

대전시 도시숲의 식생 및 토양특성에 관한 연구

김동일¹⁾·박관수¹⁾·김길남¹⁾·김현숙¹⁾·이항구¹⁾·박범환¹⁾·이상진¹⁾·강길남²⁾

¹⁾ 충남대학교 산림환경자원학과, ²⁾ 충청남도 산림환경연구소

A Study of Vegetation and Soil Characteristic of Urban Forest in Daejeon City

**Kim, Dong-Il¹⁾·Park, Gwan-Soo¹⁾·Kim, Gil-Nam¹⁾·Kim, Hyoun-Sook¹⁾·Lee, Hang-Goo¹⁾
Park, Beom-Hwan¹⁾·Lee, Sang-Jin¹⁾ and Kang, Kil-Nam²⁾**

¹⁾ Department of Environment Forestry Resources, Chungnam National University,

²⁾ Chungcheongnam-do Forest Environment Research Institute.

ABSTRACT

This study was conducted to suggest appropriate methods for management of urban forest after investigating the present condition and problems of urban forests by analyzing vegetation and soil properties in urban forests in the Daejeon. On the basis of our research, *Pinus rigida* dominate Gyejoksan and Bomunsan. *Pinus densiflora* dominate Wolpyeong park and *Quercus acutissima* dominate Namsun park. On the basis of our result of analysis of soil chemical properties, all investigated areas have low pHs, available phosphates and exchangeable cations. They indicate that the soil of those areas have been acidifying progressively. Soil hardness measurements were conducted to know the conditions of trampled soils and the results of them show that soil hardness in Namsun park was higher than the others. This indicates that human interference affect the health of the urban forest.

Key Words : *urban forest*, *Pinus rigida*, *Pinus densiflora*, *Quercus acutissima*, *soil properties*.

Corresponding author : Gwan-Soo Park, Dept. of Forest Resources, Chungnam National University,
Tel : +82-42-821-5743, E-mail : gspark@cnu.ac.kr

Received : 19 November, 2010. **Revised** : 7 February, 2011. **Accepted** : 3 March, 2011.

I. 서론

도시숲은 학문적으로 매우 다양하게 사용되고 있어 명확하게 정의하기 어려우며 도시라는 공간에 존재하는 도시숲의 개념 및 범위는 각각의 여건에 따라 다양하게 표현되고 있다(임업연구원, 2002). 대도시 지역의 나무, 초본이 자라는 모든 공간에 심어진 식생, 숲, 가로수, 공원, 학교 운동장, 수변지역, 묘지, 도로의 중앙분리대 등에 심어진 식생을 포함한 넓은 의미로서 도시숲을 정의하고 있다(Miller, 1997). 그 외에 도시림을 기능에 따라 공원림, 경관림, 방음·방풍림, 생산림으로 구분하고 있으며, 지정목적에 따라 도시근린공원형과 산악형으로 구분하고 있다(권현교, 2004).

또한 도시숲은 도시 및 도시인접지역에 위치한 삼림으로 시민의 여가활동과 도시환경조절 측면에서 중요한 역할을 하고 있다. 이러한 도시숲은 그 용이한 접근성으로 도시민들에게 여러 가지 편익을 제공하게 된다. 도시민들은 숲이 도시민들의 휴양 및 쉼터의 역할을 하기를 기대하고, 숲에서는 주로 등산과 산책을 즐기며, 2시간 이상 체류하는 것으로 나타났다(이연희 등, 2009).

최근 생활수준의 향상과 여가 생활의 증대로 인하여 도시숲 이용 인구가 증가하면서 인간의 간섭에 따른 자연경관의 파괴와 생물유전자원 도태압력이 현저하게 가중되고 있으며, 각종 오염물질의 유입이 급증하고, 도시 내 차량 이용 및 냉난방 기구 사용에 따른 화석연료의 배출가스로 인해 도시숲 생태계에 직·간접적으로 피해를 주고 있다. 도시숲 이용 인구의 증가로 인한 토양의 답압과 오염물질 투기로 인해 토양 환경을 파괴하고, 화석연료 사용으로 발생하는 유해물질들은 부유 상태에서 식물의 기공이나 토양 흡착을 통하여 식물의 성장에도 많은 장애를 주고 토양 산성화를 촉진 시켜 식물의 생육에 장애를 주는 것으로 알려져 있다(유승성, 1991; 강희양 등, 1988).

이와 같이 도시숲은 도시생태계 뿐만 아니라 도시민들의 건강에 매우 중요한 역할을 수행하고 있으나, 도시로부터 발생하는 각종 환경오염 물질의 유입과 도시숲 이용객의 과도한 증가 등 지속적인 인간의 간섭으로 도시숲 산림 생태계는 그 건강성에 많은 위협을 받고 있다.

본 연구는 대전광역시에 위치한 도시숲을 대상으로 도시숲 식생과 토양특성을 조사·분석하여 도시숲의 현황을 파악하고 문제점을 도출하여 향후 유형별 적절한 관리방안을 제시하기 위하여 실시하였다.

