

빗물활용 벽면녹화 용기 내 유기질비료 배합비에 따른 노랑조팝나무의 생육 반응

주진희 · 김혜란 · 윤용한*

건국대학교 산림과학과

(2011년 8월 15일 접수; 2011년 9월 21일 수정; 2011년 10월 27일 채택)

Effect of Organic Fertilizer Ratios on the Growth of *Spiraea × bumalda* 'Gold Mound' in the Container Green Wall Systems with Rainwater Utilization

Jin-Hee Ju, Hya-Ran Kim, Yong-Han Yoon*

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

(Manuscript received 15 August, 2011; revised 21 September, 2011; accepted 27 October, 2011)

Abstract

For evaluating the effect of various organic fertilizer ratios on the *Spiraea×bumalda* 'Gold Mound' growth, a container green wall system experiment was conducted in a greenhouse at Konkuk university. The experimental planting grounds were prepared with different organic fertilizer ratios (A_1L_0 , A_8L_1 , A_4L_1 , A_2L_1 and A_1L_1) and with drought tolerance and an ornamental value *Spiraea×bumalda* 'Gold Mound' was planted. The change in soil moisture contents, plant height, number of branches, number of dead leaves, number of leaf, number of shoots, length of node, length of leaf, width of leaf, root-collar caliper, chlorophyll contents and survival rate were investigated from April to Jun 2010.

1. The result of soil moisture contents was analyzed with weight unit in the container green wall system during the dry summer season. The soil moisture contents were significantly enhanced in the container green wall system in increasing order as the amount of fertilizer level increased $A_1L_1 > A_2L_1 > A_4L_1 > A_8L_1 > A_1L_0$.

2. Compared to the control treatment (amended soil with 100% + organic fertilizer 0%) application, the highest plant growth was observed in the treatment of A_2L_1 (amended soil with 67% + organic fertilizer 13%) application. However, the differences between the organic fertilizer ratio treatments of A_1L_1 , A_4L_1 , A_8L_1 , and the A_1L_0 organic fertilizer application were mostly not significant.

3. The survival rate increased with the increasing application of organic fertilizer, but in the control treatment (amended soil with 100% + organic fertilizer 0%) application all the plants died.

Experimental results from the presented study clearly demonstrated that the organic fertilizer improved the survival rate more than the *Spiraea×bumalda* 'Gold Mound' growth at different levels of organic fertilizers. This strain can be utilized as a plant growth application in living wall systems during the dry summer season. Therefore, *Spiraea×bumalda* 'Gold Mound' is expected to be a highly valuable shrub for the green wall system if it should be considered in integration with stormwater retention or as a soil conditioner for increasing soil water contents in planting ground.

Key Words : Container green wall system, Organic fertilizer ratios, Amended soil, Shrub, *Spiraea×bumalda* 'Gold Mound'

*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

1. 서론

벽면녹화란 일반적으로 건축물의 벽면, 담장이나 울타리, 옹벽, 방음벽 등의 수직벽면을 다양한 식물로

덮는 것을 의미한다. 환경부(1998)는 인공적으로 만들어진 입면을 식물로 푸르게 하는 것이라고 정의하고 있고, 우리나라에서 법률적으로 규정하고 있는 조경기준에서는 벽면녹화를 건축물이나 구조물의 벽면을 식물을 이용해 전면 또는 부분적으로 피복녹화하는 것이라고 정의하고 있다(한국환경과학회, 2009). 외국의 경우, 벽면녹화를 수직녹화시스템(Vertical greening systems)이라 칭하며, Green facades와 Living walls systems로 구분하고 있다. Green facades는 덩굴성식물을 이용해 건물표면에 직접 부착하거나 철망이나 트렐리스(Trellis)로 고정시키는 것인 반면, Living wall systems은 Green walls이나 Vertical gardens으로 알려져 있고, 토양이나 식재지반을 채운 각각의 모듈에 식재하는 것을 말한다(Katia 등, 2011). 이러한 벽면녹화에 있어서 Mifflin(2009)는 건축과 식생을 통합하는데 있어 계절성과 적합한 식물성장에 대한 관리를 강조하고 있다.

