

# 대전시 도시숲의 입지에 따른 식생 및 토양특성<sup>1</sup>

이호영<sup>2</sup> · 오충현<sup>3\*</sup> · 김은식<sup>4</sup> · 손요환<sup>5</sup> · 박관수<sup>6</sup>

## The Vegetation and Soil Characteristics of Urban Forest as Geological Location in Daejeon, Korea<sup>1</sup>

Ho-Young Lee<sup>2</sup>, Choong-Hyeon Oh<sup>3\*</sup>, Eun-Shik Kim<sup>4</sup>, Yo-Whan Son<sup>5</sup>, Kwan-Soo Park<sup>6</sup>

### 요 약

본 연구는 대전시 도시숲을 대상으로 산림식생과 토양특성을 분석하여 도시숲의 현황을 파악하고 바람직한 도시숲 관리방안을 마련하기 위한 기초 자료 제공을 목적으로 수행되었다. 연구는 대전시의 대표적인 도시숲 3곳을 조사하여 도시숲의 입지에 따라 식생 및 토양 특성이 어떻게 다른지를 분석하였다. 연구 결과 도시의 중심에 위치한 남산공원, 도시 내부에 위치하지만 비교적 보전이 양호한 월평공원, 도시 외곽에 위치하여 상대적으로 교란을 덜 받은 보문산 순으로 종다양도 및 최대종다양도가 증가하는 등 생태적 건강성이 양호해지는 것으로 나타났다. 인간 간섭의 강도가 큰 남산공원의 경우 토양 유기물층의 두께가 0.5cm로 매우 낮고, 답압에 의한 토양의 경도 또한 0.5~3.7kg/cm<sup>2</sup>로 다른 두 곳에 비하여 높게 나타나 인간의 간섭이 도시숲의 건강성에 영향을 미치고 있었다. 토양의 화학적 특성분석 결과에서는 월평공원의 아까시나무림을 제외한 모든 곳에서 5.0 이하의 pH<sub>1:5</sub> 값을 보였고, 세 곳 모두에서 낮은 치환성양이온 값을 보여 토양의 산성화가 심각하게 진행되고 있으며, 이로 인하여 치환성양이온의 용탈이 심화되는 것으로 나타났다. 토양 내 유기물 및 유효인산의 함량도 우리나라 산림토양의 평균치보다 낮은 값을 보여 식생에 대한 영양 공급이 원활하게 이루어지지 못하고 있었다. 따라서 대전시 도시숲은 산림 식생과 토양이 회복될 수 있는 방향의 적절한 도시숲 관리방안 마련이 필요하다.

주요어: 생태적 건강성, 인간간섭, 산성화, 도시숲 관리방안

### ABSTRACT

This study was carried out for the purpose of understanding the situation of the urban forest and presenting basic data bases for a proper management plan through the analysis of forest vegetation and soil characteristics. In three representative urban forests of Daejeon, we analyzed the differences of vegetation and soil properties in each geological location. The indices of ecological health such as Species Diversity and Maximum Species Diversity are increasing in the order of Namseon Park, Wolpyung Park and Mt. Bomun; the first is in the center

1 접수 2010년 6월 30일, 수정(1차: 2010년 8월 18일, 2차: 2010년 8월 30일), 게재확정 2010년 8월 31일

Received 30 June 2010; Revised(1st: 18 August 2010, 2nd: 30 August 2010); Accepted 31 August 2010

2 동국대학교 대학원 바이오환경과학과 Graduate School, Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk Univ., Seoul(100-715), Korea(hoyleee@hanmail.net)

3 동국대학교 바이오환경과학과 Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk Univ., Seoul(100-715), Korea

4 국민대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Kookmin Univ., Seoul(136-702), Korea

5 고려대학교 환경생태공학과 Dept. Environmental Science and Ecological Engineering, Korea Univ., Seoul(136-701), Korea

6 충남대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Chungnam National Univ., Daejeon(305-509), Korea

\* 교신저자 Corresponding author(ecology@dongguk.ac.kr)

of the city, the second is well-conserved inner-city park and the third is in the border of the city. In the soil analysis of Namseon Park where human disturbance is strong, the surface fuel bed was very thin just 0.5cm and the soil was harder than the other two urban forests, the soil hardness was 0.5~3.7kg/cm<sup>2</sup>. All three urban forests showed low pH<sub>1:5</sub> under 5.0 except *Robinia pseudo-acacia* association of Wolpyung and low exchangeable cation level. These results say that the urban forests of Daejeon have been being acidified severely and the eluviation of exchangeable cation is proceeding. The organic matter and the available phosphate level was lower than the average level of Korean forest. It means that nutrition supply is not sufficient. In Daejeon urban forests, the management plan of urban forest is necessary according to the analysis result of vegetation and soil.

**KEY WORDS: ECOLOGICAL HEALTH, HUMAN DISTURBANCE, ACIDIFICATION, MANAGEMENT PLAN OF URBAN FOREST**

## 서론

도시녹지는 생물자원 보존의 측면에서 유전자 자원 보존 기능, 야생생물 보존기능, 생태계 유지기능, 토지 보전기능, 대기 보존기능, 물환경 보전 등의 기능을 수행하며, 어메니티(Amenity) 유지 측면에서 거주환경의 보전 및 보건 휴양의 기능을 가지고 있다(Oh, 1992, recited). 도시녹지 중에서도 특히 중요한 위치를 차지하는 것은 도시숲이다. 도시숲은 도시의 녹지 공간이 절대적으로 부족한 우리나라의 현실에서 시민의 여가활동과 도시환경조절 측면에서 중요한 역할을 하고 있으며, 그 용이한 접근성으로 도시민들에게 여러 가지 편익을 제공하고 있다. 도시민들은 숲이 도시민들의 휴양 및 쉼터의 역할을 하기를 기대하고, 숲에서는 주로 등산과 산책을 즐기며, 일반적으로 2시간 이상 체류하는 것으로 나타났다(Lee et al., 2009).

