

도심 녹음수의 체감온도지수(WBGT) 조절효과[†]

주민진* · 이춘석** · 류남형**

*(주)지오 이.엔.지 · **진주산업대학교 조경학과

The Effect of Urban Shade Trees on the WBGT(Wet Bulb Globe Thermometer Index)

Ju, Min-Jin* · Lee, Chun-Seok** · Ryu, Nam-Hyung**

*Geo Engineering

**Dept. of Landscape Architecture, Jinju Nat'l University

ABSTRACT

Focusing on WBGT(Wet Bulb Globe Thermometer Index) according to the LAI(Leaf Area Index) variation of trees, this study verifies the effects of urban shade trees on the outdoor thermal environment.

As for methodology, air · globe temperature, air humidity and WBGT were measured under three shade trees whose LAIs were 2.1, 4.0 and 8.2 respectively at midday(12:00-13:00) of 14 sunny days from the 4th through the 29th day of September 2003.

Those factors were also measured at the unshaded areas and compared with the values of shaded areas. The measured site was paved with interlocking concrete bricks. The measurements were analyzed through the ANCOVA(Analysis of Covariance) and the regression routines of SPSS11 for windows (SPSS Inc., 2001).

The major findings were as follows.

1. The direct correlation between WBGT and LAI was very low. On the contrary, the WBGT showed close correlation with air · globe temperature and air humidity, and the LAI also showed very close correlation with globe temperature. These results tell that dominant shading effect by the tree is on the screening of direct solar radiation which lower the globe temperature and WBGT consequently.

2. While the average globe temperatures and WBGT at unshaded area were 40.4°C and 26.2°C respectively, the former under the shade tree with LAI 2.1, 4.0 and 8.2 were 34.5°C, 32.6°C and 30.2°C, and the latter were 24.6°C, 24°C and 23.4°C respectively.

3. The relationship between LAI(x) and WBGT(y) can be presented with the following equation:

[†]: 본 연구는 진주산업대학교 기성회 연구비 지원으로 이루어짐.

Corresponding author : Chun-Seok Lee, Dept. of Landscape Architecture, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea. Tel. : +82-55-751-3305, E-mail : stoney@jinju.ac.kr

$$y = 24.23 + 1.53e^{-x} + 0.36xe^{-x} + 0.46x^2e^{-x} \quad (R^2 = .98)$$

Key Words : LAI(Leaf Area Index), WBGT(Wet Bulb Globe Thermometer Index), Urban Shade Tree

I. 서론

인간의 편리한 생활을 위하여 현대의 도시환경은 인위적으로 변형되어 왔고 친 인간적이었던 기후조건과 자연경관이 극단적으로 변형되어, 효율과 속도 위주의 기계적 환경으로 변경되는 결과가 초래되었다. 또한, 천연적인 자연조건을 이용하여 옥외공간을 친환경적으로 조성하던 재래의 전통적 기술은 사라져가고, 각종 에너지에 의존한 인공적 환경에 대한 의존도가 날로 높아져 왔다(Hough, 1984). 우리나라 도시의 경우 건물 및 주택확보 위주의 도시정책과 자동차 중심의 교통정책으로 그 정도가 더욱 심각한 상태에 놓여 있기 때문에, 인간과 자연 중심의 쾌적한 옥외공간의 조성이 시급히 요구되고 있다.

쾌적한 옥외공간 조성에 있어서 결정적 역할을 하는 요소들 중 대표적인 요소가 열환경인데, 이는 단순히 건구온도만을 이야기하는 것이 아니며 인간의 행동에 영향을 미치는 습도와 온도를 복합적으로 고려한 열환경을 말한다. 열환경을 결정하는 인자로는 건축물에 의한 일조, 바람, 기온, 습도, 풍속, 풍향의 변화와 에너지 소비에 의한 기온상승현상, 피복상태에 따른 열수지 변화와 도시중심과 주변부의 온도 차이에서 오는 기류순환이 있으며, 지면증발량의 감소로 인한 온도상승 효과와 도시의 영향을 받은 호수, 바다 등의 온도상승으로 인한 바람의 변화와 대기오염으로 인한 기후변화 등도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(송재준과 고춘남, 1995). 우리나라의 경우 하절기의 높은 온도와 직사광선은 인간의 옥외활동을 제약하는 대표적인 열환경 중의 하나이며, 이를 저감하기 위한 수단으로 전통적으로 녹음수로 일사를 차단하는 방법이 많이 이용되고 있다.

