

## 봉산 생태·경관보전지역 팔배나무 군락 보전방안

이숙미<sup>1)</sup>·오충현<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 동국대학교 대학원 바이오환경과학과<sup>2)</sup> 동국대학교 바이오환경과학과

### Conservation Measures of Korean Whitebeam Community in Bongsan Ecological and Scenery Conservation Area

Lee, Sook Mee<sup>1)</sup> and Oh, Choong Hyeon<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Dept. of Biological & Environmental Science, Graduate School, Dongguk University,

<sup>2)</sup>Dept. of Biological & Environmental Science, Dongguk University.

#### ABSTRACT

This study was carried out for the purpose of presenting basic data bases for conservation and management measures of Ecological and Scenery Conservation Area in Bongsan. The analysis results of the actual vegetation showed that rate of vegetation cover were composed of 72.3% of *Robinia pseudo-acacia* Forest, 10.7% of *Sorbus alnifolia* Forest, and *Sorbus alnifolia* was founded as a dominant woody plant species in the Core Zone of Bongsan Ecological and Scenery Conservation Area. To investigate the vegetation structure of *Sorbus alnifolia* Community in Bongsan Ecological and Scenery Conservation Area, twelve 100 m<sup>2</sup> sized plots were set up in Bongsan. According to the classification by TWINSpan, the communities were divided into the three groups of *Sorbus alnifolia* Community, *Pinus koraiensis* Community and *Robinia pseudo-acacia* Community, To analyze annual diameter growth rate for major tree species, nine sample trees from research plots were measured. Expected ages of *Sorbus alnifolia* trees were 27 ~ 37 years, *Robinia pseudo-acacia* trees were 17 ~ 26 years, *Pinus koraiensis*, *Pinus rigida*, *Prunus sargentii*, and *Quercus mongolica* trees were 27 ~ 38 years. As a result, annual diameter growth rates of *Robinia pseudo-acacia* and *Pinus rigida* tended to remarkably

---

**First author** : Lee, Sook Mee, Dept. of Biological & Environmental Science, Graduate School, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea,

Tel : +82-2-2290-1350, E-mail : sookmee.lee@gmail.com

**Corresponding author** : Oh, Choong Hyeon, Dept. of Biological & Environmental Science, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea,

Tel : +82-2-2260-3312, E-mail : ecology@dongguk.edu

**Received** : 8 September, 2011. **Revised** : 15 November, 2011. **Accepted** : 11 January, 2012.

decreased, *Sorbus alnifolia* had the wood on inter-specific competition of the woody plant species. Importance values of *Sorbus alnifolia* in the three layers of *Sorbus alnifolia* communities were evenly high.

Key Words : *Plant communities, Vegetation structure, Importance value.*

## I. 서 론

도시숲은 아름다운 경관을 형성할 뿐만 아니라 대기오염과 소음완화, 도시개발 제한에 큰 효과를 가진다. 또한 여가 및 휴식공간, 야생동물의 서식공간을 제공하며, 토양환경을 보전하고 미기후를 조절하는 환경보전의 기능을 수행한다. 인구가 밀집되어 있고 대형 재난에 취약한 도시에서 도시숲은 또한 산사태 방지 등과 같은 여러 가지 재난방제 기능을 가진다(변우혁 등, 2010; 산림청, 2007; 권진오, 2009; Grey, 1986; Nowak and Dwyer, 2007). 그러나 도시의 녹색기반시설 역할을 하는 도시숲은 그 중요성에도 불구하고 주거지와 인접, 자연체험 인구의 증가 등으로 인한 이용압력이 늘어나면서 생태계 교란과 훼손 문제에 노출되어 있다.

우리나라의 대표적인 도시인 서울시는 도시숲을 보전하고 확대하기 위한 정책을 꾸준히 진행해오고 있으나 1인당 생활권 도시숲 면적이 3.05 m<sup>2</sup>로 전국평균인 7.76 m<sup>2</sup>의 절반 수준이다(산림청, 2010).

부족한 도시숲의 확보, 도시생태계의 보전 및 효율적인 이용을 위해 도시공원으로 지정하는 것 외에 자연환경 보전 차원에서 보호지역으로 지정하여 관리하는 경우도 있다. 야생동·식물보호구역과 생태·경관보전지역이 대표적이다. 서울시는 1999년 8월 한강 밤섬을 생태·경관보전지역으로 지정한 이래 둔촌동, 방이동, 진관내동, 암사동 등 도시지역의 습지 4개소, 성내천 하류, 백사실 계곡과 같은 하천 2개소와 한강 밤섬, 탄천, 고덕동 한강고수부지의 철새도래지와 다양한 조류서식지 3개소를 생태·경관보전지역으로 지정

하였다. 산림지역에서는 청계산 원터골의 습지성 낙엽활엽수림, 현인릉의 오리나무림, 남산의 신갈나무와 소나무림, 불암산 서어나무림, 창덕궁 후원의 갈참나무림, 봉산의 팔배나무림, 관악산의 회양목 자생지 등 자생식물군락지 8개소를 지정하였으며, 기암과 소나무가 잘 어우러져 수려한 자연경관을 가진 인왕산과 같은 우수경관지 1개소 등 총 17개 생태·경관보전지역을 지정하였다.

이 중 봉산 생태·경관보전지역은 팔배나무순림이 유지되고 있어 생태·경관보전지역으로 지정된 곳이다. 팔배나무는 우리나라 중부지방의 마사토양에서 생육하는 대표적인 자생수목이고 꽃, 잎, 열매 등의 관상 가치가 높고 내한성, 내공해성이 강하며 척박지에 견디는 힘이 강한 향토수종이다. 팔배나무는 토양의 pH가 극히 낮고 유기물의 함량이 낮은 지역에서도 생육이 양호하고(이준복, 1998), 환경오염에 대해서도 내성이 강하다(김준호, 1991). 또한 밀원식물로 이용되며, 붉은 열매는 조류의 먹이로 제공되어 조류를 유인하는 역할을 한다. 비교적 흔하게 관찰할 수 있는 수종이지만 자연발아가 쉽지 않아 실생번식에 의한 대량 번식이 어렵고(이준복, 1998), 숲 내부에서는 참나무류와의 경쟁에 밀려 대규모로 군락을 이루고 있는 경우가 매우 드물다. 서울시에서는 봉산지역에 집단적으로 생육하는 팔배나무의 이와 같은 특이성을 인정하여 이를 보전하기 위해 2007년 생태·경관보전지역으로 지정하였다.

