

동국대학교 옥상녹화 지역의 식생 및 토양특성 변화*

이상진¹⁾ · 박관수¹⁾ · 김동일²⁾ · 이동근³⁾ · 길승호³⁾
장성완⁴⁾ · 박범환¹⁾ · 윤준영¹⁾ · 장관우¹⁾ · 이호영⁵⁾ · 권오정⁵⁾

¹⁾ 충남대학교 산림자원학과 · ²⁾ 한국조경기술연구소 · ³⁾ 서울대학교 조경·지역시스템공학부
⁴⁾ 에코앤바이오(주) · ⁵⁾ 동국대학교 바이오환경과학과

Change of Vegetation and Soil Characteristics of Green Roofs in Dongguk University*

Lee, Sang-Jin¹⁾ · Park, Gwan-Soo¹⁾ · Kim, Dong-II²⁾ · Lee, Dong-Kun³⁾
Kil, Sung-Ho³⁾ · Jang, Seong-Wan⁴⁾ · Park, Beom-Hwan¹⁾ · Yun, Jun-Young¹⁾
Jang, Kwan-woo¹⁾ · Lee, Ho-Young⁵⁾ and Kwon, Oh-Jung⁵⁾

¹⁾ Department of Environment Forestry Resources, Chungnam National University,

²⁾ Korea Landscape Architecture Technology Laboratory,

³⁾ Department of Landscape Architecture, Seoul National University, ⁴⁾ Eco & Bio Corporation,

⁵⁾ Department of Biological and Environmental Science, Dongguk University.

ABSTRACT

This study was to provide the base data on the status of vegetations and soils in green roofs by analyzing the soil and vegetation characteristics of 4 green roofs in Dongguk University in September 2012. Sanglokwon(SW), Dongguk Hall(DH), University Library(UL), and Information and Culture Hall P(IC) were established in 2005, 2008, 2009, and 2010, respectively. The areas of green roofs were 700m², 2,300m², 1,240m², and 640m² in SW, DH, UL, and IC respectively. The investigated floras of vascular plants were 26 families, 55 genera, 65 species in Sanglokwon(SW), 53 families, 99

* 본 연구는 환경부의 차세대에코이노베이션기술개발사업 ‘인공지반부 도시생태계 적응, 관리 기술개발(과제번호 : 416-111-016)’의 지원으로 수행되었음.

First author : Lee, Sang-Jin, Department of Environment Forestry Resources, Chungnam National University,
Tel : +82-42-821-7836, E-mail : sangjin78@gmail.com

Corresponding author : Park, Gwan-Soo, Department of Environment Forestry Resources, Chungnam National University,
Tel : +82-42-821-5743, E-mail : gspark@cnu.ac.kr

Received : 12 December, 2012. **Revised** : 15 January, 2013. **Accepted** : 6 February, 2013.

genera, 112 species in Dongguk Hall(DH), 43 families, 77 genera, 84 species in University Library(UL), and 41 families, 71 genera, 75 species in Information and Culture Hall P(IC), respectively. A positive correlation is shown between the number of plant species and planting area. Total nitrogen, organic matter, and potassium in soil have positive correlation with the number of plant species. The number of plant species was proportional to area and increased more than twice after planting. About a quarter of the invaded plants (including native and naturalized species) were naturalized plants. The total soil depths including vegetation soil and drainage soil at SW, DH, UL, and IC were 20cm, 10cm, 10cm, and 8cm, respectively. The depths of vegetation soil at SW, DH, UL, and IC were <7cm, <3cm, <2cm, and <2cm respectively. The soil pH in vegetation soil ranged from 5.22 to 5.36, and from 6.13 to 6.39 in drainage soil. Available-P concentration ranged from 10.17 to 189.77mg/kg in vegetation soil and from 6.70 to 81.17mg/kg in drainage soil. Carbon concentration in vegetation soil ranged from 2.93 to 9.70%, and 2.93 to 9.70% in drainage soil. Carbon contents in 20cm, 10cm, 10cm, and 8cm soil depths were 2.62kg/m², 1.89kg/m², 0.50kg/m², and 0.53kg/m² at SW, DH, UL, and IC, respectively.

Key Words : *Carbon Content, Carbon Concentration, Soil Properties, Vegetation Soil, Drainage Soil.*

I. 서 론

도시에서 행해지는 옥상녹화는 인공구조물로 인해 감소된 녹지를 옥상에 보상한다는 개념으로 건축물의 옥상에 조성되는 녹지공간을 의미하며 도시녹화의 새로운 대안으로 부각되어져 왔다(Lee *et al.*, 2005). 오늘날 인공지반의 녹화는 악화된 도시 생태계의 문제해결과 도시환경 개선의 현실적인 대안으로 그 중요성이 부각되고 있으나, 자연지반과는 기후조건과 토양조건에 많은 차이가 있어 식물의 정상적인 생육에는 한계적 상황이 발생하기 마련이다(Lee and Moon, 1999). 즉, 옥상은 강한 바람, 강한 햇빛, 그리고 이로 인해 발생하는 토양의 건조 등 식물생육에 매우 열악한 조건을 가지고 있다.

앞서 언급했듯이 건축물의 옥상은 식물생육에 있어서 자연 생태계와는 다른 열악한 환경구조를 가지고 있으며, 특히 식재기반은 식물의 생육에 가장 직접적으로 관여하고 실질적으로 가장 중요한 영향을 주는 요인으로 작용하기 때

문에 이에 관한 여러 가지 연구가 진행되어 왔다(Park *et al.*, 2010). 이러한 식재기반 조성 시 가장 문제가 되는 것은 경량화이다. 자연토양이 가장 이상적이기는 하나 이는 높은 비중을 가지며, 그로 인한 하중이 구조물에 무리를 줄 수 있기 때문이다. 이 문제는 인공토양을 사용함으로써 어느 정도 극복 가능하지만 인공토양은 비중이 너무 낮은 관계로 다량의 강우나 바람에 의한 토양 유실을 초래 할 수 있다. 특히 인공지반 녹화는 토심이 얇을 경우 식재수종의 생장에 제약이 심하기 때문에 자연에 근접한 식생을 이루기 힘들며, 이에 따라 빗방울에 의한 직접적인 피해와 풍해 또한 증가 할 수밖에 없다.

최근에 각광받고 있는 저토심·저관리형 옥상녹화 시스템(shallow-extensive green roof system)은 유지관리가 용이하고 적은 비용으로 넓은 면적에 걸친 조성이 가능하며, 건축물에 미치는 하중의 부담이 낮은 유형의 옥상녹화 시스템으로 도시 내 옥상녹화의 도입을 촉진시키게 될 것으로 예측되고 있다(Emilsson and Rolf,

2005; Park *et al.*, 2010). 우리나라 서울시의 경우 도시화 지역의 면적은 약 363.31km²이며, 녹지화가 가능한 평탄한 옥상 및 지붕 면적은 도시화 지역의 70%에 해당하는 약 253.59km²로 보고되었다. 이중 현실적으로 녹화가 가능한 건축물의 옥상 및 지붕 면적은 200km² 이상으로 상당한 면적에서 옥상녹화의 도입이 가능한 것으로 보고하고 있다(Seoul Metropolis, 2000; Chungbuk Research Institute, 2009).

