

사상공단 주변 식생의 생태적 특성 분석*

박승범** · 김석규*** · 남정철** · 김승환** · 강영조** · 이기철**

동아대학교 도시계획 · 조경학부 · *동아대학교 대학원 도시(조경)학과

Analysis of the Ecological Characteristics of Vegetation in the Area Adjacent to Sasang Industrial Complex in Pusan Metropolitan City

Park, Seung-Burm** · Kim, Seok-Kyu*** · Nam, Jung-Chil**
Kim, Seung-Hwan** · Kang, Young-Jo** · Yi, Gi-Chul**

**Faculty of Urban Planning and Landscape Architecture, Donga University

***Dept. of Urban Planning and Landscape Architecture, Graduate School, Donga University

ABSTRACT

This study was conducted to analyze the change of soil characteristics effect on the condition of urban forest in Sasang park, located near Sasang Industrial Complex.

The results of this study are as follows;

1. Soil hardness is increasing from the area of forest, to the entrance, to facilities in that order. Soil acidity pH4.19~4.23 in Sasang park indicated a high acidity condition. High levels of K, Na, Mg, Ca are shown in the areas composed of high soil hardness.

2. *Pinus thunbergii* in the overstory tree layer, *Alnus japonica* in the understory tree layer, and *Rhus sylvestris* in the shrub layer are shown respectively as dominant species based on the ground survey and the computation of important value. *Pinus thunbergii* is decreasing, while *Alnus japonica* and *Rhus sylvestris* are increasing.

3. *Oplismenus undulatifolius* which has a strong tolerance for air pollution, is shown as a dominant species of herbaceous plants in Sasang park. There are 10 species of Herbaceous in Sasang park compared to 20 species in Molundae park. This shows that diversity in herbaceous plants are imported by air pollution.

4. Species diversity indices of Sasang park is 0.8738~0.9700 compared to 1.0819~1.1233 in Molundae

* : 이 논문은 2001학년도 동아대학교 학술연구비(공모과제)지원에 의하여 연구되었음.

park is due to the good condition of soil environment in addition to air pollution effects.

5. The vitality of *Pinus thunbergii* is 16.41~20.42ER in Sasang park, and 12.42~16.81ER, in Molundae park. This shows that tree vitality are impacted by soil characteristics. The regression analysis between tree vitality and soil environment shows the effects of is soil hardness, soil moisture, soil acidity, K, Na, Mg, Ca.

Key Words : Soil Hardness, Soil Acidity, *Pinus Thunbergii*, *Alnus Japonica*, *Oplismenus Undulatifolius*, Species Diversity Indices, Vitality

1. 서론

1970년대 이후 도시의 급격한 산업화로 인한 녹지공간의 감소와 생활환경의 악화, 경제성장에 따른 생활수준의 향상과 여가시간의 증대로 사람들은 자연환경에 대한 중요성과 가치를 인식하게 되었으며, 그에 따라 도시공원녹지를 이용하는 시민들이 점차 증가하게 되었으며, 공원녹지의 보전휴양가치에 대한 인식이 점차 높아져 가고 있는 실정이다.

그러나 공원녹지 이용자의 레크리에이션 행위에 따른 답압의 증가와 대기오염에 의한 토양의 산성화로 인하여 토양환경이 점차 악화되어 가고 있으며, 이로 인하여 도시공원녹지의 식생은 점차 파괴되어 가고 있다. 이용자의 답압에 의하여 토양이 경화된 지역은 토양 견밀도가 높고 빈약한 산소조건 때문에 수목 뿌리의 발육과 정상적인 기능유지를 어렵게 하며, 궁극적으로는 수목의 활력을 떨어뜨리고 수목을 고사하게 한다.

Beardsley(1971)는 공원녹지내 레크리에이션 이용밀도가 증가함에 따라 종다양도, 최대종다양도, 우점도가 감소되었으며, 균재도와 상이도지수는 증가한다고 하였고, Cole(1986)은 같은 지역내에서도 레크리에이션 이용에 의해 계속적인 답압으로 식피율이 감소되고 점차 낙엽층과 부식층의 두께를 감소시켜 산림내 토양의 나지면적은 증가하게 되는데, 그로 인하여 표면침식이 증가하게 된다고 하였다.

대기오염물질은 직접 식생에 영향을 주거나 산성비로 토양에 이입되어 직접 또는 간접적으로 영향을 미치

는데, 직접적인 영향은 주로 식물의 생식기관이나 잎에 영향을 주고, 간접적으로는 토양의 산성화 및 부영양화를 유발시킨다. 이러한 복합적인 영향으로 삼림의 쇠퇴 현상이 일어나고 식물의 종다양성이 감소하게 되며 식생의 구조와 기능이 단순화되어, 결국에는 생태계 전반에 걸쳐서 악영향을 미치게 된다(Nagy and Nagy, 1981; Jakucs, 1991; Bell, 1994).

산성토양에서는 불용성 상태의 Al과 Mn이 가용성 상태로 전환되어 식물체의 잔뿌리 발육을 억제하기 때문에 식물의 활력도가 낮아진다. 또한 토양의 pH가 낮아짐에 따라서 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} 와 같은 치환성 양이온이 수소이온과 치환되어 세탈되고, 가용성 P를 불용성 상태로 전환시켜 이들 영양염류의 결핍증상이 나타나게 되며, 이러한 요인들이 식물생장의 중요한 제한요인으로 작용한다(Ulrich *et al.*, 1980). Tilman(1987)은 외부에서 생태계로 이입되는 물질에 의해 토양의 성질이 변화되고, 그 결과 생태계의 종 구성도 변화되어 새로운 천이가 진행된다고 주장한 바 있으며, Bell(1994)은 인위적인 활동에 의해 비롯되는 환경의 변화는 자연적인 요인에 의한 변화보다도 그 속도가 빠르고 강도가 크기 때문에 단기간 내에 생태계의 변화가 초래될 수 있다고 하였다.

따라서 본 연구의 목적은 사상공업단지 주변에 위치한 사상공원을 중심으로 식생구조를 분석하고, 토양의 이화학적 성질의 변화가 수목활력에 미치는 영향을 분석하여, 차후 도시공원녹지 식생의 관리방향을 수립하기 위한 기초 자료를 제공하기 위해서이다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

본 연구는 1975년에 완공된 부산의 대표적인 공업단지인 사상공단 주변에 위치하고 있는 사상공원을 대상으로 하였으며, 대조구는 사상공원에서 약 13km 거리에 있고 해안에 위치하고 있으며, 군사작전 지역으로 민간인의 출입이 통제되었으나 1993년에 시민의 휴식공간으로 개방되어 식생이 비교적 잘 보존되어 있는 물운대유원지를 대조구로 선정하여 비교·분석하였다(그림 1 참조).

