

캠퍼스 내 녹지공간의 온도분석 및 온도영향요인 규명 실험

김재경¹, 김원희², 김은일^{3*}

¹서울대학교 생태조경시스템공학부, ²전라남도 산림보전과, ³전남대학교 조경학과

Analysis of Temperature Influence Experiment on Green Spaces in Campus

Jaekyoung Kim¹, Wonhee Kim², Eunil Kim^{3*}

¹Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University

²Forest Preservation Section, Jeollanam-do

³Department of Landscape Architecture, Chonnam National University

요약 지구온난화로 인해 하절기 폭염현상과 열대야가 강해짐에 따라, 도시공원 등 녹지공간의 열환경 개선에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 하지만, 녹지의 식재패턴과 바람의 세기로 인해 변화하는 도시 열환경 개선 연구는 아직까지 미흡한 실정이다. 본 연구는 공공 휴게 녹지공간의 온도분석 및 온도의 변화요인을 파악하는데 목적이 있다. 대상지로는 전남대학교 민주마루 앞 광장을 설정하였다. 대상지의 피복상태, 식재형태를 조사 후, 온도, 습도, 풍향, 풍속 등을 측정하여 요인들을 분석하였다. 측정기준은 기상청 기준 오후 2시에 전운량 30% 이하, 습도 90% 이하, 온도는 최고온도 30°C 이상인 날로 지정하였다. 온도 실측은 크게 1차 실측과 2차 실측으로 구분하여 측정하였다. 1차 실험은 2018년 6월 1일부터 6월 21일까지 30도를 기준일로 6일간, 2차 실험은 2018년 7월 27일부터 8월 1일까지 35도를 기준으로 3일간 측정을 실시하였다. 온도분포에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 증발산과 바람에 의한 열 이동으로 판단된다. 온도 변화요인으로는 피복유형, 풍속/풍향, 식재유형 등이 있었다. 피복유형에서 목본 식재지는 저온역으로, 초지와 아스팔트 포장은 고온역으로 구분되었다. 풍속/풍향에서는 3.5m/s 이상의 바람이 불어올 때 남풍에서 1.2도, 서풍에서 0.7도, 북풍에서 0.4도, 동풍에서 0.5도씩 순간온도가 저감되었다. 식재유형에서는 녹지량이 많고, 바람의 영향을 많이 받는 형태일수록 온도가 저감되었다. 온도변화요인을 알아보기 위해 등온선을 작성하여, 풍향과 수목식재 위치 관계를 파악하였다.

Abstract Owing to global warming, heat waves have become stronger in the summer, and research on improving the thermal environment of green spaces, such as urban parks, is being conducted. On the other hand, studies on improving the urban thermal environment, which is changing due to the greening pattern and the intensity of the wind, are still insufficient. This study analyzed the temperature of the green spaces on campus to understand the factors affecting the temperature changes. After investigating the covering condition and planting form of the site, factors, such as temperature, humidity, wind direction, wind speed, and illuminance, were measured. The most influential factors on the temperature distribution are evapotranspiration and wind - induced heat transfer. The other major factors affecting the temperature change were the type of cover, wind velocity/wind direction, type of planting, shade / solar irradiance. In the type of cover, the plant was classified as low temperature, and the asphalt pavement was classified as high temperature. In wind speed, instantaneous temperature was reduced by 1.2 °C in southern wind, 0.7 °C in the westerly wind, 0.4 °C in the north wind and 0.5 °C in the east wind when a wind of 3.5m/s or more was blown.

Keywords : Climate Chagne, Wind Path, Planting Type, Isotherm, Temperature Reduction

*Corresponding Author : Eun-il Kim(Chonnam National Univ.)

email: eikim@jnu.ac.kr

Received December 31, 2019

Revised January 15, 2020

Accepted February 7, 2020

Published February 29, 2020

1. 서론

1.1 연구배경

지구 온난화로 인해 하절기 폭염현상과 열대야가 더 강하고 길어지고 있는 현실이다(IPCC, 2013). 특히 2018년 여름 폭염은 서울 최고기온은 39.6℃로 이 기록은 1907년 기상관측을 시작한 후 111년 만에 가장 높은 기록이었고, 홍천의 경우 2018년 8월 1일 41.0℃를 기록하며 우리나라에서 가장 높은 기온이 관측되었다. 또한, 폭염일수는 평년 8.6일이었으나 2018년은 무려 29.2일이나 관측되었으며, 경기도 의성시의 경우 폭염일수 43일로 가장 많은 일수가 관측되었다(기상청, 2018).

도시공원의 토지피복 및 식재구조에 따른 온도 영향요인 규명 연구에 따르면, 녹피율은 1% 증가할 때마다 -0.002℃, 녹지용적계수는 1cm³/m² 증가할 때마다 -0.122℃의 온도저감 효과가 있을 것으로 예측하였다 [1].

이와 같이 기존 연구에서는 녹지 분포 및 규모, 토지피복 재료 및 식재구조와 온도와의 관계, 녹지의 양적 증가에 따른 온도 저감 효과 연구가 진행되었다 [2-3]. 또한, 조경 소재 및 포장이 온열패적성지수에 미치는 영향 등 도시 열환경 개선을 위한 다양한 연구가 되었다 [4-6].

그러나, 지금까지 녹지의 다양한 조건과 기온 저감효과에 대한 연구가 있었으나 녹지 조건 중 식재 패턴(형식)과 바람의 세기 및 방향으로 인해 온도 변화를 조사하여 도시 열환경을 개선하는 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

1.2 연구 목적

본 연구에서는 2016년 새롭게 공공 휴게공간으로 조성된 전남대학교 민주마루 광장을 대상으로 식재 패턴과 풍속 및 풍향에 따라 녹지공간의 온도 변화를 조사하고 온도 저감 효과에 미치는 영향을 조사하였다. 연구 결과는 앞으로 공공 휴게공간 등의 녹지공간 조성 시 기존 연구에 조사된 녹지 분포 및 규모, 녹지량, 토지피복 재료 등이 미치는 영향과 함께 식재패턴과 바람 방향(세기) 등을 고려함으로써 도시 열환경 개선을 위한 휴게공간의 설계에 있어 온도 저감을 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것이다.

