

대구광역시 가로수 하단부 식생의 평가

김정섭* · 조광진* · 김종원**

*계명대학교 대학원 · **계명대학교 생물학과

Vegetation Assessment of the Street Tree Sites in the Daegu Metropolis

Kim, Jeong-Sub* · Cho, Kwang-Jin* · Kim, Jong-Won**

*Graduate School, Keimyung University

**Dept. of Biology, College of Natural Sciences, Keimyung University

ABSTRACT

In order to search for ecologically indicative characteristics on the street tree plots in Daegu area, plant communities and their floras were investigated. A total of 105 plots were collected and numerically analyzed by PCoA(Principal Coordinates Analysis). These plots were classified into 4 types containing 139 species, 97 genera, 42 families(including 37 exotic species): urban-dry type, urban-wet type, rural-dry type, rural-wet type. Habitat connectivity to the surrounding vegetation cover, extent and frequency of human impacts, and soil moisture recognizably were the main factors to allow the plots differentiation. Indicative species composition to these four types was generated as *Eleusine indica-Eragrostis multicaulis-Oxalis corniculata* to the urban-wet, *Digitaria ciliaris-Eleusine indica-Eragrostis multicaulis* to the urban-dry, *Setaria viridis-Artemisia-Lactuca indica var. laciniata* to the rural-wet, and *Setaria viridis-Digitaria ciliaris-Erigeron canadensis* to the rural-dry, respectively. Mean species number per plot for rural type was 2.5 times higher than for urban types. Street tree species representative to the rural-wet type is *Zelkova serrata*, which is a key species of potential natural vegetation in the alluvial land of Daegu area. Street tree plots were characterized by *Eleusine indica* showing the highest r-NCD value and also C4-assimilation grass plants. Views on the efficacy of the rural-wet type and the reinforcement of vegetation connectivity and soil moisture in rehabilitating street tree plots, are discussed.

Key Words: PCoA(Principal Coordinates Analysis), Phytosociological Study, Post-Monsoon Grass Form Species, r-NCD, Rural Type, Street Tree Plot, Urban Type

I. 서론

본래 자연생태계가 존재하던 곳에 도시가 형성되면 서부터 인간 생활에 편리한 인공생태계로 변화된 것이 도시생태계이다. 그런 인공생태계 속에서 가로수는 생명적 공간으로 기능하는 대표적인 생물적 요소라 할 수 있다. 특히 생물적 요소가 빈약한 도심지 내에서 가로수가 가지는 생태계 서비스(ecosystem services) 기능은 매우 지대하며(Beckett *et al.*, 2000; Cumming *et al.*, 2001), 도시 녹지 네트워크를 구축하는 선상 연결 녹지 축으로서도 매우 중요한 역할을 하고 있다(김종원, 2004).

한편 도시 속의 가로수 공간은 독특한 생물적 또는 화학적 스트레스와 물리적 교란 요소에 항상 노출되어 있는 입지로서 여러 가지 터주식물들(ruderal plants)의 서식공간이기도 하다. 일반적으로 도시의 가로수 공간에서처럼 서식처 환경의 불안정성이나 교란의 빈도는 해당 입지에 출현하는 식물종을 여과하는 주요 생태요인으로 고려되고 있다. 따라서 도시권역 내에 조성되어 있는 가로수 공간에서 서식하고 있는 종 조성을 바탕으로 가로수 공간의 생태성을 평가할 수 있을 것이다. 본 연구의 목적은 가로수 공간에 서식하는 식물종의 다양성으로부터 식생학적 유형을 분류하고, 가로수 생태환경 평가를 위한 지표성을 발굴하는데 있다.

한편 도시가로수에 대한 선행연구로는 가로수에 대한 현황조사를 통하여 가로수 정비 및 관리상의 문제점을 제시하고, 이를 개선하고자 하는 연구가 주를 이루었다(김정환, 1982; 신현탁, 1996; 이경재, 1996; 김아영, 2001; 이운정, 2002). 또한 성현찬과 민수현(2003)에 의하면 수도권 중소도시의 가로수는 도시의 경관개선, 녹지도입, 그리고 녹지네트워크 등에 그 기능과 효과를 가지고 있는 것이 실증적으로 보고되고 있다. 이러한 측면에서 본 연구는 가로수 공간에 대한 식생학적 접근 방법을 이용한 가로수 식생환경 평가를 통하여 도시생태계의 녹지총량(김종원, 2004) 개선에 직간접적 정보를 제공한다.

II. 재료 및 연구방법

1. 연구지역 개황

대구광역시는 지리적으로 한반도 동남부에 위치하는 영남분지의 일부로서 도심지의 평균해발고도는 약 41m이다(대구광역시, 2004). 남쪽으로 비슬산과, 북쪽으로 팔공산과 둘러싸여 있으며, 동쪽과 서쪽은 아트막한 구릉성 산지로 둘러싸여 있다(대구광역시, 2001; 그림 1 참조). 대구지역은 연평균 기온 13.7°C, 연강수량 1,106.9mm(기상청, 2003; 그림 1)로써 독특한 대구 생물기후구에 포함된다(김종원, 2004).

대구광역시의 가로수는 양버즘나무, 은행나무, 느티나무, 왕벚나무, 중국단풍, 이팝나무, 단풍나무 등의 7종이 전체 가로수의 85.4%를 차지하고 있으며(대구광역시, 2004; 그림 2), 이 가운데 느티나무만이 한 종만이 대구 지역의 생물기후적 특성과 해발 200m 이하의 저해발 충적대지 또는 구릉지의 잠재자연식생 자원으로

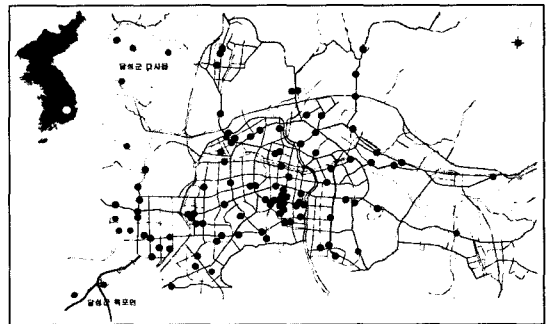


그림 1. 조사 범위 및 위치(● 조사지점).