옥상녹화지에 대한 토양 및 식생 특성에 대한 선행연구들을 살펴보면, Lee와 Moon(1999)은 인공지반의 토양조성과 토양심도가 중엽형 들잔디의 생육에 미치는 영향을 조사하였는데, 토심에 따른 들잔디의 생육은 대체적으로 토심 10cm 보다는 토심 15cm와 20cm에서 보다 더 양호한 것으로 나타났다고 보고하고 있다. Park 등(2010)은 저관리 옥상녹화의 식재기반 시스템 차이에 따른 순비기나무의 활용성을 평가하였는데, 낮은 토심(7cm)일 경우 대부분 고사하는 경향을 나타내어 인위적인 물관리가 필요하며, 토심 25cm 처리구에서는 안정된 생육을 보인다고 보고하고 있다. 이와 같은 토심 및 식물 생육과 소재에 대한 다양한 연구가 진행되었음에도 불구하고 현재 옥상녹화가 조성된 후의 토양환경과 식생현황에 대한 다양한 자료는 많이 부족한 실정이다(Lee *et al.*, 2011).

본 연구는 서울특별시 동국대학교 캠퍼스에 조성되어 있는 옥상녹화지역에서 식생의 입지별 귀화율과 출현 종 조사 그리고 토양의 물리·화학적 분석 및 탄소량 분석을 통해 옥상녹화지역의 식생현황과 토양환경에 대한 기초자료를 제공하기 위해 실시하였다.

II. 연구의 내용 및 방법

1. 조사지 개황

동국대학교는 현재 서울의 대표적인 도시숲인 남산자락 아래에 소재하고 있으며 교지 면적은 647,028m²이다. ‘친환경 캠퍼스’를 주도하고자 하는 목적으로 동국대학교는 옥상공간의 80% 이상을 녹지로 가꿔 남산~청계천의 녹지축 흐름을 유지하려는 취지로 지난 2005년부터 서울시의 옥상공원화 사업 지원을 받아 대학 내 건물에 옥상정원을 조성하였다(Lim *et al.*, 2010).

본 연구는 옥상녹화 지역 조성 후 식생현황 및 토양환경 특성을 파악하기 위하여 동국대학교 내 상록원, 동국관, 중앙도서관, 정보문화관 건물 옥상녹화지역을 조사지로 선정하였다. 상록원 내 옥상녹화 지역은 2005년에 조성되었으며 면적은 약 700m²이다. 2008년에 조성된 동

Table 1. Environmental factors of the green roof sites in Dongguk University.

| Site | Greening Type | Completion year | Area (m ²) | Coordinate |
|------------------|------------------|-----------------|------------------------|---------------------------------|
| SW ¹⁾ | Extensive | 2005 | 700 | E 126° 59' 58" N 37° 33' 25" |
| DH ²⁾ | Simple-Extensive | 2008 | 2,300 | E 127° 00' 08" N 37° 33' 26" |
| UL ³⁾ | Simple-Extensive | 2009 | 1,240 | E 126° 59' 56" N 37° 33' 28" |
| IC ⁴⁾ | Simple-Extensive | 2010 | 640 | E 126° 59' 54" N 37° 33' 34" |

¹⁾ SW : Sanglokwon, ²⁾ DH : Dongguk Hall, ³⁾ UL : University Library, ⁴⁾ IC : Information and Culture Hall P.

국관 내 옥상녹화 지역의 면적은 약 2,300m², 2009년에 조성된 중앙도서관 내 옥상녹화 지역의 면적은 약 1,240m²이다. 마지막으로 정보문화관 내 옥상녹화지역은 2010년에 조성되었으며 면적은 약 640m²이다. 이들 가운데 상록원은 관리 조방형으로 조성되어 있으며 동국관, 중앙도서관, 정보문화관은 단순 관리형으로 조성 및 이용되고 있다(Table 1).

2. 조사 및 분석방법

1) 식생 조사 및 분석

조사 대상지내 출현식물 조사는 2012년 9월에 실시하였다. 동정 및 분류는 현지에서 실시하였으며, 현지에서 동정이 불가능한 경우 날짜, 위치 등의 현장기록과 함께 채집하여 Lee(2003), Lee(2006) 도감을 기준으로 동정 및 분류하였다. 귀화식물은 Park(2009)의 도감을 참고하였다. 관속식물 목록은 Engler의 관속식물분류체계(Melchior, 1964)에 따라 작성하였으며, 속 이하의 계급은 알파벳(alphabet)순으로 나열하고 학명과 국명은 국가표준식물목록에 준하여 작성하였다. 귀화식물은 대상지에서 출현하는 총 식물종수에 대한 귀화식물 총 종수의 비율을 산정하여(Numata, 1975) 귀화율을 산출하였다. 대상지들이 조경공간이라는 특성 상 대상지마다 식재된 식물의 종수가 다르기 때문에 귀화율 산출에 필요한 총 종수 산정 시 옥상녹화 이후의 변화 상황만을 고려하기 위하여 식재종은 제외하고 이입종만을 대상으로 하였다.

2) 토양환경 특성 조사 및 분석

토양조사는 2012년 9월에 실시하였다. 각 조사구에서 유기물층을 제거한 후 지표로부터 토양 단면을 내어 모래와 부엽토가 혼합되어 만들어진 상부 식생토양(Vegetation Soil)과 펄라이트가 다량 포함되어 있는 하부 배수토양(Drainage Soil)으로 구분하여 조사하였다. 토양의 물리적 특성을 파악하기 위해서 우선 토심을 측정하였

으며 견밀도의 경우 미국에서 제조한 Pocket Penetrometer S-170 모델을 사용하여 3회 반복 측정하여 평균값을 이용하였다. 토양의 화학적 특성 및 탄소고정량 추정을 위해 각 조사지별로 3개 지점에서 식생토양과 배수토양으로 나누어 총 24개의 토양 시료를 채취하였다. 실험실로 운반된 샘플은 자연 건조한 후 토양의 이화학적 특성 분석에 사용하였다(National Institute of Agricultural Science and Technology, 2000).

토양 중 유기물 함량은 Tyurin법으로 분석하였고, pH 분석은 1 : 5법을 활용하였다. 토양 전 질소 함량 분석은 Kjeldahl법으로, 유효인산 분석은 Lancaster법을 활용하였고, 치환성 양이온은 EDTA 적정법을 활용하였으며, 토양 내 탄소함량은 건조된 토양을 막자사발을 사용하여 미세분말 형태로 만든 후 탄소분석기(C-N corder)를 이용하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식생 현황 분석

대상지의 전체 출현종은 상록원 26과 55속 65종, 동국관 53과 99속 112종, 중앙도서관 43과 77속 84종, 정보문화관 41과, 71속, 75종으로 나타났으며, 그 중 식재종은 상록원 18종(목본 12종, 초본 6종), 동국관 41종(목본 16종, 초본 25종), 중앙도서관 18종(목본 12종, 초본 6종), 정보문화관 20종(목본 16종, 초본 4종)으로 확인되었다(Table 2 and 3; Appendix 1).

