

토지피복의 온도변화 분석을 통한 조경설계 적용가능성 연구

- 달성공원을 중심으로 -

배민욱* · 김수봉**

*(주)녹색기술원 · **계명대학교 생태조경학과

1. 서론

1. 연구 배경

현대사회에서 도시열섬현상은 도시의 대표적인 문제로 자리 매김 하였으며, 도시열섬에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다. 미국 국립 로렌스 버클리 연구소(LBWL)에서 행한 도시 열섬에 관한 조사에서는 도시열섬 현상의 해결책으로 건물과 도로에 반사율이 높은 재료를 사용할 것과 도시에 나무를 심어 녹지율을 높이는 방법을 제시 하는 등 현재까지도 다양한 도시열섬현상과 관련한 많은 연구가 진행되었다.(김수봉, 2004, 2007)

도시 내 공원 녹지는 열섬현상완화에 큰 기여를 할 수 있으며 공원녹지 뿐만 아니라 도로 피복상태에 따라 도시열섬저감 효과를 가져올 수 있다.

2. 연구 목적

본 연구는 삭막한 도시공간속에 꼭 필요한 기반시설로 자리 잡은 도시공원을 이용하는데 있어, 비교적 인적이 드물고 노후화 되어 있는 공원이 갖고 있는 기능에 대한 문제점을 살펴보고, 공원을 설계함에 있어 냉섬으로서의 기능을 향상시킬 수 있는 방안을 찾고자 한다.

대구의 도시공원은 현대화에 발맞춰 나감으로 인해 삭막한 도시속의 자연이라는 본질을 무시한 채 인공적인 시설물들이 많은 비율을 차지하고 있는 공원이 많다. 시각적으로의 아름다움을 추구하기 위해 각양각색의 인공 시설물이 들어서 있는 현대의 도시공원은 공원의 본질을 잃어가는 것이 아닌가 하는 의구심이 들 정도로 그 모습이 바뀌어 가고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 도시공원의 냉섬효과를 향상시킬 수 있는 방안을 연구하는데 있어 토지의 피복 즉 포장상태에 따른 온도분포를 분석하고 이를 조경설계에 적용할 수 있는 방안을 모색하는 것이 본 연구의 목적이다.

3. 이론적 고찰

1) 도시열섬현상

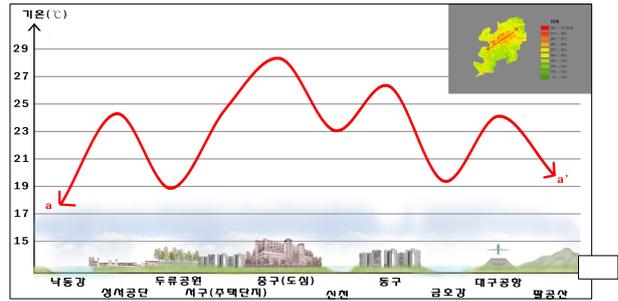


그림 1. 대구시의 도시열섬

도시는 인공 구조물이 차지하는 비율이 매우 높다. 콘크리트나 아스팔트와 같은 열용량이 큰 구조물로 뒤덮여 있는 도심은 녹지가 많은 비율을 차지하는 교외지역 보다 기온이 5°C에서 10°C까지 더 높게 나타나게 되는데 이를 도시열섬이라 한다(김수봉, 2002).

그림 1은 대구시의 도시열섬을 보여주는 그래프이다. 위성영상에서 추출한 지표면 온도를 토대로 그래프를 작성하면 다음과 같이 도심의 온도가 높게 나타난다.

2) 냉섬

1998년 미국기후학회에서 발표된 Takehiko Mikami의 Preceeding에서 'Cool island' 혹은 'Low-temperature area'로 명명하고 있으며 후자의 의미를 해석하면 열섬과 상반되는 개념으로 도시 내 지역특성에 따라 숲이나 녹지가 발달한 지역으로 해석할 수 있으며, 도심지 건물에 의한 일사량의 차폐효과로 인하여 기온이 낮게 형성되는 특정 구역을 포함하는 개념이라 할 수 있다.