본 연구의 조사구 설정은 토양의 이화학적 특성이 수목의 생육상태에 미치는 영향을 파악하기 위하여 공간별로 이용빈도가 높다고 판단되는 진입지역, 이용자에 의한 간섭이 거의 없는 삼림지역, 그리고 벤치, 약수터, 체육시설 등이 설치되어 있는 시설지역으로 구분하여 각각 2곳씩 방형구를 설치하였다(그림 2 참조).

조사의 주요내용은 조경수목의 식생에 영향을 미치는 많은 토양인자 중에서 토양경도, 토양수분함량, 토양 pH, 무기물함량(K, Na, Ca, Mg)을 분석하였으며, 조사 시기는 2001년도 조사기간 중 수목의 생육이 가장 활발한 6~7월에 걸쳐 4회 실시하였다.

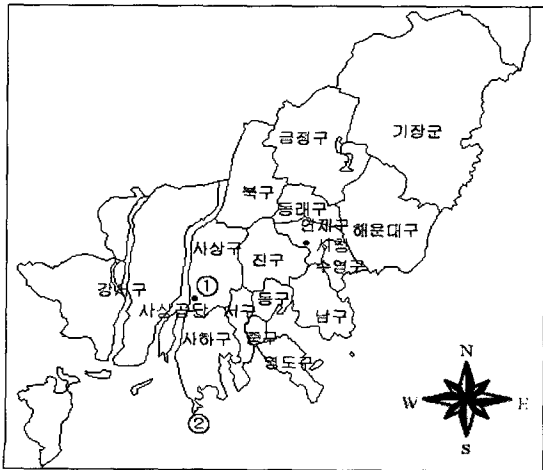


그림 1. 조사대상지 위치도
 범례 : ①: 사상공원, ②: 물운대유원지

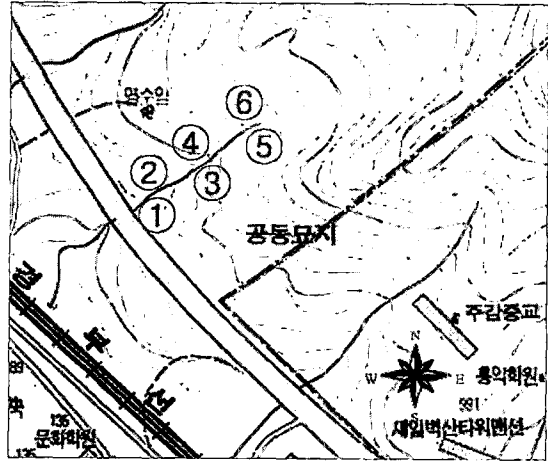


그림 2. 사상공원의 조사구별 위치도
 범례 : ①②: 진입지역, ③④: 삼림지역, ⑤⑥: 시설지역

2. 연구방법

1) 식생구조 분석

조사구는 20×20m(400㎡)의 방형구를 설정하였으며, 식생조사는 조사구내에 출현하는 목본수종을 교목층(흉고직경 2cm이상, 수고 8m이상인 목본), 아교목층(흉고직경 2cm이상, 수고 8m이하), 관목층(흉고직경 2cm이하, 수고 3m이하)으로 구분하였다. 교목층과 아교목층은 수종명과 흉고직경 등을 측정하였으며, 관목층은 수관투영면적을 측정하였다(박인협, 1985). 초본층은 Braun-Blanquet(1964)방법에 의거하여 우점도(dominance)와 군도(sociability)를 분석하였다. 식물종의 분류는 김태정(1996)의 도감을 참고하였다.

식생조사 자료에 의하여 Curtis and McIntosh(1951)방법에 따라 상대우점치(Importance value: IV), 평균 상대우점치(Mean importance value: MIV)를 아래와 같은 수식으로 계산하여 분석하였다.

$$IV = (\text{상대밀도} + \text{상대빈도} + \text{상대피도}) / 3 \quad (\text{식 1})$$

$$MIV = (3 \times \text{교목층} IV + 2 \times \text{아교목층} IV + 1 \times \text{관목층} IV) / 6 \quad (\text{식 2})$$

또한 종다양도를 판단하기 위하여 희귀종을 강조한 Shannon지수(Pielou, 1975)에 따라 종다양도지수(H')를 구하였으며, 최대종다양도(H'max), 균제도(J), 우점도(D)를 계산하여 분석하였다.

$$\cdot H' = -\sum P_i \log P_i \quad (\text{식 3})$$

여기서, P_i = 어떤종의 개체수/전체종의 개체수

$$\cdot H'_{\max} = \log S \quad (\text{식 4})$$

여기서, S 는 구성종수

$$\cdot J' = H'/H'_{\max} \quad (\text{식 5})$$

$$\cdot D = 1 - J' \quad (\text{식 6})$$

2) 토양분석

토양경도는 산중식 토양경도계(Soil penetrometer)를 사용하여 각 조사구의 표토를 임의로 100개 지점을 측정하여 평균하였다.

토양 pH는 표층으로부터 15cm깊이의 토양을 채취하여 20~40°C에서 1~4일간 풍건 후 분쇄하여 토양시료와 증류수를 등량으로 혼합하고 유리막대나 교반기로 완전히 섞은 후 30분간 정치하여 20~25°C에서 pH를 측정하였다.

토양수분 함량은 표층으로부터 15cm깊이의 토양을 채취하여 시료 2g을 칭량법에 정확히 평취하고 칭량법의 덮개를 약간 연 상태에서 건조기 온도를 105°C로 유지시켜 2~3시간 가열한 후 건조기(desiccator)에 옮겨 방냉시켜 그 중량을 측정하였다. 재차 건조기에 넣어 약 1시간 건조한 후, 전과 같이 방냉한 후 칭량하고 건조 전후의 칭량 차이가 0.3mg이하의 함량을 얻을 때까지 건조, 방냉, 칭량을 반복하여 수분함량을 산출하였다.