본 연구는 봉산 생태·경관보전지역 팔배나무림의 식생구조를 파악하여 체계적이고 효율적인 생태·경관보전지역 관리방안 마련을 위한 기초자료 제공을 목적으로 수행되었다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 연구대상지

본 연구의 대상지는 2007년 12월 서울시 생태·경관보전지역으로 지정된 서울시 은평구 신사동 봉산 73,478㎡이며, 이중 팔배나무가 우점하고 있는 지역은 약 5,000㎡이다. 이곳은 일제강점기인 1914년부터 신사리 공동묘지로 이용되다가 1970년대에 용미리 서울시립묘지로 묘지가 이장되면서 현재와 같이 산림으로 변화된 지역이다. 연구대상지 주변은 대부분 다세대 및 다가구 주택지로 구성되어 있으며, 인근 경기도 고양시와의 경계를 이루고 있는 지역이다. 도시계획으로는 도시자연공원구역으로 지정되어 있어, 주변 지역주민들의 여가 및 휴식공간으로 활발하게 이용되고 있다.

본 연구를 위한 현장조사는 2008년 4월부터 11월까지 진행되었다. 대상지의 식물군락구조 조사를 위해 팔배나무 군락이 위치한 핵심구역을 중심으로 10×10m 방형구 12개를 설치하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 식생조사 및 환경요인

방형구를 설치한 12개소를 대상으로 식물의 밀도, 피도, 빈도 등 생육상태를 표본 조사하였다. 식생조사는 교목층, 아교목층, 관목층으로 나누어 수관층위별로 조사를 실시하였다. 상층수관을 이루는 수목을 교목층으로, 흉고직경 2cm 이하의 수목을 관목층으로, 기타 수목을 아교목층으로 구분하였다. 교목층과 아교목층은 10×10m 방형구에서 수목의 수고와 흉고직경을 조사하였고, 관목층은 각 방형구에 5×5m 크기로 중첩해서 설치한 소형 방형구 1개소에서 수목의 수고와 수관폭을 조사하였다. 초본층 역시 관목조사구와 같은 크기 및 위치에서 초본식물의 종을 기록하고 초본의 식피율을 조사하였다(그림 1).

식물군락과 환경요인과의 관계를 보기 위해 봉산 생태·경관보전지역 전체에 대해 ArcView

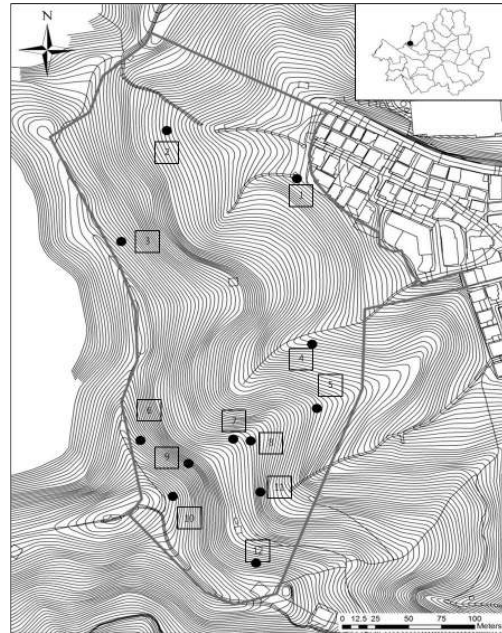


Figure 1. The location map of the study site and quadrat sites in Bongsan.

GIS(3.3) 및 ArcView Spatial Analyst를 이용하여 향, 경사, 고도를 분석하였다. 귀화식물의 동정은 박수현(2009)이 제시한 목록을 기준으로 하였으며, 식물상 조사 결과를 토대로 Numata and Kotaki(1975)의 방법을 이용하여 입지별 귀화율을 산정하였다.

#### 2) 식물군락 분석

식생조사 자료를 토대로 층위별 상대우점도(Curtis and McIntosh, 1951)를 수고별 가중치를 주어 백분율로 나타낸 값(임경빈 등, 1980)을 산출하여 분석하였다. 이 분석값을 토대로 TWINSPLAN에 의한 classification분석(Hill, 1979)을 실시하였다. 그리고 분류된 군락에 대해 종다양도, 최대종 다양도(Shannon and Weaver 1963), 우점도, 균재도(Pielou, 1975)를 분석하였다. 또한 각 조사구별 우점종 중 평균흉고직경에 해당하는 수목을 대표목으로 선정하여 지상으로부터 1.2m 높이에서 생장추를 이용하여 목편을 추출한 후 수목의 수령과 성장상태를 파악하였다.

### 3) 토양분석

분류된 각 식물군락별로 토양시료를 채취하였는데 각 조사지점에서 유기물층인 A0층을 제거한 후 A층에서 채취한 시료는 실험실로 운반하여 완전히 풍건한 후 전처리과정을 거쳐 토양의 pH와 수분함량, 유기물함량, 유효인산, 전질소, 전기전도도, 양이온치환용량 등을 각각 정량분석하였다(농업과학기술원, 1988). pH와 전기전도도는 풍건세토와 증류수를 1 : 5 비율로 진탕 여과한 다음 pH meter와 전기전도도계로 측정하고, 유기물은 작열소실법, 유효인산은 Lancaster법으로 각각 분석하였다. 전질소 측정은 Kjeldahl법으로 실시하였으며, 총인은 Persulfate 분해 후에 Ascorbic acid법으로 분석하였다. 양이온치환용량은 1N-NH<sub>4</sub>OAc법으로, 유효인산의 측정은 Bray NO.1법에 의해 측정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 식물상

대상지 조사 결과 봉산 생태·경관보전지역 내에서는 총 62과 162종의 식물종이 확인되었다. 이 중 귀화식물은 아까시나무, 서양등골나물, 미국자리공, 오리새 등 6과 14종이다. 대상지에 대한 귀화율은 8.6%로 서울의 다른 산림지역이 13.3%(송인주, 2010)를 상회하는 것에 비해 비교적 낮다. 그러나 청계산 원터골 생태·경관보전지역의 귀화식물 조사 결과 목본식물에서 아까시나무, 일본목련, 가중나무 3과 3종이 출현하고 초본류는 관찰되지 않아 귀화율 2.0%(서울특별시, 2008c)인 것에 비해서는 상당히 높은 귀화율을 나타내고 있다. 또한 대상지 내에서 서양등골나물이 아까시나무림 전역과 잣나무림 일부에서 왕성하게 생육하고 있다.

