

도시 내 가로수의 광선투과량에 따른 온도저감 효과*

- 서울시 서초구를 중심으로 -

김은범¹⁾ · 김남춘²⁾ · 신지훈²⁾ · 송원경²⁾ · 김도희²⁾

¹⁾ 단국대학교 대학원 · ²⁾ 단국대학교 녹지조경학과

Temperature Reduction Effect According to Light Transmittance of Urban Street Trees *

- Focused on Seocho-gu in Seoul -

Kim, Eun-Bum¹⁾ · Kim, Nam-Choon²⁾ · Shin, Ji-Hoon²⁾ · Song, Won-Kyeong²⁾ · Kim, Do-Hee²⁾

¹⁾ Graduate School of Dankook University,

²⁾ Dept. of Green & Landscape Architecture, Dankook University.

ABSTRACT

With rapid urbanization and reckless urban development in the 21st century, the urban environment has gradually gotten worse, and urban heat island effect has been dramatically intensified. Thus, the importance of street greenery that can mitigate the urban heat island effect has further been highlighted. In this regard, this study was aimed at selecting suitable plant species for street greenery to reduce the urban heat island effect. Towards this end, five roads located in Seocho-gu, Seoul were selected as study sites, and plant species composition and difference of surface temperature were compared and analyzed in relation to the light transmittance. The street with the greatest temperature difference is Bangbae-ro(*Platanus occidentalis*). On the other hand, the road with the lowest temperature difference is Nambusunhwan-doro(*Metasequoia Glyptostrobooides*). The effect of temperature reduction was found to be associated with light transmittance. Bangbae-ro(*Platanus occidentalis*) with the lowest light transmittance showed the highest temperature difference and Nambusunhwan-doro(*Metasequoia*

* 이 연구는 2014년도 차세대에코이노베이션의 지원으로 연구되었음.

First author : Kim, Eun-Bum, Graduate School of Dankook University,
Tel : +82-41-550-6274 E-mail : kjaphd@naver.com

Corresponding author : Kim, Nam-Choon, Dept. of Green & Landscape Architecture, Dankook University,
Tel : +82-41-550-3632, E-mail : namchoon@dankook.ac.kr

Received : 10 April, 2017. **Revised** : 30 June, 2017. **Accepted** : 30 June, 2017.

Glyptostrobooides) with the highest light transmittance showed the lowest temperature difference.

It is analyzed that there are most differences in temperature when the amount of lights coming in between the crown is small. The temperature reduction effect can be obtained by planting deciduous broad-leaved trees. Also species with dense crown and broad width of crown will be able to maximize the effect of temperature reduction. In future studies, it will be necessary to expand the other species of trees in the street, and analyze the germicidal trees and shrubs as well as the differences in the packaging materials

Key words : *Heating island effect, Street tree species, Temperature difference, Light transmittance analysis*

I. 서 론

전 세계적으로 급속도로 진행된 산업화와 도시화로 인해 열섬현상과 같은 기후변화가 전개되고 있다(Kim, et al, 2001; NEMA, 2011). 기후변화에 따른 문제점으로 자연재해의 규모가 점차 대형화되고 다양화 되는 추세를 볼 수 있다. 특히 도시지역의 경우 도시화에 따른 인위적 공간창출로 인하여 기후변화에 의한 자연재해 피해 위험성이 높다(Lee, 2013; Kim, 2015).

우리나라는 1970년대부터 지속된 산업화로 도시 개발에 의한 토지이용 변화와 인구 증가를 가속시켰다. 그 중에서도 개발이 쉬운 녹지 지역이 토지이용 변화의 주된 대상지가 되었으며, 이로 인하여 생물은 서식기반을 잃어버렸고, 인간의 생활환경은 악화되었다(Kim, et al 2001; Jung, 2014).

도심지역의 무분별한 개발과 인구증가에 따른 자동차 증가는 극심한 대기오염, 도심 내부의 온도가 상승하는 열섬현상, 시민들이 쉴 수 있는 그늘 부족, 생물서식처 감소 등 많은 문제들을 발생시켰다(Kim 2012; Jung, 2014; Kim et al, 2001).

그리하여 도시 지역이 확대되고 고밀도로 개발되면서 대기온도를 낮추어 주는 녹지공간은 부족해지고, 아스팔트와 건물들이 생기면서 도시의 온도가 높아지는 열섬현상이 나타나고 있

다(Park et al, 2010).

도시 열섬현상은 도시지역과 주변지역의 기온을 비교하였을 때 도시지역이 하나의 섬과 같이 고온의 영역을 보이는 현상이며(Oke, 1997; Kwon, 2002), 열섬현상의 완화로는 열섬의 원인인 건물과 아스팔트 포장을 자연 식생으로 피복하여 덮는 것과 에너지 사용 및 건물사용을 제한하는 것(Park, 2013)이지만 열섬현상 저감이 중요한 문제라고 할지라도 도시 기반 시설을 한 순간에 중단 시킬 수는 없다. 이에 기존 도시구조를 유지하면서 도시열섬현상을 저하시킬 수 있는 방법으로 도시녹지가 각광받고 있다.