3) ENVI-MET 3.1

Envi-met 3.1 모델은 독일 Bochum 대학의 Michael Bruse에 의해 1998년에 개발되었으며, BETA5 버전이 2010년 10월 4일에 마지막으로 업데이트 되었다. Envi-met 모델은 지면, 건물, 식생 그리고 대기의 상호작용 등에 관한 분석이 가능하며 미세규모 모델로서 뚜렷하고 상세한 미세규모 기상 패턴을 만들어 낼 수 있으며 숲과 같은 부드러운 모형도 모사할 수

있다.

II. 연구 방법

1. 대상지 선정

본 연구의 대상지는 선행 연구자료를 토대로 달성공원으로 선정하였다. 달성공원은 대구광역시 중구 달성 4길 100번지에 위치하며 126,576m²로 약 38,289평에 이르는 비교적 큰 규모의 도시지역권 근린공원이다. 달성공원을 대상지로 선정하게 된 이유는 대구시 공원녹지 중 녹지율이 부족하고 시급히 개선되어야 한다고 판단이 되었다. 그 판단 근거는 다음에 소개하는 대구시 공원녹지를 대상으로 한 두 연구논문에 있다.

박인환등(2000)은 대구의 냉섬역할을 하는 공원 및 녹지를 사례로 원격탐사와 지리정보시스템을 활용하여 도시 내 열섬 분석 및 열섬완화 매개체인 냉섬의 유형을 파악한 후 온도완화 효과를 비교, 평가 하였다. 대구의 냉섬 중 온도저감효과가 떨어지는 곳으로 달성공원과 신천상류를 지적했으며 특히 달성공원의 경우 녹지면적 및 녹지율이 공원을 둘러싼 사방의 도심지역에서 배출되는 열기를 완화시키기에 크게 부족하기 때문으로 해석하였다.

전제찬(2010)은 대구시 공원녹지에 관한 시민의식 설문 조사에서도 일반인 집단을 대상으로 시급히 개선되어야 할 공원 녹지가 무엇인냐는 물음에 동촌유원지(13.7%) 다음으로 달성공원(10.8%)의 순의 결과가 나타났다. 달성공원의 경우 공원 내의 동물들을 수성구 대구대공원으로 이전하고 그 자리에 나무를 많이 심어 쾌적한 녹색 휴식공간으로 재정비 하는 등 새롭게 정비 될 계획 중에 있는 것으로 알려졌다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 도시공원의 냉섬효과를 증대시키기 위한 방법으로 시설물 배치, 포장재료 개선에 따른 모의실험 결과를 알아보기 위해 선행 연구조사 및 분석, 대상지의 현황 및 기초 자료 조사 그리고 모의실험의 수행 및 분석으로 구성하였다.

첫 번째로 선행 연구와 관련문헌고찰을 통해 연구 내용과 관련한 이론을 정립하였다.

두 번째로는 가장 기초가 되는 대상지의 현황조사를 위해 문헌조사를 통해 대상지의 특징과 문제점을 파악하였고 모의실험에 필요한 대상지 Input file(.IN)을 작성하기 위해 건축물 높이, 식물 현황, 토지피복현황 등은 현장 조사를 실시하였다.

토지피복현황도는 현장 조사 간 달성공원 관리사무소에서 제공한 달성공원 현황도를 이용하여 작성하였다. 또한 대구기상청에서 제공하는 자동기상관측장치(AWS: Automatic Weather Station) 데이터를 활용하여 모의실험에 사용될 Configu-

ration file(.CF)을 작성하였으며, CF 파일은 모의실험의 시간적 범위를 결정하게 되는 자료이므로 AWS 데이터를 수집, 가공하여 모의실험에 필요한 시간적 범위를 선정하였다.

세 번째로 수집 가공한 데이터를 종합하여 모의실험을 수행하였으며 모의실험은 2010년 10월 4일에 업데이트된 Envi-met 3.1 beta5를 사용하였다.

네 번째로 모의 실험의 결과 데이터를 LEONARDO 3.75프로그램을 통하여 비교 분석하고 Xtract Tool를 이용하여 데이터의 포맷을 변경하여 분석하였다.

공간분석 방법으로는 대상지의 지역특성을 파악하기 위하여 환경부의 토지피복분류도를 토대로 제작한 대상지 토지이용현황도를 ArcMap 9.3 프로그램을 활용하여 각 이용형태별 도상면적을 도출하였으며 전체면적에 대한 비율을 산정하여 대상지의 토지이용현황 면적을 파악하였다.