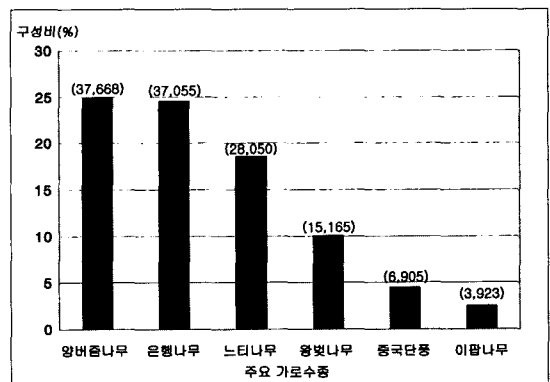


그림 2. 대구광역시의 주요 가로수의 식재 현황(막대그래프 상단 괄호숫자는 식재 개체수)(자료: 대구광역시, 2004)

로 고려되는 유일한 종이다(김종원, 2004).

2. 연구방법

본 연구는 식재된 가로수의 하단부(0.9×1.0 m²)에 발달하고 있는 식생에 대하여 가로수 '식생 환경 조사표'(표 1)를 개발하여 Zürich-Montpellier 학파의 방법(Braun-Blanquet, 1964)에 따라 수행되었다. 출현 식물종에 대한 양적 평가는 9계급의 변환통합우점도(combined cover degree: 1-9, Westhoff and van der Maarel, 1973)와 빈도(전체 조사구수에 대한 해당 종이 출현한 조사구의 백분율)를 이용하였으며, 현지 식생조사 및 실내 분석으로 이루어지는 본 연구는 그림 3과 같은 과정으로 성취되었다.

대구광역시 전역에 걸쳐서 총 105개 지소의 식생환경조사표가 획득되었으며, 각 지소 간의 질적 양적 식생 상이성에 대한 수리통계적 분석은 주좌표분석법

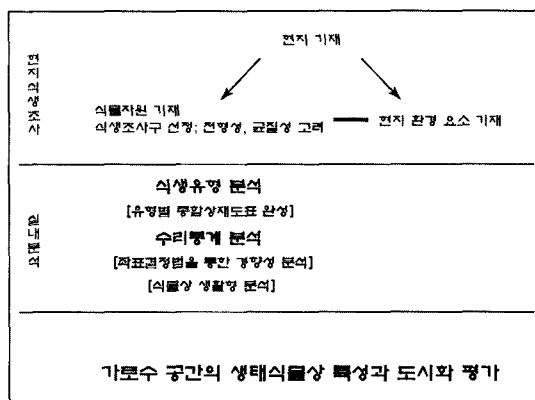


그림 3. 연구 진행 흐름도

(PCoA: Principal coordinate analysis)이 이용되었다. 식물종 조성에 따른 지소간의 유사도는 출현종의 변환통합우점도의 ordinal scale 속성을 고려하여 아래 식과 같은 유클리디언 거리계수(coefficient of squared euclidean distance)를 채택하였다.

표 1. 대구광역시 가로수 식생 환경 조사표

대구광역시 가로수 식생 환경 조사표					
일련번호		책임조사자		기록자	
조사일자	2004. . .	G. P. S.		° ' "N, ° ' "E,	m
행정위치					
조사면적	× m(m ²)		사진자료	<input type="checkbox"/> 유 <input type="checkbox"/> 무	
가로수 종명			가로수 형태	<input type="checkbox"/> 직렬 <input type="checkbox"/> 병렬 <input type="checkbox"/> 혼합	
주변 토지이용	<input type="checkbox"/> 집단주거지	<input type="checkbox"/> 일반주거지	간섭	정도	<input type="checkbox"/> 약 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 강
	<input type="checkbox"/> 공단	<input type="checkbox"/> 농지		용도	
<input type="checkbox"/> 상가	<input type="checkbox"/> 공공시설				
<input type="checkbox"/> 기타()					
관리현황					
출현종 및 식피율					
특기사항 (단면도 포함)					

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (\text{식 1})$$

D_{ij} : i 및 j 지소간의 유클리디언 거리계수

m : 출현종수

X_{ik} : i 지소에서 k 번째 종의 변환통합우점도

X_{jk} : j 지소에서 k 번째 종의 변환통합우점도

따라서 유클리디언 거리계수의 값이 크면 클수록 비교 대상의 두 개 지소의 종 조성적 상이성은 질적 양적으로 크다는 것을 의미한다. 한편 종 조성적 질적 양적 차이에 의한 지소간의 상이성은 PCoA 좌표결정법에 의해 좌표 상에 배열하고, 고유값이 가장 큰 1 축과 2 축을 이용하여 각 지소들의 그룹(grouping)에 대한 간접 해석을 수행하였다. 복수의 지소들로 구성되는 각 그룹(식생유형) 간의 비교분석을 위하여 각각의 그룹에 출현하는 식물종의 상대기여도(r-NCDi: relative net contribution degree; Kim and Manyko 1994)를 산출하여 이용하였다(김종원, 2004).

$$NCDi = \frac{\sum Ci}{N} \times \frac{ni}{N}$$

N : 전체 지소 수

$\sum Ci$: 지소 내에서 i 종의 피도 적산값

ni : i 종이 출현한 지소 수

$$r - NCDi = \frac{NCDi}{NCDmax}$$

$NCDi$: 대상 그룹에 대한 i 종의 기여도

$NCDmax$: 대상그룹내의 기여도 최댓값 (식 2)

