한국환경생태학회지 16(2) : 172~178, 2002
Kor. J. Env. Eco. 16(2) : 172~178, 2002

서울 남산 도시자연공원의 대기정화능과 가치[1*]

조현길[2] · 조용현[3] · 안태원[4]

Capacity and Value of Atmospheric Purification for Namsan Nature Park in Seoul[1*]

Hyun-Kil Jo[2], Yong-Hyeon Cho[3], Tae-Won Ahn[4]

요 약

본 연구는 서울시 남산 도시자연공원을 대상으로 식생의 대기 CO_2, SO_2 및 NO_2 흡수능을 계량화하여 대기정화에 기여하는 가치를 구명하였다. 활엽수림이 전체 식생면적의 약 54%를 차지하였고, 수령구조는 유목내지는 성장과정의 수목들로 우점하였다. 평균 교목밀도와 기저면적은 각각 17.5주/100m^2, 2,580cm^2/100m^{2}이었다. 식생유형 및 영급별 단위면적당 대기정화능은 기저면적의 변화와 유관하여 영급이 높을수록 증가하였고, 동일 영급 내에선 대체로 침엽수림보다는 혼효림이나 활엽수림이 더 컸다. 식생유형 전체의 단위면적당 평균 CO_2 저장량은 293.8t/ha이었고 경제가치는 147백만원/ha이었다. 연간 흡수량은 CO_2 24.6t/ha/yr, SO_2 17.1kg/ha/yr 및 NO_2 43.9kg/ha/yr이었고 연간 경제가치는 13백만원/ha/yr이었다. 전체 식생면적은 총 72,100t의 CO_2를 저장하고 있으며, 해마다 CO_2 6,040t/yr, SO_2 4,200kg/yr, NO_2 10,770kg/yr을 흡수하는 것으로 나타났다. 그 전체면적의 경제가치는 CO_2 저장 약 361억원, 연간 CO_2, SO_2 및 NO_2 흡수 31억원/yr에 상당하였다. 남산 도시자연공원은 해마다 시민 약 1,100인의 CO_2 배출량, 2,800인의 SO_2 배출량, 1,160인의 NO_2 배출량을 각각 상쇄시키는 중요한 역할을 담당하였다. 본 연구결과는 도시자연공원의 대기정화 가치를 홍보함은 물론, 보강식재 및 관리의 예산확보에 필요한 설득력 있는 기반자료가 될 것으로 기대한다.

주요어 : CO_2, SO_2, NO_2, 식생, 경제가치

ABSTRACT

This study quantified CO_2, SO_2 and NO_2 uptake by vegetation for the Namsan Nature Park in Seoul, and explored values for the park to contribute to atmospheric purification. Broad-leaved forest accounted for about 54% of total forest area, and tree-age structure was dominated by a young, growing tree population. Tree density and basal area averaged 17.5 trees/100m^2 and 2,580cm^2/100m^2, respectively. Atmospheric purification per unit area by forest

* 이 논문은 2001년도 서울특별시 지원 연구비에 의한 연구의 일부임.
1 접수 5월 21일 Received on May 21, 2002
2 강원대학교 산림경영 · 조경학부 Division of Forest Management and Landscape Architecture, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea(jhk@kangwon.ac.kr)
3 서울시정개발연구원 도시환경연구부 Dept. of Urban Environment, Seoul Development Institute, Seoul, 100-250, Korea
4 강원대학교 대학원 Graduate School, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea

type and age class was greater in older age classes, associated with changes in basal area, and tended to be greater in broad-leaved or mixed forest than in coniferous forest for the same age classes. Mean CO_2 storage per unit area for all the forest types and age classes was 293.8 t/ha and economic value of the CO_2 storage was ₩ 147millions/ha. Annual uptake averaged 24.6 t/ha/yr for CO_2, 17.1 kg/ha/yr for SO_2 and 43.9 kg/ha/yr for NO_2, and economic value of the annual uptake was ₩ 13millions/ha/yr. Total forest area stored 72,100 t of CO_2, and annually sequestered 6,040 t/yr of CO_2, 4,200 kg/yr of SO_2 and 10,770 kg/yr of NO_2. Economic value of atmospheric purification for the entire area amounted to approximately ₩ 36,100millions for the CO_2 storage, and ₩ 3,100millions/yr for the annual CO_2, SO_2 and NO_2 uptake. The park played an important role through annually offsetting CO_2 emissions from fossil fuel consumption by 1,100 persons, SO_2 emissions by 2,800 persons, and NO_2 emissions by 1,160 persons. The results from this study are expected to be useful not merely in informing the public of atmospheric purification values of urban nature parks, but in urging the necessity for replanting and management budgets.

