韓國環境復元技術學會誌 15(2) : 127～136(2012)
J. Korean Env. Res. Tech. 15(2) : 127～136(2012)

도시녹지 내 주요 식물상의 개엽시기 및 잎의 성장 특성 비교*

장 갑 수

영남대학교 생명과학과

Comparing a Perspective on the Leaf Burst Timing and Leaf Growth Performance of Major Plants observed in Urban Forests*

Jang, Gab-Sue

Department of Life Science, Yeungnam University.

ABSTRACT

Global climate change and urban heat island have been the main factors which changed leaf burst timing and leaf growth performance in urban forests. Therefore, the ecosystem in urban forests were modified and the types and composition of wildlives, living in the urban forests, were desperately changed due to the urban heat island. This study was done to identify phenological phenomena appeared in urban forests due to the urban climate change by comparing the morphological changes of leaves due to the change of temperature in Spring.

The study focused on nine urban forests distributed in Daegu city, where weekly temperature and the morphological changes of the plants were mainly observed. Urban forests had different temperature depending on where each was located in the urban area. The difference of temperature in forests in and outside the urban area was verified by SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), which divided the urban forests into about three groups; the one located outside the city, another group located in the middle of the city, and the other located close to the outside forests.

The forests located in the middle of the city were showing the earlier leaf burst timing and leaf growth performance, while forests, distributed outside the city, were showing relatively late leaf burst timing and leaf performance.

* 본 연구는 2011년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NO. 2011-0014598).

Corresponding author : Jang, Gab-Sue, Department of Life Science, Yeungnam University,
Tel : +82-53-810-2371, E-mail : sunside@ynu.ac.kr

Received : 5 March, 2012. **Revised** : 13 March, 2012. **Accepted** : 26 March, 2012.

Key Words : *Urban forest, leaf burst timing, Leaf growth performance, Climate change.*

I. 서 론

최근의 기후변화는 과거의 자연적인 변화에 비해 100배 빠르게 진행되고 있다. 급격한 기후변화로 인해 온난화가 계속되면서 따뜻한 기후조건을 선호하는 난대성 식생대가 확장되는 반면 추운 기후에 적응한 한대성 식생대가 쇠퇴하고, 식물의 개화기시가 빨라지고, 동물의 서식처가 교란되는 등의 다양한 생태적 부작용이 나타나고 있다(오승환 등, 2011). 국립환경과학원의 '국가장기생태연구' 결과에 따르면 1996년 서울의 참나무류(신갈・갈참・졸참・떡갈・상수리・굴참나무)의 잎이 열리는 시기가 4월 16～30일이었지만, 2009년에는 4월 4～15일로 개엽 시기가 12～15일 앞당겨졌다고 한다[1]. 이처럼 온난화는 단순하게 기온의 상승만을 의미하는 것이 아니라 생물종 분포 및 다양성까지도 변형시킬 수 있어 생태계에는 치명적 영향을 줄 수 있다는 측면에서 심각하게 받아들여져야 한다.

온난화가 전지구적인 관점에서 조명된다면 도시열섬현상은 인구가 밀집된 도시를 중심으로 발생하므로 지역 주민의 삶의 질과 결부되어 있으므로 체감효과가 지구온난화보다 높다고 하겠다. 열섬현상을 언급하기 전에 먼저 우리나라의 도시를 구성하는 토지이용을 '국토의계획및이용에관한법률[2](이하 '국계법'이라 함)'에 기반하여 유추해 볼 필요가 있다. 국계법에서는 도시지역에 주거지역, 상업지역, 공업지역과 더불어 녹지지역을 둘 수 있는데, 인구의 집중으로 인해 도시지역 내에는 녹지지역 외 주거・상업・공업지역이 증가하였고, 녹지지역은 도시의 일부에 파편화되어 섬의 형태로 잔류하거나 대부분 도시외곽에 편중되어 있는 것이 현실이다. 이러한 극도로 편중된 토지이용계획의 부산물로 도심의 여름이면 어김없이 열섬현상이 나타나고, '자연환경・농지 및 산림의 보호, 보건위생, 보안과 도시의 무질서한 확산을 방지하기 위하여 녹지의 보전이 필요한 지역'으로 정의되어 있는 녹지지역은 제 역할을 못하고 장식품처럼 이곳저곳에 분산되어 있다.

열섬에 노출되어 있는 도시녹지에 서식하는 식물상은 자연히 주변의 높은 기온에 노출되게 되고 도시외곽의 자연녹지와는 다른 시기에 잎이 열리며, 잎의 성장이 완료되는 시점도 앞당겨지게 되었다. 이러한 현상이 지속되면서 도시녹지는 보다 단조로운 우점종을 보유하는가 하면 식생군집의 교란, 조림지 증가 및 외래종의 유입 등 인간에 의해 유발된 각종 문제들을 야기하고 있다(Miller, 2007). 이에 따라 도시녹지의 가장 기본적인 생물계절적 특성을 모니터링함으로 도시녹지가 가지고 있는 문제점을 진단할 필요가 있다.

