

Research Report

뽕나무 출엽일과 기온 요인 간 상관성

김호철^{1,2}, 김태춘^{1,2*}

¹원광대학교 원예산업학과

²원광대학교 생명자원과학연구소

Correlation between Air Temperature Factors and Leafing Date of Mulberry Tree

Ho Cheol Kim^{1,2} and Tae-Choon Kim^{1,2*}

¹Department of Horticulture Industry, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

²Institute of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

Abstract: This study was conducted to identify the air temperature factors that affect leafing date of mulberry (*Morus alba*) in Buan, Jeonbuk province. Over the period from 2009 to 2014, the leafing date averaged April 24 (114 Julian days). The earliest leafing date was April 12, in 2014, and the latest leafing date was May 2, in 2011. Yearly variations of daily mean temperature (DMT) and daily maximum temperature (DMxT) were high in the last part of March. There were highly negative correlations between leafing date and degree days of accumulated DMT above 0, 5, and 10°C in the period from March 1 to April 10. Linear regression equations for estimating the leafing date were $y = 153.8 - 0.1886 x$ ($r^2 = 0.965^{**}$) and $y = 126.2 - 0.2246 x$ ($r^2 = 0.825^*$) for the degree days of accumulated DMT above 5°C in the period from March 1 to April 10 and the last part of March, respectively. Therefore, leafing date of mulberry, which is important for popcorn disease control, is 96.5% predicted by degree days of accumulated DMT above 5°C in the periods from March 1 to April 10.

Additional key words: accumulated temperature degree day, Julian day, liner regression equation, *Morus alba*, popcorn disease

서 언

오디의 다양한 기능성이 알려지면서(Kim et al., 1996; Kim et al., 2007; Lee et al., 1998) 오디 생산용 뽕나무 재배가 전라북도를 중심으로 확대되고 있으며, 전북지역의 뽕나무 재배 농가 및 면적이 국내 전체의 60% 정도를 차지하고 있다(MAFRA, 2012). 전북 부안 지역에서 생산된 오디는 미등 록 품종으로 ‘참뽕’이라는 브랜드로 판매되고 있는데, 오디 균핵병(popcorn disease)으로 인하여 생산성이 저하되고 있다. 국내에서 오디균핵병은 *Sclerotinia shiraiana* Whetzel과 *Ciboria shiraiana* Imai로 동정되었다(Hong et al., 2007b). 균핵병균이 출엽일 이후에 암술머리(stigmas)에 침입하여 자방

에 균핵을 형성하고 이 후 과실 성장 중에 감염된 과실이 회갈색으로 부풀어 떨어지게 만든다. 떨어진 과실의 균핵병균은 낙엽이 많이 덮힌 토양에서 월동 후 자낭반을 형성하고 뽕나무 출엽일에 맞춰 포자를 비산시켜 다시 오디를 감염시키는 생활환을 나타낸다(Hong et al., 2007a). 노지재배인 과수류에서는 작물의 생육 단계를 예측하기 위해 기상요인을 많이 활용하고 있다(Han et al., 2011, 2013; Lee et al., 2012). 뽕나무에서 시설 재배 시 생육 특성(Kim et al., 2012), 주요 재배지 서리 피해(Jeon et al., 2011) 등의 재배 연구와 오디균핵병 발생 양상(Hong et al., 2007a) 연구가 있었지만, 오디균핵병 방제 연구는 전무한 실정이다. 관련기관에서는 4월 중순에서 5월 초순사이에 2-3회 약제 방제를 권장하고 있지만, 매년

*Corresponding author: kitmotc@wku.ac.kr

※ Received 10 October 2014; Revised 16 April 2015; Accepted 22 May 2015. This paper was supported by Wonkwang University in 2013.

