

여름철 인간 열 환경에 미치는 수목의 그늘 효과

- 가로수와 단독수 비교 -

조상민* · 현철지* · 박수국**

*제주대학교 대학원 원예학과

**제주대학교 생물산업학부 원예환경전공

I. 서론

지구온난화로 인해 하절기 폭염현상과 열대야가 더 강해지고 길어지고 있으며, 도시의 지속적인 개발로 도시 열섬 현상이 증가하고 있는 현실이다(IPSS, 2013). 도시 열환경 개선을 위해 다양한 조경소재에 대한 연구가 이루어졌으나(Lee and Ryu, 2010, 2012, 2013; Park et al., 2011), 조경 수목에 의해 인간 열환경지수(열쾌적성)개선 효과에 대한 연구는 미진한 상태이다.

이에 따라 본 연구는 가로수와 단독수로 이용되는 수목의 성상에 따라 수목 하부인 음지와 수목의 옆 오픈스페이스 지점인 양지에서 동시에 측정된 미기후 자료를 통해 여름철 가로수와 단독수에 대한 인간 열환경지수의 개선 효과를 비교분석하였다. 본 연구를 통해 도출된 결과는 추후 가로수 및 단독수 선정을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

II. 연구방법

미기후 요소 측정(기온, 상대습도, 풍속, 태양 및 지구복사에너지)은 기후조건이 맑은 날을 기준으로 2015년 여름철 7월 30, 31일, 8월 4~6일에 09:30~17:00 동안 제주도에서 많이 사용되고 있는 가로수 중 낙엽활엽교목 2종(왕벚나무 *Prunus Yedoensis*, 느티나무 *Zelkova serrata*), 상록활엽교목 3종(구실잣밤나무 *Catanopsis sieboldii*, 담팔수 *Elaeocarpus sylvestris*, 먼나무 *Ilex rotunda*)과 2016년 여름철 7월 23, 24, 26일에 9:00~17:00 동안 제주도에서 많이 사용되고 있는 조경수목 중 낙엽활엽교목 1종(왕벚나무), 상록활엽교목 2종(구실잣밤나무, 후박나무 *Machilus thunbergii*), 침엽수 1종(곰솔 *Pinus thunbergii*)의 수목을 각각 1일 동안 관측하였다.

미기후 요소 측정은 수목의 최대 열 저감 효과를 알아내기 위해서 구름이 낀 시간을 제외한 시간만을 분석에 이용하였다.

기온과 상대습도는 HMP155A(Campbell Scientific Inc.), 풍속 및 풍향은 Met one 034B-L Windset(Campbell Scientific Inc.)을 이용하여 신체의 가슴높이인 1.2 m 높이에서 매 1분 단위로 측정되었다. 태양·지구복사에너지는 CNR4 Net-radiometer(Kipp & Zonen Inc.)를 이용하여 동일한 높이에서 매 5초 단위로 측정되었다. 모든 자료들은 CR1000 datalogger(Campbell Scientific Inc.)에 저장되었다. 측정 위치는 해당 수목의 하부 음지 지점과 해당 수목 주변의 양지인 오픈스페이스 지점에 설치하여 실시간으로 관측하였다.

측정된 미기후 자료를 이용하여 인간 열환경지수인 physiological equivalent temperature(PET)와 universal thermal climate index(UTCI)를 Rayman Pro. Version 2.2를 이용하여 계산하였다. 기온(air temperature, T_a), 상대습도(relative humidity, RH), 풍속(wind speed, u), 평균복사온도(mean radiant temperature, T_{mrt})와 인간 열환경지수인 PET, UTCI는 1분 단위로 Microsoft Office Excel 2010을 이용하여 비교분석하였다.

III. 연구결과

미기후 측정 결과, 5종의 가로수에서 수목 주변의 양지가 수목 하부의 음지보다 평균 T_a 는 구실잣밤나무에서만 1.5 °C(최대 3.1 °C) 높게 나타났고, 다른 가로수들은 0.2~0.7 °C로 양지와 음지와의 기온 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 구실잣밤나무에서만 가장 큰 차이를 나타낸 이유는 양지의 지점이 수목에서 도보 쪽으로 5 m 안쪽에 위치한 자갈로 피복된 주차장에 위치되어 피복재료가 영향을 주었으리라 생각된다. RH 와 u 은 양지와 음지 두 지점의 차이가 0.9~5.3 %(최대 4.2~12.2%), 0.1~0.5 ms^{-1} 으로 크지는 않는 것으로 관측 되었다. 반면에, T_{mrt} 는 양지와 음지에서 확연한 차이를 나타내었다. 측정된 5종의 가로수들에서 태양직사광선의 영향을 받는 양지가 음지

에 비해서 평균 21.4~30.9 °C(36.0~47.0 %) 높게 나타났다 (Figure 1).

