포도 ‘캠벨얼리’ 품종의 과실품질과 기후요인과의 상관분석

김승희^{1*} · 최인명¹ · 조정건¹ · 한점화¹ · 황정환¹ · 서형호² · 윤해근³

¹국립원예특작과학원 과수과, ²국립원예특작과학원 온난화대응농업연구센터,

³영남대학교 원예학과

(2011년 3월 28일 접수; 2011년 6월 27일 수정; 2011년 6월 30일 수락)

Correlation Analysis Between Fruit Quality of ‘Campbell Early’ Grapes and Climatic Factors

Seung-Heui Kim^{1*}, In-Myung Choi¹, Jung-Gun Cho¹, Jeom-Haw Han¹,
Jeong-Hwan Hwang¹, Hyung-Ho Seo² and Hae-Keun Yun³

¹Fruit Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Suwon 440-706, Korea

²Agricultural Research Center for Climate Change, National Institute of
Horticultural and Herbal Science, RDA, Jeju 690-150, Korea

³Department of Horticultural Science, Yeungnam University, Gyeong san 712-749, Korea

(Received March 28, 2011; Revised June 27, 2011; Accepted June 30, 2011)

ABSTRACT

The study was conducted to investigate the correlation analysis between fruit quality and climatic parameters in grapevines. ‘Campbell Early’, one of the major grape cultivars, occupies more than 70% of cultivated areas in Korea. Recent research results have shown that the movement of cultivation area of fruit production resulted from the temperature increase. In this study, we investigated the relationship between fruit quality and climatic conditions in 13 major ‘Campbell Early’ grape producing areas (i.e., Sacheon, Jinju, Naju, Dangjin, Cheonan, Gimcheon, Yeongdong, Okcheon, Sangju, Suwon, Yeongju, Gangneung, Chuncheon, and Yanggu). The earliest and latest full blooming days of grapevines were observed on May 25 in Sacheon area and on June 7 in Yanggu area, respectively. At least 90 days are required for grapes to mature enough for the production of high-quality fruits. The southern areas with less than 90 days of maturity period had difficulty in the production of good fruit. However, the areas with longer maturity period of 100 to 110 days produced grapes with high sugar content and good coloring. The fruit qualities of ‘Campbell Early’ grapes are more closely related with temperature than other climatic factors. High temperature resulted in fruits with high acidity and delayed the coloration of the fruit skin in the southern area. The fruit skin was thin in the southern area and inclined to be thicker in the northern areas. Therefore, grape should be cultivated in regions with long maturity period to have high quality.

Key words: Campbell Early grape, Cluster weight, Acidity, Firmness, Temperature

I. 서 론

포도 캠벨얼리 품종은 우리나라를 대표하는 포도 품종으로 전국에 걸쳐 재배되고 있으며, 수확기는 8월중

순 경남지방을 시작으로 10월 강원도 지역까지 수확시기가 길다. 포도 과실의 품질은 착색과 당도 및 산도 값으로 결정하고 있으며 일반적으로 수확기가 빠른 지방은 착색이 불량하며 당도는 낮고 산도가 높은 특징

* Corresponding Author : Seung-Heui Kim
(vitis@korea.kr)

을 보인다(Song and Ko, 1999). 최근 고품질 포도 생산이 요구되면서 기상요인이 과실에 미치는 영향에 대한 관심이 크며, 기후변화에 따른 재배지 변동에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

기후변화는 원예작물의 성장과 발육에 영향을 주어 발아기, 개화기, 수확기 등 생육단계를 전반적으로 빠르게 하여, 최종 수확물의 품질과 저장력에 영향을 미치고(Jang *et al.*, 2002), 겨울철의 이상난동은 빈번한 동해와 초기 발육불량을 가져오고, 봄철 잦은 강우나 건조는 작물의 개화기에 수분·수정에 영향을 주어 착과율을 떨어뜨리기도 한다. 성숙기 고온은 과실의 성숙과 착색을 불량하게 한다(Seo and Park, 2003). 또한 기후변화는 과실의 발육환경을 변화시켜 배의 유체과 발생이나 포도의 화진현상과 같은 생리장해의 한 원인이 되기도 한다. 기후변화는 원예작물의 성장환경을 변화시켜 각 작물의 주산지 이동과 재배지에 영향을 준다(Seo, 2003a). 기온이 높아지면, 생리장해와 병해가 빈번하게 발생하게 되어 결국 수량의 감소를 가져오게 되므로 재배지와 재배시기의 이동이 이루어질 수밖에 없다(Han *et al.*, 2008). 이것은 재배농민들로 하여금 새로운 경작지로 이동하거나 또는 새로운 작물과 작형의 전환을 요구하게 되고 이로 인해 많은 시행착오와 경영비의 손실을 가져오게 된다. 또한 기후의 변화는 작물의 안정생산 및 농가 소득에 중대한 영향을 미치고 있다. 빈번한 기상재해는 일부 작물의 원활한 수급에 심각한 영향을 주고 있으며, 기온의 상승은 높은 온도를 요구하는 과채류의 수량 증가를 가져올 수는 있으나 대부분의 원예작물이 직간접적으로 다양한 재배상의 문제점을 발생시킬 수 있다(Jang *et al.*, 2002).