그러나 도시숲의 역할이 증대됨에 따라 시민들의 이용이 증가하면서 도시숲 내부로의 진입이 잦아지고 있어 도시숲에 대한 훼손이 심해지고 있다. 또한 도시 내부에 있거나 도시와 인접해 있는 지리적인 특성으로 인하여 자동차 배기가스, 공장 매연 등 도시로부터 발생하는 대기오염물질에 의한 산성비로 인하여 토양의 산성화와 중금속 오염이 심각한 상황이다. 대한민국의 대표적인 도시인 서울시 중심에 위치하는 남산의 경우 도심 외곽의 산림 토양과 비교했을 때 낮은 pH 값을 보였으며, 토양완충능력 또한 도심구역이 외곽 구역에 비하여 현저히 낮은 값을 나타내었다(Kim and Hwang, 1998). 도시숲은 도시생태계 뿐만 아니라 도시민들의 건강에도 매우 중요한 역할을 수행하고 있으나, 도시로부터 발생하는 환경오염 물질의 유입과 탐방객들의 과도한 이용 등 지속적인 인간간섭으로 도시숲의 산림 생태계는 그 건강성에 많은 위협을 받고 있다.

도시숲의 토양특성에 관한 연구로는 남산토양의 효소 활

성화와 중금속에 관한 연구(Lee et al., 1998)에서 남산의 토양 pH, 함습도, 유기물함량 및 중금속 농도 등에 대한 연구가 이루어졌고, 서울지역 도시림 토양의 산성화와 완충능력 변화(Kim and Hwang, 1998)에서 토양 pH, 토양완충능력, 양이온치환능력 및 염기포화도를 조사하는 등 대도시의 토양 특성에 대한 연구가 진행되었다. 도시숲의 식생연구는 주로 큰 도시 인근에 위치하는 산림에 대한 연구가 진행되어 왔다. 대전 지역에 대한 산림식생 조사는 대전광역시 도시림의 산림식생분류(Park and Yun, 2009)에서 대전시 산림의 식물사회학적 유형분류가 이루어졌다.

하지만 대부분의 연구들은 도시숲의 산림식생 특성과 토양특성에 대해 각각의 연구를 진행하였을 뿐 식생과 토양특성을 비교분석하여 이에 근거한 도시숲의 적절한 관리방안을 제시하지는 못하고 있는 실정이다. 이를 위해서는 여러 가지 환경을 고려한 종합적인 도시숲 조사가 요구된다. 이에 따라 본 연구는 대전시에 위치한 3곳의 도시숲을 대상으로 도시숲 산림식생과 토양특성 분석을 통해 도시숲 관리방안 마련을 위한 기초자료 제공을 연구의 목적으로 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구대상지

연구대상지는 서로 다른 입지조건에서 도시숲의 환경을 비교하기 위해서 도시 중심에 위치하여 탐방객들의 이용빈도가 높고 도시환경의 영향을 많이 받는 남산공원, 도시 내부에 위치하지만 비교적 보전상태가 양호한 도솔산 월평공원, 그리고 대전시 외곽에 위치하여 상대적으로 도시의 영향이 적은 보문산을 대상으로 하였다.

남산공원은 대전시 서구 탄방동에 위치하고 있는 도시숲으로 약 15ha의 면적에 체육관 및 각종 운동시설과 다양한

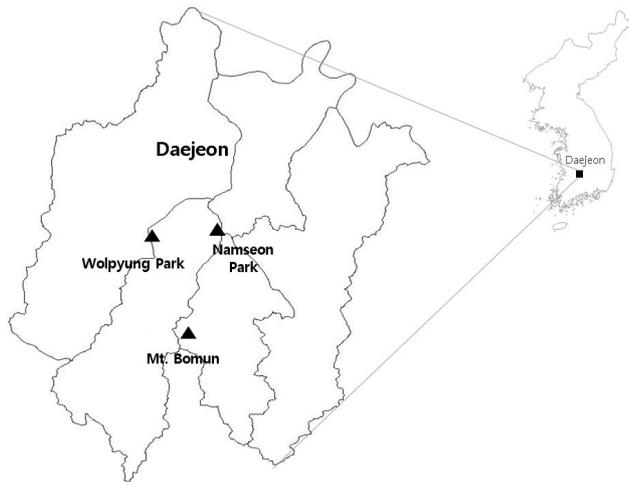


Figure 1. The location map of the study sites in Daejeon, Korea

휴식공간이 설치되어 도시민들의 이용이 많은 곳이다. 조사구는 사람들이 이용하는 도로 및 숲길로부터 30m 이격된 지역을 대상으로 하였으나, 일부 협소한 지역은 그 이내로 하였다. 월평공원은 대전시 서구 월평동 일원에 위치하는 약 400ha에 이르는 대규모의 도시숲으로 1990년에 공원으로 지정되었으며, 공원 내부에 월평산성, 내원사 등의 유적지 및 사찰이 있어 많은 시민들이 이용하고 있다. 공원내부에 많은 묘지가 산재해 있어 조사구는 묘지가 없고 사람들이 이용하는 숲길로부터 30m 이상 이격된 지역을 대상으로 하였다. 보문산은 대전시 남부지역에 접해있는 비교적 큰 규모의 산으로 많은 등산객이 이용하고 있다. 조사구는 숲길로부터 50m 내외에 설치하였다. 현장조사는 2008년 9월에서 10월까지 3곳의 도시숲에 대하여 같은 시기에 진행하였다.

