

소백산국립공원 삼가지구 관속식물의 고도별 분포패턴

박환준¹ · 안지홍² · 서인순³ · 이새롬³ · 이병윤⁴ · 김중현^{1,3*}

¹국립생태원 멸종위기종복원센터 복원연구5팀, ²국립백두대간수목원 생태복원팀,

³국립생물자원관 식물자원과, ⁴국립생물자원관 생물자원연구부

Distribution Pattern of Vascular Plant Species along an Elevational Gradient in the Samga Area of Sobaeksan National Park

Hwan Joon Park¹, Ji Hong Ahn², In soon Seo³, Sae Rom Lee³,
Byoung Yoon Lee⁴ and Jung Hyun Kim^{1,3*}

¹Restoration Reseach 5 Team, Research Center for Endangered Species National Institute of Ecology,
Yeongyang 36531, Korea

²Biodiversity and Ecosystem Restoration Team, Baekdudaegan National Arboretum, Bonghwa 36209, Korea

³Plant Resources Division, National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Korea

⁴Biological Resources Research Department, National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Korea

요약: 소백산국립공원 삼가지구 관속식물의 고도별 수직분포 및 분포변화를 파악하기 위해 삼가탐방지원센터(400 m)에서 정상(1,439 m)까지 해발 100 m 단위로 등분하여 11개 구간에 대한 식물목록을 작성하였다. 현지조사를 실시한 결과 92과 235속 332종 3아종 37변종 3품종 총 375분류군이 출현하였다. 구간별 식물 종다양성 패턴을 분석한 결과, 고도가 증가함에 따라 점차 종다양성이 감소하다가 특정구간에서 증가하는 역단봉형 패턴이 나타났다. 고도에 따른 종 분포패턴과 치환성 양이온 Ca^{2+} , Mg^{2+} 와 토양 pH, 유효인산, 온량지수, 조사면적 등의 환경요인이 양의 상관관계를 보였고 경사, 토양 수분, 치환성 양이온 Na^{2+} 이 음의 상관관계를 보였다. DCA 분석 기법을 이용하여 구간별 식물의 분포를 분석한 결과 I, II축 상에서 2개의 그룹으로 구분되었다. 구간별 식물의 배치는 400~500 m 구간부터 1400~1500 m 구간까지 순차적으로 배열되었다. 이러한 식물의 배치에 영향을 미치는 환경요인은 토양 수분, pH, K^{2+} , Na^{2+} , 유효인산, 경사도 등 토양 및 지형적 요인으로 나타났다. 생물다양성 보전, 지속가능한 이용에 있어서 본 연구 결과는 중요한 기초자료로서 역할을 할 것으로 기대되며, 식물종들의 생태-환경적 특징과, 분포범위를 파악하기 위해서는 지속적인 모니터링과 함께 관련 연구들을 지속적으로 발전시켜야 할 것이다.


Abstract: In order to evaluate the vertical distribution and distributional pattern of vascular plants in the Samga district of Sobaeksan National Park, vascular plants were surveyed along a hiking trail from the Samga Tour Support Center to the top of a mountain. The elevation range was divided into 11 sections with 100 m intervals from 400 m to 1439 m above sea level. A total of 375 taxa were listed, comprising 92 families, 235 genera, 332 species, 3 subspecies, 37 varieties, and 3 forms. The pattern of species richness along the elevational gradient showed a reverse hump-shaped trend. The species distribution pattern was positively correlated with the soil exchangeable cations Ca^{2+} and Mg^{2+} , soil pH, available phosphate, and the warmth index. Furthermore, slope, soil moisture content, and soil exchangeable cations were significantly correlated with species distribution. DCA grouped herb species into two groups. Stands of each section were sequentially arranged from 400 m to 1500 m along an altitudinal gradient. Soil moisture content, soil pH, soil K^{2+} and Na^{2+} , available phosphate, and slope were significantly correlated with stand distribution. This study provides important data that could be useful for conservation and the sustainable use of biodiversity in the study area. In order to understand the ecological and environmental characteristics and distribution of plant species, it will be necessary to continuously develop relative studies with continuous monitoring.