과수원내 재배환경은 국지기후에 의해 영향을 받으며, 미기상을 형성하여 수체생장과 결실, 비대, 품질 및 수확기에까지 영향을 미친다(Han *et al.*, 2008). 기상요소가 과실발육과 특성에 영향을 미치는 예로서 과실비대 및 과형변화를 들 수가 있는데, Westwood (1993)는 과형의 결정이 만개 후 16일 이내에 결정되며, L/D비의 변화는 개화 후 60~100일 동안 일어난다고 하였다. 시파는 착색요소 중 안토시아닌의 생성이 기온과 일사량 등에 영향을 받으며, 성숙기 일 평균 기온이 12~13°C일 때에 착색이 가장 양호하였고, 4~10월의 최저기온과 가장 상관성이 큰 것으로 나타나고 있다. 또한 '후지' 품종에 있어서 과실의 당도는

일조시간이 많을수록, 경도는 평균기온이 낮을수록 높아진다(Seo, 2003b).

대부분의 작물이 기후변화의 영향을 완화하는 수단으로 생육기를 조절하는 방법을 이용한다. 그러나 과수는 인위적인 생육기 조절이 불가능하며, 생육기 뿐만 아니라 휴면기까지도 명확한 온도 반응이 있어서 온난화의 영향을 연중 받게 된다. 더 나아가 저장 양분 등 전년도의 기상에 대한 영향이 다음해에 나타나는 경우도 많아서, 기상변동의 영향이 지속적으로 과수의 수체 내에 축적해 간다고 해도 과언이 아니다. 기상조건이 과실의 품질에 끼치는 영향 또한 상당히 복잡하다. 과실 비대, 성숙, 착색, 과형, 당도, 산도 등 각각의 품질요소가 개별적으로 기상의 영향을 받는다(Jang *et al.*, 2002; Westwood, 1993). 이에 따라 과종별로 최적 재배지를 탐색하여 고품질의 과실을 생산함으로써 수입개방화 시대에 국산포도의 경쟁력을 높이고 경영비 절감을 통한 농가 소득 증대로 과수산업의 안정화에 기여할 시점에 이르렀다.

본 연구는 우리나라 포도 주요 재배지의 생육기 기상요인과 과실풍성의 상관분석을 통해 포도 '캠벨얼리' 품종의 착색 및 당도에 영향을 미치는 요인을 구명하고 기후변화에 따른 포도 품질 예측의 기초자료를 제공 하고자 한다.

II. 재료 및 방법

2.1. 실험재료 및 장소선정

실험재료는 포도 '캠벨얼리' 품종을 사용하였고, 수령은 5~6년생을 이용하였다. 수형은 웨이크만으로 전국의 포도 주산단지를 중심으로 우리나라 전역에서 위도를 고려하여 조사과원을 선정하였다. 실험 지역은 사천, 나주, 영천, 당진, 천안, 김천, 옥천, 상주, 영주, 수원, 강릉, 춘천, 양구 등 13개 지역에서 실시하였다(Fig. 1).

2.2. 기상장비 설치 및 조사

과원에 일사량, 강우량, 온도, 습도 등을 측정할 수 있는 기상장비를 설치하였다. 기상장비는 과원의 가장 자리에 농기계의 사용에 지장이 없는 장소에 설치하였고, 높이는 1.5m로 하였다. 일사의 방해가 되지 않는 곳에 설치하였다. 기상자료는 2008년 3월 1일부터 2009년 12월 31일까지 수집하였으며, 지역별 최저, 최

Fig. 1. The research sites for climate data collection and fruit quality analysis of 'Campbell Early' grapes.

고, 평균기온을 분석하여 과실 품질과 상관을 조사하였다.