II. 연구의 내용 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구의 조사지역은 도시숲의 환경을 비교하기 위하여 대전광역시 외곽에 위치하여 상대적으로 도시환경의 영향을 적게 받는 계족산, 보문산과 도시 내부에 위치하고 있지만 비교적 보전 상태가 양호한 월평공원, 그리고 도시 중심에 위치하여 이용객들의 이용 빈도가 가장 높고 도시환경의 영향을 많이 받는 남선공원을 대상지로 선정하였다(그림 1, 표 1).

계족산은 행정구역상 대전광역시 대덕구에 속해 있고 해발고는 423.6m에 이르며, 지형적으로

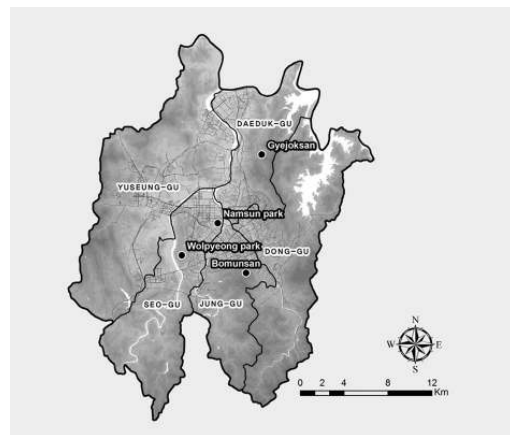


Figure 1. Study sites of urban forests in Daejeon City.

Table 1. Several environmental factors of the growing sites in Daejeon.

Growing site	Location	Coordinate
Urban forest	Gyejoksan	E 127° 44'49" N 36° 40'54"
	Bomunsan	E 127° 25'21" N 38° 18'35"
	Wolpyeong park	E 127° 21'53" N 36° 19'32"
	Namsun park	E 127° 23'48" N 36° 20'36"

는 지세가 험준하지 않고 대부분 완만한 지역이고 보문산은 행정구역상 대전광역시 중구 대사동에 속해 있으며, 해발고가 457.6m에 이르는 도시자연공원이다. 월평공원은 행정구역상 대전광역시 서구 도마동에 속해 있으며, 1990년에 조성계획을 결정한 공원으로 해발고는 207m, 전체면적은 3,994,734m²이고, 남선공원은 행정구역상 대전광역시 서구 탄방동에 위치하고 있으며, 전체면적은 148,517m²로 적정한 규모의 산림숲이다.

2. 조사 및 분석방법

1) 식생 조사 및 분석

도시숲의 식생 조사를 위하여 2010년 6월부터 동년 8월까지 조사를 실시하였다. 조사 지역은 대전광역시 대덕구에 위치한 계족산, 중구에 위치한 보문산, 서구에 위치한 남선공원과 월평공원을 대상으로 실시하였으며, 각각 6개씩 15m×15m 크기의 방형구를 설치하여 총 32개의 조사구를 대상으로 식생 조사를 실시하였다. 식물 종 분류는 이영노(1997), 이우철(1996), 이창복(1980, 2003) 도감을 따랐다.

우점도 분석을 위하여 각 조사구에서 출현하는 종 중 흉고직경 2cm 이상의 목본을 대상으로 매목 조사를 실시하였으며, 각 지역에서 얻은 식생 자료를 이용하여 Curtis와 McIntosh(1951)의 방법에 따라 중요치(importance value ; IV)를 산

출하였다.

2) 토양 조사 및 분석

토양은 각 조사구에서 유기물층을 제거한 후 지표로부터 0~10cm, 20~30cm 깊이로 토양 시료를 채취하였고, 총 126개의 토양 시료를 채취하여 실험실로 운반하여 자연 건조한 후 토양의 이화학적 특성을 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

토양 중 유기물 함량은 Tyurin법으로 분석하였고, pH 분석은 1 : 5법을 활용하였다. 토양 전질소 함량 분석은 Kjeldahl법으로, 유효인산 분석은 Lancaster법을 활용하였고, 치환성 양이온은 EDTA 적정법을 활용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식생 현황 분석

1) 중요치 분석

도시숲의 특징을 보다 더 정확하게 분석하기 위하여 유형별로 흉고직경(DBH) 2cm 이상의 목본을 대상으로 총 조사구 32개소의 중요치를 분석하였다. 도시숲 전체 중요치를 분석한 결과 리기다소나무(51.76), 소나무(39.24), 상수리나무(29.93), 아까시나무(28.35), 굴참나무(24.00), 낙엽송(14.41)등의 순으로 대부분 조림수종이 우점하고 있는 것으로 조사되었다(표 2).

조현제 등(1995)은 서울의 외곽을 둘러싸고 있는 용마산, 덕양산, 관악산, 북한산 등의 서울시 도시숲의 경우 산림을 구성하는 주요 수종은 아까시나무, 현사시나무 등 과거 사방공사를 위해 식재한 속성 조림수종들이 산림 전체 면적의 42%를 차지하고 있고, 자생수종으로는 참나무류 34.5%, 소나무 13% 등으로 활엽수의 우점율이 높았다고 보고하였다. 하지만 본 연구대상지에서는 활엽수보다 침엽수가 우점하고 있었으며 특히, 소나무류가 높은 우점율을 보이고 있었다.

