

낙동정맥 마루금 일대의 신갈나무우점군락 특성^{1a}

-백병산, 칠보산, 백암산, 운주산, 고현산, 구덕산을 중심으로-

강현미² · 김동호³ · 박석곤^{4*}

Characteristics of *Quercus mongolica* Dominant Community on the Ridge of the Nakdong-Jeongmaek^{1a}

-Focusing on the Baekbyeongsan, Chilbosan, Baegamsan, Unjusan, Goheonsan, Gudeoksan-

Hyun-Mi Kang², Dong-Hyo Kim³, Seok-Gon Park^{4*}

요약

낙동정맥은 강원도 태백시에서부터 부산광역시까지 남북으로 길게 뻗어 있어 온대림에서 난대림까지 폭넓은 산림대를 포함하고 있다. 백두대간과 정맥에서 가장 넓은 면적으로 분포하고 있는 신갈나무우점군락의 낙동정맥 내에서의 식생구조 특성을 지역 및 군락별로 분석하고자 대표적인 6곳(백병산, 칠보산, 백암산, 운주산, 고현산, 구덕산)을 선정하여 신갈나무우점군락을 조사하였다. 6곳의 조사지역의 교목층에서 신갈나무의 상대우점치는 85% 이상으로 확인되었으며, 아교목층에서는 철쭉, 쇠물푸레나무 등이 관목층에서는 쇠물푸레나무, 조록싸리, 미역줄나무 등이 확인되었다. TWINSpan에 의해 분리된 4개 군락의 교목층 신갈나무의 상대우점치는 80% 이상이며, 아교목층과 관목층은 지역별 우점종이 동일하게 우점하였다. 현재 신갈나무는 교목층에 이어 아교목층에서도 확인되어지고 있어 외부요인이 없는 한 신갈나무우점군락이 계속 유지될 것으로 판단된다. 우리나라 온대림에 속하는 지역들이 자연림 상태에서 참나무류와 서어나무가 중심이 되는 주 임상을 이루는데 이러한 특징을 고려해 볼 때 낙동정맥 마루금 일대의 신갈나무우점군락은 우리나라의 온대 산림대의 특성을 가지고 있는 것으로 판단된다. 신갈나무군락은 대표적인 한반도 냉온대 낙엽활엽수림으로서 산지 상부의 기후극상으로 알려져 있으며, 극상림이 유지되기 위해서는 같은 종의 수목이 각 층위별로 분포되어 있어야 지속적으로 교목층을 우점하여 극상림을 유지할 수 있다. 이에 따라 낙동정맥 마루금 일대 극상림은 신갈나무군락으로 사료된다.

주요어: 극상, 천이, 온대림, 쇠물푸레나무, 미역줄나무

ABSTRACT

The Nakdong-Jeongmaek extends north and south from Taebaek-si of Gangwon-do to Busan metropolitan city and includes a wide range of forest zone from temperate to the warm-temperature forest. The purpose of this study was to analyze the vegetation structural characteristics of the *Quercus mongolica*-dominant

1 접수 2020년 3월 11일, 수정 (1차: 2020년 7월 20일), 게재확정 2020년 8월 6일

Received 11 March 2020; Revised (1st: 20 July 2020); Accepted 6 August 2020

2 국립목포대학교 조경학과 조교수 Dept. of Landscape Architecture, Mokpo National Univ., Muan 58554, Korea

3 (사)한국생태계획연구소 소장 Korea Ecological Planning Institute, Seoul 04025, Korea

4 국립순천대학교 산림자원·조경학부 교수 Division of Forest Resources and Landscape Architecture, Suncheon National Univ., Suncheon 57922, Korea

a 이 논문은 산림청(2015)의 ‘낙동정맥 자원실태변화조사 및 관리방안 연구’의 일환으로 수행된 연구를 발전시킨 것임

* 교신저자 Corresponding author: Tel: + 82-61-750-3876, Fax: + 82-61-753-3205, E-mail: sgpark@scun.ac.kr

community, which was distributed in the largest area in Baekdudaegan and Jeongmaek, by region and communities in the Nakdong-Jeongmaek. For the study, a representative 6 sites were selected: Baekbyeongsan, Chilbosan, Baegamsan, Unjusan, Goheonsan, and Gudeoksan. The survey of the 6 sites showed that the canopy had over 85% the importance percentage of *Quercus mongolica*. In the understory, *Rhododendron schlippenbachii*, *Fraxinus sieboldiana*, etc. were located and *Fraxinus sieboldiana*, *Lespedeza maximowiczii*, *Tripterygium regelii* and so on were found in the shrub. The importance percentage of 4 communities of *Quercus mongolica*, which were separated by TWINSpan, in the canopy was more than 80%, and the dominant species in the understory and shrub were the same. Currently, *Quercus mongolica* has been identified as the understory following the canopy, and the *Quercus mongolica*-dominant community is expected to continue unless there are external factors. In the temperate forest regions in Korea, *Quercus* spp. and *Carpinus laxiflora* form the major forest physiognomy in the natural forest state. Based on these characteristics, the *Quercus mongolica*-dominant community on the ridge of the Nakdong-Jeongmaek is considered to have characteristics of temperate forests in Korea. The *Quercus mongolica* community is a representative cool-temperate deciduous forest and known as a climatic climax in the upper section of the mountains in the Korean Peninsula. Trees of the same species should be distributed at each layer to maintain the dominant species' status in the canopy's climax forest. Therefore, the *Quercus mongolica* community is considered the climax forest in the ridge of the Nakdong-Jeongmaek.

KEY WORDS: SUCCESSION, CLIMAX, TEMPERATE FOREST, *Fraxinus sieboldiana*, *Tripterygium regelii*

서론

낙동정맥은 백두대간에서 뻗어 나온 산줄기로 '산경표(山經表)'에 따라 1대간 1경간 13정맥으로 구분(Lee *et al.*, 2011)하는 산줄기 중 강원도 태백시에 위치한 매봉산에서 부산광역시 물운대까지 남북으로 길게 이어진(Kang *et al.*, 2016) 남한지역에 위치한 9개 정맥 중 하나이다. 낙동정맥은 남한지역의 다른 정맥들과 달리 남북으로 길게 뻗어 있는 지리적인 특성으로 인해 온대북부부터 난온대 기후대까지 속해 있으며, 해발고도의 격차가 심해 생물다양성이 높을 것으로 예상(Park and Kang, 2016)되는 지역이다.

신갈나무는 백두대간의 대표수종으로 백두대간보호지역 현존식생 면적의 약 53.71%(Korea Forest Service, 2015)를 차지하고 있어 백두대간보호지역 내에서 가장 넓은 면적으로 분포하고 있다. 또한, 우리나라 남한지역 정맥의 현존식생 특성을 종합한 결과 전체 정맥에서 소나무와 신갈나무가 우점(Korea Forest Service, 2014)하는 것으로 나타나 신갈나무는 백두대간과 정맥 등에서 가장 넓은 면적으로 분포(Park and Oh, 2015)하고 있는 것으로 확인되었다. 신갈나무는 식물구계상 중부아구와 남부아구 고지대에 분포(Lee and Yim, 1978)하는 종으로 우리나라 중부와 남부 전 지역에서 수평적으로는 전라남도 해남군 대둔산(북위 34°30')으로부터 함경북도 온성군 증산(북위 42°20')에 이르기까지, 수직적으로는 표고 100m부

터 1,800m에 분포한다(Jung and Lee, 1965). 우리나라 외에 중국, 극동러시아에도 분포하고 있으며 동아시아지역에만 분포하는 동아시아지역 특산종으로 지리적으로 매우 중요한 식물이며, 우리나라 산림을 이루는 가장 대표적인 수종(Kim, 2017)이다. 신갈나무는 생태적 지위 폭이 넓은 수종으로 우리나라 산림에서 신갈나무군락의 발달단계에서의 주요성이 커지고 있어 현재 산림에서 안정된 산림군락으로 인정(Lee *et al.*, 1994a)되고 있으며, 중부지역의 냉온대 낙엽활엽수림대와 산악 정상 부근의 표징종으로 건조한 산악 상부에서는 기후적 극상림으로 발달하고 있다(Jang and Yim, 1985).

신갈나무에 대한 연구는 1980년대 중반부터 꾸준히 실시되고 있다. 이는 신갈나무의 중요성 및 우리나라에서의 차지하는 비중이 그만큼 중요하다는 것을 말해주는 것이기도 하다. 신갈나무는 기타 참나무류(굴참나무, 상수리나무, 졸참나무 등)나 소나무 등과 함께 비교 연구가 진행되기도 하였는데, 본 연구에서는 지금까지 진행된 연구 중 신갈나무만을 대상으로 실시된 연구를 중심으로 살펴보았다. 식물사회학적 연구(Lee *et al.*, 1994a, 1994c; Kim, 1994; Jang *et al.*, 1997; Kim *et al.*, 1999; Jung, 2006; Jang, 2007; Han, 2008; Kim, 2015) 및 종조성 및 종다양성 등을 포함한 식생구조 특성에 관한 연구(Lim *et al.*, 1986; Lee, 1992; Nam, 1992; Kim and Kim, 1995; Jang, 1996; Jang and Song, 1997; Kim, 2000; Park, 2007; Seol, 2008; Kim, 2009; Kim *et al.*, 2011b; Jeong

and Oh, 2013; Cheon *et al.*, 2014; Jung, 2017; Kim, 2017; Park *et al.*, 2019) 신갈나무군락 내 토양에 관한 연구(Chun, 1993; Lee *et al.*, 1998a; 1998b; Park and Jang, 1998; Kang and Han, 2004; Um, 2014), 신갈나무군락 내 생산성이나 에너지에 관한 연구(Han, 1992; Son *et al.*, 2002; Park, 2003; Lim *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2005; Kwon and Lee, 2006; Kwon, 2006; Lim, 2012; Shin, 2013), 환경과의 상관관계 연구(Song, 1990; Song *et al.*, 1995; Song *et al.*, 1998), 생태계서비스에 관한 연구(Won *et al.*, 2014), 복원모델 연구(Kang and Bang, 2001; Lee and Song, 2011), 적지 및 기후와 관련된 연구(Song *et al.*, 2003; Seo and Park, 2010; Lee *et al.*, 2014), 기타 복합적인 연구(Choi *et al.*, 1998; Song, 2007; Lee, 2008; Jeong, 2012; Lim *et al.*, 2016; Jeong *et al.*, 2016) 등 다양한 연구가 진행되었다.