우리나라의 벽면녹화에 관한 연구는 1990년대부터 시작되었다고 볼 수 있으며, 벽면녹화를 위한 덩굴식물(박, 1997) 및 적용(정 등, 1999), 서울시내 벽면에 자라는 식물상 조사(이와 심, 1994)에 중점을 둔 반면, 2000년대에는 벽면녹화에 대한 이용자의 심리(이와 김, 2000), 경관성(강, 2003), 기법 및 계획(이, 2001), 법제도(한과 김, 2006; 윤 등, 2010) 위주의 연구가 진행되어져 왔다. 하지만, 벽면녹화 수종탐색에 있어서는 덩굴성식물의 범주(강, 2003)를 크게 벗어나지 못하고 있다. 실제로 1999년부터 2002년까지 서울시 벽면녹화 식재수종 현황을 살펴보면, 다년생초화류가 48.2%, 담쟁이덩굴이 42.8%, 헤데라가 4.5%로 이 세 가지 수종이 전체수종의 94.5%를 차지한다(강, 2003). 이는 벽면녹화수종이 몇몇 수종에 편중되었다는 것과 목본류 활용은 매우 미흡한 실정임을 보여주고 있는 자료라 할 수 있다.

토양재료와 멀칭(mulching) 처리 유무에 따른 헤데라 헤릭스(*Hedera helix* L.)의 생육을 살펴보았으나 벽면이 아닌 건축물 하단의 화분실험(강 등, 2005)이기에 벽면녹화에 적용하는데 한계가 있다. 또한, 경남 통영의 도시내 벽면녹화 대상공간을 조사한 결과, 콘크리트 옹벽 주변에는 충분한 식재지반을 갖추고 있지 못한 상태라고 밝혔다(강 등, 2005). 하단부에 식재

기반이 없을 경우 벽면 자체에 식재상자를 부착하는 방식인 용기형 벽면녹화는 유리한 생육환경을 제공한다. 벽면녹화에 적합한 식물은 모람, 담쟁이덩굴, 송악류, 줄사철, 마삭줄, 으름, 인동 등과 같은 덩굴성 식물 들이지만(안, 2003), 이러한 식물들로 구성된 벽면녹화는 단조롭게 보일 수 있다(강 등, 2003). 이에, 다양한 벽면녹화 식물의 생육을 위해서 경량의 인공배지로 채워진 저수-배수형 식재상자가 필요할 것이라고 피력하였다(강 등, 2005). 또한, 관리조방적 벽면녹화용 식물선정에 있어 줄사철, 담쟁이덩굴, 붉은인동, 인동, 으름 등은 시공이후 2년 동안 무관수 조건하에서도 플랜터(planter)의 크기에 상관없이 대부분의 식물들이 좋은 상태를 보인 것으로 조사되어(이 등, 2004), 관목류 활용에 대한 가능성을 보여주고 있다.

노랑조팝나무는 조팝나무와 유사하나 강한 환경적응성, 내한성, 내건성, 용이한 번식 등 외부 환경압에 잘 적응하는 특징을 가지고 있다. 특히, 노란색의 잎과 긴 개화기를 갖는 분홍색 꽃을 가지고 있어 시각적 경관성이 요구되는 지피식재(Yan 등, 2011)는 물론 벽면녹화 수종으로 활용가능성이 높은 관목이라고 하겠다. 또한, 몇몇 연구에서는 노랑조팝나무가 어느 정도 내염성이 있는 것으로 알려져 있어(Yao 등, 2009; Liu 등, 2009) 활용범위가 넓은 수종임을 알 수 있다. 하지만 벽면녹화 수종으로서의 실제로 적용 평가된 연구는 거의 없다.