지금까지 도심 녹음수의 옥외 열환경 조절효과에 관한 연구는 주로 녹지의 유무에 따른 온도 차이에 관한 연구(안계복과 김기선, 1986; 윤용한, 1999; Fujisaki, 1995)와 수목의 녹피율에 따른 온도의 변화에 관한 연

구(Fujisaki and Handa, 1994; 김수봉과 김해동, 2002; 조현길과 안태원, 1999) 등이 주를 이루고 있으며, 이들 연구에서는 녹음수 유무에 따른 온도의 변화가 있음을 명확하게 밝히고 있으나, 건구온도를 중심으로 한 결과로 이용자가 몸으로 체감하는 열환경 변화의 근거를 제시함에는 부족한 감이 없지 않다. 일본의 경우, Yamada 등(2000)이 느티나무 단목의 녹음과 잔디광장상의 체감온도지수(WBGT : Wet Bulb Globe Thermometer Index)를 직접 측정하여 비교 분석한 결과로 녹음 유무에 따라서 체감온도지수 차이가 4.7°C WBGT에 이르며 11시에서 13시 사이에는 녹음이 없는 경우 옥외활동이 대단히 위험하다는 결과를 발표하는 등 도심 녹음수 식재에 대한 필요성을 주장하는데 체감온도지수를 중요한 근거 자료로 제시하고 있다.

그러나 국내의 경우, 체육이나 국방, 노동 등 일부 분야에서 체감온도지수의 변화에 따른 인간의 활동에 미치는 영향에 관한 연구가 주를 이루고 있는 반면, 인간의 쾌적한 옥외 활동이 가능한 수준으로 체감온도지수를 조절하기 위한 물리적 기작 특히, 조경분야의 경우 녹음수 또는 그늘집과 같은 수목 및 옥외시설물에 의한 열환경 조절기능이나 효과, 나아가 녹음수의 최소규격 등에 관한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 수목의 녹음규모에 대한 대표적인 기준인 엽면적지수(LAI)를 기준으로 체감온도지수 저감효과를 단계별로 고찰하고 이에 따른 최적 수목 규격을 제시하고자 하였다.

II. 기존 이론 고찰

1. 엽면적지수(LAI : Leaf Area Index)

엽면적지수(LAI)는 단위면적당 식물의 피복 면적의 합계 비율을 말하며, 특정 식물의 잎들이 모두 한 층으로 위치하고 있을 때를 엽면적지수(LAI) 1로 가정한다

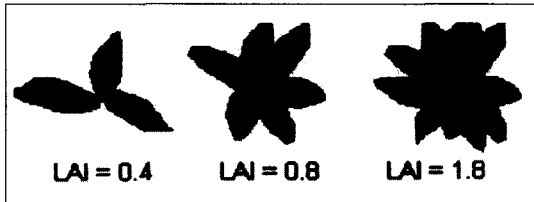


그림 1. 엽면적지수(LAI)의 예시

(그림 1 참조).

엽면적지수(LAI)의 개념은 주로 농작물의 생육상태와 산림의 임분밀도 등을 간접적으로 측정하기 위해 개발된 개념으로, 수목이 없는 나지와 수목 하부에서의 일사량 측정치를 근거로 계산한다(Potter *et al.*, 1996).

2. 체감온도지수(WBGT : Wet Bulb Globe Thermometer Index)

더위가 문제가 되는 옥외의 열환경을 나타낼 수 있는 지표로 ISO(국제표준화기구, International Organization for Standardization)에서는 체감온도지수로 나타내기로 결정하였는데 이는 열중증¹⁾의 사전회피를 위해서 고안된 열환경지수이다.

