

# 도시 수목식재와 미기후 개선의 상관성 구명

조현길\* · 안태원\*\*

\*강원대학교 산림경영·조경학부 · \*\*강원대학교 대학원 조경학과

## Exploring Relationships between Urban Tree Plantings and Microclimate Amelioration

Jo, Hyun-Kil\* · Ahn, Tae-Won\*\*

\*Division of Forest Management and Landscape Architecture, Kangwon National University

\*\*Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Kangwon National University

### ABSTRACT

The purpose of this study is to explore the effects of difference in urban tree plantings on microclimate amelioration, and to suggest essential information for quantifying urban energy budgets and energy savings. This study was focused on measuring and analyzing air temperature and relative humidity in summer.

Daytime air temperatures at places with 8%, 24%, 44%, 79%, and 100% cover of woody plants were, respectively, 0.6°C, 1.3°C, 2.4°C, 3.5°C, and 4.8°C cooler, compared to a place with 0% cover. A 10% increase of woody plant cover was estimated to reduce the temperature by approximately 0.55°C. The temperature reduction effects were relatively greater between places with lower cover of woody plants than between those with higher cover.

Woody plant cover and crown volume were the appropriate indicators which quantified the effects of tree plantings on air temperatures, based on the correlation analysis. Regression equations to estimate temperature change ( $Y$ : °C) using woody plant cover ( $X_1$ : %) or crown volume ( $X_2$ : m<sup>3</sup>) as independent variables are as follows:

$$\ln Y = 3.3233 - 0.0018X_1 \quad (r^2 = 0.99, p < 0.0001)$$

$$Y = 27.5297 - 0.0019X_2 \quad (r^2 = 0.96, p = 0.0007)$$

*Key Words: Summer Air Temperature, Tree Cover, Crown Volume, Regression Equation*

### I. 서론

도시 산업의 발달, 도시로의 인구 집중, 이에 따른 교

통량 및 에너지 사용량의 증가는 도시의 기후요소에 영향을 미치고 도시 특유의 기후를 형성하게 한다. 도시 기후 특성 중 가장 뚜렷한 것은 도시화에 따른 대기 온

도의 변화로서 도심의 온도가 주변 지역보다 높게 나타나는 도시 열섬 현상이다(윤일희 등, 1994). 도시 열섬 현상은 토지 피복 상태, 차량 및 공장으로부터의 열 방출, 기상 조건, 대기 오염 등 여러 요소들의 상호작용의 결과로 나타난다(Akbari *et al.*, 1992; Givoni, 1998). 이 현상은 무더운 여름철 시민의 더위 스트레스를 증가시키고, 냉방 에너지 소비의 상승을 초래하여 대기 오염 물질의 배출을 가중시킨다.

도시의 에너지 수지(energy budget)는 직달 일사량, 산란 복사량 및 인공 발생 에너지를 합한 것이 증발산 에너지(잠열: latent heat), 현열(sensible heat) 및 표면 저장 에너지를 합한 것과 같다고 해석된다(Douglas, 1983). 도시에서는 식생과 토양 대신 콘크리트 건물, 아스팔트 포장 등 인공 구조물이 우점하며, 도시에 유입된 태양 에너지는 녹지의 증발산, 흡수 등 생태 기능이 상대적으로 제한된 상황에서 인공 구조물의 열 축적 및 방사에 의해 폐열로 대기에 잔존하게 된다. 또한 공장 가동, 건물 냉난방, 자동차 운행 등의 필요로 도시에 도입된 화석 연료의 소비는 폐열의 배출을 수반한다. 폐열은 곧 도시의 대기 온도를 높여 열섬 현상에 일조하고, 냉방 에너지 소비를 가중시키는 악순환을 초래한다. 미국 St. Louis 도심의 여름철 대기 온도는 교외 지역보다 하루 중 1~4℃ 더 높았고, 온도 1℃ 상승은 미국 전체의 최대 냉방 전력 요구를 약 4% 증가시키는 것으로 나타났다(Akbari *et al.*, 1992).

