


세종시 괴화산 도시숲의 식생구조

김현화 · 이정은 · 이성연 · 박다운 · 윤충원 *

국립공주대학교 산림과학과

Vegetation Structure of Urban Forests on Mt. Goehwa, Sejong-Si

Hyeon-Hwa Kim, Jeong-Eun Lee, Sung-Yeon Lee, Da-Eun Park and Chung-Weon Yun *

¹Department of Forest Sciences, Kongju National University, Yesan 32439, Korea

요약: 본 연구는 도시숲 이용 및 관리방안에 필요한 식생구조 정보를 제공하기 위하여 수행되었다. 세종특별자치시 괴화산을 대상으로 상관우점종 및 종조성에 의한 식생유형을 분석한 결과, 2개의 군락군(졸참나무-생강나무군락군과 큰금계국군락군)으로 대별되었다. 졸참나무-생강나무군락군은 인공림과 천연림 식생을 포함하고 있는데, 인공림은 리기다소나무군락, 밤나무군락, 아까시나무군락, 천연림은 굴참나무군락, 상수리나무군락, 소나무군락의 6개 단위로, 큰금계국군락군은 임연부의 식생을 구성하고 있는 큰낭아초군락, 싸리군락, 족제비싸리군락, 비수리군락의 4개 단위로 각각 분류되어 총 10개의 식생단위 체계로 나타났다. 중요치 분석결과 전체 종에서 밤나무가 6.7%로 가장 높게 나타났으며, 리기다소나무 6.4%, 아까시나무 6.3% 순으로 나타나 괴화산은 인공조림 수종의 생태적 영향력이 큰 것으로 나타났다. 군락유사도에서 인공림과 천연림은 서로 간 종 구성이 동질적이나 임연부와는 이질적인 것으로 나타났으며, DCA분석에서도 동일한 결과로 나타났다. CCA분석 결과, 인공림과 천연림은 해발고도, 암석노출도, 출현종수에서 양의 상관관계로 나타났으며 임연부와는 음의 상관관계로 나타났다.

Abstract: Phyto-sociological methods were used in this study to assess the vegetation structure of a forest stand at Mt. Goehwa in Sejong-Si with the aim of providing vegetation information for urban forest utilization and management plans. The actual forest vegetation was classified into two types of community groups (*Quercus serrata*-*Lindera obtusiloba* and *Coreopsis lanceolata* community groups) at the highest hierarchical level. The *Q. serrata*-*L. obtusiloba* community group was classified into six units, which included artificial forest and natural forest vegetation. Artificial forests were classified into three communities (*Pinus rigida*, *Castanea crenata*, and *Robinia pseudoacacia*), whereas natural forests were classified into three communities (*Quercus variabilis*, *Quercus acutissima*, and *Pinus densiflora*). The *Coreopsis lanceolata* community group, which exhibited vegetative characteristics of urban forest edge areas, was categorized into four units. The urban forest edges were classified into four communities (*Indigofera bungeana*, *Lespedeza bicolor*, *Amorpha fruticosa*, and *Lespedeza cuneata*). Accordingly, the vegetation structure of Mt. Goehwa was categorized into 10 vegetation unit systems. An importance value analysis showed the highest importance value for *C. crenata* at 6.7%, followed by *P. rigida* at 6.4%, and *R. pseudoacacia* at 6.3%, indicating that the ecological impact of plantation species can be significant on Mt. Goehwa. A community coefficient of similarity analysis revealed that the artificial and natural forests had similar species compositions; however, both forests differed from the urban forest edge. This variation was further confirmed by Detrended correspondence analysis(DCA), with similar results. Canonical correspondence analysis(CCA) showed that the artificial forest and natural forest community types were positively correlated with altitude, bare rock, and the present species. By contrast, the urban forest edge community types were negatively correlated with these factors.

Key words: urban forest type, vegetation classification, forest ecology, phytosociology

서론

우리나라는 1960년대 이후 급격한 산업화와 도시화를


거치며 도시지역에 많은 인구가 몰리게 되었고, 현재 우리나라 도시인구는 92%, 도시 면적은 전체면적의 26%를 차지하고 있어 도시화 종착단계(terminal stage)로 접어들었다고 할 수 있다(Kwon, 1998; Kim et al., 2003).

도시민의 생활 수준이 향상되고 여가시간이 늘어남에 따라 녹지공간에 대한 수요가 증가하였으며, 전국적으로 도시녹지 확대를 위한 움직임이 늘어나고 있다. 정부에서

* Corresponding author

E-mail: cwyun@kongju.ac.kr

ORCID

Chung Weon Yun  https://orcid.org/0000-0001-7048-6980

도 미세먼지 저감 숲과 생활권 도시숲 조성 등 쾌적한 도시산림환경을 제공하기 위하여 그린인프라를 구축하고 있으며 그중에서도 도시숲은 주요 그린인프라로서 큰 면적을 차지하고 있다(Park et al., 2014; Kwak and Park, 2022). 도시숲은 도시지역의 산림을 의미하며, 우리나라는 「자연공원법」 제2조에 따른 공원구역은 제외한 도시에서 국민의 보건·휴양 증진 및 정서 함양과 체험활동 등을 위하여 조성·관리하는 숲을 도시숲으로 정의하고 있다. 도시숲은 생물다양성과 야생동물 서식처로서의 생태적 기능도 있지만 빠르게 살아가는 현대 사회인에게 휴식의 공간이 되어주며 정신적인 안정감을 제공하고 수자원 함양, 산지재해방지 등 다양한 기능이 있다(Shin et al., 2003; Byun and Kim, 2010). 도시숲을 포함하여 도시녹지는 도시민의 삶의 질 향상을 위하여 필수적인 환경조건이다.

본 연구대상지인 세종특별자치시(이하 세종시)는 우리나라의 대표적인 행정도시로 2012년 7월에 행정중심복합도시(행복도시)로 출범하였으며 도시개발체계 구축 및 확립을 위한 개발행위가 2030년까지 계속될 예정이다. 세종시 인구는 2012년 출범 당시 11만 명에서 2023년 오늘날 39만 명으로 크게 증가하였으며, 도시화 면적 또한 빠르게 증가하고 있다. 세종시의 도시화가 진행되고 있으나, 이러한 급격한 개발은 여러 도시문제에 직면할 수 있다. 마찬가지로 도시 규모 증가로 인한 지표면 변화는 도시열섬 문제로 이어질 수 있으며, 세종시 도시화와 열섬현상 분석 연구에서 행복도시를 중심으로 주변의 도시열섬 강도가 높게 변하고 있다고 하였다(Kim et al., 2014).

도시지역의 생태환경을 고려하지 않은 도시개발이 지속된다면 수십 년 동안 도시환경에 적응해 온 식물군집이 파괴되어 도시숲의 생태적 안정성을 깨뜨리게 된다(Lee et al., 1993). 또한 도시개발로 발생한 훼손에 대하여 복원은 원생태계 회복의 의미보다 인공조림과 사방사업의 개념이 커지고 있다. 결과적으로 도시산림생태계는 불안정한 구조를 가지게 되며 생물다양성이 감소되고 단순화된 숲이 될 우려가 높다(Kang et al., 2017). 따라서 도시숲을 보다 잘 이용하기 위하여 생태학적 접근방식이 필요하며 생태적 가치가 높은 지역은 보전하거나 수종갱신 등을 통한 식생활력도 증진을 도모해야 한다(Sung and Hwang, 2012). 특히 생물다양성(biodiversity) 보존 문제는 도시지역의 생태적 측면을 고려해야 하며(Cho and Lee, 1993), 훼손된 생태계의 복구나 관리는 현존의 식생구조를 파악하고 천이계열을 예측한 자연환경에 알맞은 생태계 조성이 필요하다(Lee et al., 1993).

도시숲 산림식생 연구는 활발히 진행되어왔으며, 산림

식생 유형에 관한 연구는 대전광역시 도시숲(Park and Yun, 2009), 대구광역시 앞산공원(Oh et al., 2019), 서울시 근교 도시숲(Ro et al., 2015), 광주광역시 도시숲(Lee and Oh, 1995), 부산광역시 황령산(Cho et al., 2016), 울산광역시 염포산(Oh et al., 2020) 등 대도시의 도시숲 연구가 진행되었다. 세종시는 2005년 행복도시계획 초기단계 학술적 중요도 및 분포 특이성 등의 파악을 위하여 원수산, 전월산, 괴화산 등 주요 산림을 중심으로 한 식물상 및 식생조사가 진행되었으며, 금강 수계의 식물상(Kim et al., 2009), 세종시 남부일대의 관속식물상(Sung and Kang, 2020) 연구 등이 수행되었다.

도시숲 산림식생 연구를 통하여 생태적 특성과 공간분포 변화 경향을 지속해서 파악하는 것은 생태계의 생물적 요소와 비생물적 요소의 상호관계를 유지하고 개선시켜 안정된 도시생태계 조성을 위한 중요한 수단이다(Son et al., 2016; Kim et al., 2023). 식생구조(vegetation structure)는 기상환경인자, 토양인자 그리고 인간과 야생동물과 같은 생물적 환경인자 등 복잡한 환경인자에 의해 결정되며, 종합적인 산림환경인자는 기초적인 식생구조의 이해와 고려를 바탕으로 활용될 수 있다(Yun et al., 2011; Lee et al., 2017). 식생구조 정보는 기본적으로 해당 도시지역의 정보여야 하며(Cho and Lee, 1993; Lee et al., 1993), 이를 통하여 생태적으로 안정된 도시녹지 조성과 관리방안을 제시할 수 있다(Oh and Lee, 1993).

