장수군의 해발고도별 ‘홍로’ 사과원의 미기상 및 생육기 비교

송주희¹ · 서병선¹ · 최동근^{2*} · 최인명³ · 강인규⁴ · 곽성희²

¹장수군 농업기술센터, ²전북대학교 원예학과,
³국립원예특작과학원 온난화대응농업연구센터, ⁴경북대학교 원예과학과
(2011년 8월 31일 접수; 2012년 8월 17일 수정; 2013년 1월 7일 수락)

Comparison of Growth Period and Local Climate for ‘Hongro’ Apple Orchards Located at Different Altitudes in Jangsu-Gun

Ju-Hee Song¹, Byung Sun Seo¹, Dong Geun Choi^{2*}, In Myung Choi³,
In-Kyu Kang⁴ and Sunghee Guak²

¹Jangsu Agricultural Technique Center, Jangsu 597-801, Korea

²Department of Horticultural Science, Chonbuk National University, Jeonju 570-752, Korea

³Agricultural Research Center for Climate Change, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Jeju 690-150, Korea

⁴Department of Horticultural Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

(Received August 31, 2011; Revised August 17, 2012; Accepted January 7, 2013)

ABSTRACT

This study was conducted to compare the local climate conditions and growth periods for the apple (*Malus domestica* ‘Borkh’) orchards at different altitudes (330, 500, and 670 m) in Jangsu-Gun, Korea. Observation data for the growth period show that the monthly mean air temperatures at the ‘Hongro’ apple orchard sites decrease with height at the rate of 1.0 to 3.0°C/100 m. The monthly minimum temperatures in April (blooming period for ‘Hongro’ apple) were 4.3, 2.9, and 0.4°C at 330, 500, and 670 m, respectively. The monthly mean temperatures in September (i.e., the coloration and maturation period) were 20.6, 18.7, and 14.5°C, respectively. The annual precipitation range varied from 1,234 to 1,439 mm, which tended to increase with height. The heavy rainfall occurred in summer (June to August) and amounted to 827-933 mm. No significant differences in the duration of sunshine were observed amongst the orchards at three different altitudes. The earliest bud break was observed at the 330 m altitude (18 March 2009), which was 4 and 11 days earlier in comparison to those at 500 and 670 m, respectively. The time of full bloom at 330 m was 12 days ahead of that at 670 m. The optimal maturation of fruit (based on skin redness > 80%) was observed between 7 and 10 September at 330 m, 15 and 18 September at 500 m, and 21 and 23 September at 670 m.

Key words: blooming period, sunshine duration, maturation, precipitation, temperature

I. 서 론

사과는 북부 온대과수로서 주로 한랭한 기후에서 재배되는 우리나라의 대표적 과실 중 하나이다. 사과와 대표적인 주산지 중 한 곳인 장수지역은 전라북도 동

부에 위치하여 남북으로 44km, 동서로 20km로서 면적의 78% 이상이 산간 고지대(해발 400~800m)에 위치하고 있다.

장수지역의 사과재배는 1970년대 말부터 일부 독농가들에 의해서 중생종 사과품종(‘세계일’, ‘야타까’, ‘북두’,

* Corresponding Author : Dong Geun Choi
(choidg61@jbnu.ac.kr)

‘홍월’ 등)을 중심으로 왜성대목을 이용하여 재배를 시도하였으나 사과와 종경이 길어지는 등 과형이 균일하지 않고, 고지대의 미기상 환경이 고려되지 않은 기존 사과재배의 표준화된 재배기술의 적용으로 고품질의 사과가 생산되지 않아 소비자들로부터 큰 호응을 얻지 못하였다(Jangsugun, 2009b). 이후 1990년대 중반에 ‘홍로’ 사과가 재배되기 시작하였는데 장수지역의 서늘한 8월 기온과 ‘홍로’의 특성이 잘 발현되어 우수한 품질의 사과를 생산하게 되었다(Im, 1990). 장수지역 고품질 사과재배 후보지 탐색에 대한 연구결과 장수지역의 동해 위험도는 ‘후지’ 기준으로 재현기간을 4년, 10년, 20년으로 하였을 때 안전한 지역으로 판정되었다(Kwon *et al.*, 2004). 장수는 소백산맥 기슭에 위치한 준산간지로 사과 생육기간 동안 월평균기온이 17.1~17.5이고, 큰 일교차로 고품질의 사과가 생산되어 최근 사과 재배면적이 증가하고 있다(Kim *et al.*, 2010).