토양 무기물 함량은 표층으로부터 15cm깊이의 토양을 채취하여 dry-ash법으로 시료를 105°C에서 건조하여 600°C에서 2~3시간 가열한 후 건조기(desiccator)에서 방냉시켜 3 N HCl 10ml로 용해시켰다. 이것을 drybathincubator(약 120°C)에서 20분간 가열하여 유기물을 완전 제거하고 여과한 후 100ml 메스플라스크에 정용하여 분석시료로서 전처리한 후 원자흡광분광광도계(atomic absorption spectrophotometer)로 측정하였다.

3) 수목활력도 분석

수목의 생육상태를 비교할 수 있는 수목활력도 분석은 수목활력도 측정기(Shingometer Model OZ-93)를 사용하여, 조사대상지 교목층의 대부분을 차지하고 있는 곰솔을 대상으로 하였으며, 각 조사구별로 임의로 20주씩 추출하여 측정 후 평균하여 분석하였다.

4) 회귀분석

조사지의 토양인자와 수목활력도와의 관계를 알아보기 위하여 통계프로그램 SPSS for Windows Rel. 10(SPSS Inc., 2000)을 사용하였으며, 수목활력도를 종속변수로하고 토양경도, 수분함량, 토양산도, K, Na, Mg, Ca를 독립변수로 하여 회귀분석을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사지 개황

부산지역 기상현황은 연 평균기온은 14.41°C(연 평균 최고기온은 18.65°C, 연 평균 최저기온은 11.08°C), 연 평균 상대습도는 66.06%, 그리고 연 평균 강수량은 1,472.7mm로 연중 북동풍이 많이 부는 사계절이 뚜렷한 온대성기후대에 속하고 있다.

사상공업단지는 백양산(641.5m)과 고원건산(503.9m), 구덕산(565m)으로 둘러 싸여 있으며, 전체면적이 9,738,887㎡로 1968년 착공하여 1975년에 완공되었다. 단지 내에는 2001년 현재 기계·화학공업 등과 관련된 공장이 총 3,141개 분포하고 있다.

조사대상지의 조사구별 현황은 표 1과 같다. 사상공원은 사상공업단지로부터 400m 거리에 위치하고 있으며, 면적이 약 673,500㎡에 달하는 산림지역이고 도시자연공원으로 지정되어 있다. 진입지역(조사구1, 2)은 표고가 해발 35~37m이며, 경사는 5~25°이다. 곰솔이 군락을 이루고 있으며, 교목층의 평균 수고는 11~12.6m이고 울폐도는 87.5~91%를 나타내었다. 삼림지역(조사구 3, 4)은 식생이 비교적 잘 보존되어 있고 이용자에 의한 교란이 거의 없는 지역으로 표고는 해발 40m이며, 경사가 5~20°이다. 곰솔이 군락을 이루고 있으며, 교목층의 평균수고는 14.1~14.7m이고 울폐도가 106.7~110.2%로 가장 높은 지역이다. 시설지역(조사구5, 6)은 벤치, 약수터, 체육시설이 설치되어 있는 지역으로 표고는 해발 50m이고 경사가 20~30°이다. 곰솔이 군락을 이루고 있으며, 교목층의 평균수고는 11.3~14.1m이고 울폐도가 66.5~77%로 가장 낮은 지역이다.

표 1. 조사지 현황

조사지역	조사구	표고(m)	방위	경사(°)	군락명	교목층 평균수고(m)	교목층 평균 흉고직경(cm)	교목층 울폐도(%)	
사상 공원	진입 지역	1	35	WS	5	곰솔군락	11.0	19.2	87.5
		2	37	WS	25	곰솔군락	12.6	16.9	91.0
	삼림 지역	3	40	WS	5	곰솔군락	14.1	18.2	110.2
		4	40	WS	20	곰솔군락	14.7	19.6	106.7
	시설 지역	5	50	WS	30	곰솔군락	11.3	16.5	77.0
		6	50	WS	20	곰솔군락	14.1	18.6	66.5
물운대 유원지	진입 지역	1	32	W	5	곰솔군락	16.4	18.2	94.5
		2	33	W	7	곰솔군락	16.2	17.6	96.2
	삼림 지역	3	35	E	20	곰솔군락	12.6	14.9	126.0
		4	30	S	30	곰솔군락	12.5	16.8	115.5
	시설 지역	5	50	W	4	곰솔군락	10.1	14.1	89.2
		6	49	NW	4	곰솔군락	9.1	13.1	99.7

표 2. 조사지역별 토양환경

조사지역	조사구	토양경도(mm)	수분함량(%)	토양산도(pH)	무기물함량(ppm)				
					K	Na	Mg	Ca	
사상 공원	진입지역	1	21.1	1.31	4.22	393.9	152.5	520.5	37.8
		2	18.2	1.49	4.20	375.8	134.7	502.7	19.9
	삼림지역	3	16.0	1.54	4.19	363.5	123.9	489.4	15.7
		4	15.7	1.65	4.19	365.7	121.5	486.6	13.5
	시설지역	5	20.0	1.39	4.21	387.6	145.8	513.3	31.6
		6	23.3	1.27	4.23	409.1	165.7	531.8	49.9
물운대 유원지	진입지역	1	20.5	17.24	4.90	469.3	57.6	2273.1	212.4
		2	20.1	17.22	4.89	466.1	53.5	2270.0	210.2
	삼림지역	3	16.5	17.52	4.86	446.9	34.7	2253.5	191.1
		4	15.5	17.53	4.85	440.1	29.9	2245.2	185.9
	시설지역	5	26.2	17.07	4.92	511.9	89.7	2306.1	247.7
		6	26.2	17.02	4.93	512.2	90.2	2307.0	250.9

대조구인 물운대유원지는 사상공원에서 약 13km 거리에 있고 해안에 위치하고 있으며, 면적이 506,184㎡에 달하는 삼림지역이다. 1972년 부산시 문화재 기념물 제 27호로 지정되었으며, 군사작전 지역으로 민간인의 출입이 통제되었으나 1993년에 시민의 휴식공간으로 개방되어 식생이 비교적 잘 보존되어 있다. 진입지역(조사구 1, 2)은 표고가 해발 32~33m이며, 경사는 5~7°이다. 곰솔이 군락을 이루고 있으며, 교목층의 평균 수고는 16.2~16.4m이고 울폐도는 94.5~96.2%를 나타내었다. 삼림지역(조사구 3, 4)은 식생이 비교적 잘 보존되어 있고 이용자에 의한 교란이 거의 없는 해안지역으로 표고는 해발 30~35m이며, 경사가 20~30°이다. 곰솔이 군락을 이루고 있으며, 교목층의 평균수고는 12.5~12.6m이고 울폐도가 115.5~126.0%로 가장 높은 지역이다. 시설지역(조사구 5, 6)은 벤치 등의 휴게시설과 부산시

문화재 기념물 제3호인 다대포침사영의 다대포객사가 있는 지역으로 표고는 해발 49~50m이고 경사가 4°이다. 곰솔이 군락을 이루고 있으며, 교목층의 평균수고는 9.1~10.1m이고 울폐도가 89.2~99.7%로 나타났다.