## 2. 연구방법

식생조사는 각 대상지별로 대표식생에 대한 표준조사지를 선정하고, 조사지마다 방형구법을 이용하여 군집별 표본조사를 실시하였다. 대상지 내의 식물 군집구조는 300m<sup>2</sup> 방형구를 설치하여 식물의 밀도, 피도와 흉고직경, 수고, 수관폭 등 생육상태를 조사하였다. 조사 식물의 동정은 가능한 현지에서 시행하였으며, 동정이 어려운 식물은 채집 후 Lee(2003)의 문헌을 바탕으로 실험실에서 동정하였다. 각 대상지별 대표식생으로 남선공원에서는 리기다소나무림(1-1), 상수리나무림(1-2), 소나무림(1-3), 소나무-상수리나무림(1-4), 아까시나무림(1-5)을 선정하였고, 월평공원에서는 리기다소나무림(2-1), 상수리나무림(2-2), 소나무-굴참

나무림(2-3), 소나무림(2-4), 아까시나무림(2-5)을, 보문산에서는 상수리나무림(3-1), 소나무-리기다소나무림(3-2), 아까시나무림(3-3), 일본잎갈나무림(3-4)을 선정하여 조사를 실시하였다.

현장 조사 자료를 이용하여 층위별 상대우점도(Curtis & McIntosh, 1951), 평균상대우점도(Yim *et al.*, 1980), 종다양도/최대종다양도(Shannon & Weaver, 1963), 우점도, 군재도(Pielou, 1975)를 분석하였다. 산출된 각 조사구별 평균상대우점도 값을 바탕으로 SPSS 통계분석을 이용하여 계층적 군집분석을 실시하고, DCA(detrended correspondence analysis) ordination 방법으로 군집 유형을 분석하였다.

토양조사는 분석용 토양시료를 각 조사지점의 A층과 B층 두 층에서 각각 채취하였다. 현장에서 유기물 퇴적층의 두께와 각 토양층의 두께를 측정하고 투과성 및 유공성 측정기를 이용하여 토양경도를 측정하였다. 채취한 시료는 실험실에서 운반하여 그늘에서 말린 후 전처리 과정을 거쳐 대기오염과 산성비 등의 영향이 예상되는 토양의 산성도 및 각종 중금속의 농도를 집중적으로 분석하였으며, 기타 유기물, 전질소, 유효인산, 치환성 양이온( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ), 그리고 양이온치환용량(CEC) 등을 분석하였다. 토양 중 유기물 함량은 Walkely-Black wet oxidation 법으로 분석하였으며, pH는 1:5로 분석하였다. 전질소함량은 Kjeldahl법으로, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였으며, 토양 내 염기성 양이온( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ )은 1M-Ammonium acetate 침출법에 따라 ICP로 분석한 후 치환성 산도와 함께 양이온치환용량(cation exchange capacity)을 구하였다. 토양의 중금속류들은 0.1N HCl로 추출한 후 ICP로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 식생구조

#### 1) Classification 분석

3개 도시숲의 식생군락 사이의 관계를 살펴보기 위하여 전체 14개 조사구의 종별 평균상대우점도 값을 바탕으로 군집분류를 실시하였다. SPSS의 계층적 군집분석 방법 중 유클리드제곱거리를 기준으로 군집을 분류한 결과와 DCA ordination 분석이 동일한 결과를 보였으며, 5개의 군집 유형으로 분류되었다(Figure 2, 3, Table 1).

대전시 도시숲의 자연림은 상수리나무를 비롯한 참나무림과 소나무림이 주요 식생을 이루고 있으며, 인공림으로는 아까시나무림과 리기다소나무림, 일본잎갈나무림이 조립되어 있다. 각 도시숲의 아까시나무림이 유사한 군집으로 분류되었고(1-5, 2-5, 3-3), 남선공원과 월평공원의 리기다소나무림(1-1, 2-1), 각 대상지의 상수리나무림(3-1, 2-2,

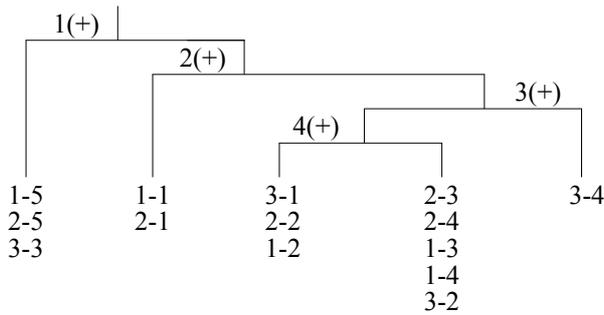


Figure 2. The dendrogram of hierarchical classification by Squared Euclidean Distance in the urban forest of Daejeon

(1(+): *Robinia pseudo-acacia* positive, 2(+): *Pinus rigida* positive, 3(+): *Larix leptolepis* positive, 4(+): *Pinus densiflora* positive)

1-2)과 소나무림 및 소나무혼효림(2-3, 2-4, 1-3, 1-4, 3-2), 그리고 보문산의 일본잎갈나무림(3-4)이 종조성 및 평균상대우점치에 의해 서로 유사한 군집으로 분류되었다.

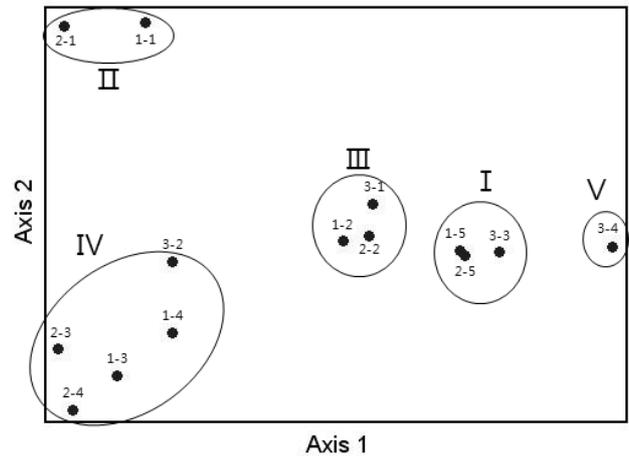


Figure 3. DCA ordination of fourteen plots in the urban forest of Daejeon (eigenvalue of Axis1: 0.667, eigenvalue of Axis2: 0.401, Group I: *Robinia pseudo-acacia* association, II: *Pinus rigida* association, III: *Quercus acutissima* association, IV: *Pinus densiflora* and *Pinus desiflora* mixed association, V: *Larix leptolepis* association)