최근 지구온난화에 따른 기온상승으로 인하여 사과는 한랭한 곳이 좋다는 인식하에 무작정 고지대로 재배가 확대되고 있으나 품질과 생리장해, 저온피해 등 여러 가지 문제점이 발생할 가능성이 높아지고 있다. ‘홍로’ 사과의 고품질화를 위해서는 합리적인 재배적지의 선정이 그 무엇보다 중요한데(Shim *et al.*, 1994), 사과원의 적지선정에 있어 여러 요인들 중 과실 품질에 미치는 요인으로 기상요인과 토양특성을 들 수 있다

(Cho *et al.*, 2010). 과수의 생장과 품질은 재배지역의 미세기후 등에 반응하므로 재배지의 국지기상을 관측하여 분석하는 것이 중요하지만 보통은 가장 가까이 설치된 기상청의 기상관측시설에서 측정한 평균적인 기상값만을 이용하는데 그치고 있어(Kwon *et al.*, 2004), 고품질 사과생산을 위하여 재배지역의 미기상에 맞는 재배기술을 적용하지 못하고 있는 실정이다.

이와 같이 과수의 생장은 재배지역의 미기상에 따라 달라지므로 본 연구에서는 전라북도 장수군의 ‘홍로’ 사과 재배지대를 170m 간격으로 고도(330m, 500m, 670m)를 구분하여 기온, 장수량 및 일조시간 등 장수군 ‘홍로’ 사과재배지에서의 고도 별 재배환경 차이를 비교 검토하고 이에 따른 고도 별 생육기의 변화를 분석하여, 재배법 개선 및 적지선정을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 전라북도 장수지역의 사과 재배지 지형특성

장수군은 남북으로는 북위 35도 28분에서 35도 49분 사이에, 동서로는 동경 127도 22분에서 127도 42분 사이에 위치하며, 전라북도의 동쪽에 위치하여 경상남도와의 도계를 이루고 있다. 동쪽으로는 경남 함양군과 거창군, 남쪽으로 남원시, 서쪽으로 임실군과 진안군, 북쪽에 무주군과 각각 접하고 있다(Jangsugun,

Fig. 1. Survey places and planting areas of ‘Hongro’ apple orchards at various altitudes of Jangsungun, Jeollabuk-do.

*1 dot = 2 hectare apple acreage.

x means the survey place at altitude 330 m, Yongkwang-ri, Cheoncheon-myeon, Jangsungun, Jeollabuk-do (127°32'31"E 35°45'27")

y means the survey place at altitude 500 m, Nogok-ri, Jangsueup, Jangsungun, Jeollabuk-do (127°33'13"E 35°39'15")

z means the survey place at altitude 670 m, Daesung-ri, Jangsueup, Jangsungun, Jeollabuk-do (127°26'52"E 35°36'23")

2009a). 지형 및 지세를 살펴보면 소백산맥과 노령산맥의 협곡지에 위치한 중부내륙 산악지대로 산악축을 따라 남덕유산, 장안산, 팔공산, 대망산 등이 주봉을 이루고 V자형 계곡이 발달된 급경사지가 대부분인 특징을 가지고 있으며, 수문체계는 타 지역으로부터의 유입수가 없는 특이성을 가지고 있는 지역이다(Jangsugun, 2009a). 대부분의 사과 과수원은 기계화를 위하여 15°이하의 경사로 조성되었으며, 자갈이 많이 함유되어있는 양토로 부분초생으로 토양표면을 관리하고 있다.

