

# 저토심 옥상녹화 시스템에서 돌나물(*Sedum sarmentosum*)의 생육에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과

허근영\* · 김인혜\*\* · 강호철\*

\*진주산업대학교 조경학과 · \*\*경상대학교 대학원 응용생명과학부

## Effects of Artificial Substrate Type, Soil Depth, and Drainage Type on the Growth of *Sedum sarmentosum* Grown in a Shallow Green Rooftop System

Huh, Keun-Young\* · Kim, In-Hye\*\* · Kang, Ho-Chul\*

\*Dept. of Landscape Architecture, Jinju National Univ.

\*\*Division of Applied Life Science, Graduate School, Gyeongsang National Univ.

### Abstract

This study was carried out to research and develop a shallow green rooftop system which would require low maintenance and therefore could be used for existing rooftops. To achieve these goals, the conceptual model was induced by past studies and the experimental systems were deduced from the conceptual model. On the growth of *Sedum sarmentosum* grown in these rooftop systems, the effects of artificial substrate type, soil depth, and drainage type were investigated from 3 April to 11 October 2002. Artificial substrates were an alone type and a blending type. The alone type was an artificial substrate formulated by blending crushed porous glass with bark(v/v, 6:4). The blending type was formulated by blending the alone type with loam(v/v, 1:1). Soil depths were 5cm, 10cm, and 15cm. Drainage types were a reservoir-drainage type and a drainage type. The reservoir-drainage type could keep water and drain excessive water at the same time. The drainage type could drain excessive water but could not keep water. Covering area, total fresh and dry weight, visual quality, and water content per 1g dry matter were measured. All the variables were analyzed by correlation analysis and factor analysis.

The results of the study are summarized as follows. The growth increment was higher in the blending type than in the alone type, the highest in 10cm soil depth, and higher in the reservoir-drainage type than in the drainage type. The growth quality was higher in the blending type than in the alone type, the highest in 10cm soil depth, and higher in the drainage type than in the reservoir-drainage type. In consideration of the permissible load on the existing rooftops and the effects of the treatments on the growth increment and quality, the system should adopt the blending type in artificial substrate types, 5~10cm in soil depths, and the drainage type in drainage types. This system will be well-suited to the growth of *Sedum sarmentosum*, and when the artificial substrate was in field capacity, the weight will be 75~115kg/m<sup>2</sup>.

Key Words : Artificial Substrate, Drainage, Green Rooftop, *Sedum*, Soil Depth.

## I. 서론

최근 도시의 생태적 문제를 해결할 수 있는 방안으로서 옥상녹화에 많은 관심이 집중되고 있다. 옥상녹화는 대지의 부족 및 높은 지가 등으로 녹지공간을 확보하기 힘든 도심에서 쓸모 없이 버려진 옥상공간을 활용한다는 중요한 의미를 가진다(현대건설 기술연구소, 1997). 특히, 서울시에서 도시화 지역은 242.21km<sup>2</sup>이며 녹화가 가능한 평탄한 옥상 및 지붕 면적은 도시화 지역의 70%를 차지하는 약 253.59km<sup>2</sup>로 보고되었고, 실제로 녹화 가능한 건축물의 옥상 및 지붕 면적이 200km<sup>2</sup>이상이라고 추측하고 있다(서울특별시, 2000).

옥상녹화는 건축 및 토목구조물 등의 불투수층 구조물 위에 토양층을 포함한 식재기반을 조성하고 식재하는 것을 의미한다(한국조경학회, 1999; 허근영과 심경구, 2000). 따라서 옥상녹화는 특수한 녹화기술이 요구되어진다. 이미 관련한 많은 연구들이 환경부, 한국건설기술연구원, 한국주택공사, 서울특별시, 옥상녹화연구회, 관련업체 등에 의해서 다각적으로 진행되어 왔으며, 인공토양을 포함한 식재기반의 구성소재들은 상당한 기술적 진보가 이루어졌다(이성기 등, 2002). 옥상녹화 기술의 핵심은 식물의 생육을 건전하게 유지할 뿐만 아니라 동시에 건축물에 미치는 하중을 최소화할 수 있는 식재지반, 즉 식물의 뿌리가 생육할 수 있는 토양층을 조성하는 것이다(대한주택공사 주택연구소, 1995; 이은엽과 문석기, 2000; 최희선 등, 2001; 허근영과 심경구, 2001). 이 두 가지 필요조건을 동시에 만족시키기 위해서 식재지반 조성시 경량의 인공토양을 단용 또는 혼용하여 사용하고 있으며 생육 가능한 범위 내에서 토양층의 토심을 최소화시키고자 한다(허근영 등, 2002).

그럼에도 불구하고 기존 건축물 옥상의 적재하중을 살펴보면 적재물이 거의 없는 옥상이 100kg/m<sup>2</sup>이고, 사무실, 학교, 주거용 건축물이 180~200kg/m<sup>2</sup>으로 옥상녹화를 고려한 신축건물에서 도입되고 있는 공법을 기존 건축물에 적용하는 것은 많은 위험 부담을 가지게 된다(서울특별시, 2000; 현대건설 기술연구소, 1997).

본 연구는 기존 건축물 옥상녹화에 적용 가능하며 관리가 간편한 저토심 옥상녹화 시스템 개발을 위한 연구의 일환으로서 제안된 저토심 옥상녹화 시스템에서

돌나물(*Sedum sarmentosum*)의 생육에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과를 구명하고자 수행되었다. 연구목적을 달성하기 위해서 시스템의 개념적 모델을 선행연구로부터 유추하고 이것으로부터 실험을 위한 시스템들을 제안하고, 저토심 옥상녹화에 적합한 지피식물로서 보고된 돌나물을 식물재료로 선정하며, 세덤류(*Sedum* spp.)를 이용한 옥상녹화 공법에 사용되고 있는 인공토양을 단용 또는 노지토양과 혼용한 인공배지를 사용하여 제안된 시스템에서 돌나물의 생육에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과를 구명하고 최종으로 이 시스템이 건축물 옥상에 미치는 하중을 평가하고자 하였다.

## II. 연구방법

본 연구는 제안된 저토심 옥상녹화 시스템에서 돌나물의 생육에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과를 구명하는 생육실험과 이 시스템이 기존 건축물 옥상에 미치는 하중을 평가하는 실험으로 구분하여 수행하였다.