2.3. 조사내용

2.3.1. 생물계절 조사

지역별 만개기, 수확기를 조사하여 성숙일수를 산출하였으며, 만개기는 포도 과원의 꽃이 80% 개화되었을 때를 기준으로 하였다. 수확기는 농가에서 수확하는 시기를 이용하였다.

2.3.2. 과실 특성분석

과실은 만개기를 기준으로 90일에 전국 조사과원의 과실을 수집하여 분석하였다. 과방의 하부에 10립을 채취하여 당도, 산, 안토시아닌 분석을 실시하였다. 가용성 고형물 함량은 굴절당도계(PR-1, Atago, Japan)로 측정하였고, 산함량은 과즙을 희석 후 0.1N NaOH로 적정하여 주석산 함량으로 계산하였다. 안토시아닌은 과피를 취하여 7mm cork borer로 3개의 disk를 채취하여 5mL의 1% HCl 함유한 methanol 용액에서 24시간 추출한 후 10배 희석하여 흡광광도계(Optize 2120 UV, Mecasys Co. Ltd., Korea)로 530nm에서 측정하였다.

2.3.3. 조직검정

조직 절편을 2×3mm 크기로 채취하여 2.5% glutaraldehyde에 넣은 후 조직에 포함되어 있는 기포를 제거하였다. 모든 과정은 4°C에서 진행되었으며 1차 고정 90분간 처리 후 0.1M phosphate buffer (pH 7.2)로 15분 간격으로 4~5회 세척하였다. 2차 고정으로는 1% osmium tetroxide로 4°C에서 90분간 처리한 후, 0.1M phosphate buffer(pH 7.2)로 20분 간격으로 4~5회 세척한 후 마지막 phosphate buffer에서 하룻밤을 경과하였다. 탈수는 40% ethanol, 60% ethanol, 80% ethanol, 90% ethanol, 95% ethanol로 각각 5분씩 그리고 100% ethanol로 5, 15, 30분간 탈수하였다. 탈수 후에는 epon의 조직내 침투를 더 용이하게 하기 위해 ethanol과 propylene oxide를 1:1로 섞은 용액에 sample을 15분간 경과시킨 후 순수 propylene oxide에 15, 15, 30분간 침지하였다. 최종적으로 epon에 매몰(embedding)하기 위하여 propylene oxide와 epon을 2:1, 1:1로 섞은 용액에 각각 3시간동안 처리한 후 순수 epon에서 하룻밤을 경과하였다. 다음날 새로운 epon으로 바꾸어 15분간 처리한 후 epon+D.M.P 30(epon의 1.5% 첨가)을 시료 절편과 함께 silicon mold에 넣어서 60°C에 4일간 열중합시켜 epon block을 만들었다. 각 재배 작형별 10~15개의 epon block을 만들고, 이 중 임의로 3개의 epon block을 선택하여 초미세절편기(Ultracut R, Leica Co)를 이용하여 1,500nm의 두께로 시료를 절단하여 slide glass 위에 증류수를 떨어뜨려 치상하고, 60°C에서 5시간 이상 건조시킨 후 염색하였다. 염색 과정은 제작된 조직절편은 0.5% periodic acid (H5IO6) 용액에 30분간 담근 후 증류수로 10분간 2~3번 세척, Schiff's reagent에 15분간 처리, 1% sodium bisulfite 용액에 5분간 처리, 흐르는 물로 30분간 세척하는 순서로 실시하였다. 염색이 끝난 시료를 영구보존 하기 위하여 60°C 열판에서 5시간 이상 건조 후 hystomount를 떨어뜨리고 cover glass로 덮고 다시 건조 후 cover glass 주위에 붙어있는 hystomount를 깨끗이 제거하고 광학현미경(Axioskop 2, Carl Zeiss Co.) 100배로 검정, 촬영하였다.

2.3.4. 상관분석

포도 과실 특성분석을 통해 과방중, 당도, 산도, 착색 및 산도를 조사였고, 생육기 월별 및 전체의 월

평균, 최고, 최저 온도와 일사량, 강우량 및 일교차를 분석하여 상관을 분석하였다. 자료는 SAS(statistical Analysis System, version 9.2, USA)를 이용하여 상관분석으로 변수간 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 조사지역의 기상요소와 과실흠성

조사지역 13곳의 포도 생육기(5~8월)의 기상요소를 살펴본 결과(Table 1), 평균기온은 나주 지역이 23.5°C로 가장 높았으며, 양구지역이 20.6°C로 가장

낮았다. 최고기온은 나주지역이 28.7°C였고 양구지역이 26.5°C로 가장 낮아 약 2°C의 차이가 발생하였다. 최저기온은 양구지역이 15.7°C였고, 나주지역이 19.3°C로 약 4°C의 차이를 나타냈다. 나주와 사천지역은 기온이 높았고, 강원도 지역이 낮은 것으로 나타났다. 만개 후 90일에 조사과원의 과실을 일시에 수확하여 과실의 품질 분석한 결과(Table 2), 남부 지방은 당도가 13도로 낮았으며 중부지방인 영주, 상주, 옥천 지역은 15~17도를 나타냈고 강원도 지방은 14~15도였다. 남부지방은 수확기가 지났음에도 당도가 낮았다. 중부지방은 적숙기로 과실의 당도가 높게 나타났다.

