

도로변 LID 시설인 침투도랑에 적합한 식물 선정에 관한 연구*

이은엽 · 현경학 · 정종석

한국토지주택공사 토지주택연구원

Analysis on Appropriate Plants of Infiltration Swale for Road Runoff*

Lee, Eun Yeob · Hyun, Kyoung hak · Jung, Jong Suk

Land & Housing Institute, Korea Land & Housing Corporation

ABSTRACT

This study is to find appropriate plant for infiltration swale (which is natural LID infrastructure) and suggest basic research database for building infrastructure of LID facilities. Through the research inside, it first selects the plant strong to flooding and salt tolerance. Also, the research built infiltration swale along the road, planted those strong plants and monitored how well those plants adapted into the environment. Particularly, it showered 72mm/hr-speed artificial shower, also with natural shower, given that plants were vulnerable to flood because of influx of the rain. As a result of field applicability monitoring, *Pennisetum alopecuroides* and *Equisetum hyemale* (which degrade the pollutant well and adapt into rainy environment) are planting individually, or *Juncus effusus* var. *decipiens*, *Liriope platyphylla*, *Miscanthus sinensis Andersson*, *Euonymus japonica* (which are strong to rainy environment) and *Pennisetum alopecuroides* and *Equisetum hyemale* are mixed planting. The research should have monitored the plant for more than one year to study them, but the research only lasted five months. Therefore, it is hard to generalize. After all, through the long term research, it should pursue study more on appropriate plant materials and database that can be the reference for infrastructure establishment and maintenance.

* 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 1615007273)

First author : Lee, Eun-Yeob, Dept of Planning & Design Research, Land & Housing Institute, Daejeon 305-731, Korea,
Tel : +82-42-866-8469, E-mail : ecyeob@hanmail.net

Corresponding author : Hyun, Kyoung-Hak, Dept of Planning & Design Research, Land & Housing Institute,
Daejeon 305-731, Korea,
Tel : +82-42-866-8444, E-mail : khhyun@lh.or.kr

Received : 31 August, 2016. **Revised** : 27 October, 2016. **Accepted** : 21 October, 2016.

Key Words : *Rainfall, Water Circulation Facilities, Vegetation-Based LID Facilities, Growth of Vegetation*

I. 서 론

경제성장 위주의 도시화, 산업화 등이 진행되면서 도시 내 녹지면적의 감소, 불투수면 증가, 친수공간 감소 등으로 환경적 변화가 발생하고 있다. 그로 인해 자연적 물순환 체계의 파괴가 야기되고 있으며, 하천 유량 감소, 홍수, 가뭄, 하천 및 호소의 수질 악화 등의 문제를 발생시키고 있다(Suh and Lee, 2013). 최근 도시홍수와 비점오염원 관리를 목적으로 저영향개발(Low Impact Development : LID)기법이 물관리분야는 물론 도시계획분야에서도 관심의 대상이 되고 있다(Kim and Choi, 2013).

LID 기법은 도시의 불투수층에 의한 강우의 영향을 최소화하기 위하여 저류, 침투, 여과, 증발산 등 자연상태의 물순환 기능을 구현하는 기술이다(EPA, 2007). 현재 국내·외에서 약 23개의 LID 요소기술인, 생태저류시설, 식생사면, 식생습지, 옥상녹화, 침투도랑, 수질정화습지, 토양개량, 식물화분 등이 활용되어지고 있다(Yeon et al., 2014). 비점오염원 관리, 도시 물순환 개선 등 생태공학적인 LID 기법으로 식물과 토양을 위주로 한 자연형의 LID 시설을 활용하고 있다(State of Georgia, 2001). 즉, 자연적 기능인 흡수, 침투, 증발, 증산, 식물 및 토양을 통한 여과, 식물에 의한 오염물질 흡수 및 오염물질 생분해(Lee, 2013)등을 통해서 저영향 개발(LID)을 유도하고 있다. 이중 침투도랑은 자갈 등으로 채워진 도랑형태의 처리시설로 강우유출수가 도랑을 통해 유하하는 동안 침투에 의해 오염물질을 처리하는 시설로 도로 등의 강우유출수 처리에 많이 적용하고 있다(Ministry of environment, 2013). 식물과 토양을 활용하여 물순환과 오염물질을 흡수하기 위해서 침투도랑에 식물을 식

재하여 LID 시설로 활용하게 되는 경우 물의 유출입이 반복되고 오염물질도 유입되어져 식물들이 생육 및 생존하는데 장애요소가 발생할 수 있다. 자연형 LID 시설의 지속적 효율은 주요 내부 구성요소(식물, 토양, 여재 등)의 최적화된 상호작용에 의해서 나타나지만 유입되는 오염물질의 다양성, 적용가능한 식물과 여재의 다양성 등으로 인해 비용효율적 LID 기술의 설계는 쉽지 않다. 식물의 경우 함수량의 변동이 심하며 오염물질의 유입이 높은 LID 시설의 특성을 고려하여 적용가능한 식물의 종이 선정(Hong and Kim, 2016)되어야 할 필요성이 있다.

