

ORIGINAL ARTICLE

여름철 도시근린공원의 기온저감 효과 - 경기도 수원시 효원공원 -

박수국* · 조상만 · 현철지 · 공학양¹⁾ · 김승현²⁾ · 신영규¹⁾

제주대학교 생명자원과학대학 생물산업학부 원예환경전공 · 아열대농업생명과학연구소 · 친환경농업연구소

¹⁾국립환경과학원 환경자원연구부 자연환경연구과, ²⁾한국건설기술연구원

Air Temperature Modification of an Urban Neighborhood Park in Summer - Hyowon Park, Suwon-si, Gyeonggi-do-

Sookuk Park*, Sangman Jo, Cheolji Hyun, Hak-Yang Kong¹⁾, Seunghyun Kim²⁾
Youngkyu Shin¹⁾

Research Institute for Subtropical Agriculture and Animal Biotechnology, SARI, Horticultural Science, College of Applied Life Science, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

¹⁾*Natural Environment Research Division, Environmental Resources Research Department, National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, Korea*

²⁾*Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang 10223, Korea*

Abstract

In order to investigate the effect of air temperature reduction on an urban neighborhood park, air temperature data from five inside locations (forest, pine tree, lawn, brick and pergola) depending on surface types and three outside locations (Suwon, Maetan and Kwonsun) depending on urban forms were collected during the summer 2016 and compared. The forest location had the lowest mean air temperature amongst all locations sampled, though the mean difference between this and the other four locations in the park was relatively small (0.2-0.5°C). In the daytime, the greatest mean difference between the forest location and the two locations exposed to direct beam solar radiation (brick and lawn) was 0.5-0.8°C (Max. 1.6-2.1°C). In the nighttime, the mean difference between the forest location and the other four locations in the park was small, though differences between the forest location and locations with grass cover (pine tree and lawn) reached a maximum of 0.9-1.7°C. Comparing air temperature between sunny and shaded locations, the shaded locations showed a maximum of 1.5°C lower temperature in the daytime and 0.7°C higher in the nighttime. Comparing the air temperature of the forest location with those of the residential (Kwonsun) and apartment (Maetan) locations, the mean air temperature difference was 0.8-1.0°C, higher than those measured between the forest location and the other park locations. The temperatures measured in the forest location were mean 0.9-1.3°C (Max. 2.0-3.9°C) lower in the daytime than for the residential and apartment locations and mean 0.4-1.0°C (Max. 1.3-3.1°C) lower in the nighttime. During the hottest period of each month, the difference was greater than the mean monthly differences, with temperatures in the residential and apartment locations mean 1.0-1.6°C higher than those measured in the forest location. The effect of air temperature reduction on sampling locations within the park and a relatively high thermal

Received 23 June, 2017; Revised 13 September, 2017;

Accepted 15 September, 2017

*Corresponding author: Sookuk Park, Research Institute for Subtropical Agriculture and Animal Biotechnology, SARI, Horticultural Science, College of Applied Life Science, Jeju National University, Jeju 63243, Korea
Phone : +82-64-754-3326
E-mail : sooland@jejunu.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

environment on the urban sampling locations was clearly evident in the daytime, and the shading effect of trees in the forest location must be most effective. In the nighttime, areas with a high sky view factor and surface types with high evapotranspiration potential (e.g. grass) showed the maximum air temperature reduction. In the urban areas outside the park, the low-rise building area, with a high sky view factor, showed high air temperature due to the effect of solar (shortwave) radiation during the daytime, while in the nighttime the area with high-rise buildings, and hence a low sky view factor, showed high air temperature due to the effect of terrestrial (longwave) radiation emitted by surrounding high-rise building surfaces. The effect of air temperature reduction on the park with a high thermal environment in the city was clearly evident in the daytime, and the shading effect of trees in the forest location must be most effective. In the nighttime, areas with high sky view factor and surface types (e.g., grass) with evapotranspiration effect showed maximum air temperature reduction. In the urban areas outside the park, the high sky view factor area (low-rise building area) showed high air temperature due to the effect of solar (shortwave) radiation during the daytime, but in the nighttime the low sky view factor area (high-rise building area) showed high air temperature due to the effect of terrestrial (longwave) radiation emitted surrounding high-rise building surfaces.

Key words : Urban Park, Air Temperature, Reduction, Daytime, Nighttime, Summer

1. 서론

최근의 국제기후변화패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 보고서에 의하면, 기후변화에 의해 도시지역에서의 여름철 폭염기간이 더 길어질 것이며 강도도 더 심해질 것이라고 한다(IPCC, 2013). 대한민국은 급속한 도시화로 인해 녹지지역 부족현상이 심화되고 있으며(Han, 2003; Park and Baek, 2009), 그로 인해 도시의 기온상승과 도시열섬(urban heat island)현상이 빈번히 발생하고 있는 실정이다(Oke, 1973; Kim and Kim, 2013).

도시근린공원은 그 규모와 식재밀도에 따라 도시 안에서 다른 지역에 비해 낮은 기온을 유지하는 도시냉섬(urban cool island) 현상과 같은 기온 저감 효과를 주는 것으로 알려져 있다(Bowler et al., 2010; Chow et al., 2011). 근린공원의 기온 저감 요소로는 수목에 의한 그늘(shading)효과와 증발산(evapotranspiration) 효과가 가장 잘 알려져 있으며, 수(水)공간 도입으로 인한 증발(evaporation)효과도 작용한다(Oke, 1989; de Abreu-Harbach et al., 2015; Takács et al., 2016). 그늘효과는 하늘반구(sky hemisphere)에서 내려오는 태양직사광선(direct beam solar radiation) 및 태양분사광선(diffuse beam solar radiation)과 지구복사에너지(longwave radiation from the sky)가 수목에 의해 건물·수목·지표면에 흡수되는 양이 줄어들므로써, 그 표면에서 반사되는 태양복사에너지(reflected beam solar radiation)이 줄어들고 낮아진 표면온도에서 방

출되는 지구복사에너지양이 줄어들므로써 나타나는 현상을 말한다. 수목의 증발산 효과는 수목의 표면과 기공에서 수분이 증발하면서 발생하는 잠열(latent heat flux density)현상을 통해 발생되며, 수(水)공간의 증발효과도 동일하게 잠열에 의해 이루어지는 현상이다.

도시근린공원의 열저감 효과에 대한 기존의 연구들은 크게 세 가지로 진행되었다. 첫째, 위성영상을 이용하여 도시지역의 표면온도를 추출하여 녹지공간이 주는 표면온도저감효과를 연구하거나(Kim and Yeo, 2006; Yun et al., 2013; Kim and Song, 2015), 더 나아가 위성영상에서 추출된 표면온도를 기상청 자동기상관측장비(Automatic Weather System, AWS)을 중심으로 일정 범위 안의 지역을 토지용도별로 분석한 후 평균값을 내어 AWS 기온자료와의 회귀식을 찾아 전체 연구대상지의 기온을 추정하여 녹지공간의 기온 저감 효과에 대해 연구하였다(Cho and Shin, 2002; Lee, 2006; Yoon and Ahn, 2009). 그러나, 2차원 자료인 위성영상 열적외선 자료로 3차원인 도시지역의 기온을 토지이용별로 예측하기는 어려운데, 이것은 길의 형태와 풍속에 따라 지표면에서 0.5-2.0 m이상의 높이에서는 대류작용으로 인하여 피복재료의 영향이 거의 상쇄되기 때문이다(Nakamura and Oke, 1988; Chow et al., 2011). 물론, 500-1,000 m 범위의 표면온도 평균값을 내어 AWS 기온자료와 비교한 회귀식이 있으나, 결정계수(R²)는 높지 않다(Lee, 2006). 둘째, 기상측정장비를 직접 공원 내·외에 설치하여 자료를

측정하여 비교한 연구들이다(Yoon and Song, 2000; Park, 2012, 2013; Ryu and Lee, 2015; Kim et al., 2016). 셋째, 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 이용해 녹지공간 및 수공간의 열저감 효과를 연구하였다(Han and Huh, 2006; Park et al., 2011; Park, 2012, 2013; Park et al., 2014; Lee et al., 2016). 특히, 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 이용하는 연구에서는 반드시 실측한 기상자료를 이용하여 검증하는 과정을 반드시 거쳐야 한다. 또한, 실측을 통한 공원이나 녹지의 열저감 효과에 대한 연구는 풍향과 풍속을 고려하여야 하며, 공원 외부의 비교지점들이 다른 녹지공간이나 수공간의 영향이 없는 곳을 선정하여야 할 것이다. 그리고, 기존의 연구들은 단순히 공원(녹지) 수림대 내부기온과 외부기온을 비교하는 연구들이 대부분이고, 공원 내 다양한 식재 및 피복형태에 따른 기온변화와 외부도심지의 토지이용형태별 기온변화를 동시에 비교한 연구들은 거의 없는 실정이다.

