

## 도시 공원 내 식생 수관에 의한 기온 변화

이상화<sup>1)</sup> · 이규석<sup>2)</sup> · 정해연<sup>3)</sup> · 김문성<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 성균관대학교 건설환경연구소 연구원 · <sup>2)</sup> 성균관대학교 조경학과 교수 · <sup>3)</sup> 성균관대학교 조경학과 대학원

### Air Temperature Change by Vegetation Canopy in Urban Park

Lee, Sang-hwa<sup>1)</sup> · Lee, Kyoo-seock<sup>2)</sup> · Zheng, Hai-Yan<sup>3)</sup> and Jin, Wen-Cheng<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Researcher, Construction and Environmental Research Center, Sungkyunkwan University, Korea,

<sup>2)</sup> Professor, Department of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, Korea,

<sup>3)</sup> Graduate Student, Department of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, Korea.

#### ABSTRACT

In order to determine air temperature difference by canopy layer in the forest, air temperatures were observed at Seolleung Park, Gahngnam-ku, Seoul. from November 9, 2007 to November 8, 2008 by 10 minute interval. The data were analyzed in terms of diurnal variation based on annual and monthly temperature difference. Using calm, less cloudy and no rainy weather data, average air temperature difference between forest and grass was observed as 0.8°C. The maximum air temperature difference was observed at 22:10, 23:20, 23:30 and 23:40 by 2.13°C and the minimum one observed at 13:00 by -0.84°C in diurnal variation. The maximum temperature difference occurred at 19 : 50 on September by 3.67°C, Overall the air temperature in the forest was higher than that of grass at night and lower in midday.

Key Words : *Air Temperature Difference, Vegetation Canopy, Urban Park, Diurnal Variation.*

#### I. 서 론

1960년대 이후 도시로의 급격한 인구 집중에 따

른 교통량 및 에너지 사용량의 증가는 도시의 기  
후 요소에 영향을 미치게 되어 도시열섬과 공기  
오염과 같은 도시 특유의 기후를 형성하게 되었

Corresponding author : Lee, Kyoo-seock, professor, Department. of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University,  
Tel : +82-31-290-7845, E-mail : leeks@skku.edu

Received : 18 December, 2008. Accepted : 21 January, 2009.

다. 이러한 도시기후 특성 중 가장 뚜렷한 것은 도시화에 따른 기온의 변화로서 도시는 같은 고도의 도시 외곽보다 내부의 온도가 높아 고온의 공기가 섬모양으로 뒤덮고 있는 상태를 이루게 되는 도시열섬 (Urban Heat Island, UHI)현상이 발생하게 되었다(김수봉 등, 2004; Howard, 1833; Landsberg, 1981; Gomez and Reig, 1998; Arnfield, 2003; Miller, 1998). 도시열섬의 요인은 인간의 산업 활동으로 도시가 확장되고 인공구조물과 차량의 증가로 인해 발생하는 인공폐열 때문이다. 이와 같이 도심지에서는 콘크리트 건물 및 아스팔트 포장 등의 불투수면이 우점하고 있어, 알베도(albedo)가 낮은 인공구조물이 주간 복사열을 흡수하고 야간에 열을 방출, 기온 상승을 유발(조현길 · 안태원, 1999) 도시열섬현상이 발생한다.

이러한 도시열섬 현상을 완화하는데 있어 도시 내 녹지는 주변지역에 비해 기온 저감 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Upmanis and Lindqvist, 1998; 권영아 · 이현영, 2001; Chow and Matthias, 2006; Correa et. al., 2006; Georgi and Zafiriadis, 2006). 녹지의 열섬저감은 녹지의 증산작용을 통해 잎으로 수분을 증발시키면서 온도를 조절할 수 있는 능력과, 숲의 수관층(canopy)이 태양광을 막아 그늘을 만들어 미기후에 영향을 준다(Breshears et. al., 1998; Akbari et. al., 2001). 수목의 피복도가 증가하면 도시의 기온을 감소시킬 수 있다(진병화 · 변희룡, 2000; Georgi and Zafiriadis, 2006; Giridharan et. al., 2008). 수관층 상부는 대기 직접 노출되어 있기 때문에 숲에서 가장 효과적인 복사 표면이 되고 수관층의 하부로부터의 열은 상부 쪽에 빼앗기게 된다. 수관층(canopy)은 가장 빨리 열을 잃어버리기 때문에 숲에서 가장 기온이 낮은 부분이 된다. 반대로 야간에는 한낮에 단파복사에 의해 축열된 공기가 수관층에 막혀 장파복사에너지가 빠져나가지 못하여 온도가 따뜻해지는 보온효과가 발생하므로(곽영훈 · 조국영, 1980; Gay and Knoerr, 1970) 공원 숲 내