간접해석을 위한 생물적 무생물적 요소에 대한 대응(matching) 정보를 발굴하기 위하여 다수의 식물종의 특질(plant character set)이 이용되었다: (i) 휴면형 - 지상식물(Ph), 지표식물(Ch), 반지중식물(H), 지중식물(G), 일년생식물(Th), 수생 및 습지식물(HH), 착생식물(E), (ii) 산포기관형 - 풍수산포형(D1), 동물산포형(D2), 자동산포형(D3), 중력산포형(D4), 영양번식형(D5), 혼합형(D6), (iii) 생육형 - 직립형(e), 총생형(t), 일시적 로제트형(pr), 넢출형(l), 로제트-직립형(pr), 로제트(r), 분지형(b), 포복형(p), 조합형(c). 이러한 식물종의 특질 및 출현 식물종에 대한 분류 정보는 이우철(1996)에 따랐으며, 귀화식물종에 대해서는 박수현(1995, 2001)에 따라 기재하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생태식물상의 특이성

가로수 하단부에 서식하고 있는 식물종은 귀화식물 37종을 포함한 총 42과 97속 139종이 기재되었다. 이 가운데 국화과가 30종(20.5%)으로 가장 높은 빈도로 나타났으며, 다음으로 벼과 20종(13.7%)으로 고빈도로 출현하였다. 종 조성적으로 왕바랭이가 전체 조사 지소 가운데 가장 높은 출현빈도(63회)로 나타내었으며, 다음으로 강아지풀, 비노리, 바랭이, 썸바귀, 팽이밥, 망초, 쇠비름, 애기땅빈대, 서양민들레 등의 순으로 나타났다. 특히 전체 식물상 가운데 가장 높은 상대기여도를 나타내는 상위 10위의 종은 왕바랭이, 강아지풀, 바랭이, 비노리, 썸바귀, 팽이밥, 애기땅빈대, 쇠비름, 망초, 서양민들레로 나타났다. 따라서 가로수 입지의 식생환경은 왕바랭이, 강아지풀, 바랭이, 비노리 등의 C4계절형(김종원, 2004)의 화분형 식물종(안경환, 김종원, 2005; post-monsoon grass-form species)으로 특징지어지며, 건생형 경작지 식생(segetal vegetation)인 밭과의 종조성을 공유하는 생태식물상적 특성을 보여주고 있다(김종원, 남화경, 1998; 이은진, 1998). 귀화식물 및 일어난 생 초본의 구성비율을 고려한 가로수 지소의 인간간섭도(hemeroby class; sensu Sukopp, 1976)는 polyhemerob 또는 a-euhermerob로 나타났다. 즉 가로수 입지의 식생은 도시생태계의 일반적인 환경조건인 빈번한 건조에 의한 수분스트레스와 다양하고 집약적인 인간 간섭에 대응하는 생태식물상을 보여주고 있는 것이다.

가로수 입지 내의 식물종 출현빈도의 경향성은 정규 분포곡선에 대비되는 "hollow curve"로 나타났다(그림 4a). 전체 지소 가운데 10개소 이하, 즉 전체 조사 지소 가운데 10% 수준 이하로 출현하는 종이 전체 종의 84.9%(118종)를 차지하고 있었다. 특히 그 가운데에는 1개 지소에만 출현하는 종이 전체 출현종의 47.6%(50종)를 차지하였다. 반면에 두 개의 지소 가운데 한 개 지소(전체 지소의 50%)에서 출현하는 종은 2종(왕바랭이, 강아지풀)에 불과하며 모두 C4 계절형의 화분형 식물이었다. 결국 가로수 입지는 특정 식물종에 의한 우점 현상은 존재하지 않았으며, 지소 간의 종 조

성적 균질성도 매우 낮다는 것을 의미한다. 따라서 특정한 다양한 교란(disturbance) 요소와 스트레스에 노출되어 있는 극히 불안정한 서식처임을 반증하고 있다.

이러한 가로수 입지의 식생환경은 식물특질 분석에서도 나타났다. 일년생 식물종이 전체 출현식물종의 58.3%를 차지하고 있으며, 휴면아(休眠芽)가 지표 바로 밑에 있는 다년생 반지중식물이 18.0%인 것으로 나타났다(그림 4b 참조). 한편 발경작지 식생(이은진, 1998)과의 생활형 구성비와 비교해 볼 때, 가로수 입지(14%)에서는 지상식물에 해당하는 목본성 식물종이 발경작지(7.4%)의 경우보다 두 배 많은 것으로 나타났다. 이것은 가로수 식재종(느티나무, 양버즘나무, 이

팝나무, 왕벚나무 등)들에 의한 종자 산포에 기인하는 것으로 판단되며, 특별한 산포기관이 없이 중력에 의해 모체의 주변에 떨어지는 중력산포(51.0%)가 가장 높은 구성비를 나타내는 것과도 일치한다(그림 4c). 한편, 식물 지상부의 형태와 생육 상태를 유형화한 생육형(growth form)은 강아지풀과 같이 직립형이 32.4%로 가장 높은 빈도로 나타났으며, 방동사니와 같은 총생형(14.4%)이 다음으로 많이 나타났다. 두 가지 생육형을 동시에 지니는 조합형도 높은 구성비를 나타내었다(그림 4d). 이러한 생육형의 특징은 답압의 노상환경 입지에서 불리한 긴 절간의 발달에 의한 게릴라 번식전략을 대표하는 포복형의 낮은 구성비와 대응