2.2. 시험포장 선정 및 기상자료 수집

2009년 1월 1일부터 2010년 9월 30일까지 해발고도 별 기상과 생육기 변화를 조사하기 위하여 비슷한 토양조건과 재배기술을 적용하고 있으며 수령이 같은 사과나무가 재식 되어있는 과수원을 탐색하여 고도가 200m 정도의 차이를 두고 조사하기 위하여 해발 300m, 500m, 700m 부근에 있는 전라북도 장수군 천천면 용광리(해발330m), 장수읍 노곡리(해발 500m), 그리고 장수읍 대성리(해발 670m)에 소재하고 있는 3곳의 사과원을 선정하여 연구를 수행하였다(Table 1). 선정된 각 사과원에 자동기상측정 장치(STL-T/RH, Soil To Atmosphere Co., Korea)를 설치하고 기온자료는 매일 1시간 단위로 측정하여 일 평균, 최고, 최저값을 산출하고, 일교차는 일 최고기온과 최저기온의 차로 구하였다. 강우량과 일조시간은 일 누적 값으로 산출하였으며, 온량지수는 월 평균기온이 5°C 이상인 달의 평균기온에서 5°C를 뺀 월평균기온을 합산하여 연간 누적값으로 나타내었다. 축적된 기상자료는 월별 평균값과 '홍로'사과의 주요 생육기간별로 정리하였다.

2.3. 시험수 선정 및 생육기 조사

해발고도 별로 조사지점의 사과과원에서 12년생 '홍로'/M.9 사과나무 중 수세가 안정되고 그 과원의 생육상을 대표할 수 있는 나무를 선정하여 조사하였다. 토양표면은 부분초생으로 관리하였고, 수형은 세장방추형으로 하였으며, 기타 일반재배관리는 농촌진흥청 표준영농교본에 준하여 관리하였다. 국지기상환경에 따른 생육상황을 비교하기 위하여 발아기, 개화시, 만개기, 그리고 적숙기를 조사하였다. 발아기는 꽃눈의 인편이 벌어져 녹색이 보이는 시기, 개화시는 나무 전체에서 10%의 꽃이 개화된 시기, 만개기는 80%가 개화한 시기를, 그리고 적숙기는 사과의 과피색을 기준

으로 80% 이상 착색된 시기를 조사하여 해발고도별로 비교하였다.

2.4. 전자기후도 작성

고도별로 수집된 기상자료는 환경부에서 제공한 30m 격자의 DEM(수치표고모형)을 이용하여 소기후 공간내삽모형(Yun, 2004)을 이용하여 ArcGIS 9.0 (ESRI Inc., USA) 프로그램으로 제작하였다. 기상장해 발생 빈도가 높아지고 있는 늦서리피해를 분석하기 위하여 '홍로'/M9 사과나무의 개화기간 동안의 최저기온을 전자지도로 작성하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 기상특성 비교

장수군 사과 재배지역의 고도 별 기온 현황을 조사한 결과(Fig. 2), 평균 기온은 고도가 높아질수록 1.0~1.5°C/100m 정도 낮아지는 것으로 나타났다. '홍로' 사과 성숙기인 9월 평균기온은 해발 330m에서 20.6°C, 해발 500m에서 18.7°C, 해발 670m에서 14.5°C를 나타내어 해발 500m 지점과 해발 670m 지점간에 월 평균기온 차이는 4.2°C를 나타내었다. 1월 중 최저기

Fig. 2. Changes in monthly temperatures at various altitudes of Jangsugun, Jeollabuk-do.

온은 해발 500m에서 -9.6°C 이었는데 해발 670m에서는 -13.0°C 를 나타내었으며, 3월, 4월, 5월에도 고도 별로 최저기온이 큰 차이가 있었으며, 최고기온의 경우에도 고도 별로 $1.5\sim 3.0^{\circ}\text{C}$ 의 차이를 나타내었다.

우리나라 기온을 보면 중부 산간지방을 제외하고, 대체로 연 평균기온은 $10\sim 16^{\circ}\text{C}$ 이며, 가장 무더운 달인 8월은 $23\sim 27^{\circ}\text{C}$, 5월은 $16\sim 19^{\circ}\text{C}$, 10월은 $11\sim 19^{\circ}\text{C}$, 가장 추운 달인 1월은 $-6\sim -7^{\circ}\text{C}$ 이다. 장수지역의 최근 10년 동안 월 평균기온이 1월은 -4.9°C 이고 8월은 25.6°C 로 연 평균기온이 10.5°C 를 나타내어 우리나라의 평균 기온보다 낮게 나타나고 있다.

