ORIGINAL ARTICLE

빗물활용 옥상녹화 녹색기술 개발을 위한 친수성 중합체의 효용성

주진희 · 양 지 · 윤용한*

건국대학교 산림과학과

Utility of Hydrophilic Polymer for Green Technology Development in Green Roofs Using Rainwater

Jin-Hee Ju, Ji Yang, Yong-Han Yoon*

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

Abstract

Hydrophilic polymer is suitable as soil conditioners for green roofs that use rainwater, due to promotion of water retention capacity as well as enhancement of the water absorbing capacity. The objective of the present study was to investigate the effects of different levels of hydrophilic polymer concentrations (0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8% w/w) on the water holding capacity and growth response of 6 species in soils amended with hydrophilic polymer in 5 cm of soil thickness on green roofs. The results showed that the water holding capacity of the amended soil improved with increasing amount of applied polymer. The application of 0.8% w/w of the polymer increased the soil moisture by 87% compared to the control, and decreased slowly in green roofs during an arid period. The growth of *Sedum spurium* 'Dragon's blood' and *Lampranthus spectabilis* increased significantly and had greater than 60% relative coverage with higher hydrophilic polymer concentrations. However, *Juniperus chinensis* var. *sargentii* and *Euonymus fortunei* var. *radicans* had no significant differences upon change of hydrophilic polymer concentrations. In *Carex kujuzana* and *Carex morrowii* 'Aurea variegata', growth decreased with increase of hydrophilic polymer concentrations. 30 days after planting, *Juniperus chinensis* var. *sargentii*, *Euonymus fortunei* var. *radicans*, *Carex kujuzana*, and *Carex morrowii* 'Aurea variegata' died back due to lowest soil thickness (5 cm), but *Sedum spurium* 'Dragon's blood' and *Lampranthus spectabilis* had greater than 90% survival.

Key words : Hydrophilic polymer, Rainwater used green roofs, Water conservation, Water holding capacity

1. 서론

옥상에 식재한 식물은 표면온도를 평균 3.44℃정도 낮추고, 22.2%의 태양반사율을 높이며, 우수를 최대 75.3%까지 고정시킨다(Maclvor와 Lundholm, 2011). 이러한 옥상녹화는 중량형과 경량형으로 대별되며,

토심 15 cm 이하의 경량형 옥상녹화는 경제적인 뿐 아니라 설치가 용이해 일반건물에서 보편적으로 적용되고 있다. 그러나 식재지반이 얇기 때문에 건조한 환경과 토양수분의 빠른 변동에 잘 견딜 수 있는 내건성 식물들로 제한된다(Dunnett와 Kingsbury, 2010). 그럼에도 불구하고 지피식물은 뿌리가 깊지 못해 강우

Received 7 June, 2012; Revised 1 September, 2012;

Accepted 8 December, 2012

*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

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

및 건조 등의 변화폭이 큰 기후에 직접 노출 시 생육이 원활하지 못하다(Kim 등, 2010). 따라서, 토양 내 수분변화의 폭을 완화시킬 수 있는 토양개량제의 첨가는 좀 더 다양한 수종을 도입할 수 있을 뿐 아니라, 관수에 대한 경제적인 대안이 되며 빗물을 재활용할 수 있는 기반을 제공한다고 하겠다.

친수성 중합체는 플라스틱 중 물에 용해 또는 팽윤하는 친수성 수지로 중량 1,000배의 물을 흡수하고 겔(gels) 형태로 된다(Jhurry, 1997). 이러한 고흡수 수지는 수분을 흡수하지 않는 상태에서는 직경이 작지만, 수분 흡수량이 증가할 경우 건조 상태보다 수십 배의 크기로 급격히 팽창한다. 따라서, 토양의 보수성을 높은 상태로 유지하면서 직경이 커지기 때문에 토양통기성 불량에 따른 식물생육 억제는 발생하지 않고 오히려 생육이 우수해 질 수 있다(Wang, 1989).