다음으로 모의실험과 실측(위성사진)의 상관성을 파악하기 위한 방법으로 Landsat TM 위성영상자료의 band¹⁾를 추출하여 대상지의 기온을 측정했으며 위성영상의 기온과 모의실험 결과의 기온을 비교 분석하여 모의실험결과와 원격탐사의 상관관계를 파악했다. 모의실험시 결과값을 비교하기 위한 지점을 선정하여 각 지점별로 비교 분석 하였으며 Landsat TM 위성영상의 동일한 지점의 온도값을 추출하여 각 자료별 온도차이에 따른 비교 분석을 실시하였다.

세 번째로 현황 모의실험 결과 값에 따른 특성 및 문제점을 파악하였다. 토지이용, 토지피복형태 등에 따라 구분하여 각각 측정지점을 선정하였으며 이용자가 직접 체감 할 수 있는 지점의 특성을 알아보기 위해 보행동선 및 정적인 활동이 이루어지고 있는 곳에 측정 지점을 선정하고 결과데이터를 추출함에 있어 Z값을 1.2m로 하여 추출했다.

마지막으로 각 구역별 온도의 변화를 분석하여 대상지의 문제점을 파악했으며, 포장 상태에 따른 미기후 변화의 특징을 파악하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 모의실험 내용

1) 대상지 내 포장에 따른 온도 분석

포장에 따른 온도를 분석하기 위해 전체 측정지점 데이터를 포장재별로 비교 분석해 보았다(그림 2 참조).

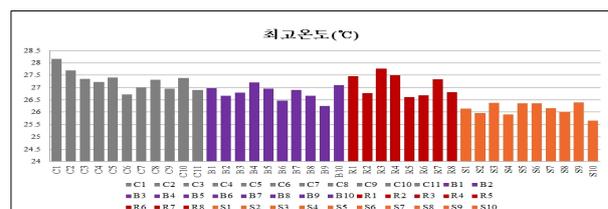


그림 2. 토지피복별 온도 비교(℃)

표 1. 달성공원 개방시간의 각 포장별 평균온도 및 최고온도

포장재	온도℃		순위
	07시~21시 평균	14시 평균	
콘크리트	25.02	27.29	1
회색보도블럭	24.58	26.80	3
적색보도블럭	24.91	27.12	2
모래재질	24.17	26.13	4

전체적으로 콘크리트는 온도가 높게 나타났으며 적색 보도블럭과 회색 보도블럭은 비슷한 경향을 나타냈다. 모래재질의 경우 온도가 가장 낮게 나타났다.

여름철 달성공원 개방시간의 각 포장별 평균온도를 계산하여 비교해본 결과 다음과 같이 나타났다(표 1 참조).

온도가 가장 높게 나타난 콘크리트와 가장 낮게 나타난 모래재질의 온도차이는 약 0.85℃로 약 3.4%의 차이가 나고 있음을 알 수 있다. 또한, 가장 온도가 높은 시간대인 8월 1일 14시경의 콘크리트와 모래재질의 온도차이는 약 1.15℃로 약 4.22%의 온도차이가 나는 것으로 나타났다.

2) 주변 식물 현황에 따른 온도 비교 분석

총 39곳의 측정 지점 중에서 온도가 높게 나타난 10곳의 식물의 셀 개수는 평균 7개로 나타났다. 또한, 가장 온도가 낮은 10곳의 평균 식물의 셀 개수는 15.5개로 많은 차이를 보였다. 그러나 온도가 낮게 나타난 지점은 1곳을 제외하고 모두 모래재질의 토지피복이므로 객관성이 없다고 판단되어 모래재질의 측정지점을 제외한 나머지의 식물의 셀 개수를 비교해보았다. 온도가 낮게 나타난 10곳의 수목의 셀 개수는 평균 11.6개로 나타났다으며 면적의 차이는 셀 25개 기준 약 18.4%로 크게 나타났다.

이 결과는 측정지점 주위의 24개의 셀을 기준으로 분석한 결과이며 측정지점과 식물의 거리에 따른 온도 비교를 위해 범위를 좁혀 8개의 셀을 기준으로 수목의 상관관계를 분석해 보았다.