2. 본론

2.1 연구 대상지

2.1.1 대상지 개요

연구 대상지는 C대학교 캠퍼스의 중앙에 위치한 대강당(민주마루) 앞 휴게광장으로, 광장 북쪽으로는 대강당이 위치하고 남쪽으로는 대운동장이 위치하며, 서쪽으로는 구 본관과 잔디광장이 동쪽으로는 대학본부 주차장이 위치하고 있다. 휴게광장의 표고는 남쪽 도로 및 운동장 보다 약 2m가 높은 지형이다.

민주마루 앞 광장은 잔디피복과 녹음식재가 되어 있어 학생 및 교직원에게 새로운 휴게공간을 제공하고 있다. 이용자 분석을 통해 학생 및 교직원 외에도 광주시민들의 이용률도 높게 나타났고 이 대상지가 교내 구성원 뿐만 아니라 지역민들을 위한 공공 휴게공간으로서 가지는 상징성이 매우 큼을 알 수 있었다. 이용 형태는 대상지를 이용하는 이용자를 대상으로 설문을 하여 Fig. 1과 같은 현황을 알 수 있었다.

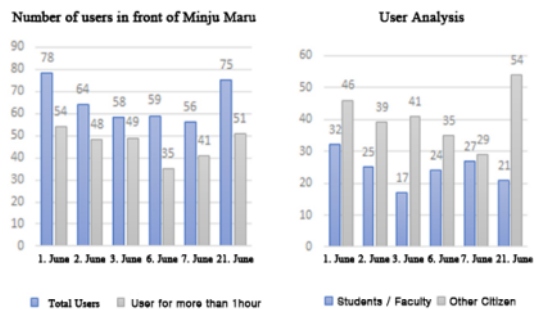


Fig. 1. Target Site User Survey

또한, 민주마루 앞 광장은 포장면, 식재지, 초지 등 다양한 유형의 피복유형이 존재하며, 온·습도에 영향을 줄 수 있는 교목성 수목이 많이 위치한 식재 특성을 지니고 있어 토지 피복 및 식재구조에 따른 온도 영향요인 규명에 적합한 대상지였다.

2.1.2 토지피복 현황

연구대상지의 토지피복 및 식생분포 현황을 파악하기 위하여 촬영용 드론(DJI Mavic Pro Drone)으로 촬영한 후 Fig. 2와 같이 시각화하였다. 토지피복 현황은 수림지역, 녹지 및 인공 포장 재료로 세분한 후 도면화하여 면적 및 비율을 산출하였다. 식재분포 현황은 식재지역과 기타지역으로 구분하였고 식재된 수목은 상록수목과 낙엽수목으로 구분하였다.

민주마루 앞 광장 지역의 토지피복 현황을 분석한 결과, 5,400m²의 전체 면적 중 잔디 식재지를 포함한 나지

는 48.8%를 차지하여 가장 넓게 분포하고 있었고 남측의 수림대를 포함한 목본식재지는 42.19%로 비교적 넓게 구성되어 있었다. 그 외에 전체면적의 8.11%인 포장면은 인공포장재료로, 0.9%의 인공구조물 등의 기타지역이 분포하고 있었다.

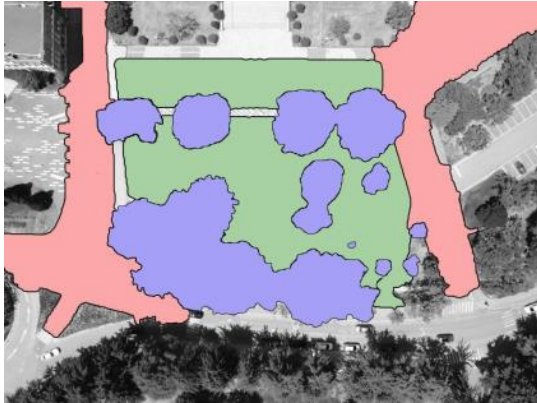


Fig. 2. Site Land Coverage Status

2.1.3 식생 구성 현황

식생 구성 현황 파악을 위하여 수고 측정기 Suunto 클리노미터(PM5/360PC)를 사용하였고, 수관폭은 팬텀 하이버줄자(KMC-1600)를 사용하여 측정하였다.

연구 대상지의 수목 구성을 조사한 결과, Table 1과 같이 조사구에는 총 61주의 수목이 식재되어 있었다. 상록교목식재지에 식재된 수목은 총 33주 (소나무 15주, 화백 17주, 개잎갈나무 1주, 히말라야시다 11)로 조사구의 72%를 차지하고 있었다. 낙엽교목식재지는 총 17주 (느티나무 6주, 상수리나무 1주, 빛나무 10주)로 조사구의 28%를 차지하고 있었다.

Table 1. Composition of Vegetation in the Site

Scientific Name	Size	Quantity
Pinus Densiflora	H:11.3 x W:3.7	15
Chamaecyparis pisifera	H:12.8 x W:3.9	17
Cedrus deodara	H:16.3 x W:14.5	1
"	H:17.0 x W:12.0	11
Zelkova Serrata	H:12.5 x W:12.3	4
"	H:10.4 x W:10.7	2
Quercus acutissima	H:11.9 x W:10.5	1
Prunus serrulata	H:11.5 x W:9.8	2
"	H:9.1 x W:7.4	2
"	H:6.3 x W:4.8	6
		61

2.2 실험방법

2.2.1 조사구 설정

연구 대상지의 온도분포와 온도에 미치는 영향 정도를 규명하기 위하여 대상지의 녹지지역과 포장지역, 수림지역을 대상으로 조사구를 설정하였다. 조사구 설정은 대상지를 Fig. 3에서 보듯이 10m 간격의 정사각형 격자 형태로 설정하였다. 대상지 내 온도 값에 영향을 주는 영향요인은 토지피복유형, 식재유형, 풍향/풍속, 조도를 고려하였다. 측정 후에는 대상지에 온도 맵 (Heat Map)으로 표현할 수 있도록 각 조사구의 사이 평균값을 작성하였다.