Hydrophilic polymer는 수분흡수력이 뛰어나 뿐 아니라 흡수상태를 유지하는 능력이 탁월해 관수횟수를 줄일 수 있으며(Huttermann 등, 2009), 미국의 관개용지 약 800,000 ha의 토지에 침식조절과 침투관리를 위해 이용한다(Sojka 등, 2007). 이는 토양수분변화의 폭이 급변하는 옥상녹화에서 식재지반 내 빗물을 재활용할 수 있는 방안임을 시사하고 있다. 또한, 건조한 사질토에서 수분보유력을 높임으로써 식물의 활착과 성장을 촉진할 뿐 아니라(Taban, 2006; Zeineldin과 Aldakheel, 2006), 생산량을 증가시키는 것으로 보고되었다(Ali, 2011; Silberbush 등, 1993). No 등(1987)은 고흡수 화합물을 토양에 사용했을 때 사용량이 증가할수록 토양의 유효수분이 증가하였으며, 식물생육은 0.3% 수준에서 가장 높아 무치리에 비하여 1.2-1.8배의 차이를 나타낸다고 보고하였다. 잔디류의 경우 hydrophilic polymer의 중합체 혼합비율을 크리핑 벤트그래스는 5% 이하 그리고 켄터키 블루그래스와 들잔디는 5-10% 사이가 적절하다고 하였다(Kim과 Park, 2011). 하지만 대부분의 연구는 온실재배의 포트 실험에 집중하고 있어, 옥상녹화 토양개량제로 현장에 적용하기에는 한계가 있다. 특히, 외부환경에 직접적으로 노출되어 있을 경우, 식물생육과 hydrophilic polymer의 배합비율에 따른 검정을 통해 현장에 적용하는 것이 바람직하다. 또한, Hydrophilic polymer가 작물에 미치는 영향이 낮을 뿐 아니라 단지 몇 시간

동안만 수분을 보유할 수 있다고 보는 견해도 있어(Kim 등, 2010), 이에 대한 실제적인 확인이 필요하다. 이에 본 연구는 hydrophilic polymer를 배합토에 농도별로 조제한 후 토양수분변화와 6종 지피식물의 생육을 살펴봄으로써 빗물활용 옥상녹화 녹색기술개발을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험구 조성

본 연구는 건국대학교 글로벌캠퍼스 내 실습동 옥상에서 수행하였으며, 식물생육과 토양수분변화의 현장적용을 위해 복합실습동 2층 옥상에서 수행하였다. 실험구 조성은 가로 1.0 m, 세로 1.0 m, 높이 0.3 m의 정방형의 목재용기로 제작하여 바닥에 배수판을 설치한 후, 내부에 부직포로 깔고 고정시켰다. 토양재료는 인공배합토 (Sunshine mix#1, SunGro Horticulture, Canada)와 hydrophilic polymer (K-SAM, Kolon Chemical Co., Ltd, Gwacheon, Kyonggi, Korea)을 농도별로 혼합하였다. Hydrophilic polymer는 acrylic acid-sodium acrylate copolymer와 수분이 94:6로 구성된 고흡수성 수지로서 흡수성이 뛰어난 수분흡수 중합체이다(Kim과 Park, 2011). Hydrophilic polymer의 농도는 선행논문에서 제시하였던 0.3%를 근거로 (No 등, 1987), Control, 0%, 0.2%, 0.4%, 0.8% 등 총 5개의 배합비율로 조제하여(Table 1), 식재층으로 포설하였다. 토심은 hydrophilic polymer의 효과를 극대화하기 위해 매우 낮은 토심인 5 cm로 동일하게 조성하였다. 식물재료는 햇빛과 건조에 강하고 얇은 토심에서 비교적 잘 자라며 옥상녹화 소재로 활용가능성이 높은 식물들로 선정하였다(Dunnett와 Kingsbury, 2010). 농도별 처리구에 분홍세덤 (*Sedum spurium* 'Dragon's blood'), 사철채송화 (*Lampranthus spectabilis*), 눈향나무 (*Juniperus chinensis* var. *sargentii*), 납작보리사초 (*Carex kujuzana*) 등을 각 처리구별로 10주씩 정식하였으며, 눈향나무, 납작보리사초가 고사한 이후에는 황금줄사철 (*Euonymus fortunei* var. *radicans*)과 상록무늬사초 (*Carex morrowii* 'Aurea variegata')로 교체하였다.

