

저관리 경량형 옥상녹화의 식재 유형별 여름철 표면온도 비교*

한이채¹⁾ · 이빛나라¹⁾ · 안근영²⁾ · 이은희²⁾

¹⁾ 서울여자대학교 일반대학원 원예학과 · ²⁾ 서울여자대학교 원예생명조경학과

Comparison of Planting Types on an Extensive Green Roof Based on Summer Surface Temperature*

Han, Yichae¹⁾ · Lee, Binara¹⁾ · Ahn, Geunyoung²⁾ and Lee, Eun-Heui²⁾

¹⁾ Graduate school of Seoul Women's University,

²⁾ Department of Horticulture Science and Landscape Architecture, Seoul Women's University.

ABSTRACT

Significant efforts are being devoted in mitigating the urban heat island effect, and extensive green roofs are an option for mitigation. The purpose of this study was to compare the surface temperature, vegetation types, and plant species on an extensive green roof. Test beds were created in May 2015, and the surface temperature was monitored from June to August. The test beds comprised polyculture and monoculture. Polyculture was divided into three types, and monoculture comprised eight plant species.

An extensive green roof is effective in reducing temperature by forming a shade and preventing sunlight from falling on the surface of buildings, which mitigates the urban heat island effect. Consequently, the surface temperature of the green roof and that of concrete during summer reduced from 17.8°C to 7.3°C. The temperature reduction was greater on using polyculture than on using monoculture, but monocultures of *Sedum takesimense*, *Hemerocallis dumortieri*, *Allium senescens*, *Aster yomena*, *Belamcanda chinensis*, and *Aster koraiensis* also produced good results. The

* 본 연구는 환경부 「차세대에코이노베이션기술개발사업」 “인공지반부 도시생태계 적응, 관리 기술개발(과제번호 : 416-111-016)”의 지원으로 수행되었습니다.

First author : Han, Yichae, Graduate school of Seoul Women's University,
Tel : +82-2-970-7717, E-mail : pinkmilkcoco@naver.com

Corresponding author : Lee, Eun-Heui, Department of Horticulture Science and Landscape Architecture,
Tel : +82-2-970-5616, E-mail : ehlee@swu.ac.kr

Received : 31 December, 2015. **Revised** : 19 March, 2016. **Accepted** : 29 March, 2016.

temperature reduction effects of *Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum* f. *variegatum*, *Phlox subulata*, and *Thymus quinquecostatus* var. *japonica* were excellent compared with those of concrete but were less than those of other plant species. Careful attention is needed for the management of extensive green roofs. Studies on the plant species and types of extensive green roof should continue to mitigate the urban heat island effect.

Key Words : *Thermal performance, Extensive rooftop, Vegetation type, Polyculture, Monoculture.*

I. 서 론

급격한 산업화, 도시의 팽창, 인구 및 에너지 소비의 지속적 증가로 인하여 도시 내 녹지공간이 감소되고 도시생태계가 파괴됨에 따라 도시 홍수, 도시열섬현상 등 도시 내 국지적 기후변화를 초래하게 되었다. 특히 도시열섬현상은 도시의 중심부 기온을 상승시켜 도시민의 건강과 경제적 손실 등 건강 및 사회 문제로 대두되고 있다(Cha et al., 2007). 도시열섬현상을 완화하기 위한 방법으로 도시계획수준에서는 공원계획, 가로수계획 등, 건물계획수준에서는 옥상녹화, 고반사율 지붕, 벽면녹화 등이 이루어져야 하며(Park et al., 2010), 이 중 옥상녹화는 추가적인 토지의 확보 없이 녹지를 확대하고 도시홍수의 완화 및 도시열섬현상 완화, 에너지 절약을 위한 하나의 대안으로 고려되고 있다.

옥상녹화는 식물들과 그 기반인 토양으로 인하여 태양빛이 건물표면에 바로 닿는 것을 막고 그늘을 형성함으로써 인하여 건물 내에 전달되는 열을 감소시키며, 대기 중으로 수분을 방출하는 식물의 증발산 작용 및 토양 내 수분의 증발 작용에 의하여 건물과 건물 주변의 온도를 낮춤으로써 도시열섬현상을 완화시키는 역할을 한다(Park et al., 2010).

건축물 옥상환경은 자연환경과 비교하여 고도가 높고 강한 일사와 바람에의 높은 노출, 극심한 온도 변동, 한정된 수자원 등의 조건을 가지고 있으며 저관리·경량형 옥상녹화 조성 시

얇은 토양층 기반으로 인하여 식물 생육에 매우 불리한 조건으로(Dunnett and Kingsbury, 2008), 이러한 조건 하에서도 지속적으로 생육이 원활할 수 있는 식물 선정에 해야 한다. 또한 저관리·경량형 옥상녹화에 활용되는 식물은 통상적으로 세덤류에 한정되어 있는 경우가 많은데, 이러한 단일식재 외에 다양한 식물 종 및 혼합식재 모델을 고려할 경우 높은 종 다양성을 확보하여 생태계의 생산성과 안정성을 증가시킬 수 있다(Naeem et al., 1994)는 선행연구 결과는 도시생태계 질적 향상에 보다 효과적으로 활용하기 위해 저관리·경량형 옥상녹화에 대한 식재에 있어 세덤류를 포함한 다양한 종을 고려할 필요가 있음을 시사하고 있다.

이 등(2005)은 각 지방자치단체에서 옥상녹화를 체계적으로 추진하기 위해 조례를 작성하였거나 작성 중에 있어 이를 뒷받침할 수 있는 옥상녹화 관련 자료, 특히 옥상녹화에 따른 열환경 개선 및 온도저감효과를 구체적으로 측정하기 위한 기초적 데이터 확보는 매우 중요한 것으로 판단된다고 하였다. 이와 비슷한 맥락으로 박 등(2010)은 우리나라에서 옥상녹화의 중요성을 인식하고 서울시와 경기도 등에서 옥상녹화 지원 조례를 지정하고 지원사업을 추진하고 있으나 도심의 열섬완화와 녹지확보 측면에서 중요성이 매우 큼에도 불구하고 열섬완화 기능이 상대적으로 간과된 측면이 있다고 제시하였다.