### 1. 저토심 옥상녹화 시스템에서 돌나물의 생육에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과

#### 1) 공시재료

식물재료는 돌나물로 하였다. 돌나물을 식물재료로 선택한 이유는 국내에 자생하며 광범위한 지역에서 생육이 양호하고(권순태와 정정학, 1999; 류병열, 2000; 심용구 등, 1998), 낮은 토심의 인공지반 녹화에서 이용 가능할것으로 보고되었기 때문이다(서울특별시, 2000). 인공배지는 'SEDUM 옥상녹화공법'을 개발한 H-회사에서 사용하고 있는 인공토양을 단용으로 처리한 것과 인공지반 녹화에서 노지토양과 혼용시 많이 사용되고 있는 혼합비 중의 하나인 부피비 1:1로 인공토양을 노지토양과 혼합하여 조성한 것으로 하였고(이성기 등, 2002), 아래에서 전자를 '인공토양 단용'이라 명명하고 후자를 '인공토양 혼용'이라 명명하였다. 공시된 인공토

양은 폐유리 미분 100에 발포제를 1~2 정도 첨가하고, 착색제를 1 정도 첨가한 후, 6~8℃·min<sup>-1</sup>으로 승온하여 750~850℃의 온도에서 발포시킨 다공질 유리를 수냉식으로 급랭하고, 분쇄기로 이송하여 10mm 이하로 분쇄하고 입도를 조절하여 얻어진 다공질 유리 파쇄물과 수피를 부피비 6:4로 혼합하여 조성된 인공토양이며(허근영과 심경구, 2001), 노지토양은 나지에서 채취한 양토(모래 46%, 미사 40%, 점토 14%)이다. 인공토양 단용과 인공토양 혼용의 이화학적 특성과 입도분포는 각각 표 1과 표 2와 같다. 여기서, 입도분포는 인공배지들 모두가 입자의 비중이 서로 다른 물질들의 혼합물인 이유로 다공질 유리 파쇄물, 수피, 그리고 노지토양의 입도분포를 중량비로 각각 측정된 후에 이 측정값을 다시 인공배지의 조성 혼합비로 환산하고 합산하여 산출하였다(허근영과 심경구, 2000).

표 1. 공시된 인공토양 단용과 인공토양 혼용의 이화학적 특성

분석항목	단위	인공토양 단용	인공토양 혼용
용적밀도	g · cm <sup>-3</sup>	0.38	0.87
공극률	%	67.8	50.4
포장용수량	%	37.6	41.2
포화투수계수	cm · s <sup>-1</sup>	1.87×10 <sup>-1</sup>	8.2×10 <sup>-2</sup>
pH	-	7.0	6.8
EC	mS · cm <sup>-1</sup>	0.71	0.97
Org. C	g · kg <sup>-1</sup>	62.6	27.9
T-N	g · kg <sup>-1</sup>	0.73	1.82
Bray 1-P	mg · kg <sup>-1</sup>	7.3	81.6
CEC	cmol · kg <sup>-1</sup>	11.2	8.6
Ex-Ca	cmol · kg <sup>-1</sup>	4.74	8.8
Ex-Mg	cmol · kg <sup>-1</sup>	0.67	1.44
Ex-K	cmol · kg <sup>-1</sup>	0.31	0.37
Ex-Na	cmol · kg <sup>-1</sup>	0.42	0.36

표 2. 공시된 인공토양 단용과 인공토양 혼용의 입도분포

입경 (mm)	입도분포(중량비, %)	
	인공토양 단용	인공토양 혼용
> 2.00	72	36
2.00-0.05	25	36
< 0.05	3	28

2) 실험방법

본 실험은 2002년 4월 3일부터 2002년 10월 11일까지 하루 중에 햇빛이 가려지는 일이 없는 4층 건물 옥상에서 수행되었다. 먼저 토양층과 식물의 생육에 관련하여 독일의 DAKU 시스템, H회사의 옥상녹화 세덤(SEDUM) 신공법, R회사의 CERA-SOIL 공법, 서울특별시와 한국건설기술연구소에서 제안한 보급형 옥상녹화 공법 등을 검토한 후(박중성, 2000; 서울특별시, 2000; 이은엽과 분석기, 2000; 현대건설 기술연구소, 1997; Boivin *et al.*, 2001; Huang and Gao, 2000; Nash and Graves, 1993; Taylor *et al.*, 1993), 이것을 근거로 하여 그림 1과 같은 저토심 옥상녹화 시스템의 개념적 모델을 유추하고 이 모델에 준하여 표 3과 같이 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태를 구분하고 실험구를 조성하였다.

배수 형태는 그림 1-a와 같이 배수구가 최하단부에 위치한 배수형 처리와 그림 1-b와 같이 배수구가 최하단부에서 5cm 높이에 위치하여 저수(貯水)와 배수가 가능한 저수·배수형 처리로 하였다. 인공배지의 종류는 앞서 언급한 인공토양 단용(이하 '단용'이라고 한다)과 인공토양 혼용(이하 '혼용'이라고 한다)으로 하였다. 토양층의 토심은 5cm, 10cm, 15cm로 하였다. 배수층은 H회사의 옥상녹화 세덤(SEDUM) 신공법과 R회사의 CERA-SOIL 공법을 근거로 하여 배수형과 저수·배수형

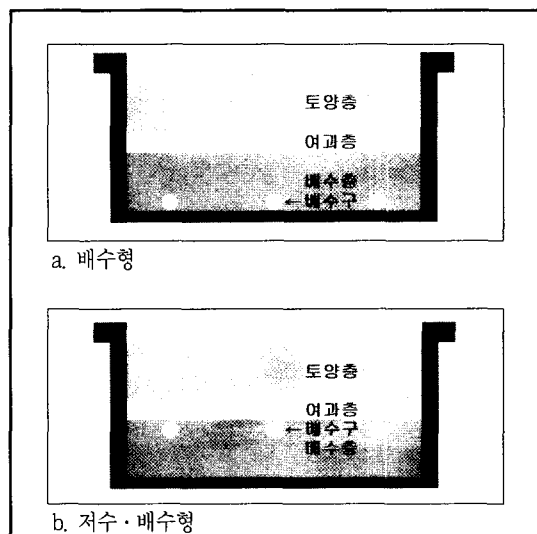


그림 1. 저토심 옥상녹화 시스템 기본 유형

수형 처리 모두 동일하게 저수·배수형 처리를 기준으로 최저면부로부터 배수구가 위치한 높이인 5cm 높이 까지 앞서 언급한 다공질 유리 파쇄물을 포설하여 조성하였으며, 여과층은 일반적으로 사용되고 있는 부직포로 조성하였다. 각 처리는 3반복으로 하였고 각 처리 내에는 2반복으로 식물체를 식재하였으며 실험구는 두께 5cm의 발포폴리스티렌 위에 완전입의배치로 배치하였다.

