

경관 시뮬레이션을 통한 가로 녹시율 증진방안 및 목표수준 설정 - 서울시를 사례로 -

조용현

공주대학교 조경학과

The Methods of Promoting Greenness and the Target Levels of Greenness in Streetscape Suggested by Computer Simulation - The Case of Seoul -

Cho, Yong-Hyeon

Dept. of Landscape Architecture, Kongju National University

ABSTRACT

The purpose of this research is to suggest the planting methods and the reasonable target levels of IGS for promoting green streetscape in Seoul. Using the three dimensional computer simulations, various greening methods were applied to evaluate effectiveness of promoting green streetscape. The results of this study suggest that promoting tree planting on car lane is more effective than on pedestrian side walks. In wide streets, the height of tree has positive effects on promoting green streetscape. In both car lane and pedestrian side walks, the greening effects of tree planting both in zig-zag pattern and in parallel pattern were similarly most high. The width of strip in side strip planting has positive effect on promoting green streetscape. Promoting stratified planting is very effective. Promoting greening wall on pedestrian side walks is more effective than on car lane. Combined the results of IGS survey with the public officials and complex simulations, suggest that the optimal levels of IGS is ranging from 12.0% in alleys to 54.0% in car lanes among arterial roads.

Key Words: Appraisal of Greenness in Streetscape, Effectiveness of Promoting Green Streetscape, Index of Greenness in Streetscape, Plants in Streets, Street Greening

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

서울은 과거 고도 성장기를 거치면서 자연과 만날 수 있는 공간을 점점 상실하였고 도시의 환경은 더욱 더 매마르게 되었다. 이에 대한 시민인식의 확산과 반작용으로 최근에는 도시관리의 주요 주제로서 양적 성장과 개발보다는 질적이고 친환경적인 관리, 도시미관의 개선 등이 부각되고 있다. 도시생활에서 편리성이나 안전성에 추가하여, 평온함과 적당한 온도와 습도를 갖춘 쾌적한 생활환경의 확보를 위해서는 식물의 역할이 요구되고 있다.

특히 가로수 등 도로의 녹지는 공원이나 하천의 녹지와 함께 도시환경 가운데에서 매우 중요한 존재라고 할 수 있다. 이 때문에 도로 녹지의 양적 확대를 지속적으로 시행함과 동시에, 주민생활의 다양성이나 지역의 실정에 맞추어 녹음이 풍부하고 쾌적한 기후가 유지되는 도시환경을 조성하도록 도로 녹지의 질을 더 한층 높이는 녹화시책의 전개가 필요해졌고(中島, 2001), 이러한 녹화시책은 시민의 체감 만족도를 높일 수 있는 방향으로 전환되어야 한다. 그러나 이러한 시민만족을 지향하는 녹화정책의 적절한 녹화 성과척도가 부재하여 녹색도시의 체감 지표이면서 도시 가로의 친환경성 또는 도시미관을 나타내는 녹지량 지표의 개발이 필요하였다.

이 연구는 조용현 등(2006)의 '녹지량 지표로서 녹시율 개념을 도입한 서울시 가로환경 특성 분석'에 이어서, 서울시 가로 녹시율의 기회요소를 도출하고, 3D 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 합리적인 가로 유형별 녹시율 증진방법과 서울시 가로 녹시율 적정 목표 수준을 설정하는 데 목적이 있다. 여기서 녹시율(綠視率)은 '일정 지점에 서있는 사람의 시계(視界)내에서 식물의 잎이 점하고 있는 비율'로 정의되며, 가로 녹시율은 대상지 내 가로 유형별로 대표성을 가지는 표본지를 선정할 후, 가로 중앙에 서서 1.5m 내외의 눈높이에서 가로의 소실점을 사진중앙에 위치시킨 입면 가로경관 사진을 촬영하고, 이 사진에서 사진 전체면적 중 살아 있는 식물 잎의 영상이 차지하는 면적비율(백분율)로 산출된

다(조용현, 2003; 조용현 등, 2006).