Table 1. Amount of polymer each of amended soil in this green roofs experiment

Level of polymer (% w/w)	Polymer application amount
Control	0 g polymer/1,000 g amended soil
0.1	1 g polymer/1,000 g amended soil
0.2	2 g polymer/ 1,000 g amended soil
0.4	4 g polymer/ 1,000 g amended soil
0.8	8 g polymer/ 1,000 g amended soil

Fig. 1. The block design and modules employed in this study.

2.2. 측정 항목

연구기간은 2011년 4월부터 10월로, 토양수분함량 변화 및 식물생육을 중심으로 모니터링하였다. 토양수분함량은 식물성장기인 2011년 7월에서 10월까지 휴대용 토양산습도계 (DM-5, Takemura, Japan)을 이용해 매일 오후 5시 처리구별 10반복씩 측정하여 평균값을 구했다. 식물생육 측정은 식물활착이 되었다고 판단된 시점인 5월부터 수행하였다. 납작보리사초와 눈향나무의 경우에는 5월부터 완전히 고사한 7월까지, 이후 교체한 수종인 상록무늬사초와 황금줄사초는 7월부터 9월까지 조사하였다. 분홍세덤과 사철채송화는 5월부터 9월까지 측정하였다.

식물생육은 형태적 특징, 관상가치, 피복률 등 크게 3가지로 살펴보았다. 각 식물의 형태적 특성에 따라

분홍세덤과 사철채송화는 엽수, 신초수, 마디수, 경경 등을, 눈향나무와 황금줄사초는 수고, 수관폭, 근원직경 등을, 납작보리사초와 상록무늬사초는 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 분얼수 등을 중심으로 조사하였다. 관상가치는 식물을 육안으로 보았을 때, 고사정도가 100%, 76-99%, 51-75%, 25-50%, 1-25%를 각각 1, 2, 3, 4, 5 등급으로 구분하여 수치화하였다. 상대피복률은 2011년 5월과 9월에 피복면적을 각각 조사하여 월별 피복면적/초기 피복면적 $\times 100$ (Song 등, 2010) 의 수식으로 계산하였다. 식물생육은 매일 1회 측정을 원칙으로 하였으며 처리구간 객관적인 hydrophilic polymer의 효용성에 따른 생육특성을 알아보고자 약 7개월간 인위적인 관수를 하지 않고 자연강우에 의존하였다. 생육측정자료에 대한 통계처리는 처리구에 따른 평균값을 DMRT (Duncan's Multiple Range Test) 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Hydrophilic polymer 배합비에 따른 토양수분함량 변화

2011년 7월에서 10월까지의 강수량은 총 576.1 mm, 평균 최고기온은 26.3℃를 나타냈으며, 실험기간 중 강우는 7월말에서 8월초까지 집중되는 경향을 보였다(Fig. 2).

토양수분함량을 살펴본 결과, 대조구, 0.1%, 0.2%, 0.4%, 0.8% 순으로 hydrophilic polymer의 농도가 높을수록 증가하였고, 변화폭이 비교적 완만하였다(Fig. 3). 강우 후 토양수분함량은 대조구, 0.1%, 0.2%, 0.4%, 0.8% 처리구에서 각각 35%, 39.5%, 45%, 55.5%, 65.5%로 대조구에 비해 13-87%의 증수효과가 있었다. 한편, 가뭄기에는 0%, 2.5%, 6.5%, 11.5%, 13%로 순으로 hydrophilic polymer의 농도가 높을수록 토양수분이 완만하게 감소되었다. 실제로, 고흡수성 중합체의 첨가는 6-18%의 보수성 증가 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며(Wang과 Gregg, 1990), 본 연구에서는 이보다 좀 더 높은 보수효과가 있는 것으로 관찰되었다. 이와 유사한 결과로, polymer를 2 g에서 4 g으로 높임으로써 토양 내 공극률을 낮춰 보수성을 증가시키며(Ali, 2011), 양토나 식토보다는 사토에서

