

한국인의 도시지역 인간 열환경지수(열쾌적성)

적정온도 범위

현철지* · 조상만* · 강은서** · 임유정** · 임현우** · 이범수** · 위지현** · 박수국**

*제주대학교 대학원 원예학과
 **제주대학교 생물산업학부 원예환경전공

I. 서론

인간 열환경지수는 도시 및 조경계획에서 고려되어야 하는 중요한 요소이다(Park, 2013). 적정온도(neutral temperature, NT) 범위는 기후에 대한 인간들이 느끼는 열환경지표(thermal sensation vote, TSV)에서 산출 할 수 있는 온도 범위이며 이러한 적정온도 범위는 인간들이 따뜻함 또는 추움을 느끼지 않고 열환경적으로 쾌적한 상태를 나타내는 범위이다(Kántor et al., 2016). 그러므로, 도시 계획가와 조경가들이 옥외환경을 쾌적하게 설계하기 위한 하나의 목표라고 할 수 있다.

이 연구는 한국인의 도시지역 적정온도 범위를 조사하였다.

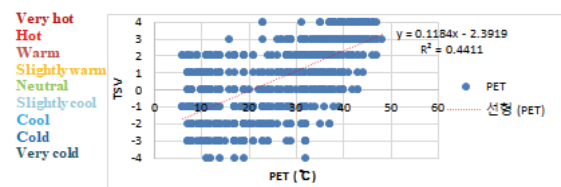
II. 연구방법

미기후 자료측정(기온, 상대습도, 풍속, 태양 및 지구복사에너지)과 국제표준화기구의 열환경지수 평가 설문지(ISO 10551)를 바탕으로 만든 9 단계의 TSV로 구성된 한국형 인간 열환경지수 평가 설문지를 이용하여 자료측정과 설문조사를 병행하여 진행하였다.

조사는 창원과 대구에서 2012-2013년, 제주 시내에서는 2016년 동안 각 각 다른 장소에서 1,644명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 조사대상지는 창원과 대구에 위치한 공원, 시내, 대학 캠퍼스와 제주 시내에서 진행하였다. 창원과 대구에서는 12:00-15:00까지 미기후 자료를 수집하였고, 제주에서는 10:00-17:00까지 조사를 진행하였다.

측정기계로는 태양·지구 복사에너지를 측정하는 CNR4 순복사센서, 복사에너지를 차단하는 41005-5 레디에이션실드 안에 위치한 HMP155A-L15 온습도센서, 034B-L15 풍속/풍향센서를 사용하여 지상 1.2 m 높이에서 미기후 자료를 수집하였다.

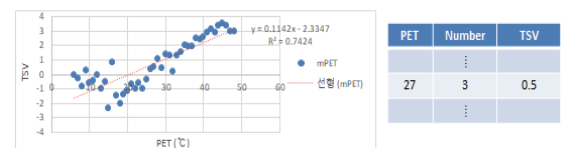
NT 범위를 찾기 위해 다음과 같은 4가지 방법을 이용하였다 (Figure 1): 1. TSV vs. PET, UTCI 비교(PET, UTCI); 2.



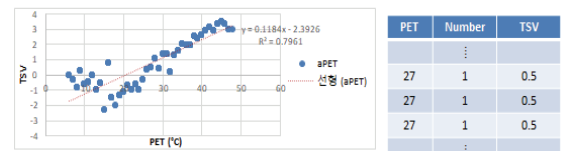
(a) TSV vs. PET, UTCI (PET, UTCI)

PET (°C)	N	Mean	Std. Deviation	UTCI (°C)	N	Mean	Std. Deviation
-4	6	17.5	7.8	-4	6	18.7	4.6
-3	58	17.2	7.1	-3	58	18.8	4.9
-2	79	19.1	7.2	-2	79	20.8	4.9
-1	103	18.2	8.3	-1	103	20.1	6.2
0	94	24.6	11.2	0	94	23.9	7.5
1	124	25.4	11.3	1	124	24.3	7.5
2	133	28.6	10.3	2	133	26.9	7.5
3	207	38.5	4.9	3	207	34.6	4.4
4	71	41.4	4.6	4	71	38.0	3.5
Total	875	28.2	11.9	Total	875	27.0	8.7

(b) TSV vs. mean PET, UTCI (mean PET, mean UTCI)



(c) mean TSV vs. PET, UTCI (mPET, mUTCI)



(d) aggregated (weighted) TSV vs. PET, UTCI (aPET, aUTCI)

Figure 1. Methods of analysis about neutral temperature (NT) range of 9-point thermal sensation votes (TSV) [very hot (4), hot (3), warm (2), slightly warm (1), neutral (0), slightly cool (-1), cool (-2), cold (-3), very cold (-4)].

TSV vs. mean PET, UTCI 비교(mean PET, mean UTCI); 3. mean TSV vs. PET, UTCI 비교(mPET, mUTCI); 4. aggregated (weighted) TSV vs. PET, UTCI 비교(aPET, aUTCI). Microsoft Office Excel 2016과 SPSS Ver. 20을 이용하여 분석하였다.