2. 경관 시뮬레이션 기법에 대한 선행연구

경관 시뮬레이션에 관한 연구는 많이 있어왔으나, 경관 시뮬레이션 기법을 이용한 환경계획·설계의 적용에 관한 연구(이주형과 강승호, 1992; 1994), 경관 시뮬레이션기술의 농어촌지역계획에서의 응용(유상건과 임창영, 1997), 경관 시뮬레이션에서 컴퓨터 그래픽의 지원수법에 관한 연구(김종하와 최창길, 1998), 경관 시뮬레이션 기술개발(임창영, 1997), 경관 시뮬레이션에 있어서 지형상의 구조물 형상 입력과 가시화 방법에 관한 연구(조동범, 1996), 환경영향평가서의 경관 시뮬레이션에 관한 연구(박광수, 2000), 컴퓨터 애니메이션을 이용한 도시 가로경관의 평가기법 연구(김충식, 1998), CAD를 활용한 도시경관 시뮬레이션과 건축물 규제방안에 관한 연구(최봉문과 강병기, 1992), 현장음과 동화상의 효과를 중심으로 한 경관기법연구(주신하와 임승빈, 1998), 도시경관 시뮬레이션 기법 비교연구(노현진, 2002), 경관평가방법으로서 경관 시뮬레이션을 다룬 수단과 비교한 연구(허준, 2001) 등의 연구에서 알 수 있듯이 주로 경관 시뮬레이션 기법과 활용성을 다룬 연구가 주를 이루고 있다. 발표된 경관 시뮬레이션 기법을 활용하여 2차적으로 실용적 연구결과를 도출한 사례는 거의 없는 실정이다.

II. 연구방법

1. 경관 시뮬레이션 기법에 의한 가로 녹시율 증진 대안 검토 과정

가로 녹시율 증진 대안 검토를 위한 경관 시뮬레이션은 가로경관 구성요소 분석, 가로경관 구성요소별 가로경관 증진 기회요소 도출, 가로유형별 녹시율 증진 대안 마련, 대표가로 선정 및 정보수집, 시뮬레이션을 위한 대표가로 컴퓨터 3D 모델 제작, 가로유형별 녹시율 증진 대안별 3D 가로경관 시뮬레이션, 대안별 녹시율 증진 효과 산출, 목표 녹시율 타당성 검토 및 목표

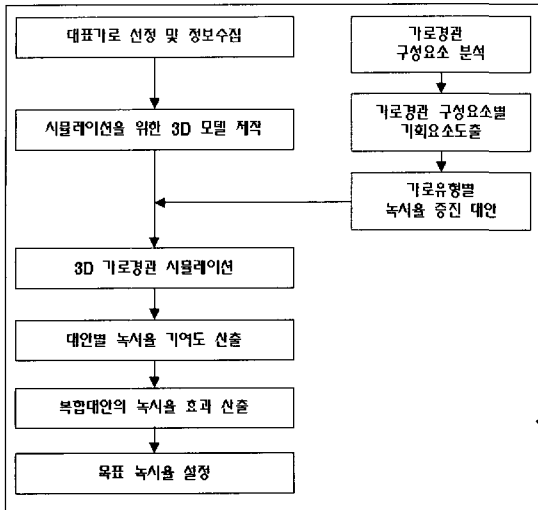


그림 1. 가로경관 시물레이션 과정

녹시를 선정 등의 과정을 거쳐 진행하였다(그림 1 참조).

2. 가로유형별 가로 녹시율 기회요소 도출 방법

이미 조용현 등(2006)의 '녹지량 지표로서 녹시율 개념을 도입한 서울시 가로환경 특성 분석'에서 현장조사 경험에 근거하여 가로유형별 녹시율 증진요인을 도출한 바 있으며, 현장조사 전 지점을 대상으로 분석된 결과에 의해 은행나무가 심어진 가로변 녹시율이 18.70%임에 비해 양버즘나무의 경우는 13.97%로 가로수 수종에 따라 녹시율이 차이가 나는 것으로 확인된 바 있다. 한편 강전정을 하는 경우가 많은 양버즘나무에 대해 강전정이 이루어진 경우와 그렇지 않은 경우로 구분하여 집계한 결과 각각 10.11%와 21.85%로서 전정의 유무에 따라 녹시율이 크게 차이가 나고, 강전정을 하지 않은 경우에는 양버즘나무의 녹시율이 은행나무의 녹시율보다 더 높은 것도 확인되었다. 또한 바닥면의 면적과 관련하여 차도의 면적비율 범위가 대략 20~55%였으며, 녹시율의 범위는 0~35% 정도였고, 보도면적비율 범위가 대략 10~35%였으며, 녹시율의 범위는 0~50%였으나, 그 상관성이 적음도 밝혀졌다.

여기에서는 이미 현장조사 경험에 의하여 도출된 다양한 녹시율 증진요인 가운데서 가장 비중 있고, 전형

적인 가로 녹시율 제어요소를 도출하고자 가로경관을 우점하는 주요 구성요소가 무엇인가를 분석하였다. 분석대상은 서울시 총 25개구 가운데 강남지역 5개구(강남구, 관악구, 구로구, 금천구, 송파구), 강북지역 5개구(성동구, 양천구, 종로구, 중구, 중랑구)의 총 10개구의 각 1개소를 가로유형별로 가로경관 구성요소를 분석하였고, 도시고속도로(올림픽대로, 내부수환도로, 동부간선도로, 강변북로)는 4개소를 대상으로 하였다.