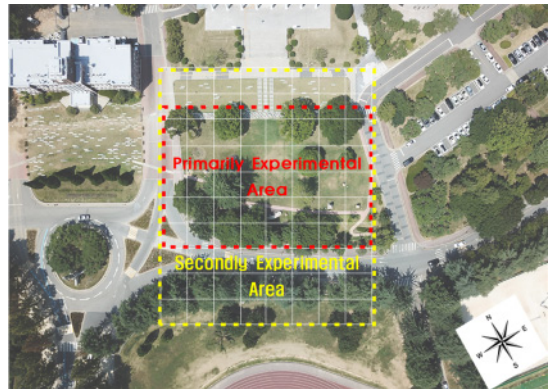


Fig. 3. Study Area

2.2.2 실험조건 설계

실험의 측정은 아래의 기준에 부합하는 날에 실시하였다. 1차 실험은 2018년 6월 1일부터 6월 21일까지 30도를 기준일로 6일간 측정을 하였으며, 2차 실험은 2018년 7월 27일부터 8월 1일까지 35도를 기준일로 3일간 측정을 실시하였다. 이 실험의 조건의 조사구에 영향을 미치는 온도영향 요인을 판단하는데 있어서 변화가 많은 요인들을 통제하기 위해서이다.

- ① 측정 기준 운량은 맑은 날과 구름 조금인 날로 기상청 기준 광주광역시 북구의 전운량이 30% 이하 일 때 측정하였다.
- ② 측정기준 풍향은 북서풍(270° ~ 360°)의 풍향일 때 측정하였다.
- ③ 측정 기준 온도는 당일 최고 기온 기준 30도 이상인 날을 측정하였으며, 이는 2017년 5월의 맑은 날 최고기온 평균이 30도 임을 고려하여 측정하였다.

- ④ 측정 기준 습도는 광주지역 평균습도 30% 이상 90% 이하인 날로 설정하였다.

2.2.3 온도 영향요인 분석

조사구별 온도 영향요인으로 토지피복유형, 식재유형, 풍향, 풍속 등을 분석하였다. 토지피복유형은 목본식재지, 초지, 포장면으로 분류하였다.

풍향과 풍속은 측정을 위하여 풍속계(Traceable Digital Anemometer)와 간이 풍향계를 사용하였다. 대상지 전체의 풍향과 풍속을 측정하여 풍향과 풍속이 대상지 전체에 미치는 영향에 대해서 고찰하였다. 또한 바람이 온도 저감 효과에 어느 정도 영향을 미치는지 파악하기 위하여 조사구 중 23번째 조사구를 지정하여 바람이 불 때의 순간 온도 저감량을 측정하였다. 풍향은 3m/s 이상인 풍속을 기록하였고, 풍속이 측정되었을 때 풍향을 기록하였다. 방위는 총 4방위를 사용하여 풍향을 측정하였으며 풍속과 풍향, 바람의 횡수를 측정하여 결과값을 분석하였다.

녹피율은 Table 2.와 같은 방법으로 조사구 내 수목의 흉고직경, 수고, 수관폭을 기준으로 조사구 면적을 적용하여 산정하였다. 잔디식재지의 피복률은 현장조사를 통해 비율을 적용하여 분석하였다.

Table 2. Ratio of Green Coverage

Division	Equation
Ratio of green coverage	$= \frac{\pi \times \text{radius of width of crown major axis (m)} \times \text{radius of width of crown minor axis (m)}}{\text{plot area (m}^2\text{)}} \times 100$

2.2.4 온도 실측

대상지의 기상현황 파악을 위해 Fig. 4와 같은 순서로 조사구 1번부터 54번까지 1회 측정 후 54번부터 1번까지 역순으로, 총 2회의 측정을 실시하였다. 온도실측을 위해서는 온/습도계(Extech 4465CF) 3대를 사용하였다. 기기의 오차범위는 ±3%이다.

온도 측정은 1차 실험 6회, 2차 실험 3회에 걸쳐 총 9회에 걸쳐 온도가 가장 높은 시간인 오후 2시부터 3시까지 1시간 동안의 풍향, 풍속, 온도, 습도 등을 측정하였다. 지상 1.5m에서 측정하여 사람이 평균적으로 얼굴 표면에 느끼는 대기온도를 측정하였다. 온도 측정의 신뢰도를 높이기 위해 한 지점에서 10초 간격으로 9회 측정 후 평균값을 기록하였다.



Fig. 4. Sequence of Temperature Measurements

1차 조사에서는 총 54개의 조사구 사이에 사이 값을 설정하고 평균값을 도출해 내어 총 162개의 값으로 온도 맵을 작성하였다. 온도 맵은 측정 위치별 온도분포 차이를 분명히 알 수 있도록 0.4도 간격으로 구간을 나누었으며, 최저온도 28.0도 / 최고온도 37.2도로 총 24개 구간으로 나누었다.

2차 조사에서는 남쪽 운동장에서 미치는 온도의 영향까지 검토하기 위하여 실험 대상지 범위를 확대한 총 99개의 조사구 사이에 사이 값을 설정하고 평균을 내어 총 297개의 값으로 온도 맵을 작성하였다. 온도 맵은 0.4도 간격으로 구간을 나누었으며, 최저온도 36.1도 / 최고온도 42.8도로 총 17개 구간으로 나누었다.