인공 구조물이 우점하는 도시에서 녹지는 증발산 기능을 통해 도시 대기를 가열하는 현열을 잠열로 전환하여 대기 온도를 낮춘다. 또한 수목은 인공 구조물에 도달하는 태양 복사를 차단하거나 흡수하여 구조물 표면의 저장열에 의한 온도 상승을 저지한다. 이러한 증발산 및 차양 기능은 폐열 발생과 열섬 현상을 제어하여 무더운 여름철 시민의 더위 스트레스를 완화하고, 건물 냉방 에너지를 절약하여 대기 오염 물질의 배출을 저감시킨다. 싱가포르에서 가을철 하루 옥상의 열 유입량(heat gain)은 불투수면 366kJ/m<sup>2</sup>, 녹화면 0~29kJ/m<sup>2</sup>로서 현저한 차이를 보였다(Wong *et al.*, 2003). 또한, 국외 연구들(Huang *et al.*, 1987; Profous, 1992)은 수목 피도 10% 증가는 여름철 온도를 0.5~1℃ 감소시킴을 보고한 바 있다.

국내 관련 연구로는 조현길과 안태원(1999a)이 도시 수목의 증산량 및 토지 피복 재료의 알베도를 측정하고 도시 녹지에 의한 온도, 습도 등 미기후 개선의 기능을 구명하였다. 박인환 등(2000)은 대구시를 사례로 원격 탐사(RS)와 지리 정보 시스템(GIS)을 활용하여 도시 열섬을 완화시키는 매개체인 도시공원, 하천 등의 온도 완화 및 완화 거리를 평가하였다. 조현길과 野島義照(2000)는 수목 피도가 12%인 주거 지구의 대기 온도가 수목부재 지구보다 2년의 생장 기간 평균 0.5℃ 더 낮았고, 피도 22% 지구의 경우는 1.2℃ 더 낮음을 보고하였다. 김수봉과 김해동(2002)은 플라타너스를 대상으로 미기상학적 관측을 실시하고 열수지 및 복사 수지 해석을 통해, 가로수의 증산 작용으로 소모하는 에너지가 여름철 온도 저감에 미치는 영향을 파악하였다. 주민진 등(2004)은 열면적 지수가 상이한 수목이 형성하는 그늘에서 녹음수의 태양 복사 차양에 의한 체감 온도 지수 저감 효과를 평가하였다.

이와 같이 다각적 접근을 통해 도시 수목에 의한 열섬 완화 효과를 정량적으로 밝히고, 도시 내 수목식재의 환경적 혜택과 필요성을 강조하는 연구가 수행되어 왔다. 그러나, 수목식재량의 다소에 따른 미기후 개선 효과의 경향을 정량적으로 구명한 사례는 미흡한 것으로 보인다. 기존 일부 연구들도 대개 낮은 수목 피도를 대상으로 수행한 결과이고, 다양한 수목식재량의 차이를 반영하지 못한 한계가 있다. 본 연구의 목적은 수목식재량의 차이가 도시의 여름철 미기후 개선에 미치는 효과를 파악하여 기존 연구 결과를 검증하고, 도시 에너지 수지 및 냉방 에너지 절약을 구명하는 기초 정보를 구축하는 것이다. 본 연구에서, 미기후 요소는 대기 온도 및 습도의 실측과 분석에 초점을 두었다.

## II. 연구방법

춘천시에서 예비 조사를 통해, 우선 녹지 면적 차이를 토대로 다수의 미기후 측정 지점을 선정하였다. 이들 중 수목 효과 측정 및 해석의 신뢰성과 타당성을 감안하여, 하천에 의한 온도 완화 영향 거리 315m(박인환 등, 2000)를 근거로 반경 300m 이내에 하천, 호수 등이 분포하는 지점은 제외하였다. 그리고, 활엽수와

침엽수의 온도 저감 차이를 고려하여 모두 활엽수가 우점하는 지점을 선정하였다. 측정 지점은 미기후에 영향을 미칠 수 있는 표면 재료와 풍향을 반영하여, 대체로 도로의 폭과 방향, 인접 건물의 높이가 유사한 도로변을 선정하였다. 총 6개의 측정 지점을 최종 선정하였으며, 이들 중 3개소는 녹지 면적이 상대적으로 적은 도심에, 나머지 3개소는 녹지가 비교적 풍부한 강원대학교 구내에 위치하였다.