도시열섬현상의 원인으로는 토지피복과 포장재료가 있으며(Kim, 2010), 불투수 포장면인 아스팔트나 콘크리트와 같은 물질은 녹지와 온도의 차이는 주간에는 0.94℃, 야간에는 1.15℃정도 차이가 있다(Bowler, 2010). 또한 도시의 포장된 지표면은 낮 동안 열을 축적하고, 방출하는 능력이 자연상태의 토지에 비하여 월등히 높아 도시 열섬현상의 중요한 요인이다(Ahn et al, 2010).

도시 녹지는 열섬현상을 완화 시키는 중요 매개체이며, 열섬 현상을 완화 시키는 도시 녹지 중 공원과 가로수에 대한 연구는 많이 진행되어왔다. 관련연구로는 가로수가 갖는 기능과 중요성을 제시하고, 수목 한 그루가 저장하는 산소발생량, 탄소저장량, 토양 내 중금속 함량, 차량 배기가스 등 가로수 기능을 규명하는 연구

(Park, 2013)와 함께 도시열섬 저감효과와 관련된 연구는 도시회복유형과 온도와의 상관분석에 관한 효과 검증 및 예측연구(Kim, 2012; Kang, 2014)가 있었다.

또한 가로수와 열섬현상 저감에 관한 연구로는 기온저감 기능 강화를 위한 가로녹지 조성 기준연구(Jung et al, 2014)와, 3차원 미기상모형 ENVI-met를 활용한 가로수목 식재박스의 도심 온도저감효과에 관한 연구(Yang et al, 2013)가 있었다.

광선투과량은 숲 틈 사이의 광량을 통하여 자연식생의 보전, 정착, 재생 및 성장을 촉진하는 방법(Cho et al, 2009)으로 사용되고 있으며, 광선투과량을 생물다양성의 증진에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다(Kim et al, 2000). 이에 광선투과량은 숲 틈에 들어오는 빛의 양으로 숲과 하부식생 간의 연관성에 관한 연구가 진행되고 있다. 또한 광선투과량을 통해 도시 내 숲을 관리하고 있기 때문에(McAlpine·Dake, 2002; Chantal et al., 2003), 광선투과량은 현대적 숲 및 수목관리에 필수적인 요소이다(Coares and Burton, 1997).

이에 본 연구에서는 광선투과량이 높은 지역은 빛의 양이 많아 광선투과량이 낮은 지역에 비해 온도가 높다는 가정 하에 서울시 서초구의 가로수 수종을 한정하여, 지표면 온도 차이를 조사하고 이를 바탕으로 광선투과량에 따라 온도저감 효과의 차이가 나타나는 것을 검증하고자 이 연구를 진행하였다.

II. 연구범위 및 방법

1. 연구대상지

연구대상지는 서울시 서초구의 가로로 한정하였다. 서초구는 주거밀집지역과 상업지역이 같이 있어 도시열섬현상이 높으며(Jo, 1995), 인공위성 영상 상 서초구가 준고온역(Cho, 1995; Lee et al, 2004)이라는 연구결과를 토대로 연구대상지를 서초구로 설정하였다. 서초구 가로수

Table 1. present condition of Seocho street tree

Tree name	Quantity	Ratio(%)
<i>Platanus occidentalis</i>	5,121	35.02
<i>Ginkgo biloba</i>	3,077	21.04
<i>Zelkova serrata</i>	2,814	19.24
<i>Metasequoia Glyptostrobooides</i>	1,284	8.78
<i>Aesculus Turbinata</i>	759	5.19
<i>Quercus palustris</i>	522	3.57
<i>Sophora japonica</i>	474	3.24
<i>Prunus yedoensis</i>	324	2.22
<i>Ailanthus altissima</i>	180	1.23
<i>Chionanthus retusa</i>	66	0.45
<i>Liriodendron tulipifera</i>	3	0.02
<i>Total</i>	14,624	100

는 현재 12종의 수종이 식재되어 있으며, 양버즘나무, 은행나무, 느티나무가 전체의 약 75%를 차지하고 있다(Table 1)

이에 서초구를 대상으로 식재비율이 높은 5개 수종(양버즘나무, 은행나무, 느티나무, 메타세콰이어, 칠엽수)을 대상으로 서초구 중심을 통과하는 가로 5개소를 선정하였다(Figure 1).

조사구간과 수종으로는 강남대로는 논현~신논현 구간의 칠엽수, 남부순환도로는 방배레미안~지하철공사삼거리 구간의 메타세콰이어, 반포대로는 강남성모병원~서초역 구간의 느티나무, 서초대로는 진흥아파트사거리~교대역 구간의 은행나무, 방배로는 경남아파트앞삼거리~방배역 구간의 양버즘나무를 조사하였다.

