

# 3차원 동적 시뮬레이션을 활용한 가로수 식재양식별 가로경관 특성

신재윤\* · 정성관\*\* · 김경태\*\*\* · 김동석\*\*\*\*

\*경북대학교 대학원 조경학과 · \*\*경북대학교 조경학과 · \*\*\*부산교육대학교 실과교육학과 · \*\*\*\*(주)랜드아트

## I. 서론

가로수는 도로와 함께 조성되는 선형녹지로서 도시 녹지축 연결과 더불어 부족한 녹지 확보 및 경관 형성을 위한 중요한 가로구성요소로서 주변 환경 또는 계획의도에 따라 다양한 형태로 조성이 가능하다(성현찬과 민수현, 2003; 서울특별시, 2007). 과거 도시의 양적 팽창에 치중하던 시기의 가로수는 단순히 의무식재 대상으로 인식되었지만, 근래에는 도시민의 의식과 생활수준의 향상과 함께 도시녹지네트워크 구축을 통한 녹지 확보 및 연결의 역할, 미기후 조절, 야생동물 서식처로서의 기능, 가로경관미의 향상 등 그 역할이 확대되어가고 있다(변혜옥, 2009). 특히, 가로수를 통한 경관미의 향상은 도시 브랜드화 사업 등과 연계되어 아름답고 쾌적한 도시환경 형성에 중요한 요소라 할 수 있다(박용진과 김태경, 2000). 그러나 현재의 가로수 조성은 가로경관의 질을 향상시키는 것보다는 녹량 증진을 위한 가로수의 양적인 증가에 치중되어 지역의 특성을 반영하지 못하고 단순히 도로의 부속물로서 계획하는 경우가 대부분이다.

가로수 조성과 가로경관의 선호도에 관한 연구를 살펴보면, 박경모(2006)와 정대영(2008)은 가로수 식재유형을 분류하고 다양한 가로경관 사진을 바탕으로 식재 유형별 경관이미지와 시각적 만족도를 분석하여 가로경관 평가에 영향을 미치는 식재 유형, 가로경관 구성요소 등에 대하여 연구하였다. 정대영과 신연동(2009)은 식재비율에 따른 가로경관의 특성과 선호도를 가로경관 사진 내 식재 비율과 관련지어 분석하였다.

이러한 연구들은 가로수가 식재된 다양한 가로의 평면적인 사진을 대상으로 평가되어 주변경관의 영향을 통제된 가로공간 내에서 입체적으로 식재되는 가로수의 식재 유형 및 간격 등에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 식재 양식과 같은 변인의 정확한 제어와 예측은 주로 사진조작, 슬라이드 등과 같은 경관 시뮬레이션을 활용하고 있다(이임정, 2010). 이는 현장성과 실험의도를 표현하기에 적합하며, 현장관찰과 경관 시뮬레이션을 통한 관찰 사이에는 높은 관계가 있는 것으로 연구되어 이를 이용한 물리적 경관의 시뮬레이션 사용은 타당성이 높다고 할 수 있다(Daniel and Boster, 1976; Dunn, 1976; Shu-

ttleworth, 1980).

따라서 본 연구는 가로공간의 간접체험을 높여주고 가로경관요소의 제어 및 변경이 가능한 3차원 동적 시뮬레이션을 활용하여 가로식재양식에 따른 가로경관의 심리요인과 그에 따른 선호도의 영향 정도를 파악하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상지

본 연구의 대상지는 대구광역시의 대표적인 관문도로이며, 동대구로 디자인 개선사업과 가로녹지사업 예정지구인 동대구로를 선정하였다. 이 중 대구MBC방송국에서 대구지방법원에 이르는 공간을 가상현실로 구축하고 1블록 거리(110m)를 대상으로 동적 시뮬레이션 하였다. 이 구간은 폭 8m의 비교적 넓은 보행로에 가로 시설물과 1열 식재된 은행나무가 가로수로 배치되어 있다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 평가항목 선정

식재양식에 따라 가로경관에서 느껴지는 심리적 영향을 평가하기 위해 가로경관에 대한 선행 연구(김충식과 이인성, 1999; 정성구, 2001; 이시재, 2003; 주신하, 2003; 김세희, 2007; 김영희, 2007; 정대영, 2008; 김지혜, 2009; 이상기, 2009; 장효영, 2010; 서승원, 2010)에서 사용된 경관형용사를 토대로 사용 빈도가 높으며, 대상지 가로경관의 이미지를 표현하기에 적합하