3. 가로 녹시율 3D 컴퓨터 시물레이션

1) 시물레이션 대상가로 선정

가로유형별 여건에 적합한 전형적인 가로 녹시율 증진기법을 제안하기 위해서 서울시 조사대상 가로 가운데 가장 보편적인 형태를 갖추고 있는 가로를 선정하고, 이를 대상으로 적용 가능한 녹시율 증진기법을 적용하여 시물레이션을 실시하였다.

시물레이션 대상지 선정은 가로의 계절 변화를 관찰하고 있는 계절모니터링 지역 가운데 각 가로유형을 대표할만한 지역을 대상으로 하였으며, 구체적인 가로유형별 선정조건은 가로변의 토지이용형태, 가로수의 유무, 가로의 너비(차선) 혹은 차도면적백분율(전체 사진면적 대비)에서 가장 일반적인 유형이라 판단되는 지역을 대상으로 하였다. 또한 시물레이션과정에서 발생할 수 있는 왜곡을 최소화하기 위해 곡선가로, 가로의 길이가 짧은 경우 등을 배제하였다.

가로경관 현황조사를 통해 경험적으로 파악된 바에 의하면 가로유형별 토지이용의 특성은 비율측면에서 다소 차이는 있으나 도시고속도로를 제외한 모든 가로유형에서 상업·업무시설지가 우세하였다. 한편 차도와 보도의 특성, 가로에 면하는 건물 높이 등의 물리적 특성에 있어서는, 간선도로는 가로변 건물의 높이가 층고 3층 이상으로 간혹 고층건물이 위치하며, 도로의 차도 너비는 편도 5차선, 보도는 약 7m에 이른다. 보조간선도로의 경우, 가로변 건물의 높이는 층고 3층~5층이고, 차도의 너비는 편도 3차선 이상, 보도는 5m에 이른다. 집산도로의 가로변에 위치하는 건물의 높이는 층고 2층 이상이며 차도의 너비는 편도 2차선 이상, 보도는 2m 이상이다. 국지도로는 보차혼용도로이며 가로변의

건물 높이는 층고 2층 이상이다. 도시고속도로의 경우 고가입체형으로 도로는 편도 3차선 이상이며 도로 양쪽 노면에 면하여 방음벽이 약 5m 높이로 설치되어 있다.

이러한 경험적 자료를 기준으로 하여 간선도로로서 테헤란로, 보조간선도로로서 도곡동길, 집산도로로서 서초구 사임당길, 국지도로로서 서초구 새말길, 도시고속도로로서 내부순환도로 등을 각각 대표 가로로 선정하였다. 시뮬레이션을 위한 가로유형별 가로선정 조건과 결과는 표 1과 같다.

2) 3D 컴퓨터 모형 제작

선정된 가로를 모델로 하여 3차원 컴퓨터 모델을 제작하였다. 여기에 사용된 프로그램은 3차원 모형 시뮬레이션에 가장 널리 활용되는 컴퓨터 프로그램인 3D Studio Max Rel. 5.1(Autodesk, 2002)과 함께 Speedtree RT(Speedtree, 2002) 등이었다. 이미 앞에서 서술된 대상지의 기본조건과 일반조건을 적절히 조합하여 간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도로, 도시고속도로 등 총 5개의 3차원 모형을 제작하였다. 단, 간선도로의 모형은 보조간선도로의 모형을 바탕으로 하되 도로차선의 추가와 몇 개의 고층빌딩 추가를 통해 제작하였다.

프로그램을 조작하여 각 모형에서 금번 가로 녹시울 분석을 위해 사용된 표준렌즈(AF Nikor 50mm/1.4D) 장착 일안판사식 디지털카메라(Nikon D100)의 수평화각(26.6°)과 수직화각(17.1°)과 일치시키고, 카메라 높이(1.55m)와 카메라 시선방향(도로면에 평행하게, 결과적으로 소실점이 사진 중앙점에 위치하게 됨)을 일치시켜 정지영상을 뽑아내었다. 표본이 된 가로의 사진과 가로여건, 그리고 이를 3차원 컴퓨터 모형으로 제작

한 후 식물을 심지 않은 가로유형별 기본모형의 정지영상을 잡은 결과는 표 2와 같다.

3) 시뮬레이션 제어요소

(1) 가로유형

가로수, 가로수식수대, 벽면녹화, 중앙분리식수대, 전면공지녹화, 가로시설물 및 구조물 녹화를 제어요소로 하여 이들을 다섯 가지 가로유형에 각각 적용하는 것으로 시뮬레이션을 실시하였다. 단, 예외적으로 도시고속도로는 녹화공간이 거의 없는 점을 감안하여 방음벽 녹화만 적용하였고, 국지도로의 경우 일률적으로 도로 폭이 협소하고 주차수요가 큰 점을 감안하여 벽면녹화와 전면공지녹화만 적용하였다.