2. 연구 방법

1) 가로 현황 및 가로수 식재조사

가로현황조사는 도로를 도로폭, 보도폭, 녹지폭, 주변토지이용을 조사하였다. 가로수 식재조사는 대상지 대표 가로수 5종, 각 10주의 수고, 수관폭, 흉고직경과 식재유형을 조사하였다.


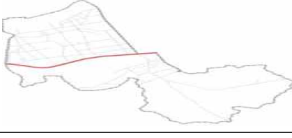


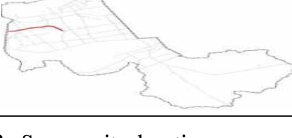
Street name	Survey site
Gangnam-daero	
Nambusunhwan-doro	
Banpo-daero	
Seocho-daero	
Bangbae-ro	

Figure 3. Survey site location

2) 지표면 온도차이 조사

지표면 온도 측정 방법으로는 적외선 온도계인 Fluke-561(제조사 : Fluke)를 사용하여 지상 60cm부터 지표면 온도를 측정하였다. 각 구간에 식재되어 있는 가로수 10주를 대상으로 차도와 보도와의 온도 차이를 측정하였다. 조사구 내 온도 측정은 가로수를 보도는 50cm 떨어져 있고 수목에 의한 차양이 되어 있는 지표면과 수목에 의한 차양이 되어 있지 않은 지표면을 대상으로 측정하였다

측정시기는 연중 가장 고온인 시기를 선정하였으며, 기상청에서 관리하는 서울시자동기상관측장비(AWS)의 2009~2013의 자료를 조사한 결과, 8월의 온도가 가장 높았기 때문에 2014년 8월 9일, 16일, 27일을 조사하였고, 추가적으로 9월 14일, 27일에 조사하였다. 측정 시간은 하루 중 온도가 가장 높은 시기인 12시부터 14시까지 측정하였으며, 측정 시 모든 구간을 대상으로

조사하였다

3) 가로수 광선투과량 조사

광선투과량 조사는 온도차이와 같이 각 구간에 식재되어 있는 가로수 5종 각 10주를 대상으로 측정하였다. 측정 대상은 가로수의 목본 교목이며, 아교목, 관목은 측정 대상에서 제외하였으며, 온도차이 조사와 같은 날에 병행 촬영하였다.

대상지 중심에서 수관열림도(Canopy Openness)와 광선투과량(Light Transmittance) 측정을 위한 어안렌즈 영상을 촬영하여(Nikon D90, 렌즈 Sigma 4.5 mm; F2.8EX DC) 이에 따른 광선투과량 분석은 Gap Light Analyzer 2.0 프로그램을 이용하였다. 촬영은 온도 조사와 함께 진행되며 온도 조사를 한 수종을 광선투과량 촬영을 실시하였다.

우리나라 대표적인 광선투과량 조사결과로는 울릉도 태하령 솔송나무-섬잣나무림의 광선투과량은 $3.7 \text{ mol/m}^2/\text{day}$, 울릉도 알봉분지 활엽수림은 $8.1 \text{ mol/m}^2/\text{day}$, 남부지방 즐참나무림은 $4.3 \text{ mol/m}^2/\text{day}$, 중부지방 소나무림은 $7.1 \text{ mol/m}^2/\text{day}$ 이 나타났다(국립산림과학원, 2009)

III. 연구 결과 및 고찰

1. 가로 현황과 대표 가로수 식생구조

강남대로는 현재 토지이용은 상업지역으로 이용 중이고, 대표가로수종은 칠엽수이며, 수고는 4~5m, 흉고직경은 9~15cm, 수관폭은 2~3m, 식재간격은 3~5m로 조사되었다. 남부순환도로는 업무지역으로 이용중이고, 메타세콰이어가 식재되어 있으며, 수고는 9~12m, 흉고직경은 20~25cm, 수관폭은 3~4m, 식재간격은 5~6m로 조사되었다. 반포대로는 업무지역으로 이용중이고, 느티나무가 식재되어 있으며, 수고는 4~7m, 흉고직경은 15~24cm, 수관폭은 4~5m, 식재간격은 5~6m로 조사되었다. 서초대로는 업무지역으로

Table 2. Present condition of roadside vrgtation by street

Street name	Land use	Representative species	Planting type	Tree height(m)	BDH(cm)	Tree wide(m)	Planting interval(m)
Gangnam-daero	commerce	<i>Aesculus Turbinata</i>	multi-layer green Strip	4~5	9~14	2~3	3~5
Nambusunhwan-doro	business	<i>Metasequoia Glyptostroboides</i>	multi-layer green Strip	9~12	20~25	3~4	5~6
Banpo-daero	business	<i>Zelkova serrata</i>	multi-layer green Strip	4~7	15~24	4~5	5~6
Seocho-daero	business	<i>Ginkgo biloba</i>	single-layer	9~10	20~25	4~5	6~9
Bangbae-ro	commerce	<i>Platanus Occidentalis</i>	multi-layer green Strip	8~11	40~54	5~6	6~8