KEY WORDS : CO_2, SO_2, NO_2, VEGETATION, ECONOMIC VALUE

서 론

화석연료 소비와 자연녹지 훼손은 기후변화의 주범인 CO_2를 비롯하여, 산성비를 유발하는 주요 대기오염물질인 SO_2 및 NO_2의 대기농도를 증가시켜 왔다. 식생은 광합성을 통한 생장과정에서 대기 CO_2를 흡수·저장할 뿐만 아니라, SO_2, NO_2 등 가스상 오염물질을 흡수하여 그들의 대기농도를 낮춘다. 식생의 대기정화 역할은 과거 실험적, 생리적 등 다양한 각도에서 연구된 바 있으나(이경재, 1993a), 주로 특정 생장시기에 국한하여 엽 내의 오염물질 함량을 분석하거나 수종의 내공해성 강약 여부를 파악하는데 초점을 두었다. 도시환경 내에 분포하는 녹지를 대상으로 연간 생장기간에 걸친 단위면적 차원의 대기정화 가치를 구명한 국내 연구는 흔치 않다. 다만, 기후변화의 심각성과 관련하여 도시녹지에 의한 대기 CO_2 흡수를 계량화한 연구가 일부 존재한다(조현길, 1999; 조현길과 안태원, 2000; 조현길과 이기의, 2000). 국외에서는 최근 새크라멘토시 녹지를 대상으로 생체량방정식에 기초하여 CO_2 흡수를(McPherson, 1998), 그리고 침착속도모델을 적용하여 SO_2, NO_2 등 오염물질의 흡수를(Scott *et al.*, 1998) 연구한 바 있다.

인구증가와 도시팽창은 도시 주변에 분포하는 자연녹지를 잠식하여 온 반면, 개발된 도심 내에는 빈약한 수목식재로 도시녹지의 대기정화 역할이 제한되는 상황이다. 서울시의 녹지율은 전체 면적의 약 27%이지만 대부분 도시외곽에 위치하며, 시청을 중심으로 반경 5km 이내의 녹지율은 5%에 불과하다(이경재, 1993b). 남산 도시자연공원은 서울시 중심부에 위치하여 도시의 물질순환, 에너지흐름 등 생태기능을 건전한 방향으로 유도하는데 기여한다. 본 연구의 목적은 남산 도시자연공원을 대상으로 식생의 대기 CO_2, SO_2 및 NO_2 흡수능을 계량화하여 대기정화에 기여하는 가치를 구명하는 것이다. 연구결과는 국내에서 미흡한 도시녹지의 대기정화 가치에 관한 정보를 확충하고, 도시 내 녹지확보의 환경적 중요성과 개발압력에 대한 녹지보전의 필요성을 강조하는데 일조할 수 있다.

재료 및 방법

1. 식생구조 조사 및 분석

임상도(1992) 상에서 식생유형 및 영급을 반영한 체계적 임의표본추출(systematic random sampling)을 통해 총 87개의 표본지점을 선정하였다. 표본지점을 현지답사하여 방형구법에 의해 수종, 직경, 수고, 피도 등 식생조사를 실시하였다. 방형구의 크기는 교목(흉고직경 2cm 이상) 10m×10m, 관목 5m×5m이었다. 현지조사 결과 활용한 임상도

의 식생유형 및 영급 분류에 오차가 나타났다. 임상도의 제작시기가 약 10년 경과한 것을 감안하고 실측한 흉고직경으로부터 수령을 추정한 후(조현길과 안태원, 2000), 산림자원조사 요령(http://152.99.72.107/snlm/doc/sl2_1_2.htm)을 참고하여 표본지점의 식생유형 및 영급을 조정하였다.