녹지의 기본적인 생물계절적인 특성을 연구한 사례를 살펴보면, 임종한 등(2005)은 참나무림에서 기온상승에 따른 개엽시기의 변화에 대하여 연구한 바 있고, 오승환 등(2011)은 환경에 민감한 자생식물종의 현지내・외 서식지를 대상으로 기상자료와 함께 생물계절적 특성을 분석하기도 하였다. 또한 조현길 등(2008)은 우리나라 중부지방에 위치한 점봉산과 봉의산에서 일부 자생수목을 대상으로 봄철 식물계절 변화를 관찰 비교하고, 관련 환경인자를 함께 측정함으로 미기후 변화에 따른 식물계절 차이를 구명한 바 있으며, 김소희 등(2008)은 잎의 개엽시기를 MODIS라는 기상위성영상을 활용하여 식생지수를 구함으로 광역지역에 대하여 예측하기도 하였다. 이들 연구는 자연식생에서 식물의 계절적・공간적 차이를 진단함으로써 식물종에 대한 생물계절적 특성을 이해하는데 도움이 되었다. 반면 도시만의 특

1) http : //www.knlter.net/
2) http : //www.moleg.go.kr/

이한 미기후에 반응하는 도시녹지의 생물계절적 특성을 진단하기 위해서는 많이 교란되고 인위적인 간섭이 심한 녹지에서 생물계절적 특성의 진단이 필요하겠다.

따라서 본 연구에서는 대구시 주요 도시녹지를 대상으로 봄철 기온의 변화와 그에 따른 주요 식물종의 생물계절적 변화를 비교해보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 대상지 소개

본 연구의 대상지는 대구광역시의 도시녹지이며, 대구시의 도심에 산재해 있는 도시녹지 9개소를 대상으로 조사가 이루어졌다. 대구 지역은 한반도의 동남부에 위치하는 영남분지의 일부로서, 북위 35°36′～36°01′, 동경 128°46′에 위치하며, 전체 면적 884.07km^{2}로 달성군과 7개의 구로 이루어져 있다(대구통계연보, 2010). 본 연구의 대상녹지는 달성군을 제외한 기존의 도심에 산재해 있는 조성 혹은 미조성된 녹지를 대상으로 하였는데, 앞산이나 팔공산과 같이 대규모 자연녹지뿐만 아니라 갈산공원이나 대불공원과 같이 도시 내 인구밀집지역에 고립되어 공원주변의 토지이용에 따라 도시기온이 불규칙적인 녹지도 포함하였다.

2. 기후자료 분석

2011년 대구시 도시녹지의 생육기간에 따른 온도의 변화를 알아보고자 2011년 1월에서 5월까지의 MODIS(MODerate resolution Imaging

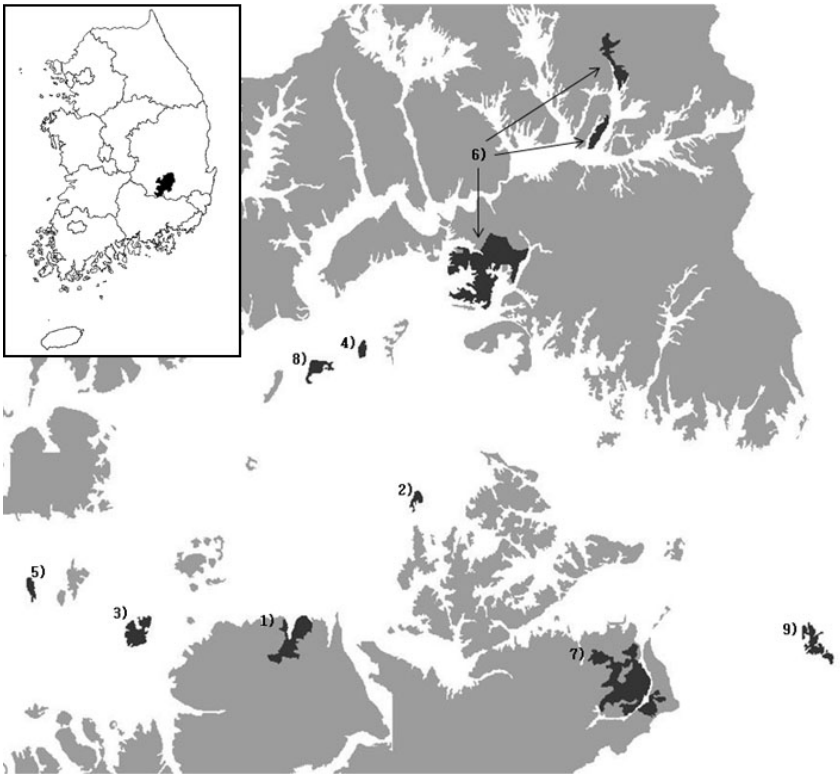


그림 1. 연구대상 녹지.