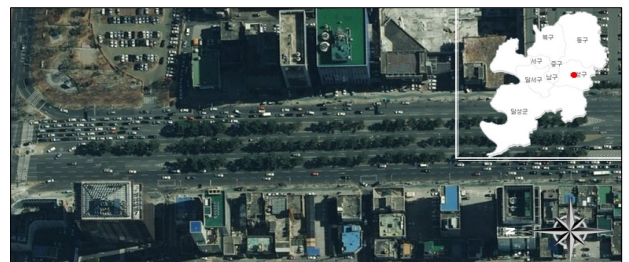


그림 1. 연구 대상지

표 1. 가로경관 분석 형용사

경관 형용사쌍			
불쾌한	-	쾌적한	단순한 - 복잡한
좁은	-	넓은	식상한 - 흥미로운
인공적인	-	자연적인	단절된 - 연속적인
부조화로운	-	조화로운	낯선 - 친근한
어수선한	-	정돈된	추한 - 아름다운
불안정한	-	안정적인	불규칙적인 - 규칙적인
획일적인	-	다양한	

다고 판단되는 형용사 13쌍을 최종 선정하였다(표 1 참조).

가로수 식재양식의 물리적 평가항목은 가로경관평가 선행 연구(김대현, 2001; 황세현, 2001; 이상규, 2002; 이시재, 2003; 박정만, 2004; 박경모, 2006; 김지희, 2008)에서 사용된 물리적 평가항목을 수집·분류하였다. 그 중 가로수에 관련된 평가항목에서 대상지 가로수의 식재양식을 평가하기에 적합하다고 판단되는 가로수의 수량, 녹음, 식재 유형 및 간격 등을 선정하였다.

### 2) 가로수 식재양식 선정

대상지의 가로 폭 8m에 적용 가능한 식재 유형은 가로수 1열 식재와 가로수량 증대를 위한 2열 식재로 구분하였으며, 세부적으로는 가로수 식재 위치에 따라 1열 차도측 식재, 1열 중앙 식재, 2열 병렬 식재, 2열 교호 식재 유형으로 선정하였다.

가로수 식재 간격은 가로수 조성의 법적기준과 선행 연구 사례(신현탁, 1995; 박태근 외, 2000; 성현찬 외, 2002; 백재봉 외, 2003), 은행나무의 적정 식재 간격에 대한 연구(이옥하와 이경재, 1999)를 바탕으로 4m, 7m, 10m의 간격으로 선정하였다.