이 연구는 여름철 도시 근린공원의 기온 저감 효과를 알아보기 위해, 근린공원 내 5곳의 식재 및 피복재질별 지점과 근린공원 외부에 위치한 3곳의 건축용도별 지점에서 측정된 기온자료를 비교하여 보았다.

2. 연구 방법

2.1. 연구대상지

경기도 수원시 팔달구 인계동에 위치한 효원공원

(37°15'47"N, 127°02'16"E; 면적, 141,565 m² 수원시 공원녹지사업소 자료) 내 5곳[보도블럭(brick), 혼효림 식재지(forest), 잔디밭(lawn), 등나무 아래(pergola), 소나무식재지(pine tree)]과 효원공원에서 530 m 거리에 있는 매탄1동 주민센터 옥상(Maetan), 1.31 km 떨어져 있는 권선초등학교 옥상(Kwonsun)에 고정식 온습도센서인 Hobo Pro V2(resolution, 0.02 °C at 25 °C; accuracy, ±0.21 °C from 0 °C to 50 °C; Onset Computer Corporation)를 Radiation Shield(RS1)안에 장착하고 지상 1.5 m 높이에 설치하여 기온과 상대습도 자료를 측정하였다(Fig. 1, 2 and Table 1). 공원내부 지점 중 forest, pergola와 pine tree 지점은 음지로 선정하였으며, brick과 lawn 지점은 양지로 정하였다. 외부지점인

Table 1. Locations inside and outside the park

	Location	Sunny/Shaded	Height (m)
Inside	Forest	Shaded	
	Pine tree	Shaded	
	Lawn	Sunny	1.5
	Brick	Sunny	
	Pergola	Shaded	
Outside	Suwon city hall	Sunny	21.1
	Maetan	Sunny	8.5
	Kwonsun	Sunny	14.3

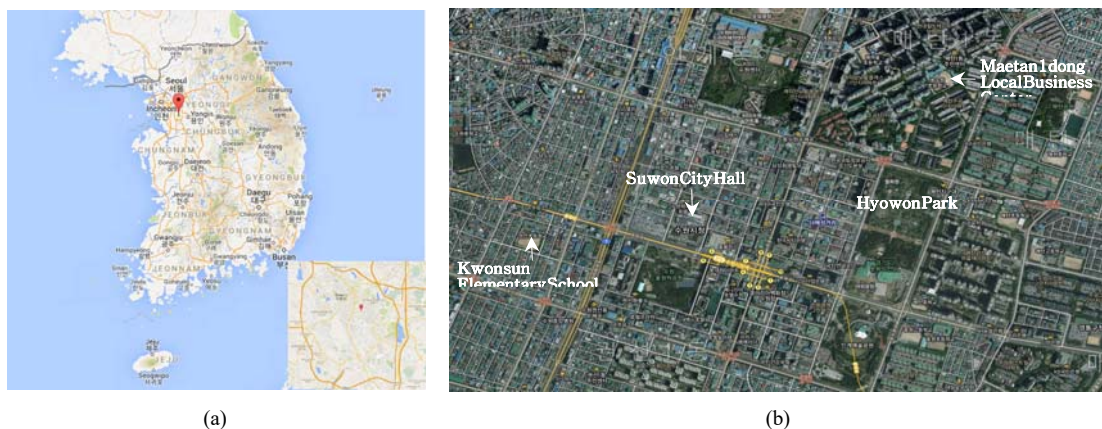


Fig. 1. Study site: (a) Hyowon Park (from <https://www.google.co.kr/maps>) and (b) an air photograph of the park and its surrounding area (from <http://map.daum.net>).



Fig. 2. Five locations in the park (the center map from <http://map.daum.net>). Fisheye lens photographs were taken using Nikon Coolpix 8800 camera with Nikon FC-E9 Fisheye converter lens and Nikon UR-E18 converter adapter, and Sky View Factors (SVF) of the photographs were calculated with BMSky-view (Gál et al., 2007).

매탄1동 주민센터는 고층 및 저층 아파트 지역에 위치한 지점이며, 권선초등학교는 일반 주택과 저층 빌라에 둘러싸여 있는 지점이다.

2.2. 연구 방법

측정기간은 Maetan(2016년 6월 24일-8월 31일)과 수원시청 본관(Suwon, 2016년 6월 13일-8월 31일)을 제외한 지점들은 여름동안(2016년 6월 1일-8월 31일)이었으며, 매 시간 단위로 기온자료를 측정하여 비교 분석에 이용하였다. 또한, 매 달 가장 더운 날씨를 보였던 시기에 각 지점의 기온을 비교하였는데, 6월에는 20일 0:00-22일 23:00, 7월에는 19일 0:00-22일 23:00, 8월에는 4일 0:00-6일 23:00를 대상으로 하였다. 태양복사에너지 유무에 따른 기온변화량을 보기 위해, 여름철 태양고도가 0° 이상이 되는 06:00-19:00 동안을 낮 시간대로, 20:00-05:00 동안을 밤 시간대로 설정하여 비교 분석하였다.

지점 간의 기온자료 비교를 위해 효원공원에서 690 m 떨어져 있는 수원시청 본관의 옥상(Suwon)에

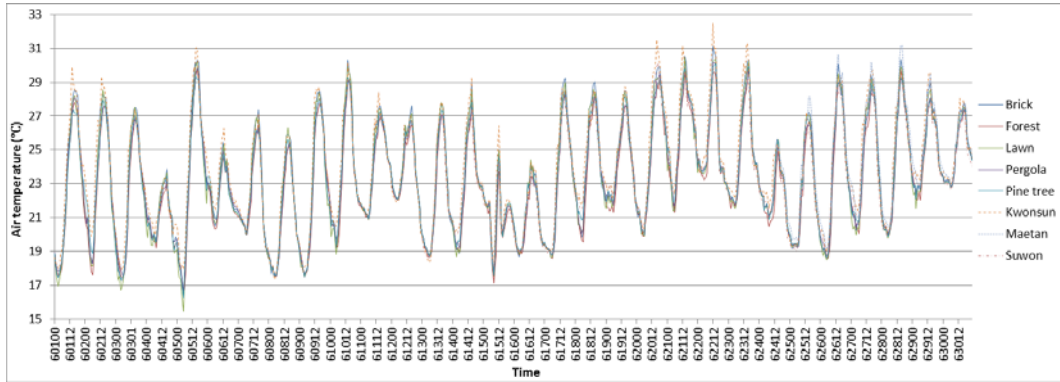
설치되어 있는 자동기상관측장비(Automatic Weather System, AWS)의 기온자료도 이용하였다. Maetan, Kwonsun과 Suwon은 모두 3-4층 높이의 건물로, Maetan의 옥상 높이는 8.5 m, Kwonsun의 옥상 높이는 14.3 m(권선초등학교 행정실 자료 제공), Suwon의 옥상 높이는 21.1 m로 차이가 나는 것으로 나타났다(<http://map.vworld.kr>).