### 2. 현존식생

봉산 생태·경관보전지역 내의 현존식생 현황은 그림 2와 같다. 현존식생 면적비율은 아까시

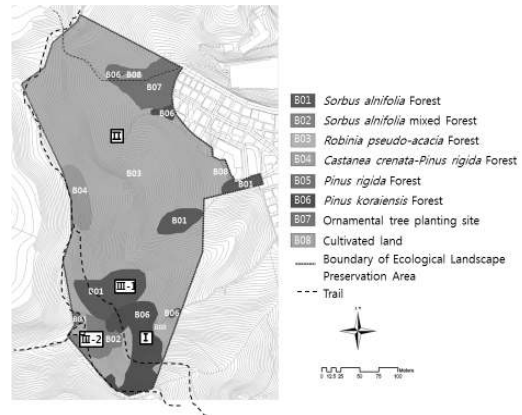


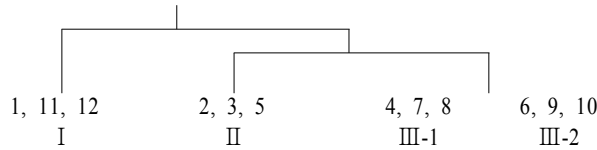
Figure 2. The actual vegetation map and Soil survey sites in Bongsan Ecological and Scenery Conservation Area.

나무림이 72.31%로 가장 넓은 면적을 차지하고 있으며, 팔배나무 혼효림을 포함한 팔배나무 군락은 10.68%이다. 그런데 팔배나무림과 팔배나무 혼효림은 탐방로로 분리되어 팔배나무 군락이 파편화되어 있다. 또한 팔배나무 군락은 고도와 상관없이 능선부인 해발고도 160m에서부터 산림 주연부가 있는 해발고도 60m까지 분포하고 있다. 생태·경관보전지역 범위 내의 경사도는 20° 이상이 90%를 넘고 있으며 특히 팔배나무 군락은 40°가 넘는 경사지에 위치하고 있다. 대상지 전체의 사면 방향은 남, 남동, 남서, 동향이 55%이고, 이 중 팔배나무 군락은 북향과 북동향에 위치한다. 능선을 사이에 두고 인접한 고양시 경계지역에도 팔배나무 군락이 대규모로 분포하고 있다.

### 3. 군락 분류

식물군락 분류는 대별종과 식별종을 파악하기 위해 TWINSpan으로 classification 분석을 실시하였다(그림 2). 분석결과를 토대로 다시 하위 식별종을 순차적으로 찾아내어 표조작과정을 수행하였다(표 1).

분류 결과 잣나무가 우점하는 잣나무 군락(I : 조사구 1, 11, 12), 아까시나무가 우점하는



**Figure 3.** The dendrogram of community classification in Bongsan.

I : *Pinus koraiensis* Community, II : *Robinia pseudo-acacia* Community,  
 III-1 : *Sorbus alnifolia* Community, III-2 : *Sorbus alnifolia-Pinus rigida* Community.

아까시나무 군락(II : 조사구 2, 3, 5), 팔배나무가 우점하는 팔배나무 군락(III : 조사구 4, 6, 7, 8, 9, 10)으로 구분되었다. 팔배나무가 우점하는 군락 III은 탐방로에 의해 조림수종인 리기다소나무가 출현하는 조사구 6, 9, 10(III-2)과 출현하지 않는 조사구 4, 7, 8(III-1)로 다시 구분되었다. 팔배나무 군락이 조림지 특성과 2차림 특성을 지닌 집단으로 구분되므로 관리방안은 다르게 적용되

어야 한다(그림 3).

4. 토양분석

토양은 그림 2와 같이 군락별로 채취하였다. 토양분석결과 토양 산도는 최소 pH 3.96, 최고 pH 4.05로 분석되었다. 이와 같은 수치는 2008년 전국도시지역 산림토양 조사 결과(한국산지보전협회, 2006)인 pH 4.75 보다 낮으며 강현경(2001)

**Table 1.** Mean Importance Value of the major woody plants by the stratum in three community types classified TWINSPLAN in Bongsan Ecological and Scenery Conservation Area.

community	<i>Pinus koraiensis</i> Community(I)			<i>Robinia pseudo-acacia</i> Community(II)			<i>Sorbus alnifolia</i> Community(III)					
	1	11	12	2	3	5	4	7	8	6	9	10
<i>Pinus koraiensis</i>	50.00	83.33	50.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanandra incisa</i>	7.42	10.12	5.90	8.95	2.80	3.20	-	-	-	-	2.97	-
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	-	-	1.55	83.33	76.06	70.17	8.21	5.81	2.32	9.51	1.40	10.55
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	-	-	12.31	11.55	64.37	91.82	85.53	65.60	68.83	53.22
<i>Quercus mongolica</i>	1.74	1.64	1.70	-	-	-	15.07	2.37	2.21	3.63	1.18	12.31
<i>Prunus sargentii</i>	-	-	-	-	-	7.30	10.91	-	8.45	12.68	1.17	8.48
<i>Pinus rigida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.75	12.83	6.87
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	3.12	-	1.23	3.65	2.72	-	-	-	-	1.25	1.93	-
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	0.63	-	-	-	-	-	-	-	-	0.52	1.04
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	0.63	-	-	-	-	-	-	-	-	0.96	2.41
<i>Rosa multiflora</i>	0.89	-	0.72	-	4.84	3.45	-	-	-	-	-	-
<i>Clerodendron trichotomum</i>	-	-	0.41	-	-	-	-	-	-	-	2.69	-
<i>Quercus acutissima</i>	-	-	-	-	-	-	1.44	-	-	1.34	5.30	-
<i>Quercus dentata</i>	-	-	0.83	-	-	1.13	-	-	-	-	-	0.59
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	-	33.33	-	-	-	-	-	-	-	-	0.80
<i>Styrax japonica</i>	-	-	0.79	-	-	-	-	-	-	-	-	0.47
<i>Castanea crenata</i>	-	0.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.47
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.99	-	-	1.15
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.55	1.20	-	-
<i>Ailanthus altissima</i>	33.92	-	0.78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
others	2.91	3.04	2.76	4.07	1.27	3.21	-	-	-	-	0.22	1.68

의 봉산 식물군락 조사시 아까시나무림의 pH가 4.27이었던 것과 비교하면 8년 전에 비해 토양산도가 더 낮아졌음을 알 수 있다.

각 군락의 토양산도 분석 결과 표 2와 같이 팔배나무 군락의 pH는 3.96, 팔배나무-리기다소나무 군락의 pH는 3.99로 잣나무 군락의 pH 4.00과 아까시나무 군락의 pH 4.05 보다 낮게 나타났다. 팔배나무 군락의 하층에서는 경사도가 높고 만그늘의 습한 토양에서 잘 자라는 애기나리 군락과 은방울꽃이 생육하고 있으며 이곳의 토양수분함량은 15.37%로 다른 팔배나무-리기다소나무 군락의 토양수분함량 9.63% 보다 1.6배 이상 높게 나타났다. 유기물함량도 팔배나무 군락이 5.67%, 팔배나무-리기다소나무 군락이 3.76%로 팔배나무 군락의 유기물함량이 다른 군락에 비해 1.5배 이상 높다. 광합성과 호흡작용에 가장 밀접한 관계를 갖는 유효인산값(변재경, 2006; 허태철·주성현, 2002)은 모든 군락이 우리나라 산림토양의 평균 함량인 20mg/kg보다 높게 나타났다. 대상지 내에서는 팔배나무 군락보다 조림지인 잣나무 군락과 아까시나무 군락의 유효인산값이 높게 나타났다. 전질소 함량은 팔배나무 군락의 값이 가장 높게 나타났다. 식물생육에 필요한 무기영양성분의 함량으로 토양의 비옥도를 알 수 있는 양

이온 치환용량 값은 팔배나무 군락이 팔배나무-리기다소나무 군락에 비해 높게 분석되었다. 토양의 염류집적 정도를 알 수 있는 전기전도도(Electrical Conductivity)의 분석결과 모든 군락에서 식물생육에 적당한 0.2dS/m 미만의 기준값을 보였다.