세종시의 주요 도시숲 중에서도 괴화산은 서울 남산, 울산 염포산과 같이 전형적인 고립 도시숲이며, 괴화산이 위치한 세종시 반곡동은 행복도시 4생활권으로 교육시설, 연구시설, 산업시설이 융합되어 있다. 또한 전월산, 노적산 등 주변 산지보다 등산로가 많이 형성되어 있고 비교적 완만하여 주변 도시민의 이용률이 높을 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구는 세종시 도시숲 괴화산을 대상으로 식생구조를 분석하고, 생태적 특성을 구명하여 도시숲의 체계적인 관리와 보전을 위한 생태학적 정보를 제공하고 자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구대상지인 괴화산(201.2 m)은 북위 36° 29' 16.8", 동경 127° 18' 41.7"에 위치하고, 연구대상지가 포함된 세종 남부 일대는 대체로 중생대 흑운도 화강암과 편마상 화강암으로 이루어져 있다(Moon et al., 2017). 괴화산 지형은 고립 구릉 형태로, 위쪽의 금강을 사이에 두고 전월산(259.8 m)과 노적산(182.1 m)을 마주보며, 남쪽으로는

비학산(162.5 m)과 서대산(247.3 m), 동쪽으로는 매방산(182.1 m)이 둘러싸고 있다.

연구대상지와 인접한 세종시 금남 기상관측지의 최근 10년간(2013~2022) 기상자료(Korea Meteorological Administration, 2022)를 이용하여 기후도(climate diagram)을 작성한 결과(Figure 1), 연평균기온은 12.6°C, 연평균강수량은 1,207.1 mm이었으며, 강수량의 대부분이 7, 8월에 집중되었다. 또한 가장 더운 달의 일평균 최고기온은 31.3°C, 가장 추운 달의 일평균 최저기온은 -15.5°C, 절대최고기온 39.4°C, 절대최저기온은 -20.4°C로 나타났다(Walter et al., 1975). 또한 한반도 생태권역도에 의하면 남서산야권역에 위치하고(Shin and Kim, 1996), 식물구계도는 남부아구에 속하며(Lee and Yim, 2002), 생물기후구계도(bi-climatic division)는 중남부내륙형에 속하며 대륙성 기후의 특성을 가진다(Kim, 2004; Kim and Lee, 2006).

2. 조사 및 분석방법

1) 조사방법

본 연구의 조사는 괴화산 지역의 산림식생을 대상으로 2023년 5월부터 9월까지 식생조사를 수행하였으며, 식생조사는 Z-M(Zürich-Montpellier)학파의 식물사회학적 방법(Ellenberg, 1956; Braun-Blanquet, 1964)에 따라 수행하

였다. 총 38개의 조사구로(Figure 2), 조사구 크기는 20m×20m로 하였으나, 일부 초원 및 관목지대는 수고를 고려하여 5m×5m, 10m×10m 등의 조사구 크기를 적용하였다. 임분(forest stand)을 하나의 조사단위로 설정하여 교목층, 아교목층, 관목층, 초본층으로 층위를 구분하였다. 또한 각 층위별로 출현하는 모든 구성종의 우점도(dominance)와 군도(sociability)를 조사하였고, 각 층위의 우점종, 평균식피율, 평균수고, 평균흉고직경을 측정하여 기록하였다. 경위도 좌표, 방위, 해발고도 등은 GPSMAP 64s(garmin) 장비를 사용하여 측정하였다. 각 조사지에 출현한 구성종은 현장에서 동정하는 것을 원칙으로 하되, 확인이 어려운 종은 채집하여 실험실에서 추가적으로 분류와 동정을 진행하였다. 원색식물도감(Lee, 2003), 나무생태도감(Yun, 2016)을 기준으로 하였으며, 명명은 국가표준식물목록(Korea Forest Service, 2022a)과 국가생물종지식정보시스템(KFS, 2022b)을 기준으로 적용하였다.

2) 분석방법

야외조사를 통해 얻은 식생자료를 토대로 군락유형을 구분하기 위하여 Ellenberg(1956)의 표조작법(tabulation method)으로 소표(raw table)를 작성하고, 각 군락의 식생구조를 파악하기 위하여 MS-Excel을 이용하여 상관우점

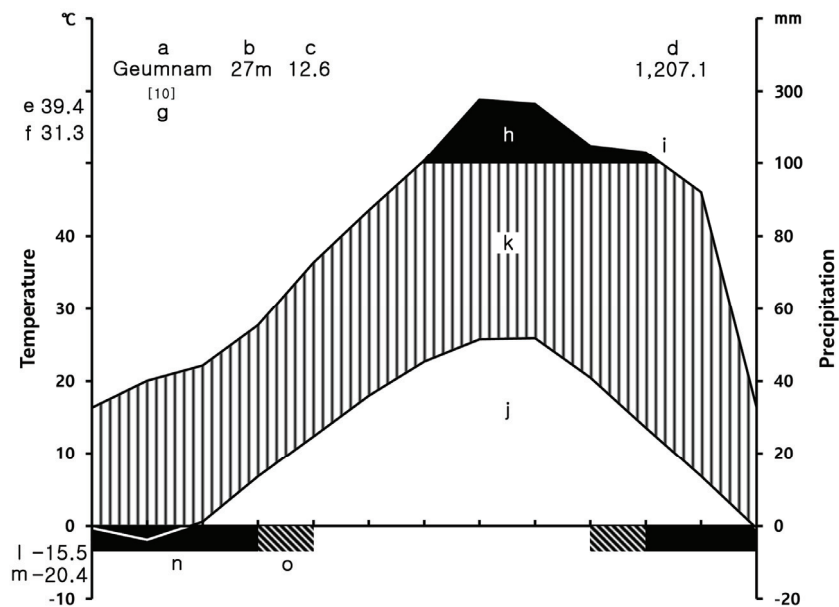


Figure 1. Climate diagram of Geumnam for recent 10 years (from 2012 to 2022).

a : Station name, b : Height above sea level (m), c : Mean annual temperature (°C), d : Mean annual amount of precipitation (mm), e : Absolute maximum temperature (°C), f : Mean daily maximum temperature of the hottest month (°C), g : Number of years observation, h : average monthly precipitation exceeding 100 mm (black area), i : Monthly means of precipitation (mm), j : Monthly means of temperature (°C), k : Humid period (lined), l : Mean daily minimum temperature of the coldest month (°C), m : Absolute minimum temperature (°C), n : Months with mean daily minimum temperature below 0°C, o : Months with an absolute minimum temperature below 0°C.

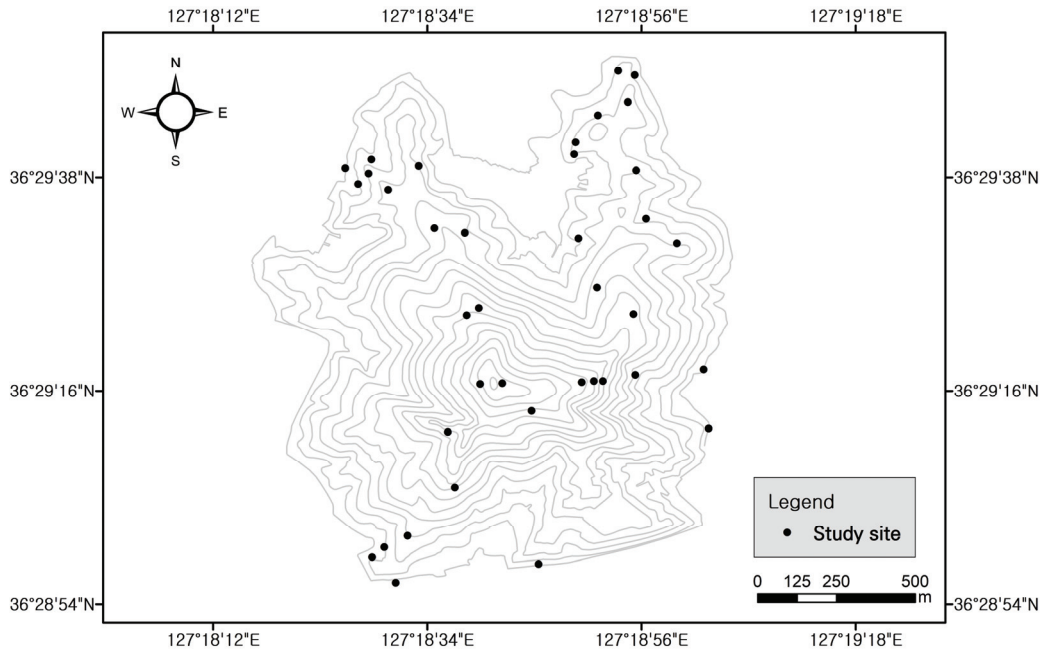


Figure 2. The survey plots of this study (Mt. Gohwa).

종과 종군(species group)유형을 중심으로 상재도표를 작성하였다. 또한 조사지 내의 수종을 바탕으로 상대빈도(Relative Frequency, RF)와 상대밀도(Relative Density, RD)를 이용하여 중요치(Importance Value, IV)를 산출하였다. 군락 간 유사성을 파악하기 위하여 Sørensen의 유사계수(CCs)를 이용하여 구성종의 유사도를 분석하였다(Brower and Zar, 1977). 이를 정량적으로 파악해보고자 Hill(1979)의 DECORANA(detrended correspondence analysis)를 이용하여 서열분석을 실시하고 수행한 결과를 토대로 이차원 공간에 각각의 조사위치를 배열하여 유연관계를 파악하였다. 또한 CCA(canonical correspondence analysis)를 통하여 종과 환경과의 상관관계를 분석하였다. 분석 프로그램은 PC-ORD v7.10을 이용하여 Biplot cutoff R2 0.200으로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 식별종군과 식생단위 특성

세종시 도시숲 괴화산의 산림식생을 식물사회학적 식생 조사를 통하여 상관우점종 및 식물사회학적 종조성에 따른 식생유형을 분석하였으며, 각 층위별 출현종에 대하여 상재도 및 최소-최대 우점도를 작성하였다(Table 1).

