韓國環境復元綠化技術學會誌 8(4) : 12～22(2005)
J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 8(4) : 12～221(2005)

옥상녹화용 식생매트에 적합한 토양과 토심 선정*

이은희[1] · 강규이[2] · 신상희[2] · 남미아[2] · 이광우[3]

[1] 서울여자대학교 환경생명과학부 · [2] 서울여자대학교 원예학과 · [3] 에코그린(주)

Soil Mixtures and Depths Selection for Mat-Type Rooftop Greening*

Lee, Eun-Heui[1] · Kang, Kyu-Yi[2] · Shin, Sang-Hee[2] · Nam, Mi-A[2] and Lee, Kwang-Woo[3]

[1] Division of Life and Environmental Science, Seoul Women's University,
[2] Graduate School of Seoul Women's University, [3] Eco-Green co, LTD.

ABSTRACT

The purpose of this study is to select suitable planting base for the mat-type rooftop greening in order to popularize rooftop greening system easily.

The experiment was conducted from 2004 June to 2005 May under several conditions; 4 soil depths under mats(2cm, 5cm, 10cm, 15cm), two soil mixtures(natural soil 80%+leaf mold 20%, artificial soil) and two light conditions(full sun place, 20% shaded place). In this experiment, 3 types of mats were used ; the herbaceous plants mat(11 plants inclusive of *Lotus corniculatus* L., *Silene armeria* L.), the lawn mat with *Festica arundinacea* and Sedum mat with *Sedum kamtschaticum, Sedum sarmentosum, Sedum oryzifolium, Sedum middendorffianum.*

The result is as follows; in the mat-type rooftop greening, the herbaceous plants mat, lawn mat and sedum mat are the similar number of plant and effect of greening on soil depth 2cm, 5cm and 10cm, 15cm. So suitable soil depth of rooftop greening is 10cm for the load and economical factor. Thus the mat-type rooftop greening possible planting base depth of all 13cm as soil depth 10cm and mat depth 3cm. As soil mixtures, the number and growth of plants were better mat and 'natural soil 80% +leaf mold 20%' than mat and artificial soil. In herbaceous plants mat, *Silene armeria* L., *Dianthus chinensis, Centaurea cyanus* L., *Lotus corniculatus* L. are survival in full sun place and *Silene armeria* L., *Dianthus chinensis, Centaurea cyanus* L. are survival in 20% shaded place.

In conclusion, selection of suitable soil mixtures and plants is possible extensive management rooftop

* 본 연구는 2004년도 서울시 산학연 컨소시엄 연구비 지원에 의해 수행되었음.
Corresponding author : Lee, Eun-Heui, Division of Life and Environmental Science, Seoul Women's University, Tel : +82-2-970-5616, E-mail : ehlee@swu.ac.kr

greening with effect of continuous greening. The mat-type rooftop greening are lightweight and simple preparation without management and can popularize readily.

Key Words : *Green roof, Plants mat, Soil depth, Soil mixture.*

I. 서 론

옥상은 열악한 조건인 강한 바람, 강한 햇빛, 건조 등으로 식물생육에 악조건을 가지고 있지만 녹화시 녹지부족으로 오는 환경문제를 해결하기 위한 방안으로 활용될 수 있다. 옥상녹화는 인공구조물로 인해 감소된 녹지를 옥상에 보상한다는 개념으로 건축물의 옥상에 조성되는 녹지공간을 의미하며 도시녹화의 새로운 대안으로 부각되고 있다. 옥상녹화는 녹지의 면적인 확대뿐만 아니라 수직적인 확충을 가능하게 하여 자연생태계를 건물의 옥상까지 연장시키며 소동물에게 서식처를 제공한다. 따라서 주변의 공원녹지들을 연결하는 그린네트워크의 한 요소로서의 역할을 하기도 한다. 이러한 기능으로 옥상녹화는 도시 생태계 문제의 대안으로서 환경부와 서울, 인천, 부천, 대구, 부산, 울산 등 각 지방자치단체들이 옥상녹화를 권유하고 지원하는 조례를 제정하여 활성화하고 있으며, 이에 따라 실용적인 연구들이 이루어지고 있다(이은희, 2004).

특히, 서울시에서는 2004년 7월부터 공공기관에서 건설, 공급하는 건축물에 생태면적율을 도입하였고, 2005년 9월부터는 건설되는 모든 건물에 적용할 예정이다. 생태면적율이란 건축 대상지의 전체 면적 가운데 자연순환 기능을 가진 토양과 녹지의 면적을 비율로 나타낸 것으로 건축물은 인공지반녹화, 옥상녹화, 벽면녹화, 생태연못 등의 녹지를 일정부분 이상 확보하도록 의무화하고 있으며 자연지반 $1m^2$당 1.0의 가중치를 기준으로 옥상녹화는 0.5의 가중치를 두어 산정하게 된다(서울시, 2004). 이와 같은 도시녹지 확보를 위한 정부기관의 노력으로 옥상녹화는 더욱 확대될 예정이며 이는 도시환경 개선에 큰 역할을 할 것으로 예상된다.