hydrophilic polymer의 사용은 관수횟수를 줄이는데 확연한 차이가 있는 것으로 나타났다(Koupai 등, 2008).

Fig. 2. Change in temperature and amount of rainfall from 11, July to 29, October in green roof experiment.

Fig. 3. Water retention characteristic curves in amended soil due to application hydrophilic polymer concentrations in green roofs from 11, July to 10, October.

3.2. Hydrophilic polymer 배합비에 따른 식물생육 특성

3.2.1. 분홍세덤(*Sedum spurium* 'Dragon's blood')

분홍세덤의 hydrophilic polymer의 농도에 따른 생육특성을 조사한 결과(Table 2), 대조구는 7.0 cm, 0.1%는 6.4 cm, 0.2%는 8.8 cm, 0.4%는 9.0 cm로 유의차가 없으나, 0.8%에서 13.9 cm로 대조구에 비해 약 2배의 차이를 보였다. 개체당 신초수 또는 마디수는 평균간 유의한 차이는 없었다. 관상가치는 대조구에 비해 농도가 높을수록 증가하였으며, 특히 0.8%에서 높았다. 월별 상대피복률도 5월보다는 9월에 증가하는 경향을 보였고, 특히 0.8%에서 가장 높아 양호한 피복상태를 보여주었다(Fig. 4). 이는 hydrophilic polymer로 인한 토양수분의 증가로 단위면적당 광합성율, 기공전도도 및 잎, 화기 등에 대한 탄소 분배능(carbon partitioning)이 높기 때문인 것으로(Anver 등, 2005) 해석된다.

Table 2. Characteristics of growth on the *Sedum spurium* 'Dragon's blood' due to application hydrophilic polymer concentrations in green roofs

Level of polymer (% w/w)	No. of shoot/plant	No. of leaves/plant	No. of node/stem	Ornamental value
Control	7.0 a ^z	25.0 a	5.8 a	2.6 a
0.1	6.4 a	20.7 a	5.0 a	3.2 ab
0.2	8.8 a	27.5 a	5.6 a	3.4 ab
0.4	9.0 a	22.1 a	5.1 a	2.9 ab
0.8	13.9 b	24.1 a	6.0 a	4.0 b

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05

Different letters in the same column indicate significant difference of p<0.05 according to the Duncan's multiple range test (n = 15 plants)

Fig. 4. The effect of hydrophilic polymer application amount on relative coverage of *Sedum spurium* 'Dragon's blood' at May and September in green roofs, respectively.

3.2.2. 사철채송화(*Lampranthus spectabilis*)

Hydrophilic polymer의 농도에 따른 사철채송화의 생육특성을 분석한 결과(Table 3), 개체당 신초수와 줄기당 엽수, 마디수는 처리간 유의한 차이를 보이지 않았다. 경경에서는 hydrophilic polymer 0.1% 농도처리에서 4.5 mm로 대조구의 2.8 mm에 비해 약 61%의 증수효과가 있었으나 뚜렷한 경향을 찾기 어려웠다. 관상가치는 대조구가 4.3으로 외형적인 상태가 가장 양호한 반면, Hydrophilic polymer-농도가 높아질수록 증가하지는 않았다. 한편, 피복률에서는 hydrophilic polymer농도가 높아질수록, 증가하는 경향을 보였으며, 5월보다는 9월에 높았다(Fig. 5). 본 연구에서 hydrophilic polymer농도는 개체 자체의 생육에는 오히려 큰 효과는 없는 반면, 피복률에는 긍정적인 영향을 준 것으로 나타났는데, 이는 단위면적당 엽수, 마디수 등이 높기(Table 3) 때문인 것으로 풀이된다.