일반적으로 벽면녹화는 수종선택, 식재지반, 물 공급 등 세 가지 요인에 의해 성패가 좌우된다(Feng 등, 2005)고 해도 과언이 아니다. 벽면녹화에서 크기가 아주 작은 지의류나 이끼는 물과 양분과 같은 근본적인 자양분에 의해, 좀 더 큰 나무는 식재지반에 의해 좀 더 의존적인 반면, 허브, 관목 그리고 묘목 등과 같이 중간 크기의 식물들은 물, 양분, 식재지반에 의해 성패가 좌우된다(Jim과 Chen, 2010). 특히, 벽면의 환경압 중 식물생육에 가장 문제가 되는 것은 바람에 의한 과도한 증산과 건조해라고 볼 때, 식물자체의 내건성도 요구되나 식재지반 내 토양 이화학적성을 개선시켜주는 토양개량제가 요구된다(한국환경과학회, 2009). 이에 유기질비료는 토양의 통기 및 보수력을 좋게 하며, 양이온치환용량을 증가시켜 보비력을 향상시켜 외부의 환경압에 대한 완충역할을 한다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 빛물활용 벽면녹화에서 식재지반의 보수력과 보비력을 높일 수 있는 유기질비료의 비율에 따른 노랑조팝나무의 생육을 실험적으로 평가함으로써, 벽면녹화 수종으로써의 적합성을 평가하고, 실제로 적용식재함에 있어 이론적 토대를 마련하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구범위 및 환경조건

실험은 2010년 4월부터 7월까지 건국대학교 글로벌 캠퍼스 산림과학과 전공온실 남동쪽 벽면에서 수행하였다. 실험기간 중 충주시의 최고 기온은 6월 18일이 25.6°C이며, 최저 기온은 4월 14일 4.1°C이었다. 최고 상대습도는 5월 24일 88.8%이며 최저 습도는 4월 14일 31.5%였다. 월별 강수량을 살펴보면, 4월은 81.5 mm, 5월은 97 mm, 6월은 50.6 mm로, 6월은 5월에 비해 강수량이 약 1/2 정도 낮아 매우 건조한 상태를 보였다.

2.2. 연구방법

2.2.1. 용기형 벽면녹화 실험구 제작

용기형 벽면녹화는 벽면에 소형의 용기를 설치하여 녹화하는 형태로, 다양한 식물의 식재가 가능하여 설치이동이 용이할 뿐 아니라 경제적인 이점을 가지고 있다. 용기형 실험구는 가로 30 cm, 세로 17 cm, 너비 17 cm의 1/4구형 행잉와이어(Hanging wire)의 바깥쪽으로 녹화마대, 토양유실방지 필터층 순으로 감싼 후 후면에 방수시트를 부착하였다. 식재지반은 용기높이의 1/3을 하이드로볼(Hydroball)로 배수층을 형성하고, 인공배합토(Amended soil, 이하 A)와 유기질비료(Leafmold, 이하 L)를 배합비율별로 섞은 토양을 용기의 턱 2~3 cm을 남기고 각각 포설하였다. 인공배합토는 피트모스 20%, 코코피트 20%, 질석 20%, 수피 10%, 토탄 0.5%, 강사 0.5%를 함유하고 있는 혼합배양옥토(신신화훼자재상사, Korea)를 사용하였다. 유기질비료는 발효수피를 함유하고 있어 친환경적이며 식물생장에 양호한 부엽토(금정원, Korea)를 사용하였다. 배합비는 인공배합토 100%(이하 A₁L₀), 인공배합토 87%+유기질비료 13%(이하 A₈L₁), 인공배합

토 80%+유기질비료 20%(이하 A₄L₁), 인공배합토 67%+유기질비료 33%(이하 A₂L₁), 인공배합토 50%+유기질비료 50%(이하 A₁L₁)로 인공배합토에 대한 유기질비료의 비율을 높였다. 식재후 토양의 유실방지와 식물의 보호를 위해 전면에 부착했던 녹화마대와 필터층의 여유분으로 와이어의 상부를 덮어주었다. 정식이 완성된 실험구는 온실 외부벽면에 설치한 가로 약 13 m, 세로 약 1.5 m의 격자형 구조물에 부착하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Experiment statues for container green wall system was conducted in a greenhouse outside of Konkuk university from April to July, 2010.

2.2.2. 토양수분함량, 온도 및 상대습도

토양수분함량은 무강우가 지속되었던 2010년 6월 20일에서 6월 29일까지 경과일에 따른 각 처리구별 용기무게를 3반복으로 잰 후 평균값을 산출하였다. 또한 온실벽면의 온도와 상대습도를 오전 8시부터 오후 6까지 디지털온습도계(YTH-104, UINS, Korea)를 이용해 각각 측정 후 평균값을 제시하였다.

