

서울시 가로수의 도시열섬현상 저감 효과

이숙미* · 오충현** · 이강오***

*동국대학교 대학원 바이오환경과학과 · **동국대학교 바이오환경과학과 · ***서울그린트러스트

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

서울시는 지난 100년간 전 지구 평균 상승온도인 0.74°C의 3배에 달하는 2.5°C가 상승하였다. 이렇게 빠른 속도로 온도가 상승되는 이유는 시가화 지역의 90% 정도가 불투수포장이고, 도심의 인구 집중으로 교통량이 증가하고 에너지 사용량도 급격히 증가하여 방출하는 열이 증가하였으며, 주거 및 상업시설이 고층화하여 낮 동안 태양열을 흡수하고 밤에 방출하여 열대야를 심화시키기 때문이다.

도시 열섬현상을 줄이는 방법으로는 에너지 사용을 줄이고 녹지면적을 확보하는 방법이 있으며, 가로수는 도시녹지 중 하나이며, 도시민이 쉽게 접하고 녹지의 효과를 체감할 수 있는 요소이다. 최근 도시의 경관 및 환경의 개선을 위해 각 지자체는 가로수의 수종 갱신이나 추가 식재에 적극적이다. 또한, 특색 있는 가로수길을 조성하기 위해 많은 논란이 있음에도 불구하고 기존에는 거의 이용하지 않던 소나무를 식재하는 사례가 늘고 있다.

본 연구에서는 서울시의 토지이용별 온습도를 관측하고, 가로수 주변의 기온을 측정하여 향후 서울시 가로수 관리계획 수립에 기초 자료가 될 수 있도록 가로수 도시열섬 현상 저감효과를 파악하고자 하였다.

II. 연구 범위와 방법

1. 연구 범위

본 연구는 우리나라의 대표적인 대도시이고, 인구 밀도가 가장 높은 서울시를 대상으로 2008년에는 가장 더운 절기인 7월 22일 대서에 서울시내 12개 지점을 대상으로 기온을 측정하고, 8월 25일에는 시청 앞, 을지로, 남부순환로(도곡동), 송파구에서 가로수가 잘 관리되고 있는 지역과 가로수가 빈약한 지역 등 4개소에서 동시에 기온을 측정하였다.

2009년에는 서울시 전역에서 열섬과 냉섬지역 15개 지점을 선정하여 6월 24일~8월 24일 사이의 기온과 습도의 변화를 측정하였다.

2. 연구 방법

2008년에는 시가화 지역 3개소, 산림지역 3개소, 공원 3개소, 주거지역 2개소를 선정하여 오전 11시부터 오후 2시 사이의 기온을 한 시간 간격으로 측정하였다. 2009년에는 냉섬지역 7개소와 열섬지역 9개소를 선정하여 6월 24일부터 8월 28일 사이의 온습도의 변화를 알아보기 위해 자동 온습도 데이터로거 MicroLog Compact Data Logger를 이용하여 20분 간격으로 온습도 데이터를 수집하였다. 데이터로거는 사람의 간섭에 의한 오류가 발생하지 않도록 통풍이 되는 나무상자를 보호 장치로 사용하여 지상으로부터 2.5m 높이에 설치하였다.

2008년 8월 25일에는 시청 앞, 을지로, 도곡동 지역 남부순환로와 송파구 가로변에서 양버즘나무 1열 식재된 곳과 2열 식재된 곳, 소나무 가로수가 식재된 곳, 가로수가 식재되지 않은 곳 등으로 나누어 가로수 수간의 1.5m 높이에 디지털 온도계를 설치하여 오후 12시부터 오후 3시까지 온도를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 선행 연구 결과

일반적으로 도시열섬현상은 도심에서 외곽으로 갈수록 약화되지만 서울시의 경우에는 국지적으로 고온역을 나타내는 것을 볼 수 있다(구해정, 2007). 도시열섬현상의 원인으로는 인구수, 토지피복, 토지이용 등으로 보고 있으며, 도시지역의 기온이 갖고 있는 상승 경향이 도시자체의 발전이나 산업화의 가속 자체에 인한 것인지 또는 우리나라 전역에 걸친 온난화 때문인지를 확인하기 위하여 분석한 결과 뚜렷한 도시지역의 기온이 상승하고 있음을 알 수 있었다(노재식, 1973).

