

배 ‘신고’의 연차간 과실 생장과 기상 요인과의 상관성

한점화¹ · 손인창¹ · 최인명¹ · 김승희¹ · 조정건¹ · 윤석규¹ · 김호철² · 김태춘^{2,3*}

¹국립원예특작과학원, ²원광대학교 원예·애완동식물학부, ³원광대학교 생명자원과학연구소

Relationship between Yearly Fruit Growth and Climatic Factors in ‘Niitaka’ Pear

Jeom Hwa Han¹, In Chang Son¹, In Myeong Choi¹, Seung Heui Kim¹, Jung Gun Cho¹, Seok Kyu Yun¹,
Ho Cheol Kim², and Tae-Choon Kim^{2,3*}

¹National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 440-706, Korea

²Division of Horticulture and Pet Animal-Plant Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

³Institute of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

Abstract. This research was conducted to investigate the effect of climatic factors on fruit growth in ‘Niitaka’ pear (*Pyrus pyrifolia*). For ten years from 2000 to 2010, average full bloom date was April 19th and standard deviation was 4.2 days. Average fruit diameter 160 days after full bloom (DAFB) was 102.4 mm and standard deviation was 7.5 mm. Variance coefficients among climatic factors were higher in rainfall amount and sunshine hours than temperature. Only sunshine hours of climatic factors accumulated during the 160 DAFB had significant positive relationship ($r = 0.68^*$) with fruit diameter 160 DAFB. Between full bloom date and fruit diameter 160 DAFB had no significant relationship. Fruit growth in 2004, as continuous rain fall and short sunshine hours, showed opposite pattern compared to that in 2009. Therefore, fruit growth of ‘Niitaka’ pear was more influenced by the accumulated sunshine hours than accumulated temperature.

Additional key words: accumulated climatic factor, correlation analysis, days after full bloom, *Pyrus pyrifolia*, sunshine hours

서 언

과실의 대량 소비 시기인 추석은 9월 상순부터 10월 상순까지로 빠른 해와 늦은 해가 약 1개월 정도 차이가 있다. 추석에는 과실 가격이 높게 형성되기 때문에 이 시기에 맞추어 적당한 크기와 품질의 과실을 수확할 수 있는지가 정책자, 생산자, 소비자 등의 입장에서 큰 관심 사항이다. 과실 크기와 품질은 소비자의 구매 욕구에 직접적인 영향을 준다. 과실의 크기 및 품질에는 다양한 기상요인이 복합적으로 영향을 준다(Kaack and Pedersen, 2010). 이러한 기상 요인은 식물의 물질대사 과정에 직·간접적으로 영향을 주며, 기상 요인 중 온도가 가장 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Salisbury and Ross, 1991). 목본성 식물의 과실생장은 생육기 중의 최고기온, 적산온도, 일조시간 등에 영향을 받는다

(Park et al., 1995). 배에서는 세포분열 정지기 이후의 과실 비대에 기온의 영향은 적으며 일조의 영향이 큰 것으로 알려져 있다(Sugiura, 1997). 또한 기상요인뿐 아니라 착과량, 시비량 및 시비시기 등 매우 다양한 요인이 영향을 주고, 수관 부피가 크기 때문에 인위적인 환경제어가 어렵다(Sugiura et al., 1995). 더욱이 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC, 2007)의 발표에 따르면 높은 경제성장으로 이산화탄소 배출량이 비교적 많은 경우인 A1B 시나리오에 의해 우리나라 평균기온은 2020년대에 현재보다 1.34℃, 2080년대에 3.80℃ 상승할 것으로 전망하고 있어(NIMR, 2007), 기후 변화에 따른 작물 생육의 변화에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 일부 기상조절 처리(Song and Ko, 1999) 외에 대부분은 기상청의 누적 자료를 활용한 만개기와 과실 수확기를 예측하는 연구(Han et al., 2010, 2011)와 기상요

*Corresponding author: kitmotc@wku.ac.kr

※ Received 18 June 2012; Revised 17 September 2012; Accepted 10 October 2012. This paper was supported by Wonkwang University in 2012.

인과 과실 품질 간 연관성을 분석한 연구(Endo, 1973; Kaack and Pedersen, 2010) 등이며, 만개기에 따른 과실 크기를 예측하는 연구는 많지 않다.

