

한국 특산식물 물들메나무의 생태적 특성^{1a}

박정석² · 권신영³ · 이주희⁴ · 변지은⁵ · 김소담⁶ · 윤석민⁷ · 정지영^{8*}

Ecological Characteristics of *Fraxinus chuisanensis* Nakai, an Endemic Plant of Korea^{1a}

Jeong-Seok Park², Shin-Young Kwon³, Ju-hee Lee⁴, Ji-Eun Byun⁵, So-dam Kim⁶, Seok-Min Yun⁷, Ji-Young Jung^{8*}

요약

본 연구는 한국 특산식물이자 희귀식물인 물들메나무를 대상으로 분포 현황과 생육환경 특성, 종조성을 바탕으로 생태적 특성을 구명하였다. 물들메나무가 출현한 입지를 대상으로 생육환경 조건의 기재 및 식물사회학적 방법에 따라 식생조사가 수행되었으며, 출현종 양상과 환경변수의 상관관계 분석, 출현종의 식물 형질 분석을 수행하였다. 총 12개 지역, 28개 조사구에서 물들메나무 우점 입지 19개, 비우점 입지 9개가 확인되었으며, 총 155분류군이 출현하였다. 물들메나무 조사구의 생육환경은 한국 식생기후를 기준으로 대부분 온대북부 낙엽활엽수림대에 위치하여 한랭한 입지이며, 해발고도는 평균 859m, 암석노출도는 평균 60.4%, 토양노출도는 평균 24.7%, 경사도는 평균 18.7로 나타났다. 출현종 중 상위 P-NCD(백분율기여도)에 해당하는 분류군은 대부분 계곡 식생에 출현하는 분류군으로 특기되었다. 환경변수의 상관관계 분석에서 해발고도가 가장 큰 상관관계를 보였으며, 그 다음은 암석노출도로 확인되었다. 물들메나무림의 동태는 교목수종에 해당하는 분류군 중 관목층과 초본층에서 물들메나무가 높은 P-NCD값을 보여 지속적으로 유지될 것으로 보인다. 현재 물들메나무가 출현하는 입지의 대부분은 국립공원, 도립공원, 군립공원 등의 보호구역 내에 출현하여 인위적 교란요인이 비교적 적은 편이나, 일부 국가보호구역 미지정 지역의 경우 숲가꾸기 사업 또는 신규 등산로 개설로 인한 생육지 질의 쇠퇴 가능성이 있으므로, 이들 지역에 대하여 산림유전자원보호구역 설정과 같은 관리 방안이 제안되었다. 또한 물들메나무의 다양한 환경조건을 기반으로 잠재적 분포 가능 입지 파악 및 현지 외 보전 후보지역 설정을 위한 후속 조치 및 연구가 수행되어야 할 것이다.

주요어: 식물사회학적 방법, 계곡 식생, 식물 형질, 천이, 보호지역

1 접수 2024년 3월 27일, 수정 (1차: 2024년 6월 18일), 게재확정 2024년 6월 18일

Received 27 March 2024; Revised (1st: 18 June 2024); Accepted 18 June 2024

2 국립수목원 정원식물자원과 석사연구원 Garden and Plant Resources Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea (edshy@nate.com)

3 국립수목원 정원식물자원과 석사연구원 Garden and Plant Resources Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea (ibh1216@korea.kr)

4 국립수목원 정원식물자원과 석사연구원 Garden and Plant Resources Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea (lljjhh147@naver.com)

5 국립수목원 정원식물자원과 석사연구원 Garden and Plant Resources Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea (bje3439@korea.kr)

6 국립수목원 정원식물자원과 박사연구원 Garden and Plant Resources Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea (sodam0321@nate.com)

7 국립수목원 정원식물자원과 객원연구원 Garden and Plant Resources Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea (yunsm0119@korea.kr)

8 국립수목원 정원식물자원과 임업연구사 Garden and Plant Resources Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea (fgh1138@korea.kr)

a 본 논문은 산림청 국립수목원의 연구비(KNA 1-2-37, 20-4)에 의해 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author: fgh1138@korea.kr

ABSTRACT

This study investigated the ecological characteristics of *Fraxinus chiisanensis* Nakai, one of the endemic and rare plant species in Korea, based on its distribution status, characteristics of the growth environment, and species composition. A vegetation survey that analyzed the correlation between species distribution patterns and environmental variables, along with the traits of the emergent plant species, was performed according to the explanation of environmental growth conditions and phytosociological method for the location where *F. chiisanensis* is found. A total of 19 dominant locations and 9 non-dominant locations of *F. chiisanensis* were observed in 28 study sites in 12 regions, and a total of 155 taxa were observed. According to the vegetation climate of Korea, the growth environment of the study site where *F. chiisanensis* is located is characterized as cold and is primarily situated within the northern temperate deciduous broadleaf forest zone. The average elevation was 859m above sea level, with an average rock exposure of 60.4%, soil exposure of 24.7%, and an average slope of 18.7°. The taxa belonging to the top P-NCD(Percentage of Net Contribution Degree) among the emergent species were mostly designated as the taxa emerging in valley vegetation. The correlation analysis of environmental variables revealed that altitude had the strongest correlation, with rock exposure showing the second highest correlation. The ongoing dynamics of the *F. chiisanensis* forest are anticipated to persist due to the high P-NCD values exhibited by the *F. chiisanensis* within the shrub and herbaceous layers among the taxa associated with tree species. Most *F. chiisanensis* habitats are currently situated within protected regions such as national parks, provincial parks, and county parks, where there are relatively minimal human-induced disturbances. However, there is potential for damage in areas not designated as protected, such as forest tending operation sites or new hiking trails. Concerns about declining habitat quality have prompted suggestions for management strategies such as establishing Forest Genetic Resource Reserves in these locations. In addition, follow-up and further research should be conducted to identify possible sites for distribution and establish candidate conservation areas based on various environmental conditions of *F. chiisanensis*.

KEY WORDS: PHYTOSOCIOLOGICAL METHOD, VALLEY VEGETATION, PLANT TRAITS, SUCCESSION, PROTECTED AREA

서론

특산식물은 특정한 지역에 분포하는 식물로 그 범위는 일반적으로 국가적 범위 수준을 의미한다(Anderson, 1994; Harold and Mooi, 1994). 이러한 특산식물의 국내 목록은 1952년 Nakai가 최초로 1,118분류군을 제시하였으며(Nakai, 1952), 이후 분류군 수가 다양하게 변동해 왔다(Lee, 1984; Kim, 2004; Chung *et al.*, 2017). 최신의 특산식물목록은 국립수목원에서 65과 181속 380종을 제시하고 있다(Korea National Arboretum, 2024a). 국내 특산식물 중 IUCN 위협 범주에 속하는 희귀식물(Korea National Arboretum, 2021)은 총 63분류군으로, 두 가지 범주에 모두 해당하는 분류군

일 경우 심층적 연구 및 관리 방안이 마련되어야 할 것이다.

