

Research Paper

식생기반형 LID 시설의 식재식물 선정을 위한 내침수성 비교

이은엽* · 현경학* · 허진성* · 박미옥** · 구본학***

LH 토지주택연구원*, 나사렛대학교 에코그린센터**, 상명대학교 환경조경학과***

Comparison of Flooding Tolerance for the Selection of Plants in Vegetation-Based Low Impact Development Facilities

Eun-Yeob Lee* · Kyoung-Hak Hyun · Jin-Sung Hou · Mi-Ok Park** · Bon-Hak Koo***

Dept. of Urban Environment Research, Land & Housing Institute*

Eco Green Center, Korea Nazarene University**

Dept. of Environmental Landscape Architecture, Sangmyung University***

요약 : 본 연구는 식생기반형 LID 시설에 적합한 식물선정을 위해 수환경 적응도가 높은 10종의 식물을 반침수와 완전침수 조건에서 침수기간별 생육상태를 조사하여 내침수성을 비교하였다. 침수기간별 수고, 엽폭을 비교·분석한 결과, 내침수성은 원추리 > 골풀 > 노란꽃창포 > 갈대 > 부들 > 별개미취 > 붓꽃 > 속새 > 창포 순으로 나타났다. 특히, 원추리, 골풀, 노란꽃창포는 두가지 침수조건에서 모두 양호한 생장을 보였으며, 붓꽃, 속새는 27일 전후로 고사되었으나 내침수성이 비교적 강한 것을 확인할 수 있었다. 반침수구 조건에서 21일 기준으로 완전침수구와 달리 노란꽃창포가 내침수성이 매우 강한 식물로 나타났으며, 별개미취 또한 양호한 생장을 하며 내침수성이 강한 것으로 나타났다. 본 실험을 통해 식생기반형 LID 시설에 적합한 식물로 원추리, 골풀, 노란꽃창포가 선정되었으며, 별개미취, 붓꽃, 속새 또한 침수기간에 따른 이용 가능성을 확인하였다.

주요어 : 저영향 개발, 재식생, 건조 조건, 부분침수, 완전침수

Abstract : In this study, 10 species of plants with high adaptability to aquatic environments were compared for selecting plant species suitable for vegetation-based low impact development (LID) facilities. The flooding tolerances of the plants were tested by analyzing their growth status under half-immersion and full-immersion conditions, with varying durations of immersion. In decreasing order of flooding tolerance, the comparative analysis of plant height and leaf width is as follows: *Hemerocallis fulva*, *Juncus effusus* var. *decipiens*, *Iris pseudoacorus*, *Phragmites communis* TRIN, *Typha orientalis* C.Presl, *Aster koraiensis* Nakai, *Iris sanguinea*, *Equisetum hyemale*, *Acorus calamus*. Specifically, *Hemerocallis fulva*, *Juncus effusus* var. *decipiens*, *Iris pseudoacorus* showed excellent growth status under both immersion conditions. *Iris sanguinea* and *Equisetum hyemale* withered to death by around day 27 of the experiment,

but their flooding tolerance was confirmed to be relatively high. *Iris pseudoacoru* showed flooding tolerance under the half-immersion condition unlike under the full-immersion condition, when compared on day 21 of the experiment. *Aster koraiensis* Nakai also thrived better under the half-immersion condition, proving to be a highly immersion-resistant species. On the basis of the results of this experiment, *Hemerocallis fulva*, *Juncus effusus* var. *decipiens* and *Iris pseudoacorus*, *Typha orientalis* C.Presl were selected as species suitable for vegetation-based LID facilities.

Keywords : Low impact development, Revegetation, Dry condition, Half-immersion, Full-immersion

I. 서론

최근 도시홍수와 비점오염원 관리를 목적으로 저영향 개발(Low Impact Development: LID) 기법이 물관리 분야는 물론 도시계획분야에서도 관심의 대상이 되고 있다(Kim and Choi, 2013). 오염배출량의 50%를 차지하는 비점오염원 관리가 필요한 현 시점에서 LID 기법은 강우관리 및 비점오염원저감뿐만 아니라 사회적, 경제적, 심미적으로 다양한 가치를 지니는 지속가능한 성장을 유도하는 통합적인 개발의 틀로서 이해되고 있다(Ewing, 2007). LID 기법은 크게 세가지 관점에서 접근되고 있는데, 첫째는 해당지역의 물순환 기능에 초점을 둔 접근방법이다. 빗물의 저류, 침투 및 이용에 관련되는 구조적 시설물(Kim *et al*, 2006; Kim *et al* 2007; Kim, 2007; Lim, 2011)과 빗물 저류 및 침투를 위한 계획요소의 배치 및 연계를 다루고 있다(Choi, 2006; Lee, 2008, Suh and Lee, 2013). 두 번째는 비점오염 저감과 도시홍수 저감에 초점을 둔 접근방법이다. 즉, 보전지역과 자연지역을 최대한 보전하고 공간적 배치의 효율성을 도모하고 있다(Ministry of Environment of Korea, 2009; Bedan and Clausen, 2009). 세 번째는 지속가능한 친환경적 개발방식에 초점을 둔 접근방법이다. 여기에는 자연지역에 대한 보전, 식생지대의 활용 등이 포함되어 있다(Kim and Choi, 2013). LID에 적용되는 자연적 기능은 흡수, 침투, 증발산, 식물 및 토양을 통한 여과, 선택식물에 의한 오염물질 흡수 및 오염물질 생분해가 있다(Lee, 2013). 또한 LID 시설 내 토양은 빗물 유출수 내 중금속 축적 및 유출저감 기능을 수행하여 수질 보호 기능을 수행하기도 한다(Hyun and Lee, 2013). LID 시설이 공

간과의 조성을 통한 경관 향상과 침식에 대한 적응, 여과 기능 등을 수행하기 위해서는 적합한 식물 선정이 요구된다.