Seo(2003)에 의하면 주요 사과 주산지 12개 지역(수원, 아산, 충주, 보은, 정읍, 장수, 의성, 예천, 영주, 봉화, 영천, 군위)의 사과 생육기인 4월에서 10월의 기온(평균, 최고, 최저, 일교차), 강수량, 일조시간 등은 각 기상 요소 별로 지역간에 차이를 보였다고 하였으며, 특히, 8월 이후의 지역별 기상환경에 차이를 나타내고 있었다. 본 조사에서는 9월 이후부터 평균기온, 최저기온, 최고기온의 차이가 크게 나타났으며, 고도가 높아질수록 온도 변화가 크게 나타났다. 한편 사과 재배과원의 기온특성은 고도 별로 기온 변화 특성에 차이를 보이고 있었으며, 해발고도가 높은 곳에 위치한 사과원의 평균기온이 생육기 내내 저고도 사과원에 비해 낮게 유지되는 일반적인 기상현상이 관측되었다.

연 강수량은 해발 330m에서 1,234mm, 해발 500m에서 1,409mm 그리고 해발 670m에서 1,438mm를 나타내어 해발 330m와 670m간에는 연간 약 200mm의 강수량 차이를 나타내고 있었다(Fig. 3). 시기별 강수량을 보면 1월~5월까지와 9월~12월까지의 고도 별로 큰 차이를 나타내지 않았으며, 집중호우시기인 6월부터 8월까지의 강수량은 해발 330m에서 827mm, 해발 500m에서 933mm, 해발 670m에서 931mm를 나타내었다. '홍로' 사과 생육기인 4월부터 9월까지 총 강수량을 비교한 결과, 해발 330m에서 1,011mm, 해발 500m에서 1,162mm 그리고 해발 670m에서는 1,179mm로 고도가 높아질수록 강수량이 높아지는 경향이였다. 우리나라 연 강수량은 중부지방 1,100~1,400mm, 남부지방 1,000~1,800mm, 경북지역 1,000~1,200mm, 경남해안 일부 지역은 1,800mm인데 장수지역의 최근 10년 동안 연 강수량은 742~2,207mm로 연 평균 1,493mm의 강수량을 나타내어 우리나라 평균 강수량보다 많게 나타나고 있다.

Fig. 3. Changes in monthly sunshine duration and precipitation at various altitudes of Jangsu-gun, Jeollabuk-do.

사과의 당도와 상관을 나타내는 기상요소는 4월에서 10월까지의 강수량($r=-0.430^*$)과 4월에서 7월까지의 강수량($r=-0.376^*$)이 증가할수록 당도가 감소하는 부의 상관을 나타내는데(Seo, 2003), 장수지역의 '홍로' 사과 착색초기인 7월과 8월에 집중적인 강우는 착색불량과 당도저하의 원인으로 작용할 것으로 판단된다.

장수군 '홍로' 사과 재배지역을 고도 별로 분류하여 일조시간을 조사한 결과(Fig. 3), 연 일조시간이 해발 330m에서 2,118시간, 해발 500m에서 2,076시간 그리고 해발 670m에서 2,073시간을 나타내어 해발 330m에서 일조시간이 가장 많았고 해발 500m와 670m에서는 큰 차이가 없었다. '홍로' 사과 생육기인 4월부터 9월까지 고도 별 총 일조시간은 해발 330m에서 1,148시간, 해발 500m에서 1,113시간 그리고 해발 670m에서 1,123시간을 나타내었다.

