

강원도 일부 도시들의 토지이용 및 녹지구조

조현길 · 이기의 · 윤영활 · 서옥하

강원대학교 녹지조경학과

Land Use and Greenspace Structure in Several Cities of Kangwon Province

Jo, Hyun-Kil · Lee, Ki-Eui · Yun, Young-Hwal · Seo, Ok-Ha

Dept. of Landscape Architecture, Kangwon National University

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze urban greenspace area and vegetation structure by land use types for both Chuncheon and Kangleung. Natural and agricultural lands were predominant in the study cites, as 75-80% of total area. Residential lands accounted for about 10%, and commercial and industrial lands (including transportation), 5-10%. Only 10-20% of urban residential and commercial area was covered with greenspace.

Woody plant cover was 12-13%, and tree density was 1.5 trees/100m² for urban lands (all land use types except natural land) in both cities. The tree-age structure was largely characterized by young, growing tree population, and species diversity within a diameter class decreases as the diameter classes get larger. Urban lands of both cities had quite a similar species composition of woody plants (similarity index of 0.65). Street trees in Chuncheon were intensively pruned annually to protect the above ground utility lines.

Some strategies were explored to solve problems found in the existing greenspace structures. They included increase of biomass and greenspace area through minimization of unnecessary impervious surfaces, creation of multilayered and multiaged vegetation structures, relocation of above ground utility lines and avoidance of intensive tree pruning, and establishment of greenspace proximity and connectivity.

I. 서론

도시녹지의 양과 공간분포는 도시생태계에서의 에너지 및 물질의 흐름과 야생생물종의 이동을 좌우한다. 건물, 아스팔트 등 불투수성 면적이 우점하는 도시에서, 녹지는 대기오염물질의 흡수, 과도한 열에너지의 완화, 물의 재순환, 생물다양성의 유지 등에 기여한다(Bradley, 1995; McPherson et al., 1997; Miller, 1997). 즉, 도시녹지는 흡착과 흡수기능을 통하여 분진상 및 가스상의 대기오염물질 농도를 감소시키며, 복사열의 차단, 증발산 등을 통하여 온습도를 포함하는 미기후를 개선하고 열섬현상을 완화한다. 또한, 야생동물의 서식에 필수적인 먹이 및 은신처를 제공하여 야생동물의 다양성을 유지 혹은 증진하는데 기여한다. 이와 같이, 도시녹지는 도시생활환경의 질을 제고하는 다양한 환경생태적 기능을 발휘하므로, 병들어 가고 있는 도시의 인공생태계에 생명과 활력을 불어넣는 가장 효과적인 치료제라고 간주된다.

도시녹지 구조의 분석은 도시녹지의 기능을 이해하고 그 기능을 증진하기 위한 향후 연구의 초석이 된다. 여기에서, 도시녹지의 기능이란 상기한 대기정화, 열섬현상 완화, 생물다양성 유지 등 환경생태적 측면뿐만 아니라, 경관미의 개선, 정서순화 등 미적 및 심리적 측면에서 도시녹지가 제공하는 각종 공익들을 의미한다(Rowntree, 1986; McPherson et al., 1997). 미국에서는 오래 전부터 로스 앤젤레스(Los Angeles), 오크랜드(Oakland), 쉬카고(Chicago), 시라큐스(Syracuse), 애틀란타(Atlanta) 등 여러 도시들을 대상으로, 녹지면적, 수목피도 및 밀도, 수관체적 및 엽면적, 수목크기 및 생장상태, 중구성 등의 녹지구조를 분석하여 왔다(Miller and Winer, 1984; Richards et al., 1984; Rowntree, 1984; McPherson and Rowntree, 1989; Nowak 1991 and 1994; McPherson et al, 1993; McPherson, 1997). 이들 연구는 해당 도시들의 녹지기능을 계량화하고 녹지계획 및 관리전략을 수립하는데 필요한 기반정보로서 활용되고 있다.

그러나, 한국의 경우 도심내 녹지구조 현황을 조사 분석한 연구는 아직 미진한 상황이다. 인구증가와 도시팽창은 도시주변에 분포된 녹지를 잠식하여 왔고, 아울러 개발된 도심내에는 적은 식생피도로 인하여(조현길 등, 1995), 전기한 녹지의 기능을 기대하기가 어려운 상황이다. 도시녹지율의 확보를 위한 대책 강구는 건전한 도시생태계의 유지와 도시생활환경의 질을 증진하기 위해 아무리 강조하여도 지나치지 않을 것이다. 본 연구의 목적은 강원도의 춘천 및 강릉시를 대상으로, 토지이용유형별 녹지면적 및 식생구조를 분석하고 당면한 문제점과 그 개선책을 모색하는 것이었다.

본 연구에서, 녹지는 교목, 관목 및 초본식물 자체를 포함하여 그들의 식재나 생장이 가능한 토양표면을 지칭하며, 녹지구조는 토지이용특성에 따라 건물 및 기타 구조물과 관련하여 나타나는 녹지면적의 구성과 식생의 구조를 함께 지칭하는 개념이다. 즉, 본 연구에서의 녹지구조는 녹지의 공간적 배치 또는 네트워크를 일컫는 녹지체계와는 구별되는 개념이다. 본 논문은 녹지의 환경생태적 기능의 증감을 좌우하는 녹지면적, 수목의 피도 및 밀도, 수목의 직경구조, 관리영향 등(Huang et al., 1992; McPherson et al, 1993 and 1997; 조현길, 1995; Bradley, 1995; Miller, 1997)의 분석에 비중을 두었다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구대상지 선정

본 연구는 기후조건의 차이를 고려하고 행정적으로 강원도 영서지역 및 영동지역을 각각 대표하는 춘천 및 강릉시를 연구대상도시로 선정하였다. 본 연구대상의 춘천 및 강릉시는 시군통합 이전의 행정구역만을 포함한다.

2. 토지이용 및 녹지면적구성 분석

1992년 9월에 촬영된 항공사진(축척:

1/15,000)을 이용하여 연구대상도시들의 토지이용유형별 불투수성 및 녹지면적을 분석하였다. 1 cm 간격의 격자를 그린 투명 셀로판지를 항공사진위에 올려 놓고 체계적 표본추출(Systematic sampling)을 통해, 춘천시 총 2,392개 및 강릉시 2,823개의 표본추출지점들을 선정하고 해당지점의 토지이용 및 토지피복(Land cover)유형을 판독하였다.

