

# 경량모듈형 옥상녹화 적용 돌단풍과 두메부추의 온도저감 및 열수지 평가

김세창\* · 황수영\* · 박봉주\*\*

\*충북대학교 대학원 원예학과 · \*\*충북대학교 원예과학과

## I. 서론

최근 급속한 경제개발과 무분별한 개발에 따라 도시 내 인구 증가 및 건물의 밀집·과밀화로 도시열섬현상 및 지구온난화 등의 기후문제가 발생하고 있다(황효근 등, 2009). 이와 같은 기후 문제와 도시구조는 많은 양의 태양에너지를 흡수·저장하여 건축물의 온도뿐만 아니라 주변온도를 상승시킨다(Clark *et al.*, 2010). 옥상녹화는 도시 내 부족한 녹지공간의 확보 및 옥상공간을 활용하여 공간확보(박준석 등, 2010)와 옥상 표면온도를 감소시켜 냉방비의 절약(Saiz *et al.*, 2006), 기후조절, 소음방지, 휴식 및 레크리에이션 공간 제공 등의 역할을 한다(김유선, 2007). 또한 증발산작용으로 인한 온도와 일사량을 감소시켜서 지온과 기온의 변화를 완화시키며(한승원 등, 2010), 잠열 소비와 단열 효과로 도시열섬현상완화 및 유거수 저감 등의 효과가 있다(Jim, 2011). 옥상녹화 관련 연구들은 주로 식물의 생육 및 표면 온도에 관한 연구들이 주를 이루고 있으며, 열수지에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다. 본 연구는 경량모듈형 옥상녹화의 온도저감 및 열수지 평가를 통하여 건물옥상의 온열환경 개선을 도모하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험구 조성

2011년 5월 충북대학교 부속농장 2층 옥상에 펠라이트(파라소, 경동세라텍, Korea):피트모스(BP-F, Berger, Canada):원예용상토(원조믹스, 농경, Korea)를 7:2:1(v:v:v)의 배합비로 하여 500×500×100mm 크기의 경량모듈형 옥상녹화 시스템에 돌단풍(*Aceriphyllum rossii*)과 두메부추(*Allium senescens*)를 식재하였다. 옥상녹화 실험구는 각 식물별로 9개씩 총 18개의 실험구를 조성하여 1,500×1,500mm의 크기로 하였으며, 동일한 크기의 콘크리트 표면을 대조구로 하였다. 관수는 생육초기 및 여름철에 주 2회씩 관수를 하였으며, 그 외 기간에는 자연강우에 의존하였다.

### 2. 온열환경 측정

2012년 8월 5~6일, 일사량, 온·습도, 풍향, 풍속, 강우량 등 옥상의 외기 기상환경은 자동기상관측장비(AWS)를 이용하여 측정하였다. 또한 옥상녹화 하부와 토양 속, 토양 표면 및 콘크리트 표면의 온도는 T type 열전대(∅ 0.32mm)를 이용하여 측정하였으며, 각각의 측정데이터는 데이터로거(DT-80, Data Taker)를 이용하여 1분 간격으로 측정하여 30분간 평균값을 이용하였다.

### 3. 열수지 평가

경량모듈형 옥상녹화의 전도열 측정을 위하여 열류계(HKT3, Campbell Scientific, Inc., USA)를 콘크리트 표면과 토양 하부 및 토양 표면에 부착하였다. 열수지 측정은 지면으로부터 50cm 위에 순복사계(CNR4, Kipp & Zonen, Netherland)를 위치시켜 장·단파 복사량 및 순복사량을 측정하였다. 증발산량은 측정 전에 실험구에 충분한 양을 관수한 후 24시간 후 증력수가 빠져나간 후에 전자저울(EC-D, CAS, Korea)을 이용하여 측정하였으며, 토양수분은 토양수분측정기(10HS, Decagon Devices, Inc., USA)를 토심 5cm에 매설하여 측정하였다. 모든 데이터들은 데이터로거(DT-80, Data Taker)를 이용하여 2012년 8월 5일부터 6일까지 48시간 동안 1분 간격으로 측정되었으며, 30분간의 평균값을 이용하여 측정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 온도저감