LID 시설은 물의 유출입이 반복됨과 동시에 오염물질의 유입으로 식물들이 생육 및 생존하는데 여러 가지 장애요소가 발생할 수 있다. LID 시설에 식물의 식재를 고려하는 경우, 수위변동과 물이 고여 있는 기간 등에 따라 식물들의 내침수성을 파악하고, 이에 따라서 조성방법을 달리할 필요가 있다. 식물의 내침수성은 산소결핍 조건에서 생존력을 의미하게 되며(Hook, 1984), 산소결핍은 식물의 생리반응과 물질대사에 큰 영향을 미치게 되므로 강이나 유역저지대에서 교목과 관목이 성공적으로 생육하기 위해서는 내침수성이 중요하다(Glenz *et al*, 2006). 따라서 수위변동 폭이 크고 건조와 침수를 반복하게 되는 LID 시설에는 내침수성을 기준으로 이용가능한 식물을 선택하는 것이 중요하다.

수변 녹화용으로 적합한 식물을 선정하기 위한 내침수성에 관한 연구는 피나무, 단풍나무, 자작나무 등의 교목과 습지식물을 대상으로 한 연구가 있다(Frye and Grosse, 1992; Kern Ewing, 1996; Bert Hidding *et al*, 2014). 또한, 몇 가지 목본식물을 대상으로 한 연구들도 있다(Park and Choi, 2001; Park, 2002). 건조와 침수 조건을 갖는 LID 시설에 적합한 식물선정 연구는 많지 않다. 물론 식물들의 침수에 대한 적응력의 차이는 침수시간, 침수깊이, 침수 지속기간 등 비생물적 요인은 물론이고 식물고유의 유전적 조건에 의해서도 영향을 받을 수 있다(Glenz *et al*, 2014).

LID 시설의 물 고임 기간은 대개 2일 이내로 보고 있다(Hyun *et al.*, 2008; Center for Watershed

Protection and New York State DEC, 2010). 그러나 조경 및 경관 목적과 공원 등의 입지 특성에 따라 장기간 침수와 건조 등 여러 조건을 검토해 볼 필요가 있다. 따라서 본 연구는 식생기반형 LID 시설에 적합한 식물을 선정하기 위한 기초자료를 제공할 목적으로 10종의 초종을 대상으로 비교적 장기간의 내침수성을 비교분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

1) 대상 식물

고무 저수조에서 내침수성 실험을 시행한 식물재료는 잔디(*Zoysia japonica*), 골풀(*Juncus effusus* var. *decipiens*), 갈대(*Phragmites communis* TRIN), 속새(*Equisetum hyemale*), 부들(*Typha orientalis* C.Presl), 붓꽃(*Iris sanguinea*), 원추리(*Hemerocallis fulva*), 별개미취(*Aster koraiensis* Nakai), 창포(*Acorus calamus*) 및 노랑꽃창포(*Iris pseudoacorus*) 등 10종이다. 잔디는 LID 시설 중 식생도랑 등에 많이 이용하고 있다. 붓꽃, 원추리 및 별개미취 등은 수변 주변지역 및 일반 노지 등에 서식하고 있으며, 속새, 골풀, 갈대, 부들, 노랑꽃창포 및 창포 등은 습지 등 습한 지역에 서식하는 식물들이다.

2) 식재토양

대상 식물의 재배에 사용한 토양은 나사렛대학교

에 위치한 절개지에서 채취한 동일한 식양토를 채가름하여 시험토양으로 사용하였다. 시험용 식물체의 생장을 돕기 위해 포트마다 완전히 숙성한 퇴비를 500g씩 시비하였다.

3) 시험용 포토

본 시험에서 시험용 식물을 재배한 포트는 가로 25cm, 세로 25cm, 높이 20cm의 플라스틱 포트를 사용하였다.

2. 연구방법

1) 시험재료의 준비

시험식물 10종은 2014년 7월 10일에 천안시 소재 모표상에서 성장이 균일한 개체를 구입하여 2014년 7월 15일에 각 수종별로 3본씩을 선정해서 플라스틱 포트에 정식하였다. 각각의 포트에 식재한 식물들은 모두 길이가 동일하도록 길이를 맞추어 절단하였다. 식물의 초장은 30cm를 넘지 않도록 하였는데, 이는 식생기반형 LID 시설의 높이가 30cm 내외로 조성되는 점을 반영한 것이다.