##### 5. 종수 및 개체수

봉산 생태·경관보전지역에 분포하는 식생의 단위면적(100m<sup>2</sup>) 당 종수 및 개체수는 표 3, 4와 같다. 단위면적당 평균출현개체수를 층위별로 보면 교목층에는 15.3±7.4개체, 아교목층이 9.1±8.5개체, 관목층이 37.5±21.7개체이다. 층위별 개체수의 분산을 살펴보면 교목층은 최대 31개체에서 최소 6개체, 아교목층은 최대 29개체에서 최소 1개체, 관목층은 최대 87개체에서 최소 11개체로 나타나 분산이 큰 것으로 분석되었다. 각 군락별 단위면적당 출현 종수 및 개체수 분석결과 잣나무 군락의 교목층은 평균 15.3±5.5개체, 아교목층은 1.0±0.0 개체가 출현하였고, 종수는 교목층에서 1.0±0.0종, 아교목층에서 1.0±0.0종이 출현하였다. 아까시나무 군락의 교목층은 평균 7.0±1.7개체, 아교목층은 7.0±2.0개체가 출현하였고, 종수는 교목층에서 1.0±0.0종, 아교목층에서 2.0±1.0종이 출현하였다. 팔배나무 군락은 교목층에서 2.3±1.5종 16.7±5.0개체, 아교목층에서 팔배나무 1.0±0.0종 9.0±5.6개체로 수관 율폐도가 높아 그늘을 형성하고 있다. 팔배나무-리기다소나무 군락은 교목층에서 4.0±1.0종 22.0±8.2개체, 아교목층에서 팔배나무 1.0±0.0종 19.3±10.0개체가 출현하였다. 하층식생을 비교해보면 잣나무 군락은 10.3±1.2종 47.0±34.8개체, 아까시나무 군락은 6.0±3.0종 23.0±12.0개체, 팔배나무 군락은 4.0±1.0종 34.0±2.0개체, 팔배나무-리기다소나무 군락은 10.3±2.9종 46.0±25.7개체가 분포하였다.

특히 팔배나무 군락의 하층에서 팔배나무 외의 다른 종은 약 3종뿐이고 하층식생 총 개체수 102개체 중 팔배나무의 개체수는 67.6%인 69개

**Table 2.** The physical and chemical characteristics of soil in Bongsan.

Plot	I	II	III-1	III-2
pH	4.00	4.05	3.96	3.99
Soil Moisture(%)	14.25	9.26	15.37	9.63
Organic matter(%)	2.52	2.45	5.67	3.76
Available P(mg/kg)	34.42	39.63	29.70	20.19
EC(dS/m)	0.12	0.09	0.11	0.13
T-P(mg/kg)	204.56	357.42	214.68	139.50
T-N(%)	0.1272	0.1292	0.1976	0.1228
CEC(cmol/kg)	15.95	14.83	14.67	12.25

I : *Pinus koraiensis* Community,

II : *Robinia pseudo-acacia* Community,

III-1 : *Sorbus alnifolia* Community,

III-2 : *Sorbus alnifolia*-*Pinus rigida* Community.

**Table 3.** Descriptive analysis of the number of species and individuals by layer in Bongsan. (unit : 100m<sup>2</sup>).

Descriptive analysis	No. of species			No. of individuals		
	C	U	S	C	U	S
Mean	2.1±1.5	1.3±0.6	7.7±3.4	15.3±7.4	9.1±8.5	37.5±21.7
Median	1.00	1.00	8.00	15.00	8.00	33.00
Mode	1.00	1.00	3.00	6.00	1.00	-
Maximum	5.00	3.00	13.00	31.00	29.00	87.00
Minimum	1.00	1.00	3.00	6.00	1.00	11.00

\*C : Canopy, U : Understory, S : Shrub, The unit area of shrub layers is 25m<sup>2</sup>.

**Table 4.** Descriptive analysis of the number of species and individuals of communities in Bongsan. (unit : 100m<sup>2</sup>)

Community	No. of species			No. of individuals		
	C	U	S	C	U	S
I	1.0±0.0	1.0±0.0	10.3±1.2	15.3±5.5	1.0± 0.0	47.0±34.8
II	1.0±0.0	2.0±1.0	6.0±3.0	7.0±1.7	7.0± 2.0	23.0±12.0
III-1	2.3±1.5	1.0±0.0	4.0±1.0	16.7±5.0	9.0± 5.6	34.0± 2.0
III-2	4.0±1.0	1.0±0.0	10.3±2.9	22.0±8.2	19.3±10.0	46.0±25.7

\*The unit area of shrub layers is 25m<sup>2</sup>, I : *Pinus koraiensis* Community, II : *Robinia pseudo-acacia* Community, III-1 : *Sorbus alnifolia* Community, III-2 : *Sorbus alnifolia-Pinus rigida* Community.

체가 분포하였다. 반면 팔배나무-리기다소나무 군락의 하층식생은 팔배나무 군락의 하층식생에 비해 종수는 2배 이상 많고 팔배나무 개체수는 17.4%를 차지하는 차이를 보인다. 팔배나무 군락의 하층은 팔배나무 치수가 우점하고 있기 때문에 차대형성이 용이할 것으로 예측되며 팔배나무 군락이 지속적으로 유지될 것으로 보인다.

그런데 잣나무 군락과 팔배나무-리기다소나무 군락의 하층은 종수와 개체수가 다른 군락에 비해 많은 것으로 나타났다. 이것은 수색부터 서오릉까지 능선을 따라 산악자전거 이용객의 통행이 많은 능선과 데크로드가 설치되지 않은 탐방로에 인접해 있어 인간 간섭에 의한 교란 때문인 것으로 보인다.

