

경상북도 지방의 기상환경 변화에 따른 상주동시 감나무의 과실특성 및 수확량

박윤미* · 김만조 · 박상병 · 오성일
국립산림과학원 특용자원연구과

(2015년 9월 11일 접수; 2015년 10월 29일 수정; 2015년 12월 3일 수락)

Effect of Weather Conditions on Fruit Characteristics and Yield of ‘Sangjudungsi’ Persimmon Cultivar in Sangju, Gyeongsangbuk-do

Yunmi Park*, Mahn-Jo Kim, Sang-Byeong Park and Sung-II Oh

Division of Special-purpose Trees, Korea Forest Research Institute, Suwon 16631, Korea

(Received September 11, 2015; Revised October 29, 2015; Accepted December 3, 2015)

ABSTRACT

This study was conducted to analyze the relationship between climate factors and fruit characteristics of ‘Sangjudungsi’ persimmon (*Diospyros kaki* THUNB) has been mainly cultivated in Sangju of Korea. We has been surveyed the yield and fruit characteristics such as fruit weight and soluble solids of ‘Sangjudungsi’ persimmon from 2010 to 2015 for five years. Also, as major meteorological factor, mean air temperature, cumulative temperature and days, the data of sunshine duration, diurnal range, and rainfall were collected from Sangju Regional Meteorological Administration. As result of that, the annual variation of fruit weight was affected by sunshine duration for April and October related starting point of fruit weight increase. The content of soluble solids was affected by sunshine duration for April and October similarly with fruit weight and was negatively correlated with the number of days with precipitation in the year. These results indicate the characteristics related to fruit quality like the above were affected by the sunshine duration and precipitation which is critical factor for the intensity of radiation during rapid growth period (April and October). Fruit number and yield per tree was commonly affected by mean air temperature of April and cumulative temperature days of October. These results also indicate that temperature for period of rapid growth stage of persimmon may have an important role in the fruit number and yield per tree.

Key words: Climate factor, *Diospyros kaki* THUNB, Fruit weight, Soluble solids, Yield

I. 서 론

감나무 속에 속하는 식물은 대략 400여종으로 대부분 아시아, 아프리카, 중남미의 열대지역에 분포하고 있다(Cronquist, 1981). 이 중 과수로 이용되고 있는 것은 감(*Diospyros kaki* Thunb.), 고욤(*Diospyros louts*

L.), 미국감(*Diospyros virginiana* L.), 유시(*Diospyros oleifera* Cheng) 등 4종이다(Kikuchi, 1948). 감은 종자유무와 갈반형성과의 관계에 따라 완전 단감, 불완전 단감, 불완전 뿔은 감 및 완전 뿔은 감의 4군으로 나누어진다(Yakushiji and Nakatsuka, 2007). 또는 종자유무에 관계없이 단감과 뿔은 감의 2가지로 분류



* Corresponding Author : Yunmi Park
(pym5250@korea.kr)

하여, 완전 단감 및 불완전 단감을 단감으로, 불완전 짧은 감 및 완전 짧은 감을 짧은 감으로 구분하여 부르기도 한다. 우리나라의 감 분포지역은 서해안은 평안남도의 진남포, 용강의 해안까지이며 내륙지방은 경기도 가평, 충북 제천, 경북 봉화 북쪽, 동해안은 함경남도의 원산을 기점으로 북청 해안지역을 잇는 이남 지역이다. 위도상으로 서해안은 39°선, 내륙지방은 37~38°선, 동해안은 40°선까지이다. 기온상으로는 연평균 기온 8~10°C의 등온선까지 분포가 제한된다. 그러나 중부 이북 지역은 거의 짧은 감이고 단감은 대부분 연평균 기온 12°C 등온선 이하 지역에 분포한다 (Kikuchi, 1948).