이용중이고, 은행나무가 식재되어 있으며, 수고는 9~10m, 흉고직경은 20~25cm, 수관폭은 4~5m, 식재간격은 6~9m로 조사되었다. 방배로는 상업지역으로 이용중이고, 양버즘나무가 식재되어 있으며, 수고는 8~11m, 흉고직경은 40~54cm, 수관폭은 5~6m, 식재간격은 6~8m로 조사되었다 (Table 2).

2. 가로별 지표면 온도 차이

강남대로의 조사 수종은 칠엽수이며, 지표면 온도차이 측정 결과 전체 온도 차이는 평균 2.1℃로 나타났다. 각 조사지점 중 2, 4, 5, 6, 10번 지점에서 전체

평균 온도차이보다 낮은 온도차이가 나타났으며, 그리고 6, 9번 지점에서는 건물 차양으로 인하여 평균 온도차이 보다 높은 온도차이가 나타났다.

남부순환도로의 조사 수종으로는 메타세콰이어이며, 평균온도 차이는 1.3℃로 확인되었으며, 1번 지점에서만 교목인 가로수와 아교목이 같이 식재되어 있어 온도차이가 평균보다 높은 것으로 조사되었다. 1번지점 이외의 지점에서는 다른 특이사항은 없었다.

반포대로의 조사 수종으로는 느티나무이며, 평균 온도차이는 2.3℃로 나타났으며, 평균 온도차이보다 적은 온도차이가 나타난 지점은 7, 9, 10번 지점으로 전부 1.8℃ 로 평균 온도차이

보다 적다. 평균 온도차이보다 높은 온도차이가 나타나는 지점은 6번 지점으로 온도차이가 3.2℃ 나타났으며, 평균 온도차이보다 높은 이유는 6번 지점은 건물로 인하여 도보가 전면차양되어 온도차이가 높은 것으로 조사되었다

서초대로의 평균 온도차이는 2.2℃로 나타났으며, 서초대로의 특이사항으로는 5번 지점이 평균 온도차이보다 높은 온도차이가 나타나는 데 이는 이 지점이 건물로 인하여 도보가 전면 차양되기 때문인 것으로 조사되었다. 또한 방배로의 평균 온도차이는 3.1℃ 차이가 나타났으며, 조사 지점별 특이사항이 없으며, 평균 온도차이와 차이 나는 지점은 없는 것으로 조사되었다 (Table 3).

3. 가로별 광선 투과량

강남대로 광선투과량 분석 결과 전체 광선투과량 평균은 12.5mol/m²/day가 나타났다. 특이사항으로는

2, 4, 8번 지점에서 가로수의 수관밀도가 다른 지점보다부족하여 평균 광선투과량보다 많은 광선투과량으로

조사되었다. 남부순환도로 광선투과량 분석 결과 전체 광선투과량 평균은 22.2mol/m²/day이 분석되었다. 특이사항으로는 1번 지점은 메타세콰이어와 아교목의 수관폭이 겹쳐져 있어 광선투과량이 17.4mol/m²/day로 평균 22.2mol/m²/day

Table 3. Surface temperature differences by street

(unit : °C)

Treename	Gangnam-daero						Nambusunhwan-doro						Banpo-daero					
Survey tree	<i>Aesculus Turbinata</i>						<i>Metasequoia Glyptostroboides</i>						<i>Zelkova serrata</i>					
Measures	1	2	3	4	5	mean	1	2	3	4	5	mean	1	2	3	4	5	mean
Points	1	2	3	4	5	mean	1	2	3	4	5	mean	1	2	3	4	5	mean
1	1.9	2.2	2.1	2.5	2.2	2.2	1.3	1.5	1.4	1.6	1.5	1.5	2.4	2.1	2.3	2.3	1.9	2.2
2	1.8	1.4	1.4	2.2	1.8	1.7	1.6	0.7	1.1	1.2	1.6	1.2	2.4	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3
3	2.0	2.0	2.4	2.2	1.9	2.1	1.3	0.8	1.1	1.3	1.1	1.1	2.5	2.6	2.4	2.5	2.0	2.4
4	2.0	1.8	2.0	2.0	1.6	1.9	1.3	1.2	1.6	1.1	1.2	1.4	3.3	2.7	1.6	2.5	1.9	2.4
5	1.8	2.0	2.2	2.3	1.8	2.0	1.7	1.1	1.6	1.3	1.1	1.4	2.5	2.4	1.9	2.2	3.2	2.4
6	2.2	2.4	2.9	2.6	2.4	2.5	1.5	1.2	1.1	1.6	1.4	1.4	3.2	3.1	3.1	3.3	3.1	3.2
7	2.2	2.0	2.1	2.4	2.3	2.2	1.1	0.9	1.2	1.3	1.1	1.1	1.9	1.7	1.5	2.1	1.6	1.8
8	1.5	1.2	1.8	2.0	1.8	1.7	1.0	1.1	1.1	1.4	1.3	1.2	2.3	2.3	2.3	2.0	2.2	2.2
9	2.7	2.5	3.1	2.8	2.5	2.7	1.1	1.2	0.7	1.4	1.2	1.1	1.6	2.0	1.8	1.7	2.1	1.8
10	1.8	2.3	2.0	2.1	1.7	2.0	1.7	1.4	1.4	1.3	0.9	1.3	1.9	1.8	1.8	2.0	1.7	1.8
Mean	1.91	2.0	2.30	2.50	2.33	2.11	1.29	1.17	1.39	1.62	1.65	1.3	2.4	2.3	2.22	2.50	2.53	2.30

