

Research Article

Open Access

## 한반도의 기후학적 식물생육기간의 변화

정명표, 심교문\*, 김용석, 최인태

국립농업과학원 농업환경부 기후변화생태과

### Change of Climatic Growing Season in Korea

Myung-Pyo Jung, Kyo-Moon Shim\*, Yongseok Kim and In-Tae Choi (Climate Change & Agroecology Division, Department of Agricultural Environment, National Academy of Agricultural Science, Wanju 55365, Korea)

Received: 23 June 2015 / Revised: 27 June 2015 / Accepted: 10 August 2015

Copyright © 2015 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### Abstract

**BACKGROUND:** The growing season (GS) has been understood as a useful indicator for climate change due to high relationship with increasing temperature. Here this study was conducted to examine changes in the thermal GS over South Korea from 1970 to 2013 based on daily mean air temperature for assessing the temporal and spatial variability in GS.

**METHODS AND RESULTS:** Three GS parameters (starting date, ending date, and length) were determined at 19 stations throughout South Korea. The results show that the GS has been extended by 4.2 days/decade between 1970 and 2013 on average. The growing season start (GSS) has been advanced by 2.7 days/decade and the growing season end (GSE) has been delayed by 1.4 day/decade. Spatial variation in the GS parameters in Korea are shown. The GS parameters, especially GSS, of southeastern part of Korea have been changed more than that of northwestern part of Korea. The extension of GS may be more influenced on earlier onset in spring rather than later GSE.

**CONCLUSION:** Under climate change scenarios, the GS will be more extended due to delayed GSE as well as advanced GSS. And These are more notable in the

northeastern part of Korea.

**Key words:** Growing season end, Growing season length, Growing season start, Korea, Thermal growing season

### 서론

생물계절(phenology)은 기후 혹은 날씨와 같은 환경요인과 연관된 생물의 반복되는 생활현상이다. 북반구 중고위도 지역의 동식물의 생물계절이 변화하고 있으며, 이는 기후변화와 밀접한 관련이 있다(Parmesan and Yohe, 2003; Delbart *et al.*, 2008; Morin *et al.*, 2009; Zheng *et al.*, 2013). 개엽일, 개화일 등과 같은 생물계절 현상은 최근 큰 변화를 보이고 있으며(Parmesan 2006; Miller-Rushing and Primack 2008), 이와 같은 생물계절 현상의 변화는 생물종 혹은 시공간적으로 뚜렷한 차이를 보이고 있으며(Schwartz *et al.*, 2006; Zheng *et al.*, 2013) 기후변화의 중요한 지표로 사용될 수 있다(Song *et al.*, 2010; Jung *et al.*, 2014).

1950년대 이후부터 시작된 지구온난화의 가속화로 생물계절 현상은 최근 많은 변화를 보이고 있으며, 특히 봄철 생물계절이 많이 변화하고 있다(Menzel *et al.*, 2006; Parmesan, 2006; Miller-Rushing and Primack, 2008; Zheng *et al.*, 2013; Jung *et al.*, 2014). 이로 인해 북반구의 식물생육가능기간은 지속적으로 증가하고 있으며(IPCC, 2007), 최근 수십년 동안 식물생육가능기간은 지역에 따라 1-3주정도 증가하였다(Menzel *et al.*, 2003; Linderholm *et al.*, 2008; Song *et al.*

\*Corresponding author: Kyo-Moon Shim  
Phone: +82-63-238-2518; Fax: +82-63-238-3823;  
E-mail: kmskim@korea.kr

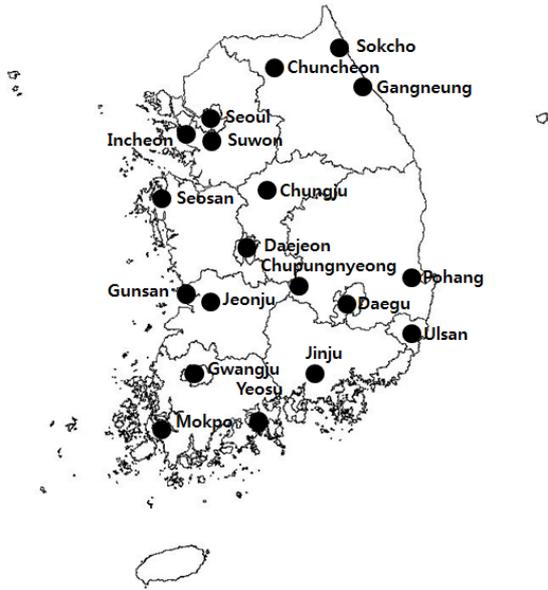


Fig. 1. The location of the station used in this study.