연도별 온도를 포함한 다양한 요소의 기상 환경 변화는 과수의 개화기 및 수확기 등의 생육시기를 변화시킬 뿐 만 아니라, 과실 품질에도 영향을 줌으로써 나아가 한 해의 과수 생산성에 중대한 영향을 미치게 된다 (Yokoyama, 2005; Lee *et al.*, 2012). 우리나라는 지난 100년 간 평균 1.8°C 정도 온도가 상승하였는데 겨울철 기온 상승에 따라 작물의 재배 한계선이 점차적으로 북상하고 있다 (Choi and Kwon, 2005). 특히 감나무는 최근에 연도별 잦은 기온 변화로 인하여 과수의 생장 및 발육에 많은 문제점을 일으키고 있다 (Yun, 2002; Choi *et al.*, 2013a). 감나무 (*Diospyros kaki* THUNB)의 생장은 2중 S자 형태를 나타내며 생장량이 급격히 증가하는 1, 3단계와 생장 속도가 느린 2단계로 이루어져 있다. 즉 발아 후 약 20일간은 증가 속도가 느리다가 1단계인 4월 하순부터 5월 하순까지 급격히 과중이 증가하며 2단계인 6월부터 8월까지는 완만히 무게가 증가하게 된다 (Nii, 1980; Mowat *et al.*, 1997). 이후 9월부터 시작되는 제3기에는 과실의 건물 증가속도가 최고치에 달하며 착색과 당도가 증가하고 경도가 감소하는 것으로 알려져 있다 (Nakano *et al.*, 1997). 특히 Sugiura *et al.* (1991)은 1, 3단계 시기의 온도가 낮을 경우 제 2단계가 짧아지면서 전체 생육기간이 단축될 수 있음을 보고하였다. 이와 같이 감나무는 생육기간 동안 온도의 영향을 크게 받으며, 특히 발아 시기에 낮은 온도가 오랜 기간 지속되면 동해피해를 받아 생육이 불량하게 된다 (Kang *et al.*, 1998).

지금까지 감과 관련된 기존 연구는 주로 단감에 국한되어 기상환경 변화에 따른 과실 특성 변화, 병해충 방제, 수형조절, 시비량 조절 등에 대한 연구가 이루어

어졌다 (Jeon *et al.*, 2010; Choi *et al.*, 2013b). 국내 재배면적이 2013년 기준 11,875 ha로 임산물 수신통계 중 가장 많은 재배면적을 차지하고 있는 짧은 감의 경우는 과원 관리실태 조사 등 현황 보고 수준에 머물러 있으며, 기상환경에 따른 과실 생산량 등의 변화에 대한 현장 연구는 거의 이루어 지지 않았다 (Choi *et al.*, 2006a; Choi *et al.*, 2006b). 특히 동시계열은 상주시를 중심으로 충북 영동과 문경, 예천, 의성 지역에서 재배되며, 상주에서만 700여 억원의 꽃감을 만드는 원료가 되고 있으나 나무가 커지면서 밀식장해가 나타나고 작업효율도 낮아지고 있을 뿐만 아니라, 연도별 기상환경 변화에 따른 과실 품질저하와 해거리가 심한 현상을 보이고 있다 (Choi *et al.*, 2006b).

따라서 기상 환경과 생육에 대한 데이터의 수집 및 누적화가 반드시 필요하고 이들 간의 관계성을 분석하여 과실 품질에 영향을 미치는 기상요소를 추출하려는 노력이 필요하다. 본 연구는 상주지역에서 2010년부터 2014년까지 5년간 기상환경 변화에 따른 과실 및 결실 특성을 조사하여 상관 관계를 구명하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 기상자료 수집

2010년부터 2014년까지 기상청 상주 기상관측소에서 3월~10월의 평균기온, 적산온도, 적산일수, 일조시간, 일별 일조시간, 일교차, 강수량 등의 일 기상자료를 수집하였다.

2.2. 시험 포장 선정 및 공시목 관리

2010년 경북 상주시 신봉동에 소재한 상주동시 짧은감 재배지에서 열간거리 5m, 주간거리 4.5m의 9년생 '상주동시' 13개체를 공시목으로 선정하였다. 공시목 관리는 주간에서 발생한 신초를 생육이 왕성하도록 키우되 매년 3월에 슈음전정 위주로 꺾치는 결과모지를 슈아내어 결실량을 조절하여 수체를 안정화시켰다. 변칙주간형 나무는 지면에서 30~120cm 높이에 서로 다른 방향에서 5개~6개의 주지가 나와 있었고, 주지들이 수직으로부터 분지된 각도는 30~60°로 위쪽 가지일수록 좁은 형태였다. 결과지에는 꽃봉오리를 2개, 30cm 미만인 결과지에는 1개를 남기고 슈아 주었으며,

생리적 낙과가 끝난 7월 20일에는 결과모지당 5개 이상 과실이 달리지 않도록 슈아 결과모지의 엽과비(과실당 엽수)가 12 이하가 되지 않도록 하였다. 생육기 동안 강우량이 적었던 8, 9, 10월에 월 1~2회 주당 50~70L씩 관수를 하였다. 이듬해에는 전년도에 도장지 발생이 많았던 점을 고려하여 4월 5일과 6월 20일에 전년 관행시비구 시비량의 1/2 수준으로 모든 처리구에 동일하게 시비하였다.