2. 토양환경 분석

조사지역의 토양환경은 표 2와 같이 측정되었다. 토양경도를 분석한 결과, 사상공원은 진입지역(조사구 1, 2) 18.2~21.1mm, 삼림지역(조사구 3, 4) 15.7~16.0mm, 시설지역(조사구 5, 6) 20~23.3mm로 나타났으며, 물운대유원지는 진입지역(조사구 1, 2) 20.1~20.5mm, 삼림지역(조사구 3, 4) 15.5mm, 16.5mm, 시설지역(조사구 5, 6) 26.2mm로 나타났다. 따라서 토양경도는 사상공원과 물운대유원지 모두 이용자의 활동이 많다고 판단되는 시설지

역의 토양경도가 가장 높은 것으로 나타났다.

토양수분함량을 분석한 결과, 사상공원은 진입지역(조사구1, 2) 1.31~1.49%, 삼림지역(조사구3, 4) 1.54~1.65%, 시설지역(조사구5, 6) 1.27~1.39%로 나타났으며, 물운대유원지는 진입지역(조사구1, 2) 17.22~17.24%, 삼림지역(조사구3, 4) 17.52~17.53%, 시설지역(조사구5, 6) 17.02~17.07%로 나타났다. 토양수분함량은 사상공원과 물운대유원지 모두 시설지역에서 가장 낮은 것으로 나타났는데, 이는 시설지역이 진입지역이나 삼림지역보다 이용빈도가 높아 토양경도가 높아져서 토양수분함량이 낮아지는 원인이 되었다고 판단된다. 그리고 이는 레크리에이션 비이용지보다 이용지에서 수분함량이 낮게 나타났다고 한 Lockaby and Dunn(1984)의 연구결과와 유사하게 나타났다.

토양산도를 분석한 결과, 사상공원은 진입지역(조사구1, 2) pH4.2~4.22, 삼림지역(조사구3, 4) pH4.19, 시설지역(조사구5, 6) pH4.21~4.23으로 나타났으며, 물운대유원지는 진입지역(조사구1, 2) pH4.89~4.9, 삼림지역(조사구3, 4) pH4.85~4.86, 시설지역(조사구5, 6) pH4.92~4.93로 나타났다. 토양산도는 사상공원과 물운대유원지 모두 시설지역에서 가장 높은 것으로 나타났다.

무기물함량(K, Na, Mg, Ca)을 분석한 결과, 사상공원은 Mg > K > Na > Ca의 순으로 나타났으며, 물운대유원지는 Mg > K > Ca > Na의 순으로 나타났다. 그리고 무기물함량은 사상공원과 물운대유원지 모두 삼림지역보다 진입지역과 시설지역이 높은 것으로 나타났다.

토양산도와 무기물함량(K, Na, Mg, Ca)은 토양경도가 높은 지역일수록 대체로 증가하는 경향을 나타내고 있는데, 이것은 토양경도가 높은 토양에서는 염기의 농도가 높기 때문에 토양산도와 치환성 염기 등이 증가한다는 Young and Gilmore(1976)의 연구결과와 유사하게 나타났다.

토양환경을 분석한 결과를 종합하면, 공원 내의 이용빈도에 따라 설정한 조사구별(진입지역, 삼림지역, 시설지역) 토양환경은 조사구별로 토양경도의 변화가 현저하게 나타났으며, 시설지역의 토양경도가 가장 높은 것으로 나타났다. 그리고 토양경도의 변화에 따라 다른 요인들의 수치가 변화하는 경향으로 나타났다. 따라서 이용자의 이용빈도가 토양경도에 큰 영향을 미치는 것

으로 판단되었다. 공원별로는 사상공원의 토양산도가 강산성으로 나타났으며, 토양수분함량, 무기물함량(K, Mg, Ca)이 대조구인 물운대유원지에 비하여 낮게 나타나서 수목의 생육에 불리한 것으로 판단되었는데, 이는 사상공단 주변에 위치하고 있는 사상공원의 입지특성 때문인 것으로 사료된다.

3. 식생구조 분석

1) 상대우점치 분석

사상공원과 물운대유원지의 목본층의 조사지역별 상대우점치를 계산한 결과는 표 3과 같다. 사상공원은 교목층에서 진입·삼림·시설지역 모두 곰솔(IV: 90.2%, 89.6%, 89.2%)이 우점종으로 나타났다. 아교목층에서는 진입·삼림지역은 오리나무(IV: 100.0%, 100.0%)가 우점종으로 나타났고, 시설지역은 곰솔(IV: 50.0%)과 오리나무(IV: 50.0%)가 경쟁상태에 있는 것으로 나타났다. 관목층은 진입·삼림·시설지역 모두 산검양오톨나무(IV: 25.9%, 23.1%, 22.8%)가 우점종으로 나타났으며, 아까시나무, 산철쭉, 청미래덩굴, 산딸기, 계요등이 전반적으로 출현하고 있는 것으로 나타났다.

사상공원 아교목층과 관목층에서 대기오염에 내성이 강한 오리나무와 산검양오톨나무가 우점하고 있고, 관목층에서 아까시나무와 덩굴성식물이 출현하고 있어 생태적으로 불안정한 상태이며, 다층구조를 이루지 못하고 있는 것으로 나타났다.