6월의 6일간 1차 조사와 7월의 3일간 2차 조사 결과를 바탕으로 온도 맵을 작성하였으며, 최종 분석을 위하여 각각 평균값의 온도맵을 작성하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 피복유형별 온도변화

연구 대상지의 피복 유형을 구분하면 인공포장지역, 잔디식재지, 목본식재지로 구분했을 때의 온도 변화를 측정하였다. A와 같이 동서 장축으로 배치된 인공포장면의 경우 최고온도 35.9도 최저32.4도 평균 34.2도로 측정되며 고온지역으로 분류되었다.

잔디 식재지인 B 구역은 최고 36.1도 최저 32.2도 평균 34.1도로 고온지역으로 분류되며 두 피복 유형에 따른 온도차는 최고온도 0.2도 평균 0.1도의 차이를 보이고 있어 복사열과 포장면의 소재 차이로 인한 온도변화는 수치적 유의성을 발견 할 수 없다고 판단되었다.

Fig. 5를 참고하면 목본식재지(C)의 경우 주변부보다 평균 2.1도의 온도가 낮은 것으로 나타났다. 반복 실험의 결과 값을 통해 잔디지역과 아스팔트지역의 온도 차이는 다른 온도변화요인보다 대기온도에 미치는 영향이 적은 것으로 판단되었다. 태양에너지를 1차적으로 차단해주는 목본 층이 없기 때문에 잔디 지역도 고온으로 나타남을 확인할 수 있었다.

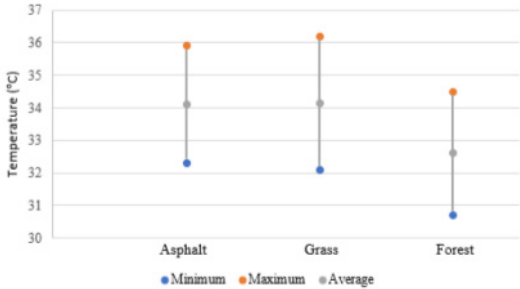


Fig. 5. Primary Temperature Variation

3.2 공간별 온도변화

연구 대상지를 공간별 특성으로 분류하면 다음과 같다. 히말라야시다 독립수와 벚나무 군락지역인 A지역, 남서풍의 직접적인 바람길인 B지역, 북쪽 민주마루 건물 전면부인 C구역, 화백 독립수가 식재된 D구역, 느티나무 군락인 E구역, 동쪽 도로에 인접한 F구역 등 크게 총 6가지로 분류할 수 있었다.



Fig. 6. Temperature Variation by Measurement Area

Fig. 6과 같이 연구 대상지 측정 포인트에 대하여 1차 실험 평균값을 구한 후 이를 각 일수의 포인트별 편차로 표준화한 값과 2차 실험의 표준화 값을 재차 평균값

으로 구하여 위의 6개의 장소를 비교하였다.

그 결과, A구역은 히말라야시다, 벚나무, 화백 군락에 의해 온도 저감이 상대적으로 크게 나타나는 것을 확인할 수 있는데 6회의 반복 실험 중 최저 1.5도, 최고 2.1도, 평균 1.9도의 온도 저감 효과를 보인 것으로 확인하였다.

B구역은 6회의 반복 실험동안 비교적 균일한 온도맵이 보여지고 있고 최고 34.9도 최저 33.7도의 온도 분포를 보이고 있었다. 전방의 느티나무는 0.4도 내에서 온도 변화를 나타내고 대기 흐름을 막지 않고 있었다. 동쪽으로 치우쳐진 이러한 상태의 온도 맵을 토대로 열 분포를 분석했을 때 서쪽의 아스팔트 포장면에 의한 열 이동과 직사광선에 의한 복사열이 합쳐지면서 고온 이동이 일어난 것으로 판단되었다.

C구역은 최저 35.6, 최고 36.1도로 가장 높은 온도분포를 보이고 있었고 동서로 횡축의 온도맵이 나타남을 확인할 수 있었다. 이는 남서풍이 불 때 북쪽에 위치한 민주마루 건물이 바람길을 막고 있어 대기가 정체되고 복사열에 의해 온도가 상승되고 공기의 순환이 유연하게 이루어지지 않음을 관찰 할 수 있고 실험기간 동안 통계적 유의성을 찾을 수 있었다.

D 지역의 상대적으로 LAI값이 작은 화백 독립수로는 다른 수목들에 비해 증발산에 의한 효과가 미미하다는 귀무가설에 따라 지속적인 실험 결과 화백 주변 5m이내 구간의 온도 변화가 0.4도 이내로 나타나 영향이 적다는 판단을 할 수 있었다. E 지역의 느티나무 군락은 서에서 동으로 흘러가는 바람길의 벽 역할을 하여 A,B구역에서 더운 공기를 1차적으로 차단해주고, 군락의 증발산 작용의 효과로 6번의 실험 동안 최대 1.6도까지 온도저감이 일어난 것으로 확인 하였다. F 지역의 경우 남서풍의 영향이 E구역의 느티나무 군락에 의해 대기의 흐름이 끊겨 동쪽의 아스팔트의 고온역의 공기가 유입된 것으로 추정되며 향후 추가적인 조사가 필요할 것으로 판단되었다.

3.3 식재유형별 온도변화

식재유형별 온도 분석 결과, Fig. 7.처럼 연구 대상지역의 수목 위치를 고려하여 5개의 구간으로 구분할 수 있었다.

