주왕산국립공원 식물종의 생물계절성

강신구¹ · 김병도¹ · 신헌택² · 박기환³ · 이명훈³ · 윤정원³ · 성정원³ · 김기송^{3,*}

¹대구수목원 ²국립수목원 ³영남대학교 조경학과

The Plants for Phenology of the Mt. JuWang National Park

Shin-Koo Kang¹, Byung-Do Kim¹, Hyun-Tak Shin², Ki-Hwan Park³, Myung-Hoon Yi³, Jung-Won Yoon³, Jung-Won Sung³ and Gi-Song Kim^{3,*}

¹Daegu Arboretum, Daegu 704-838, Republic of Korea,

²Korea National Arboretum, Pocheon 487-821, Republic of Korea,

³Department of Landscape Architecture, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Republic of Korea

Abstract

The purpose of this study was to conduct phenology monitoring of forest plant species in Mt. JuWang National Park, thereby establish long-term prediction and management system for species susceptible to climate change, and utilize the result as basic materials necessary for conservation of plant genetic resources in accordance with changes in their growth environment. Global Positioning System coordinates were marked on each indicator species and a specific number ticket was provided to each plant. Changes in their blooming time, time of blossoms falling, time of leaves bursting into life, and time of leaves turning, and time of leaves falling were recorded. Investigation was made once per week from April 10 in 2010 to November 30 in 2011 except for the time period between July and August when investigation was made biweekly. The investigated plants concerned 12 kinds-nine species of trees and three kinds of herbs. According to the result of the phenology monitoring of Mt. JuWang National Park, their time of leaves bursting into life, time of leaves turning, and time of leaves falling were largely earlier in 2011 than in 2010. However, it is hard to say that it is due to the factor of climate change. Long-term collection of climate data and continuous monitoring of plant phenology are considered necessary in order to examine correlation between climate change and seasonal change patterns of plants.

Key Words: climate change, endemic plants, rare plants, Mt. Juwang

서론

수십 년 또는 그 이상 지속되는 기후. 즉, 일정기간 동안의 평균적인 기후 변동상태가 통계적으로 중용한 의미를 가지게 되는 경우를 '기후변화'라고 말한다. 이러한 기후변화는 자연적인 원인에 의해 발생하기도 하지만

인간 활동에 따른 인위적인 원인에 의해 발생하며 지금도 지구환경은 급변하고 있다. 지구온도는 온실효과로 인하여 지난 1906년부터 2005년까지 100년간 $0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ 가 상승하였고, 해수면은 1961년부터 1993년까지 매년 1.8 mm씩 상승하였다(IPCC 2007).

이와 함께 식물의 조기 개화, 새들의 조기 산란, 동·

Received: July 31, 2012. Revised: November 6, 2012. Accepted: November 13, 2012.

Corresponding author: Gi-Song Kim

Department of Landscape Architecture, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Republic of Korea

Tel: 82-53-810-3807, Fax: 82-53-810-4660, E-mail: survival7@nate.com

식물의 서식지 변화, 연안 지역의 백화 현상 증가, 생물 다양성의 감소 등 자연 생태계에도 다양한 변화가 발생하고 있다. 산림생태계의 변화 가운데 가장 두드러지게 관찰되는 것은 생물계절 변화와 수종분포의 이동이며, 일반적으로 수종별로 온도와 수분에 대한 내성범위의 차이로 인해 기후가 수종별 분포에 영향을 미치고 있다(Yim 2008). 이에 따라 우리나라에서도 국가적으로 기후 변화가 자연 생태계에 미치는 영향에 대한 연구가 활발히 수행되어 왔다(Ministry of Science-Technology 1995; Korea Forest Service 2008; Ministry of Environment 2008; Korea Forest Research Institute 2009).