4종의 단독수에서 수목 주변의 양지가 수목 하부의 음지보다 평균 T_a 는 구실잣밤나무에서만 0.5 °C(최대 1.6 °C)나타났고, 다른 단독수들은 0.1~0.2 °C로 양지와 음지의 T_a 차이는 거의 없는 것으로 나타났으며, RH는 음지가 평균 0.5~1.8 °C(최대 7.2 %) 더 높게 나타났다. u 에서는 곰솔에서만 평균 0.6~0.7 ms^{-1} 으로 차이가 났으나, 다른 수목들에서는 평균 0.0~0.3 ms^{-1} 으로 미미한 차이만이 관측되었다. 반면에, T_{mrt} 는 양지와 음지에서 확연한 차이를 나타내었다. 측정한 4종의 단독수에서 태양직사광선의 영향을 받는 양지가 음지에 비해서 평균 15.3~21.8 °C(25.4~38.4 %) 높게 나타났다(Figure 2).

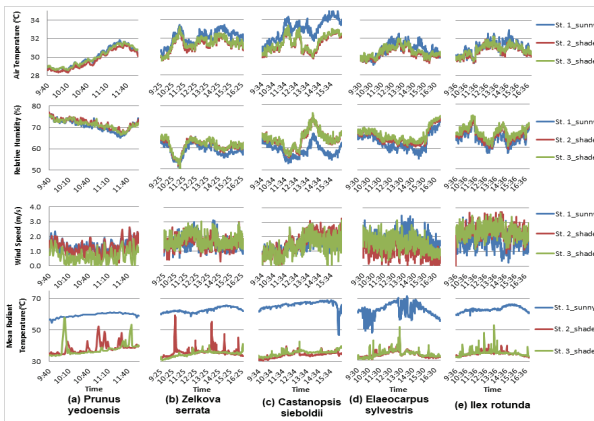


Figure 1. Microclimatic factors of five street trees species

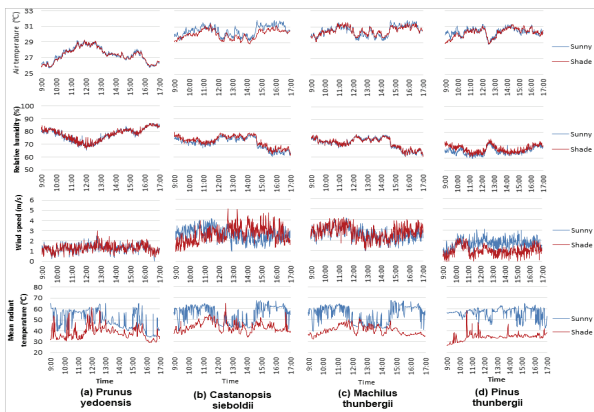


Figure 2. Microclimatic factors of four single trees species

인간 열환경지수인 PET, UTCI에 미치는 수목 그늘(음지)의 열 저감 효과는 가로수에서 평균 8.9~14.8 °C PET(최대 8.9~14.8 °C), 5.0~8.5 °C UTCI(최대 6.1~11.0 °C), 단독수에

서는 평균 6.0~8.3 °C PET(최대 12.2~15.9 °C), 3.6~4.8 °C UTCI(최대 8.1~8.2 °C)로 높은 열 저감 효과를 보였다. 이 차이는 가로수는 PET에서 평균 1.5~2.5단계, UTCI에서는 평균 1.0~1.5단계, 단독수는 PET에서 평균 1.0~1.5단계, UTCI에서는 평균 0.6~0.8단계의 heat stress 저감 효과를 나타내는 것이다(Figure 3, 4).

그러나, 양지에서서의 PET와 UTCI결과를 비교해 보면, 측정 날짜에 따라 어느 정도의 열환경의 차이를 알 수 있다. 수목의 열 저감 효과 분석을 위해서는 단순한 양지와 음지의 PET, UTCI 차이를 비교하는 것보다는 저감 비율(%)을 비교하는 것이 더 바람직한 방법이라고 할 수 있겠다. 비율적으로는 가로수는 PET에서 평균 21.2~31.3 %, UTCI에서 평균 12.7~20.2 %, 단독수는 PET에서 평균 14.8~20.5 %, UTCI에서 평균 9.2~12.5 %의 저감 비율을 보였다. 이러한 결과는 단독수에 비해 가로수에서 더 높은 열 저감 효과를 보여주는 것을 나타내었다.