**Table 5.** The expected age of major woody species in Bongsan.

Community	Species	DBH(cm)	Height(m)	Expected Age(yr)
I	<i>Pinus koraiensis</i>	17	10	27
II	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	33	10	26
III-1	<i>Sorbus alnifolia</i>	14	10	33
III-1	<i>Sorbus alnifolia</i>	17	10	37
III-1	<i>Quercus mongolica</i>	39	10	31
III-1	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	20	10	17
III-2	<i>Pinus rigida</i>	28.5	10	38
III-2	<i>Prunus sargentii</i>	18	10	30
III-2	<i>Sorbus alnifolia</i>	12	10	27

\* I : *Pinus koraiensis* Community, II : *Robinia pseudo-acacia* Community, III-1 : *Sorbus alnifolia* Community, III-2 : *Sorbus alnifolia-Pinus rigida* Community.

6. 수령 및 수목 성장량

각 조사구별 대표 수목에서 채취한 목편으로 수목의 수령을 분석한 결과 팔배나무의 수령은 표 5와 같이 27~37년, 아까시나무는 17~26년, 잣나무는 27년, 신갈나무는 31년, 리기다소나무는 38년, 산벚나무는 30년으로 분석되었다.

군락별 수목의 성장량 분석 결과 팔배나무 군락의 팔배나무는 생장이 꾸준하게 유지되고 있으며 팔배나무-리기다소나무 군락의 팔배나무는 생장이 왕성했던 1990년대 말을 기점으로 성장률이 점차 감소했다(그림 4, 5). 팔배나무-리기다소나무 군락의 리기다소나무와 아까시나무, 잣나무 군락의 잣나무 성장률은 크게 감소하는 경향을 보이고 있다(그림 6, 7, 8). 아까시나무는 일반적인 한반도 아까시나무의 수령 40년(김종원, 2004)에 못 미치는 17~26년이지만 성장률이 현저하게 떨어지고 있다. 아까시나무는 전국적으로 황화현상과 조기낙엽 그리고 수관 상부가지가 말

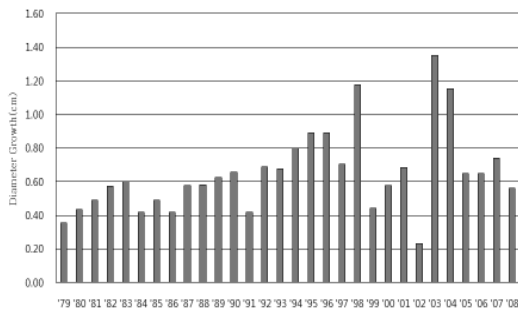


Figure 4. Annual growth pattern of *Sorbus alnifolia* of *Sorbus alnifolia* Community.

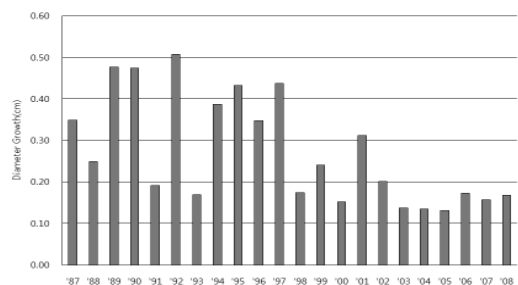


Figure 5. Annual growth pattern of *Sorbus alnifolia* of *Sorbus alnifolia-Pinus rigida* Community.

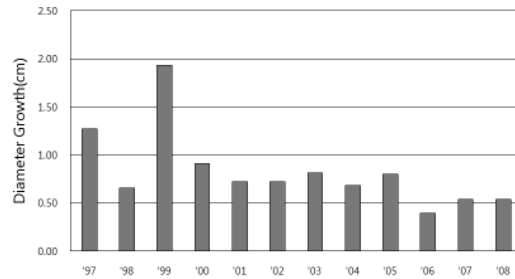


Figure 6. Annual growth pattern of *Robinia pseudo-acacia* of *Sorbus alnifolia-Pinus rigida* Community.

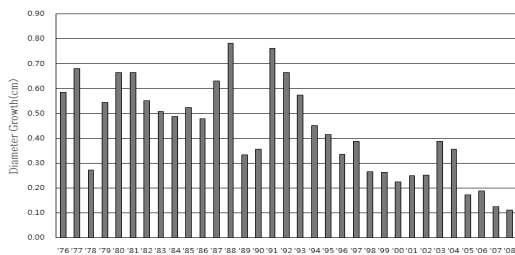


Figure 7. Annual growth pattern of *Pinus rigida* of *Sorbus alnifolia-Pinus rigida* Community.

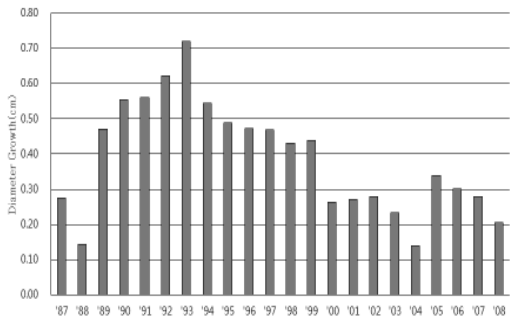


Figure 8. Annual growth pattern of *Pinus koraiensis* of *Pinus koraiensis* Community.

라죽는 현상이 자주 관찰되고 있다. 이것은 광합성에 의한 탄수화물이 뿌리로 내려가 뿌리혹에서 뿌리혹박테리아가 질소를 고정하도록 해야 하는데 뿌리혹박테리아가 죽으면 질소고정을 하지 못해 질소부족으로 나타나는 현상이다(이승우 등, 2009; 홍성진·송승달, 1990). 뿌리혹의 이상은 주로 아까시잎혹파리의 피해이다. 봉산 생태경관보전지역 내의 아까시나무 군락도 이런 현상을 보이고 있고 토양분석 결과 전질소함량이 팔배나



