

모듈형 옥상녹화시스템을 이용한 옥상녹화에 관한 연구

장성완* · 김동욱* · 김동엽** · 안원용*** · 한미라***

*에코앤바이오(주) · **성균관대학교 조경학과 · ***성균관대학교 대학원 조경학과

I. 서론

도시의 급속한 팽창과 인구집중으로 현대의 도시는 많은 환경문제를 일으키고 있으며 이중 녹지면적의 감소는 환경오염, 도시생태계 파괴, 도시기후 변화 등의 문제를 발생시키고 있다. 그로 인해 녹지의 보존 및 새로운 녹지 확충이 매우 시급한 실정이다. 그러나 현재의 도시는 이미 토지이용이 그 한계를 넘어선 상태이며 더 이상의 녹지를 확보하는 것은 매우 어려운 상황이다. 그로 인해 녹지 확보의 어려움을 해결하고 도시내 녹지 면적을 증가시킬 수 있는 새로운 녹화 방법으로 인공지반이나 건축물 옥상 등을 이용한 옥상녹화가 새로운 녹지 확보의 수단으로 제시되고 있다. 옥상녹화는 건축물의 옥상과 인공지반에 초본, 관목, 소교목 등을 식재하여 녹지를 조성하는 것으로 도시지역에 자연요소의 증대를 통한 환경개선 효과를 제공하는 친환경적 생태기술이다. 선진 외국에서는 축적된 기술과 경험을 바탕으로 옥상녹화가 일반화되어 있으나, 우리나라에서는 아직 옥상녹화의 초기 도입 단계로 국내 실정에 적합한 옥상녹화시스템 개발 및 인공토양의 개발 등의 연구가 필요하며 현재 많은 분야에서 옥상녹화 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 (옥상녹화연구회, 2000). 옥상녹화는 건축물의 조건과 녹화지의 조성 목적에 따라 크게 인공토양을 이용한 경량형 옥상녹화, 일반토양을 이용한 중량형 옥상녹화, 이 둘을 적절히 혼합한 혼합형 옥상녹화로 구분된다. 옥상녹화는 일반적으로 건축물 옥상 위에 방수층, 방근층, 배수층, 토양, 식생의 순으로 단계별로 조성되며 우리나라에서 시공되는 대부분의 옥상녹화가 이에 해당된다. 그러나 기존의 옥상녹화시스템은 건물누수, 배수, 뿌리침투로 인한 균열, 식물생장 등 여러 가지 문제를 가지고 있어 개선책 마련이 시급하며

이를 통해 옥상녹화 수요가 증가할 것으로 판단된다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 복미를 중심으로 모듈형 옥상녹화시스템이 보급되고 있는데 이 기술은 일정한 크기의 식재 상자를 만들고 이들을 연결하여 옥상 녹화지를 조성하는 방법이다. 이 방법은 옥상녹화지의 설계, 조성 및 관리에 있어서 획기적인 개선 효과를 얻을 수 있으며, 시공이 간편하고 시공기간을 줄여줄 뿐 아니라 설치 후 보수와 관리가 쉽다는 장점을 갖고 있다. 그러나 국내에서는 모듈형 옥상녹화시스템이 소개된 정도의 상황으로 이 시스템에 대한 국내 적용에 앞서 많은 선행 연구가 요구된다.

따라서 본 연구는 모듈형 옥상녹화시스템 (MRG system)을 이용하여 옥상에 녹화지를 조성하고 1년간의 모니터링을 통해 자생초화류의 생육 및 월동, 인공토양 특성 등을 분석하여 모듈형 옥상녹화 시스템의 적용 가능성을 평가하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험구 설치

모듈형 옥상녹화시스템을 이용하여 자생초화류를 식재하고 식물생육, 토양특성 등을 분석 평가하여 모듈형 옥상녹화시스템의 적용 가능성을 평가하고자 하였다. 본 연구의 실험구는 성균관대학교 자연과학캠퍼스 생명공학부 건물 옥상에 설치하였으며 실험구는 모듈 하나가 하나의 실험단위가 되며, 각각의 실험단위에 자생초화류 1종을 9본씩 식재하였다. 각 실험구의 경계부는 잔디를 식재하여 실험구 사이에 완충지대를 조성하였다. 실험구 면적은 $0.25 \text{ m}^2/\text{module}$ 로 식물 9본을 식재하였다. 모듈의 크기는 $500 \times 500 \times 100 \text{ mm}$ (그림 1)로