옥상녹화의 온도저감효과에 관한 연구는 저관리·경량형 옥상녹화의 온도저감효과 분석,

옥상녹화가 에너지절감에 미치는 영향 검증(Oh, 2007; Kim and Yoon, 2011) 등 다양한 선행연구가 이루어져 왔으나 주로 옥상녹화지역과 비녹화지의 비교, 토심별 비교 등으로 이루어져 왔으며, 옥상녹화의 식재 식물의 특성 및 식재 유형 등에 따른 온도저감 효과의 효용성에 대해서는 구체적인 연구가 이루어지고 있지 않다. 근래에 콘크리트와 돌나물, 한국잔디와의 열수지 평가에 관한 연구(Kim and Park, 2013)가 진행되었으나 식물 종이 단 2종에 그쳐 옥상녹화에 주로 활용되고 있는 세덤류와 그 밖의 다양한 초종을 고려한 혼합식재에 관한 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

관리조방형 옥상녹화의 식재모델별 표면온도 모니터링(Youn et al., 2013)에 관한 연구에서는 통계적으로 유의하지 않았으나 식재구 중 관목을 혼합식재한 식재모델이 6월 표면온도가 가장 낮은 것으로 확인되어 추후 연구를 보완·지속할 경우 온도저감에 효과적인 식재모델 제안이 가능할 것으로 판단되었다.

이에 본 연구는 저관리·경량형 옥상녹화 식물의 혼합식재 및 단일식재의 표면온도 분석과 비교를 통하여, 향후 도시 내 열섬효과 완화 및 건축물 온도저감에 효과적인 저관리·경량형 옥상녹화시스템 식물 종 및 식재유형 선정의 기초자료 제공을 목적으로 하였다.

II. 이론적 고찰

1. 옥상녹화 유형

옥상녹화는 크게 저관리·경량형 옥상녹화(Extensive green roof)와 관리·중량형 옥상녹화(Intensive green roof)로 나뉘며, 관리·중량형 옥상녹화는 대부분 토심 20cm 이상의 옥상녹화로 식물 식생에 관수 등 관리강도가 높은 옥상녹화 유형으로 비교적 하중이 높아 옥상의 제한된 범위에 집중적인 설치를 할 때에 이용할 수 있다. 반대로 저관리·경량형 옥상녹화는 상

대적으로 토심 2~20cm를 특징으로 하는 가벼운 옥상녹화이다(Johnston and Newton, 1993).

국토해양부(2009)의 옥상녹화 유형에 따른 하중을 살펴보면 관리·중량형 옥상녹화는 녹화하중과 이용객하중을 더하여 총 하중이 500kgf/m², 저관리·경량형 옥상녹화는 총 하중이 500kgf/m²이며 저관리·경량형 옥상녹화는 총 하중이 220kgf/m²로 관리·중량형에 비해 허용되는 하중이 작다. 이에 저관리·경량형 옥상녹화는 관리·중량형 옥상녹화에 비하여 보다 다양한 옥상에 조성이 가능하며, 유지보수 요구 사항 및 관수의 필요성도 관리·중량형 옥상녹화 대비 상대적으로 낮아 광범위한 옥상녹화 조성에 효과적으로 활용가능하다.

2. 옥상녹화 온도저감효과

Oh(2007)는 저관리·경량형 옥상녹화의 온도저감효과 분석 연구에서 식생이 있는 실험구가 식생이 없는 실험구보다 일간 토양 평균표면온도가 11.1°C~13.4°C가 낮았으며, 특정기간에 콘크리트옥상 표면 평균온도가 56.7°C일 때 토양10cm는 47.4°C, 식재·토양10cm는 35.6°C, 식재·토양15cm는 34.7°C, 식재·토양20cm는 34.0°C으로 옥상녹화시 콘크리트 옥상에 비하여 0.3°C~22.7°C가 낮았다. 이에 토심 10cm의 옥상녹화도 열섬완화 효과가 충분하며, 식생과 토심이 온도저감의 중요변수로 작용하는 것으로 분석하였다.

Kim과 Yoon(2011)은 옥상녹화가 에너지절감에 미치는 영향을 검증하고 경제성을 비교·분석하는 연구에서, 콘크리트와 저관리·경량형 옥상녹화, 관리·중량형 옥상녹화를 설치하고 연간 표면 평균온도 변화를 분석하였다. 외표면 온도는 여름철에 콘크리트가 다른 실험구에 비하여 0.86°C~1.15°C 높았으며, 일간 옥상녹화시스템 유형별 전열량 시뮬레이션 결과 옥상녹화 실험구가 콘크리트보다 에너지 절감률이 높았다. 특히 기온이 높은 여름철의 경우 콘크리

트 대비 관리·중량형 옥상녹화의 절감률은 55.53%로 가장 높았으며, 저관리·경량형 옥상녹화도 48.40%~44.31%의 에너지 절감률을 보였다. 연간 전열량은 냉방기의 경우 옥상녹화 적용이 미적용 대비 평균 37%의 절감률을 보였으며, 연간 냉난방 부하를 종합한 절감률은 콘크리트 대비 절감률이 13%~26%로 나타났다.

Lee과 Kim(2012)는 옥상녹화와 비 옥상녹화 표면온도 비교 연구에서 대전의 여러 대상지의 토심 30cm의 혼합형 옥상녹화의 평균 표면온도가 비 옥상녹화 부분의 평균 표면온도에 비하여 약4°C~14°C 낮은 온도를 보인 것을 알 수 있었으며, 이는 건물옥상녹화가 도시 미기후 개선 및 열섬현상 완화 요소로 기대되는 부분이라 하였다.

환경부(2008)는 도시 인공지반의 자연생태계 복원을 위한 기술개발 연구에서 옥상녹화의 실험구를 유형별로 나누어 표면온도를 측정하고 온도저감효과를 확인하였다. 이에 식재없이 토양만 있더라도 5°C정도 온도저감효과를 보였으며, 토심이 10cm인 실험구보다 20cm인 실험구가 온도저감효과가 더 좋으며, 토양만 부설한 실험구 보다 다양한 식생의 실험구에서 온도저감효과가 높음을 분석하였다.

이같이 기존 국내외 옥상녹화 온도저감효과에 관한 연구는 도시열섬현상 완화 효과, 건축물의 열성능 및 경제성효과 분석, 식재식물의 열수지 및 온열환경 비교, 비 녹화지 대비 옥상녹화 전체 온도저감효과 등과 같은 연구는 이루어지고 있으나 옥상녹화 식재 식물의 특성을 고려한 계획·조성에 따른 세부적인 온도저감효과 분석에 관한 연구는 다소 미비한 실정이다.

3. 저관리·경량형 옥상녹화 온도저감 식재유형

Kim과 Park(2013)는 돌나물과 한국잔디를 식재한 경량 모듈형 옥상녹화시스템을 이용하여 식물재료에 따른 온열환경과 열수지를 평가하였는데 측정기간 중 34.6°C로 기온이 가장 높았

던 시기에 온열환경은 콘크리트가 57.5°C, 돌나물 40.1°C, 한국잔디 38.3°C순으로 17.4°C~19.2°C의 온도차를 보였다. 열수지 분석결과 콘크리트 표면에 비하여 돌나물, 한국잔디는 상대적으로 낮은 값으로 분석되었으며, 이는 옥상녹화가 콘크리트 표면보다 순복사량이 증가하고, 증발산으로 인한 잠열 소비로 인해 현열과 건축물로의 전도열이 감소하였다는 선행연구(Takebayasi and Moriyama, 2007)와 일치하였다.