온도가 높게 나타난 10곳의 식물의 셀 개수는 평균 1.9개였으며 모래재질의 측정지점을 제외하고 온도가 낮게 나타난 10곳의 식물 셀 개수는 평균 2.8개로 나타났다. 면적의 차이는 셀 9개 기준 10%로 나타났다.

온도가 높게 나타난 측정지점 10곳의 평균 온도는 27.5386℃이며 모래재질을 제외하고 온도가 낮게 나타난 10곳의 평균 온도는 26.6458℃로 0.89℃의 차이가 있는 것으로 나타났다.

따라서 주변 수목의 면적이 약 20% 많은 지점은 온도가 약 0.89℃ 낮게 나타나는 것으로 해석할 수 있다.

3) 대상지내 구역별 온도 분석

표 2. 측정지점 주변 식물 현황(9개 셀 기준)

순위	구분	온도	교목대	교목소	관목	잔디	순위	구분	온도	교목대	교목소	관목	잔디
2	R3	27.7615	0	0	0	2	21	B3	26.7904	0	1	0	0
3	C2	27.688	0	0	0	0	22	R2	26.7705	2	0	0	0
4	R4	27.4955	0	0	1	1	23	C6	26.7227	0	1	0	2
5	R1	27.4681	0	0	2	1	24	R6	26.6826	0	0	3	2
6	C5	27.4121	0	0	1	1	25	B8	26.6754	0	2	0	0
7	C10	27.3916	0	2	0	0	26	B2	26.664	0	1	0	0
8	C3	27.3531	4	1	0	0	27	R5	26.6181	0	0	0	4
9	R7	27.3349	0	0	0	1	28	B6	26.461	2	0	0	0
10	C8	27.3136	0	0	1	0	29	B9	26.2579	2	0	0	1

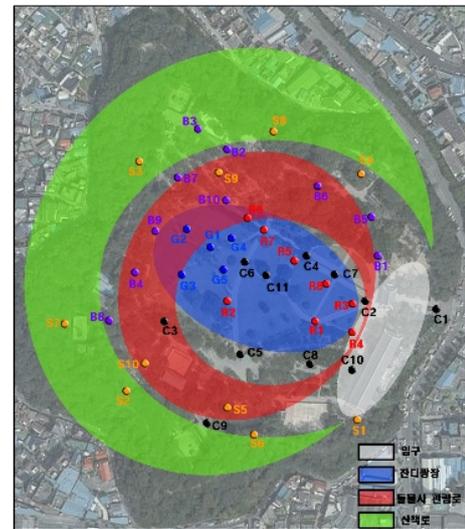


그림 3. 구역의 분할

대상지 내 부분별 온도를 파악해 보기 위해 대상지내 이용행태 및 목적별로 구역을 정하여 구역별 온도를 비교 분석해 보았다(그림 3 참조).

달성공원 내의 온도는 구역별로 그 특징이 뚜렷하게 나타났다. 달성공원 개방시간의 온도를 종합적으로 분석해본 결과 이용객들이 달성공원을 방문할 때 가장 먼저 접하게 되는 입구부분의 평균 온도가 약 25.2℃로 가장 높게 나타났다. 이는 입구부의 콘크리트 재질의 포장으로 덮여있고 수목이 없으며 건축면적이 크고 높은 건축물이 자리 잡고 있어 나타난 결과로 판단된다.

다음으로 잔디광장은 시각적으로 달성공원의 중심이 되는 부분이다. 이용객들이 입구에 들어서면 한눈에 펼쳐지는 잔디광장은 잔디의 영향으로 온도가 낮게 나타날 것으로 예상했으나 결과는 달랐다. 잔디광장의 평균온도는 약 24.8℃이며, 하루

중 가장 고온인 14시경의 온도는 약 27.0℃로 나타났다. 잔디광장의 경우 수목이 적게 식재되어 있고 식재되어 있는 수목도 관목위주의 아주 작은 수목이다. 하루 중 태양의 고도가 가장 높을 때 그늘을 만들어주는 수목이 적고, 잔디광장 내부는 개방되어 있지도 않기 때문에 이용객들에게 잔디광장의 역할을 다하지 못할 것으로 판단된다.