2) 내침수성 시험방법

LID 시설은 빗물의 유입과 건조가 반복되어 식물 생육에 영향을 줄 수 있다. 빗물이 유입되면 호습성 식물 외에는 생육에 지장을 받거나 심한 경우 식물이 고사할 수 있다. 또한, 침수가 비교적 장기간 지속되거나 상시저류 시설에 인접(호안 등)하여 식물이 지



Figure 1. Installation condition of experimental pot

속적으로 습윤 상태에 놓일 수 있다. 호습성 식물은 건조 상태에서 수분 스트레스를 받게 되지만, 잦은 빗물 유입으로 비호습성 식물도 생육장애를 받는다. 수위상승과 침수에 대비하여 내침수성 식물과 호습성 식물의 식재가 요구될 수 있다. 이에 생리적 스트레스에 적응력이 강한 식물종들을 확인하고자 대조구, 반침수 및 완전침수구로 구분하여 식물들의 생육 상태를 실험하였다. 대조구는 비침수 조건으로 하였으며, 반침수구는 식물체 지상부의 1/2정도까지 물속에 침수시켰으며, 완전 침수구는 완전히 물속에 침수시켰다. 각 시험구마다 포트에 3본씩 3반복으로 배치하였으며, 반침수구와 완전 침수구는 2014년 7월 15일부터 8월 20일까지 고무 저수조를 이용하여 침수시험을 진행하였다. 각 시험구 포트마다 식물개체의 지상부 길이를 측정하고, 종료될 때까지 각 개체의 생존 및 성장상태를 측정하였다.

3) 측정항목

침수방법 및 침수기간별로 배치한 시험체들을 대상으로 식물들의 생육상태를 파악하고자 시험 시작 1일, 5일, 9일, 15일, 23일, 27일 시점에 초장 및 엽폭을 측정하였다. 잔디는 생육특성을 고려해 피복율만 측정하였다. 식물들의 고사 정도를 파악하기 위하여 식재 후 2일 간격으로 30일 동안 식물별 고사 상태를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식물의 성장량 변화

1) 대조구(비침수 조건)

원추리 초장은 15일차에는 3.29cm, 27일차에는 4.12cm까지 성장하였으며, 엽폭은 15일차에 0.04cm까지 다소 증가 후 변화가 없었다.

속새 초장은 21일차까지는 1.73cm까지 지속적으로 증가하였고, 27일차에는 1.72cm로 생장이 다소 감소하였다. 이는 관수를 하지 않은 수분부족 등에 의한 속새 초두부의 손상 현상으로 보인다. 엽폭 측정결과 15일차는 0.06cm, 27일차에는 0.11cm 성장한 것으로 조사되었다.

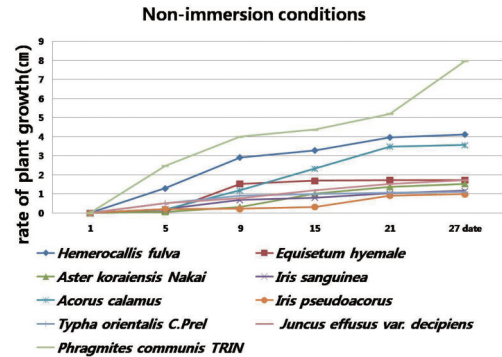


Figure 2. Comparison of each plant growth(height) in control pot

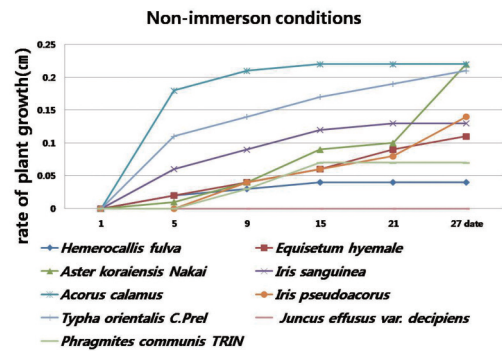


Figure 3. Comparison of each plant growth(leaf width) in control pot

별개미취의 초장은 15일차에 1.01cm, 27일차에는 1.52cm까지 성장하였으며, 엽폭은 15일차에 0.09cm, 27일차에 0.22cm까지 성장하였다. 붓꽃의 초장은 15일차에는 0.8cm, 27일차에는 1.16cm까지 자랐고, 엽폭은 15일차까지는 0.12cm로 지속적으로 성장했으나, 이후에는 성장량에 변화가 없었다. 창포 초장은 15일차에 2.33cm, 27일차에는 3.56cm까지 성장하였고, 엽폭은 15일차까지는 계속 증가했으나 그 이후로는 변화가 없는 것으로 나타났다. 노랑꽃창포 초장은 15일차에 0.32cm, 27일차에는 0.99cm까지 성장하였고, 엽폭은 15일차에 0.06cm, 27일차에는 0.14cm까지 성장하였다. 부들의 초장은 15일차에 1.0cm, 27일차에는 1.1cm까지 성장했으며, 엽폭은 15일차에 0.17cm, 27일차에는 0.21cm까지 성장하였다. 골풀의 초장은 15일차에 1.20cm, 27일차에는 1.73cm까지 지속적으로 성장하는 것으로 나타났다.

그러나 엽폭 성장량은 변화가 없었다. 갈대 초장은 15일차에 4.37cm, 21일차에 5cm 이상, 27일차에는 8cm까지 성장하였으며, 엽폭은 15일차까지 0.07cm의 증가를 보이다가 그 이후로 생장이 멈추는 것으로 조사되었다.

대부분 21일차까지는 지속적인 성장상태를 보인다. 그 이후부터는 성장량이 멈추거나 소폭 성장하는 것으로 나타났다. 이를 통해 수분공급이 이루어지지 않는 경우에는 성장지속 한계가 21일 정도인 것으로 해석해 볼 수 있다.