선정 지점을 실사하여 직경 30m의 원내에 분포하는 녹지 면적, 수목 피도, 수관 체적, 표면 재료 유형별 면적 등을 실측하였다. 각 지점의 지상 3m 높이에 자동 기상 측정기(Campbell Scientific Inc. Tripod Weather Station: Sato R-704)를 설치하고, 7월 하순, 8월 중순, 9월 중순의 맑은 날 3회에 걸쳐 하루 24시간 동안 대기 온도, 습도, 풍향, 풍속 및 광도를 6개 지점에서 동시에 측정하였다. 본 측정은 여름철을 대상으로 하였으나 8월 하순의 빈번한 강우로 인해 9월 중순으로 대체하였다. 기기 간 온도 및 습도의 현장 실측 결과는 실측 직전 동일 환경 조건 하에서 24시간 동안 측정된 자료를 비교하여, 수목 피도 0% 지점의 설치 기기를 기준으로 편차를 산출하여 보정하였다.

측정 지점 주변에 분포하는 주요 표면 재료별 알베도(albedo)와 표면 온도를 측정하였다. 알베도는 Pyranometer(LI-COR LI-200SA)로 측정하였고, 이들 측정은 8월 중순 미기후 측정 시 오전 9시, 정오 및 오후 3시경의 3회(매회 5반복)에 걸쳐 실시하였다.

실측 결과를 토대로, 수목식재량의 차이에 따른 대기 온습도의 변화를 비교 분석하고, 여름철 저감 온도 변화를 추정하는 회귀모형을 유도하였다. 대기 온도를 종속변수로, 수목 피도, 수관 체적 등 수목식재량을 독립변수로 하되, 반복적인 선형 및 비선형 접근을 시도하여 가장 적합한 회귀식을 최종 도출하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 표면재료의 분포와 온도

측정 지점별 수목 피도는 0%, 8%, 24%, 44%, 79% 및 100%이었고, 직경 30m의 원내에 분포하는 수목의

표 1. 측정지점별 수목피도와 표면재료 분포비

수목피도 (%)	수관체적 (m <sup>3</sup> )	표면재료 분포비(%)				
		건물	아스팔트	콘크리트	잔디	나지
0	1.6	24.2	50.0	21.2	0.0	4.5
8	113.1	52.9	28.9	17.8	0.0	0.4
24	259.0	35.2	28.9	20.0	0.0	15.9
44	1,159.4	0.0	32.6	13.0	0.0	54.4
79	1,897.3	0.0	2.8	8.5	22.2	66.5
100	2,215.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

수관 체적은 피도가 낮은 지점부터 각각 2m<sup>3</sup>, 113m<sup>3</sup>, 259m<sup>3</sup>, 1,159m<sup>3</sup>, 1,897m<sup>3</sup>, 2,215m<sup>3</sup>인 것으로 나타났다. 표면 재료의 구성비는 수목 피도가 상대적으로 낮은 도심의 3개 지점에서 건물 24~53%, 아스팔트 포장 29~50%, 콘크리트 블럭 포장 18~21%이었다(표 1 참조). 수목 피도가 비교적 높은 강원대학교 구내 3개 지점의 경우에는 잔디를 포함한 나지가 54~100%로 우점하였다. 이들 6개의 측정 지점은 피도 0% 지점을 기준으로 최대 1.2km 이내에 분포하였다.

표면 재료의 평균 알베도는 밝은 화강석 벽면 0.35, 낮은 아스팔트 포장 0.15, 콘크리트 블럭 포장 0.18, 나지 0.29 등이었다. 즉, 밝은 색 계통의 표면 재료가 더 높은 알베도를 나타냈다. 표면 온도는 하루 중 평균 아스팔트 포장 37°C, 콘크리트 블럭 포장 36°C, 나지 29°C 등으로서, 증발의 효과를 보유하며 알베도가 더 높은 나지가 아스팔트 또는 콘크리트 포장보다 7~8°C 더 낮았다. 알베도가 낮은 무생물 표면 재료는 저장열이 많아 결과적으로 현열 발생을 야기하고 주변의 대기 온도를 상승시킨다.