조사자료를 토대로, 다음의 공식들을 활용하여 균재도(Alatalo, 1981), 상대우점치(Krebs, 1978) 등을 포함하는 연구대상지의 식생구조를 분석하였다.

· 균재도(Evenness) = ((1/C)-1)/(expH-1)
  C: $\Sigma(Ni/N)^2$
  H: $-\Sigma(Ni/N)\ln(Ni/N)$
  Ni: 임상영급 내 특정종의 개체수
  N: 임상영급 내 총개체수
· 상대우점치(Importance value, %)
  = (상대밀도+상대빈도+상대피도)/3
· 평균상대우점치(Mean importance value, %)
  = ((3×교목상대우점치)+(1×관목상대우점치))/4

2. 대기정화능 및 경제가치 산정

식생조사 결과에 단목차원의 대기정화능 방정식(조현길, 2001)을 적용하여 식생유형별 영급에 따른 단위면적당 대기정화능을 계량화하고, 면적비에 준거하여 남산 전체의 대기정화 가치를 평가하였다. 즉, CO_2 저장량은 자연생태계 주요 수종별 다수의 생체량산정식으로부터 유도한 회귀식을 적용하여 산출하였다. 연간 CO_2 흡수량은 생체량산정식 이용 및 CO_2 교환율 실측을 통해 유도한 회귀식을 적용하여 산정하였다. 여기에서, CO_2 저장량이란 수목이 생장하면서 여러 해에 걸쳐 축적한 총량을, 연간 CO_2 흡수량은 한 해 동안 흡수한 양을 각각 의미한다. 연간 SO_2 및 NO_2 흡수량은 CO_2와 SO_2 또는 NO_2간 흡수속도비를 활용하여 유도한 수종별 흡수량산정식을 적용하여 산출하였다.

연간 SO_2 및 NO_2 흡수량 산정시, 대기 SO_2 및 NO_2 농도는 남산 인근 5개 지점에서 측정한 최근 3년간(1998~2000)의 월별 농도자료(http://www.me.go.kr/www/db/data/index.html)를 수집하여 적용하였다. 즉, 그들 측정장소는 덕수궁(중구 정동), 이화동사무소(종로구 이화동), 숭인여자중학교(동대문구 신설동), 동도중학교(마포구 염리동) 및 한강공원관리사업소(용산구 한남동)에 위치하며, 남산을 중심으로 반경 5km 이내에 분포하였다. 대기 CO_2 농도는 관련 자료가 부재하여 적외선가스분석기로 실측한 춘천시의 계절별 평균치(조현길, 2001)를 이용하였다. 식생의 대기정화량은 CO_2 약 50만원/t, SO_2 200만원/t, NO_2 500만원/t 등의 처리 또는 저감비용(California Energy Commission, 1992; 임업연구원, 1997; 에너지경제연구원, 1999)에 기초하여 경제가치로 환산하였다.

결과 및 고찰

1. 식생구조

남산 도시자연공원의 총면적은 약 296ha이며 시설우점지를 제외한 식생면적은 245ha이었다(http://www.parks.seoul.kr/namsan). 식생면적의 약 54%는 활엽수림이, 35%는 혼효림이, 그리고 나머지 11%는 침엽수림이 점유하는 것으로 나타났다. 영급별로는 Ⅳ영급이 45%로 가장 많고 Ⅴ영급과 Ⅲ영급이 각각 23% 및 21%를 차지하였다. Ⅱ영급 및 Ⅵ영급 이상의 점유비는 각각 10% 미만이었다.

교목밀도는 식생유형 모두에 걸쳐 영급이 높을수록 감소하는 반면, 기저면적은 직경생장의 결과로 영급이 높을수록 증가하였다(Table 1). 동일 영급내 기저면적은 침엽수림이 활엽수림이나 혼효림보다 큰 경향이었다. 식생유형 전체의 교목밀도와 기저면적은 각각 17.5주/100m², 2,580cm²/100m²이었다. 수목(교목 및 관목)의 피도는 식생유형 및 영급별로 뚜렷한 차이없이 최소 140%에서 최대 260%에 이르는 울폐도를 나타냈으며, 평균 최대수고는 최소 8m에서 최대 15m이었다.