III. 연구결과

측정된 기후 자료의 결과는 mean 결과를 제외하면 다른 방법에서는 비슷한 결과를 보였는데, 대구와 창원에서는 PET 16-24 °C, UTCI 18-24 °C, 제주에서는 PET 17-22 °C, UTCI 18-23 °C로 매우 비슷한 결과가 나왔다(Table 1 and Figure 2). 또한, 도시지역에서의 NT 범위는 증가된 열환경에도 영향을 받지 않는 것으로 나타났다(Table 2). 국외의 NT 범위와 비교해 보면, 한국인의 NT 범위는 서·중유럽지역과 Tel Aviv와 유사한 결과를 보여주는 것으로 나타났다(Table 3).

Table 1. Koreans' neutral temperature ranges of thermal sensation vote (TSV) in urban areas as physiological equivalent temperature (PET) and universal thermal climate index (UTCI).

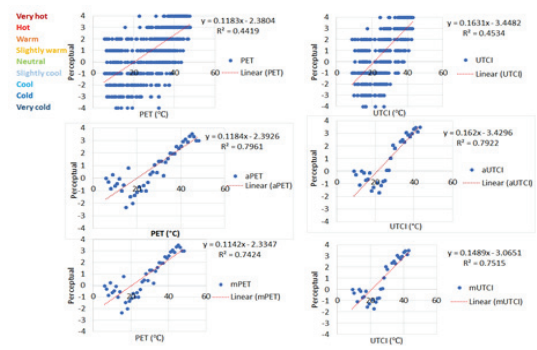
Year	mean PET	PET	mPET	aPET	mean UTCI	UTCI	mUTCI	aUTCI
2012-13	21-25	16-24	17-24	16-24	22-24	19-24	18-23	19-24
r^2		0.441	0.742	0.796		0.453	0.752	0.792
2016	19-23	17-22	17-22	17-22	22-24	19-23	18-23	19-23
r^2		0.691	0.902	0.935		0.686	0.800	0.910

Table 2. Comparison of mean air temperature (Ta), physiological equivalent temperature (PET) and universal thermal climate index (UTCI) between years.

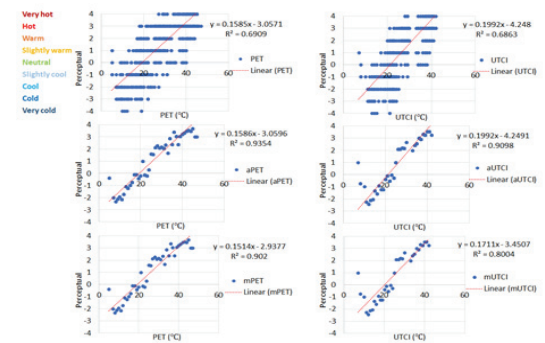
Year	Ta (°C)		PET (°C)		UTCI (°C)	
	Mean	Difference	Mean	Difference	Mean	Difference
2012-13	21.7		30.3		28.9	
2016	19.1	2.6	26.2	4.1	26.9	2.0

Table 3. Comparison of neutral temperature PET ranges between previous studies and Koreans [1 Matzarakis and Mayer (1996); 2Cohen et al. (2013); 3Lin and Matzarakis (2008); 4Omonijo and Matzarakis (2011); 5Kántor et al. (2016)].

	PET (°C)					
	¹ Western/ Middle Europe	² Tel Aviv	³ Taiwan	⁴ Nigeria	⁵ Hungary	korea
Neutral temp. range	18-23	19-26	26-30	23-27	14-22	16-24



(a) Daegu and Changwon, 2012-13



(b) Jeju, 2016

Figure 2. Linear regression between physiological equivalent temperature(PET) or universal thermal climate index(UTCI) and perceptual(thermal sensation vote, TSV) in urban.

IV. 결론

도시 및 조경계획에서 적용 할 수 있는 한국인의 적정온도는 PET 16-24 °C, UTCI 18-24 °C로 나타났다.

참고문헌

- Cohen, P., O. Pöchter and A. Matzarakis(2013) Human thermal perception of Coastal Mediterranean outdoor urban environments, Applied Geography 37: 1-10.
- 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.
- Kántor, N., A. Kovács and A. Takács(2016) Seasonal differences in the subjective assessment of outdoor thermal conditions and the impact of analysis techniques on the obtained results, Int J Biometeorol 60(11): 1615-1635.
- Lin, T. P. and A. Matzarakis(2008) Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan, Int J Biometeorol 52: 281-290.
- Matzarakis, A. and H. Mayer(1996) Another kind of environmental stress: thermal stress, WHO News 18: 7-10.
- Omonijo, A. G. and A. Matzarakis(2011) Climate and bioclimate analysis of Ondo State, Nigeria, Meteorologische Zeitschrift 20(5): 531-539.
- Park, S.(2013) A way for creating human bioclimatic maps using human thermal sensation and applying the maps to urban and landscape planning and design, Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 41(1): 21-33.