자료 비교 분석을 위해 Microsoft Office Excel 2016을 이용하여, 도표 및 평균과 표준편차를 계산하였다. 통계처리는 SPSS 20(<https://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/spss>)을 이용하여 one-way ANOVA 분석과 Post Hoc Tests를 위한 Duncan 다중검정($p < 0.05$) 방법을 통해 유의성을 검정하였다.

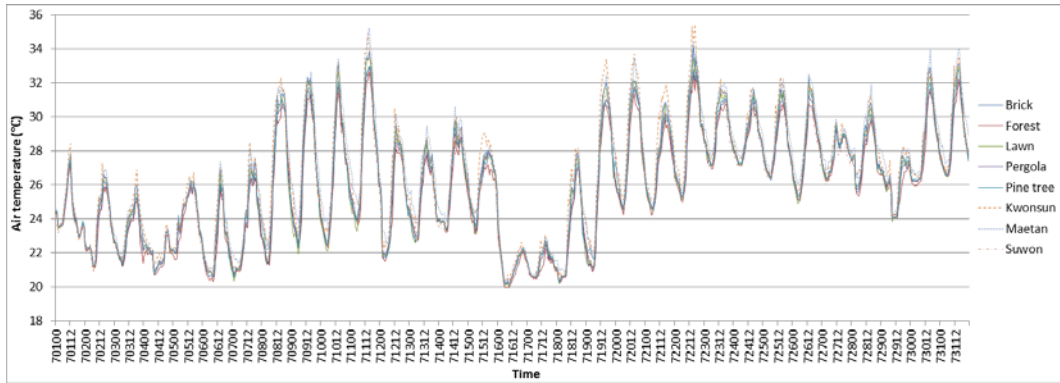
3. 연구결과 및 토의

3.1. 공원 내 지점들의 비교 분석

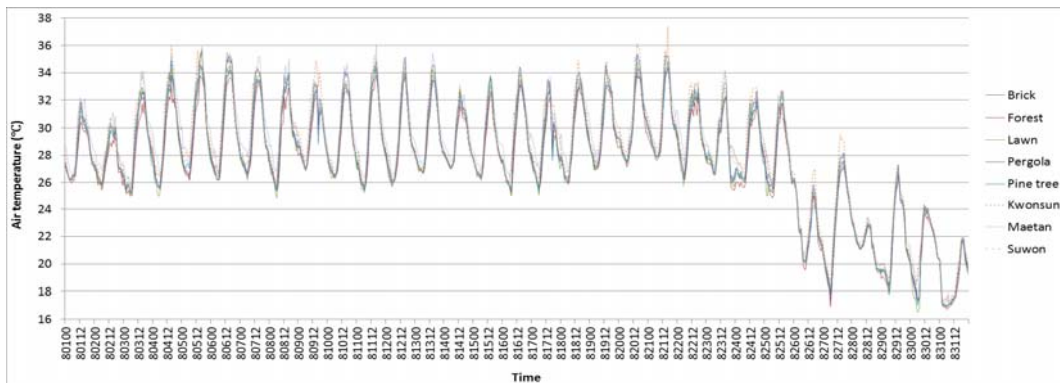
지점별로는 forest 지점이 낮 시간대 가장 높은 기온 저감 효과를 보여주었는데, 이것은 지붕 쪽에만 식물



(a)



(b)



(c)

Fig. 3. Air temperature comparison between various locations inside and outside of the park: (a) June, (b) July and (c) August in 2016.

Table 2. Mean air temperature in summertime, 2016

Location	Mean air temperature±Standard deviation (°C)					
	June		July		August	
	Whole month	The hottest period (June 20 00:00 - 22 23:00)	Whole month	The hottest period (July 19 00:00 - 22 23:00)	Whole month	The hottest period (August 4 00:00 - 6 23:00)
Forest	23.1±3.0	25.1±2.8	25.7±3.1	27.3±2.9	27.5±3.9	29.5±2.6
Brick	23.5±3.3	25.5±3.1	26.1±3.3	28.0±3.3	28.0±4.1	30.0±3.1
Lawn	23.4±3.2	25.4±3.0	26.0±3.3	27.8±3.2	27.8±4.1	29.8±3.0
Pergola	23.3±3.0	25.4±2.8	25.9±3.1	27.7±3.0	27.8±3.9	29.8±2.7
Pine tree	23.3±3.0	25.4±2.8	26.0±3.2	27.8±2.9	27.8±3.9	29.9±2.7
Kwonsun	23.8±3.2	26.1±3.2	26.6±3.4	28.9±3.3	28.5±4.1	30.7±2.9
Maetan	24.6±3.0 ^z		26.6±3.4	28.3±3.1	28.5±4.1	31.0±2.8
Suwon	23.7±2.9 ^z	25.4±2.8	26.0±3.1	27.9±2.9	27.9±3.8	30.0±2.6

^zdata from June 24 to 30; ^ydata from June 13 to 30

(등나무)이 있는 pergola지점과 소나무의 식재밀도가 높지 않은 pine tree지점보다 forest지점이 침엽수와 활엽수(혼효림)의 높은 식재밀도로 인한 수목의 그늘 효과와 증발산효과에 기인한 것으로 생각된다(Fig. 3 and Table 2). 통계적으로 7-8월의 자료들을 이용하여 지점별 one-way ANOVA분석을 한 결과, 지점별 평균의 차이는 유의한 것으로 나타났다(Table 6).

평균적으로 지점별 차이는 0.2-0.5°C로 크지는 않았지만(Table 3), 낮 시간대에는 forest지점이 양지 지

점인 brick과 lawn에 비해서 평균 0.5-0.8°C(최대 1.6-2.1°C) 기온 저감 효과를 보였고, 음지 지점이었던 pergola와 pine tree에 비해서 평균 0.2-0.4°C(최대 1.2-1.8°C) 기온 저감 효과를 보였다(Table 4, 5). Duncan 분석 결과, forest는 pergola와는 5% 유의수준에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나 다른 지점들과는 유의한 것으로 나타났다(Table 7).

밤 시간대에는 forest지점이 피복재료가 시멘트 보도블럭이었던 brick과 pergola지점들보다는 평균

Table 3. Mean±Standard Deviation (SD), maximum and minimum air temperature in the daytime and nighttime of each month in summer, 2016

Location	Air temperature (°C)																	
	June						July						August					
	Daytime			Nighttime			Daytime			Nighttime			Daytime			Nighttime		
	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.
Forest	24.2±3.1	29.9	16.7	21.5±2.2	27.9	16.7	26.4±3.3	32.6	20.0	24.8±2.6	30.7	20.1	28.4±4.1	34.4	16.7	26.3±3.2	31.2	16.8
Brick	24.9±3.2	31.1	16.7	21.5±2.2	28.1	16.4	27.1±3.5	34.2	20.1	24.8±2.6	30.8	20.3	29.1±4.4	35.7	16.9	26.4±3.2	31.4	17.0
Lawn	24.7±3.2	30.4	16.9	21.4±2.2	27.9	15.5	26.9±3.4	33.5	20.0	24.8±2.6	30.8	20.2	28.9±4.3	35.5	16.5	26.2±3.2	31.6	16.9
Pergola	24.4±3.0	30.2	17.0	21.7±2.2	28.2	16.7	26.7±3.3	32.9	20.2	24.9±2.6	30.8	20.3	28.7±4.1	34.6	16.9	26.5±3.2	31.5	17.0
Pine tree	24.6±3.0	30.1	17.4	21.6±2.2	28.0	16.3	26.8±3.3	33.0	20.1	25.0±2.5	30.8	20.3	28.8±4.1	34.5	17.0	26.4±3.2	31.6	17.0
Kwonsun	25.2±3.1	32.5	17.8	21.9±2.2	28.4	17.3	27.6±3.6	35.5	20.0	25.3±2.6	30.1	20.5	29.6±4.3	37.4	17.0	26.9±3.2	31.7	17.1
Maetan	26.0±2.9 ^z	31.2 ^z	19.2 ^z	22.8±2.1 ^z	27.6 ^z	19.2 ^z	27.4±3.6	35.2	20.1	25.5±2.7	31.7	20.5	29.4±4.3	36.0	17.2	27.3±3.4	32.1	17.1
Suwon	24.9±2.8 ^y	30.2 ^y	18.1 ^y	22.0±2.0 ^y	27.3 ^y	18.5 ^y	26.9±3.2	32.7	20.1	24.8±2.4	29.6	20.2	29.0±4.0	35.1	17.3	26.5±3.1	31.2	17.3