#### 2. 수목식재량에 따른 온습도 변화

대기 온습도의 측정 시 함께 측정된 주간 광도는 4,274lm이었다. 풍속은 측정시기에 따라 최대 2.1~2.6m/s, 평균 0.4~0.6m/s로서 미풍이었고, 풍향은 북서풍과 남서풍이 우세한 것으로 나타났다. 그림 1은 수목 피도가 상이한 6개 지점에서 7월 하순, 8월 중순 및 9월 중순의 3회에 걸쳐 실측한 대기 온도와 습도의 하루 중

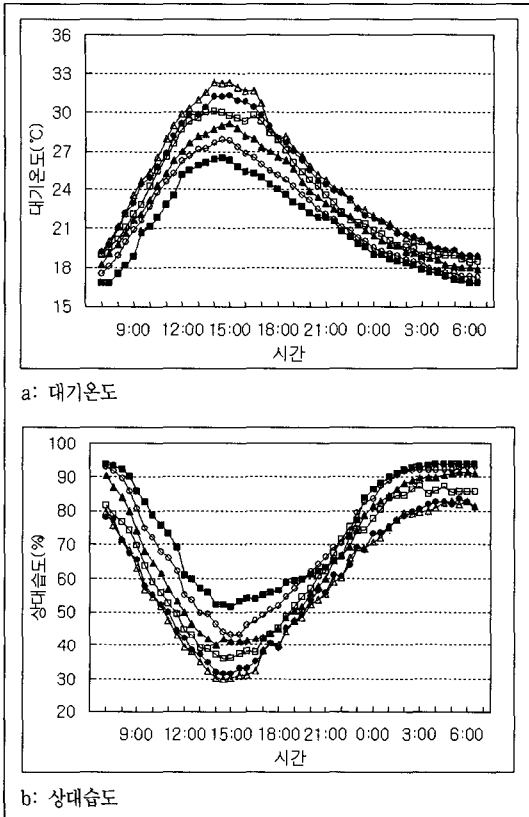


그림 1. 수목피도에 따른 하루 중 시간별 대기 온습도의 변화  
 범례: ▲ 0%    ● 8%    ▣ 24%  
          ▲ 44%    ○ 79%    ■ 100%

시간별 변화를 나타낸다. 수목 피도가 높을수록 온도는 하루 종일 상대적으로 더 낮았고, 야간보다는 주간에 그 차이가 더욱 큰 것으로 분석되었다. 최고 온도는 수목 피도 0%인 지점에서 평균 32.7℃, 피도 100% 지점 26.5℃로서, 피도 100%인 지점이 피도 0% 지점보다 6.2℃ 낮았다. 이 최고 온도차는 수목의 증산작용이 가장 활발한(조현길과 野島義照, 2000) 오후 2~3시경에 나타났으며, 최대시(peak time) 냉방 전력 부하를 저감하는데 일조함을 의미한다.

수목 피도에 따른 주간(오전 7시~오후 7시)의 평균 대기 온도는 표 2, 그림 2와 같이 피도 0%인 지점에서 가장 높고 피도가 증가함에 따라 온도가 낮아졌다. 즉, 수목 피도 0%인 지점에 비해, 피도 8% 지점에서 0.6℃, 피도 24% 지점 1.3℃, 피도 44% 지점 2.4℃, 피도 79% 지점 3.5℃, 피도 100% 지점 4.8℃의 차이로 각각 낮아

표 2. 수목피도에 따른 주간의 평균 대기 온도 및 습도 차이\*

수목피도 (%)	7월 하순		8월 중순		9월 중순		평균	
	온도	습도	온도	습도	온도	습도	온도	습도
0	32.1	53.2	28.4	40.1	23.2	45.0	27.9	46.1
8	31.5	53.6	27.9	43.0	22.4	44.7	27.3	47.1
24	30.9	57.7	27.2	46.0	21.6	50.0	26.6	51.2
44	29.7	59.9	25.9	50.7	20.8	55.7	25.5	55.4
79	28.6	62.2	24.9	59.4	19.8	61.9	24.4	61.2
100	27.3	71.2	23.4	62.8	18.5	67.3	23.1	67.1