체감온도지수는 Yaglou and Minard(1957)에 의하여 태양복사열의 영향을 받는 옥외환경평가에 사용하는 개념으로 고안된, 인체가 느끼는 감각적 온도를 구체적인 수치로 표현한 것이며, 주로 옥외공간에서 이루어지는 인간의 활동에 대한 판단기준으로 체육분야, 군사훈련분야, 노동분야 등에서 이미 오래 전부터 적용되어온 대표적인 기준으로 기본 계산식을 정리하면 다음과 같다(김영환, 1995 : 415 재인용).

$$WBGT = 0.7t_w + 0.3\{(t_g - t_a)k + t_a\}$$

----- 식 1

여기서, k : 태양열의 흡열계수, t_g : 흑구온도,
 t_a : 건구온도, t_w : 습구온도

우리나라 국군의 경우 체감온도지수를 이용하여 장병들의 훈련 강도 조절 기준으로 사용하고 있다(표 1 참조). 구체적으로 27℃ WBGT에서는 신병훈련 시 주의 를 요하고, 29℃ WBGT에서는 기본속도 행군 및 과

표 1. 한국군 WBGT 허용기준

체감온도지수(WBGT)	훈련기준
27℃ WBGT	신병훈련 주의
29℃ WBGT	기본속도 행군 및 과도훈련 제한
31℃ WBGT	옥외훈련 제한, 일체의 옥외훈련 금지

註) 1981년 기준 (김영환, 1995).

표 2. 우리나라 고열폭로 노출기준 노동부고시 97-53
단위 : WBGT(℃)

작업휴식 시간비	작업 기준		
	경작업	중등작업	중작업
연속작업	30.0	26.7	25.0
75% 작업, 25% 휴식	30.6	28.0	25.9
50% 작업, 50% 휴식	31.4	29.4	27.9
25% 작업, 75% 휴식	32.2	31.1	30.0

도훈련을 제한하고 있다. 그리고 31℃ WBGT에서는 옥외훈련을 제한하고, 일체의 옥외훈련을 금지하고 있다.

노동부에서도 고열폭로 노출기준의 형식으로 체감온도지수 변화에 따른 노동조건을 제시하고 있다(표 2 참조). 작업의 기준을 작업의 난이도에 따라 경작업, 중등작업, 중작업으로 나누고, 작업시간과 휴식시간의 비를 지정하여 신체활동에 무리한 작업을 방지하고 적절한 작업이 될 수 있도록 유도하고 있다.

III. 재료 및 방법

1. 연구대상지

대상 수목의 선정은 접근과 측정이 용이하도록 경남 진주시 칠암동 소재 진주산업대학교내로 한정하였고, 엽면적지수(LAI)의 명확한 구분과 해당 수목에 의한 녹음 효과만을 고려하기 위해서 독립수만을 대상으로 하였다.

구체적으로 충분한 녹음효과가 있을 것으로 예상되는 수관폭이 큰 활엽수 중에서 수관 주위에 휴식과 수

표 3. 실험구별 수종 및 규격

실험구	엽면적지수	수종	규격			측정지점 (수관외곽선으로부터)	알베도
			수고 (m)	근원경 (cm)	수관폭 (m)		
A	8.2	느티나무	12.0	50	14.0	3.5m 지점	0.169
B	4.0	느티나무	5.5	35	8.0	2m 지점	0.172
C	2.1	회화나무	4.5	22	7.0	1.5m 지점	0.172

목보호를 위한 식재상자가 설치되어 있고, 토양으로 충전되어 있어 수목의 생육이 정상적인 개체 중에서, 수관이 비교적 넓게 퍼져 있어 포장면 위에 넓은 그림자를 형성함으로써 측정이 용이하고 엽면적지수(LAI)가 명확하게 구분되는 수목 주변부 3곳을 실험구로 선정하였다.