2.3. 과실 특성 및 수확량 조사

5년간 매년 10월 말에 전체 과실을 수확하였으며, 본당 수확량은 본당 착과량에 평균 과중을 곱하여 산출하였다. 과실품질 조사의 경우, 본당 수확된 과실 중에서 개체목당 25~30개를 무작위로 골라 과중, 횡경, 종경, 당도를 측정하였다. 과중은 분석용 전자저울(JP/HP-20K)을 이용하여 측정하였으며, 횡경과 종경은 버니어 캘리퍼스(Mitutoyo, 425423)를 이용하여 측정하였다. 당도는 과육 중앙부를 채취하여 즙을 낸 후 Refractometer(RA-510, Kyoto Electronics MFG Co., Ltd, Japan)를 사용하여 낙과 후 48시간 이내에 측정하였다.

2.4. 통계 분석

시험성적은 통계분석용 프로그램인 SPSS Package (SPSS Institute v18.0)를 이용하여 ANOVA(Analysis of variance) 분석 후 처리 효과가 통계적으로 유의할 경우 5%수준에서 Turkey검정으로 연도별 처리간 평균 비교를 하였다. 또한 여러 기상인자와 과실 특성 및 수확량간의 관련성을 구명하기 위해 Pearson 상관

관계 분석을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 주요 기상요인 분석

상주 기상관측소의 5년간(2010년~2014년) 기상자료를 분석한 결과, 연 평균기온은 2014년이 12.7°C로 가장 높고 2012년이 11.7°C로 가장 낮았으나 5년간의 연차변이는 크지 않았다. 월별 평균기온은 3월과 4월에 연차변이가 각각 21.9%, 14.6%로 큰 값을 보였다. 2010년의 경우 3월과 4월 평균기온이 각각 4.6°C, 9.8°C로 가장 낮은 값을 보였다. 4월 평균기온은 9.8~13.6°C이며, 개화기인 5월은 2014년이 19.0°C로 가장 높았고 유과기인 6월 평균기온은 2010년에 23.0°C로 가장 높았다. 5년간 9월 평균기온은 19.9°C이고, 과실 착색기인 10월의 평균기온은 13.2°C로 9월에 비해 6.7°C 정도가 떨어졌으며, 2010년에는 9월 평균 기온이 20.9°C로 비교적 가장 높은 값을 보였다. 전반적으로 2013년과 2014년이 연평균기온 및 감나무 생육 기간(4월~10월) 동안의 평균기온이 다른 연도에 비해서 높았다(Table 1).

연도 및 월별 적산온도 또한 과실 비대 및 착색기인 9월~10월보다 전엽 전후 시기인 3월~4월 동안 기온의 하강 및 상승이 빈번하게 일어났기 때문에 변이가 가장 컸다. 특히 3월의 경우 2010년에는 3월 한 달 동안 10°C이상인 날이 없었으며, 2014년의 경우는 160.5°C로 가장 큰 적산온도의 합인 값을 보였다. 또한 연도별 적산온도의 합계는 약 4,368°C로 2014년이 가장 높은 값을 보였다(Table 2). 또한 한국농촌경

Table 1. Annual variation of mean air temperature* from March 1 to October 31 in Sangju region. Annual variation of mean air temperature* from March 1 to October 31 in Sangju region

Year	Mean air temperature(°C)								
	Annual mean	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.
2010	12.1±10.5	4.6±2.4	9.8±2.9	17.6±2.5	23.0±2.1	25.4±1.8	26.5±1.6	20.9±4.2	13.3±3.6
2011	12.0±10.1	4.9±3.5	11.5±2.2	17.3±1.9	22.6±2.3	24.9±1.8	24.7±2.2	19.9±3.6	12.4±2.4
2012	11.7±10.6	5.5±2.9	12.9±3.8	18.5±2.2	21.9±1.6	25.3±2.3	25.5±2.3	19.0±2.0	12.8±2.2
2013	12.5±10.5	6.7±0.1	10.1±3.3	18.4±11.5	22.9±19.8	26.2±22.1	26.7±23.1	20.0±15.7	14.3±8.7
2014	12.7±9.4	7.7±5.0	13.6±3.0	19.0±3.6	22.1±1.9	25.0±2.0	23.1±2.1	19.9±1.9	13.0±2.3
Mean	12.2±0.4	5.9±1.3	11.6±1.7	18.2±0.7	22.5±0.5	25.3±1.5	25.3±1.5	19.9±0.7	13.2±0.7
CV ² (%)	3.2	21.9	14.6	3.7	2.1	2.0	5.9	3.3	5.3

²Coefficient of variation

*Source : Sangju Regional Meteorological Administration, 2010~2014

Table 2. Annual variation of effective cumulative temperature* from March 1 to October 31 in Sangju region