Table 1. Climatic factors during the growth period (May-August) in grape research sites

Sites	Temperature (°C)			Sunshine duration (hr)	Number of raining days (days)	Daily temperature range (°C)
	Average	Max.	Mini.			
Sacheon	22.4	27.8	17.7	151.7	12.5	10.0
Naju	23.5	28.7	19.3	170.4	15.0	9.4
Yeongcheon	21.7	27.4	16.5	164.6	13.0	10.9
Cheonan	21.5	26.1	17.3	200.9	10.7	8.9
Dangjin	22.3	27.8	17.4	196.3	10.0	10.5
Gimcheon	21.2	26.6	16.3	174.9	13.0	10.2
Okcheon	21.4	27.3	16.1	186.4	12.7	11.1
Sangju	22.1	27.8	17.3	172.1	12.2	10.0
Yeongju	21.2	27.1	16.0	175.1	14.0	11.1
Suwon	22.6	27.7	18.2	195.3	9.8	9.5
Gangneung	21.7	25.7	17.9	152.4	13.3	7.8
Chuncheon	21.9	27.6	17.0	189.9	12.3	10.6
Yanggu	20.6	26.5	15.7	160.7	13.8	10.8

Table 2. Analysis of fruit quality for the research sites

Sites	Fruit quality				
	Cluster weight (g)	Soluble solid (°Bx)	Acidity (%)	Firmness (N)	Anthocyanin (μg/g)
Sacheon	358.6±13.4 ²	13.9±1.2	0.5±0.1	14.2±1.7	4.3±0.5
Naju	293.9±12.5	15.0±0.8	0.4±0.1	12.2±1.2	4.9±0.3
Yeongcheon	342.7±20.1	13.5±0.5	0.7±0.2	16.8±1.5	5.1±1.1
Cheonan	435.7±16.8	13.5±0.4	0.7±0.2	16.9±1.4	6.0±0.8
Dangjin	389.9±19.3	13.8±0.9	0.6±0.1	17.7±1.6	7.2±1.4
Gimcheon	410.7±22.1	13.1±0.6	0.7±0.1	22.3±1.9	2.6±0.5
Okcheon	272.9±14.7	16.5±1.0	0.6±0.1	17.4±0.8	4.1±0.7
Sangju	305.0±15.9	14.8±0.5	0.6±0.1	15.5±1.1	5.1±1.3
Yeongju	379.7±23.4	17.8±0.7	0.6±0.1	17.9±1.2	7.5±1.7
Suwon	446.7±26.8	16.3±0.8	0.7±0.1	14.8±1.4	5.8±1.3
Gangneung	352.8±19.2	15.5±0.5	0.6±0.1	17.9±1.6	4.7±0.8
Chuncheon	440.8±12.4	14.8±0.6	0.6±0.1	19.7±1.9	4.5±0.7
Yanggu	299.6±22.4	13.9±0.5	0.8±0.2	16.8±1.6	8.6±1.1

²Mean S.E

그러나 강원도 지방은 만개 후 90일에는 적숙기가 되지 않아 과실의 당도가 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 원인은 성숙기 온도 분포와 밀접한 관련이 있을 것으로 판단된다.

기상조건이 과실의 품질에 끼치는 영향 또한 상당히 복잡하다. 과실비대, 성숙, 착색, 과형, 당도, 산도 등 각각의 품질요소가 개별적으로 기상의 영향을 받는다 (Westwood, 1993). 기상요인의 불안정으로 어느 한가지의 품질요소가 나빠지면, 생산된 과실의 품질이 저하된다. 과수의 경우, 성숙기 고온이 과실의 성숙과 착색을 불량하게 한다. 또한 기후변화는 과실의 발육 환경을 변화시켜 배의 유채과 발생이나 포도의 화진현상 같은 생리장해의 한 원인이 되기도 한다. 기온이 높아지면, 생리장해와 병해가 빈번하게 발생하게 되어 결국 수량의 감소를 가져오게 되므로 재배지와 재배시기의 이동이 이루어질 수밖에 없다(Yoon, 2005). 우리나라 남부지방인 나주 및 사천지역은 양구지역 보다 온도는 약 2~3°C 높은 반면에 과실의 당도는 낮았다. 또한 안토시아닌 함량이 낮아 착색도 불량하였다.