Key words: environmental factor, species distribution pattern, distribution range, species richness.

* Corresponding author

E-mail: kimjh4065@korea.kr

ORCID

Jung Hyun Kim  https://orcid.org/0000-0003-2699-5635

서론

생물다양성의 분포 패턴의 변화와 이를 제어하는 환경 요인들을 규명하기 위한 연구는 생물다양성 보전, 지속 가능한 이용 계획 및 보전구역 설정 등 생태학 및 생물지리학 분야에서 중요한 과제로 식물, 조류, 곤충 등 다양한 분류군을 대상으로 많은 연구가 수행되고 있다(Jones et al., 2008; Grytnes and Vetaas, 2002).

식물은 산림생태계의 기본적인 생산자로서 다른 생물들의 분포패턴에 영향을 주기 때문에 종다양성의 패턴과 패턴에 영향을 주는 환경요인을 규명하는 것은 필수적이다(Grytnes and Vetaas, 2002). 식물은 온도에 대한 각기의 내성범위, 즉 고유한 생리적 호적범위를 가지고 있기 때문에 고도에 따른 수직적 분포의 차이가 보인다(Yim, 1977a, b; An et al., 2017). 따라서 산림 내 고도구배는 식물종의 분포패턴 연구를 수행하기 위한 매우 중요한 물리적 요인이며, 호적범위가 극히 좁은 폭을 가지고 있는 식물종이 생육하고 있는 지역의 환경조건을 이해하는 데 매우 유용할 것으로 생각된다. 고도에 따른 식물의 분포 패턴을 제어하는 환경요인에 대해서는 정확히 규명되지 않았으나 기온, 강수량 및 지형 등을 주요 요인으로 보고 있다(McCain, 2009). 특히 기후요인은 식물종의 생리적 적응력과 식물종의 기작 및 광합성 능력에 영향을 미치기 때문에 식물 분포 패턴의 변화는 기후변화가 큰 기여를 한 것으로 보고 있고, 생물다양성 패턴을 예측하는데 가장 중요한 요인으로 인식되고 있다(Hawkins et al., 2003; Rowe, 2009). 광역적이고 대규모의 산림생태계는 기후요인의 차이를 설명할 수 있기 때문에 그 효과를 반영할 수 있다(Davidar et al., 2007). 하지만 소규모 산림생태계에서는 뚜렷한 기후요인의 차이를 설명하기 어렵기 때문에 개별적인 산림생태계 등 단일의 소규모 생태계의 공간수준에서는 지형 및 토양성분 및 수분상태 등이 식물들의 서식지를 결정하는 환경요인들이 중요한 요인으로 평가되고 있다(Melo et al., 2009; Lee et al., 2014a).

그러나 규모가 다른 공간에서의 종풍부도 패턴과 환경요인들의 기여도가 상이함에도 불구하고 다양한 연구가 이루어지지 못하고 있으며, 개별 산림 등 소규모 공간에서의 연구가 부족한 실정이다. 또한 고도별 종다양성 패턴에 영향을 끼치는 요인으로 단순한 기상자료나 하나의 요인만을 고려하여 연구가 이루어지고 있어 고도별 종다양성 분포패턴에 영향을 끼치는 요인에 대한 통합적인 연구가 미흡한 실정이다(Lee et al., 2013; Lee and Chun, 2016).