저관리·경량형 옥상녹화에 활용되는 일반적인 식물 종은 대부분 건조한 환경에 높은 적응력을 보이는 세덤류가 우세하였는데, 열악한 조건의 옥상환경에서도 어느 정도 성장세를 유지하는 세덤류의 일률적인 식재는 저관리·경량형 옥상녹화에 종다양성을 감소시켜 생태계에 부정적 영향을 가져왔다(Nagase and Dunnett, 2010). 높은 종다양성은 생태계의 생산성과 안정성을 증가시킬수 있기에(Naeem et al., 1994) 저관리·경량형 옥상녹화에 세덤류 이외 안정적으로 생육할 수 있는 식재식물 선정은 무엇보다 중요하다 할 수 있다. 이에 이 등(2007)과 정 등(2013)은 각각 10cm토심의 관리조방형 옥상녹화에 자생초화류 100종 식재 후 내건성 및 식물생육의 모니터링 및 선정에 관한 연구와 15cm토심의 저관리 경량형 옥상녹화정원에서 활용이 가능한 초본 자생식물의 선발에 관한 연구를 진행하여 저관리·경량형 옥상녹화에서도 세덤류 외에 옥상환경에서 생육이 원활한 다양한 초본류의 도입이 가능함을 제시하였다.

Del Barrio(1998)는 옥상녹화에 활용되는 식물은 잎의 겉 표면과 함께, 잎과 공기에 의해 조성되는 캐노피(Canopy; 식물이 지붕 모양으로 우거진 모습)가 많이 조성되어 있을수록 옥상녹화의 온도저감효과가 높아질 수 있으며, LAI (Leaf Area Index; 엽면적지수)가 높은 식물을 식재할수록 그늘을 많이 형성하여 건물에 일사량이 적어질 수 있다는 것을 분석하였다.

이에 생육이 원활하고 잎이 넓은 형태의 식

물, 초장이 다양한 식물의 혼합 식재 등은 LAI가 높고 캐노피의 형성에 유리한 조건을 지녀 지관리·경량형 옥상녹화의 온도저감에 효과적일 것으로 여겨진다.

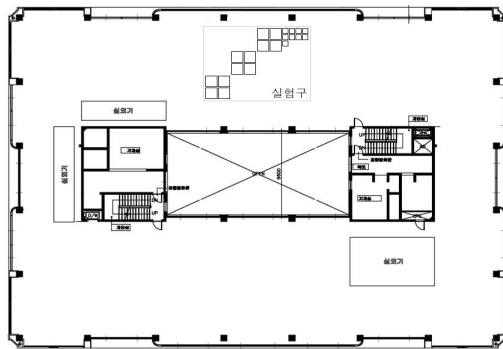
III. 연구방법

1. 실험구 내용

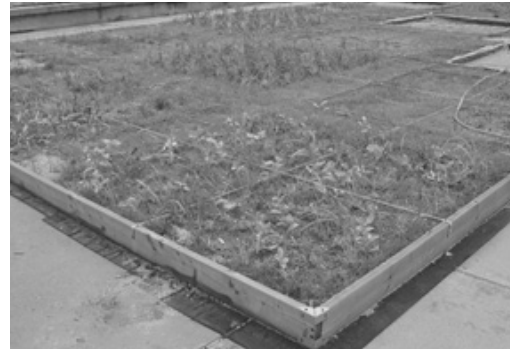
본 연구는 환경부 연구과제(2008)에서 다년간 옥상녹화 실험을 통해 제안된 식물 종을 참고하여 2015년 5월 노원구 공릉동에 위치한 서

울여자대학교 내 도서관 옥상(37°37'40"N, 127°5'25"E)일부에 2015년 5월 저토심으로 실험구를 조성하였다(Figure 1).

실험구 조성에 앞서 기초적인 식재기반은 방수층, 배수층, 토양층의 순서로 조성되었으며, 배수층은 에코앤바이오(주)의 EP-25 저배수판(규격: 50cm×50cm×3cm)을 사용하였으며, 토양은 옥상녹화용 인공토양(펠라이트, 버미큘라이트, 코코피트 등을 혼합한 에코앤바이오(주) Eco-soil)을 활용하여 10cm토심으로 조성하였다. 실험구 조성 후 식재 식물의 뿌리 활착 등 원활한 생육을 위



a. Plot location map



b. Plot view

Figure 1. Plot location map and plot view.

Table 1. Characteristics of the plants.

Classification	Vegetation type*	No.	Scientific name	국명	Family name	Height (cm)	Flowering (month)	Leaf			Note
								Length (cm)	Width (cm)	Shape	
Herb	small plants < 35cm	2	<i>Phlox subulata</i>	꽃잔디	Polemoniaceae	10	4~9	0.8~2		lanceolate	
		3	<i>Allium senescens</i>	두메부추	Liliaceae	20~30	8~9	20~30	0.2~0.9	linear	
		8	<i>Thymus quinquecostatus</i> var. <i>japonica</i>	섬백리향	Labiatae	10	6	1.5		ovate-elliptical	
	medium plants < 70cm	4	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> f. <i>variegatum</i>	무늬둥굴레	Liliaceae	30~60	6~7	5~10	2~5	elliptical	
		5	<i>Aster koraiensis</i>	별개미취	Compositae	50~60	6~10	12~19	1.5~3	lanceolate	
		7	<i>Sedum takesimensis</i>	섬기린초	Crassulaceae	50	7	5~6	1~1.4	lanceolate	sedum
	tall plants ≥ 70cm	1	<i>Hemerocallis dumortieri</i>	각시원추리	Liliaceae	40~70	6~7	50	1~1.5	-	
6		<i>Belamcanda chinensis</i>	범부채	Iridaceae	50~100	7~8	30~50	-	-		
9		<i>Aster yomena</i>	쑥부쟁이	Compositae	30~100	8~10	8~10	3	ovate-oblong		
Shrub		10	<i>Hydrangea paniculata</i>	나무수국	Saxifragaceae	200~300	7~8	5~12	3~8	elliptical	

* Categorized for your convenience in this study, is not absolute figures

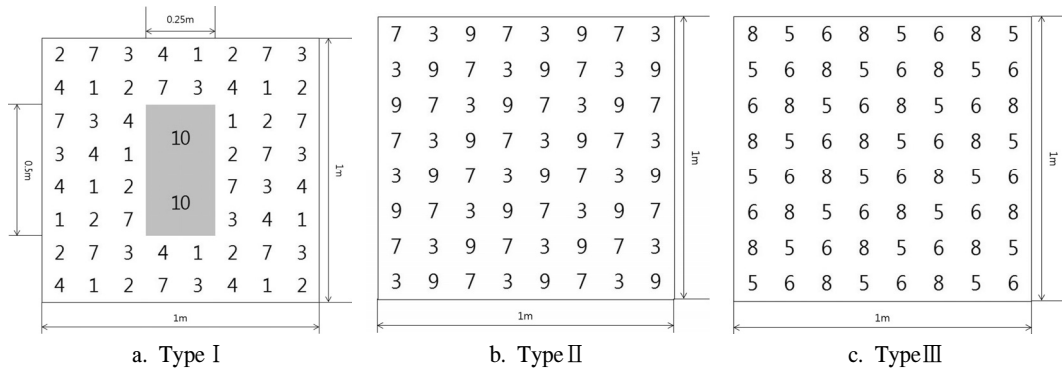
Reference. Reconstruct the contents of the 「National Species Information System(web site)」

하여 2주간 3일에 1회 충분히 관수하였으며 이후 관리하지 않고 표면온도 모니터링을 진행하였다.