3.2. 생물계절 조사

조사지역 13개 지역 만개기와 성숙일수를 조사한 결과(Table 3), 사천지역이 가장 빨라 5월 19일이었고 가장 늦은 양구지역은 6월 7일이었다. 수확일은 경남 사천지역이 8월 12일 그밖의 남부지방이 약 8월 20일, 중부지방이 9월 1~15일 이었고, 강원도 양구지역

Table 3. Days from full blooming to maturity for ‘Campbell Early’ grape at the research sites

Sites	Full blooming (date)	Harvest stage (date)	Days to maturity (days)
Sacheon	20 May	12 August	82
Naju	20 May	12 August	82
Yeongcheon	22 May	17 August	85
Cheonan	28 May	27 August	90
Dangjin	28 May	27 August	90
Gimcheon	28 May	27 August	90
Okcheon	28 May	27 August	90
Sangju	30 May	1 September	95
Yeongju	30 May	6 September	100
Suwon	30 May	27 August	90
Gangneung	24 May	27 August	90
Chuncheon	1 June	16 September	100
Yanggu	7 June	26 September	110

은 9월 26일이었다. 강원도 강릉지역은 중부지방과 비슷한 8월 22일이었다. 포도 캠벨얼리 품종의 성숙일은 남부지방이 85일, 중부지방은 90일에서 95일이었고, 강원도 지방은 100일이 넘었다. 과실의 품질은 성숙일수가 길 수록 과실의 당도가 높아지는 경향이 있으므로(Song and Ko, 1999) 성숙일수가 짧은 남부지방은 고품질의 과실을 생산이 곤란 할 것으로 판단되며, 앞서 조사한 과실 품질 결과를 바탕으로 하여 포도 ‘캠벨얼리’ 품종은 성숙일수가 90일 이상이 되어야 고품질을 생산할 수 있을 것으로 판단된다.

지구온난화에 의한 겨울기온의 상승은 온대낙엽과수의 개화기를 앞당기거나 개화기간의 연장으로 이어져 결실 불량을 유발할 수 있다(Jang *et al.*, 2002). 또한 겨울 기간의 단축으로 인하여 사과와 배의 전엽기가 지연되고 눈의 발아가 비동시적으로 일어나 수확량이 감소한다(Jacobs *et al.*, 2002; Koo *et al.*, 2007). 사과, 배, 복숭아, 포도 등 과수는 산림과 마찬가지로 한 장소에서 수십 년 이상 뿌리를 뚫고 성장하며, 묘목을 재식 한 뒤 판매 가능한 과실을 생산하는데 상당한 시일이 소요되므로 과수산업에 관련한 계획을 수립할 때 해당 과수의 생육특성 및 재배적지에 대해 현재기후는 물론 미래기후에서의 변화 양상을 예측한 정보가 필요할 것이다. 작물의 생육 및 과실품질은 토양특성, 비료, 강수량 및 관수, 일조시간, 병해충 등 여러 요인들의 복합적인 영향을 받는다(Sugiura, 1999; Westwood, 1993). 특히 포도는 성숙일수가 90일이 되지 않으면 과실의 당도가 낮고 착색이 불량한데, 본 조사에 의하면 남부지방은 성숙일수가 85일로 짧았다. 하지만 북쪽으로 올라갈수록 성숙일수는 길어지는 경향을 나타냈다.

3.3. 기상요인 및 과실품질의 상관분석

포도 생육기(6~8월) 기상요소와 과실 특성간의 상관관계를 분석한 결과(Table 4), 과실의 경도와 평균기온 그리고 최저기온이 상관관계가 있는 것으로 나타났는데, 평균기온이 상승하면 과실의 경도가 낮아진다. 또한 과실의 산도는 최고기온과 관련이 크게 나타났다. 최고기온이 높으면 산도가 높아지는데, 성숙기 온도가 낮아야 과실에서 산함량이 낮아진다. 또한 과중과는 강우일수와 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 과수는 일조와 밀접한 관련이 있기 때문에 일조시간이 적으면 광합성 부족으로 동화산물 생산이 낮아 과실이 정상적

Table 4. Relationship between climatic factors and fruit quality during the growth period. (May-August)