이에 본 연구는 배 ‘신고’의 과실 생장 예측 모델 작성을 위한 기초자료를 마련하고자 수원 지역의 10년간 과실 환경 및 기상자료를 이용하여 연차 간 과실 생장과 기상 요인 간 상관성을 분석하였다.

재료 및 방법

과실 비대 및 기상 자료 수집

배나무(*Pyrus pyrifolia*) ‘신고’의 만개일과 만개 후 일수별 과실 생장은 수원 소재 국립원예특작과학원에서 2000년부터 2010년까지 조사된 자료를 이용하였다. 2006년에는 과실생장 조사가 이루어지지 않아 분석에서 제외하였다. 연도별로 과실 크기를 조사한 날짜와 간격이 달랐기 때문에 조사된 자료를 조사 간격의 일수로 나누어 일 성장량으로 산출하여 표기한 후 만개 후 10일 간격의 자료로 조정하여 분석에 이용하였다. 과실 비대는 착과량에 의해 영향을 크게 받기 때문에, 적과가 완료된 만개 40일 후부터 자료 분석을 실시하였다. 해에 따른 수확일은 자세한 조사 데이터가 없었기 때문에 생리적으로 ‘신고’ 배 과실의 수확기인 만개 후 160일로 정했으며 이 시기의 과실 크기를 최종 크기로 가정하여 분석하였다.

생육기간 동안의 기상 자료는 2000년부터 2010년까지 기상청(KMA) 수원기상대에서 측정된 기상 요인 중에서 평균 기온, 최고기온, 최저기온, 강우량, 일조시간 등의 일별 자료를 이용하였다.

과실 비대와 기상 요인 간 상관 분석

과실의 최종 환경과 기상요인 간 상관성을 알아보기 위해 만개일부터 160일까지의 각 기상요인의 누적값을 이용하여

상관 분석을 실시하였다. 연차별 만개 후 40일, 100일 및 160일째의 과실 환경에 대한 선형 회귀식을 도출하였다. 특히 만개 후 100일째의 산점도에서 특이 경향을 보였던 2004년과 2009년도의 과실 생장을 10년간 평균 과실 생장과 비교하였다. 그리고 두 연도의 비대 양상 차이에 관계한 기상 요인을 분석하기 위해 일평균기온, 일조시수, 강우량 등을 분석하였다.

결과 및 고찰

연차간 만개일과 과실생장 및 기상요인 비교

수원 지역에 재배되고 있는 배 ‘신고’의 10년간 만개일과 만개 후 160일째의 과실 환경을 조사하였다(Table 1). 만개일이 가장 빨랐던 해는 2002년으로 4월 13일이었으며 가장 늦었던 해는 2010년으로 4월 28일이었다. 10년간 평균 만개

Table 1. Full bloom date and mean fruit diameter 160 days after full bloom (DAFB) of ‘Niiitaka’ pear in Suwon, Korea for ten years.

Year	Full bloom date	Mean fruit diameter (mm)
2000	April 20	112.6
2001	April 20	109.1
2002	April 13	100.8
2003	April 19	94.7
2004	April 20	92.6
2005	April 23	94.0
2007	April 22	98.8
2008	April 16	112.5
2009	April 16	103.5
2010	April 28	105.8
Mean	April 19	102.4
SD	4.2	7.5
CV (%)	-	7.3

Table 2. Climate factors accumulated during the 160 DAFB of ‘Niiitaka’ pear in Suwon, Korea for ten years.

Year	Mean temperature (°C)	Min. temperature (°C)	Max. temperature (°C)	Rainfall amount (mm)	Sunshine hours
2000	3,572.5	2,945.9	4,349.5	1,129.1	885.2
2001	3,561.7	2,902.4	4,359.1	846.8	1,007.0
2002	3,321.6	2,666.8	4,073.1	1,005.4	886.7
2003	3,414.1	2,794.4	4,129.2	1,290.0	726.8
2004	3,514.8	2,880.3	4,254.9	1,010.7	816.8
2005	3,570.4	2,965.3	4,324.4	1,249.9	807.8
2007	3,531.2	2,913.5	4,265.3	968.5	794.7
2008	3,558.5	2,863.8	4,393.8	1,185.3	947.5
2009	3,471.8	2,744.6	4,300.4	1,288.6	1,039.3
2010	3,645.1	3,021.3	4,387.2	1,192.8	886.8
Mean	3,516.2	2,869.8	4,283.7	1,116.7	879.9
SD	92.5	107.3	107.6	151.4	97.8
CV (%)	2.6	3.7	2.5	13.6	11.1

