

무관수 옥상녹화시스템의 차이에 따른 들잔디 적응성 평가

주진희 · 김원태¹⁾ · 최우영 · 윤용한*

건국대학교 산림과학과, ¹⁾천안연암대 환경조경과
(2010년 6월 5일 접수; 2010년 8월 11일 수정; 2010년 8월 22일 채택)

Evaluation on Adaptation of *Zoysia japonica* as Effected by Different Green Roof System under Rainfed Conditon

Jin-Hee Ju, Won-Tae Kim¹⁾, Woo-Young Choi, Yong-Han Yoon*

Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

¹⁾Department of Environment and Landscape Architecture, Cheonanyonam College, Cheonan 331-709, Korea

(Manuscript received 5 June, 2010; revised 11 August, 2010; accepted 22 August, 2010)

Abstract

This study proposes a guideline of a green roof system suitable for the local environment by verifying the growth of *Zoysia japonica* in a shallow, extensive, green roof system under rainfed condition. The experimental soil substrates into which excellent drought tolerance and creeping *Z. japonica* was planted were made with different soil thicknesses(15cm, 25cm) and soil mixing ratios(SL, P₇P₁L₂, P₆P₂L₂, P₅P₃L₂, P₄P₄L₂). The plant height, green coverage ratio, fresh weight, dry weight and chlorophyll contents of *Z. japonica* were investigated.

For the soil thickness of 15cm, the plant height of *Z. japonica* was significantly as affected by the soil mixing ratio and it was shown in the order SL = P₄P₄L₂ < P₇P₁L₂ = P₅P₃L₂ < P₆P₂L₂. For the soil thickness of 25cm, the plant height was increased in order to SL < P₇P₁L₂, P₆P₂L₂, P₅P₃L₂ < P₄P₄L₂. The green coverage ratio was not observed by soil the mixing ratio or soil thickness. However, the green coverage ratio was 86~90% with a good coverage rate overall. The chlorophyll contents of *Z. japonica* were not significantly affected by the soil mixing ratio in the soil thickness of 15cm, but were higher in the natural soil than in the artificial soil at 25cm soil thickness. The fresh weight and dry weight of *Zoysia japonica* were heavier in the 25cm thickness than in the 15cm thickness and in the artificial soil mixture than in the natural soil. The result indicated that the growth of *Zoysia japonica* was more effective in the 25cm soil thickness with artificial soil than in the 15cm soil thickness with natural soil in the green roof system under rainfed condition.

Key Words : Green roof system, Soil mixture ratio, Soil thickness, *Zoysia japonica*, Growth condition, Natural soil, Artificial soil

1. 서론

옥상녹화는 구조에 따라 옥상공원, 옥상녹화, 지붕 녹화 등으로 불리며, 건물 보호와 생태학습현장 제공,

열섬현상 완화, 도시미관 향상, 냉난방 에너지 효율 증대, 홍수와 장마 예방, 휴식 공간 제공 등의 기능을 한다. 이러한 옥상녹화는 최근 신재생에너지 이용과 함께 도시환경 개선 및 생태도시 조성에 있어서 큰 역할을 하고 있다. 또한 기후변화로 인한 지구온난화현상에 결정적인 영향을 미치는 CO₂를 흡수하고 대기오염을 방지하는 효과가 있어 향후 생태적, 경제적, 사회적 효과로 더욱 주목되고 있다. 또한 옥상녹화란 인공적

*Corresponding author : Yong-Han Yoon, Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea
Phone: +82-43-840-3538
E-mail: yonghan7204@kku.ac.kr