최근 들어 하중의 영향이 적고 시공이 간편한 옥상녹화 시공에 대한 다양한 연구들이 이루어지고 있으며(이은희 외, 2005), 코코넛 섬유소와 더스트를 이용한 식생매트를 이용한 방법도 도입되고 있다. 코코넛 더스트는 피트모스와 같이 보수성 증가를 목적으로 이용되고 있으나, 피트모스가 환경보호문제로 가격이 저렴한 코코넛더스트의 이용이 증가되고 있다(심경구 외, 1999). 또한 코코넛섬유소의 이용으로 다양한 형태의 제작이 가능하여 매트형의 개발이 증가하고 있다. 그러나 식생매트의 소재에 대한 연구가 시작되고 있는 단계이며, 식생매트의 설치시 하부 토양이나 토심에 따른 연구가 부족한 상태이며, 실용적인 연구가 필요하다. 따라서 식생매트의 도입시 적합한 생육기반을 조성하고 옥상하중과 비용들을 고려하여 최소의 토심으로 최적의 식물생육상태를 선별해내는 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 기존에 개발된 식생매트를 통해 간편한 시공과 경비절감 등을 고려한 적절한 토심과 적절한 토양배합을 선정하고 광환경에 따른 생육을 비교하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험설계 및 재료

식생매트형 옥상녹화 실험은 서울여자대학교 대학원 건물 옥상에서 2004년 6월부터 2005년 5월까지 수행하였다.

옥상녹화 식생매트의 환경조건별 식물생육을 알아보기 위해 토심별, 광조건별, 토양별 실험구를 4반복으로 설계하였다. 식생매트는 코코넛 섬유소를 피복재로 하고 인공토양, 코코넛더스

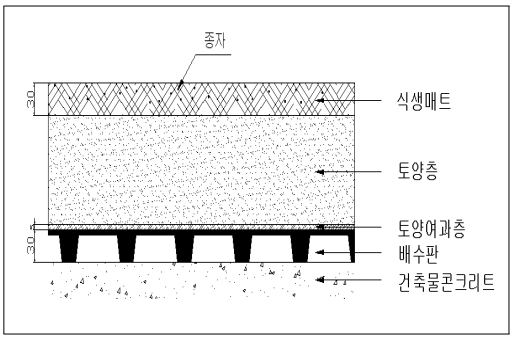

그림 1. 식생매트 옥상녹화의 시공 단면도.

트, 종자를 혼합한 기반제를 압축하여 한 매트당 450mm×450mm×30mm로 생산되는 제품이며, 배수판은 밑바닥에 홈이 있어 수분을 함유할 수 있도록 제작된 제품이다. 실험구는 배수판, 토양여과층, 토양, 식생매트의 순으로 설치되었다(그림 1).

관리는 시공 후 4일간 관수하였고 시비는 하지 않았으며, 그 후로는 자연상태로 방치해 두었다.

1) 토양에 따른 실험구

토양은 쉽게 구할 수 있는 마사토80%와 부엽토 20%를 혼합한 토양A와 인공토양제품인 Sunshine (55～65% Peat Moss, 35～45% Perlite+Limestone+Gypsum+Wetting Agent)을 토양B로 사용하여 조성하였다.

2) 토심에 따른 실험구

토심에 따른 식물의 생육을 알아보기 위해 배수판과 식생매트를 제외한 토심을 2cm, 5cm, 10cm, 15cm로 조성하였다.

3) 광조건에 따른 실험구

광조건은 차광을 하지 않은 양지와 20% 차광막을 설치한 음지로 조성하였다.

2. 공시식물

초화류 식생매트는 11종의 초화류 종자가 매트 내부에 압축되어 생산된 것이며, 잔디 식생매트는 톨페스큐 종자를 사용하였고, 세덤류는 자생 Sedum 4종을 선정하여 각각의 개체를 종자가 포함되어 있지 않은 매트에 식재하였다(표 1).

표 1. 옥상녹화용 식생매트의 공시식물.

매트명	식 물 명	초장(cm)	개화기	화 색
초화류	끈끈이대나물 *Silene armeria* L.	50	6-8월	홍색, 백색
	띠 *Imperata cylindrica var. koenigii*	100	5-6월	흰색, 흑자색
	마타리 *Patrinia scabiosaefolia*	60-150	7-8월	황 색
	벌노랑이 *Lotus corniculatus* L.	30	6-8월	노란색
	비수리 *Lespedeza cuneata* G. Don	50-100	8-9월	보라색
	산국 *Chrysanthemum boreale*	60-90	9-10월	노란색
	수레국화 *Centaurea cyanus* L.	30-90	5-6월	남청색, 흰색, 연홍색, 자홍색
	수크령 *Pennisetum alopecuroides* (L) Spreng.	30-80	8-9월	흑자색
	쑥부쟁이 *Kalimeris yomena*	60-120	7-10월	자주색
	과꽃 *Callistephus chinensis*	50-100	7-9월	자주색
	패랭이 *Dianthus chinensis*	30	6-8월	흰색, 분홍색, 붉은색, 연보라색
잔디	톨페스큐 *Festica arundinacea*	5-10	5-6월	황 색
세덤	기린초 *Sedum kamtschaticum*	5-30	6～7월	노란색
	돌나물 *Sedum sarmentosum*	15	5-6월	노란색
	땅채송화 *Sedum oryzifolium*	5-12	5-7월	황 색
	애기기린초 *Sedum middendorffianum*	20	6-8월	노란색