부는 독특한 미기후를 형성하게 된다. 이에 대한 도시공원 내의 정량적 측정 결과는 도시공원의 미기후 상태를 파악하는데 중요한 정보가 된다. 그러므로 본 연구는 숲의 수관층에 의한 기온 변화 및 이에 따른 공원 내부의 미기후 상태를 정량적으로 분석하여 공원설계의 기초자료로 활용하는데 목적이 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구대상지

본 연구대상지는 서울의 대표적 중심업무지역 (Central Business District, CBD)인 강남의 테헤란로 근처에 있는 선릉공원이다. 공원은 조선왕조(1392-1910) 9대 왕인 성종과 11대 왕인 중종의 왕릉과 숲으로 이루어져 있으며, 면적은 242,508m<sup>2</sup>이다. 공원 주변은 높은 고층빌딩과 교통이 혼잡한 인구고밀도 지역이며 지리적 위치는 37°30'31.9"N, 127°02'56.7"E이다.

공원이 위치한 서울은 한강을 기반으로 한반도의 중심에 위치하여 있으며, 현재 서울의 인구는 약 1000만 명이고 서울메트로폴리탄은 인구 2000만 명이 넘는 대도시 인구집중도가 세계적으로 높은 지역으로서 열섬현상 심화 등 도시 이상기후의 특징을 보여주고 있는 곳이다. 1971년부터 2000까지의 서울의 기후는 연평균 강수량이 1.344mm이고 대부분의 강수량은 7, 8, 9월에 집중되며, 연평균기온은 12.2℃를 나타냈으며, 월평균 최고기온 달은 8월로서 25.4℃이고, 월평균 최저기온 달은 1월로서 -2.6℃이다(www.kma.go.kr). 유라시아대륙 동쪽에 위치한 서울은 여름철에는 북태평양에서 덥고 습한 바람이 불고, 겨울철에는 시베리아 마이칼호수에서부터 불어오는 차갑고 건조한 바람이 부는 전형적인 대륙성기후를 나타내고 있다.

선릉공원의 지형적인 특징은 동쪽의 선릉과 서쪽의 정릉사이에 고도 50m의 구릉이 있고 정릉 뒤편에는 고도 40m의 구릉이 있어 이 두 구릉

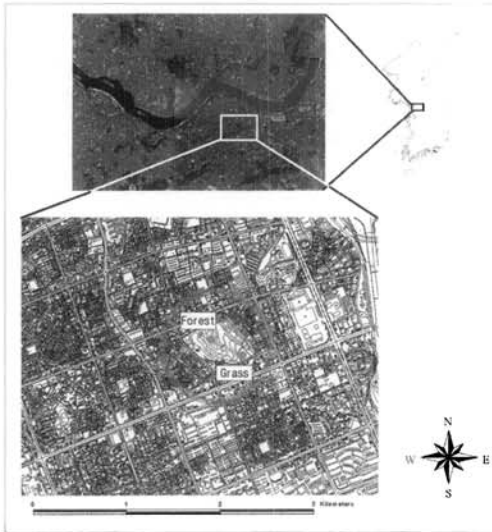


Figure 1. Study site (source : Google Earth & 1 : 5000, Digital topographic map).