### 3) 가로경관의 동적 시뮬레이션

본 연구에서 사용한 가로경관 시뮬레이션은 대상지 가로에

표 2. 가로수 식재양식

식재양식	구분	
식재 유형	1열	차도측 식재
		중앙 식재
	2열	병렬 식재
		교호 식재
식재 간격	4m	
	7m	
	10m	

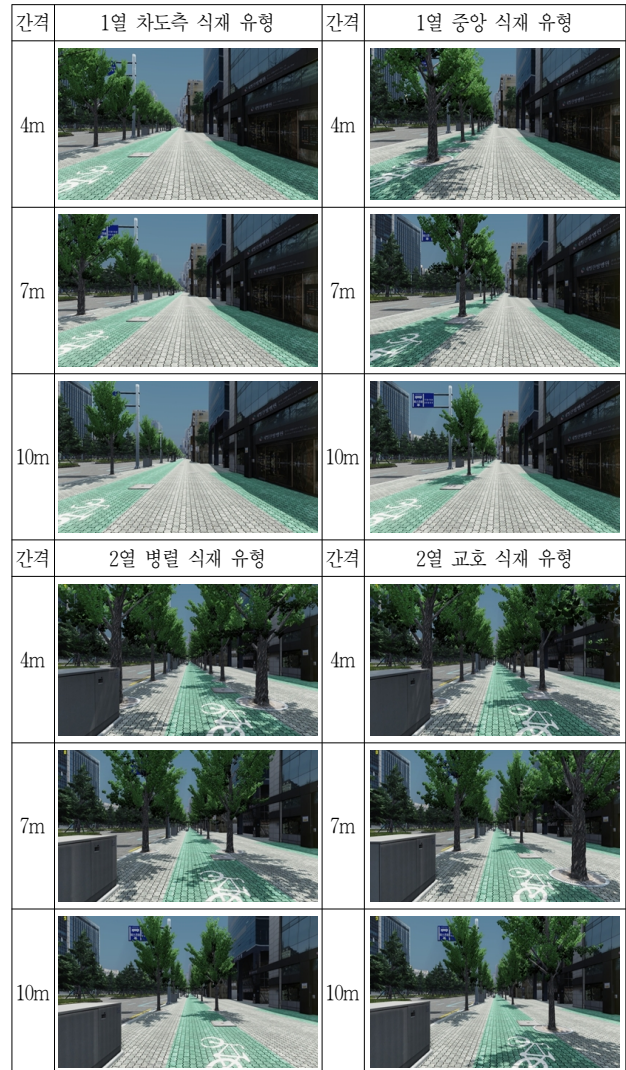


그림 2. 식재 양식별 동적 시뮬레이션 이미지

대한 체험을 높여줄 수 있도록 실제 경관과 유사하게 구축하였다. 이를 위해 대상지의 정확한 치수를 적용할 수 있는 1:5,000의 수치지형도 CAD도면을 사용하여 지형, 도로형태, 건축물의 위치 및 배치정보를 수집하였다. 모델링 소스는 실제 경관을 50mm 렌즈가 장착된 카메라로 촬영 후 Adobe Photoshop CS5 (Adobe Systems Inc., 2010)를 이용하여 mapping 자료로 제작하였다. 가로구성요소의 3차원 모델링은 3ds Max Ver. 2012 (Autodesk Inc., 2011)를 사용하였으며, 가상공간 내 실시간 렌더링이 가능한 Unreal Development Kit beta(Epic Games Inc., 2011)를 활용하여 건축물 및 가로수 등의 가로구성요소를 배치하였다. 카메라의 시점은 50mm 렌즈가 장착된 카메라를 사람의 눈높이(1.5m)로 정면을 바라보며 이동시켰다. 이때, 이동 속도는 인간이 보행 시 자연스러운 속도인 평균 4~6km/hr로 설정하는 것이 이상적이지만, 가로수 식재 양식에 대한 파악과 동시에 효율적인 설문시간을 위해서 40초 이내에 이동경로를

이동하도록 설정하였다. 동적 시뮬레이션은 식재양식별로 총 12개의 동영상으로 추출하였다(그림 2 참조). 추출된 동영상은 경북대학교 조경학과 대학원생을 대상으로 실제 대상지와 유사성을 측정한 결과, 차량 및 가로이용자에 의한 차이를 제외한 가로의 물리적 현황은 실제 경관과 유사한 것으로 나타나 이를 활용하여 가로경관 평가가 가능할 것으로 판단되었다.

#### 4) 설문조사 및 분석 방법

설문조사는 2011년 8월 22일부터 9월 9일까지 경관 평가에 대한 이해도, 실험통제의 용이성 등을 고려하여 식재양식별 가로경관을 이해하고 평가하는데 어려움이 없는 대학생(경북대학교와 부산교육대학교)을 대상으로 실시하였다. 설문방법은 설문에 앞서 평가 및 진행방법에 대한 설명으로 평가자가 설문을 작성하는데 어려움이 없도록 하였으며, 265×152cm의 스크린 크기에서 피험자와 스크린 사이의 간격은 3~5m로 최대한 정면에서 감상하도록 하였다. 동영상 평가 전 12장의 시뮬레이션 경관이미지를 5초간 영사하여 평가자들에게 식재양식별 가로경관의 전체적인 파악이 가능하도록 하였다. 동영상은 랜덤선정으로 동영상 순서에 의한 영향을 최소화하였으며, 평가는 동영상을 1회 감상한 후 반복 재생되는 동안 경관형용사 및 선호도를 7단계 어의구별척도와 리커트 척도로 각각 평가하였다.

설문의 분석은 회수된 설문지 중 누락된 항목이 있거나 불성실한 답변, 오류 기재 등을 제외한 140부에 대해 SPSS Statistics Ver.17(SPSS Inc., 2008)을 사용하여 통계분석하였다.