3. 식생구조 조사 및 분석

축척 1/10,000의 지형도상에서 토지이용유형을 고려한 계층적 체계표본추출(Stratified systematic sampling)에 의해(Figure 1 참조), 춘천시 총 234개 및 강릉시 271개의 표본추출지점들을 선정하고 현지답사를 통해 식생조사를 실시하였다. 지도상에서 토지이용별로 타입매핑(Type mapping)을 한 후, 4cm

및 6cm 간격의 격자가 그려진 투명 셀로판지를 올려 놓고, 자연지 및 농경지는 6cm 간격으로, 기타 토지이용들은 4cm 간격으로 표본추출지점들을 선정하였다.

현지식생조사는 각 토지이용유형에 적정하다고 판단된 방법들을 이용하였으며, 해당 표본추출지점들의 토지이용유형을 기록하고 수종, 수고, 직경, 피도 등을 조사하였다. 수고와 직경의 측정은 각각 측고기(Altimeter)와 직경줄자(또는 Caliper)를 이용하였다. 주거지, 상공업지, 건물우점의 공공용지(병원, 은행, 학교 및 공공기관) 등의 경우는 표본추출지점에 가장 가까이 위치하는 주택 또는 건물의 부지경계내에 분포하는 식생을 전수조사하고 그 부지면적을 측정하였다. 자연지, 식생우점의 공공용지, 행락지(공원 및 유원지) 등에서는 방형구법(Quadrat method)을 적용하였으며, 방형구의 크기는 교목 15 x 15m, 관목 5 x 5m, 그리고 초본의 경우 1 x 1m이었다. 본 연구에서 관목은 흉고직경 2cm 이하의 목본식물을 지칭한다.

조사자료를 토대로, 다음의 공식들을 활용하여 도시별 및 토지이용별 균재도(Alatalo, 1981), 유사도지수(Krebs, 1978; Miller and Winer, 1984), 상대우점치(Krebs, 1978; Miller and Winer, 1984) 등을 정량분석하였다. 아래의 공식들은 주로 자연식생의 군집구조를 분석하는데 활용되는 것들이나, 본 연구에서는 정량화된 객관적 수치를 제시하고 이 자료에 근거하여, 도시별 및 토지이용별 종구성의 유사성, 우점성 등을 비교할 목적으로 이들을 적용하였다. Miller and Winer(1984)와 McPherson and Rowntree(1989)도 도시토지이용내 식생구조를 분석하는데 아래와 같은 공식들을 적용하여 그 타당성을 제시한 바 있다.

$$\text{균재도 (Evenness)} = ((1/C) - 1) / (\exp H - 1)$$

$$C: \sum (N_i/N)^2$$

$$H: -\sum (N_i/N) \ln(N_i/N)$$

N_i : 토지이용내 특정종의 개체수

N : 토지이용내 총개체수

$$\text{유사도지수 (Similarity index)} = 2C / (S_1 + S_2)$$

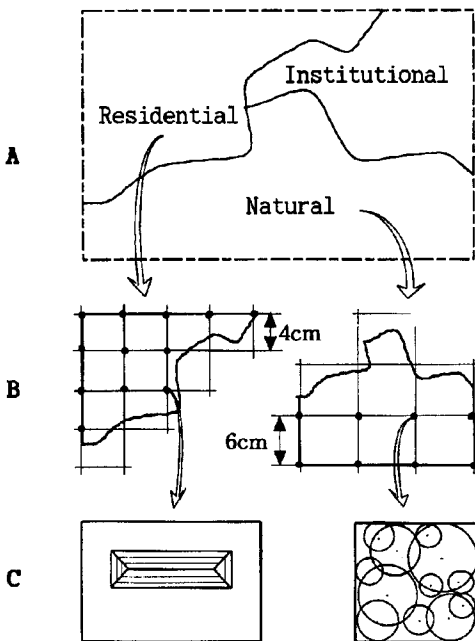


Figure 1. Depiction of stratified systematic sampling design used in this study.

- A: Land use types stratified by type mapping
- B: Grid points selected by systematic sampling
- C: A plot sampled for field survey

C: 양 도시의 동일 토지이용내 공통
출현종수

S1: 도시 1의 특정 토지이용내 출현종수

S2: 도시 2의 특정 토지이용내 출현종수

상대우점치(Importance value, %)

$$= (\text{상대밀도} + \text{상대빈도} + \text{상대피도}) / 3$$

평균상대우점치(Mean importance value, %)

$$= ((3 \times \text{교목상대우점치}) + (1 \times \text{관목상대우점치})) / 4$$

4. 전정량 측정

춘천시의 경우 도시녹지를 대상으로 한 주요 관리행위는 가로수의 전정이며, 전정은 전선, 전화선 등 가공선(架空線)의 보호차원에서 해마다 2-3월에 한번 수행되는 것으로 나타났다(춘천시 산림녹지과). 춘천시의 가로 대부분에 걸쳐 식재된 은행나무(*Ginkgo biloba*)와 플라타너스(*Platanus occidentalis*)의 연간 전정을 제량화하기 위해, 1996년 3월 초순에 춘천시청의 협조를 얻어 각 수종별 19개체씩, 총 38개체의 전정량을 측정하였다. 은행나무는 춘천시의 북측에 위치하는 우두동의 간선도로상에 식재된 개체들이었고, 플라타너스는 춘천시의 서남에 위치하는 삼천동의 간선도로상에 식재된 개체들이었다. 전정은 한국전력공사의 한 전정용역업체에 의해 수행되었으며, 전정되기 전에 각 수목들의 흉고직경, 수고, 수관폭, 수관고, 수형 등을 측정하였다. 전정 직후 각 개체별로 현지에서 전정된 가지들을 모아 생중량을 측정한 후, 그 가지들의 일부를 임의로 표본채취하여 65℃에서 향량이 될 때까지 건조시켜 건조량을 측정하였다. 그리고, 건조량대 생중량 평균비를 구하여 개체별로 전정량 전체의 건조량을 산정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 시별 개황

춘천시는 동경 127° 및 북위 37°에 위치하는

강원도 도청소재지이며, 강릉시는 동경 128° 및 북위 37°에 위치하는 강원도 영동지구 교통, 문화, 교육 등의 중심도시이다. 시군통합이전의 행정구역상의 총면적은 춘천시가 약 52km², 강릉시가 76km²인 것으로 나타났다. 이들 면적은 춘천시 축척 1/25,000 및 강릉시 1/50,000의 지도상에서 Digital planimeter를 이용하여 10회 반복 측정된 평균치이다. 1991년에서 1995년까지 5개년의 연평균기온과 평균연강수량은 춘천시가 각각 11.0℃, 1,216.9mm이었고(춘천시, 1996), 강릉시가 13.2℃, 1,327.2mm이었다(강릉시, 1996). 총인구와 가구수는 1995년 12월말 현재 춘천시가 각각 182,835명, 58,977가구이었고(춘천시, 1996), 강릉시가 156,885명, 47,295가구이었다(강릉시, 1996). 인구밀도는 춘천시가 35.2인/ha, 그리고 강릉시가 20.6인/ha이었다.