\*: 단위-온도: ℃, 습도: %

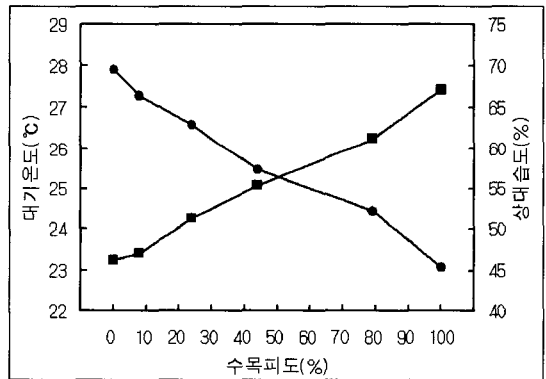


그림 2. 수목피도와 주간 대기 온습도의 상관  
 범례: ● 대기온도, ■ 상대습도

지는 경향을 나타냈다. 한편, 주간 습도는 수목 피도 0%인 지점에 비해, 피도 8%인 지점에서 1.0%, 피도 24% 지점 5.1%, 피도 44% 지점 9.3%, 피도 79% 지점 15.1%, 피도 100% 지점 21.0%의 차이로 각각 높아지는 현상을 보였다. 물 1g이 수증기로 증발할 때 약 600cal의 열을 필요로 한다(Herrington, 1984). 수목의 증산과정에서 발생한 수증기는 현열을 잠열로 바꾸어 주변 온도를 낮추는데 기여한다.

기존의 연구들(Huang et al., 1987; Profous, 1992; 조현길과 野島義照, 2000)에 따르면, 수목 피도 10% 증가는 여름철 또는 생장 기간의 대기 온도를 0.5~1℃ 감소시켰다. 본 연구에서는 여름철 주간 온도가 수목 피도 10% 증가에 따라 평균 약 0.55℃씩 낮아졌다. 이 결과에 비하면, 선행 연구는 더 큰 저감 효과의 범위를 제시하고 있지만 측정 환경의 변이를 감안하면 유사한

것이라고 검증할 수 있다. 수목 피도 10% 증가에 따른 온도차는 피도 44% 이하에서 약 0.61℃씩, 그 이상의 피도에선 0.46℃씩 낮아졌다. 이는 녹지가 풍부한 교외보다 하드스케이프(hardscape)가 우점하는 도심에서 일정 수준 이상의 수목식재를 추진할 때 온도 저감 효과가 더 현저할 수 있음을 시사한다.

그림 3은 직경 30m 원내에 분포하는 수목의 수관 체적에 따른 주간 대기 온도의 상관을 보여주며, 수목 피도의 경우처럼 수관 체적이 증가함에 따라 온도가 낮아지는 경향이였다. 윤용환과 송태갑(2000)의 연구가 온도 저감에 영향을 미치는 수목의 양의 지표로서 녹적량(수관 체적)의 이용을 제한한 바 있으나, 기존 연구들은 대개 수목 피도라는 평면적 기준에서 온도 저감 효과와의 상관을 제시하여 왔다(Huang *et al.*, 1987; Profous, 1992; 조현길과 野島義照, 2000). 수관 체적은 식재 수목 수관의 수직적 분포와 크기를 나타내는 입체적 변수로서, 수관의 증산에 따른 온도 저감 효과를 계량화하는 측면에서 평면적 변수인 수목 피도보다 바람직한 지표이다. 이는 관목과 교목 간의 식재 피도가 동일하다고 해도 수관 체적은 차이가 있으며 그에 따른 증산 효과는 상이하기 때문이다. 도시 환경에서 흉고 직경이 약 15cm인 느티나무나 단풍나무의 수관 체적은 약 35m<sup>3</sup>/주인데(조현길과 野島義照, 2000), 수관 체적 약 2m<sup>3</sup> 지점에 비해 1.3℃ 저온을 나타낸 수관 체적 260m<sup>3</sup> 지점은 10m×10m 내에 이 크기의 수목 약 1주가, 4.8℃ 저온인 수관 체적 2,220m<sup>3</sup>의 경우는 9주가 각각 분포하는 것에 해당한다.