1) 앞산공원, 2) 범어공원, 3) 본리공원, 4) 대불공원, 5) 갈산공원, 6) 팔공산, 7) 욱수골, 8) 연암공원, 9) 영남대학교

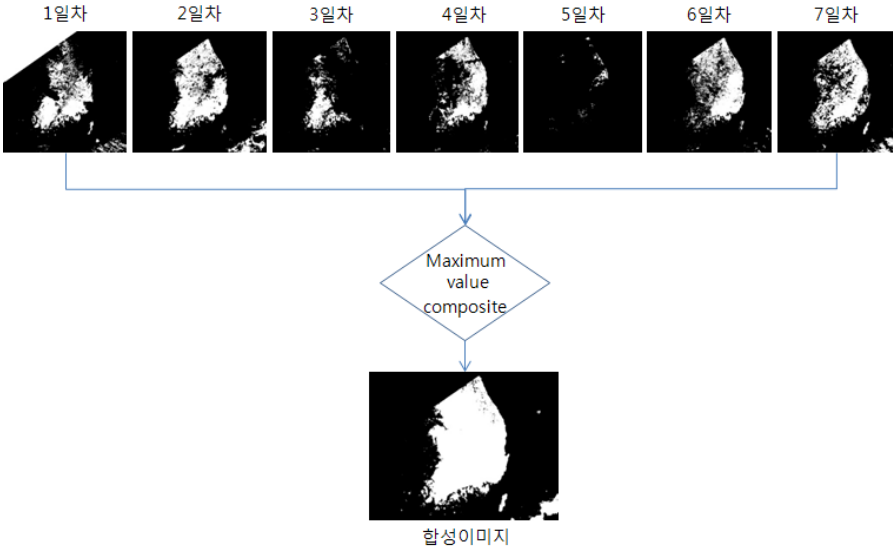


그림 2. Maximum Value Composite 방법을 활용한 일 단위 MODIS 기후자료의 합성.

Spectroradiometer)[3] 이미지를 얻었다. 영상의 해상도는 1km^{2}이고, 1월 1일부터 잎의 성장이 거의 완료되는 시점인 5월 말까지의 일 단위 영상을 확보하여 7일 단위로 합성하였다. 영상의 합성은 구름에 의한 잡음(noise)을 제거함이 목적인데, 구름이나 기타 영상잡음(image noise)으로 인하여 대상지점의 온도값이 영값(null value)을 보이는 경향을 제거하기 위해 MVC(Maximum Value Composite) 방법을 통하여 7일간의 이미지 값 중 지상의 온도를 가장 잘 반영한 값을 취하도록 하였다.

3. 도시녹지 내 개엽시기 조사를 위한 주요 식물종 선정

본 연구에서 도시공원 내 흔히 볼 수 있는 주요 식물종으로 굴참나무(*Quercus variabilis* Blume), 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth), 느티나무(*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino), 벚나무류(*Prunus spp.*) 그리고 아까시나무(*Robinia pseudoacacia* L.)를 선정하였다. 잎이 성장하는 기간 동안 녹지별·종별 형태적 변화의 특성을 비교하기 위하여 4월 11일부터 5월 16일까지 주 2회씩 총 10회에 걸쳐 잎을 채집하였다. 잎을 채집할 때에는 한 지점에서 5개의 잎을 채집하였고, 5개의 잎의 장축과 단축의 길이를 평균하여 생육시기별 잎의 성장과정을 비교하고자 하였다. 각 녹지별로 채집된 식물종과 날짜는 다음 표 1과 같았다.

III. 결과 및 고찰

1. 도시녹지의 온도변화 모니터링

도시 내 주거밀집지역 등 인위적인 토지이용은 그 밀도에 따라 지표면의 온도를 달리한다(박인환 등, 1999; 2000). 결과적으로 같은 토지피복을 형성하고 있더라도 토지이용의 강도에 따라 상이한 온도분포를 야기할 수 있고, 주변 도시녹지의 온도분포에 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 도시녹지 및 그 인근지역의 기온 모니터링을 위해 MODIS의 지표면 온도(Land Surface Temperature; LST) 정보를 기반으로 하였으며, 영상 내 해당지점의 온도자료를 추출하

3) 미국의 지질조사국(USGS, https : //lpdaac.usgs.gov) 제공.

표 1. 식물 잎 채집장소 및 채집시기.

	종	Apr. 11	Apr. 14	Apr. 18	Apr. 21	Apr. 25	Apr. 28	May 02	May 05	May 09	May 16
앞산공원	QA			○	○	○	○	○	○	○	○
	ZS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PS			○	○	○	○	○	○	○	○
	RP						○	○	○	○	○
범어공원	QV			○	○	○	○	○	○	○	○
	QA			○	○	○	○	○	○	○	○
	ZS	○	○	○	○	○	○	○	○		
	PS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	RP			○	○	○	○	○	○	○	○
본리공원	QA			○	○	○	○	○	○	○	○
	ZS		○	○	○	○	○	○			
	RP				○	○	○	○	○	○	○
대불공원	QV			○	○	○	○	○	○	○	○
	QA			○	○	○	○	○	○	○	○
	ZS			○	○	○	○	○	○	○	○
	PS			○	○	○	○	○	○	○	○
	RP					○	○	○	○	○	○
갈산공원	QV		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	QA		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ZS	○	○	○	○	○	○				
	PS		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	RP			○	○	○	○	○	○	○	○
팔공산	QV				○	○	○	○	○	○	○
	QA					○	○	○	○	○	○
	ZS	○		○	○	○	○	○	○	○	○
	PS						○	○	○	○	○
	RP							○	○	○	○
욱수골	QV			○	○	○	○	○	○	○	○
	QA			○	○	○	○	○	○	○	○
	ZS		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PS			○	○	○	○	○	○	○	○
	RP							○	○	○	○
연암공원	QV			○	○	○	○	○	○	○	○
	QA			○	○	○	○	○	○	○	○
	ZS	○		○	○	○	○	○	○	○	○
	PS			○	○	○	○	○	○	○	○
	RP			○	○	○	○	○	○	○	○
영남대학교	QV		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	QA			○	○	○	○	○	○	○	○
	ZS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