Table 3. Characteristics of growth on the *Lampranthus spectabilis* due to application hydrophilic polymer concentrations in green roofs

Level of polymer (% w/w)	No. of shoot/ plant	No. of leaves/ stem	No. of node/ stem	Diameter of stem (mm)	Ornamental value
Control	6.0 a ^z	34.8 a	5.0 a	2.8 a	4.3 b
0.1	6.0 a	27.7 a	5.9 a	4.5 b	3.1 ab
0.2	6.7 a	34.6 a	4.7 a	2.8 a	3.0 ab
0.4	5.7 a	33.2 a	5.1 a	2.8 a	2.6 a
0.8	5.9 a	34.7 a	5.3 a	2.7 a	3.1 ab

^zDifferent letters in the same column indicate significant difference of $p < 0.05$ according to the Duncan's multiple range test (n = 10 plants)

Fig. 5. The effect of hydrophilic polymer application amount on relative coverage of *Lampranthus spectabilis* at May and September in green roofs, respectively.

3.2.3. 눈향나무(*Juniperus chinensis* var. *sargentii*)

Hydrophilic polymer농도 처리에 따른 눈향나무의 수고는 대조구, 0.1%, 0.2%가 각각 13.5 cm, 13.8 cm, 13.4 cm인 반면, 0.4%, 0.8%에서는 11.2 cm, 11.8 cm로 농도가 낮은 처리구에서 높았다. 근원직경과 관상가치는 처리별 유의한 차이를 보이지 않았으나, 수관폭과 가지수 또한 수고와 같이 농도가 높을수록 감소하였다 (Table 4). 이러한 결과는 hydrophilic polymer의 농도가 높아질수록 토양에 존재하는 수분량은 많은 것은 사실이나(Fig. 3), 식물자체의 흡수능에 따라서도 영향을 미쳤을 것이라 판단된다. 즉 토양 내 수분량이 증가한다고 해도 식물이 쉽게 흡수할 수 있는 수분량을 의미하지는 않는다는 것을 의미한다고 하겠다. 따라서, Hydrophilic polymer의 농도와 유효수간의 상호관계에 대한 추적 또한 필요하다.

Table 4. Characteristics of growth on the *Juniperus chinensis* var. *sargentii* due to application hydrophilic polymer concentrations in green roofs

Level of polymer (% w/w)	Plant height (cm)	Root collar caliper (cm)	Width of crown (cm)	No. of branch	Ornamental value
Control	13.5 b ^z	6.0 a	13.1 b	4.0 ab	2.7 a
0.1	13.8 b	5.9 a	12.7 ab	4.5 b	2.7 a
0.2	13.4 b	5.6 a	10.9 a	4.1 ab	2.7 a
0.4	11.2 a	5.7 a	12.5 ab	3.6 ab	2.6 a
0.8	11.8 a	5.5 a	11.4 ab	3.2 a	2.3 a

^zDifferent letters in the same column indicate significant difference of $p < 0.05$ according to the Duncan's multiple range test (n = 10 plants)

3.2.4. 황금줄사철(*Euonymus fortunei* var. *radicans*)

황금줄사철의 hydrophilic polymer농도에 따른 생육특성을 조사한 결과(Table 5), 수고는 0.4%에서 38.5 cm로 대조구가 29.9 cm에 비해 약 8.6 cm의 수치적 차이를 보였으나, 통계적인 유의성은 없었다.엽장과 엽폭 및 관상가치는 처리간 큰 차이를 보이지 않았다. 개체당 엽수는 농도가 높을수록 유의한 증가를 보였으며, 특히 대조구가 16.8개인데 비해 0.8%에서는 53.5개로 약 3.1배의 차이를 나타냈다(Table 5).