직경 9cm×높이 8.5cm의 포트에서 재배된 돌나물을 구입하여 균일한 식물체를 선발하고 4월 3일에 가로 44cm, 세로 34cm이고 깊이가 H10cm, H15cm, H20cm인 각각의 식재상자에 2포트씩 정식하였다. 관수는 정식 후 1주 동안 1회/일 관수하였고 그 후에는 관수하지 않았으며, 시비는 실험기간 동안 실시하지 않았다.

### 3) 조사 및 분석

생육조사는 피복면적, 총생체중, 총건물중, 시각적 질, 그리고 수분함량으로 구분하여 수행하였다. 피복면적은 정식 후에 2개월이 경과한 6월부터 10월까지 2개월마다 각각의 실험구 위에서 등비율로 사진촬영을 하고 AutoCAD 2000(Autodesk, Inc., 1996)를 이용하여 그 면적을 계산하고 환산하여 산출하였다. 총생체중과 총건물중은 10월 11일에 채취하여 잎, 줄기, 뿌리를 구분하지 않고 전체로 측정하였다. 시각적 질은 피복면적을 조사할 때 함께 조사하였다. 시각적 질은 식물의 생육량을 제외한 녹색의 정도, 형태, 스트레스로 인한 피해 유무 또는 정도 등을 종합적으로 평가한 것으로 각각의 조사자가 동일한 시기에 모든 처리에서 돌나물의 생육을 관찰하고 매우 불량, 중간, 그리고 매우 양호한 상태를 구분한 후에 최종적으로 9점 척도(매우 불량=1점; 매우 양호=9점)로 각각의 처리에 자란 돌나물의 생육상태를 평가하여 얻어진 것이다(태현숙 등, 2000; Boivin *et al.*, 2001; Shepard and DiPaola, 2000). 수분함량은 단위 건물(g) 당 수분함량(g)으로 조사시키는 많은 비가 온 후 2일이 경과한 7월 4일, 15일이 경과한 8월 5일, 그리고 10일이 경과한 9월 10일에 각 처리에서 지상부의 식물체 일부를 채취하여 생체중과 건물중을 측정하고 생체중에서 건물중을 감하고 이것을 건물중으로 나누어서 산출하였다(Wood *et al.*, 1994).

조사된 자료들은 돌나물의 생육을 여러 가지 측면에서 평가하기 위한 변수들로서 서로 상관을 가지며 집단화될 것으로 예측되었다. 따라서 조사된 모든 변수들을 SPSS Ver. 8.0 (SPSS Inc., 1997)을 이용하여 상관분석하였으며 그 분석결과에서 변수들간의 상관이 많이 나타나고 집단화되는 것으로 분석되어 부가적으로 요인분석을 실시하였다. 그리고 각각의 변수는 처리들간의 유의성을 분석하기 위하여 SAS Ver. 6.12(Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., 1989)를 이용하여 단칸의 다중검정법으로 통계처리 하였으며 유의수준은 5%로 하였다.

## 2. 저토심 옥상녹화 시스템이 건축물 옥상에 미치는 하중

저토심 옥상녹화 시스템이 건축물 옥상에 미치는 하중을 분석하기 위해서 각 처리들의 중량을 3반복으로 측정하였다(표 3 참조). 측정은 생육이 충분히 진행된 시기에 많은 비가 온 다음 날을 택하여 수행하였고 그 중에서 가장 높은 측정값을 나타낸 9월 17일의 측정값을 선정하여 식재상자를 제외한 총중량을 단위면적 당 중량으로 환산하여 그 평균과 표준편차를 산출하였다. 실험장소에서 9월 15일부터 9월 16일까지 총강수량은 114.5mm이었다.

표 3. 생육실험에서 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 처리

처리 구분	배수 형태	인공배지 종류	토심(cm)
처리 1	배수형	단용	5
처리 2	배수형	단용	10
처리 3	배수형	단용	15
처리 4	배수형	혼용	5
처리 5	배수형	혼용	10
처리 6	배수형	혼용	15
처리 7	저수·배수형	단용	5
처리 8	저수·배수형	단용	10
처리 9	저수·배수형	단용	15
처리 10	저수·배수형	혼용	5
처리 11	저수·배수형	혼용	10
처리 12	저수·배수형	혼용	15

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 피복면적, 총생체중, 총건물중, 시각적 질, 그리고 수분함량의 상관 및 요인분석

2002년 4월 3일에 식재되어 각각의 처리에서 생육 중인 들나물의 6월 12일, 8월 5일, 10월 8일 피복면적 및 시각적 질, 10월 11일에 채취하여 측정된 총생체중 및 총건물중, 그리고 7월 4일, 8월 5일, 9월 10일 수분함량을 전체적으로 상관분석하였으며, 그 결과는 표 4와 같다.

피복면적에서 6월은 8월 및 10월과 상관이 없는 것으로 나타났고 8월과 10월은 통계적으로 매우 유의성( $P < 0.05$ ) 있는 양(+)의 상관을 나타냈다. 총생체중과 총건물중은 매우 유의성( $P < 0.01$ ) 있는 양(+)의 상관을 나타냈다. 시각적 질에서 6월은 8월과 유의성 있는 양(+)의 상관을 나타냈고 8월은 10월과 매우 유의성 있는 양(+)의 상관을 나타냈으며 6월과 10월간에는 통계

적 유의성이 나타나지 않았지만 일관성 있는 경향을 보였다. 많은 비가 온 후 2일이 경과한 7월 4일 수분함량은 10일이 경과한 9월 10일 수분함량과 음(-)의 상관을 가지는 경향을 보였고 15일이 경과한 8월 5일 수분함량은 10일이 경과한 9월 10일 수분함량과 양(+)의 상관을 가지는 경향을 보였다.

6월 피복면적을 제외하고 8월과 10월 피복면적은 총생체중 및 총건물중과 매우 유의성 있는 양(+)의 상관을 나타냈다. 10월 피복면적을 제외하고 6월과 8월 피복면적은 시각적 질과 상관이 없는 것으로 나타났다. 피복면적은 수분함량과 상관이 없는 것으로 나타났다. 총생체중 및 총건물중은 시각적 질과 상관이 없으며 수분함량과도 상관이 없는 것으로 나타났다. 7월 4일 수분함량을 제외하고 8월 5일 수분함량은 시각적 질과 매우 유의성 있는 양(+)의 상관을 가지고 9월 10일 수분함량은 시각적 질과 일관성 있게 양(+)의 상관을 가지는 경향을 보였다.