2) 반침수 조건

원추리의 초장은 15일차에 2.01cm, 27일차에는 2.63cm까지 성장률을 보여 내침수성에 강한 초종임을 알 수 있다. 엽폭의 경우는 성장률에 거의 변화가 없었다. 속새 초장은 15일차에 0.4cm까지 증가했으나, 27일차에는 고사가 되면서 -0.94cm의 성장률을

나타냈다. 엽폭도 27일차에는 고사로 인해 -0.01cm의 성장률로 측정되었다.

별개미취의 초장은 15일차에는 1.72cm까지 증가했으나 이후로는 성장량에 변화가 없었다. 엽폭은 9일차에 0.06cm까지는 소폭 성장했으나 그 이후로는 식물성장량이 감소한 것으로 나타났다. 이는 침수에 의한 초두부 손상 탓으로 보인다.

붓꽃 초장은 15일차에 1.26cm 성장하였으나, 27일차에는 -1.26cm였으며, 엽폭은 9일차에 0.21cm까지 증가하다가, 21일차에는 -1.23cm로 측정되었다. 이 역시 침수에 따른 초두부 손상으로 엽의 성장을 한 것으로 보인다.

창포 초장은 15일차에 0.49cm까지 성장상태였으나 21일차 이후부터 엽의 성장량을 나타내고 있다. 엽폭은 15일차에 0.22cm까지는 소폭이나마 지속적으로 성장을 하였으나, 21일차 이후부터는 성장량이 감소하는 것으로 측정되었다. 노랑꽃창포 초장은 15일차에 2.61cm까지 증가하였으나, 27일차에는 0.23cm 정도였다. 엽폭은 9일차에 0.07cm까지 증가하였으나, 15일차에는 -0.01cm로 이후부터 감소하였다. 창포와 꽃창포는 침수 지속기간이 15일까지는 성장률이 증가하였으나 그 이후부터는 식물들이 침수피해로 인해 성장률이 감소하는 것으로 나타났다. 부들의 초장은 21일차에 0.72cm, 엽폭은 15일차까지 0.12cm로 지속적으로 증가했으나 그 이후부터는 생장이 멈추는 것으로 확인되었다. 골풀의 초장 성장률은 측정기간 동안 지속적으로 증가했으나 엽폭은 성장량 변화가 거의 없었다. 갈대의 초장은 21일차에 2.13cm까지 지속적인 성장을 보이다가 그 이후로는 감소하는 것으로 나타났다. 엽폭 역시 21일차 이후부터 고사가 진행되면서 감소하는 것으로 확인되었다.

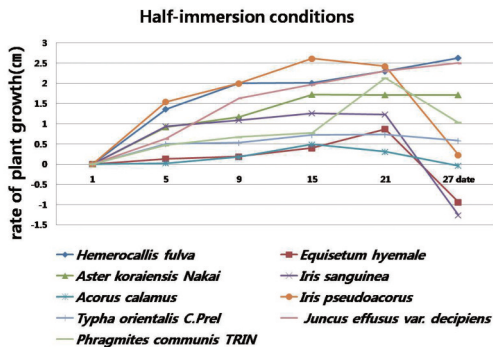


Figure 4. Comparison of each plant growth(height) in half-immersion pot

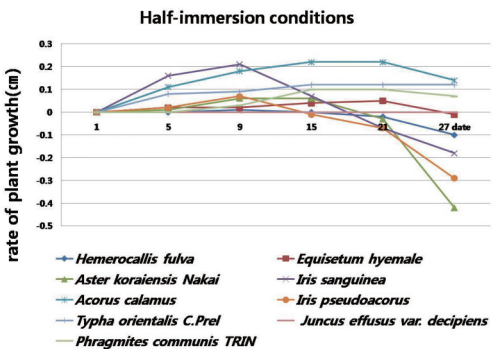


Figure 5. Comparison of each plant growth(leaf width) in half-immersion pot

3) 완전침수 조건

원추리의 초장은 15일차에 2.40cm, 27일차에 3.29cm로 지속적으로 증가했다. 반면, 엽폭은 15일차에 0.04cm까지 증가하다가 그 이후로는 감소하는 것으로 조사되었다.

속새의 초장은 15일차에 1.17cm, 엽폭은 9일차에

0.07cm였으나, 그 이후로는 성장량이 감소하는 것으로 측정되었다. 완전침수 조건에서 15일까지는 지속적으로 성장을 하였으나 그 이후로는 초두부가 손상되어 음의 성장률을 나타내고 있다.

별개미취의 초장은 15일차에 1.99cm까지 증가하였으나 그 이후로는 음의 성장률을 나타내고 있다. 엽폭은 9일차까지는 성장량이 증가했으나 그 이후부터 성장량이 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 별개미취의 경우 15일차 이후부터는 침수에 의한 산소결핍 등에 의해 식물이 고사하는 것을 알 수 있다.

붓꽃의 초장은 15일차에 0.42cm, 엽폭은 0.09cm로 성장률이 계속해서 증가 했으나, 15일 이후로는 식물들의 침두부가 고사하면서 음의 성장률을 보여 주고 있다.

창포는 9일차까지 초장은 0.25cm, 엽폭은 0.09cm까지 증가했으나 그 이후로는 음의 성장률을 보여주고 있다. 노랑꽃창포는 15일차까지 초장은 1.64cm, 엽폭

은 0.17cm까지 지속적으로 증가했으나 그 이후부터는 침수로 인해 성장률이 감소하는 것으로 나타났다.