QV : *Quercus variabilis* Blume(굴참나무)
QA : *Quercus acutissima* Carruth(상수리나무)
ZS : *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino(느티나무)
PS : *Prunus spp.*(벚나무류)
RP : *Robinia pseudoacacia* L.(아까시나무)

여 그림 3과 같이 2011년 상반기의 대구시 도시 녹지별 기온의 일변화 자료를 획득하였다. 온도 변화의 경향은 모두 유사하였으나 도시 내 녹지의 위치에 따라서 3～6월의 녹지별 온도 변화에는 다소 차이를 보였다. 즉, 대구의 도심에 위치한 침산・대불・달성・이현・두류・본리공원

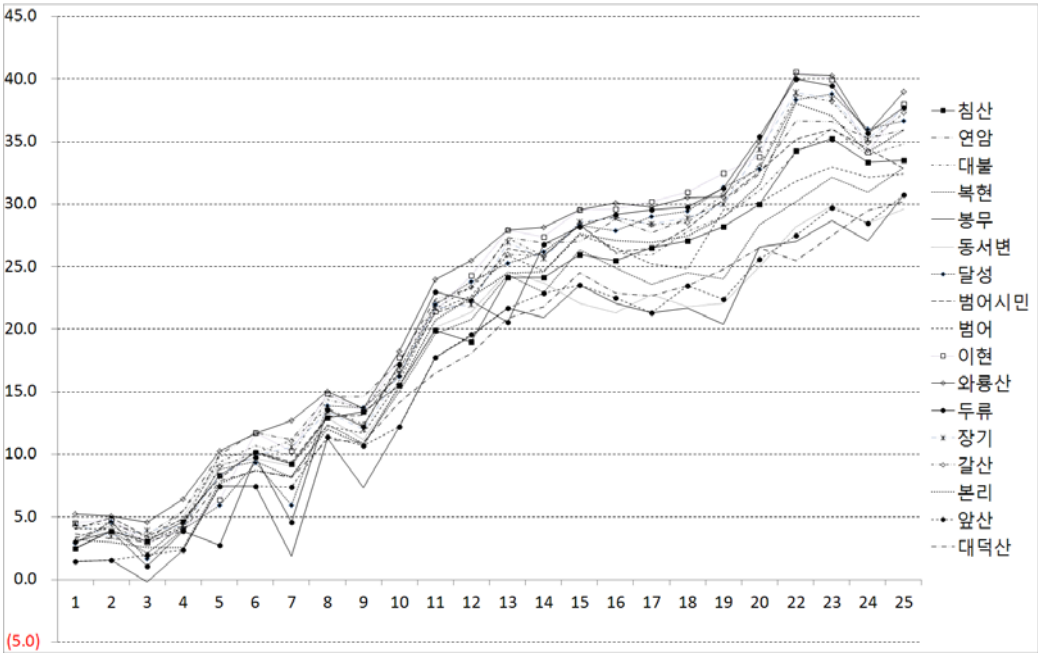


그림 3. 대구시 도시녹지의 주별 온도변화(X : 주(2011년 1월 1일 기준); Y : 온도(℃))

등은 대부분 3월 이후에도 지속적으로 기온이 상승하여 5월 초(19주차)에는 30℃를 상회하는 것으로 분석된 반면, 도시외곽의 동서변・봉무・대덕산・앞산 등에서는 같은 시기에 상대적으로 낮은 기온을 형성하는 것으로 나타났다.

그림 3의 그래프에서 나타난 도시녹지별 온도변화의 차이를 통계적으로 검증하기 위해 SPSS를 활용하여 군집분석을 실시하였다. 군집분석 단일연결을 사용한 덴드로그램에서는 도시외곽에 분포하여 봄철 기온이 상대적으로 낮게 형성되었던 봉무공원과 앞산공원, 동서변, 대덕산(욱수골)이 별도의 그룹으로 분리되었고, 금호강에 인접한 복현공원과 외곽의 자연공원과 가까이에 위치한 범어공원도 도심녹지와는 조금 다른 온도분포를 보인 결과 독립그룹으로 분리되었다(그림 4). 즉, 도시 내 녹지의 봄철 온도변화는 도심의 주거밀집지역과 공단 등으로 둘러싸인 녹지와 도시외곽에서 대규모로 형성되어 있는 녹지들 간에 차이가 있다고 말할 수 있으며, 이러한 현상은 식물의 개엽과 잎의 성장에 있어 도시녹지마다 다르게 작용하였을 것으로 예상할 수 있다.