으로 구축된 토목, 건축 구조물의 상부에 자연적인 지반 상태와 유사한 재료, 형태적 여건을 조성하여 적극적인 이용을 도모하는 인공지반녹화의 한 유형으로 불투수층 구조물에 인공적인 토양층을 포함한 식재기반과 식재층을 형성시키는 것을 의미한다(환경부, 1999). 인공지반 조경 중 지표면에서 높이가 2 m 이상인 곳에 설치한 조경이라고 정의하고 있는데 옥상조경은 도심 소생태계를 구성하는 중요한 요소로 인정되고 있고 그 형태도 다양하게 시공되고 있다. 일반적인 조경형태는 물론 텃밭, 운동장 등 여러 가지 형태로 사용되고 있다(장, 2004). 이에 환경부에서는 2005년 12월 '생태면적률 적용지침'에 옥상녹화의 공간별 가중치를 제시하고 있으며, 옥상녹화의 경우 토심이 20 cm 이상인 경우 1 m²당 가중치가 0.6점, 20 cm 이하일 경우 1m²당 0.5점을 부여하고 있다.

옥상녹화에 관한 선행 연구로는 건축물 옥상조경에 대한 관리방안(이, 1999)을 연구하였으며, 임(2000)은 생태건축에서 옥상녹화의 국내외 설계 및 시공에 관해 살펴보고 국내에 적합한 생태건축의 개념으로 옥상녹화의 적용기술방안을 제시하였다. 최(2001)는 혼합경량 인공토양과 10 cm~30 cm 토심 및 시스템의 관리 형태에 따라 식물의 관상가치가 달라지는 것을 규명하였으며, 홍(2002)은 건축물 옥상의 녹화 기법에 관한 연구하여 자생식물을 이용한 식재의 다층구조화와 최소한의 관리, 다양한 생물이 도입 될 수 있는 요소의 옥상녹화 시스템 구성을, 엄(2003)은 서울 중계 평생학습관 옥상의 사례지를 대상으로 생태원리를 도입한 도시옥상녹화를 설계하여 옥상녹화의 모델을 제시하였다. 또한 옥상의 건조비오톱 구성에 대한 관심이 높아지면서 옥상환경 적합한 자생초화류에 대한 연구가 활발해지기 시작하였다. 옥상녹화에 적합한 식물에 관한 연구로 심(1997)은 옥상녹화에 주로 사용되는 수종의 경우 뿌리분이 크지 않은 천근성 수종이어야 하며 척박지에 강한 수종을 선정하여야 한다고 보고하였다. 하(2002)는 고온건조에 강한 세덤속 식물을 식물학적 특성을 조사하여 분류하고 분류에 따라 옥상 정원 소재로 이용하는 방안을 개발하였으며, 김(2004)은 세덤속 식물을 이용한 저관리·경량형 옥상녹화 시스템을 연구하여 세덤속의 9가지 식물로 관상가치에 따라 다양한 옥상녹화 환경연출을 제시하였고 혼합인공토양과 시중에 판매되고 있는 배수

관의 성능을 규명하였다. 강(2005)은 조방적 옥상녹화를 통한 생태적 효과와 식물의 생존을 알아보기 위해 식재 후 일정기간 관리한 후 무관리 상태로 최종 9년간 존치 후 자생 식물을 선발하였으며, 이 결과 섬기린초, 돌나물, 큰평의비름, 애기기린초, 총꽃나무, 구절초 등이 생존 가능한 것으로 나타났다. 하지만, 이들 식물들에 대한 결과는 세부적인 옥상녹화 식재기반 시스템에 따른 생육이 검증되지 않아 현장적용에 한계가 있다.

따라서, 본 연구에서는 옥상녹화 식물소재로 지피 식물로 활용도가 높은 들잔디(*Zoysia japonica* L.)를 대상으로 무관수의 상태에서 옥상녹화 식재기반시스템에 따른 토양 및 생육을 살펴보고 비교분석함으로써, 차후 기후대응 특히 물부족 문제에 따른 저가 보급형 옥상녹화시스템을 구축하고자 한다. 또한 본 연구 개발 결과를 토대로 지역 환경에 적합한 옥상녹화시스템에 대한 가이드라인 제시가 가능할 것으로 사료된다.