위의 상관분석을 통하여 변수들이 상관을 가지며 집단화됨을 인식하고 요인분석을 통하여 통계적으로 변

표 4. 들나물의 피복면적, 총생체중, 총건물중, 시각적 질, 그리고 수분함량의 상관

변수명 (월/일)	피복면적 (6/12)	피복면적 (8/5)	피복면적 (10/8)	총생체중 (10/11)	총건물중 (10/11)	시각적 질 (6/12)	시각적 질 (8/5)	시각적 질 (10/8)	수분함량 (7/4)	수분함량 (8/5)	수분함량 (9/10)
피복면적 (6/12)	1.000	-	-	-	-						
피복면적 (8/5)	0.083 0.797	1.000	-	-	-						
피복면적 (10/8)	-0.091 0.778	0.872** 0.000	1.000	-	-						
총생체중 (10/11)	0.138 0.668	0.897** 0.000	0.801** 0.002	1.000	-						
총건물중 (10/11)	0.107 0.740	0.914** 0.000	0.808** 0.001	0.968** 0.000	1.000						
시각적 질 (6/12)	-0.228 0.477	0.346 0.270	0.486 0.109	0.318 0.313	0.310 0.327	1.000					
시각적 질 (8/5)	-0.397 0.201	0.368 0.240	0.636* 0.026	0.408 0.188	0.294 0.354	0.698* 0.012	1.000				
시각적 질 (10/8)	-0.205 0.522	0.450 0.142	0.719** 0.008	0.430 0.163	0.390 0.211	0.545 0.067	0.756** 0.004	1.000			
수분함량 (7/4)	-0.494 0.102	0.301 0.342	0.085 0.792	0.341 0.278	0.371 0.235	-0.042 0.898	-0.096 0.767	-0.195 0.545	1.000		
수분함량 (8/5)	-0.635* 0.027	0.183 0.569	0.532 0.075	0.121 0.707	0.117 0.718	0.729** 0.007	0.787** 0.002	0.718** 0.009	-0.010 0.975	1.000	
수분함량 (9/10)	-0.114 0.724	-0.378 0.226	0.024 0.941	-0.197 0.540	-0.279 0.380	0.352 0.261	0.526 0.079	0.585* 0.046	-0.546 0.066	0.531 0.076	1.000

\*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$

수들을 분류하고 정의하고자 하였다. 상대적으로 뚜렷한 상관 또는 공통성을 나타내지 않는 변수들을 제외시키며 요인분석을 실시한 결과에서 6월 피복면적, 6월 시각적 질, 그리고 7월 4일 수분함량이 제외되었을 때에 KMO값은 0.576으로 받아들일 수 있는 수준의 모델을 얻었다. 이 모델은 Bartlett의 구형성검정치가 102.190이고 이 값의 유의수준은 0.000으로 요인분석 사용이 적합하며 공통요인이 존재한다고 볼 수 있었다.

최종적으로 이 모델을 요인분석한 결과에서 8개의 변수는 2개의 요인으로 집단화됨을 알 수 있었다(표 5 참조). 하나의 집단은 8월과 10월 피복면적, 총생체중, 그리고 총건물중이며 요인명을 생육량이라고 명명하였고, 다른 하나는 8월과 10월 시각적 질과 8월 5일과 9월 10일 수분함량이며 요인명을 생육적 질이라고 명명하였다. 피복면적, 총생체중, 그리고 총건물중을 통하여 돌나물의 생육량에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과를 구명할 수 있고, 시각적 질과 수분함량을 통하여 돌나물의 생육적 질에 대한 그 효과를 구명할 수 있다고 판단하였기 때문이었다.

2. 돌나물의 생육량에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과

피복면적은 조사기간 중 지속적으로 증가하였다. 6월 12일 피복면적을 살펴보면 처리 9에서 자란 돌나물

표 5. 저토심 옥상녹화 시스템에서 자란 돌나물의 피복면적, 총생체중, 총건물중, 그리고 수분함량의 회전 성분행렬

변수명(월/일)	요인	
	생육량	생육적 질
피복면적(8/5)	0.980	6.710E-02
총건물중(10/11)	0.968	3.317E-02
총생체중(10/11)	0.950	0.103
피복면적(10/8)	0.845	0.469
수분함량(8/5)	0.110	0.883
시각적 질(8/5)	0.312	0.859
시각적 질(10/8)	0.378	0.850
수분함량(9/10)	-0.392	0.816

요인추출 방법: 주성분 분석

회전방법: Kaiser 정규화가 있는 Varimax

이 가장 높은 값을 나타냈고, 처리 2, 처리 8, 처리 12에 자란 것들은 처리 9에서 자란 것과 통계적 유의차를 나타내지 않았다(표 6 참조). 처리 7에서 자란 것이 가장 낮은 값을 나타냈고, 다음은 처리 5에서 자란 것이 낮은 값을 나타냈으며, 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 처리 5와 처리 7에서 자란 것들은 처리 2, 처리 8, 처리 9, 그리고 처리 12에서 자란 것들과 비교하여 통계적으로 유의성 있게 낮은 값을 나타냈다. 8월 5일 피복면적을 살펴보면 처리 11에서 자란 것이 가장 높은 값을 나타냈고, 다음은 처리 12에서 자란 것이 높은 값을 나타냈으며, 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 처리 5, 처리 6, 처리 8, 그리고 처리 10에서 자란 것들도 처리 11에서 자란 것과 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 처리 3에서 자란 것이 가장 낮은 값을 나타냈고, 앞서 언급된 처리들에서 자란 것들과 통계적 유의차를 나타냈다. 10월 10일 피복면적을 살펴보면 처리 11에서 자란 것이 8월 5일에서 나타난 결과와 동일하게 가장 높은 값을 나타냈고, 처리 5, 처리 6, 처리 12에 자란 것들은 처리 11에서 자란 것과 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 처리 3과 처리 7에서 자란 것들은 6월 12일과 8월 5일에 나타난 결과와 동일하거나 유사하게 매우 낮은 값을 나타냈고, 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 처리 3과 처리 7에서 자란 것들은 처리 5, 처리 6, 처리 11, 그리고 처리 12에서 자란 것들과 비교하여 통계적으로 유의성 있게 낮은 값을 나타냈다.

피복면적에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과는 6월 12일까지는 단용 처리가 혼용 처리보다 피복면적을 증가시키고 토심이 증가함에 따라서 피복면적이 증가하며 저수·배수형 처리가 배수형 처리보다 피복면적을 증가시키는 경향을 보였다. 8월 5일까지는 혼용 처리가 단용 처리보다 피복면적을 증가시키고 토심 10cm 처리에서 피복면적이 최대이며 저수·배수형 처리가 배수형 처리보다 피복면적을 증가시키는 경향을 보였다. 10월 10일까지는 혼용 처리가 단용 처리보다 피복면적을 증가시키고 토심 10cm 처리에서 피복면적이 우수하며 저수·배수형 처리가 배수형 처리보다 피복면적을 증가시키는 경향을 보였다.