일반적으로 건전한 수목의 생육은 다양한 무기환경 및 토양환경에 의해 결정되는데(Auchmoody,

Table 2. Importance value of major tree species in the urban forest of Daejeon.

Species	GS ¹		BS		WP		NP		Total IV	OR
	IV ²	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR		
<i>Pinus rigida</i>	57.30	1	76.67	1	49.76	3	23.00	6	51.76	1
<i>Pinus densiflora</i>	14.17	8	26.23	4	61.26	1	51.19	3	39.24	2
<i>Quercus acutissima</i>	0.00		57.66	3	3.75	9	61.08	1	29.93	3
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.00		63.84	2	3.33	16	46.64	4	28.35	4
<i>Quercus variabilis</i>	5.75	10	13.07	7	60.71	2	10.40	8	24.00	5
<i>Larix gmelini</i> var. <i>principis-ruprechtii</i>	56.39	2	6.00	9	0.00		0.00		14.41	6
<i>Quercus serrata</i>	18.49	6	15.26	6	21.09	6	0.00		14.39	7
<i>Pinus strobus</i>	0.00		0.00		0.00		52.16	2	12.22	8
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	23.41	5	0.00		23.80	5	0.00		11.95	9
<i>Pinus koraiensis</i>	0.00		0.00		39.02	4	0.00		10.99	10
<i>Castanea crenata</i>	5.20	12	3.34	10	3.49	12	31.49	5	10.20	11
<i>Quercus aliena</i>	36.13	3	0.00		3.48	13	0.00		9.15	12
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i>	3.69	17	12.46	8	3.56	10	16.18	7	8.45	13
<i>Acer palmatum</i>	5.39	11	25.47	5	0.00		0.00		7.79	14
<i>Styrax japonica</i>	17.62	7	0.00		7.93	7	0.00		6.49	15
<i>Lindera erythrocarpa</i>	24.47	4	0.00		0.00		0.00		5.74	16
<i>Prunus sargentii</i>	4.67	14	0.00		3.46	14	0.00		2.13	17
<i>Platycarya strobilacea</i>	7.19	9	0.00		0.00		0.00		1.70	18
<i>Ginkgo biloba</i>	0.00		0.00		0.00		7.86	9	1.69	19
<i>Cornus officinalis</i>	0.00		0.00		5.22	8	0.00		1.48	20
<i>Albizia julibrissin</i>	4.69	13	0.00		0.00		0.00		1.16	21
<i>Sophora japonica</i>	4.22	15	0.00		0.00		0.00		1.05	22
<i>Securinega suffruticosa</i>	4.08	15	0.00		0.00		0.00		1.02	23
<i>Ilex macropoda</i>	0.00		0.00		3.50	11	0.00		0.99	24
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	0.00		0.00		3.43	15	0.00		0.97	25
<i>Lindera obtusiloba</i>	3.57	18	0.00		0.00		0.00		0.91	26
<i>Rhus trichocarpa</i>	3.57	18	0.00		0.00		0.00		0.91	27
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	0.00		0.00		3.20	17	0.00		0.91	28

¹GS; Gyejoksan, BS; Bomunsan, WP; Wolpyeong park, NP; Namsun park.

²IV; Importance value, OR; Order

1982) 서울시와 대전광역시의 경우는 이러한 환경적 요인들의 영향으로 인한 것 보다 각 지역의 도시숲 조성 시 적지적수에 의한 식재수종이 다르기 때문인 것으로 생각된다.

리기다소나무의 경우 보문산에서 76.67로 가장 높은 우점율을 보였으며, 계족산(57.30), 월평공원(49.76), 남선공원(23.00) 순으로 나타났다. 리기다소나무는 북미원산으로 맹아력이 강하고

비교적 병충해에 강하며, 척박한 토양에서도 잘 자라는 수종이기 때문에(김철수와 오장근, 1993) 인간의 인위적인 간섭에 의해 피해를 받고 있는 도시숲에서 다른 수종보다 생육이 좋아 가장 높은 우점율을 보이는 것으로 생각된다.

소나무는 월평공원(61.26), 남선공원(51.19), 보문산(38.21), 계족산(14.17)순으로 높은 우점율을 나타내고 있는 것으로 조사되었고, 상수리나무와

아까시나무는 각각 남선공원(61.08, 46.64)과 보문산(57.66, 63.84)에서 높은 우점율을 보였다. 그러나 월평공원에서는 상수리나무가 3.75, 아까시나무가 3.33으로 다른 지역에 비해 상대적으로 매우 낮은 중요치를 보였으며 계족산에서는 상수리나무와 아까시나무는 출현하지 않았다. 굴참나무는 월평공원에서 60.71로 가장 높은 우점율을 보였고 보문산(13.07), 남선공원(10.40), 계족산(5.75) 순으로 나타났으며 낙엽송은 계족산에서만 56.39로 높은 우점율을 보였고 보문산은 6.00으로 매우 낮은 우점율을 나타냈다. 남선공원과 월평공원에서는 굴참나무가 출현하지 않았다.