2. 자료 및 방법

2.1. 연구범위

2.1.1. 연구대상지 및 연구기간

연구의 대상지는 충청북도 충주시 위치한 건국대학교 복합실습동 2층 옥상에서 실시하였으며, 옥상녹화 식재기반시스템에 따른 들잔디의 생육과 토양의 특성을 분석하기 위해 2009년 4월부터 2009년 10월까지 실험을 수행하였다. 실험기간 동안 자연강우에 의존하였으며, 관수는 실시하지 않았다.

2.2. 연구방법

2.2.1. 토양재료

토양재료 일반토과 인공배합토로 대별하였으며 실험에서 사용된 공시토양은 총 5종류이다. 일반토는 사양토를 사용하였고, 인공배합토의 경우 무기질 자재인 펄라이트(파라소, Korea)와 상토의 유기물 자재로 널리 활용되는 있는 피트모스(Sunshine, Canada), 부엽토(금정원, Korea)를 각각의 배합비로 혼합하여 사용하였다. 이에 대조구인 사양토 SL(Sandloam)과 인공배합토(P%P%L% : Perlite, P; Peatmoss, P; Leafmold, L)인 P₇P₁L₂, P₆P₂L₂, P₅P₃L₂, P₄P₄L₂로 각각 배합하여

처리구를 조성하였다. 토심에 대한 설정기준은 환경부에서 2005년 12월 ‘생태면적률 적용지침’에 의한 옥상녹화의 공간별 가중치를 기준으로 하였다. 이에 옥상녹화시 토심 20 cm이상의 경우 0.6점, 20 cm이하일 경우 0.5점을 가중치로 부여하고 있어 본 실험에서는 20 cm를 기준으로 토심 15 cm, 25 cm로 구분하였다(Table 1).

2.2.2. 식물재료

옥상 녹화용 식물재료는 토양의 수분증발을 억제하기 위해 키가 그다지 크지 않으며, 치밀하게 표면을 덮는 것이 필요하다. 또한 토심의 제약을 받으므로 내건성이 우수한 식물이어야 한다는 보고(Paluo와 Jelena, 2009)를 기준으로 척박한 토양, 강한 햇빛과 건조에 강하고 얇은 토심에서도 잘 자라는 들잔디를 선정하였다.

2.2.3. 실험구조성

실험구 조성은 가로 1 m, 세로 1 m로 제작하였으며, 배수판을 설치하여 배수가 용이하도록 하였고, 공시토양이 빠져나가지 않도록 부직포를 배수판 위에 설치한 후, 각각의 토양을 포설하였다. 조성된 식재지반에 식물재료인 들잔디를 이식하여 실험구 조성을 완료하였다(Fig. 1).

Table 1. Soil mixing compound and mixture ratio that it used for planting soil in this experiment

Soil mixing compound and mixture ratio
Sandloam 100% (SL)
Perlite 70% + Peatmoss 10% + Leafmold 20% (P ₇ P ₁ L ₂)
Perlite 60% + Peatmoss 20% + Leafmold 20% (P ₆ P ₂ L ₂)
Perlite 50% + Peatmoss 30% + Leafmold 20% (P ₅ P ₃ L ₂)
Perlite 40% + Peatmoss 40% + Leafmold 20% (P ₄ P ₄ L ₂)



Fig. 1. Shallow-extensive green roof experiment view treated with different soil thickness and soil mixture at Konkuk Univ. in Chungju.

2.3. 연구방법

2.3.1. 대상지의 기상

기상 측정은 2009년 4월부터 2009년 10월까지 기온 및 강우량을 측정하였다. 강우량은 옥상에서의 정확한 강우량을 측정하기 위하여 1분 단위로 누적된 강우량의 측정기를 사용하였다.