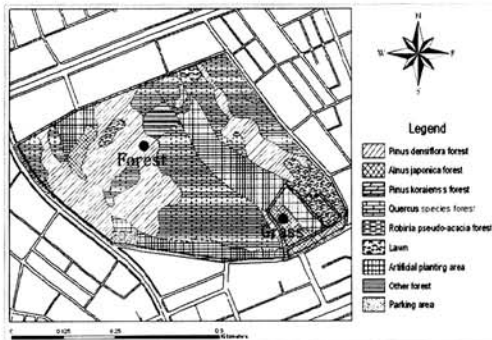


Figure 2. Vegetation map at Seolleung (source : Seoul biotop map).



Figure 3. Satellite image of study site (source : Google Earth, <http://earth.google.com>).

사이에 작은 협곡이 존재하고 있다(그림 2). 선릉 공원은 일반적으로 시설물과 바닥포장 위주의 도시공원과는 다르게 왕릉과 그 주위의 수림이 잘 보전된 공원이다. 식생은 서사면과 공원정상에 소나무가 우점하고, 남사면과 동사면은 참나무종이 우점하고 있다(그림 3). 공원에서 최우점종인 참나무종은 면적이 8.1ha(33.5%)이며, 그 다음으로는 소나무가 7.2ha(29.6%)로 우점하고 있다(서울도시생태현황도, 2000).

## 2. 자료 관측

식생 수관층에 의한 기온 차이를 파악하기 위해 선릉공원에서 수관층이 발달한 구릉 정상부의 수림내부와 초지인 잔디밭지역에 Hioki 온습도

Table 1. Land use and forest dominance at Seolleung Park (source : Seoul biotop map).

Land Use	Area(m <sup>2</sup> )	Percentage(%)
<i>Quercus species</i> forest	81345.50	33.54
<i>Pinus densiflora</i> forest	71890.25	29.64
<i>Robinia pseudo-acacia</i> forest	1186.50	0.49
<i>Alnus japonica</i> forest	12280.50	5.06
<i>Pinus koraiensis</i> forest	6396.50	2.64
Landscape planting area	48418.00	19.97
Lawn	14183.00	5.85
Other forests	4816.50	1.99
Parking area	1991.44	0.82
Total	242508.19	100.00

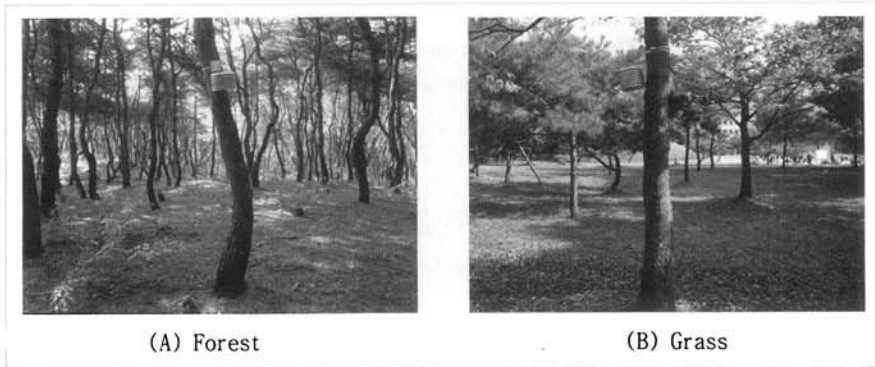


Figure 4. Picture of observing position.

센서(Hioki-3632-20 Digital Thermal Humidity Data Logger)를 설치, 관측하였다. 센서들은 지면에서 2미터 높이에 설치하였고, 자료 관측은 2007년 11월 9일부터 2008년 11월 8일까지 1년간 매 10분 단위로 관측하였다. 설치 전에 센서보정을 설치하였고 두 관측 지점의 고도차가 약 30미터여서 고도에 의한 기온 보정은 하지 않았다.