김종갑(1992)은 온산공단의 주변의 곰솔림에 있어서 상층에서는 아까시나무와 사방오리나무의 상대우점치가 높았다고 하였고, 김재봉 등(1988)은 울산공단 주변에서 조사한 결과에서 곰솔, 산철쭉, 개오톨나무, 산딸기, 두릅나무, 노린재나무, 청미래덩굴 등은 오염에 대한 내성이 강하다고 하였다. 그리고 박재주 등(1983)은 오염에 강한 수종은 곰솔, 청미래덩굴, 사스레피나무, 칩 등이었다고 하였으며, 김점수와 이강녕(1996)은 사상공단 주변의 곰솔림에서는 상층과 중층에서 곰솔이 우점하고 아까시나무, 개오톨나무, 산검양오톨나무, 때죽나무 등이 전반적으로 출현하였고, 하층에서 아까시나무, 졸참나무, 개오톨나무, 산철쭉이 출현하고 있었다고 하였다. 사상공원에서 대기오염에 내성이 강한 수종이 각 조사구에

표 3. 조사지역의 층위별 상대우점치

수종	층위별				사상공원												불운대유원지											
					진입지역				삼림지역				시설지역				진입지역				삼림지역				시설지역			
	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M				
<i>Pinus thunbergii</i> (곰솔)	90.2	-	-	45.1	89.6	-	-	44.8	89.2	50.0	-	61.3	88.7	-	-	44.3	100.0	-	-	50.0	100.0	52.3	-	67.4				
<i>Alnus japonica</i> (오리나무)	9.8	100.0	-	38.3	10.4	100.0	-	38.5	10.8	50.0	-	22.1	-	-	-	-	32.3	-	10.8	-	11.0	-	-	3.7				
<i>Camellia japonica</i> (동백나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.3	11.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Alnus hirsuta</i> (산오리나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.3	-	-	2.8				
<i>Pyrus ussuriensis</i> (산돌베나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.6	-	2.5				
<i>Castanea crenata</i> (밤나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.6	-	2.5				
<i>Elaeagnus umbellata</i> (보리수나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.7	0.6	-	6.2	-	-	2.1				
<i>Prunus persica</i> (복사나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.9	-	-	2.3				
<i>Rhus sylvestris</i> (산감양육나무)	-	-	25.9	4.3	-	-	23.1	3.9	-	-	22.8	3.8	-	-	3.8	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)	-	-	3.8	0.6	-	-	3.9	0.6	-	-	6.3	1.0	11.3	66.7	4.9	28.7	-	-	3.4	0.6	-	-	7.7	1.3				
<i>Quercus acutissima</i> (상수리나무)	-	-	2.7	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기나무)	-	-	8.1	1.3	-	-	4.8	0.8	-	-	11.4	1.9	-	-	-	-	-	5.2	0.9	-	-	-	-	-				
<i>Robinia pseudo-acacia</i> (아카시아나무)	-	-	11.0	1.8	-	-	3.4	0.6	-	-	15.0	2.5	-	-	-	-	35.4	7.6	13.1	-	-	-	-	-				
<i>Eurya japonica</i> (사스레피나무)	-	-	6.3	1.0	-	-	8.9	1.5	-	-	-	-	-	-	16.8	2.8	-	32.3	14.1	13.1	-	-	19.0	3.2				
<i>Lespedeza maximowiczii</i> (조록싸리)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.4	1.1	-	-	4.5	0.7	-	-	-	8.6	1.4				
<i>Rhododendron schlippe-nbachii</i> (철쭉)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.7	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>platycarya strobilacea</i> (골피나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.9	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Albizia julibrissin</i> (지귀나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6	0.6	-	-	4.7	0.8	-	-	-	-	-				
<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.7	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Lagerstroemia indica</i> (배롱나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.8	0.8				
<i>Hibiscus syriacus</i> (무궁화)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.2	0.7				
<i>Camellia sasanqua</i> (에기동백)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	0.7				
<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.6	0.4	-	-	-	-	-				
<i>Ficus erecta</i> (천선과나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.6	1.3	-	-	-	-	-				
<i>Mallotus japonicus</i> (예덕나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.7	0.5	-	-	5.0	0.8	-	-	-	-	-				
<i>Pittosporum tobira</i> (돈나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.2	0.7	-	-	-	-	-				
<i>Rhus japonica</i> (붉나무)	-	-	-	-	-	-	8.0	1.3	-	-	-	-	-	2.9	0.5	-	-	4.2	0.7	-	-	-	5.4	0.9				
<i>Rhododendron yedoense</i> (산철쭉)	-	-	10.5	1.8	-	-	13.0	2.2	-	-	12.2	2.0	-	6.8	1.1	-	-	5.8	1.0	-	-	8.0	1.3	-				
<i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)	-	-	-	-	-	-	3.4	0.6	-	-	-	-	-	6.2	1.0	-	-	3.7	0.6	-	-	9.2	1.5	-				
<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	-	-	-	-	-	-	2.7	0.4	-	-	4.3	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.7	0.9	-				
<i>Smilax china</i> (칭미레덩굴)	-	-	8.3	1.4	-	-	8.9	1.5	-	-	11.4	1.9	-	-	5.3	0.9	-	-	5.5	0.9	-	-	6.0	1.0				

(표 3. 계속)

<i>Lonicera japonica</i> (인동덩굴)	-	-	4.7	0.8	-	-	4.6	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Rosa wichuraiana</i> (돌가시나무)	-	-	3.1	0.5	-	-	3.1	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3.2	0.5	-	-	-	-		
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (담쟁이덩굴)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.7	0.8	-	-	4.4	0.7	-	-	3.7	0.6	-	-	-		
<i>Humulus japonicus</i> (환삼덩굴)	-	-	7.6	1.3	-	-	3.9	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Cocculus trilobus</i> (댕댕이덩굴)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0	0.7	-	-	3.4	0.6	-	-	-		
<i>Pueraria thungergiana</i> (쑤)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.1	0.8	-	-	3.9	0.7	-	-	9.5	1.6	
<i>Paederia scandens</i> (계요등)	-	-	7.9	1.3	-	-	8.4	1.4	-	-	11.8	2.0	-	-	4.9	0.8	-	-	3.9	0.7	-	-	7.4	1.2