^zdata from June 24 to 30; ^ydata from June 13 to 30

Table 4. Mean air temperature differences with Standard Deviation (SD) from forest (°C) and between sunny and shaded locations in summer, 2016. Positive values mean air temperature at the forest location was lower than one at a compared location, and negative values mean the opposite

Location	Mean air temperature difference and standard deviation from forest (°C)					
	June		July		August	
	Whole month	The hottest period (June 20 00:00 - 22 23:00)	Whole month	The hottest period (July 19 00:00 - 22 23:00)	Whole month	The hottest period (August 4 00:00 - 6 23:00)
Brick	0.4±0.4	0.5±0.5	0.4±0.5	0.6±0.5	0.5±0.5	0.6±0.7
Lawn	0.3±0.5	0.3±0.4	0.3±0.4	0.4±0.4	0.3±0.5	0.3±0.7
Pergola	0.2±0.2	0.3±0.2	0.2±0.2	0.3±0.3	0.3±0.2	0.3±0.3
Pine tree	0.2±0.4	0.3±0.3	0.3±0.3	0.4±0.3	0.3±0.4	0.4±0.5
Kwonsun	0.8±0.8	1.1±0.9	0.9±0.8	1.6±0.9	1.0±0.8	1.3±0.9
Maetan	0.8±0.4 ^z		0.9±0.5	1.0±0.4	1.0±0.6	1.6±0.5
Suwon	0.2±0.7 ^y	0.4±0.6	0.3±0.6	0.5±0.5	0.4±0.7	0.6±0.8
Sunny-Shaded locations ^x	0.2±0.4	0.2±0.4	0.2±0.3	0.3±0.4	0.2±0.4	0.2±0.5

^zdata from June 24 to 30; ^ydata from June 13 to 30^xsunny locations are brick and lawn and shaded ones are forest, pergola and pine tree

0-0.2°C 낮은 기온을 보였으며, 잔디였던 pine tree와 lawn지점들보다는 평균 -0.1-0.2°C로 비슷한 결과를 보여, 낮 시간대에 비해 작은 차이를 보였다. 통계적으로는 모든 지점들이 5% 유의수준에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 8). 각 지점의 밤 시간대 기온변화폭을 보면, brick과 pergola지점은 forest지점에 비해 최대 0.9-1.2°C 기온상승효과부터 최대 0.4-0.7°C 기온 저감 효과를 보여주었고, pine tree와 lawn 지점은 최대 1.0-1.5°C 기온상승효과부터 최대 0.9-1.7°C 기온 저감 효과를 보여주었다. 밤 시간대의 최대 기온 저감 효과 측면에서 본다면, pine tree와 lawn 지점이 더 높은 기온 저감 효과를 보여주는 것으로 나타났다.

여름철 공원 내 피복형태에 따른 기온 변화의 차이는 지구복사에너지의 영향이 큰 밤 시간대보다 태양복사에너지의 영향이 지배적인 낮 시간대에서 크게 나타났다. 낮 시간대에는 하늘시계지수(Sky View Factor, SVF)가 커서 태양복사에너지 유입량이 많은 양지 지점(기온, brick과 lawn>forest와 pergola)이 더 높은 기온을 보였다. 밤 시간대에는 시멘트 보도블럭에는 없는 잔디의 증발산 효과에 의한 영향(최대 기온

저감 효과, pine tree와 lawn>brick과 pergola)이 존재하는 것으로 나타났다.

공원 내 5지점을 태양직사광선 유무에 따라 양지와 음지로 비교해 보았을 때, 음지인 forest, pergola, pine tree지점이 양지인 brick과 lawn지점에 비해 6-8월 동안 낮 시간대에는 평균 0.4°C의 기온 저감 효과를 보였으나 밤 시간대에는 반대로 측정장비의 오차 범위(±2.1°C) 안에 드는 평균 0.1°C 더 높은 현상을 보였다(Table 5). 평균기온이 높아지는 8월로 갈수록 낮 시간대 최대 기온 저감 효과가 6월 1.1°C, 7월 1.3°C, 8월 1.5°C로 커지는 것으로 나타났으며, 밤 시간대에는 최대 0.5-0.7°C로 양지 지점들이 더 낮은 기온을 보여주는 경향을 나타냈다.

3.2. 공원외부지점들과의 비교 분석

공원외부 지점인 Kwonsun, Maetan, Suwon에서 측정된 기온자료를 공원내부 지점 중 가장 낮은 기온을 보였던 forest지점과 비교해 보았다. Maetan과 Suwon지점은 6월 달 측정기간이 각각 6월 24-30일, 6월 13-30일이므로, 여기서는 7-8월 달 자료만을 가지고 비교하였다. 저층건물(일반주택, 빌라)로 둘러싸여 SVF가 높은 Kwonsun지점이 forest지점에 비해

Table 5. Mean±Standard Deviation (SD), maximum and minimum air temperature differences from forest (°C) and between sunny and shaded locations in the daytime and nighttime in summer, 2016. Positive values mean air temperature at the forest location was lower than one at a compared location, and negative values mean the opposite

Location	Air temperature difference from forest (°C)																	
	June						July						August					
	Daytime			Nighttime			Daytime			Nighttime			Daytime			Nighttime		
	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.
Brick	0.7±0.4	1.9	-0.5	0.0±0.2	0.9	-0.7	0.7±0.4	2.1	-0.2	0.1±0.2	1.2	-0.6	0.8±0.5	2.0	-0.4	0.1±0.3	1.1	-0.5
Lawn	0.5±0.4	1.6	-0.3	-0.1±0.4	1.0	-1.7	0.5±0.4	1.9	-0.5	0.0±0.3	1.3	-1.4	0.5±0.5	2.0	-1.0	0.0±0.4	1.0	-1.5
Pergola	0.2±0.2	1.2	-0.5	0.2±0.2	1.1	-0.4	0.3±0.2	1.2	-0.2	0.2±0.2	0.9	-0.6	0.3±0.2	1.7	-0.2	0.2±0.2	1.2	-0.6
Pine tree	0.4±0.3	1.6	-0.6	0.1±0.4	1.5	-1.2	0.4±0.3	1.6	-0.2	0.2±0.3	1.5	-0.9	0.4±0.4	1.8	-0.8	0.1±0.3	1.1	-1.0
Kwonsun	1.0±0.8	3.4	-0.6	0.4±0.6	2.4	-1.0	1.2±0.8	3.9	-1.5	0.5±0.5	2.1	-0.9	1.3±0.8	3.9	-0.6	0.6±0.6	3.1	-0.6
Maetan	0.9±0.5 ^z	2.0 ^z	0.0 ^z	0.7±0.3 ^z	1.3 ^z	0.2 ^z	1.0±0.5	2.7	0.0	0.8±0.4	1.7	0.0	1.1±0.6	3.2	-0.9	1.0±0.5	3.0	-0.1
Suwon	0.3±0.8 ^y	3.0 ^y	-1.9 ^y	0.0±0.6 ^y	1.7 ^y	-1.5 ^y	0.5±0.6	3.0	-1.6	0.1±0.5	1.9	-2.1	0.6±0.8	3.4	-1.5	0.2±0.5	2.6	-1.1
Sunny-Shaded locations ^x	0.4±0.3	1.1	-0.3	-0.1±0.2	0.2	-0.6	0.4±0.3	1.3	-0.4	-0.1±0.1	0.4	-0.5	0.4±0.4	1.5	-0.5	-0.1±0.2	0.4	-0.7