이들 분류군 가운데 물들메나무(*Fraxinus chiisanensis* Nakai)는 국내 지리산을 중심으로 하여 경상남북도, 충청북도, 전라남북도에 분포가 알려져 있으며, 해외에서 분포하지 않고 국내에만 자생하는 한국 특산식물이다(Global Biodiversity Information Facility, 2024; Korea National Arboretum, 2024c). IUCN 적색목록은 국내 기준으로 VU(Vulnerable) 범주로, 지구적 수준에서는 EN(Endangered) 범주로 평가되어 있다(Korea National Arboretum, 2021; International Union for Conservation of Nature, 2024).

국내 물푸레나무속(*Fraxinus* Tourm. ex L.)은 물들메나무, 들메나무(*F. mandshurica* Rupr.), 물푸레나무(*F. rhynchophylla*

Hance), 쇠물푸레나무(*F. sieboldiana* Blume)가 분포하고 있다. 물푸레나무와 쇠물푸레나무는 한반도 전역에서 나타나는 특징을 보인다. 들메나무는 강원특별자치도 백두대간을 중심으로 분포하는 반면, 물들메나무는 충청북도 민주지산을 북한계로 하여 남쪽으로 파편적 출현 양상을 보이는 점에서 들메나무와는 상반된 분포 양상을 보이고 있다(Min *et al.*, 2001; Korea National Arboretum 2016). 물들메나무에 대한 생태학적 연구로는 지리산과 민주지산에서의 분포 현황 및 군락구조 특성에 관한 연구가 수행된 바 있다. 물들메나무림의 생육환경 특성, 군락분류, 상대기여도 및 상대우점치, 흉고직경급별 분석을 통해 물들메나무림으로 유지될 것이라는 천이 양상 제시하였다(Gwon, 2014; Choi *et al.*, 2021). 또한 종다양도지수, 균재도, 우점도, 최대종다양도로부터 국내 들메나무림에 비하여 높은 자연성으로 특기되는 특성을 밝힌 바 있다(Choi, 2020; Choi *et al.*, 2021). 이처럼 물들메나무는 희귀식물이자 한국 특산식물로서 중요한 가치를 가지는 점에서 다양한 연구가 이루어져 왔다. 현재까지 지리산과 민주지산 이외의 다른 지역에서는 문헌상의 분포 정보만 알려져 있을 뿐 전국을 대상으로 한 물들메나무림의 생육환경 현황 및 생태적 특성 구명은 아직까지 이루어지지 못한 실정이다.

따라서 본 연구는 한국 특산식물 물들메나무 입지에 대한 생육환경 특성 구명 및 종조성의 질적, 양적 출현 양상으로부터 생태적 특성을 밝히고자 하며, 출현 입지의 천이 방향성 및 현지 내·외 보전 방안을 제시하고자 한다. 본 연구 결과는 특산·희귀식물자원의 보전 및 관리의 기초정보를 제공할 것이다.

연구방법

1. 조사지 개황

본 연구 대상인 물들메나무는 현장조사로부터 지리산, 덕유산, 민주지산, 가야산, 기백산, 황악산 등에서 확인되었다

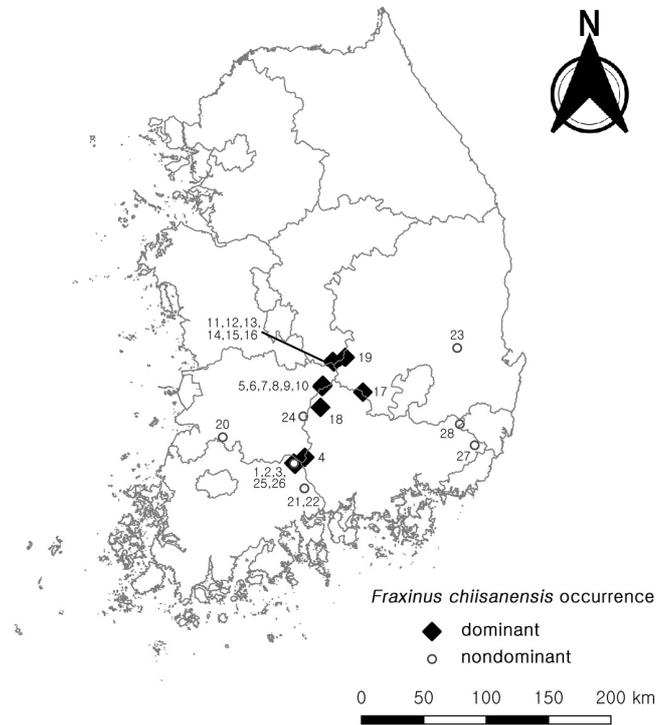


Figure 1. Distribution of *F. chiisanensis* in Korea.

Table 1. Geographical location, climate and geological features of the *F. chiisanensis*

Location	Plot no.	Climate Conditions		Geological Feature	
		Temperature(°C)	Precipitation(mm)		
Mt. Jiri	Jeonnam Gurye-gun, Jeonbuk Namwon-si	1,2,3,4,25,26	8.1	1,876.4	Gneiss
Mt. Deogyu	Jeonbuk Muju-gun	5,6,7,8,9,10	9.8	1,414.5	Gneiss
Mt. Minjuji	Chungbuk Yeongdong-gun	11,12,13,14,15,16	9.8	1,414.5	Gneiss
Mt. Gaya	Gyeongbuk Seongju-gun	17	9.5	1,453.2	Granite
Mt. Gibaek	Gyeongnam Hamyang-gun	18	11.8	1,398.3	Granite
Mt. Hwangak	Gyeongbuk Gimcheon-si	19	11.9	1,185.4	Gneiss
Mt. Naejang	Jeonbuk Jeongeup-si	20	12.5	1,502.5	Rhyolite
Mt. Baekun	Jeonnam Gwangyang-si	21,22	11.7	2,084.0	Gneiss
Mt. Bohyun	Gyeongbuk Yeongcheon-si	23	12.3	988.4	Shale
Mt. Jangan	Jeonbuk Jangsu-gun	24	11.0	1,482.1	Granite
Mt. Cheonseong	Gyeongnam Yangsan-si	27	14.1	1,401.3	Porphyry
Mt. Cheonhwang	Gyeongnam Miryang-si	28	13.3	1,223.4	Andesite

(Figure 1, Table 1). 지질은 지리산, 덕유산, 민주지산, 황악산, 백운산은 편마암, 가야산, 기백산, 장안산은 화강암, 내장산은 유문암, 천성산은 반암, 천황산은 안산암, 보현산은 셰일로 이루어져 있었다(Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 2024). 기후는 조사 지역의 인접성을 고려하여 2003년부터 2022년까지 총 20년간의 기상청의 자동기상관측(AWS; Automatic Weather System) 자료를 이용하여 평균기온과 평균강수량을 확인하였다(Korea Meteorological Administration, 2024). 전 지역 평균기온은 11.3°C, 평균강수량은 1,452.0mm로 나타났다(Table 1). 기상청 기후자료 값은 출현 지역별로 약간의 차이를 보이고 있지만, 물들메나무가 출현한 입지가 평균 해발 600m 이상인 점에서 단열감률(adiabatic lapse rate)을 고려한다면(Brunt, 1933), 실제 기온은 약 10°C 이하일 것으로 판단되었다(Kim *et al.*, 2014b).