소백산국립공원은 식물구계학적으로 중부아구에 속하며(Lee and Yim, 1978), 식생학적으로 냉온대 낙엽활엽수림대에 속한다. 소백산 삼가지구는 소백산에 중심부에

위치하며, 신갈나무(*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.)군락, 졸참나무(*Quercus serrata* Murray)군락 등 산지낙엽활엽수림이 분포하고 정상부근에는 분비나무(*Abies nephrolepis* (Trautv. ex Maxim.) Maxim.), 주목(*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.) 등 아고산침엽수림이 분포하고 있다. 소백산국립공원은 다양한 식생대와 고도에 따라 다양한 환경요인들의 자연적 구배가 형성되기 때문에 식물종의 분포범위와 그에 따른 환경요인을 파악하는데 적절하다(Lee et al., 2014a). 따라서 본 연구에서는 소백산국립공원을 대상으로 고도구배에 따른 종다양성의 패턴을 파악하고 토양, 지형 등 소규모 개별 산림생태계에서 중요하게 인식되고 있는 요인들을 분석함과 동시에 구간별 종조성의 유사관계 및 분포변화를 분석하고 그 분포에 영향을 미치는 환경요인을 파악하고자한다. 이러한 연구를 바탕으로 지속적인 모니터링을 통해 고도구배에 따른 식물종의 분포의 결과를 지속적으로 축적한다면 식물종의 생육환경에 따른 산림식생 관리에 유용한 기초자료가 될 것으로 생각된다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

소백산국립공원은 경위도상 북위 36° 50'~37° 50' 동경 128° 20'~128° 43'에 위치하며, 충북 단양군, 경북 영주시, 봉화군에 걸쳐 있다. 비로봉(1,439 m)을 중심으로 북동쪽에 국만봉(1,420 m), 신선봉(1,389 m)이 있으며, 남서쪽으로는 연화봉(1,383 m), 도솔봉(1,314 m) 등이 있다. 소백산의 동남쪽은 급경사를 이루고 있는 반면에 북서쪽은 비교적 완만한 산지를 이루고 있다. 따라서 본 연구의 조사지역은 고도구배에 따른 생물다양성의 분포변화를 확인하기 위해 소백산의 동남쪽에 해당하는 삼가탐방지원센터에서 비로봉까지 약 5 km 지역을 대상으로 선정하였다(Figure 1). 조사지역은 대륙성 기후로서 연교차와 일교차가 심하며 조사지역의 위치를 고려하여 지난 30년간 영주 기상청의 기후자료를 확인한 결과 (1981~2010) 연평균기온은 11.4°C, 최한월인 1월의 평균기온은 -2.9°C, 최난월인 8월의 평균기온 23.2°C, 및 연강수량 1,290.9 mm로 나타났다(Korea Meteorological Administration, 2011).

2. 조사 및 분석방법

삼가탐방지원센터(386 m)에서 비로봉(1,435 m)에 이르는 지역 중 북사면의 등산로를 따라 해발 100 m 단위로 등분하여 11개 구간(section)에 출현하는 관속식물에 대해 선상조사를 수행하였다. 386~400 m 구간은 범위가 매우 짧기 때문에 400~500 m 구간과 하나의 구간으로