교목의 흉고직경급 분포비는 표본추출된 전체 교목 중, 10cm 미만 약 54%, 10~20cm 31%, 20~30cm 11%로서 20cm 미만이 약 85%를, 그리고 30cm 미만은 대부분인 97%를 점유하였다(Figure 1). 침엽수림의 직경분포는 10~20cm 범위의 점유비가 10cm 미만의 경우보다 다소 높았으나 30cm 이상의 수목은 전무한 것으로 나타났다. 활엽수림의 경우 10cm 미만 및 20cm 이상의 점유비가 타 식생유형에 비해 높은 반면, 10~20cm 직

Table 1. Density, basal area and cover of woody plants by forest type and age class (mean±SE)*

Forest type	Age class	Density(tree/100m²)	Basal area(cm²/100m²)	Cover(%)
Coniferous	Ⅱ	25.8±3.3	1,722±120	142.9±36.4
	Ⅲ	18.0±2.4	2,223±206	188.1±21.9
	Ⅳ	13.8±0.8	3,211±264	224.9±44.9
Mixed	Ⅲ	18.0±1.7	2,154±297	256.1±51.9
	Ⅳ	17.6±1.4	2,550±158	153.5± 8.8
Broad-leaved	Ⅲ	20.6±3.2	1,595±118	203.0±47.2
	Ⅳ	18.9±2.5	2,294±181	232.1±33.5
	Ⅴ	14.1±1.3	3,482±153	221.4±27.7

* Density and basal area exclude shrubs.

경급의 분포비는 상대적으로 낮았다. 조현길 등(1998)은 강남구 및 중랑구 자연지에서 흉고직경 20cm 이하의 교목 점유비가 각각 약 86%(30cm 이하 99%) 및 88% (30cm 이하 98%)임을 보고한 바 있다. 남산 도시자연공원의 경우도 그 직경분포와 큰 차이 없이 유목내지는 성장과정의 수목들이 우점하였다.

식생유형별 출현종수는 침엽수림보다는 활엽수림에서 상대적으로 많았고, 활엽수림의 경우는 영급 증가와 더불어 증가하였다. 남산 도시자연공원의 모든 식생유형 및 영급을 포함한 수종의 균재도는 0.6845이었다(Table 2). 균재도는 종 수도에 있어서의 균등성 척도로서, 모든 종이 균등한 수로 분포하는 경우 최대균재도 1을 나타내며 균재도가 0에 가까울수록 종의 상대적 수도는 더욱 커진다는 것을 의미한다. 식생유형 및 영급별 수종의 균재도는 혼효림 Ⅲ영급이 0.8007로서 가장 높았고, 영급이 증가할수록 다소 낮아지는 경향을 보였다. 침엽수림 Ⅳ영급 교목의 균재도는 0.4336으로 특정 종의 우점도가 비교적 높은 것으로 분석되었다. 상대우점치가 가장 높은 상위 5개 교목은 소나무(*Pinus densiflora*), 팥배나무(*Sorbus alnifolia*), 산벚나무(*Prunus sargentii*), 신갈나무(*Quercus mongolica*) 및 때죽나무(*Styrax japonica*)이었다(Table 3). 관목의 경우는 때죽나무, 팥배나무, 진달래(*Rhododendron mucronulatum*), 국수나무(*Stephanandra incisa*), 당단풍(*Acer pseudo-sieboldianum*) 등의 순이었다.