2.2.3. 생육측정

2010년 3월에 지름 약 12 cm화분의 노랑조팝나무를 병천에 위치한 농장에서 균일한 종을 구입한 후 1개월간 순화시켰으며, 수고에 대한 초기값을 균일하게 조정하기 위해 5 cm로 전정하였다. 인공배합토와 유기질비료를 각각 배합비율로 혼합한 벽면녹화 용기 와이어 사이에 10개씩 정식하였으며, 기존에 설치된 격자망 틀에 각각 3반복씩 배치하였다. 실험 시작 후 처음 2주는 원활한 활착을 위해 주 2회 두상관수를 하

였으며, 그 후로는 인위적인 관수를 하지 않았다. 노랑 조팝나무의 생육을 측정하기 위해 각 벽면녹화 용기별 식물체의 수고, 엽장, 엽폭, 엽수, 분지수, 새순수, 낙엽수, 근원직경, 절간장 등을 조사하였다. 수고는 하단에서 정단부까지를 잴으며, 엽수, 새순수, 낙엽수의 경우 직접 육안으로 측정했다. 그리고 엽장, 엽폭, 절간장 등은 표준잎 5개를 선정하여 평균값을 산출하였다. 엽록소함량 측정은 휴대용 엽록소 측정기(SPAD-502, Minolta, Japan)로 식물체의 생장점에서 2~3번째 완전히 전개된 잎의 중앙부위 부근을 10번 반복하여 측정된 값의 평균치로 하였다. 근원직경은 캘리퍼스(Digital Vernier Calipers, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 측정하였고, 생존율은 실험 종료 후 생존수/전체수×100으로 계상하였다.

2.2.4. 통계처리

각 측정자료에 대한 통계적 분석은 SPSS Ver. 12.0(SPSS Inc., USA)를 이용해 Duncan의 다중범위 검정(Multiple range test)을 실시하여 유의성을 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 토양수분함량 변화

여름철 무강우가 지속된 6월 20일부터 6월 29일까지 9일간 온실벽면의 온도와 상대습도는 각각 23.4~27.5℃, 49~84%로, 온도차는 4.1℃인데 비해, 상대습도차는 35%로 변화폭이 높았다. 특히, 6월 23일은 평균 상대습도가 49%를 나타내 다소 건조하였다(Table 1). 일반적으로 6월 말에서 7월 초까지 장마철로 습한 계절로 인식되나, 최근 기후변화로 인해 강우량이 7월과 8월에 집중되는 경향을 보이고 있다. 실제로 실험기간동안 6월의 강수량은 5월에 비해 1/2정도로 매우 낮았다. 따라서 빗물만으로 물공급이 제공되

는 용기형 벽면녹화의 안정된 활착은 건조기에 얼마만큼 견딜수 있느냐에 달려 있으므로 이 시기의 생육 평가는 매우 의미있다고 할 수 있다.

각 유기질비료 비율에 따른 용기형 벽면녹화의 토양수분함량 증량단위로 측정된 결과, A₁L₁> A₂L₁> A₄L₁> A₈L₁> A₁L₀ 순으로, 부엽토비율이 높을수록 토양수분함량이 높았다(Fig. 2). 이는 유기질비료가 용기형 벽면녹화 식재지반에 보수성을 높임으로써 보존되는 수분량이 증가하여 후기까지 토양수분함량이 천천히 감소한다는 것을 의미한다. 이러한 결과는 유기질비료에 의해 용적밀도가 낮아지고 액상과 기상이 높아지기 때문인 것으로(윤 등, 1996) 해석된다. 따라서, 벽면녹화에서 빗물로 수분공급을 의존할 경우, 식물의 생육에 악영향을 주지 않는 범위 내에서, 유기질비료는 토양 내 보수성을 높일 수 있는 방안으로 적용할 수 있다.