**Table 6.** Importance value of major tree species by the vegetative stratum in each community in Bongsan.

community		I				community		I			
Species	C	U	S	M	Species	C	U	S	M		
<i>Pinus koraiensis</i>	100.00	48.24	-	66.08	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	-	-	3.78	0.63		
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	27.60	-	9.20	<i>Quercus dentata</i>	-	-	3.01	0.50		
<i>Ailanthus altissima</i>	-	24.16	1.70	8.34	<i>Rosa multiflora</i>	-	-	2.20	0.73		
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	49.46	8.24	<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	2.16	0.36		
Other Total 16 species including <i>Quercus mongolica</i> , <i>Rubus crataegifolius</i> , <i>Elaeagnus umbellata</i> , etc.											
community		II				community		II			
Species	C	U	S	M	Species	C	U	S	M		
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	100.00	63.15	10.84	72.86	<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	25.81	4.30		
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	23.78	6.89	9.07	<i>Rosa multiflora</i>	-	-	16.92	2.82		
<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	13.07	3.56	4.95	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	11.61	1.94		
<i>Prunus sargentii</i>	-	13.07	3.56	4.95	<i>Cornus kousa</i>	-	-	10.24	1.71		
Other Total 3 species including <i>Quercus dentata</i> , <i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i> , <i>Quercus aliena</i> etc.											
community		III-1				community		III-1			
Species	C	U	S	M	Species	C	U	S	M		
<i>Sorbus alnifolia</i>	65.13	100.00	49.25	74.11	<i>Quercus mongolica</i>	10.81	-	14.53	7.83		
<i>Prunus sargentii</i>	11.57	-	-	5.79	<i>Quercus acutissima</i>	-	-	5.32	0.89		
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	12.49	-	19.76	9.54	<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	4.83	0.81		
community		III-2				community		III-2			
Species	C	U	S	M	Species	C	U	S	M		
<i>Sorbus alnifolia</i>	42.76	100.00	12.19	56.75	<i>Quercus mongolica</i>	12.05	-	9.43	7.60		
<i>Prunus sargentii</i>	14.96	-	5.63	8.42	<i>Quercus acutissima</i>	4.39	-	3.17	2.72		
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	13.27	-	8.30	8.02	<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	1.93	0.32		
<i>Pinus rigida</i>	12.57	-	1.59	6.55	<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	8.93	1.49		
Other Total 11 species including <i>Rhododendron mucronulatum</i> , <i>Clerodendron trichotomum</i> , <i>Parthenocissus tricuspidata</i> etc.											

\* I : *Pinus koraiensis* Community, II : *Robinia pseudo-acacia* Community, III-1 : *Sorbus alnifolia* Community, III-2 : *Sorbus alnifolia*-*Pinus rigida* Community

무 군락에 비해 낮은 것으로 보아 질소고정이 원활하지 않은 것으로 판단된다.

7. 상대우점도 분석

군락별 상대우점도 분석결과는 표 6과 같다. 잣나무 군락(I)의 평균상대우점도는 잣나무가 66.08%인데, 상대우점도는 상층에서 100.00%, 중층에서 48.24%로 나타났다. 따라서 당분간 잣나무 군락(I)이 유지될 것으로 보인다.

아까시나무 군락(II)은 아까시나무의 평균상대우점도가 72.86%이다. 아까시나무의 상대우점도는 상층에서 100.00%, 중층에서 63.15%이지만

중층에서 팔배나무가 23.78%, 하층에서 아까시나무가 10.85%, 산딸나무가 10.24%, 팔배나무가 6.89%로 나타나 장기적으로는 팔배나무와의 경쟁이 예상된다.

팔배나무 군락의 상층에서 팔배나무 평균상대우점도는 74.11%이다. 상층에서 팔배나무 상대우점도가 65.13%, 중층에서는 100.00%, 하층에서는 49.25%로 고르게 나타나 앞으로 팔배나무 군락이 지속적으로 유지될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 팔배나무 군락의 하층에서 관목은 생강나무 외에는 출현하는 종이 없었다.

팔배나무-리기다소나무 군락에서는 팔배나무

의 평균상대우점도가 56.75%이며 상층에서 팔배나무의 상대우점도는 42.76%, 산벚나무 14.96%, 아까시나무 13.27%, 리기다소나무 12.57%, 신갈나무 12.05% 등으로 나타났다. 중층은 팔배나무 100.00%, 하층은 팔배나무 12.19%, 신갈나무 9.43%, 아까시나무 8.30%로 나타났다. 하층의 관목은 국수나무, 진달래, 누리장나무 등 팔배나무 군락보다 많은 종이 나타났다. 단기적으로는 중층에서 발달하는 팔배나무로 인해 향후 팔배나무 군락으로 변화하여 전체적으로 팔배나무 군락의 면적이 더 넓어질 것으로 예상된다.

특이한 점은 잣나무 군락에서는 팔배나무 군락이 인접했음에도 팔배나무가 전혀 출현하고 있지 않다는 점이다. 타 지역 팔배나무 자생지를 비교해보면 상층에 신갈나무, 아까시나무, 소나무가 우점하고 아교목층과 관목층에서 팔배나무가 우점하는 경향을 뚜렷이 나타내고 있으며(서울특별시, 2009a; 2009b; 오충현·이경재, 1993; 이준복, 1998) 잣나무와의 관계는 아직 규명된 사례가 없다.

각 군락의 초본식물 분포를 조사한 결과 팔배나무 군락에서는 초본층의 식피율이 5% 이하이고, 애기나리와 은방울꽃이 출현하였다. 팔배나무-리기다소나무 군락에서는 초본층의 식피율이 10% 이하이고, 주름조개풀과 밀나물이 출현하였다. 중하층에서 팔배나무가 우점하는 남산 생태경관보전지역의 아까시나무 군락의 초본층에서도 본 대상지와 마찬가지로 애기나리와 주름조개풀이 주요종으로 나타나고 있다(서울특별시, 2008a).

잣나무 군락의 초본층에서는 서양등골나물과 미국자리공, 개망초 등의 외래종이 출현하였고, 총 식피율은 약 80%이다. 아까시나무 군락도 초본층 식피율이 80% 이상이고 이 중 서양등골나물이 50% 이상을 차지하였다. 따라서 잣나무 군락과 아까시나무 군락의 숲틈으로는 서양등골나물, 미국자리공 등이 세력을 확장하고 있어 자생종이 자리 잡기 어려운 것으로 보인다.

반면에 팔배나무 군락과 팔배나무-리기다소나무 군락은 울폐도가 높아 햇빛이 투과하는 양이 적기 때문에 관목층과 초본층의 하층식생이 발달하지 않고 있다. 이와 같이 관목 피복률이 낮은 경우 서양등골나물의 분포면적이 증가하는 경향(이경재 등, 2004)을 보이기 때문에 외래식물 침입에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다.

팔배나무가 비교적 많이 분포하는 서울의 남산, 인왕산, 정능산과 같은 산림의 팔배나무 군락도 교목층을 우점하는 경우가 많지 않고 대부분 아교목층과 관목층에서 우점하고 있다(서울특별시, 2009a; 2009b; 이준복, 1998). 간혹 팔배나무가 상층을 우점하는 경우에도 그 면적이 넓지 않다. 그러나 봉산 생태경관보전지역에서는 팔배나무가 교목층을 우점하고 있으며 그 면적이 다른 지역에 비해 넓은 것을 볼 수 있다.

#### 8. 종다양도 분석

군락별 종다양도 분석결과는 표 7과 같다. 조사 대상지의 종다양도는 대부분 1.0 미만으로 낮은 수치를 보였다. 이 중 팔배나무-리기다소나무 군락의 종다양도는 0.8444로 팔배나무 군락의 0.3291보다 높게 나타났다. 팔배나무-리기다소나무 군락의 경우 탐방로 주변에 위치하여 주변부 효과에 의해 종다양도가 높아진 것으로 보인다.