Treename	Secho-daero						Bangbae-ro					
Survey tree	<i>Ginkgo biloba</i>						<i>Platanus Occidentalis</i>					
Measures	1	2	3	4	5	mean	1	2	3	4	5	mean
Points	1	2	3	4	5	mean	1	2	3	4	5	mean
1	1.7	2.0	1.8	2.0	1.7	1.8	3.2	3.2	3.1	3.2	3.3	3.0
2	2.7	2.6	2.8	2.6	2.3	2.6	2.9	3.0	2.7	2.8	2.9	3.0
3	2.5	2.6	2.0	2.2	2.3	2.3	3.2	3.2	2.9	2.8	2.9	3.0
4	2.3	2.1	2.4	2.5	2.2	2.3	3.0	3.2	2.8	3.0	3.0	3.0
5	2.7	2.5	3.1	2.8	3.2	2.9	3.4	3.4	3.1	3.4	3.0	3.3
6	2.2	3.1	2.0	2.4	2.3	2.4	2.9	3.1	2.9	2.9	2.9	2.9
7	1.9	2.0	1.7	2.0	1.6	1.8	3.2	3.2	3.1	2.9	3.2	3.1
8	2.2	2.3	2.4	2.3	2.1	2.3	2.9	3.5	3.2	3.4	2.9	3.2
9	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	2.0	3.1	2.9	3.0	3.1	2.9	3.0
10	1.9	1.7	1.8	1.9	1.7	1.8	3.2	3.5	3.4	3.2	3.1	3.3
Mean	2.13	2.36	2.36	2.53	2.52	2.30	3.1	3.09	2.98	3.16	3.23	3.06

보다 낮은 것을 확인 할 수 있었다. 반포대로 광선투과량 분석 결과 전체 광선투과량은 11.4mol/m²/day로 분석되었다. 서초대로의 광선투과량 분석결과 전체 광선투과량 평균은 11.3mol/m²/day로 나타났다. 방배로 광선투과량 분석결과 전체 광선투과량의 평균은 7.91mol/m²/day로 나타났으며 전체적으로 특이사항은 없는 것으로 분석되었다(Table 4).

광선투과량 분석 결과 온도차이에서 영향이 없는 건물은 차양은 광선투과량에는 영향이 없는 것으로 조사되었다.

4. 종합분석

가로수의 차양으로 인한 온도차이와 광선투과량을 분석한 결과 방배로-양버즘나무(*Platanus Occidentalis*)가 온도가 가장 많이 차이가 있었으며, 광선투과량은 가장 적은 것으로 조사되었다. 그 다음으로는 반포대로-느티나무(*Zelkova serrata*), 서초대로-은행나무(*Ginkgo biloba*), 강남대로-칠엽수(*Aesculus Turbinata*) 순이며, 남부순환도로-메타세콰이어(*Metasequoia Glyptostroboides*)는 온도가 가장 적게 차이나고, 광선투과량이 가장 많은 것으로 조사되었다. 이를 통해 가로수

Table 4. Light transmittance analysis by street (unit : mol/m²/day)