총생체중에서는 처리 11에서 자란 것이 8월 5일과

10월 10일 피복면적에서 나타난 결과와 동일하게 가장 높은 값을 나타냈고 다음은 처리 12에서 자란 것이 높은 값을 나타냈으며 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다(표 6 참조). 처리 3과 처리 7에서 자란 것들은 8월 5일과 10월 10일 피복면적에 나타난 결과와 동일하게 매우 낮은 값을 나타냈고, 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 처리 3과 처리 7에서 자란 것들의 총생체중은 처리 11과 처리 12에서 자란 것들의 총생체중과 통계적 유의차를 나타냈다.

총건물중에서는 처리 11에서 자란 것이 일관성 있게 가장 높은 값을 나타냈고 다음은 처리 12에서 자란 것이 높은 값을 나타냈으며 처리 8에서 자란 것도 높은 값을 나타냈다. 처리 4, 처리 5, 그리고 처리 6에서 자란 것들도 처리 11에서 자란 것과 통계적 유의성을 나타내지 않았다. 처리 3에서 자란 것과 처리 7은 일관성 있게 매우 낮은 값을 나타냈고, 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 처리 3과 처리 7에서 자란 것들의 총건물중은 처리 11에서 자란 것의 총건물중과 통계적 유의차를 나타냈다.

총생체중과 총건물중에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과는 피복면적에 대한 효과와 일관성 있게 혼용 처리가 단용 처리보다 총생체중과 총건물중을 증가시키고 토심 10cm 처리에서 가장 높은 값

을 나타내며 저수·배수형 처리가 배수형 처리보다 총생체중과 총건물중을 증가시키는 경향을 보였다.

### 3. 들나물의 생육적 질에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과

시각적 질은 조사기간 중 8월에 가장 높은 값을 나타냈다(표 7 참조). 6월 12일 시각적 질을 살펴보면 동일한 시기에 피복면적에서는 낮은 값을 나타냈던 처리 5에서 자란 들나물이 가장 높은 값을 나타냈고 다음은 처리 4에서 자란 것이 높은 값을 나타냈으며 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 처리 3, 처리 6, 처리 11, 그리고 처리 12에서 자란 것들도 처리 5에서 자란 것과 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 동일한 시기에 피복면적에서는 가장 낮은 값을 나타냈던 처리 7에서 자란 것이 가장 낮은 값을 나타냈다. 8월 5일 시각적 질을 살펴보면 처리 6에서 자란 것이 가장 높은 값을 나타냈고 다음은 처리 5에서 자란 것이 지속적으로 높은 값을 나타냈으며 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 동일한 시기에 피복면적에서는 매우 높은 값을 나타냈던 처리 11과 처리 12에서 자란 것들도 높은 값을 나타냈으며 처리 6에서 자란 것과 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 동일한 시기에 피복면적

표 6. 각각의 처리에서 생육 중인 들나물의 월 피복면적, 총생체중, 그리고 총건물중

처리 구분	배수 형태	인공배지 종류	토심 (cm)	피복면적(m <sup>2</sup> )			총생체중 (g)	총건물중 (g)
				6월 12일	8월 5일	10월 10일		
처리 1	배수형	단용	5	0.034bc*	0.071bc	0.114cd	136.25bc*	18.56bc
처리 2	배수형	단용	10	0.043ab	0.071bc	0.110cd	138.75bc	21.16bc
처리 3	배수형	단용	15	0.032bc	0.066c	0.099d	107.50c	15.57c
처리 4	배수형	혼용	5	0.034bc	0.077bc	0.113cd	177.50bc	25.15abc
처리 5	배수형	혼용	10	0.025c	0.102ab	0.167ab	160.00bc	27.20abc
처리 6	배수형	혼용	15	0.035bc	0.100ab	0.174ab	177.50bc	26.65abc
처리 7	저수·배수형	단용	5	0.023c	0.070bc	0.090d	103.75c	16.32bc
처리 8	저수·배수형	단용	10	0.040ab	0.092abc	0.126bcd	183.75bc	32.07abc
처리 9	저수·배수형	단용	15	0.052a	0.083bc	0.102cd	131.25bc	20.62bc
처리 10	저수·배수형	혼용	5	0.030bc	0.089abc	0.109cd	163.75bc	26.43abc
처리 11	저수·배수형	혼용	10	0.033bc	0.122a	0.198a	287.01a	42.65a
처리 12	저수·배수형	혼용	15	0.043ab	0.119a	0.151abc	242.75ab	34.22ab

\*: Duncan의 다중검정법에 의한 평균간 비교(P < 0.05)

표 7. 각각의 처리에서 생육 중인 돌나물의 시각적 질

처리 구분	배수 형태	토양 종류	토심 (cm)	시각적 질		
				6월 12일	8월 6일	10월 8일
처리 1	배수형	단용	5	4.77bcd*	7.77abc	5.61a
처리 2	배수형	단용	10	5.11bcd	7.33bcd	4.23bc
처리 3	배수형	단용	15	5.61abc	7.77abc	3.42c
처리 4	배수형	혼용	5	5.77ab	8.22ab	5.66a
처리 5	배수형	혼용	10	6.27a	8.33a	6.33a
처리 6	배수형	혼용	15	5.27abc	8.38a	6.14a
처리 7	저수·배수형	단용	5	4.16d	7.05cde	3.61c
처리 8	저수·배수형	단용	10	4.77bcd	6.66de	4.00bc
처리 9	저수·배수형	단용	15	4.61cd	6.22e	4.00bc
처리 10	저수·배수형	혼용	5	5.22bcd	6.83cde	3.95bc
처리 11	저수·배수형	혼용	10	5.38abc	8.16ab	5.57a
처리 12	저수·배수형	혼용	15	5.38abc	8.05ab	4.66b

\*: 던칸의 다중검정법에 의한 평균간 비교(P < 0.05)

에서는 낮은 값을 나타냈던 처리 1, 처리 3, 그리고 처리 4에서 자란 것들도 처리 6에서 자란 것과 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 처리 9에서 자란 것이 가장 낮은 값을 나타냈고, 다음은 처리 8과 처리 10에서 자란 것이 낮은 값을 나타냈다. 10월 8일 시각적 질을 살펴보면 6월과 8월 시각적 질에서 지속적으로 높은 값을 나타냈던 처리 5에서 자란 것이 가장 높은 값을 나타냈고 다음은 처리 6에서 자란 것이 높은 값을 나타냈으며 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 처리 1, 처리 4, 그리고 처리 11에서 자란 것들도 처리 5에서 자란 것과 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 처리 3에서 자란 것이 가장 낮은 값을 나타냈고 다음은 처리 7에서 자란 것이 낮은 값을 나타냈다.