식재 이후 새롭게 이입된 식물종에 의하여 전체 출현종수는 식재 초기에 비해 약 2.7~4.7배 증가하였으며, 식재면적이 넓을수록 식재종과 이입종을 포함한 전체 출현종수는 커지는 경향을 보였다(Correlation coefficient = 0.972, $p < 0.05$). 그러나 상록원의 경우 관리 조방형 옥상녹화 조성지 특성상 특정종(차풀 등)이 크게 우점함에 따라 정보문화관에 비해 상대적으로 출

Table 2. The number of species in the study sites.

| Study Item | SW ¹⁾ | DH ²⁾ | UL ³⁾ | IC ⁴⁾ |
|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Family | 26 | 53 | 43 | 41 |
| Genus | 55 | 99 | 77 | 71 |
| Species | 65 | 112 | 84 | 75 |

¹⁾ SW : Sanglokwon, ²⁾ DH : Dongguk Hall, ³⁾ UL : University Library, ⁴⁾ IC : Information and Culture Hall P.

Table 3. The type of plants in the study sites.

| Study Item | SW ¹⁾ | | DH ²⁾ | | UL ³⁾ | | IC ⁴⁾ | |
|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|
| | planted | introduced | planted | introduced | planted | introduced | planted | introduced |
| Trees | 8 | 3 | 11 | 6 | 9 | 5 | 9 | 6 |
| Shrubs | 8 | 8 | 10 | 8 | 7 | 6 | 11 | 9 |
| Vines | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Herbs | 48 | 6 | 88 | 25 | 67 | 6 | 54 | 4 |

¹⁾ SW : Sanglokwon, ²⁾ DH : Dongguk Hall, ³⁾ UL : University Library, ⁴⁾ IC : Information and Culture Hall P.

Table 4. The number of introduced and naturalized species.

| Species | SW ¹⁾ | DH ²⁾ | UL ³⁾ | IC ⁴⁾ |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Trees | 5 (2) | 5 (2) | 4 (2) | 3 (2) |
| Shrubs | N/A | 2 | 1 | 1 |
| Vines | N/A | 1 | N/A | 1 |
| Herbs | 40 (10) | 59 (16) | 61 (14) | 50 (10) |
| Naturalized plant ratio(%) | 26.7 | 26.9 | 24.2 | 21.8 |

¹⁾ SW : Sanglokwon, ²⁾ DH : Dongguk Hall, ³⁾ UL : University Library, ⁴⁾ IC : Information and Culture Hall P.

() : The number of naturalized plants.

현종 수가 적게 나타났다.

4개의 연구대상지 모두에서 이입종의 산포형은 중력산포형이 가장 많았으며(평균 34.9%), 풍수산포형과 자동산포형이 뒤를 이었다(26.9%, 15.1%). 따라서 이입종의 많은 부분은 조경수종 식재시 매토종자로서 함께 들어온 것으로 판단되며, 준공 이후에 풍수산포 종자가 바람에 의해 대상지로 이입된 것으로 추정된다. 이입종은 국화과에서 가장 많은 종이 출현(상록원 24.4%, 동국관 29.9%, 중앙도서관 27.3%, 정보문화관 25.5%)하였으며, 국화과, 벼과, 콩과에서 전체 출현종의 40% 이상(상록원 51.1%, 동국관 49.3%, 중앙도서관 43.9%, 정보문화관

45.5%)을 차지하였다. 이입종의 대부분은 초본이었으며, 목본형 이입종은 가죽나무, 버드나무, 뽕나무, 소나무, 신나무, 아까시나무, 은사시나무, 낭아초, 산딸기, 좁깨잎나무, 짚레꽃, 풀또기, 담쟁이덩굴이 확인되었다. 귀화식물은 상록원 12종, 동국관 18종, 중앙도서관 16종, 정보문화관 12종으로 녹화면적이 넓어질수록 많아지는 경향을 보였다(Table 4).

귀화율은 상록원 26.7%, 동국관 26.9%, 중앙도서관 24.2%, 정보문화관 21.8%이었으며 대상지에서 공통적으로 출현한 귀화식물은 개망초, 달맞이꽃, 미국가막사리, 붉은서나물, 애기땅빈대, 가죽나무, 아까시나무에 등이었다. 귀화식물

중 환경부 지정 생태계교란 종은 상록원에서 1종(미국쭉부쟁이), 동국관에서 3종(미국쭉부쟁이, 서양등골나물, 양미역취), 정보문화관에서 1종(서양등골나물)이 관찰되었다.

2. 토양환경 특성 분석

1) 토양의 이화학적 특성 분석

동국대학교 옥상녹화지역 토양의 이화학적 특성을 분석한 결과는 다음과 같다(Table 5). 식생토양과 아래에 있는 배수토양을 포함한 전 토심은 상록원에서는 약 20cm 깊이로 나타났으며, 동국관과 중앙도서관의 경우 약 10cm, 정보문화관의 경우 약 8cm로 가장 낮은 토심을 보이고 있었다. 상부 식생토양의 경우 상록원에서는 약 7cm 깊이로 동국관, 중앙도서관, 정보문화관의 2cm~3cm 깊이와 비교하여 보다 깊은 식생토양층이 조성되어 있는 것으로 나타났다. 토양의 견밀도는 토양에 압력을 가했을 때 토양의 저항하는 정도를 말하는데(Korean forest service, 2000) 조사지 대부분이 1.5이하로 나타났으며, 특히 동국관의 경우 토심 전체가 0.5 이하로 나타나서 식생의 생장에 장애 요인이 되지 않을 것으로 판단된다.

본 연구 대상지 식생토양에서의 평균 pH는

5.22~5.36의 범위로 나타났다. 조사된 지역의 pH 수치는 Jeong 등(2002)의 우리나라 산림토양의 평균 pH 값(A층 : 5.48, B층 : 5.52)과 Lee(1981)가 보고한 우리나라 산림토양의 지형별 모체에 따른 토양의 평균 pH 5.5와 비교하여 보았을 때 유사한 수치를 보이고 있는 것으로 나타났다. 보통 묘포토양의 경우 침엽수 묘포는 pH 5.2~5.6, 활엽수묘포는 pH 5.6 정도가 이상적이며 대부분의 임목들은 pH 4.5~6.5에서 잘 자라는 것으로 알려져 있기 때문에(Korean forest service, 2000) 본 연구 대상지 4곳 모두 적절한 토양산도를 유지하고 있는 것으로 나타났다.

토양의 유효인산 함량은 식생토양에서 평균 10.17~189.77mg/kg의 범위로 나타났으며, 배수토양에서는 6.70~81.17mg/kg의 범위로 나타났다. 조사지역 중 조성연도가 2005년으로 가장 오래된 상록원의 식생토양과 배수토양에서 상대적으로 낮은 유효인산 함량을 보였으며, 2008년~2010년에 조성된 다른 3개 지역은 상록원과 비교하여 매우 높은 유효인산 함량을 보이고 있다. 이러한 결과는 Jeong 등(2002)이 보고한 우리나라 산림토양의 평균 유효인산 함량(A층 : 25.6mg/kg, B층 : 11.9mg/kg)과 비교하여 보면 매우 높은 것으로 조사되었다. Lee 등(2011)이 보고

Table 5. Physio-chemical characteristics of soil at green roofs of Dongguk University.