연구 결과를 바탕으로, 수목 피도와 수관 체적을 독립

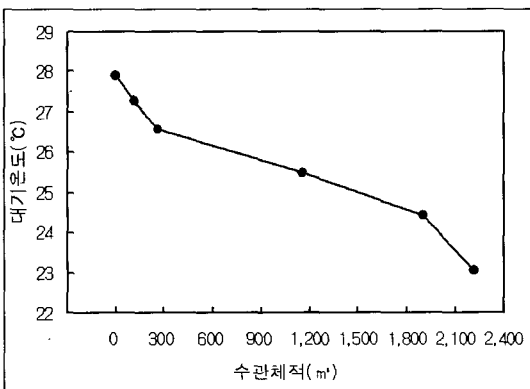


그림 3. 수관체적과 주간 대기온도의 상관

변수로 수목식재량에 따른 여름철 저감 온도 변화를 추정하는 적합한 회귀식을 제시하면 각각 식 1, 2와 같다. 수목 피도로부터 온도를 추정하는 식 1은  $r^2$ 가 0.99로 적합도가 상당히 높으며( $p < 0.0001$ ), 피도 증가에 따른 온도 저감 경향을 직선 회귀모델의 경우보다 더욱 잘 설명하는 것으로 분석되었다. 식 2 역시  $r^2$ 가 0.96으로 적합도가 양호하고 통계적으로 유의하였다( $p = 0.0007$ ). 수관 체적은 수목식재량에 따른 여름철 온도 저감 효과를 계량화하는 유의한 지표이었다.

$$\ln Y = 3.3233 - 0.0018 X_1 \quad (\text{식 1})$$

$$Y = 27.5297 - 0.0019 X_2 \quad (\text{식 2})$$

여기서, Y=여름철 주간 평균온도(°C)

$X_1$ =수목피도(%)

$X_2$ =직경 30m 원내의 수관 체적(m<sup>3</sup>)

도시 수목의 증발산 및 차양을 통한 온도 1℃ 저감은 주택 냉방 에너지를 연간 호당 약 9% 절약하였고, 2℃ 저감의 에너지 절약 효과는 약 2배 더 큰 것으로 나타났다(조현길과 안태원, 1999b). 수목 피도 10% 증가에 의한 온도 저감은 주택 냉방 에너지를 미국 Phoenix시에서 연간 12%, Sacramento시에서 24% 절약하였다(Huang *et al.*, 1992). 본 연구에서 도출한 결과는 이와 같이 도시 수목식재가 에너지 수지 및 냉방 에너지 절약에 기여하는 효과를 계량화하는데 유용한 기초 정보가 될 것이다.

## IV. 결론

본 연구는 도시 내 수목식재량이 상이한 다수 지점에서 대기 온도, 습도 등 미기후를 실측하고, 수목식재량의 차이가 도시의 여름철 미기후 개선에 미치는 효과를 구명하였다. 측정 지점별 수목 피도는 0%, 8%, 24%, 44%, 79% 및 100%이었고, 여름철 대기 온도는 수목 피도가 높을수록 하루 종일 상대적으로 더 낮고 야간보다는 주간에 그 차이가 더욱 컸다. 주간 평균 온도는 피도 0%인 지점에 비해, 피도 8% 지점에서 0.6℃, 피도 24% 지점 1.3℃, 피도 44% 지점 2.4℃, 피도 79% 지점 3.5℃, 피도 100% 지점 4.8℃의 차이로 각각 저온이었다. 수목 피도 10% 증가에 따라 온도는 평균 약 0.55℃씩 감소하였는데, 피도 44% 이하에서 0.61℃씩,

그 이상의 피도에선 0.46℃씩 낮아졌다. 이는 녹지가 풍부한 교외보다 하드스케이프가 우점하는 도심에서 일정 수준 이상의 수목식재를 추진할 때 온도 저감 효과가 더 현저할 수 있음을 시사한다.