시각적 질에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과를 살펴보면 6월 12일까지는 혼용 처리가 단용 처리보다 시각적 질을 증가시키고 토심 10cm 처리에서 시각적 질이 우수하며 배수형 처리가 저수·배수형 처리보다 시각적 질을 증가시키는 경향을 보였다. 8월 5일까지는 토심의 효과는 일관성이 없었지만 나머지 처리들은 6월 12일까지의 경향과 동일하였으며, 10월 10일까지는 모든 처리들이 6월 12일까지의 경향과 동일하였다.

수분함량은 지상부의 단위 건물 당 수분함량으로 7

월 4일 수분함량은 많은 비가 온 후 2일이 경과한 시점에서의 수분함량이며 8월 5일 수분함량은 15일이 경과한 시점에서의 수분함량이고 9월 10일 수분함량은 10일이 경과한 시점에서의 수분함량이었다(표 8 참조). 7월 4일 수분함량을 살펴보면 처리 10에서 자란 것이 가장 높은 값을 나타냈고 다음은 처리 11과 처리 7에서 자란 것이 높게 나타났으며 처리들간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 처리 2에서 자란 것이 가장 낮은 값을 나타냈고 다음은 처리 6과 처리 1에서 자란 것이 낮은 값을 나타냈으며 처리들간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 8월 5일 수분함량을 살펴보면 처리 5에서 자란 것이 가장 높은 값을 나타냈고 다음은 처리 11에서 자란 것이 높은 값을 나타냈으며 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타났다. 처리 9에서 자란 것이 가장 낮은 값을 나타냈고 다음은 처리 8에서 자란 것이 낮은 값을 나타냈으며 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 9월 10일 수분함량을 살펴보면 처리 4에서 자란 것이 가장 높은 값을 나타냈고 다음은 처리 1에서 자란 것이 높은 값을 나타냈으며 두 처리간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 처리 2, 처리 5, 그리고 처리 6에서 자란 것들도 높은 값을 나타냈다. 처리 12에서 자란 것이 가장 낮은 값을 나타냈고 다음은 처리 10과 처리 7에서 자란 것들이 낮은 값을 나타냈으며

표 8. 각각의 처리에서 생육 중인 돌나물의 수분함량

처리 구분	배수 형태	인공배지 종류	토심 (cm)	수분함량(g/g)		
				7월 4일	8월 5일	9월 10일
처리 1	배수형	단용	5	9.81c*	14.43bc	12.71ab
처리 2	배수형	단용	10	9.30c	13.89bcd	12.08bc
처리 3	배수형	단용	15	10.43bc	14.29bc	10.91cde
처리 4	배수형	혼용	5	10.89abc	14.40bc	13.29a
처리 5	배수형	혼용	10	10.64bc	17.79a	11.43cd
처리 6	배수형	혼용	15	9.37c	14.95bc	11.94bc
처리 7	저수·배수형	단용	5	12.11ab	13.00bcde	9.57f
처리 8	저수·배수형	단용	10	10.52bc	11.81de	9.79ef
처리 9	저수·배수형	단용	15	10.09c	11.06e	9.74ef
처리 10	저수·배수형	혼용	5	12.53a	13.34bcde	9.21f
처리 11	저수·배수형	혼용	10	12.51a	15.14b	10.26def
처리 12	저수·배수형	혼용	15	10.84abc	12.59cde	8.98f

\*: 던칸의 다중검정법에 의한 평균간 비교(P < 0.05)



처리들간에는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 처리 8과 처리 9에서 자란 것들도 낮은 값을 나타냈다.

수분함량에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과를 살펴보면 7월 4일에는 혼용 처리가 단용 처리보다 수분함량을 증가시키고 토심이 낮을수록 수분함량이 증가하며 저수·배수형 처리가 배수형 처리보다 수분함량을 증가시키는 경향을 보였다. 8월 5일에는 혼용 처리가 단용 처리보다 수분함량을 증가시키고 토심 10cm 처리에서 수분함량이 가장 높으며 배수형 처리가 저수·배수형 처리보다 수분함량을 증가시키는 경향을 보였다. 9월 10일에는 혼용 처리와 단용 처리간에 차이가 없고 배수형 처리 내에서는 토심이 낮을수록 수분함량이 증가하며 저수·배수형 처리 내에서는 토심 10cm 처리가 수분함량이 높고 배수형 처리가 저수·배수형 처리보다 수분함량을 증가시키는 경향을 보였다. 이와 같은 경향은 상대적으로 토양수분함량이 낮은 처리들에서 자란 식물들이 환경에 순응(acclimation)하여 저수 기능이 발달한 것에 기인한다고 판단되었다(Taiz and Zeiger, 1991; Teeri *et al.*, 1986).

피복면적, 총생체중, 그리고 총건물중을 통하여 생육량에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과를 살펴보면 혼용 처리가 단용 처리보다 생육량을 증가시키고 토심 10cm 처리에서 생육량이 높으며 저수·배수형 처리가 배수형 처리보다 생육량을 증가시키는 것으로 판단되었다. 그리고 시각적 질과 수분함량을 통하여 생육적 질에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과를 살펴보면 인공배지 종류와 토심의 효과는 생육량에 나타난 현상과 동일하였고, 다만, 배수 형태에서는 배수형 처리가 저수·배수형 처리보다 생육적 질을 증가시키는 것으로 판단되었다.

이화학적 특성, 입도분포, 그리고 실험기간동안 육안으로 관찰한 것을 종합하여 볼 때, 인공배지 종류에서 혼용 처리가 우수하였던 것은 화학적 특성보다는 물리적 특성이 주된 원인이 있었다고 사료되었다. 구체적으로 인공토양 단용의 보수력은 입경이 큰 다공질 유리 파쇄물과 수피에 의해서 결정되지만, 인공토양 혼용은 다공질 유리 파쇄물과 수피에 의해서 형성되는 대공극에 입경이 작은 미사나 점토 입자가 위치하므로 보다 유효한 수분을 상대적으로 많이 지니고 있는 것으로 판

단되었다. 뿐만 아니라 인공토양 단용은 인공토양 혼용과 비교하여 상대적으로 쉽게 건조되는 것으로 관찰되었다. 결국 인공토양 혼용은 인공토양 단용과 비교하여 효과적으로 들나물에 수분을 공급할 수 있는 것으로 판단되었다.