계족산에서 7개 조사구의 중요치를 분석한 결과 리기다소나무가 57.30으로 가장 높았으며, 낙엽송(56.39), 갈참나무(36.13), 비목나무(24.47), 메타세콰이어(23.41), 졸참나무(18.49), 때죽나무(17.62)등의 순으로 나타났다. 이러한 결과는 교목층으로 리기다소나무가 우점하고 있음을 나타낸다. 보문산에서 8개 조사구의 중요치를 분석한 결과 계족산과 같이 리기다소나무가 76.67로 가장 높은 중요치를 나타냈으며, 아까시나무(68.84), 상수리나무(57.66), 소나무(26.23), 단풍나무(25.47), 졸참나무(15.26)등의 순으로 나타났다. 특히, 리기다소나무, 아까시나무는 조사지역 중 가장 높은 우점율을 보이는 것으로 나타났다.

월평공원의 9개 조사구에서 주요 수종의 중요치를 분석한 결과 소나무가 61.26으로 가장 높았으며, 굴참나무(60.71), 리기다소나무(49.76), 잣나무(39.02), 메타세콰이어(23.80)등의 순으로 나타났다. 이는 계족산과 보문산과는 다르게 교목층에서는 소나무가 우점하고 있음을 나타내고, 참나무류의 우점율도 높은 것으로 나타났다.

남선공원에서 8개 조사구의 중요치를 분석한 결과 상수리나무가 61.08로 가장 높았으며, 스트로브잣나무(52.16), 소나무(51.19), 아까시나무(46.64), 밤나무(31.49), 리기다소나무(23.00)등의 순으로 나타났다. 남선공원은 다른 지역과 다르게 교목성 수종으로 상수리나무가 우점하고 있었

으며 특히 다른 지역에 비해 활엽수가 높은 우점율을 보이고 있었다.

이상의 결과에서 대전광역시 도시숲 전체의 식생분포에서는 리기다소나무가 가장 우점하는 것으로 조사되었지만 대전광역시 내에서도 지역에 따라 소나무나 상수리나무가 우점하는 것을 알 수 있었다. 동일 산지 내에서도 해발고도와 사면방향 등에 따라 식생분포 현황이 다르다 (Daubenmire, 1966)는 연구결과에서도 알 수 있듯이 식생마다 생장에 유리한 생육환경이 다르다. 이와 관련하여 대전광역시 도시숲 조성 시 수목의 생육에 유리한 조건을 갖추기 위해 각 지역에 따른 환경인자를 고려하여 적지적소에 알맞은 수종을 식재하였기 때문에 각 지역마다 우점종이 다르게 나타난 것으로 판단된다.

천연림에 비해 인공조림지는 대부분 생태학적인 측면에서 취약한 임분 구조와 식생구성을 보인다. 특히 소나무와 같은 일부 수종이 상층임관을 점유하고 있는 임분에서는 타감작용 등에 의해 상층임관의 하층에 존재하는 식생이 빈약하여 생태적인 취약성이 상당한 문제를 노출시키는 경우가 많다(이경준 등, 1996). 본 연구 조사지역에서도 리기다소나무가 가장 높은 우점율을 보이고 있었는데 인공조림에 의해 형성된 도시숲에서도 이와 같은 생태적인 취약성을 보일 수 있으므로 다양한 식생이 혼효를 이룰 수 있도록 천이과정을 유도할 필요가 있을 것으로 생각된다.

2) 흉고직경급 분석

각 조사지역에서 식생조사를 실시하여 얻어진 자료를 기초로 하여 중요치가 높게 나타난 수종들에 대한 흉고직경급 분포상태를 분석하였다. 흉고직경별 분포는 수량 및 산림식생 구조의 간접적인 표현이며, 식생천이의 양상을 추론할 수 있다(김철수오장근, 1993).

식생천이가 유발되어 진행될수록 산림 군집 안에 있는 임목들의 수고가 증가하고 수형은 커지며 수직적 계층 분화가 일어난다. 천이 초기의

단순한 산림 군집에서 천이 후기의 복잡하고 성숙한 산림 군집으로 변화할수록 종 다양성은 증가하게 되며 토심이 깊어지고, 유기물 함량이 증가하며, 토양층의 분화가 일어나면서 성숙한 토양으로 발달하게 된다. 또한 식생과 토양 중의 양료 저장량이 증가하고, 식물체 내의 양료 저장 비율이 증가한다. 뿐만 아니라 토양의 발달, 군집구조의 분화, 자원이용효율이 증가함으로써 식생 군집의 단위면적당 생산성, 즉 유기물의 생성비율이 증가한다(이경준 등, 1996). 자연환경 보전을 목적으로 유지되는 도시숲에서는 이와 같이 천이 개념을 활용하여 숲의 자연성을 높여주는 방향으로 숲을 관리해 나가는 대책이 필요할 것으로 생각된다.

