

옥상녹화 식물의 최적생육을 위한 토양수분 특성 연구^{1a}

김시만² · 한승원^{2*} · 장하경² · 김재순² · 정명일²

Characteristics of Soil Moisture Rate for Optimal Growth Conditions on Greenroof Plants^{1a}

Si-Man Kim², Seung-Won Han^{2*}, Ha-Kyung Jang², Jae-Soon Kim², Myung-II Jeong²

요약

본 연구는 옥상녹화를 비롯한 인공지반녹화에 활용 가능한 조경용 초화류의 원활한 생육을 위한 적정 관수 주기를 규명하고 옥상 조건에서 관수 필요 여부를 규명하고자 하였다. 옥상녹화에 적용 가능하며 관상가치가 있는 총 20종의 초본식물을 선정하여 녹화용 식물의 토양수분흡수특성을 알아보기 위한 시험과 관수주기에 따른 식물의 생육변화를 알아보기 위한 시험으로 나누어 시행하였다. 식물의 수분스트레스와 열스트레스를 최소화하기 위해서는 평균 4~5일 이전의 관수 주기가 요구되며 식물의 원활한 성장과 이에 따른 환경적 효과를 위해서는 반드시 관수 관리가 요구된다고 판단되었다. 이러한 결과는 건축물이나 인공지반 녹화 시 기초자료로 활용하여 지속가능한 식재계획 수립에 도움이 될 것으로 기대되며, 향후 좀 더 다양한 녹화식물들에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

주요어: 인공지반녹화, 녹화용 식물, 관수주기

ABSTRACT

This study presents proper irrigation interval for the soil condition of green roof system and the smooth growth of the landscaping herbaceous plants available and reveal the need for irrigation in rooftop conditions. Twenty kinds of greenery plants are tested on ground paved wood panels where rain and wind shielder is installed. Before test, irrigation is conducted fully to experimental plants and then soil moisture in pot is measured after every ten minutes. In conclusion, it is suggested that the irrigation has to be carried out every 4~5 days in order to minimize water and heat stress of plants. Also, irrigation management is an essential prerequisite for good condition and the smooth growth of plants and environmental effects in green roof system.

KEY WORDS: GREEN ROOF SYSTEM, GREENERY PLANTS, IRRIGATION INTERVAL

1 접수 2015년 11월 13일, 수정 (1차: 2015년 11월 26일), 게재확정 2015년 11월 27일

Received 13 November 2015; Revised (1st: 26 November 2015); Accepted 27 November 2015

2 농촌진흥청 국립원예특작과학원 도시농업과 Urban Agriculture Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Wanju, 55365, Korea

a 이 논문은 2015년도 농촌진흥청 농촌진흥사업(No. PJ01091501)으로 연구되었음

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-63-238-6911, E-mail: hansgarden@korea.kr

서론

옥상녹화는 과밀화 된 도심지 내에서 추가적인 녹지를 확보하고 미기후 개선 및 생태복원 등 환경적인 이점을 제공하며 건축물의 에너지 부하를 감소시켜 에너지 절약에 따른 경제적 효과와 휴식이 필요한 도시민들의 정서적 안정을 위한 장소를 제공한다.

최근 옥상녹화 시공사례가 크게 증가함에 따라 시공 후 여러 유지관리에 대한 문제점들이 대두되고 있다. 옥상의 환경적 특성 상 미기후에 의해 고온·건조해지기 쉽기 때문에 식물의 증산작용과 토양의 수분증발이 자연지반보다 많이 일어나므로 건전한 식물생육을 위해서는 지속적인 관수 관리가 매우 중요하다. 특히, 우리나라는 여름철 장마 후 8월부터 10월 사이 고온·건조기가 도래하므로 적정 관수 관리가 요구된다.