(2) 가로수

가로수와 관련한 시뮬레이션 제어요소는 ① 가로수 유무, ② 식재 수종(양버즘나무), ③ 수고(14m/18m/24m), ④ 식재 패턴(1열식재/2열식재/지그재그 식재/보도 중앙식재)으로 하였다.

(3) 가로수식수대

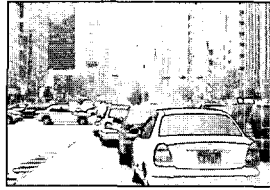
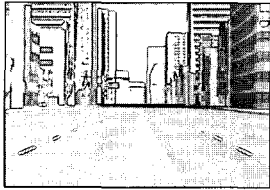
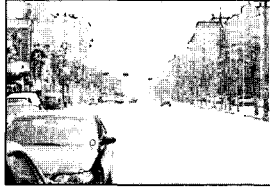
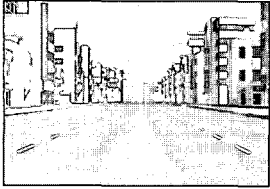

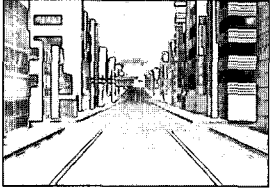


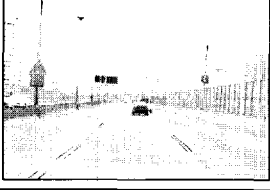
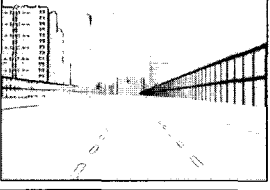
가로수식수대의 시뮬레이션 제어요소는 ① 가로수식수대 유무, ② 식수대의 너비(0.5m/1m/1.5m/2m), ③ 식물의 성상 구성(교목+초화류(교목 수고 14m 기준, 양버즘나무 1열식재)/관목+초화류(관목 수고 60cm 기준)/교목+관목+초화류(교목 14m, 관목 60cm 기준)/초화류)으로 하였다.

(4) 벽면녹화

표 1. 시뮬레이션을 위한 가로유형별 가로선정 조건과 결과

구분		도시고속도로	간선도로	보조간선도로	집산도로	국지도로
선정 조건	토지이용	-	상업·업무지	상업·업무지	상업·업무지, 주거지	상업·업무지, 주거지
	가로수의 유무	무	유	유	유/무 동비	무
	가로의 너비(차선)	편도 3차선	편도 5차선	편도 3차선	편도 2차선	보차혼용도로
선정가로		내부순환도로	강남구 3 테헤란로	강남구 1 도곡동길	서초구 3 사임당길	서초구 2, 3 새말길(서울고등학교 앞)

표 2. 가로유형별 시물레이션을 위한 기본정보

구분	시물레이션을 위한 표본 가로	3D 시물레이션 모형	가로여건
간선 도로	강남구 3 (테헤란로) 		<ul style="list-style-type: none"> · 상업·업무지역으로 차도 너비는 편도 5차선 · 건물의 높이는 층고 3층 이상이며 고층건물이 위치함 · 보도는 7m · 건축물의 벽면은 콘크리트, 화강석, 유리벽면을 주로 사용함
보조 간선 도로	강남구 1 (도곡동길) 		<ul style="list-style-type: none"> · 상업·업무지역으로 차도 너비는 편도 3차선 · 건물의 높이는 층고 3~5층 · 보도는 5m · 건축물의 벽면은 콘크리트, 화강석, 유리벽면을 주로 사용함
집산 도로	서초구 3 (사임당길) 		<ul style="list-style-type: none"> · 상업·업무지역으로 차도는 편도 2차선 · 건물 층고는 2층 이상이며 간혹 높은 건물 위치함 · 보도는 2m · 건축물의 벽면은 화강석 재료와 콘크리트 재료
국지 도로	서초구 2 (서울고등학교 앞) 		<ul style="list-style-type: none"> · 상업·업무지역으로 보차혼용도로 · 건물 층고는 약 2층 이상이며 층고가 높은 건물이 거의 없음
도시 고속 도로	내부순환 도로 		<ul style="list-style-type: none"> · 고가형이며 도로의 양쪽에 방음벽이 약 5m 높이로 설치됨

벽면녹화의 시물레이션 제어요소는 ① 벽면녹화 유무, ② 녹화비율(10%/20%/40%/50%/70%)로 하였다.

(5) 중앙분리대 설치와 식재

중앙분리식수대의 시물레이션 제어요소는 ① 유무, ② 중앙분리대의 너비(0.5m/1m/1.5m/2m), ③ 식물의 성상 구성(교목+초화류(교목 수고 14m 기준, 양버즘나무)/관목+초화류(관목 수고 60cm 기준)/교목+관목+초화류(교목 14m, 관목 60cm 기준)/초화류)로 하였다.