관측된 자료는 대기와 지표면의 에너지 교환이 외부 기상인자로 인해 영향을 받는 것을(Oke, 1987) 막기 위해 선릉공원 경계부에서 북쪽 방향으로 약 400m 떨어진 기상청에서 관리하는 강남자동기상관측소(Automatic Weather Station, AWS)의 기상자료를 참조하여 운량 4 이상의 날, 강수량이 기록된 날, 바람이 3.4m/sec 이상인 날 중 한 조건이라도 해당되는 날들을 제외한 날들의 기온 자료를 바탕으로 연평균 일중 변화와 월평균 일중 변화를 분석하였다. 풍속 3.4m/sec 이상은 Beaufort등급 3등급으로서 육상에서는 나뭇가지가 흔들리는 바람으로서 대기와 지표면의 에너지 교환에 영향을 주므로 제외하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 수림내부와 잔디밭과의 기온분포

관측기간 중 수림내부의 최고기온은 2008년 8월 10일 14:40에 기록된 33.2°C이었으며 같은 시각 잔디밭은 34°C로 0.8°C 높게 나타났다. 이

시각 기상조건은 강수량은 없고 풍속 1.6m/sec, 운량은 3로서 비교적 맑은 날씨를 보여주고 있다(표 2). 잔디밭의 최고기온은 2008년 8월 10일 14:30에 34.2°C이었으며 같은 시각 수림내부는 33.0°C로 잔디밭이 1.2°C 높게 나타났다. 이때 강남AWS의 기온은 35.8°C로서 공원의외부가 공원 내부보다 약 2°C 높게 나타났다.

최고기온은 수림내부보다는 잔디밭이 높게 나타났다고 바람이 없고 맑은 날씨이면서 대부분 오후 2시 30분경에 나타났다. 수관층에 의한 증발산과 수관층의 차단효과에 의해 수림내부가 잔디밭에 비해 온도가 낮았으며, 태양의 단파에너지가 정오일 때 가장 높은 양을 방출하다가 줄어들지만 지표면의 장파복사에너지의 양이 계속 증가하면서 단파에너지의 양과 장파에너지의 양이 같은 오후 3-4시가 가장 기온이 높게 나타나는 현상 때문이다(Ahrens, 2008).

관측기간 중 수림내부의 최저기온은 2008년 1월 25일 07:00, 08:00, 08:10에 -8.8°C이었으며, 같은 시각 잔디밭은 7:00에 -9.8°C, 8:00에 -8.9°C, 8:10에 -8.5°C로 잔디밭이 각각 -1°C, -0.1°C이 낮았고 8:10에는 0.3°C 높았는데 이는 일출 후 태양에너지의 영향으로 잔디밭의 기온이 상대적으로 빠르게 상승했기 때문으로 판단된다. 이 시각 기상 조건은 강수량이 없고 풍속 1.4m/sec, 운량은 3이었다. 잔디밭의 최저기온은 2008년 2월 13일 7:20에 -10.4°C이었으며, 같

**Table 2.** Weather conditions at maximum air temperature (O.P : Observing Position, Temp. : Temperature, Pre. : Precipitation, C.C : Cloud Cover, Source : www.kma.go.kr).

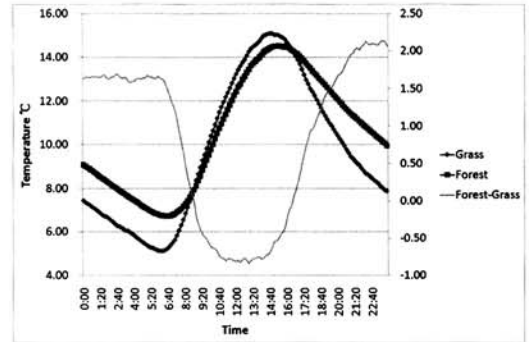
O.P	Temp.(°C)	Time	Pre.	W.S(m/sec)	C.C
Forest	33.2	08/10/2008 14 : 40	None	1.6	3
Grass	34.2	08/10/2008 14 : 30	None	1.5	3

은 시각 수림내부의 최저기온은  $-8.4^{\circ}\text{C}$ 로 잔디밭이  $2^{\circ}\text{C}$  낮게 나타났다. 기상조건은 강수량이 없고, 풍속  $0.9\text{m/sec}$ , 운량은 0으로서 최저기온은 수림내부보다 잔디밭이 낮게 나타났고 일출 무렵에 나타났다(표 3).