기상청에서는 서울역에 1995년부터 24개의 자동기상관측장치(Automatic Weather Station, AWS)를 설치하여 기상자료를 관측하고 있다. 이 AWS 자료를 이용해서 각 관측소에서 월평균 기온과 24개 지점의 평균값을 분석한 결과, 강서지역보다 동쪽지역이 기온편차가 높게 나타났고, 이는 서울의 일반적인 기류가 편서류이기 때문에 도심의 고온기류가 동쪽지역에 영향을 준다고 알려졌다(기상연구소, 1987).

나뭇잎은 태양복사열을 막아주고 반사하거나 흡수하고, 때

로는 통과시키기도 하는데, 잎의 밀도, 잎의 모양, 분지형태에 따라 효과가 달라진다. 낙엽수는 도시의 미기후환경에서 열을 조절하는 매우 중요한 역할을 한다. 여름에는 태양복사열을 막아 기온을 낮추고 겨울에는 낙엽이 지게 되므로 그 사이로 통과된 태양복사열이 증가하여 온도를 높여주게 된다. 특히 수목의 수관은 수관 아래쪽의 기온을 내려주고 습도를 올려준다.

Kramer and Kozlowski(1970)은 수목이나 다른 식물들은 증발산을 통해 여름의 기온을 낮추기 때문에 수목을 자연의 에어컨이라고도 부르며 한 그루의 나무가 충분한 토양수분이 공급된다면 하루에 물 약 400리터를 증산한다고 했다(Grey and Deneke, 1986: 51, 재인용). 이것은 하루 20시간 동안 용량 2,500kcal/hr의 에어컨 5대를 가동하는 것과 같은 효과를 나타낸다(Federer, 1976).

미국 펜실베이니아에서는 낙엽수 아래에서 이동주택이 75%의 냉방에너지를 줄였으나 겨울에는 같은 조건하에서 난방에너지를 8% 줄였다. 반면 겨울에 조밀한 그늘을 만드는 소나무 아래에서는 난방 에너지를 12% 올려야(Grey and Deneke, 1986) 했다.

2. 지역별 기온 측정 결과

서울시 전역에서 냉섬지역과 열섬지역으로 예측되는 장소를 토지이용에 따라 선정하여, 2008년과 2009년 기온을 측정하였다. 2008년에는 시민들의 체감온도와 도시열섬 등에 관한 반응을 조사하였고, 이 조사에서 주거지역인 상계동아파트 단지 주변의 최고온도가 38.3℃일 때 같은 시각 산림지역인 남산은 25.2℃로 13.1℃의 기온차를 보였다. 토지이용별 평균온도를 비교해 보면 같은 시간대에 주거지역은 35.0℃, 상업업무지역은 34.4℃, 공원지역 29.5℃, 산림지역은 25.9℃의 순으로 기온이 관측되어 토지이용에 따라 기온의 차이가 있었다.

2009년 6~8월까지 약 2개월간 기온의 변화를 측정한 결과 왕십리역 주변에서 2009년 8월 16일 16시에 38.34℃의 최고온도를 기록하였으며, 같은 시각 수락산은 26.34℃로 두 지역에서 12℃의 기온차가 있음을 알 수 있었다.

토지이용별 평균기온은 당일 상업·업무지역이 36.0℃, 주거지역이 33.67℃, 공원지역 31.42℃, 산림지역이 27.89℃ 순으로 높게 관측되어 상업·업무지역과 산림지역은 8.11℃의 기온차를 보였다.

열섬지역인 상업업무지역에서는 왕십리역 주변이, 주거지역에서는 서초동 아파트 단지가 높은 기온을 나타냈다. 열섬지역 중에서 가장 낮은 기온을 나타낸 곳은 목동 아파트 단지로 왕십리역 주변과 무려 9.34℃의 기온차를 보였다.

냉섬지역에 해당하는 산림지역에서는 남산이, 공원지역에서는 청계천이 높은 기온을 기록했으며, 가장 낮은 기온을 나타낸 수락산과 청계천의 기온차는 7℃이었다.