다양한 연구가 시행되었으나 대부분의 연구가 한정된 지역을 대상으로 실시된 연구로 기후대 및 해발고, 산줄기의 연결성 등을 중심으로 실시된 연구는 해발고에 따른 신갈나무천연집단의 변이에 관한 연구(Lim *et al.*, 1986), 백두대간을 중심으로 실시된 백두대간 신갈나무군락 구조특성(Jeong and Oh, 2013; Kim, 2017) 등으로 미비한 실정이다. 백두대간과 함께 우리나라의 주요 산줄기라 할 수 있는 13정맥 중 남북방향으로 길게 이어지는 낙동정맥은 온대림(온대북부림, 온대중부림, 온대남부림)에서 난대림까지 폭넓은 산림대를 포함하고 있으나 이러한 연결성을 고려한 연구는 부족한 상태라 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 낙동정맥 마루금상에 위치한 지역의 신갈나무우점군락을 대상으로 지역 및 군락별 식생구조 특성을 분석하고자 실시하였다.

연구방법

1. 연구대상지 및 연구범위

본 연구는 낙동정맥 일대의 식생상황을 파악하기 위해 낙동정맥 마루금상에 위치하고 있는 지역 중 환경조건 등을 고려해 6개 지역(백병산, 칠보산, 백암산, 운주산, 고현산, 구덕산)을 중점조사지로 선정해 식생조사를 실시하였다(Park and Kang, 2016). 중점조사지의 식생조사 구간은 중점조사지의 대표적인 산을 중심으로 마루금 좌우 구간을 해발고가 하강하는 재 또는 고개까지로 설정하였다(Park and Oh, 2015). 6개 중점조사지역에 대해 총 166개의 방형구(10m×10m)를 설치하였으며, 이 중 교목층의 상대우점치 비율이 70% 이상인 신갈나무우점군락을 대상으로 연구범위를 설정하였다. 이에 따라 6개 중점조사지역 166개 방형구 중 44개 방형구의 식생조사 데이터를 이용하였다(Figure 1).

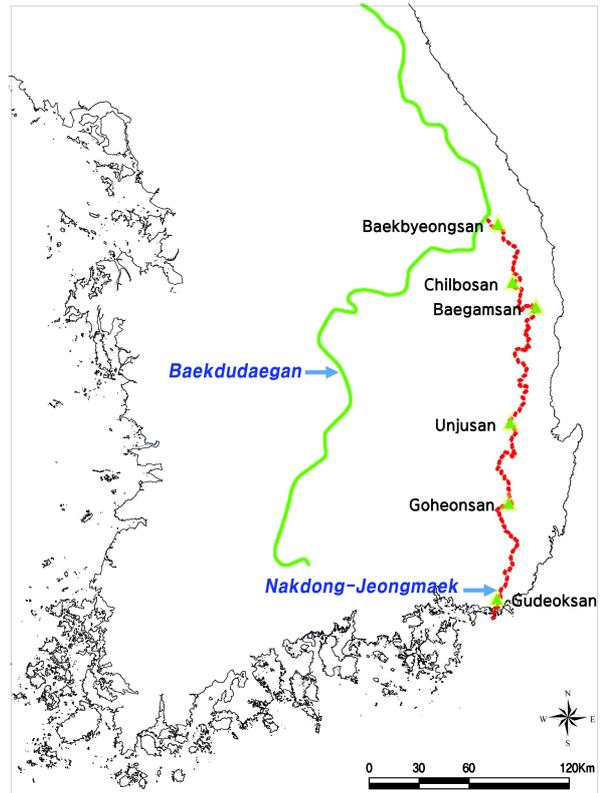


Figure 1. Map of the surveyed areas

2. 조사 및 분석 방법

1) 식생 및 환경요인 조사

식생조사는 방형구법(quadrat method)으로 임내에 방형구를 설치하여 수관의 위치에 따라 상층수관을 이루는 수목을 교목층, 2m 미만 0.5m 이상의 수목을 관목층, 기타 위치의 수목을 아교목층으로 구분하여 측정하였다. 교목층과 아교목층의 방형구는 10m×10m로 설정하였으며, 관목층의 방형구는 교목층과 아교목층의 방형구 내에 가장자리 좌우측에 크기 5m×5m의 소방형구 1개소를 설치하는 방식으로 방형구 내의 목본수종 전체를 대상으로 수종명과 규격을 측정하였다. 교목층과 아교목층은 출현하는 수목의 흉고직경을 기준으로 측정하였으며, 관목층은 수관폭(장변×단변)을 기준으로 조사하였다. 그 외 층위별 평균수고와 평균식피율을 조사하였으며, 각 조사지의 환경요인을 파악하기 위해 해발고, 사면방향, 경사도 등을 조사하였다.

2) 식물군집구조 조사

식생조사 자료를 토대로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(Importance Value; I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower

and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치 (Importance Percentage; I.P.)는 (상대밀도 + 상대피도)/2로 계산하였으며, 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 (교목층 I.P.×3 + 아교목층 I.P.×2 + 관목층 I.P.×1)/6으로 평균상대우점치(Mean Importance Percentage; M.I.P.)를 구하였다(Park, 1985). 식생조사 자료를 바탕으로 식물군락별 특성을 알아보기 위해 6개 지역으로 식물군락을 그룹화하여 지역별 식생구조를 파악했으며, 동시에 TWINSpan에 의한 군집분석(classification analysis)(Hill, 1979b)을 통

해 44개 조사구의 식생조사 자료를 4개의 식물군락으로 그룹화하여 식생구조를 파악하였다. 그룹화된 군락의 분포 특성을 알아보기 위해 DCA ordination(Hill, 1979a)분석을 함께 실시하였다. 식생자료를 토대로 지역 및 군락별 유사도를 비교 분석하였으며, 그룹화된 조사지별로 종구성의 다양한 정도를 나타내는 척도인 종다양도는 Shannon의 수식(Pielou, 1975)을 이용하여 종다양도(Species Diversity, H'), 균재도(Evenness, J'), 우점도(Dominance, D)를 계산했고, 단위면적당(100m²) 종수 및 개체수를 분석하였다.

Table 1. General description of the physical and vegetation of the surveyed plots

The surveyed areas		Baekbyeongsan														
Target area		Taebaek-si, Gangwon-do														
Altitude of summit(m)		1,259														
Plot number		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Altitude(m)		1,149	1,146	1,146	1,057	1,057	1,057	975	975	1,208	1,180	1,034	1,146	1,138	1,207	1,034
Aspect(°)		232	50	90	130	190	2	210	30	190	280	5	232	95	190	5
Slope(°)		32	25	25	15	30	15	16	16	10	13	30	32	47	10	32
Topography		Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Slope	Ridge	Ridge	Ridge
Number of species		8	4	5	12	8	5	6	6	3	5	4	8	6	5	4
Canopy	Mean DBH(cm)	23.7	15.7	13.9	22.4	32.5	13.4	18.6	18.1	31.9	17.1	12.0	21.7	15.5	47.8	20.5
	Cover(%)	80	40	40	60	60	50	70	70	70	60	70	80	50	70	70
Understory	Mean DBH(cm)	6.1	5.1	4.7	6.6	13.5	2.1	8.1	3.0	4.2	6.7	6.1	9.0	5.5	4.6	5.1
	Cover(%)	30	60	60	40	20	40	30	30	30	10	40	30	50	30	40
Shrub	Cover(%)	20	-	20	50	40	40	70	70	30	90	10	20	10	-	10

The surveyed areas		Chilbosan						Baegamsan								
Target area		Bonghwa-gun, Gyeongsangbuk-do						Uljin-gun, Gyeongsangbuk-do								
Altitude of summit(m)		972						1,003								
Plot number		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Altitude(m)		752	894	966	967	891	814	903	857	857	834	851	824	824	722	774
Aspect(°)		290	260	313	313	99	55	341	330	330	309	138	206	206	90	47
Slope(°)		25	10	20	20	15	35	20	30	30	10	25	20	20	35	22
Topography		Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Slope	Slope	Slope	Slope	Ridge
Number of species		6	6	5	4	7	6	10	6	7	6	4	5	3	9	7
Canopy	Mean DBH(cm)	15.3	31.3	13.0	13.4	21.0	17.9	15.6	14.1	15.9	15.0	17.7	17.7	16.6	36.3	26.0
	Cover(%)	50	60	60	60	60	70	50	40	40	40	30	60	60	50	50
Understory	Mean DBH(cm)	3.2	5.2	5.7	6.6	6.0	7.3	4.5	5.1	5.6	5.1	6.3	6.7	3.8	5.8	3.8
	Cover(%)	30	40	70	70	30	50	30	40	40	60	40	10	10	10	30
Shrub	Cover(%)	40	60	20	20	40	10	5	10	10	-	20	10	10	10	30

The surveyed areas		Baegamsan					Unjusan					Goheonsan		Gudeoksan	
Target area		Uljin-gun, Gyeongsangbuk-do					Pohang-si, Gyeongsangbuk-do					Ulsan Metropolitan City		Busan Metropolitan City	
Altitude of summit(m)		1,003					806					1,032		565	
Plot number		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Altitude(m)		774	870	870	904	848	357	765	765	762	762	590	741	836	346
Aspect(°)		49	170	170	150	353	37	48	48	141	141	38	214	280	225
Slope(°)		22	15	15	15	25	15	20	20	8	8	25	15	27	28
Topography		Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Slope	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Slope	Ridge	Ridge	Slope
Number of species		3	8	9	6	8	7	12	5	7	5	10	8	7	8
Canopy	Mean DBH(cm)	24.8	27.0	23.7	15.6	22.3	16.8	16.6	19.1	15.8	16.3	16.5	17.3	12.7	17.9
	Cover(%)	50	60	60	60	30	50	65	65	70	70	40	40	40	60
Understory	Mean DBH(cm)	3.7	4.6	11.1	8.4	6.6	4.0	5.6	5.1	6.6	6.4	5.8	5.5	6.8	3.8
	Cover(%)	30	30	30	40	40	30	20	20	60	60	40	40	70	60
Shrub	Cover(%)	30	15	15	5	20	10	10	10	10	10	10	10	5	5