수림내부와 잔디밭의 연중 최고기온 차이는 2008년 10월 18일 18 : 20에 수림내부  $23.8^{\circ}\text{C}$ , 잔디밭  $18.2^{\circ}\text{C}$ 로  $5.6^{\circ}\text{C}$ 이었다. 이 시간 강남AWS의 기상상태는 강수량은 없었고, 풍속은  $1.2\text{m/sec}$ , 운량은 2로서 역시 맑은 날씨에서 발생하였다(표 4). 이상에서 보듯이 수림 내부와 잔디밭의 기온차 즉, 수관층에 의한 기온 차이는 강우가 없고 바람이 없거나 약하고 구름이 없거나 적은 복사열 차단이 적은 기상 상태에서 발생함을 보여 주고 있다.

## 2. 연평균 일중 기온변화

그림 5는 수림내부와 잔디밭과의 기온 차의 연평균 일중 기온변화를 보여주고 있다. 수림내부와 잔디밭의 일중 평균기온차이는  $0.8^{\circ}\text{C}$ 이며 기온 최고 차이는 22:10, 23:20, 23:30, 23:40에  $2.13^{\circ}\text{C}$ 로 나타났으며, 기온 최저 차이는 13:00에



**Figure 5.** Diurnal variation of temperature difference between forest and grass for one year.

$-0.84^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 한낮에는 잔디밭의 기온이 높았고, 일몰 후 야간과 새벽에는 수림내부가 높았다(표 5).

한낮에 수림내부의 기온이 낮은 이유는 첫째 수관층에 의한 그늘효과(shading effect)로 태양 단파복사에너지가 수관에 의한 차단, 흡수, 반사로 수림내부의 기온이 잔디밭만큼 상승하지 않은 결과로 판단되며, 둘째 한낮에 수목에 의한 증발산량이 증가하여 기온저감효과가 나타난 결과로 판단된다(Oke, 1987). 반면 야간에 수림내부의 기온이 높은 이유는 잔디밭은 장파복사에너지가

**Table 3.** Weather conditions at minimum air temperature (O.P : Observing Position, Temp. : Temperature, Pre. : Precipitation, C.C : Cloud Cover, Source : www.kma.go.kr).

O.P	Temp.(°C)	Time	Pre.	W.S(m/sec)	C.C
Forest	-8.8	01/25/2008 07 : 00/08 : 00/08;10	None	1.4	3
Grass	-10.4	02/13/2008 07 : 20	None	1.6	0

**Table 4.** Weather conditions of maximum air temperature difference between forest and grass (O.P : Observing Position, Temp. : Temperature, Pre. : Precipitation, C.C : Cloud Cover, Source : www.kma.go.kr).

O.P	Temp.(°C)	Time	Pre	W.S(m/sec)	C.C
Forest-Grass	5.6	10/18/2008 18 : 20	None	1.2	2

**Table 5.** Temperature and time of maximum and minimum difference between forest and grass.

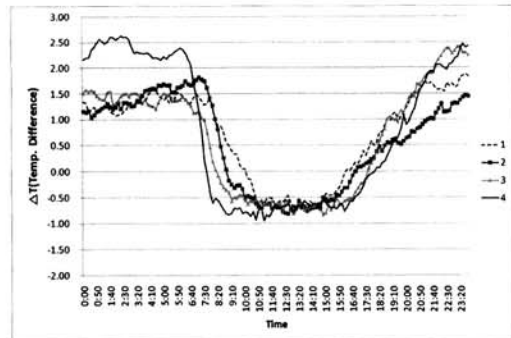
	Average(°C)	Maximum(°C)	Minimum(°C)
Air Temperature	0.80	2.13(22 : 10/23 : 20/23 : 30/23 : 40)	-0.84(13 : 00)

대기 중으로 바로 방출되는데 비하여 수림내부는 수관층에 의해 차단 되 열에너지가 수림내부에 저장됨으로써 기온이 잔디밭에 비해 높게 나타난 결과로 판단된다(Gay and Knoerr, 1970).