실험구 A는 엽면적지수(LAI)가 8.2이고 규격이 수고(H) 12.0m, 근원경(R) 50cm인 느티나무(*Zelcova serrata*(Thunb.) Makino)이며, 실험구 B의 엽면적지수(LAI)가 4.0이고 규격이 수고(H) 5.5m, 근원경(R) 35cm인 느티나무(*Zelcova serrata*(Thunb.) Makino)이고, 실험구 C는 엽면적지수(LAI)가 2.1이고 규격이 수고(H) 4.5m, 근원경(R) 22cm인 회화나무(*Sophora japonica* Linnaeus)이다(표 3 참조).

전체 실험구의 포장재료는 도시 옥외공간에서 흔히 볼 수 있는 소형고압블럭 포장지로 피복되어 있고, Delta-T사의 알베도미터 GSI(그림 3 참조)으로 측정된 알베도 값이 0.169·0.172로 유사하여 포장재료에 따른 열환경 영향은 본 연구에서 고려하지 않았다. 각

실험구 포장재료의 방사율은 1.0으로 고정하고 적용하였다.

2. 실험방법

각 실험구의 건구온도, 대기습도, 흑구온도, 체감온도지수(WBGT)를 측정하여 분석하였는데, 실험기간 중의 반복적인 강우와 많은 운량의 영향으로 분석에 이용된 자료는 비교적 맑은 날씨가 지속된 2003년 9월 4일, 9월 5일, 9월 6일, 9월 7일, 9월 8일, 9월 14일, 9월 16일, 9월 17일, 9월 18일, 9월 21일, 9월 22일, 9월 23일, 9월 26일, 9월 29일의 14일간 측정된 자료이며, 한낮의 열환경을 기준으로 분석하기 위하여 정오와 13시의 측정치를 이용하였다.

엽면적지수(LAI)의 측정일은 구름이 없는 맑은 날을 선정하여 2003년 8월 22일 정오를 기준으로 북측 수관 하부 음영지의 수간과 수관 외곽선 중간지점에서 3회 측정하여 평균값을 적용하였다.



실험구 A



실험구 B



실험구 C

그림 2. 실험구 현황사진

1) 체감온도지수(WBGT, Wet Bulb Globe Thermometer Index)

건구온도, 대기습도, 흑구온도, 체감온도지수(WBGT) 값은 KYOTO ELECTRONICS사의 온열계 WBGT-103 (Heat Stroke Checker)을 이용하여 측정되었다. 인간의 옥외 활동에 영향을 미치는 도심공간의 미기후 특히 열환경을 분석하기 위한 본 연구의 특성상, 측정위치는 수목에 의해서 그림자가 형성되는 수목의 북측 음영구간 중 수관 외곽선과 수관의 중간지점으로 설정하였고, 측정높이는 지표온도의 직접적 영향을 받는 입계치로 알려진 지면으로부터 1.2m 높이로 설정하였다(김영환, 1995). 또한, 수목의 유무에 따른 체감온도지수 차이를 비교하기 위하여 실험구 수목하부 음영지와 함께 수관 외부 약 5m 지점의 비음영지 체감온도지수 값도 측정하여 비교하였다.

측정방법은 지면으로부터 1.2m 높이의 삼발이에 수직으로 온열계를 고정하고, 정지 3분 경과 후, 3회 반복 측정하여 평균값을 적용하였다. 이는 보통의 온도계의 수감부가 주위의 온도와 평형을 이룰 때까지 3분 정도의 시간이 걸린다는 기존 연구 결과(김영환, 1995)를 근거로 한 것이다.

2) 엽면적지수(LAI, Leaf Area Index) 및 알베도(Albedo)

엽면적지수(LAI)는 Delta-T사의 엽면적지수(LAI) 측정기인 SUNSCAN을 사용하였고, 알베도의 측정은

Delta-T사의 Dome Solarimeter And Albedometer Type GS1을 사용하였다(그림 3 참조). 측정지점은 체감온도 지수(WBGT)와 동일하고, 지면으로부터 30cm 지점에 센서 전체가 대상 수목 그늘 중앙에 위치하게 정지한 후, 측정값의 오차를 줄이기 위하여 3회 반복 측정하고 평균값을 적용하였다.