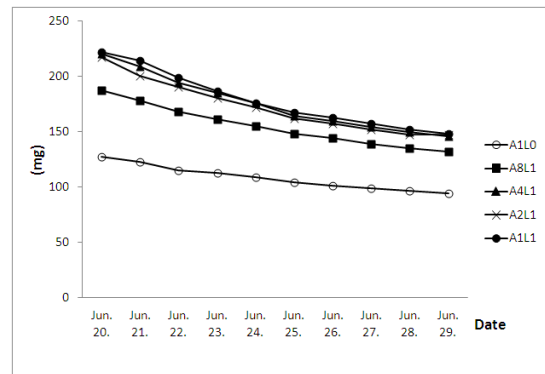


Fig. 2. Changes in soil moisture contents in the container green wall system as affected by amended soil and organic fertilizer ratios from Jun 20 to 29(A₁L₀-Amended soil 100%+leafmold 0%; A₈L₁-Amended soil 87%+Leafmold 13%; A₄L₁-Amended soil 80%+Leafmold 20%; A₂L₁-Amended soil 67%+Leafmold 13%; A₁L₁-Amended soil 50%+ Leafmold 50%).

Table 1. Changes of the air-temperature and relative humidity during the same period measured soil moisture contents in the container green wall system, 2010.

Month. Day.	6.20	6.21	6.22	6.23	6.24	6.25	6.26	6.27	6.28	6.29
Air temperature(℃)	27.4	27.5	26	25.7	23.4	24.5	25.1	24.2	25.6	26
Relative humidity(%)	75	71	63	49	64	68	68	84	72	74

3.2. 생육평가

노랑조팝나무의 생육을 분석한 결과, 수고는 A₁L₀> A₂L₁> A₁L₁> A₄L₁> A₈L₁ 순이었다. 대조구인 A₁L₀에서 수고는 9.9 cm로 가장 높았고, A₈L₁에서 7.1 cm로 가장 낮아 두 실험구간에는 약 3 cm의 차이를 나타냈으나, 유기질비료 배합비간에 뚜렷한 경향은 보이지 않았다. 분지수, 엽수, 새순수의 경우, 전반적으로 A₂L₁에서 각각 18.5개, 114.2개, 10.5개로 다른 처리구보다 높은 값을 보이고 있다. 낙엽수는 대조구에서 가장 낮은 값인 6.1개로, 유기질비료를 배합한 다른 처리구에 비해 약 30-35% 정도 낮았다. 절간장의 경우 A₈L₁, A₄L₁, A₂L₁, A₁L₁, A₁L₀ 순으로 높았다. 엽장, 근원직경, 엽록소함량은 대조구와 유기질비료 비율에 따른 통계적 유의성은 없었다(Table 2). 따라서, 수고, 낙엽수를 제외한 대부분의 생육항목에서 대조구보다는 유기질비료 배합도에서 양호했으며 특히, A₂L₁이 전체 처리구 중 가장 양호한 생육상태를 보였으나, 이에 대해서는 장기적인 생육평가가 필요하다.

유기질비료 비율에 따른 식물생육에 관한 기존 연구들을 살펴보면, 주로 지속가능한 농작물 생산과 관련된 된 연구사례가 많다. 유기질비료인 Pigs hoof 가수 분해 엽면시비로 40 일 동안 상추의 엽장, 엽폭 및 엽수가 증가한 것으로 나타났다(한 등, 2011). 열무의 경우 유기질비료의 시비량이 증가할수록 성장량이 좋았고(김과 김, 2007), 고추의 경우에도 초장이 높아지는 경향을 보이나, 영양분이 풍부한 상태에서는 식물생육촉진 근권세균의 세력이 약해질 수 있기 때문에 고

농도의 유기질비료하에서는 현존량에 대한 뚜렷한 차이를 볼 수 없다고(Puneet 등, 2010) 지적하고 있어, 적정수준의 시비량을 피력하고 있다.

한편, 인공지반녹화 관련 식재지반과 식물생육과 관련된 연구를 살펴보면, 식물생육에 적합한 토양개량제에 관한 연구가 주를 이룬다. 강 등(2005)은 토양재료와 멀칭유무에 따른 벽면녹화용 덩굴식물인 헤데라 헤릭스(*Hedera helix* L.)의 생육을 살펴본 결과, 멀칭처리한 세라소일-노지토양(부피비 4:6) 처리구에서 가장 우수하였다. 이는 벽면녹화 식재지반이 배수력 뿐 아니라 보수력 또한 필요하다는 것을 의미한다고 하겠다. 다양한 식재지반재의 이용은 토양산도, 보수성, 토양입자크기 분포를 제공하며, 더불어 유기질재료와 미생물의 첨가(Molineux, 2010), 또는 보수성 첨유의 이용(Dvorak과 Volder, 2010)은 활용가능한 자원과 서식지의 이질성을 증대시켜 생물다양성을 위한 서식처로 가능성을 높여주는 것으로(Robert와 Jamie, 2011) 보고되고 있다.