2. 토지이용현황

Table 1과 2는 각각 춘천 및 강릉시의 토지이용유형비를 보여 준다. 춘천시의 경우, 자연지가 총면적의 반에 해당하는 약 54%를 차지하고 있었다. 그 다음의 순으로 농경지가 약 23%, 주거지가 10%, 그리고 교통 및 상공업지가 7%를 각각 구성하는 것으로 나타났다. 강릉시의 토지이용구성도 춘천시의 경우와 유사한 경향을 보였다. 즉, 자연지 및 농경지가 각각 44% 및 35%로서, 이들 토지이용이 총면적의 79%를 점유하였고, 그 다음의 순으로 주거지가 약 10%, 교통 및 상공업지가 5% 등을 차지하였다. 양도시에서 공공용지, 행락지 등의 점유율은 5% 미만이었다.

이와 같이, 춘천 및 강릉시는 토지이용규제의 영향으로 자연식생지 및 농경지가 상대적으로 넓게 분포하는 개발도상의 전원형 도시들이다. 그러나, 장래 인구증가로 인한 택지개발과 지역경제원으로서의 산업단지조성에 의한 도시팽창은 기존 대도시의 사례처럼 현재의 자연식생지를 잠식하여, 그 면적을 점차로 감소시킬 가능성을 배제할 수 없다. 미국내 도시들의 경우엔 전체면적의 약 50%를 주거지가 차지하는

Table 1. Percentages of land use and land cover types in Chuncheon.

Land use		Land cover						Total
		Tree/shrub	Grass/soil	Building	Paving	Water	Others*	
Residential	Urban detached	0.63	0.04	2.23	0.79	0	0	3.69
	Suburban detached	1.07	0.06	0.79	0.17	0	0	2.09
	Multifamily	0.21	0.08	1.38	0.92	0	0	2.59
Commercial		0.08	0.04	0.55	0.29	0	0	0.96
Industrial		0.04	0.04	0.21	0.13	0	0	0.42
Institutional	Building-dominant	0.54	0.21	0.92	1.42	0.21	0	3.30
	Vegetation-dominant**	0.38	0.50	0	0	0	0	0.88
Recreational	Facility-dominant	0.79	0.38	0.04	0.04	0	0	1.25
	Vegetation-dominant [^]	0.54	0.08	0	0	0	0	0.62
Transportation		1.63	0.08	0.04	3.43	0	0	5.18
Agricultural	Herbaceous	0	23.04	0	0	0	0	23.04
	Woody	0.04	0.04	0	0	0	0	0.08
Natural		35.37	3.85	0.08	0.17	14.59	0	54.06
Other**		0.08	0.13	0	0	0	1.63	1.84
Total		41.40	28.57	6.24	7.36	14.80	1.63	100

Note: *Secret areas including an army base, **Forested areas, [^]Natural parks, ^{^^}Banks and vacant areas (the same with subsequent tables).

Table 2. Percentages of land use and land cover types in Kangneung.

Land use		Land cover						Total
		Tree/shrub	Grass/soil	Building	Paving	Water	Others*	
Residential	Urban detached	0.32	0	0.74	0.28	0	0	1.34
	Suburban detached	3.12	0.81	1.59	0.11	0	0	5.63
	Multifamily	0.07	0	0.35	0.25	0	0	0.67
Commercial		0.35	0	0.92	0.57	0	0	1.84
Industrial		0.04	0.04	0.11	0	0	0	0.19
Institutional	Building-dominant	0.35	0.35	0.43	0.53	0	0	1.66
	Vegetation-dominant	0.11	0	0	0	0	0	0.11
Recreational	Facility-dominant	0.04	0.50	0.18	0	1.17	0	1.89
	Vegetation-dominant	0.35	0	0	0	0	0	0.35
Transportation		0.81	0.04	0.04	1.70	0	0	2.59
Agricultural	Herbaceous	1.74	32.55	0	0	1.03	0	35.32
	Woody	0.25	0.21	0	0	0	0	0.46
Natural		36.95	4.75	0.14	0	1.98	0	43.82
Other		0	0	0	0.14	0	3.99	4.13
Total		44.50	39.25	4.50	3.58	4.18	3.99	100

것으로 보고된다(Sampson et al., 1992; McPherson et al., 1993).

3. 토지이용유형별 녹지면적

Table 1에서 제시되듯이, 춘천시의 토지피복유형비는 교목 및 관목이 전체면적의 약

41%로서 가장 높았다. 그 다음으로 초본 및 나지 29%, 물 15% 등의 순으로 나타났으며, 불투수성 면적인 건물과 포장은 약 14%를 차지하였다. Table 2에서와 같이, 강릉시 전체의 토지피복유형비는 교목 및 관목이 45%, 초본 및 나지 39%, 건물과 포장 8% 등인 것으로 나타났다. 양도시에서 교목, 관목, 초본

및 나지의 점유면적, 즉 녹지면적이 불투수성 면적보다 훨씬 높은 이유는, 수목의 경우는 자연지, 그리고 초본 및 나지의 경우는 농경지의 점유율이 상기한 바와 같이 높기 때문이다.

Figure 2는 춘천과 강릉시의 도심단독주거지, 다세대주거지 및 상업지에서의 불투수성 면적비를 보여 준다. 양도시의 불투수성 면적은 도심단독주거지에서 약 80%를, 그리고 다세대주거지에서 90%를 차지하였다. 상업지에서의 불투수성 면적은 춘천시가 90%, 강릉시가 80%이었다. 이와 같이, 연구대상도시들의 도심토지이용률에서는 단지 10-20%만이 녹지면적이고, 나머지 부분은 모두 불투수성 면적으로 피복되었음을 알 수 있다.

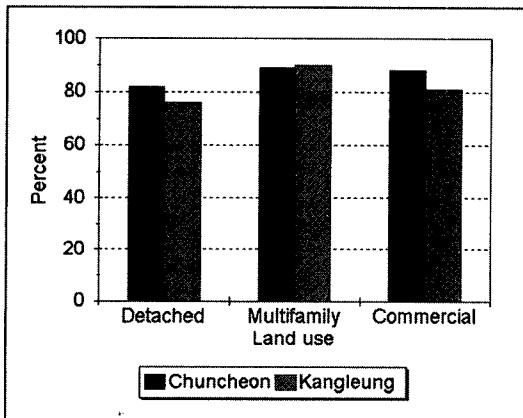


Figure 2. Percentages of hard surface area for urban residential and commercial lands in Chuncheon and Kangleung.