토심 10cm 처리가 토심 15cm 처리보다 우수하거나 동일하게 나타났던 것은 들나물의 뿌리분포에 주된 원인이 있었다고 사료되었다. 총생체중과 총건물중을 측정하는 과정에 들나물의 뿌리분포를 확인한 결과, 대부분의 뿌리가 10cm 이내에 분포하는 것으로 나타났다. 그리고 이성기 등(2002)의 실험에서 나타났던 것처럼, 세립토 여과용 부직포를 포함하여 인접한 상부층에 수분이 많이 분포하는 것으로 판단되었다. 들나물의 뿌리분포와 시스템 내에서 토양수분의 분포를 고려해 볼 때, 토심 10cm 처리는 들나물에게 보다 효과적으로 수분을 공급할 수 있는 것으로 사료되었다.

배수 형태에서 저수·배수형 처리는 배수형 처리보다 더 많은 수분을 들나물에 공급할 수 있는 것으로 판단되었다. 그 결과로 인하여 저수·배수형 처리에서의 생육량이 배수형 처리에서보다 더 높게 나타났다. 그렇지만, 들나물은 다육질의 식물이며 전국의 산야 또는 바위상에 자생하는 식물이며 내건성이 강한 식물로서(류병열, 2000; 이정식과 윤평섭, 1996), 많은 양의 수분이 공급되면 생육이 건전하지 못하고 비대 성장하는 것으로 보여졌다.

#### 4. 저토심 옥상녹화 시스템이 건축물 옥상에 미치는 하중

배수형 처리 내에서 단용 처리는 혼용 처리보다 대략  $10\sim 15\text{kg/m}^2$  정도 경량하였다(표 9 참조). 배수형 처리이며 단용 처리 내에서 토심이 5cm 증가할 때 대략  $30\text{kg/m}^2$  정도가 증가하였고 배수형 처리이며 혼용 처리 내에서 토심이 5cm 증가할 때 대략  $35\sim 40\text{kg/m}^2$  정도가 증가하였다. 저수·배수형 처리 내에서 단용 처리는 혼용 처리보다 대략  $10\text{kg/m}^2$  정도 경량하였다. 저수·배수형 처리이며 단용 처리 내에서 토심이 5cm 증가할 때마다 대략  $30\sim 40\text{kg/m}^2$  정도가 증가하였고 저수·배수형 처리이며 혼용 처리 내에서 토심이 5cm 증

표 9. 포장용수량에서 상태에서 각 처리구의 증량

처리 구분	배수 형태	토양 종류	토심 (cm)	증량 (kg/m <sup>2</sup> )
처리 1	배수	단용	5	65.1±2.8
처리 2	배수	단용	10	95.1±5.4
처리 3	배수	단용	15	134.0±3.0
처리 4	배수	혼용	5	76.7±2.0
처리 5	배수	혼용	10	110.5±2.6
처리 6	배수	혼용	15	151.5±3.5
처리 7	저수·배수	단용	5	98.1±1.6
처리 8	저수·배수	단용	10	125.4±1.2
처리 9	저수·배수	단용	15	168.7±1.5
처리 10	저수·배수	혼용	5	106.1±1.7
처리 11	저수·배수	혼용	10	136.6±3.7
처리 12	저수·배수	혼용	15	177.4±2.5

가할 때마다 대략 30~40kg/m<sup>2</sup>정도가 증가하였다. 단용 처리 내에서 배수형 처리는 저수·배수형 처리보다 대략 30~40kg/m<sup>2</sup>정도 경량하였고 혼용 처리 내에서 배수형 처리는 저수·배수형 처리보다 대략 20~30kg/m<sup>2</sup>정도 경량하였다.

기존 건축물의 옥상층과 관련된 "건축물의 구조기준 등에 관한 규칙" 별표 4의 건축물 종류별 각 부분의 적재하중(제11조 제1항 관련)에서 옥상녹화가 가능한 기존의 사무실, 학교, 주거용 건축물 등의 옥상 허용적재하중은 200kg/m<sup>2</sup> 정도로 추정되어지며, 비상시 옥상은 피난의 장소로서 인간하중 100kg/m<sup>2</sup>이 반드시 포함되어야 하기 때문에 기존의 사무실, 학교, 주거용 건축물 등의 옥상에 적용 가능한 시스템의 총하중은 100kg/m<sup>2</sup> 내외로 구성되어야 한다고 하였다(서울특별시, 2000).

모든 처리구들은 증량이 200kg/m<sup>2</sup> 미만으로 기존 건축물 옥상녹화에 적용 가능하지만 비상시를 고려한다면 토심이 15cm인 처리 3, 처리 6, 처리 9, 그리고 처리 12는 기존 건축물 옥상에 도입하는 것이 부적합하고 저수·배수형 처리이며 토심이 10cm인 처리 8과 처리 11도 위험성을 가진다고 볼 수 있다. 반면에 토심이 5cm인 처리 1, 처리 4, 처리 7, 그리고 처리 10과 토심이 10cm이며 배수형 처리인 처리 2와 처리 5는 기존 건축물 옥상녹화에 적합한 볼 수 있다. 그러나 건축물 옥상에 미치는 하중과 함께 돌나물의 생육을 고려해 보면 토심 5cm 처리 내에서 단용이며 저수·배수형 처리인 처리 7은 경량하지만 생육이 매우 불량하여 적합하

지 않으며 혼용이며 배수형 처리인 처리 4는 처리 7보다도 경량하며 생육이 매우 우수하여 가장 적합한 것으로 판단되었고 토심 10cm이며 배수형 처리이고 단용 처리인 처리 2는 증량이 100kg/m<sup>2</sup>내외이며 생육이 양호한 수준이며 혼용 처리인 처리 5는 증량이 110kg/m<sup>2</sup> 내외이며 생육이 매우 양호하여 모두 적합한 것으로 판단되었다.

최종적으로 기존 건축물 옥상에 적용 가능한 시스템의 총증량을 100kg/m<sup>2</sup>내외로 제한하고 돌나물의 생육량과 생육적 질을 동시에 고려해볼 때, 제안된 저토심 옥상녹화 시스템의 인공배지 종류는 혼용인 것이 보다 우수하고 토심은 5~10cm가 적합하며 배수 형태는 상대적으로 생육량은 낮지만 경량하며 생육적 질이 높은 배수형을 선택하는 것이 적합하다고 보았다. 그리고 본 연구는 식물재료를 돌나물로 국한하여 수행되었으므로 다른 지피식물들을 대상으로 동일한 실험을 수행하였을 경우에 본 연구와 일관성 있는 결과가 도출될 것으로 기대하기는 다소 미흡한 부분이 있다. 따라서 이러한 저토심 옥상녹화 시스템을 기존 건축물 옥상에 적용하기 위해서는 다양한 지피식물들에 대한 추가적인 연구들이 필요하다.