다년간 옥상녹화 모니터링을 통해 제안된 식물 관련 결과(환경부, 2008)를 바탕으로 초장, 잎의 형태, 생육특성 등을 고려하여 그들의 형성을 다층으로 할 수 있는 저관리·경량형 옥상녹화에 적합한 자생식물을 선발하였다. 선발된 식물 중 초본의 최대 성장 높이가 35cm 미만은 small

plant, 35cm 이상에서 70cm 미만은 medium plant, 70cm 이상은 tall plant로 본 연구의 편의를 위하여 임의로 분류하였다(Table 1).

실험구는 크게 혼합식재 실험구와 단일식재로 나누어 조성하였다. 혼합식재 실험구는 small plant, medium plant, tall plant 및 엽 형태 등 식물 특성을 고려하여 다양하게 혼합하여 LAI를 높이고 캐노피를 형성하여 온도저감에 효과적일 수 있도록 총 3개 유형으로 각 유형 별



1. 각시원추리(*Hemerocallis dumortieri*), 2. 꽃잔디(*Phlox subulata*), 3. 두메부추(*Allium senescens*), 4. 무늬등골레(*Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum* f. *variegatum*), 5. 쑥부쟁이(*Aster koraiensis*), 6. 범부채(*Belamcanda chinensis*), 7. 섬기린초(*Sedum takesimense*), 8. 섬백리향(*Thymus quinquecostatus* var. *japonica*), 9. 벌개미취(*Aster yomena*), 10. 나무수국(*Hydrangea paniculata*)

Figure 2. Plan by polyculture.

Table 2. Plant of combination by plan type.

Type	Vegetation type	No.	Scientific name
Type I	small plants	2	<i>Phlox subulata</i>
		3	<i>Allium senescens</i>
	medium plants	4	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> f. <i>variegatum</i>
		7	<i>Sedum takesimense</i>
	tall plants	1	<i>Hemerocallis dumortieri</i>
10	<i>Hydrangea paniculata</i>		
Type II	small plants	3	<i>Allium senescens</i>
	medium plants	7	<i>Sedum takesimense</i>
	tall plants	9	<i>Aster yomena</i>
Type III	small plants	8	<i>Thymus quinquecostatus</i> var. <i>japonica</i>
	medium plants	5	<i>Aster koraiensis</i>
	tall plants	6	<i>Belamcanda chinensis</i>

1m×1m 사이즈로 4반복으로 조성하였다. Type I 은 초본5종(세덤1종 포함), 관목1종, Type II 은 초본3종(세덤1종 포함), Type III는 초본 3종으로 구성되어 식재하였다(Figure 2, Table 2).

단일식재는 혼합식재 실험구에 활용되었던 식물 중 중 관목인 나무수국과 목본성 초본인 섬백리향을 제외한 초본 8종을 대상으로 혼합식재와 단일식재의 온도저감효과 비교를 위하여 동일한 종을 50cm×50cm에 16본 식재로 설계하였다.

혼합식재 및 단일식재의 식재밀도는 초본의 경우 3치 포트 1본 기준으로 64본/1m²의 밀도, 개체 당 12.5cm간격으로 식재하였으며, 관목의 경우 16주/1m²의 밀도, 개체 당 25cm간격으로 식재하였다.

2. 조사 및 분석방법

실험구는 크게 혼합식재 실험구와 단일식재 실험구로 나누어 진행하였으며, 대조구로 콘크리트 실험구를 설정하였다. 표면온도 측정은 적외선 열화상카메라(FLIR System, T200)를 이용하여 실험구 조성 1개월 후인 여름철(2015년 6월, 7월 8월)에 월 1회 하루 중 가장 높은 온도를 보이는 오후 2시경에 표면온도 촬영을 실시하였다.

조사 및 분석은 크게 대상지의 환경, 식물의 생육상태, 식재 식물 표면온도로 이루어졌으며, 조사는 2015년 6월부터 8월까지 매월 1회 일사량이 가장 높은 오후 2시부터 약 2시간에 걸쳐 실시하였다.

대상지의 환경은 기상청 자료 중 서울기상청 자료 중 조사날짜에 해당하는 자료를 참고하였다. 식물의 생육상태 조사는 디지털카메라(Nikon D90)를 사용하여 실험구를 등비율로 촬영하였고, 관련분야 전문가 3인이 정성적으로 분석하였다.

식재식물 및 대상지 환경(옥상의 비녹화지역, 콘크리트 등)의 표면온도는 적외선 열화상카메

라(FLIR System, T200)를 활용하여 측정하였으며, 이를 바탕으로 식재식물 및 대상지환경 표면온도의 고유값 추출은 FLIR Tools 프로그램을 활용하였다. 1회기 조사 시 혼합식재 실험구의 경우 1개 유형의 1반복 당 1개의 온도를 무작위로 추출하여 1개 유형 당 총 4개의 표면온도를 추출하였으며, 단일식재 실험구의 경우 동일한 초종이 심겨진 실험구 당 총 4개의 표면온도를 추출하여 데이터로 활용하였다.

추출된 온도를 바탕으로 SPSS 18(Statistical Package for the Social Science, SPSS Inc.) 프로그램 활용하여 기술통계분석 및 일원배치 분산분석과 그에 따른 사후검정을 실시하였다. 대조구(콘크리트) 표면온도와 식재구 표면온도의 비교, 혼합식재 모델 간 표면온도 비교, 단일식재 모델 간 표면온도를 비교 등을 통계적인 차이가 있는지 유의수준 95%에서 유의성 분석을 실시하였으며, 사후검정은 널리 쓰이고 있는 Duncan 방법을 활용하였다.