Treename	Gangnam-daero						Nambusunhwan-doro						Banpo-daero					
Survey tree	<i>Aesculus Turbinata</i>						<i>Metasequoia Glyptostroboides</i>						<i>Zelkova serrata</i>					
Measures Points	1	2	3	4	5	mean	1	2	3	4	5	mean	1	2	3	4	5	mean
1	13.1	11.0	11.1	10.3	10.9	11.3	20.2	16.5	18.2	16.0	16.1	17.4	9.9	11.0	10.2	10.4	11.9	10.7
2	14.3	17.3	16.4	10.9	14.3	14.6	15.2	30.1	26.5	24.1	15.8	22.3	10.2	10.3	10.2	10.2	10.3	10.2
3	11.6	11.7	10.1	10.9	11.7	11.2	20.1	28.7	26.9	20.3	26.5	24.5	9.7	9.4	10.2	9.7	11.1	10.0
4	11.5	14.0	11.5	11.3	14.6	12.6	20.7	24.7	15.9	26.2	24.2	22.3	8.2	9.2	15.9	9.7	12.0	11.0
5	13.2	12.0	11.5	10.6	13.2	12.1	15.0	26.2	15.9	20.3	26.0	20.7	9.7	10.2	12.2	11.0	8.0	10.2
6	13.2	13.2	10.2	11.3	11.9	12.0	16.2	24.3	26.4	15.8	18.7	20.3	10.2	11.3	9.7	11.0	10.7	10.5
7	10.6	11.2	11.0	10.2	10.4	10.7	27.2	30.1	20.2	20.7	26.1	24.9	12.0	15.1	16.2	11.0	15.9	14.0
8	16.2	24.1	14.2	10.2	10.4	15.0	27.2	26.6	27.0	18.5	20.0	23.9	10.2	10.6	11.1	11.3	11.0	10.8
9	13.4	14.2	11.7	13.6	11.2	12.8	27.1	25.8	30.7	19.0	24.3	25.4	15.9	11.0	14.2	15.5	11.2	13.6
10	13.3	10.7	13.1	11.1	14.0	12.4	15.0	18.0	18.2	20.0	28.1	19.9	12.3	13.2	13.0	11.2	15.1	13.0
Mean	13.0	13.9	12.1	11.0	12.3	12.5	20.4	25.1	22.6	20.1	22.6	22.2	10.8	11.1	12.3	11.1	11.7	11.4

Treename	Secho-daero						Bangbae-ro					
Survey tree	<i>Ginkgo biloba</i>						<i>Platanus Occidentalis</i>					
Measures Points	1	2	3	4	5	mean	1	2	3	4	5	mean
1	15.0	11.2	14.2	11.0	15.1	13.3	7.8	8.1	7.8	7.9	7.2	7.8
2	9.1	9.6	8.8	9.5	10.4	9.5	8.4	8.2	9.1	8.9	8.2	8.6
3	9.7	9.4	11.1	11.0	10.6	10.4	7.1	7.4	8.4	8.7	8.2	8.0
4	10.4	10.7	10.2	10.0	10.9	10.4	8.1	7.2	8.7	8.2	8.5	8.1
5	10.9	11.0	11.1	10.2	10.7	10.8	7.0	7.2	8.1	7.2	8.1	7.5
6	10.6	8.3	11.0	10.3	10.6	10.2	8.4	7.9	8.5	8.5	8.3	8.3
7	12.1	11.4	15.2	11.2	15.8	13.1	7.6	7.7	7.9	8.5	7.5	7.8
8	10.8	10.6	10.2	10.5	11.0	10.6	8.4	6.5	7.7	7.2	8.3	7.6
9	10.8	10.9	11.2	10.9	11.8	11.1	8.2	8.4	7.9	7.6	8.6	8.1
10	12.1	15.5	14.2	12.5	15.4	13.9	7.5	6.3	7.4	7.0	7.9	7.2
Mean	11.2	10.9	11.7	10.7	12.2	11.3	7.9	7.5	8.1	8.0	8.0	7.9

Table 5. Correlation analysis Temperature differences and light transmittance

	Surface temperature differences	Light transmittance
Surface temperature differences	1	
Light transmittance	-0.870**	1

의 차양으로 인한 온도차이와 광선투과량의 평균값은 칩엽수보다 낙엽활엽수에서 차이가 큰 것으로 분석되었다.

광선투과량은 다른 지점과 동일한데 온도의 차이가 평균보다 많은 지점의 특이 사항으로는 건물의 차폐, 야교목의 유무이다. 남부순환도로 1번 지점에서 가로수와 야교목의 수관폭

이 겹쳐져 있기 때문에 광선투과량이 적어져서 온도의 차이가 평균보다 많은 것으로 판단된다.

가로수 차양으로 인한 온도차이와 광선투과량의 상관관계를 분석한 결과 상관관계수가 -0.870 ($p < 0.01$)으로 강한 음의 상관관계가 나타난 것으로 확인되었다(Table 5).