괴화산의 산림식생은 14개의 종군과 10개체의 식생단위로 분류되었고, 체계에서 최상위 수준에 괴화산의 표징종군(종군 1)을 구성하는 식별종은 땃땃이덩굴, 산초나무,

머느리밀씻개, 미국자리공, 주름조개풀, 짚레꽃, 닭의장풀, 환삼덩굴의 8종으로 나타났다. 다음 체계에서 종군 2의 졸참나무-생강나무군락군과 종군 9의 큰금계국군락군이 대별종군으로 나타났고, 전자는 인공림(리기다소나무군락, 밤나무군락, 아까시나무군락)과 천연림(굴참나무군락, 상수리나무군락, 소나무군락)을 대표하는 6개의 식생단위, 후자는 임연부 식생구조를 대표하는 4개의 식생단위(큰낭아초군락, 싸리군락, 족제비싸리군락, 비수리군락)로 분류되었다.

2. 대별종군 특징

식별종군에서 종군 2의 졸참나무-생강나무군락군과 종군 9의 큰금계국군락군이 괴화산 전체 산림식생의 대별종군으로 분류되었다.

1) 졸참나무-생강나무군락군(*Quercus serrata-Lindera obtusiloba* community group)

졸참나무-생강나무군락군의 표징종군(종군 2)을 구성하는 식별종은 졸참나무, 생강나무, 비목나무, 감태나무, 고욤나무 등을 포함하여 20종으로 나타났으며 상재도 III 이상 나타난 종은 졸참나무, 생강나무, 비목나무, 고욤나무, 벚나무류, 갈참나무, 으름덩굴, 닭쟁이덩굴, 청가시덩굴, 가는잎족제비고사리, 파리풀이 나타났다. 생활형은 교목성 35%, 아교목성 5%, 관목성 20%, 다년생초본 10%, 덩굴성식물 25%, 양치식물 5%로 나타났다.

Table 1. Differentiated constancy table of forest vegetation.

	Artificial Forest			Natural Forest			Urban Forest Edge			
	Pr	Cc	Rp	Qv	Qa	Pd	Ib	Lb	Af	Lc
Altitude(m)	94.3	77.3	77.2	145.8	87.5	117.0	53.0	52.5	46.0	56.0
Slope degree(°)	14.6	11.7	12.4	17.6	18.8	17.5	17.5	22.5	5.0	20.0
Bare rock(%)	·	·	·	6.0	2.5	·	7.5	·	·	·
Bare soil(%)	·	0.8	·	·	·	·	15.0	5.0	·	·
Litter layer(cm)	3.3	2.3	2.2	2.4	4.0	3.5	0.3	2.0	0.3	0.3
Coverage of tree layer(%)	84.0	85.8	88.0	83.0	83.8	77.5	·	·	·	·
Coverage of subtree layer(%)	58.0	38.8	41.3	40.0	61.3	60.0	·	·	·	·
Coverage of shrub layer(%)	38.5	52.5	37.0	47.0	48.8	35.0	55.0	90.0	20.0	15.0
Coverage of herb layer(%)	19.5	42.5	66.0	22.0	23.8	40.0	70.0	41.5	90.0	90.0
Height of the tree layer(m)	15.5	14.0	13.4	14.8	17.5	13.0	·	·	·	·
Height of the subtree layer(m)	8.3	7.3	7.5	10.7	11.8	8.0	·	·	·	·
Height of the shrub layer(m)	3.5	3.5	3.7	4.1	4.9	2.5	1.3	2.5	4.0	2.0
Height of the herb layer(m)	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	1.0	0.8
DBH of tree layer(cm)	23.6	15.0	15.0	21.2	25.0	22.0	·	·	·	·
DBH of subtree layer(cm)	9.6	8.5	9.0	9.7	12.0	10.0	·	·	·	·
DBH of shrub layer(cm)	3.6	3.7	4.1	3.6	2.8	3.0	0.6	2.5	3.0	1.0
The number of species(n) relevé	23.0	23.2	24.2	20.8	29.3	22.0	12.0	22.5	29.0	16.0
	10	6	5	5	4	2	2	2	1	1

1. Character species group of Mt. Goehwa;

<i>Cocculus orbiculatus</i> (맹맹이덩굴)	H	IV ₊₊	V ₊₊	III ₊₊	IV ₊₊	4 ₊₊	2 ₊₊	·	2 ₊₊	1 ₊₊	·
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> (산초나무)	H	III ₊₁	III ₊₁	II ₊₊	III ₊₊	4 ₊₊	2 ₊₊	·	2 ₊₊	1 ₊₊	·
<i>Persicaria senticosa</i> (며느리밑씻개)	H	II ₊₊	III ₊₁	IV ₊₂	·	3 ₊₊	2 ₊₊	·	2 ₊₊	1 ₊₊	·
<i>Phytolacca americana</i> (미국자리공)	H	·	IV ₊₊	IV ₊₁	·	3 ₊₊	2 ₊₊	·	2 ₊₊	1 ₊₊	1 ₊₊
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (주름조개풀)	H	V ₊₂	V ₊₄	V ₊₄	II ₊₊	4 ₊₃	2 ₁₂	·	2 ₊₊	·	·
<i>Rosa multiflora</i> (찔레꽃)	H	I ₊₊	III ₊₊	I ₁₁	I ₊₊	3 ₊₊	2 ₊₊	·	·	1 ₊₊	·
<i>Commelina communis</i> (닭의장풀)	H	I ₁₁	·	I ₁₁	·	3 ₊₊	·	2 ₊₊	2 ₊₊	1 ₊₊	·
<i>Humulus scandens</i> (환삼덩굴)	H	I ₊₊	·	III ₊₂	·	2 ₊₊	·	2 ₁₁	2 ₁₁	1 ₁₁	·

2. Character and differential species of *Quercus serrata*-*Lindera obtusiloba* community group;

<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	T2	II ₁₂	I ₁₁	I ₁₁	I ₁₁	·	2 ₁₁	·	·	·	·
	S	IV ₊₂	III ₁₂	I ₊₊	I ₊₊	3 ₊₁	·	·	·	·	·
	H	II ₊₊	II ₊₊	I ₊₊	I ₊₊	2 ₊₊	2 ₊₊	·	·	·	·
<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	S	IV ₊₁	IV ₊₁	I ₊₊	V ₊₂	4 ₊₂	2 ₁₂	·	·	·	·
	H	IV ₊₊	V ₊₊	II ₊₊	IV ₊₁	4 ₊₊	2 ₊₊	·	·	·	·
<i>Lindera erythrocarpa</i> (비목나무)	S	I ₊₊	I ₂₂	·	II ₂₂	·	2 ₂₂	·	·	·	·
	H	II ₊₊	III ₊₊	II ₊₊	III ₊₂	4 ₊₁	2 ₊₊	·	·	·	·
<i>Lindera glauca</i> (감태나무)	S	·	II ₊₄	·	II ₊₁	2 ₊₊	2 ₊₊	·	·	·	·
	H	I ₊₊	II ₊₊	I ₊₊	I ₊₊	2 ₊₊	2 ₊₊	·	·	·	·
<i>Diospyros lotus</i> (고욤나무)	T2	III ₁₁	·	II ₁₁	·	·	·	·	·	·	·
	S	III ₊₂	II ₊₁	·	II ₊₊	3 ₊₂	2 ₁₁	·	·	·	·
	H	III ₊₊	III ₊₊	III ₊₊	II ₊₊	3 ₊₊	2 ₊₊	·	·	·	·
<i>Prunus</i> spp. (벚나무류)	T1	I ₁₁	·	·	·	·	·	·	·	·	·
	T2	II ₁₄	II ₁₂	·	II ₁₂	3 ₁₂	·	·	·	·	·
	S	IV ₊₂	I ₁₁	·	III ₊₃	4 ₊₁	2 ₊₊	·	·	·	·
<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)	H	III ₊₊	II ₊₊	I ₊₊	IV _{r+}	3 ₊₊	2 ₊₊	·	·	·	·
	T1	I ₁₁	·	·	·	2 ₁₁	·	·	·	·	·

Table 1. (Continued)