IV. 연구결과 및 고찰

1. 환경분석

대상지의 환경조사결과 조사기간 중 대기온도는 최고온도, 최저온도, 평균온도 모두 7월이 가장 높았으며, 최저온도와 평균온도는 8월이 가장 낮게 측정되었다. 상대습도는 7월이 가장 높았는데, 6월과 8월의 경우 직전 7일의 강수량 합이 0mm, 0.5mm인데 반하여 7월의 경우 직전 7일의 강수량 합이 152mm이었기에 상대적으로 높은 결과를 가져온 것으로 판단된다. 일조시간은 8월이 가장 높았으며, 운량 역시 8월이 가장 낮은 것으로 확인되었다(Table 3).

전반적으로 월별 대기온도의 차이는 평균대기온도 기준 약 2°C~3°C의 차이가 있으며, 6월과 8월에 비하여 7월의 강수가 다소 많아 해당 기간에 식물표면온도에 영향을 끼칠 수 있을 것으로 여겨지나 본 연구는 월간의 비교 보다는

Table 3. Site's environment.

Classification		June	July	August
Air temperature (°C)	Max.	29.7	32.4	30.6
	Min.	21.4	26.2	17.5
	Avg.	25.6	27.9	23.4
Relative humidity(%)		52.1	74.3	56.4
Duration of sunshine(hr)		5.5	6.7	10.3
Cloud amount		7.6	6.6	3.0

같은 시점의 식물 종 사이, 또는 혼합식재 유형 사이의 차이를 분석하는 연구에 중점을 두고 진행하였으므로 큰 영향은 받지 않을 것으로 판단된다.

2. 생육상태 분석

대상지 내 식물들의 생육상을 관련분야 전문가 3인이 피복정도, 생육상을 우수, 양호, 저조 3단계로 정성적 평가를 진행한 결과 식물 종 별 다소 차이가 있었던 것으로 나타났다(Table 4).

대부분의 식물이 여름철 생육상 및 피복정도가 전반적으로 양호하였으나, 무늬등굴레의 경우 다른 식물들에 비하여 6월부터 생육 및 피복도가 지속적으로 저조한 양상을 보였는데 이는 6월에서 7월 꽃이 피고 짐에 따라 다소 수세가 약해진 결과로 여겨지며, 봄철에는 생육이 우수하나 여름철 고온에서 생육이 감소하는 특성을 지녔다는 선행연구 결과(Rhie et al., 2013)와 유사한 맥락으로 판단된다.

섬백리향은 6월까지 양호하였으나 7월에 피

Table 4. Monthly covering and growth of plants.

Family name	Scientific name	June		July		August	
		Covering	Growth	Covering	Growth	Covering	Growth
Liliaceae	<i>Hemerocallis dumortieri</i>	◎*	◎	◎	◎	◎	◎
	<i>Allium senescens</i>	◎	○	◎	○	◎	◎
	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> f. <i>variegatum</i>	○	—	○	—	—	—
Compositae	<i>Aster yomena</i>	◎	◎	◎	○	◎	◎
	<i>Aster koraiensis</i>	◎	◎	◎	◎	◎	◎
Polemoniaceae	<i>Phlox subulata</i>	○	◎	○	○	○	—
Crassulaceae	<i>Sedum takesimense</i>	○	◎	◎	◎	◎	◎
Iridaceae	<i>Belamcanda chinensis</i>	◎	○	◎	○	◎	◎
Labiatae	<i>Thymus quinquecostatus</i> var. <i>japonica</i>	○	○	○	—	—	—
Saxifragaceae	<i>Hydrangea paniculata</i>	○	—	○	—	—	—

* ◎ : excellent, ○ : good, — : poor

복정도가 다소 저조해지며, 8월부터는 생육상도 저조해지는 것으로 분석되었는데, 이는 무늬등 굴레와 비슷하게 6월 꽃이 피고 짐에 따라 다소 수세가 약해진 결과로 여겨진다. 섬백리향은 식재 당해에 비하여 해를 거듭할수록 수세가 확장하는 식물로(Jang and Lee, 2013), 옥상녹화 식재 시 생육상과 피복정도가 다른 식물에 비하여 우수한 식물로 분석된 결과(Jeong et al., 2013)가 다수 보고된 바 있다. 반면, 자생 지피식물별 적정 차광정도 구명에 관한 연구에서 무차광시 즉 차광하지 않고 광량이 적정 이상일 경우에 낮은 성장세를 보이는 특성을 지녔다는 선행연구 결과(Noh et al., 2004)를 고려하였을 때 섬백리향의 경우 향후 보다 상세한 식물 특성에 관한 연구와 더불어 지속적인 생육을 위해 다른 식물들에 비하여 다소 관리가 필요할 것으로 판단된다.

꽃잔디는 전반적으로 양호한 생육상 및 피복정도를 보였으나 8월에 들어 생육상이 다소 저조해지는 양상을 보였는데 이는 옥상녹화 조성 후 관수를 시행하지 않은 경우 여름철 생육이 다소 감소하였다는 선행연구 결과와 유사한 것으로 판단되며, 향후 여름철에는 적절한 관수 시 생육 상과 피복 정도에 긍정적 영향을 끼칠 것으로 여겨진다(Zhang et al., 2014).

3. 표면온도 분석

1) 혼합식재 유형 간 표면온도 비교

2015년 6월, 7월, 8월 여름철 동안 모니터링을 통한 혼합식재 유형 간 비교를 위하여 월별

표면온도를 SPSS 18(Statistical Package for the Social Science, SPSS Inc.) 프로그램을 활용하여 기술통계분석, 일원배치 분산분석 및 다중비교를 위한 Duncan 사후검정을 실시하였고 평균값을 유의수준 95%에서 유의성분석을 수행하였으며 그 결과는 Table 5와 같다.

혼합식재 총 3개 유형과 콘크리트의 월별 표면온도 비교 분석 결과, 전 기간에 걸쳐 콘크리트 표면온도가 43.2°C에서 48.6°C로 적게는 12°C, 많게는 17°C가량 높은 것으로 나타났으며 통계적으로 유의성이 있는 것으로 분석되었다. 이는 저관리·경량형 옥상녹화의 혼합식재 유형이 비녹화지역에 비하여 온도저감효과가 우수한 것을 나타내는 결과로, 여름철 한 낮에 옥상녹화는 비 녹화지역에 비하여 온도저감효과가 우수하였다는 선행연구(Lee and Kim, 2012)의 결과와도 유사성이 있음을 확인할 수 있었다.

혼합식재 유형 간에도 표면온도 평균분석 결과는 월별로 상이한 것으로 확인되었는데, 6월의 경우 유형2는 31.8°C, 유형3은 31.6°C로 통계적 차이는 없었으나 유형1이 33.1°C로 통계적 차이를 보이며 다소 온도가 높은 양상을 보여 상대적으로 온도저감효과가 낮은 것으로 확인되었다. 7월의 경우 3개 유형 모두 차이가 없었으며, 8월의 경우 유형1은 31.5°C, 유형2는 30.8°C로 통계적 차이는 없었으나 유형3은 34.6°C로 통계적 유의함을 보이며 유형1과 유형2에 비하여 온도저감효과가 낮은 것으로 분석되었다.