5월과 6월의 노랑조팝나무의 생존율을 비교해 본 결과, 5월은 A₁L₁> A₁L₀> A₄L₁> A₂L₁> A₈L₁ 순인 반면, 6월은 A₁L₁=A₄L₁> A₂L₁> A₈L₁> A₁L₀ 순으로, 대조구인 A₁L₀에서 모든 식물이 고사하였다. 반면, 유기질비료 비율이 높을수록 생존율 또한 높아지는 경향을 보였다(Fig. 3). 월별로 생존율의 차이를 나타낸 것은 6월에 강우량이 5월보다 1/2 정도로 낮아 벽면녹화 식재지반 내 유기질비료가 토양수분함량을 높여줌으로써(Fig. 1), 생존에 직접적인 영향을 준 것이라 본다.

Table 2. Growth of the *Spiraea bumalda* ‘Gold Mound’ as affected by amended soil and organic fertilizer ratios in the container green wall system under rainfed conditions.

Substrate	Plant height (cm)	No. of branch (ea)	No. of leaves (ea)	No. of shoot (ea)	No. of dead leaf (ea)	Length of node (cm)	Length of leaf (cm)	Width of leaf (cm)	Root collar caliper (cm)	Chlorophyll contents (SPAD value)
A ₁ L ₀ ^y	9.9 b ^z	10.7 a	115.6 b	3.8 a	6.1 a	0.5 b	1.2 a	0.7 b	0.3 a	15.4 a
A ₈ L ₁	7.1 a	16.0 ab	62.6 a	7.6 ab	22.8 b	0.2 a	0.5 a	0.3 a	0.3 a	12.5 a
A ₄ L ₁	7.9 a	13.1 ab	81.2 ab	7.6 ab	18.1 ab	0.3 ab	2.1 a	0.6 b	0.3 a	13.0 a
A ₂ L ₁	8.8 ab	18.5 b	114.2 b	10.5 b	17.6 ab	0.3 ab	1.3 a	0.7 b	0.3 a	16.4 a
A ₁ L ₁	8.4 ab	11.9 a	92.8 ab	4.9 a	17.0 ab	0.4 b	0.9 a	0.5 b	0.3 a	12.2 a

^zMeans followed by different letters indicate significant differences using Duncan's multiple range test at 5% level.

^yA₁L₀: Amended soil 100%+leafmold 0%, A₈L₁: Amended soil 87%+Leafmold 13%, A₄L₁: Amended soil 80%+Leafmold 20%, A₂L₁: Amended soil 67%+Leafmold 13%, A₁L₁-Amended soil 50%+Leafmold 50%.

외형상으로도 A₁L₁ 실험구에서 생존율과 뿌리의 생육이 가장 좋았으며, 유기질비료의 배합비가 낮은 대조구와 A₈L₁ 실험구에서 모두 고사한 것을 관찰할 수 있다. 일반적으로 식재지반의 조건이 동일할 경우, 지상부의 생육이 왕성할수록 상대적으로 뿌리의 발달도 유사하거나 동일하나(강 등, 2005), 배지가 다를 경우에는 수분조건, 용적밀도 등에 의해 상당한 차이를 나타낸다(Taylor 등, 1993). 생육에 있어서 대조구에 비해 유기질비료 비율에 따른 차이가 뚜렷하지 않았으나, 생존율은 유기질비료 비율이 높아질수록 향상되었다. 이는, 비단 유기질비료 뿐 아니라 보수성을 높일 수 있는 토양개량제의 활용은, 노랑조팝나무의 생육보다는 생존에 직접적인 영향을 줄 것이라 본다. 따라서, 차후 보수성을 높일 수 있는 토양개량제에 대한 개발과 빗물저류시스템의 연계가 필요하다.