다음으로 동물사 관람로의 평균 온도는 약 24.6℃로 나타났다. 동물사 관람로의 경우 키가 크고 작은 수목이 다수 식재되어 있으며 주위에 토성에서 자라고 있는 자연림의 효과로 온도가 저감되는 것으로 사료된다. 마지막으로 토성을 따라 조성되어 있는 산책로는 달성공원에서 가장 온도가 낮은 곳으로 나타났다. 평균 온도는 24.2℃이고 최고 온도는 약 26.2℃로 나타났으며 온도가 가장 높게 나타난 공원입구부와는 약 1℃~1.5℃ 정도의 차이를 보이는 것으로 나타났다.

공원 내 휴게시설을 위주로 조성된 공간인 S9 지점과 운동시설을 위주로 조성된 공간인 S10, C8 지점은 별개의 구역으로 생각하여 비교 해 보았다. S9와 S10 지점은 각각 24.3℃, 23.7℃로 낮게 나타났으나 C8지점은 입구와 가깝고 주변 수목이 모두 관목으로 조성되어 있어 비교적 높은 약 27.31℃로 나타났다.

2. 결론

본 연구에서는 대도시의 냉섬역할을 하는 도시공원을 대상으로 미기후의 변화를 정량적으로 분석하여 토지피복별 온도 변화와 미기후 변화에 영향을 미치는 인자들 간의 상관관계에 대해 파악해 보았다. 도시공원을 이용하는 이용객들을 위해 도시공원이 냉섬역할을 하는데 있어 문제점을 파악하고 환경적으로 개선해 나갈 수 있는 방안을 찾기 위함이다.

이에 본 연구에서는 대구광역시 달성공원의 현황조사를 통해 달성공원 현황을 분석하고 그 내용을 토대로 Envi-met v3.1을 활용한 모의실험을 통해 39시간 동안의 달성공원 미기후 변화를 분석·고찰 하였다. 본 연구에서 분석한 미기후는 온도이며 결론은 다음과 같다.

첫째, 달성공원 내에 인공 포장은 공원 내부 온도를 상승시키는 역할을 하고 있는 것으로 나타났다. 달성공원의 포장재질 중 가장 높은 온도를 나타내고 있는 것은 콘크리트이다. 도시공간에서 달성공원은 냉섬 역할을 수행하는데 있어 콘크리트와 같은 인공적인 포장이 문제점인 것으로 판단된다.

둘째, 측정지점의 식물현황, 포장재질 등 주변 현황을 파악하여 비교 분석한 결과 수목은 온도를 저감시키는 역할을 하는 것으로 나타났다.

셋째, 토성을 따라 조성된 산책로는 온도가 비교적 매우 낮은 것으로 나타났다. 산책로는 자연림으로 구성된 숲이 우거져

있고, 그 포장재 또한 모래재질로 자연환경과 가까운 것으로 생각이 되며, 다른 지점에 비해 온도가 매우 낮게 나타났다.

넷째, 주 보행동선인 동물사 관람로는 비교적 온도가 낮게 나타났다. 주변 수목의 증산작용과 그늘을 만들어주는 효과로 인한 결과로 판단된다.

다섯째, 잔디광장은 비교적 온도가 높게 나타났다. 쾌적한 공원 분위기와 시각적인 만족을 주는 잔디광장은 개방이 되고 있지 않다. 또한, 수목량이 매우 부족하여 쾌적한 환경을 조성하기에는 부족할 것으로 판단된다.

여섯째, 본 연구의 분석내용을 종합한 결과 수목은 온도를 저감시키는 효과가 있으나 잔디의 경우는 주변의 인공피복의 열을 식혀주는데 큰 도움을 주지는 못하는 것으로 나타났다. 또한, 주변 현황에 따라 인공피복의 온도도 낮게 나타날 수 있을 것으로 판단된다.

3. 조경설계에의 제언

1) 인공피복을 최소화하는 계획이 필요하다.

본 연구를 통해 얻게 된 결과를 토대로 조경설계 시 인공피복을 최소화 하여 여름철 이용객이 느끼는 쾌적함에 기여를 해야 할 것으로 사료된다.

2) 잔디광장과 같은 초본류로 구성된 피복에도 수목 식재가 필요하다.