© 2015 Korean Society for Horticultural Science

기상조건에 따라 뽕나무의 출엽일 차이가 커 잘 부합되지 않는다. 이러한 문제로 현장에서는 약제 살포 기간이 길어지고 사용량이 많아져 2013년에 일부 농가에서 생산된 오디가 농약 잔류 허용기준을 넘어서기도 하였다. 또한 뽕나무는 자웅이주로 미상화서(catkins)이며 암꽃은 꽃잎이 없이 하나의 심피와 4장의 꽃받침 만으로 구성되어 육안상 개화 시기를 판단하기 어려운 형태적 특성이 있다. 따라서 오디균핵병 방제법의 현장 활용도를 높이기 위해서는 개화기보다는 이전 생육단계를 활용한 예측 모델을 개발하여 적용할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 전북 부안 지역의 기상자료와 뽕나무의 생육 단계 중 출엽일과의 상관성을 분석하고 예측 모델을 도출하여 오디균핵병 약제 방제 적기를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

뽕나무 출엽일과 기상 자료 수집

전북 부안에서 생산 및 판매되고 있는 ‘참뽕’ 뽕나무(*Morus alba*)를 대상으로 2009년부터 2014년까지 6년간 출엽일을 조사하였다. 출엽일은 발아 후 잎이 1-2장 전개되고 기부에 개화 전의 어린열매(미상화서)가 육안으로 확인되는 시기로 판단하였고, 개화일은 출엽 5-6일 후 암술머리(stigmas)가 돌출된 상태를 기준으로 판단하였다(Fig. 1). 기상 자료는 기상청 부안관측소의 누적자료 중 2009년부터 2014년 6년간 3월 1일에서 4월 10일까지 일평균기온과 일최고기온을 수집하여 이용하였다(KMA, 2014).

뽕나무 출엽일과 기상 요인 간 상관 분석

출엽일 자료는 출엽일과 1월 1일을 기준으로 한 줄리안 일수(Julian days)로 계산하여 평균과 표준편차로 나타내었

다. 수집된 일평균기온과 일최고기온은 3월 1일에서 4월 10일까지의 변화를 그래프로 나타내었다. 연도별로 이 기간 동안 일평균기온과 일최고기온을 각각 0, 5, 10°C 이상인 날의 온도로 구분하여 3월 1일부터 4월 10일까지 각 순별로 구분한 적산온도와 전 기간 적산온도를 계산하였다. 6년간의 뽕나무 출엽일과 30개 적산온도 기온 요인 간 상관 분석 후 높은 상관성을 나타낸 3월 하순과 전 기간 적산온도와의 회귀 분석을 하였다. 통계분석은 SPSS(11.5 version, IBM Co., USA)를 이용하였다.

결과 및 고찰

뽕나무 출엽일과 기상요인별 연차변이

부안지역의 2009년부터 2014년까지 6년간 뽕나무의 출엽일을 조사한 결과(Table 1), 가장 빠른 해는 2014년으로 4월 12일이었고 가장 늦은 해는 2011년으로 5월 2일이었으며 20일 차이를 나타내었다. 6년간의 뽕나무 출엽일은 평균 4월 24일이었고 연차 간 편차가 7.6일이었다. 줄리안 일수(Julian days)로는 평균 114일이었다.

부안 지역의 6년간 3월 1일부터 4월 10일까지 일평균기온과 일최고기온 변화를 보면(Fig. 2), 3월 상순에는 2013년, 3월 중순에는 2009년, 3월 하순에는 2014년, 4월 상순에는 2009년과 2012년의 온도가 다른 해에 비하여 높았다. 특히, 3월 하순의 기온은 뽕나무 출엽일(Table 1)이 가장 빠른 2014년에는 일평균기온 10°C 이상과 일최고기온 15°C 이상인 날이 많았으나 가장 늦은 2011년에는 각각 5°C 이하와 10°C 이하의 날이 많아 다른 시기보다 두 해 간 뚜렷한 차이를

Table 1. Leafing date and Julian days of mulberry tree in Buan, Jeonbuk province, 2009-2014.

Year	Leafing date	
	Date	Julian day
2009	April 17	107
2010	April 27	117
2011	May 2	122
2012	April 24	115
2013	April 29	119
2014	April 12	102
Mean	April 24	114
SD ^z		7.6

^zSD, standard deviation.

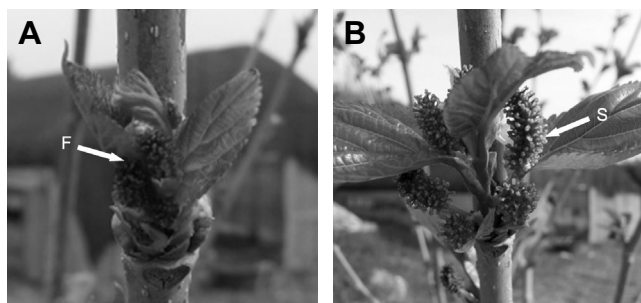


Fig. 1. Axillary bud of mulberry (*Morus alba*) tree at leafing stage (A) and blooming stage (B) about 5-6 days later. F, flowers of monoecious female inflorescences (multiple fruit); S, stigmas.