a: 교목층 상대우점치; b: 아교목층 상대우점치; c: 관목층 상대우점치; d: 평균상대우점치

표 4. 조사지역별 초본층의 우점도 및 군도

식물명	조사지		사상공원				물운대유원지							
			진입지역		삼림지역		시설지역		진입지역		삼림지역		시설지역	
	D ^a	S ^b	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (주름조개풀)	3	3	3	3	2	2	+	1	+	1	+	1	+	1
<i>Phytolacca americana</i> (미국자리공)	1	2	1	2	-	-	-	-	r	1	-	-	-	-
<i>Dioscorea tenuipes</i> (각시마)	r	1	+	1	r	1	-	-	+	1	-	-	-	-
<i>Pteridium aquilinum var. latiusculum</i> (고사리)	r	1	+	1	r	1	+	1	+	1	r	1	-	-
<i>Miscanthus sinensis</i> (참억새)	1	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ipogonum thunbergii</i> (고마리)	-	-	r	1	-	-	r	1	-	-	-	-	-	-
<i>Persicaria perfoliata</i> (머느리배꼽)	-	-	r	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Commelina communis</i> (닭의장풀)	-	-	r	1	-	-	r	1	+	1	r	1	-	-
<i>Melica oncoi</i> (쌀새)	-	-	r	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1
<i>Setaria viridis</i> (강아지풀)	-	-	r	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dioscorea quinqueloba</i> (단풍마)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	+	1	+	1
<i>Duchesnea indica</i> (뱀딸기)	-	-	-	-	-	-	+	1	+	1	r	1	-	-
<i>Plantago asiatica</i> (질경이)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	+	1	+	1
<i>Dioscorea batatas</i> (마)	-	-	-	-	-	-	r	1	r	1	-	-	-	-
<i>Oxalis corniculata</i> (괘이밥)	-	-	-	-	-	-	r	1	+	1	-	-	-	-
<i>Bistorta manshuriensis</i> (범꼬리)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	1	r	1	-	-
<i>Cirsium maackii</i> (영경귀)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	+	1	+	1
<i>Erigeron annuus</i> (개망초)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	+	1	+	1
<i>Artemisia var. orientalis</i> (쑤)	-	-	-	-	-	-	+	1	-	-	-	-	-	-
<i>Liriope spicata</i> (맥문동)	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-
<i>Artemisia montana</i> (산쑤)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	r	1	-	-
<i>Petasites japonicus</i> (머위)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-	-	-
<i>Saxifraga stolonifera</i> (바위취)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-	-	-
총수			5종		10종		3종		9종		16종		11종	

a: 우점도; b: 군도

서 전반적으로 출현하였으며, 상대우점치도 높게 나타나서 위의 연구결과와 비슷한 경향을 보였다.

대조구인 물운대유원지는 교목층에서 진입·삼림·시설지역 모두 곰솔(IV: 88.7%, 100.0%, 100.0%)이 우점종으로 나타났다. 아교목층은 진입지역에서 갈참나무(IV: 66.7%)가 우점종으로 나타났고, 삼림지역에서는

아까시나무(IV: 35.4%), 오리나무(IV: 32.3%), 사스레피나무(IV: 32.3%)가 경쟁상태에 있었으며, 시설지역에서는 곰솔(IV: 52.3%)이 우점종으로 나타났다. 관목층은 진입·삼림·시설지역에서 모두 사스레피나무(IV: 16.8%, 14.1%, 19.0%)가 우점종으로 나타났다. 물운대유원지는 전반적으로 수종도 다양하였고 다층구조를 이

루고 있어 생태적으로 안정된 군집이라고 할 수 있다.

조사대상지 초본층의 우점도와 군도를 조사한 결과는 표 4와 같다. 사상공단에서는 주름조개풀이 우점종으로 나타났으며, 미국자리공, 참역새, 고사리, 각시마 등이 전반적으로 고르게 나타나고 있다. 김점수와 이강녕(1996)은 사상공단 주변의 곰솔림의 조사에서 주름조개풀이 우점종으로 나타났고, 참역새, 실새풀, 기름새, 산거울 등도 전반적으로 나타나고 있어 이들은 대기오염에 대한 내성이 강하다고 보고하였는데, 이는 사상공원에서 유사한 경향으로 나타났다. 대조구인 물운대유원지는 주름조개풀, 고사리, 닭의장풀, 단풍마, 뽕딸기, 질경이, 마, 팽이밥, 범꼬리, 엉겅퀴, 개망초, 산썩 등이 전반적으로 고르게 분포하고 있다.

또한 초본류의 출현종수는 사상공원이 총 10종으로 진입지역 5종, 삼림지역 10종, 시설지역 3종으로 나타났으며, 대조구인 물운대는 총 20종으로 진입지역 9종, 삼림지역 16종, 시설지역 11종으로 나타났다. 조사지역별 출현종수는 사상공원이 삼림지역, 진입지역, 시설지역의 순으로 감소하였으며, 대조구인 물운대유원지는 삼림지역, 시설지역, 진입지역의 순으로 감소하는 경향을 보였다.

조사지역별 초본류의 종수가 사상공원과 물운대유원지 모두 삼림지역에서 가장 많이 출현하고 진입지역과 시설지역에서 적게 출현하는 것으로 나타나서 공원 내에서는 이용자의 이용빈도가 초본류의 출현종수에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 그리고 공원별 초본류의 종수는 사상공원 10종, 물운대유원지 20종으로 나타났는데, 사상공단 주변에 위치한 사상공원의 초본류의 출현종수가 대조구인 물운대유원지에 비하여 현저히 적은 것으로 나타나서 공업단지에서 발생하는 환경오염이 초본류의 출현종수에 영향을 주는 것으로 판단되어진다.

2) 종다양도 분석

표 5는 조사지역의 목본류의 종수와 각 조사지역(방형구 2개: 800m)에 대하여 종다양도를 나타낸 것이다. 조사지역별 출현종수는 사상공원이 진입지역 14종, 삼림지역 16종, 시설지역 11종으로 삼림지역에서 가장 많이 나타났고, 시설지역에서 가장 적게 나타났다. 종다양도지수도 진입지역 0.9478, 삼림지역 0.9700, 시설지역

0.8738로 삼림지역이 가장 높게 나타났고, 시설지역에서 가장 낮게 나타났다. 대조구인 물운대유원지의 조사지역별 출현종수는 진입지역 19종, 삼림지역 22종, 시설지역 20종으로 삼림지역에서 가장 많이 나타났고, 진입지역에서 가장 적게 나타났다. 종다양도지수도 진입지역 1.0975, 삼림지역 1.1233, 시설지역 1.0819로 삼림지역이 가장 높게 나타났고, 시설지역에서 가장 낮게 나타나서 사상공원과 동일한 경향으로 나타났다. 공원별 출현종수는 사상공원 18종, 물운대유원지 35종으로 나타났으며, 종다양도 지수도 사상공원 0.8738~0.9700, 물운대유원지 1.0819~1.1233으로 나타나서 사상공원의 종수 및 종다양도 지수가 낮은 것으로 분석되었다.