2.3.2. 생육측정

생육측정 항목 중 초장과 녹피율 측정은 실험기간 동안 2주에 1회 지속적으로 실시하였고, 측정기간 중 강우가 내릴 경우 한 주 뒤에 측정하였다. 엽록소 함량은 Minolta사의 Chlorophyll Meter (SPAD-502)로 중간잎을 2주마다 1회씩 측정하였다. 생체중 및 건물중 측정은 각 처리구별로 가로, 세로 10cm × 10cm의 면적에서 채취하였다. 생체중 측정 후 JEIO TECH사의 FO-450M에서 24시간 열풍건조하여 수분을 제거하여 건물중을 잴다. T/R ratio 측정은 생체중 및 건물중의 측정을 위하여 채취한 식물체를 지상부와 지하부로 구분하여 분리한 후 각각의 무게를 측정하여 지상부와 지하부의 비율을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 연구대상지 기상

실험구가 완료된 후 실험을 실시한 4월 1일부터 10월 15일까지의 강수량은 총 759.7mm, 평균기온은 19.8℃를 나타냈다. 실험기간 중 식재초기인 4월, 5월의 경우 무강우의 기간이 길어진 반면, 7월에 강우가 집중되는 경향을 보였다(Fig. 3).

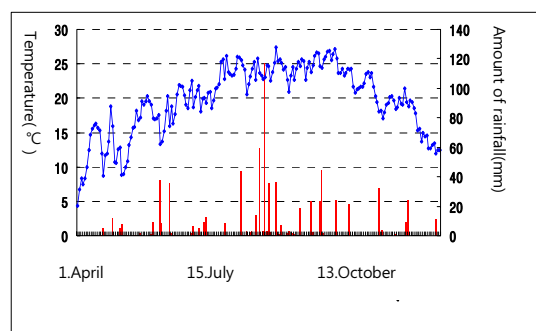


Fig. 2. Change in temperature and amount of rainfall from 1, April to 13, October in this green roof experiment.

3.2. 토심과 토양배합비에 따른 들잔디의 생육특성

3.2.1. 초장의 변화

토심 15 cm에서 초장은 SL처리구 9.59 cm, P₇P₁L₂처리구 12.08 cm, P₆P₂L₂처리구 16.14 cm, P₅P₃L₂처리구 11.33 cm, P₄P₄L₂처리구 10.16 cm로 조사되었다 (Table 3). 통계적으로는 유의한 차이를 나타냈으며, SL = P₄P₄L₂ < P₇P₁L₂ = P₅P₃L₂ < P₆P₂L₂처리구순으로 높았다.

토심 25 cm에서는 SL처리구 13.20 cm, P₇P₁L₂처리구 17.06 cm, P₆P₂L₂처리구 16.11 cm, P₅P₃L₂처리구 15.96 cm, P₄P₄L₂처리구 20.51 cm 로 유의적 차이를 나타냈다. 따라서, SL처리구 < P₇P₁L₂처리구, P₆P₂L₂처리구, P₅P₃L₂처리구 < P₄P₄L₂처리구순으로 초장이 높았다(Table 3). 이는 피트모스의 부피비가 높은 처리구일수록 초장이 높은 것으로 조사되어, 인

공배합도 내 유기물함량이 들잔디의 길이생장에 영향을 미친 것으로 사료된다.

토심에 따른 초장변화를 살펴보면, 토심 25 cm가 토심 15 cm다 다소 높은 경향을 나타내었다(Fig. 3). 토양환경의 차이는 토양 중 공기, 수분 및 영양분의 이동 및 저장 등에 영향을 주게 되며 이러한 차이는 뿌리 발달 및 성장 속도 등 잔디생육에 영향을 주기 때문에 (김과 김, 2010), 토심과 토양배합비간의 토양환경차이가 들잔디 초장에 영향을 준 것으로 추정된다.