일은 4월 19일이었고 표준편차는 4.2일로 4월 19 ± 4.2일 범위에 속한 해가 8개년이었다. ‘신고’의 수확 예정일인 만개 후 160일째의 과실 횡경은 2004년에 92.6mm로 가장 작았고 2009년에 112.6mm로 가장 컸다. 10년간 과실 횡경 평균은 102.4mm였고 표준편차는 7.5mm로 변이정도가 적은 편이었다.

수원 지역에서 2000년부터 2010년까지 배 ‘신고’의 만개일부터 만개 후 160일까지 기상 요인의 누적 값을 조사한 결과(Table 2), 일평균기온의 누적 값은 2002년 3,321.6°C, 2010년 3,645.1°C 범위로 연 평균 3,516.2°C, 표준편차 92.5°C를 나타내었다. 최저기온 및 최고기온의 누적 값도 일평균기온의 누적 값과 같은 경향으로 연차간 변이계수가 매우 작았다. 강우량의 누적 값은 2001년과 2007년에 1,000mm 이하로 적었고, 2003년과 2009년에 1,290mm와 1288.6mm로 다른 연도에 비해 매우 많았다. 일조시수의 누적 값은 강우량이 가장 많았던 2003년에 726.8시간으로 가장 적었지만 강우량이 많았던 2009년에 1,039.3시간으로 가장 많아 대조적이었다. 또한 강우량이 가장 적었던 2001년에 1,007.0시간으로 많았지만 강우량이 비교적 적었던 2007년에는 794.7시간으로 적어 일정한 경향을 보이지 않았다. 특히, 강우량과 일조시수는 온도 요인에 비해 변이계수가 큰 편이었다.

과실 성장과 관련된 기상 요인 분석

수확 예정일인 만개 후 160일째의 연도별 과실 횡경과 만개 후 160일 동안의 누적 기상 요인 간 상관관계를 분석하였다(Table 3). 온도 요인 중에서 누적 최고기온이 누적 평균기온이나 누적 최저기온에 비해 상관관계가 높았지만 유의성은 없었다. 누적 강우량은 과실 크기와 전혀 상관성을 보이지 않았다. 누적 일조시수는 만개 후 160일째의 과실 횡경과 $r = 0.68^*$ 로 정의 상관관계를 보였다. 연도별 과실횡경과 높은 상관성을 보인 누적 일조시수와와의 2차식 회귀분석 결과(Fig. 1), 결정계수(R^2) 값이 0.551로 직선회귀 값(Table 3)보다 높게 나타났다. 또한 2차 회귀식에 따른 과실횡경 최대값은 일조시수 996시간일 때 107.1cm로 추정할 수 있었다.

연차간 만개일의 조만에 따라 만개 후 40일, 100일, 160일째의 과실 크기와의 상관관계를 분석하였다(Fig. 2). 만개 후 40일째에는 결정계수 $R^2 = 0.208$ 로 만개일이 빠른 해일수록

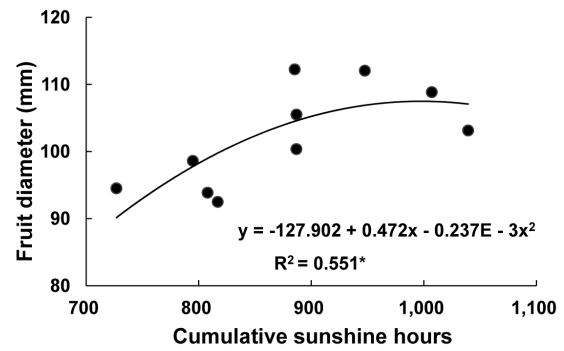


Fig. 1. Quadratic relationship between fruit diameter and sunshine hours accumulated during the 160 DAFB of ‘Niitaka’ pear in Suwon, Korea for ten years.