Fruit characteristic	Temperature (°C)			Sunshine duration (hr)	Number of raining days (day)	Daily temperature range (°C)
	Average	Max.	Mini.			
Cluster weight (g)	0.11345 ^{ns}	-0.09736 ^{ns}	0.17383 ^{ns}	0.58479 ^{**}	-0.6848 ^{**}	-0.20093 [*]
Length (mm)	0.19241 ^{ns}	0.15267 ^{ns}	0.10207 ^{ns}	0.30503 [*]	-0.24301 [*]	0.01431 ^{ns}
Diameter (mm)	-0.01257 ^{ns}	-0.09762 ^{ns}	-0.0310 ^{ns}	0.45399 [*]	-0.3535 [*]	-0.05113 ^{ns}
Berry weight (g)	0.03019 ^{ns}	0.04341 ^{ns}	-0.0322 ^{ns}	0.49062 [*]	-0.35514 [*]	0.05924 ^{ns}
Soluble solid (°Bx)	0.12158 ^{ns}	0.19535 ^{ns}	0.03442 ^{ns}	0.1332 ^{ns}	-0.03533 ^{ns}	0.14097 ^{ns}
Acidity (%)	-0.70659 ^{**}	-0.60178 ^{**}	-0.60723 ^{**}	0.30052 [*]	-0.21371 ^{ns}	0.16024 ^{ns}
Firmness (N)	-0.64407 ^{**}	-0.53068 ^{**}	-0.61509 ^{**}	0.28943 [*]	-0.01165 ^{ns}	0.23048 [*]
Anthocyanin (ug/g)	-0.12856 ^{ns}	0.00168 ^{ns}	-0.13727 ^{ns}	0.26054 [*]	-0.27118 [*]	0.21643 [*]

^{ns}, *, **Nonsignificant or significant at 5% and 1% levels, respectively

Table 5. Relationship between average temperature and fruit quality during the growth period

Fruit characteristic	Average temperature (°C)					
	June	July	August	June~July	June~Aug.	July~Aug.
Cluster weight (g)	-0.09216 ^{ns}	0.23666 [*]	0.34024 [*]	0.08369 ^{ns}	0.14948 ^{ns}	0.32841 [*]
Length (mm)	0.23684 ^{**}	0.23794 [*]	0.12376 ^{ns}	0.25345 [*]	0.11767 ^{ns}	0.18066 ^{ns}
Diameter (mm)	0.06393 ^{ns}	0.0572 ^{ns}	-0.04271 ^{ns}	0.08374 ^{ns}	-0.04127 ^{ns}	0.00993 ^{ns}
Berry weight (g)	0.11372 ^{ns}	0.13206 ^{ns}	-0.0231 ^{ns}	0.15360 ^{ns}	-0.00765 ^{ns}	0.04683 ^{ns}
Soluble solid (°Bx)	0.18173 ^{ns}	0.18145 ^{ns}	0.08969 ^{ns}	0.20852 [*]	0.14984 ^{ns}	0.13100 ^{ns}
Acidity (%)	-0.76345 ^{**}	-0.59441 ^{**}	-0.46017 [*]	-0.70928 ^{**}	-0.61945 ^{**}	-0.50818 ^{**}
Firmness (N)	-0.54378 ^{**}	-0.55071 ^{**}	-0.59466 ^{**}	-0.57827 ^{**}	-0.64415 ^{**}	-0.57893 ^{**}
Anthocyanin (ug/g)	-0.25033 [*]	0.01895 ^{ns}	0.09414 ^{ns}	-0.09403 ^{ns}	0.00178 ^{ns}	0.07497 ^{ns}

^{ns}, *, **Nonsignificant or significant at 5% and 1% levels, respectively

Table 6. Relationship between maximum temperature and fruit quality during the growth period