3. 실험방법

실험방법으로 조사는 크게 식물의 개체수와 초장, 피복율을 조사하는 생육조사와 생육환경조사를 나누어 실시하였다. 생육조사는 자생초화류와 톨페스큐의 경우 2004년 8월~2005년 5월까지 걸쳐 월 1회 매트에서 발아된 개체수를 조사하고 세덤류는 초장과 피복도를 조사하여 토양별로 비교를 하였다. 모든 결과는 SPSS 10.0을 이용하여 토심에 따라서는 Duncan의 다중검정을 실시하였고 토양에 따라서는 T-test로 통계분석하였다. 생육환경조사로 토양A, 토양B와 식생매트의 이화학적 분석을 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생육환경조사결과

식물 생장에 필요한 토양 중의 수분함량을 분석한 결과, 식생매트가 가장 수분함량이 높았으며 토양A가 가장 낮았다. 토양의 pH는 식생매트가 5.61로 약산성을 나타냈으며, 토양A의 토양이 8.41로 알칼리성, 인공토양이 5.08로 산성토양으로 나타났다(표 2). 토양의 화학적 특성을 조경설계기준으로 평가해보면(한국조경학회, 2002), pH의 경우에 토양A는 불량, 토양B는 하, 식생매트는 중으로 평가되며, EC항목은 토양A는 상, 토양B는 불량, 식생매트는 하에 해당되며, 유효인산으로는 토양A는 하, 토양B와 식생매트는 중으로 평가된다. 또한 염기치환용량은 토양A가 중, 토양B와 식생매트는 상에 해당되며, 전질소, 유기물농도의 항목은 세 토양 모두 상으로 평가된다. 따라서 본 실험의 식재기반 설치는 자연토양인 마사토와 인공토양을 혼합한 '토양A+식생매트', '토양B+식생매트'로 이루어지므로 토양의 특성을 종합해 볼 때, '토양A+식생매트'의 식재기반이 적합할 것으로 판단된다(허근영, 2000).

2. 생육조사결과

1) 초화류 식생매트

(1) 토양의 종류에 따른 식물의 생육상태

시공후 3일 후부터 발아가 시작되어 양지의 경우에는 토양A에서 토양B보다 많은 개체수를 나타냈다. 이는 약산성인 식생매트와 알칼리성인 토양A가 중성의 pH로 중화되고 전기전도도(EC)가 토양B에 비해 양호하기 때문인 것으로 판단된다. 월동 후 3월부터 발아가 시작되어 3월의 개체수를 비교해보면, 토양A가 토양B보다 개체수가 2배 이상 많은 것으로 나타났다. 음지의 경우에는 토양에 따른 개체수 차이는 있으나, 양지에서처럼 큰 차이는 보이지 않았다(표 3, 그림 2).

양지와 음지 공통적으로 토양A에서 발아와 발아후 생존이 높았으며, 음지의 식물들은 생장이 양지에 비해 느리고 수레국화, 끈끈이대나물의

표 2. 토양의 이화학적 특성.

토 양	수분함량(%)	pH	EC(dS/m)	T-N(%)	T-P(mg/kg)	Avail-P20(mg/kg)
A	10.57	8.41	0.198	0.1307	67.10	16.85
B	33.57	5.08	1.645	0.4140	411.39	410.10
식생매트	258.78	5.61	1.045	0.5084	167.94	109.01

토 양	OM(%)	C.E.C(cmol+/kg)	Exchangeable Cations (mg/kg)			
			Ca	Mg	K	Na
A	5.88	7.29	3641.08	112.54	ND	779.75
B	60.81	83.34	5833.28	3502.16	877.61	1240.80
식생매트	80.66	90.24	1755.32	1338.32	6882.78	2446.66

A : 마사토80%+부엽토20%

B : 인공토양(55~65% Peat Moss, 35~45% Perlite+Limestone+Gypsum+Wetting Agent)

표 3. 초화류 식생매트의 발아 개체수.

a. 양지 단위 : 개

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04.8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.2	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	272.00a[z]	119.00a	103.50a	81.25a	28.50ab	0	0	49.25a	85.50a	59.50a
	5	415.50a	134.25a	132.00a	61.00a	28.50ab	0	0	75.75ab	106.75a	80.00b
	10	334.00a	132.00a	252.00b	95.25a	14.25a	0	0	64.50a	75.00a	86.00b
	15	523.00a	184.75a	278.75b	233.50b	34.75b	0	0	110.50b	107.50a	104.25c
B	2	199.00a	65.25a	53.75a	38.00a	10.00a	0	0	14.00a	27.00a	19.00a
	5	267.75a	79.00a	86.00a	45.00a	8.50a	0	0	29.25ab	40.75b	30.00b
	10	277.50a	68.75a	77.25a	30.25a	8.50a	0	0	37.25bc	44.75c	40.75c
	15	350.25a	96.75a	98.00a	38.00a	5.50a	0	0	53.25d	65.00d	58.25d
토 양		*[z]	*	*	NS	*	-	-	*	*	*