3.2.2. 녹피율의 변화

토심 15 cm에서 녹피율은 SL처리구 87.41%, P₇P₁L₂처리구 89.40%, P₆P₂L₂처리구 90.81%, P₅P₃L₂처리구 87.23%, P₄P₄L₂처리구 86.08%로 조사되었다(Table 4). 따라서, 토양배합비에 따른 녹피율의 차이는 나타나지 않으나, 전반적으로 86~90%의 높은 녹피율을 보였다.

토심 25 cm에서 녹피율은 SL처리구 90.26%, P₇P₁L₂처리구 89.03%, P₆P₂L₂처리구 89.21%, P₅P₃L₂처리구 93.46%, P₄P₄L₂처리구 94.73%로, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4).

특히, 생육초기인 약 2달간 토심별 녹피율에 대한 확연한 차이를 보이지 않았으나, 토심 25 cm가 토심 15 cm보다 다소 높게 나타났었다(Fig. 4). 이는 시간이 경과 될수록 토심에 따른 수분보유능력 등의 차이(조, 1989)로 토심 25 cm에서 녹피율이 더 높아진 것으로 판단된다.

Table 3. Plant height of *Zoysia japonica* as affected by different soil thickness and soil mixture ratio

Soil mixture ratio	Soil thickness	
	15cm	25cm
SL	9.59 a*	13.20 a*
P ₇ P ₁ L ₂	12.08 b	17.06 b
P ₆ P ₂ L ₂	16.14 c	16.11 b
P ₅ P ₃ L ₂	11.33 b	15.96 b
P ₄ P ₄ L ₂	10.16 a	20.51 c

* : the same letter in the column are not significant difference at p=0.05 level In Duncan's multiple range test.

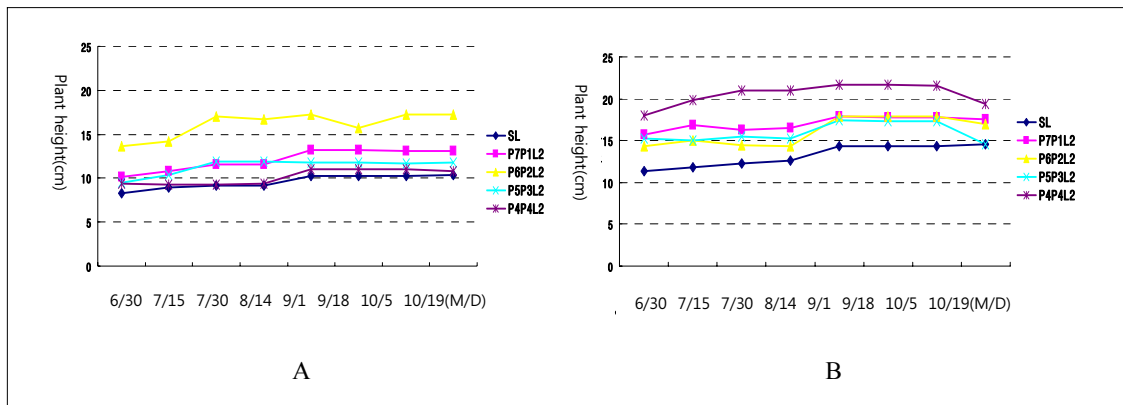


Fig. 3. Change in plant height of *Zoysia japonica* as affected by different soil thickness(A; 15cm and B; 25cm) and soil mixture ratio.