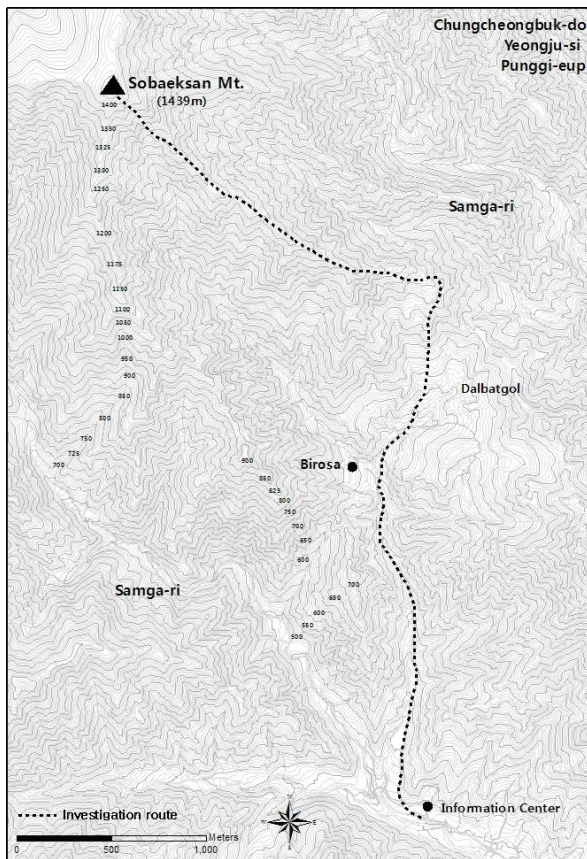


Figure 1. A map of the investigated course in Sobaeksan.

처리하였다. 2017년 4월부터 10월까지 총 4회의 조사를 통해 구간별 관속식물을 조사하고 채집된 식물체는 건조 표본으로 제작하여 국립생물자원관 관속식물표본 수장고(KB)에 보관하였다. 조사경로는 등산로를 따라 좌우 5m 반경을 중심으로 실시하였고, 95% 신뢰도에 10 m 이내의 정확도를 가진 미국의 GARMIN사의 GPSmap 60CSx의 수신자료를 이용하여 해발고도에 따른 식물분포를 조사하였다. 식물의 동정은 Lee(1980, 2003), Lee(1996a, b), Lee(1996, 2006), Korean Fern Society(2005), Oh(2006), Kim and Kim(2011) 등의 식물도감을 이용하였다. 소산식물목록을 기초로 한반도 고유종은 National Institute of Biological Resources(2013), 식물구계학적 특정식물은 National Institute of Environmental Research(2012)에 따라 작성하였고, 귀화식물은 Lee et al.(2011b)에 따라 분류하였다.

조사지역의 해발고도에 따른 식물종의 분포를 파악하기 위해 100 m 구간별 식물목록 자료를 이용하여 DCA ordination 분석(Hill and Gauch, 1980)을 실시하였다. 분석결과를 토대로 구간별 식물 종조성의 유사정도(Cluster analysis)와 종 분포를 비교하였다. DCA분석을 통해 도출된 구간별 식분의 축 값과 구간별 식물 종조성과 환경요

인(온량지수, 수관열림, 토양 등) 간의 상관관계는 Pearson correlation coefficient(r)을 통해 분석하였다.

식물종의 고도별 분포에 영향을 미치는 생육환경의 변화를 파악하기 위해 온량지수, 수관열림, 광량, 경사, 토양의 이화학적 특성, 구간별 면적 등의 환경요인들을 조사하였다. 기후요인 중 온량지수(Warmth Index: WI)는 영주기상청의 기상자료를 이용하였고 기온저감율 $-0.55^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (Kira, 1948)를 적용하여 값을 도출하였다. 수관열림도(Canopy Openness)와 광량(Transmitted Light)을 측정하기 위해 어안렌즈를 이용하여 영상을 확보하였다. 촬영은 구간별 10회 촬영하였고 촬영한 영상은 Gap Light Analyzer 2.0 프로그램을 이용하여 분석한 후 평균값 이용하여 변수로 이용하였다. 경사도(Slope)와 낙엽층 두께(Depth of litter layer)는 각각 경사계(Sunto)와 줄자를 이용하여 측정하였다. 구간별 면적은 ESRI사의 Arcmap 10.1을 이용하여 구간별 조사거리를 구한 후 조사반경 5 m를 곱하여 계산하였다. 토양의 온도, 습도 및 전기전도도는 토양수분계(AQUATERR EC-300)를 이용하여 측정하였다. 토양요인의 경우 일시에 측정할 수 없기 때문에 조사지역을 하산하면서 2시간 이내에 모든 구간의 토양을 측정하였다. 이러한 환경요인들은 각 구간별 15회씩 무작위로 측정하여 평균값을 구간별 대표값으로 정하였다. 토양시료는 2017년 10월 13~14일 이틀에 걸쳐 토양시료 캔으로 구간별 무작위로 채취하였고, 채취한 토양을 모아 해당 구간의 대표 토양 시료로 삼았다. 토양 산도(pH)는 pH-meter를 이용하였으며, 유기물 함량(Organic matter), 유효인산(Available Phosphorus)은 비색법, 전질소(T-N)는 건식화산화법, 토양 내 주요원소(Ca, Mg, K, Na), 양이온치환용량(Cation Exchange Capacity)은 ICP분석방법(GBC Integra-XMP, Australia)을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 관속식물의 종조성