#### IV. 결론

본 연구는 기존 건축물 옥상녹화에 이용 가능하며 관리가 간편한 저토심 옥상녹화 시스템 개발을 위한 연구의 일환으로서 제안된 저토심 옥상녹화 시스템에서 돌나물의 생육에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과를 구명하고자 수행되었다. 연구목적 달성을 위해서 시스템의 개념적 모델이 선행연구로부터 유추되었고 개념적 모델로부터 실험을 위한 시스템들이 제안되었다. 2002년 4월 3일부터 10월 11일까지 건축물 옥상 위에 설치된 옥상녹화 시스템들에서 돌나물의 생육에 대한 인공배지 종류, 토심, 그리고 배수 형태의 효과에 관해서 연구가 수행되었다. 조사항목은 피복면적, 총생체중, 총건물중, 시각적 질, 그리고 수분함량이었다. 모든 변수들에 대하여 상관분석과 요인분석을 수행한 결과에서 피복면적, 총생체중, 그리고 총건물중은 상관을 가지며 생육량에 대한 인공배지 종류,

토심, 그리고 배수 형태의 효과를 구명할 수 있는 변수들이며 시각적 질과 수분함량은 상관을 가지며 생육적 질에 대한 그 효과를 구명할 수 있는 변수들이라고 판단되었다. 각 변수들은 처리들간의 유의성을 구명하기 위해서 던칸의 다중검정법으로 통계분석하였으며 처리들간의 유의수준은 5%로 하였다. 그리고 기존 건축물 옥상에 대한 과부하의 위험을 피하기 위해서 각 시스템의 중량이 평가되었다. 그 결과들을 요약하면 다음과 같다.

1. 생육량은 단용의 인공배지보다 혼용의 인공배지에서 더 높았고 토심 10cm에서 가장 높았으며 저수·배수형이 배수형보다 더 높았다.
2. 생육적 질은 단용의 인공배지보다 혼용의 인공배지에서 더 높았고 토심 10cm에서 가장 높았으며 배수형이 저수·배수형보다 더 높았다.
3. 최종적으로 기존 건축물 옥상에 적용 가능한 시스템의 허용하중과 돌나물의 생육량 및 생육적 질을 동시에 고려해볼 때, 저토심 옥상녹화 시스템은 인공배지 종류에서는 혼용을 선택하고 토심에서는 5~10cm를 선택하며 배수 형태에서는 배수형을 선택하는 것이 적합하다고 보았다.
4. 앞서 제안된 조건으로 조성된 시스템은 돌나물의 생육에 적합할 것이며 동시에 인공배지가 포장용 수량 상태에서 있을 때 그 중량이 100~130kg/m<sup>2</sup> 일 것이다.

#### 인용문헌

1. 권순태, 정정학(1999) 한국산 *Sedum*속 식물의 형태적 특성과 RAPD에 의한 유연관계 분석. 원예과학기술지 17(4): 490-494.
2. 대한주택공사 주택연구소(1995) 아파트 단지내 인공지반 조경녹화방안 연구. 대한주택공사 보고서.
3. 류병열(2000) 자생 다육식물의 종류 및 특성. 한국야생화개발 연구회 2000년 야생화 개발과 이용 학술발표집 pp. 123-126.
4. 박종성(2000) 옥상녹화 세덤(*SEDUM*) 신품법. EPLA 1(2): 92-95.
5. 서울특별시(2000) 건물옥상녹화 학술용역, 서울특별시 보고서.
6. 심용구, 한윤열, 정정학(1998) 자생화훼 선발 및 재배법 개발 연구: 식재장소별 유망 자생지피식물 선발시험. 농사시험연구보고서.
7. 이성기, 류남형, 허근영(2002) 펠라이트로 조성된 토양층의 하중. 한국조경학회지 30(1): 87-95.
8. 이은엽, 문석기(2000) 옥상녹화공법의 배수층 구조별 식물생육효과. 환경복원녹화 3(4): 1-21.
9. 이정식, 윤평섭(1996) 자생식물학-야생화를 중심으로-. 서울: 성일문화사.
10. 최희선, 이상수, 이용범(2001) 옥상정원에 이용 가능한 혼합 인공토양의 종류 및 토심에 따른 비비추의 생육반응. 한국조경학회지 29(3): 46-54.
11. 태현숙, 고석구, 안길만(2000) 생장조절제 처리가 bentgrass 생육과 토양 수분이동에 미치는 영향. 한국잔디학회지 14(1): 273-280.
12. 한국조경학회(1999) 조경설계기준. 서울: 도서출판 조경.
13. 허근영, 심경구(2000) 인공지반의 녹화를 위해서 단용 또는 노지토양과 혼합하여 이용되는 인공토양의 특성. 한국조경학회지 28(2): 28-38.
14. 허근영, 심경구(2001) 인공지반의 녹화용 신소재 인공토양 개발. 한국원예학회지 42(3): 355-364.
15. 허근영, 강호철, 김인혜, 심경구(2002) 소성 점토다공체 및 코코넛 피트를 혼합한 인공토양의 물리화학적 특성과 식물생육에 미치는 영향. 한국조경학회지 30(2): 107-115.
16. 현대건설 기술연구소(1997) 인공지반 조경 녹화기술에 관한 연구, 현대건설주식회사 보고서.
17. Boivin, M.A., M.P. Lamy, A. Gosselin, and B. Dansereau(2001) Effect of artificial substrate depth on freezing injury of six herbaceous perennials grown in a green roof system. HortTechnology 11(3): 409-411.
18. Huang, B. and H. Gao(2000) Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Sci. 40: 196-203.
19. Nash, L.J. and W.R. Graves(1993) Drought and flood stress effects on plant development and leaf water relations of five taxa of trees native to bottomland habitats. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(6): 845-850.
20. Shepard, D., and J. DiPaola(2000) Regulate growth and improve turf quality. Golf Course Management 68(3): 56-59.
21. Taylor, D.H., S.D. Nelson, and C.F. Williams(1993) Sub-root zone layering effects on water retention in sports turf soil profiles. Agron. J. 85: 626-630.
22. Taiz, L. and E. Zeiger(1991) Plant physiology. California: The Benjamin Cumming Publishing.
23. Teeri, J.A., M. Turner, and J. Gurevitch(1986) The response of leaf water potential and crassulacean acid metabolism to prolonged drought in *Sedum rubrotinctum*. Plant Physiol. 81: 678-680.
24. Wood, C.B., T.J. Smalley, M. Rieger, and D.E. Radcliffe(1994) Growth and drought tolerance of *Viburnum plicatum* var. *tomentosum* 'Mariesii' in pine bark-amended soil. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119: 687-692.

원 고 접 수 : 2003년 4월 3일  
최종수정본 접수 : 2003년 6월 9일  
3인익명 심사필