Year	Effective cumulative temperature ^z (°C)								
	Annual sum	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.
2010	4085.0	0.0	182.3	546.2	688.5	786.7	821	627.4	379
2011	4233.3	35.9	285.2	537.6	676.7	771.8	765.7	595.6	355.7
2012	4132.3	32.2	335	573.3	657	783.6	790.1	571.2	369.3
2013	4203.8	37.1	202	570.3	686.4	811.4	829.1	600.9	405.8
2014	4367.9	160.5	389	589.1	662.8	774.3	714.9	596.1	385.7
Mean	4204.5±97.0	53.1±50.6	278.7±71.4	563.3±17.2	674.3±11.4	785.6±12.8	784.2±37.7	598.2±16.3	379.1±15.3
CV ^x (%)	2.3	95.2	25.6	3.0	1.7	1.6	4.8	2.7	4.0

^zSum of temperature level over 10°C in daily mean air temperature from March to October.

^xCoefficient of variation

*Source : Sangju Regional Meteorological Administration, 2010–2014

Table 3. Annual variation of sunshine duration* from March 1 to October 31 in Sangju region

Year	Duration of sunshine (hr)								
	Annual mean	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.
2010	161.9	127	176.5	228	219.9	119.8	106	122.2	152
2011	169.3	256.1	206.5	175.8	187.3	93.1	84.3	145.5	177.3
2012	193.3	192.7	229.1	244.8	186.6	199.8	158.5	166	222
2013	207.5	257.9	235.4	269.5	215.9	168.6	247.5	168.6	210.2
2014	193.8	211	217.2	316.2	174.6	189.3	127	183.8	200.2
Mean	185.2±18.9	208.9±53.9	212.9±23.2	246.9±51.8	196.9±19.9	154.1±45.9	144.7±63.7	157.2±23.9	192.3±27.9
CV ^z (%)	9.1	23.1	9.7	18.8	9.0	26.7	39.4	13.6	13.0

^zCoefficient of variation

*Source : Sangju Regional Meteorological Administration, 2010–2014

Table 4. Annual variation of sunshine duration* per day from March 1 to October 3 in Sangju region

Year	Duration of sunshine per day (hr)								
	Annual mean	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.
2010	5.3	4.1	5.9	7.4	7.3	3.9	3.4	4.1	4.9
2011	5.6	8.3	6.9	5.7	6.2	3.0	2.7	4.9	5.7
2012	6.3	6.2	7.6	7.9	6.2	6.4	5.1	5.5	7.2
2013	6.8	8.3	7.8	8.7	7.2	5.4	8.0	5.6	6.8
2014	6.4	6.8	7.2	10.2	5.8	6.1	4.1	6.1	6.5
Mean	6.1±0.5	6.7±1.6	7.1±0.7	8.0±1.5	6.5±0.6	5.0±1.3	4.7±1.8	5.2±0.7	6.2±0.8
CV ^z (%)	9.0	23.1	9.4	18.6	9.2	26.3	39.7	13.1	13.2

^zCoefficient of variation

*Source : Sangju Regional Meteorological Administration, 2010–2014

제연구원에서 2010년은 겨울철 이상저온으로 경북 및 충북 지역을 중심으로 동해 피해가 발생하였다고 보고 하였다(Korea Rural Economic Institute, 2015).

월별 일조 시간의 경우 7월과 8월의 장마기간의 변

동성으로 인해 연차변이가 1년 중 가장 큰 값을 보였다. 연도별 일조 시간이 가장 높은 해는 2013년이며, 2012년과 2014년의 경우는 평균 193시간으로 다른 두 해에 비해 높은 값을 나타내었다(Table 3). 또한

Table 5. Annual variation of diurnal range* from March 1 to October 31 in Sangju region

Year	Diurnal range (°C)								
	Annual mean	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.
2010	10.3	8.6	12.0	13.4	12.0	8.0	7.8	9.5	11.7
2011	10.1	11.2	12.5	11.7	10.9	7.2	7.7	10.2	12.5
2012	10.0	9.7	12.8	12.1	10.0	8.2	8.2	9.6	13.0
2013	10.9	14.2	12.6	13.5	10.3	8.5	10.4	11.0	13.1
2014	10.9	11.7	13.1	14.2	10.2	9.2	7.6	10.7	13.1
Mean	10.4±0.4	11.1±1.9	12.6±0.4	13.0±0.9	10.7±0.7	8.2±0.7	8.3±1.0	10.2±0.6	12.6±0.5
CV ² (%)	3.7	17.2	2.9	7.2	6.8	7.9	12.6	5.8	4.2

²Coefficient of variation

*Source : Sangju Regional Meteorological Administration, 2010~2014

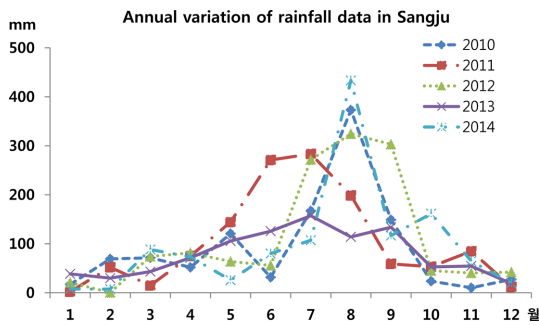


Fig. 1. Annual variation of rainfall in Sanju region.