6월의 경우 유형1이 다른 혼합식재 유형에 비

Table 5. Mean Analysis of surface temperature per types.

Month	Mean ± Standard deviation(°C)			
	Type I	Type II	Type III	Concrete (control)
June	33.1±0.4 ^{b*}	31.8±0.7 ^a	31.6±0.5 ^a	47.5±1.3 ^c
July	31.8±0.5 ^a	31.6±0.2 ^a	31.0±0.5 ^a	43.2±1.3 ^b
August	31.5±1.6 ^a	30.8±1.3 ^a	34.6±1.1 ^b	48.6±1.1 ^c

* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, p<0.05

하여 약 1.5°C정도 높은 양상을 보였는데, 이는 유형2와 유형3에 식재되지 않고, 유형1에만 식재된 무늬둥굴레의 특성과 관련이 있을 것으로 판단된다. 무늬둥굴레는 5월 식재 당시 생육이 왕성하였으나 6월에 접어들어 여름철 고온에 지속적으로 노출되어 생육이 감소하는 양상을 보였으며, 이는 무늬둥굴레가 온도가 높아질수록 낙화소요일수, 초장, 엽수가 감소한다는 선행연구 결과(Rhie et al., 2013)과 유사성이 있으며, 생육상의 감소 및 피복면적의 저조에 따라 유형1의 표면온도 저감에 부정적 효과를 끼쳤을 것으로 판단된다(Table 5).

8월의 경우 콘크리트는 48.55°C로 혼합식재 중 3개 유형보다 약 14°C~17°C 높은 것으로 나타났다. 유형3은 34.55°C로 다른 혼합식재 유형에 비하여 약 3°C가량 높아 온도저감효과가 상대적으로 떨어지는 모습을 보였는데, 이는 31.53°C인 유형1과 30.78°C인 유형2에만 식재된 섬기린초의 생육 특성에서 기인했을 것으로 여겨진다(Table 5).

섬기린초는 식재당시부터 연구기간동안 지속적으로 생육이 우수하며 피복정도가 증가하는

양상을 보였다. Kim과 Lee(2005)는 저관리·경량형 옥상녹화에 적합한 세덤속 식물 선발에 관한 연구에서의 모니터링 결과 옥상에서 섬기린초는 6월 식재 이후 11월까지 지속적으로 초폭이 가장 넓게 자랐다고 분석하였으며, 이는 본 연구결과와 유사한 맥락을 가진다. 이에 유형1과 유형2에 식재된 섬기린초의 우수한 생육상 및 피복정도로 인하여 식재되지 않은 유형3에 비해 상대적으로 온도저감효과가 우수했을 것으로 판단된다.

2) 단일식재 식물 중 간 표면온도 비교

단일식재 식물 중 간 비교를 위하여 6월 표면온도를 일원배치분산분석 및 다중비교를 위한 Duncan의 사후검정을 실시하여 평균값을 유의수준 95%에서 유의성분석을 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다(Table 6).

단일식재 중 총 8종과 콘크리트의 6월 표면온도 비교 분석 결과, 콘크리트의 표면온도는 47.48°C로 옥상녹화 단일식재 실험구에 비하여 적게는 7°C, 많게는 13°C가량 높은 것으로 나타났다. 통계적으로 유의성이 있는 것으로 분석

Table 6. Mean Analysis of surface temperature per species in June.

Classification	N	Mean(°C)	S.D(°C)	F(df)	Sig.
<i>Hemerocallis dumortieri</i> ^{b*}	4	35.53	0.33	178.79(8)	0.000***
<i>Allium senescens</i> ^c	4	36.50	0.57		
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> f. <i>variegatum</i> ^e	4	40.18	0.53		
<i>Aster koraiensis</i> ^{ab}	4	34.73	0.43		
<i>Belamcanda chinensis</i> ^{bc}	4	35.65	0.44		
<i>Sedum takesimense</i> ^d	4	37.58	0.54		
<i>Aster yomena</i> ^a	4	34.18	0.33		
<i>Phlox subulata</i> ^e	4	40.00	0.50		
Concrete ^f	4	47.48	1.32		

*** p<0.001

※ Mean separation within columns by Duncan's multiple range test

되었다. 이는 저관리·경량형 옥상녹화의 경우 단일식재와 혼합식재 구분 없이 비녹화지역에 비하여 온도저감효과가 우수함을 나타내는 결과이다.

식물 종 사이에도 표면온도 평균분석 결과 전반적으로 차이가 있는 것으로 나타났다. 6월 중 가장 온도저감효과가 우수한 것은 쪽부쟁이로 콘크리트와는 약 7.5°C의 표면온도 평균 차이를 보였으며, 뒤를 이어 각 식물 종 사이 유의한 차이를 보이지 않은 것도 있지만 단순 비교할 때, 별개미취와 각시원추리, 범부채, 두메부추, 섬기린초 순으로 온도저감효과가 우수한 것으로 나타났다. 꽃잔디와 무늬동굴레는 두 종 사이 유의한 표면온도 평균 차이를 보이지 않았으며 다른 초종에 비하여 상대적으로 온도저감효과가 낮은 것으로 분석되었는데, 이는 앞서 언급되었던 무관수에서나 고온에서의 생육 감소 등 각 식물 종의 생육 특성으로 인하여 생육저조 및 피복정도의 저조로 인한 결과로 여겨지며 향후 두 종의 여름철 온도저감효과를 높이기 위해서는 다소의 관리가 필요할 것으로 판단된다.

7월의 표면온도 비교 분석 결과 6월에 비하여

식물 종 사이 큰 차이를 보이지는 않았으며, 콘크리트의 표면온도 48.15°C로 약 8°C~10°C 높은 것으로 나타났으며 이는 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다(Table 7).

식물 종 사이에서는 별개미취의 표면온도 33.03°C로 통계적으로 낮은 것으로 분석되었으나 그 차이는 1°C이하로 나타나 6월에 비하여 그 차이가 근소한 양상을 보였다. 7월은 대기는 높았으나 강수가 많고 상대습도가 높았다. 이에 비가 오지 않았던 6월과 8월에 비하여 상대적으로 관수량도 많고 일사량도 적어 옥상환경의 악조건이 다소 완화되어 식물 종 사이 표면온도에 큰 차이가 보이지 않았을 것으로 추측된다.