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

신갈나무가 우점하고 있는 낙동정맥 마루금 일대 6곳의 중점조사지역을 대상으로 조사지 개황을 살펴보았다(Table 1). 강원도 태백시에 위치한 백병산 지역은 남북으로 길게 뻗은 낙동정맥 마루금 중 가장 북쪽에 위치하고 있는 조사지로 조사구는 6곳의 조사지역 중 가장 높은 해발고 975~1,208m 사이에 위치하고 경사도 10~47° 사이의 능선부에 분포하고 있었다. 경상북도 포항시에 위치하고 있는 칠보산 지역의 신갈나무우점군락은 능선부의 해발고 752~967m, 경사도 10~35° 사이에 입지해 있으며, 경상북도 울진군에 위치한 백암산 지역의 신갈나무우점군락은 해발고 722~904m, 경사도 10~35° 사이의 능선부와 사면부를 중심으로 분포하였다. 경상북도 포항시에 위치한 또 다른 중점조사지인 운주산 지역의 신갈나무우점군락은 능선부와 사면부의 일부 지역을 중심으로 해발고 357~765m, 경사도 8~25° 사이에서 조사가 실시되었다. 고현산 지역은 울산광역시에 위치한 조사지로 신갈나무가 우점하고 있는 조사구는 해발고 741~836m, 경사도 15~27°의 능선부를 중심으로 하고 있으며, 6곳의 중점조사지역 중 난대림에 속하는 부산광역시에 위치한 구덕산 지역은 과거 과도한 벌채, 산불 등으로 소나무림으로 변한 곳이 많아(Korea Forest Research Institute, 2005) 신갈나무가 우점하는 군락의 면적이 협소하며, 이번 조사에서는 해발고 565m, 경사도 28°의 능선부에서 조사되었다. 중심이 되는 산의 정상상을 기준으로 좌·우로 조사가 실시되어 정상 해발고에 따라 조사지 해발고의 차가 나타나고 있으나 전체 조사지를 대상으로 볼 때 해발고 346m(구덕산 지역)~1,208m(백병산 지역)에 분포하고 있는 것으로 조사되었다. 교목층에서 신갈나무가 우점하는 군락을 대상으로 조사한 것으로 교목층의 평균 흉고직경이 가장 큰 지역은 백병산 지역으로 21.7cm로 나타났으며, 이 중 가장 높게 나타난 조사구는

47.8cm로 대경목의 수목이 조사되기도 하였다. 아교목층에서는 구덕산 지역을 제외한 5곳의 중점조사지역(백병산, 칠보산, 백암산, 운주산, 고현산)에서 철쭉이 가장 우점하는 것으로 나타났다으며, 구덕산 지역에서는 진달래가 우점하였다.

2. 식물군락구조

1) 군락분류

6개 지역에서 조사된 식생조사 데이터를 군집분석인 TWINSpan 기법을 이용하여 4개 군락으로 유형화하였다(Figure 2). TWINSpan 기법은 식별종(indicator species)에 따라 군락이 묶이며, 식별종은 군락별 환경요인을 간접적으로 반영하게 된다(Lee et al., 1994b). 낙동정맥 마루금의 중점조사지역 중 신갈나무가 우점하는 군락은 첫 번째 단계에서 쇠물푸레나무(-), 철쭉(-), 진달래(-)가 출현하는 그룹(A)과 미역줄나무(+)와 물푸레나무(+)가 출현하는 그룹(B)으로 분리되었다. 두 번째 단계에서 관목·아교목 성상의 쇠물푸레나무(-), 철쭉(-), 진달래(-)를 식별종으로 갖는 그룹 A는 조록싸리(-)를 식별종으로 갖는 그룹과 진달래(+), 당단풍나무(+), 미역줄나무(+), 물푸레나무(+), 철쭉(-), 진달래(-)를 식별종으로 갖는 그룹 B는 울피불나무(-)의 출현여부에 따라 구분되었다. 최종적으로 신갈나무우점군락은 식별종에 의해 4개 군락(군락 I~IV)으로 유형화하였다.

식별종은 군락별 환경요인이나 생태적 특징을 간접적으로 반영하여 군락별 특징을 파악 할 수 있다. 첫 번째 단계의 식별종 중 쇠물푸레나무와 철쭉은 토양수분이 건조하고 척박한 능선부에 흔하게 출현하는 수종이며, 물푸레나무는 계곡부나 사면부 등의 비교적 토양수분이 높고 유기질이 풍부한 곳에 주로 분포하는 수종(Oh et al., 2013; Kang et al., 2016)으로, 첫 번째 단계는 토양적인 특징을 반영한 결과로 보여 진다. 두 번째 단계에서 A그룹의 식별종인 싸리류(조록싸리)는 2차림 형태의 임분이 재형성되어 가는 시기에 주로 선구수종으로 생

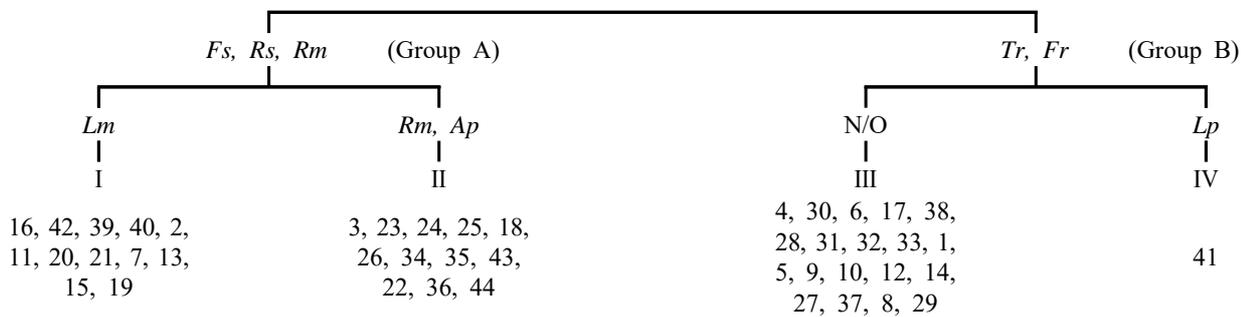


Figure 2. The dendrogram of classification by TWINSpan using forty four plots(Fs: *Fraxinus sieboldiana*, Rs: *Rhododendron schlippenbachii*, Rm: *Rhododendron mucronulatum* var. *mucronulatum*, Tr: *Tripterygium regelii*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Lm: *Lespedeza maximowiczii*, Ap: *Acer pseudosieboldianum*, Lp: *Lonicera praeflorens*)

육하는 종(Park *et al.*, 2019a)이며, 당단풍나무는 북향의 산록이나 계곡에서 주로 자생하고 내음성과 내한성이 강해 아교목으로 숲의 중간층을 이루는 천이후기 종(Kim and Kim, 2016)으로 A그룹은 식생천이에 대한 양상을 일부 반영하여 군락이 분류된 것으로 판단된다.

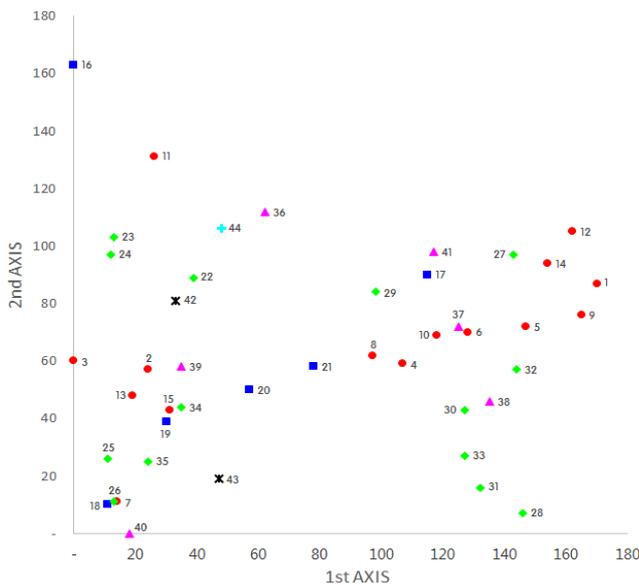
2) 군락별 조사지 개황

TWINSpan기법에 의해 분류된 4개 군락의 일반적 개황을 살펴보면(Table 2), 군락 I(12개 조사구 포함)은 해발고 741~1,146m의 백병산, 칠보산, 운주산, 고현산 지역에서 확인

되었다. 군락 II(12개 조사구 포함)는 6개 중점조사지역(백병산, 칠보산, 백암산, 운주산, 고현산, 구덕산)인 모든 조사구역의 해발고 346~1,146m의 능선부와 사면부에서 위치하고 있다. 군락 III(19개 조사구 포함)은 가장 많은 조사구가 포함된 군락으로 백병산, 칠보산, 백암산, 운주산 지역에 분포하고 있는 군락으로 교목층의 평균 흉고직경이 24.6cm로 가장 큰 것으로 확인되었다. 군락 IV(1개 조사구 포함)는 전체 조사구 중 유일하게 울피불나무가 출현하는 군락으로 운주산 지역에서 확인되었다.

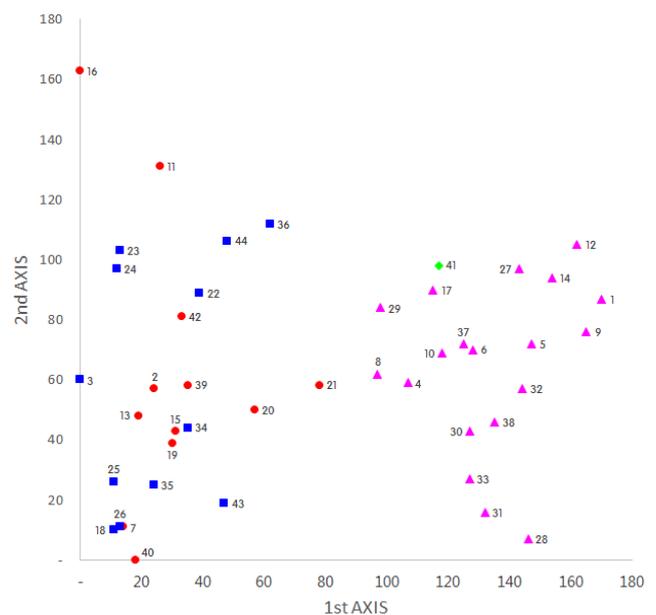
Table 2. General description of the physical and vegetation of the surveyed plots in the communities

Community	I	II	III	IV
Number of plots	12	12	19	1
The surveyed areas	Baekbyeongsan, Chilbosan, Unjusang, Goheonsan	Baekbyeongsan, Chilbosan, Baegamsan, Unjusang, Goheonsan, Gudeoksan	Baekbyeongsan, Chilbosan, Baegamsan, Unjusang	Unjusang
Altitude(m)	741~1,146	346~1,146	722~1,208	590
Aspect(°)	5~313	37~353	2~280	38
Slope(°)	8~47	10~30	10~35	25
Topography	Ridge	Ridge, Slope	Ridge, Slope	Slope
Number of species	4~8	4~10	3~12	10
Canopy	Mean DBH(cm)	12.0~21.0	12.7~22.3	13.4~47.8
	Cover(%)	(16.6)	(15.9)	(24.6)
Understory	Mean DBH(cm)	40~70	30~60	50~80
	Cover(%)	3.2~8.1	3.8~8.4	2.1~13.5
Shrub	Mean DBH(cm)	(6.0)	(5.6)	(5.9)
	Cover(%)	30~70	30~70	10~40
				40
				10