(6) 전면공지 녹화

시물레이션에 소요되는 시간을 절약하기 위하여 조건을 유무에 국한하여 적용하였다.

(7) 가로시설물 및 구조물 녹화

시물레이션에 소요되는 시간을 절약하기 위하여 조건을 유무에 국한하여 적용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 가로 녹시율 기획요소와 증진기법

다양한 녹시율 증진요인 중 가장 중요한 제어요소를 알아내고자 가로경관의 구성요소를 분석하였는데, 그 결과는 표 3과 같다. 건축물 벽면의 구성비율은 보도와 차도에서 각각 11.9%, 11.2%로 높았고, 특히 국지도로에서 큰 비중을 차지하고 있었다. 가로시설물 및 구조물은 보도와 차도에서 각각 9.5%, 13.4%로 건축물 벽면 구성 비중과 유사하였다. 나무줄기는 차도에서는 3% 미만으로 미미하였으나, 보도에서는 5% 이상으로 높아졌다. 기타 소원도우 등 녹화가 불가능한 입면의 구성비를 평균이 보도와 차도에서 각각 20.3%, 33.5%로 가장 높았다. 이러한 가로경관 구성요소 분석을 통해 중요한 녹시율 증진기법은 가로수, 가로수식수대, 중앙분리대, 벽면녹화, 전면공지 조성 및 녹화, 시설물 녹화 등으로 확인되었다.

2. 가로 녹시율 증진 방법과 효과

1) 녹화방법별 녹시율 증진효과

가로수 심기에서 가로수 높이에 따른 녹시율 증진효과는 높이가 클수록 간선도로와 보조간선도로의 차도에서는 커지고, 집산도로의 차도와 모든 보도에서는 작아졌다. 나무심기 패턴에 따른 녹시율은 보도·차도 모두에서 지그재그 심기와 2열 심기에서 그 효과가 높고, 보도 중앙심기에서는 매우 낮았다. 가로수 심기의 녹시율 증진 효과는 보도에 비해 차도에서 컸다.

가로수식수대의 설치에 따른 녹시율 증진효과는 가로수식수대의 너비가 넓을수록 모든 가로유형의 보·차도에서 녹시율이 증가하였고, 수목 층위를 고려한 심기(교목+관목+초화류)를 하는 경우에 녹시율 증진효과

가 가장 높았다. 가로수식수대의 녹시율 증진효과는 보도보다는 차도에서 더 컸다.

벽면녹화는 국지도로에서 녹시율 증진효과가 가장 크며 집산도로, 보조간선도로, 간선도로 순으로 가로의 너비가 증가할수록 감소했다. 벽면녹화 비율이 증가함에 따라 녹시율도 함께 비례적으로 증가했다. 벽면녹화의 증진효과는 차도에서보다 보도에서 더 컸다.

중앙분리식수대 조성의 녹시율 증진효과는 보도보다 차도에서 3배 이상 높았다. 중앙분리식수대의 너비가 넓을수록 녹시율 증진효과는 커졌고, 도로의 너비가 넓어질수록 보도에서 중앙분리식수대의 녹시율 증진효과는 떨어졌다.

전면공지 녹화로 인한 녹시율 증진 효과는 차도에서는 차도 너비가 좁을수록, 보도에서는 보도 너비가 넓을수록 컸다. 전면공지 녹화는 보도에서 녹시율 증진효과가 컸다. 한편, 가로시설물 및 구조물 녹화로 인한 녹시율 증진 효과는 미미하였다. 이상 가로유형별 녹화방법별 녹시율 증진효과를 요약 정리하면 그림 2 및 표 4와 같다.

2) 다양한 녹화방법의 복합적응에 의한 녹시율 증진 효과

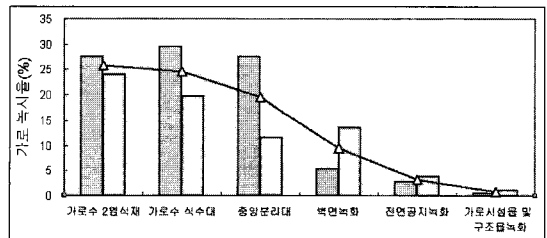


그림 2. 녹화방법별 시뮬레이션 결과 비교
 범례: ■ 차도, □ 보도, ---▲---평균

표 3. 주요 가로경관 구성요소의 면적비율(단위: %)