빗물의 유출입 반복과 오염물질 유입이 발생하고 있는 장소에 설치된 식생기반형 LID 시설에 적응성이 높은 식물 종을 선정하기 위한 연구들로는 양골담초(*Carex spp*)와 별개미취(*Aster koraiensis*) 등 초본류를 활용한 레인가든 적용성평가(Lee and Han, 2009 ; Lee et al., 2009), 들잔디와 영산홍을 식재한 레인가든에서 식물의 영양물질과 증속 흡수 능력(Kim and Sung, 2012) 등 레인가든에서의 식물 적용성 연구를 수행한바 있다. 또한, LID 시설에 적용된 식생의 성장상태 분석 결과 식생체류지에서는 하늘매발톱, 물싸리 및 개미취가 인공습지에서는 창포, 빗물정원에서는 조팝나무, 패랭이가 나무여과상자에서는 메타세콰이어가 생장률이 우수한 것으로 밝힌바 있다(Hong and Kim, 2016). LID 시설에 적합한 내침수성 식물을 선정한 연구결과 원추리, 골풀, 노랑꽃창포, 별개미취, 붓꽃, 속새 등의 이용가능성을 확인할 수 있었으며(Lee et al., 2014), 도로변 LID 시설의 경우 겨울철 제설제에 따른 염해피해가 발생할 수 있어 3가지의 상록 관목류를 대상으로 적응성을 실험한 결과 제설제 피해지역에서 사철나무가 내염성이 우수한



Figure 1. Infiltration trench installation process

것으로 연구된 바 있다(Ju et al., 2016). 침투도랑 등 식생기반형 LID 시설은 빗물의 유출입과 오염물질이 유입되는 여건을 고려해 볼 때 적합한 식물을 선정하는 것이 매우 중요한 요소가 될 수 있다. 그러나 LID 시설에 식재된 식물과 관련된 국내외 연구들은 침수성과 오염물질 제거 등 개별적 요인에 집중되었고 주로 실내실험 위주로 수행되어 왔다. 빗물과 오염물질 유입시 적응력이 강한 다양한 식물들을 대상으로 하여 현장조건과 유사한 환경을 조성한 후 적응성을 모니터링한 연구는 거의 수행된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 침투도랑 등 식생기반형 LID 시설을 운영함에 있어서 침수조건과 제설제 등에 대한 적응력이 높았던 식물들을 대상으로 현장적응성을 평가하여 LID 시설의 설치와 관리에 활용할 수 있도록 생육상태가 우수한 식물들을 선별하는데 있다. 본 연구의 결과는 토양과 식물을 통해 빗물순환과 오염물질을 제거할 수 있는 식생기반형 LID 시설의 현장적응성을 높이는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 재료 및 방법

1. 현장 실험구 조성

도로변에 설치된 LID 시설인 침투도랑에 적합한 식물선정에 대한 현장적응성을 실험하기 위해 충남 아산시 배방면 아산당정지구내에 실험구를 조성하였다(그림 1참조). 실험구의 전체 폭은 4m(도로폭 3m, 침투도랑 1m), 길이 10m, 경사 2%로 현장 시공하였으며, 식물을 식재한

침투도랑은 깊이를 100cm로 하고 쇠석층을 80cm 깊이로 포설한 후 식재를 위해 쇠석층 상부는 20cm 높이로 식재용토를 조성하였다.