* A: Baekbyeongsan, B: Chilbosan, C: Baegamsan, D: Unjusang, E: Goheonsan, F: Gudeoksan

Figure 3. DCA ordination in five surveyed areas (A: ●, B: ■, C: ◆, D: ▲, E: ✕, F: +)



* I~IV: *Quercus mongolica*-dominant community

Figure 4. DCA ordination in four communities (I: ●, II: ■, III: ▲, IV: ◆)

3) 서열분석

각 조사구간의 종조성 상이성을 바탕으로 조사구를 배치하는 서열분석인 DCA기법(Orloci, 1978)을 적용하여, 지역 및 군락별 분석을 실시하였다(Figure 3, 4). 지역별 분석결과, 조사지역에 상관없이 모든 조사구가 연속적으로 분포하고 있는 것으로 확인되었다. 이는 교목층의 우점종이 신갈나무로 동일하고, 구덕산 지역을 제외한 5개 증점조사지역의 아교목층 우점종이 철쭉으로 동일하며, 관목층의 우점종 또한 쇠물푸레나무, 조록싸리, 미역줄나무 등으로 비슷하게 출현하고 있어 이러한 분포를 보이는 것으로 판단된다. 그에 비해 식별종에 의해 분리된 군락은 제1축을 기준으로 군락 I, II와 군락 III, IV가 불연속적으로 분포하고 있는데 이는 군락분류 시 식별종에 의한 영향으로 첫 번째 단계에서 군락 I과 II는 쇠물푸레나무와 철쭉을 식별종으로 하고 있는데 이 두 종은 토양수분이 건조하고 척박한 능선부에 흔하게 출현하는 수종(Oh *et al.*, 2013; Kang *et al.*, 2016)이며, 군락 III과 IV의 식별종 중 하나인 물푸레나무는 계곡부나 사면부 등의 비교적 토양수분이 높고 유기질이 풍부한 곳에 주로 분포하는 수종(Oh *et al.*, 2013; Kang *et al.*, 2016)으로 토양수분 및 영양분 등 토양특성을 반영한 결과로 판단된다. 그러나 제2축을 기준으로 연속적으로 분포하고 있는데 이는 교목층의 우점종이 신갈나무로 모두 동일한 결과를 반영한 것으로 판단된다.

4) 유사도지수

지역 및 군락별 유사도지수 분석을 실시하였다(Table 3, 4). 지역별 유사도지수 분석결과, 칠보산(B)과 고현산(E) 지역의 유사도지수가 80.90%로 가장 높게 나타나고 있다. 칠보산(B)과 고현산(E) 지역은 교목층에서 신갈나무 외에 다른 지역에서는 출현하지 않는 물박달나무가 함께 출현하고 있는데 이러한 영향이 작용한 결과로 사료된다. 지역별 유사도지수가 가장 낮은 지역은 위도 차가 가장 큰 백병산(A)과 구덕산(F) 지역으로 51.04%로 나타나고 있다. 일부 차이는 있으나 구덕산(F) 지역의 경우 다른 지역간의 유사도지수 또한 50%대로 다른 지역간의 유사성이 대체로 낮은 것으로 확인되었다. 이는 구덕산(F) 지역의 경우 다른 지역들과 마찬가지로 신갈나무가 교목층의 우점종이기는 하나 아교목층과 관목층의 우점종이 진달래로 구덕산(F) 지역을 제외한 나머지 증점조사지의 아교목층과 관목층 우점종의 차이로 인해 나타난 결과로 보여진다. 군락별 유사도지수는 군락 I과 군락 II가 76.90%로 가장 높게 나타나고 있는데, 이는 식별종의 영향을 반영한 것으로 군락분류 시 군락별 환경요인을 간접적으로 반영하는 식별종(Lee *et al.*, 1994b)에 의해서 첫 번째 단계에서 하나의 그룹으로 묶인 군락 I과 II가 가장 높게 나타난 것으로 판단된다. 반면 군락 I과 군락 IV의 유사도지수가 45.50%로 가장 낮게 확인되고 있는

데, 이 또한 군락분류 시 적용된 식별종의 영향으로 군락 IV는 군락 I, II와 다른 그룹으로 분류된 그룹의 군락 중 하나로 군락 I과 군락 IV 뿐만 아니라 군락 II와 군락 IV 또한 45.52%로 낮은 유사도지수를 나타내는 것으로 확인되었다. 이러한 유사도지수 분석결과는 서열분석의 결과와도 어느 정도 일치하는 부분이 있는 것으로 나타났다.

Table 3. Similarity index among six surveyed areas

Surveyed Area*	A	B	C	D	E
B	74.93				
C	71.33	77.79			
D	68.28	63.77	69.83		
E	70.48	80.90	76.24	64.78	
F	51.04	51.62	57.73	51.52	56.74

* A: Baekbyeongsan, B: Chilbosan, C: Baegamsan, D: Unjusan, E: Goheonsan, F: Gudeoksan

Table 4. Similarity index among four communities

Community*	I	II	III
II	76.90		
III	56.29	52.83	
IV	45.50	45.52	51.72

* I~IV: *Quercus mongolica*-dominant community

5) 상대우점치

증점조사지역 별 신갈나무군락에 대한 상대우점치 및 평균상대우점치 분석을 실시하였다(Table 5). 백병산 지역(A) 신갈나무군락은 교목층에서 신갈나무(I.P. 91.83%)가 우점종이었으며, 아교목층에서는 철쭉(I.P. 32.71%)이 우점하는 가운데 쇠물푸레나무(I.P. 16.80%), 물푸레나무(I.P. 11.85%), 신갈나무(I.P. 8.82%) 등 다양한 수종이 우세했다. 관목층은 조록싸리(I.P. 25.92%), 조릿대(I.P. 23.45%), 미역줄나무(I.P. 22.09%) 등이 주요 동반종으로 출현하였다. 칠보산 지역(B)은 교목층에서 신갈나무(I.P. 95.15%) 외 물박달나무(I.P. 2.98%)와 굴참나무(I.P. 1.87%)만이 출현하였다. 아교목층에서는 철쭉(I.P. 42.21%), 신갈나무(I.P. 26.50%), 쇠물푸레나무(I.P. 15.98%)가 관목층에서는 쇠물푸레나무(I.P. 43.98%), 조록싸리(I.P. 33.16%)가 우점하였다. 백병산 지역(C)은 교목층에서 신갈나무가 상대우점치 96.16%로 증점조사지역(백병산, 칠보산, 백암산, 운주산, 고현산, 구덕산) 중 가장 높은 상대우점치를 보였다. 아교목층은 철쭉(I.P. 39.00%)가 우점하는 가운데 뒤를 이어 쇠물푸레나무(I.P. 16.23%), 당단풍나무(I.P. 15.11%), 진달래

Table 5. Importance percentage of major woody species by the stratum in six surveyed areas

Area*	Species	Layer	C ¹				Species	Layer	C ¹			
			U	S	M	U			S	M		
A	<i>Quercus mongolica</i>		91.83	8.82	2.39	49.25	<i>Tilia amurensis</i>		0.75	5.56	0.65	2.34
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		-	32.71	5.51	11.82	<i>Acer pseudosieboldianum</i>		-	6.10	-	2.03
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>		1.41	16.80	0.56	6.40	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>mucronulatum</i>		-	5.44	0.29	1.86
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>		1.17	11.85	2.46	4.95	<i>Corylus heterophylla</i>		-	2.87	5.09	1.81
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>		-	-	25.92	4.32	<i>Cornus controversa</i>		-	5.01	-	1.67
	<i>Sasa borealis</i>		-	-	23.45	3.91	<i>Larix kaempferi</i>		2.49	-	-	1.25
	<i>Tripterygium regelii</i>		-	0.37	22.09	3.81	Others		2.38	4.48	11.59	4.63
B	<i>Quercus mongolica</i>		95.15	26.50	2.55	56.83	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>		-	1.72	5.62	1.51
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		-	42.21	7.19	15.27	<i>Betula davurica</i>		2.98	-	-	1.49
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>		-	15.98	43.98	12.66	<i>Quercus variabilis</i>		1.87	1.39	-	1.40
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>		-	-	33.16	5.53	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>mucronulatum</i>		-	3.38	-	1.13
	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>		-	5.23	2.88	2.22	Others		-	3.59	4.64	1.96
C	<i>Quercus mongolica</i>		96.16	1.32	0.41	48.59	<i>Lindera obtusiloba</i>		-	1.95	15.90	3.30
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		-	39.00	6.13	14.02	<i>Lespedeza maximowiczii</i>		-	0.23	15.03	2.58
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>		0.89	16.23	3.29	6.40	<i>Tripterygium regelii</i>		-	0.24	13.92	2.40
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>		-	15.11	2.82	5.51	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>		-	1.32	8.68	1.89
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>mucronulatum</i>		-	10.17	5.75	4.35	<i>Tilia mandshurica</i>		0.57	2.39	-	1.08
	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>		-	2.67	19.12	4.08	Others		2.39	9.39	8.96	5.83
D	<i>Quercus mongolica</i>		86.19	7.00	-	45.43	<i>Lindera erythrocarpa</i>		-	-	10.64	1.77
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		-	27.18	3.02	9.56	<i>Carpinus turczaninowii</i>		-	5.26	-	1.75
	<i>Tilia mandshurica</i>		-	26.72	1.75	9.20	<i>Tripterygium regelii</i>		-	-	9.71	1.62
	<i>Quercus variabilis</i>		9.62	-	-	4.81	<i>Viburnum dilatatum</i>		-	-	8.22	1.37
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>		0.98	9.05	5.31	4.39	<i>Carpinus laxiflora</i>		-	3.91	-	1.30
	<i>Lindera obtusiloba</i>		-	1.53	18.99	3.68	<i>Quercus dentata</i>		2.44	-	-	1.22
	<i>Styrax obassia</i>		-	1.60	16.47	3.28	<i>Tilia amurensis</i>		-	3.57	-	1.19
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>		-	1.37	14.01	2.79	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>mucronulatum</i>		-	0.73	5.53	1.17
<i>Ulmus macrocarpa</i>		-	7.91	-	2.64	Others		0.78	4.19	6.34	2.84	
E	<i>Quercus mongolica</i>		91.48	3.78	-	47.00	<i>Betula davurica</i>		5.78	-	-	2.89
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		-	63.40	-	21.13	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>		-	-	9.79	1.63
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>		2.74	5.66	42.57	10.35	<i>Styrax obassia</i>		-	1.41	6.82	1.61
	<i>Lindera erythrocarpa</i>		-	3.78	20.42	4.66	<i>Sorbus alnifolia</i>		-	4.64	-	1.55
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>mucronulatum</i>		-	11.77	-	3.92	<i>Rhus trichocarpa</i>		-	3.04	-	1.01
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>		-	-	20.42	3.40	<i>Quercus dentata</i>		-	2.54	-	0.85
F	<i>Quercus mongolica</i>		89.99	-	-	45.00	<i>Rhus trichocarpa</i>		-	13.37	-	4.46
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>mucronulatum</i>		-	60.74	76.49	33.00	<i>Fraxinus sieboldiana</i>		-	9.81	-	3.27
	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>		-	14.39	12.06	6.81	<i>Lindera erythrocarpa</i>		-	-	11.44	1.91
	<i>Prunus</i> spp.		10.01	-	-	5.01	<i>Corylus heterophylla</i>		-	1.69	-	0.56