A구간은 나지 구역으로 녹피율 0%를 나타내고 있고 서에서 동으로 36.5도에서 36.4도의 온도 분포를 나타내어 0.1도의 온도차를 보이고 있었다. 이는 다른 구간에 비해 상대적으로 온도차가 크지 않는 경향을 나타냈다. 이는 B구역의 느티나무 군락이 A구역의 동쪽 온도에 영

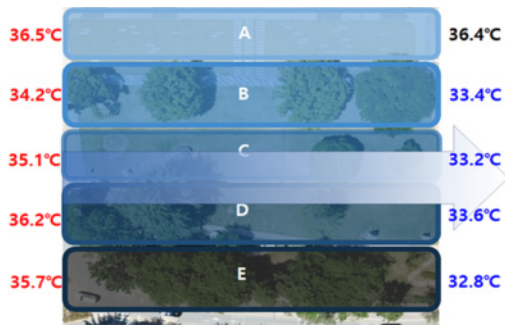


Fig. 7. Temperature Variation by Type of planting

향을 미친 것으로 판단했다.

B구간은 수관폭이 큰 느티나무 열식 지역으로 녹피울 15.7%를 나타냈으며 대상지 가운데 구간에 가장 높은 녹피울을 나타내고 있었다. 서/동쪽의 온도차는 서쪽34.2도 동쪽 33.4도로 0.8도로 나타난다.

C구간은 서쪽에서 동쪽방향 기준으로 나지가 나타난 후 독립수가 위치하는 구간으로 녹피울 2.7%를 나타내며, 온도차는 동쪽 35.1도 서쪽 33.2도로 1.9도의 큰 온도차를 보이고 있었다. 이는 상대적으로 낮은 녹피울에도 불구하고 온도차가 크게 나타나는 이유는 부지 서쪽의 인공포장면의 고온이 바람에 의해 이동하며 부지 중간부까지 영향을 미친 후 느티나무 군락지 수벽에 차단되어 1.4도의 온도차를 나타낸 것으로 판단되었다.

D구간은 히말라야시다와 화백이 식재되어 있는 지역으로 8.53%의 녹피울을 나타냈다. 이 구역의 온도 변화는 동쪽 36.2도, 서쪽 33.6도로 측정되어 2.6도의 온도차를 보였다. 고온의 남서풍이 올라올때 E구간의 뽕나무 군락에서 1차적으로 온도를 저감시켜주고 히말라야시다의 2차적으로 증발산에 의해 온도 차단 현상이 나타난 것으로 판단되었다.

E구간은 뽕나무와 화백 군락으로 녹피울 12.3%를 나타내고 있으며, 대상지의 주변까지 고려했을 때 가장 넓은 수림대 분포를 보이고 있었다. 군락의 서쪽 도로의 온도는 35.7도 동쪽은 32.8도의 온도분포로 두 구간은 2.9도의 온도 차이를 나타내고 있으며 상대적으로 낮은 온도분포를 나타냈다. 이는 녹피울에 따른 온도의 음의 상관관계를 나타내는 것으로 판단되었다.

3.4 일자별 온도변화

3.4.1 1차 실험 분석

기상청 자료의 지역 기온이 약 30도 내외를 기준인 날을 정하여 측정하였다. Table 3.을 참고하면, 실제 지역

의 미기상의 영향으로 인해 온도는 약 4도가 높은 34도 내외로 측정되었다. 풍향은 대상지의 수목 식재 패턴과 주변 건축물의 영향으로 인해 서쪽 방향으로 풍향이 측정되었다.

평균기온이 34도 전후한 일부 실험일에 서쪽에서부터 중앙부의 잔디광장 안으로 고온대가 바람에 의해 영향을 미치는 것을 제외하고는 일별 온도분포에는 큰 차이를 보이지 않았다. 바람에 의한 고온역의 흐름은 지상부의 수목에 의해 방향성을 갖는다는 것을 파악 할 수 있었으며, 세부적으로는 군락지에서는 고온역의 흐름을 차단하는 경향을 보였으며, 단목일 경우보다는 열식, 소군락지에서 고온역의 흐름이 약화되는 특성을 알 수 있었다. 특이한 경우는 연구대상지의 남동쪽에 위치하는 포장지역 주차장에서 고온역이 잔디광장쪽으로 흐르는 경향이 보였는데 이는 고온역이 차지하는 범위에 형태는 그 측정일에 따라 달리 표현되어졌으나 남서쪽의 수림대에서 차단된 바람의 흐름이 역류되어 광장쪽으로 고온역을 형성시켰다고 해석되었다.

Table 3. Primary Measurement Weather Information

Month	June						
	Date	1	2	3	6	7	21
Time		14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00
Forecast	Cloud(0/10)	0	0	0	4	4	0
	Wind Speed(m/s)	1.4	1.8	2.9	0.9	1.3	2.8
	Wind Direction(deg)	50	20	200	320	270	20
	Temperature (°C)	31.3	31.6	29.8	29	31.8	29.9
	Humidity(%)	33	26	40	53	42	35
Measure	Wind Direction(deg)	350	300	260	270	240	270
	Average Temperature (°C)	34.1	33.9	34.0	33.9	34.0	34.0

평균기온이 34도 전후한 일부 실험일에 서쪽에서부터 중앙부의 잔디광장 안으로 고온대가 바람에 의해 영향을 미치는 것을 제외하고는 일별 온도분포에는 큰 차이를 보이지 않았다. 바람에 의한 고온역의 흐름은 지상부의 수목에 의해 방향성을 갖는다는 것을 파악 할 수 있었으며, 세부적으로는 군락지에서는 고온역의 흐름을 차단하는 경향을 보였으며, 단목일 경우보다는 열식, 소군락지

에서 고온역의 흐름이 약화되는 특성을 알 수 있었다. 특이한 경우는 연구대상지의 남동쪽에 위치하는 포장지역 주차장에서의 고온역이 잔디광장쪽으로 흐르는 경향이 보였는데 이는 고온역이 차지하는 범위에 형태는 그 측정일에 따라 달리 표현되어졌으나 남서쪽의 수림대에서 차단된 바람의 흐름이 역류되어 광장쪽으로 고온역을 형성시켰다고 해석되었다.