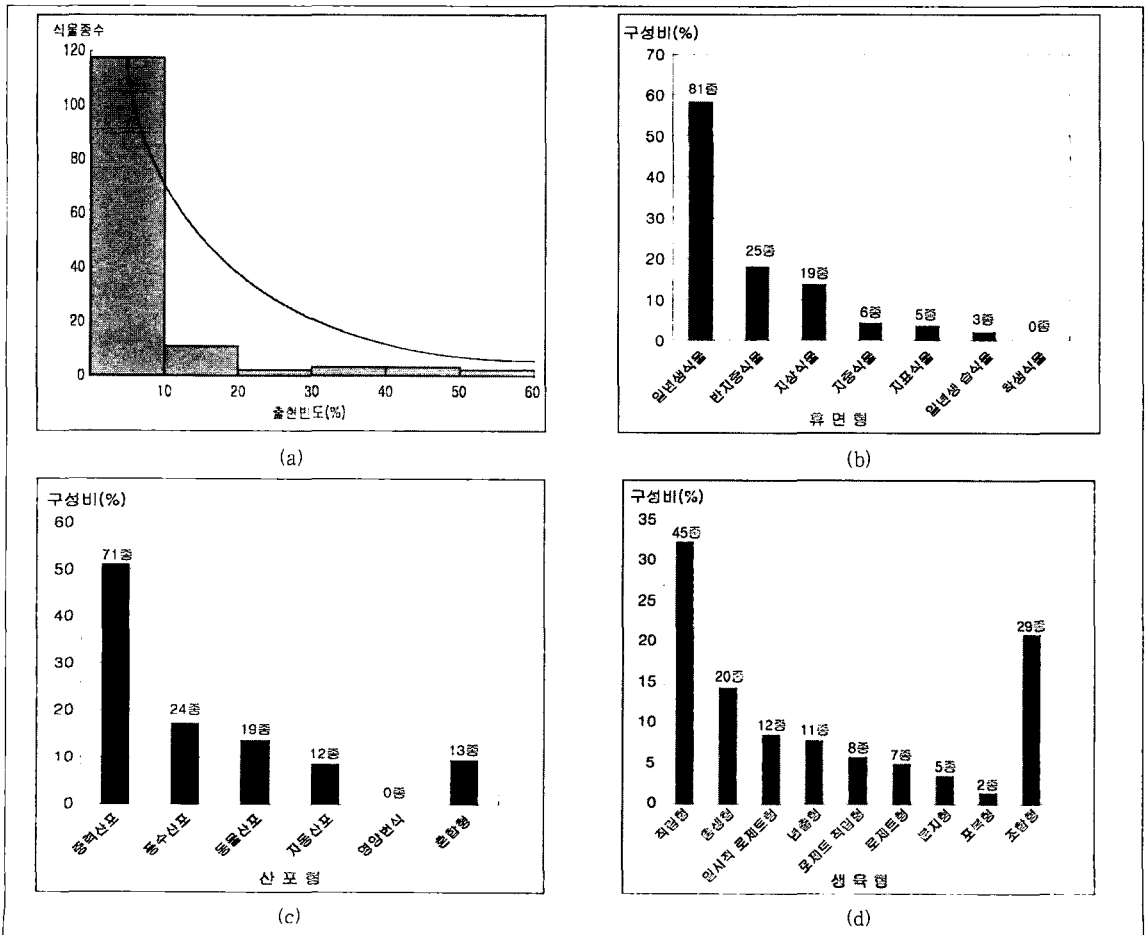


그림 4. 가로수 입지에 출현하고 있는 식물종의 출현빈도에 따른 종다양성 양식(a)과 각 식물특질에 따른 구성비: 휴면형(b), 산포형(c), 생육형(d).

표 2. 가로수 식생 공간 유형에 따른 퍼센트 상대기여도를 이용한 종합상재도표

식물종		도시형		농촌형		전체
		습생	건생	습생	건생	
왕바랭이	<i>Eleusine indica</i>	100.00	25.37	1.7	0.61	100.00
바랭이	<i>Digitaria ciliaris</i>	1.57	100.00	0.07	77.01	79.91
강아지풀	<i>Setaria viridis</i>	8.31	9.12	100.00	100.00	99.39
쑥	<i>Artemisia princeps</i>	0.55	0.22	22.7	1.84	7.66
비노리	<i>Eragrostis multicaulis</i>	37.50	23.22	0.14	5.06	55.53
썩바귀	<i>Ixeris dentata</i>	14.30	7.96	8.94	6.44	32.88
망초	<i>Erigeron canadensis</i>	2.44	2.99	6.81	16.86	16.55
괘이밥	<i>Oxalis corniculata</i>	15.84	3.48	3.12	10.73	27.42
애기땅빈대	<i>Euphorbia supina</i>	13.46	3.32	1.49	6.44	21.10
쇠비름	<i>Portulaca oleracea</i>	14.14	3.48	0.71	2.15	17.91
서양민들레	<i>Taraxacum officinale</i>	8.31	2.16	3.97	3.45	15.37
범새명아주	<i>Chenopodium pumilio</i>	11.97	1.00	0.07	1.07	10.76
왕고들빼기	<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i>	.	0.03	9.08	0.46	1.59
깨풀	<i>Acalypha australis</i>	0.38	3.23	2.84	1.53	5.19
명아주	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i>	0.38	1.38	1.06	4.60	4.04
개망초	<i>Erigeron annuus</i>	0.25	0.17	3.69	2.30	2.81
개쑥갓	<i>Senecio vulgaris</i>	5.07	.	.	.	8.16
실망초	<i>Erigeron banariensis</i>	1.00	0.55	0.85	2.68	3.43
한삼덩굴	<i>Humulus scandens</i>	0.08	0.11	0.35	3.45	1.26
방가지뚥	<i>Sonchus oleraceus</i>	1.14	0.44	0.14	2.30	2.73
절경이	<i>Plantago asiatica</i>	0.24	1.82	0.57	1.23	2.60
가마중	<i>Solanum nigrum</i>	0.86	1.52	0.14	1.15	2.92
개소리랑개비	<i>Potentilla supina</i>	2.42	0.41	.	0.77	2.73
큰비노리	<i>Eragrostis pilosa</i>	0.57	1.22	.	1.61	2.14
마디풀	<i>Polygonum aviculare</i>	1.33	0.17	0.99	0.23	2.16
소리쟁이	<i>Rumex crispus</i>	0.02	0.75	1.49	0.31	1.23
제비꽃	<i>Viola mandshurica</i>	1.66	0.03	0.21	0.46	1.75
붉은씨서양민들레	<i>Taraxacum laevigatum</i>	0.79	0.66	0.43	0.15	1.82
느티나무	<i>Zelkova serrata</i>	0.25	.	1.13	0.46	0.79
토끼풀	<i>Trifolium repens</i>	0.52	0.25	0.85	.	1.17
금강아지풀	<i>Setaria glauca</i>	0.03	.	1.56	.	0.28
다닥냉이	<i>Lepidium apetalum</i>	0.19	0.44	0.85	0.08	1.08
땃말기	<i>Duchesnea chrysantha</i>	.	.	1.49	.	0.15
돼지풀	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elator</i>	.	.	1.13	0.31	0.29
쇠무릅	<i>Achyranthes japonica</i>	.	.	1.28	0.08	0.22
새포이풀	<i>Poa annua</i>	1.03	0.11	.	0.08	0.91
들피	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.24	0.03	.	0.92	0.52
속털개밀	<i>Agropyron ciliare</i>	.	.	0.21	0.92	0.19
석류풀	<i>Mollugo pentaphylla</i>	0.57	0.33	.	0.23	0.92
쇠뜨기	<i>Equisetum arvense</i>	0.02	.	0.43	0.54	0.32
속속이풀	<i>Ronippa islandica</i>	0.02	.	.	0.92	0.15
황새냉이	<i>Cardamine flexuosa</i>	0.57	0.03	0.28	.	0.61
방동사니	<i>Cyperus amuricus</i>	0.29	0.19	0.35	.	0.65
원추천인국	<i>Rudbeckia bicolor</i>	.	.	0.5	0.31	0.16
털별꽃아재비	<i>Galinsoga ciliata</i>	0.44	.	.	0.38	0.43
좁명아주	<i>Chenopodium serotinum</i>	0.14	.	0.57	0.08	0.35
닭의장풀	<i>Commelina communis</i>	0.25	.	0.43	0.08	0.43
미국가막사리	<i>Bidens frondosa</i>	0.02	0.03	0.21	0.46	0.29
겉달맞이꽃	<i>Oenothera biennis</i>	.	0.25	0.14	0.31	0.30
등근매듭풀	<i>Kummerowia stipulacea</i>	.	0.17	0.43	.	0.19
별꽃	<i>Stellaria media</i>	0.57	.	.	.	0.26
간장풀	<i>Nepeta stewartiana</i>	0.06	0.11	0.07	0.31	0.35