Fruit characteristic	Maximum temperature (°C)					
	June	July	August	June~July	June~Aug.	July~Aug.
Cluster weight (g)	-0.24575 [*]	0.12044 ^{ns}	0.29291 [*]	-0.08437 ^{ns}	0.00627 ^{ns}	0.23182 [*]
Length (mm)	0.13811 ^{ns}	0.11827 ^{ns}	0.11249 ^{ns}	0.18976 ^{ns}	0.0476 ^{ns}	0.11221 ^{ns}
Diameter (mm)	-0.03533 ^{ns}	0.04861 ^{ns}	-0.02145 ^{ns}	0.04530 ^{ns}	-0.08278 ^{ns}	0.01051 ^{ns}
Berry weight (g)	0.09508 ^{ns}	0.24877 [*]	0.07342 ^{ns}	0.20473 [*]	0.04819 ^{ns}	0.15322 ^{ns}
Soluble solid (°Bx)	0.17919 ^{ns}	0.21340 [*]	0.19263 ^{ns}	0.22135 [*]	0.22224 [*]	0.20968 [*]
Acidity (%)	-0.51868 ^{**}	-0.33890 [*]	-0.33386 [*]	-0.49296 [*]	-0.46849 [*]	-0.33326 [*]
Firmness (N)	-0.31891 [*]	-0.33812 [*]	-0.49535 [*]	-0.34123 [*]	-0.52377 ^{**}	-0.44302 [*]
Anthocyanin (ug/g)	-0.15411 ^{ns}	0.22545 [*]	0.33597 [*]	-0.03427 ^{ns}	0.1716 ^{ns}	0.32229 [*]

^{ns}, *, **Nonsignificant or significant at 5% and 1% levels, respectively

으로 생장 할 수가 없어 과중이 낮다.

포도 생육기동안 평균기온을 월별로 분석한 결과 (Table 5), 과실의 산도와 밀접한 상관이 있는 것으로 나타났다. 평균기온이 상승하면 과실의 산도가 높아 신맛이 강해진다. 또한 과실의 경도와는 6~8월의 평균 기온과 상관이 높았는데, 과실이 착과되고 생장을 시작하면서 기온과 경도와 상관이 높다. 이것은 기온이

높으면 과실이 빨리 생장하기 때문이다(Seo, 2003b). 생육기 동안 최고기온과 과실의 품질의 상관관계를 살펴본 결과(Table 6), 역시 과실의 산도와 밀접한 상관이 있었다. 기온이 높으면 과실에서 산이 분해되지 않고 남아있기 때문이며, 산도가 낮고 당도가 높은 지역은 생육기에 기온이 높지 않아야 한다. 포도 생육기 동안 최저기온과 과실의 품질간의 상관관계를 살펴본

Table 7. Relationship between minimum temperature and fruit quality during the growth period

Fruit characteristic	Minimum temperature (°C)					
	June	July	August	June~July	June~Aug.	July~Aug.
Cluster weight (g)	0.11823 ^{ns}	0.0506 ^{ns}	0.26749 [*]	0.08074 ^{ns}	0.11881 ^{ns}	0.19253 ^{ns}
Length (mm)	0.16337 ^{ns}	0.18353 ^{ns}	0.06647 ^{ns}	0.17765 ^{ns}	0.06006 ^{ns}	0.11171 ^{ns}
Diameter (mm)	0.02089 ^{ns}	-0.08412 ^{ns}	-0.08408 ^{ns}	-0.02556 ^{ns}	-0.10729 ^{ns}	-0.09008 ^{ns}
Berry weight (g)	0.00955 ^{ns}	-0.0472 ^{ns}	-0.0877 ^{ns}	-0.01847 ^{ns}	-0.11417 ^{ns}	-0.08136 ^{ns}
Soluble solid (°Bx)	0.07547 ^{ns}	0.12401 ^{ns}	0.0256 ^{ns}	0.08922 ^{ns}	0.06606 ^{ns}	0.06541 ^{ns}
Acidity (%)	-0.69055 ^{**}	-0.74745 ^{**}	-0.47437 [*]	-0.7313 ^{**}	-0.63310 ^{**}	-0.58811 ^{**}
Firmness (N)	-0.62909 ^{**}	-0.66510 ^{**}	-0.62184 ^{**}	-0.66541 ^{**}	-0.69271 ^{**}	-0.66317 ^{**}
Anthocyanin (ug/g)	-0.19598 ^{ns}	-0.19222 ^{ns}	-0.0389 ^{ns}	-0.20495 [*]	-0.11099 ^{ns}	-0.09348 ^{ns}

^{ns}, ^{*}, ^{**}Nonsignificant or significant at 5% and 1% levels, respectively

Fig. 2. Microphotograph (×100) of grape skins and whole grape appearance for the research areas.

결과(Table 7), 생육기 최저기온과 과실의 산도 그리고 경도와 밀접한 관련이 있었다. 특히 6-8월 사이의 최저기온과 산도 및 경도와 상관이 크게 나타났다.

만개후 90일에 수확한 과실의 지역별 과피의 두께를 조직 검경한 결과(Fig. 2), 남부지방 과실의 과피가 얇고 북쪽으로 갈수록 과피가 두꺼워지는 경향을 나

타냈으며, 과실의 착색정도도 남부지방은 수확적기가 지났음에도 착색이 불량하며 북부지방은 아직 적숙기가 되지 않았음을 보여준다.