3.4.2 1차 실험 평균 값에 의한 온도분포 분석

Fig. 8. 분석을 통해 연구 대상지의 1차 실험 자료를 평균값으로 도출하여 각 측정별 온도값을 가지고 고온역의 분포 특성을 검토하였다.

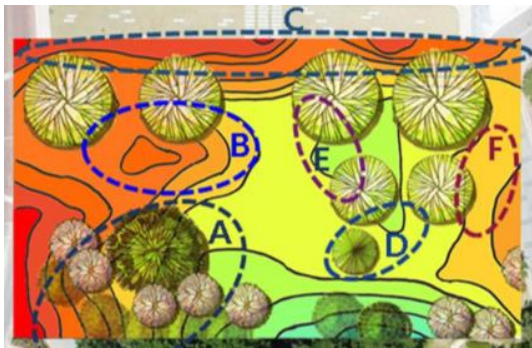


Fig. 8. Primary Measurement Average heat map

대상지 전체의 온도 분포를 살펴보면 포장지역에서 35.8도 내외의 가장 높은 고온역을 나타냈으며 수목이 식재지역은 31.8도 내외의 가장 낮은 저온역으로 4.4도의 온도차가 나타났다. 동일한 온도 분포 영역 범위를 파악하기 위해 전체 온도 차이를 0.4도의 간격으로 11단계의 같은 온도범위로 구분하였다. 서쪽 및 북쪽 포장지역의 고온역과 남쪽 수림지와와의 온도차는 4.4도의 가장 많은 차이를 보였다. 동쪽 포장지역은 34.2도 내외의 고온역으로 동일한 토지피복 유형인 서쪽과 북쪽의 고온역에 비해 1.5도가 낮았으며 남쪽의 저온역 대비 2.4도가 높게 나타났다. 대상지의 남서쪽에 위치한 수림대역 하단부에서는 대상지 전체 온도분포를 비교할 때 저온역이 형성되는 것을 알 수 있었다. 일부 잔디밭까지 저온역이 확대되는 현상을 보였는데 이는 바람에 의해 수림대에서 형성된 저온역이 수림대 외부까지 저온역이 영향을 미치는 것이라고 판단하였다.

또한, 기존 연구에 의하면 잔디 피복지는 고온역이라고 알고 있다. 실험대상지의 중앙부에 위치한 잔디광장에

서는 고온역과 비교할 때 상대적으로 2.4도가 낮은 온도 값을 나타냈는데, 이는 남서쪽의 수림대의 외곽부에 위치한 교목성 수종들에 의해 외부의 고온역이 일부 차단되어 수목이 없는 중앙광장의 온도가 상대적으로 낮게 나타난 것으로 판단하였다. 이는 잔디광장 내의 수목 규격 및 형상에 따라 온도가 조금씩 변화하는 것을 알 수 있었다.

일반적으로 바람의 흐름은 그 방향선상에 방해물이 있을 경우 방해받지 않는 쪽으로 흐른다고 알려져 있다. 이러한 현상은 본 실험을 통해서도 읽을 수가 있었다. 대부분의 실험일은 서풍이 불어와 대상지의 남서쪽에서 대상지 중앙부로 불어왔다. 이러한 흐름은 대상지 남서쪽에 위치한 광장형 도로에서 데워진 고온의 공기가 대상지 내부로 들어오는 구조를 가지고 있는데, 대상지 남서쪽은 수림대에 의해 차단되는 현상이 나타난 반면에 대상지 좌측 중앙부는 식재된 수목이 없어 이곳을 통과하는 바람에 의해 고온이 잔디광장으로 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

현 대상지내 단목으로 식재된 수목은 느티나무로서 느티나무의 형태적 특성상 지하고가 높아 바람의 흐름이 수목의 하단부로는 영향을 받지 않고 흘러갈 것으로 판단되어 지나 그 영향정도가 크지 않음을 알 수 있었다. 이는 수목에서의 온도 저감효과는 햇빛을 차단 흡수하는 물리적 효과도 있으며, 수목의 생리적 현상인 잎의 기공을 통해 수분을 공기중에 배출함으로써 주변의 열을 흡수하여 수목 주변에서 저온역을 형성하는 것과 연관성을 가지는 것으로 판단되었다.

동쪽의 고온역을 살펴보면 주차장과 아스팔트 포장도

Table 4. Second Measurement Weather Information

Month	July		August	
Date	27	28	1	
Time	14:00	14:00	14:00	
Fore cast	Cloud(0/10)	1	2	4
	Wind Speed(m/s)	1.6	0.9	1.9
	Wind Direction(deg)	39.0	312.2	43.5
	Temperature (℃)	36.4	36.4	37.5
	Humidity(%)	49	58	48
Mea sure	Wind Speed(m/s)	1	0.8	1.3
	Average Temp.(℃)	38.1	37.6	38.5
	Max Temp.(℃)	42.8	40.2	40.8
	Min Temp.(℃)	36.3	36.1	36.5

로에서 발생한 고온역의 확대 분포가 서쪽에 비해 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 서풍의 영향도 적지 않지만 식재된 수목으로 인해 고온의 공기가 확대되는 것을 차단했다고 판단되었다. 이 곳 역시 수목이 없는 공간으로 고온대가 작지만 확대되는 것을 알 수 있었다.북쪽의 고온역은 열식된 느티나무까지 확대되는 것을 볼 수 있었으며 바람의 흐름으로 일부 지역은 수목에서 발생한 저온역이 고온역에 영향을 미친 것을 알 수 있었다. 느티나무는 비슷하게 열식되어 있으나 서쪽은 높고 동쪽은 낮은 온도를 형성하고 있어 차이가 나타났다. 이는 서풍의 영향으로 서쪽이 높게 나타났다고 볼 수 있으나 서쪽에 비해 동쪽은 열식과 함께 가까운 곳에 군식된 수목으로 인해 저온역이 더 많이 형성되는데 영향이 있을 것이라고 판단되었다.