표 2. 계속

식물종		도시형		농촌형		전체
		습생	건생	습생	건생	
잔디	<i>Zoysia japonica</i>	.	.	.	0.54	0.05
개빈	<i>Agropyron tsukusinense</i> var. <i>transiens</i>	0.06	.	.	0.46	0.15
새콩	<i>Amphicarpaea trisperma</i>	.	.	0.28	0.23	0.11
말귀리	<i>Bromus tectorum</i>	.	.	0.5	.	0.05
큰석류풀	<i>Mollugo verticillata</i>	.	.	.	0.46	0.04
머느리배꼽	<i>Persicaria perfoliata</i>	.	.	0.14	0.31	0.09
털비름	<i>Amaranthus retroflexus</i>	0.19	.	.	0.23	0.19
무궁화	<i>Hibiscus syriacus</i>	0.02	0.06	.	0.31	0.15
중대가리풀	<i>Centipeda minima</i>	0.29	.	.	0.08	0.20
만수국아재비	<i>Tagetes minuta</i>	.	.	0.35	.	0.04
축제비싸리	<i>Amorpha fruticosa</i>	.	.	0.35	.	0.04
양버즘나무	<i>Platanus occidentalis</i>	0.14	0.08	.	0.08	0.25
젤레나무	<i>Rosa multiflora</i>	.	.	0.28	.	0.03
큰방가지뚥	<i>Sonchus asper</i>	0.29	.	.	.	0.13
참방동사니	<i>Cyperus iria</i>	0.02	0.03	.	0.23	0.11
개여뀌	<i>Persicaria longiseta</i>	0.16	0.03	.	0.08	0.20
땅빈대	<i>Euphorbia pseudo-chamaesyce</i>	0.25	.	.	.	0.12
민바랭이	<i>Digitaria violascens</i>	0.22	0.03	.	.	0.17
방동사니대가리	<i>Cyperus sanguinolentus</i>	.	.	.	0.23	0.02
새삼	<i>Cuscuta japonica</i>	.	.	.	0.23	0.02
흰제비꽃	<i>Viola patinii</i>	0.02	.	0.21	.	0.06
급방동사니	<i>Cyperus microiria</i>	0.08	.	.	0.15	0.10
애기똥풀	<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>	.	.	0.14	0.08	0.04
흰명아주	<i>Chenopodium album</i>	0.03	0.03	0.14	.	0.11
은행나무	<i>Ginkgo biloba</i>	0.03	.	0.14	.	0.06
가시상지	<i>Lactuca scariola</i>	0.02	.	.	0.15	0.04
풀지나무	<i>Celastrus flagellaris</i>	0.02	.	0.14	.	0.04
큰비자루국화	<i>Aster subulatus</i> var. <i>sandwicensis</i>	0.02	0.06	.	0.08	0.09
팽이사초	<i>Carex neurocarpa</i>	.	.	.	0.15	0.01
수습잎	<i>Mazus pumilus</i>	0.05	.	.	0.08	0.06
팽나무	<i>Celtis sinensis</i>	0.1	0.03	.	.	0.09
개갯냉이	<i>Rorippa indica</i>	.	0.11	.	.	0.03
고들빼기	<i>Youngia sonchifolia</i>	0.03	.	.	0.08	0.04
박주가리	<i>Metaplexis japonica</i>	.	0.03	.	0.08	0.03
맥분동	<i>Liriope platyphylla</i>	0.11	.	.	.	0.05
메꽃	<i>Calystegia japonica</i>	0.11	.	.	.	0.05
산팽나무	<i>Morus bombycis</i>	.	0.03	0.07	.	0.03
도깨비바늘	<i>Bidens bipinnata</i>	0.05	0.03	.	.	0.06
별꽃아재비	<i>Galinsoga parviflora</i>	0.03	0.03	.	.	0.04
채송화	<i>Portulaca grandiflora</i>	0.02	0.03	.	.	0.03
털진드기	<i>Siegesbeckia pubescens</i>	0.02	0.03	.	.	0.03
토마토	<i>Lycopersicon esculentum</i>	0.02	0.03	.	.	0.03
호박	<i>Cucurbita moschata</i>	0.02	0.03	.	.	0.03
팽나무	<i>Morus alba</i>	0.02	.	.	0.08	0.03