부들도 15일차까지는 초장은 1.49cm, 엽폭은 0.14cm까지 계속해서 증가했으나 그 이후부터 침수로 인해 침두부가 손상을 받으면서 성장률이 감소하는 것으로 측정되었다.

골풀의 초장은 21일차에 2.71cm까지 성장이 지속되었으나, 엽폭은 성장률에 변화가 없는 것으로 나타났다. 갈대의 경우 초장은 21일차에 2.17cm까지 지속적으로 성장하고 있었으나, 21일차 이후부터는 초장과 엽폭 성장률이 감소하는 것으로 나타났다. 완전 침수의 경우 부분침수와 달리 대부분의 식물들이 15일차까지는 성장률이 증가하다, 15일 이후부터 침수로 인해 식물들이 고사가 진행되는 것으로 나타났다. 그러나 원추리와 노랑꽃창포, 부들, 골풀, 갈대의 경우는 21일차 이후에도 부분적으로 생존하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

이와 같이 완전침수 조건에서는 원추리 > 골풀 > 갈대 > 부들 > 노랑꽃창포 순으로 내침수성이 강한 식물로 나타났다. 반면, 속새, 붓꽃, 창포, 별개미취는 15일 이후부터 현저하게 성장률이 줄어드는 것으로 조사되어, 완전침수 상태에서는 내침수성이 약한 식물로 나타났다. 따라서 이들 식물들은 15일 이상 완전침수가 지속되는 LID시설의 도입식물로는 적합하지 않은 것으로 볼 수 있다.

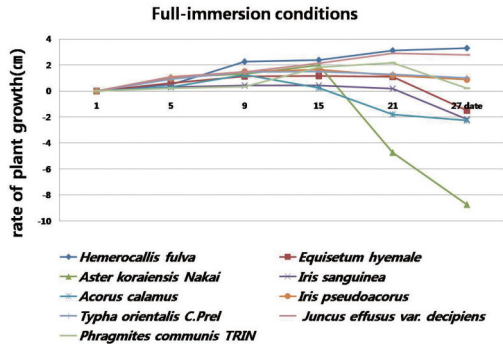


Figure 6. Comparison of each plant growth(height) in full-immersion pot

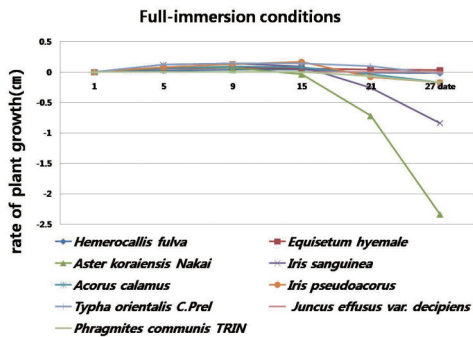


Figure 7. Comparison of each plant growth(leaf width) in full-immersion pot

2. 침수 식물의 생존, 고사 결과 분석

1) 반침수 조건

잔디는 생육특성상 수고 및 엽폭 측정이 어려워 육안으로 피복율을 측정하였다. 측정결과, 식재 후 21일까지 꾸준히 성장(87%)하였으며, 27일 이후부터 부분적으로 고사가 나타났다. 즉, 잔디는 27일 이상 부분 침수되는 LID 시설에 적용되는 경우 적응력이 떨어지는 초종으로 보인다.

원추리는 비침수구인 대조구와 동일하게 부분 침수구에서는 침수기간 동안 식물이 고사하지 않고 꾸준히 성장하는 경향을 보여 비교적 내침수성이 우수한 것으로 확인되었다. 속새는 침수 후 21일까지는

꾸준히 생존하고 있었으나, 27일 이후부터 고사가 진행되기 시작했다. 별개미취는 15일이 경과한 시점까지는 대부분 생존하나, 27일 이후부터 고사가 진행되는 것으로 나타났다. 붓꽃은 15일 이후부터 생장량이 저하되다가 27일 경과 시점부터 고사가 진행되는 것으로 조사되었다. 창포 및 꽃창포는 27일이 경과한 시점부터 고사속도가 증가하는 것으로 나타나, 부분침수가 30일 이상인 경우의 LID 시설에는 부적합한 식물로 조사되었다. 부들의 경우는 21일 이후부터 생육상태가 저하되고 있으나 고사 경향은 나타나지 않았다. 골풀과 갈대는 21일까지는 꾸준한 생육상태를 보이다가 27일 이후부터 고사가 진행되는 것으로 나타났다.

반침수 조건에서의 생존기간과 생존율을 기준으로 내침수성을 판단해 보면 원추리 > 골풀 > 별개미취 > 갈대 > 부들 · 노랑꽃창포의 순서로 내침수성이 뛰어난 것으로 나타났다. 이들 초종은 부분 침수 후 21일이 경과한 시점까지 대부분 생존이 가능한 것으로 나타나, 20일 이내의 부분 침수 LID 시설에서 이들 식물의 식재를 고려할 수 있을 것으로 보인다.