분석 방법은 기술통계분석과 분산분석(ANOVA)을 실시하여 식재양식별 가로경관 이미지와 각 가로경관별 선호도 차이를 파악하였다. 식재 양식별 선호도와 심리요인과의 관계성 분석은 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 이용하여 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 가로경관의 이미지 및 선호도 분석

가로경관에 대한 이미지 특성 및 선호도 파악을 위해 13쌍의 경관형용사를 이용한 이미지 분석과 식재양식별 선호도 분석을 실시하였다(표 3 참조). 식재양식에 대해 전체적으로 살펴보면, 식재 유형에 따른 경관 이미지는 가로수 1열 보다는 가로수의 수량이 증가된 2열 식재로 조성될수록 '쾌적한', '자연적인', '조화로운', '다양한', '복잡한', '흥미로운', '아름다운' 등의 이미지가 높게 평가되는 것으로 나타났다. 식재 간격의 경우 4m 식재 간격은 '복잡한', '흥미로운'의 이미지 평가치가 가장 높게 나타났다. '자연적인', '조화로운'의 이미지는 7m 식재 간

표 3. 가로경관의 심리이미지 및 선호도

식재양식 경관형용사	1열 차도측			1열 보도중앙			2열 병렬			2열 교호		
	4m	7m	10m	4m	7m	10m	4m	7m	10m	4m	7m	10m
불쾌한 쾌적한	5.01	4.78	4.14	3.88	4.56	4.11	4.91	5.21	4.74	5.08	5.39	4.81
좁은 넓은	4.47	5.50	5.89	3.04	4.46	5.37	2.66	4.73	5.49	3.18	5.09	5.71
인공적인 자연적인	3.77	4.08	3.45	3.05	3.63	3.44	3.75	4.37	3.86	4.46	4.72	4.14
부조화로운 조화로운	4.45	4.46	3.64	3.33	4.00	3.49	4.26	4.87	4.13	4.58	5.04	4.11
어수선했 정돈된	5.12	5.09	4.32	3.71	4.24	3.91	4.01	5.04	4.53	4.02	5.04	4.17
불안정한 안정적인	5.21	4.90	3.94	3.64	4.24	3.84	4.69	5.14	4.47	4.33	4.95	4.15
획일적인 다양한	3.06	3.03	3.06	3.19	3.41	3.10	3.81	3.75	3.36	4.71	4.64	3.98
단순한 복잡한	2.96	2.72	2.71	3.46	3.21	2.83	4.28	3.61	3.11	4.66	4.10	3.52
식상한 흥미로운	2.92	2.89	2.76	4.14	3.91	3.45	4.69	4.31	3.62	5.01	4.72	3.93
단절된 연속적인	4.58	4.28	3.53	4.05	4.24	3.59	4.92	4.84	4.09	4.95	4.94	4.15
낯선 친근한	5.13	4.69	3.91	3.17	3.77	3.40	4.24	4.59	4.13	4.47	4.74	4.22
추한 아름다운	4.66	4.35	3.91	3.99	4.22	3.74	4.94	5.03	4.29	5.04	4.94	4.39
불규칙적인 규칙적인	5.85	5.34	4.83	5.12	4.79	4.54	5.54	5.31	4.91	4.67	4.91	4.53
선호도	4.64	4.19	3.29	3.71	4.06	3.39	4.61	4.91	4.00	4.79	5.01	3.99

격에서 평가치가 가장 높게 나타났으며, 10m 간격은 '넓은'의 이미지가 가장 높게 평가되는 것으로 나타났다.

1열 식재 유형 중 차도측 식재는 일반적인 가로에서 볼 수 있는 식재 유형으로서 '규칙적인', '넓은', '정돈된', '친근한' 등의 이미지가 높게 평가된 반면, '복잡한', '흥미로운', '다양한'의 이미지는 낮은 평가치를 나타내었다. 반면, 보도중앙 식재는 주로 넓은 보행자도로에서 보행방향을 분리시킬 목적으로 식재되는 유형으로 '규칙적인'의 이미지가 가장 높게 평가되었고 '조화로운', '안정적인', '친근한' 등의 이미지는 낮게 나타났다.

2열 식재 유형의 경우 병렬 식재는 '다양한', '복잡한', '흥미로운', '연속적인', '규칙적인'의 이미지가 식재간격이 넓어짐에 따라 평가치가 낮아지는 경향이 있는 것으로 분석되었다. 교호 식재는 대부분의 이미지가 중간값 이상의 평가치를 나타내고 있었는데 특히, '다양한', '복잡한'의 이미지에서 그 특징이 두드러지게 나타났다.