2. 식물상별 잎의 크기변화 조사

1절의 대구시 주요 녹지 중 선별하여 8개의 녹지와 영남대학교 경산캠퍼스를 대상으로 대구시 도시녹지에서 흔히 볼 수 있는 5개의 식물종에 대한 개엽시기와 잎의 성장과정을 모니터링하였다(그림 5). 모니터링 결과, 같은 종이라도 도시 내 어느 녹지에 존재하느냐에 따라 개엽시기와 잎의 성장과정이 달라지는 것을 확인하였다.

굴참나무의 경우, 도시 내에 위치한 녹지 중에서 개엽시기가 빠른 곳은 도심에 위치한 갈산공원과 연암공원 그리고 영남대학교 경산캠퍼스로서 4월 15일경에 개엽하였던 것으로 조사되었다. 반면 도시 외곽에 위치한 팔공산과 욱수골(대덕산)은 각각 4월 21일, 4월 18일에 개엽하였는데, 이는 도심의 녹지보다 3일에서 일주일정도 늦은 수치이다(그림 5, a; b). 굴참나무 잎의 성장과정에서도 도심의 범어공원과 갈산공원, 대불공원에서 개엽 후 빨리 성장하는 것으로 나타난 반면,

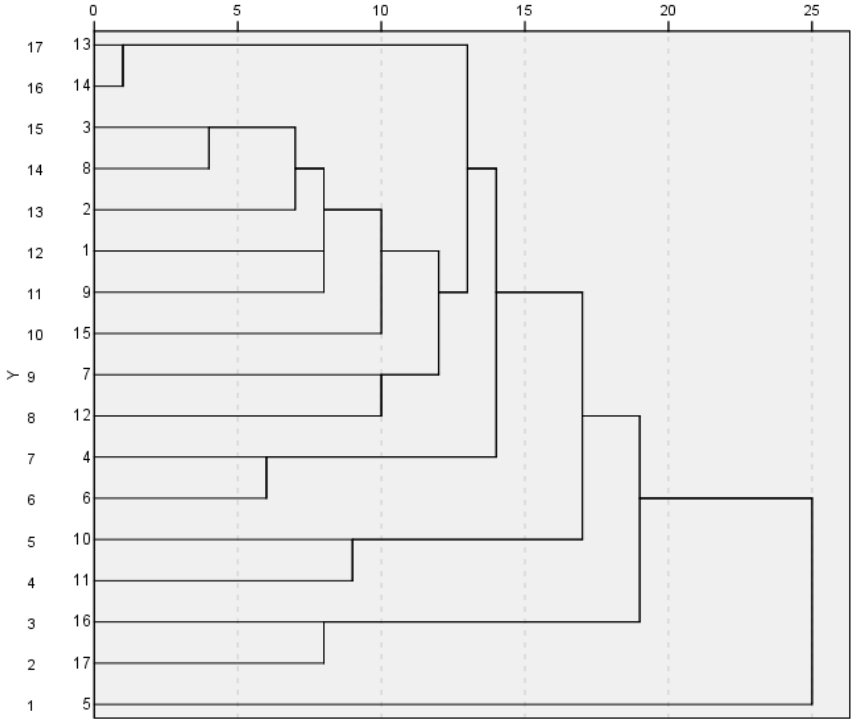


그림 4. 대구시 도시녹지의 온도분포에 의한 군집분석 결과(덴드로그램).

1 : 달성, 2 : 연암, 3 : 두류, 4 : 침산, 5 : 봉무, 6 : 범어, 7 : 장기, 8 : 갈산, 9 : 본리, 10 : 복현, 11 : 대덕산(욱수골), 12 : 와룡산, 13 : 대불, 14 : 범어시민, 15 : 이현, 16 : 동서변, 17 : 앞산

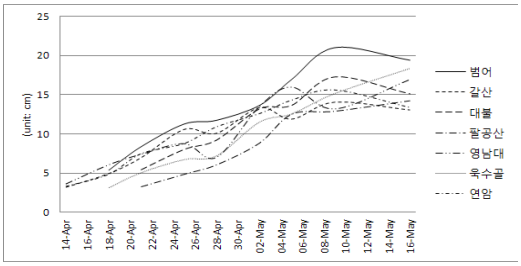
도시외곽의 욱수골과 팔공산에서는 잎의 성장이 느려 5월 중순 이후에야 도심과 도시외곽의 잎이 비슷한 크기에 도달하였다.

상수리나무의 개엽시기도 도심과 도시외곽의 녹지에서 시기적인 차이를 보였는데, 도심에 위치한 갈산공원, 대불공원 및 영남대학교에서는 굴참나무와 마찬가지로 4월 14일경에 개엽한 반면 도시외곽의 팔공산과 욱수골, 앞산공원은 각각 4월 25일, 4월 18일, 4월 18일 경에 개엽하였다(Fig. 5, c; d). 잎의 성장도 도심에 위치한 갈산공원과 연암공원, 본리공원 등에서 빨랐으며, 특히 성서공단 내에 위치한 갈산공원의 상수리나무는 잎의 장축이 25cm까지 크게 자라는 것으로 조사되었다.