	Artificial Forest			Natural Forest			Urban Forest Edge			
	Pr	Cc	Rp	Qv	Qa	Pd	Ib	Lb	Af	Lc
	T2	I ₁₁	·	I ₁₁	·	·	·	·	·	·
	S	II ₁₁	IV ₊₊	I ₊₊	I ₁₁	3 ₊₁	·	·	·	·
<i>Acer palmatum</i> (단풍나무)	H	I _{r+}	I ₊₊	I ₊₊	I ₊₊	3 ₊₊	·	·	·	·
	S	I ₁₁	I ₊₊	I ₊₊	I ₊₊	·	·	·	·	·
	H	II ₊₊	II ₊₊	II ₊₊	I ₊₊	·	2 ₊₊	·	·	·
<i>Corylus heterophylla</i> (개암나무)	S	I ₊₁	II ₁₂	·	I ₊₊	3 ₁₁	2 ₁₁	·	·	·
	H	·	II ₊₁	·	II ₊₁	·	2 ₊₊	·	·	·
<i>Ginkgo biloba</i> (은행나무)	H	I ₊₊	I ₊₊	·	I ₊₊	2 ₊₊	·	·	·	·
<i>Acer tataricum</i> (신나무)	H	I ₊₊	I ₊₊	I ₊₊	·	·	2 ₊₊	·	·	·
<i>Akebia quinata</i> (으름덩굴)	T2	·	I ₊₊	I ₊₊	·	·	·	·	·	·
	S	·	II ₊₁	III ₊₁	·	2 ₊₊	·	·	·	·
	H	I ₊₊	V ₊₊	IV ₊₃	·	2 ₊₊	·	·	·	·
<i>Rubia argyi</i> (꼭두서니)	H	·	I ₊₊	III ₊₂	·	2 ₊₊	·	·	·	·
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (담쟁이덩굴)	T1	·	·	·	I ₊₊	·	·	·	·	·
	T2	I ₊₊	·	·	I ₊₊	3 ₊₊	·	·	·	·
	S	·	I ₊₊	I ₊₊	·	2 ₊₊	2 ₊₊	·	·	·
	H	IV ₊₂	III ₊₄	I ₁₁	II ₊₊	4 ₊₁	2 ₊₃	·	·	·
<i>Smilax sieboldii</i> (청가시덩굴)	H	V ₊₁	II ₊₁	II ₊₊	II ₊₊	4 ₊₊	2 ₁₁	·	·	·
<i>Smilax china</i> (청미래덩굴)	S	I ₊₁	II ₊₊	I ₊₊	·	·	·	·	·	·
	H	II ₊₊	I ₊₊	I ₊₊	I ₊₊	3 ₊₊	·	·	·	·
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (실새풀)	H	I ₊₊	I ₊₊	I ₊₊	·	2 ₊₊	2 ₊₊	·	·	·
<i>Dryopteris chinensis</i> (가는잎죽제비고사리)	H	III ₊₁	V ₊₁	I ₊₊	IV ₊₁	3 ₊₊	2 ₊₊	·	·	·
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>oblongifolia</i> (파리풀)	H	I ₊₊	III ₊₁	·	II ₊₊	2 ₊₊	·	·	·	·
<i>Quercus dentata</i> (떡갈나무)	S	I ₊₊	I ₊₊	I ₊₊	I ₁₁	·	·	·	·	·
	H	·	·	·	·	·	2 ₊₊	·	·	·
3. <i>Pinus rigida</i> community;										
<i>Pinus rigida</i> (리기다소나무)	T1	V ₄₅	·	I ₁₁	·	3 ₁₁	2 ₂₂	·	·	·
	T2	·	·	·	·	2 ₁₁	·	·	·	·
	H	II ₊₊	·	·	·	·	·	·	·	·
4. <i>Castanea crenata</i> community;										
<i>Castanea crenata</i> (밤나무)	T1	·	V ₃₅	·	I ₂₂	4 ₁₂	·	·	·	·
	T2	V ₁₃	III ₁₃	·	I ₁₁	2 ₃₃	2 ₁₁	·	·	·
	S	III ₊₂	III ₁₁	III ₁₁	II ₊₁	3 ₊₁	·	·	·	·
	H	IV ₊₁	V ₊₁	·	·	3 ₊₁	2 ₊₊	·	·	·
5. <i>Robinia pseudoacacia</i> community;										
<i>Robinia pseudoacacia</i> (아까시나무)	T1	I ₁₂	II ₂₂	V ₄₅	I ₁₁	3 ₁₂	·	·	·	·
	T2	III ₊₄	I ₂₂	IV ₁₃	·	4 ₁₂	2 ₁₁	·	·	·
	S	I ₁₁	II ₁₁	III ₊₁	·	4 ₊₂	·	·	·	1 ₁₁
	H	IV ₊₂	III ₊₊	II ₊₊	III ₊₊	3 ₊₊	2 ₊₊	·	·	1 ₁₁
6. <i>Quercus variabilis</i> community;										
<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)	T1	·	·	·	V ₄₅	2 ₂₂	·	·	·	·
	T2	II ₂₃	·	I ₁₁	III ₁₂	·	2 ₂₃	·	·	·
	S	II ₊₂	II ₊₃	·	IV ₊₃	·	·	·	·	·
	H	I ₊₊	II ₊₊	I ₊₊	III ₊₊	·	·	·	1 ₊₊	1 ₊₊

Table 1. (Continued)

	Artificial Forest			Natural Forest			Urban Forest Edge				
	Pr	Cc	Rp	Qv	Qa	Pd	Ib	Lb	Af	Lc	
7. <i>Quercus acutissima</i> community;											
<i>Quercus acutissima</i> (상수리나무)	T1	II ₁₂	II ₁₂	II ₂₂	II ₁₂	4 ₄₅	2 ₂₂	.	.	.	
	T2	I ₁₁	.	I ₁₁	.	2 ₂₂	2 ₂₂	.	.	.	
	S	I ₁₁	I ₊₊	II ₊₊	I ₁₁	.	2 ₂₂	.	.	.	
	H	.	II ₊₊	I ₊₊	I ₊₊	4 ₊₊	2 ₊₊	.	.	.	
8. <i>Pinus densiflora</i> community;											
<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	T1	III ₁₃	I ₁₁	I ₁₁	II ₁₁	2 ₁₁	2 ₂₅	.	.	.	
	T2	.	.	.	I ₁₁	2 ₁₁	.	.	.	.
9. Character and differential species of <i>Coreopsis lanceolata</i> community group;											
<i>Coreopsis lanceolata</i> (큰금계국)	H	.	.	.	.	.	.	2 ₊₁	2 _{r2}	1 ₊₊	1 ₊₊
<i>Artemisia indica</i> (쑥)	H	.	.	.	.	.	.	2 ₊₁	2 ₂₄	1 ₁₁	1 ₁₁
<i>Metaplexis japonica</i> (박주가리)	H	.	.	.	.	.	.	2 ₊₊	2 ₁₁	1 ₊₊	1 ₊₊
<i>Rhus chinensis</i> (붉나무)	S	.	.	.	.	.	.	.	2 ₂₂	1 ₊₊	.
<i>Hemisteptia lyrata</i> (지칭개)	H	.	.	.	.	.	.	.	2 ₁₁	1 ₊₊	.
<i>Aster tataricus</i> (개미취)	H	.	.	.	.	.	.	2 ₊₊	.	1 ₊₊	.
<i>Chrysanthemum boreale</i> (산국)	H	.	.	.	.	.	.	.	2 ₊₊	.	1 ₊₊
<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>parviflorum</i> (층층이꽃)	H	.	.	.	.	.	.	.	2 ₊₊	1 ₊₊	.
<i>Arenaria serpyllifolia</i> (벼룩이자리)	H	.	.	.	.	.	.	2 ₊₊	2 ₂₂	.	.
10. <i>Indigofera bungeana</i> community;											
<i>Indigofera bungeana</i> (큰낭아초)	S	.	.	.	.	.	.	2 ₂₃	2 ₁₃	1 ₊₊	.
	H	.	.	.	.	.	.	2 ₊₁	2 ₁₂	.	1 ₊₊
11. <i>Lespedeza bicolor</i> community;											
<i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)	S	.	.	.	.	.	.	2 ₊₊	2 ₂₅	1 ₊₊	.
	H	.	I ₊₊	I ₊₊	2 ₁₁	.	1 ₊₊
12. <i>Amorpha fruticosa</i> community;											
<i>Amorpha fruticosa</i> (죽제비싸리)	S	.	.	.	.	.	.	.	.	1 ₁₁	.
	H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1 ₁₄
13. <i>Lespedeza cuneata</i> community;											
<i>Lespedeza cuneata</i> (비수리)	H	I ₊₊	2 ₊₊	2 ₊₊	1 ₁₄	1 ₊₊
14. Companion species group;											
<i>Elaeagnus multiflora</i> (뜰보리수)	S	.	.	.	I ₊₊
	H	.	.	.	.	2 ₊₊
<i>Conyza canadensis</i> (망초)	H	.	.	I ₊₊	.	.	.	3 ₊₊	.	5 ₁₁	.
<i>Rubus parvifolius</i> (명석달기)	H	.	.	I ₁₁	.	.	.	.	.	5 ₊₊	.
<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> (명아주)	H	.	.	.	.	.	.	3 ₁₁	.	.	.
<i>Alnus incana</i> (물오리나무)	T2	.	I ₁₁	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (물푸레나무)	T2	.	I ₁₁	.	.	.	3 ₁₁	.	.	.	.
	S	.	.	.	.	3 ₊₃	3 ₁₁	.	.	.	.
	H	.	.	.	.	3 ₊₊
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (미국담쟁이덩굴)	H	.	.	.	.	2 ₊₊
<i>Youngia japonica</i> (뽕리뱅이)	H	.	.	I ₁₁	.	.	.	.	3 ₁₁	.	.
<i>Alnus firma</i> (사방오리)	T1	.	.	.	.	2 ₁₁	.	.	.	.	.
<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)	H	.	I ₊₊	I ₊₊	3 ₊₊	.	.