자연지, 농경지, 식생우점의 공공용지 및 식생우점의 행락지를 제외한 타토지이용들(이하 도심지라 칭함)의 수관점유율(Canopy stocking level: 녹지면적 중 교목 및 관목의 수관으로 피복된 비율)은, 춘천시가 83%, 그리고 강릉시가 75%이었다. 수관점유율이 낮을수록 향후 수목을 식재할 수 있는 잠재력이 그만큼 높다. 도심지의 초본 및 나지 면적은 춘천시가 총면적 중 1.1%인 0.6km², 그리고 강릉시가 1.7%인 1.3km²로서, 이 면적은 장래 수목의 잠재식재지로 추정된다. 도심에서의 생

체량(Biomass)을 포함하는 녹지면적의 증진을 위한 대책을 마련하여, 에너지 및 물질의 흐름과 관련된 도시생태계의 건전한 기능을 확보해야 할 것이다.

4. 토지이용유형별 식생구조

1) 수목의 밀도 및 피도

Table 3은 춘천시의 토지이용유형별 교목의 밀도와 기저면적(흉고부위)을 비롯하여 교목 및 관목(수목)의 피도를 나타낸다. 자연지에서의 교목의 밀도는 평균 9.9±0.8주(표준오차)/100m², 기저면적은 1,103±99cm²/100m², 그리고 수목피도는 118.3±8.3%이었다. 도심지에서의 경우는 토지이용유형에 따라 차이가 있으나, 그들 전체의 평균 식재밀도, 기저면적 및 피도는 각각 1.5±0.2주/100m², 179±30cm²/100m² 및 12.2±1.4%이었다. 토지이용별 수목피도는 교통 및 상공업지 약 8%, 도심단독 및 다세대주거지 11%, 건물우점의 공공용지 15%, 교외단독주거지 18% 등의 순으로 높았다.

Table 3. Number, basal area (cm²) and cover (m²) of woody plants per 100m² by land use type in Chuncheon*.

Land use	N	Number		Basal area		Cover	
		Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
Residential Urban detached	28	1.2	0.2	82	19	10.5	2.0
Suburban detached	18	2.0	0.4	303	100	18.0	4.5
Multifamily	12	2.9	0.8	96	26	11.2	2.5
Commercial & industrial	20	0.7	0.2	146	48	7.7	2.2
Institutional**	14	1.5	0.3	214	68	14.8	2.2
Recreational**	5	1.2	0.4	264	128	13.1	5.0
Natural	42	9.9	0.81	1,103	99	118.3	8.3
Other	10	0.3	0.1	18	7	1.2	0.4
All urban [^]	107	1.5	0.2	179	30	12.2	1.4

Note: * Number and basal area exclude shrubs. SE indicates standard error.

** It excludes vegetation-dominant land use class, which is included in natural land (the same with subsequent tables).

[^] It includes all land use types except natural land (the same with subsequent tables).

Table 4는 강릉시의 토지이용유형별 교목의 밀도 및 기저면적과 수목의 피도를 보여 준다. 자연지에서의 교목의 밀도는 평균 10.0 ± 0.6 주/100m², 기저면적은 $2,492 \pm 193$ cm²/100m², 그리고 수목피도는 $109.2 \pm 6.4\%$ 이었다. 도심지에서의 경우는 춘천시와 같이 토지이용유형에 따라 차이가 있으나, 그들 전체의 평균 식재밀도, 기저면적 및 피도는 각각 1.5 ± 0.2 주/100m², 207 ± 28 cm²/100m² 및 $13.2 \pm 1.3\%$ 이었다. 토지이용별 수목피도는 교통 및 상업업지 약 3%, 도심단독 및 다세대주거지 6%, 교외단독주거지 및 건물우점의 공공용지 18-19% 등의 순으로 높았다.

Table 4. Number, basal area (cm²) and cover (m²) of woody plants per 100m² by land use type in Kangleung*.

Land use	N	Number		Basal area		Cover	
		Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
Residential Urban detached	13	1.5	0.3	56	15	5.8	1.4
Suburban detached	55	1.8	0.2	239	35	17.6	2.0
Multifamily	5	2.5	0.8	99	29	7.2	1.4
Commercial & industrial	10	0.4	0.2	70	29	3.4	1.1
Institutional	13	1.1	0.3	332	77	18.8	3.9
Recreational	3	0.0	0.0	0	0	1.0	0.5
Natural	65	10.0	0.6	2,492	193	109.2	6.4
Other	9	0.4	0.1	4	1	0.9	0.3
All urban	108	1.5	0.2	207	28	13.2	1.3

Note: * Number and basal area exclude shrubs. SE indicates standard error.

양도시에 있어서 전체토지이용의 평균 교목밀도 및 수목피도는 상당히 유사하였으나, 자연지에서의 기저면적은 강릉시가 춘천시보다 2배 정도 큰 것으로 나타났다. 도심지에서의 인구 1인당 교목식재수는 춘천시가 약 0.9주, 그리고 강릉시가 1.4주인 것으로 산정되었다. 한편, 미국의 동북부지역에 분포하는 시라큐스(Syracuse) 및 데이튼(Dayton)에서의 도시전체의 교목피도는 22-24%인 것으로 보고된다(Rowntree, 1984). 이에 비하면, 본 연구대상도시들의 도심지 수목피도는 1/2 정도 낮은 것으로 분석된다. 도심지 녹지의 수직적 구조는 교목, 관목 또는 초본으로 구성되는 단층구조를 보였다. 녹지가

부족한 도심내에서 그것의 환경생태적 기능을 충분히 발휘하게 하기 위해서는 자연지에서 볼 수 있는 구조와 같은 다층구조의 조성이 필요하다.

2) 직경구조

Table 5와 6은 춘천 및 강릉시의 토지이용유형별 교목의 직경급 분포를 보여 준다. 춘천시의 경우, 흉고직경 20cm 이하의 교목이 자연지에서는 약 94%를, 그리고 대부분 인공식재되었을 도심지에서는 95%를 점유하였다. 강릉시의 경우, 흉고직경 20cm 이하가 자연지에서 72%를(30cm 이하는 95%), 도심지에서 87%를(30cm 이하는 94%) 각각 차지하였다. 이처럼, 강릉시는 춘천시보다 흉고직경이 큰 교목의 분포가 더 많은 것으로 나타났다. 미국의 일부도시들(California주의 Oakland, Illinois주의 Chicago 등)에서의 직경구조(Nowak, 1991 & 1994)는 춘천 및 강릉시

Table 5. Percentages of DBH distribution of trees by land use type in Chuncheon.