3) 풍속

실험구의 풍속은 TSI Incorporated사의 VELOCIC PLUS MODEL 8386 풍향풍속계를 사용하였으며, 체감온도지수 측정기와 동일하게 1.2m 높이의 삼발이에 고정시킨 후 3분 간격으로 3회 반복하여 측정하였다(그림 3 참조).

IV. 결과 및 고찰

1. 수목유무에 따른 열환경의 차이

수목의 유무에 따른 건구온도, 흑구온도, 대기습도, 체감온도지수 차이의 유의성을 알아보고자 음양에 따른 온열요소 측정값의 평균값의 차이를 5% 유의수준에서 t-검정한 결과, 흑구온도는 측정된 모든 실험구에서 유의성이 높게 나타났고, 건구온도, 대기습도, 풍속은 유의성이 낮게 나타나서 수목 유무에 따라 체감온도 지수에 영향을 미치는 열요소는 흑구온도인 것으로 나타났다.

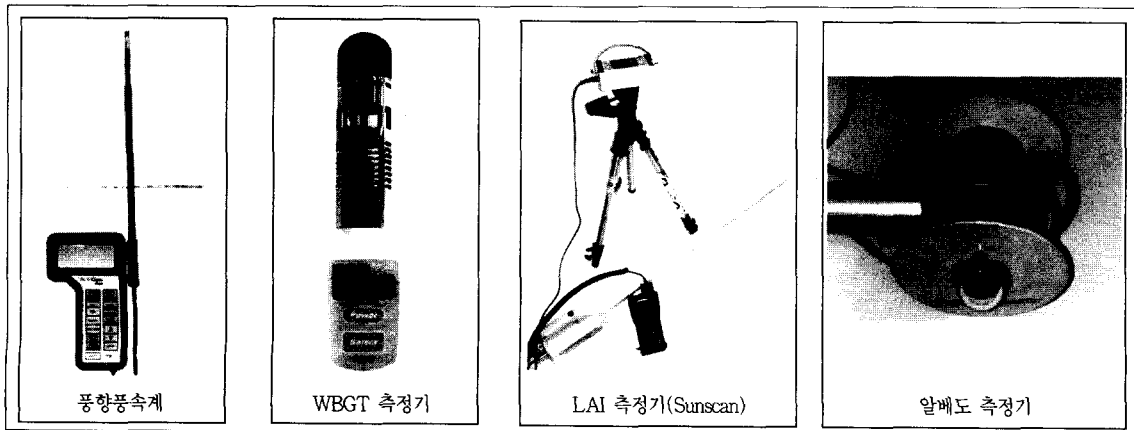


그림 3. 실험에 사용된 측정기구

표 4. 음양에 따른 열요소 평균값의 유의성 분석

온열요소	Average		t-test for Equality of Means						
	Sunny side	Shadow side	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
건구온도	29	27.8	2.364	118	0.020	1.235	0.5225	0.2003	2.2697
대기습도	45.9	48.3	-1.327	118	0.187	-2.378	1.7929	-2.9288	1.1722
흑구온도	40.4	32.5	10.914	118	0.000	7.897	0.7235	6.4636	9.3294
풍속	.66	0.68	-0.191	118	0.849	-0.020	0.106	-0.2308	0.1901
WBGT	26.2	24	3.402	118	0.001	2.182	0.6412	0.9119	3.4514

2. 체감온도지수와 엽면적지수의 관계

녹음 효과를 결정짓는 엽면적지수와 체감온도지수의 직접적인 상관관계를 분석한 결과, Pearson 상관계수가 5% 유의수준에서 -.295로 나타나 유의성은 있으나 상관관계는 다소 낮은 것으로 해석되었다. 그러나, 체감온도지수와 건구온도, 대기습도, 흑구온도의 상관관계를 분석한 결과, 각각의 Pearson 상관계수가 0.958, 0.688, 0.763으로 비교적 높게 나타났다.