#### 2. 식재양식별 선호요인 분석

표 4. 식재양식별 다중회귀분석

			경관형용사											R <sup>2</sup>	F			
			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11			X12	X13	
식재 유형	1월	차도측 식재	표준화 계수	0.418**	-0.083*	0.081*	-	-	-	0.087*	-	-	-	0.168**	0.211**	0.094*	0.564	76.008**
		회귀식	Y = -0.232 + 0.417X <sub>1</sub> + 0.243X <sub>12</sub> + 0.150X <sub>11</sub> + 0.079X <sub>7</sub> + 0.093X <sub>13</sub> - 0.074X <sub>2</sub> + 0.069X <sub>3</sub>															
	보도중앙 식재	표준화 계수	0.289**	-	-	0.105*	-	0.110*	0.101**	-	0.104*	0.095*	-	0.196**	-	0.515	62.552**	
		회귀식	Y = 0.147 + 0.262X <sub>1</sub> + 0.213X <sub>12</sub> + 0.088X <sub>4</sub> + 0.090X <sub>9</sub> + 0.101X <sub>7</sub> + 0.071X <sub>10</sub> + 0.091X <sub>6</sub>															
	2월	병렬 식재	표준화 계수	0.335**	-	0.102*	0.148**	-	-	-	-	0.125**	-	-	0.226**	-	0.543	98.442**
			회귀식	Y = 0.248 + 0.341X <sub>1</sub> + 0.250X <sub>12</sub> + 0.135X <sub>4</sub> + 0.110X <sub>9</sub> + 0.081X <sub>3</sub>														
	교호 식재	표준화 계수	0.435**	-	-	0.225**	-	-	-	-	-	0.092**	-	0.221**	-	0.649	192.195**	
		회귀식	Y = -0.340 + 0.465X <sub>1</sub> + 0.250X <sub>12</sub> + 0.209X <sub>4</sub> + 0.089X <sub>10</sub>															
식재 간격	4m	표준화 계수	0.427**	-	-	0.173**	-	0.070*	0.071*	-	-	-	-	0.200**	-	0.599	165.795**	
		회귀식	Y = 0.439 + 0.394X <sub>1</sub> + 0.218X <sub>12</sub> + 0.154X <sub>4</sub> + 0.057X <sub>7</sub> + 0.062X <sub>6</sub>															
	7m	표준화 계수	0.359**	-	-	0.114**	0.098**	-	-	-	0.120**	-	-	0.279**	-	0.576	150.300**	
		회귀식	Y = -0.036 + 0.371X <sub>1</sub> + 0.302X <sub>12</sub> + 0.104X <sub>4</sub> + 0.100X <sub>9</sub> + 0.094X <sub>5</sub>															
	10m	표준화 계수	0.315**	-	0.175**	0.107**	-	-	-	-	0.093**	0.106**	-	0.192**	-	0.543	109.452**	
		회귀식	Y = -0.030 + 0.299X <sub>1</sub> + 0.143X <sub>3</sub> + 0.085X <sub>10</sub> + 0.083X <sub>9</sub> + 0.094X <sub>4</sub>															

X1: 불쾌한-쾌적한; X2: 좁은-넓은; X3: 인공적인-자연적인; X4: 부조화로운-조화로운; X5: 어수선한-정돈된; X6: 불안정한-안정적인; X7: 획일적인-다양한; X8: 단순한-복잡한; X9: 식상한-흥미로운; X10: 단절된-연속적인; X11: 낯선-친근한; X12: 추한-아름다운; X13: 불규칙적인-규칙적인  
 \*: p<0.05, \*\*: p<0.01

가로경관의 가로수 식재양식별 선호도에 영향을 미치는 경관형용사 분석을 위해 단계선택법에 의한 다중회귀분석을 실시하였다(표 4 참조). 각 식재양식 중 회귀식의 설명력은 2월 교호 식재 유형이 64.9%로 가장 높게 나타난 반면, 1월 보도중앙 식재의 경우 51.5%의 설명력으로 가장 낮게 나타났다.