b. 음지 단위 : 개

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04.8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.2	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	404.25a[z]	311.50a	170.25ab	192.50a	153.25ab	12.00b	0	22.00a	80.50a	112.50a
	5	370.00a	233.75a	124.50a	138.25a	100.50a	10.00a	0	13.00a	135.00b	156.25b
	10	506.00a	318.75a	302.00b	259.25a	219.00b	20.50d	0	12.25a	466.25d	430.50d
	15	541.75a	215.25a	317.75b	291.75a	163.00ab	18.00c	0	15.50a	213.25c	305.75c
B	2	392.50a	274.00a	143.50a	150.25a	97.75a	0.00a	0	11.00a	83.75d	100.25b
	5	353.25a	318.25a	217.75a	163.00a	99.00a	0.00a	0	11.50a	70.50a	92.00a
	10	270.75a	263.00a	165.50a	221.00a	130.50ab	8.75b	0	12.50a	75.00b	103.25c
	15	403.00a	215.25a	311.50a	201.75a	190.50b	9.50b	0	10.25a	80.00c	116.00d
토 양		NS[z]	NS	NS	NS	NS	*	-	NS	NS	NS

A : 마사토80%+부엽토20% B : 인공토양

[z]Means separation within colums by Duncan's multiple range test, 1%level

[z]Means separation within colums by t-test, P=0.05

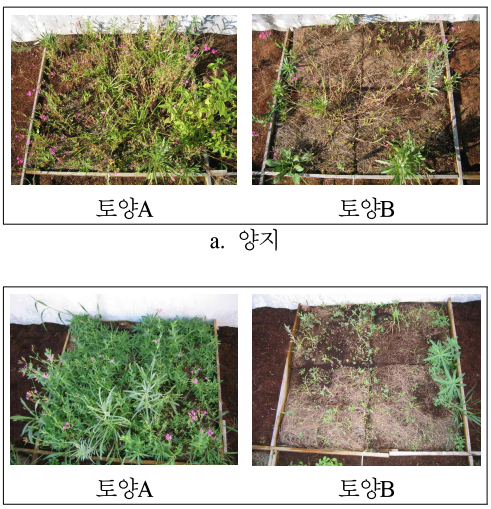

그림 2. 초화류 식생매트의 생육상태/ 2004년 9월/토심 10cm.

경우에는 줄기가 도장하여 곧게 서지 못하는 현상을 보였다. 통계분석 결과, 양지에서는 토양에 유의성을 보였으며, 음지에서는 일부분에서 유의성이 나타났다.

⑵ 토심에 따른 식물의 생육상태

8월에 조사한 초기 발아 개체수는 양지와 음지 모두 토심 2cm가 가장 낮고 토심 5cm, 10cm이 비슷했으며 15cm가 가장 높았다. 이후에는 양지의 경우, 토심에 따라서 초기 개체수 이후 대체적으로 감소하는 경향을 보이나 토심에 따라 감소율의 차이가 나타났다.

2004년 12월에는 월동을 시작하여 월동 후 2005년 3월에 양지에서 다시 발아가 시작되었으며, 토심이 높을수록 개체수가 많았고, 이후에는

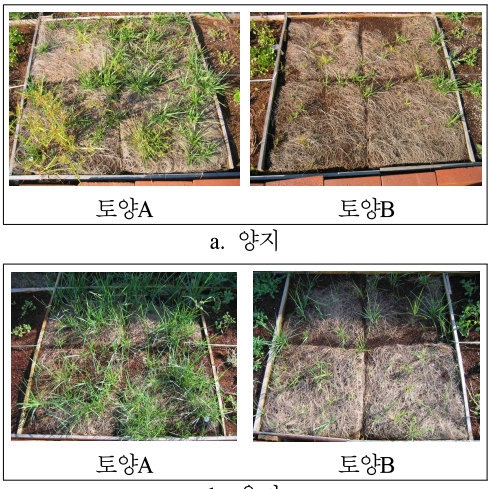

그림 3. 잔디 식생매트의 생육상태/
2004년 9월/토심 10cm.

1차년도의 급격한 개체수 변화와는 달리 식물이 적응하여 초기의 개체수를 유지하는 것을 볼 수 있었다(표 3a). 음지의 경우, 토양A와 B는 2004년 8월 이후 개체수가 감소하는 경향을 보였으며, 1월에 월동을 시작하여 2005년 3월에 발아가 시작되었고, 토심에 따라서는 초기발아 개체수의 차이가 거의 없었다. 4월의 개체수는 토양A의 토심 10cm와 15cm에서 큰 폭으로 증가하였고, 5월에도 증가하는 추세를 보였다(표 3b).

초화류 11종의 식생매트에서 생육이 양호한 식물로는 양지에서는 패랭이, 끈끈이대나물, 수레국화, 벌노랑이로 나타났으며, 음지에서는 패랭이, 끈끈이대나물, 수레국화로 나타났다. 통계분석 결과, 양지의 매트는 토심과 유의성이 있는 것으로 나타났으며, 음지의 매트는 일부분에서