한편 엽면적지수와 건구온도, 대기습도, 흑구온도와 의 상관계수를 분석하였을 때 건구온도 및 대기습도의 상관계수는 -.247 및 .18로 낮게 나타났고, 흑구온도와 의 상관계수는 -.698로 상대적으로 매우 높게 나타난 반면, 풍속의 경우 체감온도지수 및 엽면적 지수간의 상관계수는 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다(그림 4 참조).

이는 엽면적지수의 경우 체감온도지수 결정요인 중 특히 흑구온도에 미치는 영향이 상대적으로 큰 반면에 대기습도 및 건구온도에 미치는 영향은 미미함을 보여

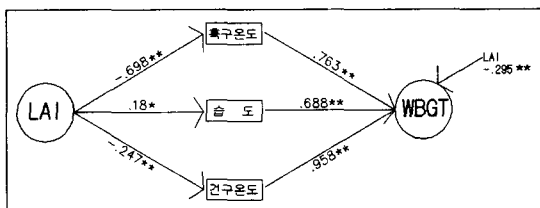


그림 4. 엽면적지수와 체감온도지수의 상관관계도

주는 결과였다.

수목의 유무에 따른 건구온도, 대기습도, 풍속의 값이 통계적으로 유의성이 낮다는 표 4의 결과에서도 알 수 있듯이, 본 연구의 대상이 수림이 아니라 단목이었기 때문에 건구온도와 대기습도 및 풍속은 인접공간의 물리적 특성과 기상에 의한 영향을 많이 받아서 수목하부의 좁은 공간에서의 수관에 의한 변화는 극히 미세한 반면, 일사를 직접적으로 반영하는 지표인 흑구온도의 경우, 수목의 유무와 규격에 따른 영향이 비교적 명확하게 나타나는 것으로 판단되었다.

따라서 녹음의 열환경 조절 기작은 수하부의 대기습도나 건구온도의 직접적인 조절에 의한 것이 아니라, 직접적인 태양열 차단효과에서 발생한다고 볼 수 있다. 또한, 엽면적지수와 체감온도지수의 직접적인 상관관계가 낮은 것은 건구온도와 대기습도의 교락 효과 때문인 것으로 볼 수 있으며, 이는 건구온도와 대기습도를 공변량으로 한 엽면적지수와 체감온도지수의 공분산분석(ANCOVA) 결과에서도 확인할 수 있었다(표 5 참조).

엽면적지수와 체감온도지수의 공분산분석 결과에서 건구온도, 대기습도는 통계적으로 유의성이 높은 공변량으로 작용한 것으로 나타났다. 교락효과를 배제한 후의 수정 회귀식 모델의 설명력도 98.3%로 매우 높고 통계적으로도 유의성이 높게 나타났다.

공분산분석 결과 도출된 수정 모델에 의한 체감온도지수 평균값을 근거로 한 회귀 관계식은 식 2와 같이 엽면적지수와 체감온도지수는 지수함수관계를 나타내

표 5. 엽면적지수에 따른 체감온도지수의 공분산분석 결과

구분	자유도	제3종 제곱합	평균제곱합	F-값	P-값
수정모델	5	1571.439	314.288	1337.531	.000
대기습도	1	86.760	86.760	369.228	.000
건구온도	1	515.908	515.908	2195.576	.000
LAI	3	43.970	14.657	62.376	.000
엽면적지수	WBGT Mean	엽면적지수			
		0	2.1	4.0	8.2
0	25.76	.	.00**	.00**	.00**
2.1	24.76	.00**	.	.00**	.00**
4.0	24.42	.00**	.00**	.	.00**
8.2	24.24	.00**	.00**	.00**	.

주) a : 공변량 : 대기습도 = 47.184, 건구온도 = 28.458
 ** : p < 0.05

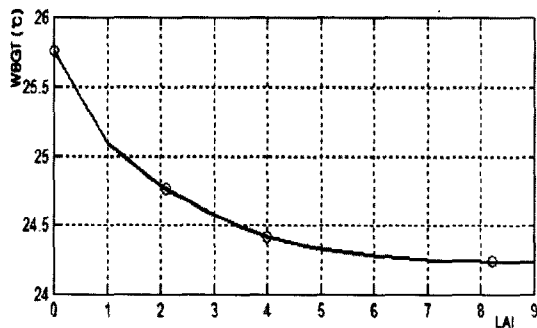


그림 5. 엽면적 지수와 체감온도지수의 회귀관계

는 것으로 분석되었으며, 이를 도식으로 표현한 것은 그림 5와 같다.

$$y = 24.23 + 1.53e^{-x} + 0.36xe^{-x} + 0.46x^2e^{-x}$$

----- 식 2

x=LAI, y=WBGT.