Table 1. (Continued)

	Artificial Forest			Natural Forest			Urban Forest Edge			
	Pr	Cc	Rp	Qv	Qa	Pd	Ib	Lb	Af	Lc
<i>Isodon inflexus</i> (산박하)	H	I ₊₊	.	.	2 ₊₊
<i>Morus bombycis</i> (산뽕나무)	T2	.	I ₁₁	.	.	.	.	.	.	.
	S	.	I ₂₂	III ₊₁	.	.	.	.	.	.
	H	I ₊₊

* Omitted species(90 taxa): *Ailanthus altissima* (가죽나무), *Rubia cordifolia* (갈퀴꼭두서니), *Galium spurium* var. *echinospermum* (갈퀴덩굴), *Chrysanthemum indicum* (감국), *Diospyros kaki* (감나무), *Athyrium niponicum* (개고사리), *Forsythia koreana* (개나리), *Elymus tsukushiensis* var. *transiens* (개밀), *Pseudostellaria heterophylla* (개별꽃), *Carex japonica* (개저버리사초), *Agrostis clavata* var. *nukabo* (겨이삭), *Crepidiastrum sonchifolium* (고들빼기), *Dendranthema zawadskii* var. *latiloba* (구절초), *Bromus sterilis* (까락뱀새귀리), *Solanum nigrum* (까마중), *Draba nemorosa* (꽃다지), *Trigonotis peduncularis* (꽃마리), *Pyrola japonica* (노루발), *Symplocos sawafutagi* (노린재나무), *Celastrus orbiculatus* (노박덩굴), *Clerodendrum trichotomum* (누리장나무), *Ulmus davidiana* var. *japonica* (느릅나무류), *Zelkova serrata* (느티나무), *Maackia amurensis* (다릅나무), *Allium monanthum* (달래), *Oenothera biennis* (달맞이꽃), *Ilex macropoda* (대곶잎나무), *Artemisia sacrorum* var. *iwayomogi* (더위지기), *Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum* (둥굴레), *Wisteria floribunda* (등), *Sambucus williamsii* (딱총나무), *Elaeagnus multiflora* (뜰보리수), *Imperata cylindrica* (띠), *Conyza canadensis* (망초), *Rubus parvifolius* (명석딸기), *Chenopodium album* var. *centrorubrum* (명아주), *Alnus incana* subsp. *hirsuta* (물오리나무), *Fraxinus rhynchophylla* (물푸레나무), *Parthenocissus quinquefolia* (미국담쟁이덩굴), *Digitaria ciliaris* (바랭이), *Athyrium yokoscense* (뱀고사리), *Rhus chinensis* (붉나무), *Youngia japonica* (뽕리뱅이), *Alnus firma* (사방오리), *Rubus crataegifolius* (산딸기), *Isodon inflexus* (산박하), *Morus bombycis* (산뽕나무), *Artemisia montana* (산쑥), *Zanthoxylum schinifolium* (산초나무), *Vicia sativa* (살갈퀴), *Atractylodes ovata* (삼주), *Ageratina altissima* (서양등골나물), *Smilax nipponica* (선밀나물), *Picrasma quassioides* (소태나무), *Achyranthes bidentata* var. *japonica* (쇠무릎), *Quercus mongolica* (신갈나무), *Aster yomena* (쑥부쟁이), *Ixeridium dentatum* (쑤바귀), *Chelidonium majus* subsp. *asiaticum* (애기똥풀), *Carex hakonensis* (애기바늘사초), *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* (억새), *Vicia tetrasperma* (얼치기완두), *Cirsium japonicum* var. *maackii* (영정귀), *Eleutherococcus sessiliflorus* (오갈피나무), *Lactuca indica* (왕고들빼기), *Rudbeckia bicolor* (원추천인국), *Clematis terniflora* var. *mandshurica* (으아리), *Crepidiastrum denticulatum* (이고들빼기), *Albizia julibrissin* (자귀나무), *Callicarpa japonica* (작살나무), *Sibirotrisetum bifidum* (잠자리피), *Cerastium holosteoides* subsp. *vulgare* (점나도나물), *Spiraea prunifolia* (조팝나무), *Boehmeria spicata* (좁쌀나무), *Callicarpa dichotoma* (좁쌀나무), *Taxus cuspidata* (주목), *Rosa multiflora* (찔레꽃), *Ulmus parvifolia* (참느릅나무), *Zanthoxylum piperitum* (초피나무), *Pueraria lobata* (칠향), *Spodiopogon sibiricus* (큰기름새), *Cynanchum wilfordii* (큰조롱), *Ampelopsis glandulosa* (털개머루), *Trifolium repens* (토끼풀), *Aria alnifolia* (팔배나무), *Celtis sinensis* (팽나무), *Poa sphondylodes* (포아풀), *Euonymus alatus* (화살나무), *Buxus sinica* var. *insularis* (회양목), *Chenopodium album* (흰명아주)

* Note. *Pinus rigida* community; Pr, *Castanea crenata* community; Cc, *Robinia pseudoacacia* community; Rp, *Quercus variabilis* community; Qv, *Quercus acutissima* community; Qa, *Pinus densiflora* community; Pd, *Indigofera bungeana* community; Ib, *Lespedeza bicolor* community; Lb, *Amorpha fruticosa* community; Af, *Lespedeza cuneata* community; Lc

2) 큰금계국군락군(*Coreopsis lanceolata* community group)

큰금계국군락군의 표징종군(중군 9)를 구성하는 식별종은 큰금계국, 쑥, 박주가리, 붉나무, 지칭개, 개미취, 산국, 층층이꽃, 벼룩이자리의 9종으로 나타났다. 교목과 아교목층은 나타나지 않았고 관목층과 초본층만 나타나는 단층 및 2층 구조를 가졌으며, 상재도 III 이상이나 우점도 3 이상으로 나타나는 종은 없었다. 생활형은 다년생초본이 78%로 가장 높게 나타났으며, 아교목성 11%, 관목성 11%로 나타났다.

3. 졸참나무-생강나무군락군의 인공림(Artificial Forest)

1) 리기다소나무군락

리기다소나무군락은 10개의 조사구를 조사하였으며, 대부분 동사면에 분포하고 있었다. 주요 출현수종은 리기다소나무, 밤나무, 아까시나무로, 리기다소나무가 교목층에 높은 출현율로 나타나며 우점하고 있었다. 아교목층은 리기다소나무의 출현이 없고 밤나무, 아까시나무, 굴참나무, 상수리나무가 나타났다. 서로 간 경쟁 관계가 형성되어 장기간 시간이 지남에 따라 리기다소나무가 쇠퇴하고 낙엽

활엽수종으로의 천이 경향이 예측되었다. 인공조림 수종인 밤나무, 아까시나무의 우점도가 전체적으로 높게 나타났지만, 상수리나무가 교목층에서 높은 우점도로 나타났으며 아교목층과 관목층에서도 꾸준히 나타나고 있었다. 도시녹지환경에서 상수리나무는 도시환경에 내성이 강하며 수종 간 경쟁에 있어서 우위에 있으므로 우점종 형성에 용이하다(Lee et al., 1993). 따라서 적절한 관리와 모니터링을 통하여 자생수종인 참나무류의 식생천이가 가능할 것으로 판단되었다.

2) 밤나무군락

밤나무군락은 6개의 조사구를 조사하였으며, 밤나무, 아까시나무, 상수리나무가 주요 출현수종이다. 밤나무와 아까시나무가 전층에서 출현하며 두 수종이 경쟁 관계에 있으나 밤나무가 높은 우점도와 출현율을 보이며 절대적인 우점에 있다고 판단되었다. 따라서 밤나무군락은 우점군락을 장기간 유지할 것으로 예측되었다.

3) 아까시나무군락

아까시나무군락은 5개의 조사구를 조사하였으며, 교목층은 아까시나무, 상수리나무, 아교목층은 아까시나무, 굴참나무, 상수리나무가 주요 출현수종이다. 아까시나무는 극양수로 전층에서 높은 우점도로 나타났으며, 중용수인 상수리나무가 전층에서 미약하게 출현하고 있었다. 아까시나무를 인위적으로 벌채하게 되면 오히려 개체를 증가시켜 인근 식생에도 영향을 미칠 수 있으므로, 인위적 간섭과 교란 없이 시간이 지남에 따라 자연스럽게 천이가 진행되면서 상수리나무, 굴참나무 등 참나무류의 식생천이가 예측되었다(Oh et al., 2013).

4. 졸참나무-생강나무군락군의 천연림(Natural Forest)

1) 굴참나무군락

굴참나무군락은 5개의 조사구를 조사하였으며, 평균 해발고도가 145.8 m로 가장 높고 노암률도 6%로 높게 나타났다. 주요 출현수종으로는 굴참나무, 상수리나무, 밤나무, 벚나무류, 생강나무가 나타났다. 굴참나무가 전체 층위에서 높은 우점도를 보이며 상당기간 군락이 유지될 것으로 예상되나, 상수리나무가 굴참나무보다 생태적 지위폭(ecological niche breadth)이 넓기 때문에(Kim et al., 2008), 자연적·인위적 외부 요인에 의한 교란이 발생하면 상수리나무로의 식생천이가 발생할 가능성이 있는 것으로 판단되었다.

2) 상수리나무군락

상수리나무군락은 4개의 조사구를 조사하였으며, 상수리나무, 밤나무, 아까시나무, 생강나무가 주요 출현수종으

로 나타났다. 교목층에 상수리나무가 우점하고 있으나 밤나무, 아까시나무와 경쟁 관계에 있었다. 상수리나무가 큰 경쟁 없이 우위에 있을 것으로 예측되나, 인공조림 수종의 세력이 확대될 수 있으므로 이에 대하여 적절한 관리가 필요할 것으로 판단되었다.

3) 소나무군락

소나무군락은 2개의 조사구를 조사하였으며, 주요 출현수종은 소나무, 상수리나무, 고욤나무, 벚나무류로 나타났다. 소나무가 교목층에서만 높은 우점도를 보이고 다른 층위에서는 나타나지 않았으며 상수리나무가 전층에서 양호한 출현율로 나타나므로, 소나무가 빠르게 도태되고 상수리나무의 세력이 증가할 것으로 판단되었다.