우리나라 일조시간의 연 분포를 보면, 전국적으로 2,200~2,700시간 정도의 분포를 보이고 있다. 우리나라에서 일조시간이 가장 긴 곳은 주로 북부 서해안 지방으로 2,600~2,700시간이나 섬 지방에서는 2,000시간 내외로서 대륙에 비해서 상당히 짧은 편이다. 장수지역의 최근 10년 동안 장수지역의 월 일조시간은 33~264시간의 분포로 평균 177시간이며, 연 분포는 1,852~2,502시간, 평균 2,138시간으로 우리나라의 평균 일조시간보다 짧은 편이었다.

과실의 당도와 상관이 있는 기상요소는 4월에서 10월까지의 일조시간으로 정의 상관을 나타내며 4월에서 7월까지의 일조시간과는 일조시간이 증가하면서 과실 당도도 증가하는 고도로 유의한 정의 상관을 나타내는데(Seo, 2003), 일조시간의 과부족은 과수의 생장, 꽃눈형성, 착과 및 과실의 품질에 중요한 인자로 작용한다. 사과와 배의 경우 햇빛을 차단할 경우 21% 정도의 생육저해 현상이 나타났으며, 이러한 이유는 일광이 부족하면 동화물의 축적이 적어져 꽃눈 형성이 불량해지기 때문으로 생각된다. 과실의 성숙기에 햇빛이 부족하면 과실의 당도가 낮아지고 착색이 불량해지는 것은 흔히 보는 현상이다(Jang and Yim, 2002).

3.2. 개화기 전 · 후의 기온 분포

개화기 전 · 후의 기온은 개화시기의 조만과 화기의 저온피해에 크게 영향을 미치는데 '홍로' 사과의 발아기인 3월 20일부터 개화중인 5월 20일까지의 고도별 최저기온을 분석해 본 결과(Fig. 4), 3월 하순의 해발 330m에서의 영상온도 일수는 5일이었으나 해발 500m는 4일, 해발 670m에서는 없는 것으로 조사되었다. 4월 중의 최저기온은 해발 330m에서는 4.26°C인

데 해발 500m와 670m에서는 2.86°C와 0.39°C로 고도가 높아짐에 따라 기온은 내려감을 볼 수 있었다. 특히 4월 중, 하순에는 영하권으로 기온이 급강하 하는 현상이 나타나고 있는데 고도 별 개화기에 서리피해가 우려되고 해발 670m에서는 동해피해도 예상된다.

3.3. 생육초기 최저기온 분포

생육기 저온피해는 발아하여 개화할 때까지 가장 많이 나타남으로 생육초기의 지대 별 최저기온 분포를 보기 위하여 '홍로' 사과를 기준으로 발아-개화 전엽기인 3-4월의 온도변화 분포를 고도 별로 나타내었다(Fig. 5). 장수 팔공산을 기점으로 남쪽과 서쪽에 위치한 산서면과 변암면 지역은 다른 지역에 비해 기온이 높게 유지되고 있으며, 해발 330m에서는 지역에 관계없이 높게 나타나고 있다. 수계 별로 온도대를 구분해보면 금강 수계는 해발 330m 시험포장이 위치한 북쪽 지역으로 갈수록 온도가 높게 나타나고, 동쪽 장안산 지역과 덕유산 주변의 지역은 고도가 높아짐에 따라 온도대가 가장 낮게 나타나고 있다. 이 전자기후도를 이용하면 신규 과수원 조성을 준비할 때 기상재해의 위험도가 낮은 적지를 찾을 수 있을 뿐 아니라 불안전재배지에 대한 대책을 수립할 때 유용하게 쓰여질 것으로 생각된다(Yun, 2007).

3.4. 고도 별 온량지수

장수지역 '홍로' 재배지의 고도 별 온량지수는 해발 330m에서는 103.1°C, 해발 500m와 670m에서는 각각 89.3°C와 70.1°C를 나타내고 있어 고도가 높은 지역일수록 온량지수가 낮아짐을 알 수 있었다.