¹ C: Importance percentage in canopy layer, U: Importance percentage in understory layer, S: Importance percentage in shrub layer, M: Mean importance percentage

* A: Baekbyeongsan, B: Chilbosan, C: Baegamsan, D: Unjusang, E: Goheonsan, F: Gudeoksan

(I.P. 10.17%) 등 다양한 종이 나타났다. 관목층은 노린재나무 (I.P. 19.12%), 생강나무(I.P. 15.90%), 조록싸리(I.P. 15.03%), 미역줄나무(I.P. 13.92%), 물푸레나무(I.P. 8.68%) 등 다양한 종이 경쟁하듯 출현하였다. 운주산 지역(D)은 교목층에서 신갈나무(I.P. 86.19%)가 우점하는 가운데 굴참나무(I.P. 9.62%)도 출현하였다. 아교목층은 철쭉(I.P. 27.18%)과 찰피나무(I.P.

26.72%)가 함께 출현하였다. 관목층에는 생강나무(I.P. 18.99%), 쪽동백나무(I.P. 16.47%), 쇠물푸레나무(I.P. 14.01%), 비목나무(I.P. 10.64%) 등 아교목성 성상의 다양한 낙엽활엽수가 경쟁하듯 출현했다. 고현산 지역(E)은 교목층에서 신갈나무(I.P. 91.48%) 외에 물박달나무(I.P. 5.78%)와 쇠물푸레나무(I.P. 2.74%)만이 출현하였다. 아교목층은 철쭉(I.P. 63.40%)이 우

접하는 가운데 진달래(I.P. 11.77%)가 출현하였으며, 관목층은 쇠물푸레나무(I.P. 42.57%)의 뒤를 이어 비목나무(I.P. 20.42%), 조록싸리(I.P. 20.42%) 등이 출현하였다. 구덕산 지역(F) 신갈나무군락의 교목층에는 신갈나무(I.P. 89.99%) 외 벗나무류(I.P. 10.01%)만이 출현하고 있으며, 아교목층과 관목층에서는 진달래의 상대우점치가 각각 60.74%, 76.49%로 세력이 가장 컸다.

TWINSpan기법에 의해 분리된 4개 군락에 대해 상대우점치 및 평균상대우점치 분석을 실시하였다(Table 6). 군락 I은 교목층에서 신갈나무의 상대우점치는 92.51%였으며, 아교목층은 철쭉(I.P. 47.93%)이 우점하는 가운데 쇠물푸레나무(I.P. 22.43%)와 신갈나무(I.P. 20.30%)가 뒤를 이어 확인되었다. 관목층은 조록싸리(I.P. 39.16%)와 쇠물푸레나무(I.P. 34.45%)가 우점하였으며 철쭉(I.P. 10.67%)이 세력을 확장해 나가고 있다. 군락 II는 교목층에서 신갈나무(I.P. 90.82%) 외에 쇠물푸레나무(I.P. 3.04%), 굴참나무(I.P. 2.46%) 등도 확인되었다. 아교목층에서는 철쭉(I.P. 46.63%)이 우점하는 가운데 진달래(I.P. 16.67%), 쇠물푸레나무(I.P. 14.62%), 당단풍나무(I.P. 11.23%) 등 다양한 수종이 세력을 형성하고 있었으며, 관목층

은 철쭉(I.P. 35.03%)과 진달래(I.P. 33.15%)의 세력이 우세한 가운데 쇠물푸레나무(I.P. 13.95%)도 주요 종으로 출현하였다. 군락 III은 교목층에서 신갈나무(I.P. 94.80%)가 우점하였다. 아교목층에서는 물푸레나무(I.P. 19.58%), 찰피나무(I.P. 17.85%), 피나무(I.P. 12.32%) 등이 관목층에서는 미역줄나무(I.P. 22.20%), 조록싸리(I.P. 18.89%), 조릿대(I.P. 16.03%), 생강나무(I.P. 9.12%) 등의 다양한 수종이 우점종으로 확인되었다. 군락 IV는 교목층에서 신갈나무(I.P. 83.19%) 외에 같은 낙엽성 참나무류인 굴참나무(I.P. 12.69%)와 졸참나무(I.P. 4.13%)가 확인되었다. 아교목층에서는 소나무(I.P. 34.44%)와 물푸레나무(I.P. 33.12%)가 경쟁하는 가운데 팔배나무(I.P. 17.18%), 쪽동백나무(I.P. 10.48%)가 뒤를 이어 확인되었으며, 관목층에서는 비목나무(I.P. 69.77%)가 주요 종이였다.

6개 중점조사지역 교목층의 신갈나무 상대우점치는 85% 이상으로 확인되었으며, 운주산과 구덕산 지역을 제외하면 90% 이상의 상대우점치를 보이는 것으로 확인되었다. 아교목층은 철쭉, 쇠물푸레나무, 신갈나무 등이 관목층은 쇠물푸레나무, 조록싸리, 미역줄나무 등이 확인되었으며, 구덕산 지역만이 아교목층과 관목층에서 진달래가 우점종으로 확인되었다. 구덕산 지역을 제외한 5개 중점조사지역(백병산, 칠보산, 백암산, 운주

Table 6. Importance percentage of major woody species by the stratum in four communities

Com.*	Species	Layer				Species	Layer			
		C ¹	U	S	M		C ¹	U	S	M
I	<i>Quercus mongolica</i>	92.51	20.30	1.79	53.32	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	-	2.76	2.03	1.26
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	47.93	10.67	17.76	<i>Quercus variabilis</i>	2.42	-	-	1.21
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	22.43	34.45	13.22	<i>Lindera obtusiloba</i>	-	0.74	4.94	1.07
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	39.16	6.53	Others	2.52	5.83	6.94	4.35
	<i>Betula davurica</i>	2.56	-	-	1.28					
II	<i>Quercus mongolica</i>	90.82	2.91	-	46.38	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	-	0.99	6.84	1.47
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	46.63	35.03	21.38	<i>Quercus variabilis</i>	2.46	0.37	-	1.35
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>mucronulatum</i>	-	16.67	33.15	11.08	<i>Viburnum dilatatum</i>	-	-	7.85	1.31
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	3.04	14.62	13.95	8.72	Others	3.66	6.57	3.20	4.57
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	11.23	-	3.74					
III	<i>Quercus mongolica</i>	94.80	3.89	1.78	48.99	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	-	5.13	7.38	2.94
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1.33	19.58	6.90	8.34	<i>Ulmus macrocarpa</i>	0.71	7.52	-	2.86
	<i>Tilia mandshurica</i>	0.47	17.85	0.24	6.23	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	7.38	1.40	2.69
	<i>Tilia amurensis</i>	0.57	12.32	0.44	4.47	<i>Sasa borealis</i>	-	-	16.03	2.67
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	0.45	22.20	3.85	<i>Cornus controversa</i>	-	7.43	-	2.48
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	0.44	18.89	3.30	<i>Corylus heterophylla</i>	-	3.53	6.09	2.19
	<i>Lindera obtusiloba</i>	-	5.18	9.12	3.25	Others	2.11	9.28	9.56	5.75
	<i>Quercus mongolica</i>	83.19	-	-	41.60	<i>Sorbus alnifolia</i>	-	17.18	-	5.73
IV	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	33.12	6.56	12.13	<i>Styrax obassia</i>	-	10.48	13.12	5.68
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	69.77	11.63	<i>Quercus serrata</i>	4.13	-	-	2.07
	<i>Carpinus turczaninowii</i>	-	34.44	-	11.48	<i>Lonicera praeflorens</i>	-	-	10.55	1.76
	<i>Quercus variabilis</i>	12.69	-	-	6.35	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	-	4.78	-	1.59

¹ C: Importance percentage in canopy layer, U: Importance percentage in understory layer, S: Importance percentage in shrub layer, M: Mean importance percentage
* I~IV: *Quercus mongolica*-dominant community

산, 고현산)에서는 교목층에 이어 아교목층에서도 신갈나무가 확인되었다. 이러한 특징을 고려해 볼 때 신갈나무군락은 외부 요인이 없는 한 신갈나무군락이 계속 유지될 것으로 판단된다.

TWINSPAN기법에 의해 분리된 4개 군락의 교목층 신갈나무 상대우점치는 80% 이상으로 확인되었으며, 아교목층은 철쭉, 쇠물푸레나무 등이 관목층에서는 조록싸리, 쇠물푸레나무, 철쭉, 미역줄나무 등이 주요 종으로 출현하였다. 군락 I~III은 교목층에 이어 아교목층에서도 신갈나무가 확인되고 있어 신갈나무군락이 유지될 것으로 예상되며, 군락 IV는 교목층에서 신갈나무 외에 또 다른 낙엽성 참나무류인 굴참나무와 졸참나무가 출현하고 있어 입지적인 특징이 반영된 것으로 보여 지나 군락 IV(1개 조사구)가 포함된 운주산 지역의 조사구가 군락 I~IV까지 모든 군락에 포함되어 있어 전체적인 경향을 고려해 볼 때 군락 IV 또한 신갈나무군락이 유지될 가능성이 높은 것으로 판단된다.