생물계절성은 기후변화를 반영하는 중요한 지표 중 하나이자, 변화하는 환경조건을 표현하는 종합생물지표이다. 이는 새의 이동, 곤충의 성장단계, 식물의 개화시기 등 반복적으로 일어나는 자연현상의 시기와 기후 사이의 관계에 초점을 두고 있다. 그 중 식물의 계절성은 지역별 기후변화에 식물이 어떻게 반응하는가를 정의하는데 가장 민감한 자료 중 하나이다. 이러한 식물 계절에 영향을 미치는 주요 인자는 온도와 수분이며, 지역적 규모 차원에서 주로 온도에 영향을 받는다(Romberger 1993). 온도가 상승하게 되면 식물의 발아와 개화, 개엽과 같은 봄철 식물계절은 점차 앞당겨지게 된다. 그러므로 범지구적, 지역적 차원에서 식물종 분포 변화 등에 대한 지속적인 모니터링을 수행하고, 향후 변화를 예측하여 식물종을 안정적으로 보전할 수 있는 기반을 마련하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다(Korea Forest Service and National Arboretum 2010). 또한, 식물계절성은 기후변화와 전지구적인 온도 상승의 잠재적인 영향을 평가하는 데 중요한 지표로 인식되고 있다.

생물계절성에 대한 연구는 Yim et al. (1983)이 한국의 온도기후와 생물의 계절변화에 대해 연구하였으며, Lee et al. (2003)은 기상청의 계절 관측을 통해 식물계절의 변동성을 분석하였다. 또한 최근 들어 금원산(Yu et al. 2011), 지리산(Shin et al. 2011), 덕유산(Kim et al. 2011)을 대상으로 생물계절성 연구가 이루어졌으며, 점봉산과 봉의산을 대상으로 미기후 변화에 따른 식물계절 차이에 관한 연구가 수행되었다(Jo and Ahn 2008). 하지만 생물계절성 연구의 특성과 경향을 파악하기 위해서는 다양한 식물지리학적 조건에서 연구가 이루어져야 하며, 현재까지 경상북도 지역에 대한 연구는 미비한 실정이다.

본 조사지역인 주왕산 국립공원은 경북의 청송군과 영덕군 지역에 걸쳐져 있으며, 1976년 3월 30일에 국립공원으로 지정 되었고, 지정 면적은 총 107.425 km²에 달

한다. 주왕산 국립공원의 식물에 관한 연구로는 Lee and Oh (1985)에 의해 96과 290속 491종이 분포하는 것으로 알려져 있다. 또한 멸종위기야생식물인 망개나무, 노랑무늬붓꽃, 둥근잎팽의비름 등이 자생하고 있다.

이에 본 연구는 주왕산을 대상으로 생물계절성 연구를 위한 조사종의 선정과 모니터링을 시행하여 분석함으로써 기후인자에 따른 식물의 변화 연구를 통해 기후 변화에 취약한 식물자원의 장기예측과 관리시스템을 확립하고자 한다. 또한, 기존 연구와의 공통종을 비교하여 개체 간 차이를 분석하고, 생물환경 변화에 따른 주왕산 국립공원 내 멸종위기야생식물 등의 식물유전자원 보전에 필요한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

미기상장비 설치

기상측정은 기후변화에 취약한 조사대상 식물이 분포하는 장소에 미기상장비를 설치하여 온도변화추이를 조사하였다. 기상장비는 주왕산 국립공원 관리사무소(N36°23'38.1" E129°08'33.2")에 설치하여 2010년 1월 초부터 2011년 12월말까지 측정하였다. 미기상측정장비는 Hobo센서 중 온도와 습도는 간이백엽상(RS3)에 넣어서 TMB-M006으로 측정하였으며, 보조측정은 온습도 센서인, U23시리즈(Onset사, HOBO Pro V2 Temp/RH)를 사용하였다.

지표식물 모니터링

각 지표종에 GPS (GARMIN, GPS60CS)로 좌표를 표시하고 각 식물마다 고유 번호표를 부여하였으며, 개화시기, 낙화시기, 개엽시기, 낙엽시기 및 단풍시기의 변화를 기록하였다. 조사대상개체와 인근 동일종간의 오차를 줄이기 위하여 주변의 동일종에 대하여 3개체 이상을 조사하였으며, 평균을 고려하여 측정하였다. 2010년 4월 10일부터 2011년 11월 30일까지 1주 1회 조사하는 것을 원칙으로 하고 7월과 8월은 생물계절성 시기의 변화가 적어 2주 1회 조사를 실시하였다(Korea Forest Service and National Arboretum 2009).