일반적으로 사과의 경우 온량지수가 조생종 60°C, 중생종 70°C 그리고 만생종 75°C 이상이 필요한 것으로 알려져 있으며(RDA, 2003), 온량지수와 과형지수와는 고도의 부의 상관을 가진다(Westwood, 1962). 우리나라의 지역별 25년 평균 온량지수는 대관령 59°C, 봉화 87°C, 장수 90°C, 충주 94°C, 문경 100°C, 안동 103°C로 알려져 있는데, 선행 연구에서 제시한 장수지역의 90°C는 기상청의 기상관측시설이 있는 장소의 표준기상관측값을 반영한 결과로 해발 500m와 비슷한 경향을 보이고 있으며, 추후 사과 재배적지 선정 시 유용한 지표로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 사과 재배과원의 기온특성은 고도 별로 기온 변화

Fig. 4. Changes in temperatures during blooming time (20 March to 20 May) in apple orchards at various altitudes of Jangsu-gun, Jeollabuk-do.

Fig. 5. Minimum temperature during March to April at various altitudes of Jangsu-gun, Jeollabuk-do.

특성에 차이를 보이고 있었으며, 고도가 높은 곳에 위치한 사과원의 평균기온이 생육기 내내 고도가 낮은 사과원에 비해 낮게 유지되었다는 보고와 일치하고 있다 (Westwood, 1962; Westwood and Burkhart, 1968).

3.5. 고도 별 생육기 차이

고도별 발아기는 해발 330m에서는 3월 18일이었으며, 해발 500m와 670m에서는 각각 3월 24일과 3월 29일로 고도 별로 4~5일간의 차이가 나타났다. 개화기는 고도간에 2~3간의 차이가 나타났으며, '홍로' 사과와의 만개기는 해발 330m와 해발 670m간에 12일간의 차이가 나타났다. 지구온난화의 영향으로 생물계절이 빨라지는 경향이 관찰되고 있는데(Jung and Yun, 2006), 개화기간의 변화는 늦서리 피해 정도에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

과피색을 기준으로 적숙기를 판단한 결과 해발 330m는 9월 7~10일, 해발 500m는 이보다 늦은 9월 15~18일로 나타났다(Table 1). 해발 670m에서는 해발 330m보다 13~14일이 늦었고, 해발 500m와 비교 시 5~6일간의 차이를 나타내었다. '홍로' 사과의 꽃이 만개한 시기를 기준으로 적숙기를 판단한 경우에도 해발 330m에서 가장 빨랐으며, 해발 670m는 8~12일이 늦은 9월 16~20일로 관측되었다. '홍로' 사과는 당산비 58이 적숙기로 알려져 있는데(RDA, 2003) 2가지 유형의 적숙기 판단 기준과 유사한 결과를 나타내었다. 고도에 따른 '홍로' 사과의 만개기와 수확기는 고도가 낮을수록 빨라졌다는 보고(Cho *et al.*, 2010)와 같은 유사한 결과를 나타내었다. 농업현장에서 '홍로'의 수확은 적숙기와 관계없이 추석출하시점에 맞추어 진행되는 경우가 많은데 해발고도 별로 적숙기에 수확하여 소비자가 가장 맛있

Table 1. Growth stage of ‘Hongro’ apple trees at various altitudes of Jangsu-gun

Year	Altitude (m)	Time of bud break	Time of initial bloom	Time of full bloom	Time of maturation
2009	330	18 March	13 April	16 April	7 Sep.
	500	24 March	16 April	22 April	15 Sep.
	670	29 March	18 April	28 April	21 Sep.
2010	330	29 March	29 April	2 May	10 Sep.
	500	6 April	2 May	6 May	18 Sep.
	670	10 April	5 May	10 May	23 Sep.

게 먹을 수 있는 시기에 수확할 수 있도록 언제 수확할 것인가를 농업경영인에게 교육할 필요가 있다.