2. 공시재료

도로변에 설치된 침투도랑에 식재된 식물은 도로로부터 빗물이 유입되는 과정에 식물들이 침수되거나 오염물질이 유입될 수 있다. 이에 따라 1차 실내실험(2014년)을 통해 도출된 내침수성 식물과 2차 실내실험(2015년)을 통해 도출된 내염성 식물들을 토대로 현장 적용성 실험을 위해 10종의 식물을 선별하였다. 식물 선정을 위한 구체적인 절차와 과정은 아래의 그림 2와 같다. 이에

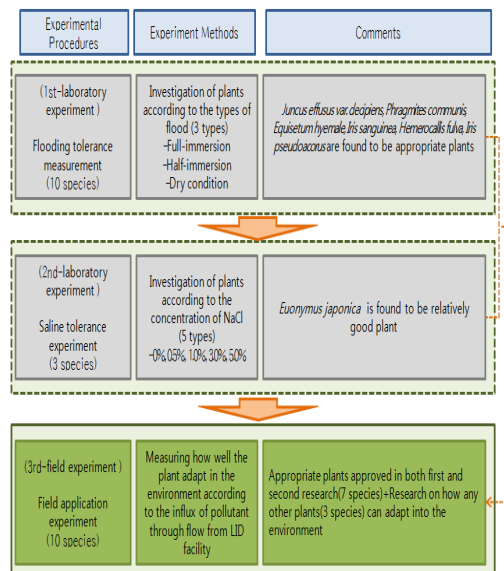


Figure 2. The selection process of planted plant in infiltration trench

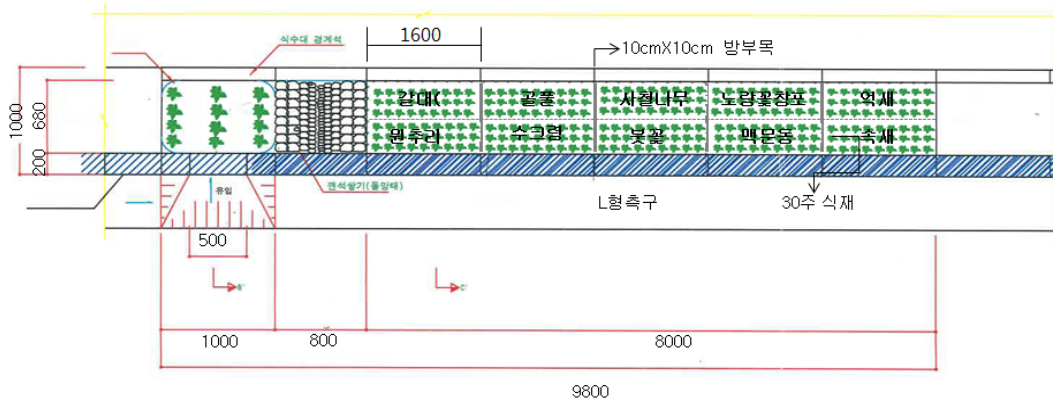


Figure 3. The layout of planting experiment

본 연구에 사용된 식물재료는 풀쭈(*Juncus effusus* var. *decipiens*), 갈대(*Phragmites communis*), 속새(*Equisetum hyemale*), 붓꽃(*Iris sanguinea*), 원추리(*Hemerocallis fulva*), 노랑꽃창포(*Iris pseudoacorus*), 억새(*Miscanthus sinensis Andersson*), 수크령(*Pennisetum alopecuroides*), 맥문동(*Liriope platyphylla*) 등 초본류 9종과 사철나무(*Euonymus japonica*) 등 관목류 1종으로 하여 총 10종이다.

3. 식재 실험구 배치

LID 시설인 침투도랑에 적응력이 높은 식물들을 선정하기 위한 현장실험을 위해서 방형틀(1.6m×0.3m)을 제작하고 방형틀별로 동일 식물을 30주씩 식재하도록 하였다. 침투도랑은 도로의 경사를 통해 모여진 우수가 흘러들어올 수 있도록 설계하여 빗물과 오염물질 유입에 따른 식물 생육상태를 비교하고자 하였다. 현장실험 모니터링은 2015년 7월 5일부터 12월 5일까지 실시하였다.

4. 측정 항목 및 방법

LID 시설인 침투도랑에 식재된 식물들의 생육상태를 파악하고자 최초 정식(6월 30일)이후인 7월 5일에 초장 및 엽폭을 측정하고 그 이후로 8월 5일(1개월), 10월 5일(3개월), 12월 5일(5개월)에 각 식재들(실험구)별로 초장, 엽폭, 피복