소백산 삼가탐방지원센터에서 비로봉까지 총 11개 구간에서 92과 235속 332종 3아종 37변종 3품종 총 375분류군이 출현하였다. 이는 우리나라에 분포하는 관속식물 4,338분류군(Lee et al., 2011a)의 약 8.64%에 해당된다. 본 연구지역에서 조사된 한반도 고유종은 강활(*Angelica reflexa* B. Y. Lee) 별개미취(*Aster koraiensis* Nakai), 분취(*Saussurea seoulensis* Nakai), 좁목포사초(*Carex brevispicula* G. H. Nam & G. Y. Chung), 지리대사초(*Carex okamotoi* Ohwi) 등 12분류군이며, 식물구계학적 특정종은 IV등급에 선포아풀(*Poa nemoralis* L.) 1분류군, III등급에 시닥나무(*Acer komarovii* Pojark.), 개박달나무(*Betula chinensis* Maxim.),

Table 1. The number of 11 sections vascular plants in the study area.

Taxa	Elevation (× 100 m)										
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
Fam.	66	63	63	56	41	26	27	28	33	38	25
Gen.	139	135	129	94	66	39	39	42	49	68	35
Sp.	172	163	157	110	72	44	45	55	64	69	33
Ssp.	-	2	1	-	1	-	-	-	1	1	1
Var.	18	15	19	14	9	6	4	3	6	9	2
For.	1	1	1	-	-	-	-	-	-	2	1
Total	191	181	178	124	82	50	49	58	61	81	37
Tree	53	53	46	49	33	26	24	25	23	32	16
Herb	138	128	132	75	49	24	25	33	38	49	21

Fam. : Family, Gen. : Genus, Sp. : Species, Ssp. : Subspecies, Var. : Variety, For. : Form

참삿갓사초(*Carex jaluensis* Kom.), 분비나무 등 10분류군, I, II 등급은 30분류군으로 총 41분류군이 조사되었다. 귀화식물은 미국가막사리(*Bidens frondosa* L.), 지느러미엉겅퀴(*Carduus crispus* L.), 붉은서나물[*Erechtites hieracifolia* (L.) Raf. ex DC.], 털별꽃아재비(*Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav.) 등 17분류군이 출현하였다 (Appendix 1).

각 구간별 출현한 관속식물은 400~500 m 구간에서 66과 139속 172종 18변종 1품종 총 191분류군, 500~600 m 구간 63과 135속 163종 2아종 15변종 1품종 총 181분류군, 600~700 m 구간 63과 129속 157종 1아종 19변종 1품종 총 178분류군, 700~800 m 구간 56과 94속 110종 14변종 총 124종, 800~900 m 구간 41과 66속 72종 1아종 9변종 총 82분류군, 900~1000 m 구간 26과 39속 44종 6변종 총 50분류군, 1000~1100 m 구간 27과 39속 45종 4변종 총 49분류군 1100~1200 m 구간 28과 42속 55종 3변종 총 58분류군, 1200~1300 m 구간 33과 49속 64종 1아종 6변종 총 61분류군, 1300~1400 m 구간 38과 68속 69종 1아종 9변종 2품종 총 81분류군, 1400~1500 m 구간에서 25과 35속 33종 1아종 2변종 1품종 총 37분류군 등이 출현하였다(Table 1).