Land use	Diameter class (cm)					
	<10	10-20	20-30	30-40	40-50	>50
Residential Urban detached	64.1	30.8	5.1	0	0	0
Suburban detached	59.8	27.7	6.9	3.4	1.1	1.1
Multifamily	90.3	9.4	0.3	0	0	0
Commercial & industrial	42.1	46.3	8.4	3.2	0	0
Institutional	78.3	16.7	2.9	1.3	0.2	0.6
Recreational	28.6	14.3	21.4	14.3	21.4	0
Natural	58.4	35.9	5.3	0.4	0	0
Other	85.7	14.3	0	0	0	0
All urban	76.7	18.2	3.1	1.3	0.4	0.3

Table 6. Percentages of DBH distribution of trees by land use type in Kangleung.

Land use	Diameter class (cm)					
	<10	10-20	20-30	30-40	40-50	>50
Residential Urban detached	81.4	18.6	0	0	0	0
Suburban detached	59.5	30.9	5.3	2.7	1.3	0.3
Multifamily	87.7	12.3	0	0	0	0
Commercial & industrial	42.9	21.4	14.3	21.4	0	0
Institutional	34.1	38.6	14.8	3.4	6.3	2.8
Natural	32.9	39.1	23.2	3.7	1.0	0.1
Other	85.0	5.0	0	5.0	0	5.0
All urban	56.8	29.7	7.3	2.6	2.6	1.0

의 그것과 유사하나, 흉고직경 30cm 이하의 교목분포가 상대적으로 훨씬 적고(약 80%) 장령의 수목분포가 더욱 많다는 것이 상이하였다.

Richards(1983)는 수목개체군의 안정성의 견지에서 권고할 만한 수령구조는 흉고직경 20cm 이하가 40%, 20-40cm가 30%, 40-60cm가 20%, 그리고 60cm 이상이 10%일 경우라고 보고하였다. 본 연구대상도시들은 유목 내지는 성장과정의 수목들이 우점하는 단령구조를 보였고, 직경이 클수록 종다양도가 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 유형의 수령구조는 불량한 도시환경과 자연식물군집내 경쟁으로 말미암아 유목의 활착과 관련된 사멸율이 상당할 것으로 예측된다(Richards, 1979; McPherson et al., 1993), 또한, 대기오염감소, 열섬현상완화 등 수목의 환경개선기능은 유목보다 수관체적이 큰 건강한 성목이 더 양호하다(Huang et al., 1992). 따라서, 식재후 성목이 될때까지 성장과정에서의 지속적 관리, 각종 공사발생시 기존 수목(특히 성목)의 보호 등 수목의 정상적인 생육과 기능 증진을 위한 식재 및 관리상의 전략이 요구된다.

3) 균재도 및 유사도

균재도는 종의 수도에 있어서의 균등성의 척도로서, 본 연구는 그 산정이 가장 논리적인 것으로 해석되는 Alatalo(1981)의 공식을 이용하여 균재도를 계량화하였다. 이 공식에서, 모든 종이 균등한 수로 분포하는 경우는 최대균재도 1을 나타내며, 균재도가 0에 가까울수록 종의 상대적 수도는 더욱 커진다는 것을 의미한다. Table 7은 연구대상도시들의 토지이용유형별 수목의 균재도를 보여 준다. 춘천시에서의 수목의 균재도는 자연지가 0.6413, 도심지가 0.4073인 반면, 강릉시의 경우는 자연지가 0.3986, 도심지가 0.4517이었다. 이와 같이, 도심지에서의 균재도는 양도시간 비슷하였으나, 자연지에서는 특정종의 우점도가 춘천시보다 강릉시에서 더욱 큰 것으로 나타났다. 도심지

에서는 교외단독주택지가 양도시에 걸쳐 가장 낮은 균재도(춘천 0.2897, 강릉 0.4476)를 보였다. 이는 유추해석하면 그 토지이용내 거주인들의 어떤 특정종에 대한 선호도가 높음을 시사하는 것으로서, 그 수종들은 춘천시의 경우 대추나무(*Zizyphus jujuba* var. *inermis*), 회양목(*Buxus microphylla* var. *koreana*) 등이었고, 강릉시의 경우 감나무(*Diospyros kaki*), 사철나무(*Euonymus japonica*) 등이었다.

Table 7. Evenness of woody plant species by land use type in Chuncheon and Kangleung.

Land use	Chuncheon		Kngleung	
	Sp*	Evenness	Sp*	Evenness
Residential Urban detached	40	0.5415	26	0.6712
Suburban detached	36	0.2897	81	0.4476
Multifamily	44	0.4742	25	0.7833
Commercial & industrial	22	0.4659	8	0.5524
Institutional	56	0.4486	43	0.4734
Natural	47	0.6413	41	0.3986
All urban	87	0.4073	97	0.4517

Note : *It indicaties number of species.

Table 7에서와 같이, 수목의 출현종수는 춘천시가 자연지 47종, 도심지 87종이었고, 강릉시가 자연지 41종, 도심지 97종이었다. 출현종수가 가장 적은 토지이용유형은 가로수의 분포비중이 큰 교통 및 상공업지이었다(춘천 22종, 강릉 8종). 춘천과 강릉시간 수목의 종구성에 있어서의 유사도지수는 자연지가 0.52, 도심지 0.65이었다. 이 유사도지수는 양도시간 토지이용별 총출현종 중 공통종의 비율을 나타내는 것으로서, 도심지의 경우 모든 출현종 중 65%가 동일종으로 구성되었음을 알 수 있다.

4) 상대우점치

Table 8은 연구대상도시들의 도심지에 식재된 수종들의 상대우점치를 나타낸 것이다. 상대우점치가 가장 높은 상위 3개의 교목종은 춘천시에서 은행나무, 대추나무 및 잣나무(*Pinus*

Table 8. Importance values (%) of woody plant species planted in urban lands (all land uses except natural land) for Chuncheon and Kangleung.