옥상녹화의 경제적인 효과를 극대화 하기 위하여 저관리·경량형 옥상녹화를 선호하는 경우가 많다. 저관리·경량형 옥상녹화의 경우 많은 장점이 있는 반면 식재 수종 선택의 제한에 따른 종 다양성 감소와 낮은 토심으로 인해 식물들이 받는 수분스트레스로 옥상녹화의 여러 효과들을 충분히 발휘할 수 없는 한계점을 가지고 있다. 이와 관련하여 Cook-Patton *et al.*(2012)은 옥상녹화지의 식물 종 다양성이 옥상녹화의 기능과 효과에 미치는 영향을 분석하였고 Tijana *et al.*(2013)는 저관수에 비해 관수 시 옥상녹화 온도 저감 효과가 증가함을 보고하였다. 우리나라에서도 90년대 후반부터 옥상녹화의 효과를 밝히기 위한 연구가 지속적으로 진행되고 있으며, 특히 옥상녹화에 의한 건축물 온도조절 효과와 관련하여서 절기에 따른 온도제어 효과를 검증하거나(Lee and kim, 2004) 단열재 역할로서의 옥상녹화에 대한 연구(Oh, 2007) 등이 보고되었다.

옥상녹화들의 양적 증가가 이루어지면서 지속가능한 옥상녹화를 위한 식재계획 및 적정 관리계획의 중요성이 더욱 증대되고 있는 지금 식물 생육 특성을 파악하여 다양한 옥상녹화용 식물의 선정과 함께 식물별 적정 관수관리를 통해 양호한 식물생육을 유지시킴으로서 다양한 식물 도입을 통한 종다양성 증대가 매우 필요한 실정이다. 그러나 옥상녹화 식물별 관수주기와 관수량 및 시기에 관한 연구 및 이에 따른 관리기준 설정과 관련한 구체적인 연구가 매우 부족하다. 이에 본 연구에서는 옥상녹화에서 활용 가능한 조경용 초화류의 적정 관수 관리를 위한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 연구를 수행하였으며 아래와 같은 세부목적을 갖는다.

1. 옥상 조건에서 관수 주기에 따른 식물의 생장 특성을 조사하여 원활한 생육을 위한 적정 관수 주기를 규명한다.

2. 옥상 조건에서 무관수 시 식물의 토양수분 흡수특성을 조사하고 토양수분 변화에 따른 식물체 온도 변화를 측정하여 옥상녹화를 위한 관수 필요여부를 규명한다.

연구방법

1. 시험식물

식물의 토양수분흡수특성을 알아보기 위한 시험과 관수 주기에 따른 식물의 생육변화를 알아보기 위한 시험으로 나누어 시행하였으며, 식물재료는 환경부(2009)가 도시 인공지반의 자연생태계 복원을 위한 기술개발의 일환으로 옥상녹화에 적합한 식물소재 선정을 위한 실험을 통해 선발한 식물들을 토대로 하여, 옥상녹화에 적용 가능하며 관상 가치가 있는 20종의 초본식물을 선정하였다. 본 연구의 공시식물은 table 1과 같다.

Table 1. Contents of experimental plants

No	Scientific name	Characteristics of the natural habitat
1	<i>*Dendranthema zawadskii</i>	Suitable humidity
2	<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>dauidii</i>	Wet
3	<i>Mazus miquelii</i> Makino	Wet
4	<i>Sisyrinchium angustifolium</i>	Suitable humidity
5	<i>Arrhenatherum elatius</i> var. <i>tuberosum</i>	Dry
6	<i>Lysimachia nummularia</i>	Suitable humidity
7	<i>Aquilegia buergeriana</i> var. <i>oxysepala</i>	Suitable humidity
8	<i>Liriope platyphylla</i>	Suitable humidity
9	<i>Carex parviflora</i> var. <i>macroGLOSSA</i>	Dry
10	<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i>	Suitable humidity
11	<i>Hosta longipes</i>	Suitable humidity
12	<i>Plioblastus pygmaed</i>	Suitable humidity
13	<i>Dianthus chinensis</i> var. <i>senperflorens</i>	Suitable humidity
14	<i>*Sedum takesimense</i>	Dry
15	<i>Campanula takesimana</i>	Suitable humidity
16	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	Suitable humidity
17	<i>Pachysandra terminalis</i>	Suitable humidity
18	<i>*Hemerocallis fulva</i>	Wet
19	<i>Phlox subulata</i>	Suitable humidity
20	<i>*Aster sphathulifolius</i>	Dry

* plants for the experiment 1

2. 주요 식물 4종의 토양수분 흡수 특성

시험 1은 포화수분상태에서부터의 위조점, 고사지점을

알아보기 위하여 본 연구의 공시식물로 선발된 20종의 식물 중 옥상녹화에 많이 사용되고, 특히 건조에 강한 *Sedum takesimense*, *Aster sphathulifolius*과 비옥한 토양에서 생장이 유리한 *Dendranthema zawadskii*, *Hemerocallis fulva* 등 4종의 식물을 선정하였다.