생물기후학적 조사 대상식물은 희귀식물과 특산식물 중 조사지역에 서식하고 있는 지역종과 전국에 걸쳐 고르게 분포하고 있는 공통종을 중심으로 Korea Forest Service (2010)의 조사 매뉴얼에 의하여 선정하였다. 조사대상식물은 12종으로 목본은 갈참나무, 망개나무, 복자기, 분꽃나무, 산철쭉, 생강나무, 소나무, 진달래, 철쭉 9종이고, 초본은 깽깽이풀, 노랑무늬붓꽃, 둥근잎팽의

비름 3종이다(Fig. 1, Table 1).

조사대상식물에 대한 측정은 잎의 변화와 꽃의 변화를 측정하였으며 3개체를 대상으로 각 개체의 변화를 평균하여 시기를 선정하였다. 각 수종의 성장특성별 측정 방법은 낙엽활엽수의 경우 개엽시기는 파열된 잎이 완전히 퍼져 나올 때로 보았으며, 단풍 시기는 전체 잎 중에 단풍이 든 것이 세군데 이상 관찰되었을 때로 보고, 낙엽시기는 각 개체당 전체 90-100%의 잎이 떨어진 시기를 기록하였으며, 개화시기는 한 개체의 세 위치에서 개화된 꽃이 처음 관찰되었을 때 개화시기로 보고, 각 개체당 꽃의 90-100%가 떨어진 시기를 평균적으로 관찰하여 낙화시기로 보았다.

침엽수의 경우 개엽시기는 잎눈이 파열하여 완전히 퍼진 어린 잎이 보이기 시작할 때로 보았으며, 단풍시기는 잎갈기로 잎의 색이 변하기 시작한 시기로, 낙엽시기

는 색이 변한 잎 중에서 90-100%가 떨어진 시기로 판단하였다. 또한, 꽃가루가 날리기 시작하는 시기를 개화시기로 보았으며, 전체 90-100%의 꽃가루가 날린 시기를 낙화시기로 판단하였다.

초본류의 경우에는 개엽시기는 식물이 한 위치에서, 완전히 퍼진 잎이 관찰되었을 때로 보았으며, 잎의 색이 변하기 시작한 시기를 단풍시기로, 전체의 90-100%의 잎이 시들거나 떨어진 시기를 낙엽시기로 보았으며, 꽃의 변화에서 꽃눈이 파열되어 개화된 꽃이 처음 관찰될 때를 개화시기로, 전체 꽃이 90-100% 정도 시들거나 떨어진 시기를 낙화시기로 보고 측정하였다.

결과 및 고찰

기상개황

연구 대상지의 미기상 자료는 2010년 1월 1일부터 2011년 12월 31일까지 측정되었으며, 조사 결과 일평균 온도가 가장 높을 때는 2011년 6월 23일 27.2°C로 조사되었으며, 가장 낮을 때는 2011년 1월 16일 -12.7°C로 나타났다(Fig. 2). 일최고온도는 2011년 8월 4일 33.6°C, 일최저온도는 2011년 1월 17일 -19.5°C로 조사되었다(Fig. 3).

일평균상대습도가 가장 낮을 때는 2010년 12월 24일 34%로 나타났으며(Fig. 4), 상대습도는 최고 100%, 최소 7.3%로 조사되었다(Fig. 5).

지표식물 모니터링

지표식물의 생리적 사이클은 개화, 낙화, 개엽, 단풍, 낙엽 등 5개의 특성으로 구분하여 각 지표식물의 생리적

Fig. 1. Study area of Mt. Juwang National Park (Number: Study plant).

Table 1. The list of the plant species in the investigated area

No	Family name	Scientific name	Korean name
1	Pinaceae	<i>Pinus densiflora</i> Siebold&Zucc.	소나무
2	Fagaceae	<i>Quercus aliena</i> Blume	갈참나무
3	Lauraceae	<i>Lindera obtusiloba</i> Blume	생강나무
4	Berberidaceae	<i>Jeffersonia dubia</i> (Maxim.) Benth. &Hook.f.	깽깽이풀
5	Crassulaceae	<i>Hylotelephium ussuriense</i> (Kom.) H.Ohba	등근잎평의비름
6	Aceraceae	<i>Acer triflorum</i> Kom.	복자기
7	Rhamnaceae	<i>Berchemia berchemiaefolia</i> (Makino) Koidz.	망개나무
8	Ericaceae	<i>Rhododendron jedoense</i> for. <i>ponkhanense</i> (H.Lev.) Sugim.	산철쭉
9	Ericaceae	<i>Rhododendron mucronulatum</i> Turcz.	진달래
10	Ericaceae	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim.	철쭉
11	Caprifoliaceae	<i>Viburnum carlesii</i> Hemsl.	분꽃나무
12	Iridaceae	<i>Iris odaesanensis</i> Y.N.Lee	노랑무늬붓꽃

Fig. 2. Mean daily temperature (2010 · 2011).