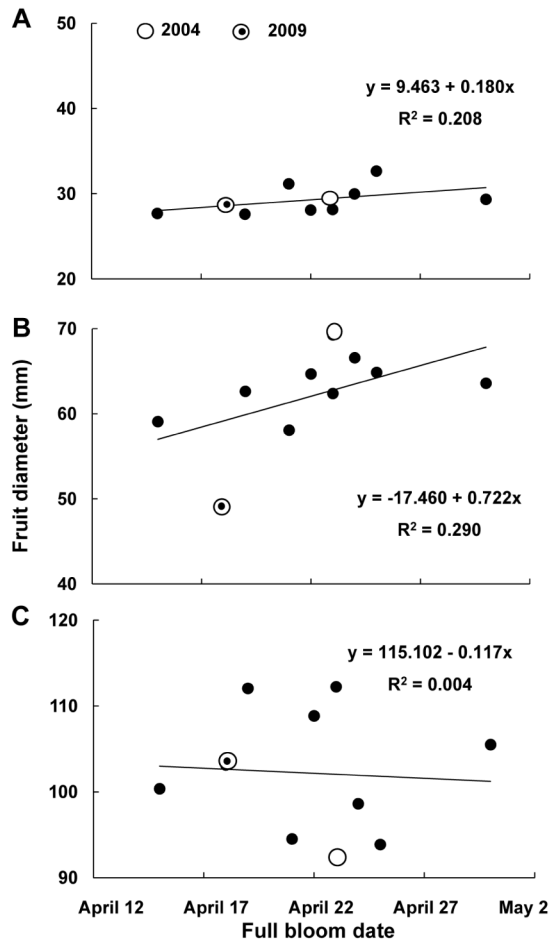


Fig. 2. Linear relationship between full bloom date and fruit diameter 40 (A), 100 (B), and 160 (C) DAFB of ‘Niitaka’ pear in Suwon, Korea for ten years. Full bloom date at regression equation calculated the Julian day number of each year.

Table 3. Correlation coefficient between fruit diameter and climatic factors accumulated during the 160 DAFB in Suwon, Korea for ten years.

	Mean temperature	Min. temperature	Max. temperature	Rainfall amount	Sunshine hours
Mean fruit diameter	0.38	0.17	0.58	-0.13	0.68*

*Significant at $p = 0.05$.

과실 크기가 작은 경향이였다(Fig. 2A). 만개 후 100일째에는 결정계수가 만개 후 40일째보다 조금 낮아지는 경향이였으며(Fig. 2B), 수확예정일인 만개 후 160일째에는 $R^2 = 0.004$ 로 거의 상관이 없었다(Fig. 2C). 특히 2004년과 2009년의 과실 성장 양상이 상반되게 나타났다. 만개 후 100일째까지는 만개일이 늦은 해인 2004년의 과실 횡경이 만개일이 빠른 2009년의 과실 횡경보다 컸지만, 수확예정일인 만개 후 160일째에는 2009년의 과실 횡경이 더 컸다. 이러한 결과는 2004년과 2009년의 생육 기간 동안 과실 성장 양상에 관여한 기상 요인이 있을 것으로 생각되었다.

2004년과 2009년의 만개 후 160일 동안 과실 횡경 변화 및 일횡경 증가량을 비교하였다(Fig. 3). 2004년의 과실 횡경은 만개 후 90일째까지 10년 평균보다 빠르게 증가하다가 급격히 생장이 느려져 평균 과실 크기가 작았다. 2009년의 과실 횡경은 만개 후 100일까지는 10년 평균보다 생장이 느렸지만 후기 생장이 급격히 진전되어 평균 과실 크기에 도달했다(Fig. 3A). 이를 고려하면 만개 후 60일에서 120일 사이의 기상 요인 차이가 과실 횡경 차이에 영향을 준 것으로 생각된다. Endo(1975)는 수확기 과실 크기는 과실 비대 최