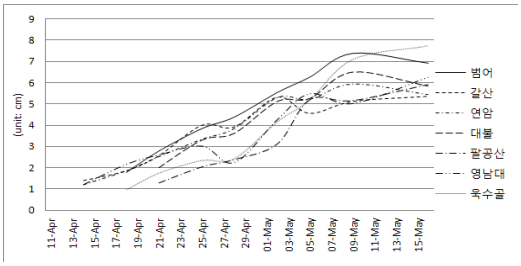
느티나무는 다른 종들에 비해 빨리 개엽하는 것으로 확인되었는데, 첫 조사를 실시한 4월 14일에는 대부분의 공원에서 개엽하여 장축이 3cm 이상으로 자란 것을 확인하였다(Fig. 5, e; f). 단, 느티나무의 경우 지역과 개체에 따라 변이가 심하여 타 종에 비해 도심과 외곽지역의 형태적 차이를 비교하기가 곤란하였다.

벚나무류는 4월 초에 개화하여 4월 중순부터 개엽하였으며, 연암, 대불, 갈산, 범어공원에서 먼저 개엽하였고, 4월 말에 개엽하는 팔공산이 가장 느린 것으로 나타났다. 도심 내 녹지와 도시외곽 녹지의 개엽시기는 보름 이상 차이를 보였다(그림 5, g; h).

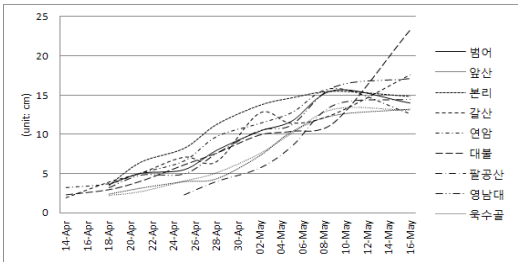
아까시나무는 다른 네 종에 비해 개엽시기가 가장 늦었으며 도시 내・외곽 간 개엽시기의 차이도 가장 컸던 것으로 조사되었다. 도심의 공원인 연암공원, 갈산공원 및 범어공원에서는 4월 14일과 18일 경에 개엽한 반면, 도시외곽의 자연