2) 완전침수 조건

전반적으로 완전침수구는 부분침수구와 비교해 볼 때 생존상태가 불량한 것으로 결과되었다. 잔디의 경우 식재 후 9일까지는 지속적인 성장을 하고 있었으나, 15일차부터 부분적으로 고사가 진행되었다. 27일차 이후부터는 50% 정도가 고사하는 것으로 조사되었다. 원추리의 경우 27일까지는 지속적으로 성장하면서 생존을 하고 있었으나 30일 이후부터 고사 현상이 발생하였다. 속새는 21일차 시점부터 고사가 진행되는 것으로 조사되었다. 별개미취는 실험시작 후 15일까지는 꾸준히 생존하고 있었으나 27일이 경과한 시점부터 고사가 진행되는 것으로 나타났다. 붓꽃은 9일차 이후부터 고사가 발생하였으며, 27일차 이후부터 고사율이 크게 증가하였다. 창포는 15일 이후부터 고사가 진행되는 것으로 조사되었다. 노랑꽃창포는 15일이 경과한 시점까지는 꾸준한 성장을 보이다 21일차 이후부터 고사가 진행되는 것으로 나타났다. 부들은 15일차 이후부터 생장이 멈추고 고사가

진행되는 것으로 나타났으며, 골풀 및 갈대는 21일차까지는 꾸준한 생존을 보이다가 27일이 경과한 시점부터 고사가 진행되는 것으로 측정되었다.

완전침수구의 생존기간과 생존율을 토대로 내침수성을 판단해 보면 원추리 > 골풀 · 부들 > 노랑꽃창포 > 갈대의 순서로 구분해 볼 수 있다. 이들 초종은 완전 침수후 15일이 경과한 시점까지는 생존이 가능했으나 21일차 이후부터는 원추리, 골풀, 갈대를 제외하고는 대부분 고사가 진행되었다. 27일차 이후부터는 원추리를 제외하고 대부분 고사하는 것으로 측정되었다. 따라서, 완전침수기간이 27일 이상 지속되는 LID 시설에는 실험 식물들이 생존하는데 한계가 따를 것으로 보여진다. 이러한 결과는 침수에 의한 식물피해가 우려되는 LID 시설에 식물을 도입할 경우 식물의 내침수성, 외형적 성장에 의한 피복성과 경관성 등을 고려하여 적합한 초종을 선택하는데 참조가 될 수 있을 것이다.

3. LID시설 적합식물

LID 시설 식재 식물들이 안정적으로 생육하여 주변 경관과 생태환경을 개선하기 위해서는 일정량의 수분이 필요하지만 과하게 되면 수분피해가 발생하게 된다. LID 시설은 식재공간 및 시설에 따라 수분조건이 다르게 된다. 즉, 빗물 등이 유입되지 않아 건조한 상태에 놓여 있거나, 강우시 침수가 되다 물이 배출되어 부분 침수하는 경우, 그리고 강우시 빗물저류가 일정기간 지속되거나 상시 저류되는 공간 주변은 장시간 식물들이 침수되는 습윤상태에 놓이게 된다. 이러한 점에서 LID시설에 도입하는 식물들은 각각의 침수조건에 적합한 식물을 식재할 필요가 있다.

실험결과 건조지역(대조구 실험구)에서는 갈대, 원추리, 창포, 골풀 및 속새 등이 상대적으로 생육상태가 양호한 것으로 나타났다. 반침수 조건에서는 원추리, 골풀, 갈대, 별개미취 및 노랑꽃창포 등이 상대적으로 생육상태가 우수한 것으로 보인다. 일정기간 이상의 침수조건에서는 원추리, 골풀, 노랑꽃창포, 갈대 및 부들이 양호한 생장을 하며 내침수성이 강한 수종으로 나타났다. 즉, 침수 등의 조건을 고려하는

Table 1. Suitable plants of LID facilities in immersion conditions

Classification	Conditions		
	Non-immersion(dry)	Half-immersion	Full-immersion
<i>Hemerocallis fulva</i> Juncus	○	○	○
<i>effusus</i> var. <i>decepiens</i>	○	○	○
<i>Iris pseudoacorus</i>		○	○
<i>Phragmites communis</i> TRIN	○	○	○
<i>Typha orientalis</i> C.Presl			○
<i>Aster koraiensis</i> Nakai		○	
<i>Iris sanguinea</i>			
<i>Equisetum hyemale</i>	○		
<i>Acorus calamus</i>	○		

경우 원추리, 골풀, 갈대, 노랑꽃창포, 부들, 별개미취, 속새와 창포를 식재식물로 선정할만하다. 원추리, 골풀과 갈대는 건조, 반침수 및 완전침수 조건의 LID 시설 대부분에 적용할만하고, 노랑꽃창포는 건조 조건보다는 반침수나 완전침수조건의 LID 시설(식생도랑, 빗물정원, 침투저류지 등)에 적합한 것으로 보인다. 부들은 완전침수 조건, 별개미취는 반침수 조건에 식재를 고려할만하다. 속새와 창포는 건조 상태가 대부분인 LID 시설(식생화단, 옥상녹화, 침투도랑 등)에의 식재가 적합할 것으로 보인다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 빗물 유입 등으로 수위변동의 폭이 큰 식생기반형 LID 시설에 적응력이 높은 식물재료를 선정하기 위해 식물체 지상부를 완전침수 및 반침수 조건 등에 두고, 생존 및 생장특성을 비교적 장기간 조사하였다.