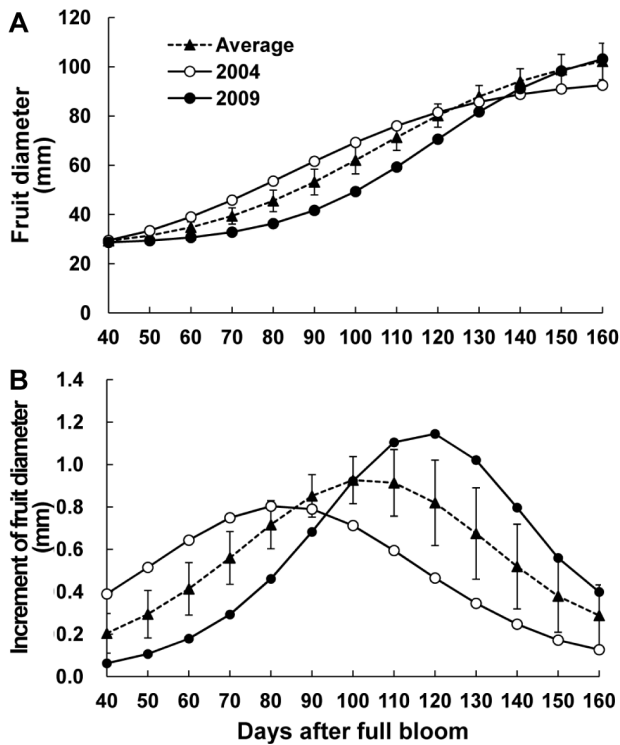


Fig. 3. Changes in fruit diameter (A) and increment of fruit diameter (B) by ten days interval from 40 to 160 DAFB of 'Nittaka' pear in Suwon, Korea. ▲, Average year 2000-2010; ○, year 2004; ●, year 2009. Bars represent standard deviation.

성기인 3단계, 즉 7월 상순에서 9월 상순 사이의 과실 비대량의 영향을 크게 받는다고 하였다.

2004년과 2009년의 과실 성장 패턴 차이의 원인을 알아보기 위해 만개일부터 만개 후 160일까지의 기온, 강우량 및 일조시수의 누적값을 비교하였다(Fig. 4). 과실 성장 기간 동안 기온의 누적 값은 두 연도 간 차이를 나타내지 않았다(Fig. 4A). 그러나 일조시수와 강우량의 누적 값은 다른 경향을 나타내었다. 특히 만개 후 60일에서 100일 사이, 120일에서 130일 사이에 강우가 급격히 증가하였는데(Fig. 4C), 이 시기 2004년에는 일조시수가 거의 증가하지 않았지만, 2009년에는 2004년보다 강우량이 많았음에도 일조시수가 꾸준히 증가하는 경향이였다. 이러한 경향은 과실 비대에 영향을 주어 2004년보다 2009년에 지속적으로 과실의 일횡경 증가량이 증가하는 기간이 길었던 것(Fig. 3B)으로 생각된다.