2. 조사 및 분석 방법

현장 조사는 물들메나무가 출현하는 입지를 대상으로 생육환경 조사가 이루어졌고, 위치정보, 해발고도, 사면방향, 경사도, 암석노출도, 토양노출도, 한국 식생기후(vegetation climate) 등을 기록하였다. 한국 식생기후는 Yim과 Kira가 1975년에 작성한 식생 기후를 최신의 정보로 갱신한 자료를 활용하였다(Cho *et al.*, 2020). 물들메나무 출현 입지에 대한 식생 조사는 교목 최고층의 높이와 지형 특성을 고려하여 정방형, 직방형의 조사구를 설치하여 식생구조에 따라 4층(교목층(T1), 아교목층(T2), 관목층(S), 초본층(H))으로 구분하여 수행하였다. 출현한 식물종에 대한 국명 및 학명은 국가표준식물목록(Korea National Arboretum, 2024b)을 따랐다. 피도(cover)의 기재는 수리적 분석을 위해 변환 통합우점도(combined cover degree) 9계급을 사용하였다(Braun-Blanquet, 1932; Westhoff and van der Maarel, 1978; Kim and Lee, 2006). 물들메나무 출현 입지 수반종의 질적(출현 조사구 수), 양적(피도) 출현 양상을 밝히고자 하였으며, 이를 위해 기여도(NCD; Net Contribution Degree)와 백분율기여도(P-NCD; Percentage of Net Contribution

Degree)를 구하였다. 공식은 아래와 같다(Kim and Manyko, 1994; Kim, 2006; Eom, 2011).

$$NCD_i = \frac{\sum C_i}{N} \times \frac{n_i}{N}$$

- $\sum C_i$: i종의 기여도
- N : 전체 식생조사구 수
- n_i : i종이 출현한 조사구 수

$$P-NCD(\%) = \frac{NCD_i}{NCD_{total}} \times 100$$

- NCD_{total} : 단위식생에서 출현한 모든 식물종의 기여도 합

교목층의 최고 피도를 보이는 우점종을 기준으로 물들메나무의 우점형 및 비우점형 입지로 구분하였다. 조사구 내 각 분류군 마다 4개 층위별 중 가장 높은 피도를 기준으로 P-NCD 값을 산출하였다. 조사구별 출현종과 생육환경 조건 사이의 상관관계를 분석하기 위해 CANOCO 4.5를 이용하여 CCA(Canonical Correspondence Analysis)를 수행하였다(Ter Braak and Smilauer, 2002). 생육환경 중 사면방향은 명목척도(nominal scale)이므로, CCA 좌표결정법의 입력값으로 사용하기 위해 북향성(northness)과 동향성(eastness)으로 등간척도(interval scale)로 변환하였으며, 공식은 다음과 같다(Verwijst 1988).

$$Northness = \cos\left(\frac{A_i \times \pi}{180}\right),$$

$$Eastness = \sin\left(\frac{A_i \times \pi}{180}\right)$$

- A_i : 측정된 방위각

또한 생육환경 조건 사이의 상관관계를 규명하기 위해 SPSS 17.0을 이용하였다(SPSS Inc, 2008). 물들메나무 출현 입지에서 수반되는 식물상의 생태적 특성을 규명하기 위하여 과별(family) 출현 양상, 양치식물 다양성 등의 분류

Table 2. Ecological traits used for floristic analysis

Category	Subcategory	Source reference
Life-form	MM(megaphanerophytes), M(microphanerophytes), N(nanophanerophytes), H(hemicyptophytes), G(geophytes), Ch(chamaephytes), Th(therophytes), HH(hydrophytes), E(epiphytes)	Raunkiaer (1937), Lee (1996)
Growth form	tree, shrub, herb, graminoid, climber, epiphyte	Mucina <i>et al.</i> (2006)
Invasion strategy	infiltration, phalanx, guerilla	Doust (1981), Wilson and Lee (1989)

Table 3. Environment table of *F. chiisanensis* plots

Plot no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Investigation date	2023.07.26	2023.07.26	2023.07.26	2015.10.14	2016.09.27	2016.09.27	2016.09.27	2016.09.28	2016.09.28	2016.09.28	2016.07.20	2016.07.20	2016.07.02	2016.07.20
Area (m ²)	20×20	20×15	20×20	20×20	20×20	20×20	20×20	20×20	20×20	20×20	20×20	20×20	20×20	20×20
Altitude (m)	1,301	1,218	1,136	990	918	923	919	848	836	810	788	772	762	750
Aspect (°)	N(350)	NE(42)	NW(302)	E(100)	NE(50)	NE(50)	NE(52)	E(69)	NW(335)	NW(310)	NE(45)	NE(41)	NE(55)	E(73)
Slope (°)	19	5	25	40	17	28	23	10	20	21	10	18	21	30
Rock exposure (%)	80	85	60	80	65	80	85	30	50	80	60	65	40	75
Soil exposure (%)	20	15	30	0	10	5	5	20	15	3	25	20	60	4.5
Geological feature	Gneiss													
Plot no.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Investigation date	2016.07.20	2016.07.20	2016.07.12	2016.07.14	2016.07.20	2016.08.26	2016.08.24	2016.08.24	2016.08.03	2016.07.14	2023.07.26	2023.07.26	2016.08.23	2016.07.11
Area (m ²)	20×20	20×20	20×20	15×15	20×20	15×15	20×20	20×20	20×20	15×15	20×20	25×15	15×15	20×20
Altitude (m)	758	743	946	654	664	316	815	813	1,023	936	1,182	1,160	471	596
Aspect (°)	NE(60)	W(260)	E(90)	NE(30)	E(80)	NE(30)	N(15)	NE(30)	W(280)	N(10)	NE(45)	NE(65)	N(355)	NW(325)
Slope (°)	11	9	8	50	12	10	10	15	30	12	32	7	25	5
Rock exposure (%)	70	60	30	60	70	50	40	50	65	10	40	40	80	90
Soil exposure (%)	30	30	60	30	25	0	30	10	20	90	60	60	10	5
Geological feature	Gneiss	Gneiss	Granite	Granite	Gneiss	Rhyolite	Gneiss	Gneiss	Shale	Granite	Gneiss	Gneiss	Porphyry	Andesite

군 다양성과 식물 형질(plant traits) 분석을 수행하였다. 식물 형질은 각 식물종이 가지고 있는 고유한 유전적 특성으로 환경조건의 영향으로부터 다양한 양상으로 나타날 수 있으며, 생물다양성의 보전과 식물자원의 효율적인 관리에 중요한 기초정보를 제공할 수 있다(Feoli *et al.*, 1980; Solbrig, 1994; Diaz *et al.*, 1998; Grapow and Blasi, 1998; Violle *et al.*, 2007). 본 연구에서는 생활형, 생육형, 번식전략 등의 형질을 분석에 사용하였다(Table 2). 국내 산림 내 출현하는 식물상과 비교하기 위해 제4차 전국자연환경조사 식생 분야 보고서의 식생조사표 중 1,182장의 산림식생 자료에서 766분류군을 추출하였으며, 이 중 재배식물 14분류군을 제외한 752분류군을 대상으로 형질 비교분석을 수행하였다 (Ministry of Environment, 2023).