구분	간선도로		보조간선도로		집산도로		국지도로		도시고속도로	
	차도	보도	차도	보도	차도	보도	차도	보도	차도	보도
수간	1.28	5.20	2.23	6.38	1.89	6.73	0.20	-	0.29	-
건축물벽면	8.20	8.97	9.04	16.40	10.17	8.23	27.05	-	5.21	-
가로시설물 및 구조물	9.93	15.67	6.12	16.00	7.67	10.59	16.57	-	7.23	-
기타*	13.19	21.69	16.40	27.53	22.93	51.27	28.55	-	14.38	-

*: 건축물 벽면 가운데 유리벽면 등 녹화가 곤란한 소재로 된 벽면

표 4. 가로유형 및 녹화방법별 녹시율 증진효과

구분		가로수 식재	가로수 식수대 설치	중앙분리식수대	벽면녹화	전면공지 녹화	가로시설물 및 구조물 녹화	
간선도로	녹화 방법	은행나무(수고 14m) 2열 식재	식수대 너비 1m, 교목+관목+초화류	중앙분리대 너비 2m, 교목+관목+초화류	건물녹화 가능 벽면 20%	유	유	
	녹시율 (%)	차도	21.60	22.98	27.49	3.02	1.28	0.37
		보도	20.54	15.36	10.92	9.78	6.73	1.47
보조간선도로	녹화 방법	은행나무(수고 14m) 2열 식재	식수대 너비 1m, 교목+관목+초화류	중앙분리대 너비 2m, 교목+관목+초화류	건물녹화 가능 벽면 20%	유	유	
	녹시율 (%)	차도	27.23	28.96	27.49	5.56	0.86	0.43
		보도	26.17	19.35	12.39	7.47	3.14	1.12
집산도로	녹화 방법	은행나무(수고 14m) 2열 식재	식수대 너비 1m, 교목+관목+초화류	-	건물녹화 가능 벽면 20%	유	유	
	녹시율 (%)	차도	33.68	36.56	-	4.80	2.20	0.63
		보도	25.33	24.50	-	23.53	1.38	0.75
국지도로	녹화 방법	-	-	-	건물녹화 가능 벽면 20%	유	-	
	녹시율 (%)	차도	-	-	-	7.92	6.79	-
		보도	-	-	-	-	-	-

실행 가능한 녹시율 증진기법을 선별하여 이번에는 가로유형별로 복합 적용하여 그 효과를 검토하였다. 복합 적용을 하는 경우 증첩효과로 인해 녹시율 증진효과가 개별적 녹시율 증진효과에 비해 감소하는 것을 확인할 수 있었고, 감소 정도는 차도에서는 최대 9.36%, 보도에서는 최대 25.98%까지 현격하였다. 특히 가로시설물 및 구조물 녹화의 효과는 차도와 보도 모두에서 가시적으로 확인할 수 없었다(표 4 참조).

3. 서울시 가로 녹시율 적정 목표 수준

복합 시뮬레이션 결과로 산출된 가로 녹시율 수치가 손쉽게 도달할 수 있는 적정 한계치임을 감안하면, 이미 파악된 가로유형별 녹시율 현황, 업무담당자의 녹시율 현황 평가와 바람직한 목표 녹시율 조사결과, 그리고 복합 시뮬레이션 결과(표 5 참조) 등을 종합하여 달성가능하고 바람직한 녹시율 목표치를 제안할 수 있었다. 서울시 목표 녹시율은 가로유형별로 차별화 할 필요가 있으며, 보도와 차도의 평균값으로 최소 12%에서 40% 수준이어야 하는 것으로 도출되었다.

간선도로의 목표 녹시율은 중앙분리식수대 조성 가능 여부에 따라 차별화 하되, 조성이 불가능한 경우에는 차도 22.0%, 보도 24%로서 평균 23%가 적절할 것이고, 중앙분리대 조성이 가능한 경우에는 차도 50%, 보도 30%로서 평균 40%를 목표로 하는 것이 적절할 것이다. 보조간선도로의 목표 녹시율도 중앙분리식수대 조성 가능 여부에 따라 차별화 하되, 조성이 불가능한 경우에는 차도 26%, 보도 22%로서 평균 24%로 하고, 중앙분리대 조성이 가능한 경우에는 차도 54%, 보도 26%로서 평균 40%를 목표로 하는 것이 적절할 것이다. 한편, 집산도로에서는 차도 33%, 보도 27%로 구분하되, 평균적으로는 30%로 설정하는 것이 바람직하고, 국지도로는 12%로 제안하였다(표 6) 참조).