이는 광선투과량이 적을수록 온도차이가 높아

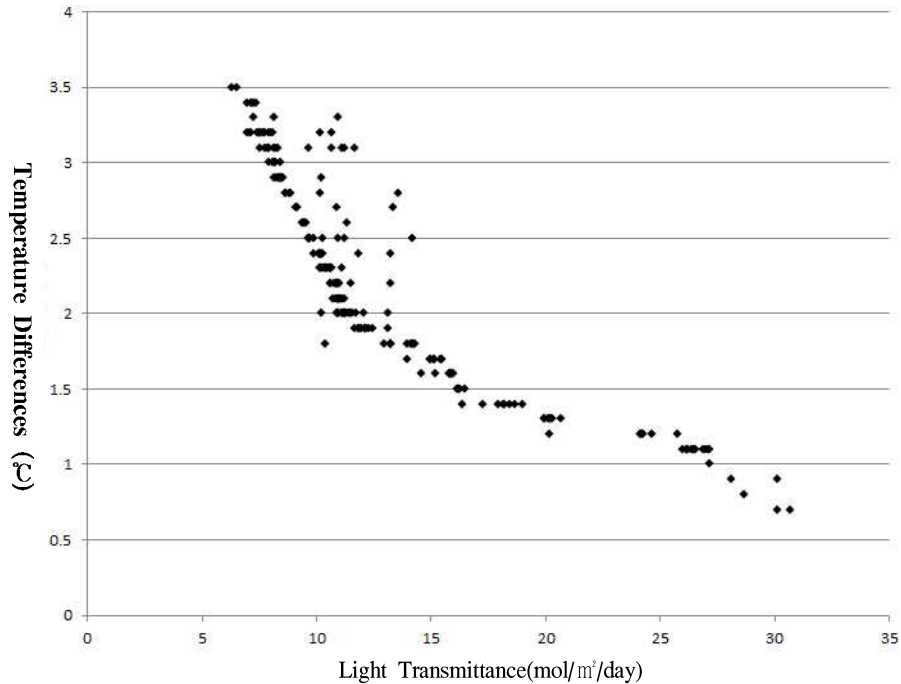


Figure 2. Temperature differences according to light transmittance

지는 것으로 분석되었다. 온도차이와 광선투과량의 상관관계를 확인 할 수 있는 그래프는 Figure 2와 같다. 다음 그래프에서 볼 수 있는 오차로는 건물로 인하여 보도가 전면 차폐된 구간으로, 광선투과량이 같을 때 온도차이가 더 높은 것으로 분석되었다. 광선투과량이 $16\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$ 와 $25\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$ 에서 온도차이는 $1.2^\circ\text{C}\sim 1.5^\circ\text{C}$ 로 약 0.3°C 정도 차이가 있고, 광선투과량이 $6\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$ 에서 $15\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$ 에서 온도차이는 $1.5^\circ\text{C}\sim 3.5^\circ\text{C}$ 로 약 2°C 의 차이가 있는 것으로 분석되었다.

이는 광선투과량이 적정 수준에 도달하면 온도의 차이가 높아지며, 적정 광선투과량은 $15\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$ 인 것으로 사료된다.

현재 조사 가로수의 평균 광선투과량은 칠엽수 $12.5\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$, 느티나무 $11.4\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$, 은행나무 $11.3\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$, 양버즘나무 $7.9\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$ 로 조사된 낙엽활엽수의 광선투과량은 적정 광선투과량 보다 낮기 때문에 낙엽활엽수를 식

재함으로써 온도저감효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 도심 내 서울시 서초구 내 사용빈도가 높은 5개 수종의 광선투과량에 따른 온도저감 효과를 검증하기 위해 진행하였다.

본 연구의 결과로는 첫째, 광선투과량이 가장 낮은 양버즘나무(*Platanus Occidentalis*)가 온도의 차이가 가장 많았으며, 광선투과량이 가장 높은 메타세콰이어(*Metasequoia Glyptostroboides*)는 온도의 차이가 가장 적은 것으로 조사되었다.

이는 가로수의 수관 사이로 들어오는 광선의 양이 적으면 온도의 차이가 많은 것으로 분석되었다.

둘째, 낙엽활엽수를 식재함으로써 온도저감효과를 얻을 수 있지만, 가로수 수관 사이로 들

어오는 광선을 차단하기 위하여 수관밀도가 치밀한 수종, 차양되는 범위를 넓이기 위하여 수관폭이 넓으면 온도저감 효과를 극대화시킬 수 있을 것이다.

정희은외 2인(2014)의 연구에서도 소나무, 느티나무, 은행나무, 양버즘나무 순으로 보도와 차도간 기온차이의 통계적 유의성이 인정되었으며, 침엽수보다 낙엽활엽수에서 기온 차가 큰 것으로 제시되었다.

이를 통해 온도저감 기능 강화를 위해서는 수관밀도가 치밀하고, 수관폭이 넓은 낙엽활엽수의 식재가 필요하다.