5. 큰금계국군락군의 임연부(Urban Forest Edge)

임연부는 6개의 조사구를 조사하였고 큰낭아초군락, 싸리군락, 족제비싸리군락, 비수리군락이 나타났다. 주요 출현수종은 큰낭아초, 싸리, 족제비싸리, 비수리, 개망초, 쑥, 애기똥풀로 나타났으며 임연부 군락에서 토양노출도 및 암석노출도가 가장 높게 나타났다.

도시 내 임연부는 각종 자연적, 인위적 교란에 노출되어 있으며, 특히 도로와 인접해있을 경우 식생활력도에도 큰 영향을 미친다(Sung et al., 2018). 따라서 교란받은 임연부 식생은 선구종(pioneer plant)과 호광성식물(heliophyte)로 구성되어(Jung et al., 1994), 건조한 토양에도 생장력이 강하고 뿌리가 잘 발달하고 침식방지 효과도 있는 초본식생이 나타나는 것으로 판단되었다.

6. 중요치에 의한 식생단위별 종구성 특성

식생단위 군락으로 분류된 구성종의 중요도를 파악하기 위해 세종시 괴화산 산림식생의 중요치를 산출하였다(Table 2). 전체 종에 대하여 밤나무가 6.7%로 가장 높게 나타났으며, 리기다소나무 6.4%, 아까시나무 6.3%, 굴참나무 5.0%, 상수리나무 4.9%, 주름조개풀 4.5%, 벚나무류 3.1%, 소나무 2.6%, 생강나무 2.6%, 담쟁이덩굴 2.2% 등의 순으로 나타나 전체적으로 괴화산은 인공조림 수종의 중요치가 높게 나타났다.

인공림은 리기다소나무 10.1%, 밤나무 9.2%, 아까시나무 8.9%, 주름조개풀 6.0%, 벚나무류 3.1%, 졸참나무 3.0%, 상수리나무 2.8%의 순으로 나타났다. 우리나라는 일제강점기(1910~1945년)와 한국전쟁(1950~1953)을 거치며 산림이 매우 황폐되어 이를 빠르게 복원하기 위한 대규모 조림이 진행되었고, 리기다소나무와 아까시나무는 연료목의 목적으로 대량 식재된 주요 조림수종이다. 또

한 밤나무는 '60-'70년대 소득 유망 수종으로 약 44만ha가 조림되어 전국 어디서든 흔하게 볼 수 있는 수종이며(Bae et al., 2010), 본 연구에서도 리기다소나무, 밤나무, 아까시나무 등 인공조림 수종이 높은 중요치 비율로 나타났다. 산림녹화 시 세종시가 위치한 충청도는 3만ha의 리기다소나무가 조림되었으며(KFRI, 2002), 임업통계연보(KFS, 2023)에 따르면 현재 세종시는 리기다소나무가 4천ha로 전체 침엽수의 68%이며 가장 높은 비율로 나타났다. 따라서 뛰어난 생장 속도와 적응력을 가진 리기다소나무가 도시환경에 성공적으로 정착하여(Lee et al., 2020) 괴화산 산림식생에도 많이 분포하는 것으로 판단되었다.

천연림은 굴참나무 12.5%, 상수리나무 12.0%, 소나무 5.7%, 벚나무류 4.5%, 생강나무 4.4%, 밤나무 4.4%, 주름조개풀 3.4%, 아까시나무 3.3%, 담쟁이덩굴 3.1%의 순으로 나타났다. 도시숲이라는 입지특성 상 인위적인 간섭 등으로 인한 다양한 천이가 나타날 수 있지만, 전체적으로 안정된 군락 유지가 지속될 것으로 판단되었다.

임연부의 중요치는 싸리 13.3%, 큰낭아초 10.0%, 개망초 7.5%, 쭉 7.0%, 비수리 6.1%, 족제비싸리 5.0%, 큰금계국 4.0%의 순으로 나타났다. 세종시가 행복도시로 출범함에 따라 각종 규모 및 도로의 개설과 산업입지 조성 등 대규모 토목공사로 인하여 절개지 사면과 같은 훼손지가 많이

Table 2. Importance value of major species according to the community types.

	Total	Artificial Forest			Natural Forest		Urban Forest Edge				
		Pr	Cc	Rp	Qv	Qa	Pd	Ib	Lb	Af	LC
<i>Pinus rigida</i> (리기다소나무)	6.4		10.1			1.4					.
<i>Castanea crenata</i> (밤나무)	6.7		9.2			4.4					.
<i>Robinia pseudoacacia</i> (아까시나무)	6.3		8.9			3.3				0.8	
<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)	5.0		2.3			12.5					0.9
<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	2.6		1.8			5.7					.
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (주름조개풀)	4.5		6.0			3.4					0.4
<i>Prunus</i> spp. (벚나무류)	3.1		3.2			4.5					.
<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	2.2		2.9			1.8					.
<i>Quercus acutissima</i> (상수리나무)	4.9		2.8			11.7					.
<i>Diospyros lotus</i> (고욤나무)	2.1		2.5			2.1					.
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> (산초나무)	2.0		2.4			1.9				0.9	
<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	2.6		2.3			4.4					.
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (담쟁이덩굴)	2.2		2.3			3.1					.
<i>Lindera erythrocarpa</i> (비목나무)	1.7		1.5			3.0					.
<i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)	1.8		0.2			.					13.3
<i>Indigofera bungeana</i> (큰낭아초)	1.3		.			.					9.8
<i>Erigeron annuus</i> (개망초)	1.2		0.3			.					7.5
<i>Artemisia indica</i> (쭉)	0.9		.			.					7.0
<i>Lespedeza cuneata</i> (비수리)	0.8		0.1			.					5.6
<i>Amorpha fruticosa</i> (족제비싸리)	0.6		.			.					5.0
<i>Coreopsis lanceolata</i> (큰금계국)	0.5		.			.					4.0
<i>Solanum lyratum</i> (배풍등)	0.6		0.4			0.2					2.7
<i>Chelidonium majus</i> (애기똥풀)	0.4		0.1			.					2.7
<i>Humulus scandens</i> (환삼덩굴)	0.8		0.8			0.2					2.3
Others (130 taxa)	38.8		40.8			39.1					36.1
Total	100.0		100.0			100.0					100.0

*Note. *Pinus rigida* community; Pr, *Castanea crenata* community; Cc, *Robinia pseudoacacia* community; Rp, *Quercus variabilis* community; Qv, *Quercus acutissima* community; Qa, *Pinus densiflora* community; Pd, *Indigofera bungeana* community; Ib, *Lespedeza bicolor* community; Lb, *Amorpha fruticosa* community; Af, *Lespedeza cuneata* community; Lc

발생하였으며, 이러한 인간간섭 등의 인위적 간섭에 노출되는 것은 식물사회의 종조성(species composition)에 변화를 초래할 수 있다(Kim and Lim, 2006).

임연부는 특히 큰낭아초, 싸리, 족제비싸리, 비수리 등 콩과식물의 중요치가 높게 나왔는데, 괴화산 주변으로 생활권이 형성되어 지속적으로 발생하는 훼손에 대하여 생태복원이 시행된 것으로 판단되었다. 비탈면 녹화용으로 사용되는 재래초종 및 야생화류는 국화과, 벼과, 콩과 그리고 큰금계국 등이 있으며 그중에서도 발아력이 뛰어나 초기 식생피복이 가능한 콩과식물은 광범위하게 이용된다. 이는 질소고정능력이 있어서 척박지에서도 생육이 양호하고 초기 생장이 빠르므로 비탈면 공사에서 가장 많이 사용되며(Kang et al., 2014a; Yu and Shin, 2016), 척박지 개선용으로 비수리 등이 사용되기도 한다(Kim et al., 2018b).

녹화공사에 있어 최근에는 그 지역에 오랫동안 적응된 자생식물 사용이 증가하고 있으며(Kang et al., 2014b), 생태복원 녹화용 식생의 질적인 측면이 강조되면서 초본류 뿐만 아니라 목본류도 도입되어 종다양성이 높은 입체적인 식생군락을 조성하고 있다(Kim et al., 2018a). 생태적으로 건강하게 자리 잡은 자생식물군집은 다른 잡초들의 침입을 막아주므로 자생식물은 생태복원용 식물로서 높은 가치가 있다(Steinfeld et al., 2007; Bower et al., 2014). 따라서 괴화산 임연부의 구성종이 천이과정을 거치면서 초본과 목본이 함께 어우러지는 다층구조의 산림으로 복원될 것으로 판단되었다.

7. 유사도 분석

각 군락별 종조성표를 작성한 다음 모든 식생의 종을

이용하여 군락 간 유사성을 측정하기 위하여 Sørensen의 유사계수(CCs)를 이용한 군락 간 유사도를 분석하였다 (Table 3). 군락 간의 유사도 지수가 0.2 이하일 때는 이질적인 군락, 0.8 이상이면 동질적인 군락이라고 하였으며, 1 이면 두 군락이 완전히 같음을 의미하고, 0 이면 완전히 다르고, 0.5 이상이면 구성종의 차이가 없는 동일 군락으로 보고 있다(Buell et al., 1966). 인공림 군락 간 유사도는 0.5~0.6 사이로 나타났으며, 천연림 군락 간 유사도도 마찬가지로 0.5~0.6 사이로 군락 간 구성종의 차이가 크지 않은 군락으로 판단되었다. 임연부의 큰낭아초군락, 싸리군락, 족제비싸리군락, 비수리군락은 군락 간 유사도가 평균 0.4 정도로 상대적으로 낮지만, 녹화 및 생태복원이 진행되어 종 구성에 크게 차이가 없는 유형인 것으로 판단되었다. 인공림과 천연림 군락 간 유사도는 0.5~0.6 사이로 인공림과 천연림의 구성종의 차이가 크지 않으나, 임연부 군락과 비교하였을 때 군락 간 유사도가 0.3 이하로 임연부는 두 군락에 대하여 이질적인 군락인 것으로 나타났다.