3.4.3 2차 실험

기상청 자료의 지역 기온가 약 34도 내외를 기준인 날을 정하여 1차 조사시와 비교하면 약 4도가 높은 온도에서 측정을 하였다.

2차 실험 기간의 온도 측정 결과는 1차 실험과 유사하게 기상청의 발표와 실제 측정 결과는 다소 차이가 나타났다. 실제 측정한 3일 중 최고 온도는 42.8도로 나타났으나, 최저 온도는 36도 정도로 기상청의 발표 기온과 비슷하게 측정되었다. 이는 대상지 주변 환경인 아스팔트 포장도로, 주차장, 잔디광장 등이 실제 측정 온도에 미치는 영향이 매우 높다는 것을 알 수 있다.

3.4.4 2차 실험에 의한 온도분포 분석

2차 실험일인 7월 27일과 8월 1일에서는 측정된 풍향이 동풍이었으며 7월 28일은 서풍이 측정됐다.

Fig. 9. ~ Fig. 11.을 통해 동풍과 서풍이 불었던 날의 차이점을 볼 수 있었다. 서풍이 부는 7월 28일의 온도맵을 분석해 보면, 서쪽 중앙의 잔디광장에 고온역이 확장되는 모습을 알 수 있고 동쪽의 열식된 느티나무 2주 주변에 저온역이 형성되는 것을 볼 수 있는데 이는 1차 실험의 온도맵과 다소 유사한 점을 찾을 수 있었다. 이는 고온역의 형성이 풍향과 식재 수목의 영향이 있다고 판단된다.

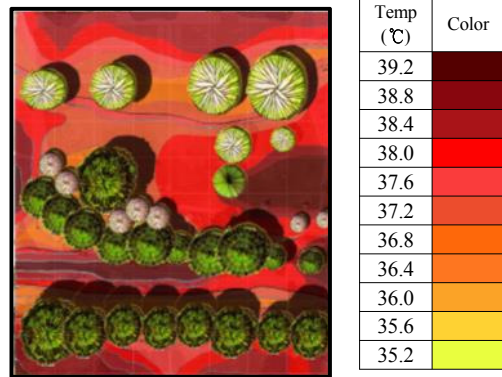


Fig. 9. July 27th heat map

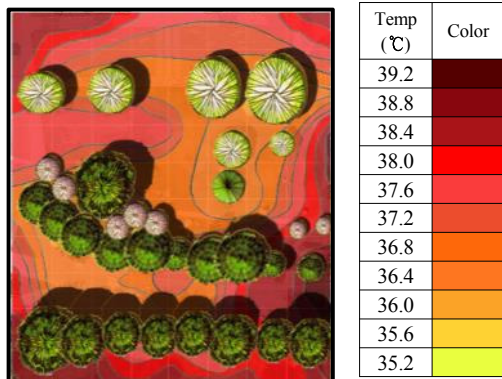


Fig. 10. July 28th heat map

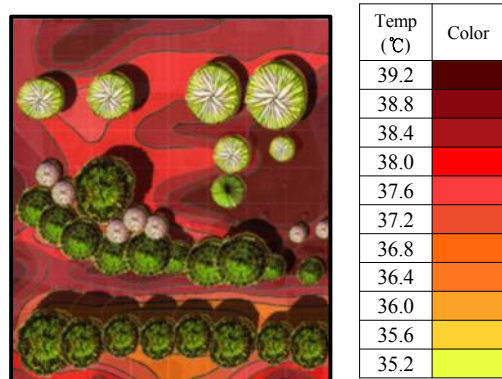


Fig. 11. August 1st heat map

4. 결론 및 제언

4.1 결론

본 연구에서는 공공 휴게공간의 온도 분석과 온도를

변화시키는 영향 요인에 대해 분석하기 위해, 전남대학교의 휴게광장으로 조성된 민주마루를 대상으로 하여 2018년 6월 ~ 8월까지 9일 동안 14시부터 15시까지 온도, 습도, 풍향, 풍속 등의 기상 요인을 측정하여 비교 분석하였다.

민주마루 앞 광장 대상지 전체에 가장 크게 영향을 미치는 요인은 풍향과 증발산에 의한 열 이동으로 조사된다. 녹지대의 등온선이 풍향과 일치하며 온도변화 중심에 수목이 있었으며 수목폭 이상의 범위에서 온도가 변화하는 양상을 볼 수 있었다. 증발산량이 많은 남쪽 수림대 바람의 순간 온도 저감 효과는 1.2도로 4방위 중에서 가장 큰 것으로 측정됐다.

토지피복유형과 온도와의 관계를 목본 식재지와 초지와 포장면로 구분하여 온도를 측정하였다. 목본 식재지는 다른 두 유형에 비해서 2.1도 낮은 온도의 분포를 보였으며, 초지와 포장면는 비교적 높은 온도를 보이고 있었다. 즉 공원 내 넓은 규모의 초지는 포장면과 마찬가지로 온도저감 효과에 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다. 이는 이전까지의 토지피복 재료 및 식재구조, 포장면 등이 온도 저감에 미치는 영향의 다양한 연구와 유사한 결과를 보였다.

보다 효과적인 공공휴게공간의 온도저감 효과를 가져오기 위해서는 포장면의 면적을 최소화 하고 넓은 잔디밭 등의 초지에는 50% 이상의 목본류의 식재를 확대하여 저온역의 형성이 확대될 수 있도록 유도하는 것이 효과적이라고 판단된다.

식재유형과 온도와의 관계에서는 D = 독립수 후 초지의 유형에서는 낮은 온도 분포를 보였고, E = 침엽수 활엽수 혼합 군락에서 가장 낮은 온도분포를 보여주었다. C = 나지 후 독립수의 식재유형에서도 1.4도의 온도 차감 효과를 볼 수 있었다. 이를 통해 제한된 상황에서 공공휴게 공간을 조성한다면 수목과 가까운 위치에 휴게 시설물을 설치하는 것이 온도 저감효과에 보다 효과적일 것으로 판단하였다.