### 3. 월평균 일중 기온변화

한반도는 계절의 변화가 뚜렷해 환절기에 기온차가 심해 공원 내 식생 수관에 의한 기온 변화를 파악하기 위하여 월별 일중 변화를 분석하였다. 그림 6, 7, 8은 월별 수림내부와 잔디밭의 기온차이를 보여주고 있다. 이 중 6월은 3일, 7월은 1일만 사용 가능해 5월과 6월을, 7월과 8월을 통합해 분석하였다. 그림 6은 1월부터 4월까지의 월별 일중 변화를 보여주고 있는데 1월부터 3월까지의 비슷한 경향을 보이지만, 4월은 야간에 수림내부와 잔디밭의 기온차이가 많이 나타났다. 이는 수관층에 잎이 돌아나 엽면적지수(Leaf Area Index)의 증가로 야간에 장파에너지가 수관층에 반사되는 양이 높아져 숲내부 기온이 유지되기 때문에 나타난 결과로 판단된다.

5월부터 여름철은 한낮에 잔디밭이 수림내부보다 1°C 이상 높게 나타나는데(그림 7) 이는 서울은 북위 37.5로서 하절기 높은 태양고도각으로 인한 일사량과 일조시간의 증가로 지면에 도달하는 단파복사에너지가 계절 중 가장 많은 데 비해(Ahrens, 2008) 수림 내부는 수관에 의해 단파복사에너지가 차단, 흡수, 반사돼 상대적으로



**Figure 6.** Temperature difference between forest and grass in January, February, March and April.



**Figure 7.** Temperature difference between forest and grass in May, June, July and August.

기온이 낮아 한낮에 다른 계절에 비해 잔디밭의 기온이 수림 내부보다 상대적으로 높아진다고 판단된다.

그리고 월평균 최대 기온차이는 9월 중 19 : 50에 3.67°C로 나타났다. 9월의 야간에 수림내부



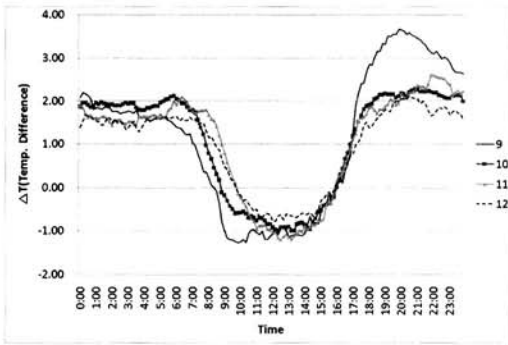


Figure 8. Temperature difference between forest and grass in September, October, November and December.

와 잔디밭의 기온차이가 큰 것은 식생의 잎과 수관층은 여름과 차이가 없어 야간에 장파복사를 차단해 수림내부의 보온효과가 유지되는데 비해 잔디밭의 지표면에 도달하는 태양단파복사에너지는 태양고도각이 낮아지면서 감소하여 여름과 달리 지표면 온도가 하강하기 때문으로 판단된다 (그림 8).

#### IV. 결 론

공원 내 식생수관부에 의한 기온변화를 파악하기 위하여 2007년 11월 9일부터 2008년 11월 08일까지 서울시 강남구 테헤란로에 위치한 선릉공원의 수림내부와 잔디밭의 연평균 일중 기온 변화 및 월별 일평균 기온 변화를 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

수림내부는 잔디밭보다 연중 일평균  $0.8^{\circ}\text{C}$  높았으며, 일평균 기온차이가 가장 큰 시각은 22:10, 23:20, 23:30, 23:40에  $2.13^{\circ}\text{C}$  이었고, 기온차이가 가장 적은 시각은 13:00에  $-0.84^{\circ}\text{C}$  이었고 월별 최대 기온차이는 9월 19:50에 발생하였으며 기온차는  $3.7^{\circ}\text{C}$  이었다. 이와 같이 일중 온도 변화가 한낮에는 잔디밭이 높고 일몰 후인 밤과 새벽에는 수림내부가 높은 것은 낮에는 수관층에 의한 단파복사 차단, 흡수 및 반사와 수목에 의한 증발산량의 증가로 수림 내부가 상대적으로 기온

이 낮은 데 비해 야간에는 수관층으로 인해 장파복사에너지방출이 차단, 감소하여 수림내부의 보온효과로 기온이 높게 나타난 것으로 판단된다.