Chuncheon				Kangleung			
Species	Trees	Shrubs	MIV*	Species	Trees	Shrubs	MIV*
<i>Ginkgo biloba</i>	10.29	0	7.72	<i>Diospyros kaki</i>	14.85	0.85	11.35
<i>Buxus microphylla</i> var. <i>koreana</i>	0	22.93	5.73	<i>Euonymus japonica</i>	0.66	18.66	5.16
<i>Zizyphus jujuba</i> var. <i>inermis</i>	7.08	0.90	5.53	<i>Ginkgo biloba</i>	6.53	0.22	4.95
<i>Juniperus chinensis</i>	6.28	3.01	5.46	<i>Taxus cuspidata</i>	2.85	8.32	4.22
<i>Pinus koraiensis</i>	7.06	0.25	5.36	<i>Juniperus chinensis</i>	4.69	2.34	4.10
<i>Acer palmatum</i>	6.01	1.51	4.88	<i>Buxus microphylla</i> var. <i>koreana</i>	0	13.82	3.45
<i>Abies holophylla</i>	6.23	0.33	4.75	<i>Abies holophylla</i>	3.97	1.00	3.23
<i>Taxus cuspidata</i>	4.07	3.47	3.92	<i>Pinus densiflora</i>	3.87	0.27	2.97
<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>kaizuka</i>	4.58	1.75	3.87	<i>Acer palmatum</i>	3.21	1.13	2.69
<i>Hibiscus syriacus</i>	2.92	3.77	3.13	<i>Hibiscus syriacus</i>	2.18	3.47	2.50
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.14	11.64	3.01	<i>Salix koreensis</i>	3.13	0.40	2.45
<i>Zelkova serrata</i>	3.59	0	2.69	<i>Prunus armeniaca</i> var. <i>ansu</i>	2.78	0	2.08
<i>Magnolia kobus</i>	3.31	0.77	2.67	<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>kaizuka</i>	2.58	0.33	2.02
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0	10.30	2.57	<i>Thuja orientalis</i>	2.42	0.24	1.87
<i>Pinus densiflora</i>	3.14	0.18	2.40	<i>Rosa centifolia</i>	1.13	3.76	1.79
<i>Populus euramericana</i>	2.94	0.35	2.29	<i>Chaenomeles sinensis</i>	2.33	0	1.75
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	2.14	0.95	1.84	<i>Firmiana simplex</i>	2.29	0	1.72
<i>Malus floribunda</i>	2.42	0	1.82	<i>Magnolia kobus</i>	2.17	0.29	1.70
<i>Platanus occidentalis</i>	2.35	0	1.76	<i>Juniperus rigida</i>	1.83	1.12	1.65
<i>Salix koreensis</i>	1.74	0.82	1.51	<i>Cedrus deodara</i>	2.05	0	1.53
Other 67 species	23.70	37.08	27.10	Other 77 species	34.50	43.77	36.80

*It indicates mean importance values of trees and shrubs.

koraiensis)였고, 강릉시에서 감나무, 은행나무 및 향나무 (*Juniperus chinensis*)였다. 상대우점치가 높은 관목종은 춘천시에서 회양목, 철쭉 (*Rhododendron schlippenbachii*), 쥐똥나무 (*Ligustrum obtusifolium*) 등의 순이었고, 강릉시에서 사철나무, 회양목, 주목 (*Taxus cuspidata*) 등의 순이었다. 양도시에서 평균상대우점치가 상위 10위권내인 수종들 중 공통적으로 식재된 수목들은 은행나무, 단풍나무 (*Acer palmatum*), 향나무, 전나무 (*Abies holophylla*), 주목, 회양목, 무궁화 (*Hibiscus syriacus*) 등 7개 수종들이었다. 이들 수종은 한국 내륙지방의 대부분의 도시에서 식재되는 것들로서(이종석 등, 1979), 상대우점치가 가장 높은 강릉시의 감나무 등 기후적 차이에 기인된 수종간 양적 관계의 부분적 상이외엔, 춘천시나 강릉시 모두 유사한 도시식생경관을 지니고 있음을 알 수 있다. 이는 양도시간 도심지전체의 종구성의 유사도 분석에 의해서도

뒷받침되는 것으로서, 도시별 시각적 정체성을 부여할 수 있는 특색있는 수종의 선정과 양적(밀도, 피도 및 빈도의 통합적인 의미임) 증진의 지침이 마련될 필요가 있다.

Table 9에서 보여 지듯이, 춘천시의 자연지에서 성장하는 수종의 평균상대우점치는 소나무 (*Pinus densiflora*) 16.9%, 잣나무 12.5%, 리기다소나무 (*Pinus rigida*) 9.7% 등의 순이었고, 이어서 참나무류 (*Quercus* spp.)가 우세하게 출현하고 있었다. 이처럼 춘천시의 자연식생경관은 현재 침엽활엽수림으로 대표되나, 장래에는 천이단계상 참나무류가 우점하는 활엽수림으로 변화될 것으로 예측된다. 한편, 강릉시의 자연지에서는 소나무의 평균상대우점치가 52.7%로서 가장 높았고, 싸리 (*Lespedeza bicolor*)와 아카시아 (*Robinia pseudo-acacia*)를 제외한 타수종의 하층식생이 매우 빈약한 소나무 단일수종 우점의 식생경관을 보이고 있었다.

Table 9. Importance values(%) of woody plant species growing in natural land for Chuncheon and Kangleung.

Chuncheon				Kangleung			
Species	Trees	Shrubs	MIV*	Species	Trees	Shrubs	MIV*
<i>Pinus densiflora</i>	21.85	1.92	16.87	<i>Pinus densiflora</i>	66.78	10.28	52.66
<i>Pinus koraiensis</i>	16.04	1.97	12.52	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	12.93	15.79	13.64
<i>Pinus rigida</i>	12.78	0.30	9.66	<i>Lespedeza bicolor</i>	0.71	21.51	5.91
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	8.73	6.75	8.24	<i>Pinus thunbergii</i>	3.77	0	2.83
<i>Castanea crenata</i>	9.57	2.25	7.74	<i>Quercus aliena</i>	1.32	6.81	2.69
<i>Quercus aliena</i>	6.44	4.94	6.06	<i>Castanea crenata</i>	2.52	2.47	2.51
<i>Quercus dentata</i>	0.90	11.97	3.67	<i>Alnus japonica</i>	2.75	1.62	2.46
<i>Quercus mongolica</i>	1.97	7.49	3.35	<i>Quercus acutissima</i>	0.64	5.01	1.74
<i>Lespedeza bicolor</i>	0	12.27	3.07	<i>Prunus sargentii</i>	1.72	0.91	1.52
<i>Abies holophylla</i>	3.73	0	2.80	<i>Quercus serrata</i>	0.67	3.92	1.48
<i>Populus euramericana</i>	3.63	0	2.73	<i>Quercus dentata</i>	0.58	4.05	1.44
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0	10.07	2.52	<i>Pinus rigida</i>	1.91	0	1.43
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	0.61	8.02	2.46	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0	4.48	1.12
<i>Quercus acutissima</i>	2.13	2.47	2.21	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0	4.47	1.12
<i>Juniperus rigida</i>	1.54	3.05	1.92	<i>Quercus mongolica</i>	0.38	3.01	1.04
<i>Quercus serrata</i>	0	6.77	1.69	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	1.12	0.42	0.94
<i>Alnus japonica</i>	1.78	0.92	1.57	<i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	0	2.69	0.67
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	1.53	0	1.15	<i>Diospyros kaki</i>	0.72	0	0.54
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0	4.22	1.05	<i>Rhus chinensis</i>	0	1.92	0.48
<i>Pinus banksiana</i>	1.36	0	1.02	<i>Hibiscus syriacus</i>	0	1.42	0.36
Other 27 species	5.41	14.61	7.71	Other 21 species	1.50	9.22	3.43

*It indicates mean importance values of trees and shrubs.