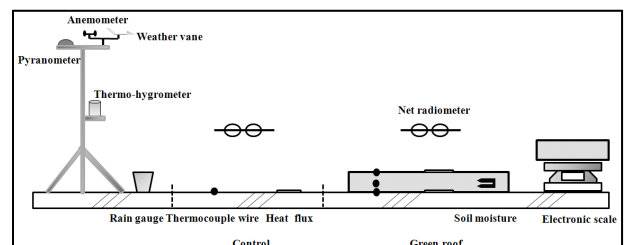


그림 1. 실험구 측정 모식도

8월 5일과 6일의 평균기온은 각각 31.7°C를 나타냈으며, 일최고·최저기온은 8월 5일은 38.2°C와 24.8°C, 8월 6일은 37.5°C와 26.6°C를 나타냈다. 경량모듈형 옥상녹화에 의한 온도저감 효과를 분석한 결과, 콘크리트 표면의 최대온도는 63.0°C이며, 평균 42.5°C로 나타났다. 두메부추 실험구 표면의 최대온도는 42.7°C이었으며, 평균 31.1°C였다. 돌단풍 실험구 표면의 최대온도는 43.2°C이었으며, 평균 32.0°C를 나타냈다. 실험기간 중 표면온도가 63.0°C로 가장 높았던 8월 6일 15:00시의 옥상녹화에 의한 온도저감 효과를 살펴보면, 콘크리트 63.0°C > 돌단풍 46.4°C > 두메부추 42.7°C의 순으로 나타나, 콘크리트 표면과 옥상녹화 표면의 온도는 18.0~19.7°C의 차이를 보여 옥상녹화에 의한 온도저감 효과가 큰 것으로 나타났다. 그러나 두 식물재료에 따른 차이는 약 3.7°C로 비교적 낮게 나타났다. 토양 속 온도는 두메부추(30.8°C)가 돌단풍(31.6°C)보다 약간 낮은 것으로 나타났다. 실험구 토양 하부 온도는 콘크리트 62.4°C > 돌단풍 37.8°C > 두메부추 37.2°C순으로 나타나 옥상녹화에 의한 온도저감 효과가 큰 것으로 나타났다.

## 2. 열수지 평가

실험기간 중 두메부추와 돌단풍의 하향 장·단파복사는 유사한 경향을 나타냈다. 일사량이 888.5W·m<sup>-2</sup>로 가장 높았던 8월 6일 13:00시의 상향 단파복사량(S↑)은 콘크리트(197.8W·m<sup>-2</sup>) > 두메부추(167.8W·m<sup>-2</sup>) > 돌단풍(148.3W·m<sup>-2</sup>)의 순으로 나타났다. 상향 장파복사량(L↑)은 콘크리트(40.6W·m<sup>-2</sup>) > 돌단풍(1.1W·m<sup>-2</sup>) > 두메부추(-3.7W·m<sup>-2</sup>)의 순이었다. 순복사량은 두메부추(621.7W·m<sup>-2</sup>) > 돌단풍(615.5W·m<sup>-2</sup>) > 콘크리트(492.8W·m<sup>-2</sup>)의 순으로 나타나 옥상녹화를 조성함으로써 순복사량이 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 알베도는 콘크리트(0.23) > 두메부추(0.18) > 돌단풍(0.16)의 순으로 대조구인 콘크리트 표면보다 옥상녹화 실험구의 알베도가 상대적으로 낮게 나타났다. 2일간의 실험기간 동안 돌단풍과 두메부추의 총 증발산량은 각각 15,1987g, 12,586g으로 돌단풍이 두메부추보다 약 2,612g 정도 높게 나타났다. 열수지 분석 결과, 콘크리트는

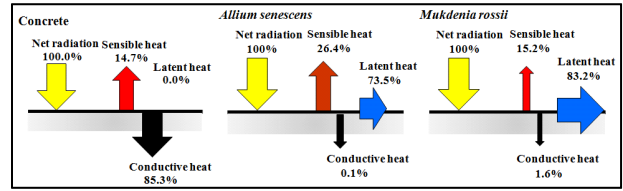


그림 2. 옥상녹화 조성에 따른 열수지(2012년 8월 6일 13:00시)

492.8W·m<sup>-2</sup>의 순복사량 중 전도열 420.4W·m<sup>-2</sup>(85.3%), 현열 72.4W·m<sup>-2</sup>(14.7%)를 나타냈고, 두메부추는 순복사량 621.7W·m<sup>-2</sup>에 대하여 현열 164.5W·m<sup>-2</sup>(26.4%), 잠열 456.9W·m<sup>-2</sup>(73.5%), 전도열 0.3W·m<sup>-2</sup>(0.1%)를 보였으며, 돌단풍은 순복사량 615.5W·m<sup>-2</sup>에서 현열 93.8W·m<sup>-2</sup>(15.2%), 잠열 512.4W·m<sup>-2</sup>(83.2%), 전도열 9.3W·m<sup>-2</sup>(1.6%)를 나타냈다.

이상의 결과로부터 옥상녹화를 조성함으로써 온도저감 및 열수지가 개선되어 온열환경을 완화시킬 수 있는 유용한 방법임을 실증하였다. 하지만 옥상녹화 적용 식물종 및 측정시기에 따라 온도저감 효과가 달라질 수 있기 때문에 향후 장기적인 모니터링과 추가적인 실험을 통해 온도저감 및 열수지 개선에 대한 정량화가 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 김유선(2007) 저관리 경량형 옥상녹화지의 Sedum속 식물의 생장과 배치특성의 변화. 화훼연구 15(3): 169-173.
2. 박준석, 박지혜, 주진희, 윤용환(2010) 저토심 옥상녹화시스템에 따른 토양수분의 변화. 한국환경과학회지 19(7): 843-848.
3. 한승원, 김형숙, 김상민, 이동우(2010) 조경녹화용 잔디와 이끼류의 열성능 평가. 한국건축환경설비학회논문집 4(4): 195-200.
4. 황효근, 임종연, 류민경, 송두삼(2009) 인공지반이 건물 열환경에 미치는 효과에 관한 연구. 한국태양에너지학회논문집 29(1): 170-175.
5. Clark, C., B. Brian, and A. Peter(2010) Quantifying thermal impacts of green infrastructure: review and Gaps. Cities of the Future/Urban River Restoration 2010. 66-77.
6. Jim, C. Y.(2011) Effect of vegetation biomass structure on thermal performance of tropical green roof. Landscape Ecol. Eng. 8(2): 173-187.
7. Saiz, S., C. Kennedy, B. Bass and K. Pressnail(2006) Comparative life cycle assessment of standard and green roofs. Environ. Sci. Technol. 40: 4312-4316.