| Site | Soil depth (cm) | Soil consistence (cm ² /kg) | pH (1 : 5, w/w) | Total N (%) | Avail. P (mg/kg) | C.E.C. (cmol ⁺ /kg) | O.M. (%) | Exchangeable cation (cmol ⁺ /kg) | | |
|------------------|-----------------|--|-----------------|-------------|------------------|--------------------------------|----------|---|------------------|------|
| | | | | | | | | K ⁺ | Ca ²⁺ | |
| SW ¹⁾ | Vegetation Soil | < 7 | 0.5~0.8 | 5.32 | 0.14 | 10.17 | 13.73 | 5.03 | 0.33 | 7.33 |
| | Drainage Soil | 7~20 | 1.0~1.5 | 6.39 | 0.06 | 6.70 | 5.43 | 5.17 | 0.15 | 0.74 |
| DH ²⁾ | Vegetation Soil | < 3 | <0.5 | 5.32 | 0.50 | 189.77 | 19.53 | 16.70 | 0.43 | 8.72 |
| | Drainage Soil | 3~10 | <0.5 | 6.13 | 0.14 | 24.97 | 8.73 | 8.67 | 0.32 | 2.23 |
| UL ³⁾ | Vegetation Soil | < 2 | 0.5~0.8 | 5.36 | 0.27 | 111.23 | 15.40 | 6.63 | 0.40 | 4.18 |
| | Drainage Soil | 2~10 | 0.5~0.9 | 6.37 | 0.09 | 45.67 | 12.50 | 4.20 | 0.20 | 0.61 |
| IC ⁴⁾ | Vegetation Soil | < 2 | 0.8~1.2 | 5.22 | 0.18 | 135.77 | 7.97 | 5.17 | 0.20 | 2.73 |
| | Drainage Soil | 2~8 | 0.8~1.2 | 6.18 | 0.08 | 81.17 | 8.83 | 0.87 | 0.16 | 0.61 |

¹⁾ SW : Sanglokwon, ²⁾ DH : Dongguk Hall, ³⁾ UL : University Library, ⁴⁾ IC : Information and Culture Hall P.

한 선행 연구에서도 대전광역시 옥상녹화지역 토양의 유효인산 함량은 식생토양에서 평균 153.33~363.33mg/kg, 배수토양에서 평균 136.67~242.67mg/kg의 범위로 매우 높게 나타났는데 이는 옥상녹화를 조성할 당시 인산이 포함된 비료를 사용하였기 때문으로 판단된다(Lee *et al.*, 2011).

토양의 평균 치환성 양이온 칼륨의 함량은 식생토양에서 0.20~0.43cmol⁺/kg, 그리고 배수토양에서는 0.15~0.32 cmol⁺/kg의 범위로 나타나 Lee 등(2011)이 보고한 대전광역시 옥상녹화지역 식생토양에서의 0.14~0.47cmol⁺/kg, 그리고 배수토양에서의 0.11~0.25cmol⁺/kg과 유사한 범위를 보이는 것으로 나타났다. 또한, Jeong 등(2002)이 보고한 우리나라 산림토양의 평균 치환성 양이온 칼륨(A층 : 0.23 cmol⁺/kg, B층 : 0.15 cmol⁺/kg) 함량과도 유사한 수치를 보이고 있는 것으로 나타났다. 토양의 평균 치환성 양이온 칼슘의 함량은 식생토양에서 2.73~8.72 cmol⁺/kg, 그리고 배수토양에서 0.61~2.23 cmol⁺/kg의 범위로 분포하였다. 이는 Jeong 등(2002)이 우리나라 산림토양의 평균 치환성 양이온 칼슘의 함량(A층 : 2.44 cmol⁺/kg, B층 : 1.64 cmol⁺/kg) 그리고 Lee 등(2011)이 보고한 대전광역시 옥상녹화지역 치환성 양이온 칼슘의 함량(식생토양 : 4.92~8.85 cmol⁺/kg, 배수토양 : 0.98~3.15 cmol⁺/kg)

과 비교하여 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

토양의 전질소 함량은 식생토양에서 평균 0.14~0.50%, 그리고 배수토양에서 0.06~0.14%의 범위에 분포하였으며, 모든 지역의 식생토양에서 보다 배수토양에서 낮게 나타났다. 이는 Jeong 등(2002)이 우리나라 산림토양의 평균 전질소함량(A층 : 0.09~0.43%, B층 : 0.05~0.25%)과 Lee 등(2011)이 보고한 대전광역시 옥상녹화지역 평균 전질소함량(식생토양 : 0.12~0.28%, 배수토양 : 0.05~0.10%)과 유사한 수치를 보이고 있다.

토양의 유기물 함량은 식생토양에서 평균 5.03~16.70%, 그리고 배수토양에서 0.87~8.67%의 범위로 분포하였다. 유기물함량은 Jeong 등(2002)이 우리나라 산림토양의 평균 유기물함량(A층 : 2.12~10.40%, B층 : 0.96~6.39%)과 Lee 등(2011)이 보고한 대전광역시 옥상녹화지역 평균 유기물함량(식생토양 : 2.70~8.11%, 배수토양 : 1.01~3.32%)과 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났다.

2) 토양 내 탄소량 분석

동국대학교 내 상록원, 동국관, 중앙도서관, 그리고 정보문화관 건물 옥상녹화지역 토양의 탄소함량 및 면적 당 탄소량을 분석한 결과는 다음과 같다(Table 6). 토양 내 탄소함량은 식생

Table 6. Carbon storages in soil at green roofs in Dongguk University.

| Site | Soil depth (cm) | Bulk density (g/cm ³) | moisture content (%) | Carbon concentration (%) | Carbon content (kg/1m × 1m × depth) | |
|------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------------|------|
| SW ¹⁾ | Vegetation Soil | < 7 | 0.94 | 23.7 | 2.93 | 1.92 |
| | Drainage Soil | 7~20 | 0.18 | 73.9 | 3.00 | 0.70 |
| DH ²⁾ | Vegetation Soil | < 3 | 0.40 | 57.8 | 9.70 | 1.16 |
| | Drainage Soil | 3~10 | 0.21 | 74.6 | 5.03 | 0.73 |
| UL ³⁾ | Vegetation Soil | < 2 | 0.27 | 65.3 | 3.87 | 0.21 |
| | Drainage Soil | 2~10 | 0.15 | 80.8 | 2.43 | 0.29 |
| IC ⁴⁾ | Vegetation Soil | < 2 | 0.80 | 34.8 | 3.03 | 0.48 |
| | Drainage Soil | 2~8 | 0.16 | 79.2 | 0.50 | 0.05 |

¹⁾ SW : Sanglokwon, ²⁾ DH : Dongguk Hall, ³⁾ UL : University Library, ⁴⁾ IC : Information and Culture Hall P.

Table 7. Correlations between the number of plant species and soil factors.

| | Vegetation Soil Total N | Vegetation Soil O.M.(%) | Drainage Soil Total N | Drainage Soil K+ |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| The number of plant species | 0.995** | 0.960* | 0.998** | 0.987* |

** Correlation is significant at the 0.01 level.

* Correlation is significant at the 0.05 level.

토양에서 평균 2.93~9.70%, 그리고 배수토양에서 0.50~5.03%의 범위로 분포하였다. Kristin 등(2009)은 미시간 주와 메릴랜드 주의 옥상 녹화지 토양 탄소 함량을 분석한 결과 평균 4.6%로 조사되어 본 연구의 식생 토양의 탄소함량 범위 내에 분포하였다. 특히 동국관 토양 내 탄소 함량이 다른 조사지역 보다 높은 탄소함량을 보이고 있는데, 이는 동국관 옥상녹화 지역이 다른 곳에 비해 높은 유기물 함량을 보이고 있기 때문이다.