소요된 총 모듈량은 256개이며, 실험구는 임의배치로 하였으며 실험구 간격은 0.5 m이고 전체 실험구의 크기는 64 m²이다 (그림 1). 또한 실험에 사용된 인공토양은 펠라이트, 버미큘라이트, 피트모스를 혼합한 토양을 사용하였다. 실험에 사용된 식물은 자생초화류 32종을 선정하여 식재하였다 (표 1). 식재후 초기에 식물 활착을 위해 관수를 3회 실시하였으며 초기에 강한 햇빛을 차단하기 위해 차양막을 약 2주간 설치하였다. 그 이후에는 관수를 최대한 실시하지 않았으나 비교적 갈수기가 길어 식물생육에 영향을 줄 것으로 판단된 시기에는 최소한의 관수를 하였다.

대조구는 기존 옥상녹화 방식을 따라 방수시트, 투수페트, 부직포, 토양순으로 시공되었으며 토양의 깊이는 10 cm로 하였다. 면적은 1반복하여 총 8m²이며, 공시식물은 혼합식재하였다.

2. 생육조사

모듈에 식재된 식물의 생육 조사는 총 4차에 걸쳐 조사되었으며 조사 시기는 2004년 8월, 10월과 2005년 4월, 8월에 각각 조사하였다. 조사된 항목은 식물체 높이 (cm), 근원경(mm) 또는 엽수, 피복도(%) 등을 측정하였고 월동 가능 여부를 조사하였다.

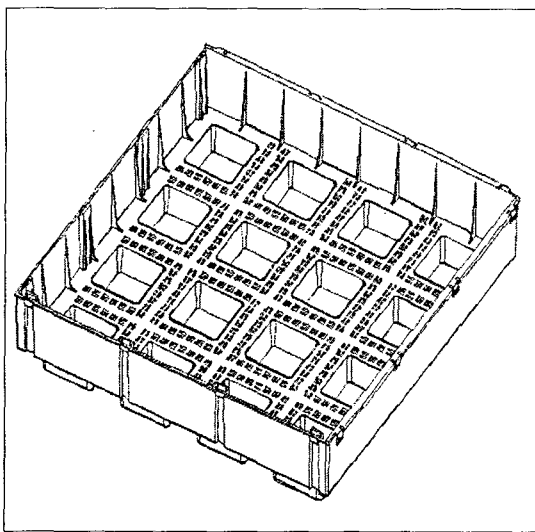


그림 1. 실험에 사용된 모듈

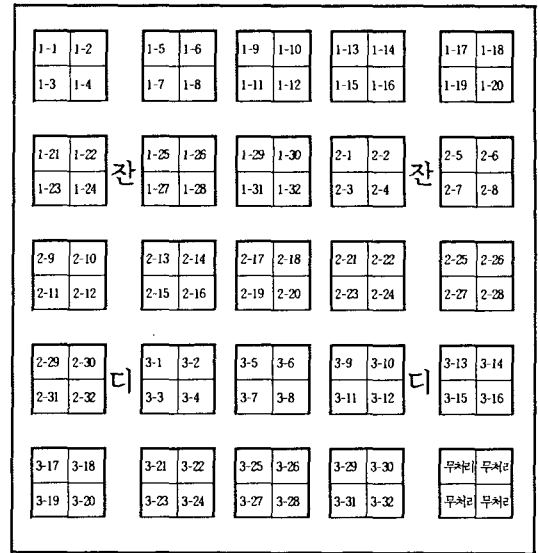


그림 2. 실험구 배치도

표 1. 실험에 사용된 자생초화류

번호	식물명	번호	식물명	번호	식물명
1	구절초	12	뽕딸기	23	해국
2	꿀풀	13	벌개미취	24	큰평의비름
3	눈개쑥부쟁이	14	범부채	25	기린초
4	돌단풍	15	붓꽃	26	돌나물
5	두베부추	16	비비추	27	구절초 (하우스)
6	등근잎평의비름	17	섬기린초	28	돌나물50g
7	망채송화	18	섬백리향	29	돌나물100g
8	물레나물	19	솔래랭이꽃	30	돌나물150g
9	바위솔	20	애기기린초	31	알붐 100g
10	바위채송화	21	애기원추리	32	알붐 150g
11	백리향	22	자주평의비름		잔디