5. 녹지의 분포

춘천시는 태백산맥의 소지맥에 의해 위요된 산간분지로서 표고 80-110m에 시가지를 형성하고 있고, 도심에는 정상표고 301m인 봉의산이 위치하여 도시녹지로서의 주요한 기능을 담당하고 있다. Figure 3은 춘천시 자연식생지의 분포를 나타낸 것이다. 춘천시의 중심부에 위치하는 면적 약 0.6km²의 봉의산은 교외의 자연지와 상당한 거리로 단편화(Fragmentation)되어 있어 폐쇄된 생태계로서의 기능을 하고 있다. 이 봉의산과 교외의 자연지는 주택단지 및 공공시설의 건설과정에서 도심내에 적절한 녹지공간의 확보없이 계속 잠식되어 왔다. 야생동물종의 정상적인 서식과 다양성은 녹지의 근접과 연결에 의해 증진될 수 있으므로(Shafer, 1990), 봉의산을 교외의 자연지와 연결시킬 수 있는 징검다리식 녹지통로(Green corridor)의 계획이 요구된다.



Figure 3. Distribution of natural vegetation in Chuncheon.

6. 전정량

춘천시의 주요 가로수들인 은행나무와 플라타너스의 개체당 연간전정량은 각각 평균 $10.6 \pm 1.1\text{kg}$ (표준오차) 및 $39.9 \pm 4.7\text{kg}$ 으로서, 상당한 성장량이 해마다 전정되는 것으로 나타났다. 은행나무 개체들의 평균흉고직경은 23cm, 평균수고는 9m, 평균수관체적은 32m^3 이었고, 플라타너스 개체들의 평균흉고직경은 26cm, 평균수고는 11m, 평균수관체적은 121m^3 이었다. 플라타너스의 평균수관체적은 은행나무보다 3.8배 컸고, 이와 비례적으로 플라타너스의 평균전정량도 은행나무보다 3.8배 많았다. 지나친 전정은 가로수의 정상적인 생육과 환경생태적 기능을 저하시킬 수 있다. 가로수의 활력과 기능을 확보하기 위해, 대교목보다는 중소교목 위주의 식재, 전정에의 전문가 참여, 전선의 지하매설 등의 대책이 마련되어야 한다.

7. 녹지구조의 개선책

1) 도심내 불투수성 면적의 축소 및 녹지면적의 증대

인공구조물 및 불투수성 면적이 우점하는 도심내에서 녹지면적을 증대하기 위해서는, 건축가, 도시계획가, 시민 등에게 적극적으로 도시녹지의 혜택 및 중요성을 인식시켜, 주택단지 및 공공공간에서의 주차장의 지하화를 비롯한 불투수성 면적의 축소를 지향해야 할 것이다. 옥상과 벽면의 녹화, 담장의 생울타리 대치 등 도심내 식생의 생체량을 증진하는 방안도 강구될 필요가 있다.

연구대상도시들의 경우, 단독주거지는 도심지내 전체면적의 약 30%를 차지하므로, 녹지면적의 증대와 관련하여 주목될 수 있는 주요 토지이용유형이다. 건축법시행령 제27조에 의하면, 대지내 조경면적은 건축물의 연면적에 따라 최소 5~15%이며, 그 대상을 면적 200m^2 이상의 대지에 한정하고 있다(권오준외, 1996). 그러나, 단독주택의 대지규모가 이 법

의 규제를 받는 200m^2 이하인 경우가 많고(춘천시의 경우, 도심내 단독주택들의 대지면적은 평균 198.9m^2 이었음), 최소 5%의 조경면적도 적은 규모이므로 이에 대한 개선을 통해 녹지면적의 확보를 도모해야 한다.

도시공원법시행규칙 제4조에 의하면, 도시공원 중 규모가 가장 적은 어린이공원의 설치규격은 $1,500\text{m}^2$ 이상이어야 한다(권오준외, 1996). 우리나라의 실정에서 도심내에 이 정도의 용지를 확보하기란 쉽지 않으므로, 녹지증대 기회의 차원에서 좀 더 적은 규모의 기준이 설정될 필요가 있다.

2) 구조적 다양성의 증진

도심내 식재상의 특징은 잔디나 기타 초본의 지피식재, 교목 혹은 관목의 열식, 또는 잔디위의 교목의 단식 등과 같은 단층구조에 의해 대표된다. 단위면적당 식물생체량을 증대하고 강수나 대기오염물질의 포착, 야생동물의 서식조건 등을 증진하기 위해서는, 자연식생지에서 볼 수 있는 초본, 관목 및 교목의 다층구조를 조성하여 수직적 다양성을 증진해야 할 것이다.

연구대상도시에 분포하는 수목들의 직경은 유목 및 성장과정의 수목이 우점하는 단령구조를 보였다. 이는 성목이 제공할 수 있는 공익의 감소 및 수목개체군의 안정성 저하의 요인이 되므로, 지형변경시 기존 성목의 벌목지양 혹은 이식, 성장과정에서의 지속적 관리 등을 통한 다령구조로 전환될 필요가 있다.

수종의 상대우점치 및 유사도지수의 산정결과 수종들과 그들의 출현빈도 및 크기에 있어 도시간 식생경관이 유사함을 시사하였다. 도시별 특색있는 자생수종들의 강조적 식재를 통한 양적 우점을 확보하여 시각적 정체성의 창출을 지향해야 할 것이다.

3) 근접성 및 연결성의 확보

연구대상도시를 비롯한 현대도시들의 두드러진 특성은 녹지의 단절과 격리이다. 도시계획 차원에서, 향후 개발로 인한 기존 녹지의 단편화와 원거리 격리를 최소화함은 물론, 단

절된 녹지는 주변에 새로운 녹지를 확보하여 근접시키고 녹지의 조성을 통한 연결로 야생동물종의 서식과 이동을 도모해야 한다.

4) 과도한 전정의 금지 및 가공선의 지하매설 가공선의 보호차원에서 발생하는 가로수의 지나친 전정은 도심내 부족한 식생 생체량을 더욱 감소시키고, 또한 가로수의 활력 및 기능을 저하시킬 수 있다. 따라서, 전정의 지하매설을 통해 가로수의 정상적인 생활공간을 확보하거나, 전정의 전문가 참여, 대교목보다는 중소형 가로수종 선정 등의 대책이 마련되어야 한다.