각 녹화방법의 내역과 재료규격 등을 결정하고 공종별 원가를 계산하였다(표 7 참조). 그 결과 중앙분리식수대 조성 및 녹화가 가장 비싸고, 벽면녹화가 가장 싼 것으로 확인되었다. 동일한 가로녹화 방법이 가로유형에 따라 가로 녹시율 증진효과가 다르게 나타나므로 이를 공사 원가와 연동시키기 위해서 각 녹화방법별 공사원가를

표 5. 가로녹화 복합 시뮬레이션 결과 예시

가로유형	현황 및 녹시율	녹화 시뮬레이션 결과*	
		차도	보도
간선도로		A	A
		B	B
		C	C
		D	D
		E	E
		F	F
		녹시율 50.1%	녹시율 30.5%
		A	A
		B	B
		C	C
		D	D
		E	E
		F	F
	차도 5.73%, 보도 13.19%	녹시율 22.7%	녹시율 26.7%
집산도로		A	A
		B	B
		C	C
		D	D
		E	E
		F	F
	차도 6.03%, 보도 4.48%	녹시율 34.1%	녹시율 29.1%
국지도로		A	A
		B	B
		C	C
		D	D
		E	E
		F	F
	0%	녹시율 12.2%	

* A: 가로수 2열 식재, B: 가로수식수대, C: 중앙분리식수대, D: 벽면녹화, E: 전면공지 녹화, F: 가로시설물 및 구조물 녹화

각 녹화방법에 의해 달성되는 가로유형별 녹시율로 나누어, 단위 녹시율을 달성하기 위한 단가를 산출하되, 가로유형별, 녹화방법별, 그리고 차도와 보도를 분리하여 각각 단가를 산출하였다. 단가를 고려하여 가로유형별로 효과적인 녹시율 증진기법을 추천하면 간선도로와 보조간선도로에서는 차도의 경우 가로수, 식수대, 중앙분리대, 벽면녹화가 바람직하고, 보도에서는 가로수, 식수대, 중앙분리대, 벽면녹화, 전면공지 녹화가 바람직하

다. 집산도로에서는 보도와 차도 모두 가로수, 식수대, 벽면녹화가 바람직하고, 국지도로에서는 벽면녹화와 전면공지 녹화가 바람직하다.

IV. 결론

본 연구는 서울시 가로 녹시율의 기회요소를 도출하고 시뮬레이션을 통해 가로 유형별 녹시율 증진방법 및

표 6. 녹시율 현황 및 적정 목표치 검토(단위: %)

가로유형	녹시율 현황			담당공무원 평가		복합 시뮬레이션 결과*			목표치*		
	평균	차도	보도	현황	목표	평균	차도	보도	평균	차도	보도
간선도로	16.3	14.6	18.1	24.4	40.7	40.5 (23.6)	51.0 (22.3)	30.0 (24.9)	40.0 (23.0)	50.0 (22.0)	30.0 (24.0)
보조간선도로	16.9	18.6	15.2			40.8 (24.7)	55.0 (26.7)	26.6 (22.6)	40.0 (24.0)	54.0 (26.0)	26.0 (22.0)
집산도로	14.0	15.3	14.8			30.4	33.6	27.1	30.0	33.0	27.0
국지도로	7.5	7.5	-			12.2	12.2	-	12.0	12.0	-
평균	13.7	14.0	16.0			31.0	38.0	27.9	30.5 (22.3)	37.3 (23.3)	27.7 (24.3)

*: 괄호 내 수치는 중앙분리식수대 조성이 불가능한 경우의 녹시율

표 7. 가로유형 및 녹화방법별 녹시율 증진에 따른 공사원가 비교*

구분		가로수 2열 식재	가로수 식수대 설치	중앙분리 식수대	벽면녹화	전면공지 녹화	가로시설물 및 구조물 녹화	
간선도로	공사원가(천원/m)	119.2	132.4	272.6	7.4	132.1	35.8	
	단가 (천원/m. %)	차도	5.5	5.8	9.9	2.5	103.2	96.8
		보도	5.8	8.6	25.0	0.8	19.6	24.4
보조간선도로	공사원가(천원/m)	119.2	132.4	272.6	7.4	132.1	35.8	
	단가 (천원/m. %)	차도	4.4	4.6	9.9	1.3	153.6	83.3
		보도	4.6	6.8	22.0	1.0	42.1	32.0
집산도로	공사원가(천원/m)	119.2	132.4	-	7.4	132.1	35.8	
	단가 (천원/m. %)	차도	3.5	3.6	-	1.5	60.0	56.8
		보도	4.7	5.4	-	0.3	95.7	47.7
국지도로	공사원가(천원/m)	-	-	-	7.4	132.1	-	
	단가 (천원/m. %)	차도	-	-	-	0.9	19.5	-
		보도	-	-	-	-	-	-

*: 가로유형 및 녹화방법별 녹시율 증진 효과는 표 4 참조

효과를 비교 검토하여, 서울시 가로 녹시율의 적정 목표 수준과 증진방법을 제시하였다. 이 과정에서 가로경관 구성요소 분석, 가로경관 구성요소별 가로경관 증진 기회요소 도출, 가로유형별 녹시율 증진 대안 마련, 대표가로 선정 및 정보수집, 시뮬레이션을 위한 대표가로 컴퓨터 3D 모델 제작, 가로유형별 녹시율 증진 대안별 3D 가로경관 시뮬레이션, 대안별 녹시율 증진 효과 산

출, 가로 녹시율 목표 수준의 설정 등이 성공적으로 이루어졌다. 이 연구의 가장 큰 의의는 가로 녹화정책의 새로운 정량적 지표로 제시된 가로 녹시율을 기준으로 서울시가 달성 가능한 적정 수준을 제시한 것이라고 할 수 있다.