계족산 조사지역에서 중요치가 높게 나타난 수종들에 대한 흉고직경급 분포를 분석한 결과 리기다소나무는 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고 중간개체의 밀도가 높아 정규분포형의 밀도를 나타내고 있었는데, 문현식(2001)은 우점종의 경급이 정규분포를 하고 있을 때 그 산림은 항상

성을 유지할 수 있고, 역J자형의 분포를 할 때는 동령림에서는 경쟁이 일어나고, 이령림에서는 극상림으로의 유지가 가능하다고 보고하였다.

계족산의 식생분포는 당분간은 리기다소나무가 높은 우점도를 유지할 것으로 생각된다. 또한 서울시 주변에 위치한 인왕산의 식생현황을 조사한 결과 리기다소나무가 높은 우점율을 보였으며, 흉고직경급 분포에서도 중간개체의 밀도가 높은 정규분포형의 밀도를 보였다는 연구결과(조현재·김상균, 1993)와 같은 경향을 보였다.

낙엽송은 어린개체와 중간개체의 밀도가 낮고 큰 개체의 밀도가 높아 향후에 다른 수종에 비해 도태될 가능성이 높을 것으로 생각되며, 갈참나무는 어린개체의 밀도가 높은 역J자형에 가까운 분포를 나타내고 있어 앞으로 갈참나무의 중요치가 점차적으로 증가할 것으로 추론된다(그림 2).

보문산 조사지역의 주요수종 6개의 흉고직경급 분포를 살펴보면 리기다소나무는 중간개체와 큰개체의 밀도가 높아 현 상태로 당분간 우점상태를 유지 할 것으로 예상되며, 아까시나무와 상

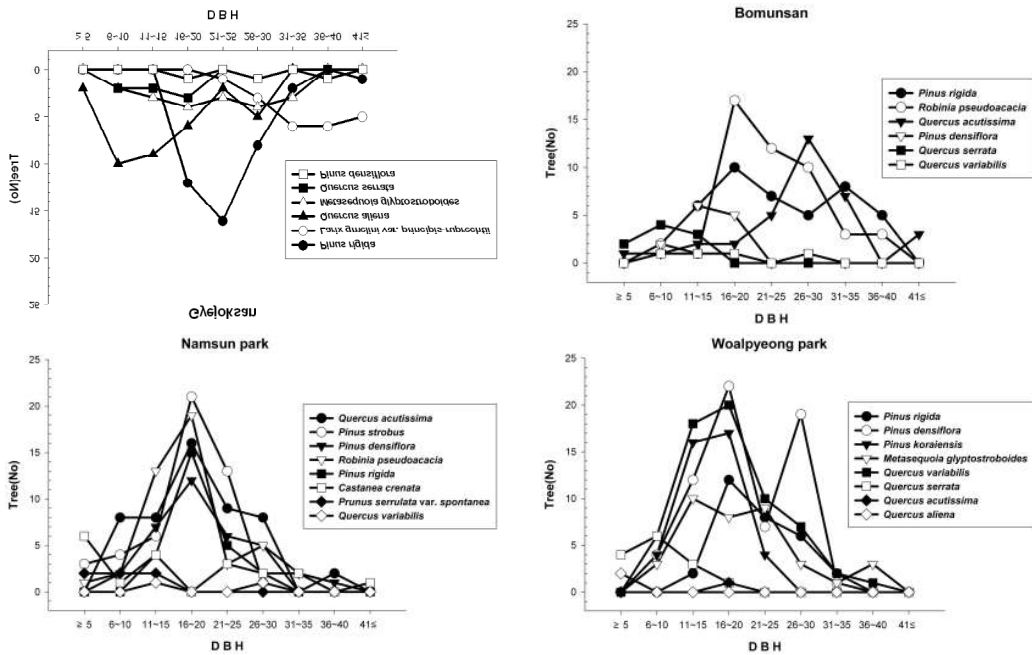


Figure 2. DBH distribution of major tree species of urban forest in Daejeon.

수리나무 역시 어린개체와 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높은 정규분포형을 나타내고 있어 당분간 계속적으로 우점상태를 유지할 것으로 판단된다. 졸참나무는 다른 수종에 비해 상대적으로 어린개체수가 많아 앞으로 우점율이 높아질 것으로 예상된다. 송호경(1985)은 우리나라의 전형적인 산림 천이는 소나무, 참나무류 순으로 진행된다고 하였는데, 보문산 지역에서도 인공조림으로 인해 리기다소나무의 우점도가 가장 높지만, 상수리나무는 중간개체의 밀도가 높고, 졸참나무는 어린개체의 밀도가 높아 앞으로 참나무류로의 천이가 예상된다. 그러나 리기다소나무 뿐 만 아니라 아까시나무 등 다른 활엽수종들이 많이 조림되어 있기 때문에 이들과의 경쟁관계도 생각해 봐야 할 것으로 판단된다.