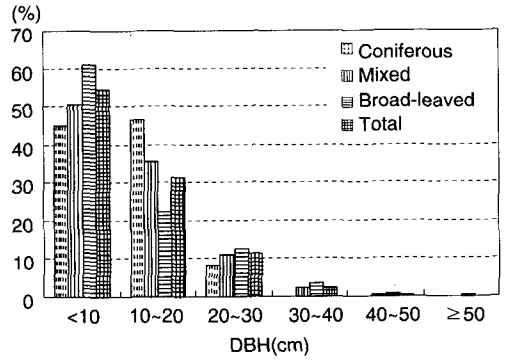

Figure 1. Percentages of DBH distribution of trees

Table 2. Evenness of woody plant species by forest type and age class

Forest type	Age class	Trees	Shrubs	Total
Coniferous	Ⅱ	0.5679	0.7261	0.6972
	Ⅲ	0.7472	0.6861	0.7557
	Ⅳ	0.4336	0.9416	0.5018
Mixed	Ⅲ	0.6986	0.7713	0.8007
	Ⅳ	0.6665	0.6883	0.6148
Broad-leaved	Ⅲ	0.6843	0.7706	0.7572
	Ⅳ	0.6993	0.7610	0.7028
	Ⅴ	0.7855	0.6545	0.6677
Total		0.7133	0.6852	0.6845

Table 3. Importance values of woody plant species (%)

Species	Trees	Shrubs	MIV*
Pinus densiflora	18.51	0	13.89
Sorbus alnifolia	11.61	11.80	11.66
Styrax japonica	9.00	17.44	11.11
Quercus mongolica	10.91	8.50	10.31
Prunus sargentii	10.92	2.17	8.73
Acer pseudo-sieboldianum	5.77	8.95	6.57
Robinia pseudo-acacia	7.93	0.60	6.10
Rhododendron mucronulatum	2.95	11.47	5.08
Pinus koraiensis	4.32	0	3.24
Stephanandra incisa	0	10.16	2.54
Pinus rigida	3.38	0	2.53
Alnus hirsuta	2.98	0.42	2.34
Fraxinus rhynchophylla	2.61	1.03	2.22
Quercus serrata	1.73	0.94	1.54
Quercus aliena	1.34	2.08	1.53
Other 40 species	6.03	24.43	10.63

* Mean importance values

2. 식생유형별 단위면적차원 대기정화능

남산 도시자연공원의 식생유형 및 영급별 단위면적당 CO_2 저장량은 활엽수림 Ⅴ영급이 482.4t/ha로서 상대적으로 가장 많은($P<0.01$) 반면, 침엽수림 Ⅱ영급이 109.8t/ha로서 가장 적었다($P<0.05$). 연간 흡수량 역시, 활엽수림 V영급이 CO_2 31.4t/ha/yr, SO_2 25.3kg/ha/yr, NO_2 65.5kg/ha/yr로서 타 식생유형 및 영급에 비해 가장 많았고, 침엽수림 Ⅱ영급이 CO_2 17.1t/ha/yr, SO_2 8.6kg/ha/yr, NO_2 21.2kg/ha/yr로서 가장 적은 경향이었다(Table 4). 영급에 따른 단위면적당 대기정화능은 대체로 기저면적의 변화와 유관하여 영급이 높을수록 증가하였고, 특히 활엽수림의 영급간 차이가 침엽수림이나 혼효림보다 더 컸다. 침엽수림은 단위면적당 기저면적이 동일 영급의 타 식생유형보다 큼에도 불구하고, 대기정화능은 생장량 및 엽면적의 차이로(조현길, 2001) 활엽수림이나 혼효림보다 오히려 적었다.

용인시에 분포하는 활엽수림 V영급의 연간 흡수량은 CO_2 26t/ha/yr, SO_2 25kg/ha/yr, NO_2 51kg/ha/yr인 것으로 보고되었다(조현길, 2001). 남산 도시자연공원 활엽수림 V영급의 연간 CO_2 흡수량은 용인시의 경우에 비해 더 많았는데, 이는 수목 기저면적의 차이(용인시 2,960cm^2/100m^2)에 기인하는 것으로 판단된다. 한편, 남산 도시자연공원 활엽수림 V영급의 연간 SO_2 흡수량은 용인시와 유사하나 연간 NO_2 흡수량은 용인시보다 더 많았다. 식생의 SO_2 및 NO_2 흡수량은 식생유형, 직경, 밀도 등 식생구조 뿐만 아니라, 그들 오염물질의 대기농도 고저에 따라 대상지역별로 다소 차이를 보일 수 있다. 남산 도시자연공원 인근의 평균 SO_2 및 NO_2 대기농도는 중부지방 활엽수의 생장기간인 5~10월에 각각 5.7 및 30.8ppb이었다. 경기도 내 수원, 부천, 평택 등 14개시 25개 지점에서 측정한 평균 SO_2 및 NO_2 대기농도는 5~10월에 각각 6.9 및 28.7ppb이었다(http://www.me.go.kr/www/db/data/index.html). 남산 도시자연공원 인근에서는 경기도에 비해 공장분포나 차량통행량의 차이로 SO_2 농도는 다소 낮은 반면 NO_2 농도는 더 높았다.