이 연구는 녹시율을 본격적으로 다룬 연구 중에서는 조용현 등(2006)에 이어 국내 두 번째의 연구로서 향후 이 분야 연구 발전에 초석이 될 수 있을 것으로 기대되

나, 제한된 자원으로 인하여 몇 가지 한계를 가진다는 점을 밝히지 않을 수 없다. 먼저 표본수의 제약을 고려할 때 서울시 전역에 대한 일반화에는 한계가 있다. 그리고 가로의 형성과 변화가 광역적이고 장기적인 자연적 요인이 아닌 국지적이고 단기적인 인위적 요인에 의해 지배되어, 가로별 여건이 크게 다르기 때문에, 가로 유형별 현황 특성의 일반화에는 한계가 있을 수밖에 없다. 따라서 가로 녹시율 문제의 진단과 처방에 있어서 가로유형별 일반적 특성보다 해당 가로의 현장특성이 더 중요하므로, 서울시의 가로 녹시율 증진방안을 구체화하고 지역적으로 실천하기 위해서는 조속히 서울시 전역의 가로를 대상으로 가로 녹시율 전수조사가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시된 가로 녹시율 목표 수준은 기술적으로 손쉽게 달성 가능한 수준에서 제안되었다. 가로 녹시율이 인간의 시지각에 호소하는 감각 지표임을 감안할 때, 정작 인간의 감각적 선호도와 관계를 규명하고 인간의 선호도와 연계시켜 인간의 바람에 부응하는 적정 수준을 찾는 연구가 필요하다. 이것이 가장 시급한 향후 연구 과제라 할 것이다.

인용문헌

- 김중하, 최창길(1998) 경관 시뮬레이션에 있어 컴퓨터그래픽의 지원수법에 관한 연구. 동양대학교 논문집 4: 39-50.
- 김충식(1998) 컴퓨터 애니메이션을 이용한 도시 가로경관의 평가기법 연구. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
- 노현진(2002) 도시경관 시뮬레이션 기법 비교. 서울산업대학교 산업대학원 석사학위논문.
- 박광수(2000) 환경영향평가서의 경관 시뮬레이션에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 유상건, 임창영(1997) 농어촌지역계획에 있어서 경관 시뮬레이션기술의 응용 II. 농공기술 54: 107-122.
- 이주형, 강승호(1992) 경관 시뮬레이션 기법을 이용한 조망분석에 관한 연구: 옥수 제8구역 재개발 사업지구를 사례대상으로. 국토계획 65: 193-207.
- 이주형, 강승호(1994) 경관 Simulation 기법을 이용한 환경계획·설계의 적용에 관한 연구: 컴퓨터 그래픽 기법을 중심으로. 환경과학논문집 15: 41-52.
- 임창영(1997) 경관 시뮬레이션 기술개발. 농어촌공사 118: 76-79.
- 조동범(1996) 컴퓨터 그래픽스를 이용한 경관 시뮬레이션에 있어서 지형상의 구조물 형상 입력과 가시화 방법에 관한 연구. 한국조경학회지 24(3): 29-41.
- 조용현(2003) 가로 녹시율 증진방안. 서울: 서울시정개발연구원.
- 조용현, 정용문, 김광동(2006) 녹지량 지표로서 녹시율 개념을 도입한 서울시 가로 환경 특성 분석. 한국조경학회지 34(1): 1-9.
- 주신하, 임승빈(1998) 경관 시뮬레이션 기법에 관한 연구: 현상음과 동화상의 효과를 중심으로. 한국조경학회지 26(3): 312-320.
- 최봉문, 강병기(1992) CAD를 활용한 도시경관 시뮬레이션과 건축물 규제방안에 관한 연구. 국토계획 63: 73-92.
- 허준(2001) 인터넷과 슬라이드를 이용한 경관평가방법의 비교. 한국조경학회지 29(5): 20-27.
- 中島 宏(2001) 道路緑化ハンドブック. 東京: 山海堂.

원 고 접 수: 2006년 1월 4일
 최종수정본 접수: 2006년 6월 13일
 3 인 의 명 심 사 필