Table 1. Importance Value of woody species in the urban forest of Daejeon

Species	Association <sup>1</sup>														
	I			II		III			IV					V	
	1-5	2-5	3-3	1-1	2-1	3-1	2-2	1-2	2-3	2-4	1-3	1-4	3-2	3-4	
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	79.80	89.40	47.76	5.89	2.60	0.85	3.17	35.22	-	1.11	11.03	10.89	6.33	0.17	
<i>Pinus rigida</i>	-	-	-	66.22	50.00	-	-	-	-	-	2.33	5.50	22.42	3.63	
<i>Quercus acutissima</i>	7.74	0.32	8.36	20.30	-	43.06	56.42	45.27	-	-	7.28	24.23	0.28	0.17	
<i>Diospyros lotus</i>	-	-	-	-	-	8.03	-	4.39	-	2.38	0.19	2.12	-	-	
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	2.53	7.95	-	0.06	1.32	47.05	62.05	61.02	42.07	26.56	-	
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	-	-	4.13	-	-	3.27	16.48	13.36	-	-	-	-	
<i>Prunus sargentii</i>	0.41	-	1.47	2.27	10.08	6.82	1.04	3.19	4.53	1.55	6.64	2.23	1.40	0.26	
<i>Castanea crenata</i>	-	-	1.78	-	-	-	-	-	-	-	1.40	5.07	7.61	-	
<i>Larix leptolepis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44.18	
<i>Alnus japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.19	
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	1.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.28	7.74	
<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.04	
<i>Quercus serrata</i>	2.40	1.66	2.41	1.61	0.12	1.15	8.81	1.97	4.43	4.67	0.48	0.82	7.65	11.01	
<i>Rhamnus davurica</i>	-	-	-	-	19.56	-	-	-	12.78	4.10	-	-	-	-	
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	-	-	0.12	-	0.74	0.49	2.87	2.54	-	-	1.64	0.10	
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	2.39	-	-	2.18	-	0.63	-	5.96	2.31	-	-	4.40	1.45	
<i>Rosa multiflora</i> var. <i>multiflora</i>	-	-	0.64	-	-	2.70	-	-	-	-	0.10	-	-	-	
<i>Rubus crataegifolius</i>	1.50	1.54	-	-	0.57	-	-	3.16	-	-	0.78	0.48	-	-	
<i>Styrax japonica</i>	-	1.50	20.06	-	0.28	0.94	11.00	-	2.76	2.96	-	-	3.76	20.12	
<i>Acer ginnala</i>	-	-	1.73	-	-	-	-	-	-	-	0.07	-	0.18	-	
<i>Acer palmatum</i>	0.21	-	11.28	-	-	18.56	-	0.24	-	-	-	-	-	-	
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	-	0.89	-	-	0.57	-	0.46	0.27	1.85	-	-	-	
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	1.27	-	0.16	4.70	-	-	-	-	-	-	1.83	3.75	
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	1.80	-	-	0.80	-	0.17	-	-	0.14	-	0.16	3.79	-	
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	0.15	-	-	-	4.68	-	-	-	-	0.10	0.34	-	0.10	
<i>Magnolia obovata</i>	-	-	-	0.30	-	-	-	0.49	0.08	-	0.39	-	-	-	

Table 1. (Continued)

Species	Association <sup>1</sup>														
	I			II		III			IV				V		
	1-5	2-5	3-3	1-1	2-1	3-1	2-2	1-2	2-3	2-4	1-3	1-4	3-2	3-4	
<i>Acer triflorum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.62	-	-	-	
<i>Ailanthus altissima</i>	-	-	0.53	-	-	-	-	0.24	-	-	-	-	-	-	
<i>Akebia quinata</i>	-	-	0.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Albizia julibrissin</i>	-	-	-	-	0.12	-	-	-	-	0.25	-	-	-	-	
<i>Alnus hirsuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.63	-	-	
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	-	-	-	0.47	-	-	-	-	-	-	-	0.09	
<i>Celastrus orbiculatus</i>	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	0.16	-	-	
<i>Celtis sinensis</i>	3.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Chionanthus retusus</i>	-	-	-	-	-	-	15.16	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cornus kousa</i>	1.18	-	-	-	-	-	1.31	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Corylus heterophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	1.82	-	
<i>Crataegus pinnatifida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	-	-	-	
<i>Euonymus alatus</i> for. <i>Ciliatodentatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	
<i>Forsythia koreana</i>	-	0.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Juniperus rigida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.20	0.14	-	-	0.87	-	
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	0.77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.18	0.54	0.29	
<i>Lespedeza thunbergii</i> subsp. <i>formosa</i>	-	-	-	-	1.32	-	0.74	-	1.40	0.89	-	-	-	-	
<i>Lespedeza xnakaii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.53	-	-	-	-	
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.96	
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.57	0.98	
<i>Lonicera japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.18	-	
<i>Magnolia kobus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	-	-	-	
<i>Malus sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	-	-	-	
<i>Pinus thunbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.28	-	
<i>Pueraria thunbergiana</i>	-	-	-	-	-	0.47	-	-	-	-	3.86	-	0.18	-	
<i>Pyrus pyrifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	
<i>Quercus aliena</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.73	-	-	0.39	0.95	-	-	
<i>Quercus mongolica</i>	2.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.28	-	
<i>Rubus parvifolius</i>	-	-	-	-	-	-	0.12	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Sophora japonica</i>	-	-	-	-	-	4.87	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i>	-	-	0.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Styrax obassia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.22	-	-	-	-	
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-	0.53	-	-	0.96	1.34	
<i>Vitis amurensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	-	-	-	
<i>Vitis flexuosa</i>	-	-	0.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.18	0.18	
<i>Weigela subsessilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	
<i>Wisteria floribunda</i> for. <i>floribunda</i>	-	-	-	-	-	2.71	-	-	-	-	-	-	-	-	