결과 및 고찰

1. 생육환경 현황

총 28개 지점에서 물들메나무가 출현하였고, 이 가운데 물들메나무가 교목층을 우점하고 있는 조사구는 19지점(조사구 1~19), 다른 교목수종(신갈나무, 까치박달, 고로쇠나무, 들메나무)이 우점하면서 물들메나무가 출현하는 조사구는 9지점(조사구 20~28)으로 확인되었다(Table 5).

물들메나무의 지리적 분포 양상은 민주지산을 북한계로 하여 그 이남으로 분포하는 것으로 확인되었으며, 기존 문헌에서 제시된 물들메나무 분포역과 유사한 양상을 보였다 (Min *et al.*, 2001). 물들메나무 우점림의 지질권은 편마암

과 화강암으로 확인되었다(Table 1). 한국 식생기후는 대부분의 조사구에서 온대북부 낙엽활엽수림대로 확인되어 다소 한랭한 기후 특성을 보였으며, 천성산(조사구 27)과 천황산(조사구 28)만이 온대남부 상록·낙엽활엽수 혼합림대로

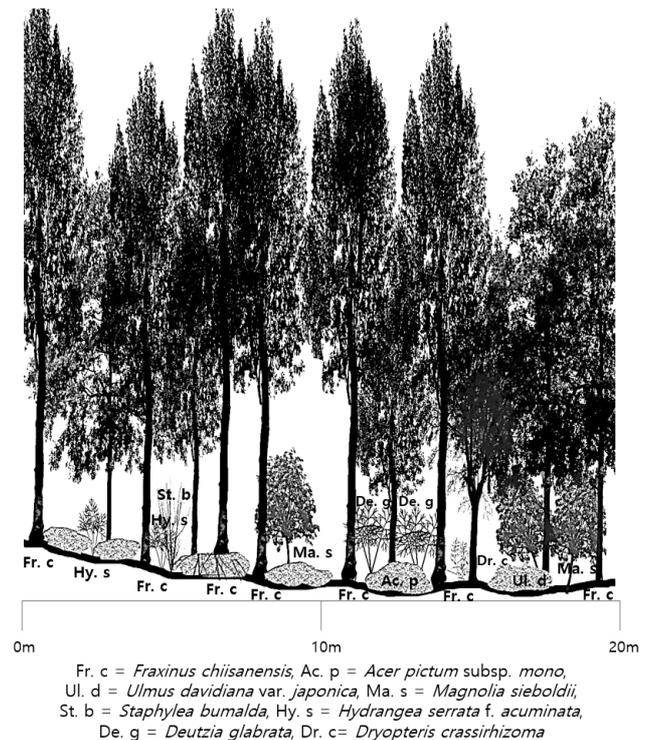


Figure 2. Cross-sectional distribution scheme of *F. chiisanensis* (plot number 12).

확인되었다.

물들메나무는 주로 계곡 사면을 중심으로 습윤한 능선부까지 분포가 확인되었으며, 해발고도는 평균 859m ± 217m (316~1,301m)로 나타났다(Table 3). 암석노출도는 평균 60.4% ± 19.7%(30~90%)로 암석 파편(boulder)으로 이루어졌으며(Figure 2), 높은 암석노출도로 인해 토양노출도는 평균 24.7% ± 20%(0~90%)로 비교적 낮았다. 경사도는 평균 18.7° ± 10.8°(5~50°) 범위였다. 본 조사로부터 확인된 암석노출도와 경사도는 지리산과 민주지산에서 조사된 선행연구결과와 유사하게 나타났다(Gwon, 2014; Choi *et al.*, 2021). 물들메나무 우점림은 평균 해발고도 881m ± 173m, 평균 경사도는 19.8% ± 11.1%, 평균 암석노출도는 64.5% ± 16.6%, 평균 토양노출도는 21.4% ± 16.4%이며, 비우점림은 평균 해발고도 812m ± 284m, 평균 경사도 16.2° ± 9.6°, 평균 암석노출도 51.7% ± 22.6%, 평균 토양노출도는 31.7% ± 29.4%로 나타났다. 물들메나무 우점림은 비우점림에 비하여 해발고도가 평균 69m, 경사도는 3.6°, 암석노출도는 12.8% 높았으며, 토양노출도는 평균 10.2%가량 낮은 경향을 보였다. 물들메나무 출현 입지는 비교적 습윤한 북사면에 치우쳐져 있으며, 북동사면에서 가장 많은 분포를 보였다(Table 3).

2. 종조성 특이성

모든 조사구에서 출현한 종은 61과 115속 139종 1아종 11변종 4품종으로 총 155분류군이였다. 조사구 당 평균 23.3분류군(8~36분류군)으로 확인되었다. 물들메나무 우점

림은 총 113분류군, 조사구별 평균 24.2분류군(13~33분류군), 비우점림은 총 104분류군, 조사구별 평균 21.6분류군(8~36분류군)으로 우점림에서의 종 다양성이 더 높게 나타났다. 우점림에서만 출현하는 분류군은 큰컨남성, 노루삼, 말발도리 등 51분류군이였으며, 비우점림에서만 출현하는 분류군은 느티나무, 고욤나무, 애기나리 등 42분류군이 확인되었다. 전체 식물상 중 양치식물은 총 11분류군(7.1%)이 출현하였으며, 우점림에서 9분류군(8%), 비우점림에서 4분류군(4.8%)이 출현하였다. 물들메나무 출현 입지의 상위 15개 과(family) 출현 양상은 미나리아재비과, 범의귀과, 장미과 등이 상위에 나타났다(Table 4). 한국 산림에서 출현한 분류군의 과별 출현 상위 순위가 국화과, 장미과, 백합과 등으로 나타난 것과는 다른 양상을 보였는데, 미나리아재비과, 범의귀과에 속하는 분류군들이 물참대와 고광나무, 말발도리 등 계곡부에 주로 출현하는 종이 다수 포함된 점에서 해당 과의 순위가 높게 나타난 것으로 보인다.

물들메나무 출현 입지는 두 유형 모두 4층의 층위를 보였으며, 교목층의 수고는 평균 19.9m, 피도는 평균 69%이고, 물들메나무 우점림은 평균 20.6m, 73%, 물들메나무 비우점림은 평균 18.4m, 59%로 우점림의 수고와 울폐율이 보다 높은 수치를 보였다. 아교목층, 관목층, 초본층의 평균 피도 값 또한 우점림에서 보다 높은 값을 보였다.