시험 전 시험식물에 충분히 관수 후 토양수분이 0%가 되는 시점까지 관수를 시행하지 않고 식물의 토양수분흡수 특성을 조사하였다. 토양수분측정은 ICTinternational 사의 Soil Moisture Meter(SMM)를 사용하여 10분 간격으로 3반복 개체별 수분변화를 측정하였다. 각 식물은 3반복 처리하였으며 시험 전 충분히 관수 후 토양수분이 0%가 되는 시점까지 관수를 시행하지 않고 식물의 토양수분흡수특성을 관찰하였다.

3. 옥상녹화용 주요 지피류 20종의 관수요구도 분석

시험 2의 시험구는 Figure 1과 같이 비가림 시설이 된 시험 장소에 설치하였으며 24cm(L) × 24cm(W) × 20cm(H)인 식재 모듈을 하나의 시험단위로 하여 총 207개(식물 23종 × 3반복 × 3가지 관수 주기)를 조성하였다. 시험구에는 점적 자동관수시스템을 적용하여 각 식재 모듈 당 1일 1회 동일한 시간에 1일, 2일, 3일의 주기로 관수하도록 시스템을 설정하였다. 관수량은 1회 2ℓ 공급을 원칙으로 하였으며, 해당 공급량인 2ℓ 는 자동 점적관수시스템이 2시간 가동 시 공급되는 양으로 시험구 하나의 토양이 완전히 젖을 수 있도록 충분히 관수되는 양을 도출하여 설정하였다.

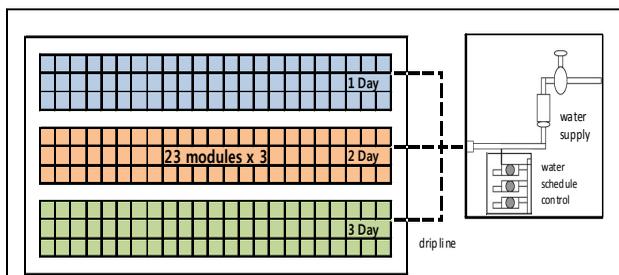


Figure 1. Diagram of plant arrangement for test

시험에 사용된 토양은 SUN GRO 사의 Canadian Sphagnum Peat Moss(63-73%), Coarse Perlite, Dolomitic Limestone 이 혼합된 인공 혼합토와 야생화용토 산야초를 10:1 비율로 혼합하여 사용하였다. 원예용 상토인 피트모스는 물과 공기가 이상적인 비율로 함유되어 있어 통기성 및 보수력이 매우 우수하며, 피트모스 60~80%와 펄라이트 20~40%를 혼합할 경우 식물 생육에 가장 적합한 물리성인 공극률 85%이상, 기상 20~30%의 조건을 제시하였다.

시험 2의 각 식물은 3년생 식물을 시험 1달 전에 이식하여 3반복 임의배치 하였고, 관수주기에 따른 식물의 생육상태 변화를 측정하기 위해 매 달 1회, 총 5회의 생육조사를 하였으며, 이때 각 식물별 초장, 면적(가로×세로)을 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 주요 식물 4종의 토양수분 흡수 특성

관수요구 패턴을 유형화하기 위해서는 식물의 수분흡수 특성 파악이 선행되어야 한다. 옥상녹화에 주로 사용하는 4종의 식물을 중점으로 토양수분함량 변화를 측정한 결과는 Figure 2와 같다.