하루당 일조시간의 경우는 2013년, 2014년이 평균 6.4시간 이상의 높은 값을 보였으며 3월, 7월, 8월이 연도별 변이가 컸다(Table 4). 일교차의 경우는 3월이 가장 큰 연차변이를 보였으며 4월, 5월, 10월이 비교적 연도와 상관없이 가장 큰 일교차 값을 보였다(Table 5). 강수량의 경우는 2010년의 경우 다른 연도에 비해 장마가 늦게 시작되었으나, 강수일수가 많았

다. 2011년의 경우 개화기인 5월부터 강수량이 증가하기 시작하는 등 장마가 일찍 시작되었다. 2012년의 경우 6월부터 10월까지 고르게 강수량이 분포하여 전반적인 작황이 좋아지는데 큰 영향을 미친 것으로 판단된다. 2013년의 경우는 강수량이 충분히 확보되지 않은 마른 장마가 지속되었으며, 2014년의 경우는 강수량은 2010년과 비슷하였으나, 강수일수는 2011년과 유사한 값을 보였다(Fig. 1, Table 6).

3.2. 연도별 과실 품질

과중 및 당도는 생육 단계별 기온 및 성숙기 동안의 기온의 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있기 때문에(Beruter, 1985; Bergh, 1990; Tromp, 1997), 연도별 기상환경의 영향을 받아 큰 차이를 보이게 된다(Choi *et al.*, 2006a). 본 조사에서 과중의 경우는 2012년이 184.6g으로 가장 많은 값을 보였고 그 다음으로 2013년이 182.2g으로 비슷하게 높은 값을 보였다. 반면 2010년이 169.6g으로 통계적으로 유의하게

Table 6. Annual variation of rainfall* from March 1 to October 31 in Sangju region

Year	Rainfall data(mm)									Number of days with precipitation
	Annual mean	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	
2010	1111.7	71.3	51.9	120.7	31.6	167.2	373.1	149.0	23.6	149
2011	1250.5	15.0	75.1	144.4	271.0	283.4	198.8	59.0	53.1	119
2012	1323.0	74.0	81.4	63.8	55.7	271.8	324.3	303.1	45.1	121
2013	944.8	43.1	71.4	105.6	125.7	157.2	114.0	133.7	52.6	116
2014	1185.0	88.2	73.3	25.6	79.9	107.1	433.3	116.7	161.4	118

*Source : Sangju Regional Meteorological Administration, 2010~2014

Table 7. Fruit weight and fruit shape of ‘Sangjudungsi’ persimmon cultivar in Sangju region (2010~2014)

Year	Fruit weight (g)	Diameter (cm)	Length (cm)	LD ratio (Length/Diameter)	Soluble solids (%)
2010	169.6 a ^z	7.0 c	6.4 b	0.92 b	15.8 a
2011	171.4 ab	6.8 b	6.3 a	0.93 bc	19.7 d
2012	184.6 c	7.0 c	6.3 a	0.91 a	19.9 d
2013	182.2 c	6.8 b	6.4 ab	0.94 c	19.5 c
2014	176.3 b	6.7 a	6.6 c	0.99 d	18.4 b
Mean	176.7	6.9	6.4	0.94	18.6

^zMeans done by turkeys test at p=0.05 on 13 plants over 5 years (25~30 fruits/plant); similar letters within a column indicate no significant difference.

Table 8. The number of fruit and yield per tree of 9-year old ‘Sangjudungsi’ persimmon cultivar in Sangju region (2010~2014)

Year	Fruit number per tree	Yield per tree(kg)
2010	311 a ^z	52.3 a
2011	365 ab	57.6 ab
2012	401 bc	69.8 c
2013	372 bc	55.7 bc
2014	449 c	79.6 c
Mean	379	62.7

^zMeans done by turkeys test at p=0.05 on 13 plants over 5 years; similar letters within a column indicate no significant difference.