다른 지역 팔배나무 자생지와 종다양도를 비교해보면 인왕산 팔배나무 군락은 0.777(서울특별시, 2009), 천왕산은 0.9951(서울특별시, 2008b)의 종다양도를 보였다. 이는 이들 지역이 봉산 팔배나무 군락 입지조건과 달리 경사도가 낮아 하층식생이 발달해 있기 때문으로 판단된다.

최대종다양도는 전체적으로 0.85~1.38 사이의 값을 나타냈는데 팔배나무 군락이 0.8451로 가장 낮은 값을 보였다. 잣나무 군락의 최대종다양도는 1.3802로 가장 높게 나타났다. 균제도 분석결과 팔배나무-리기다소나무 군락은 0.6603으로 팔배나무 군락의 균제도값 0.3894보다 높은 값으로 나타났다. 우점도는 팔배나무 군락이 팔

Table 7. Diversity Indices in each plot in the Bongsan.

community	I	II	III-1	III-2
Diversity Indices				
Number of species	24	11	7	19
Species Diversity(H')	0.7930	0.7930	0.3291	0.8444
Maximum Species Diversity(H'max)	1.3802	1.0414	0.8451	1.2788
Evenness(J')	0.5745	0.7614	0.3894	0.6603
Dominance(D)	0.4255	0.2386	0.6106	0.3397

\* I : *Pinus koraiensis* Community, II : *Robinia pseudo-acacia* Community, III-1 : *Sorbus alnifolia* Community, III-2 : *Sorbus alnifolia-Pinus rigida* Community.

배나무-리기다소나무 군락보다 높게 나타났다. 아까시나무 군락의 경우 우점도가 낮고 균재도가 높게 나타났다. 이는 아까시나무의 성장상태가 불량하여 생긴 숲틈으로 다수의 식물종이 이입되었기 때문이다. 잣나무 군락은 다른 군락에 비해 우점도가 높지 않게 나타났다. 이것은 상층과 중층에서는 잣나무가 뚜렷하게 우점하고 있으나 조림지의 단층구조 특성상 하층에 초본류, 관목류, 참나무류의 치수가 이입되었기 때문이다.

9. 관리 방안

본 연구 대상지는 약 90%가 아까시나무, 리기다소나무, 잣나무 등의 조림지이다. 조림한 지 약 40년 정도 되었으나 서울의 다른 지역과 달리 생태경관보전지역 내의 산림은 참나무류로의 2차 천이 현상을 보이지 않고 있다. 조림지이지만 목재나 임산물의 수확을 목적으로 관리하는 조림지가 아니기 때문에 봉산 생태경관보전지역은 도시숲의 건강한 생태계를 위해 2차 천이가 진행되는 것이 바람직하다.

일반적으로 경사도가 높을수록 토양 유실량이 커서 토심이 낮아지고 수목의 근원부가 노출될 우려가 있으며(한국지반환경공학회, 2001), 식생의 재생피도가 낮다(Choung et al., 2004). 따라서 경사도가 급한 팔배나무 군락 내부의 팔배나무는 기울어지거나 쓰러지고 있으며, 또한 상층수관의 울폐도가 높아 하층에는 관목과 초본이 발달하지 않았다. 식생피도가 낮은 경우 강우 및 토사유출

량, 영양염류의 소실량이 많으므로(강원대학교, 2006) 팔배나무 군락의 토양 조건은 앞으로도 계속 악화될 위험이 크다.

그러나 수목이 고사하거나 쓰러지면서 생기는 숲틈인 “treefall gap”(Brokaw, 1982)이 생기면 이 숲틈에는 새로운 종이 유입할 수 있게 되고 기존의 종자 발아 및 치수의 생장이 촉진된다. 또한 숲틈의 형성으로 군락 내 자원의 양이 달라지면 종에 따라 종의 생활사, 생존 및 생장에 대하여 다른 영향을 주게 된다. 이것은 군락 내 종조성과 종다양성을 유지하는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Whittaker and Levin, 1977; Vitousek et al., 1982; 김시연, 1996. 재인용).

그러므로 팔배나무 군락의 도복목 발생으로 형성되는 숲틈에 의해 달라지는 광조건, 토양수분, 무기 영양, 토양 온도와 그에 따른 자연적인 교란으로 새로운 종이 유입되고, 기존 치수가 성장할 수 있는 환경으로 변화할 수 있다. 따라서 향후 이 지역 산림관리를 위해서는 이런 변화를 모니터링하는 것이 중요하다. 그러나 숲틈은 외래종 또한 침입이 활발해지므로 생태경관보전지역의 유지를 위해서 외래종 침입에 대해서는 적극적인 제거작업이 필요하다.

IV. 결 론

본 연구 대상지의 팔배나무 군락은 타 지역의 산림에서는 보기 드문 대규모 군락을 형성하고

있는 특이성 때문에 생태·경관보전지역으로 지정되었다. 하지만 필지단위로 지정되는 생태·경관보전지역의 특성상 아까시나무 등의 조림지가 전체 면적의 약 90% 정도 차지하고 있고 팔배나무 군락은 약 10%에 불과하다. 따라서 팔배나무 군락의 면적을 일정하게 유지하기 위해서는 특별한 대책마련이 필요하다.

봉산 팔배나무 군락은 다른 지역 팔배나무 자생지가 대체로 중하층에서 우점하는 것과 달리 모든 층위에서 고르게 우점하고 있다. 그러나 군재도와 종다양도는 다른 지역에 비해 상당히 낮게 나타났다. 이것은 급경사지라는 입지특성과 상층의 높은 밀도로 인해 하층식생이 발달하지 못했기 때문이다. 이런 특성으로 인해 도복목이 다수 발생하고 있다. 그런데 팔배나무 군락은 조림하지 않은 2차 식생 군락이기 때문에 조림지에 적용하는 숲 가꾸기와 같은 관리방법이 아니라 2차림에 적합한 관리방안을 적용하는 것이 필요하다.

또한 인접한 아까시나무림이 이미 쇠퇴하고 있고 중하층에서 팔배나무의 세력이 높아지고 있다. 아까시나무를 인위적으로 제거하여 근방야를 발생시키지 않는다면 내음성이 강하고 비교적 생장이 빠른 팔배나무가 아까시나무 아래에서도 세력을 넓힐 수 있을 것으로 예상된다. 팔배나무 군락의 경우 도복목으로 인한 숲틈이 새로운 종의 유입을 촉진하고 하층식생의 종다양도를 높일 수 있다. 다만 팔배나무 군락 내부로 설치되어 있는 탐방로를 이용하는 탐방객이 증가하여 인간 간섭에 의한 교란이 예상된다. 특히 봉산에 넓게 분포하고 있는 서양등골나물과 같이 반음지 조건에서도 생육이 왕성한 외래종의 침입이 우려된다. 따라서 탐방로를 이용하는 탐방객의 이용량을 모니터링하여 탐방로가 생태·경관보전지역에 지속적으로 악영향을 줄 경우 탐방로 이전 등의 적극적인 관리대책이 필요하다. 또한 고양시 경계지역에도 대규모 팔배나무 군락이 분포하고 있으므로 앞으로 이 지역까지 생태·경관보전지역 범위를

확장하여 관리하는 것이 필요하다.