기타 출현종(하나의 식생형에서 r-NCD 0.08 이하의 값을 나타내는 종): 달맞이꽃 *Oenothera odorata*, 냉이 *Capsella bursa-pastoris*, 미국나팔꽃 *Ipomoea hederacea*, 비름 *Amaranthus lividus*, 애기수영 *Rumex acetosella*, 포아풀 *Poa sphondyliodes*, 가느보리풀 *Lolium perenne*, 개비남 *Amaranthus mangostanus*, 국화과 sp, *Compositae* sp, 풀풀과 sp1 *Labiatae* sp., 노코마리 *Xanthium strumarium*, 만수국아재비 sp. *Tagetes minuta* sp, 비자루국화 *Aster subulatus*, 소나무 *Pinus densiflora*, 왕벚나무 *Prunus yedoensis*, 흰삼과 sp2 *Scrophulariaceae* sp., 풀피 *Echinochloa crus-galli* sp., 땅비싸리 sp. *Indigofera kinlowi* sp, 큰땅빈대 *Euphorbia maculata*, 꿀풀 *Prunella vulgaris* var. *lilacina*, 노박덩굴 *Celastrus orbiculatus*, 담쟁이덩굴 *Parthenocissus tricuspidata*, 망초 sp. *Erigeron annuus*, 미국자리공 *Phytolacca americana*, 방동사니 sp1 *Cyperus* sp., 흰삼과 sp1 *Scrophulariaceae* sp., 구절초 *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum*, 주남조개풀 *Opilismenus undulatifolius*, 쥐꼬리망초 *Justicia procumbens*, 그림 *Eragrostis ferruginea*, 땅이덩굴 *Cocculus trilobus*, 산초나무 *Zanthoxylum schinifolium*, 어저귀 *Abutilon theophrasti*, 익새 *Miscanthus sinensis* for. *purpurascens*, 큰김외떡 *Festuca arundinacea*, 개보리 *Bromus unioloides*, 풀콩 *Glycine soya*, 명석떡기 *Rubus parvifolius*, 선개불알풀 *Veronica arvensis*, 벼과 sp *Gramineae* sp., 명아저어깨 *Persicaria nodosa*, 방동사니 sp2 *Cyperus* sp., 반쪽외떡 *Lindernia procumbens*, 산국 *Chrysanthemum boreale*, 쇠별꽃 *Stellaria aquatica*, 수박 *Citrullus battich*, 조팝나무 *Spiraea prunifolia* for. *simpliciflora*, 개불알풀 *Veronica didyma* var. *lilacina*, 상나무 *Ligustrum japonicum*, 까치깨 *Corchoropsis psilocarpa*, 꽃향유 *Filsholtzia pseudo-cristata* var. *splendens*, 풀풀과 sp2 *Labiatae* sp.

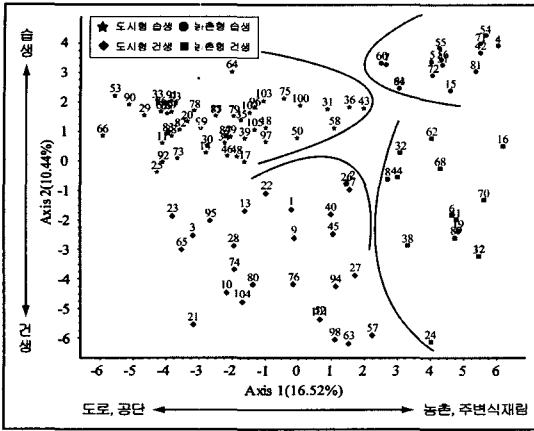


그림 5. 좌표결정법을 이용한 가로수 식생환경의 특성된다.

2. 식생 유형 특이성

105개의 출현종-지소(species-sites) 매트릭스를 이용한 주좌표 분석은 각 지소에 대한 각각의 생물적 무생물적 조건과의 대응 분석으로부터 제 1 축은 서식처 주변 녹지와의 연결성 및 인간간섭 특성, 제 2축은 수분후배에 의해 지소가 배열하는 것으로 나타났다. 제 1 축 오른쪽은 '농촌형'으로 표현할 수 있는 상대적으로 낮은 교란 강도와 주변 녹지와 인접하여 위치하는 지소들이 배열하고 있었으며, 제 2 축 위쪽으로 갈수록 토양의 수분조건이 습한 지소들이 배치하고 있다. 결과적으로 가로수 식생은 크게 4 가지 유형(도시형-건생, 도

시형-습생, 농촌형-건생, 농촌형-습생)이 분류되었다(그림 5).

이들 유형은 출현종의 상대기여도(표 2)에 따라 각각 왕바랭이, 바랭이, 강아지풀, 쭉 등으로 특징지어졌으며, 건생과 습생의 서식처는 단자엽식물종과 쌍자엽식물종의 다양성으로 대응되었다. 뿐만 아니라, 네 가지 가로수 식생환경형에 대한 지표종의 조합으로 도시형-습생은 왕바랭이-비노리-괭이밥, 도시형-건생은 바랭이-왕바랭이-비노리, 농촌형-습생은 강아지풀-쭉-왕고들빼기, 그리고 농촌형-건생은 강아지풀-바랭이-망초로 밝혀졌다(표 3).

도시형-습생에서 가장 다양한 85종이 그리고 도시형-건생에서 가장 적은 식물종인 63종이 출현하였으나, 도시형(평균 2.0종/지소)에 비하여 농촌형의 지소당 출현종수(평균 4.9종/지소)가 2.5배에 이르는 것으로 밝혀졌다. 또한 귀화식물종의 구성비는 도시형(29.0%)이 농촌형(20.3%)에 비하여 더 높은 구성비를 나타내었다(표 3).