IV. 적 요

전라북도 장수지역 사과 재배지의 지형적 특성과 ‘홍로’ 사과 재배지를 고도 별(해발 330m, 500m, 670m)로 선정하여 기온, 강수량 및 일조시간 등 국지 기후 환경의 차이를 비교 하였다. ‘홍로’ 사과 재배지의 평균기온은 해발 330m, 500m, 670m 지대에서 고도가 높아질수록 1.0~3.0°C/100m 정도씩 낮아지고, 특히 ‘홍로’ 사과가 개화하는 4월 중의 최저기온은 해발 330m와 500m, 670m 지대에서 각각 4.26°C와 2.86°C, 0.39°C로 낮았다. 착색 성숙기인 9월의 평균기온은 해발 330m, 500m, 670m 지대에서 20.6°C, 18.7°C, 14.5°C로 고도가 높아질수록 온도는 낮아졌다. 고도 별 연간 강수량은 1,234~1,438mm로 고도가 높아질수록 많아지는 경향이었고 6월~8월 사이에 고도 별로 827~933mm로 강우가 집중되었다. ‘홍로’ 사과 생육기중 총 일조시간은 고도 별로 큰 차이가 나타나지 않았다. 이러한 고도 별 미기상 환경의 차이로 인해 발아기는 고도가 올라갈수록 4~5일간의 차이로 늦어졌고, 개화기는 2~3간의 차이가 나타났으며, ‘홍로’ 사과의 만개기는 330m와 670간에 12일간의 차이가 나타났다. 또한, 과피색을 기준으로 적숙기는 고도 330m는 9월 7~10일이었고, 500m는 이보다 5~8일 늦었고, 670m는 330m보다 13~14일이 늦었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(ATIS과제번호: PJ005650)과 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호:

PJ906989, 과제명:지구온난화 대응 전북지역의 과수(사과,배) 지대별 과신품질 및 저장성 기술 개발 연구)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

REFERENCES

- Cho, J. H., D. G. Choi, and J. H. Song, 2010: Effect on fruit quality and harvest time of ‘Hongro’ apples in cultivation areas. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **28**, 92-93. (in Korean)
- Im, J. N., 1990, Characteristics of the climatic conditions in major apple cultivation areas. Agriculture technique research institute, RDA. 205. (in Korean)
- Jang, J. Y., and Y. J. Yim, 2002: Effect of shoot growth on fruit quality in dense-planting apple orchards. *Journal of Korean Society for Horticultural Science* **43**(2), 187-190. (in Korean with English abstract)
- Jangsu Apple Cluster (JAC), 2009: Apple growth area report, 3-5. (in Korean)
- Jangsugun, 2009a: Agroindustry business report, 103-109. (in Korean)
- Jangsugun, 2009b: Statistical year book. Fruit production, 106 -107. (in Korean)
- Jung, J. E., and J. I. Yun, 2006: Phenology and minimum temperature as dual determinants of late frost risk at vineyards. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **8**(1), 28-35. (in Korean with English abstract)
- Kim, S. Y., I. H. Her, and S. H. Lee, 2010: Impacts of temperature rising on changing of cultivation area of apple in Korea. *Journal of the Korean association of regional geographers* **16**(3), 201-215. (in Korean with English abstract)
- Kwon, E. Y., J. E. Jung, H. H. Seo, and J. I. Yun, 2004: Using digital climate modeling to explore potential sites for quality apple production. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **6**(3), 170-176. (in Korean with English abstract)
- RDA, 2003: Culture of fruit trees. (in Korean)
- Seo, H. H., 2003: Site selection criteria for production of high quality apples based on agroclimatology in Korea.

- Ph. D. Thesis. Kyung-Hee Univ., Suwon, Korea. (in Korean with English abstract)
- Shim, J. S., S. H. Yun, Y. K. Cho, C. S. Lee, J. Y. Lee, and S. J. Chang, 1994: Choosing the best site for fruit growing. RDA. Ministry of Agriculture and Forestry, Korea. Apples, 39-80. (in Korean)
- Westwood, M. N., 1962: Seasonal changes in specific gravity and shape of apple pear and peach fruits. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* **80**, 90-96.
- Westwood, M. N., and D. J. Burkhart, 1968: Climate influence shape in 'Delicious'. *American fruit grower* **88**(6), 26.
- Yun, J. I., 2004: Visualization of Local Climates Based on Geospatial Climatology. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **6**(4), 272-289. (in Korean with English abstract)
- Yun, J. I., 2007: Applications of 'High Definition Digital Climate Maps' in restructuring of Korea agriculture. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **9**(1), 1-16. (in Korean with English abstract)