또한 일별 일조시수와 강우량을 살펴보면(Fig. 5), 만개 후 60일에서 100일 사이, 120일에서 130일 사이 2004년에

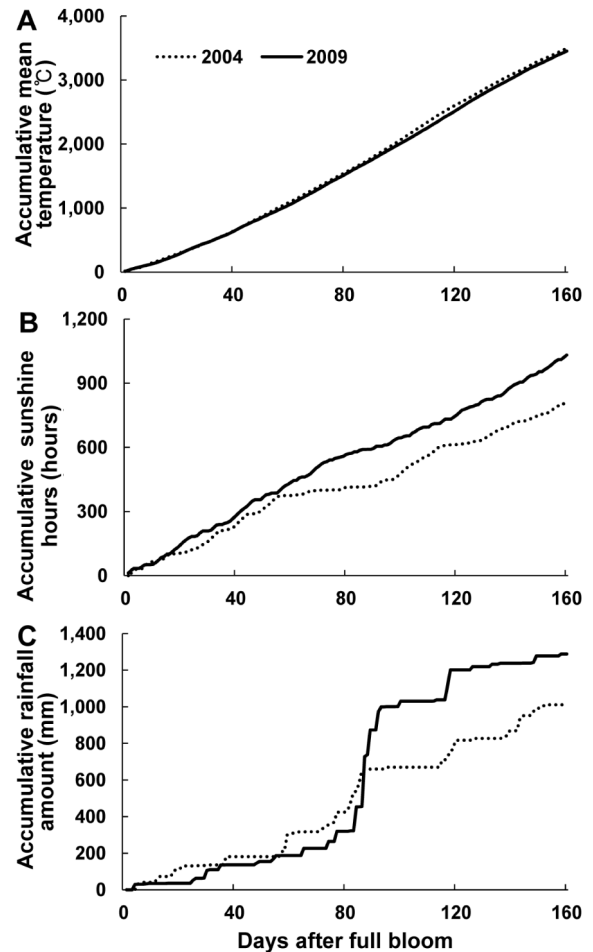


Fig. 4. Mean temperature (A), sunshine hours (B), and rainfall amounts (C) accumulated during the 160 DAFB of 'Nittaka' pear in Suwon, Korea in 2004 and 2009.

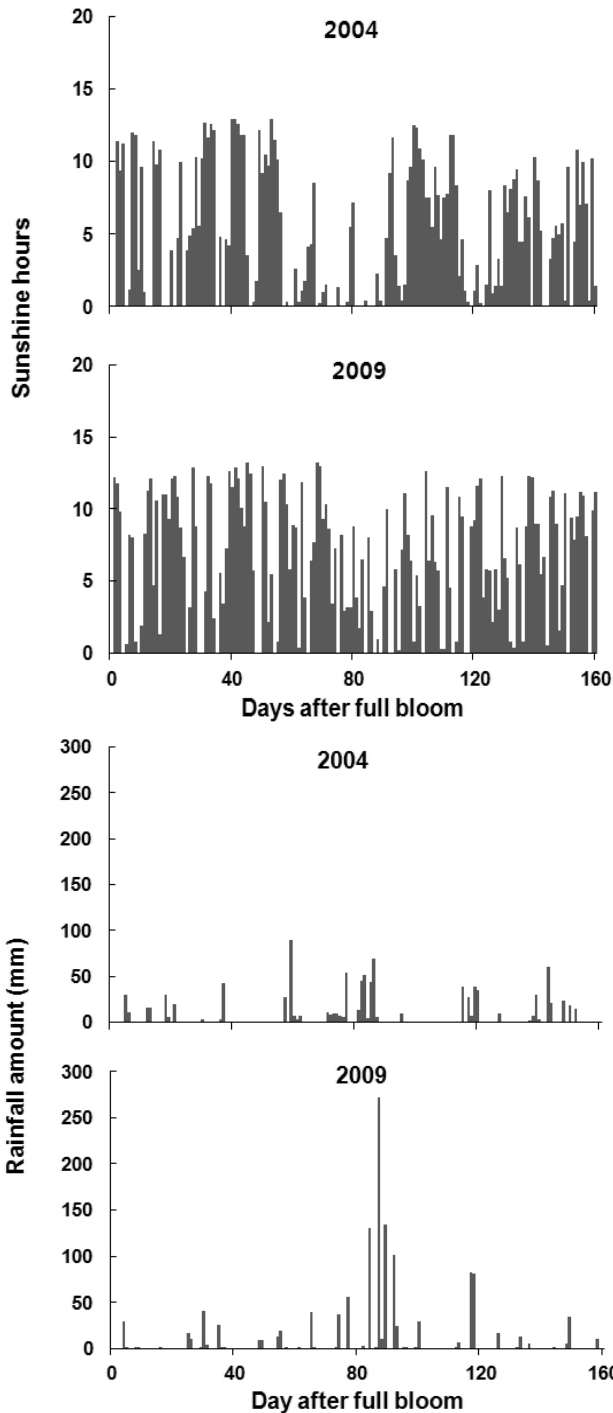


Fig. 5. Daily sunshine hours and rainfall amount during the 160 days after full bloom of 'Niitaka' pear in Suwon, Korea in 2004 and 2009.

는 2009년보다 일조시수가 적었는데(Fig. 5A), 이 시기에 2004년은 2009년보다 지속적인 강우가 있었다(Fig. 5B). 결국 특정 시기의 강우량의 많고 적음보다 강우의 지속 기간에 따른 일조시수와 일조량의 영향이 과실 비대에 큰 영향을 준 것으로 생각된다. Sugiura(1997)는 배의 세포분열 정

지기 이후 과실의 비대에는 기온의 영향은 적으며 일조의 영향이 크다고 보고하였다.