물들메나무 출현 입지의 P-NCD 출현 양상에서 상위 10분류군은 물들메나무(19.101), 당단풍나무(11.220), 산수국(8.508), 관중(6.704), 고로쇠나무(6.649), 물참대(4.737), 십자고사리(4.723), 함박꽃나무(4.236), 생강나무(3.428),

Table 4. Flora diversity of the top 15 ranked-families between the *F. chiisanensis* plots and Korea forest flora

<i>F. chiisanensis</i> plots	%(Number of species)	Korea forest flora	%(Number of species)
Ranunculaceae	5.8(9)	Asteraceae	9.0(69)
Saxifragaceae	5.8(9)	Rosaceae	6.7(51)
Rosaceae	5.2(8)	Liliaceae	6.4(49)
Liliaceae	4.5(7)	Fabaceae	4.4(34)
Celastraceae	3.9(6)	Poaceae	4.1(31)
Betulaceae	3.2(5)	Ranunculaceae	3.4(26)
Fabaceae	3.2(5)	Lamiaceae	2.6(20)
Oleaceae	3.2(5)	Violaceae	2.6(20)
Asteraceae	2.6(4)	Caprifoliaceae	2.4(18)
Dryopteridaceae	2.6(4)	Rubiaceae	2.4(18)
Poaceae	2.6(4)	Apiaceae	2.2(17)
Urticaceae	2.6(4)	Betulaceae	2.0(15)
Violaceae	2.6(4)	Polygonaceae	1.8(14)
Aceraceae	1.9(3)	Saxifragaceae	1.8(14)
Araliaceae	1.9(3)	Dryopteridaceae	1.7(13)
Other Family	48.4(75)	Other Family	46.5(356)

Table 5. Structured vegetation table of *F. chiisanensis* based on the life-form, cover degree and P-NCD (marked by double underline about top 10 P-NCD species)

Species	Life-form	Layer	Cover degree																												P-NCD		
			Dominant plots														Non-dominant plots														Dominant plots	Non-dominant plots	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
T1 layer height(m)			21	21	21	22	17	19	22	19.5	22	20	23	21	22	22	22	22	20	15	20	15	18	20	15	20	18	20	20				
T1 layer coverage(%)			80	80	50	80	80	82	75	80	75	80	75	80	70	80	65	70	50	60	60	60	50	45	50	65	70	70	50	70			
T2 layer height(m)			8	8	5	13	8	9	12	8	8	12	8	10	12	14	12	12	8	8	20	4.5	8	10	8	7	10	8	7				
T2 layer coverage(%)			30	40	20	40	25	30	30	5	45	25	30	30	50	45	40	30	20	20	60	15	15	30	15	25	30	45	20				
S layer height(m)			3	2.5	3	15	3	3	5	2	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	3	3	2	2			
S layer coverage(%)			40	30	40	2.5	50	50	55	50	35	30	30	30	20	30	35	30	15	15	5	15	10	30	5	20	20	10	10				
H layer height(m)			0.8	0.8	0.7	0.8	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	1	0.8	0.8	1	0.8	0.3	0.7	0.5	-		
H layer coverage(%)			50	60	50	20	60	65	30	70	60	60	85	80	75	80	80	35	25	15	10	20	40	35	15	25	10	35	5	-			
Total species			28	20	25	22	26	23	24	30	21	21	20	29	33	30	30	28	19	17	13	25	21	18	36	20	24	28	14	8			
<i>Fraxinus chiisanensis</i>	MM	T1,T2	9	8	8	7	9	9.3	8	8	9.5	8.5	8	8	7.5	7	8.5	7	8	7	8.5	5	5	5.5	3	5	7	4	5	7	18.068	17.093	
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	MM	S,H T1,T2	3	3.4	2	3.7	7	5.5	5	5.7	5.5	7	5	5	5	7	5	5	5	5	5.3	5	5.3	5	5.7	5.5	5	3.7	5	5	9.094	14.533	
<i>Hydrangea serrata</i> f. <i>acuminata</i>	N	S,H	7,7	6	7	5	5	5	5	7	7	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10.492	3.138	
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	H	H	6	7	7	3	5	3	5	5	3	3	3	3	3	5	5	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	7.922	2.890	
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	MM	T1,T2	6,4	6,7	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.7	3.7	5.5	3.5	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	6.424	5.780
<i>Deutzia glabrata</i>	N	S,H	4	5	4	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5.101	2.973	
<i>Polystichum tripteris</i>	H	H	4	5	3	2	2	2	1	5	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	5	2	2	2	3	3	3	3	4.534	4.723	
<i>Magnolia sieboldii</i>	MM	T2,S	5	5	5	3	3.5	5.7	3.3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6.046	0.661	
<i>Lindera obtusiloba</i>	N	T2,S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3.527	2.477	
<i>Alangium platanifolium</i> var. <i>trilobum</i>	N	T2,S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3.428	2.477	
<i>Actinidia arguta</i>	M	S,H T1,T2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.357	0.991	
<i>Quercus mongolica</i>	MM	T1,T2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1.940	2.477	
<i>Lindera erythrocarpa</i>	M	T1,T2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1.134	5.285	
<i>Carpinus cordata</i>	MM	T1,T2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.159	2.147	
<i>Morus bombycis</i>	MM	T1,T2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0.794	2.353	
<i>Fraxinus mandshurica</i>	MM	T1,T2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.794	2.312	
<i>Arisaema amurense</i> f. <i>serratum</i>	G	H	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.302	4.294	
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	MM	T1,T2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.593	0.083	
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	M	T1,T2	4	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1.455	0.124	
<i>Deutzia uniflora</i>	N	S,H	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.970	0.661	
			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.146	0.206	

박쥐나무(2.715)의 순으로 나타났다(Table 5). 물들메나무 우점림의 P-NCD는 물들메나무(18.068), 산수국(10.492), 당단풍나무(9.094), 관중(7.922), 고로쇠나무(6.424), 함박꽃나무(6.046), 물참대(5.101), 십자고사리(4.534), 생강나무(3.527), 박쥐나무(3.357)로 나타났으며, 비우점림은 물들메나무(17.093), 당단풍나무(14.533), 고로쇠나무(5.780), 신갈나무(5.285), 들메나무(4.294), 십자고사리(4.211), 서어나무(3.303), 산수국(3.138), 물참대(2.973), 관중(2.890) 등으로 나타났다(Table 5). 상위 10분류군 중 7분류군은 우점림, 비우점림 모두 출현하였지만, 함박꽃나무, 생강나무, 박쥐나무는 물들메나무 우점림에서 보다 높은 P-NCD 값을, 신갈나무, 들메나무, 서어나무는 비우점림에서 보다 높은 P-NCD 값을 보였다.

물들메나무 출현 입지의 P-NCD 상위 10분류군 가운데 물들메나무, 산수국, 당단풍나무, 관중, 고로쇠나무, 물참대, 십자고사리, 박쥐나무 등은 계곡 식생에서 주로 출현하는 분류군이며, 특히 물참대와 관중, 십자고사리, 박쥐나무는 계곡의 기반암 노출지를 대표하는 분류군이다(Lee, 2005; Song, 2008; Kim et al., 2014a). 또한 지리산에서 물들메나무군락(*Fraxinus chiisanensis* community)의 계층별 상위 상대기여도에 해당하는 함박꽃나무, 물참대, 관중, 산수국 등의 분류군들은 본 연구 결과와 유사한 양상으로 나타났다(Gwon, 2014). 결과적으로 물들메나무림은 산수국, 관중, 물참대, 함박꽃나무 등이 주로 출현하는 계곡 상류부의 서식처 환경으로 계곡 하류 및 하천에 출현하는 버드나무속(*Salix* L.) 식물종이 출현하지 않는 특성을 보였다(Lee, 2005; Lee and Kim, 2006). 또한 물들메나무 우점림은 비우점림에 비하여 보다 습윤하고 암석 노출이 높은 입지 환경에 발달하여 양치식물의 높은 구성비로 특기되었다.