3. 토양특성

모듈내 사용된 인공토양의 물리성과 화학성을 분석하였다. 물리성은 용적밀도, 코어투수계수, 포장용수량, 모듈투수계수를 측정하였으며, 화학성에는 토양 pH, 전기전도도, 유기물 함량, 양이온치환능력, 총질소, 유효인, 치환성 양이온(Ca, Mg, K, Na)을 측정하여 식물생육에 미치는 토양의 영향을 파악하였다. 또한 자연지역 토양과의 비교를 위하여 자연지역에서 토양 샘플을 채

취하여 분석 비교하였다.

4. 옥상 환경 모니터링

옥상녹화후 옥상의 환경변화를 파악하기 위해 실험구가 설치된 2004년 8월 23일부터 2005년 8월 15일까지 주 1회 모듈 설치면의 옥상표면온도, 옥상표면온도, 인공토양 표면온도, 인공토양 지중온도, 대기온도, 대기습도를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식물생육

자생초화류 32종을 3반복으로 식재하여 2004년과 2005년에 각각 식물생육을 조사하였으며 2005년 봄에 식물의 월동 가능 여부를 조사하였다. 월동 여부는 3반복하여 식재된 27개의 개체수를 기준으로 50% 이상 월동이 성공한 것을 월동 가능으로 구분하였고 50% 이하는 월동이 가능하나 비교적 그 편차가 심한 것으로 표시하였고, 27개체 전부가 월동에 실패한 것을 월동불가로 구분하였다. 실험구에 설치된 32종의 식물중에 꿀풀, 땅채송화, 구절초 (하우스)는 월동이 불가능한 것으로 나타났다. 구절초, 눈개썩부쟁이, 백리향, 섬백리향, 해국 등은 전체 개체수 중에 50% 이하가 월동이 안되는 것으로 조사되었다. 그 외 나머지 종은 모두 50% 이상이 월동이 가능한 것으로 나타났다. 이는 옥상지역이 일반 자연지역에 비해 토심이 얇고 생육 여건이 불리하여 나타난 것으로 판단되며 이러한 결과는 앞으로 옥상녹화 지역의 식물선정에 있어 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 식물생육 조사에서는 초장, 근원경, 엽수 등을 조사하였고 조사된 결과는 양호, 불량, 2개 그룹으로 구분하였다. 양호는 초장 증가-근원경 (엽수) 증가, 불량은 초장 증가-근원경 (엽수) 감소, 초장 감소-근원경 (엽수) 증가를 의미한다. 눈개썩부쟁이, 둥근잎평의비름, 물레나물, 범부채, 붓꽃, 섬기린초, 애기기린초, 자주평의비름, 큰평의비름, 기린초, 들나물, 알бом 등의 생육이 양호하였고 나머지 종은 불량한 것으로 조사되었다. 이상의 결과는 32종의 자생초화류를 대상으로 1년간의 모니터링 결과로 앞으로 많은 종을 대상으로 다년간의 모니터링이 필요할 것으로 판단되며 이를 통해

옥상녹화에 적합한 초화류의 기준 설정이 가능할 것으로 판단된다.