다중회귀분석 결과, '불쾌한-쾌적한'과 '추한-아름다운'의 이미지는 모든 식재양식에서 선호도에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 '단순한-복잡한'의 이미지는 선호도에 영향을 거의 미치지 않는 것으로 분석되었다. 식재 유형 중 1월 식재와 2월 식재는 '획일적인-다양한'의 이미지에서 선호도에 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 식재 유형에 따른 심리 이미지 분석 결과에서 나타난 바와 같이 2월 식재에 비해 1월 식재의 '다양한' 이미지가 낮으므로 대상지가로에 가로수를 1월로 식재할 경우 이를 보완할 수 있는 경관 연출이 필요할 것으로 판단된다. 2월 식재의 경우 병렬 식재는 가로경관 이미지 분석 결과를 바탕으로 비교해 볼 때, 교호 식재에 비해 인공적인 느낌이 강하므로 가로수 하부식재 구성과 같은 자연성을 높여줄 수 있는 연출을 통해 병렬 식재 유형을 보완할 수 있을 것으로 판단된다. 식재 간격을 비교해 보면, 10m 식재 간격은 타 간격에 비해 선호도가 낮게 평가된 것으로 미루어볼 때, '자연적인'과 '연속적인'의 이미지를 보완할 수 있는 가로수 사이의 하부식재, 가로띠녹지 조성 등을 통한 경관연출이 선호도 향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

#### IV. 결론

본 연구는 3차원 동적 시뮬레이션을 활용하여 동대구가로의 가로수 식재 양식에 따른 가로경관 특성을 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

식재 양식별 전체 선호도를 살펴보면, 식재 유형에서는 2월 교호 식재가 가장 높은 선호도를 나타낸 반면, 1월 보도중앙 식재의 선호도는 가장 낮게 평가되었다. 이는 가로수량의 증가에 따라 '쾌적한'과 '아름다운', '조화로운'의 이미지가 선호도에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 가로수의 식재 간격은 법적기준에 따라 가로수를 조성하여 왔으나, 이용자 체험을 통해 선호되는 식재 간격을 파악하였다. 그 결과 4m와 7m 식재 간격의 선호도 차이는 없는 것으로 나타났으나, 평가치는 7m의 식재 간격의 선호도가 높았다. 10m 식재 간격은 중간값 이하의 선호도로 타 간격에 비해 낮게 평가되는 것으로 나타났다.

본 연구는 가로경관 개선을 위해 가로공간에 대한 파악이 가능하도록 3차원 동적 시뮬레이션을 활용하였다. 3차원 시뮬레이션은 가로경관 구성요소의 모델링 구축 이후, 가로수 수종 및 수형의 변경, 시점 및 이동속도 변화, 가로구성요소의 변경 등 다양하고 지속적인 연구가 가능하다. 따라서 향후 여러 가로유형과 폭을 대상으로 가로경관 구성요소의 변화에 대한 이용자평가를 진행한다면 이용자중심의 가로경관개선이 가로계획의 합리적 기준을 마련하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## 인용문헌

1. 박경모(2006) 가로 식재유형에 따른 보행경관에 관한 연구: 강남구 가로경관을 중심으로. 경희대학교 대학원 석사학위논문.
2. 박용진, 김태경(2000) 가로수 식재체계 수립. 한국조경학회지 28(5): 93-103.
3. 변혜옥(2009) 서울시 가로경관 특성화와 녹량 증진을 위한 가로녹지 설계. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
4. 서울특별시(2007) 가로수 조성·관리 기본 계획.
5. 성현찬, 민수현(2003) 도시녹지의 기능 및 효과에 대한 실증적 연구. 한국조경학회지 31(2): 48-57.
6. 이옥하, 이경재(1999) 조경수목의 생육환경을 고려한 적정 식재간격의 연구. 한국환경생태학회지 13(1): 34-48.
7. 이임정(2010) 조망경관 평가를 위한 시뮬레이션의 신뢰도 제고 연구: CG 작업의 단계별 기준 설정을 중심으로. 서울산업대학교 대학원 석사학위논문.
8. 정대영(2008) 가로수 식재 유형에 따른 보도의 시각적 특성평가: 대전광역시를 대상으로. 한국환경복원녹화기술학회지 11(6): 49-60.
9. 정대영, 신언동(2009) 식재비율에 따른 가로경관의 시각적 특성 및 선호도 분석. 청주대학교 산업과학연구 27(1): 1-8.
10. Daniel, T. C., and R. S. Boster(1976) Measuring landscape esthetics: The scenic beauty estimation method. USDA Forest Service, Research Paper RM-167, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U. S. Dept. of Agriculture.
11. Dunn, M. G.(1976) Landscape with photographs: testing the preference approach to landscape evaluation. J. of Environmental Management 11: 15-26.
12. Shuttleworth, S.(1980) The use of photographs as an environment presentation medium in landscape studies. J. of Environmental Management 11: 61-76.