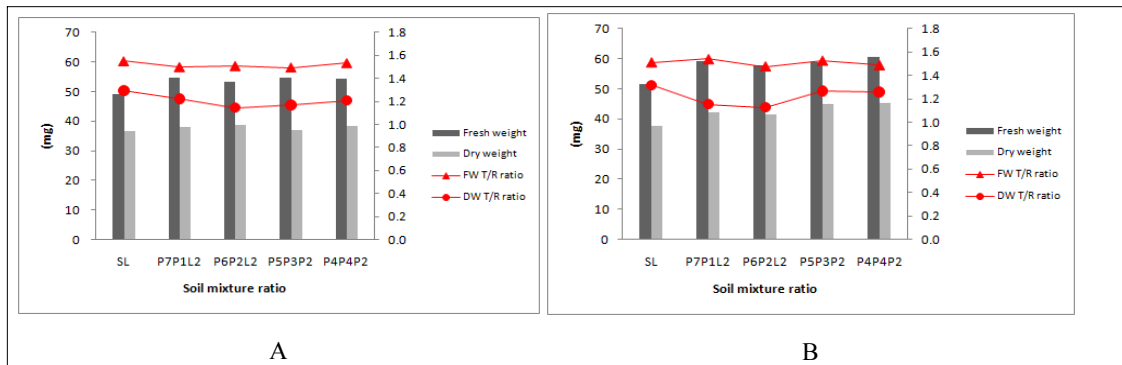


Fig. 4. Change in fresh weight, dry weight, fresh T/R ratio and dry T/R ratio of *Zoysia japonica* as affected by different soil thickness(A; 15cm and B; 25cm) and soil mixture ratio.

3.2.3. 엽록소 함량의 변화

토심 15 cm에서 엽록소함량은 통계적인 유의성을 보이지 않았다. 반면, 토심 25 cm의 경우 SL처리구 28.85, P7P1L2처리구 20.81, P6P2L2처리구 24.96, P5P3L2처리구 24.01, P4P4L2처리구 24.90로 조사되어, SL처리구에서 가장 높게, P7P1L2처리구에서 가장 낮았다(Table 5). 이러한 결과는 토양수분이 부족하게 되면 광합성이 저해되어 엽색이 짙어지고, 엽면적이 적어져 엽록소함량이 증가한 것(김, 2003)으로 판단된다.

3.2.4. 생체중 및 건물중

식물이 성장한다는 것은 크기가 증가함을 의미하며 이는 부피의 증가뿐만 아니라 무게, 세포 수, 원형질의 함량 및 복합성에서도 증가를 보이는 것을 말한다. 이를 측정할 수 있는 중요한 측정방법으로는 부피나 무게의 증가를 살펴보는 것으로 특히 부피의 측정은 식물의 생체량(fresh weight)과 식물의 전체나 그 일부분의 건조량(dry weight)을 재는 것이라고 하겠다. 건조중은 식물의 내적인 부피 또는 생산성에 관심이 높을수록 식물생장의 척도로 활용된다(강 등, 2001). 토양배합비에 따른 들잔디의 생체중과 건조중은 사양토가 가장 낮은 값을, 인공배합토는 다소 높은 값을 보였으나 배합비간의 차이는 확연하지 않았다. 하지만 토심에 있어서는 생체중과 건물중 모두 토심 25 cm가 토심 15 cm보다 높아, 토심이 깊을수록 식물의 생육이 건실한 것으로 분석되었다. 생체 T/R ratio의 경우 지상부의 비율이 다소 높은 것으로 파악되었

으며, 건물 T/R ratio의 경우는 지상부와 지하부의 비율이 비교적 비슷한 값을 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 옥상녹화 식물소재로 지피식물로 활용도가 높은 들잔디(*Zoysia japonica* L.)를 대상으로 무관수의 상태에서 옥상녹화 식재기반시스템에 따른 토양 및 생육을 살펴보고 비교분석함으로써, 차후 기후대응 특히 물부족 문제에 따른 저가 보급형 옥상녹화시스템을 구축하고자 한다.

토심(15 cm, 25 cm)과 토양배합비(SL, P7P1L2, P6P2L2, P5P3L2, P4P4L2)를 각각 다르게 실험구를 조성하였으며, 내건성과 포복력이 뛰어난 들잔디를 식재한 후 기상환경과 생육을 측정하였다.