월평공원 조사지역의 주요수종 8개의 흉고직경급 분포를 살펴보면 소나무는 어린개체의 밀도가 낮고 중간개체와 큰 개체의 밀도가 높아 앞으로 계속 높은 우점율을 유지 할 것으로 예상되며, 굴참나무, 리기다소나무, 잣나무, 메타세콰이어는 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고 중간 개체의 밀도가 높은 정규분포형을 나타내고 있어 소나무와 같이 현 상태로 계속 우점도를 유지할 것으로

생각된다. 월평공원의 경우 소나무, 잣나무와 같은 침엽수가 주로 우점하고 있는 가운데 굴참나무의 밀도가 매우 높게 나타났는데 이는 월평공원 조성 시 조림수종인 소나무, 잣나무 등과 함께 굴참나무도 같이 식재한 것으로 생각된다. 졸참나무는 다른 수종들에 비해 상대적으로 어린개체의 밀도가 높아 계속적으로 우점도가 높아질 것으로 예상된다.

남선공원 조사지역에서 주요수종 8개의 흉고직경급 분포를 살펴보면 상수리나무, 스트로브잣나무, 소나무, 아까시나무, 리기다소나무는 어린개체와 큰 개체의 밀도는 낮고 중간개체의 밀도가 높은 정규분포형을 나타내고 있어 현 상태로 계속 우점도를 유지할 것으로 예상된다. 밤나무는 다른 수종들에 비해 상대적으로 어린개체의 밀도가 높아 계속적으로 우점도가 높아질 것으로 예상된다.

2. 토양 분석

대전광역시에 위치한 계족산, 보문산, 월평공원 그리고 남선공원 도시숲 토양의 화학적 특성을 분석한 결과는 다음과 같다(표 3).

본 연구의 4개 도시숲 토양의 pH는 0 ~ 10cm

Table 3. Soil chemical properties of mean value of urban forest in Daejeon.

Sites ¹	Soil depths (cm)	pH (1 : 5, w/w)	Organic matter (%)	Total nitrogen (%)	A-P ₂ O ₅ (ppm)	EX-Cation (cmol ⁺ /kg)		
						K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
GS	0-10	4.4±0.16a ²	4.58±2.15a	0.23±0.08a	4.38±4.53a	0.63±0.52a	1.09±0.58a	0.32±0.15a
	20-30	4.6±0.03a	3.47±2.14a	0.14±0.03a	7.36±7.50a	0.32±0.09a	0.91±0.21a	0.27±0.11a
BS	0-10	4.1±0.10bc	3.06±2.08ab	0.13±0.03b	6.66±5.51a	0.33±0.08ab	0.53±0.14b	0.20±0.08a
	20-30	4.2±0.10b	1.64±1.07b	0.06±0.03b	4.68±4.30a	0.32±0.07a	0.30±0.09b	0.12±0.02b
WP	0-10	4.3±0.22ab	1.17±0.50b	0.09±0.03b	8.71±6.66a	0.31±0.06ab	0.46±0.28b	0.20±0.13a
	20-30	4.4±0.30ab	1.00±0.55b	0.04±0.01b	10.08±6.96a	0.22±0.03b	0.47±0.26b	0.23±0.13a
NP	0-10	4.1±0.15c	2.18±0.98b	0.09±0.03b	10.87±3.98a	0.25±0.06b	0.59±0.30b	0.23±0.11a
	20-30	4.0±0.15c	1.84±0.70b	0.06±0.01b	6.53±2.82a	0.27±0.05ab	0.32±0.21b	0.12±0.04b

¹GS; Gyejoksan, BS; Bomunsan, WP; Wolpyeong park, NP; Namsun park.

²Different letters on the columns indicate statistical differences at the 5% levels by Duncan's multiple range test.

깊이에서 4.1~4.4의 범위로 나타났으며, 토양 깊이 20~30cm에서는 4.0~4.6의 범위로 나타났다. 두 개의 토양깊이 모두에서 정진현 등(2002)이 보고한 우리나라 산림토양의 평균 pH 값(A층 : 5.48, B층 : 5.52)과 이수옥(1981)이 보고한 우리나라 산림토양의 지형별 모재에 따른 토양의 평균 pH 5.5 보다 매우 낮은 값을 나타내는 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 대기오염이나 산성비 등의 오염물질에 의한 토양 산성화 때문으로 사료된다.

변우혁 등(2010)의 서울시 남산의 토양 pH는 1988년에 이미 4.2에 이르러 산성화가 심화된 이래 현재는 4.0 수준까지 낮아졌으며, 서울시 인근 산림의 pH는 4.58~4.77로 토양 산성도가 심각한 것으로 나타났다는 보고와 일치하는 결과이다.

본 연구의 결과와 같이 토양 산성화가 지속될 경우 토양 중 염기성 양이온의 용탈을 초래하여 양분 부족 현상을 가져오기도 하며, 토양 중 활성 알루미늄의 증가, 그리고 토양 미생물의 피해로 인한 낙엽층의 분해 지연 등의 현상이 일어나 식물의 생장저해를 초래할 수 있다고 판단된다(임경빈, 1985).