네 가지의 가로수 식생환경 가운데 도심 지역 또는 도심과 같은 비생물적 환경 요소가 우세한 지역(예, 공간)에서는 도시형이 발달하고 있으며, 농촌형은 도시 교외의 농촌지역과의 연결 지역에 주로 분포하고 있다(그림 6a). 또한 가로수종 가운데 은행나무와 느티나무는 각각 도시형-습생과 농촌형 습생을 특징짓는 가로수종으로 이용되고 있는 것으로 나타났다(그림 6b). 히말라야시다의 경우는 도시형이나 농촌형에 상관없이

표 3. 가로수 공간의 식생환경 유형에 따른 지표종 조합과 가로수 지표성

유형	출현종(평균종수) (귀화종: %)	지표종(r-NCD값) 조합	가로수 지표성			
			(1)	(2)	(3)	(4)
도시형-습생 (48개 지소)	85종(1.7종/지소) (25종:29.4%)	왕바랭이(100) - 비노리(37.5) - 괭이밥(15.8)	++			+
도시형-건생 (27개 지소)	63종(2.3종/지소) (18종: 28.6%)	바랭이(100) - 왕바랭이(25.4) - 비노리(23.2)			+	+
농촌형-습생 (15개 지소)	69종(4.6종/지소) (12종: 17.4%)	강아지풀(100) - 쭉(22.7) - 왕고들빼기(9.1)		++		
농촌형-건생 (15개 지소)	78종(5.2종/지소) (18종: 23.1%)	강아지풀(100) - 바랭이(77.0) - 망초(16.9)			+	

* 지표 가로수 증명: (1) 은행나무, (2) 느티나무, (3) 히말라야시다, (4) 미국참나무와 튜립나무: ++ 강, + 보통.

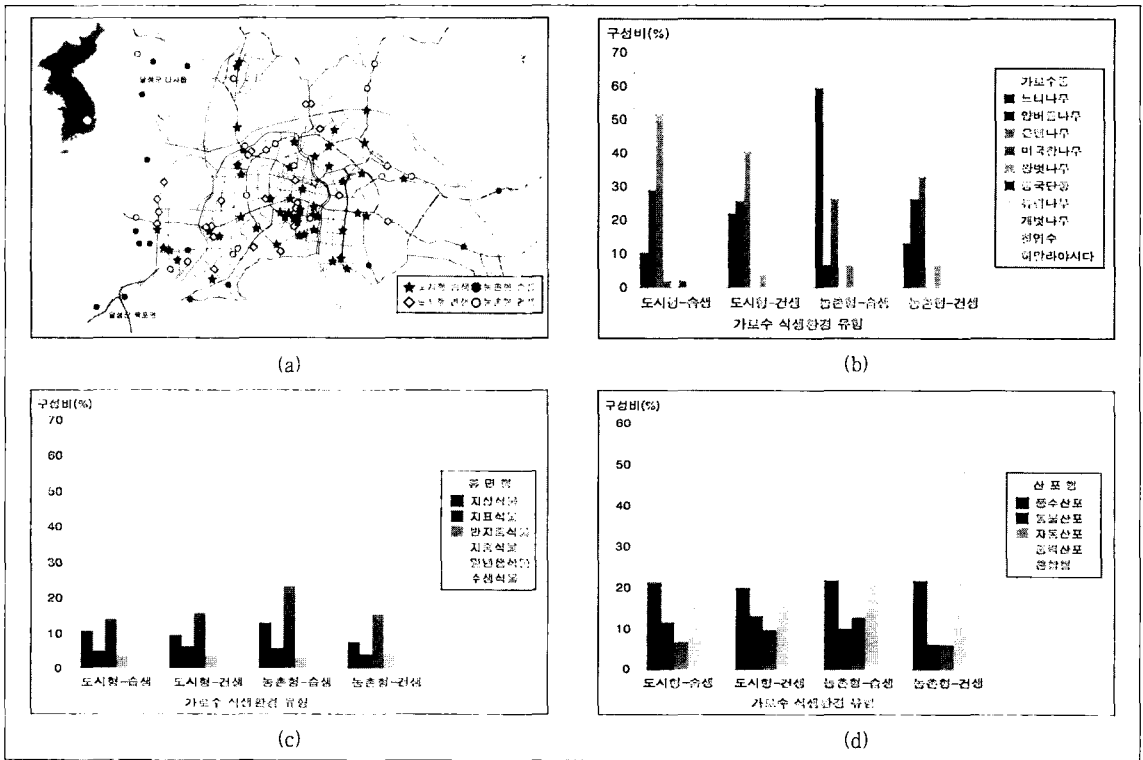


그림 6. 네 가지 가로수 식생환경에 따른 공간적 분포(a), 가로수종의 다양성(b), 그리고 식물특질(c: 휴면형, d: 산포형)의 구성비

건생의 가로수 입지환경에 생육하고 있는 것으로 나타났다. 반면에 비교적 최근에 가로수로 이용되기 시작한 미국 원산의 미국참나무와 튜립나무의 경우는 도시형의 가로수로 이용되고 있는 것으로 분류되었다.

서식처 유형에 따른 식물종의 생활형(life form)을 분석한 결과, 전체 식물상과 큰 차이는 없었으나, 생활형에 따라 차지하는 비율이 서식처 유형에 따라 조금씩 차이가 났다. 서식처 환경 유형에 따른 식물종의 휴면형에서 도시형은 일년생 식물의 구성비(약 49%)가 높은 반면에 농촌형은 반지중식물 형태의 다년생 식물(19.3%)이 높았다(그림 6c). 산포기관형에 따른 비교에서 큰 차이는 없었으나, 도시형은 동물산포가 많은 반면에 농촌형은 중력산포와 탄성산포, 풍수산포 방식의 식물종이 보다 많이 출현하는 것으로 나타났다(그림 6d).

IV. 결론

도시생태계에서 제한된 면적으로 제공되고 있는 생물적 공간 가운데 하나가 가로수가 식재되어 있는 곳이다. 특히 가로수의 하단부에 토양으로 노출된 좁은 면적의 입지는 도시생태계 내에서 야생 식물종들의 분포 분산이 이루어지는 주요 공간으로 기여하고 있다. 이러한 공간에서 낮은 피도이지만, 출현하고 있는 다양한 식물종과 식물군락의 다양성을 분석함으로써 도시환경에 대한 식생학적 진단이 가능하다.