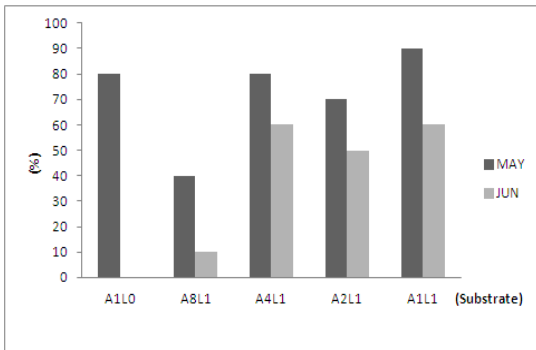


Fig. 3. Survival rate of the *Spiraea bumalda* 'Gold Mound' as affected by amended soil and organic fertilizer ratios in the container green wall system at May and Jun.

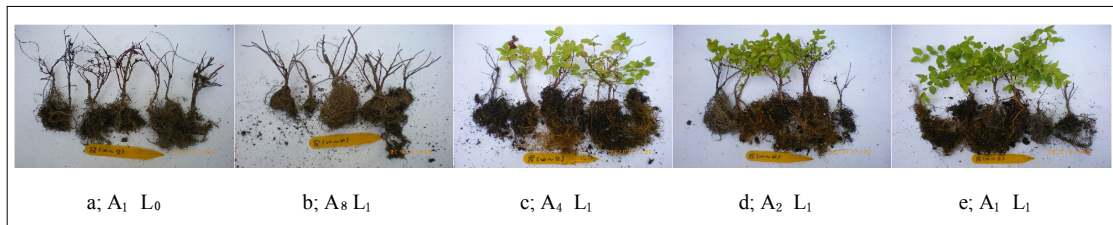


Fig. 4. Pattern of survival rate of the *Spiraea bumalda* 'Gold Mound' as affected by amended soil and organic fertilizer ratios in the container green wall system at Jun.

4. 요약

본 연구는 용기형 벽면녹화에서 유기질비료의 비율에 따른 노랑조팝나무의 생육을 실험적으로 평가함으로써, 빗물활용을 위한 적합한 식재지반 조성 및 벽면녹화 수종으로서 관목류의 활용성을 높이고자 하며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 6월 무강수 실험기간 동안 용기형 벽면녹화 식재지반 내 토양수분함량을 중량단위로 측정된 결과, A₁L₁ > A₂L₁ > A₄L₁ > A₈L₁ > A₁L₀ 순으로, 유기질비료의 비율이 높을수록 완만하게 감소하였다.
2. 유기질비료 배합비율에 따른 노랑조팝나무의 생육은 대조구인 A₁L₀과 비교해 볼 때, 실험구별 생육 차이는 확연하지 않았으나 A₂L₁이 전체 처리구 중 가장 양호한 생육상태를 보였다.
3. 생존율은 대조구인 A₁L₀에서 모든 식물이 고사한 반면, 유기질비료 비율이 높을수록 생존율은 향상되었다.

이러한 실험적 결과를 통해, 빗물활용 용기형 벽면녹화에서 유기질비료는 노랑조팝나무의 생육보다는 생존을 향상시키는 것으로 나타나, 빗물만으로 물공급이 이루어지는 벽면녹화에 건조기를 대비할 수 있는 녹화방안이라 본다. 또한 이와 더불어 식재지반 내 토양수분함량을 높이기 위한 토양개량제나 빗물저류시스템의 연계가 고려된다면 노랑조팝나무는 용기형 벽면녹화에 활용가능성이 높은 관목이라 판단된다.