Fig. 4. Mean daily relative humidity (2010 · 2011).

Fig. 3. Mean daily maximum and minimum temperature (2010 · 2011).

Fig. 5. Mean daily maximum and minimum relative humidity (2010 · 2011).

변화 시작 시점을 기록하였다. 각 생리적 특성의 시작 시점은 2010년과 2011년으로 구분하여 기후변화에 따른 사이클 변화추이를 분석하였다. 또한 복자기나무의 개화시기와 낙화시기 등 관찰하지 못한 생리적 변화는 제외하였다. 분석 결과 개화시기와 낙화시기는 2년간 비슷한 경향을 보였으며, 개엽시기, 단풍시기, 낙엽시기에 있어서는 대부분의 식물들이 2010년보다 2011년에 빨리 이루어지는 경향을 볼 수 있었다(Table 2).

경남지역의 생물계절성연구가 이루어졌던 지리산의 경우 2010년 세석지역이 최고온도 26.2°C, 최저온도 -19.1°C, 상대습도는 최고 92.3%, 최소 7.7%이며, 칠선지역의 온도는 최고 22.3°C, 최소 -20.3°C로, 상대습도는 최고 100%, 최소 1.0%였다(Shin et al. 2011). 또한 금원산의 경우 온도는 최대가 28.3°C, 최소가 -14.7°C이며, 상대습도는 최고 100%, 최소 8.8%로 조사되었다(Yu et al. 2011).

주왕산국립공원과 두 지역과의 공통종을 비교해보면, 생강나무의 개화는 지리산이 4월 14일과 금원산이 4월 5일에 이루어졌으며, 주왕산의 경우 4월 2일에 다소 이른 개화를 보였다. 또한 소나무의 경우도 주왕산이 5

월 22일이 개화하여 지리산의 6월 21일과 금원산의 5월 24일보다 빨랐다. 개화시기의 경우 내생휴면(endodormancy) 해제 이후에 온도조건만 맞으면 생장을 재개하여 발아와 개화가 이루어진다(Jung et al. 2005). 따라서 온도가 단연 지배적이라 할 수 있는데 지역적 차이와 해발고도, 사면의 방향 등에 따라 달라질 수 있고, 식물의 생육상태에 따라서도 달라질 수 있기 때문에(Yim 1987) 장기적이며 다양한 조건에서의 모니터링과 비교가 이루어져야 한다. 2010년의 진달래 개엽시기의 경우 지리산이 5월 11일, 금원산이 5월 10일, 주왕산의 경우 5월 4일에 개엽하여 개화와 마찬가지로 빨랐다. 철쭉의 단풍시기는 지리산이 9월 29일, 금원산이 9월 27일로 조사되었고, 주왕산은 10월 14일에 단풍이 시작되어 주왕산이 늦었다. 비교결과를 종합해보면, 주왕산의 관찰종이 개화와 개엽시기는 빠르게 나타났으며, 단풍시기는 늦은 것으로 나타났다. 이러한 각 개체간 생리적 변화는 해발고도의 차이가 가장 큰 요인으로 판단되며, 공통종간 두드러진 특징은 나타나지 않았다.

개화: 개화시기 분석 결과 대부분의 식물들이 2010년과 2011년에 유사한 시기에 개화가 이루어진 것으로 조

Table 2. Comparison of plant phenological cycle (2010~2011)