본 연구의 한계로는 서울시 중 서초구를 대상으로 한정하여 조사·분석하였고 서울시 대표 가로수 12종 중 5종만 조사하였기 때문에 전체적인 가로를 대상으로 일반화시키기에는 충분하지 못하고, 수종에 따라 수고, 수관폭 등 타구간과의 차이가 있는 점이다. 또한 수고, 수고향후 연구에서는 다른 가로수종을 확대하고, 포장재료의 차이와 같이 식재되어 있는 아교목, 관목까지 분석하고, 건물차양으로 인한 온도저감에 대하여 더욱 다양하게 적용되는 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

References

- Ahn, J. S. · Kim, H. D. · Kim, S. W. 2010, Effect of Difference of Land Cover Conditions on Urban Thermal Environment in Daegu Using Satellite and AWS Data, *Journal of Environmental Sciences* 19(3):281-293(in Korean with English abstract)
- Bowler D. E. · Buyung A. L. · Knight T. M. · Pullin A. S. 2010 Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Elsevier B. V.* p. 147-155.
- Chantal M. · Leinonen K · Kuuluvainen T · Cescatti A. 2003. Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management* 176: 321-336.
- Cho, E. J. 1995. Study of Surface Temperature and Its Change with Landuse Change. Ewha University, Seoul, Korea.
- Cho, Y. C. · Kim J. S. · Lee, J. H. · Lee, H. H. · Ma, H. S. · Lee, C. S. · Jo, H. J. · Bae, K. H. 2009, Early Responses of Planted *Quercus serrata* Seedlings and Understory Vegetation to Artificial Gap Treatments in Black Locust Plantation, *Jour. Korean For. Soc.* 98(1): 94-105
- Coates D. K. · Burton O. J. 1997. A Gap-based approach for development of silvicultural system to address ecosystem management objectives. *Forest Ecology and Management* 99: 337-354.
- Jo, E. J. 1995. Study of Surface Temperature and Its Change with Landuse Change. Ewha Womans University. Seoul, Korea.
- Jung, H. E. 2014. A Study on the Temperature Reduction Effect and Functional Improvement of Street Green Area in Seoul, Korea. University of Seoul, Seoul, Korea.
- Jung, H. E. · Han, B. H. · Kwak, J. I. 2014. A Study on Air Temperature Reduction Effect and the Functional Improvement of Street Green Areas in Seoul, Korea. *Journal of KILA* 43(4): 37-49(in Korean with English abstract)
- Kang, J. H. 2014. The Shading Effects of Double Row Street Trees on the Thermal Comfort Index. Master's thesis. Gyeongnam National University of Science and Technology, Korea. 69pp

- Kim, E. B. 2015. Study on the Adaptable Street Tree Selection of Urban Green Strips Considering Heating Island Effects - Focused on Representative Street Tree in Seocho-gu. Dankook University, Cheonan, Korea.
- Kim, H. S. 2012. The Difference in Temperature According to the Land Coverage and Vegetation Structure of Large-Scale Green Area in Seoul. University of Seoul, Seoul, Korea.
- Kim, S. B. · Kim, G. H. · Cho, J. H. 2001. The Urban Heat Island Phenomenon and Potential Mitigation Strategies. Journal of Nakdong-gang Environmental Research Institute (in Korean with English abstract)
- Kim, S. J. 2010 Numerical analysis of urban climate and heat island, Korean solar energy society 9(1): 24-28
- Kim, Y. H. · Lee, D. K. 2000 Growth Characteristics and Physiological Adaptation of Pinus densiflora Seedling in the Canopy Gap, Jour. Korean For. Soc. 89(3): 452-460
- Korea Forest Research Institute. 2009. 2009 Key Achievements in Forest Science Research(in Korean)
- Kwon, Y. A. 2002. The Influence of Urban Green Areas on Ambient Air Temperature in Seoul. Konkuk University, Seoul, Korea
- Lee, K. H. 2013. assessment of natural disasters vulnerability in urban area by climate change : focused on land use and green space change. Seoul National University, Seoul, Korea.
- Lee, K. J. · Jo, M. H. 2004. Analysis of Urban Surface Temperature Distribution Properties Using Spatial Information Mechnologies, Korean Journal of Remote Sensing 20(6): 397-408(in Korean with English abstract)
- McAlpine K.G. and Dake D.R. 2002, The effect of small-scale environmental heterogeneity on seed germination in experimental treefall gaps in New Zealand. Plant Ecology 165: 207-215.
- National Emergency Management Agency. 2011. 2011 Disaster Annals(in Korean)
- Oke T. R. 1997. Surface climate processes. The surface climates of Canada. McGill-Queen's university press. p. 21-43.
- Park, E. J. · Nam, M. A. 2010. Current Conditions of Soil Environment in Gyeonggi-Do and Its Policy Implication. Gyeonggi Research Institute. p. 1-151.(in Korean with English abstract)
- Park, J. H. 2013. Air temperature reduction effects of small green spaces in urban blocks of Seoul, Korea. Seoul National University, Seoul, Korea.
- Yang, I. C. · Hwang H. C. · Lee, U. H. · Lim J. H. 2013. Study on Impact Analysis of Reducing Temperature in Central Business Area by Installation of Tree Box Using ENVI-met. Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation 13(1): 221~228(in Korean with English abstract)