al., 2010). 식물생육기간은 생물계절 관찰 자료, NDVI 자료, 기상자료 등에 의해 조사 혹은 추정이 가능하며(Linderholm, 2006; Schwartz *et al.*, 2006; Jung *et al.*, 2014) 식물생육 시작일과 종료일에 의해 정의된다. 식물생육 시작일에 비해 식물생육 종료일은 상대적으로 명확하게 정의되어 있지 않다. 하지만 기후학적 계절은 기온에 따라 정의된 명확한 정의와 자료 수집의 용이성 때문에 식물생육가능기간을 판단하는데 많이 이용되고 있다(Schwartz *et al.*, 2006; Song *et al.*, 2010; Zheng *et al.*, 2013; Jung *et al.*, 2014).

식물생육가능기간의 변화는 기후변화에 대한 식물의 경쟁과 적응 전략, 특히 농작물의 관리 등에 중요한 의미를 지니고 있다. 국내에서는 Jung 등(2014)이 지난 40여년간 수원지역의 식물생육기간 변화에 대해서 보고한 바 있지만 한반도의 식물생육기간에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 한반도의 식물생육기간의 시공간적인 변화를 평가하기 위하여 기후학적 식물생육기간의 변화를 살펴보았다.

**재료 및 방법**

국내 식물생육기간 모수(식물생육 시작일 및 종료일, 식물생육가능기간)의 변화 정도를 파악하기 위하여 기상청에서 제공한 1970년부터 2013년까지 44년 동안의 일평균기온을 사용하였으며, 고도 250 m 이하의 유인기상관측지점 중에서 위도, 경도, 고도(1.7 m-242.5 m)를 고려하여 19개 지역을 선정하였다(Fig. 1).

기후학적 식물생육기간은 이론적으로 식물이 생장할 수 있는 기간으로 식물종이나 주변 환경에 영향을 받지 않는다는 장점이 있다. 본 연구에서는 식물생육기간 시작일은 5°C 초과 일평균기온이 5일간 지속하는 마지막 날, 식물생육기간 종료일은 10일 이동평균이 5°C 미만인 날, 식물생육가능기간은 식물생육기간 시작일과 종료일의 차로 정의하였다(Carter,