8월의 표면온도 비교 분석 결과 콘크리트의 표면온도는 48.55°C로 약 8°C~15°C 높은 것으로 나타났으며 이는 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. 식물 종 사이에서는 무늬동굴레가 40.35°C로 유일하게 여타 종과 유의한 차이를 보이며 온도가 높은 것으로 분석되었다. 이는 개화시기가 지남에 따라 다소 수세가 약해지고, 고온에서 생육이 저조해진다는 앞서 언급된 연

Table 7. Mean Analysis of surface temperature per species in July.

Classification	N	Mean(°C)	S.D(°C)	F(df)	Sig.
<i>Hemerocallis dumortieri</i> ^{ab*}	4	33.30	0.27	64.02(8)	0.000***
<i>Allium senescens</i> ^b	4	34.53	0.56		
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> f. <i>variegatum</i> ^b	4	34.58	0.61		
<i>Aster koraiensis</i> ^a	4	33.03	0.40		
<i>Belamcanda chinensis</i> ^{ab}	4	33.60	0.88		
<i>Sedum takesimense</i> ^{ab}	4	33.30	0.97		
<i>Aster yomena</i> ^{ab}	4	33.50	0.96		
<i>Phlox subulata</i> ^b	4	34.38	0.57		
Concrete ^c	4	43.15	1.34		

*** p<0.001

* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test

Table 8. Mean Analysis of surface temperature per species in August.

Classification	N	Mean(°C)	S.D(°C)	F(df)	Sig.
<i>Hemerocallis dumortieri</i> ^{a*}	4	35.85	2.85	26.72(8)	0.000***
<i>Allium senescens</i> ^a	4	37.00	1.53		
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> f. <i>variegatum</i> ^b	4	40.35	2.32		
<i>Aster koraiensis</i> ^a	4	35.45	0.99		
<i>Belamcanda chinensis</i> ^a	4	37.10	1.27		
<i>Sedum takesimense</i> ^a	4	34.45	0.99		
<i>Aster yomena</i> ^a	4	35.85	1.14		
<i>Phlox subulata</i> ^a	4	36.38	1.81		
Concrete ^c	4	48.55	1.07		

*** p<0.001

※ Mean separation within columns by Duncan's multiple range test

구 결과에 따른 것으로 판단되며, 향후 온도저감효과를 위한 식재 시 무늬둥굴레의 경우 다소 고려할 필요가 있을 것으로 여겨진다. 섬기린초는 무늬둥굴레 외 여타 식물종과는 유의한 차이를 보이지 않았지만 표면온도는 34.45°C로 가장 낮은 것으로 나타났다(Table 8).

3) 혼합식재와 단일식재 표면온도 비교

혼합식재와 단일식재 표면온도 비교를 위하여 2015년 6월, 7월, 8월의 표면온도 모니터링 데이터 바탕으로 일원배치분산분석 및 다중비교를 위한 Duncan의 사후검정을 실시하여 평균값을 유의수준 95%에서 유의성분석을 수행하였으며 그 결과는 Table 9와 같다.

혼합식재 실험구와 단일식재 실험구는 면적의 차이로 인하여 동등하게 비교할 수 있는 대상으로는 부적합하지만 향후 식재 유형의 제안으로서 활용하고자 비교분석을 실시하였다. 6월의 경우 유형2가 31.83°C, 유형3이 31.58°C로 통계적으로 유의한 차이를 나타내며 온도저감에 가장 효과가 있는 식재유형으로 나타났으며, 유형1은 33.08°C로 유형2와 유형3과 차이는 있

었지만 단일식재 실험구에 비하여 온도가 낮은 것으로 나타났다. 그 뒤를 이어 별개미취가 34.73°C로 단일식재 실험구에서는 온도저감효과가 가장 높은 것으로 나타났으며 꽃잔디가 40.0°C, 무늬둥굴레가 40.18°C로 상대적으로 온도저감효과가 낮은 것으로 분석되었다.

7월의 경우 유형1 31.75°C, 유형2 31.60°C, 유형3 31.03°C로 각 유형별로는 통계적으로 차이가 없으며, 단일식재 실험구에 비하여 온도저감에 효과적인 것으로 나타났다. 단일식재 실험구에서도 식물 종 사이 몇몇의 종은 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 약 1°C~2°C의 차이를 보이는 것에 그쳤다.

8월의 경우 유형1은 31.53°C, 유형2는 30.78°C로 두 유형간 통계적인 차이는 없으나 다른 식재 유형과는 통계적 차이를 보이며 온도가 가장 낮은 것으로 분석되었다. 특이할 사항은 유형3은 34.55°C로 37°C인 무늬둥굴레를 제외한 단일식재 실험구의 식물 종들과 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났으며, 수치상으로는 34.45°C인 섬기린초의 단일식재 실험구보다 낮게 분석되었으며, 유형3에 식재되어 있지 않은

Table 9. Comparison tests of surface temperature in plot.

Classification		Mean \pm Standard deviation($^{\circ}$ C)		
		June	July	August
Polyculture	Type I	33.08 \pm 0.40 ^{b*}	31.75 \pm 0.48 ^a	31.53 \pm 1.63 ^a
	Type II	31.83 \pm 0.68 ^a	31.60 \pm 0.22 ^a	30.78 \pm 1.35 ^a
	Type III	31.58 \pm 0.51 ^a	31.03 \pm 0.53 ^a	34.55 \pm 1.11 ^b
Monoculture	<i>Hemerocallis dumortieri</i>	35.53 \pm 0.33 ^d	33.30 \pm 0.27 ^b	35.85 \pm 2.85 ^b
	<i>Allium senescens</i>	36.50 \pm 0.57 ^e	34.53 \pm 0.56 ^d	37.00 \pm 1.53 ^b
	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> f. <i>variegatum</i>	40.18 \pm 0.53 ^g	34.58 \pm 0.61 ^d	40.35 \pm 2.32 ^c
	<i>Aster koraiensis</i>	34.73 \pm 0.43 ^c	33.03 \pm 0.40 ^b	35.45 \pm 0.99 ^b
	<i>Belamcanda chinensis</i>	35.65 \pm 0.44 ^d	33.60 \pm 0.88 ^{bcd}	37.10 \pm 1.27 ^b
	<i>Sedum takesimense</i>	37.58 \pm 0.54 ^f	33.30 \pm 0.97 ^b	34.45 \pm 0.99 ^b
	<i>Aster yomena</i>	34.18 \pm 0.33 ^c	33.50 \pm 0.96 ^{bc}	35.85 \pm 1.14 ^b
	<i>Phlox subulata</i>	40.00 \pm 0.50 ^g	34.38 \pm 0.57 ^{cd}	36.38 \pm 1.81 ^b

* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p < 0.05$

섬기린초의 수세가 강력하였기에 상대적으로 위축된 결과를 가져온 것으로 추측된다. 전반적으로 전 기간에 걸쳐 단일식재 실험구에 비하여 혼합식재 실험구가 온도저감에 효과적인 것으로 분석되어 향후 도시 내 열섬저감을 위한 저관리·경량형 옥상녹화 설계 시 혼합식재를 도입하는 것이 보다 유리할 것으로 판단된다.