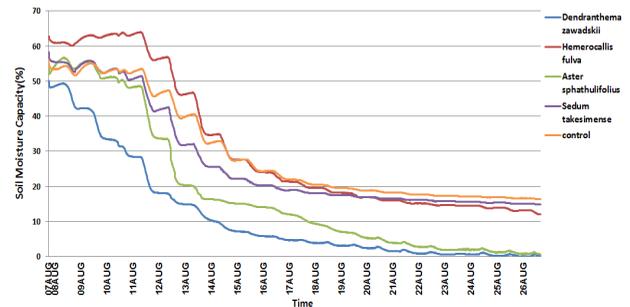


Figure 2. Moisture capacity changes of soil according to plants

Figure 2은 옥상녹화용 식물 별 토양수분 함량변화를 나타내고 있는데, *Dendranthema zawadskii*는 전국 각지에 야생하고 있는 초화류이고, *Aster sphathulifolius*은 중부 이남 해변에서 자라는 다년생 초본으로 국화과인 두 식물의 경우 상대적으로 빠른 속도로 토양수분함량이 감소한 것을 볼 수 있다. *Dendranthema zawadskii*는 시험시작 1일 후부터 꾸준히 토양수분함량이 감소하는 경향을 보이며 다른 4종의 식물에 비해 감소하는 속도가 가장 빨라 1주일 만에 토양수분함량이 10%이하로 감소하였다. 토양성분에 따라 차이가 있지만 토양수분함량이 10%이하로 떨어지게 되면 식물의 일시 위조점에 가까워지게 되고 수분스트레스를 받게 되므로 토양수분함량을 10%이상 유지하는 것이 중요하다.

*Aster sphathulifolius*은 해변의 햇볕이 잘 드는 암벽이나 경사진 곳에서 자라며 비교적 건조에 강한 종으로 알려져 옥상녹화에 자주 사용되는 식물이다. 그러나 시험 시작 4일 후부터 급격히 토양수분함량이 감소하기 시작하여 7일 후부터는 서서히 감소하였고, 10일 후 토양수분함량이 10%이

하로 감소하였다. *Aster spathulifolius*은 잎이 두껍고 잎에 용모가 있어 건조에 강한 특성을 가지고 있지만 시험결과 수분을 많이 요구한다는 것을 알 수 있었다.

*Hemerocallis fulva*는 백합과로 생육환경은 다습하고 비옥한 곳에서 자라는데, 시험결과 시험 시작 4일 후부터 급격히 토양수분함량이 감소하였으나 시험이 끝난 26일까지 토양수분함량 10%이상을 유지하고 있어 비교적 건조에 강한 것을 알 수 있었다. *Sedum takesimense*는 돌나물과의 울릉도 자생식물로서 시험결과 시험 시작 4일 후부터 급격히 토양수분함량이 감소하였으나 10일 후부터 토양수분함량의 변화가 줄어들었고 시험 종료 후 다른 종에 비해 가장 많은 토양수분함량을 유지하고 있어 가장 건조에 강한 것으로 판단된다.

*Dendranthema zawadskii*를 제외한 시험 식물들은 공통

적으로 시험 4일 후 토양수분함량이 급격히 감소하는 양상을 보였는데 control도 비슷한 경향을 보여 무관수 환경에서의 토양의 수분보유 패턴으로 볼 수는 있으나 *Dendranthema zawadskii*와 *Aster spathulifolius*은 수분요구도가 높게 나타나고, *Hemerocallis fulva*와 *Sedum takesimense*는 상대적으로 수분요구도가 낮게 나타나는 등 식물 종간의 차이를 보여 관수관리 시 이에 대한 고려가 필요할 것으로 판단되었다.

2. 옥상녹화용 주요 지피류 20종의 관수요구도 분석

관수주기에 따른 식물의 생육변화를 조사한 결과, 매일 20 썸 관수를 했을 때 초장생장이 가장 좋았던 식물은 *Dendranthema zawadskii*, *Astilbe chinensis* var. *dauidii*,