3. 가로수 수종별 기온 측정 결과

2008년 8월 25일 가로수의 수종 및 식재 형태에 따른 차이를

표 1. 토지이용 특성별 서울시 기온 측정 결과

구분	장소	오후 2시 현재온도(℃)
상업·업무지역	평균	34.4
	시청광장	36.2
	강남역	31.6
	신촌역	35.4
산림지역	평균	25.9
	남산	25.2
	수락산	26.7
	관악산	26.0
공원지역	평균	29.5
	서울숲	28.1
	한강고수부지	28.9
	월드컵공원	31.7
주거지역	평균	35.0
	상계동아파트	38.3
	목동아파트	36.0
	잠실아파트	30.7

표 2. 지점별 주간 최고기온

구분	장소	최고기온(℃)	지점별 온도차	
냉섬	공원	평균 기온	31.42	
		서울숲	30.00	8.34
		선유도공원	31.67	6.34
		아시아공원	30.67	7.67
	청계천	33.34	5.34	
	산림	평균 기온	27.89	
		수락산	26.34	12.0
		남산	29.67	8.67
관악산		27.67	11.34	
열섬	상업 업무 지역	평균 기온	36.00	
		청량리역 주변	35.00	3.67
		왕십리역 주변	38.34	-
		영등포 상업지구	36.67	2.00
		마포 상업지구	37.00	1.34
		서울시청 주변	35.00	3.34
	태해란로	34.00	4.67	
	주거 지역	평균 기온	33.67	
		상계동 아파트	33.00	5.67
		서초동 아파트	34.34	4.34

보기 위해 같은 지역에서 가로수 식재 유무, 1열과 2열 식재, 낙엽수와 침엽수로 구분하여 기온을 측정하였다. 그 결과, 가로수

표 3. 가로수 수종 및 식재 형태별 기온 측정 결과

측정지역	Group 1			Group 2		
	수종	식재 형태	기온 (°C)	수종	식재 형태	기온 (°C)
시청 앞	A	2열	30.1	-	-	40.2
을지로	A	1열	29.3	B	1열	38.1
남부순환로	A	2열	29.4	A	1열	37.9
올림픽로1	A	2열	29.5	A	1열	30.6
올림픽로2	A	1열	29.6	-	-	31.1
평균기온	29.6			35.6		

* 수종 A: 양버즘나무, B: 소나무

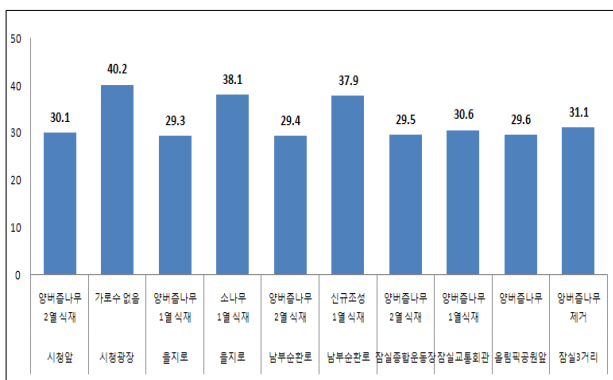


그림 1. 가로수 기온 비교

가 식재되지 않은 시청 앞 광장이 40.1°C, 시청 앞 양버즘나무 2열 식재된 곳이 30.1°C로, 가로수 식재 유무에 따라 같은 지역에서도 10°C의 차이가 났다. 을지로의 양버즘나무 1열 식재된 곳과 소나무 1열 식재된 곳에서는 29.3°C와 38.1°C로 침엽수인 소나무가 식재된 곳이 8.8°C가 더 높게 측정되었다. 남부순환로의 양버즘나무 1열 식재된 곳과 2열 식재된 곳의 기온차는 1열 식재된 곳이 37.9°C로 2열 식재된 곳의 29.4°C보다 8.5°C가 높은 것으로 측정되었다.

4. 종합

서울시는 도시화 지역이 전체의 58%, 녹지 및 오픈스페이스가 42%이며, 구별 토양 피복도에서는 강북구가 23.08%로 가장 낮았고 가장 높은 곳은 영등포구로 67.08%이다. 녹지비율이 가장 높은 곳은 강북구로 72.44%, 가장 낮은 구는 성동구로 24.11%이다.

관측 결과, 토양피복도가 가장 높은 영등포구 지역의 영등포역 주변 상업·업무지역과, 녹지율이 낮은 성동구의 왕십리역 주변이 최고 기온을 기록한 것은 이처럼 지역별로 녹지 및 오픈스페이스의 분포가 다르고, 토양 피복도가 다르기 때문인 것으로 판단된다.