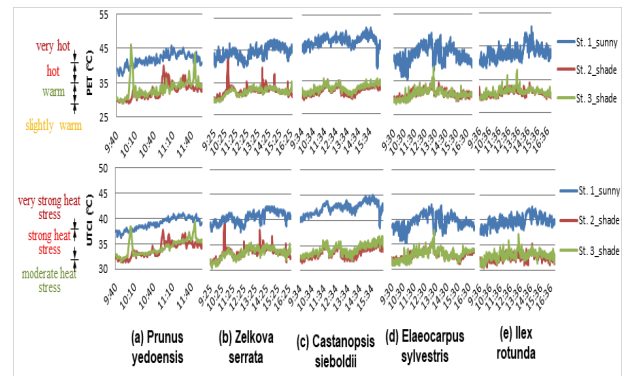


Figure 3. PET and UTCI results of five street trees species

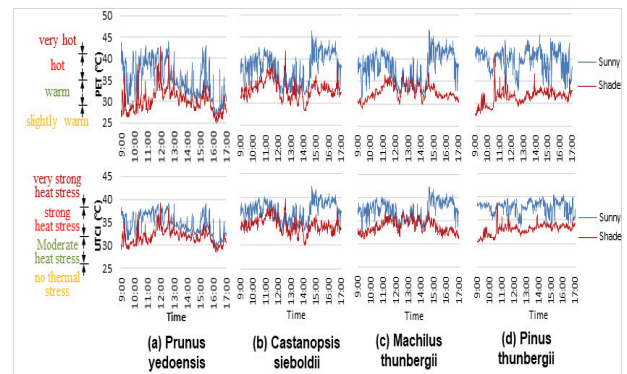


Figure 4. PET and UTCI results of four single trees species

IV. 결론

본 연구에서 가로수와 단독수의 여름철 인간 열환경지수(열쾌적성)에 미치는 영향을 분석하기 위해, 제주특별자치도를 대상으로 하여 2015년 여름철(7월,8월) 낙엽활엽교목 2종과, 상록활엽교목 3종 총 5종의 가로수와 2016년 여름철(7월) 낙엽활엽교목 1종, 상록활엽교목 2종과 침엽수 1종의 단독수를 수목 하부인 음지와 그 옆의 양지에서 미기후자료를 측정하여 비교하였다.

T_a , RH , u 의 차이는 가로수와 단독수 모두 미미한 차이를 보였으며, T_{mrt} 가 인간 열환경에서 가장 큰 영향을 미치는 요소임이 나타났다. T_{mrt} 저감 효과는 가로수에서 평균 PET가 21.2~31.3 %, UTCI가 12.7~20.2 %, 단독수에서 평균 PET가 14.8~20.5 %, UTCI에서 9.2~12.5 %로 가로수가 단독수보다 높은 열 저감 효과를 보였다. PET와 UTCI결과는 가로수에서 수목 하부의 음지가 오픈스페이스인 양지에 비하여 평균 1.5~2.5단계(PET), 1.0~1.5(UTCI), 단독수에서는 평균 1.0~1.5단계(PET), 0.6~0.8단계(UTCI)단계의 heat stress 저감 효과를 보이는 것으로 나타났다.

본 연구는 가로수와 단독수가 인간 열환경지수에 미치는 영향을 분석하기 위하여 연구가 이루어 졌지만, 수목선정에 있어 다양한 수종을 포함시키지 못하여, 향후 연구에서는 본 연구

방법을 이용하여 더 많은 수종에 대한 자료 구축이 이루어져야 할 것이다. 또한, 최대 열 저감 효과를 알아보기 위해 여름철 맑은 날을 기준으로 측정하였으나, 측정장비 수와 맑은 날의 제한으로 좀 더 많은 자료 측정이 있었으면 더 명확한 결과를 보여 줄 수 있었을 것이다.

참고문헌

1. IPCC(2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis, WMO, 7bis, Avenue de la Paix, 1211 Geneva2.
2. Lee, C. and N. Ry(2010) The influence of landscape pavements on the WBGT of outdoor spaces without ventilation or shade at summer midday. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 38(2): 1-8.
3. Lee, C. and N. Ry(2012) The influence of ventilation and shade on the mean radiant temperature of summer outdoor. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 40(5): 100-108.
4. Lee, C. and N. Ry(2013) The comparison of the ultra-violet radiation of summer outdoor screened by the landscaping shade facilities and tree. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 41(6): 20-28.
5. Park, K., S. Lee, Y. Shim and H. Hwang(2011) Analysis on the mitigation effects of urban heat island through creation of water space-a case study of Yeol-Mae village Apt in Daejeon's Noeun District. The International Journal of the Korean Institute of Ecological Architecture and Environment 11(5): 13-18.