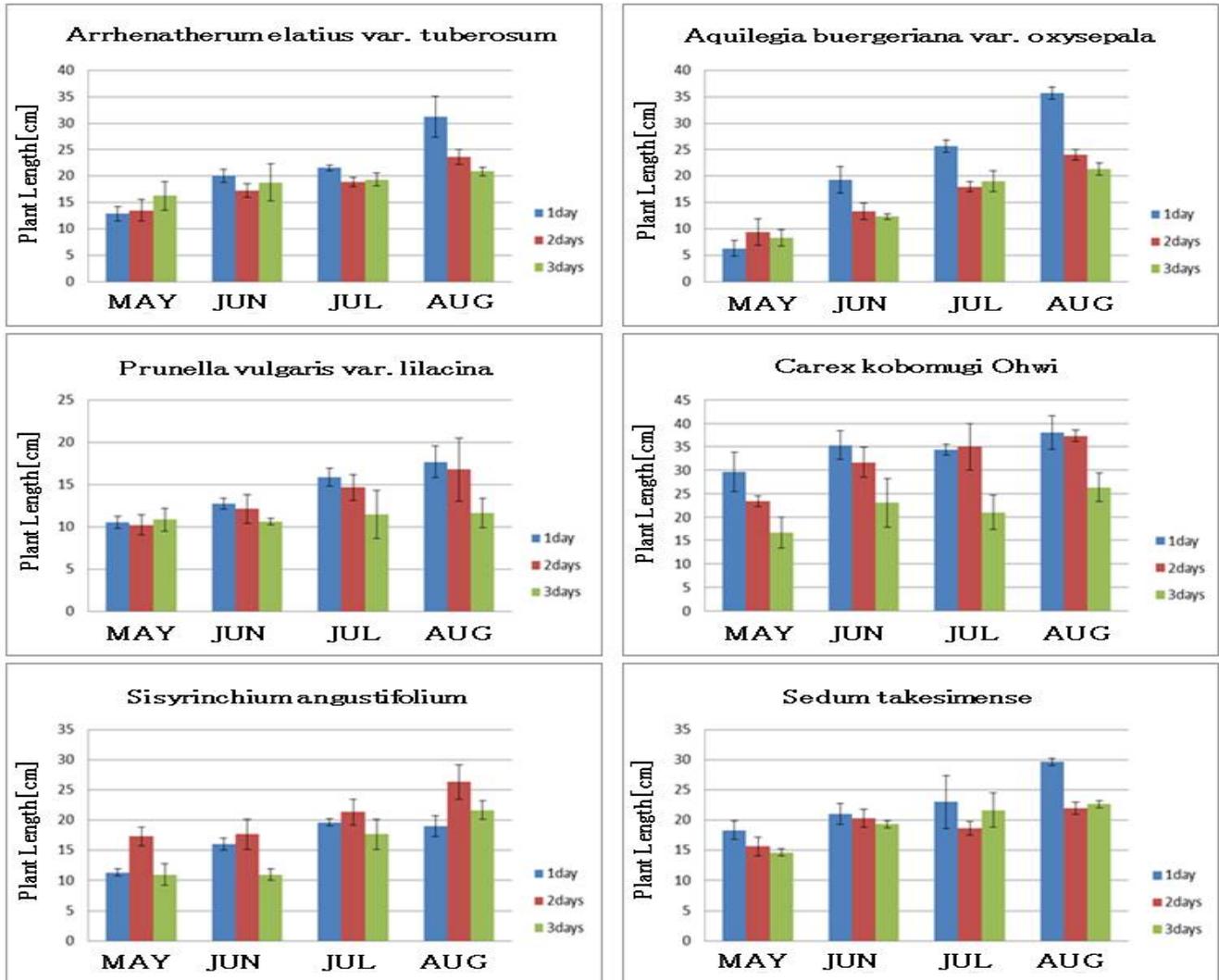


Figure 3. The growth changes of green roof plants according to the difference of irrigation

Arrhenatherum elatius var. *tuberosum*, *Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala*, *Liriope platyphylla*, *Plioblastus pygmaed*, *Dianthus chinensis*. var. *senperflorens*, *Sedum takesimense*, *Campanula takesimana*, *Pachysandra terminalis*, *Hemerocallis fulva*, *Phlox subulata*이었다. 특히, *Dendranthema zawadskii*와 *Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala*의 경우 초장변화가 가장 컸고 *Dendranthema zawadskii*는 시험1에서 토양수분함량이 가장 빠르게 감소했던 식물로 두 시험의 결과를 통해 관수요구도가 큰 식물로 판단되었다. *Sisyrinchium angustifolium*, *Lysimachia nummularia*, *Pennisetum alopecuroides*, *Aster sphathulifolius*은 관수주기에 따른 큰 생장의 변화차이를 보이지 않아 상대적으로 관수요구도가 낮은 식물들로 판단된다.