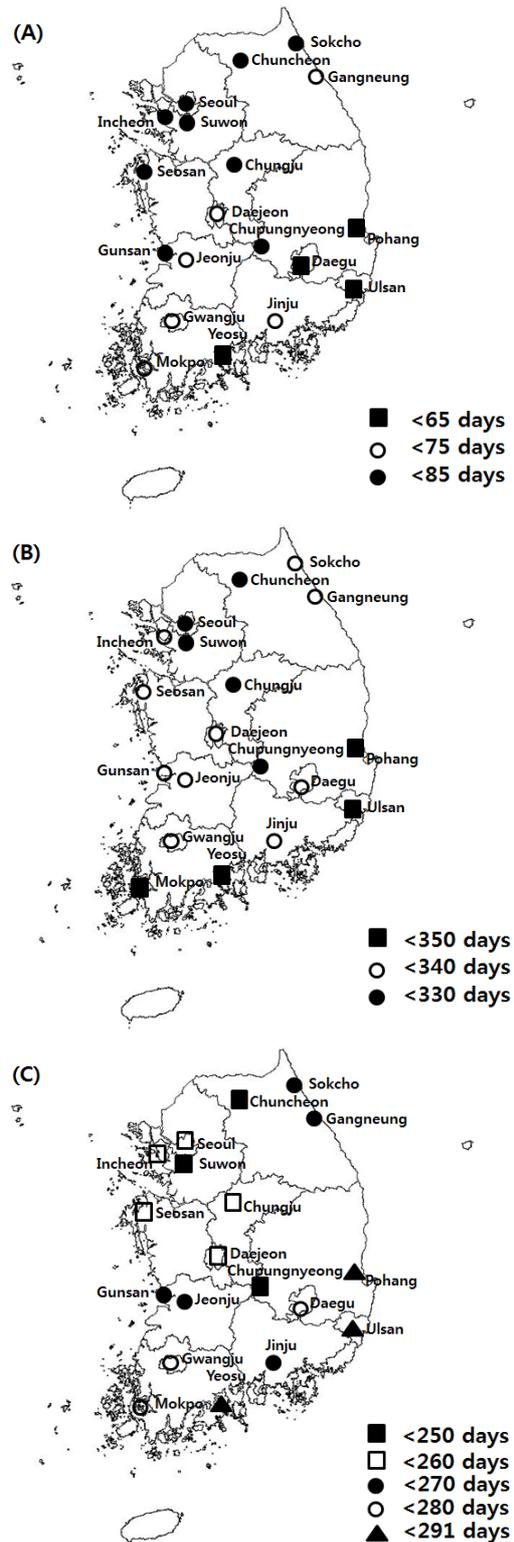


Fig. 2. The mean day of growing season start (A), growing season end (B), and growing season length (C) from 1970 to 2013 in Korea.

1998; Linderholm, 2006). 식물생육기간 시작일, 종료일, 식물생육가능기간 값의 유의성은 맨-켄달 추세테스트(Mann-Kendall trend test)를 사용하였다.

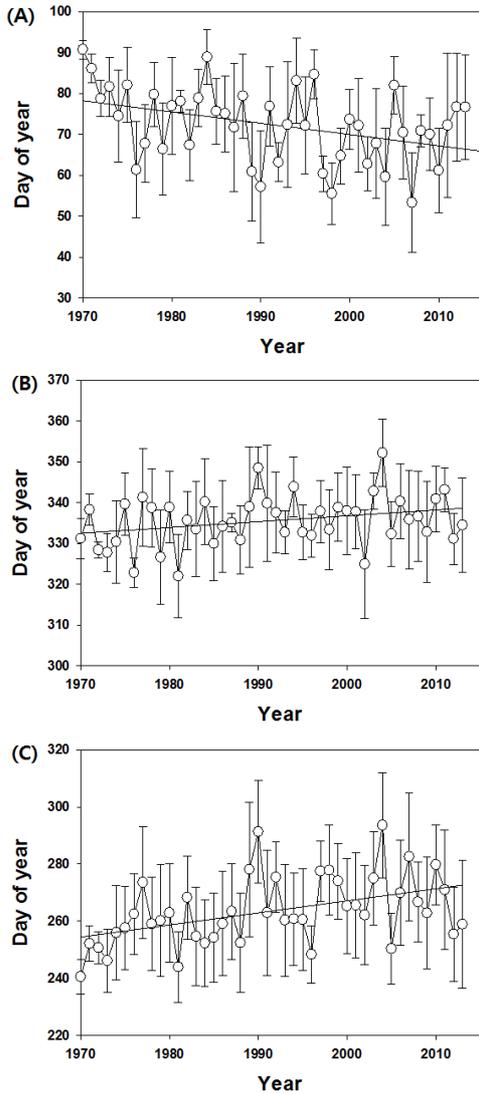


Fig. 3. Changing trend of growing season start (A), growing season end (B), and growing season length (C) for whole stations from 1970 to 2013 in Korea.

**결과 및 고찰**

한반도에서는 지난 44년(1970-2013) 동안 식물생육은 율리우스일 기준으로 전국 평균 72.2±9.09일째부터 시작되었다. 식물생육은 여수(59.7일), 울산(60.3일), 포항(61.0일), 대구(62.9일) 지역에서 가장 이른 시기에 시작되었으며, 춘천(82.6일), 서산(80.3일), 인천(80.3일) 등의 지역에서는 80일 경 이전에 시작되었다(Fig. 2A). 또한 식물생육 종료일은 평균 335.6±6.22일째였다. 춘천(321.3일), 추풍령(327.8일), 수원(328.0일), 서울(329.7일) 등의 지역에서 가장 이른 시기에 식물생육이 정지되었으며, 여수(349.9일), 목포(347.5일) 지역에서 가장 늦게 식물생육이 종료되었다(Fig. 2B). 식물생육가능기간은 전국 평균 263.6±11.92일이었으며, 경기도, 충청도, 영서지역이 가장 짧았으며(260일 미만, 춘천 239일), 여수, 울산 등 남동해안 지역이 상대적으로 길었다(290일 이하, 여