면적 당 토양의 탄소량(content)을 파악하기 위해 토양의 가비중에 탄소함량을 곱한 후 환산하여 단위면적(1m²)당 깊이별 탄소량을 구하였다. 상록원의 경우 식생토양 토심 7cm 깊이에서 1.92kg/m², 배수토양 7~20cm 깊이에서 0.70kg/m²로 나타났다. 이는 Lee 등(2011)이 보고한 대전광역시 옥상녹화 지역 탄소량 중 조성연도가 같은 갈마도서관과 비교하여 보면 20cm 깊이에서 2.99kg/m²로 상록원의 20cm 깊이에서의 2.62kg/m²와 매우 유사한 수치를 보이는 것이다. 동국관의 경우 식생토양 토심 3cm 깊이에서 1.16kg/m², 배수토양 3~10cm 깊이에서 0.73kg/m²로 나타났다. 중앙도서관의 경우 식생토양 2cm 깊이에서 탄소량은 0.21kg/m², 배수토양 2~10cm 깊이에서 0.29kg/m²로 나타났으며, 정보문화관의 경우 식생토양 2cm 깊이에서 0.48kg/m², 배수토양 2~8cm 깊이에서 0.05kg/m²로 조사되었다.

3) 토양과 식물출현종과의 상관관계

토양성분과 식물종수와와의 상관관계분석에서

식생토양의 전질소, 유기물 그리고 배수토양의 전질소, 칼륨은 출현하는 식물종수와 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다(Table 7). 질소, 유기물, 칼륨은 식물에서 유래되거나 옥상 식물의 관리를 목적으로 시비된 성분이 잔류하고 있는 것으로 판단된다.

IV. 결 론

서울 소재 동국대학교에 위치한 시공연도와 시공면적이 다른 4곳의 옥상녹화 조성지를 대상으로 시공 후 식생의 변화와 토양특성을 조사하였다. 대상지의 시공 후 경과 연수는 최소 2년부터 최대 7년이다. 대상지별 전체 출현종은 상록원 26과 55속 65종, 동국관 53과 99속 112종, 중앙도서관 43과 77속 84종, 정보문화관 41과, 71속, 75종으로 나타났다. 식재면적이 넓어 질수록 식물종의 수가 증가하는 경향을 나타냈으나 관리강도에 따라 차이를 보였다. 입지별 귀화율은 상록원 26.7%, 동국관 26.9%, 중앙도서관 24.2%, 정보문화관 21.8%로 나타나 대상지들 사이에 큰 차이가 없었다.

식생토양의 평균 pH는 5.22~5.36의 범위로 나타났다으며, 배수토양에서는 평균 6.13~6.39의 범위로 나타나 정상적인 토양 산도를 유지하고 있는 것으로 나타났다. 토양의 유효인산 함량은 식생토양에서 평균 10.17~189.77mg/kg의 범위로 나타났으며, 배수토양에서는 6.70~81.17mg/kg의 범위로 우리나라 산림토양의 평균 유효인산 함량 보다 매우 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 옥상녹화를 조성할 당시 인산이 포함된

비료를 사용하였기 때문에 판단된다. 토양 내 평균 탄소함량은 식생토양에서 2.93~9.70%, 그리고 배수토양에서 0.50~5.03%의 범위로 분포하였으며, 토양 중 유기물 함량이 높을수록 증가하는 경향을 보였다. 토양의 화학적 특성 중 식생 토양의 전질소, 유기물 그리고 배수토양의 전질소, 칼륨의 함량이 높아질수록 출현하는 식물 종수가 증가하는 양의 상관관계를 보이고 있었다.

녹지 공간 확보가 어려운 도시에서 옥상 녹화가 실시될 경우 식생 도입으로 인한 탄소흡수 및 토양에서의 탄소축적으로 인해 대기 중 이산화탄소 증가 억제에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 미래에는 건축물로 포화된 도시지역에서의 인공녹지 조성으로 인한 탄소 고정 및 열섬현상 저감 등과 같은 다양한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

인용문헌

- Chungbuk Research Institute. 2009. Development of Green roof system for climate change counteraction. (in Korean)
- Emilsson, T. and K. Rolf. 2005. Comparison of establishment methods for extensive green roofs in southern Sweden. *Urban Forestry & Urban Greening*, 3 : 103-111.
- Jeong JH, Koo KS, Lee CH, and Kim CS. 2002. Physio-chemical Properties of Korean Forest Soils by Regions. *Jour. Korean For. Soc.* Vol 91(6) : 694-700. (in Korean with English summary)
- Korean forest service. 2000. Forest and Forestry technology (I) general forest. pp. 113-124. (in Korean)
- Kristin L., D. Getter, R.G. Bradley, R. Philip, M.C. Bert, and A.A. Jeffrey. 2009. Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs. *Environ. Sci. Technol.* 43 : 7564-7570
- Lee CB. 2003. Korean illustrated plant book. Hyang Moon Sa. (in Korean)
- Lee EH, Kang KY, Shin SH, Nam MA, and Lee KW. 2005. Soil Mixture and Depths Selection for Mat-Type Rooftop Greening. *J. Korean Env. Res. Tech.* 8(4) : 12-22. (in Korean with English summary)
- Lee EY and Moon SK. 1999. Effects of Soil mixtures and Soil Depths on the Growth of *Zoysia japonica* for the Artificial Planting Ground. *J. Korean Env. Res. Tech.* Vol 2(3) : 1-9. (in Korean with English summary)
- Lee SJ, Park GS, Lee DK, Jang SW, Park BH, Lee HG, Yun JY, Jang KW, Lee SW, Lee HY, Kwon OJ, Lee SM, and Kil SH. 2011. A Study on Vegetation and Soil Environmental Characteristics of Green Roof in Daejeon Metropolitan City. *CNU Journal of Agricultural Science.* 38(4) 641-649. (in Korean with English summary)
- Lee SW. 1981. Studies on Forest Soils in Korea. *Jour. Korean For. Soc.* Vol 54 : 25-35. (in Korean with English summary)
- Lee YN. 2006. A new Korean illustrated plant book. Gyo Hak Sa. [in Korean]
- Lim MS, Y Kim, Oh CH. 2010. The research of Immigration plants characteristics in the rooftop garden. *Pro. Kor. Soc. Env. Eco. Con.* 20(1) : 250-254. (in Korean with English summary)
- Melchior, H. 1964. A Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien. Gebruder Berntraeger, Berlin. Band II.
- National Institute of Agricultural Science and Technology. 2000. Analysis method of Soil and Vegetation (in Korean)
- Numata. 1975. Naturalized Plants. Japanese books. Tokyo, Japan, pp.160

Park JS, Ju JH, Kim WT, and Yoon YH. 2010. Application Analysis of *Vitex rotundifolia* by Difference of the Shallow-Extensive Green Roof System, J. Korean Env. Res. Tech. 13(4) : 10-17. (in Korean with English summary)

Park SH. 2009. Naturalized plant in Korea. Il Jo Gak. (in Korean)
Seoul metropolis. 2000. Building green roof academic service, report of the Seoul metropolis. (in Korean)