군락유사도 결과를 토대로 Ordination 분석기법 중 DCA 기법을 적용하여 분석한 결과(Figure 3), 제 1축과 제 2축의 eigenvalue가 각각 0.944, 0.470으로, 3개 축 전체 합 1.682의 84.0%에 해당하여 total variance에 대한 설명력이 높게 나타났다.

각 식생단위와 입지환경의 상관관계를 살펴보기 위하여 CCA ordination 분석을 이용하여 10개의 식생단위와 8개의 환경인자(해발고도, 지형, 경사, 방위, 암석노출도 등)와의 상관관계 등을 분석한 결과(Figure 4), 제 1축과 제 2축의 eigenvalue가 각각 0.425, 0.412으로, 3개 축 전체 합 1.109의 75.5%에 해당하여 total variance에 대한 설명력이 높은

Table 3. Coefficient of similarity index between each community in the three types.

		Artificial Forest			Natural Forest			Urban Forest Edge			
		Pr	Cc	Rp	Qv	Qa	Pd	Ib	Lb	Af	Lc
Artificial Forest	Pr										
	Cc	0.5938									
	Rp	0.5481	0.6772								
Natural Forest	Qv	0.6325	0.5688	0.5000							
	Qa	0.6316	0.6400	0.5606	0.6316						
	Pd	0.6275	0.6170	0.5347	0.5783	0.5657					
Urban Foest Edge	Ib	0.0920	0.0253	0.1163	0.0294	0.0714	0.0000				
	Lb	0.1835	0.2772	0.3333	0.1111	0.2075	0.1333	0.3333			
	Af	0.2268	0.2247	0.3125	0.1282	0.2128	0.2222	0.4583	0.5429		
	Lc	0.0476	0.1053	0.1205	0.0308	0.0741	0.0800	0.4000	0.3860	0.5333	

* Note. *Pinus rigida* community; Pr, *Castanea crenata* community; Cc, *Robinia pseudoacacia* community; Rp, *Quercus variabilis* community; Qv, *Quercus acutissima* community; Qa, *Pinus densiflora* community; Pd, *Indigofera bungeana* community; Ib, *Lespedeza bicolor* community; Lb, *Amorpha fruticosa* community; Af, *Lespedeza cuneata* community; Lc

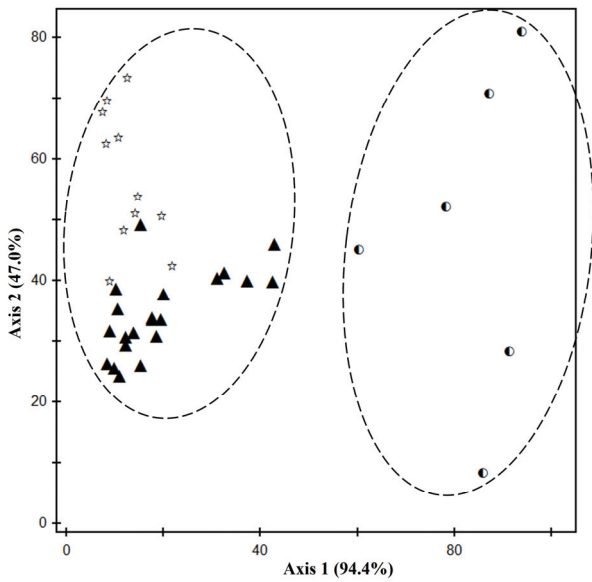


Figure 3. DCA(Detrended Correspondence Analysis) ordination for community types (▲ : Artificial Forest community, ☆ : Natural Forest community, ● : Urban Forest Edge community).

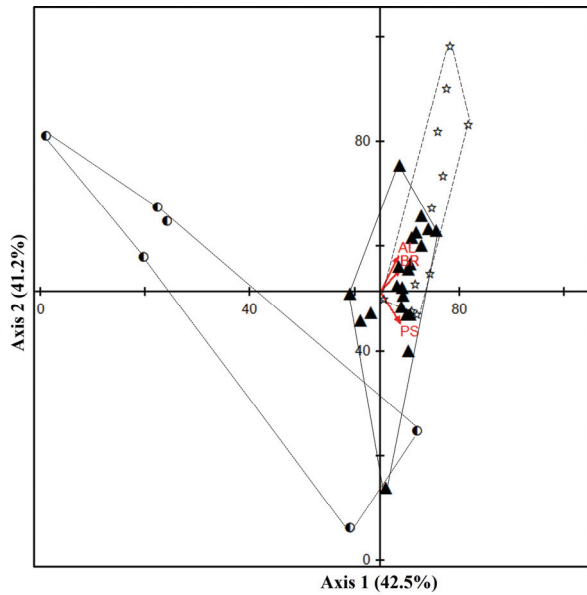


Figure 4. CCA(Canonical Correspondence Analysis) ordination for community types and environmental variables (Altitude; AL, Bare rock; BR, Present species; PS) against axis 1 and axis 2 (Cutoff R2 : 0.200, ▲ : Artificial Forest community, ☆ : Natural Forest community, ● : Urban Forest Edge community), and the variables with weak or no correlation are not shown.

편으로 나타났다. 인공림과 천연림은 해발고도, 암석노출도, 출현종수와 양의 상관관계를 가지는 반면, 임연부와는 음의 상관관계를 가지는 경향을 보였다.

인공림과 천연림은 서로 간 밀집하는 경향이 나타났지

만, 임연부는 밀집해 있다고 보기는 어려웠으며 이는 인공림과 천연림은 졸참나무-생강나무군락군으로써 하나의 단위인 반면, 임연부는 대별종군인 큰금계국군락군이었으며 해당결과가 DCA와 CCA에 반영된 것으로 판단되었다. 또한 임연부는 시간이 지남에 따라 자연적으로 식생이 회복되면서 주변 인공림과 천연림 군락의 종자가 산포되어 이와 유사한 종구성을 가진 식생군락으로 변화할 것으로 예상되며, 심한 훼손으로 인하여 복원이 필요할 경우에는 자연 스스로의 치유나 복원 능력을 발휘할 수 있도록 돕는데 중점을 두어야 할 것으로 사료되었다(Kim et al., 2018a).

종합고찰

본 연구는 세종시 괴화산 산림식생 특성을 구명하여 도시숲의 체계적인 관리와 보전을 위한 생태학적 정보를 제공하기 위해 상관우점종 및 종조성에 의한 식생유형 분석과, 중요치, 유사도 분석 등을 수행하였다. 식생구조는 2개의 군락군(졸참나무-생강나무군락군과 큰금계국군락군)으로 대별되었으며, 식생단위 유형은 인공림, 천연림, 임연부 식생으로 총 10개의 식생단위체제로 분류되었다. 인공림은 리기다소나무군락(*Pinus rigida* community), 밤나무군락(*Castanea crenata* community), 아까시나무군락(*Robinia pseudoacacia* community), 천연림은 굴참나무군락(*Quercus variabilis* community), 상수리나무군락(*Quercus acutissima* community), 소나무군락(*Pinus densiflora* community), 임연부는 큰낭아초군락(*Indigofera bungeana* community), 싸리군락(*Lespedeza bicolor* community), 족제비싸리군락(*Amorpha fruticosa* community), 비수리군락(*Lespedeza cuneata* community)의 총 10개 군락으로 분류되었다. 상수리나무가 전 군락에서 교목층으로 등장하고 있어 자생 참나무류 중심의 천이 진행 과정에 있는 것으로 판단되었다.

중요치는 밤나무, 리기다소나무, 아까시나무 등의 순으로 높게 나타나 괴화산은 인공조림 수종의 생태적 영향력이 큰 것으로 나타났다. 인공림과 천연림 간 군락유사도 지수가 0.5~0.6으로 나타났으나 임연부는 두 군락에 대하여 0.3 이하로 낮게 나타났으며, 이는 DCA 분석 결과에서도 동일하게 나타났다. CCA 분석 결과 식생단위와 입지환경의 상관관계는 인공림과 천연림은 해발고도, 암석노출도, 출현종수와 양의 상관관계를 가지며, 임연부와는 음의 상관관계를 보이는 경향으로 나타났다. 인공림과 천연림은 졸참나무-생강나무군락군, 임연부는 큰금계국군락군으로써 해당결과가 DCA와 CCA에 반영된 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구를 통하여 괴화산 산림식생의 군집구조 특

성을 기초자료로 활용하여 괴화산에 대하여 적절한 목표식생 방향 제시가 가능할 것으로 사료되었다.