달성공원의 경우 잔디광장을 이용하는 이용객들이 다른 곳에 비해 비교적 높은 온도를 체감하고 있는 것으로 나타났다. 잔디광장 내부를 구획하는 보도는 인공피복으로 포장되어 있어 주변 온도를 상승시키는 역할을 하는 것으로 나타났다. 따라서 달성공원 재정비시에 잔디광장부에 이용객들을 위한 수목식재 계획이 필요할 것으로 사료된다.

3) 입구부의 온도저감을 위한 계획이 필요하다.

달성공원 이용객들이 공원이용시 외부와 차별화되는 쾌적감을 느낄 수 있도록 입구부의 온도 저감을 위한 수목식재 계획이나 포장을 개선할 필요가 있을 것으로 사료된다.

4) 조경설계 및 계획 전에 모의실험을 통한 미기후 변화 예측이 필요하다.

모의실험에 따른 미기후 분석을 통해 앞으로 조성될 공원의 문제점을 사전에 파악하고 보완하여 도시공원의 효과를 극대화 함으로써 현대 사회와 도시에 걸맞은 공원 조성을 위한 계획을 할 수 있을 것으로 판단된다.

5) Envi-met 프로그램을 활용한 미기후 분석은 조경설계에 중요한 역할을 해줄 수 있을 것으로 사료된다.

현재 Envi-met 프로그램은 주택단지 및 지역단위의 미기후 환경 분석에 많이 활용되고 있다. 그러나 프로그램 특성상 소규모 단위의 대상지일수록 더욱더 명확한 결과를 도출할 수 있는 것으로 판단된다. 따라서 조경대상지의 미기후를 분석하는 데에도 문제가 없을 것으로 판단이 되며 조경분야에서도 Envi-met을 활용한 연구가 가능할 것으로 사료된다.

본 연구의 진행 과정에서 다소 미흡했던 점은 프로그램 특성상 정확한 달성공원을 모사하기가 불가능하여 달성공원 내의 정확한 현황조사가 이루어지지 않았던 점을 들 수 있다. 기본적으로 CF파일 작성시에 필요한 초기값 입력에 있어 실측자료를 이용해야 하나 시간적, 비용적 제약으로 기상청의 측정 자료를 사용하여 입력하였다. 또한, 수목의 종류와 토지피복재질, 공원의 지형을 모사하는데 한계가 있었다. 향후에 모델의 업그레이드를 통해 더욱더 세밀한 모사가 이루어져 모의실험을 수행한다면 더 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이라 판단된다.

또한 정확한 수목의 종류와 피복재질을 입력하기 위해 각 분야의 전문가를 통해서 수목 및 포장재의 특성(알베도, 표면층 두께등)을 파악하고 모의실험에 적용시킨다면 더욱더 정확한 실험결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 달성공원의 현황에 따른 모의실험결과 토지피복 및 주변환경에 따른 온도차이를 정량적으로 분석하여 조경설

계의 적용가능성을 파악하였다는 것에 가장 큰 의의가 있으며 향후 도시공원 설계시 이와 같은 미기후 환경의 변화를 예측하고 보완하여 반영할 수 있다면 더욱더 도시민들을 위한 쉼터, 도시 냉섬으로서의 효과적인 공원을 계획할 수 있을 것이라 판단된다.

주 1. 열적외선 분광대역이므로 지상에 대한 발열상태 조사 및 온도조사에 유용하게 사용됨.

인용문헌

1. 김수봉(2004) 대구광역시 열섬발생 지역에 대한 녹지면적의 온도분포변화에 관한 연구.
2. 김수봉(2007) 친환경적도시계획. 도시열섬연구. 서울: 문운당.
3. 김수봉, 김기호, 조진희(2001) 도시열섬현상의 원인과 대책. 환경과학회지 6(1): 1-27.
4. 김수봉(2005) 친환경적 도시 건설을 위한 바람길 도입 기초 연구.
5. 김수봉(2002) 도시열섬현상의 원인. 도시문제 37(8): 26-46.
6. 김중권(2009) 도시공원 조성에 따른 미기후 환경 변화 분석-대구광역시를 사례로. 계명대학교 석사학위논문.
7. 박인환, 장갑수, 김종용, 박종화, 서동조(2000) 대도시에 있어 냉섬의 유형별 온도완화효과. 한국조경학회지 28(1): 18.
8. 전제찬(2010) 대구광역시 공원녹지에 관한 시민의식 분석. 경북대학교 석사학위 논문.