

도시와 해변지역에서의 조경계획을 위한 한국인의 적정온도(Neutral Temperature) 범위 연구

박수국* · 조상만** · 현철지**

*제주대학교 생명자원과학대학 생물산업학부 원예환경전공 · 아열대농업생명과학연구소 · 친환경농업연구소
**제주대학교 생명자원과학대학 원예학과 대학원

I. 서론

도시·조경계획 및 디자인에서 반드시 고려되어야 할 요인으로 옥외공간에서의 열환경 분석이 중요시되고 있다. 열환경 분석이란 인간 열환경지수(human thermal sensation)와 열쾌적성(human thermal comfort) 기준을 이용한 시계열적 공간 분석을 의미한다. 이미 세계 여러 나라들은 도시와 조경계획을 위한 열환경지수 기준을 마련하고자 이를 연구해 오고 있으며(Cohen *et al.*, 2013; Lin and Matzarakis, 2008; Matzarakis and Mayer, 1996; Omonijo and Matzarakis, 2011; Park *et al.*, 2016), 관광계획을 위한 기준으로서 관광기후지수(climatic index for tourism)에 대한 연구들도 활발히 진행하고 있다(Amengual *et al.*, 2012; de Freitas, 2015). 이러한 연구들은 인간이 덥거나 춥다고 느끼지 않는 적정온도(Neutral Temperature, NT)의 범위로 옥외공간의 열환경을 만드는 것에 목적을 두고 있다(Kántor *et al.*, 2016).

본 연구에서는 도시지역과 해변지역에서 미기후 측정과 설문조사를 통해 한국인에게 적합한 NT범위를 찾아보고자 하였다.

II. 연구 방법

연구대상지로서, 도시지역은 대구광역시와 창원시(2012~13년), 제주시(2016년)에서 4계절 동안 조사가 이루어졌으며, 해변지역은 제주시 월정리해변(2015년, 2016년)에서 관광객들이 붐비는 봄과 여름철에 진행되었다. 미기후자료(기온, 상대습도, 풍속, 태양 및 지구복사에너지)와 국제표준기구의 ISO 10551을 바탕으로 만들어진 9단계의 인간 열환경지수 설문지를 이용하여 자료를 수집하였다. 자료측정은 맑은 날에 실시하였으며, 대구광역시와 창원시에서는 중심상업지구와 도시공원 등에서 열환경이 가장 높은 12:00~15:00, 제주시에서는 제주시청 앞에서 9:00~17:00동안 이루어졌다. 월정리해변에서도 9:00~17:00동안 조사되었다. 미기후자료는 1분 단위로 측정되었으며, 설문조사는 성인을 대상으로 도시지역인 대구광역시와 창원시에서 876명, 제주시에서 768명이 참가하였으며, 월정리해변에서는 2015년에 869명, 2016년에 938명이 참여하였다.

인간 열환경지수 응답(Thermal Sensation Votes, TSV) 단계 중 적당함(0)을 기준으로 약간 서늘함(-1)과 약간 따뜻함(1)의 중간 단계 $-0.5 \leq TSV \leq 0.5$ 인 NT범위를 찾기 위해, 인간 열환경지수 중 전세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 physiological equivalent temperature(PET; Höpfe, 1999)와 universal thermal climate index(UTCI; Bröde *et al.*, 2012)를 이용하여, (1) TSV와 평균 PET(nPET) / UTCI(nUTCI) 비교, (2) TSV와 PET(aPET) / UTCI(aUTCI) 비교, (3) 가중평균 TSV와 PET(wPET) / UTCI(wUTCI) 비교, (4) 평균 TSV와 PET(mPET) / UTCI(mUTCI)를 비교하였다. SPSS 20(IBM SPSS Co., 2012)의 one-way ANOVA를 이용하여 평균값을 비교하였으며, Microsoft office excel 2016을 이용하여 선형회귀분석(linear regression analysis)을 하였다.

III. 연구결과 및 고찰

aPET와 aUTCI의 선형회귀분석 결정계수(r^2)는 0.4414-0.6909으로 나온 반면에, wPET, wUTCI, mPET, mUTCI의 r^2 들은 대구광역시와 창원시의 결과치($r^2 = 0.6364-0.7515$)를 제외하고는 매우 높은 결과치($r^2 = 0.8004-0.9588$)를 보여 주었다(Table 1 참조). aPET, wPET, mPET, aUTCI, wUTCI, mUTCI는 매우 비슷한 NT범위의 결과를 보여 주었으며, 그 범위들이 nPET와 nUTCI에 비해 타당성 있게 나타났다.