- 1) 21일차까지는 대부분의 수종들이 지속적으로 성장하고 있다. 식물별로는 노랑꽃창포 > 원추리 > 골풀 > 갈대 > 별개미취 순으로 생장량이 우수한 것으로 나타났다. 21일 이후부터는 원추리와 골풀을 제외하고는 대부분 식물들이 생장량이 감소하였다. 창포, 붓꽃, 속새, 부들이 상대적으로 생장량이 불량하게 조사되었다. 결과적으로 실험에 사용된 식물의 경우 반침수 조건에서 내성의

한계는 21일 이내인 것으로 판단해 볼 수 있다. 그러나 원추리, 별개미취, 골풀은 침수 지속기간이 27일이 경과한 이후에도 생존을 하고 있어 상대적으로 내침수성이 뛰어난 식물로 나타났다.

- 2) 완전침수 조건하에서 실험식물들의 생육·생존 상태를 측정된 결과, 15일차까지 지속적으로 생장을 하고 있었다. 그러나 원추리, 골풀, 갈대를 제외한 나머지 식물들은 21일차부터 고사가 진행되는 것으로 나타났다. 다만 원추리, 노랑꽃창포, 부들, 골풀은 침수 지속기간이 27일이 경과된 이후에도 생존을 하고 있어 상대적으로 내침수성이 뛰어난 식물들로 나타났다.
- 3) 실험에 사용된 모든 식물들은 침수유형에 관계 없이 침수기간 15일까지는 지속적으로 생장을 하고 있었다. 그러나 그 이상 침수기간이 지속되는 경우에는 식물들에게 피해반응이 나타나고 있다.
- 4) 실험결과를 통해 빗물유입에 의해 일정기간 침수가 예상되는 식생기반형 LID 시설에 적합한 식물로는 원추리, 골풀, 노랑꽃창포 및 갈대 등으로 나타났다. 이들은 주로 습한 환경에 분포하고 있는 식물이라는 점에서 일정기간의 침수 조건에서도 상대적으로 생장률이 우수했던 것으로 생각된다.

이상과 같이 침수깊이와 침수 지속기간 등 비생물학적 요인에 의한 식물의 생장·생존 지속 기간을 분석해 볼 수 있었다.

본 연구는 기본적으로 2, 3일의 침수 또는 반 침수 조건의 LID 시설보다 긴 기간을 실험 조건으로 하였다. 이러한 조건 설정은 LID 시설에 식물의 식재가 매우 중요함에도 불구하고, 아직 국내에 관련 연구가 부족하고, 빗물관리뿐만 아니라 경관 및 생태적 기능도 수행해야 하기 때문이다. 향후 보다 다양한 식물종을 대상으로 토양 조건을 포함한 식물의 비생물적 요인은 물론 생물적 요인과 내침수성의 관계를 종합적으로 규명해 보는 연구가 뒷받침될 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(12기술혁신C04)에 의해 수행되었습니다.

인용문헌

- 김동현, 최희선. 2013. 수변지역에서의 저영향개발 기법 적용을 위한 계획과정 도출 및 모의효과, 환경정책연구 12(1): 37~58.
- 김미경, 이경환, 박기성, 박주석. 2007. 제주도의 자연재해 경감을 위한 분산형 빗물관리 방안, 빗물 1(1): 57-63.
- 김영란. 2007. 빗물관리시설 설치 및 관리 매뉴얼 작성, 서울시정개발연구원
- 김이호, 김영민, 권경호, 이상호, 이정훈. 2006. 물순환 건전화를 위한 공동주택 우수저류침투 시설 설계기법 개발, 대한상하수도학회.한국환경물학회, 2006년 공동 춘계학술발표대회 논문요약집
- 박종민, 최진호. 2001. 호소사면 녹화용 식물 선정을 위한 몇가지 목본식물의 내침수성에 관한 연구, 한국환경복원녹화기술학회지 4(2): 45-51.
- 박종민. 2002. 호소사면 녹화용 식물선정을 위한 초본식물의 내침수성 비교, 한국환경복원녹화기술학회지 5(2): 25-33.
- 서주환, 이인규. 2013. LID 기술적용을 통한 공동주택단지 물순환 개선 연구, 한국조경학회지 41(5): 68~77.
- 이상진. 2013. 저영향개발 기반의 친환경 도시계획, 녹색기술정보 기술동향보고서, pp. 133-139.
- 이태구. 2008. 외국의 빗물이용 사례, 도시문제 43(476): 42-57.
- 임용균. 2011. 친환경적 도시개발을 위한 LID 기술 적용에 대한 연구, 부산대학교 대학원 박사학위논문
- 최인호. 2006. 3단계 자연물순환체계 계획방법과 택지계획에서의 현장적용 연구, 협성대학교 대학원 석사학위논문
- 환경부. 2009. LID 기법을 활용한 자연형 비점오염 관리방안 마련
- Bedan E. S. and Clausen J. C. 2009. Stormwater runoff quality and quantity from traditional and low impact development watersheds, Journal of the American Water Resources Association, 45(4): 998-1008.
- Bert Hidding., Judith M. S. and Elisabeth S. B. 2014. Flooding tolerance and horizontal expansion of wetland plants, Aquatic Botany 113: 83-89.
- Center for Watershed Protection and New York State Department of Environmental Conservation. 2010. New York State Stormwater Management Design Manual. New York State.
- Ewing, K. 1996. Tolerance of four wetland plant species to flooding and sediment deposition, Environ, Exp, Bot, 36(20): 131-146.
- Frye, J. and Grosse, W. 1992. Growth response to flooding and recovery of deciduous tree, Zeitschrift fur Naturforschung 47, 683-689.
- Glenz, C., Schlaepfer, R., Lorgulescu, I. and Kienast, F. 2006. Flooding tolerance of Central European tree and shrub species, Forest Ecology and Management 235: 1~13.
- Hook, D. D. 1984. Adaptation to flooding with fresh water, In: Kozlowski, T.T.(Ed.), Flooding and Plant Growth, Academic Press, Orlando, pp.265-294.
- Hyun, K. H. and Lee, J. M. 2013. Characteristics of heavy metals in soil in infiltration splash blocks and rain gardens for management of roof runoff from