율을 측정하였다. 초장과 엽폭은 초기 식재이후부터의 성장량(매 측정시기별 길이와 초기 정식 당시의 길이의 차이)를 측정하였으며, 피복율은 모눈종이를 활용하여 피복율을 산정하도록 하였다. 식물생육 측정결과는 SPSS 프로그램을 이용하여 평균값, 표준편차, 표준오차 등을 분석하고 비교토록 하였다. 또한, 본 연구는 빗물 유입에 따른 환경조건에서 적응성이 높은 식물들을 발굴하는데 있으므로 모니터링 기간 동안 천안 기상대에서 관측된 기상청의 기후데이터를 수집하였다. 특히, LID시설에 식재된 식물들의 경우 빗물유입으로 집중강우시 침수피해를 입어 식물생육에 영향을 미칠 수 있으므로 자연강우 뿐만 아니라 천안지역 30년 빈도의 확률강우강도 72mm/hr를 인공 살수하여 빗물유입에 따른 식물생육 상태를 파악코자 하였다. 실험은 살수차와 유량계를 장착한 인공강우장비를 이용하여 2015년 10월 26일에 침투도랑에 살수하고 빗물이 유입되도록 하였다. 강우시 도로로부터 유입되는 오염물질의 토양 축적 등을 파악하기 위해 각 실험구별로 4개 지점에서 표면의 이물질 제거 후 부삽을 이용하여 토양시료를 채취하고 pH, EC, T-N, CEC, 유기물 함량과 Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr 등 중금속 함량 등을 분석하였다. 또한, 식재된 식물별로 오염물질에 대한 처리 성능을 파악하고자 각 실험구별로 4반복씩 식물체를

채취하여 oven-dry에 건조시켜 분쇄시킨 후 질소 및 인에 대한 함유량을 분석하였다. 이들 분석은 토양 및 식물 전문분석 기관인 제일분석센터에 의뢰하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 강우강도

LID 시설은 빗물의 유출입이 반복되게 되고 이로 인해 식물의 생장에 영향을 미치게 되므로 자연강우에 의한 빗물 유입과 인위적인 강우후의 식물생육 상태를 파악하기 위해 강우량을 분석하였다. 자연강우량은 모니터링 기간 동안 천안 기상대에 관측된 기상청의 기후데이터를 수집하여 분석하였다. 실험기간 동안(2015년 7월 5일~2015년 12월 5일) 강우일수는 55일로 총 강우량은 449mm, 평균 강우량은 약 3mm로 나타났다. 7월 8일부터 7월 29일까지의 기간의 강우(136.3mm)와 11월 6일부터 26일까지의 기간에 강우(127.6mm)가 집중되는 것으로 나타났다. 특히, 집중 강우에 따른 LID 시설내 도입한 식물들의 침수피해 및 적응성 정도를 파악하고자 천안지역의 30년 빈도 확률강우강도인 72mm/hr를 살수차를 이용하여 10월 26일에 인공 살포하였다. 인공강우량과 자연강우량을 합칠 경우 10월

10일부터 27일까지는 총 강우량이 140mm로 강우량이 가장 많이 집중된 기간으로 분석되었다.

2. 토양분석 결과

토양의 이화학적 특성을 분석한 결과, 토성은 모두 양질사토로 나타났다. pH의 경우 5.94~6.97에 걸쳐 분포하고 있어 조경설계기준상 중급에 해당하는 것으로 분석되었다. EC 측정 결과 식재구 모두 식재토양의 활용평가가 등급상 상급에 해당하는 0.2ds/m미만으로 나타나 식물생육에 지장을 초래하지 않는 것으로 나타났다. 염기치환용량(C.E.C)은 측정결과 9.25~11.16cmol/kg의 분포를 나타내고 있다. 이는 식재토양의 활용평가등급상 중급에 해당하는 수준으로 식물 생장에 지장을 초래하지 않는 것으로 나타났다. 다만 유기물 함량은 0.18~0.36%로 나타났는데, 이는 식재토양의 활용등급상 불량 기준에 해당하는 수치이다. 이러한 점을 통해 식물들의 생육상

Table 1. Physiochemical property of soil per experimental plot

Classification	pH	EC	CEC	T-N	O.M (%)
<i>Phragmites communis</i>	6.64	0.08	10.42	0.042	0.28
<i>Hemerocallis fulva</i>	6.97	0.18	9.75	0.028	0.36
<i>Juncus effusus var. decipiens</i>	6.11	0.11	11.16	0.013	0.32
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	6.49	0.13	9.59	0.012	0.31
<i>Euonymus japonica</i>	5.98	0.07	9.89	0.011	0.19
<i>Iris sanguinea</i>	5.96	0.08	9.84	0.013	0.34
<i>Iris pseudoacorus</i>	5.94	0.06	9.25	0.043	0.23
<i>Liriope platyphylla</i>	6.02	0.09	10.12	0.013	0.22
<i>Miscanthus sinensis Andersson</i>	5.89	0.006	10.31	0.026	0.18
<i>Equisetum hyemale</i>	6.13	0.08	9.61	0.040	0.18