Table 4. Atmospheric purification by woody plants per ha by forest type and age class (mean±SE)

Forest type	Age class	CO_2 storage (t)	Annual uptake		
			CO_2(t/yr)	SO_2(kg/yr)	NO_2(kg/yr)
Coniferous	Ⅱ	109.8± 7.5	17.1±1.1	8.6±0.6	21.2±1.4
	Ⅲ	145.3±13.2	20.8±2.6	11.3±1.5	27.9±3.7
	Ⅳ	231.8±17.2	24.2±1.7	14.1±1.0	35.0±2.4
Mixed	Ⅲ	199.3±26.2	21.6±2.8	13.1±1.6	33.3±4.0
	Ⅳ	238.0±15.8	23.5±1.1	14.8±0.8	37.6±2.0
Broad-leaved	Ⅲ	171.4±16.7	20.1±1.2	12.3±0.9	31.7±2.2
	Ⅳ	275.3±22.5	25.1±2.2	17.1±1.4	44.2±3.6
	Ⅴ	482.4±25.4	31.4±1.4	25.3±1.1	65.5±2.8

식생유형 모두의 단위면적당 평균 CO_2 저장량은 293.8t/ha이었고, 연간 흡수량은 CO_2 24.6t/ha/yr, SO_2 17.1kg/ha/yr, NO_2 43.9kg/ha/yr이었다. 경유 1 l 소비는 약 2.79kg의 CO_2를(에너지경제연구원, 1999), 그리고 0.85g의 SO_2를(국립환경연구원, 2000) 배출한다. 남산 도시자연공원 식생의 1ha당 CO_2 저장량은 약 105kl의 경유소비에 따른 CO_2 배출량에 상당하였고, 해마다 20kl의 경유소비로부터 배출되는 SO_2량을 흡수하는 역할을 담당하는 셈이었다. 식생의 총 CO_2 저감효과 중, 관목의 기여비는 식생유형 및 영급에 따라 저장량의 경우 0.1~1.2%를, 연간 흡수량의 경우 0.1~0.6%를 각각 차지하였다. 관목의 기여도는 활엽수림에서 침엽수림보다, 유령림에서 장령림보다 약간 높았으나 그 양은 미미한 것으로 나타났다.

3. 남산 도시자연공원의 대기정화 역할 및 경제가치

남산 도시자연공원 전체 식생면적은 총 72,100t의 CO_2를 저장하고 있으며, 해마다 CO_2 6,040t/yr, SO_2 4,200kg/yr 및 NO_2 10,770kg/yr을 흡수하는 것으로 나타났다(Table 5). 전체면적의 CO_2 저장 경제가치는 약 361억원에 해당하였고, 연간 대기정화 경제가치는 CO_2 30억원/yr, SO_2 8백만원/yr, NO_2 54백만원/yr로서 이들을 합하면 약 31억원/yr에 상당하였다. 이 경제가치를 단위면적으로 환산하면, CO_2 저장은 평균 147백만원/ha이고 연간 대기정화는 13백만원/ha/yr이었다. 연간 대기정화 경제가치 중, CO_2 흡수가치의 점유비가 대부분인 98%를 차지하였다.

서울시에서 화석연료 소비에 기인한 인구 1인당 연간 CO_2 배출량은 약 5.5t/yr이고(조현길과 이기의, 2000), 1인당 SO_2 및 NO_2 배출량은 각각 1.5kg/yr 및 9.3kg/yr이었다(환경부, 1998; 1999; 2000). 이들 배출량에 근거하면, 남산 도시자연공원은 해마다 서울시민 약 1,100인의 CO_2 배출량, 2,800인의 SO_2 배출량, 1,160인의 NO_2 배출량을 각각 상쇄시키는 중요한 역할을 담당하였다. 그리고, 13,100인이 1년간 배출하는 CO_2량을 저장하고 있는 셈이었다.