Appendix 1. The list of vascular plants investigated in the study areas.

| Family | Scientific Name | Korean Name | Introduced Plant | Naturalized plant | SW ¹⁾ | DH ¹⁾ | UL ¹⁾ | IC ¹⁾ |
|-------------------|---|-------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Equisetaceae | <i>Equisetum arvense</i> L. | 쇠뜨기 | ○ | | | ○ | | |
| Taxaceae | <i>Prunus triloba</i> var. <i>truncata</i> Kom. | 폴또기 | ○ | | | | | ○ |
| | <i>Taxus caespitosa</i> Nakai | (설악)눈주목 | | | | | | ○ |
| | <i>Taxus cuspidata</i> Siebold & Zucc. | 주목 | | | | | ○ | |
| Pinaceae | <i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc. | 소나무 | ○ | | ○ | ○ | | |
| Cupressaceae | <i>Thuja occidentalis</i> L. | 서양측백나무 | | | | ○ | | ○ |
| | <i>Thuja orientalis</i> L. | 측백나무 | | | | | | ○ |
| Salicaceae | <i>Populus tomentiglandulosa</i> T.B.Lee | 온사시나무 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Salix gracilistyla</i> Miq. | 갯버들 | | | ○ | | | |
| | <i>Salix koreensis</i> Andersson | 버드나무 | ○ | | ○ | | | |
| | <i>Salix koriyanagi</i> Kimura | 키버들 | | | ○ | | | |
| | <i>Salix subfragilis</i> Andersson | 선버들 | | | ○ | ○ | | |
| Betulaceae | <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i> (Miq.) H. Hara | 자작나무 | | | | ○ | | |
| Ulmaceae | <i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino | 느티나무 | | | | ○ | ○ | |
| Moraceae | <i>Morus alba</i> L. | 뽕나무 | ○ | | | ○ | | |
| Cannabaceae | <i>Humulus japonicus</i> Siebold & Zucc. | 환삼덩굴 | ○ | | | ○ | ○ | |
| Urticaceae | <i>Boehmeria spicata</i> (Thunb.) Thunb. | 좁깨잎나무 | ○ | | | | | ○ |
| Polygonaceae | <i>Fallopia dumetorum</i> (L.) Holub | 닭의덩굴 | ○ | ○ | | | | ○ |
| | <i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach | 여뀌 | ○ | | | | ○ | |
| | <i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Gray | 흰여뀌 | ○ | | ○ | ○ | ○ | |
| | <i>Persicaria longiseta</i> (Bruijn) Kitag. | 개여뀌 | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Persicaria nepalensis</i> (Meisn.) H.Gross | 산여뀌 | ○ | | | | ○ | |
| | <i>Persicaria pubescens</i> (Blume) H. Hara | 바보여뀌 | ○ | | | | | ○ |
| | <i>Persicaria viscosa</i> (Hamilt. ex D.Don) H.Gross ex D.Don | 기생여뀌 | ○ | | | ○ | | |
| | <i>Rumex crispus</i> L. | 소리쟁이 | ○ | ○ | | ○ | | |
| Chenopodiaceae | <i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> Makino | 명아주 | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| Amaranthaceae | <i>Achyranthes japonica</i> (Miq.) Nakai | 쇠무릎 | ○ | | | | | ○ |
| | <i>Portulaca oleracea</i> L. | 쇠비름 | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| Phytolaccaceae | <i>Phytolacca americana</i> L. | 미국자리공 | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| Aizoaceae | <i>Lampranthus spectabilis</i> N.E.Br. | 송엽국 | | | | | | ○ |
| | <i>Mollugo pentaphylla</i> L. | 석류풀 | | | | | ○ | ○ |
| Caryophyllaceae | <i>Dianthus chinensis</i> L. | 패랭이꽃 | | | | ○ | | |
| | <i>Silene firma</i> Siebold & Zucc. | 장구채 | ○ | | ○ | | | |
| | <i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i> (Thunb.) Ohwi | 벼룩나물 | ○ | | | | | ○ |
| | <i>Stellaria media</i> (L.) Vill. | 별꽃 | ○ | | | | ○ | |
| Cercidiphyllaceae | <i>Cercidiphyllum japonicum</i> Siebold & Zucc. | 계수나무 | | | | ○ | | |
| Ranunculaceae | <i>Clematis apiifolia</i> DC. | 사위질빵 | ○ | | | ○ | ○ | |
| | <i>Pulsatilla koreana</i> (Yabe ex Nakai) Nakai ex Nakai | 할미꽃 | | | | ○ | | |
| Berberidaceae | <i>Berberis poirerii</i> C.K.Schneid. | 당매자 | | | | ○ | | |
| Magnoliaceae | <i>Magnolia denudata</i> Desr. | 백목련 | | | | | | ○ |
| Papaveraceae | <i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i> (Hara) Ohwi | 애기똥풀 | ○ | | | | | ○ |
| Crassulaceae | <i>Hylotelephium spectabile</i> (Boreau) H.Ohba | 큰평의비름 | | | | ○ | | |
| | <i>Sedum kamschaticum</i> Fisch. & Mey. | 기린초 | | | | ○ | | |
| | <i>Sedum lineare</i> f. <i>variegatum</i> | 무늬돌나물 | | | ○ | | | |
| | <i>Sedum middendorffianum</i> Maxim. | 애기기린초 | | | | | ○ | |
| | <i>Sedum sarmentosum</i> Bunge | 돌나물 | ○ | | ○ | ○ | | |
| | <i>Sedum reflexum</i> 'Blue Spruce' | 블루세덤 | ○ | | | ○ | | |
| Saxifragaceae | <i>Astilbe rubra</i> Hook.f. & Thomson | 노루오줌 | | | | | ○ | |
| | <i>Hydrangea paniculata</i> Siebold f. <i>paniculata</i> | 나무수국 | | | ○ | | ○ | |
| | <i>Mukdenia rossii</i> (Oliv.) Koidz. | 돌단풍 | | | | ○ | | |
| Rosaceae | <i>Duchesnea indica</i> (Andr.) Focke | 뱀딸기 | ○ | | | ○ | | |
| | <i>Kerria japonica</i> (L.) DC. | 황매화 | | | | | | ○ |
| | <i>Prunus yedoensis</i> Matsum. | 왕벚나무 | | | ○ | ○ | | |
| | <i>Rosa hybrida</i> 'Rosekona' | 장미 | | | | | ○ | |
| | <i>Rosa multiflora</i> Thunb. | 절레꽃 | ○ | | ○ | ○ | | |
| | <i>Rubus crataegifolius</i> Bunge | 산딸기 | ○ | | | ○ | | |
| | <i>Spiraea prunifolia</i> f. <i>simpliciflora</i> Nakai | 조팝나무 | | | ○ | | | ○ |
| | <i>Spiraea salicifolia</i> L. | 꼬리조팝나무 | | | | ○ | | |
| | <i>Stephanandra incisa</i> (Thunb.) Zabel | 국수나무 | | | | ○ | | |