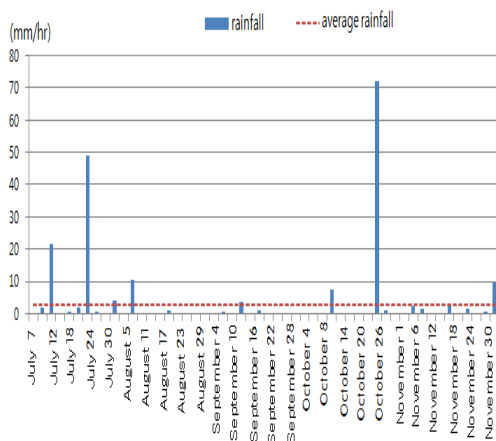


Figure 4. The measurement value of rainfall

태 측정 결과 생장량이 크지 않았던 것은 유기물 함량이 적었던 것에서 영향을 받은 것으로 보인다.

실험구별로 토양의 미량물질을 분석한 결과 카드뮴(Cd)은 최대 0.03mg/kg, 최소 0.13mg/kg로 나타났다. 납(Pb)과 크롬(Cr)은 실험구 모두에서 검출되지 않았다. 구리(Cu)는 최대 13.76mg/kg, 최소 7.61mg/kg에 걸쳐 분포하고 있었다. 니켈(Ni)의 경우는 최대 10.80mg/kg, 최소 4.78mg/kg을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 아연(Zn) 함유량은 최대 85.60mg/kg, 최소 75.13mg/kg를 함유하고 있었다. 분석결과 식재토양의 경우 토양 오염 우려기준을 초과하지 않는 것으로 확인되었다.

Table 2. The analysis result of micropollutants of soil per experimental plot

Classification	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)
<i>Phragmites communis</i>	0.23	non-detection	non-detection	10.06	6.36	80.37
<i>Hemerocallis fulva</i>	0.30	non-detection	non-detection	13.76	10.80	77.32
<i>Juncus effusus var. decipiens</i>	0.17	non-detection	non-detection	9.84	6.86	75.74
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	0.16	non-detection	non-detection	10.09	5.90	78.78
<i>Euonymus japonica</i>	0.20	non-detection	non-detection	9.06	5.86	78.67
<i>Iris sanguinea</i>	0.23	non-detection	non-detection	12.64	8.53	75.53
<i>Iris pseudoacorus</i>	0.23	non-detection	non-detection	8.38	5.23	85.60
<i>Liriope platyphylla</i>	0.13	non-detection	non-detection	8.44	4.78	75.13
<i>Miscanthus sinensis Andersson</i>	0.16	non-detection	non-detection	7.61	5.28	78.37
<i>Equisetum hyemale</i>	0.21	non-detection	non-detection	9.47	6.08	78.06

3. 질소 및 인 함유량

침투도랑 등 LID 시설은 빗물유입시 오염물질이 유입되므로 식물 생육에 피해를 받기도 하

지만 다른 한편, 오염물질을 제거하는 역할도 수행하게 된다. 앞서 토양의 미량물질 분석결과 오염물질들이 유입되는 것을 확인하였으므로 유입된 오염물질을 흡수하여 오염농도를 줄이는 기작을 살펴보고자 식물별로 질소 및 인에 대한 흡착정도를 분석하였다. 2차례에 걸쳐 측정 분석한 결과, 1차 측정에서는 수크령과 노랑꽃창포의 질소 함유량이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 다음으로 붓꽃, 속새, 갈대 등으로 나타났다. 반면 원추리, 사철나무, 맥문동, 억새는 상대적으로 질소함유량이 낮은 것으로 나타났다. 인에 대한 함유량은 수크령, 노랑꽃창포, 골풀 등이 상대적으로 높게 나타났으며, 억새, 맥문동, 원추리, 사철나무, 속새 등은 상대적으로 낮았다. 2차 측정결과, 질소 함유량은 붓꽃, 노랑꽃창포, 속새, 수크령 등이 상대적으로 높게 나

Table 3. The Analysis of nitrogen and phosphorus content of vegetation per experimental plot