3. 환경변수의 상관관계 분석

물들메나무 출현 입지 28개 조사구와 생육환경조건 사이의 상관관계를 규명하기 위해 CCA(Canonical Correspondence

Analysis)를 수행하였다. 제1축은 고유향이 0.365로 해발고도에 따른 경향성을, 제2축은 고유향 0.238로 토양노출도와 암석노출도에 따른 경향성을 보였다(Figure 3). 암석노출도가 높은 입지일수록 물들메나무가 우점하는 양상을 보이고 있으며, 이와 반대로 물들메나무가 우점하지 않는 조사구는 토양노출도가 높은 것으로 나타났다. 사면방향의 경우 물들메나무는 북향성(northness)의 영향이 동향성(eastness)보다 더 큰 것으로 확인되었다. 환경조건 간 상관관계 분석 결과 암석노출도와 토양노출도가 높은 음의 상관관계를 보였다(Table 6). 이들 결과로부터 물들메나무 우점림은 높은 해발고도와 암석노출도, 낮은 토양노출도를 보이는 입지를 분포 중심으로 가지는 것으로 확인되었다.

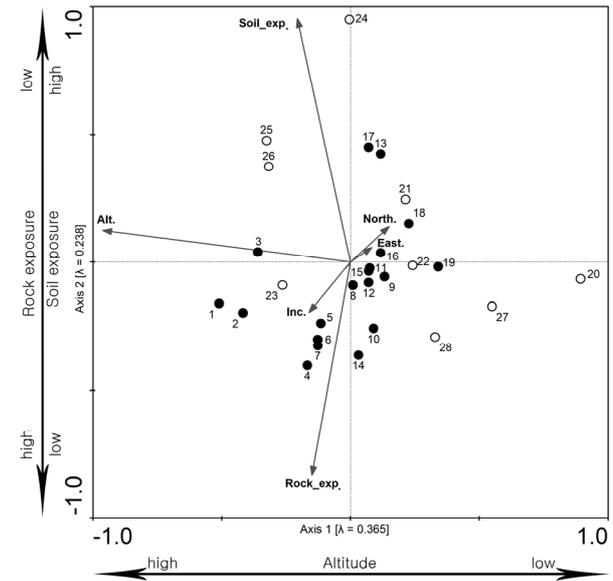


Figure 3. CCA ordination graph of *F. chiisanensis* forest (fill circle: dominant plot; empty circle: non-dominant plot).

Table 6. Environmental condition correlation analysis of the *F. chiisanensis* plot

	Altitude	Northness	Eastness	Inclination	Rock exposure	Soil exposure
Altitude	1					
Northness	-0.1244	1				
Eastness	-0.0006	-0.0964	1			
Inclination	0.0623	-0.0532	-0.0097	1		
Rock exposure	-0.0584	-0.0338	-0.1691	0.2253	1	
Soil exposure	0.3108	-0.0144	0.1269	-0.1673	-0.7680**	1

**p > 0.01, *p > 0.05

4. 식물 형질 분석

물들메나무 출현 입지의 생활형은 MM이 28분류군으로 가장 높은 구성비를 보였으며, N, H, M 등의 순을 보였으나, 한국 산림의 생활형은 H, G, N 등의 순으로 나타났다(Figure 4a). 물들메나무 출현 입지 상위 P-NCD 20분류군 중 17분류군(물들메나무, 물참대, 박쥐나무, 생강나무 등)이 목본형의 생활형(MM, M, N)이 우세한 특징을 보였다(Table 5). 이러한 양상은 지리산의 물들메나무군락 내 종조성 중 목본형이 초본형보다 높은 구성비를 보인 선행연구와 유사한 것으로 나타났다(Gwon, 2014). 생육형은 빈도에 따

른 출현 순서는 유사하지만, tree와 shrub의 구성비가 한국 산림에 비하여 높은 비율 값을 보였으며, herb와 graminoid는 낮은 비율을 보였다(Figure 4b). 번식전략은 무성생식형질에 해당하는 phalanx, guerilla의 비율이 한국 산림에 비하여 낮게 나타났다(Figure 4c). 물들메나무 출현 입지는 목본과 초본의 구성비가 각각 54.8%, 45.2%로 나타난 반면, 한국 산림은 각각 37.4%, 62.6%로 물들메나무 출현 입지가 목본종이 우세함을 확인할 수 있었다. 입지의 안정성을 반영하는 일이년생의 구성비의 경우, 물들메나무 입지가 2.6%인 반면, 한국 산림은 10%로 약 4배 이상의 비율 차이를 보였다. 물들메나무 출현 입지는 한국 산림에 비하여 무

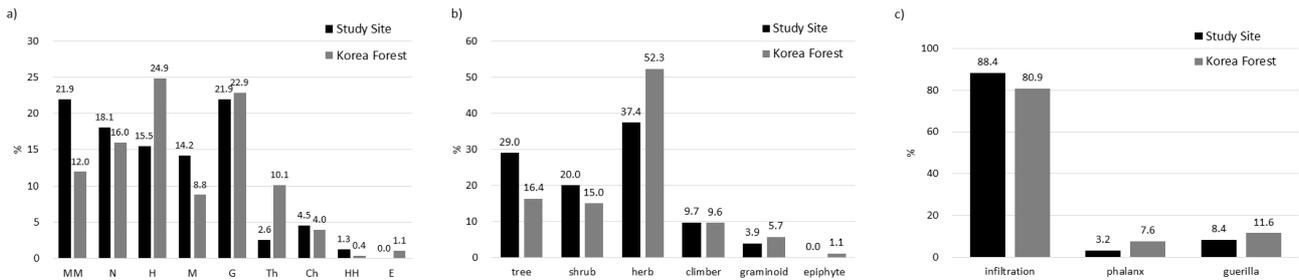


Figure 4. Plant traits analysis diagram. a) life-form, b) growth form, c) invasion strategy.