Appendix 1. Continued

| Family | Scientific Name | Korean Name | Introduced Plant | Naturalized plant | SW ¹⁾ | DH ¹⁾ | UL ¹⁾ | IC ¹⁾ |
|---|---|-------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Leguminosae | <i>Lespedeza cyrtobotrya</i> Miq. | 참싸리 | | | ○ | | | |
| | <i>Aeschynomene indica</i> L. | 자귀풀 | ○ | | ○ | ○ | | |
| | <i>Chamaecrista nomame</i> (Siebold) H.Ohashi | 차풀 | ○ | | ○ | | | ○ |
| | <i>Dunbaria villosa</i> (Thunb.) Makino | 여우팔 | ○ | | | ○ | ○ | |
| | <i>Glycine soja</i> Siebold & Zucc. | 돌콩 | ○ | | | | | ○ |
| | <i>Indigofera pseudotinctoria</i> Matsum. | 낭아초 | ○ | | | | ○ | |
| | <i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Schindl. | 매듭풀 | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Lespedeza cuneata</i> G.Don | 비수리 | ○ | | | ○ | | |
| | <i>Robinia pseudoacacia</i> L. | 아까시나무 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Senna tora</i> (L.) Roxb. | 결명자 | ○ | | | | ○ | |
| | <i>Trifolium repens</i> L. | 토끼풀 | ○ | | ○ | ○ | | |
| | <i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreb. | 얼치기완두 | ○ | | | | ○ | |
| | <i>Vigna angularis</i> var. <i>nipponensis</i> (Ohwi) Ohwi & H.Ohashi | 새팻 | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| <i>Wisteria floribunda</i> (Willd.) DC. | 등 | | | | | ○ | | |
| Oxalidaceae | <i>Oxalis corniculata</i> L. | 괘이밥 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Simaroubaceae | <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle | 가ض나무 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Euphorbiaceae | <i>Acalypha australis</i> L. | 깨풀 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Euphorbia maculata</i> L. | 큰땅빈대 | ○ | ○ | ○ | | | |
| | <i>Euphorbia supina</i> Raf. | 애기땅빈대 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Phyllanthus ussuriensis</i> Rupr. & Maxim. | 여우주머니 | ○ | | ○ | | | ○ |
| Buxaceae | <i>Buxus koreana</i> Nakai ex Chung & al. | 회양목 | | | | ○ | | ○ |
| | <i>Pachysandra terminalis</i> Siebold & Zucc. | 수호초 | | | | ○ | | |
| Celastraceae | <i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Siebold | 화살나무 | | | | ○ | ○ | |
| | <i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i> (Miq.) Rehder | 줄사철나무 | | | | ○ | | |
| | <i>Euonymus japonicus</i> Thunb. | 사철나무 | | | | | | ○ |
| Aceraceae | <i>Acer buergerianum</i> Miq. | 단풍나무 | | | ○ | | ○ | ○ |
| | <i>Acer ginnala</i> f. <i>coccineum</i> Nakai | 신나무 | ○ | | | ○ | | |
| Vitaceae | <i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch. | 담쟁이덩굴 | ○ | | | ○ | ○ | |
| Tiliaceae | <i>Triumfetta japonica</i> Makino | 고슴도치풀 | ○ | | | | ○ | |
| Malvaceae | <i>Althaea rosea</i> (L.) Cav. | 접시꽃 | | | | ○ | | |
| Hypericaceae | <i>Hypericum ascyron</i> L. | 물레나물 | | | | ○ | | |
| Violaceae | <i>Viola acuminata</i> Ledeb. | 줄방재비꽃 | ○ | | | ○ | | |
| | <i>Viola mandshurica</i> W.Becker | 재비꽃 | ○ | | ○ | ○ | ○ | |
| Cucurbitaceae | <i>Citrullus vulgaris</i> Schrad. | 수박 | ○ | | | ○ | ○ | |
| Elaeagnaceae | <i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb. | 보리수나무 | | | ○ | | | |
| Lythraceae | <i>Lagerstroemia indica</i> L. | 배롱나무 | | | | | ○ | ○ |
| | <i>Lythrum anceps</i> (Koehne) Makino | 부처꽃 | ○ | | | ○ | | ○ |
| Onagraceae | <i>Ludwigia prostrata</i> Roxb. | 여뀌바늘 | ○ | | | | ○ | ○ |
| | <i>Oenothera biennis</i> L. | 달맞이꽃 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Cornaceae | <i>Cornus alba</i> L. | 흰말채나무 | | | | | | ○ |
| | <i>Cornus kousa</i> F.Buerger ex Miquel | 산딸나무 | | | | | ○ | |
| Ericaceae | <i>Rhododendron indicum</i> (L.) Sweet | 영산홍 | | | | ○ | ○ | ○ |
| Primulaceae | <i>Lysimachia clethroides</i> Duby | 큰까치수염 | | | | ○ | | |
| Oleaceae | <i>Chionanthus retusus</i> Lindl. & Paxton | 이팝나무 | | | | | | ○ |
| | <i>Syringa oblata</i> var. <i>dilatata</i> (Nakai) Rehder | 수수꽃다리 | | | | ○ | ○ | |
| Asclepiadaceae | <i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino | 박주가리 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Convolvulaceae | <i>Ipomoea purpurea</i> Roth | 등근잎나팔꽃 | ○ | ○ | | ○ | | |
| | <i>Pharbitis nil</i> (L.) Choisy | 나팔꽃 | ○ | | | | ○ | |
| | <i>Quamoclit coccinea</i> Moench | 등근잎유홍초 | ○ | ○ | | | ○ | |
| Borraginaceae | <i>Trigonotis peduncularis</i> (Trevir.) Benth. ex Hemsl. | 꽃마리 | ○ | | | ○ | | |
| Verbenaceae | <i>Callicarpa dichotoma</i> (Lour.) K.Koch | 좁작살나무 | | | | ○ | | |
| | <i>Caryopteris incana</i> (Thunb.) Miq. | 층꽃나무 | | | | ○ | | ○ |
| | <i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb. | 누리장나무 | | | ○ | | | |
| Labiatae | <i>Mosla punctulata</i> (J.F.Gmelin) Nakai | 들깨풀 | ○ | | ○ | ○ | ○ | |
| | <i>Physostegia virginiana</i> Benth. | 꽃범의꼬리 | | | | ○ | | |
| | <i>Thymus quinquecostatus</i> var. <i>japonica</i> Hara | 삼백리향 | | | | | | ○ |
| Scrophulariaceae | <i>Lindernia procumbens</i> (Krock.) Borbas | 밭뚝의풀 | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Mazus pumilus</i> (Burm.f.) Steenis | 주름잎 | ○ | | ○ | | ○ | ○ |
| | <i>Phtheirospermum japonicum</i> (Thunb.) Kanitz | 나도송이풀 | ○ | | | ○ | | |