보였다.

6년간의 3월 1일에서 4월 10일까지 일평균기온과 일최고기온이 각각 0, 5, 10°C 이상인 날의 온도를 적산한 결과

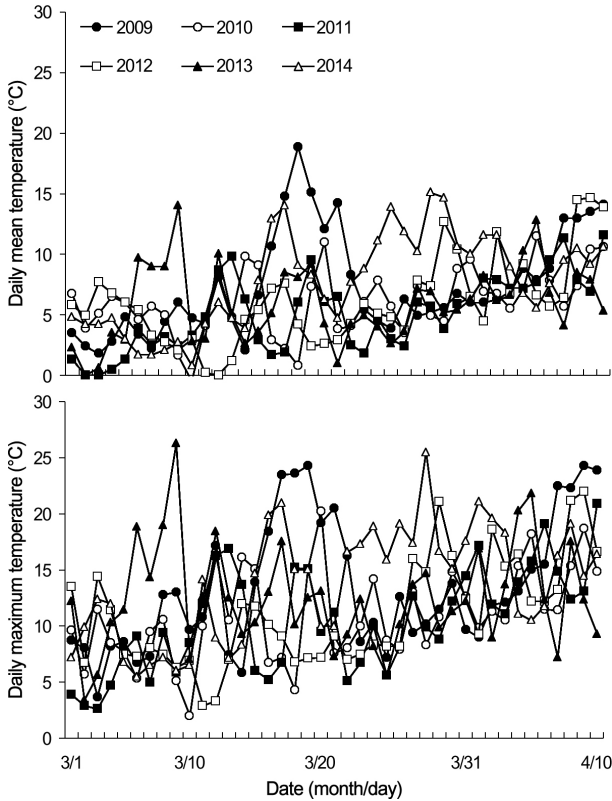


Fig. 2. Fluctuations of daily mean temperature and daily maximum temperature from March 1 to April 10 in Buan, 2009-2014.

(Table 2), 각 온도 기준에서 일평균기온 적산온도는 각각 262.0, 213.0, 83.3°C였으며 변이계수가 15.5, 18.5, 70.1%로 10°C 이상인 날의 적산온도가 연차간 변이가 가장 컸다. 일최고기온 적산온도는 일평균기온 적산온도와 유사한 경향이었으나 연차간 변이가 작았다. 전체적으로 6년간 각 기준 온도 이상의 적산온도 순서와 뽕나무 출엽일(Table 1)의 순서와 유사한 경향을 나타내었다.

뽕나무 출엽일과 기온요인 간 상관 분석

2009년부터 2014년까지 6년간 기온 요인별로 3월 1일에서 4월 10일까지의 적산온도 및 순별 적산온도와 뽕나무 출엽일의 줄리안 일수(Julian days)와 상관분석을 하였다(Table 3). 뽕나무 출엽일은 3월 1일부터 4월 10일까지 일평균기온 0, 5 및 10°C 이상의 적산온도에서 각각 $r = -0.983^{**}$, $r = -0.982^{**}$, $r = -0.991^{**}$ 로 매우 유의한 부의 상관을 보였고, 3월 하순의 적산온도와는 유의한 상관을 나타내었다. 출엽일과 일최고기온 적산온도의 상관분석 결과 3월 1일부터 4월 10일까지 0°C 이상과 3월 하순의 0, 5 및 10°C 이상에서 유의한 결과를 보였다. 따라서 뽕나무 출엽일은 일최고기온보다 일평균기온의 적산온도가 더 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

Table 3의 결과에서 유의한 관계성을 보인 요인 중 5°C 기준 온도에서 3월 1일부터 4월 10일까지 및 3월 하순의 일평균기온 적산온도와 뽕나무 출엽일 간 회귀 분석을 하였다(Fig. 3). 회귀 분석 결과 각각 $y = 153.8 - 0.1886x (r^2 = 0.9646^{**})$ 와 $y = 126.2 - 0.2246x (r^2 = 0.8251^*)$ 로 모두 신뢰성이 높은 선형회귀식이 도출되었다. 그리고 회귀계수가 -0.1886과 -0.2246

Table 2. Degree days of accumulated daily mean temperature (DMT) and daily maximum temperature (DMxT) above 0, 5, and 10°C in the period from March 1 to April 10 in Buan, 2009-2014.