이상의 결과를 종합할 때, 단독 녹음수의 엽면적지수는 체감온도지수에 직접적으로 영향을 미치며, 이는 건구온도 및 대기습도의 조절에 의한 것이 아니라, 일사를 차단하는 흑구온도의 조절에 의한 것으로 해석할 수 있다.

3. 엽면적지수(LAI)와 체감온도지수의 관계고찰

앞 절에서 도출한 엽면적지수와 체감온도지수의 회귀관계 모델(식 2 참조)을 녹음수의 규격에 따라서 재해석하였을 때 수목의 크기가 증가할수록 감소하는 경향을 보이는 바 저감정도를 우리나라 노동부 고시 고열 폭로 노출기준(표 2 참조)에 적용했을 때 표 6과 같은 결과를 얻을 수 있다.

옥외에서 가벼운 작업시 작업과 휴식시간의 비율을 1:1로 할 것을 권고하고 있는 나지기준 31.4°CWBGT의 경우, 엽면적지수가 2.1인 수목(회화나무, H4.5m×R22cm)하부에서는 1°CWBGT의 체감온도저감 효과가 나타나 30.4°CWBGT가 되며, 엽면적지수가 4.0인 수목(느티나무, H5.5m×R35cm)의 하부에서는 1.34°CWBGT가 저감되어 30.06°CWBGT, 그리고 엽면적지수가 8.2인 수목(느티나무, H12.0m×R50cm)에서는 1.52°CWBGT 저감 효과가 나타나 29.88°CWBGT가 된다.

이는 엽면적지수가 4.0 정도 되는 수목 하부는 지속적인 옥외 작업이 곤란한 단계인 나지기준 31.4°C의 온열환경에서 휴식 없이 연속적인 작업이 가능한 30°CWBGT 이하로 체감온도지수를 감소시키는 효과가 있는 것으로 해석할 수 있다.

표 6. 체감온도지수 저감효과 예측

수목명 및 규격	엽면적 지수 (LAI)	체감온도지수 저감효과	체감온도지수 저감효과 예측(경작업)			
			25% 작업 75% 휴식	50% 작업 50% 휴식	75% 작업 25% 휴식	연속
			32.2	31.4	30.6	30.0
회화나무 H4.5 × R22 × W7.0	2.1	-1.0	31.2	30.4	29.6	29
느티나무 H5.5 × R35 × W8.0	4.0	-1.34	30.86	30.06	29.26	28.66
느티나무 H12.0 × R5 × W14.0	8.2	-1.52	30.68	29.88	29.08	28.48

실제로, 실험 중 관찰한 바에 의해서도 사람들이 엽면적지수가 4.0 또는 8.2인 수목의 그늘에서 휴식을 취하는 경우가 많았고, 2.1의 경우, 그늘이 있음에도 불구하고 그늘에서 휴식하는 모습을 많이 찾아보기 어려웠다. 본 실험의 결과에 국한하여 판단할 때, 그늘에서의 인간의 활동을 유도할 수 있는 엽면적지수는 약 4.0 이상인 것으로 판단되었다.