^zdata from June 24 to 30; ^ydata from June 13 to 30

^xsunny locations are brick and lawn and shaded ones are forest, pergola and pine tree

낮 시간대에는 평균 1.2-1.3°C(최대 3.9°C) 높은 기온을 보여, 고층건물(아파트)로 둘러싸여 SVF가 낮은 Maetan지점의 평균 1.0-1.1°C(최대 2.7-3.2°C)보다 더 높은 기온을 보여주었다(Table 5). 밤 시간대에는 반대로 Kwonsun지점이 forest지점에 비해 평균 0.4-0.6°C(최대 2.1-3.1°C)로, Maetan지점의 평균 0.8-1.0°C(최대 1.7-3.0°C)보다 더 낮은 기온을 보여주었다. 이와 같은 현상은 공원 내부 지점들의 비교에서도 보였듯이, SVF의 차이에 의해 낮 시간대에는 SVF가 높은 지점이 태양복사에너지의 유입량이 더 많아서 높은 기온을 나타내며, 밤 시간대에는 SVF가 낮은 지점이 더 높은 지구복사에너지의 영향을 받아 더 높은 기온을

나타내는 것이다. 통계학적으로도 Duncan 분석 결과 Kwonsun지점과 Maetan지점은 공원 내부 지점들과 5% 유의수준에서 유의한 것으로 나타났으며(Table 9), 낮 시간대에는 공원 내부 지점들 중 가장 높은 평균 기온을 나타냈던 Brick지점과 Maetan지점이 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, Kwonsun지점 또한 Maetan지점과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 7). 밤 시간대에는 Kwonsun지점과 Maetan지점이 유의한 것으로 나타났(Table 8).

Suwon지점은 forest지점보다 낮 시간대 평균 0.5-0.6°C(최대 3.0-3.4°C) 높은 기온을 보였으며, 밤 시간대도 평균 0.1-0.2°C(최대 1.9-2.6°C) 높은 기온을

Table 6. An One-way ANOVA test for all data of July and August

ANOVA							
Summer (July and August)							
		Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.	
Between groups	(Combined)	1195.946	7	170.849	12.166	.000	
	Linear term	Contrast	452.219	1	452.219	32.202	.000
		Deviation	743.726	6	123.954	8.827	.000
Within groups		167056.960	11896	14.043			
Total		168252.905	11903				

Table 7. Post Hoc Tests for daytime data of July and August

		Daytime				
Location		Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
Duncan ^a	Forest	27.377				
	Pergola	27.683	27.683			
	Pine tree		27.806	27.806		
	Suwon		27.909	27.909		
	Lawn		27.914	27.914		
	Brick			28.104	28.104	
	Maetan				28.426	28.426
	Kwonsun					28.600
	Sig.	.107	.272	.154	.089	.359

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses harmonic mean sample size = 868

보였다. Suwon 지점은 남서방향에 수원 올림픽공원이 위치하고 대로변인 효원로가 인접하여 지역풍이 잘 통할뿐만 아니라, 건물의 높이도 21.1 m로 Kwonsun 지점의 건물 높이 14.3 m보다 높은 영향으로 평균 및 최대값에서 Kwonsun 지점보다 낮은 결과를 보인 것으로 생각된다. Duncan 분석 결과 forest 지점을 제외한 다른 공원 내부 지점들과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, Kwonsun 지점과 Maetan 지점과는 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다(Table 9).

3.3. 매 월 가장 더웠던 기간 비교 분석

공원 내부 지점을 비교해 보면, 가장 낮은 기온을 보였던 지점은 6-8월 동안에 forest 지점이었으나, forest 지점과 더불어 새벽시간 때에는 lawn 지점이 더 낮은 기온을 보이는 경우도 있었다(Fig. 4). 가장 낮은 기온을 보였던 forest 지점에 비해 모든 지점들이 월 평균기온값보다 낮 시간대와 밤 시간대를 통틀어 0.2-0.4℃ 더 높은 기온을 보였다(Fig. 4 and Table 10, 11). 그러나, 7-8월 Duncan 분석 결과 낮 시간대에는

Table 8. Post Hoc Tests for nighttime data of July and August

		Nighttime		
Location		Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Duncan ^a	Lawn	25.516		
	Forest	25.525		
	Brick	25.607		
	Suwon	25.663		
	Pine tree	25.701		
	Pergola	25.706		
	Kwonsun		26.063	
	Maetan			26.412
	Sig.	.339	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses harmonic mean sample size = 620

Table 9. Post Hoc Tests for all data of July and August

		Summer		
Location	Duncan ^a	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Forest		26.606		
Pergola		26.859	26.859	
Lawn			26.914	
Pine tree			26.929	
Suwon			26.973	
Brick			27.064	
Kwonsun				27.543
Maetan				27.587
Sig.		.065	.190	.748

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses harmonic mean sample size = 1488

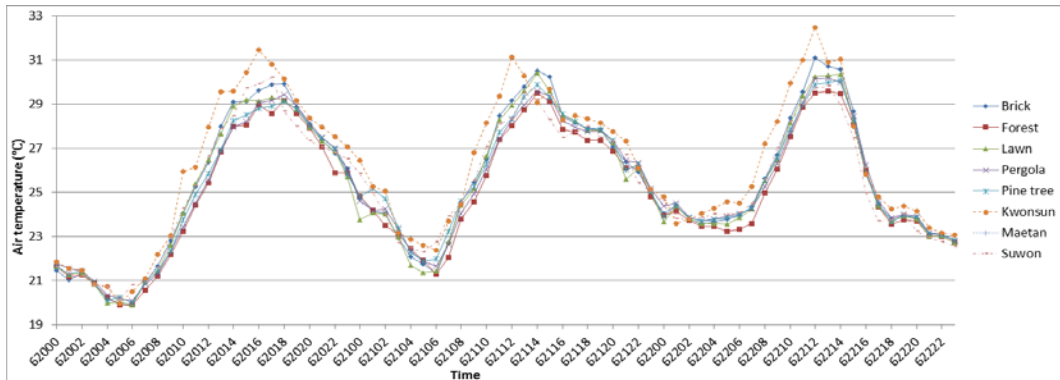
월 평균기온 분석 결과보다 분별력이 떨어져 forest 지점이 brick 지점을 제외한 모든 공원 내부 지점들과 5% 유의수준에서 유의성이 없는 것으로 나타났으며 (Table 12, 13), 밤 시간대에는 모든 지점들이 유의성이 없는 것으로 나타났다 (Table 14).

공원 외부 지점의 월 평균기온값에 비해 공원 내부의 평균기온 상승폭은 낮 시간대에 Kwonsun 지점이 forest 지점에 비해 0.4-0.7℃ 더 높아진 1.4-2.0℃, Maetan 지점은 0.2-0.6℃ 더 높아진 1.1-1.7℃, Suwon

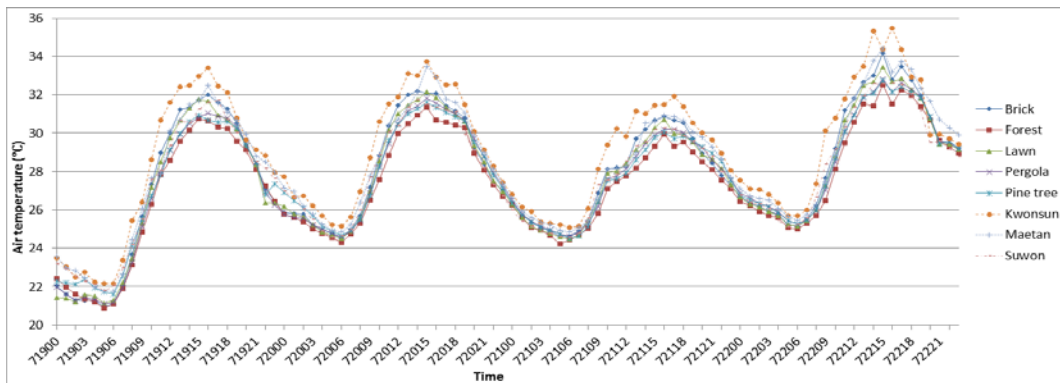
지점은 0.2-0.3℃ 더 높아진 0.5-0.9℃의 평균기온을 보였다 (Table 5, 11). 밤 시간대에는 평균 0.1-0.4℃ 더 높았으며, forest 지점에 비해 Kwonsun 지점은 0.6-0.9℃, Maetan 지점은 0.8-1.4℃, Suwon 지점은 0.1-0.3℃ 높은 기온을 보였다. Suwon 지점은 월 평균기온 비교에서와 동일하게 다른 두 외부 지점에 비해서 낮은 결과를 보였다. 7-8월 Duncan 분석 결과 Suwon 지점은 공원 내부 지점들과 낮-밤 시간대 모두 유의성이 없는 것으로 나타났으며, 낮 시간대에는 Kwonsun 지점이,