관수주기에 따른 식물의 생육변화를 조사한 결과, 관수주기 1일에서 *Dendranthema zawadskii*, *Astilbe chinensis* var. *davidii*, *Arrhenatherum elatius* var. *tuberosum*, *Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala*, *Liriope platyphylla*, *Plioblastus pygmaed*, *Sedum takesimense*, *Campanula takesimana*, *Pachysandra terminalis*, *Hemerocallis fulva*, *Phlox subulata*의 면적변화가 가장 높아 관수요구도가 큰 것으로 판단되며, *Sisyrinchium angustifolium*과 *Pennisetum alopecuroides*의 경우 관수주기에 따른 차이가 큰 변화가 없어 관수요구도가 낮은 것으로 판단되었다. 특히, *Sisyrinchium angustifolium*은 양지식물로 일반적으로 물빠짐이 양호한 토양에서 생육이 좋은 식물에 속하는데, 매일 관수 조건에서는 과습의 영향으로해 고사 직전에 이르는 등 생육상태가 불량했으며, 관수주기 2일에서 가장 생육상태가 양호한 것으로 나타났다(Figure 3).

감사글

이 논문은 2015년도 농촌진흥청 농촌진흥사업(No. PJ01091501)으로 연구되었음

REFERENCES

Susan C. Cook-Patton, Taryn L. Bauerle., 2012, Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review. *Journal of Environmental Management*, Vol. 106, No. 15, pp. 85-92.

Blanusa T. M., Madalena Vaz Monteiro, F. Fantozzi, E. Vysini, Yu Li, Ross, W.F. Cameron., 2013, Alternatives to Sedum on green roofs: Can broad leaf perennial plants offer better' cooling service'?. *Building and Environment*. vol. 59: pp.99-106.

Myung-Hyoe Kim, Kwang-Ja Bang, Jin-Hee Ju, Seung-Won Han, 2003, Effects of Light-Weight Soil Mixture and Depth on the Three Native Plants in Extensive Roof Garden, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, Vol. 31, No. 1, pp. 101-107.

Je-Hea Park, Jin-Hee Ju, Yong-Han Yoon, 2010, Effect on the Growth of Plioblastus pygmaed and Soil Characteristics as Affected by Difference of Soil Thickness and Soil Mixture Ratio in the Shallow-Extensive Green Roof Module System, *Journal of the Environmental Sciences*, Vol. 19, No. 7, pp. 871-877.

Sang-Keun Oh, Kyu-Sung Kwak, Yoon-Suk Sun, Shi-Won Kwon, 2007, A Study on Test Methods for Performance Appraisal of Root Barrier Applying to Green Roofs. *Journal of The Korea Institute of Building Construction*, Vol. 7, No. 1, pp. 79-84.

Byung-Jin Kim, 2011, A study on the selection of proper plants for low maintenance and light weight Green Roofs :Green Roof policy Plants guideline for the Daegu Metropolitan City's Green Roof policy. Keimyung University, Daegu, Korea, pp.

Jong-Taek Suh, Dong-Lim Yoo, Hyeon-Suk Lee, Hee-Kyeong Lee, Chun-Woo Nam, Seung-Yeol Ryu, eong-Seob Song, 2006, Selection of Drought Tolerance Wild-flowers Using of Flowerpot and Rooftop Plant, *Journal of Korean Society for People Plants and Environment*, Vol. 9, No. 3, pp. 1-5.

Jin-Hee Ju, Gyu-Tae Bae, Won-Tae Kim, Yong-Han Yoon, 2012, Computation of Irrigation Interval and Amount as affected by Growing Substrate and Soil Depth Planted with *Zoysia japonica* in Green Roof during a Dry Summer, *Journal of the Environmental Sciences*, Vol. 21, No. 3, pp. 289-296.

Hee-Sun Choi, Sang-Su Lee, Yong-Beom Lee, 2001, Growth of *Hosta longipes* According to Soil Depth and Composted Growing Media Available to Rooftop Garden, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, Vol. 29, No. 3, pp. 46-54.

The Ministry of Environment, 2009, Project of Creating a green roof Manual Recording and Urban Revitalization, pp. 140-148

Hyuck-Soo Kim and Kye-Hoon Kim, 2011, Physical Properties of the Horticultural Substrate According to Mixing Ratio of Peatmoss, Perlite and Vermiculite, *Journal of Korean Society Of Soil Sciences And Fertilizer*, Vol. 44, No. 3, pp. 321-330