과수에서 온도는 저장 양분 등 다양한 요소에 영향을 주며, 기상조건이 과실의 품질에 끼치는 영향 또한 상당히 복잡하다. 과실 비대, 성숙, 착색, 과형, 당도,

산도 등 각각의 품질요소가 개별적으로 기상의 영향을 받는다(Jang *et al.*, 2002; Westwood, 1993). 과수의 경우, 성숙기 고온이 과실의 성숙과 착색을 불량하게 한다. 사과는 생육기의 온도가 낮고 일교차가 심한 지역에서 과피가 두껍다(Seo, 2003b). 본 연구에서도 각 조사 지역별로 과피의 두께의 차이를 볼 수 있었다(Fig. 2).

적 요

포도 캠벨얼리 품종은 우리나라 포도재배면적의 70%이상을 차지하고 있는 대표 품종이다. 최근 기후 변화에 따른 기온상승으로 과수 재배지의 변동에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 기후요소와 과수품질간의 상관관계를 밝히기 위해 우리나라 주요 포도 주산단지 사천, 진주, 나주, 당진, 천안, 김천, 영동, 옥천, 상주, 수원, 영주, 강릉, 춘천 그리고 양구 등 13곳의 과원을 대상으로 조사하였다. 개화기는 사천이 5월 25일로 가장 빨랐으며 강원도 양구는 6월 7일로 가장 늦었다. 포도는 성숙일수가 90일 정도 되어야 상품성 있는 품질을 생산할 수 있다. 하지만 남쪽지방에서는 성숙일수가 90일 보다 작다. 강원도 지방은 성숙일수가 100일에서 110일로 가장 길다. 그래서 과실의 당도가 높게 나타난다. 포도 캠벨얼리의 과실 품질은 기상요인 특히 온도와 밀접한 관련이 있으며 온도가 높으면 산도가 높다. 과피두께는 남부지방 과실의 과피가 얇고 북쪽으로 갈수록 과피가 두꺼워지는 경향을 나타냈으며, 과실의 착색에서 남부지방은 수확적기가 지났음에도 착색이 불량하며 북쪽지방은 아직 적숙기가 되지 않았다.

REFERENCES

- Han, J. H., S. H. Lee, J. J. Choi, S. B. Jung and H. I. Jang, 2008: Estimation of dormancy breaking time by development rate model in 'Niitaka' pear (*Pyrus pirifolia* Nakai). *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **10**(2), 58-64. (In Korean with English abstract).
- Jacobs, J. N., G. Jacobs and N. C. Cook, 2002: Chilling period influences the progression of bud dormancy more than dose chilling temperature in apple and pear shoots. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* **77**, 333-339.
- Jang, H. I., H. H. Seo and S. J. Park, 2002: Strategy for fruit cultivation research under the changing climate. *Korean Journal of Horticultural Science Technology* **20**(3), 270-275.
- Koo, G. S., K. O. Boo and W. T. Kwon, 2007: The estimation of urbanization effect in global warming over Korea using daily maximum and minimum temperature. *Atmosphere* **17**(2), 185-193.
- Seo, H. H., 2003a: Growth and quality of horticultural crops affected by climate change. *Proceedings of the Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology Conference* 131-137.
- Seo, H. H., 2003b: Site selection criteria for the high quality apples based on agrometeorology in Korea, *Ph. D. thesis. Kyung Hee University*.
- Seo, H. H., and H. S. Park, 2003: Fruit quality of 'Tsugaru' apples influenced by meteorological elements. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **5**(4), 218-225.
- Song, G. C., and K. C. Ko, 1999: Effects of climatic conditions during blooming on the berry setting of 'Kyoho' (*Vitis labruscana*, B.) grapevine. *Journal of Korean Society for Horticultural Science* **40**(1), 75-78.
- Westwood, M. N., 1993: Temperate-zone Pomology, Physiology and Culture. 3rd edition. 254-274.
- Sugiura, T., 1999: Flowering control techniques for early fruit shipment of deciduous fruit trees. Weather condition on flowering and growth prediction of the Japanese pear. *Agriculturist and Horticulturist* **54**(10), 146-149.
- Yoon, S. T., 2005: Effect of global warming and coping with vulnerability of agricultural production. *Korean Journal of International Agriculture* **17**(3), 199-207. (in Korean)

Han, J. H., S. H. Lee, J. J. Choi, S. B. Jung and H. I. Jang,