<sup>1</sup>1-1: *Pinus rigida* association in Namseon, 1-2: *Quercus acutissima* association in Namseon, 1-3: *Pinus densiflora* association in Namseon, 1-4: *Pinus densiflora-Quercus acutissima* association in Namseon, 1-5: *Robinia pseudo-acacia* association in Namseon, 2-1: *Pinus rigida* association in Wolpyung, 2-2: *Quercus acutissima* association in Wolpyung, 2-3: *Pinus densiflora-Quercus variabilis* association in Wolpyung, 2-4: *Pinus densiflora* association in Wolpyung, 2-5: *Robinia pseudo-acacia* association in Wolpyung, 3-1: *Quercus acutissima* association in Bomun, 3-2: *Pinus densiflora-Pinus rigida* association in Bomun, 3-3: *Robinia pseudo-acacia* association in Bomun, 3-4: *Larix leptolepis* association in Bomun

2) 종다양도 분석

남선공원은 대전시 한복판에 위치하여 탐방객들의 이용이 많은 곳으로, 소나무림을 제외한 모든 군집에서 종다양도가 1.0 미만으로 나타나 낮은 종다양성을 보였다. 최대종다양도는 0.9~1.4 사이의 값을 보였으며, 소나무림이 1.3424로 가장 높게 나타났다. 특히 아까시나무림은 매우

낮은 종다양도 및 상재도 값을 보여 아까시나무가 지나치게 우점하고 있음을 알 수 있다(Table. 2).

월평공원은 대전 시내에 위치하지만 비교적 보전상태가 양호한 도시숲으로, 전체적으로 종다양도는 0.5~1.1 사이의 값을 보이고, 최대종다양도는 1.0~1.3 사이의 값을 보이고 있어 남선공원보다는 다양한 수종들이 분포하고 있다. 소나

Table 2. Diversity Indices in each plot in the urban forest of Daejeon

Diversity Indices	Association		I			II		III	
	1-5	2-5	3-3	1-1	2-1	3-1	2-2	1-2	
Number of species	10	10	15	8	15	14	15	13	
Species Diversity(H')	0.5164	0.5698	0.8556	0.6662	0.9309	0.9650	0.9440	0.8733	
Maximum Species Diversity(H'max)	1.0000	1.0000	1.1761	0.9031	1.1761	1.1461	1.1761	1.1139	
Evenness(J')	0.5164	0.5698	0.7275	0.7377	0.7915	0.8420	0.8027	0.7840	
Dominance(D)	0.4836	0.4302	0.2725	0.2623	0.2085	0.1580	0.1973	0.2160	

Table 2. (Continued)

Diversity Indices	Association		IV			V
	2-3	2-4	1-3	1-4	3-2	3-4
Number of species	12	18	22	16	24	23
Species Diversity(H')	1.0070	1.0465	1.0097	0.9663	1.2370	1.1057
Maximum Species Diversity(H'max)	1.0792	1.2553	1.3424	1.2041	1.3802	1.3617
Evenness(J')	0.9331	0.8337	0.7522	0.8025	0.8962	0.8120
Dominance(D)	0.0669	0.1663	0.2478	0.1975	0.1038	0.1880

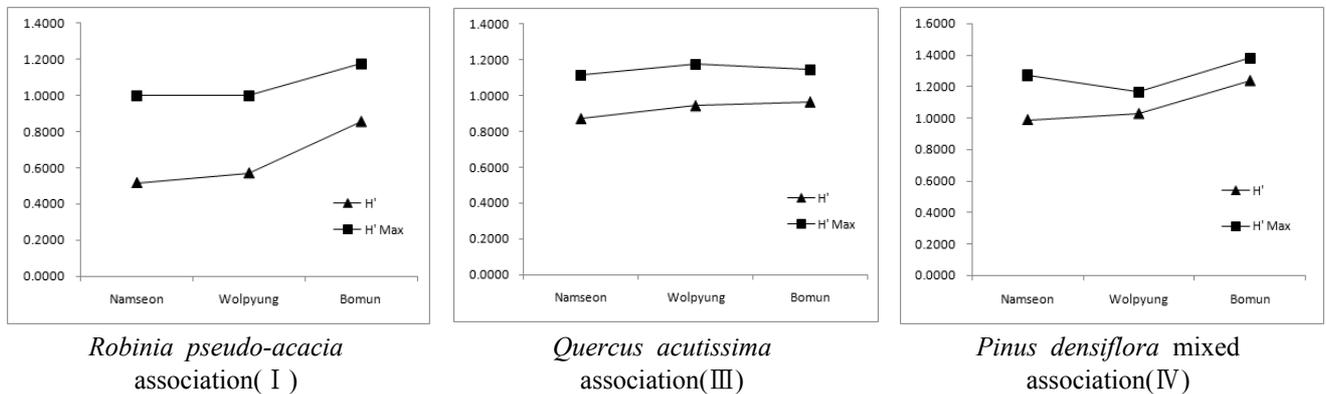


Figure 4. Species diversity and maximum species diversity in each association in the urban forest of Daejeon

무림이 종다양도와 최대종다양도에서 가장 높은 값을 보여 다양한 수종이 고르게 분포하는 양호한 식생구조를 이루고 있는 반면, 아까시나무림은 남선공원에서와 마찬가지로 매우 낮은 종다양도와 상대도 값을 보이고 있다.