- apartment buildings, *Desalination and Water Treatment*, 51: 4146-4154.
- Hyun, K. H., Lee, K. H., Oh, J. J., Kim, G. T., Kim, J. N., Kim, Y. W. and Jin, S. W. 2008. Application of the Rainwater Management and Cnstructed Wetland System for Implmentation of Water-cycle in Asan New town, Land & Housing Institute
- Kern Ewing. 1996. Tolerance of four wetland plant species to flooding and sediment deposition, *Environmental and Experimental Botany* 36(2): 131-146. *Environ, Exp, Bot*, 36(20): 131-146.
- ### References
- Bedan E. S. and Clausen J. C. 2009. Stormwater runoff quality and quantity from traditional and low impact development watersheds, *Journal of the Amerian Water Resources Association*, 45(4): 998-1008.
- Bert Hidding., Judith M. S., Elisabeth S. B. 2014. Flooding tolerance and horizontal expansion of wetland plants, *Aquatic Botany* 113: 83-89.
- Center for Watershed Protection and New York State Department of Environmental Conservation. 2010. *New York State Stormwater Management Design Manual*. New York State.
- Choi, Inho. 2006. A Study on Planning method of 3-tier Natural Water Circulation System and the Application in Load Planning, Master's Thesis, University of Hyupsung.
- Ewing, K. 1996. Tolerance of four wetland plant species to flooding and sediment deposition, *Environ, Exp, Bot*, 36(20): 131-146.
- Frye, J. and Grosse, W. 1992. Growth response to flooding and recovery of deciduous tree, *Zeitschrift fur Naturforschung* 47, 683-689.
- Glenz, C., Schlaepfer. R., Lorgulescu. I. and Kienast, F. 2006. Flooding tolerance of Central European tree and shrub species, *Forest Ecology and Management* 235: 1~13.
- Hook, D. D. 1984. Adaptation to flooding with fresh water, In: Kozlowski, T.T.(Ed.), *Flooding and Plant Growth*, Academic Press, Orlando, pp.265-294.
- Hyun, K. H. and Lee, J. M. 2013. Characteristics of heavy metals in soil in infiltration splash blocks and rain gardens for management of roof runoff from apartment buildings, *Desalination and Water Treatment*, 51: 4146-4154.
- Hyun, K. H., Lee, K. H., Oh, J. J., Kim, G. T., Kim, J. N., Kim, Y. W. and Jin, S. W. 2008. Application of the Rainwater Management and Cnstructed Wetland System for Implmentation of Water-cycle in Asan New town, Land & Housing Institute
- Kern Ewing. 1996. Tolerance of four wetland plant species to flooding and sediment deposition, *Environmental and Experimental Botany* 36(2): 131-146. *Environ, Exp, Bot*, 36(20): 131-146.
- Kim, D. and H. Choi. 2013. The Planning Process and Sinulation for Low Impact Development(LID) in Waterfront Area. Korea Environment Institute.
- Kim, M., Lee, K., Bang, K. and Park, J. 2007. Decentralized Rainwater Management Plan for Mitigation of Natural Disaster in

- Jeju Island, Korea. Journal of Society of Rain Masters. 1(1): 57-63.
- Kim, R., Kim, Y., Kwon, K., Lee, S. and Lee, J. 2006. Development of Design Methodology of Rainwater Utilization Facilities in Building Complexes for Sound Water Cycle. Common proceedings for spring conference of KSWW and KSWE.
- Kim, Y. 2007. Manual for Implementation and Maintenance of the Rainwater and Infiltration Facilities, Seoul Development Institute.
- Lee, S., 2013. Environmental-friendly Urban Design based on Low Impact Development, Green Technology Information Report: 133-139.
- Lee, T., 2008. Cases of Rainwater Utilization in Foreign Country. Public Officials Benefit Association. 43(476): 42-57.
- Lim, Y., 2011. (A) study of LID technologies for friendly environmental urban development, Ph.D dissertation, University of Pusan National.
- Ministry of Environment of Korea. 2009. Natural Non-Point Source Management using LID.
- Park, J. and Choi, G. 2001. Study on the Flooding Tolerance of Some Woody Plants for Selecting Useful Revegetation Plants in Lake and Marsh Slopes. The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology. 4(2): 42~51
- Park, J. 2002. Comparing of Flooding Tolerance of Herbaceous Plants for Selecting Useful Revegetation Plants in Shoreline Slopes of Lake. The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology. 5(2): 25-33
- Suh, J. and Lee, I. 2013. The Water Circulation Improvement of Apartment Complex by applying LID Technologies. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture. 41(5): 68-77