Appendix 1. Continued

| Family | Scientific Name | Korean Name | Introduced Plant | Naturalized plant | SW ¹⁾ | DH ¹⁾ | UL ¹⁾ | IC ¹⁾ |
|------------------|--|-------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Acanthaceae | <i>Justicia procumbens</i> L. | 쥐꼬리망초 | ○ | | | | ○ | ○ |
| Plantaginaceae | <i>Plantago asiatica</i> L. | 질경이 | ○ | | | ○ | ○ | |
| Caprifoliaceae | <i>Abelia mosanensis</i> T.H.Chung ex Nakai | 맹강나무 | | | | | | ○ |
| | <i>Lonicera japonica</i> Thunb. | 인동덩굴 | | | ○ | ○ | | ○ |
| Compositae | <i>Sonchus brachyotus</i> DC. | 사데풀 | ○ | | | | ○ | |
| | <i>Achillea millefolium</i> L. | 서양톱풀 | | ○ | | ○ | | |
| | <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. | 돼지풀 | ○ | ○ | ○ | | | |
| | <i>Artemisia capillaris</i> Thunb. | 사철쭉 | ○ | | | ○ | | |
| | <i>Artemisia feddei</i> H.Lev. & Vaniot | 뽕쭉 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Artemisia princeps</i> Pamp. | 쭉 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Artemisia selengensis</i> Turcz. ex Besser | 물쭉 | ○ | | | ○ | | |
| | <i>Aster koraiensis</i> Nakai | 별개미취 | | | ○ | ○ | ○ | |
| | <i>Aster pilosus</i> Willd. | 미국쭉부쟁이 | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| | <i>Aster subulatus</i> Michx. | 비짜루국화 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Aster yomena</i> (Kitam.) Honda | 쭉부쟁이 | ○ | | ○ | | | |
| | <i>Bidens bipinnata</i> L. | 도깨비바늘 | ○ | | ○ | | | |
| | <i>Bidens frondosa</i> L. | 미국가막사리 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Centipeda minima</i> (L.) A.Br. & Asch. | 중대가리풀 | ○ | | | | ○ | |
| | <i>Chrysanthemum frutescens</i> L. | 나무쭉갓 | | | | | ○ | |
| | <i>Chrysanthemum zawadskii</i> subsp. <i>latilobum</i> (Maxim.) Kitag. | 구절초 | | | | ○ | ○ | |
| | <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist | 망초 | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Coreopsis lanceolata</i> L. | 큰금계국 | | ○ | ○ | | | |
| | <i>Crepidiastrum denticulatum</i> (Houtt.) Pak & Kawano | 이고들빼기 | ○ | | ○ | | | |
| | <i>Crepidiastrum sonchifolium</i> (Bunge) Pak & Kawano | 고들빼기 | ○ | | | ○ | | |
| | <i>Dendranthema indicum</i> (L.) DesMoul. | 감국 | | | ○ | ○ | | |
| | <i>Eclipta prostrata</i> (L.) L. | 한련초 | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Erechtites hieracifolia</i> Raf. | 붉은서나물 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. | 개망초 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Eupatorium rugosum</i> Houtt. | 서양등골나물 | ○ | ○ | | ○ | | ○ |
| | <i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.) S.F.Blake | 털별꽃아재비 | ○ | ○ | | | ○ | |
| | <i>Hemistepta lyrata</i> Bunge | 지칭개 | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Ixeris chinensis</i> (Thunb.) Nakai | 노랑선썸바귀 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Ixeris stolonifera</i> A.Gray | 썸썸바귀 | ○ | | | | ○ | |
| | <i>Lactuca indica</i> L. | 왕고들빼기 | ○ | | | ○ | | ○ |
| | <i>Senecio vulgaris</i> L. | 개쭉갓 | ○ | ○ | | | ○ | |
| | <i>Solidago altissima</i> L. | 양미역취 | ○ | ○ | | ○ | | |
| | <i>Sonchus asper</i> (L.) Hill | 큰방가지뚱 | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Taraxacum officinale</i> Weber | 서양민들레 | ○ | ○ | | ○ | ○ | |
| | <i>Youngia japonica</i> (L.) DC. | 뽕리뽕이 | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| Typhaceae | <i>Typha angustifolia</i> L. | 애기부들 | | | | ○ | | ○ |
| Potamogetonaceae | <i>Potamogeton distincus</i> A.Benn. | 가래 | | | | ○ | | |
| Gramineae | <i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Koidz. | 새 | ○ | | ○ | ○ | | |
| | <i>Beckmannia syzigachne</i> (Steud.) Fernald | 개피 | ○ | | | ○ | | |
| | <i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel. | 바랭이 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P.Beauv. | 돌피 | ○ | | | | ○ | ○ |
| | <i>Echinochloa crusgalli</i> var. <i>oryzicola</i> (Vasinger) Ohwi | 물피 | ○ | | | | | ○ |
| | <i>Eragrostis ferruginea</i> (Thunb.) P.Beauv. | 그렁 | ○ | | ○ | ○ | ○ | |
| | <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (Andersson) Rendle | 억새 | ○ | | ○ | | | ○ |
| | <i>Panicum bisulcatum</i> Thunb. | 개기장 | ○ | | | | | ○ |
| | <i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng. | 수크령 | | | ○ | ○ | | |
| | <i>Phragmites japonica</i> Steud. | 달뿌리풀 | ○ | | ○ | | | |
| | <i>Sacciolepis indica</i> (L.) Chase | 썸물뜯새 | ○ | | ○ | | | |
| | <i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv. | 강아지풀 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Zoysia japonica</i> Steud. | 잔디 | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Cyperaceae | <i>Cyperus amuricus</i> Maxim. | 방동사니 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | <i>Cyperus nipponicus</i> Franch. & Sav. | 푸른방동사니 | ○ | | | ○ | | ○ |
| | <i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl f. <i>dichotoma</i> | 하늘지기 | ○ | | ○ | | | |
| | <i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb. | 파대가리 | ○ | | ○ | | ○ | |
| Araceae | <i>Pinellia ternata</i> (Thunb.) Breitenb. | 반하 | ○ | | | | ○ | |

Appendix 1. Continued

| Family | Scientific Name | Korean Name | Introduced Plant | Naturalized plant | SW ¹⁾ | DH ²⁾ | UL ³⁾ | IC ⁴⁾ |
|---------------|--|-------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Commelinaceae | <i>Commelina communis</i> L. | 답의장풀 | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Juncaceae | <i>Juncus effusus</i> var. <i>deciens</i> Buchenau | 골풀 | ○ | | | ○ | | |
| Liliaceae | <i>Allium senescens</i> L. | 두메부추 | | | | ○ | | ○ |
| | <i>Hemerocallis fulva</i> (L.) L. | 원추리 | | | | ○ | | |
| | <i>Hosta longipes</i> (Franch. & Sav.) Matsum. | 비비추 | | | | ○ | | |
| | <i>Liriope platyphylla</i> F.T.Wang & T.Tang | 맥문동 | | | | ○ | ○ | |
| | <i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> f. <i>variegatum</i> Y.N.Lee | 무늬동굴레 | | | | ○ | | |
| Iridaceae | <i>Belamcanda chinensis</i> (L.) DC. | 범부채 | | | | ○ | | |
| Solanaceae | <i>Solanum nigrum</i> L. | 까마중 | ○ | | ○ | ○ | ○ | |
| Brassicaceae | <i>Cardamine flexuosa</i> With. | 황새냉이 | ○ | | | ○ | ○ | |
| | <i>Lepidium virginicum</i> L. | 콩다닥냉이 | ○ | ○ | | | ○ | |
| | <i>Rorippa palustris</i> (Leys.) Besser | 속속이풀 | ○ | | | | ○ | ○ |

¹⁾ SW : Sanglokwon, ²⁾ DH : Dongguk Hall, ³⁾ UL : University Library, ⁴⁾ IC : Information and Culture Hall P.