Classification	1st. measure (Aug. 5)		2st. measure (December 5)	
	N Content (%)	P Content (%)	N Content (%)	P Content (%)
<i>Phragmites communis</i>	0.50	0.13	0.52	0.11
<i>Hemerocallis fulva</i>	0.28	0.11	0.63	0.08
<i>Juncus effusus var. decipiens</i>	0.77	0.21	0.85	0.11
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	1.65	0.17	0.99	0.05
<i>Euonymus japonica</i>	0.28	0.08	0.83	0.09
<i>Iris sanguinea</i>	0.89	0.14	1.77	0.10
<i>Iris pseudoacorus</i>	1.34	0.19	1.68	0.12
<i>Liriope platyphylla</i>	0.29	0.09	0.66	0.18
<i>Miscanthus sinensis Andersson</i>	0.35	0.08	0.28	0.11
<i>Equisetum hyemale</i>	0.84	0.10	1.09	0.14

타났으며, 상대적으로 억새, 갈대, 원추리는 함유량이 낮게 나타났다. 인에 대한 함유량 분석결과 맥문동, 속새, 노랑꽃창포 등이 상대적으로 높았으나 원추리, 수크령, 사철나무 등에서 낮게 나타났다.

실험결과를 종합해 볼 때 질소 및 인에 대한 흡착능력의 경우 노랑꽃창포, 수크령, 속새, 붓꽃 등이 상대적으로 우수했으며, 원추리, 사철나무, 억새, 맥문동은 상대적으로 효과가 미흡한 것으로 확인되었다.

4. 식물 생육 상태

실험구별로 식재된 식물들의 수직 성장량을 분석하고자 초장 및 엽폭을 측정하였다. 초장의 경우 갈대는 식재 후 3개월 후에는 10cm 정도 성장하였으며, 식재 후 5개월 후에는 황변화 현상으로 인해 초장 생육이 멈추는 것으로 나타났다. 원추리는 식재 후 3개월 후에 14cm 성장하였으며, 식재 후 5개월 후에는 생육이 멈추었다. 골풀의 경우는 성장량이 크게 증가하지 않았는데, 3개월 후에 0.7cm 정도로 성장하였으며 그 이후로는 생육상태가 정체하는 것으로 나타났다. 수크령의 경우도 식재 후 1개월까지는 큰 폭으로 성장하였으나 3개월 후에는 성장량이 2cm정도로 정체하는 것으로 측정되었다. 사철나무는 식재 후 3개월까지는 성장량이 다소 증가하였으나 그 이후에는 정체되는 것으로 나타났다. 붓꽃과 노랑꽃창포는 식재 후 1개월까지는 성장량이 증가하다 3개월이후부터는 생장이 멈추는 것으로 측정되었다. 맥문동의 경우는 식재 후 1개월후까지 성장량이 증가하다가 그 이후부터는 성장량에 변화가 거의 없었다. 억새는 식재 후 3개월까지는 생장이 지속되었으나 속새는 식재 후 1개월까지만 생육이 지속되다 3개월 이후부터는 성장량이 정체되는 것으로 나타났다. 모니터링기간 동안의 평균적인 초장 성장량을 종합해 보면(그림 5) 갈대, 원추리, 수크령의 평균 성장량이 상대적으로 높았으며, 골풀, 노랑꽃창포, 속새는 상대적으로 낮은 것을 확인해 볼 수 있었다.

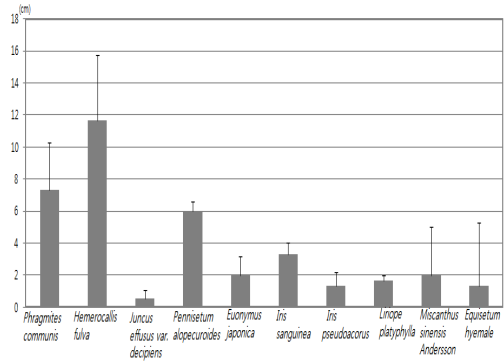


Figure 5. Comparison of the average plant height per experimental plot(Average value of 5 months)

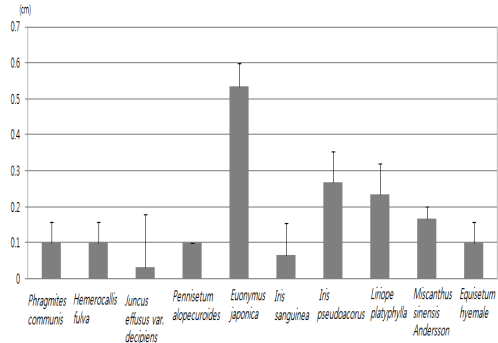


Figure 6. Comparison of the average leaf width per experimental plot (Average value of 5 months)

다음으로 식물별 엽폭 성장량을 측정된 결과 식재 후 1개월까지는 모든 실험구에서 엽폭 성장량이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 식재 후 3개월부터는 성장량이 거의 정체하는 것으로 나타났다. 모니터링기간 동안의 평균적인 엽폭 성장량을 종합해 보면(그림 6) 사철나무, 노랑꽃창포, 맥문동, 억새가 상대적으로 평균 성장량이 높게 나타났으며 갈대, 원추리, 붓꽃은 상대적으로 성장량 변화가 낮은 것을 확인할 수 있었다.