우리나라의 산림대를 기준으로 볼 때 백병산, 칠보산, 백암산, 운주산, 고현산 지역은 온대림에 속하는 지역들로 자연림 상태에서는 참나무류와 서어나마가 중심이 되는 낙엽활엽수림이 주 임상(Korea Forest Research Institute, 2005)을 이루는 것으로 알려져 있으며, 구덕산 지역은 난대림에 속하는 지역으로 산림대의 고유 임상은 상록활엽수림이지만 과거 과도한 벌채, 산불 그리고 경지 개발 등에 의해 대부분 파괴되어 현재는 낙엽활엽수림, 침·활혼효림 그리고 소나무림으로 변한 곳이 많은 것(Korea Forest Research Institute, 2005)으로 알려져 있다. 구덕산 지역은 난대림에 속하긴 하지만 신갈나무군락이 조사된 지역은 현재 낙엽활엽수림에서도 참나무류가 중심이 되는 임상을 이루고 있는 것으로 확인되었다. 이러한 특징을 고려해 볼 때 낙동정맥 마루금 일대의 신갈나무우점군락은 우리나라의 온대 산림대의 특성을 가지고 있는 것으로 판단된다. 우리나라 온대 산림대의 천이극상에 대한 연구는 꾸준히 이루어져 왔다. 이중에는 천이극상을 이루는 대표수종으로 서어나마림을 제시하는 연구결과들과(Park et al., 1991; Lee et al., 1996; Ryou et al., 1996; Choi et al., 1997) 신갈나무림을 제시하는 연구결

과(Kim, 1992; Pavel et al., 2006; Kim et al., 2011a)가 양립하고 있다(Hong et al., 2012). 신갈나무군락은 백두대간 및 정맥 등에서 가장 넓은 면적으로 분포하며, 마루금에 흔하게 출현하는 군락으로 중간극상수종(Park and Oh, 2015)으로 알려져 있으며 본 연구에서 가장 높은 우점치를 차지하고 있다. 또한, 신갈나무군락은 대표적인 한반도 냉온대 낙엽활엽수림으로서 산지 중상부의 기후극상(Yim and Kim, 1992, Kim et al., 2011)으로 알려져 있다. 그에 비해 서어나마는 현재 조사된 6개 중점조사지역 중 운주산 지역(TWINSPAN 군락 분류 시 군락 III)의 아교목층에서 5% 이하로 출현하고 있는 것이 전부이며, 서어나마림은 해발고가 비교적 낮고 경사가 급한 지역에 지엽적으로 분포하는 종(Hong et al., 2012)으로 우리나라 온대림의 극상림으로 서어나마림을 제시한다는 것은 논란(Park et al., 2009)이 있는 것으로 극상림으로 단정하기에 더 많은 자료가 필요하다 할 수 있다. 극상림으로 유지되기 위해서는 같은 종의 후계목이 각 층위에 고르게 분포하여야 지속적으로 교목층을 우점 할 수 있다. 이러한 점을 고려할 때 낙동정맥 마루금 일대의 극상림은 신갈나무군락으로 사료된다.

6) 종다양도

중점조사지역 6개 지점의 신갈나무군락에 대한 종다양도 분석 결과(Table 7), 종다양도지수는 칠보산 지역(B)이 0.5080으로 가장 낮았으며, 고현산 지역(E)이 0.6909로 가장 높았다. 군락별로는 군락 I의 종다양도가 0.5531로 가장 낮았으며, 군락 IV(0.7714)가 가장 높았다(Table 8). 평균종다양도는 0.5820으로 확인되었다. 동일한 방법을 통해 기존에 연구된 낙동정맥 마루금 일대 식생의 평균종다양도는 1.5132(소나무군락 2.3096, 편백-사방오리군락 0.5969)로 확인되었으며, 신갈나무군락의 종다양도는 1.4162(Park and Kang, 2016)로 본 연구에 비해 높게 나타났다. 이는 Park and Kang(2016)의 연구가 환경조건 및 인위적 영향 등을 고려하여 다양한 군락을 대상으로 조사한 후 군락을 분리한 것에 비해 본 연구는 교목층의 신갈나무 상대우점치가 70% 이상인 조사구만을 대상으로

Table 7. Various species diversity indices in six surveyed areas

(Unit: 100m²)

Surveyed Area*	H'(Shannon)	J'(evenness)	D(dominance)	H'max
A	0.5360	0.7243	0.2757	0.7468
B	0.5080	0.6752	0.3248	0.7468
C	0.6041	0.7686	0.2314	0.7901
D	0.6890	0.7983	0.2017	0.8612
E	0.6909	0.7888	0.2112	0.8741
F	0.5478	0.6066	0.3934	0.9031
Average	0.5820	0.7421	0.2579	0.7855

* A: Baekbyeongsan, B: Chilbosan, C: Baegamsan, D: Unjusang, E: Goheonsan, F: Gudeoksan

Table 8. Various species diversity indices in four communities (Unit: 100m²)

Community*	H'(Shannon)	J'(evenness)	D(dominance)	H'max
I	0.5531	0.7502	0.2498	0.7345
II	0.6055	0.7477	0.2523	0.8119
III	0.5755	0.7318	0.2682	0.7898
IV	0.7714	0.7714	0.2286	1.0000
Average	0.5820	0.7421	0.2579	0.7855

* I~IV: *Quercus mongolica*-dominant community

하여 나타난 차이로 판단된다. 기존 연구 중 낙동정맥 마루금 일대 소나무우점군락만을 대상으로 실시한 연구의 평균종다양도는 0.7580(Kang *et al.*, 2016)으로 본 연구와 연구방법은 동일하나 우점종을 다르게 선정한 연구로 본 연구에 비해 높은 종다양도를 보이는 것을 확인할 수 있다. 이는 Kang *et al.*(2016)이 연구한 낙동정맥 마루금 일대 소나무우점군락이

현재 신갈나무군락으로의 천이가 진행되는 식생발달 단계에 있어 나타난 결과로 판단된다.

7) 표본목 연령

지역별 신갈나무의 연륜 및 성장량 분석 결과(Table 9), 평균 수령은 백병산(64.0년), 칠보산(66.3년), 백암산(64.2년) 지역

Table 9. The estimated age of *Quercus mongolica*

Surveyed Area	Plot number	Height(m)	Diameter at breast height(cm)	Expected Age(Year)	Mean Annual Growth(mm)
Baekbyeongsan	4	16	22.0	42	2.79
	9	18	42.5	83	2.63
	12	19	34.0	48	2.35
	13	9	23.0	47	2.67
	14	18	54.0	88	2.71
	15	13	23.0	76	1.51
	Mean	-	-	64.0	2.44
Chilbosan	17	21	33.5	77	2.76
	18	8	13.5	45	1.71
	20	13	28.0	83	1.72
	21	15	21.5	60	1.67
	Mean	-	-	66.3	1.97
Baegamsan	24	10	17.5	72	1.15
	27	16	25.0	58	1.87
	31	20	24.0	67	1.33
	32	20	27.5	90	1.33
	34	11	17.5	35	2.43
	35	17	23.0	63	1.73
Mean	-	-	64.2	1.64	
Unjusan	36	20	19.5	35	1.55
	38	18	19.0	56	1.41
	40	15	17.0	47	1.75
	41	17	19.5	48	1.79
	Mean	-	-	46.5	1.63

의 평균 수령은 비슷하게 나타났으며, 운주산 지역은 다른 지역에 비해 약 20년 정도가 낮은 46.5년으로 확인되었다. 평균 성장량은 백병산 지역이 2.44mm로 가장 높은 성장량을 보였다.

3. 주요 수종별 상관관계

조사구별 평균상대우점치가 10% 이상인 수종을 기준으로 수종 간 상관분석을 실시하였다(Table 10). 수종간 상관관계에서 신갈나무와 평균상대우점치가 10% 이상인 수종 중 높은 상관관계를 갖는 수종은 확인되지 않았다.

수종간 높은 정의 상관관계를 갖는 수종들을 살펴보면, 물박달나무와 쇠물푸레나무, 소사나무와 비목나무, 왕느릅나무와 조릿대, 미역줄나무와 물푸레나무, 당단풍나무와 조릿대가 확인되었다. 이 중 전석지대에 출현하는 것으로 알려진 물박달나무(Kim *et al.*, 2011; Cho and Lee, 2013)와 토양수분이 건조하고 척박한 곳에서 출현하는 쇠물푸레나무(Oh *et al.*, 2013; Kang *et al.*, 2016)는 서식 장소가 척박한 토양으로 생육환경이 비슷하다고 할 수 있으며 이러한 특성이 영향으로 작용하여 높은 정의 상관관계를 갖는 것으로 판단된다.

높은 부의 상관관계를 보이는 수종들은 미역줄나무와 철쭉, 철쭉과 물푸레나무로 확인되었다. 철쭉은 토양수분이 건조하

고 척박한 능선부에 흔하게 출현하는 수종(Oh *et al.*, 2013; Kang *et al.*, 2016)이다. 먼저 미역줄나무와의 상관에 대해 살펴보면, 미역줄나무는 능선부의 양지바른 곳에 주로 출현(Kang *et al.*, 2016)하는데 철쭉과 지형적으로 능선부라는 공통된 서식 장소를 가지고 있어 서로 경쟁 상태로 볼 수 있으며, 철쭉의 중요치가 낮은 지역에서 미역줄나무의 수세가 결정되는 것으로 판단하고 있는 기존 연구(Kim *et al.*, 2018) 등을 통해 두 종이 높은 부의 상관관계를 갖는 것을 예측할 수 있다. 철쭉과 높은 부의 상관관계를 보이는 또 다른 종은 계곡이나 사면부 등의 비교적 토양수분이 높고 유기질이 풍부한 곳에 주로 분포하는 물푸레나무(Oh *et al.*, 2013; Kang *et al.*, 2016)로 철쭉과 물푸레나무는 군락분류 시 첫 번째 단계의 서로 다른 그룹을 분류하는 식별종으로도 확인되었다. 이를 통해 볼 때 철쭉과 물푸레나무는 토양의 수분 조건과 지형적(능선, 사면, 계곡 등)인 특징이 상반되는 종으로 이러한 영향에 의해 높은 부의 상관관계를 보이는 것으로 판단된다. 이러한 결과를 통해 각 수종은 선호하는 생육환경이 같거나 다를 때 높은 상관관계를 갖는 것으로 판단된다.