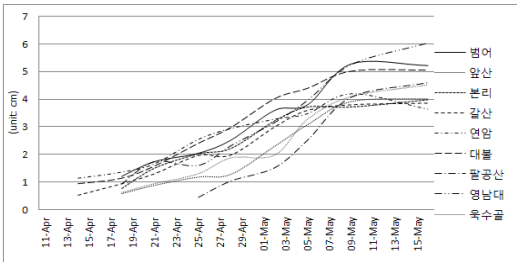
a. 굴참나무 장축의 길이변화



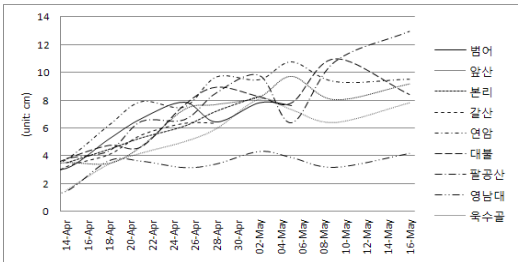
b. 굴참나무 단축의 길이변화



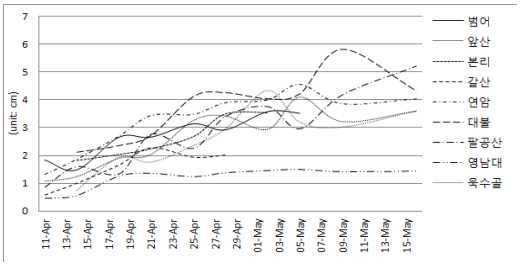
c. 상수리나무 장축의 길이변화



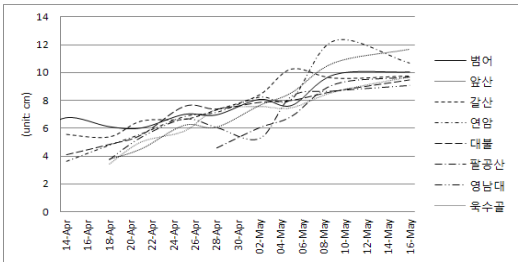
d. 상수리나무 단축의 길이변화



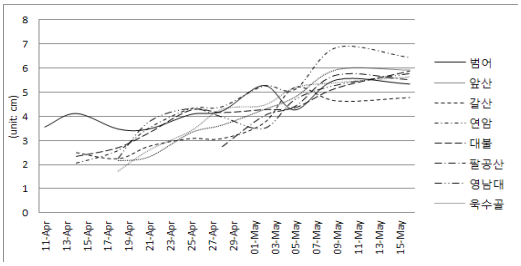
e. 느티나무 장축의 길이변화



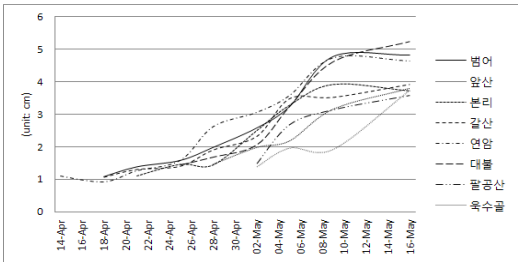
f. 느티나무 단축의 길이변화



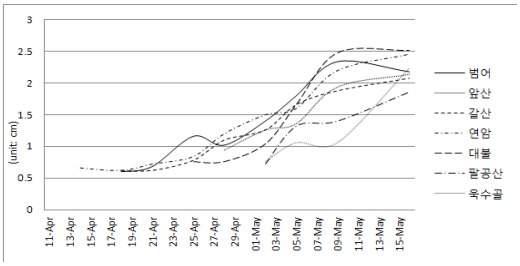
g. 벚나무류 장축의 길이변화



h. 벚나무류 단축의 길이변화

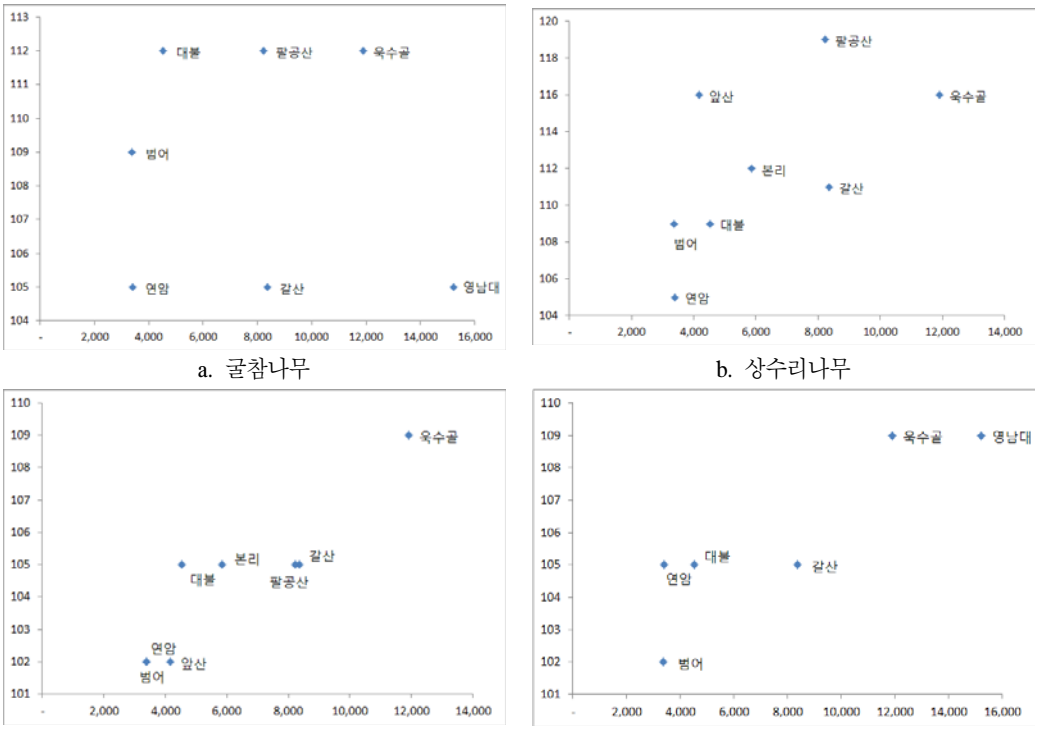


i. 아까시나무 장축의 길이변화



j. 아까시나무 단축의 길이변화

그림 5. 대구시 도시녹지의 주요 식물종별 봄철 잎의 생장 변화(x : 월일, y : 잎의 길이).



a. 굴참나무 b. 상수리나무

c. 느티나무 d. 벚나무류

그림 6. 대구시 중심부(반월당네거리)에서 거리별 주요 식물종의 개엽시기.

공원인 팔공산과 욱수골, 앞산공원의 경우에는 4월 말 혹은 5월 초에 개엽하는 것으로 나타났다. 잎의 성장도 차이를 보였는데 5월 중순까지 조사한 결과에 의하면 도심의 공원에서는 장축이 5cm정도까지 자란 반면, 팔공산 등 도시 외곽에 위치한 녹지에서는 동일시기에 4cm에도 못 미치는 것으로 나타났다(그림 5, i; j).

이상을 종합해 보면, 도시녹지에서 우점하거나 흔히 볼 수 있는 식물 종들의 개엽시기는 도심과 도시외곽에서 15일 내외의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 또한 잎의 성장도 차이를 보였는데, 도심에 위치한 녹지에서의 식물종이 도시외곽의 녹지 내 식물종보다 성장이 빠른 것으로 나타났다.