가장 적은 값을 보였다(Table 7). Sugiura *et al.* (1991)은 단감 ‘부유’의 과실 비대는 생장 제 1기(4월~5월), 과실 무게는 제 3기(9월~10월)에 크게 증가한다고 보고하였다. 상관분석 결과에 의하면 과중의 경우는 4월, 10월의 일조시간과 가장 큰 정의 상관관계를 보였다(Table 9). 연도별 일조시간의 차이를 보면 4월의 경우 2010년과 비교하여 2012년과 2013년의 경우 53~59시간 가까이 큰 값을 보였다. 10월의 경우도 마찬가지로 2010년에 비해 2012년과 2013년이 58~70시간 정도 일조시간이 많았다(Table 3). 짧은 감의 경우 충북부 지방은 4월 중순경, 남부지방은 4월

상순부터 수액이 이동하여 새싹이 나오게 되는데 이 시기의 일조시간이 나무의 개엽 시기를 앞당겨 생육기간을 연장하여 과중 증가에도 영향을 미친 것으로 판단되나 근거자료를 마련하지 못해 추후 생육단계별 페놀로지 자료를 구축할 계획이다(Luedeling *et al.*, 2009; Guo *et al.*, 2013). 10월의 일조시간이 과중에 영향을 미치는 것은 기존 사과와 배 등의 과수와 기상환경간의 상관분석을 연구한 논문의 결과와 일치한다(Moriondo *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2012).

또한 과중은 삼투작용에 의해 큰 지배를 받게 되는데 수분 공급량이 많아지면 삼투 퍼텐셜이 낮은 과실

Table 9. Correlation coefficient between fruit weight and climatic elements in ‘Sangjudungsi’ persimmon cultivar in Sangju region (2010~2014)

	Fruit weight	Soluble solids	Fruit number per tree	Yield per tree (kg)
Mean air temperature (April)	0.321	0.421	0.892*	0.955*
Mean air temperature (Jun)	-0.488	-0.487	-0.800	-0.880*
Effective cumulative temperature (March)	0.106	0.158	0.879*	0.857
Effective cumulative temperature (April)	0.275	0.436	0.902*	0.947*
Effective cumulative temperature (Jun)	-0.488	-0.487	-0.800	-0.880*
Day of eff Effective cumulative temperature (March)	0.143	0.202	0.901*	0.876
Day of eff Effective cumulative temperature (Oct.)	0.468	0.462	0.991**	0.976**
Sunshine duration (April)	0.893*	0.857	0.652	0.418
Sunshine duration (Sep.)	0.591	0.692	0.788	0.935*
Sunshine duration (Oct.)	0.952*	0.787	0.714	0.562
Number of days with precipitation	-0.602	-0.914*	-0.740	-0.482
Precipitation (April)	0.679	0.945*	0.724	0.569
Precipitation (May)	-0.487	-0.105	-0.840	-0.920*
Diurnal range (April)	0.580	0.626	0.992**	0.898*

*The means were statistically significant across the years at P<0.05.

**The means were statistically significant across the years at P<0.01.

로 수분 이동이 많아져 비대가 촉진된다(Lang and Thorpe, 1986; Mowat *et al.*, 1997). 2012년의 경우는 과실비대기인 9월~10월의 강수량의 합이 가장 많고 연강수량 또한 1,323mm로 다른 연도에 비해 높은 값을 보여 과중 증가에 영향을 미친 것으로 판단되나, 다른 연도에서는 큰 상관관계를 보이지 않았다(Table 6).

당도의 경우는 2010년이 15.8%로 가장 낮은 값을 보였고, 2011년부터 2013년까지 19.5~19.9%로 높은 값을 보였다(Table 7). 당도에 영향을 미치는 요인으로는 수분공급량과 광량을 들 수 있는데, 수분 공급량이 많아지면 과실로의 수분 이동이 됨에 따라 당이 희석되게 된다(Mowat *et al.*, 1997). 광량을 결정짓는 일조시간 또한 당의 합성 및 축적에 결정적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Mowat and George, 1994). 상관분석 결과 강수일수와 통계적으로 유의하게 음의 상관관계를 보였으며, 4월 강수량과는 정의 상관관계를 보였다(Table 9). 따라서 본 연구결과에서 강수일수가 많을수록 당도는 떨어지게 되며 특히 감의 생육이 시작되는 4월의 강수량이 당도에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 사과와 포도 등의 과실의 당도와 기상환경과의 상관분석을 실시한 연구결과를 보면 4월의 일조시간뿐 만 아니라 강수량이 당도에 영향을 미친다고 보고하였다(Moriondo *et al.*, 2015; Xu *et al.*, 2008). 일조시간의 경우 감의 당도는 성숙시기인 10월 이후의 일조시간이 영향을 주게 되며 이 시기부터 지속적으로 올라가게 된다는 연구결과가 있었다(Sugiura *et al.*, 1983; Mowat *et al.*, 1997), 특히 과실 착색기인 10월의 하루 평균 일조시간이 7.2시간으로 다른 해와 비교하여 많은 2012년의 경우 당도가 가장 높은 값을 보였으며, 2010년에 10월에 일조시간이 4.9시간으로 가장 낮아 당도가 낮은 값을 보인 것으로 판단되며 상관분석 결과도 비교적 높은 값을 보였다(Table 4, Table 9).