Table 1. Linear trends (days/decade) in growing season start, growing season end, and growing season length for 19 stations from 1970 to 2013 in Korea

Station	Growing season start	Growing season end	Growing season length
Chuncheon	-1.0	0.0	1.0
Chungju	-4.4*	1.7*	6.0*
Chupungnyeong	-1.2	0.0	1.2
Daegu	-4.3*	2.1*	6.4*
Daejeon	-4.1*	1.3	5.3*
Gangneung	-3.2*	1.0	4.1*
Gunsan	-0.8	1.0	1.8
Gwangju	-4.1*	2.2*	6.4*
Incheon	-2.7*	1.2	3.9*
Jeonju	-4.0*	2.0*	6.0*
Jinju	-2.5*	0.0	2.5*
Mokpo	-1.7	1.1	2.7
Pohang	-3.2*	2.3*	5.4*
Seosan	-0.0	1.0	1.0
Seoul	-2.0	0.9	2.9*
Sokcho	-2.8	1.7	4.4*
Suwon	-3.3*	1.1	4.4*
Ulsan	-3.5*	2.5*	6.0*
Yeosu	-3.5*	2.5*	6.1*
Total	-2.7*	1.4*	4.2*

\* means significant trends with p<0.05.

수 290일)(Fig. 2C).

1970년 이래로 식물생육 시작일(growing season start, GSS)은 2.7일/10년 앞당겨졌으며(z=-2.63, p<0.05), 식물생육 종료일(growing season end, GSE)은 1.4일/10년 늦춰졌다(z=1.66, p<0.05). 즉 식물생육가능기간(growing season length, GSL)은 통계적으로 유의하게 4.2일/10년 증가하였다(z=3.25, p<0.05)(Fig. 3).

식물생육 시작일은 모든 지역에서 앞당겨지는 경향을 보였다(Table 1). 충주(4.4일/10일), 대구(4.3일/10년), 대전(4.1일/10년), 광주(4.1일/10년), 전주(4.0일/10년) 등 내륙 지역이 춘천, 속초와 같은 강원 북부지역과 서산, 군산, 목포 등 서해안 지역에 비해 식물생육 시작일 앞당겨짐 경향이 뚜렷했다. 반면 식물생육 종료일은 대부분 지역에서 늦춰지는 경향을 보였다. 충주, 대구, 광주, 전주와 같은 내륙 일부 지역과 및 여수, 울산, 포항과 같은 남동부 해안 일부 지역만 식물생장 종료일이 유의하게 늦춰졌다. 하지만 춘천, 추풍령, 진주 지역은 식물생장 종료일이 변화하지 않았다.

빨라진 식물생장 시작일과 늦춰진 식물생장 종료일로 인해 식물생육가능기간은 모든 지역에서 증가하는 경향을 보였다(Table 1). 특히 대구(6.4일/10년), 광주(6.4일/10년), 여수(6.1일/10년), 울산(6.0일/10년), 충주(6.0/10년), 전주(6.0/

10년) 지역이 증가율이 컸다. 반면 춘천, 추풍령 지역과 서산, 군산, 목포와 같은 서해안 지역은 통계적으로 유의한 증가를 보이지 않았다( $p>0.05$ ). 이와 같은 결과는 한반도 남동부지역이 서해안 지역 혹은 고도가 비교적 높은 강원 북부 지역보다 지구온난화의 영향을 많이 받은 지역임을 보여준다.

유럽의 경우 기후학적 식물생육가능기간이 2.1일/10년이 증가하였으며(Menzel *et al.*, 2003), 중국의 기후학적 식물생육가능기간은 1.8일/10년이 증가하였다(Song *et al.*, 2010). 이에 반해, 식물생육기간 지수별 차이는 있지만 한반도 식물생육기간의 큰 변화는 한반도의 지구온난화 정도가 다른 지역에 비해 큰 것을 의미하였다.