V. 결론

본 연구는 수목의 도심옥외공간의 체감온도지수 조절능력을 엽면적지수를 기준으로 알아보는 데 목적이 있었다. 2003년 9월 4일부터 9월 29일까지 맑은 날, 14일을 선정하여 정오와 오후 1시 엽면적지수가 2.1, 4.0, 8.2인 수목이 형성하는 그늘에서 LAI와 건구온도, 흑구온도, 대기습도, 풍속 및 체감온도지수를 측정하여 수목이 없는 나지와 비교한 결과, 체감온도지수와 건구온도, 흑구온도, 습도는 높은 상관관계를 나타내었으며, 엽면적지수와 흑구온도의 상관관계 또한 높게 나타났다. 이로써 엽면적지수에 의한 열환경조절 효과는 수목이 태양 일사를 차단하여 흑구온도를 낮추는 데 기인하는 것을 알 수 있었으며, 수목에 의해 차단된 일사량은 결과적으로 흑구온도 저감과 체감온도지수 완화를 야기시키는 것으로 해석되었다.

대기습도, 대기온도를 공변량으로 엽면적지수와 체감온도지수의 관계를 공분산분석(ANCOVA)한 결과, 습도와 대기온도의 교각 효과는 유의성이 있는 것으로 나타났으며, 교각 효과를 배제한 후의 엽면적지수와 체감온도지수는 매우 높은 상관성(98%)을 나타내었다. 공

분산분석 결과, 나지에서의 평균 흑구온도와 체감온도지수는 엽면적지수가 증가에 따라서 감소하는 경향을 나타내었다.

녹음에 의한 엽면적지수와 체감온도지수의 회귀관계 모델을 바탕으로 우리나라 고열폭로 노출기준에 대한 저감효과를 해석한 결과, 엽면적지수가 약 4.0 이상일 때 녹음수로서의 실질적인 효과가 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 도심 녹음수가 체감온도지수에 미치는 영향을 직접적인 측정을 통하여 규명하였는데 의의가 있다. 그러나, 폭넓은 엽면적지수 대역을 연구대상으로 삼지 못하고, 2.1에서 8.2 이내의 범위만으로 국한시킨 점과 수목 규격에 따른 이용자의 행태 변화에 대한 폭넓은 고찰을 하지 못한 점이 연구의 큰 한계점이다. 이는 향후, 보다 다양한 녹음조건에서의 체감온도지수 변화에 대한 지속적인 연구를 통하여 풀어나가야 할 과제로 판단된다.

주 1. 열중증 : 더운 환경에서 생기는 장해의 총칭으로 열실신, 열피로, 열경련, 열사병이 있다(Yamada, 2003).

인용문헌

1. 김수봉, 김해동(2002) 도시의 수목이 기온의 조절에 미치는 영향. 한국조경학회지 30(3): 33-34.
2. 김영환(1995) 환경위생학실험. 서울: 동화기술.
3. 송재준, 고춘남(1995) 환경위생학개론. 서울: 동화기술.
4. 안계복, 김기선(1986) 식물의 온도 완화효과에 관한 기초적 연구. 한국조경학회지 14(1): 2.
5. 윤용환(1999) 녹지에 의한 기상환경개선 효과에 관한 실증적 연구. 건국자연과학연구지 10(2): 210.
6. 조현길, 안태원(1999) 도시녹지에 의한 미기후개선의 기능. 한국조경학회지 27(4): 26.8.

7. Potter, E., J. Wood, and C. Nicholl(1996) SunScan Canopy Analysis System. User Manual. Cambridge Delta-T Device Ltd.
8. Fujisaki, K.(1995) Landscape Studies based on the Analysis of Micro Climate. J. JILA 58(5): 320-321.
9. Fujisaki, K., M. Handa(1994) Effect of Vegetation on Microclimate. 造園雜誌 57(5): 151-156.
10. Hough, M.(1984) City Form and Natural Process. Von Nostrand Reinhold. 신용석, 오구균(역). 도시경관·생태론. 서울 : 기문당.
11. Yamada, H., S. Yabu, A. Nakashima, and S. Nakao(2000) Estimation of the Summer Seasons Heat Stresses in several Types of Outdoor Areas on the Different Ground Surface Structures. J. JILA 63(5): 543-546.
12. Yamada, H.(2003) 히트아일랜드화가都市生活に及ぼす影響. 緑の讀本 : 13-17.

원 고 접 수 : 2004년 4월 30일

최종수정본 접수 : 2004년 5월 24일

4인익명 심사필