Beardsley(1971)는 이용자의 이용밀도가 증가함에 따라 종다양도, 최대종다양도, 우점도가 감소되었고 군재도와 상이도지수는 증가한다고 하였으며, Whittaker(1965)는 환경조건이 열악할수록 그러한 조건하에서 내성범위를 가지는 종수가 감소하며 종간경쟁이 심해지기 때문에 종수와 종다양도는 감소하고 우점도는 증가한다고 하였다. 그리고 Buell 등(1966)은 토양환경이 양호한 경우 종다양도가 높다고 하였다. 따라서 조사지역의 토양경도가 이용자의 이용빈도가 높은 시설지역이나 진입지역이 삼림지역보다 높게 나타났으며, 토양분석 결과(표 2 참조)에서 사상공원의 토양환경이 물운대유원지보다 수목의 생육에 불리한 조건으로 나타난 것을 고려할 때 위의 결과와 유사하게 나타났다.

표 5. 조사지역별 종다양도지수

조사지역		종수	종다양도 (H')	군재도 (J')	우점도 (D')	최대종다양도 (Hmax)
사상 공원	진입지역	14	0.9478	0.8269	0.1731	1.1641
	삼림지역	16	0.9700	0.8055	0.1945	1.2041
	시설지역	11	0.8738	0.8391	0.1609	1.0413
물운대 유원지	진입지역	19	1.0975	0.8582	0.1418	1.2787
	삼림지역	22	1.1233	0.8367	0.1633	1.3424
	시설지역	20	1.0819	0.8315	0.1685	1.3010

4. 수목활력도 분석

조사대상지 곰솔의 활력도를 조사한 결과는 표 6과 같다. 수목활력도는 전기저항치(ER)로 나타내며, 수치가 낮을수록 수목의 활력이 좋고 수치가 높을수록 수목

의 활력이 나뭇을 나타낸다. 사상공원은 진입지역(조사구1, 2) 18.26~19.19ER, 삼림지역(조사구3, 4) 16.41~16.44ER, 시설지역(조사구5, 6) 18.2~20.42ER로 나타났으며, 물운대유원지는 진입지역(조사구1, 2) 15.4~16.81ER, 삼림지역(조사구3, 4) 12.42~15.14ER, 시설지역(조사구5, 6) 13.58~15.7ER로 나타났다. 따라서 사상공원은 시설지역이 수목의 활력이 가장 불량한 것으로 나타났고, 물운대유원지는 진입지역이 수목의 활력이 가장 불량한 것으로 나타났다.

표 6. 조사지역별 곰솔의 수목활력도(ER*)

조사지역	조사구	사상공원	물운대유원지
진입지역	1	19.19	16.81
	2	18.26	15.40
삼림지역	3	16.44	12.42
	4	16.41	15.14
시설지역	5	18.20	13.58
	6	20.42	15.70

*: 전거저항치를 나타내며, 수치가 낮을수록 수목의 활력이 좋음을 나타낸다.

공원별 수목활력도는 사상공원 16.41~20.42ER, 물운대유원지 12.42~16.81ER로 나타났다. 토양환경이 수목의 생육에 불리한 것으로 나타난 사상공원의 수목활력도가 물운대유원지의 수목활력도에 비하여 전반적으로 수목의 활력이 불량한 것으로 나타나서, 공업단지 주변에 위치한 입지특성에 따른 토양특성이 수목의 활력에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

5. 회귀분석

조사지역의 토양요인과 수목활력도와의 관계를 알아보기 위하여 회귀분석한 결과는 표 7과 같다. 회귀분석한 결과, 각 변수들의 t-값(Sig. $t < 0.007$)과 F-값(Sig.

$F < 0.007$)에서 유의하게 분석되었고, 설명도($R^2 > 0.869$)값으로 보아 토양경도, 수분함량, 토양산도, K, Na, Mg, Ca 모두 수목활력도에 영향을 주는 중요한 요인으로 나타났다. 각 변수의 상대적 중요도는 다른 인자도 중요한 요인이지만 토양경도와 Mg가 각각 0.978로 가장 높은 설명도를 가진다고 할 수 있으며, 특히 여러 토양인자들 중에서 토양경도와 Mg가 수목활력도에 가장 큰 영향을 미치고 있는 것으로 판단할 수 있다.

IV. 결론

본 연구는 사상공업단지 주변에 위치한 사상공원을 중심으로 토양환경이 도시공원녹지의 식생에 미치는 영향을 분석하였으며, 연구 결과는 다음과 같다.

1. 조사지역의 토양환경을 분석한 결과, 공원 내의 이용빈도에 따라 설정한 조사구별 토양환경은 토양경도의 변화가 현저하게 나타났으며, 시설지역의 토양경도가 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서 이용자의 이용빈도가 토양경도에 큰 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 공원별 토양환경은 사상공원의 토양산도가 강산성으로 나타났으며, 토양수분함량, 무기물함량(K, Mg, Ca)이 대조구인 물운대유원지에 비하여 낮게 나타나서 수목의 생육에 불리한 것으로 판단되었다.

2. 층위별 상대우점치를 계산한 결과, 사상공원의 식생은 아교목층과 관목층에서 대기오염에 내성이 강한 오리나무와 산검양옻나무가 우점하고 있고 관목층에서 아까시나무와 덩굴성식물이 출현하고 있어 생태적으로 불안정한 상태이며, 다층구조를 이루지 못하고 있는 것으로 나타났다.

3. 사상공원의 초본류는 대기오염에 대한 내성이 강한 주름조개풀이 우점종으로 나타났다. 조사지역별 초

표 7. 수목활력도와 토양인자들과의 관계

종속변수	독립변수	회귀계수(B)	표준화 회귀계수(Beta)	t-값	유의한 t-값(Sig. t)	설명도(R^2)	F-값	유의한 F-값(Sig. F)
수목활력도	토양경도	0.513	0.978	8.478	0.001	0.957	90.004	0.001
	수분함량	-10.054	-0.932	-5.152	0.007	0.869	26.538	0.007
	토양산도	92.825	0.970	8.033	0.001	0.942	64.535	0.001
	K	0.086	0.970	7.955	0.001	0.941	63.924	0.001
	Na	0.088	0.974	8.595	0.001	0.949	73.881	0.001
	Mg	0.085	0.978	9.303	0.001	0.956	86.538	0.001
	Ca	0.104	0.947	5.914	0.004	0.897	34.977	0.004

본류의 종수는 사상공원과 대조구인 물운대유원지 모두 삼림지역에서 가장 많이 출현하고 진입지역과 시설지역에서 적게 출현하는 것으로 나타나서 공원 내에서는 이용자의 이용빈도가 초본류의 출현종수에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 그리고 공원별 초본류의 종수는 사상공원의 초본류의 출현종수가 대조구인 물운대유원지에 비하여 현저히 적은 것으로 나타나서 공업단지에서 발생하는 환경오염이 초본류의 출현종수에 영향을 주는 것으로 판단되었다.