식물생육가능기간의 증가는 봄철 기온증가와 일최저기온 증가에 따른 것으로 보인다(Chen *et al.*, 2005; Song *et al.*, 2010, Zheng *et al.*, 2013). 특히 식물생육 시작일의 앞당겨짐 비율이 종료일의 늦춰짐 비율보다 큰 현상은 유럽, 북아메리카, 아시아 등 북반구 전 지역에서 관찰되었다(Menzel *et al.*, 2001; Menzel *et al.*, 2003; Walther and Linderholm, 2006; Song *et al.*, 2010; Jung *et al.*, 2014).

한반도 미래 기후변화 시나리오에서 가을과 겨울의 기온 상승 경향이 타 계절에 비해 상대적으로 클 것으로 전망되기 때문에, 향후 식물생육 시작일의 앞당겨짐 뿐만 아니라 식물생육 종료일의 늦춰짐의 가속화로 인한 식물생육가능기간은 더 증가할 것으로 보인다. 또한 북동부 지역의 기온상승 경향이 다른 지역보다 더 클 것으로 전망되기 때문에 이 지역의 식물생육기간 모수의 변화가 클 것으로 판단된다.

### Acknowledgement

This study was supported by the Rural Development Administration under the "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development" (Project No. PJ009353).

### References

- Carter, T. R. (1998). Changes in the thermal growing season in Nordic countries during the past century and prospects for the future. *Agricultural and Food Science in Finland*, 7(2), 161-179.
- Chen, X. Q., Hu, B., & Yu, R. (2005). Spatial and temporal variation of phenological growing season and climate change impacts in temperate eastern China. *Global Change Biology*, 11(7), 2266-2278.
- Delbart, N., Picard, G., Le Toan, T., Kergoat, L., Quegan, S., Woodward, I., Dye, D., & Fedotova, V. (2008). Spring phenology in boreal Eurasia over a nearly century time scale. *Global Change Biology*, 14(3), 603-614.
- Jung, M. P., Shim, K. M., Kim, Y. S., Choi, I. T., & So, K. H. (2014). Trend of climatic growing season using average daily temperature (1971-2013) in Suwon Korea. *Journal of Climate Change Research*, 5(4), 285-289.
- Linderholm, H. W. (2006). Growing season changes in the last century. *Agricultural and Forest Meteorology*, 137(1), 1-14.
- Linderholm, H. W., Walther, A., & Chen, D. (2008). Twentieth-century trends in the thermal growing season in the Greater Baltic Area. *Climatic Change*, 87(3-4), 405-419.
- Menzel, A., Estrella, N., & Fabian, P. (2001). Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996. *Global Change Biology*, 7(6), 657-666.
- Menzel, A., Jakobi, G., Ahas, R., Scheifinger, H., & Estrella, N. (2003). Variations of the climatological growing season (1951-2000) in Germany compared with other countries. *International Journal of Climatology*, 23(7), 793-812.
- Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., & Roy, D. B. (2006). Altered geographic and temporal variability in phenology in response to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 15(5), 498-504.
- Miller-Rushing, A. J., & Primack, R. B. (2008). Global warming and flowering times in Thoreau's Concord: a community perspective. *Ecology*, 89(2), 332-341.
- Morin, X., Lechowicz, M. J., Augspurger, C., O'KEEFE, J. O. H. N., Viner, D., & Chuine, I. (2009). Leaf phenology in 22 North American tree species during the 21st century. *Global Change Biology*, 15(4), 961-975.
- Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421(6918), 37-42.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37, 637-669.
- Schwartz, M. D., Ahas, R., & Aasa, A. (2006). Onset of spring starting earlier across the Northern Hemisphere. *Global Change Biology*, 12(2), 343-351.
- Song, Y., Linderholm, H. W., Chen, D., & Walther, A. (2010). Trends of the thermal growing season in China, 1951-2007. *International Journal of Climatology*, 30(1), 33-43.
- Walther, A., & Linderholm, H. W. (2006). A comparison of growing season indices for the Greater Baltic Area. *International Journal of Biometeorology*, 51(2), 107-118.
- Zheng, H., McLaughlin, N. B., He, X., Yu, X., Ren, Z., & Zhang, D. (2013). Temporal and geographical variation in the onset of climatological spring in Northeast China. *Theoretical and Applied Climatology*, 114(3-4), 605-613.