V. 요약 및 결론

연구결과, 저관리·경량형 옥상녹화는 식재 유형에 따라 7.4 $^{\circ}$ C에서 17.8 $^{\circ}$ C까지 온도저감 효과가 있는 것으로 나타났으며, 온도저감 효과를 높이기 위해서는 단일식재 하는 것 보다 혼합식재 하는 것이 보다 긍정적인 효과인 것으로 분석되었다. 또한 혼합식재의 식재 식물 선정 시 생육특성을 고려할 경우 온도저감 효과가 높을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 섬기린초, 각시원추리, 두메부추, 벌개미취, 범부채, 쑥부쟁이가 온도저감효과

가 상대적으로 우수하였다. 그 외 무늬동굴레, 꽃잔디, 섬백리향의 경우 비녹화지인 콘크리트에 비하여 온도저감효과는 우수하였지만 다른 식물 중에 비하여 다소 온도저감효과가 떨어져 향후 옥상녹화 식재식물로 선정 시 유지·관리에 보다 세심한 주의가 필요할 것으로 여겨지며 이에 관한 연구는 향후 보강되어야 할 것으로 판단된다.

여름철의 경우 강수량이 높은 7월에 비하여 상대적으로 6월이 온도저감 효과의 차이가 식물 종 사이에 뚜렷하게 나타났는데, 7월에 비하여 6월에 맑은 날이 많아 상대적으로 일사량이 많았으며 이에 생육 상 및 피복정도에 따라 일사를 차폐하는 식물의 캐노피의 효과가 보다 뚜렷하게 나타난 것으로 판단된다.

본 연구에서는 온도저감에 효과적인 저관리·옥상녹화에 적합한 식재 유형 및 식물 종 선정을 위하여 생육상 모니터링과 더불어 표면 온도 비교분석을 실시하였다. 2015년 5월 식재 후 현재까지 연구기간이 다소 한정적이며, 온도

의 측정에 있어서 적외선 열화상카메라를 이용한 월별 조사에 그치고, 대조구가 식물을 식재하지 않은 토양표면이 아닌 콘크리트였음에 연구의 한계가 있으나 향후 지속적인 모니터링 및 온도저감 효과에 영향을 주는 캐노피, LAI 및 각 식물 종 별 특성에 관한 연구 등 보다 면밀하고 지속적으로 표면온도 모니터링 관련연구가 이루어진다면 도시 내 열섬현상 완화를 위한 저관리 · 경량형 옥상녹화에 효과적인 식재 식물 선정 및 식재유형 제안에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

References

- Cha JG · Jung EH · Ryu JW and Kim DW. 2007. Constructing a Green Network and Wind Corridor to Alleviate the Urban Heat-Island. *Journal of the Korean association of geographic information studies*. 10(1): 102-112.
- Dunnett N. and Kingsbury. N. 2008. *Planting Green Roofs and Living Walls*(2nd edition). Timber Press, Portland Oregon.
- EP Del Barrio. 1998. Analysis of the green roofs cooling potential in buildings. *Energy and Buildings*. 27(2): 179-193.
- Jang HK and Lee EH. 2011. Covering Types and Covering Ratio Changes of Planted Species on an Extensive Green Roof. *Korean Journal of Environment and Ecology*. 25(3): 404-411.
- Jeong MI · Han SW · Kim JS and Song JS. 2013. Selection of Native Herbal Plants Capable to Survive Year-Round in Roof Garden Adopting Extensive Green Roof System in the Central District of Korea. *National Institute of Horticultural & Herbal Science*. 21(4): 172-181.
- Johnston J. and Newton J. 1993. *Building Green: A Guide to Using Plants on Roofs, Walls and Pavements* The London Ecology Unit, London.
- Kim JH and Yoon YH. 2011. Economic Analysis and Energy Reduction by the Types of the Green Roof. *Seoul Urban Research*. 12(2): 125-140.
- Kim SC and Park BJ. 2013. Assessment of Temperature Reduction and Heat Budget of Extensive Modular Green Roof System. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*. 31(4): 503-511.
- Kim YS and Lee JS. 2005. Selection of Appropriateness Genus Sedum Low Management and Light Weight Rooftop Greening. *Flower Research Journal*. 13(1): 14-20.
- Lee DK · Yoon SW · Oh SH and Jang SW. 2005. The Effect of Temperature Reduction as Influenced by Rooftop Greening. *Journal of Korean Environmental Restoration and Technology*. 8(6): 34-44.
- Lee EH · Cho EJ · Park MY · Kim DW and Jang SW. 2007. Selecting Plants for the Extensive Rooftop Greening Based on Herbal Plants. 10(2): 84-96.
- Lee EJ and Kim JH. 2012. Adoption of the Green Roof vs Non Green Roof - Application in DaeJeon Area -. *Journal of the Korean Solar Energy Society*. 32(6): 134-140.
- Ministry of Environment. 2008. *Technology Development for Restoration Natural Ecosystem of Urban Artificial Ground Final Report*.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2009. *Design Basis of Building greening and Development of Recommended Design Book*.
- Nagase A and Dunnett N. 2010. Drought Tolerance in Different Vegetation Types for Extensive Green Roofs: Effects of Watering and

- Diversity. *Landscape and Urban Planning*. 97(4): 318-327.
- Noh HS · Jeong BC · Lee KK and Lee JS. 2004. Studies of the Proper Shading Levels for the Native Ground Cover Plants. *Flower Research Journal*. 12(4): 330-336.
- Oh SH. 2007. The Analysis of Temperature Reduction Effect of an Extensive Greenroof. Master's Thesis, Seoul National University.
- Park EJ · Kang YK, Nam MA. 2010. Green Roof Strategy for Mitigating the Urban Heat Island Effect. Policy Research. 2010-25. Gyeonggi Research Institute.
- Rhie YH · Yun NY · Lee SY and Kim KS. 2013. Effect of Temperature on Growth and Development of Variegated Solomon's Seal for Year-round Production. *Flower Research Journal*. 21(1): 23-26.
- S. Naeem · L. J. Thompson · S. P. Lawler · J. H. Lawton and R. M. Woodfin. 1994. Declining Biodiversity can Alter the Performance of Ecosystems. *Nature*. 368: 734-737.
- Youn HJ · Jang SW and Lee EH. 2013. Temperature Monitoring of Vegetation Models for the Extensive Green Roof. *JOURNAL OF The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*. 13(5): 89-96
- Zhang H · Lu S · Wu J · Jiang Y · Lu Y. and Zhao H. 2014. Effect of substrate depth on 18 non-succulent herbaceous perennials for extensive green roofs in a region with a dry spring. *Ecological Engineering*. (71): 490-500.