가로수 입지 내에 서식하고 있는 식물종 가운데, 가장 높은 빈도로 출현하는 종은 왕바랭이인 것으로 밝혀졌다. 뿐만 아니라 가로수 입지의 식생은 왕바랭이, 강아지풀, 비노리, 바랭이 등과 같은 C4 계절형의 화본형 식물종들로 특징지어졌다. 이것은 도시생태계가 건조한 수분환경의 특정 스트레스와 다양하고 집약적인 인간간섭의 특정 교란 요소에 노출되어 있는 극히 불안정한 서식처에 대응하는 지표적인 생태식물상을 보여주고 있는 것으로 밝혀졌다.

출현종-지소(species-plots) 매트릭스의 주좌표 분석에서 서식처 주변 녹지와의 연결성 및 인간간섭 특성, 그리고 수분구배에 의해 지소가 배열하였다. 결국 가로수 입지 환경의 인간간섭 및 수분환경조건에 따라 4가지의 가로수 식생환경 유형이 밝혀졌으며, 각각 지표종 조합이 규명되었다. 도시형-습생은 왕바랭이-비노리-팽이밥, 도시형-건생은 바랭이-왕바랭이-비노리, 농촌형-습생은 강아지풀-쑥-왕고들빼기, 그리고 농촌형-건생은 강아지풀-바랭이-망초로 밝혀졌다. 또한 귀화식물의 구성비와 휴면형 구성비에서 보여주는 차이는 도시형이 농촌형에 비해 열악한 입지환경임을 나타내었으며, 도시형의 지소들은 농촌형에 비하여 토양의 수분조건이 열악하고, 자동차에서 비롯되는 매연과 열기, 주기적인 벌초 행위 또는 불특정 인간 간섭의 빈도나 강도의 다양성 등으로부터 비롯된 것이다. 도심지 내에 분포하는 농촌형의 가로수 환경을 가진 지소가 분포하는 것은 녹지대와 같은 식물 서식공간이 인접하여 배열하고 있으면서 입지의 토양 수분환경 조건이 양호한 곳으로 나타났다.

본 연구에서는 도시생태계 내의 조사 대상 지역 속에서 가로수 공간에 대한 식생 및 생태식물상 환경을 진단할 수 있는 식생지표를 구축하였다. 이와 같이 도시생태계의 기반인 식생 지표성 발굴에 의한 식생 평가는 도시생태계의 생태성 유지 및 복원을 위한 기초 정보로 매우 유효하다. 궁극적으로 도시생태계의 가로수 입지환경은 농촌형-습생의 식생환경을 성취하는 것이 도시생태계의 생태성 회복에 유리하다. 이것은 도심지 내의 가로수 식생환경이 (i) 지역의 잠재자연식생 구성요소를 이용한 (ii) 녹지의 연결성 또는 연결성을 강화하고, (iii) 토양의 수분환경 개선을 위한 생태공학적인 접근을 통하여 성취될 수 있음이 제안될 수 있다.

인용문헌

1. 기상청(2003) 기후자료: 기후특성(<http://www.kma.go.kr>).
2. 김아영(2001) 부산의 가로수 관리 개선방안. 부산발전포럼 8(<http://210.90.217.5>).
3. 김정환(1982) 서울시내 가로수 현황에 관한 조사연구. 고려대학교 대학원 석사학위논문.
4. 김종원(2004) 녹지생태학. 서울: 월드사이언스.
5. 김종원, 남화경(1998) 논경작지 식생의 군락분류 및 군락생태학적 연구. 한국생태학회지 21: 203-215.
6. 대구광역시(2001) 대구 자연생태공원 조성 기본 계획 및 기본 설계. 대구광역시.
7. 대구광역시(2004) 일반현황 및 환경녹지국 자료실 (<http://www.daegu.go.kr>).
8. 박수현(1995) 한국귀화식물원색도감. 서울: 일조각.
9. 박수현(2001) 한국귀화식물원색도감(보유편). 서울: 일조각.
10. 신현탁(1996) 대구광역시 가로수 현황 및 개선방안(<http://ynucc.yeungnam.ac.kr>).
11. 안경환, 김종원(2005) 대구지역 노상식물군락의 분류와 분포 특성. 한국생태학회지 28: 31-36.
12. 이경재(1996) 우리나라 도시의 가로수 실태와 가로수 정비의 문제점-서울시와 인천광역시를 중심으로. 도시문제 31: 74-87.
13. 이우철(1996) 한국식물명고. 서울: 아카데미서적.
14. 이윤정(2002) 부산의 가로수에 대한 이해와 관리방안. 부산발전포럼 4(<http://210.90.217.5>).
15. 이은진(1998) 대구·경북 지역의 발식생에 대한 식물사회학적 연구. 계명대학교 대학원 석사학위논문.
16. 성현찬, 민수현(2003) 도시녹지의 기능 및 효과에 대한 실증적 연구-도시가로수를 중심으로. 한국조경학회지 31(2): 48-57.
17. Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensozologie. 3rd ed. Wien-New York: Springer.
18. Beckett, K. P., P. Freer-Smith, and G. Taylor(2000) Effective tree species for local air-quality management. J. Arboric. 26: 12-19.
19. Cumming, A. B., M. F. Galvin, R. J. Rabaglia, J. R. Cumming, and D. B. Twardus(2001) Forest healthy monitoring protocol applied to roadside trees in Maryland. J. Arboric. 27: 126-138.
20. Kim, J. W., and I. Manyko Yuri(1994) Syntaxonomical and synchronological characteristics of the cool-temperate mixed forest in the Southern Sikhote Alin, Russian Far East. Korean J. Ecol. 17: 391-413.
21. Sukkop, H.(1976) Dynamik und Konstanz in der Flora der Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe für Vegetationskunde 10: 9-26.
22. Westhoff, V. and E. van der Maarel(1973) The Braun-Blanquet approach. In R. H. Whittaker, ed., Ordination and Classification of Community. Dr. W. Junk b. v., The Hague.

원고접수: 2005년 2월 4일
 최종수정본 접수: 2005년 4월 1일
 3인익명 심사필