Year	Accumulated DMT			Accumulated DMxT		
	> 0°C	> 5°C	> 10°C	> 0°C	> 5°C	> 10°C
2009	302.7	248.3	139.4	550.5	546.8	432.5
2010	250.6	205.9	43.5	450.1	443.8	334.8
2011	210.0	162.2	22.9	431.6	417.5	300.1
2012	248.7	197.3	78.0	452.8	446.6	301.5
2013	241.2	194.0	47.1	512.3	508.9	421.5
2014	318.0	270.5	168.8	562.8	562.8	482.9
Mean	262.0	213.0	83.3	493.4	487.7	378.9
SD ^z	40.6	39.5	58.4	56.2	60.2	77.0
CV(%) ^y	15.5	18.5	70.1	11.4	12.3	20.3

^zStandard deviation.

^yCoefficient of variance.

Table 3. The coefficients of correlation between leafing date (Julian day) of mulberry tree and 30 factors classified by degree days of accumulated daily mean temperature (DMT) and daily maximum temperature (DMxT) above 0, 5, and 10°C in the periods from March 1 to April 10 in 10-d intervals in Buan, 2009-2014.

Period	Degree days of accumulated DMT			Degree days of accumulated DMxT		
	> 0°C	> 5°C	> 10°C	> 0°C	> 5°C	> 10°C
3.1-4.10	-0.983**	-0.982**	-0.991**	-0.841*	-0.409	-0.710
3.1-3.10	0.130	0.468	0.342	0.049	-0.077	0.181
3.11-3.20	-0.632	-0.610	-0.676	-0.454	0.273	-0.346
3.21-3.31	-0.895*	-0.908*	-0.829*	-0.893*	-0.893*	-0.880*
4.1-4.10	-0.672	-0.704	-0.685	-0.678	-0.678	-0.678

***significant at 5%, 1% levels.

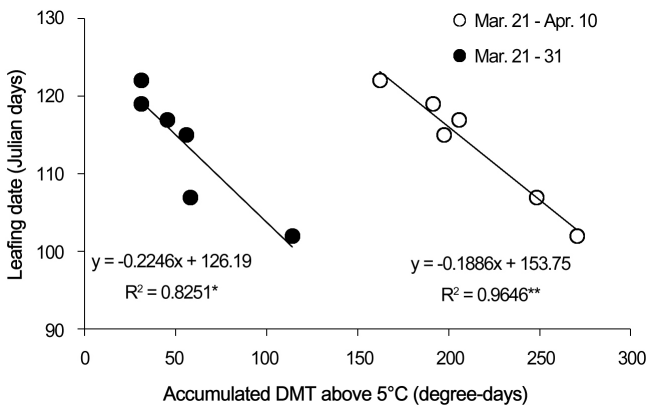


Fig. 3. Relationships between leafing date (Julian days) of mulberry tree and degree days of accumulated daily mean temperature (DMT) above 5°C in the period from March 21 to 31 (●) and from March 1 to April 10 (○) in Buan, 2009-2014.

초 록

본 연구는 전북 부안지역에서 재배되고 있는 ‘참뽕’ 뽕나무(*Morus alba*)를 대상으로 출엽일에 영향을 주는 기온 요인을 선별하기 위해 수행하였다. 2009년에서 2014년까지 6년간 뽕나무 평균 출엽일은 4월 24일(114 줄리안 일수)이었고, 2014년에 4월 12일로 가장 빨랐고 2011년에 5월 2일로 가장 늦었다. 3월 1일부터 4월 10일까지 일평균기온 및 일최고기온 중에서 3월 하순의 기온이 연차 간 차이가 가장 컸다. 뽕나무 출엽일은 3월 1일부터 4월 10일까지 일평균기온 0, 5, 10°C 이상의 날의 적산온도와 매우 높은 부의 상관을 보였다. 5°C 기준 온도에서 3월 1일부터 4월 10일까지 및 3월 하순의 일평균기온 적산온도와 뽕나무 출엽일과 각각 $y = 153.8 - 0.1886x$ ($r^2 = 0.965^{**}$)와 $y = 126.2 - 0.2246x$ ($r^2 = 0.825^*$)로 선형회귀식이 도출되었다. 따라서 오디균핵병 적기 방제를 위한 출엽일은 3월 1일부터 4월 10일까지와 3월 하순의 일평균기온 5°C 이상인 날의 적산온도로 각각 96.5%와 82.5% 예측할 수 있다.

