Shoot twist (at bloom)	3 rd node	181.7 b	21.8 a	1.29 a	0.19 a
	7 th node	207.3 ab	20.4 a	1.31 a	0.24 a

^zL : black (0)~white (100), a : red (100~0)~green (0~80), b : yellow (70~0)~blue (0~70).

^yMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at p=0.05.

틀기에 의한 신초 체관부 양분 흐름의 일시적인 차단에 의하여 송이당 과립수가 증가하였기 때문으로 판단되었다. 즉 신초의 가지 비틀기도 환상박피 처리와 유사하게 개화기 신초의 체관부 양분 흐름을 차단하여 수량을 증대시키는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 개화 직후에 환상박피를 하여 신초의 신장을 억제하고 착립을 향상시킴으로써 ‘블랙코니스’의 주당 수확량을 무처리 7파운드에 비하여 22파운드로 3배 향상시킨 보고(Jacob, 1931)와 씨 없는 ‘톰슨씨드레스’ 환상박피로 과립증을 무처리 1.55 g에 비하여 박피구에서 3.00 g으로 2배 정도 향상시킨 보고(Winkler *et al.*, 1974)와 같은 경향을 보였다.

안토시아닌 함량 및 착색

신초 비틀기에 의한 ‘캠벨얼리’의 안토시아닌 함량과 착색의 L, a, b는 Table 5와 같다. 안토시아닌 함량은 무처리에서 237.8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 가장 높게 나타나 과방증을 적게 하면 안토시아닌이 증가한다는 보고(Park *et al.*, 2010; Jung *et al.*, 2014)와 일치하였다.

또한 수확기 과피색도 수확량이 적은 대조구에서 명도를 나타내는 L 값이 다른 처리구에 비하여 다소 감소하여 착색에 유리한 것으로 나타났다. 그러나 처리별 수확량의 차이에 따라 안토시아닌 함량에는 유의적 차이를 보였으나 착색도에서는 유의적 차이를 나타내지 않았다. 이와 같은 결과는 수확기 과실 무게가 과실 착색과 밀접한 관련이 있다는 보고(Lee and Lee, 1982)와는 상이한 반면, 과피색의 많은 부분이 품종 고유의 특성에 영향을 받으며, 성숙기의 고온 환경에 의해서도 과피색 발현의 좋고 나쁨이 결정된다는 보고(Buttrose, 1966)와 같은 경향을 보였다.

본 시험에서는 수확량을 ‘캠벨얼리’의 적정 수확량인 13 kg/

주 이하(Kim *et al.*, 2011)로 조절하여 착색이 모든 처리구에서 양호하였으며, 과피색 조사시기도 착색이 완료된 수확기에 조사하여 처리별 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 착색이 진행됨에 따른 처리별 착색도 변화에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 생각되었다.

결과지의 굵기가 10 mm 이상의 강수세 ‘캠벨얼리’는 영양생장이 우수하여 착립이 불량해지고 수량성이 낮으며, 이듬해 다시 수세가 더욱 강해지는 악순환이 반복되고 있다.

이상의 실험 결과로부터 결실률과 과실품질을 종합적으로 고려할 때, 개화기 및 개화전 7일, 신초비틀기를 3절 부위에 하면 양분의 이동을 일시적으로 차단하여 결실률을 향상시키며 수량성을 높일 수 있어 전체적으로 수세가 안정화되는 것으로 판단되었다.

적 요

본 연구는 수세가 강한 ‘캠벨얼리’를 시험재료로 착립률 증진을 위한 개화기 신초 비틀기의 효과를 규명하기 위하여 수행되었다. 수세가 강한 ‘캠벨얼리’의 신초 비틀기 처리에 따른 발아기 및 개화기는 처리별 차이가 없었으나 수확기는 3일 정도 지연되었다. 신초 비틀기 처리구에서 수확기가 지연된 것은 ‘캠벨얼리’의 과방증과 착립률이 개화전 7일과 개화시 모두 3절 비틀기 처리구에서 높게 나타났기 때문이었다. 신초 비틀기에 의한 ‘캠벨얼리’의 가용성 고형물 및 산도는 처리간 차이를 보이지 않았으나, 수량은 ‘개화 전 7일 3절 비틀기’ 처리에서 12.1 kg/주로 무처리에 비하여 1.6배 증가하였다. 안토시아닌 함량은 무처리에 비하여 수량이 많은 처리구에서 낮았으나 착색도인 Hunter 값은 처리간 유의적 차이를 보이지 않았다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(세부과제명 : 기후변화에 따른 중소립계 포도의 적응·비적응 실태조사, 세부과제번호 : PJ01229603)의 지원에 의해 수행되었음.