#### 사 사

본 연구는 기상지진연구소(CATER2006-3302)의 지원으로 수행되었으며 저자들은 이에 사의를 표합니다.

#### 인 용 문 헌

- 곽영훈 · 조국영. 1980. 나무와 인간과 환경(Robinette, Gary O. 1972 Plant/People/And Environmental Quality 번역서). 도서출판 까치. 96p.
- 권영아 · 이현영, 2001. 도시 녹지와 그 주변 기온의 공간적 분포. 대한지리학회지 36(2) : 126-140.
- 김수봉 · 정응호 · 김용범. 2004. 도시열섬현상 완화를 위한 대구시 바람길 도입 및 조성방안에 관한 연구. 환경과학논집 9(1) : 143-156.
- 조현길 · 안태원. 1999. 도시녹지에 의한 미기후 개선의 기능. 한국조경학회지 27(4) : 23-28.
- 진병화 · 변희룡. 2000. 녹지대분포가 도시지역의 소기후에 미치는 영향. 한국환경과학회지 9(2) : 101-108.
- Ahrens, C. D. 2008. Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere 5th ed. Belmont. Thomson Learning Inc.
- Akbari, H., Pomerantz, M., and Taha, H. 2001. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. Solar Energy, 70(3) : 295-310.
- Arnfield, A. J. 2003. Two decades of urban climate research : A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. International Journal of Climatology, 23(1) : 1-26.

- Breshears, D. D., Nyhan, J. W., and Wilcox B. P. 1998. Effects of woody plants on microclimate in semiarid woodland : Soil temperature and evaporation in canopy and intercanopy patches. *Int. J. Plant Sci.* 159(6) : 1010-1017.
- Chow, Winston, T. L., and Matthias, Roth. 2006. Temporal Dynamics of The Urban Heat Island of Singapore. *International Journal of Climatology*, 26(15) : 2243-2260.
- Correa, E., Marinez, C., Lesino G., Rosa, Carlos de and Alicia Canton. 2006. Impact of Urban Parks on the Climatic Pattern Mendoza's Metropolitan Area, in Argentina. PLEA2006, The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture.
- Gay, L. W., and Knoerr, K. R. 1970. The radiation budget of a forest canopy. *Archiv. Meteorol. Geophys. Biokl. Ser. B.* 18(2) : 187-196.
- Georgi, N. J., and Zafiriadis, K. 2006. The impact of park trees on microclimate in urban areas. *Urban Ecosystem*, 9(3) : 195-209.
- Giridharan, R., Lau, S. S. Y., and Givoni, B. 2008. Lowering the outdoor temperature in high-rise high-density residential developments of coastal Hong Kong : The vegetation influence. *Building and Environment*, 43(10) : 1583-1595.
- Gomez, F., Gaja, E., and Reig, A. 1998. Vegetation and climatic changes in a city. *Ecological Engineering*, 10(4) : 355-360.
- Howard, L. 1833. *Climate of London*. Havery and Dorton Press.
- Landsberg, Helmut E. 1981. *The Urban Climate*. Academic. New York. US.
- Miller, R. W. 1988. *Urban forestry, planning and managing urban greenspaces*. 2nd ed. Upper Saddle River, Prentice Hall.
- Oke, T. R. 1987. *Boundary layer climates*. 2nd ed. Routledge.
- Upmanis H., Eliasson I., and Lindqvist S. 1998. The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city(Göteborg, Sweden). *International Journal of Climatology*, 18(6) : 681-700.
- 서울시. 2000. 서울도시생태현황도. [http : //earth.google.com](http://earth.google.com). 구글어스
- [http : //www.kma.go.kr](http://www.kma.go.kr). 기상청.