Table 7. P-NCD aspect of the 'MM' life-form trait in *F. chiisanensis* dominated plots

T1 layer	P-NCD	T2 layer	P-NCD	S layer	P-NCD	H layer	P-NCD
<i>Fraxinus chiisanensis</i>	73.526	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	39.086	<i>Magnolia sieboldii</i>	16.918	<i>Fraxinus chiisanensis</i>	16.157
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	8.765	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	29.036	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	6.179	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	1.591
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	4.305	<i>Magnolia sieboldii</i>	9.594	<i>Fraxinus chiisanensis</i>	3.862	<i>Magnolia sieboldii</i>	1.216
<i>Quercus mongolica</i>	3.588	<i>Fraxinus chiisanensis</i>	8.528	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	2.391	<i>Kalopanax septemlobus</i>	0.561
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1.845	<i>Stewartia pseudocamellia</i>	2.132	<i>Morus bombycis</i>	1.618	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	0.281
<i>Fraxinus mandshurica</i>	1.230	<i>Styrax obassia</i>	1.675	<i>Carpinus cordata</i>	1.103	<i>Carpinus cordata</i>	0.156
<i>Stewartia pseudocamellia</i>	0.999	<i>Carpinus cordata</i>	1.675	<i>Abies holophylla</i>	0.441	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.125
<i>Cornus walteri</i>	0.846	<i>Abies holophylla</i>	1.523	<i>Sorbus alnifolia</i>	0.441	<i>Quercus mongolica</i>	0.094
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.513	<i>Morus bombycis</i>	0.812	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.110	<i>Styrax obassia</i>	0.047
<i>Quercus serrata</i>	0.513	<i>Cornus walteri</i>	0.711	<i>Carpinus laxiflora</i>	0.074	<i>Quercus serrata</i>	0.031
<i>Prunus sargentii</i>	0.461	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	0.609	<i>Acer triflorum</i>	0.074	<i>Prunus maackii</i>	0.031
<i>Phellodendron amurense</i>	0.461	<i>Ilex macropoda</i>	0.508	<i>Pinus koraiensis</i>	0.074	<i>Pinus koraiensis</i>	0.031
<i>Cornus controversa</i>	0.410	<i>Cornus controversa</i>	0.254				
<i>Kalopanax septemlobus</i>	0.410	<i>Betula costata</i>	0.203				
<i>Abies holophylla</i>	0.308	<i>Carpinus tschonoskii</i>	0.152				
<i>Carpinus laxiflora</i>	0.179	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.152				
<i>Carpinus cordata</i>	0.128	<i>Acer triflorum</i>	0.152				
<i>Morus bombycis</i>	0.128						
<i>Acer triflorum</i>	0.128						
<i>Betula costata</i>	0.103						
<i>Carpinus tschonoskii</i>	0.077						
<i>Platycarya strobilacea</i>	0.077						

성생식 번식전략과 일이년생 형질의 낮은 구성비로부터 입지의 안정성이 상대적으로 높은 것으로 확인되었다(Cain, 1950; Sudnik-Wójcikowska and Galera, 2005; Honnay and Bossuyt, 2005). 이들 결과로부터 물들메나무 출현 입지는 목본종의 높은 구성비와 초본종, 일이년생, 무성생식 형질의 낮은 구성비 등으로 특기되었으며, 한국 산림의 형질 특성과는 차별성을 보이는 것으로 확인되었다.

5. 물들메나무 출현 입지의 천이 방향성 및 보전 방안

천이 방향성은 물들메나무 우점림을 기준으로 총 19개의 조사구(조사구 1~19) 가운데 14개 조사구의 관목층과 초본층에서 물들메나무의 재생이 이루어지고 있었으며, 피도값은 관목층에서 3~5의 범위를, 초본층에서 1~7의 범위를 보이고 있었다(Table 5). 이들 조사구의 위치는 지리산, 덕유산, 민주지산으로 확인되었다. 수관층을 이룰 수 있는 'MM' 형질의 분류군에 대하여 P-NCD 출현 양상을 분석하였을 때 물들메나무는 교목층과 초본층에서는 1순위, 관목층에서는 3순위, 아교목층에서는 4순위로 나타나 전반적으로 상위 순위에 위치하였다(Table 7). 이들 결과로부터 물들메나무 우점림의 천이 방향성은 후계목의 재생 양상과 교목수종의 경쟁 양상으로부터 물들메나무가 우점림의 형태로 유지될 것으로 판단되었다. 본 연구 결과는 지리산과 민주지산의 물들메나무군락의 상대우점치와 흉고직경급별 분석에서 물들메나무 이외의 교목수종은 경쟁에서 도태되는 양상을 보이고, 다양한 흉고직경의 물들메나무 개체가 확인된 점으로부터 물들메나무림으로 유지될 것이라는 선행연구 결과와 유사한 경향성을 보였다(Gwon, 2014; Choi *et al.*, 2021).

물들메나무 우점림은 교란 이후 복원에 있어 참조생태계(reference ecosystem)로서의 역할을 할 수 있으므로, 주기적인 모니터링을 통해 종조성의 질적, 양적 변동, 하층부의 물들메나무 재생 개체 양상, 자연적 또는 인위적 교란 유형 파악 등이 이루어져야 할 것이다. 또한 물들메나무 비우점림은 시간의 진행에 따라 어떠한 유형의 산림으로 천이가 진행되는가에 대한 추적연구 필요할 것이며, 보존을 위해 물들메나무의 피압 요인이 되는 수목종의 파악 및 교란요인 제거 등의 관리 방안이 수립되어야 할 것이다. 현재까지 확인된 물들메나무 출현 입지는 지리산국립공원, 덕유산국립공원, 가야산국립공원, 가지산도립공원(천황산), 장안산국립공원, 기백산국립공원 등과 같이 별도의 관리구역으로 지정된 입지가 대부분으로 인간간섭에 의한 교란 가능성이 낮은 것으로 판단되었다. 하지만 별도의 관리지역으로 지정되지 않은 입지(민주지산, 황악산, 백운산, 보현산, 천성산)는 숲가꾸기 사업 또는 신규 등산로 개설 등으로 생육지의

질적 쇠퇴 가능성이 있으므로, 이들 지역에 대한 산림유전 자원보호구역 수준의 보호구역 지정이 이루어져야 할 것이다. 추후 물들메나무가 출현한 입지의 생육 환경요인을 기반으로 한국 전체의 잠재 분포 가능 입지에 대한 예측 및 현지의 보전 입지 선정을 위한 연구가 수행되어야 할 것이다.

REFERENCES

- Anderson, S.(1994) Area and endemism. *The Quarterly Review of Biology* 69(4): 451-471.
- Braun-Blanquet, J.(1932) *Plant Sociology: The Study of Plant Communities*. Fuller, G.D. and Conrad, H.S. (Trans.). Hafner, New York, USA, 439pp.
- Brunt, D.(1933) The adiabatic lapse-rate for dry and saturated air. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 59(252): 351-360.
- Cain, S.A.(1950) Life-forms and phytoclimate. *Botanical Review* 16(1): 1-32.
- Cho Y.C., S.H. Jung, D.H. Lee, H.G. Kim and J.H. Kim(2020) *Forest of Korea (VI) Biogeography of Korea: Flora and Vegetation*. Korea National Arboretum, Pocheon, 196pp. (in Korean)
- Choi, D.S.(2020). The Characteristics of the Community of *Fraxinus chiisanensis* Nakai in Milgol Area, Mt. Minjuji, Chungcheongbuk-do. MS thesis, Univ. of Dongguk, Seoul, 112pp. (in Korean with English abstract)
- Choi, D.S., J.Y. An and C.H. Oh(2021) Characteristics of *Fraxinus chiisanensis* distribution and community structure of Mt. Minjuji on Chungcheongbuk-do. *Korean Journal of Environment and Ecology* 35(6): 632-643. (in Korean with English abstract)
- Chung, G.Y., K.S. Chang, J.M., Chung, H.J. Choi, W.K. Paik and J.O. Hyun(2017) A checklist of endemic plants on the Korean Peninsula. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 47(3): 264-288. (in Korean with English abstract)
- Diaz, S., M. Cabido and F. Casanoves(1998) Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. *Journal of Vegetation Science* 9(1): 113-122.
- Doust, L.L.(1981) Population dynamics and local specialization in a clonal perennial (*Ranunculus repens*): I. The dynamics of ramets in contrasting habitats. *The Journal of Ecology* 69(3): 743-755.
- Eom, B.C.(2011) Plant Species Composition and Distributional Peculiarity of Wild Tea (*Thea sinensis* L.) Population in Korean Peninsula. MS thesis, Univ. of Keimyung, Daegu, 75pp. (in Korean with English abstract)
- Feoli Chiapella, L., E. Feoli, P. Ganis and A. Sorge(1980) Spatial