그러나 표 4와 같이 구별 가로수의 식재수량 및 단위면적당 식재수량을 비교해 보면 토지이용과 가로수 식재수량 사이에는 큰 상관관계는 없는 것으로 나타났다. 따라서 녹지면적이 부족하여 열섬현상이 심각한 지역에서는 녹지면적을 크게 증가시키는 것이 토지가격, 토지이용 특성 등과 같은 현실적인 여건상 어려우므로 이를 감안하여 가로수의 수관이 풍성한 수종을 식재하거나 잎의 밀도를 증가시킬 수 있도록 다층, 다열 식재하는 것이 필요하다.

가로수 식재를 통한 생활권 녹지에서의 열섬저감현상은 서울시청 주변, 을지로, 남부순환로 등 서울시 전역에서 가로수의 녹음이 풍부할수록 효과가 큰 것으로 나타나 가로수가 가지는 도시열섬현상 저감의 효과를 직접 확인할 수 있었다.

표 4. 서울시 구별 가로수 식재 현황

자치구	노선수	총 식재수량	식재주수/1,000m ²
서울시	976	279,442	0.46
종로구	43	7,361	0.31
중구	45	7,534	0.76
용산구	18	7,525	0.34
성동구	35	7,414	0.44
광진구	24	6,721	0.39
동대문구	36	9,547	0.67
중랑구	44	7,022	0.38
성북구	31	7,298	0.30
강북구	16	6,542	0.28
도봉구	37	8,676	0.42
노원구	40	14,008	0.40
은평구	17	9,040	0.30
서대문구	27	7,276	0.41
마포구	82	12,202	0.51
양천구	45	12,058	0.69
강서구	36	11,747	0.28
구로구	67	8,955	0.45
금천구	25	6,723	0.52
영등포구	54	15,993	0.65
동작구	26	5,304	0.32
관악구	29	6,832	0.23
서초구	43	16,712	0.36
강남구	56	21,173	0.54
송파구	42	21,906	0.65
강동구	45	16,772	0.68
공원녹지사업소	3	233	-
건설안전본부	10	16,868	-

자료: 서울통계연보, 2008

IV. 결론

본 연구에서 서울시는 도시지역의 특성상 토지이용특성에 따라 같은 지역 내에서도 다양한 미기후가 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 현장조사 내용 분석 결과, 도시열섬저감을 위해 절대적인 녹지면적을 늘리는 것뿐만 아니라 가로수의 수종의 선정과 식재 형태에 따라 열섬저감의 정도가 달라질 수 있음을 알 수 있었다.

따라서 도심의 열섬 현상을 저감시키기 위해 가로수를 식재할 때에는 침엽수보다 낙엽수를 선정하고, 보도의 폭을 충분히 두어 1열보다 2열 식재를 하며, 단층으로 식재하기보다 복층으로 식재하는 것과 같은 도시열섬 저감에 적합한 가로수 식재기법의 적용이 필요하였다.

향후 가로수를 통한 도시열섬저감 효과를 정확하게 분석하기 위해서는 서울시에서 가장 많이 식재하는 은행나무, 양버즘나무, 느티나무, 벚나무, 최근 식재수량이 늘어나고 있는 소나

무에 대한 연중 기온의 변화를 측정하고, 복층 식재, 2열 식재 등의 식재유형별 효과를 규명할 수 있도록 추가 조사가 필요하다.

인용문헌

1. 구해정(2007) 서울시 도시 열섬 구조의 변화에 관한 연구. 기후연구 2(2): 67-78.
2. 기상연구소(1987) 서울의 도시기후 조사(Ⅱ). 연구보고서 MR87-4. 기상연구소 MR.
3. 김운수, 김학렬(2001) 서울시 기상특상을 고려한 도시계획 기법연구(Ⅱ). 서울시정개발연구원.
4. 노재식(1973) 서울지방의 기온경년 변화와 그 요인에 대하여. 한국기상학회지 14: 29-35.
5. 이현영(1986) 서울의 도시기온에 관한 연구. 이화여자대학교 대학원 박사학위논문.
6. C. A. Federer(1976) Trees Modify the Urban Microclimate.
7. Gene W. Grey, Frederick J. Deneke(1986) Urban Forestry. Krieger Publishing Company.
8. Kramer, P.J., T.T. Kozlowski(1970) Physiology of Trees. New York: McGrawHill.