

도시 녹지 유형별 혹서기 저층 고밀 시가화지역의 UTCI 추정†

김종희* · 송영근**

*서울대학교 대학원 협동과정 조경학 박사과정생 · **서울대학교 환경대학원 환경조경학과 부교수

I. 서론

저층 고밀 시가화지역은 인공 피복 및 고밀 건축에 의한 에너지 순환체계의 변화, 낮은 건물 높이로 인한 단파 입사량 증가로 지속적으로 열 에너지가 축적된다(Owen et al., 1998). 실제로 저층 고밀 시가화지역은 기타 지역에 비하여 열 스트레스에 취약한 것으로 평가되고 있다(안새결 외, 2017; 국토연구원, 2016). 도시 열 저감은 온도변화에 직접적인 영향을 미치는 현열의 저감을 통해 이루어질 수 있는데, 도시 내 수목은 단파 복사를 차단하고 증발산 작용으로 잠열을 증가시켜(Wang et al., 2016) 도시의 현열을 저감시킬 수 있다(박채연 외, 2017). 즉, 도시 녹지의 전략적인 조성을 통하여 도시 열 환경을 효율적으로 개선할 수 있다. 지면부 녹화, 벽면녹화, 옥상녹화 등의 활용은 열 저감에 효과적인 것으로 보고되고 있다. 그러나 기존 연구에서는 시가화지역 대상 연구에서 단일 혹은 일부 녹지 유형만을 고려하여 평가하고 있으며(Nadia Assaf, 2020; Zang et al., 2019; 허희영 외, 2017; Morakinyo et al., 2017; Morakinyo and Lam, 2016; 정희은 외, 2015; 권기욱 외, 2013), 대상지 내 녹지 유형별 분석 연구는 진행되지 않았다. 또한 대상지 특성에 따라서 녹화안 별 정량적 개선 수치에는 차이가 발생하므로(Middel et al., 2014), 특정 대상지에서 분석하고자 하는 식재 구성에 따른 평가가 이루어질 필요가 있다. 본 연구의 목적은 저층 고밀 시가화지역에 도시의 5가지 주요 녹지 유형을 도입하였을 때 인간 열 환경 지수인 열 쾌적성 변화량을 추정하는 것으로, 열 쾌적성 평가 지표인 UTCI로 녹지 유형 간 차이를 정량 비교하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상지

연구 대상지는 서울시 강남구 역삼동 일대 저층 고밀 시가화 지역으로, 평가 범위는 200m×200m 로 설정하였다. 평가 범위의 건폐율은 41.48%, 25개 분석 지점을 기준으로 하늘시계지수 0.58, 중형비 0.8로, Oke(2004)가 제안한 Local climate zone(LCZ)의

Compact low-rise 기준을 만족한다.

2. 식재 시나리오

도시 녹지는 지면부 수목, 오픈스페이스, 벽면, 옥상의 4가지 주요 유형으로 구성된다(Norton et al., 2015). 연구 대상지 특성에 따라 도시에서 지면부 수목을 도로변 가로와 건물변 가로로 구분하여, 최종적으로 연구에 적용하는 녹지 유형을 도로변 가로, 건물변 가로, 오픈스페이스, 벽면, 옥상에 해당하는 총 다섯 가지 유형으로 분류하였다. 또한 녹지 유형별로 녹지의 양에 차이를 두어 Figure 1과 같이 시나리오를 구성하였다.

	Roadside street	Building side street	Open space	Wall	Roof	All types
Scenario A						
Scenario B						
Scenario C						

Figure 1. Scenario of vegetation (Scenario A assumes a passive greening condition without any planting applied. Scenario C assumes an active greening condition with the maximum amount of green space applied. Scenario B assumes a realistic state by applying the amount of green space equivalent to half of the maximum value.)

3. UTCI 산출

UTCI는 환경적 요인에 해당하는 기온, 평균복사온도, 습도, 풍속과 개인적 요인에 해당하는 대사율 및 의복수준을 변수로 산출된다. 본 연구에서는 UTCI 산정에 rBiometeo 패키지를 활용하였으며, 이 때 대입이 필요한 기온, 평균복사온도, 습도, 풍속을 CFD 시뮬레이션 모델인 ENVI-met 4.4.4를 이용하여 산출하였다.

4. 미기후 시뮬레이션

공간의 기본 그리드를 x=2m, y=2m, z=2m로 설정하여 대

†: 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 도시생태 건강성 증진 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(2019002770001).

상지 3차원 분석을 진행하였다. 식생 형상은 3개의 교목(수고 3m, 지하고 1m, 수관폭 3m; 수고 7m, 지하고 2m, 수관폭 3m; 수고 10m, 지하고 4m, 수관폭 7m), 벽면(잎의 두께 0.2m), 옥상(잎의 두께 0.5m)으로 구현하였으며, Leaf Area density(LAD)는 1.1, Albedo는 0.22로 설정하였다. 분석 시간은 일반적인 서울 혹서기 상황을 반영하기 위하여 2017년, 2018년, 2019년 7월 21일~8월 20일의 기간 중 중위수에 해당하는 3일을 추출하여, 총 9일의 기상데이터(지역별상세관측자료, AWS) 평균값을 기상 입력자료로 활용하였으며, 한국 여름철 주간에 해당하는 6시~19시에 대하여 평가하였다.