2. 고도별 환경요인 변화 패턴

고도에 따른 환경요인들의 변화 양상을 보면(Table 2), 광량과 수관열림은 고도가 점차 증가하면서 상층의 수관 피도의 변화에 따라 증감이 반복되다가 정상에서 최고값을 기록했으며, 토양온도는 고도가 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 보이다가 정상부근에서 온도가 상승하였다. 이는 고도에 따른 기온 저감률에 의해 고도가 증가함에 따라 토양온도가 점차 감소하였지만 정상부에 토양

온도가 상승하는 것은 상대적으로 타 구간에 비해 수관의 울폐율이 낮고 나지가 넓게 형성되며 토양에 도달하는 광량이 높아져 정상부근에서 토양온도가 상승한 것으로 판단된다(An et al., 2017). 구간별 토양요인들 중 이화학적 특성에 영향을 주는 유기물 함량, 전질소 및 양이온 치환용량은 고도가 증가함에 따라 유사한 증감을 보인다. 이는 유기물함량의 변화가 전질소량과 양이온 치환용량의 변화와 밀접한 상관성이 있기 때문에(Guariguata and Ostertag, 2001; You et al., 2004) 이러한 경향을 보이는 것으로 판단된다. 치환성 양이온 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{2+} , Na^{2+} 은 점차 감소하다가 증가하는 패턴을 보였다. 토양습도와 고도별 경사는 고도에 따라 증가하는 양상을 보이고 전기전도도는 점차 감소하다가 증가하는 패턴이 나타났다. 토양 pH는 700~800 m까지 높은 값을 유지하다가 700~800 m를 기점으로 pH 5 이하의 값으로 하락하였다. 토양낙엽층은 900~1000 m 이하의 구간에서 4 cm 이하, 그 이상은 4.5 cm 이상으로 나타나다가, 다른 구간에 비해 암석의 비율이 높고 목본류의 분포가 적은 정상부에서는 최저값으로 나타났다. 구간별 조사면적은 구간의 경사가 낮은 400~500 m 구간이 가장 넓은 것으로 나타났고, 점차 조사면적이 줄어들다가 800~900 m구간을 기점으로 다시 면적이 넓어지고 정상에서 가장 좁은 것으로 나타났다.

3. 고도별 종다양성 패턴

본 연구지역에서 확인된 관속식물들을 고도별로 세분해보면 지리강활(*Angelica amurensis* Schischk.), 일월비비추[*Hosta capitata* (Koidz.) Nakai], 털새[*Arundinella hirta* var. *ciliata* (Thunb.) Koidz.], 범꼬리(*Polygonum manshuriense* Petrov ex Kom.) 등 4종은 해발 1,400 m 이상에서 분포하였고 쥐다래[*Actinidia kolomikta* (Maxim. & Rupr.) Maxim.],

Table 2. Environmental and soil variables of the 11 sections in the study area.