토심 15 cm에서 초장은 토양배합비에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, SL= P4P4L2 < P7P1L2 = P5P3L2 < P6P2L2 처리구순으로 높았다. 토심 25 cm에서는 SL < P7P1L2, P6P2L2, P5P3L2 < P4P4L2순으로 조사되었다. 녹피율의 경우 토심과 토양배합비에 따른 통계적 차이는 없었으나 전반적으로 86~90%의 높은 피복률이 나타났다. 엽록소 함량의 경우, 토심 15 cm에서 토양배합비에 따른 차이를 보이지 않았으나, 토심 25 cm에서는 자연토가 인공배합토보다 다소 높았다. 생체중과 건물중은 토심 25 cm가 토심 15 cm보다 높았고, 인공배합토가 자연토보다 중량감이 있는 것으로 조사되었다. 따라서 무관수 옥상녹화 시스템에서 들잔디의 생육은 인공배합토가 자연토보다, 토심 25

cm가 토심 15 cm보다 더 양호한 것으로 확인되었다.

참 고 문 헌

- 강영희, 권영명, 김한집, 심용섭, 이진범, 홍영남 역, 1994, 식물생리학, 아카데미서적, 354-357.
- 강 훈, 2001, 산관학파트너십에 의한 옥상녹화시스템의 사례 조성, 석사학위논문, 동아대학교.
- 김경남, 김병준, 2010, USGA 지반 및 약식지반에서 난지형과 한지형 잔디의 대취축적 비교, 한국조경학회지, 38(1), 129-136.
- 김기돈, 2003, 토양수분조절과 저단밀식재배가 토마토의 수량 및 품질에 미치는 영향, 석사학위논문, 배재대학교.
- 김유선, 2004, Sedum속 식물을 이용한 저관리 경량형 옥상녹화, 석사학위논문, 서울시립대학교.
- 김명희, 방광자, 주진희, 한승원, 2003, 옥상조경용 경량 토양이 혼합비와 토심이 3가지 자생초화류의 생육에 미치는 영향, 한국조경학회지, 31(1), 101-107.
- 농촌진흥청, 2000, 토양 및 식물체 분석법, 농촌진흥청, 29-130.
- 심준영, 김유일, 1997, 근교농촌의 경관유형에 따른 고층 건물의 관찰거리 및 규모와 경관선호도와의 관계, 한국조경학회지, 25(1), 112-123.
- 이규석, 서병기, 2000, 소규모 아파트단지 조경수목 특성에 관한 연구, 한국전통조경학회지, 18(1), 140-145.
- 엄준용, 2003, 생태원리를 도입한 도시옥상녹화 설계, 석사학위논문, 한양대학교.
- 이충국, 2003, 새로운 옥상녹화 모델의 시스템 성능에 관한 실험적 연구, 석사학위논문, 인하대학교.
- 임금성, 2000, 생태건축에서 옥상녹화의 설계 및 시공에 관한 연구, 석사학위논문, 연세대학교.
- 장중근, 2004, 도심의 공원녹지 확충을 위한 옥상녹화의 환경 및 경제적 효과 분석, 석사학위논문, 계명대학교.
- 조인상, 1989, 토성 및 유효토심의 차이가 토양수분 변화에 미치는 영향, 농시연보, 31(1), 6-13.
- 최희선, 이용범, 2001, 광 환경에 따른 옥상녹화용 자생 초화류 선발 및 몇종 자생 초화류들의 CO₂ 및 SO₂ 흡수 능력, 원예과학기술지, 19(1), 112.
- 하화용, 2002, 세덤속 식물을 이용하여 옥상 정원 소재의 개발, 석사학위논문, 한경대학교.
- 홍태식, 2002, 건축물 옥상의 녹화 기법에 관한 연구, 석사학위논문, 단국대학교.
- 환경부, 1999, 보급형 옥상녹화를 위한 가이드북, 1-15.
- Paulo, C. T. V., Jelena, S., 2009, The Role of Plants in the Reduction of Heat Flux through Green Roofs, American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 115(2), 793-803.