감사의 글

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업 (과제번호 : 2021332A10-2323-AA01)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

References

- Bae, J.S., Joo, R.W. and Lee, K.B. 2010. Causes of Forest Degradation and Drivers of Forest Recovery in South Korea. Korea Forest Research Institute. Seoul, Korea. pp. 150.
- Bower, A.D., Clair, J.B.S. and Erickson, V. 2014. Generalized provisional seed zones for native plants. *Ecological Applications* 24(5): 913-919.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetation der Vegetation*(3rd Edition). Springer-Verlag. Wien, New York. pp. 865.
- Brower, J.E. and Zar, J.H. 1977. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm.C.Brown Company Publishers. Iowa, U.S.A. pp. 596.
- Buell, M.F., Langford, A.N., Davidson, D.W. and Ohmann, L.F. 1966. The upland forest continuum in northern New Jersey. *Ecology* 47(3): 416-432.
- Byun, W.H. and Kim, K.W. 2010. *Theory and Practice of Urban Forest*. Yiche. Korea, Seoul. pp. 415.
- Cho, J.H., Park, C.R., Oh, J.H., Kim, J.S. and Cho, H.J. 2016. Changes in vegetation characteristics over time in the isolated forests of the urban areas: A case study on the Mt. Hwangyeong, Busan metropolitan city. *Journal of Korean Forest Society* 105(3): 284-293.
- Cho, W. and Lee, K.J. 1993. Studies on the enhancement of the plant species diversity by the urban forest management. *Journal of Korean Institute of Landscape Architecture* 21(2): 107-119.
- Ellenberg, H. 1956. *Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde*. Eugen. Ulmer. Stutthart. pp. 136. (in German)
- Hill, M.O. 1979. DECORANA - A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Cornell University. Ecology Program. Ithaca, New York. pp. 52.
- Jung, Y.K., Kim, J.W. and Kim, W. 1994. Distribution pattern of principal species in the mantle community. *Journal of Ecology and Environment* 17(4): 513-521.
- Kang, H.K., Yi, J.Y. and Song, H.S. 2014a. Germination characteristics and maturity by production time of *chamaecrista nomame*, *Lespedeza cuneata* and *Lespedeza bicolor* seed in fabaceae plant. *Korean Journal of Plant Resources* 27(4): 359-364.
- Kang, H.K., Yi, J.Y., Ahn, S.K. and Song, H.S. 2014b. Germination characteristics and shape of *Indigofera amblyantha* seed for slope revegetation. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 17(2): 85-92.
- Kang, H.M., Choi, S.H., Kim, D.H. and Song J.T. 2017. A study on the restoration effects of vegetation restoration types. *Korean journal of environment and ecology* 31(2): 174-187.
- Kim et al. 2023. *Environmental Ecology – Conservation and Management of Ecosystem*(2nd Edition). LifeScience. Seoul. pp. 304.
- Kim, C.H., Park, Y.H. and Park, I.K. 2003. The Characteristics and Policy Implications of Territorial Structure Changes in Korea. Korea Research Institute for Human Settlements, Anyang. pp. 266.
- Kim, G.H., Sung, H.C., Choi, J.Y. and Heo, Y.J. 2018a. *Ecology Restoration (Korean Edition)*. Kimoondang. Seoul. pp. 232.
- Kim, H.R., Jeong, H.M., Kim, H.J. and You, Y.H. 2008. Ecological niche of *Quercus acutissima* and *Quercus variabilis*. *Korean Journal of Environmental Biology* 26(4): 385-391.
- Kim, J.W. 2004. *Vegetation Ecology*. World Science. Seoul, Korea. pp. 340.
- Kim, J.W. and Lee, Y.K. 2006. *Classification and Assessment of Plant Communities*. World Science. Seoul, Korea. pp. 240. (in Korean).
- Kim, J.W. and Lim, J.C. 2006. A Phytosociological review of the forests(maeulsoop). *Keimyung Korean Studies Journal* 33: 81-114.
- Kim, M.K., Kim, S.P., Kim, N.H. and Sohn, H.G. 2014. Urbanization and urban heat island analysis using LANDSAT imagery: Sejong city as a case study. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* 34(3): 1033-1041.
- Kim, N.C., Lee, T.O., Jeon, G.S., Hur, Y.J. and Kim K.H. 2018b. *Ecological Restoration Engineering – Focused on Nature Restoration and Slope Revegetation theory*. Bomoondang. Korea, Seoul. pp. 569.
- Kim, Y.H., Park, J.M. and Jang, C.G. 2009. The comparative study of flora around the Geumgang area. *Korean Journal of Environmental Biology* 27(2): 216-229.

- Korea Forest Research Institute. 2002. Effective Management Scheme of the Urban Forests. pp. 160.
- Korea Forest Service. 2022a. Korea Biodiversity Information System. <http://www.nature.go.kr>.
- Korea Forest Service. 2022b. Korea Plant Names Index Committee. <http://www.nature.go.kr>.
- Korea Forest Service. 2023. Statistical Yearbook of Forestry.
- Korea Meteorological Administration. 2022. Climate statistics. <https://www.kma.go.kr>.
- Kwak, D.A. and Park, S.H. 2022. Study on spatial change of urban forest considering definition of urban area in South Korea. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 25(4): 19-31.
- Kwon, Y.W. et al. 1998. Interpreting the City ; An Urban Geographical Approach. Parkyoungsa. South Korea. pp. 143-144.
- Lee, H., An, J.H., Shin, H.C. and Lee, C.S. 2020. Assessment of restoration effects and invasive potential based on vegetation dynamics of pitch pine (*Pinus rigida* Mill.) plantation in Korea. *Forests* 11(5): 568.
- Lee, J.E., Shin, J.K., Kim, D.G. and Yun, C.W. 2017. Relationships between community unit and environment factor in forest vegetation of Mt. Dutasan, Pyeongchang-gun. *Journal of Korean Society of Forest Science* 106(3): 275-287.
- Lee, K.J., Cho, W. and Ryu, C.H. 1993. A study on the ecological management planning of urban forest. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 20(4): 1-11.
- Lee, K.W. and Oh, K.K. 1995. Actual vegetation and plant community structure of urban forest in Kwangju metropolitan city. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 23(2): 148-156.
- Lee, T.B. 2003. Coloured Flora of Korea. Hyangmunsa. Korea. pp. 999.
- Lee, W.T. and Yim, Y.J. 2002. The Phytogeography. Kangwon National University.
- Moon, Y., Yoon, S.O. and Hwang, S. 2017. The geomorphic characteristics and late-holocene paleoenvironmental reconstruction in Sejong-Si based on the pollen analysis of the right bank of Geumgang. *Journal of The Korean Geomorphological Association* 24(4): 1-12.
- Oh, C.H. and Lee, K.J. 1993. Studies on urban green open space establishment and management of ecological approach -A case study of Ansan urban nature park in Seoul-. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 21(1): 125-137.
- Oh, H.K., Han, Y.H., Kang, H.M., Kim, D.H. and You, J.H. 2013. The characteristics of actual vegetation to manage the function of forest recreation in Bukhansan national park. *Journal of Korean Institute of Forest Recreation*. 17(4): 169-182.
- Oh, J.H., Kim, J.S. and Cho, H.J. 2020. Changes over time in the community structure and spatial distribution of forest vegetation on Mt. Yeompo, Ulsan city, South Korea. *Journal of Korean Society of Forest Science* 109(2): 145-156.
- Oh, J.H., Kim, J.S., Kim, H.Y. and Cho, H.J. 2019. Changes in composition and structure of forest vegetation of Apsan park, Daegu metropolitan city. *Journal of Korean Society of Forest Science* 108(2): 177-188.
- Park, H.K. and Yun, C.W. 2009. A study on forest vegetation classification in urban forest of Daejeon metropolitan city. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* 13(4): 33-41.
- Park, H.S., Oh, K.S. and Lee, S.H. 2014. Analysing effects of co2 absorption capability through enhancing urban green infrastructure in Seoul. *Journal of the Korean Urban Management Association* 27(4): 1-23.
- Ro, Y.M., Kang, H. and Lee, S.D. 2015. Community analysis of urban forest around city of Seoul. *Korean Journal of Environment and Ecology* 29(4): 599-604.
- Shin, J.H. and Kim, C.M. 1996. Ecosystem classification in Korea(I): Ecoprovince classification. *Journal of Forest Science* 54: 188-199.
- Shin, W.S., Kim, J.J., Kim, W.J., Yoo R.H. and Lee, B.D. 2003. The influence of urban forest on job satisfaction and stress. *Journal of Korean Forest Society* 92(1): 92-99.
- Son, Y.H., Koo, C.D. Kim, C.S., Park, P.S., Yun, C.W. and Lee, K.H. 2016. Forest Ecology. Hyangmunsa. Seoul. pp. 346.
- Steinfeld, D.E., Riley, S.A., Wilkinson, K.M., Landis, T.D. and Riley, L.E. 2007. A Manager's Guide to Roadside Revegetation Using Native Plants. Federal Highway Administration. Western Federal Lands Highway Division. Vancouver, Washington. pp. 28.
- Sung, H.C. and Hwang, S.Y. 2012. A study on the urban ecosystem assessment for 31 cities & counties around the capital. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology* 15(5): 165-176.
- Sung, J.W. and Kang, S.G. 2020. Vascular plant species in the southern Sejong. *Korean Journal of Plant Resources* 33(4): 311-336.
- Sung, W.G., Lee, D.K. and Jin, Y. 2018. Analyzing difference of urban forest edge vegetation condition by land cover types using spatio-temporal data fusion method. *Journal*

- of Environmental Impact Assessment 27(3): 279-290.
- Walter, H., Harnickell, E. and Müller-Dombois, D. 1975. Climate-Diagram Maps of the Individual Continents and the Ecological Climatic Regions of the Earth. Springer-Verlag. Berlin, pp. 36.
- Yu, B.D. and Shin, S.R. 2016. The optimal seeding quantity of *Lespedeza cyrtobotrya* Miquel and *Indigofera pseudotinctoria* MATSUMURA as leguminous woody plants for the cut-slope revegetation. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology 19(1): 61-71.
- Yun, C.W. 2016. Field Guide to Trees and Shrubs. Geobook. Korea. pp. 703.
- Yun, C.W., Kim, H.J., Lee, B.C., Shin, J.H., Yang, H.M. and Hwan, L.J. 2011. Characteristic community type classification of forest vegetation in South Korea. Journal of Korean Society of Forest Science 100(3): 504-521.

Manuscript Received : November 3, 2023

First Revision : January 9, 2024

Accepted : January 10, 2024