Table 10. Mean±Standard Deviation (SD), maximum and minimum air temperature in the daytime and nighttime within the hottest periods of each month in summer, 2016

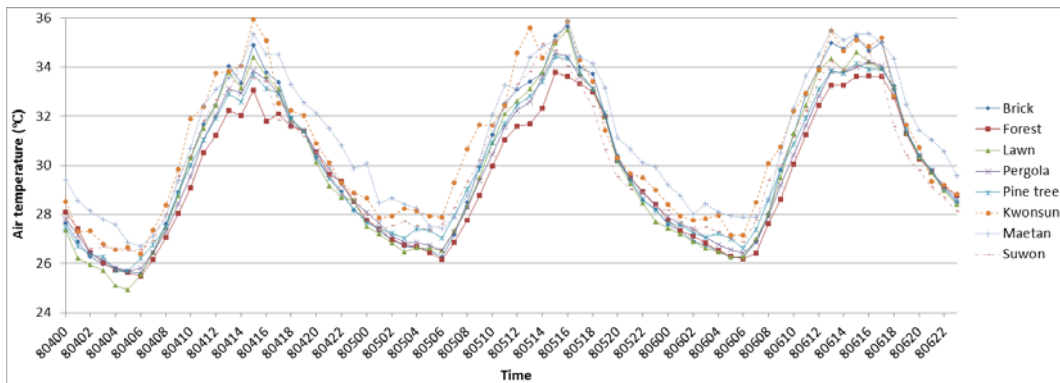
Location	Air temperature (℃)																	
	June (June 20 00:00-22 23:00)						July (July 19 00:00-22 23:00)						August (Aug. 4 00:00-6 23:00)					
	Daytime			Nighttime			Daytime			Nighttime			Daytime			Nighttime		
	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.
Forest	26.1±2.8	29.6	19.9	23.7±2.0	27.9	19.9	28.3±2.8	32.5	21.1	26.0±2.4	30.7	20.9	30.7±2.6	33.8	25.5	27.9±1.5	30.5	25.6
Brick	26.8±3.0	31.1	19.9	23.8±2.2	28.1	20.0	29.3±3.1	34.2	21.1	26.1±2.5	30.8	20.9	31.7±3.0	35.7	25.6	27.8±1.4	30.4	25.7
Lawn	26.6±2.9	30.4	19.9	23.7±2.1	27.9	20.0	29.0±3.0	33.4	21.3	26.1±2.6	30.8	21.1	31.5±2.8	35.5	25.5	27.6±1.5	30.3	24.9
Pergola	26.4±2.8	30.2	20.1	23.9±2.1	28.2	20.2	28.8±2.9	32.8	21.2	26.2±2.6	30.8	21.1	31.2±2.7	34.6	25.8	28.0±1.4	30.5	25.7
Pine tree	26.4±2.8	30.1	20.0	23.9±2.1	28.0	20.1	28.7±2.8	32.7	21.6	26.4±2.4	30.8	21.7	31.3±2.5	34.4	26.2	27.9±1.3	30.4	25.7
Kwonsun	27.5±3.1	32.5	20.5	24.3±2.3	28.4	20.0	30.4±3.2	35.5	22.2	26.9±2.3	30.1	22.2	32.4±2.6	36.0	26.4	28.5±1.2	30.9	26.6
Maetan							29.4±3.1	34.4	21.8	26.8±2.5	31.7	21.8	32.3±2.8	35.9	26.7	29.3±1.4	32.1	26.8
Suwon	26.5±2.6	30.2	20.8	23.9±2.1	27.3	20.2	29.0±2.7	32.6	22.0	26.3±2.2	29.6	21.8	31.5±2.4	34.9	26.6	28.0±1.0	30.5	26.5



(a)



(b)



(c)

Fig. 4. More detailed air temperature comparison between the locations: (a) June 20 00:00-22 23:00, (b) July 19 00:00-22 23:00 and (c) August 4 00:00-6 23:00.

Table 11. Mean±standard deviation, maximum and minimum air temperature differences from forest (°C) and between sunny and shaded locations in the daytime and nighttime of the hottest periods of each month in summer, 2016. Positive values mean air temperature at the forest location was lower than one at a compared location, and negative values mean the opposite

Location	Air temperature difference from forest (°C)																	
	June (June 20 00:00-22 23:00)						July (July 19 00:00-22 23:00)						August (Aug. 4 00:00-6 23:00)					
	Daytime			Nighttime			Daytime			Nighttime			Daytime			Nighttime		
	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.
Brick	0.7±0.4	1.6	0.0	0.1±0.3	0.9	-0.3	1.0±0.5	1.7	0.0	0.1±0.2	0.4	-0.4	1.0±0.6	2.0	0.0	-0.1±0.2	0.2	-0.5
Lawn	0.5±0.3	1.2	-0.1	0.0±0.4	1.0	-1.1	0.7±0.3	1.3	0.0	0.1±0.3	0.6	-1.0	0.8±0.5	1.9	0.0	-0.3±0.3	0.2	-1.2
Pergola	0.3±0.2	0.7	0.0	0.3±0.3	1.1	-0.2	0.4±0.2	0.9	0.0	0.2±0.3	0.8	-0.4	0.5±0.3	1.7	0.0	0.1±0.2	0.3	-0.3
Pine tree	0.4±0.3	1.2	-0.1	0.2±0.3	1.2	-0.1	0.4±0.2	1.0	0.0	0.4±0.3	1.1	-0.4	0.7±0.3	1.3	0.0	0.0±0.4	0.9	-0.7
Kwonsun	1.4±0.9	3.1	-0.4	0.6±0.5	1.6	-0.6	2.0±0.8	3.9	0.5	0.9±0.5	1.9	-0.8	1.7±0.9	3.9	-0.5	0.6±0.5	1.5	-0.4
Maetan							1.1±0.5	2.4	0.1	0.8±0.3	1.5	0.3	1.7±0.5	2.7	0.9	1.4±0.3	2.3	0.8
Suwon	0.5±0.7	1.9	-1.0	0.2±0.5	1.0	-0.7	0.7±0.4	1.9	-0.4	0.3±0.5	1.2	-1.2	0.9±0.9	2.6	-1.4	0.1±0.5	0.9	-0.7
Sunny-Shaded locations ^z	0.4±0.3	0.9	-0.3	-0.1±0.2	0.2	-0.5	0.5±0.3	1.1	-0.1	-0.1±0.1	0.1	-0.5	0.5±0.4	1.5	-0.3	-0.3±0.1	0.1	-0.5

^zsunny locations are brick and lawn and shaded ones are forest, pergola and pine tree

밤 시간대에는 Maetan 지점이 공원 내부 지점들과 유의성이 있는 것으로 나타났다. 특히, 낮 시간대 태양복사에너지의 영향을 가장 많이 받는 Kwonsun 지점이 모든 시간대의 자료를 비교해 보았을 때, 공원 내부 지점들과 뚜렷한 유의성을 보이는 것으로 나타났다 (Table 15).