Table 5. Characteristics of growth on the *Euonymus fortunei* var. *radicans* due to application hydrophilic polymer concentrations in green roofs

Level of polymer (% w/w)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	leaf width (cm)	No. of leaves/ plant	Ornamental value
Control	29.9 a ^z	1.9 a	1.1 a	16.8 a	2.0 a
0.1	31.6 a	1.6 a	1.0 a	40.7 c	2.0 a
0.2	27.2 a	2.0 a	1.1 a	30.8 bc	1.2 a
0.4	38.5 a	1.9 a	1.0 a	28.7 b	1.2 a
0.8	27.1 a	1.7 a	1.0 a	53.5 d	2.2 a

^zDifferent letters in the same column indicate significant difference of $p < 0.05$ according to the Duncan's multiple range test (n = 10 plants)

3.2.5. 납작보리사초(*Carex kujuzana*)

Hydrophilic polymer농도에 따른 납작보리사초의 생육을 조사한 결과(Table 6), 엽장은 농도가 높을수록 약간 작은 경향을 보였으나, 유의한 차이를 보이지 않았다. 반면, 평균 엽폭은 대조구에서 1.2 cm인 반면, 0.1%, 0.2%, 0.4%, 0.8%에서 각각 1.0 cm, 0.8 cm, 0.8 cm, 0.7 cm로 감소하였으며, 유의한 차이를 보였다. 엽수 및 분얼수는 처리간 유의적인 차이는 볼 수 없었으나 엽폭과 같이 농도가 높을수록 감소하는 경

향이였다. 관상가치는 대조구가 3.2인 반면, 0.8%에서는 1.8로 농도가 높을수록 유의한 감소세를 보였다.

Table 6. Characteristics of growth on the *Carex kujuzana* due to application hydrophilic polymer concentrations in green roofs

Level of polymer (% w/w)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	No. of tiller	Ornamental value
Control	10.1 a ^z	1.2 c	6.1 a	11.6 a	3.2 b
0.1	10.6 a	1.0 bc	6.2 a	10.5 a	2.3 ab
0.2	9.9 a	0.8 ab	6.2 a	12.2 a	2.6 ab
0.4	10.0 a	0.8 ab	6.3 a	9.7 a	2.6 ab
0.8	9.9 a	0.7 a	6.3 a	10.5 a	1.8 a

^zDifferent letters in the same column indicate significant difference of $p < 0.05$ according to the Duncan's multiple range test ($n = 10$ plants)

3.2.6. 상록무늬사초(*Carex morrowii* 'Aurea variegata')

Hydrophilic polymer 농도 처리에 따른 상록무늬사초의 초장은 농도가 높을수록 약간 낮아지는 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 엽장과 엽폭 또한 hydrophilic polymer 농도 처리간 뚜렷한 차이는 보이지 않았으나, 농도가 높을수록 증가하는 경향을 보였다. 반면, 개체당 엽수는 대조구에서 68.8개인 반면, 0.8%에서는 49개로 약 1.4배의 유의한 차이를 보여 납작보리사초와 마찬가지로 농도가 높을수록 감소하였다(Table 7). 이들 사초류는 식재 30일 전에 고사하

Table 7. Characteristics of growth on the *Carex morrowii* 'Aurea variegata' due to application hydrophilic polymer concentrations in green roofs

Level of polymer (% w/w)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves/plant
Control	45.3 a ^z	33.3 a	0.6 a	68.8 ab
0.1	42.5 a	34.1 a	0.6 a	56.6 ab
0.2	42.4 a	36.7 a	0.5 a	51.6 ab
0.4	42.1 a	36.0 a	0.6 a	59.6 ab
0.8	42.4 a	36.3 a	0.7 a	49.0 a

^zDifferent letters in the same column indicate significant difference of $p < 0.05$ according to the Duncan's multiple range test ($n = 10$ plants)

였는데, 1차적인 원인은 낮은 토심(5 cm)로 인한 외부 환경의 완충작용의 저하로 보며, 2차적 원인은 식물종에 따른 흡착능의 차이로 보고 있다. 특히, 토양 내 낮은 입도분포는 높은 보수성을 주나 식물이 흡수할 수 있는 유효수는 감소하기 때문인 것으로 본다(Choi 등, 2005).