3.3. 연도별 착과 및 수량

본당 착과량은 5년간 2014년이 본당 449개로 가장 많았으며 2010년이 311개로 가장 작았다. 수확량은 2010년에는 52.3kg에서 2014년에 79.6kg으로 증가하였다. 상관분석 결과를 보면 착과량의 경우는 4월 평균기온 및 적산온도, 3월과 10월의 적산일수, 4월의 일교차와 정의 상관관계를 보였다. 수확량의 경우는 4

월의 평균기온과 적산온도, 10월의 적산일수, 9월의 일조시간, 4월의 일교차와 높은 정의 상관관계를 보였다(Table 9). 반면, 6월의 평균기온과 적산온도, 5월의 강수량과는 음의 상관관계를 보였다. 실제로 2010년의 경우 강수일수가 많음에 따라(Table 6) 일조량이 부족하여(Table 3, 4), 8월 중순까지 낙과가 발생하여 5년간 전체 생산량이 가장 낮은 값을 보였다. 2011년의 경우는 5월과 6월에 일찍 시작된 장마(Fig. 1)의 영향으로 불완전 수정, 낙과량 증가 등으로 2010년 다음으로 작황이 좋지 못했다. 2012년의 경우는 지난 두 해에 비해 양호한 기상여건으로 기온 및 장마 피해가 발생되지 않고 4월~6월, 9월~10월 일조시간이 풍부하여 착과량이 증가하여 작년보다 수확량이 증가한 것으로 나타났다. 2013년의 경우는 5월과 6월의 고온이 유지되면서 일조시간이 많고(Table 3) 마른장마가 지속(Fig. 1, Table 6)되었으며 급성 등근무늬낙엽병 발생으로 후기 낙과가 크게 증가하여 생산량이 감소하였다. 2014년의 경우는 과중은 비교적 작년에 비해 작으나, 기온 및 기상 피해가 적고 일조량이 많아 착과량 및 수확량이 많은 것으로 나타났다.

이는 과중 증가시기인 9월~10월의 광량을 결정짓는 평균 기온과 일조시간이 과실의 착과량과 수확량에 큰 영향을 미칠 수 있으며, 생육시작 시기인 4월의 기온이 최종 수확량에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다. 또한 개화기인 5월과 유과기인 6월에 강수량이 일정 수준 이상으로 많거나 고온이 유지되면 오히려 수확량이 감소하게 됨을 보여준다.

적 요

본 연구는 국내 상주지역에서 주로 재배되고 있는 상주동시를 대상으로 2010년부터 2015년까지 5년간 과실 특성 및 수확량에 영향을 미치는 기상요인을 구명하기 위해 수행되었다. 분석에 사용된 기상환경 요인으로는 5년간 월별 평균기온, 적산온도 및 일 수, 일조시간, 일교차, 강수량 등이 포함되었다. 과실 특성과 기상환경 요인간의 상관분석을 실시한 결과, 과실 과중에 가장 큰 영향을 미쳤던 기상요인은 생육이 시작되는 시기인 4월과 무게 증가시기인 10월의 일조시간이었다. 당도의 경우는 연 강수일수와 통계적으로 유의하게 음의 상관관계를 보였으며, 과중과 마찬가지로 4월, 10월의 일조시간과 정의 상관관계를 보였다. 본당 총

착과량과 수확량의 경우는 공통적으로 4월의 평균기온이 높을 수록, 10월의 적산일수가 많을 수록 많은 경향을 보였다. 따라서 과실 품질과 수확량 모두 생육이 시작되는 4월과 10월의 온도와 일조시간에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