4. 조사지역별 종수와 종다양도 지수는 삼림지역에서 가장 높게 나타났고 시설지역에서 가장 낮게 나타났으며, 공원별 종다양도지수는 사상공원 0.8738~0.9700, 물운대유원지 1.0819~1.1233으로 사상공원의 출현종수 및 종다양도지수가 낮게 나타났다. 따라서 이용자의 이용빈도와 공원의 입지특성에 따른 토양환경이 종수와 종다양도에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

5. 수목활력도는 사상공원이 시설지역에서 수목의 활력이 가장 불량한 것으로 나타났고, 물운대유원지는 진입지역에서 수목의 활력이 가장 불량한 것으로 나타났다. 공원별 수목활력도는 사상공원 16.41~20.42ER, 물운대유원지 12.42~16.81ER로 나타났다. 토양환경이 수목의 생육에 불리한 것으로 나타난 사상공원의 수목활력도가 물운대유원지의 수목활력도에 비하여 전반적으로 수목의 활력이 불량한 것으로 나타나서, 공업단지 주변에 위치한 입지특성에 따른 토양환경이 수목의 활력에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

6. 토양인자와 수목활력도와의 관계를 알아보기 위하여 회귀분석한 결과, 토양경도, 수분함량, 토양산도, K, Na, Mg, Ca가 수목활력도에 영향을 주는 인자로 나타났다. 그 중에서도 토양경도와 Mg가 수목활력도에 큰 영향을 미치고 있는 중요한 인자로 판단할 수 있었다.

본 연구의 결과, 공원 내에서 이용자의 이용빈도가 높은 지역과 공업단지 주변에 위치한 공원녹지의 토양환경이 생태적으로 불안정한 식생구조, 출현종수의 감소, 수목의 활력 저하에 영향을 주고 있는 것으로 분석되었다. 따라서 이를 개선하기 위해서는 공원 내에서 이용자의 이용빈도가 높아 토양의 물리성이 파괴되는 지역은 토양개량에 의한 토양의 통기성 및 투수성의 향상과 식생회복을 위한 멀칭 등으로 토양의 물리상을 개

선해야 할 것이다. 그리고 공업단지 주변에 위치한 공원녹지의 토양은 강산성으로 나타나서 토양환경과 주변 식생을 고려한 적합한 양의 석회 시비, 유기물 투입, 토양오염원을 차단하거나 정화시킬 수 있는 수중선정 등을 통하여 토양산도를 개선시켜 나가야 한다. 또한 공업단지 주변에 위치한 공원녹지의 토양을 합리적으로 관리하기 위하여 중·장기 계획에 의한 토양의 종합관리시스템을 구축해야 할 것이다.

본 연구는 식생에 영향을 미치는 여러가지 요인들 중에서 토양환경에 국한하였고, 수목활력도 분석에서 곱셈에만 국한하였다는 연구의 한계가 있다. 따라서 차후에는 식생에 영향을 주는 다양한 환경요인들과 다양한 수종의 수목활력도를 조사하여 비교·분석하면, 도시공원녹지의 체계적인 관리에 적절한 도움이 될 것으로 사료된다.

인용문헌

1. 김점수, 이강녕(1996) 사상공단의 대기오염이 주변 산림의 식생구조에 미치는 영향. 한국임학회지 85(1): 1-14.
2. 김재봉 외 10인(1988) 오염지역 생태계의 변화에 관한 연구-역천공단 주변지역의 식생을 중심으로- 국립환경연구원보 10: 89-110.
3. 김종갑(1992) 온산공단 주변의 대기오염이 삼림식생에 미치는 영향. 경상대학교 박사학위논문.
4. 김태정(1996) 한국의 자원식물. 서울대학교 출판부.
5. 박인협(1985) 백운산지역 천연림생태계의 조립구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.
6. 박재주 외 7인(1983) 공단지역의 환경오염물질의 축적과 수목생장의 상관관계에 대한 조사연구. 국립환경연구소: 1-53.
7. Beardsley, W. C. and J. A. Wager(1971), Vegetation management on a forested recreation site. J. For 69: 728-731.
8. Bell, N.(1994) The ecological effects of increased aerial deposition of nitrogen. British Ecological Society, Ecological Issues 5. p. 36.
9. Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde, Dritte Auflage. Springer-Verlag, Wien, p. 865.
10. Buell, M. F., and A. N. Langford, and D. W. Davidsons, and L. F. Ohrmann(1966) The upland forest continuum in northern New Jersey. Ecology 47(3): 425-432.
11. Cole, D. N.(1986) Ecological changes on campsite in the Eagle campwilderness. U.S.D.A. For. Serv. Res. Rep. Int. 368, p. 19.
12. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland Forest contium in the prairie-forest border region of Winsconsin. Ecology 32: 476-496.

13. Jakucs, P.(1991) Eutrophication in forest ecosystems. In G. Esser and D. Overdieck, eds., *Modern ecology: basic and applied aspects*. Elsevier, New York, pp. 571-578.
14. Lockaby, B. G. and B. A. Dunn,(1984) Camping effects on selected soil and vegetative properties. *J. Soil and Conserv* 39(3): 215-216.
15. Nagy, M. and J. Nagy.(1981) Diversity of herb layer of black locust forest. *Acta Biol. Debrecina* 18: 15-20.
16. Pielou, E. C.(1975) *Ecological diversity*. New York: John Wiley and Sons, p. 165.
17. Young, R. A. and A. R. Gilmore(1976) Effects of various camping intensities on Soil Properties in Illinois Campgrounds. *Soi. Sci. Soc. Amer. J.* Vol 40, pp. 908-911.
18. Tilman, D.(1987) Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. *Ecological Monographs* 57: 189-214.
19. Ulrich, B., and R. Mayer, and P. K. Khanna(1980) Chemical change due to acid precipitation in a loss-derived soil in central Europe. *Soil Sci.* 130: 193-200.
20. Whittaker, R. H.(1965) Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147: 250-259.

원고접수: 2001년 12월 26일

최종수정본 접수: 2002년 2월 14일

3인익명 심사필