3.3. 생존율

Hydrophilic polymer 농도에 따른 6종의 생존율을 살펴본 결과(Table 8), 분홍세덤과 사철채송화는 모든 식물체가 100% 생존했으나, 눈향나무, 황금줄사철, 납작보리사초, 상록무늬사초 등은 농도에 상관없이 식재 후 30일 만에 모두 고사하였다(Table 8). 이와 같은 생존율의 차이는 수종간 내건성 정도에 따라 다르게 나타난 것으로(Kim과 Park, 2011) 해석된다. 또한, Hydrophilic polymer가 토양의 공극율, 유효수분 및 수화량이 증가된다고 하였으나(No 등, 1987), 유전적으로 수중에 따라 수분이용 정도가 다르기 때문에 식물에 따라 처리효과는 차이가 있었던 것으로 판단된다. 또한 생존 최소토심 이하인 5 cm에서는 내건성이 강한 수종을 제외하고 농도에 관계없이 고사해, 토심에 의한 영향을 더 받은 것으로 본다. 따라서, Hydrophilic polymer 농도 및 토심의 증수함에 따른 동일수종의 생육 및 생존을 검증할 필요가 있다.

Table 8. Comparison on survival rate due to application hydrophilic polymer concentrations in green roofs

Species	Survival rate(%)
<i>Sedum spurium</i> , 'Dragon's blood'	100
<i>Lampranthus spectabilis</i>	100
<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i>	0
<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i>	0
<i>Chasmanthium latifolium</i>	0
<i>Carex morrowii</i> 'Aurea variegata'	0

4. 결 론

Hydrophilic polymer은 수분흡수력이 뛰어날 뿐 아니라 흡수상태를 유지하는 능력이 탁월해 빗물활용 옥상녹화에 적용가능성이 높은 토양개량제라고 할 수 있다. 이에 본 연구는 hydrophilic polymer 5가지 (0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8% w/w) 농도로 배합한 5 cm 토심의 옥상녹화에서 토양보수성과 6종의 식물생육 변화를 살펴봄으로써 옥상녹화 녹색기술개발을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

옥상녹화 식재지반에서 hydrophilic polymer 농도에 따른 토양수분함량 변화를 살펴본 결과, 무처리구

에 비하여 처리구에서 첨가량이 증가할수록 보수성이 증가하였다. 특히 0.8%처리구에서는 대조구에 비해 87%의 증수효과가 있었으며 건조기에도 토양수분이 완만하게 감소되었다. 분홍세덤과 사철채송화와 같이 잎이 두꺼운 수종은 hydrophilic polymer농도가 증가할수록 생육이 양호하였고, 약 60%이상의 피복률을 나타내었다. 반면, 눈향나무와 황금줄사철나무와 같이 관목류는 일부 생육항목을 제외하고 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 납작보리사초와 상록무늬사초와 같이 사초류는 hydrophilic polymer농도가 증가할수록 생육이 저조하였다. 생존율에 있어서는 분홍세덤과 사철채송화를 제외하고 눈향나무, 황금줄사철, 납작보리사초, 상록무늬사초 4종이 식재 후 30일 이전에 모두 고사하였다.