피복율 측정을 통해 수평성장 상태를 분석한 결과, 식재 후 3개월이 경과한 시점에 갈대, 원추리, 붓꽃, 노랑꽃창포의 경우는 생육상태가 저조해지고 황변화 등으로 인해 피복율이 낮아지는 것으로 분석되었다. 이외는 대조적으로 골풀, 수크령, 맥문동, 억새, 속새는 실험기간 동안 양호하게 나타났다.

이상의 모니터링 실험결과를 종합해 볼 때, 침투도랑 등 식생기반형 LID 시설에 식재된 식물들이 빗물과 오염물질 유입에도 안정된 생육상태를 유지하기 위해서는 현장 적응성 실험결과가 양호하게 나타났던 골풀, 수크령, 맥문동, 억새, 속새 등을 도입 가능한 초본류로 고려해 볼 수 있을 것이다. 또한, 사철나무의 모니터링 실험결과를 살펴볼 때 실험기간 동안 고사한 식물개체가 출현하지 않았다는 점에서 식생기반형 LID 시설에 관목류를 식재하고자 할 경우 활용할 수 있는 것으로 나타났다.

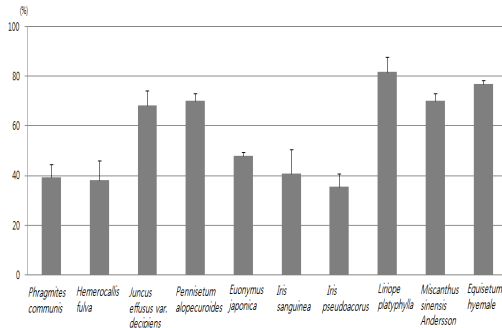


Figure 7. Comparing the measured value of the coverage per experimental plot (Average value of 5 months)

IV. 결론 및 제언

국내외를 막론하고 도시홍수와 비점오염원 관리를 목적으로 저영향 개발(Low Impact Development : LID)기법 적용이 확산되고 있다. 그 중에서도 식물과 토양을 위주로 한 비구조적 요소인 자연형 LID 시설의 활용이 증가하고 있다. 그러나 도로변에 설치하는 침투도랑 등 자연형의 LID 시설에 식재된 식물은 일반 노지에 식재된 식물과는 달리 빗물의 유출입 반복과 제설제 등 오염물질 유입으로 식물이 생육하는데 지장을 받게 된다. 이러한 점에서 본 연구는 실내실험을 통해 1차적으로 선별된 내침수성과 내염성에 강한 식물들을 대상으로 현장적용 모니터링을 거쳐 현장 시공시 활용이 가능한 식생기반형 LID 적용 식물들을 제시하고자 하였다.

현장 적용성 모니터링 결과 골풀, 수크령, 맥문동, 억새, 속새 등의 초본류와 관목류인 사철나무가 빗물유입에 따른 침수와 건조를 반복하는 환경조건과 오염물질 유입에도 안정된 생육상태를 유지하는 식물들로 파악되었다. 다만, 자연형 LID 시설의 주요 기능의 하나인 오염물질 저감 능력을 살펴보고자 실험했던 질소 및 인에 대한 흡착능력 모니터링 실험결과에서는 수크령, 속새 등이 우수한 것으로 나타났으며 사철나무, 억새, 맥문동은 상대적으로 효과가 적게 나타났다. 이러한 점에서 침투도랑 등 자연형의 LID 시설에 식물들을 식재하고자 하는 경우에는 빗물에 대한 적응력과 오염물질 분해능력이 높았던 수크령, 속새 등을 단식(單植)처리하거나 빗물에 대한 적응력이 높았던 골풀, 맥문동, 억새, 사철나무와 오염처리가 높았던 수크령과 속새 등을 혼식(混植)하는 것이 적합할 것으로 보여진다.