보문산은 대전시 남부 외곽의 규모가 큰 도시숲으로, 전체적으로 종다양도는 0.8~1.3 사이의 값을 보이고, 최대종다양도는 1.1~1.4 사이의 값을 보이고 있어 도시 내부에 있는 두 공원에 비하여 종다양도 및 최대종다양도 모두 높은 값을 보이고 있다. 아까시나무림과 일본잎갈나무림은 조림지임에도 불구하고 양호한 종다양도를 보이고 있다.

군집분류에 의해 유사한 군집으로 분류된 식생유형을 도시숲 대상지별로 비교해보면(Figure 4), 아까시나무림에서는 남선공원-월평공원-보문산 순으로 종다양도 및 최대종다양도가 높아지는 것을 확인할 수 있다. 상수리나무림과

소나무 혼효림에서도 최대종다양도에서 약간의 차이를 보이는 것은 확인할 수 있었다. 따라서 이를 기초로 도시내부의 도시숲이 사람들에게 적절한 휴식공간을 제공하면서 동시에 인간 간섭을 최소화하는 방안을 마련하여 생태적 건강성을 확보할 수 있는 관리방안 수립이 필요하다. 이를 위해서는 우선적으로 공원 이용객들이 숲 내부로 쉽게 출입하는

Table 3. The physical and chemical characteristics in the urban forest of Daejeon

Plot	Layer	F <sup>1</sup> (cm)	D (cm)	H (kg/cm <sup>2</sup> )	pH <sub>1.5</sub>	N (%)	O (%)	P (ppm)	Exchangeable Cation (cmolc/kg)			CEC (cmolc/kg)
									K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	
Namseon Park	1-1	A	6	2.8	4.70	0.14	2.06	4.44	0.25	1.12	0.58	10.39
		B	0.5	30	3.7	4.61	0.13	2.07	4.75	0.23	0.53	0.25
	1-2	A	9	1.6	4.02	0.26	1.75	17.96	0.34	0.82	0.31	9.88
		B	0.5	30	1.8	4.34	0.13	1.18	8.56	0.25	0.19	0.12
	1-3	A	6	2.5	4.15	0.17	1.24	7.30	0.20	0.60	0.25	7.86
		B	0.5	70	2.5	4.20	0.14	1.11	1.80	0.19	0.13	0.08
	1-4	A	7	1.0	4.35	0.14	1.80	3.79	0.29	0.98	0.32	9.09
		B	0.5	33	1.5	4.40	0.10	1.83	2.37	0.33	0.60	0.67
	1-5	A	10	0.5	4.10	0.27	2.11	26.56	0.31	1.35	0.22	10.21
		B	0.5	40	2.0	4.64	0.12	1.14	12.47	0.21	0.46	0.10
Wolpyung Park	2-1	A	11	0.7	4.74	0.09	1.28	5.81	0.17	0.56	0.19	7.00
		B	0.8	50	1.5	4.79	0.08	1.12	1.34	0.15	0.35	0.11
	2-2	A	8	1.5	4.38	0.13	1.62	2.44	0.16	0.12	0.13	9.03
		B	1.0	45	1.5	4.71	0.07	1.63	4.20	0.12	0.12	0.14
	2-3	A	9	1.2	4.38	0.16	1.88	5.81	0.21	0.08	0.17	9.40
		B	1.5	45	2.5	4.54	0.11	1.29	2.83	0.22	0.09	0.16
	2-4	A	8	0.5	4.31	0.11	1.34	5.93	0.17	0.16	0.09	7.60
		B	1.0	65	1.0	4.45	0.09	1.35	2.30	0.16	0.07	0.05
	2-5	A	7	0.5	5.04	0.10	2.05	6.76	0.19	1.58	0.15	9.33
		B	0.5	40	0.5	5.79	0.10	1.61	6.61	0.20	1.37	0.24
Mt. Bomun	3-1	A	8	0.7	4.12	0.26	1.92	7.30	0.38	1.05	0.56	11.16
		B	4.5	42	3.0	4.44	0.13	1.49	3.17	0.32	0.47	0.50
	3-2	A	13	1.0	4.29	0.18	1.58	4.62	0.19	0.18	0.12	8.55
		B	4.5	56	3.2	4.46	0.13	1.23	2.17	0.23	0.21	0.13
	3-3	A	13	1.2	4.89	0.19	1.80	15.93	0.49	3.48	0.42	9.95
		B	1.5	64	2.7	4.87	0.13	1.66	12.18	0.42	2.37	0.22
	3-4	A	15	1.3	4.32	0.15	1.31	4.70	0.25	0.38	0.16	6.81
		B	5.0	72	3.0	4.57	0.13	0.86	3.28	0.21	0.22	0.10

<sup>1</sup> F: Surface Fuel bed, D: Soil Depth, H: Soil Hardness, N: pre-Nitrogen, O: Organic matter, P: available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CEC: Cation Exchange Capacity

것을 막고 정해진 공간만을 이용하도록 하는 공간계획 및 관리계획을 수립해야 한다.

## 2. 토양 분석

남선공원의 토양은 다른 두 곳의 도시숲에 비하여 유기물층의 두께가 평균 0.5cm로 매우 얇고, 토양 경도는 0.5~3.7 kg/cm<sup>2</sup>로 높게 나타났다. 이는 정기적인 숲가꾸기를 통해 유기물층의 생성을 막고, 탐방객들이 과도하게 숲 내부로 진입하여 답압이 발생했기 때문으로 판단되며, 특히 소나무림과 리기다소나무림에서 이러한 현상이 두드러지게 나타나고 있다. 화학적 특성을 살펴보면, 토양 pH<sub>1.5</sub>는 A층에서 4.02~5.04, 평균 4.41, B층에서는 4.20~5.79, 평균 4.63 이