본 연구는 민주마루 앞 광장의 온도분석 및 온도영향요인 규명을 이용하여 앞으로 새로운 공공 휴게공간을 조성하는데 있어서 효율적인 방안을 연구하기 위해 실시하였다. 또한 공공 휴게공간인 민주마루 앞 광장을 조사구로 설정하여 토지피복 및 식재유형을 분석하고 온도를 실측하여 상호 관계를 밝혔다는데 의의가 있다.

온도 저감에 있어서 효율적인 공공 휴게공간을 조성하기 위해서는 첫 번째로 고온역에서 불어오는 높은 온도의 바람이 수목에 마주치는 50% 이상으로 면적을 넓게

식재하여 휴게공간으로 유입되는 것을 차단해야 하며, 사계절 동안 편서풍이 많이 부는 우리나라의 특성을 고려하여 식재 유형(패턴)을 편서풍과 직각이 될 수 있게 조성하는 것이 온도 저감에 효율적일 것으로 판단된다.

두 번째로는 휴게 공간 또는 휴게 시설물을 설치하는데 있어서 휴게 공간은 수목을 거쳐, 바람이 통과하는 길 뒤에 배치해야 한다. 바람의 주방향을 조사하여 고온의 편서풍을 막아주는 수목 군락을 형성시킨다면 군락지 뒤에 형성되는 대상지에서는 더욱 효율적인 온도저감 효과를 얻을 수 있다. 인공구조물의 경우 바람 통과하는 길에 건물이 부딪히지 않게 배치하여 바람이 차단되지 않도록 하여야 할 것이다. 이를 통해 바람 길과 수직된 방향의 배치보다는 바람 길과 수평된 방향으로 인공 구조물을 배치하는 것이 온도 저감에 보다 효율적이다.

4.2 한계점 및 제언

이번 연구의 한계점은 공공 휴게공간인 민주마루 앞 광장의 온도 분석 및 온도를 변화시키는 영향 요인을 판단함에 있어서 하루 중 낮 2시에서 3시에 한하여 조사를 하였고, 99개의 조사구를 모두 측정하는데 걸리는 시간 변화와 이에 따른 온도변화의 오차를 측정하지 못하는 데서 한계가 있었다. 또한, 대상지에서 이동하는 차량에서 발생하는 열과 바람의 영향을 고려하지 못하였다. 앞으로 식재 유형(패턴)이 다양하고 일정한 풍향대를 가지는 대상지에 추가적인 장비를 구축하고 조금 더 폭 넓은 시간대에서 반복적인 실험이 시행되어야 할 것으로 사료된다.

References

- [1] K. S. Ki, B. H. Han, and J. Y. Hur. "A Study of Factors Influencing of Temperature According to the Land Cover and Planting Structure in the City Park1 - a Case Study of Central Park in Bundang-Gu, Seongnam -." *Korean Journal of Environment and Ecology* Vol. 26, No. 5 pp801-11, Oct. 2012.
- [2] H. S. Cho, Y. J. Jeong, M. J. Choi, "Effects of the Urban Spatial Characteristics on Urban Heat Island", *J. Korea Environ. Policy Adm.*, Vol. 22, No. 2, pp 27-43, June. 2014
DOI: <https://dx.doi.org/10.15301/jepa.2014.22.2.27>
- [3] S. C. Kim, H. J. Lee, B. J. Park, "Assessment of Temperature Reduction and Evapotranspiration of Green Roof Planted with *Zoysia japonica*", *JOURNAL OF THE KOREAN ENVIRONMENTAL SCIENCES*

SOCIETY, Vol. 22, No. 11, pp. 1443-1449, Nov. 2013.
DOI : <https://dx.doi.org/10.5322/JESI.2013.22.11.1443>

- [4] S. K. Park, "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 Korean Institute of Landscape Architecture, Vol. 41, no. 1, pp. 1-11, Feb. 2012.
- [5] J. H. Ko, W. B. Bae, D. K. Park, Y. M. Park, Y. K. Kim, S. R. Kim, "Performance evaluation of Surface Temperature Reduction by using Green infrastructure Surface Temperature Measurement for Urban Heat Island Mitigation", Ecology and Resilient Infrastructure, Vol.5, No. 4, pp. 257-263, Dec. 2018.
DOI : <https://dx.doi.org/10.17820/eri.2018.5.4.257>
- [6] Y. H. Yun and B. H. Bae, "A Study on the Relation between Scale of Green Spaces and Decreasing Air Temperature." Korean Journal of Environmental Biology Vol. 20, No. 1 pp. 10-19, Mar. 2002.

김 은 일(Eun-il Kim)

[정회원]



- 1984년 2월 : 전남대학교 조경학과 (농학사)
- 1991년 2월 : 경희대학교 조경학과 (조경학석사)
- 1995년 4월 : 일본치바대학교 환경과학과 학술(조경학)박사
- 1996년 1월 ~ 현재 : 전남대학교 조경학과 교수

〈관심분야〉

조경, 환경녹지설계, 자연환경복원계획, 시각심리·생리분석

김 재 경(Jae-Kyoung kim)

[정회원]



- 2019년 2월 : 전남대학교 조경학과 (농학사)
- 2019년 3월 : 서울대학교 생태조경지역시스템공학부 석사과정 재학

〈관심분야〉

조경, 환경녹지설계, 자연환경복원계획, 조경공학

김 원 희(Won-Hee kim)

[정회원]



- 2002년 2월 : 동신대학교 환경조경학과 (공학사)
- 2019년 2월 : 전남대학교 조경학과 (조경학석사)
- 2005년 11월 ~ : 전남도청 산림보전과

〈관심분야〉

조경, 환경녹지설계, 자연환경복원계획