표 4. 잔디 식생매트의 발아 개체수

a. 양지 단위 : 개

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04.8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.2	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	37.25a[z]	13.00a	12.75a	10.00a	8.75a	0	0	9.25a	11.25a	11.0a
	5	41.50a	16.75ab	17.00ab	15.50ab	14.25a	0	0	13.25a	15.25a	14.75a
	10	48.00a	25.50ab	26.75bc	17.75ab	12.75a	0	0	18.75a	18.50a	15.75ab
	15	52.25a	30.00b	29.00c	25.75b	16.50a	0	0	18.25a	22.75a	19.00b
B	2	25.00a	7.50a	8.00a	5.25a	5.25a	0	0	5.75a	7.75a	5.50a
	5	38.00a	9.50a	9.00a	6.25a	3.25a	0	0	5.75a	6.25a	5.25a
	10	44.75a	16.75a	18.50a	14.50a	10.50a	0	0	10.50b	15.00c	9.75a
	15	27.00a	15.00a	17.00a	12.00a	7.25a	0	0	7.75b	11.00b	9.25a
토 양		NS[z]	*	*	*	*	-	-	*	*	*

b. 음지 단위 : 개

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04.8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.2	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	24.50a[z]	36.25a	32.50a	33.00a	27.25a	1.00a	0	17.75a	22.75b	21.25c
	5	27.25a	30.50a	35.75a	24.00a	20.25a	1.75ab	0	16.50a	16.50a	15.25a
	10	42.50a	49.50ab	65.50b	33.75a	30.75ab	3.50b	0	24.00a	23.75b	17.75b
	15	37.75a	61.00b	74.25b	35.00a	44.25a	3.50b	0	21.25a	30.25c	23.00c
B	2	20.75a	24.25a	25.00a	22.00a	18.75a	1.00a	0	13.25a	21.50a	16.75b
	5	34.25a	50.75a	62.50b	43.00a	27.00a	2.25ab	0	23.50b	29.00b	21.25d
	10	26.75a	41.50a	48.00ab	29.25a	19.75a	2.50b	0	20.50ab	19.75a	13.50a
	15	35.00a	60.50a	65.00b	40.50a	33.25a	3.00b	0	17.00ab	37.50c	19.00c
토 양		NS[z]	NS	NS	NS	NS	NS	-	NS	NS	NS

A : 마사토80%+부엽토20% B : 인공토양

[z]Means separation within colums by Duncan's multiple range test, 1%level

[z]Means separation within colums by t-test, P=0.05

유의성을 보였다(표 3).

2) 잔디 식생매트

(1) 토양의 종류에 따른 식물의 생육상태

2004년 6월 10일 시공 후, 5일이 지난 14일에 양지의 매트에서 발아가 시작되었고, 음지쪽의 톨페스큐 발아는 양지의 매트보다 늦게 시작되었다. 양지의 경우 토양A가 토양B에 비해 많은 개체수를 보였으며, 음지의 경우에는 양지에 비해 톨페스큐의 개체수도 많고, 초장과 피복상태가 양호하였으며, 토양에 따른 개체수 차이는 거의 없었으나, 생육상태는 토양A에서 양호하였다. 2005년 3월에 월동 후 발아가 시작되어 4월과 5월에 처음의 개체수를 유지하는 경향을 보였으며, 음지의 토양A에서 더 많은 개체수를 보였고, 5월에 개화하였다. 이는 톨페스큐의 생육특성상 한지형 잔디로서 수분이 있는 음지에서 생육이 좋은 것으로 판단된다. 따라서 옥상의 음지부분에 잔디식생매트를 설치할 경우, 양지에 설치할 때보다 토심을 낮게 하는 것이 가능하여 하중을 줄일 수 있다고 판단된다. 통계분석결과 양지에서 토양에 유의성이 나타났다(표 4, 그림 3).

(2) 토심에 따른 식물의 생육상태

8월에 조사한 초기발아의 경우, 양지와 음지 모두 토심이 높을수록 많은 개체수를 보이나 토심 2cm과 5cm, 토심 10cm와 15cm가 비슷한 수치를 나타냈고, 9월 이후 발아후 생존 개체수는 양지의 경우, 감소하는 경향을 보였으나 음지에서는 10월까지 증가하였다. 그 이후에는 감소하

표 5. 기린초의 초장 변화

a. 양지 단위 : cm

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04.8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	9.0d[z]	12.5c	14.0a	0	0	0	0	10.2a	13.8a
	5	8.0b	13.0d	14.0b	0	0	0	0	14.6b	18.3b
	10	5.2a	8.5a	16.0d	0	0	0	0	16.5c	21.5c
	15	8.8c	11.2b	14.3c	0	0	0	0	17.2d	22.0d
B	2	7.5c	11.5d	14.0a	0	0	0	0	10.5a	14.6c
	5	6.0a	10.8c	17.5d	0	0	0	0	14.6b	22.0b
	10	8.0d	8.5a	14.1b	0	0	0	0	12.5d	16.2d
	15	7.0b	10.0b	15.1c	0	0	0	0	11.5c	15.5a
토 양		NS[z]	NS	NS	-	-	-	-	NS	NS

b. 음지 단위 : cm

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04 8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	8.1b[z]	11.5a	11.7a	0	0	0	0	17.5a	23.8b
	5	8.0a	7.0b	11.3d	0	0	0	0	18.3b	24.8a
	10	7.8c	9.5c	16.0b	0	0	0	0	18.9c	24.0c
	15	8.5d	9.0d	16.2c	0	0	0	0	19.4d	24.6d
B	2	8.2c	12.0d	13.3a	0	0	0	0	13.5a	19.5b
	5	7.5b	9.2a	13.7a	0	0	0	0	16.4b	22.0d
	10	9.0d	10.0b	17.0c	0	0	0	0	16.4b	21.1c
	15	6.5a	11.2c	15.0d	0	0	0	0	12.3a	17.3a
토 양		NS[z]	NS	NS	-	-	-	-	*	*

A : 마사토80%+부엽토20% B : 인공토양

[z]Means separation within columns by Duncan's multiple range test, 1%level

[z]Means separation within columns by t-test, P=0.05

여 양지는 12월, 음지는 2005년 1월에 월동을 시작하였다. 통계분석 결과로는 양지의 경우 토심에 유의성이 있는 것으로 나타났다(표 4).