추가 주요어 : 적산온도, 줄리안 일수, 선형회귀식, 뽕나무, 오디균핵병

인용문헌

- Han, J.H., I.C. Son, I.M. Choi, S.H. Kim, J.G. Cho, 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. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 29:549-554.
- Han, J.H., I.C. Son, I.M. Choi, S.H. Kim, J.G. Cho, S.K. Yun,

로 독립변인(적산온도)의 단위당 변화에 따른 종속변인(출엽일)은 3월 하순의 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났다. 뽕나무 출엽일이 가장 빠른 2014년에 4월 12일이었던 것 (Table 1)과 차후 지구온난화의 영향으로 발아시기가 더 빨라질 것으로 예상되기 때문에(IPCC, 2007; NIMR, 2007), 3월 기온이 일찍 상승하는 해에는 3월 하순의 적산온도로 출엽일을 예측할 필요가 있다.

이상의 결과로서 전북 부안 지역에서 오디균핵병 방제 적기를 구명하기 위한 ‘참뽕’ 뽕나무의 출엽일은 3월 1일부터 4월 10일까지의 일평균기온 5°C 이상인 날의 적산온도로 96.5% 예측할 수 있다. 또한 기온 상승의 영향으로 출엽일이 평년보다 빨라질 것으로 예상되는 해에는 3월 하순의 일평균기온 5°C 이상인 날의 적산온도로 82.5% 출엽일을 예측할 수 있다.

- H.C. Kim, and T.C. Kim. 2013. Relationship between yearly fruit growth and climatic factors in 'Niitaka' pear. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 31:8-13.
- Hong, S.K., W.G. Kim, and G.B. Sung. 2007a. Aspects of popcorn disease occurrence on mulberry fruits in Korea. Res. Plant Dis. 13:131-136.
- Hong, S.K., W.G. Kim, G.B. Sung, and S.H. Nam. 2007b. Identification and distribution of two fungal species causing sclerotial disease on mulberry fruits in Korea. Mycobiology 35:87-90.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Climate change 2007 (The physical science basis), Summary for policy-makers, technical summary and frequently asked questions WMO & UNEP, p. 142.
- Jeon, K.S., H.C. Kim, H.J. Bae, K.S. Bae, and T.C. Kim. 2011. Frost damage of mulberry tree according to topographic characteristics in Buan province. J. Bio-Environ. Control 20:45-49.
- Kim, H.C., T.O. Kwon, J.H. Bae, and T.C. Kim. 2012. Shoot growth characteristics and climatic factors in greenhouse cultivation of mulberry. J. Bio-Environ. Control 21:74-78.
- Kim, H.B., C.K. Kang, K.B. Sung, S.W. Kang, and J.R. Lee. 2007. Anti-oxidative capacity of mulberry leaf and its tea. Korean J. Seric. Sci. 49:18-23.
- Kim, T.W., Y.B. Kwon, J.H. Lee, I.S. Yang, J.K. Youm, H.S. Lee, and J.Y. Moon. 1996. A study on the antidiabetic effect of mulberry fruits. Korean J. Seric. Sci. 38:100-107.
- Korea Meteorological Administration (KMA). 2014. Weather information. URL : www.kma.go.kr.
- Lee, H.W., D.H. Shin, and W.C. Lee. 1998. Morphological and characteristics of mulberry (*Morus*) fruit with variates. Korean J. Seric. Sci. 40:1-7.
- 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 J. Intl. Agric. 24:51-59.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2012. Statistics. http://ebook.mafra.go.kr/src/viewer/main.php?host=main&site=20130902_144723&pagenum=0&category=0&page=0&search=&mem=.
- National Institute of Meteorological Research (NIMR). 2007. The application of regional climate change scenario for the national climate change report (III), p. 131.