IV. 결론

본 연구의 목적은 강원도의 춘천시와 강릉시를 대상으로, 토지이용별 녹지면적 및 식생구조의 현황을 분석하고 관련된 문제점과 그 개선책을 모색하는 것이었다. 연구대상도시들은 토지이용유형비가 유사한 것으로 나타난 개발도상의 전원형 도시로서, 자연지 및 농경지가 75-80%, 주거지가 약 10%, 그리고 교통 및 상업지가 5-10%를 점유하였다. 거주와 활동의 중심이 되는 도심주거지 및 상업지의 토지피복유형을 분석한 결과, 불투수성 면적이 양도시 모두 토지이용유형에 따라 전체면적의 80-90%를 차지하였고, 수목, 초본 및 나지로 피복된 녹지면적은 단지 10-20%에 불과하였다. 도심지에서의 수관점유율은 춘천시가 약 83%, 그리고 강릉시가 75%로서, 향후 수목을 식재할 수 있는 잠재력은 강릉시에서 더 높았다.

연구대상도시들 도심지에서의 교목밀도와 수목피도는 각각 1.5주/100㎡, 12-13%로서 도시간 별 차이가 없이 낮았다. 자연지에서의 교목의 밀도 역시 양도시간 차이가 없이 약 10주/100㎡이었으나, 그 기저면적은 강릉시가 춘천시보다 2배 정도 큰 것으로 나타났다. 흉고직경 20cm 이하의 교목이 춘천시는 도심지와 자연지 모두에서 전체의 약 95%를 점유하

였고, 강릉시는 자연지에서 약 70%를, 도심지에서 85%를 각각 차지하였다. 이와 같이, 연구대상도시들, 특히 춘천시는 유목내지는 성장과정의 수목들이 우점하는 단령구조를 보였고, 직경이 클수록 종다양도가 감소하는 경향을 나타내었다. 양도시간 수종구성에 있어서의 유사도지수를 산정한 결과, 도심지의 경우 총출현종 중 65%가 동일종으로 구성되었음을 알 수 있었다. 춘천시의 주요 가로수들인 은행나무와 플라타너스의 개체당 연간전정량은 각각 약 11kg 및 40kg으로서, 상당한 성장량이 해마다 전정되었으며 수관체적이 클수록 연간전정량도 많았다.

녹지구조의 현황분석을 통해 나타난 문제점의 개선책은 불필요한 불투수성 면적의 최소화를 통한 도심내 녹지면적의 증대, 다층 및 다령구조로 특징지워지는 식생구조의 다양성 증진, 녹지통로계획에 의한 녹지의 단편화 지양과 근접성 및 연결성의 확보, 과도한 전정의 금지 및 가공선의 지하매설 등으로 요약된다. 본 연구는 녹지의 환경생태적 기능의 계량화에 필요한 토지이용별 녹지면적 및 식생구조의 분석에 치중하였다. 향후 연구에서는, 타도시들에의 응용연구를 통한 한국의 녹지구조 기반자료의 구축은 물론, 녹지의 공간적 배치 또는 네트워크와 관련된 녹지체계의 연구도 병행하여, 도시녹지계획에 필요한 실용적 정보의 마련을 지향해야 할 것이다.

인용문헌

1. 강릉시(1996) 강릉통계연보.
2. 권오준, 이명우, 임봉구(1996) 환경설계관계법규, 고양: 동별당.
3. 이종석, 김일중, 심우경, 이석래(1979) "우리나라의 조경식물 이용경향에 관한 연구", 한국조경학회지, 13: 1-11.
4. 조현길, 윤영활, 이기의(1995) "도시녹지에 의한 대기 CO₂의 흡수", 한국조경학회지, 23(3): 80-93.
5. 춘천시(1996) 춘천시 통계연보.
6. Alatalo, R. V. (1981) "Problems in the measurement of evenness in ecology", *OIKOS*, 37: 199-204.

7. Bradley, G. A., ed. (1995) *Urban Forest Landscapes*, Seattle: University of Washington Press.
8. Huang, J., R. Ritschard, N. Sampson, and H. Taha (1992) "The benefits of urban trees", In Akbari, H., S. Davis, S. Dorsano, J. Huang, and S. Winnett, eds., *Cooling Our Communities*, Lawrence Berkeley Laboratory Report LBL-31587, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office. pp. 27-42.
9. Krebs, C. J. (1978) *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance* (2nd ed.), New York: Harper and Row.
10. McPherson, E. G. (1997) "Structure and sustainability of Sacramento's urban forest", *Journal of Arboriculture* (in print).
11. McPherson, E. G., P. L. Sacamano, S. Wensman, J. Ratliff, and H.-K., Jo (1993) *Modeling Benefits and Costs of Community Tree Plantings: A Demonstration Project*, Research Report to American Forests, U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Department of Energy, and U.S.D.A. Forest Service.
12. McPherson, E. G., D. Nowak, G. Heisler, S. Grimmond, C. Souch, R. Grant, and R. Rowntree (1997) "Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project", *Urban Ecosystems*, 1: 49-61.
13. McPherson, E. G. and R. A. Rowntree (1989) "Using structural measures to compare twenty-two U.S. street tree populations", *Landscape Journal*, 8: 13-23.
14. Miller, P. R. and A. M. Winer (1984) "Composition and dominance in Los Angeles basin urban vegetation", *Urban Ecology*, 8: 29-54.
15. Miller, R. W. (1997) *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, Inc.
16. Nowak, D. J. (1991) *Urban Forest Development and Structure: Analysis of Oakland, California*, Ph.D. Dissertation, University of California (Berkeley).
17. Nowak, D. J. (1994) "Urban forest structure: the state of Chicago's urban forest", In McPherson, E. G., D. J. Nowak, and R. A. Rowntree, eds., *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*, General Technical Report NE-186, Radnor, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. pp. 83-94.
18. Richards, N. A. (1979) "Modeling survival and consequent replacement needs in a street tree population", *Journal of Arboriculture*, 5(11): 251-255.
19. Richards, N. A. (1983) "Diversity and stability in a street tree population", *Urban Ecology*, 7: 159-171.
20. Rowntree, R. A. (1984) "Forest canopy cover and land use in four eastern United States cities", *Urban Ecology*, 8: 55-67.
21. Richards, N. A., J. R. Mallette, R. J. Simpson, and E. A. Macie (1984) "Residential greenspace and vegetation in a mature city: Syracuse, New York", *Urban Ecology*, 8: 99-125.
22. Rowntree, R. A. (1986) "Ecology of the urban forest-part II: Function", *Urban Ecology*, 9: 227-440.
23. Sampson, R. N., G. A. Moll, and J. J. Kielbaso (1992) "Opportunities to increase urban forests and the potential impacts on carbon storage and conservation", In Sampson, R. N., and D. Hair, eds., *Forests and Global Change* (Volume 1), Washington, D.C.: An American Forests Publication. pp. 51-72.
24. Shafer, C. L. (1990) *Nature Reserves: Island Theory and Conservation Practice*, Washington: Smithsonian Institution Press.