## 인 용 문 헌

- 강원대학교. 2006. 산불피해지 식생 회복 및 토양 안정성 증진 기술 개발. 환경부 보고서. 136-138pp.
- 강현경. 2001. 도시 식물군집의 구조적 특성 및 자연성 복원을 위한 식생모델에 관한 연구. 상명대학교 대학원 박사학위논문. 129p.
- 권진오. 2009. 도시숲의 가치와 이해 그리고 미래. 농업전망 2009(1). 한국 농업·농촌 도전과 새로운 희망 발표 자료집. 한국농촌경제연구원. 1009-1013pp.
- 김시연. 1996. 접봉산에서 숲틈과 비숲틈사이의 환경요인과 초본식물 반응에 대한 비교. 카톨릭대학교 대학원 석사학위논문. 9p.
- 김준호. 1991. “환경오염에 의한 도시림의 쇠퇴 기후군” 도시와 숲과의 만남, 도시·산림·환경 심포지움. 산림청 임업연구원. 3-12pp.
- 김종원. 2004. 녹지생태학. 서울 : 월드사이언스. 51p.
- 농업과학기술원. 1988. 토양화학분석법. 450p.
- 박수현. 2009. 한국의 귀화식물. 서울 : 일조각.
- 변우혁·김기원·김은식·김태진·박관수·박미호·박찬열·손요환·오충현·윤여창·이동근·이우균·이임영·전재경·전진형·조기중·최재용. 2010. 도시숲의 이론과 실제. 서울 : 이채. 43-80pp.
- 변재경. 2006. 수목식재지의 토양분석과 관독 및 조치방법. LAC. 환경과 조경. 44-53pp.
- 산림청. 2007. 도시내 공원, 녹지와 도시림의 통합적 조성·관리방안에 관한 연구. 18p.
- 산림청. 2010. 전국 도시숲 통계.
- 서울특별시. 2008. 남산 생태·경관보전지역 관리계획. 51p.
- 서울특별시. 2008. 서울시 도시숲(산림) 생태계 조사 학술연구. 240p.

- 서울특별시. 2008. 청계산 원터굴 생태·경관보전지역 생태변화관찰 및 관리계획 수립 연구. 17p.
- 서울특별시. 2009. 인왕산 생태·경관보전지역 관리계획 수립연구. 44p.
- 송인주. 2010. 서울시 외래식물의 분포특성 및 관리방안Ⅱ. 서울시정개발연구원. 102p.
- 오충현·이경재. 1993. 도시녹지의 생태학적 조성 및 관리방안에 관한 연구-서울시 안산 도시자연공원을 중심으로. 한국조경학회지 21(1) : 125-137.
- 이경재·홍석환·김종엽·한봉호. 2004. 서울 강북 도시화지역 서양등골나물군락 분포특성. 한국환경생태학회지 18(4) : 351-358.
- 이승우·변재경·지동훈·권영대. 2009. 아까시나무 황화현상 발생입분의 토양 이화학적 특성. 한국토양비료학회지 42(6) : 409-414.
- 이인숙·김옥경·조경숙·박진성. 1998. 남산 삼림 토양에서의 효소 활성도와 중금속 함량에 관한 연구. 한국생태학회지 21(5-3) : 695-702.
- 이준복. 1998. 조경수 이용을 위한 우리나라 자생 팔배나무의 생태적 특성 및 신품종 육성. 성균관대학교 대학원 박사학위논문. 130p.
- 이준복·심경구·노의래·하유미. 1998. 조경수 이용을 위한 자생 팔배나무의 생태 및 생육 특성에 관한 조사연구. 한국조경학회지 26(2) : 229-239.
- 이호준. 1978. 팔배나무(*Sorbus alnifolia*)의 내건성에 관한 연구. 생물과 자연. 한국자연사박물관회 8(1) : 41-56.
- 임경빈·박인협·이경재. 1980. 경기도지방 적송림의 식물사회학적 연구. 한국임학회지 50 : 56-71.
- 조도순. 1990. 삼림생태계에서의 교란과 그 역할. 식물학회지 33(2) : 147-150.
- 한국산지보전협회. 2006. 2006 전국 산림건강 모니터링 조사 종합보고서. 167p.
- 한국지반환경공학회. 2001. 표토보전 및 침식방지 대책에 관한 연구. 환경부. 38p.
- 허태철·주성현. 2002. 침·활엽수림에서 산림토양의 이화학적 특성 비교. 경북대농학지 20 : 39-47.
- 홍성진·송승달. 1990. 아까시나무(*Robinia pseudoacasia* L.)의 공생적 질소고정. 한국생태학회지 13(2) : 93-100.
- Brokaw N. V. L. 1982. The Definition of Treefall Gap and Its Effect on Measures of Forest Dynamics. Biotropica 14(2) : 158-160
- Choung, Y., B. C. Lee, J. H. Cho, K. S. Lee, I. S. Jang, S. H. Kim, S. K. Hong, H. C. Jung and H. L. Choung. 2004. Forest responses to the large-scale east coast fires in Korea. Ecological Research 19(1) : 43-54.
- Curtis, J. T., and R. P. Mcintosh. 1951. An Upland Forest Continuum in the Prairie Forest Border Region of Wisconsin. Ecology 32(3) : 476-496.
- Grey, Gene W. 1986. Urban Forestry. Krieger Publishing Company. 50-116pp.
- Hill M. O. 1979. TWINSpan-a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics, Cornell University. Ithaca. New York. 99p.
- Nowak, D. J., and J. F. Dwyer. 2007. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems, 25-46pp.
- Numata, M., and O. Kotak. 1975. Naturalized Plants. Tokyo : Japan Society of Library. 160pp.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological Diversity. New York : John Wiley. 165p.
- Shannon, C. E., and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Urbana :

- University of Illinois Press. 117p.
- Vitousek P. M., and J. S. Denslow. 1986. Nitrogen and Phosphorus Availability in Treefall Gaps of a Lowland Tropical Rainforest. *Journal of Ecology* 74(4) : 1167-1178.
- Whittaker R. H., and S. A. Levin. 1977. The Role of Mosaic Phenomena in Natural Communities. *Theoretical Population Biology* 12 : 117-139.