2. 토양특성

옥상녹화에 사용된 인공토양의 용적밀도는 0.30~0.33g/cm³로 자연지역의 1.15~1.49g/cm³에 비해 낮게 조사되었으며 펠라이트의 기준 용적밀도 ((주) 삼손, 2000)인 0.105g/cm³보다 약간 높게 나타났다. 또한 포장용수량은 61.84~63.29%로 2000년에 조사된 펠라이트의 포장용수량인 62.69% (안원용, 김동엽, 2000)와 비슷한 값을 보였다. 토양 pH는 5.8~6.0으로 조사되었는데 일반적으로 식물 생육에 적합한 pH 범위인 6.0~6.5 (한국조경학회, 1999)에 비해 약간 낮은 값을 보였다. 투수계수는 0.016~0.029cm/s의 범위로 조사되었고 이는 적정 투수계수 범위 ((주) 삼손, 2000)인 0.127cm/s보다는 낮은 값을 보였는데 이 값은 펠라이트의 투수계수로 본 실험에 사용된 펠라이트, 피트모스, 버미큘라이트 혼합토양과의 차이에 의한 것으로 판단된다. 토양 유기물은 13.1~13.3%로 일반적인 자연토양의 유기물 함량인 5.0% (한국조경학회, 1999)에 비해 매우 높은 값으로 혼합토양에 첨가된 유기물의 영향으로 높게 나타난 것으로 판단된다. 전질소 함량은 0.16~0.41%로 펠라이트의 전질소 함량 (안원용, 김동엽, 2000)인 0.01~0.05%에 비해 높게 조사되었다. 양이온치환용량은 15.03~15.21cmol/kg으로 자연토양의 기준값 (한국조경학회, 1999)인 20cmol/kg에 비해 약간 낮은 값을 보였으나 펠라이트계 인공토양의 기준값인 3~5cmol/kg에 비해서는 높게 나타났다.

3. 옥상온도 변화

실험구가 설치된 2004년 8월부터 2005년 8월까지 매주 1회 옥상녹화지 주변의 온도 기상환경을 측정하여 기록하였다. 조사항목은 옥상표면온도, 대기온도, 인공토양표면온도, 인공토양 지중온도, 모듈설치면의 옥상표면온도 등을 조사하였다. 하절기의 경우 옥상표면온도에 비해 모듈이 설치된 옥상의 표면온도가 약 5~7℃ 가량으로 낮은 것으로 조사되었고, 인공토양의 표면온도도 일반 옥상표면온도에 비해 3~5℃ 가량 낮게 조사되었다. 동절기에는 옥상표면온도에 비해 모듈설치면의

옥상표면온도가 2~5℃ 가량 높은 것으로 조사되었고, 토양표면온도는 옥상표면온도에 비해 2~4℃ 정도 낮게 조사되었다. 따라서 옥상녹화가 시공된 지역은 일반 옥상에 비해 하절기에는 온도가 낮게 나타났고, 동절기에는 온도가 높게 나타나 옥상녹화에 의해 온도의 완화 효과가 있는 것으로 판단된다.

IV. 결론

본 실험은 모듈형 옥상녹화 시스템을 이용하여 자생 초화류를 식재하고 옥상지역에서 모듈형 옥상녹화시스템의 적용 가능성을 평가하고자 실시하였다. 그 결과 전반적인 식물생육은 양호한 것으로 조사되었으며, 인공토양의 이화학적 특성도 일반적인 인공토양이나 자연토양의 기준값과 비슷하거나 유기물함량, 양이온치환용량 등의 일부 항목은 양호한 것으로 나타났다. 옥상지역의

경우 관수의 시기나 횟수가 식물생육과 밀접한 관계가 있으나 모듈형 옥상녹화 시스템을 이용하여 실험한 경우 제한된 관수만으로도 식물 생육이 유지되는 것으로 분석되었다. 모듈형 옥상녹화 시스템을 이용할 경우 일반 옥상녹화에 비해 얇은 토심으로 식물생육에 문제가 발생될 것으로 예측되었으나 1년간의 모니터링 결과와 토양의 특성 분석 등을 통해 식물생육이 전반적으로 양호한 것으로 분석되었다.

인용문헌

1. 옥상녹화연구회 (2000) 옥상녹화의 현재와 미래. 옥상녹화연구회, 2000년 심포지움.
2. (주) 삼손(2000) 인공지반 녹화기술에 관한 가이드(I). 삼손중앙기술연구소.
3. 한국조경학회 (1999) 조경설계기준. 한국조경학회.
4. 안원용, 김동엽 (2000) 옥상녹화 후 인공토양의 이화학적 특성 변화. 한국조경학회, Vol. 28(6), 77-83.