이러한 실험결과와 차이는 식물자체의 내건성과 흡수능 차이가 주요요인으로 작용할 수 있으나 매우 얇은 토심(5 cm)에 따른 악영향이 더 컸던 것으로 사료된다. 따라서, 추후 토심을 높여 hydrophilic polymer의 농도에 따른 수종별 생육특성을 검증할 통해 적정 혼합비율을 제시할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- Kim, K. N., Park, S. H., 2011, Effect of high water-swelling polymer rate on seedling survival of major turfgrasses grown on soil organic amendment mixtures, J. Korean Env. Res. Tech., 14(2), 21-32.
- Kim, J. H., Kim, S. D., Kim, S. D., Kim, T. J., Paek, K. Y., 2010, Effect of polyacrylic acid sodium salt on growth of several ground cover plants in roofgarden, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 28, 109-109
- No, Y. P., Jung, Y. T., Chung, G. S., Kim, Y. H., 1987, Studies on the agricultural use of the water-swelling polymer, Korean J. Soil Sci. Fert., 20, 209-216.
- Song, J. H., Jin, H. Y., Ahn, T. H., 2010, A study on physicochemical properties of artificial substrates and changes of plant growth in tropical plant resources research center of Korea national arboretum, J. Korean Env. Res. Tech., 13(2), 52-62.
- Choi, J. M., Wang, H. J., Lee, J. S., 2005, Effect of incorporation level of polyacrylic acid sodium salt on changes in chemical properties of root media, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 23, 481-487.
- Ali, L. K. M., 2011, Significance of applied cellulose polymer and organic manure for ameliorating hydro-physico-chemical properties of sandy soil and maize yield, Australian Journal of Basic and Applied Science, 5, 23-35.
- Anver, M. A. M. S., Bandara, D. C., Padmathilake, K. R. E., 2005, Comparison of the carbon partitioning and photosynthetic efficiency of lettuce(*Lactuca sativa* L.) under hydroponics and soil cultivation, Trop. Agr. Res., 17, 194-202.
- Dunnett, N., Kingsbury, N., 2010, Planting green roofs and living walls, 2nd ed., Timber Press, Portland.
- Huttermann, A., Orikiriza, L. J., Agaba, H., 2009, Application of superabsorbent polymers for improving the ecological chemistry of degraded or polluted lands, Clean-Soil, Air, Water, 37(7), 517-526.
- Jhurry, D., 1997, Agricultural Polymer, Food and Agricultural Research Council, Reduit, Mauritius.
- Kim, S., Iyer, G., Nadarajah, A., Frantz, J. M., Sponberg, A. L., 2010, Polyacrylamide hydrogel properties for horticultural application, International Journal of Polymer Analysis and Characterization, 15(5), 307-318.
- Koupai, J. A., Eslamian, S. S., Kazemi, J. A., 2008, Enhancing the available water contents in unsaturated soil zone using hydrogel to improve plant growth indices, Ecohydrol. Hydrobiol., 8(1), 67-75.
- MacIvor, J. S., Lundholm, J., 2011, Performance evaluation of native plants suited to extensive green roof conditions in a maritime climate, Ecological Engineering, 37, 407-417.
- Silberbush, M., Adar, E., Malach, Y. D., 1993, Use of a hydrophilic polymeron to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes II. Cabbage irrigated by sprinkling with different salinities, Agric. Water Manage., 23(4), 315-327.
- Sojka, R. E., Biørnberg, D. L., Entry, J. A., Lentz, R. D., Ors, W. J., 2007, Polyacrylamide in agriculture and environmental land management, Adv. Agron., 92, 75-162.
- Taban, M., Movahedi Naeini, S., 2006, Effect of aquasorb and organic compost amendments on soil water retention and evaporation with different evaporation potentials and soil textures, Communications in Soil

- Science and Plant Analysis, 37, 2031-2055.
- Wang, Y. T., 1989, Medium and hydrogel affect production and wilting of tropical ornamental plants, HortScience 24, 941-944.
- Wang, Y. T., Gregg, L. T., 1990, Hydrophilic polymerons-their response to soil amendments and effect on properties of a soilless potting mix, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 115, 943-948.
- Zeineldin, F. I., Aldakheel, Y. Y., 2006, Hydrogel polymer effects on available water capacity and percolation of sandy soil at Al-Hassa, Annual Conference, Edmonton, Canada.