		Elevation ($\times 100$ m)										
		4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
TL	Mean	11.81	8.4	10.91	11.22	10.27	10.48	8.46	7.85	7.7	7.52	17.98
	SE	0.87	0.89	0.71	1.58	1.24	0.64	0.59	0.42	0.40	0.45	4.33
CO	Mean	33.87	26.88	32.55	34.43	25.67	28.5	25.6	24.67	25.39	24.93	58.53
	SE	2.45	2.96	1.12	3.95	2.50	1.66	1.38	1.72	1.21	1.24	14.95
ST	Mean	26.19	25.01	24.68	24.74	24.73	24.64	23.48	21.92	21.80	22.05	23.96
	SE	0.13	0.11	0.07	0.11	0.11	0.14	0.13	0.06	0.06	0.18	0.21
WI		82.65	78.80	74.95	71.10	67.25	63.4	59.55	55.70	51.85	48.00	44.60
OM		66.94	65.22	67.29	84.4	37.62	60.48	56.27	69.36	78.97	90.78	75.17
CEC		24.00	29.80	29.80	39.10	25.30	24.00	26.00	33.8.0	36.20	39.50	32.80
TN		0.31	0.29	0.34	0.42	0.09	0.16	0.14	0.27	0.36	0.44	0.4
AP		12.09	10.72	26.11	4.35	4.12	2.52	1.79	1.92	1.69	2.43	7.14
Ex. K		0.28	0.31	0.37	0.29	0.17	0.24	0.16	0.17	0.35	0.42	0.42
Ex. Ca		6.01	6.91	4.91	1.66	0.73	1.33	1.07	1.05	0.78	1.8	1.32
Ex. Na		0.032	0.011	0.008	0.018	0.025	0.073	0.015	0.016	0.127	0.134	0.126
Ex. Mg		1	0.8	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.5	0.4
SM	Mean	20.89	18.44	22.88	26.47	26.69	26.34	24.93	29.89	31.32	30.31	31.88
	SE	1.37	1.07	1.71	1.15	1.00	1.81	1.49	1.59	1.35	2.18	3.08
SL	Mean	3.5	4.3	9.8	12.5	13.2	13.4	14.1	9.9	11.7	19.6	22.5
	SE	0.57	0.69	0.74	1.00	1.00	1.32	1.13	1.22	1.49	1.53	0.69
EC		0.5	0.44	0.43	0.31	0.17	0.23	0.23	0.31	0.27	0.51	0.57
pH		5.12	5.26	5.23	4.63	4.70	4.72	4.63	4.51	4.77	4.65	4.47
LL	Mean	3.61	3.33	3.27	2.66	2.61	4.95	4.97	6.10	6.58	5.75	2.22
	SE	0.29	0.29	0.31	0.28	0.20	0.40	0.38	0.47	0.57	0.37	0.52
SA		8808.72	3827.56	2656.71	1392.69	1983.71	1808.63	2203.75	2752.04	2154.56	815.32	430.58

TL: Transmitted lighth($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$), CO: Canopy openness(%), ST: Soil Temperature($^{\circ}\text{C}$), WI: Warmth index($^{\circ}\text{C} \cdot \text{month}$), OM: Organic matter($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), CEC: Cation exchange capacity($\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), TN: Total Nitrogen(%), AP: Availablephosphate($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), Ex. K: Exchangeable base K^{2+} ($\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), Ex. Ca: Exchangeable base Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), Ex. Na: Exchangeable base Na^{2+} ($\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), Ex. Mg: Exchangeable base Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), SM: Soil Moist(%), SL: Slope($^{\circ}$), EC: Electric conductivity($\text{ds} \cdot \text{m}^{-1}$), pH: ph(1:5), LL: Depth of litter layer(cm), SA: Survey Area(m^2)

참당귀(*Angelica gigas* Nakai), 까치고들빼기[*Crepidiastrum chelidoniifolium* (Makino) Pak & Kawano], 뫇장대(*Arabis lyrata* L.), 바위채송화(*Sedum polytrichoides* Hemsl.), 그늘흰사초(*Carex planiculmis* Kom.) 등 18종은 해발 1,300 m 이상에서, 부리실청사초[*Carex subbracteata* (Kük.) Ohwi], 오리방풀[*Isodon excisus* (Maxim.) Kudô], 참조팝나무(*Spiraea fritschiana* C. K. Schneid.), 겨우살이[*Viscum album* var. *coloratum* (Kom.) Ohwi] 등 6종은 해발 1,200 m 이상에서 분포하여 수종간의 분포적 차이가 나타났다. 또한 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.), 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla* Hance), 일본잎갈나무[*Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière], 신갈나무, 철쭉(*Rhododendron*