6-7월에는 Kwonsun 지점이 낮 시간대와 밤 시간대 동시에 가장 높은 기온값을 나타냈으나 (Table 11 and Fig. 4a, 4b). 8월에는 수목이 거의 없고 빌라와 일반주택에 둘러싸여 있는 Kwonsun 지점이 낮 시간대에 가장 높은 기온을 보였고, 아파트 단지에 의해 둘러싸여 있는 Maetan 지점은 밤 시간대에 가장 높은 기온을 보였

다 (Fig. 4c). 이와 같은 현상은 Fig. 3에서도 볼 수 있는데, 낮 시간대 기온이 높아질수록 빈번하게 나타났으며, 낮 시간대 태양복사에너지가 Kwonsun 지점의 기온을 가장 높게 만들었다면, 밤 시간대에는 낮은 건축물에 둘러싸여 있는 Kwonsun 지점보다 높은 건축물에 둘러싸여 있는 Maetan 지점에서 더 많은 지구복사에너지 방출로 인한 기온상승효과라고 할 수 있을 것이다.

양지와 음지 지점의 평균기온차이도 월 평균기온에 비해 낮 시간대에는 0.1°C 더 상승하여 평균 0.4-0.5°C로 음지의 기온 저감 효과가 더 높은 것으로 나타났다. 밤 시간대에는 음지가 월 평균기온보다 0.2°C 상승하여 평균 0.1-0.3°C의 차이로 음지가 더 높은

Table 12. An One-way ANOVA test for all data of the hottest days in July and August

ANOVA						
Heatwave						
		Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
(Combined)		272.408	7	38.915	3.941	.000
Between groups	Linear term	105.537	1	105.537	10.687	.001
	Deviation	166.871	6	27.812	2.816	.010
Within groups		13193.720	1336	9.876		
Total		13466.128	1343			

Table 13. Post Hoc Tests for daytime data of the hottest days in July and August

		The hottest days _daytime		
Location		Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Duncan ^a	Forest	29.329		
	Pergola	29.786	29.786	
	Pine tree	29.849	29.849	
	Lawn	30.056	30.056	
	Suwon	30.083	30.083	
	Brick		30.312	
	Maetan		30.673	30.673
	Kwonsun			31.228
	Sig.	.129	.078	.206

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses harmonic mean sample size = 98

기온을 보이는 것으로 나타났다. 그러나, 측정장비의 오차 범위(±2.1 °C)를 감안하면 그 차이는 무의미하다고 볼 수 있을 것이다.

3.4. 기존의 연구결과들과의 비교 분석

규모가 크지 않는 도시근린공원에서 여름철 잔디와 보도블럭과 같은 포장물질이 지표면 1.5 m 위의 기온에 미치는 영향은 지역풍의 영향과 에너지균형모델(energy balance model)의 작용으로 감쇄될 것이다. 그러나, 공원의 규모가 커지면 기온 저감 효과가 높아진다는 연구결과(Barradas, 1991; Upmanis et al.,

1998; Chang et al., 2007)가 있으며, 시간대(Bowler et al., 2010)와 식재형태(Spronken-Smith and Oke, 1998; Yoon and Song, 2000; Potchter et al., 2006)에 따라서도 기온 저감 효과가 달라진다고 알려져 있다.

Ryu and Lee(2014)의 연구결과에 의하면 함양군 상림공원 내(205,824 m²)의 낙엽활엽수림이 액상우레탄 포장지에 비해 여름철 주간(10:00-16:00)에는 평균 5.9°C의 기온 저감 효과가 나타났고, 잔디밭은 포장지에 비해 평균 0.9°C의 기온 저감 효과가 나타났으나, 야간(21:00-04:00)에는 그 차이가 거의 없는 것으로 나타났다고 하였다. 이것은 본 연구결과 중 낮 시간대

Table 14. Post Hoc Tests for nighttime data of the hottest days in July and August

		The hottest days _nighttime		
Location		Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Duncan ^a	Lawn	26.707		
	Forest	26.776	26.776	
	Brick	26.809	26.809	
	Pergola	26.953	26.953	
	Suwon	27.024	27.024	
	Pine tree	27.043	27.043	
	Kwonsun		27.579	27.579
	Maetan			27.865
	Sig.	.447	.061	.448

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses harmonic mean sample size = 70

Table 15. Post Hoc Tests for all data of the hottest days in July and August

		The hottest days		
Location		Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Duncan ^a	Forest	28.265		
	Pergola	28.606		
	Lawn	28.660		
	Pine tree	28.680		
	Suwon	28.808	28.808	
	Brick	28.853	28.853	
	Maetan		29.503	29.503
	Kwonsun			29.708
	Sig.	.137	.055	.550

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses harmonic mean sample size = 168

forest지점이 brick지점보다 평균 0.7℃(최대 2.1℃), lawn지점이 brick지점보다 평균 0.5℃(최대 2.0℃) 낮은 기온 저감 효과를 보였다는 것보다 더 높은 결과였으며, 밤 시간대의 결과와는 유사한 결과였다. 물론, 본 연구에서 낮 시간대 열흡수율이 더 좋아 표면온도가 더 높게 나타나는 액상우레탄 포장지와 비교했다면 더 큰 기온 저감 효과가 나타났을 수도 있었을 것이다. 또한, Kim et al.(2016)의 연구결과에서도 서울시 선정릉(면적, 198,813 m²)이 여름철에 주변 고층건물로 구성된 주거 및 상업지역에 비해서 1.3-2.9℃의 기온 저감 효과를 주는 것으로 나타났으며, Park (2013)에서도 9월 2일 12:00-15:00동안 대구광역시의 국채보상운동공원이 근처의 중심상업지역보다 1.3℃ 기온 저감 효과가 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서도 forest지점에 비해 평균 1.0℃(낮 시간대 최대 3.2℃) 기온 저감 효과를 나타내 비슷한 결과를 보여주었다. 이 결과는 Bowler et al.(2010)가 전 세계적으로 공원과 녹지의 열저감 관련 논문 16편을 분석한 결과, 낮 시간대(06:00-20:00)와 밤 시간대(22:00-06:00) 각각 평균 0.94℃, 1.15℃의 기온 저감 효과가 있다는 것과 매우 유사하였다.

4. 결론

도시근린공원의 기온 저감 효과를 알아보기 위해,

경기도 수원시 효원공원을 대상지로 2016년 여름철 동안(6-8월) 공원 내 피복형태별 5지점과 공원 외부 건축용도별 3지점을 선정하여 매 시간 기온자료를 측정하여 비교 분석하여 보았다.

공원 내·외에서 혼효림 지점의 평균기온이 가장 낮게 나타났으며, 공원 내의 다른 4지점들과의 평균기온 차이는 0.2-0.5℃로 크지는 않았다. 낮 시간대에는 양지였던 보도블럭과 잔디밭에 비해 혼효림 지점이 평균 0.5-0.8℃(최대 1.6-2.1℃)의 기온 저감 효과를 보였으며, 밤 시간대에는 피복재료가 잔디였던 지점들(소나무식재지와 잔디밭)보다는 혼효림 지점이 최대 0.9-1.7℃의 기온 저감 효과를 보였다. 양지와 음지로 나누어 비교해 보았을 때, 음지지점이 낮 시간대에는 최대 1.5℃ 낮은 값을, 밤 시간대에는 반대로 최대 0.7℃ 높은 값을 보여주었다.

공원 외부 지점들 중 일반주택지역에 위치한 권선초등학교 지점과 아파트지역에 위치한 매탄1동 주민센터 지점과의 비교에서는, 가장 낮은 기온을 보였던 혼효림 지점에 비해 평균 0.8-1.0℃ 높은 결과를 보여주었다. 낮 시간대에는 평균 0.9-1.3℃(최대 2.0-3.9℃), 밤 시간대에는 평균 0.4-1.0℃(최대 1.3-3.1℃) 높은 결과를 보여주었다. 또한, 매 월 가장 더웠던 기간에는 혼효림 지점에 비해 좀 더 높은 평균 1.0-1.6℃의 높은 기온값을 나타냈다.