No	Scientific name	Flowering		Fallen blossoms		Aestivation		Red leaves		Fallen leaves	
		2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
1	<i>Quercus aliena</i> Blume.	5/4	5/5	5/18	5/15	5/4	5/1	10/26	10/13	11/4	11/2
2	<i>Jeffersonia dubia</i> (Maxim.) Benth. & Hook.f.	4/13	4/16	4/22	4/23	4/13	4/16	8/9	8/28	9/1	10/13
3	<i>Iris odaesanensis</i> Y.N.Lee.	4/27	5/1	5/11	5/5	-	-	10/26	10/18	11/23	11/16
4	<i>Hylotelephium ussuriense</i> (Kom.) H.Ohba.	9/15	9/16	10/14	10/13	4/13	4/2	10/26	10/26	11/1	11/2
5	<i>Berchemia berchemiaefolia</i> (Makino) Koidz.	6/19	6/19	6/29	7/1	-	5/15	9/29	9/30	10/26	10/18
6	<i>Acer triflorum</i> Kom.	-	-	-	-	5/4	5/1	11/4	11/2	11/10	11/9
7	<i>Viburnum carlesii</i> Hemsl.	5/4	5/1	5/11	5/15	4/13	4/23	10/8	9/16	11/10	10/18
8	<i>Rhododendron yedoense</i> for. <i>poukhanense</i> (H.Lev.) Sugim.	4/27	5/5	5/18	5/15	5/4	5/1	10/14	9/30	11/4	10/26
9	<i>Lindera obtusiloba</i> Blume	-	4/2	4/22	4/10	5/4	5/1	10/8	8/28	10/26	9/16
10	<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc.	-	5/22	-	5/29	6/22	6/10	10/8	10/9	11/4	11/16
11	<i>Rhododendron mucronulatum</i> Turcz.	4/22	4/16	5/4	5/1	5/4	5/1	11/4	10/18	11/10	10/26
12	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim.	5/4	5/5	5/11	5/15	5/11	5/5	10/14	9/16	11/4	10/18

Fig. 6. Comparison of flowering time, 2010-2011 (1, *Quercus aliena*; 2, *Jeffersonia dubia*; 3, *Iris odaesanensis*; 4, *Hylotelephium ussuriense*; 5, *Berchemia berchemiaefolia*; 6, *Viburnum carlesii*; 7, *Rhododendron yedoense* for. *poukhanense*; 8, *Rhododendron mucronulatum*; 9, *Rhododendron schlippenbachii*).

사되었다(Fig. 6). 이 중 산철쭉은 2010년도에 비해 2011년에 8일 늦게 개화가 이루어졌으며, 진달래는 6일 일찍 개화가 이루어져 각각 상이하였다. 이러한 결과로 개화 시기의 비교에 있어서 뚜렷한 특징을 나타내지 않았다. 따라서 추후 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

낙화: 낙화시기 분석 결과 개화시기와 마찬가지로 전년도와 유사한 시기에 낙화가 이루어졌다(Fig. 7). 대상종 10종 중 갈참나무, 깽깽이풀, 망개나무, 분꽃나무, 철

Fig. 7. Comparison of fallen blossoms time, 2010-2011 (1, *Quercus aliena*; 2, *Jeffersonia dubia*; 3, *Iris odaesanensis*; 4, *Hylotelephium ussuriense*; 5, *Berchemia berchemiaefolia*; 6, *Viburnum carlesii*; 7, *Rhododendron yedoense* for. *poukhanense*; 8, *Lindera obtusiloba*; 9, *Rhododendron mucronulatum*; 10, *Rhododendron schlippenbachii*).

쭉 5종이 1-4일 정도 늦어졌으며, 노랑무늬붓꽃, 둥근잎 평의비름, 산철쭉, 생강나무, 진달래 5종이 1-12일 정도 낙화가 빨라졌다. 이 중 노랑무늬붓꽃은 6일, 생강나무는 12일 정도 다소 큰 차이를 보였으나, 이는 기후변화에 따른 요인보다는 각 개체의 생리적 특성에 따른 것으로 보인다.

개엽: 개엽시기 분석 결과 전체 지표수종 10종 중 깽깽이풀이 3일, 분꽃나무가 10일 개엽이 늦어진 것으로 조

Fig. 8. Comparison of aestivation time, 2010-2011 (1, *Quercus aliena*; 2, *Jeffersonia dubia*; 3, *Hylotelephium ussuriense*; 4, *Acer triflorum*; 5, *Viburnum carlesii*; 6, *Rhododendron yedoense* for. *poukhanense*; 7, *Lindera obtusiloba*; 8, *Pinus densiflora*; 9, *Rhododendron mucronulatum*; 10, *Rhododendron schlippenbachii*).