3) 세덤류의 생장과 피복율

(1) 토양의 종류에 따른 식물의 생육상태

기린초의 경우, 2004년에는 양지와 음지 매트의 토심에 따른 초장생장이 비슷하고, 10월 초에 양지와 음지의 토양B에서 먼저 갈변하기 시작하여 토양A보다 먼저 월동에 들어갔다. 2005년 4월부터 생장을 시작하였으며, 4월과 5월의 조사결과 양지, 음지 모두 토양A가 토양B보다 높은 초장을 나타냈다. 통계분석결과, 음지에서 토양에 따른 유의성을 보였다(표 5).

애기기린초의 경우, 2004년에는 양지와 음지의 초장생장이 비슷하고 토양에 따라서는 토양A보다 토양B에서 초장이 높은 것으로 나타났으며, 10월에 근경에서 싹이 나기 시작하여 12월과 2005년 1월까지도 근경의 싹은 생존하여 월동 후 2005년 3월부터 근경의 싹이 왕성한 생장을 보였다. 4월과 5월에도 초장을 증가하는 추세를 보였으며, 양지에서는 토양A가 토양B보다 높은 초장을 나타냈고, 음지에서는 토양에 따른 차이는 나타나지 않았으나 분지수의 경우에 토양A가 토양B에 비해 많은 것으로 나타났다(표 6).

피복율을 조사한 땅채송화의 경우, 음지의 토양A에서 피복율이 높은 것으로 나타났으며, 음지에서 토양A의 토심 23cm의 경우 동절기에도 생존하고 있는 것으로 조사되었다. 월동은 2004년 10월 초에 양지와 음지의 토양B 매트에서 갈변하기

표 6. 애기기린초의 초장 변화

a. 양지 단위 : cm

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04.8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	10.2b[z]	12.0d	16.0c	11.0a	0	0	3.5a	7.6a	11.7a
	5	9.0a	9.8a	19.0d	13.0b	0	0	7.2b	10.4b	16.6bc
	10	8.4a	10.0b	11.5a	15.0d	0	0	7.2b	11.3c	18.2c
	15	9.0a	11.2c	15.0b	14.0c	0	0	8.2c	11.9d	16.0b
B	2	8.5c	9.5a	12.5c	16.0b	0	0	4.3a	6.2a	11.5a
	5	11.0d	12.5b	13.0d	14.0a	0	0	5.4b	8.9b	17.1d
	10	8.0a	8.0a	12.0b	20.0d	0	0	5.6c	9.8c	12.8c
	15	8.0b	9.2a	11.0a	18.0c	0	0	6.3d	10.1d	14.7d
토 양		NS[z]	NS	NS	*	-	-	NS	NS	NS

b. 음지 단위 : cm

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04.8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	9.7c[z]	13.5c	14.7b	8.0a	0	0	3.8a	8.9a	17.0a
	5	10.0d	11.0ab	11.8a	9.0b	0	0	7.4c	11.8a	22.0b
	10	8.5a	10.0a	15.0d	17.0d	0	0	8.3d	15.6a	25.0c
	15	9.0b	12.2bc	19.0c	14.0c	0	0	7.3b	16.8a	25.2d
B	2	8.5b	13.0d	13.6c	16.0c	0	0	6.2d	10.5a	21.2a
	5	8.0a	12.5c	17.1d	16.0d	0	0	5.0c	14.2b	26.0d
	10	9.5c	10.5a	14.0a	12.0a	0	0	4.6b	15.6c	23.0b
	15	10.0d	11.0b	16.5b	15.0b	0	0	4.5a	17.8d	24.2c
토 양		NS[z]	NS	NS	NS	-	-	NS	NS	NS

A : 마사토80%+부엽토20% B : 인공토양

[z]Means separation within columns by Duncan's multiple range test, 1%level

[z]Means separation within columns by t-test, P=0.05

시작하여 토양A보다 먼저 월동을 시작하였으며, 2005년 3월부터 생장이 시작되어 2005년 4월, 5월에 피복율이 증가하였다. 또한 토양A에서 토양B에 비해 높은 피복율을 보였다. 통계분석 결과, 양지의 땅채송화는 일부분에서 토양과 유의성이 있는 것으로 나타났다(표 7). 돌나물의 경우에는 2004년의 초기 피복율에서 크게 증가하지 않았으며, 토양B보다 토양A에서 피복율이 높은 것으로 나타났다. 또한 양지와 음지 모두 토양A에서는 동절기에도 피복율을 보였으며, 2005년 3월에 생장이 시작되어, 4월과 5월 증가추세를 보였다. 돌나물의 피복율은 음지의 토양A에서 높았다(표 8).