이상의 결과를 종합하면 배 '신고'의 만개 40일 이후의 과실 성장에는 기온이나 강우량보다는 일조시수가 큰 영향을 주는 것으로 생각된다. 특히, 구름이 지속적으로 낀 날이 길어지면 일조율이 낮아지고 일조시수가 적어지면서 과실 비대가 잘 이루어지지 않는 것으로 생각된다.

초 록

본 연구는 배 '신고'의 과실 성장에 대한 주요 기상 요인의 영향을 알아보려고 수행하였다. 2000년에서 2010년까지 평균 만개일은 4월 19일이었고, 편차는 4.2일이었다. 만개 후 160일째의 평균 과실 횡경은 102.4mm였고 편차는 7.5mm였다. 10년간 기상 요인 중 기온보다 강우량과 일조시수의 변이계수가 컸다. 만개 후 160일째의 과실 횡경은 만개 후 160일 동안의 기상 요인 중에서 누적 일조시수가 상관계수 $r = 0.68^*$ 로 정의 상관을 보였다. 만개일의 조만과 만개 후 160일째의 과실 횡경 간에는 상관성을 나타내지 않았다. 상반된 과실 성장 경향을 보였던 2004년과 2009년은 지속적인 강우 시기의 존재와 그에 따른 일조시수의 차이에 의한 것이었다. 따라서 배 '신고'의 과실 성장은 기온보다는 누적 일조시수의 영향을 많이 받는 것으로 판단되었다.

추가 주요어 : 누적 기상요인, 만개 후 일수, 배나무, 일조시수, 상관분석

인용문헌

- Endo, M. 1973. Studies on the daily change in fruit size of the Japanese pear. I. Diurnal fluctuation of fruit diameter as affected by climatic factors. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 42:91-103.
- Endo, M. 1975. Studies on the daily change in fruit size of the Japanese pear. IV. Influence of shading on diurnal fluctuation of fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 43:347-358.
- Han, J.H., K.S. Cho, J.J. Choi, H.S. Hwang, C.G. Kim, and T.C. Kim. 2010. Estimation of changes in full bloom date of 'Niitaka' pear tree with global warming. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28:937-941.
- Han, J.H., I.C. Son, I.M. Choi, S.H. Kim, J.G. Choi, S.K. Yun, H.C. Kim, and T.C. Kim. 2011. Predicting harvest date of 'Niitaka' Pear by using full bloom date and growing season weather. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29:549-554.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. *Climate change 2007 (The physical science basis), summary for policymakers, technical summary and frequently asked questions.* Cambridge University Press.

- Kaack, K. and H.L. Pedersen. 2010. Prediction of diameter, weight and quality of apple fruit (*Malus domestica* Borkh.) cv. 'Elsta' using climatic variables and their interactions. *Europ. Hort. Sci.* 75:60-70.
- Korea Meteorological Administration (KMA). Past observation data. <http://www.kma.go.kr/>
- National Institute of Meteorological Research (NIMR). 2007. The application of regional climate change scenario for the national climate change report (III). NIMR, Korea Meteorological Administration, Seoul, Korea.
- Park, M.S., Y.J. Kim, H.K. Park, Y.S. Chang, and J.H. Lee. 1995. Using air temperature and sunshine duration data to select seed production site for *Eleutherococcus senticosus* Max. *Kor. J. Crop Sci.* 40:444-450.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. *Plant physiology*. 4th ed. Wadsworth, Belmont, California, p. 329-355, 551-574, 585.
- Song, G.C. and K.C. Ko. 1999. Effect of climatic conditions during blooming on the berry setting of 'Kyoho' (*Vitis labruscana* B.) grapevine. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:75-78.
- Sugiura, T. 1997. Interpretation of climatic ecology response and development model to predict growth and development of pear tree. Ph.D. Diss., Kyoto Univ., Kyoto.
- Sugiura, T., H. Honjo, and H. Sugaya. 1995. Relationship between air temperature and fruit growth of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *J. Japan. Agric. Meteorol.* 51:239-244.