Fig. 9. Comparison of red leaves time; 2010-2011 (1, *Quercus aliena*; 2, *Jeffersonia dubia*; 3, *Iris odaesanensis*; 4, *Hylotelephium ussuriense*; 5, *Berchemia berchemiaefolia*; 6, *Acer triflorum*; 7, *Viburnum carlesii*; 8, *Rhododendron yedoense* for. *poukhanense*; 9, *Lindera obtusiloba*; 10, *Pinus densiflora*; 11, *Rhododendron mucronulatum*; 12, *Rhododendron schlippenbachii*).

사되었다. 하지만 2종을 제외한 8종의 개엽시기는 빨라졌다. 이 중 갈참나무, 복자기, 산철쭉, 생강나무, 진달래는 3일 정도의 차이를 보였으며, 철쭉은 6일, 둥근잎평의비름은 11일, 소나무는 12일 빠른 것으로 나타났다(Fig. 8). 따라서, 2011년의 개엽시기는 2010년에 비해 대체로 빠른 것으로 나타났으며, 이는 2010년 봄철의 온도가 변동폭이 크고 기상이변이 잦았던 것 등이 영향을 미친 것으로 판단된다.

단풍: 단풍시기 분석 결과 12종의 지표수종 중 갯쟁이풀은 19일 늦어졌으며, 망개나무와 소나무는 1일이 늦어졌다. 또한 3종을 제외한 9종은 2-41일 빨라졌다(Fig. 9). 이 중 갈참나무는 13일, 산철쭉은 14일, 진달래는 17일,

Fig. 10. Comparison of fallen leaves time, 2010-2011 (1, *Quercus aliena*; 2, *Jeffersonia dubia*; 3, *Iris odaesanensis*; 4, *Hylotelephium ussuriense*; 5, *Berchemia berchemiaefolia*; 6, *Acer triflorum*; 7, *Viburnum carlesii*; 8, *Rhododendron yedoense* for. *poukhanense*; 9, *Lindera obtusiloba*; 10, *Pinus densiflora*; 11, *Rhododendron mucronulatum*; 12, *Rhododendron schlippenbachii*).

분꽃나무는 22일, 철쭉은 28일, 생강나무는 41일이 빨라졌다. 이는 2011년 여름철 강수량이 전년도에 비해 많았으며, 9월 초순과 10월 초순의 일 최저온도가 일시적으로 낮아짐으로 인해 대부분의 수종의 단풍시기가 빨라진 것으로 판단된다.

낙엽시기 분석 결과 지표수종 12종 중 3종은 늦게, 9종은 빨리 낙엽이 이루어졌다(Fig. 10). 이 중 갯쟁이풀은 늦게 42일, 소나무는 12일 늦게 낙엽이 졌으며, 분꽃나무가 23일 빨리, 생강나무는 40일 빨리, 진달래는 15일 빨리, 철쭉은 17일 빨리 낙엽이 이루어져 전년도에 비해 큰 차이를 나타내었다. 하지만 시기적으로 일정한 패턴을 보이지는 않았으며, 2010년에 수종간 낙엽 시기가 비슷했던 것에 비해 2011년은 변동 폭이 큰 것으로 보아 폭우에 의한 조기낙엽이나 각각의 개체의 생리적 특성에 의한 요인이 작용했을 것으로 판단되었다.

결론

본 연구는 주왕산 자생식물들의 기후변화에 따른 생물계절성 및 개체군 동태를 장기모니터링함으로써 기후변화 취약식물종의 안정적 보전 방안을 강구하기 위한 연구의 기초연구로, 이 지역 식물의 생물계절성을 연차적으로 모니터링하기 위해 수행되었다. 조사대상 식물은 12종으로 목본은 갈참나무, 망개나무, 복자기, 분꽃나무, 산철쭉, 생강나무, 소나무, 진달래, 철쭉 9종이고, 초본은 갯쟁이풀, 노랑무늬붓꽃, 둥근잎평의비름 3종이다.

지표식물 모니터링 결과 개화와 낙화시기에 있어서

일정한 규칙성이 없이 전년도와 비슷한 시기에 이루어졌으며, 개엽 시기의 경우 대부분의 지표식물이 3-12일 정도 빨라졌다. 이는 봄철 온도상승과 기상이변의 영향으로 식물의 생리적 특성이 영향을 받은 것으로 보인다.