(2) 토심에 따른 식물의 생육상태

기린초의 경우, 2004년에는 토양에 따라서도 크게 차이가 없었고, 월동 후에는 토심에 따라 초장이 높은 경향을 보였으며, 또한 5월에는 개화가 이루어졌다(표 5). 애기기린초의 경우, 토심이 높을수록 초장이 높은 경향을 보였다. 통계분석 결과, 양지의 경우 토심과 유의성이 있는 것으로 나타났으며, 음지의 경우에는 일부분에서 토심과 유의성을 보였다(표 6).

땅채송화의 경우, 토심이 높을수록 높은 피복율을 보였으며, 음지에서 생육이 좋았다. 2005년 5월에는 음지의 토심 15cm의 경우, 피복율이 88%로 나타났다. 통계분석결과, 음지의 경우에 일부분에서 토심에 따라 유의성이 나타났다(표 7). 돌나물의 피복율은 2004년에는 큰 변화는 없었으며, 월동 후 2005년부터 큰 폭으로 증가하였다. 음지의 토양A에서 토심이 높을수록 피복율

표 7. 땅채송화의 피복율 변화

a. 양지 단위 : %

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04.8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.2	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	7.2c[z]	18.9c	23.2b	19.5b	14.3b	12.7a	0a	0a	2.8a	3.6a
	5	6.0b	17.9b	21.4a	19.3a	12.9a	14.1b	5.2b	3.2b	4.6a	7.2b
	10	18.6d	21.1d	35.1d	30.7d	26.6d	26.5d	23.0d	15.4d	21.7b	24.5d
	15	5.6a	14.1a	24.7c	20.4c	23.5c	23.6c	20.4c	10.5c	13.6c	14.8c
B	2	6.3d	10.4a	13.4b	8.3b	5.7a	0a	0a	0a	0.5a	1.0a
	5	5.7c	14.6b	18.8c	12.7d	10.2c	7.8b	0b	0b	1.6ab	1.1a
	10	5.1b	15.9c	21.8d	20.2c	10.0d	13.2d	3.4d	4.2d	1.1ab	2.7a
	15	3.7a	9.6a	14.0a	6.1a	2.8b	2.5c	0c	2.5c	2.8ab	1.5a
토 양		NS[z]	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS

b. 음지 단위 : %

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04.8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.2	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	5.2b[z]	16.4b	19.8b	21.6b	18.0b	8.2a	3.9a	0a	1.6a	7.4a
	5	5.5c	3.5a	10.4a	14.2a	14.7a	10.7b	10.7b	12.4b	32.6b	33.1b
	10	6.5d	19.9c	31.5c	37.5c	38.3c	38.5c	38.1c	27.8c	45.6c	53.8c
	15	3.5a	22.6d	47.3d	53.7d	58.5d	52.8d	53.2d	55.0d	71.5d	88.0d
B	2	4.9c	16.4c	17.2c	15.4b	16.5d	6.4c	3.9b	8.8d	13.1b	19.2d
	5	4.4a	14.1b	16.0b	17.0c	13.1b	9.7d	6.8d	6.2c	13.8d	16.2c
	10	5.9d	17.3d	21.7d	17.6d	14.2c	3.8c	4.2c	4.9b	13.1c	15.7b
	15	4.5b	11.8a	11.6a	9.2a	7.8a	3.9a	2.6a	2.7a	3.9a	5.0a
토 양		NS[z]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

A : 마사토80%+부엽토20% B : 인공토양

[z]Means separation within columns by Duncan's multiple range test, 1%level

[z]Means separation within columns by t-test, P=0.05

이 높았으며, 특히 2005년 5월 음지의 토양A의 경우, 증가폭이 매우 컸으며, 토심 15cm의 경우 97.6%의 높은 피복율을 보였다(표 8).

IV. 결 론

옥상녹화용 식생매트의 식재기반의 조성은 자생초화류와 톨페스큐 매트의 경우에 인공토양보다 마사토에 부엽토를 혼합한 자연토양에서의 발아와 발아후 생존이 좋은 것으로 나타났으며, 토심이 깊을수록 발아와 발아후 생존이 좋은 것으로 나타났고, 통계분석 결과에서도 토양과 토심에 유의성을 보였다. 본 실험의 경우, '식생매트와 토양A', '식생매트와 토양B'를 식재기반으로 하므로 토양분석 결과로 pH의 영향이 가장 큰 것으로 판단된다. 토심의 경우에는 토심 2cm와 5cm에서도 식물생육이 가능하나 녹화효과를 고려해 토심 10cm와 15cm에서의 식물생육이 좋은 것으로 나타났으며, 두 토심에서 큰 차이를 보이지 않았으므로 토심의 깊이는 토심 10cm가 하중과 경제적인 요인을 고려해 볼 때 적당한 것으로 사료된다.