참 고 문 헌

- 강진형, 2003, 식생블록을 이용한 입면녹화에 관한 연구, 석사학위논문, 단국대학교.
- 강호철, 김광호, 허근영, 2005, 남부지역의 특성을 고려한 상록벽면녹화 공법 개발, 한국조경학회지, 33(2), 32-47.
- 김용성, 김병태, 2007, 음식물류폐기물 토비와 계분퇴비 사용이 열무 성장과 토양 화학성에 미치는 영향, 유기성자원학회, 15(1), 159-170.
- 한국환경과학회, 2009, 그린조경학, 서울, 문운당.
- 노승무, 2004, 벽면녹화기술개발과 덩굴 식물의 생장에 관한 연구, 전주산업대 산업대학원 석사학위논문.
- 이영무, 2001, 고층건물의 벽면조경기법에 관한 연구, 환경개발연구논문집, 6, 89-119.
- 이은희, 김용아, 2000, 대도시 주거용 건물의 벽면녹화에 대한 인식도 및 실태조사, 한국조경학회지, 27(5), 181-190.
- 이은희, 남미아, 신상희, 2004, 관리조방적 벽면녹화용 식물선정, 한국환경생태학회 학술대회지, 2, 70-74.
- 이숙미, 심경구, 1994, 도시의 벽면녹화를 위한 벽면식생 기초연구, 22(1), 1121-1134.
- 윤용환, 주진희, 김원태, 2010, 일본의 건축물 녹화 관련 제도 연구, 한국환경과학회지, 19(12), 1397-1402.
- 윤봉기, 정필균, 오세진, 류인수, 1996, 퇴비사용이 토양 유실량과 토양이화학적성에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, 29(4), 336-341.
- 정태건, 소재현, 이은정, 전기성, 1999, 방음벽 녹화를 위한 덩굴식물 활용성 연구 한국환경복원녹화기술학회지, 2(1), 72-82.
- 환경부, 1998, 도시건축물 입면녹화 지침.
- 한상균, 조천휘, 전한기, 2011, Pigs hoof 가수분해물의 이화학적 및 작물 생육에 미치는 효과, 한국토양비료학회지, 44(2), 200-205.
- 한승호, 김선혜, 2006, 벽면녹화 활성화를 위한 제도적 개선방안 및 조성방향에 관한 연구, 한국환경복원기술학회지, 9(2), 59-71.
- Dvorak, B., Volder, A., 2000, Green roof vegetation for North American ecoregions, Landscape and Urban Planning, 96, 197-213.
- Feng, L., Rusong, W., Juergen, P., Xusheng, L., 2005, Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles, China, Landscape and Urban Planning, 72, 325-336.
- Jim, N., Chen, W. Y., 2010, Habitat effect on vegetation ecology and occurrence on urban masonry wall, Urban forestry & Urban greening, 9, 159-178.
- Katia, P., Marc, O., Fraaji, A. L. A., Haas, E. M., Rossana, R., 2011, Vertical greening system and the effect on air flow and temperature on the building envelope, Building and Environment, 46; 2287-2294.
- Liu, T., Geng, W., Li L., Liu Y., Liu H., 2009, Effects of photosynthetic characteristics on two kinds of different resistance *Spiraea* Linn. in mixed alkali-saline stress, Journal of Northeast Agricultural University, 40, 32-36.
- Mifflin, C., 2009, Vertical green, Fabric Architecture, 21(3), 14-19.
- Molineux, C. J., 2010, Development of suitable growing media for effective green roofs, Ph. D. Dissertation, Royal Holloway University, Egham, UK.
- Puneet, S. C., Lee, G. S., Lee, M. K., Yim, W. J., Lee, G. J., Kim, Y. S., Chung, J. B., Sa, T. M., 2010, Effect of Inoculation of *Methylobacterium oryzae* on the growth of red pepper at different organic fertilizer levels. Korean J. Soil Sci. Fert., 43(4), 506-513.
- Robert, A. F., Jamie, L., 2011, Urban reconciliation ecology, Journal of Environmental Management, 92, 1429-1437.
- Taylor, D. H., Nelson, S. D., Williams, C. F., 1993, Sub-root zone layering effected on water retention in sports turf soil profiles, Agron. J., 85, 626-630.
- Yan, Y. Q., Che, D. D., Shi, X. C., Liu, X. L., 2011, Effect of salt-alkali stress on active oxygen metabolism in roots of *Spiraea×bumalda* 'Gold Mound' and *Spiraea×bumalda* 'Gold Flame', Journal of Forestry Research, 22(1), 59-64.
- Yao, S., Liu, X., Shi, B., 2009, Study on the effect of salt-alkali mixed stress on the distribution of Na⁺ and K⁺ of *Spiraea bumalda* 'Gold Mound'. Forestry Science and Technology, 34, 60-63.