단풍시기 분석 결과, 꾀꼬리풀, 망개나무, 소나무를 제외한 9종이 2-41일 정도 빨라진 것으로 조사되어, 2011년의 여름철 강수량과 초가을의 일최저온도 하강이 영향을 미친 것으로 판단되며, 낙엽시기의 경우 일정한 패턴을 보이지는 않았지만 일부 수종이 큰 차이를 보였으며, 이는 폭우 등에 의한 조기 낙엽현상으로 추정된다.

결론적으로, 주왕산 국립공원에 대한 생물계절성 조사 결과 개엽시기, 단풍시기, 낙엽시기에 있어서 2010년 보다 2011년이 대체적으로 빠른 것으로 관찰되었다. 하지만 이는 선행연구들과 마찬가지로 기후변화의 요인만으로 보기 어려운 점이 있으며, 장기간의 기후데이터의 수집과 식물의 계절성 변화에 대한 지속적인 모니터링이 실시되어야만 기후변화와 식물계절 변화의 상관관계를 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 최근 미국이나 유럽 등을 중심으로 기후변화에 따른 생물계절성 연구가 장기간에 걸쳐 이루어지고 있다는 점에서 국내에서도 다양한 환경조건의 페놀로지 데이터베이스(Phenology database) 구축이 시급할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산림청 및 국립수목원에서 시행한 기후변화 취약산림식물종 보존적응사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- IPCC 2007. Climate Change 2007: The physical science basis-summary for policy makers, IPCC WGI Fourth Assessment Report, 21.
- Jo HG, Ahn TW. 2008. Differences in phenological phases of plants subsequent to microclimate change. *Korea J Env Eco* 22: 221-229.
- Jung JE, Kwon EY, Jung YL, Yun JI. 2005. Predicting cherry flowering date using a plant phenology model. *Korean J Agricultural and Forest Meteorology* 7: 148-155.
- Kim HJ, Hong JK, Kim SC, Oh SH, Kim JH. 2011. Plant phenology of threatened species for climate change in sub-alpine zone of Korea-especially on the summit area of Mt. Deogyusan-. *Korean J Plant Res* 24: 549-556.
- Korea Forest Research Institute. 2009. Climate change impacts and adaptation of forest ecosystems. Korea.
- Korea Forest Service. 2008. Climate change impact on forestry. forest industry and the corresponding research. Korea.
- Korea Forest Service and National Arboretum. 2009. Manual of conservation project of threatened plants for climate change. Korea.
- Korea Forest Service and National Arboretum. 2010. Manual of conservation project of threatened plants for climate change. Korea.
- Lee SB, Shin GS, Jo YS, Son SH. 2003. The impact of climate change on the Korea appeared phenological. *Korean J Atmospheric* 13: 468-471.
- Lee YN, Oh YJ. 1985. Plants of Mt. Juwang National Park. The Korean association for conservation of nature. Nature Conservation Research Report 23: 37-61.
- Ministry of Environment. 2007. Factors of climate change. Available online at www.gihoo.or.kr. Accessed 13 Jun 2012.
- Ministry of Environment. 2008. 기후변화 대응 종합계획. 환경부 보고서.
- Ministry of Science-Technology. 1995. Studies on Potential Effects of Climate Change on Korea and Strategic Measures for Global Environment (II). pp 96-131.
- Romberger JA. 1993. Meristems, growth and development in woody plants. USDA For Serv Tech Bull No, pp1293.
- Shin JS, Yu NH, Kang HG, Shin HT. 2011. A study on the plants for phenology of the Mt. Jiri National Park. *J Korean Env Res Tech* 14:47-57.
- Yim JH. 2008. 기후변화에 따른 식생대 이동과 생물군집 변화. *숲과문화* 17: 13-18.
- Yim YJ, Yim MG, Sim JG. 1983. The thermal climate and phenology in Korea. *J Korean Plant Biology* 26: 101-117.
- Yim YJ. 1987. The effects of thermal climate on the flowering dates of plants in South Korea. *Korean J Apiculture* 2: 9-28.
- Yu NH, Shin JS, Kang HG, Shin HT. 2011. A study on the plants for phenology of the Mt. Gumwon. *J Climate Res* 6: 77-87.