대구시의 중심이라고 할 수 있는 반월당네거리에서부터 떨어진 거리에 따라 대상종의 개엽시기를 살펴보아도 유사한 결과가 나타났는데(그림 6), 중심부에 근접한 연암공원, 범어공원, 대불공원, 범어공원 등의 개엽시기는 빨랐던 반면, 팔공산과 욱수골과 같이 중심부와 멀리 떨어진 녹지에서의 개엽시기는 상대적으로 늦었다. 요약해 보면, 대구시에 산재한 도시녹지는 인근의 도시 밀집지역 등 인위적 토지이용의 밀도에 영향을 받으며 그 결과 녹지 내 기온이 도시외곽의 자연녹지보다도 상대적으로 높게 형성되는 것을 알게 되었다. 이는 단순하게 기온의 상승이라는 측면을 넘어 도시 내 인구의 과밀화로 유발된 녹지 내 온도상승이 자칫 도시 내 생태계의 변화로 이어질 수 있다는 점에서 향후 지속적인 주의를 요한다.

IV. 결 론

지구적인 기후변화와 도시열섬은 도시녹지의 생물계절적 특성을 변형시켜 녹지 내 식물상의

개엽시기와 성장완료 시점을 앞당겼다. 이로 인해 도시녹지 생태계의 왜곡과 단순화가 이루어졌으며, 녹지 내 존재하는 생물종에도 변화가 불가피하였다. 본 연구에서는 대구시 주요 도시녹지를 대상으로 봄철 기온의 변화와 그에 따른 주요 식물종의 생물계절적 변화를 비교하여 기후변화에 따른 도시녹지의 문제점을 진단하고자 하였다.

먼저, 본 연구의 대상지는 대구광역시의 도시녹지이며, 대구시의 도심에 산재해 있는 도시녹지 9개소를 대상으로 조사가 이루어졌다. 2011년 대구시 도시녹지의 생육기간에 따른 온도의 변화를 알아보고자 2011년 1월에서 5월까지의 MODIS 이미지에서 일 단위 영상을 확보하여 7일 단위로 합성하여 주간온도자료를 구축하였다. 또한 굴참나무, 상수리나무, 느티나무, 벚나무류, 아까시나무를 대상으로 잎의 생장기간 동안의 녹지별·종별 형태적 변화를 측정하여 해당지점의 온도자료와 비교하였다.

MODIS의 지표면 온도 정보를 기반으로 한 영상 내 해당지점의 온도자료를 추출하여 대구시 도시녹지별 기온의 일변화 자료를 비교한 결과, 3～6월의 온도 변화에서 녹지마다 차이를 보였다. 온도변화에 대한 다름을 실제 통계학적으로도 판단할 수 있는지를 군집분석을 통하여 검증하였는데, 도시외곽에 분포하여 봄철 기온이 상대적으로 낮게 형성되었던 봉무공원, 앞산공원, 동서변 및 대덕산이 별도의 그룹으로 분리되었고, 금호강에 인접한 복현공원과 외곽의 자연공원과 가까이에 위치한 범어공원이 도심녹지와 다른 온도분포를 보이는 것으로 나타났다.

도시녹지에서 우점하거나 흔히 볼 수 있는 식물 종들의 개엽시기는 도심과 도시외곽에서 15일 내외의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 또한 잎의 성장도 차이를 보였는데, 도심의 녹지에서는 주변의 공단과 주거지역에서 나오는 열로 인해 기온이 높게 형성되었고, 그러다보니 그 잎도 외곽지역보다 더 빨리 성장하였다.

앞으로 도시의 온난화가 도시 내 식생 및 생물종의 분포에 계속적인 압력으로 작용할 것으로 예측된다. 가장 가까이에서 가장 역동적으로 변화하고 있는 도시녹지에 대한 관심이 도시녹지와 주변 자연녹지를 네트워크로 연결하여 보다 지속적으로 유지하도록 할 것이다. 향후 도시녹지의 보다 다양한 기후요인과 도시녹지의 생물계절적 특성연구가 이루어져 도시의 성장이 인간에게도 생물에게도 유익하게 진행되기를 기대한다.

인 용 문 헌

김소희・강신규・임종환. 2008. MODIS 엽면적지수를 이용한 남한지역의 개엽시기 탐지. 한국농림기상학회・한국생물환경조절학회 공동학술발표대회 자료집 17(1).

대구광역시. 2010. 대구통계연보(제50회).

박인환・장갑수・김종용. 1999. 추이대를 중심으로 한 경상북도 3개도시의 열섬평가. 한국환경영향평가학회지 8(2)：73-82

박인환・장갑수・김종용・박종화・서동조. 2000. 대도시에 있어 냉섬의 유형별 온도완화효과. 한국조경학회지 28(1)：11-18.

오승환・장정원・변준기・이철호・이유미. 2011. 한반도 주요 기후변화 취약 산림식물종의 생물계절성 연구. 한국환경생태학회지 학술대회논문집 21(1)：50-53.

임종환・신준환・김영걸. 2005. 우리나라 참나무림에서 기온상승에 따른 개엽시기 단축. 한국농림기상학회 학술논문발표집.

조현길・안태원. 2008. 미기후 변화에 따른 식물계절 차이, 한국환경생태학회지 22(3)：221-229.

Miller, R. W. 2007. Urban Forestry：Planning and Managing Urban Greenspaces. Waveland Press, pp.78-89.