광조건에 따라서는 자생초화류와 톨페스큐 모두 발아와 발아후 생존 모두 음지가 좋은 것으로 나타났으나, 자생초화류의 경우 식물이 영양단계에서 머무르는 개체가 많았고, 줄기의 지탱력이 부족하여 생육이 불량하였다. 톨페스큐의 경우, 발아는 음지에서 양지보다 늦었지만, 발아후 생존이 양지보다 좋았으며 월동에 접어드는 시기도 늦었다. 이는 그늘이 지는 옥상에 옥상녹화를 조성할 경우 톨페스큐를 이용한 식생매트의 설치가 좋은 녹화효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

표 8. 돌나물의 피복율 변화

a. 양지 단위 : %

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04.8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.2	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	33.7d[z]	27.7c	15.3a	2.3b	0a	0a	0a	7.3b	9.9a	8.4a
	5	6.9a	25.6b	15.8b	2.0a	1.3b	0b	0b	7.0a	10.3b	29.3b
	10	19.6b	29.2d	31.8d	14.3d	18.0d	3.9d	7.0d	23.9d	50.3d	64.5d
	15	19.6c	25.1a	23.0c	6.1c	5.6c	3.8c	2.9c	13.8c	24.3c	36.9c
B	2	5.4a	6.6a	2.8a	0a	0	0	0	3.9c	6.1b	8.8b
	5	23.7b	22.7b	11.6b	3.0d	0	0	0	3.4b	14.3c	18.9c
	10	28.4c	18.0d	13.9d	0b	0	0	0	2.3a	2.3a	3.8a
	15	30.7d	21.9c	11.7c	0c	0	0	0	8.4d	24.6d	30.1d
토 양		NS[z]	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS

b. 음지 단위 : %

토양	토심(cm) \ 조사 일시	'04.8	'04.9	'04.10	'04.11	'04.12	'05.1	'05.2	'05.3	'05.4	'05.5
A	2	32.7c[z]	44.2d	45.1d	7.8b	0a	0a	0a	5.3a	43.7a	66.5b
	5	37.6d	42.3c	44.8c	25.9c	14.2c	2.8b	4.6c	26.2c	69.4c	78.8c
	10	25.8a	32.4b	35.5a	7.6a	8.1b	3.5c	2.1b	11.0b	46.9b	65.2a
	15	25.8b	31.8a	42.5b	33.0d	16.8d	9.7d	10.8d	26.1c	75.2d	97.6d
B	2	46.4c	37.4d	30.4a	4.3a	0a	0	0	7.9c	35.5c	63.1c
	5	39.6a	42.9c	41.5d	2.5d	0.9d	0	0	15.0d	41.1d	64.5d
	10	42.8b	47.8a	40.7c	3.0b	0b	0	0	7.5b	31.5a	54.7b
	15	59.8d	34.1b	36.0b	0.8c	0c	0	0	4.0a	32.7b	54.4a
토 양		NS[z]	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS

A : 마사토80%+부엽토20% B : 인공토양

[z]Means separation within colums by Duncan's multiple range test, 1%level

[z]Means separation within colums by t-test, P=0.05

옥상녹화에 많이 이용되는 세덤류인 기린초, 애기기린초, 땅채송화, 돌나물의 경우, 높은 토심과 자연토양에서 생육이 좋았다. 월동시기도 인공토양의 기린초와 애기기린초가 자연토양보다 2주일 빠르게 진행되었다. 특히 땅채송화의 경우, 음지의 자연토양에서 생육이 좋은 것으로 나타나 강한 햇볕이 있는 곳보다는 옥상의 그늘부분에 적용할 수 있을 것으로 보인다. 세덤의 경우에도 자생초화류와 마찬가지로 경제적 요인을 고려해 볼 때 식생매트의 하부토심은 10cm가 적당할 것으로 사료된다.

본 연구는 식생매트를 이용한 옥상녹화의 경우 토심 10cm와 매트 3cm의 총 13cm의 낮은 생육기반에서도 식물의 생육이 가능할 뿐만 아니라, 마사토에 부엽토를 혼합하여 비용이 저렴한 자연토양을 이용하여 조성하고 무관수의 방법으로 옥상의 음지부분을 고려한 효율적인 옥상녹화가 가능하다는 것을 보여주고 있다. 그러나 세덤류의 적용은 종자가 포함되어 있지 않고 개체를 식재하여 실험한 것으로 시공시 시간이 소요되는 등은 단점으로 볼 수 있다. 그러나 초화류나 잔디의 종자를 포함한 식생매트를 이용한 옥상녹화는 간편한 시공과 효과로 옥상녹화 보급에 유용한 기술이 될 것으로 사료된다.

인 용 문 헌

서울특별시. 2000. 건물옥상녹화 학술용역. 서울특별시 보고서.

서울특별시. 2004. 생태면적율 도시계획 적용편람.

이은엽. 2000. 옥상녹화 식재기반층의 토양조 성과 관리조건이 식물생육에 미치는 영향. 청주대 대학원 박사학위논문.

이은희. 2004. 국내의 옥상녹화 연구 동향 분 석. 한국환경복원녹화기술학회지 7(4) : 44-51.

이은희 · 강규이 · 나은정. 2005. 옥상녹화 기술의 특허출원 동향분석. 한국환경복원녹화기술 학회지 8(1) : 88-99.

한국조경학회. 2002. 조경설계기준. 기문당.

허근영 · 심경구. 2000. 인공지반의 녹화를 위해서 단용 또는 노지토양과 혼합하여 이용되는 인공토양의 특성. 한국조경학회지 28(2) : 28-38.

심경구 · 허근영 · 강호철. 1999. 소성 점토다 공체 및 코코넛 피트를 이용한 인공지반용 혼합배지의 개발. 한국조경학회 27(3) : 109-113.

接受 2005年 6月 7日