Table 10. Pearson correlation coefficient of the major tree species

Species ¹	Ch	Bd	Ct	Qv	Qm	Um	Lo	Le	Lm	Tr	Ap	Ta	Tm	Cc	Rm	Rs	Sc	Fr	Fs
Bd	-0.066																		
Ct	-0.049	-0.031																	
Qv	-0.095	-0.061	.334*																
Qm	-0.171	-0.222	-0.163	.036															
Um	.264	-0.061	-0.045	-0.088	-0.069														
Lo	.066	-0.078	-0.058	-0.085	-0.040	.222													
Le	-0.071	.254	.736**	.216	-.162	-.070	-.089												
Lm	-0.190	-0.039	-0.091	-0.138	.176	-.169	-.010	-.069											
Tr	.056	-0.105	-0.078	-.152	.205	-.014	-.131	-.121	-.178										
Ap	.071	-0.102	-0.076	-.147	-.196	.277	-.157	-.117	-.283	-.071									
Ta	.208	-0.075	-0.056	-.109	-.144	.024	-.131	-.087	.007	.333*	.006								
Tm	-0.079	-0.051	-0.038	-0.073	-0.095	.144	.118	-.058	-.116	-.059	-.051	-.074							
Cc	.121	-0.045	-0.033	-0.065	.003	-.065	.016	-.051	.209	.073	.023	-.014	-.054						
Rm	-0.105	-0.087	-0.064	.070	-.184	-.125	-.158	.002	-.231	-.205	.221	-.105	-.104	-.092					
Rs	-0.250	-0.104	-0.120	-0.075	-.123	-.220	-.187	-.098	.035	-.393**	.052	-.272	-.165	-.172	.003				
Sc	-0.108	-0.092	-0.033	-0.075	.066	-.080	.112	-.060	-.136	.280	-.065	-.089	.156	-.040	.002	-.199			
Fr	.324*	-.119	.178	.034	-.014	-.099	.086	.064	-.047	.472**	-.033	.074	.044	.142	-.220	-.442**	-.112		
Fs	-.203	.581**	-.098	.029	-.184	-.191	-.201	-.007	.054	-.325*	-.062	-.221	-.149	-.117	.156	.063	-.211	-.299*	
Sb	.015	-.045	-0.033	-0.065	.250	.403**	-.082	-.051	-.110	.099	.394**	-.020	-.054	-.047	-.092	-.172	-.098	.014	-.140

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

¹ Ch: *Corylus heterophylla*, Bd: *Betula davurica*, Ct: *Carpinus turczaninowii*, Qv: *Quercus variabilis*, Qm: *Quercus mongolica*, Um: *Ulmus macrocarpa*, Lo: *Lindera obtusiloba*, Le: *Lindera erythrocarpa*, Lm: *Lespedeza maximowiczii*, Tr: *Tripterygium regelii*, Ap: *Acer pseudosieboldianum*, Ta: *Tilia amurensis*, Tm: *Tilia mandshurica*, Cc: *Cornus controversa*, Rm: *Rhododendron mucronulatum* var. *mucronulatum*, Rs: *Rhododendron schlippenbachii*, Sc: *Symphlocos chinensis* f. *pilosa*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Fs: *Fraxinus sieboldiana*, Sb: *Sasa borealis*

REFERENCES

- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company. 194pp.
- Cheon, K.I., J.G. Byun, S.C. Jung and J.H. Sung(2014) Community Structure of *Quercus mongolica* Stand in Hyangrobong Area, Baekdudaegan. Journal of Agriculture & Life Science 47(1): 1-13. (in Korean with English abstract)
- Cho, H.S. and S.D. Lee(2013) Plant Community Structure of Haneoryoung~Daetjae Ridge, the Baekdudaegan Mountains. Korean Journal of Environment and Ecology 27(6): 733-744. (in Korean with English abstract)
- Choi, S.D., D.K. Lee and S.K. Ma(1998) Classification of *Quercus mongolica* Stand Types at Mt. Joongwang, Kangwon-Do and Determination of Proper Future Tree Density for Forest Tending Work. Journal of Korean Society of Forest Science 87(4): 631-641. (in Korean with English abstract)
- Choi, S.H., K.J. Song and K.J. Lee(1997) The vegetation structure of fraxinus mandshurica community in Mt. Minjuji, Youngdong-gun, Chungcheongbuk-do. Korean Journal of Environment and Ecology 11(2): 166-176. (in Korean with English abstract)
- Chun, Y.M.(1993) Floristic Composition and Soil Condition of *Quercus mongolica* Forest on Mt. Worak. Master's Dissertation, Konkuk University, 44pp. (in Korean with English abstract)
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
- Han, S.K.(2008) Phytosociological Studies on the *Quercus mongolica* Forest in Gyeonggi-do and Chungcheongbuk-do. Master's Dissertation, Daejin University, 79pp. (in Korean with English abstract)
- Han, S.S., D.Y. Kim and J.S. Sim(1992) A Study on the Structure of Biomass Production in Thrifty - Mature *Quercus mongolica* Stand. Journal of Korean Society of Forest Science 81(1): 1-10. (in Korean with English abstract)
- Hill M.O.(1979a) DECORANA-a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York. 520pp.
- Hill M.O.(1979b) TWINSpan-a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York. 990pp.
- Hong, S.H., J.W. Cho, J.S. Kim, S.D. Lee and S.H. Choi(2012) Characteristics of the *Carpinus laxiflora* Community in the Gyeongju National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 26(6): 934-940. (in Korean with English abstract)
- Jang, G.J.(2007) Phytosociological Studies on the *Quercus mongolica* Forest in Korea. Ph. D. Dissertation, Kangwon National University, 157pp. (in Korean with English abstract)
- Jang, K.K. and H.K. Song(1997) Study of Dominance-Diversity on *Quercus mongolica* Forests in Kangwon-do. Korean Journal of Environment and Ecology 11(2): 160-165. (in Korean with English abstract)
- Jang, K.K.(1996) Community Ecological Study on *Quercus mongolica* Forest in Kangwon-do. Ph. D. Dissertation, Chungnam National University, 91pp. (in Korean with English abstract)
- Jang, K.K., H.K. Song and S.D. Kim(1997) Study on Classification of *Quercus mongolica* Forests in Kangwon-do by Phytosociological Method and TWINSpan. Journal of Korean Society of Forest Science 86(2): 214-222. (in Korean with English abstract)
- Jang, Y.S. and Y.J. Yim(1985) Vegetation Types and Their Structures of the Piagol, Mt. Chiri. Journal of Plant Biology 28: 165-175. (in Korean with English abstract)
- Jeong, B.K. and C.H. Oh(2013) Analysis on the Community Structure of *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb. in the Baekdudaegan Mountains by Elevation-Between Hyangnobong and Gitdaebaggybong-. Korean Journal of Environment and Ecology 27(4): 449-461. (in Korean with English abstract)
- Jeong, H.M., I.Y. Jang and S.B. Hong(2016) Relationship between Aboveground Biomass and Measures of Structure and Species Diversity in *Quercus mongolica*-Dominated Forest, Mt. Jeombong. Korean Journal of Environment and Ecology 30(6): 1022-1031. (in Korean with English abstract)
- Jeong, M.A.(2012) The effect of light conditions on the emergence, growth and physiological activities of *Quercus mongolica* seedlings. Master's Dissertation, Seoul National University, 60pp. (in Korean with English abstract)
- Jung, J.W.(2017) A Study on the structure and Succession of *Quercus mongolica* community in Sajapyung upland on Miryang, Southeastern Korea. Ph. D. Dissertation, Daegu Haany University, 116pp. (in Korean with English abstract)
- Jung, K.S.(2006) Multivariate Interpretation on the Mongolian Oak Communities in Gyeongbook Area. Master's Dissertation, Yeungnam University, 58pp. (in Korean with English abstract)
- Jung, T.H. and W.C. Lee(1965) A Study of the Korean Woody Plant Zone and Favorable Region for the Growth and Proper Species. Sungkyunkwan University Press. 10: 329-435. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.K. and K.J. Bang(2001) Restoration Model of *Quercus mongolica* Community in the Case of Korean National Capital Region. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 28(6): 1-15. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.M., S.G. Park and S.C. Lee(2016) Characteristics of Pinus

- densiflora-Dominant Community on the Mountain Ridges of the Nakdong-Jeongmaek-Focusing on the Baekbyeongsan, Chilbosan, Baegamsan, Unjusan, Goheonsan-. Korean Journal of Environment and Ecology 30(4): 751-761. (in Korean with English abstract)
- Kang, S.J. and D.Y. Han(2004) Nutrients and Decomposition Rate Accumulated on Soil Layers in *Quercus mongolica* Forest of Mt. Songnisan National Park. The Korean Journal of Environment Biology 21(1): 93-100. (in Korean with English abstract)
- Kim, D.H.(2017) A Study on the Composition Characteristics of *Quercus mongolica* Communities in the Baekdudaegan Mountains. Ph. D. Dissertation, Dongguk University, 156pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.J. and G.T. Kim(2016) Flowering, Fruiting, Seed Fall and Seed Viability of *Acer pseudosieboldianum* in Mt. Jungwang, Gangwondo. Journal of Korean Forestry Society 105(1): 42-47. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S., S.M. Lee and H.K. Song(2011a) Actual Vegetation Distribution Status and Ecological Succession in the Deogyusan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 25(1): 37-46. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.D., G.E. Park, J.H. Lim and C.W. Yun(2018) The Change of Seedling Emergence of *Abies koreana* and Altitudinal Species Composition in the Subalpine Area of Mt. Jiri over Short-Term(2015-2017). Korean Journal of Ecology and Environment 32(3): 313-322. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S.(2015) A Phytosociological Study of the Mongolian Oak (*Quercus mongolica*) Forest on South-Sorak in Soraksan National Park. Master's Dissertation, Kongju National University, 64pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S., J.K. Hong, K.S. Kim, Y.C. Cho and K.H. Bae(2011b) Plant Diversity of *Quercus mongolica* Forest in Mt. Biryong. Journal of Agriculture & Life Science 45(3): 9-18. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W.(1992) Vegetation of northeast Asia on the syntaxonomy and synegeography of the oak and beech forests. Ph. D. Dissertation, Wien University, 314pp.
- Kim, K.S.(2009) Ecological Comparison of Mongolian Oak (*Quercus mongolica* fisch. ex Ledeb.) Community in Mt. Nam and Mt. Jeombong as a Long Term Ecological Research (LTER) Site. Master's Dissertation, Seoul Women's University, 61pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, M.K.(1994) A Phytosociological Study on the Mongolian Oak (*Quercus mongolica*) Forest in Mt. Sorak. Master's Dissertation, Kangwon National University, 45pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.D. and Y.D. Kim(1995) Studies on the Regeneration Process of a *Quercus mongolica* Forest in Mt. Jumbong. Journal of Korean Society of Forest Science 84(4): 447-455. (in Korean with English abstract)
- Kim, T.D.(2000) A Study on the Growth of *Quercus mongolica* Stands-With a Special Reference Kyongbuk Province-. Master's Dissertation, Kyungpook National University, 24pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y.S., C.H. Kim and B.S. Kil(1999) Classification and Ordination Analysis on the *Quercus mongolica* Communities in Mt. Changan, Chobuk. Korean Journal of Environment and Ecology 13(2): 143-152. (in Korean with English abstract)
- Korea Forest Research Institute(2005) The Forest Soil Profiles in Korea. 143pp. (in Korean)
- Korea Forest Service(2014) Jeongmaek of Korea-The Study on a Conservation Plan and Status Survey in the Jeongmaek of South Korea-. 420pp. (in Korean)
- Korea Forest Service(2015) Synthesis Report on the Second Round Natural Resources Change Survey and Management Practice Study of the Baekdudaegan Mountains. 491pp. (in Korean)
- Kwon, K.C. and D.K. Lee(2006) Energy Content of *Quercus mongolica* Stands in Korea with Respect to Latitude and Altitude. Journal of Korean Society of Forest Science 95(3): 299-308. (in Korean with English abstract)
- Kwon, K.C.(2006) Biomass, Carbon Storage and Photosynthetic Efficiency of *Quercus mongolica* Stands in Korea with Respect to Latitude, Altitude, and Aspect. Ph. D. Dissertation, Seoul National University, 156pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, E.J.(2008) Studies on litter mixing effects in *Quercus mongolica* litter decomposition. Master's Dissertation, Chungang University, 47pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.J., B.H. Bae, Y.M. Chun, H.L. Chung, N.P. Hong, Y.O. Kin and J.H. Kil(1998a) Community Structure and Soil Environment of *Quercus mongolica* Forest on Mt. Chiljebong. Journal of Basic Science 23: 83-95. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.J., J.S. Lee and D.W. Byun(1994a) Community Classification and Vegetation Pattern of *Quercus mongolica* Forest in Mt. Myongji. The Korean Journal of Ecological Sciences 17(2): 185-201. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.J., Y.M. Chun and C.H. Kim(1998b) Floristic Composition and Soil Condition of *Quercus mongolica* Forest on Mt. Worak. The Korean Journal of Environment Biology 16(2): 169-180. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.S.(1992) The Community Structure and Characteristics of Species Distribution on *Quercus mongolica* Forest according to Snowfall and Topography on Mt. Myongchi. Master's Dissertation, Konkuk University, 99pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., S.H. Choi, H.S. Cho and Y.W. Lee(1994b) The analysis of the forest community structure of Tokyusan national park-Case study of Paekryunsa~Kumpotan-. Journal of Korean