수목식재량에 따른 여름철 저감 온도 변화를 추정하는 회귀모델을 유도한 결과, 수목 피도와 수관 체적을 독립변수로 하는 두 회귀식 모두 적합도가 상당히 높았다. 선행 연구들은 대개 수목 피도라는 평면적 기준에서 온도 저감 효과와의 상관관을 제시하였는데, 식재 수목 수관의 수직적 분포와 크기를 나타내는 입체적 변수인 수관 체적은 수목의 증산에 따른 온도 저감 효과를 계량화하는 측면에서 바람직한 지표라고 사료된다. 본 연구에서 도출한 정량적 연구 결과는 에너지 수지 및 냉방 에너지 절약에 기여하는 도시 녹지의 효과를 계량화하는 유용한 기초 정보뿐만 아니라 도시 내 녹지 확충의 중요성을 강조하고 식재 및 관리를 위한 예산 확보의 필요성을 설득할 객관적 기반 정보가 될 것으로 기대한다.

### 인용문헌

1. 김수봉, 김해동(2002) 도시의 수목이 기온의 조절에 미치는 영향. 한국조경학회지 30(3): 25-34.
2. 박인환, 장갑수, 김종용, 박종화, 서동준(2000) 대도시에 있어 냉섬의 유형별 온도완화효과-대구광역시의 사례 연구-. 한국조경학회지 28(1): 11-18.
3. 윤용한, 송태갑(2000) 도시공원의 기온에 영향을 미치는 요인. 한국조경학회지 28(2): 39-48.
4. 윤일희, 민경덕, 김경익(1994) 대구 지역의 기상 특성 연구 및 대기 확산 모델의 개발: II. 도시 열섬 특성에 관한 사례 연구. 한국기상학회지 30(2): 303-313.
5. 조현길, 안태원(1999a) 도시녹지에 의한 미기후개선의 기능. 한국조경학회지 27(4): 23-28.
6. 조현길, 안태원(1999b) 춘천시 주거지구내 수목피도의 차이가 난방방에너지 이용 및 비용에 미치는 효과. 한국조경학회지 27(2): 19-28.
7. 조현길, 野島義熙(2000) 도시녹지의 미기후개선, CO<sub>2</sub> 흡수 및 화재방지의 효과. 한국자연식물학회지 13(3): 162-170.
8. 주민진, 이춘석, 류남형(2004) 도심 녹음수의 체감온도지수(WBGT) 조절효과. 한국조경학회지 32(3): 51-59.
9. Akbari, H., P. Martine, and A. Rosenfeld(1992) Using light-colored surfaces to cool our communities. In H. Akbari, S. Davis, S. Dorsano, J. Huang, and S. Winnett, eds., Cooling Our Communities. Washington, D.C.: US Government Printing Office. pp. 43-52.
10. Douglas, I.(1983) The Urban Environment. London: Edward Arnold.
11. Givoni, B.(1998) Climate Considerations in Building and Urban Design. New York: Van Nostrand Reinhold.
12. Herrington, L. P.(1984) Climatic variables. In E. G. McPherson, ed., Energy-Conserving Site Design. Washington, D.C.: ASLA. pp. 59-77.
13. Huang, J., H. Akbari, H. Taha, and A. Rosenfeld(1987) The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings. Journal of Climate and Applied Meteorology 26: 1103-1116.
14. Huang, J., R. Ritschard, N. Sampson, and H. Taha(1992) The benefits of urban trees. In H. Akbari, S. Davis, S. Dorsano, J. Huang, and S. Winnett, eds., Cooling Our Communities. Washington, D.C.: US Government Printing Office. pp. 27-42.
15. Profous, G. V.(1992) Trees and urban forestry in Beijing, China. Journal of Arboriculture 18: 145-153.
16. Wong, N. H., Y. Chen, C. L. Ong, and A. Sia(2003) Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. Building and Environment 38: 261-270.

원 고 접 수: 2006년 11월 6일  
 최종수정본 접수: 2006년 12월 19일  
 3 인 의 명 심 사 필