이러한 토양의 산성화를 방지하기 위해서는 산성화 영향인자와 도시숲 생태계의 반응인자에 대한 장기적인 모니터링이 선행되어야 한다. 단기적으로는 산성화가 심화된 지역이나 산성화가 우려되는 도시숲을 대상으로 산성 장애요소를 제거하거나 또는 토양에 석회, 고토 등의 토양개량제를 살포하여 산도를 교정시키고 유용한 토양동물과 미생물의 증식 및 낙엽부식화를 촉진시킴으로써 수목의 생육을 활성화시켜 건전한 산림으로 회복시켜야 한다(변우혁 등, 2010). 총 4개 조사 지역 중 토양 pH는 비교적 오염 피해가 다른 지역 보다 적다고 판단되는 계족산 지역에서 가장 높은 것으로 나타났다.

본 연구의 총 4개 도시숲 조사지역에서 토양의 유기물 함량(%)은 0~10cm 깊이에서 1.17~

4.58% 그리고 20~30cm 깊이에서 1.00~3.47%의 범위로 나타났다. 계족산 지역을 제외하고 토양 중 유기물함량은 우리나라 산림토양의 평균 유기물함량(A층 : 4.5%, B층 : 2.0%) 보다 낮은 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 나지가 많은 도시숲의 특성과 등산객 등에 의한 유기물 손실 그리고 오염물질 등의 유입으로 인한 생장저하 등에 의한 결과로 보인다. 토양의 화학적 특성 중 유기물은 토양의 물리적 특성 변화에 지배적인 역할을 하고 질소의 대부분을 공급하며 유효인산의 50~60%를 공급하는 등 토양 특성에 가장 큰 영향을 주는 인자이기 때문에 유기물 증가에 대한 대책이 필요하다고 판단된다.

토양의 전질소 함량은 0~10cm에서 0.09~0.23% 그리고 20~30cm에서 0.04~0.14%의 범위로 나타났으며, 계족산 지역에서 가장 높은 것으로 나타났다. 계족산 지역을 제외하고 조사된 모든 토양에서 질소함량은 정진현 등(2002)이 보고한 우리나라 산림토양에서 평균 전질소 함량(A층 : 0.19, B층 : 0.09) 보다 낮은 것으로 나타났다. 이 같은 결과 또한 전술한 바와 같이 보문산, 월평공원, 그리고 남선공원 지역에서 토양 중 질소함량에 가장 큰 영향을 주는 유기물함량이 낮게 나타났기 때문으로 사료된다.

토양의 유효인산 함량은 0~10cm 깊이에서 4.38~10.87mg/kg, 그리고 20~30cm 깊이에서 4.68~10.08mg/kg의 범위로 나타났다. 두 개의 토양깊이 모두에서 정진현 등(2002)이 보고한 우리나라 산림토양의 평균 유효인산 함량(A층 : 25.6mg/kg, B층 : 11.9mg/kg)보다 낮게 나타났다. 본 연구에서의 토양 중 유효인산 함량이 우리나라 산림토양에서의 평균값 보다 적게 나타난 것은 앞에서 언급한 것과 같이 토양 중 유효인산 함량에 많은 영향을 미치는 토양 중 유기물함량이 3개 조사지역에서 낮게 나타났기 때문으로 판단된다.

토양의 치환성 K의 함량은 0~10cm 깊이에서 0.25~0.63cmol⁺/kg, 그리고 20~30cm 깊이

에서 0.22 ~ 0.32cmol⁺/kg의 범위로 나타났다. 두 개의 토양깊이 모두에서 정진현 등(2002)이 보고한 우리나라 산림토양의 평균 치환성 K(A층 : 0.23cmol⁺/kg, B층 : 0.15cmol⁺/kg)보다 높은 값을 보이는 것으로 나타났다.

토양의 치환성 Ca 함량은 0 ~ 10cm 깊이에서 0.46 ~ 1.09cmol⁺/kg, 20 ~ 30cm 깊이에서 0.30 ~ 0.91cmol⁺/kg의 범위로 분포하여, 정진현 등(2002)이 보고한 우리나라 산림토양의 평균 치환성 Ca 함량(A층 : 2.44cmol⁺/kg, B층 : 1.64cmol⁺/kg) 보다 낮은 것으로 나타났다. 토양의 pH가 낮아지게 되면서 토양 중 치환성양이온들의 용탈이 심해지게 되는데, 본 연구에서 토양 중 치환성 Ca 함량이 낮게 나타난 것은 이러한 산성화로 인해 양이온의 용탈 때문으로 의심된다.

토양의 치환성 Mg의 함량은 0 ~ 10cm 깊이에서 0.20 ~ 0.32cmol⁺/kg, 그리고 20 ~ 30cm 깊이에서 0.12 ~ 0.27cmol⁺/kg의 범위로 분포하여, 정진현 등(2002)이 보고한 우리나라 산림토양의 평균 치환성 Mg 함량(A층 : 1.01cmol⁺/kg, B층 : 1.03cmol⁺/kg)보다 매우 낮은 값을 보였다. 이러한 결과 또한 앞에서 언급한 토양의 산성화로 인한 치환성 Mg의 용탈 때문으로 의심된다.

고 치환성 양이온 값을 보여 토양의 산성화가 심각하게 진행되고 있는 것으로 나타났으며, 특히, 토양 산성화로 인해 치환성 양이온 용탈 현상이 일어나는 것으로 판단된다. 또한 월평공원의 경우 다른 조사지역보다 유기물함량이 낮게 나타났다.