통계적으로 공원 내부 지점들이 외부 지점인 권선

초등학교 지점과 매탄1동 주민센터 지점에 비해 기온 저감 효과가 5% 유의수준에서 유의하게 나타났다. 낮 시간대에는 혼효림 지점이 다른 공원 내부 지점들에 비해서도 우수한 기온 저감 효과를 보이는 것으로 나타났다. 밤 시간대에는 공원 내부 지점들간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

도시의 열 환경이 높은 여름철 도시근린공원의 기온 저감 효과는 낮 시간대에 명확하게 나타나며, 수목으로 형성된 혼효림 그늘지역에서 가장 높게 나타났다. 밤 시간대에는 하늘시계지수(Sky View Factor, SVF)가 높고 증발산효과가 발생하는 피복재료(예: 잔디)로 이루어진 지역이 최대 기온 저감 효과를 보이는 것으로 나타났다.

공원 외부의 건축용도별로는 SVF가 높은 지역(저층건물지역)이 낮 시간대에는 태양복사에너지의 영향으로 높은 기온을 보였으나, 밤 시간대에는 반대로 SVF가 낮은 지역(고층건물지역)이 높은 건축물에서 방출되는 지구복사에너지의 영향으로 더 높은 기온을 보이는 것으로 나타났다.

본 연구는 도시공간을 이용하는 주체인 인간의 정주공간 열 환경 개선을 위해 이루어 졌으나, 인간이 느끼는 열 환경에 영향을 주는 기후요소들(기온, 상대습도, 풍속, 태양 및 지구복사에너지) 중 기온만을 분석한 한계를 가지고 있다. 향후 모든 기후요소들을 고려한 인간 열환경지수(열쾌적성)를 기준으로 추가연구가 진행될 예정이다. 또한, 수원시청 자료를 제외한 나머지 자료들은 국립환경과학원 자연환경연구과에서 직접 설치·관리하여 측정기기간의 오차에 대한 고려가 이루어졌으나, 수원시청 자료에 대한 검증작업은 이루어지지 않았음을 밝힌다.

감사의 글

본 연구는 국립환경과학원의 조사연구사업 ‘그린인프라를 이용한 도시재해 대응방안 마련 연구(NIER-RP2016-231)’에 의해 수행되었습니다. 공원 환경조사에 도움을 준 수원시 공원녹지사업소에 감사드립니다.

REFERENCES

Barradas, V. L., 1991, Air temperature and humidity and

- human comfort index of some city parks of Mexico City, *International Journal of Biometeorology*, 35, 24-28.
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., Pullin, A. S., 2010, Urban greening to cool towns and cities: A Systematic review of the empirical evidence, *Landscape and Urban Planning*, 97, 147-155.
- Chang, C. R., Li, M. H., Chang, S. D., 2007, A Preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks, *Landscape and Urban Planning*, 80, 386-395.
- Cho, Y., Shin, S., 2002, The effects of urban forest on summer air temperature in Seoul, Korea, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 30(4), 28-36.
- Chow, W. T. L., Pope, R. L., Martin, C. A., Brazel, A. J., 2011, Observing and modeling the nocturnal park cool island of an arid city: Horizontal and vertical impacts, *Theoretical and Applied Climatology*, 103(1), 197-211.
- de Abreu-Harbich, L. V., Labaki, L. C., Matzarakis, A., 2015, Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics, *Landscape and Urban Planning*, 138, 99-109.
- Gál, T., Rzepa, M., Gromek, B., Unger, J., 2007, Comparison between sky view factor values computed by two different methods in an urban environment, *ACTA Climatologica et Chronologica, Universitatis Szegediensis*, Tomus 40-41, 17-26.
- Han, G., 2003, An Analysis of landscape type characteristics using the technology of GIS and remote sensing, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 6(3), 117-128.
- Han, S., Huh, J., 2006, Analysis of restored Choengye stream effect on reducing the building cooling loads, *Conference paper of Architectural Institute of Korea*, 26(1), 633-636.
- IPCC, 2013, *Climate change 2013: The Physical Science Basis*, WMO, 7bis, Avenue de la Paix, 1211 Geneva2.
- Kim, G., Lee, Y., Lee, D., Kim, B., 2016, Analyzing the cooling effect of urban green areas by using the multiple observation network in the Seonjeongneung region of Seoul, Korea, *Journal of Environmental Science International*, 25(11), 1475-1484.
- Kim, J., Yeo, C., 2006, The environmental and economic effects of green area loss on urban areas, *Journal of the*

- Korean Association of Geographic Information Studies, 9(2), 20-29.
- Kim, K., Song, J., 2015, The effect of the Cheonggyecheon restoration project on the mitigation of urban heat island, *Journal of Korea Planning Association*, 50(4), 139-154.
- Kim, N., Kim, G., 2013, A Study on changes of the spatio-temporal distribution of temperature in Korea peninsular during the past 40 years, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 16(4), 29-38.
- Lee, E., 2006, The relationship between urban spatial elements and the thermal comfort-the case study of Seoul, Master Thesis, Hanyang University, Korea.
- Lee, J., Lee, Y., Kim, B., 2016, Analysis of the thermal environment around an urban green area in Seoul, Korea using Climate Analysis Seoul (CAS), *Atmosphere*, 26(3), 413-421.
- Nakamura, Y., Oke, T. R., 1988, Wind, temperature and stability conditions in an east-west oriented urban canyon, *Atmospheric Environment*, 22(12), 2691-2700.
- Oke, T. R., 1973, City size and the urban heat island, *Atmospheric Environment*, 7(8), 769-779.
- Oke, T. R., 1989, The micrometeorology of the urban forest, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Science*, 324(1223), 335-349.
- Park, H., Baek, T., 2009, Progress and land-use characteristics of urban sprawl in Busan metropolitan city using remote sensing and GIS, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 12(1), 23-33.
- Park, K., Lee, S., Shim, Y., Hwang, H., 2011, Analysis on the mitigation effects of urban heat island through creation of water space, *The International Journal of The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 11(5), 13-18.
- Park, S., 2012, Landscape planning and design methods with human thermal sensation, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 40(1), 1-11.
- Park, S., 2013, A Way for creating human bioclimatic maps using human thermal sensation (comfort) and applying the maps to urban and landscape planning and design, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 41(1), 21-33.
- Park, S., Tuller, S. E., Jo, M., 2014, Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for microclimatic analysis in urban thermal environments, *Landscape and Urban Planning*, 125, 146-155.
- Potchter, O., Cohen, P., Bitan, A., 2006, Climatic behavior of various urban parks during hot and humid summer in the mediterranean city of Tel Aviv, Israel, *International Journal of Climatology*, 26, 1695-1711.
- Ryu, N., Lee, C., 2014, Effects for the thermal comfort index improvement of park woodlands and lawns in summer, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 42(6), 21-30.
- Ryu, N., Lee, C., 2015, The gradient variation of thermal environments on the park woodland edge in summer, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 42(6), 21-30.
- Spronken-Smith, R. A., Oke, T. R., 1998, The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates, *International Journal of Remote Sensing*, 19, 2085-2104.
- Takács, Á., Kiss, M., Hof, A., Tanács, E., Gulyás, Á., Kántor, N., 2016, Microclimate modification by urban shade trees-an integrated approach to aid ecosystem service based decision-making, *Procedia Environmental Sciences*, 32, 97-109.
- Upmanis, H., Eliasson, I., Linqvist, S., 1998, The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Goteborg, Sweden), *International Journal of Climatology*, 18, 681-700.
- Yoon, M., Ahn, T., 2009, An Application of satellite image analysis to visualize the effects of urban green areas on temperature, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 37(3), 46-53.
- Yoon, Y., Song, T., 2000, Factors affecting temperature of urban parks, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 28(2), 39-48.
- Yun, H., Kim, M., Jung, K., 2013, Analysis of temperature change by forest growth for mitigation of the urban heat island, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 31(2), 143-150.