었으며, 이는 서울 남산 토양의 pH<sub>1.5</sub> 4.03~4.65(Lee *et al.*, 1998)에 비해서는 덜 산성화되었으나 우리나라 산림토양의 평균 pH<sub>1.5</sub>로 조사된 A층 5.48, B층 5.52(Jeong *et al.*, 2002) 보다는 매우 낮은 값을 보이고 있어 대전시 도시숲의 경우에도 대기오염이나 산성비 등의 오염물질에 장기간 영향을 받은 것으로 보인다. 토양 내 유효인산 함량은 1.34~27.56ppm으로 우리나라 일반 산림토양에서 나타나는 값(6.9~34.1ppm) 보다 비교적 낮은 값을 보이는 것으로 나타나 식생에 대한 양료 공급 차원에서 문제가 있는 것으로 보인다(Jeong *et al.*, 2002). 또한, 치환성 칼슘은 평균 0.70 cmolc/kg, 마그네슘은 평균 0.23cmolc/kg으로 우리나라 산림 토양의 평균 치환성 양이온 함량(Ca<sup>2+</sup>: 2.44cmolc/kg, Mg<sup>2+</sup>: 1.01cmolc/kg) 보다 매우 낮은 것으로 토양 산성화로 인한

Table 3. (Continued)

	Plot	Layer	Heavy metal(mg/kg)				
			Cd	Cr	Cu	Mn	Ni
Namseon Park	1-1	A	0.02	0.08	3.36	3.05	0.36
		B	0.02	0.04	1.00	0.45	0.11
	1-2	A	0.03	0.10	1.72	5.70	0.35
		B	0.02	0.11	1.31	1.35	0.16
	1-3	A	0.04	0.17	2.27	2.20	0.33
		B	0.00	0.07	0.78	0.40	0.07
	1-4	A	0.02	0.08	1.91	4.00	0.25
		B	0.02	0.07	0.94	2.65	0.23
	1-5	A	0.04	0.12	1.80	18.6	0.47
		B	0.01	0.05	0.60	4.05	0.12
Wolpyung Park	2-1	A	0.03	0.10	1.09	2.90	0.12
		B	0.02	0.07	0.70	2.45	0.09
	2-2	A	0.02	0.06	1.29	4.95	0.13
		B	0.01	0.06	0.85	4.70	0.07
	2-3	A	0.06	0.16	1.29	1.60	0.36
		B	0.04	0.16	1.10	2.35	0.17
	2-4	A	0.04	0.09	0.62	1.10	0.11
		B	0.02	0.08	0.47	1.35	0.05
	2-5	A	0.03	0.28	0.69	1.00	0.06
		B	0.03	0.32	0.93	1.05	0.06
Mt. Bomun	3-1	A	0.05	0.08	1.43	14.97	0.37
		B	0.02	0.06	0.65	6.00	0.23
	3-2	A	0.04	0.28	1.02	4.03	0.26
		B	0.01	0.21	0.65	2.50	0.07
	3-3	A	0.06	0.10	1.49	2.47	0.38
		B	0.02	0.10	1.32	1.40	0.12
	3-4	A	0.03	0.09	1.00	5.63	0.17
		B	0.02	0.05	0.42	3.60	0.06

치환성 양이온의 용탈에 의한 것으로 추정된다(Jeong *et al.*, 2002).

월평공원의 토양은 유기물층의 두께 0.5~1.5cm로 다른 두 곳 도시숲의 중간정도 값을 보였으며, 토양 경도는 0.5~2.5kg/cm<sup>2</sup>로 세 곳 중에서 가장 낮은 경도를 나타냈다. 화학적 특성으로는 소나무, 상수리나무, 소나무-상수리나무 림에서 토양 pH<sub>1.5</sub> 4.5 이하의 값을 보였다. 전체 군집에서 토양 내 유기물 및 유효인산 함량은 우리나라 일반 산림토양 보다 비교적 낮은 값을 보여 영양 공급에 문제가 있을 수 있고, 치환성 칼슘과 마그네슘도 매우 낮아 토양의 산성화로 인해 치환성 양이온의 용탈이 일어날 가능성이 높다.

보문산의 토양은 유기물층의 두께가 1.5~5.0cm로 도시 내부에 위치하는 다른 두 곳의 도시숲에 비하여 월등하게 높은 값을 보여 낙엽층이 그대로 쌓여 있음을 알 수 있다. 토양 경도는 0.7~3.2kg/cm<sup>2</sup>로 남선공원 보다는 낮고, 월평공원 보다는 높은 값을 보였다. 화학적 특성으로는 아까시나

무릅을 제외한 나머지 3개 군집의 A층에서 토양 pH<sub>1.5</sub>가 4.5 이하의 값을 나타내어 대기오염이나 산성비 등의 오염 물질에 장기간 영향을 받은 것으로 판단된다. 토양 내 유기물 및 유효인산 함량은 다른 두 곳과 마찬가지로 비교적 낮은 값을 보여 식생에 대한 양료 공급에 문제가 있는 것으로 보인다. 또한, 치환성 칼슘과 마그네슘의 경우도 우리나라 산림토양의 평균 치환성양이온 함량보다 매우 낮아 토양 산성화로 인한 치환성양이온 용탈의 문제가 있는 것으로 보인다.

토양 내 중금속 함량에 대한 조사결과는 남선공원, 월평공원, 보문산 세 곳의 도시숲 모두에서 카드뮴, 크롬, 구리, 망간, 니켈 등의 중금속 함량이 기준치보다 매우 낮은 값을 보여 대전시 도시숲은 중금속에 대한 오염 우려는 없는 것으로 나타났다.