본 연구는 도로변에 설치된 자연형 LID 시설에 도입이 가능한 식물 중 빗물유출입과 오염물질 유입에도 적응력이 높은 식물들을 실내실험을 통해 선별하고, 이들 식물들을 대상으로 현장 조건과 동일한 실험구를 조성하여 현장 모니터링 평가를 통해 현장 적응력이 높았던 식물들을 최종 선정하였다는 점에서 자연형의 LID 시설 시공시 도입식물을 선정하는데 활용해 볼 수 있을 것이다.

그러나 자연형의 LID 시설에 식재된 식물들의 현장 적용성을 평가하고 검증하기 위해서는 1년 이상의 기간이 필요할 것으로 사료되나 5개월 정도의 모니터링에 그쳤다는 점은 연구결과를 보다 객관화시키는데 있어서는 제약이 있다고 할 수 있다. 또한, 제설제 처리에 따른 식물들의 현장 적용성 실험은 진행되지 않아 실내실험을 통해 내염성이 판별된 식물들을 대상으로 현장 적용성을 살펴보지 못한 한계도 지니고 있다.

향후 본 연구를 통해서 자연형 LID 시설에 도입하는데 적합한 것으로 모니터링 평가된 식물

들을 대상으로 한 중장기에 걸친 현장 적용성 모니터링 검증이 필요할 것이다. 아울러, 식물을 기반으로 한 자연형 LID 시설의 확대·적용을 위해서는 식물재료에 대한 정보뿐만 아니라 식재 시공 및 유지 관리시 고려해야할 식재기법 등에 대해서도 추가적인 연구가 뒷받침될 필요가 있을 것이다.

References

- Kim DH and Choi HS. 2013, The Planning Process and Simulation for Low Impact Development in Waterfront Area, *Journal of Environmental Policy* 12(1) : 37~58.
- Kim CS and Sung KJ. 2012. Changes in Concentrations of Nutrients and Heavy Metals of Plants and Soils in Rain Garden Systems used for Non-point Source Pollution Management. *J. Soil & Groundwater Env.* Vol. 17(4) : 27-35.
- Suh JH and Lee IK. 2013. The Water Circulation Improvement of Apartment Complex by applying LID Technologies. *Journal of Korean Institute of Landscape Architecture* 41(5) : 68~77.
- Yeon JS · Jang YS · Lee JH · Shin HS · Kim ES. 2014. Analysis of Stormwater Runoff Characteristics for Spatial Distribution of LID Element Techniques using SWMM. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society.* Vol. 15(6) : 3983-3989
- Lee SJ. 2013. Environmentally friendly urban planning of Low Impact Development Based. *Green Technology Information.* pp. 133-139.
- Lee EY · Hyun KH · Hou JS · Park MO · Koo BH, 2014, Comparison of Flooding Tolerance for the Selection of Plants in Vegetation-Based Low Impact Development Facilities. *Journal of environmental impact assessment.* Vol. 23(6) : 466~476.
- Lee JY · Han MY · Yang JS · Kwak DG · Kim DG · Kwon JW · Kim DH. 2009. A study on Biological Rainwater Garden for the Reduction of First Flush Rainwater of Urban .*Seoul Studies.* Vol. 10(4) : 81-89.
- Lee JY · Han MY. 2009. The Role of Bioretention System on Apartment-Housing Complex and Parking Lots. *GRI review.* Vol. 11(1) : 202-214.
- Ju JH · Park JY · Hui X · Lee EU · Hyun KH · Jung JS · Choi EY · Yoon YH. 2016. Growth and Physiological Response of Three Evergreen Shrubs to De-icing Salt(CaCl₂) at Different Concentrations in Winter. *Journal of Korean Institute of Landscape Architecture* Vol. 44(2) : 122-129.
- Choi HS · Hong JS · Lee SY · Kim LH. 2016. Assessment of Salt Resistance and Performances of LID Applicable Plants. *Journal of wetlands research.* Vol. 18(2) : 201-207.
- Hong JS · Kim LH. 2016. Efficiency evaluation of LID facilities vegetation has been construction. *Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering.* Vol. 3(2) : 100-109.
- Ministry of environment. 2003. *Low Impact Development techniques applied manual on Environmental Impact Assessment.* pp.13.
- EPA(2007) *Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development(LID) Strategies and Practices.* EPA Publishing.
- State of Georgia. 2001. *Georgia stormwater management manual.* Atlanta Regional Commission.
- <http://www.lowimpact-development.org/index.html>.