III. 연구결과 및 고찰

시나리오별 주간 시간대의 평균 UTCI 분석 결과, 오픈스페이스 - 도로변 가로 - 벽면 - 건물변 가로 - 옥상 순으로 UTCI 저감량이 크게 나타나는 것을 확인하였다. 오픈스페이스 유형의 경우 시나리오 C 적용 시 주간 평균 UTCI 1.9°C, 시나리오 B 적용 시 주간 평균 UTCI 1.2°C가 저감되었다. 도로변 가로 유형의 경우 시나리오 C 적용 시 주간 평균 UTCI 1.7°C, 시나리오 B 적용 시 주간 평균 UTCI 1.1°C가 저감되었으며, 벽면 유형의 경우 시나리오 C일 때 UTCI 1.3°C, 시나리오 B일 때 UTCI 0.7°C만큼 저감하는 것으로 나타났다. 반면, 건물변 가로와 옥상 유형의 경우 시나리오 C 적용 시 주간 평균 UTCI 0.2°C, 0.1°C, 시나리오 B 적용 시 주간 평균 UTCI 0.1°C가 저감되는 것으로 나타나 효과가 거의 나타나지 않는 것으로 분석되었다. 녹지로 인한 UTCI 저감이 가장 크게 나타나는 시간인 16시에 대하여 시나리오별 저감량을 확인한 결과, 효과적인 녹지 유형은 주간 평균과 동일한 경향을 나타내었다. 또한 녹지 적용에 의한 UTCI의 공간 분포 분석 결과, 평가 범위에서 가장 더웠던 UTCI 척도에 해당하는 Very strong heat stress 구간의 감소율이 가장 크게 나타나는 것을 확인하였다.

본 연구에서는 녹지 유형별로 조성된 녹지의 녹지 면적, 부피량, 수고 및 식재 주 수에 차이가 있었다. 이들은 UTCI와 연관성이 있을 가능성이 있는 인자로, 유형별 차이가 있었던 녹지 면적, 녹지율, 녹지 부피, 수목 주 수, 수고 중 UTCI에 영향을 미치는 인자를 도출하고자 스페어만 순위상관분석을 진행하였다. 결과적으로, UTCI에 주 영향을 미치는 인자는 녹지 면적, 녹지율, 녹지 부피, 수고 순으로 나타났다(Table 1). 이는 교목의 수관 폭 유지, 부피 측면에서 녹지의 양 유지, 수고를 고려한 식재 조성이 중요하며, 관련 유지관리가 필요함을 시사한다. 또한, 본 연구에서 분석하고자 했던 녹화 유형 외에도 녹지 면적, 녹지율, 녹지 부피, 수고가 UTCI에 유의미한 관련성을 설명하여 녹지 유형뿐만 아니라, 해당 인자들도 UTCI에 영향을 미쳤음을 보인다.

Table 1. Spearman's rho correlation analysis between UTCI and factors of scenario

	UTCI	
UTCI	Correlation Coefficient	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	9
녹지 부피	Correlation Coefficient	-.894**
	Sig. (2-tailed)	0.001
	N	9
수목 주 수	Correlation Coefficient	-0.579
	Sig. (2-tailed)	0.103
	N	9
수고	Correlation Coefficient	-.806**
	Sig. (2-tailed)	0.009
	N	9
녹지 면적	Correlation Coefficient	-.902**
	Sig. (2-tailed)	0.001
	N	9
녹지율	Correlation Coefficient	-.826**
	Sig. (2-tailed)	0.006
	N	9

Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed).

IV. 결론

본 연구에서는 고밀 시가지화지역에서의 녹지 유형 및 녹지 유형 적용 비중에 대한 UTCI 저감량을 정량화하였다. 녹지 유형 중 가장 큰 효과를 보인 오픈스페이스의 경우, 녹지가 최대치로 적용되었을 때 주간 평균 UTCI가 1.9°C만큼 저감되었다. 주간 중 녹지로 인한 UTCI 저감이 가장 크게 나타난 시간은 16시로, 16시에 모든 유형 녹화를 적용한 경우 UTCI가 4.9°C 저감되어 UTCI 척도를 한 단계 낮출 수 있는 수준만큼 열 쾌적성이 증진됨을 확인하였다. 본 연구는 혹서기 주간의 시간 범위에서 진행된 연구로 대상지 내 효율적인 녹지 유형을 제안하며, 녹지 유형별 열 쾌적성 저감량에 대한 정량적인 수치를 제공한다. 이는 녹화계획 및 도시계획, 지자체 및 거주 주민의 녹화 의사 결정에 도움을 줄 수 있다.

참고문헌

1. 국토연구원(2016) 도시지역 미기후 관리방향 연구.
2. 박채연(2017) Variations in the cooling effect of a small urban river depending on urban canyon geometry. 서울대학교 대학원 국내석사학위논문.
3. Stewart, I. D. and T. R. Oke(2012) Local climate zones for urban temperature studies, Bulletin of the American Meteorological Society, 93(12): 1879-1900.
4. Middel, A., K. Häb, A. J. Brazel, C. A. Martin and S. Guhathakurta (2014) Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. Landscape and Urban Planning 122: 16-28.