도시지역들은 2012~13년도 대구광역시와 창원시(16~24°C PET와 18~24°C UTCI)와 2016년도 제주시(17~22°C PET와 18~23°C UTCI)의 NT범위 결과가 매우 유사하였다. 그러나, 해변지역에서는 2015년도(23~29°C PET와 26~30°C UTCI)와 2016년도(19~25°C PET와 22~27°C UTCI)의 NT범위 결과가 약 4°C 다르게 나타났다. 연도별 측정일시의 PET와 UTCI를 비교해 보았을 때, 해변지역은 2015년도가 2016년도 보다 평균 6.4°C PET와 4.1°C UTCI 높았으며, 도시지역은 2012~13년도가 2016년도에 비해 평균 4.1°C PET와 2.0°C UTCI 높았던 것으로 나타났으며, 2016년도 자료를 비교해 볼 때 해변지역이 도시지역에 비해 평균 3.1°C PET와 3.2°C UTCI 높게 나왔다. 이러한

Table 1. Comparison between thermal sensation vote (TSV) and physiological equivalent temperature (PET) or universal thermal climate index (UTCI)

Area	Year	nPET	aPET	wPET	mPET	nUTCI	aUTCI	wUTCI	mUTCI	Location	Participants
Beach	2015	25~27	24~29	24~29	23~28	27~28	27~30	27~30	26~29	Woljeongri, Jeju	869
	r^2		0.6493	0.9552	0.9283		0.6627	0.956	0.9588		
Urban	2016	22~27	20~25	19~24	20~25	25~28	23~27	22~26	23~27	Changwon & Daegu	938
	r^2		0.6186	0.9415	0.9267		0.6187	0.948	0.9309		
Urban	2012~13	21~25	16~24	16~24	17~24	22~24	19~24	19~24	18~23	Jeju	876
	r^2		0.4414	0.6364	0.7424		0.4534	0.672	0.7515		
Urban	2016	19~23	17~22	17~22	17~22	22~24	19~23	19~23	18~23	Jeju	768
	r^2		0.6909	0.9354	0.902		0.6863	0.9098	0.8004		

결과로 볼 때, 도시지역에서는 사람들이 다른 열환경에서도 일률적인 TSV를 보이는 것을 알 수 있으나, 해변지역에서는 열환경에 따라 TSV가 달라지는 것을 알 수 있는데, 이는 관광객과 같은 심리적인 영향이 많이 반영된 결과로 유추된다.

IV. 결론

한국인의 NT범위가 도시 및 조경계획에 적용될 때 도시지역에서는 16~24°C PET 또는 18~24°C UTCI를 기준으로, 관광계획을 위한 해변지역은 좀 더 넓은 NT범위인 19~29°C PET 또는 22~30°C UTCI를 기준으로 적용된다면 열환경적으로 쾌적한 공간이 조성될 수 있을 것이다. 한국인의 도시지역 NT범위는 서·중 유럽인들의 결과(18~23°C PET)와 비슷하였으며, 해변지역 NT범위는 이스라엘의 텔아비브(19~26°C PET)와 나이지리아(23~27°C PET)보다 폭넓게 나타났다.

참고문헌

1. Amengual, A., V. Hornar, R. Romero, S. Alonso and C. Ramis(2012) Projections of the climate potential for tourism at local scales: Application to Platja de Palma, Spain. *Int J Climatol* 32: 2095-2107.
2. Bröde, P., D. Fiala, K. Blázquez, I. Holmér, G. Jendritzky, B. Kampmann, B. Tinz and G. Havenith(2012a) Deriving the operational procedure for the universal thermal climate index(UTCI). *International Journal of Biometeorology* 56: 481-494.
3. Cohen, P., O. Potchter and A. Matzarakis(2013) Human thermal perception of coastal mediterranean outdoor urban environments. *Applied Geography* 37: 1-10.
4. de Freitas(2015) Weather and place-based human behavior: Recreational preferences and sensitivity. *International Journal of Biometeorology* 59(1): 55-63.
5. Höppe, P.(1999) The physiological equivalent temperature-A universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology* 43: 71-75.
6. Kántor, N., A. Kovács and Á. Takács(2016) Seasonal differences in the subjective assessment of outdoor thermal conditions and the impact of analysis techniques on the obtained results. *International Journal of Biometeorology* 60(11): 1615-1635.
7. Lin, T. P. and A. Matzarakis(2008) Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. *International Journal of Biometeorology* 52: 281-290.
8. Matzarakis, A. and H. Mayer(1996) Another kind of environmental stress: Thermal stress. *WHO News* 18: 7-10.
9. Matzarakis, A., H. Mayer and M. G. Iziomon(1999) Application of a universal thermal index: Physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology* 43: 76-84.
10. Omonijo, A. G. and A. Matzarakis(2011) Climate and bioclimate analysis of Ondo State, Nigeria. *Meteorologische Zeitschrift* 20(5): 531-539.
11. Park, S., J. Sin, S. Jo, C. Hyun and H. Kang(2016) Human thermal sensation and comfort of beach areas in summer. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 44(4): 100-108.