- Applied Ecology 7(2): 135-154. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., W. Cho and B.H. Han(1996) Restoration and status of urban ecosystem in Seoul-Plant community structure in forest area-. Korean Journal of Environment and Ecology 10(1): 113-127. (in Korean with English abstract)
- Lee, M.J. and H.K. Song(2011) Vegetation Structure and Ecological Restoration Model of *Quercus mongolica* Community. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology 14(1): 57-65. (in Korean with English abstract)
- Lee, W.C. and Y.J. Yim(1978) Studies on the Distribution of Vascular Plants in the Korean Peninsula. Korea Journal of Plant Taxonomy 8: 1-33. (in Korean with English abstract)
- Lee, W.C., W.K. Park and M.K. Kim(1994c) A Phytosociological Study of the Mongolian Oak (*Quercus mongolica*) Forest on Mt. Sorak, Korea. Journal of Environmental Research 11: 179-191. (in Korean with English abstract)
- Lee, Y.G., J.H. Sung, J.H. Chun and M.Y. Shin(2014) Effect of Climate Changes on the Distribution of Productive Areas for *Quercus mongolica* in Korea. Journal of Korean Society of Forest Science 103(4): 605-612. (in Korean with English abstract)
- Lim, B.S., J.W. Kim, K.S. Lee, J.S. Lee, J.H. Kim and C.S. Lee(2003) Comparison of Pigment Content and Photosynthetic Capacity of *Quercus mongolica* Stands at Namsan, Seoul and Paekcheoksan, Kangwondo. Journal of Ecology and Environment 26(5): 267-271. (in Korean)
- Lim, C.H.(2012) Nutrient Distribution and Cycling in the *Quercus mongolica* Forest at Mt. Worak. Master's Dissertation, Kongju National University, 48pp. (in Korean with English abstract)
- Lim, H.J., I.H. Park and J.S. Kim(1986) Variations of a Natural Population of *Quercus mongolica* in Relation to Altitudinal Gradient. Suncheon National University Bull. 5(1): 67-72. (in Korean with English abstract)
- Lim, J.H., K.E. Park and M.Y. Shin(2016) Effect of Yearly Changes in Growing Degree Days on the Potential Distribution and Growth of *Quercus mongolica* in Korea. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 18(3): 109-119. (in Korean with English abstract)
- Nam, M.R.(1992) Regeneration Process of *Quercus mongolica* Forest in Korea. Master's Dissertation, Chungnam National University, 27pp. (in Korean with English abstract)
- Oh, H.K., D.H. Kim, Y.K. Han, H.M. Kang and J.H. You (2013) The Characteristics of Actual Vegetation to Manage the Function of Forest Recreation in Bukhansan national park. The Journal of Korean Institute of Forest Recreation 17(4): 169-182. (in Korean with English abstract)
- Orloci, L.(1978) Multivariate Analysis in Vegetation research(2nd ed.). W. Junk, The Hague. 468pp.
- Park, B.C., C.H. Oh and C.W. Cho(2009) Community Structure Analysis of *Carpinus laxiflora* Communities in Seoul. Korean Journal of Environment and Ecology 23(4): 333-345. (in Korean with English abstract)
- Park, B.J., J.G. Byeon and K.I. Cheon(2019a) Study of Ecological Niche and Indicator Species by Landforms and Altitude of Forest Vegetation in Mt. Myeonbong. Korean Journal of Plant Resources 32(4): 325-337. (in Korean with English abstract)
- Park, B.J., J.G. Byeon, Huwanbin, B.I.W. Rusaati and C.I. Cheon(2019b) Study for Change of Woody Vegetation in *Quercus mongolica* Forest, Mt. Myeonbong. Journal of Agriculture & Life Sciences 53(2): 173-189. (in Korean with English abstract)
- Park, G.S. and K.K. Jang(1998) Soil Properties in *Quercus mongolica* Communities. Korean Journal of Environment and Ecology 12(3): 236-241. (in Korean with English abstract)
- Park, G.S.(2003) Biomass and Net Primary Production of *Quercus mongolica* Stands in Kwangyang, Pyungchang, and Youngdong Areas. Journal of Korean Society of Forest Science 92(6): 567-574. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H.(1985) A Study on Forest Structure and Biomass in Baegwoonsan Natural Ecosystem. Ph. D. Dissertation, Seoul National Univ. Graduate School, 42pp. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H., D.Y. Kim, Y.H. Son, M.J. Yi, H.O. Jin and Y.H. Choi(2005) Biomass and Nat Production of a Natural *Quercus mongolica* Forest in Namsan, Seoul. Korean Journal of Environment and Ecology 19(3): 299-304. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H., Y.C. Choi and W. Cho(1991) Forest structure of the Hwaomsa valley and the Piagol valley in the Chirisan National Park-Forest community analysis by the classification and ordination techniques-. Korean Journal of Environment and Ecology 5(1): 42-53. (in Korean with English abstract)
- Park, K.Y.(2007) A Study on Succession of *Quercus mongolica* community in Sajapyung upland on Mt.Cheonhwang, Southeastern Korea. Master's Dissertation, Daegu Haany University, 45pp. (in Korean with English abstract)
- Park, S.G. and H.M. Kang(2016) Characteristics of Vegetation Structure in the Ridgeline Area of the Nakdong-Jeongmaek. Korean Journal of Environment and Ecology 30(3): 386-398. (in Korean with English abstract)
- Park, S.G. and K.K. Oh(2015) The Types and Structures of Forest Vegetation on the Ridge of the Jeongmaeks in South Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 29(5): 753-763. (in Korean with English abstract)
- Pavel, V.K., J.S. Song, Y. Nakamura and V.P. Verkholat(2006) A phytosociological survey of the deciduous temperate forests of

- mainland Northeast Asia. *Phytocoenologia* 36: 77-150.
- Pielou, E.C.(1975) *Mathematical ecology*. John Wiley & Sons, N.Y. 385pp.
- Ryou, Y.H., S.T. Park, C.S. Lee and J.H. Kim(1996) The modeling of succession for Kwangnung forest by GAP model. *Journal of Korean Ecology Society* 19(6): 499-506.
- Seo, J.W. and W.K. Park(2010) Relationships between Climate and Tree-Ring Growths of Mongolian Oaks with Various Topographical Characteristics in Mt. Worak, Korea. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 13(3): 36-45. (in Korean with English abstract)
- Seol, Y.J.(2008) Structure and Dynamics of Mongolian Oak (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) Community in Mt. Nam as a Long Term Ecological Research (LTER) Site. Master's Dissertation, Seoul Women's University, 52pp. (in Korean with English abstract)
- Shin, C.H.(2013) Carbon Budget and Nutrient Cycling in the *Quercus mongolica* Forest at Mt. Worak National Park. Ph. D. Dissertation, Kongju National University, 197pp. (in Korean with English abstract)
- Son, S.Y., K.C. Kwon and T.S. Jeong(2002) Productive Structure and Net Production of *Quercus mongolica* forest in Mt. Taehwa (Kwangju, Kyonggi-do). *The Korea Forestry Energy Research Society* 21(1): 76-82. (in Korean with English abstract)
- Song, H.G., M.J. Lee, S. Lee, H.J. Kim, L.W. Ji and O.W. Kwon(2003) Vegetation Structures and Ecological Niche of *Quercus mongolica* Forests. *Journal of Korean Society of Forest Science* 92(4): 409-420. (in Korean with English abstract)
- Song, H.K.(1990) An Analysis of Vegetation-Environment Relationships of *Quercus mongolica* Communities by Detrended Canonical Correspondence Analysis. *Research Reports of Environmental Science and Technology* 8: 1-5. (in Korean with English abstract)
- Song, H.K., K.K. Jang and D.H. Oh(1998) An Analysis of Vegetation-Environment Relationships of *Quercus mongolica* in Soraksan National Park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 11(4): 462-468. (in Korean with English abstract)
- Song, H.K., K.K. Jang and S.D. Kim(1995) An Analysis of Vegetation-Environment Relationships of *Quercus mongolica* Communities by TWINSpan and DCCA. *Journal of Korean Society of Forest Science* 84(3): 299-305. (in Korean with English abstract)
- Song, J.I.(2007) Spatial patterns of *Quercus mongolica* in the Western Part of Mt. Jiri. Master's Dissertation, Seoul National University, 55pp. (in Korean with English abstract)
- Um, T.W.(2014) Distribution Characteristics of *Quercus mongolica* in Relation to Topography and Soil in Mt. Joongwang, Gangwon Province. *Journal of Agriculture & Life Science* 48(1): 67-77. (in Korean with English abstract)
- Won, H.Y., C.H. Shin and H.T. Mun(2014) Valuation of Ecosystem Services through Organic Carbon Distribution and Cycling in the *Quercus mongolica* Forest at Mt. Worak National Park. *Journal of Wetlands Research* 16(3): 315-325. (in Korean with English abstract)
- Yim, Y.J. and J.U. Kim(1992) *The Vegetation of Mt. Chiri National Park*. The Chung-Ang University Press, 200pp. (in Korean)