- pattern analysis of abandoned grasslands of the Karst region by Trieste and Gorizia. *Studia Geobot* 1(1): 213-221.
- Global Biodiversity Information Facility(2024) <https://www.gbif.org/species/3684449>.
- Grapow, L. and C. Blasi(1998) A comparison of the urban flora of different phytoclimatic regions in Italy. *Global Ecology & Biogeography Letters* 7(5): 367-378.
- Gwon, J.H.(2014) Study on Ecological Characteristic of Forest Vegetation in Jirisan National Park. Ph.D. Dissertation, Univ. of Chungnam, Daejeon, 221pp. (in Korean with English abstract)
- Harold, A.S. and R.D. Mooi(1994) Areas of endemism: Definition and recognition criteria. *Systematic Biology* 43(2): 261-266.
- Honnay, O. and B. Bossuyt(2005) Prolonged clonal growth: Escape route or route to extinction? *Oikos* 108(2):427-432.
- International Union for Conservation of Nature(2024) <https://www.iucnredlist.org/species/13188447/13189459>.
- Kim, H.J., B.K. Shin and W. Kim(2014a) A study on hydromorphology and vegetation features depending on typology of natural streams in Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 28(2): 215-234. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W. and Y.I. Manyko(1994) Syntaxonomical and synchorological characteristics of the cool-temperate mixed forest in the southern Sikhote Alin, Russian Far East. *Korean Journal of Ecological Sciences* 17(4): 391-413.
- Kim, J.W. and Y.K. Lee(2006) Classification and assessment of plant communities. World sciences Publisher, Seoul, 240pp. (in Korean)
- Kim, J.W.(2006) *Vegetation Ecology*. World Science Publisher, Seoul, 340pp. (in Korean)
- Kim, M.Y.(2004) *Korean Endemic Plants*. Seoul: Solkwahak Publisher, Seoul, 408pp. (in Korean)
- Kim, Y.S., K.M. Shim, M.P. Jung, and I.T. Choi(2014b) Accuracy comparison of air temperature estimation using spatial interpolation methods according to application of temperature lapse rate effect. *Journal of Climate Change Research* 5(4): 323-239. (in Korean with English abstract)
- Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(2024) https://data.kigam.re.kr/mgeo/map/main.do?process=geology_50k
- Korea Meteorological Administration(2021) <https://data.kma.go.kr/data/grnd/selectAwsRltnList.do?pgmNo=56>
- Korea National Arboretum(2016) Distribution Maps of Vascular Plants in Korea. Korea National Arboretum, Pocheon, 809pp. (in Korean with English summary)
- Korea National Arboretum(2021) The National Red List of Vascular Plants in Korea. Korea National Arboretum, Pocheon, 423pp. (in Korean)
- Korea National Arboretum(2024a) http://www.nature.go.kr/kbi/plant/prtct/KBI_2001_050201.do.
- Korea National Arboretum(2024b) <https://www.nature.go.kr/kpni/SubIndex.do>.
- Korea National Arboretum(2024c) <http://www.nature.go.kr/kbi/plant/pilbk/selectPlantPilbkDtl.do?plantPilbkNo=24521>.
- Lee, T. B.(1984) Outline of Korean endemic plants and their distribution. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 14: 21-32.
- Lee, W.T.(1996) *Lineamenta Florae Koreae I*. Academy Book, Seoul, 624pp. (in Korean)
- Lee, Y.K. and J.W. Kim(2006) *Riparian Vegetation of South Korea*. Keimyung University Press, Daegu, 293pp. (in Korean)
- Lee, Y.K.(2005) *Syntaxonomy and Synecology of the Riparian Vegetation in South Korea*. Ph.D. Dissertation, Univ. of Keimyung, Daegu, 168pp. (in Korean with English abstract)
- Min, W.K., J.I. Jeon and C.S. Chang(2001) A taxonomic reconsideration of *Fraxinus chiisanensis* (Oleaceae) in Korea. *Journal of Korean Society of Forest Science* 90(3): 266-276. (in Korean with English abstract)
- Ministry of Environment(2023) <https://library.me.go.kr/>
- Mucina, L., M.C. Rutherford and L.W. Powrie(2006) The Logic of the Map: Approaches and Procedures: In Mucina, L. and M.C. Rutherford (ed.), *The Vegetation of South Africa, Lesotho and Swaziland*, *Strelitzia* 19, South African National Biodiversity Institute, Pretoria, pp. 12-29.
- Nakai, T.(1952) A synoptical sketch of Korean flora. *Bulletin of the National Science Museum, Series B, Botany* 31: 1-152.
- Raunkiaer, C.(1934) *The Life-forms of Plants and Their Bearing on Geography*. Clarendon press, Oxford, 104pp.
- Solbrig, O.T.(1994) *Plant Traits and Adaptive Strategies: Their Role in Ecosystem Function*. E.D. Schulze and H.A. Mooney(Ed.), *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer Science & Business Media, New York, pp. 97-116.
- Song, J.S.(2008) A synecological study of the riverside vegetation of the upper stream of Nakdong River, Korea - I. Forest and shrub vegetation. *Korean Journal of Environment and Ecology* 22(4): 443-452. (in Korean with English abstract)
- SPSS Inc. Released(2008) *SPSS Statistics for Windows, Version 17.0*. Chicago: SPSS Inc.
- Sudnik-Wójcikowska, B. and H. Galera(2005) Floristic differences in some anthropogenic habitats in Warsaw. *Annales Botanici Fennici* 29: 185-193.
- Ter Braak, C.J. and P. Smilauer(2002) *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. www.canoco.com.
- Verwijst, T.(1988) Environmental correlates of multiple-stem formation in *Betula pubescens* ssp. *tortuosa*. *Vegetatio* 76(1/2): 29-36.

Violle, C., M.L. Navas, D. Vile, E. Kazakou, C. Fortunel, I. Hummel and E. Garnier(2007) Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116(5): 882-892.

Westhoff, V. and E. van der Maarel(1978) The Braun-branquet Approach, In: Whittaker, R.H. (Ed.), *Ordination and Classification of Communities*. Dr. W. Junk, The Hague, Netherlands, pp. 617-726.

Wilson, J. and G. Lee(1989) Infiltration invasion. *Functional Ecology* 3: 379-382.