Table 5. Total atmospheric purification by woody plants and economic value for entire forest area

Value	CO_2 storage	Annual uptake		
		CO_2	SO_2	NO_2
t	72,100	6,040	4	11
₩(million)	36,050	3,020	8	54

식생훼손은 대기 SO_2 및 NO_2 농도의 저감효과 감소는 물론, 식생에 의해 흡수 저장된 CO_2의 대기배출을 유발시킬 수 있다. 대기정화 가치는 상위 영급의 식생에서 더 높은 것으로 나타났다. 따라서, 식생의 정상적 생육, 활력도 유지 등을 포함하는 성장과정에서의 지속적인 관리전략을 마련하여, 남산 도시자연공원의 대기정화 역할을 유지 또는 증진할 필요가 있다. 본 연구는 식생의 낙엽, 낙지 및 낙근에 의한 토양 내 CO_2 축적량을 고려하지 않았지만, 이를 반영하면 남산 도시자연공원의 CO_2 농도저감 가치는 더욱 높을 것으로 추정된다. 본 연구에서 도출한 정량적인 결과는 대기정화에 기여하는 남산 도시자연공원의 가치를 홍보하는데 뿐만 아니라, 보강식재, 관리 등의 예산확보에 필요한 설득력 있는 기반자료가 될 것으로 기대한다.

인 용 문 헌

국립환경연구원(2000) 대기오염물질배출량 1999. 104쪽.

에너지경제연구원(1999) 한국의 지구온실가스 배출과 저감정책 도입방안 연구. 120쪽.

이경재(1993a) 대기오염과 산성비가 생태계에 미치는 영향. 한국대기보전학회지 9(1): 11-18.

이경재(1993b) 환경이 보존되는 범위내의 개발과 이용. 지속가능한 개발(ESSD)을 위한 학제간 대토론회. 한국환경행정학회 · 삼성지구환경연구소. 141~153쪽.

임업연구원(1997) 산림의 공익기능 계량화. 임업연구보고서.

조현길(1999) 강원도 일부도시의 경관내 탄소흡수 및 배출과 도시녹지의 역할. 한국조경학회지 27(1): 39-53.

조현길(2001) 식생의 CO_2 흡수 및 대기정화능 지표개발. 지속가능한 개발을 위한 생태계지표 개발 전문

가 초청 세미나 Ⅲ. 서울대학교 환경계획연구소. 39~73쪽.

조현길, 안태원(2000) 자연생태계 수목의 생장에 따른 탄소저장 및 흡수량 지표. 한국환경생태학회지 14(3): 175-182.

조현길, 이경재, 권전오(1998) 서울시의 토지이용 및 녹지구조. 환경생태학회지 12(1): 30-41.

조현길, 이기의(2000) 도시녹지의 에너지절약 및 대기 CO_2 농도저감과 계획지침. 한국조경학회지 27(5): 38-47.

환경부(1998) 환경통계연감 1998(제11호). 581쪽.

환경부(1999) 환경통계연감 1999(제12호). 594쪽.

환경부(2000) 환경통계연감 2000(제13호). 622쪽.

Alatalo, R.V.(1981) Problems in the measurement of evenness in ecology. OIKOS 37: 199-204.

California Energy Commission(1992) Electricity Report: Air Quality. Sacramento, CA.

Krebs, C.J.(1978) Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance (2nd ed.). Harper and Row, New York, 678pp.

McPherson, E.G.(1998) Atmospheric carbon dioxide reduction by Sacramento' s urban forest. Journal of Arboriculture 24(4): 215-223.

Scott, K.I., E.G. McPherson, and J.R. Simpson(1998) Air pollutant uptake by Sacramento's urban forest. Journal of Arboriculture 24(4): 224-234.

http://152.99.72.107/snlm/doc/sl2_1_2.htm

http://www.me.go.kr/www/db/data/index.html

http://www.parks.seoul.kr/namsan