REFERENCE

- Bergh, O., 1990: Effect of temperature during the first 42 days following full bloom on apple fruit growth and size at harvest. *South African Journal of Plant and Soil* **7**, 11-18.
- Beruter, J., 1985: Sugar accumulation and change in the activities related enzymes during development of apple fruit. *Journal of Plant Physiology* **121**, 331-341.
- Choi, Y. E., and W. T. Kwon, 2005: Climate change studies in geography: Reviews and prospects. *Journal of the Korean Meteorological Society* **41**, 249-262.
- Choi, S. T., H. K. Kim, S. C. Kim, T. M. Choi, S. M. Kang, and Y. M. Park, 2006a: Responses of ‘Fuyu’ tree to renovating modified-leader to open-center and Y form. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **24**(3), 376-381.
- Choi, S. T., S. M. Kang, and T. C. Kim, 2006a: Fruit characteristics and storability of ‘Fuyu’ Persimmon as affected by location of the orchards and position within the Tree Canopy. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **24**(3), 359-363.
- Choi, S. T., D. S. Park, J. Y. Son, Y. O. Park, K. P. Hong and K. S. Cho, 2013a: Climate-related changes in fruit growth of ‘Fuyu’ persimmon during the harvest season. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **31**(1), 32-37.
- Choi, S. T., D. S. Park, G. H. Ahn, S. C. Kim, T. M. Choi, and C. W. Rho, 2013b: Responses of tree growth and fruit production of persimmon after lowering height by heavy pruning to fertilization rates. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **46**(2), 136-141.
- Cronquist, A., 1981: *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia Univ. Press, New York.
- Guo, L., J. Dai, S. Ranjitkar, J. Xu and E. Luedeling, 2013: Response of chestnut phenology in China to climate variation and change. *Agricultural and Forest Meteorology* **180**, 164-172.
- Jeon, K. S., H. C. Kim, J. H. Han, and T. C. Kim, 2010: Selection of main air temperature factors on annual variation of growth and fruit characteristics of persimmon. *Journal of Biological Conservation* **19**(3), 165-170.
- Kang, S. K., H. Motosugi, K. Yonemori, and A. Sugiura, 1998: Freezing injury to persimmons (*Diospyros kaki* THUNB) and four other *Diospyros* species during deacclimation in the spring as related to bud development. *Scientia Horticulturiae* **77**, 33-43.
- Kikuchi, A., 1948: *Horticulture of fruit trees* (in Japanese). Vol. I. Yokendo, Tokyo.
- Korea Rural Economic Institute (KREI). 2015: The observation of forestry. <http://www.krei.re.kr>.
- Lang, A. and M. R. Thorpe, 1986: Water potential, translocation and assimilate partitioning. *Journal of Experimental Botany* **37**, 495-503.
- Lee, S. H., Y. S. Kwon, I. J. Kim, T. J. Kim, H. H. Kim, and D. I. Kim, 2012: Correlation analysis between meteorological condition and ‘Fuji’ apple fruit characteristics in Chungbuk, Korea. *Korean Journal of International Agriculture* **24**(1), 51-59.
- Luedeling, E., J. Gebauer, and A. Buerkert, 2009: Climate change effects on winter chill for tree crops with chilling requirements on the Arabian Peninsula. *Climate Change* **96**, 219-237.
- Moriondo, M., R. Ferrise, G. Trombi, L. Brilli, C. Dibari, and M. Bindi, 2015: Modelling olive trees and grapevines in changing climate. *Environmental Modeling & Software* **1-15**.
- Mowat, A. D. and A. P. George, 1994: *Persimmon*, p. 209-232. In: B. Schaffer and P.C. Andersen (eds.). Handbook of environmental physiology of fruit crops. Vol. I. Temperate crops. CRC Press, Boca Raton, F.L.
- Mowat, A. D., A. P. George, and R.J. Collins, 1997: Macroclimatic effects on fruit development and maturity of non-astringent persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu). *Acta Horticulturiae* **436**, 195-202.
- Nakano, R., K. Yonemori, A. Sugiura, and I. Kataoka, 1997: Effect of gibberellic acid and abscisic acid on fruit respiration in relation to final swell and maturation in persimmon. *Acta Horticulturiae* **436**, 203-214.
- Nii, N., 1980: Seasonal changes of fruit growth in Japanese persimmon, *Diospyros kaki* cv. Fuyu, in relation to vascular tissue development in the fruit stalk. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science* **49**, 160-170.
- Sugiura, A., G. H. Zheng, and K. Yonemori, 1991: Growth and ripening of persimmon fruit at controlled temperatures during growth stage III. *Hortscienc* **26**(5), 574-576.
- Tromp, J., 1997: Maturity of apple cv. Elstar as affected by temperature during a six-week period following bloom. *Journal of Horticultural Science* **72**, 811-819.
- Xu, X.M., R. A. Murray, J.D. Salazar and K. Hyder, 2008: The temporal pattern of captan residues on apple leaves and fruit under field conditions in relation to weather and canopy structure. *Pest Management Science* **64**, 565-578.
- Yakushiji, H. and A. Nakatsuka, 2007: Recent persimmon research in Japan. *Journal of Plant Sciences* **1**(2), 42-62.
- Yokoyama, O., 2005: *Technique action of climatic warming and fruit tree*. Fruit Japan, The federation of Japan horticultural cooperation. Tokyo, Japan, **1**, 52-54.
- Yun, J. I., 2002: Urbanization effect on the observed warming in Korea during the recent half century. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **4**, 58-63.