이와 같이 대전시 도시숲은 인위적인 인간의 간섭과 도시환경오염 등의 영향으로 숲의 건강성에 위협을 받고 있어 적절한 관리방안을 수립할 필요성이 있다. 토양 산성화를 방지하기 위해서는 산성화 영향인자와 도시숲 생태계의 반응인자에 대한 장기적인 모니터링이 선행되어야 하며 산성화가 심화된 지역의 토양에는 석회, 고토 등의 토양 개량제를 살포하는 등 토양 산성화를 방지하기 위한 노력이 필요할 것으로 생각된다. 또한 월평공원과 같이 유기물함량이 낮은 곳은 도시숲 내부의 낙엽층을 남겨두어 유기물 및 유효인산 등 양분공급이 원활하게 이루어질 수 있도록 하고, 남산공원과 같이 이용객의 빈도가 높은 지역의 경우 수목 식재지에 펜스 등을 쳐서 사람의 출입이나 차량 통행을 막거나 목재 칩 등을 토양 표면에 깔아주는 멀칭을 하는 등의 적극적인 관리대책 수립이 이루어져야 할 것이다.

IV. 결 론

본 연구는 대전광역시에 위치한 도시숲을 대상으로 도시숲 식생과 토양특성을 조사·분석하여 도시숲의 현황을 파악하고 문제점을 도출하여 향후 유형별 적절한 관리방안을 제시하기 위하여 실시하였다.

대전시 도시숲(계족산, 보문산, 월평공원, 남산공원)의 식생현황과 토양특성을 분석한 결과, 각 도시숲의 위치에 따라 서로 다른 결과를 나타냈다. 계족산과 보문산에서는 리기다소나무가, 월평공원은 소나무, 남산공원에서는 상수리나무가 우점하고 있었다. 토양의 화학적특성분석 결과에서는 조사지역 대부분 낮은 pH와 유효인산 그리

인 용 문 헌

- 강희양·차상은·하청근. 1988. 도로변 지표생물을 이용한 대기오염의 식물에 미치는 영향에 관한 연구. 한국환경위생학회 14(2) : 29-41.
- 권현교. 2004. 도시림의 유형에 따른 이용 편익구명. 충북대학교 박사학위논문. pp.124.
- 김철수·오장근. 1993. 무등산 식생의 식물사회학적 연구. 한국생태학회지 16 : 93-114.
- 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. pp.202.
- 문현식. 2001. 덕유산 아고산지대의 산림식생구조에 관한 연구. 농업생명과학연구 35 : 47-54.

- 변우혁 · 김기원 · 김은식 · 김대진 · 박관수 · 박미호 · 박찬열 · 손요환 · 오충현 · 윤여충 · 이동근 · 이우균 · 이임영 · 전재경 · 전진형 · 조기중 · 최재용. 2010. 도시숲 이론과 실제. pp.415.
- 송호경. 1985. 계룡산 삼림군집형과 그의 구조에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문. pp.54.
- 유승성. 1991. 대기 중 금속성분이 토양에 미치는 영향. 건국대학교 대학원. pp.48.
- 이경준 · 이승제. 2001. 조경수식재관리기술. 서울대학교출판부. pp.459.
- 이수욱. 1981. 한국의 삼림토양에 관한 연구(Ⅱ). 한국임학회지 54 : 25-35.
- 이연희 · 김기원 · 변우혁. 2009. 도시숲으로서 북한산 국립공원의 탐방객 특성에 관한 연구. 한국산림휴양학회지 13(1) : 53-61.
- 이영노. 1997. 원색한국식물도감. 교학사 pp.1237.
- 이우철. 1996. 원색한국기준식물도감. 아카데미서적 pp.624.
- 이창복. 1980. 대한식물도감. 향문사 pp.990.
- 이창복. 2003. 원색대한식물도감(상, 하). 향문사 상 pp.914, 하 pp.910.
- 임경빈. 1985. 조림학원론. 향문사. pp.481.
- 임업연구원. 2002. 도시림의 합리적 이용 · 관리 방안. pp.56.
- 정진현 · 구교상 · 이충화 · 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6) : 694-700.
- 조현제, 김상균. 1993. 도시림의 식생구조, 동태 및 이용실태 - 인왕산, 삼성산, 수락산을 중심으로-. 산림과학논문집 48 : 1-26.
- 조현제 · 이창석 · 오정수 · 길지현. 1995. 서울시 산림식생의 군락유형과 생태적 특성. 산림과학논문집 51 : 1-13.
- Auchmoody, L. R. 1982. Response of young black cherry stands to fertilization. Canadian Journal of Forest Research 12(2) : 319-325.
- Curtis, J. T., and R. P. Mcintosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of wisconsin. J. Ecology 32 : 476-496.
- Dauvenmire, R. 1966. Vegetation : Identification of typical communities. Science 151 : 291-298.
- Miller, R. W. 1997. Urban forestry : Planning and management urban greenspace. 2nd Ed. Prentice Hall.