References

- Buttrose, M.S. 1966. The effect of reducing leaf area on the growth of root, stems and berries of Gordo grape vines. *Vitis* 5:455-464.
- _____. 1969. Fruitfulness in grapevines: Effects of light intensity and temperature. *Bot. Gaz.* 130:166-173.
- Coombe, B.G. 1959. Fruit set and development in seeded grape varieties as affected by defoliation, topping, girdling, and other treatments. *Amer. Jour. Enol. Vitic.* 10:85-100.
- Downton, W.J.S. and W.J.R. Grant. 1992. Photosynthetic physiology of spur pruned and minimal pruned grapevines. *Aust. J. Plant Physiol.* 19:309-316.
- Fuleki, T. and F.J. Francis. 1968. Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. *J. Food Sci.* 33:72-77.
- _____. 1968. Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. *J. Food Sci.* 33:78-83.
- Hirano, K., M. Masaaki and O. Goro. 1994. Effect of leaf area on fruit quality of seedless 'Pione' grape during ripening. *ASEV Jpn. Rep.* 5:27-34.
- Hwang, J.H. and Y.O. Jin. 1989. Effect of shoot pinching degree on growth pattern and berry setting of cluster in grape Campbell Early (*Vitis labruscana* L.). *J. Agri. Sci. Res. (Sunchon Nat'l. Univ.)* 3:43-49.
- Jacob, H.E. 1928. Some response of the seedless varieties of *Vitis vinifera* to girdling. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 25:223-229.
- _____. 1931. Girdling grape vines. *California Agr. Ext. Ser. Cir.* 56:1-18.
- Jung, M.H., Y.H. Kwon, B.N.N. Lee, Y.S. Park and H.S. Park. 2014. Fruit quality and harvest time of 'Heukboseok' grape by fruit load. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 32:289-295.
- Kim, S.H., I.M. Choi, J.G. Cho, J.H. Han, J.H. Hwang, H.H. Seo and H.K. Yun. 2011. Correlation analysis between fruit quality of 'Campbell Early' grapes and climatic factors. *Kor. J. of Agricultural and Forest Meteorology* 13:93-100.
- Kim, S.J., S.J. Park, S.M. Jung, J.H. Noh, Y.Y. Hur, J.C. Nam and K.S. Park. 2014. Growth and fruit characteristics of 'Cheongsoo' grape in different trellis systems. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 32:427-433.
- Koblet, W. 1987. Effectiveness of shoot topping and leaf removal as a means of improving quality. *Acta Hort.* 206:141-156.
- KREI. 2017. Agricultural outlook 2017 Korea. pp. 509-516.
- Lee, J.C. and J.S. Lee. 1982. Effects of ethephon with calcium acetate on maturation of 'Campbell Early' grapes. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 23:214-220.
- Park, H.S. and W.S. Kim. 1982. Effects of number of leaves per cane and folia application of sucrose and 6-benzyladenine on grape berries in Campbell Early (*Vitis labruscana* B.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 23:43-49.
- Park, S.J., J.G. Kim, S.M. Jung, J.H. Noh, Y.Y. Hur, M.S. Ryou and H.C. Lee. 2010. Relationship between berry set density and fruit quality in 'Kyoho' grape. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28:954-958.
- Park, Y.S., B.H.N. Lee, M.H. Jung, H.S. Kim and H.S. Park. 2014. Suitable yields reflecting consumer preferences in 'Hongisul' grapes. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 32:303-309.
- RDA. 2012. Manual for agricultural investigation. Rural Development Administration. Suwon, South Korea. pp. 651-656.
- SAS. 2013. Statistical analysis system ver. 8.01. SAS Institute Inc. Cary, NC (USA).
- Song, G.C. 2000. Effects of pruning intensity and diameter of bearing mother branches on the growth and berry quality in 'Kyoho' grapevines. *Kor. J. of Ag. Extension Vol. 7.* pp. 167-173.
- Song, G.C., I.M. Choi and M.D. Cho. 2000. Cold hardiness in relation vine management in 'Campbell Early' grapevines. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 18:387-390.
- Winkler, A.J. 1931. Pruning and thinning experiments with grapes. *Univ. of Calif. Agric. Experiment Sta. Bull.* p. 519.
- Winkler, A.J., J.A. Cook, W.M. Kliewer and L.A. Lider. 1974. *General Viticulture* 2nd ed. Univ. of Calif. Press, California (USA). pp. 338-370.

(Received 23 July 2017 ; Revised 30 October 2017 ; Accepted 19 December 2017)