대전시 도시숲 3곳(남선공원, 월평공원, 보문산)의 군집별 식생구조와 토양 분석을 실시하여 비교 분석한 결과, 도

시숲의 도시내 입지위치에 따라 서로 다른 조사 결과를 보임을 알 수 있었다. 도시의 중심에 위치한 남선공원, 도시 내부에 위치하지만 비교적 보전이 양호한 월평공원, 도시 외곽에 위치하여 상대적으로 교란을 덜 받은 보문산 순으로 종다양도 및 최대종다양도가 증가하는 등 생태적 건강성이 양호해 지는 것을 확인할 수 있었다. 뿐만 아니라 남선공원의 경우 토양의 유기물층의 두께가 매우 낮고, 답압에 의한 토양의 경도 또한 다른 두 곳에 비하여 높게 나타나 인간의 간섭이 도시숲의 건강성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

대전시 도시숲의 식생분포에 따른 관리방안 수립이 필요한데, 특히 아까시나무림, 리기다소나무림 등의 인공 조림지에 대한 식생관리가 이루어져야 하고, 도시숲의 경관과 식생다양성을 위한 소나무림 관리 방안의 수립이 필요하다. 아까시나무림의 경우 과거에 황폐한 산림을 복구하기 위해 조림되었으나 현재는 쇠퇴하고 있는 산림으로 대전시 도시숲의 아까시나무림은 매우 낮은 종다양도를 보여 생태적 건강성이 떨어지고 있으므로 벌채 등 보다 적극적인 방법을 통해 자연림으로 천이를 유도할 필요가 있다. 리기다소나무림은 남선공원과 월평공원에 조림되어 있으며, 도시숲에서 활력이 있는 리기다소나무의 기능은 소나무와 유사하므로 리기다소나무가 사라지게 되면 겨울철 녹색요소가 사라지거나 소나무류의 산림욕 효과가 약화될 우려가 있다. 따라서 리기다소나무를 소나무로 대체 가능한 지역은 천이를 유도하고 그렇지 못한 지역은 경관과 휴양기능상 보존하는 방안을 검토해야 한다. 소나무는 사계절 푸르름을 제공하는 경관요소로서 도시숲에서 매우 중요한 역할을 수행하는 나무이다. 대전시의 소나무림은 남선공원, 월평공원, 보문산 도시숲에 넓게 분포하고 있으나, 현재 참나무류와 경쟁이 심화되고 있어 향후 특별한 관리가 이루어지지 않을 경우 이들 참나무림으로의 천이가 예상된다. 따라서 소나무의 유지가 필요한 지역을 선별하여 경쟁수종인 참나무류의 제거 및 적절한 임목간격 유지 등 적극적인 관리를 수행할 필요가 있다.

토양의 화학적 특성분석 결과에서는 세 곳 모두 낮은 토양산도와 유효인산 및 치환성양이온 값을 보여 토양 산성화가 심각하게 진행되고 있으며, 이로 인하여 치환성 양이온의 용탈이 심화되고 있는 것으로 판단된다. 토양 내 유기물 및 유효인산의 함량도 우리나라 산림토양의 평균치보다 낮은 값을 보여 식생에 대한 영양 공급이 원활하게 이루어지지 못하고 있다. 이에 대한 관리방안으로 남선공원과 같이 탐방객의 이용 빈도가 높은 도시숲에서는 숲 내부로 진입이 늘어남에 따라 토양 경도가 높아지고, 유기물층의 소실이

증가하므로 계단, 로프 설치 등 숲길 정비를 통하여 탐방객의 임내 진입을 통제할 필요가 있다. 또한 숲 내부의 낙엽층을 남겨두어 유기물 및 유효인산 등 양분공급이 원활하게 이루어질 수 있도록 하고, 토양산성화가 심하게 이루어진 지역은 석회 살포 등의 적극적인 관리대책을 수립하는 것이 바람직하다.

본 연구는 도시숲의 식생 및 토양특성 분석을 통하여 도시숲의 효과적인 관리가 이루어질 수 있는 기초자료를 제공하는 의미를 가지지만, 연구 표본의 수가 부족하고, 비교 대상지에 대한 조사가 병행되지 못했다는 한계가 있으므로 향후 식생과 토양뿐만 아니라 도시숲에 대한 여러가지 환경요인을 함께 고려하는 연구 수행이 필요하다.

## 인용문헌

- 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.
- Jeong, J.H., K.S. Koo, C.H. Lee and C.S. Kim(2002) Forest Soil Characteristic and Properties by Regional Groups in Korea. *Jour. Korean For. Soc.* 91(6): 694-700.
- Kim, D.Y. and I.C. Hwang(1998) Soil Acidification and Soil Buffer Capacity Change in Urban Forests of Seoul Area. *Jour. Korean For. Soc.* 87(2): 188-193.
- Lee, C.B.(2003) Korean Pictorial Book of Flora. Hyangmunsa.
- Lee, I.S., O.K. Kim, K.S. Cho and J.S. Park(1998) Studies on the Enzyme Activities and Heavy Metals of Forest Soil in Mt. Nam, Seoul. *Korean Journal of Ecology* 21(5-3): 695-702.
- Lee, Y.H., K.W. Kim, W.H. Byun(2009) Visitors' Characteristics of Bukhansan National Park as a Urban Forest. *Korean Journal of Forest Recreation Association* 13(1): 53-61.
- Oh, C.H.(1992) Studies on Ecological Establishment and Management of Urban Green Openspace. master thesis of Univ. of Seoul, Seoul, Korea, pp. 1-2.
- Park, H.K. and C.W. Yun(2009) A Study on Forest Vegetation Classification in Urban Forest of Daejeon Metropolitan City. *Korean Journal of Forest Recreation Association* 13(4): 33-41.
- Pielou, E.C.(1975) *Ecological Diversity*. New York, John Wiley, 165pp.
- Shannon, C.E. and W. Weaver(1963) *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, 117pp.
- Yim, K.B., I.H. Park and K.J. Lee(1980) Phytosociological Changes of *Pinus densiflora* Forest Induced by Insect Damage in Kyonggi-do Area. *Jour. Korean For. Soc.* 50: 56-71.