schlippenbachii Maxim.), 붉은병꽃나무[*Weigela florida* (Bunge) A. DC.] 등 37종은 해발 1,500 m를 분포 상한선으로 분포하였으며 시달나무, 고로쇠나무[*Acer pictum* var. *mono* (Maxim.) Franch.], 당단풍나무[*Acer pseudosieboldianum* (Pax) Kom.], 물개암나무[*Corylus sieboldiana* var. *mandshurica* (Maxim.) C. K. Schneid.] 등 56종은 1,400 m 이하, 맑은대쭉(*Artemisia keiskeana* Miq.), 분취, 고추나물(*Hypericum erectum* Thunb.), 층층나무(*Cornus controversa* Hemsl.) 등 17종은 1,300 m 이하에서 큰참나물(*Cymopterus melanotilingia* (H. Boissieu) C. Y. Yoon), 기름나물[*Peucedanum terebinthaceum* (Fisch. ex Trevir.) Ledeb.], 음나무[*Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz.], 개박달나무 등 14종은 1,200 m 이하에

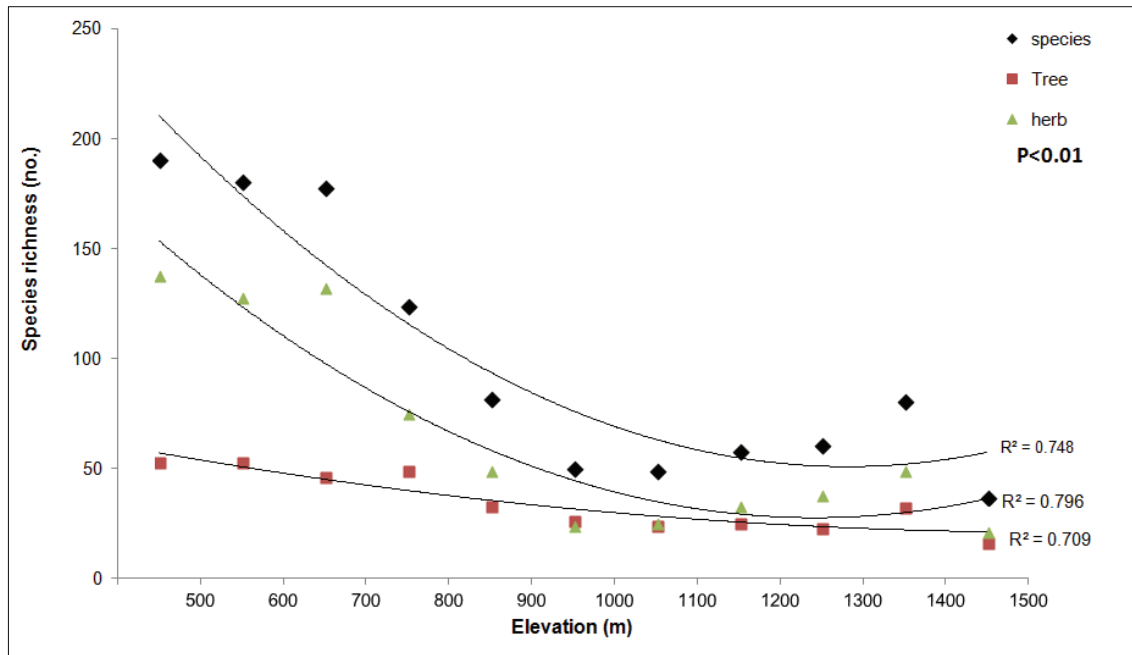


Figure 2. Variations of species richness of total, tree and herb species along elevational gradient in the study area.

서 분포범위가 나타났다. 이 외에도 상한 및 하한 분포가 종별로 세분화되어 있으며 이는 구간별 종다양성 패턴과 연관되는 것으로 판단된다(Appendix 1).

이러한 조사 결과로 구간별 식물 종다양성 패턴을 분석한 결과 고도가 증가함에 따라 점차 종다양성이 감소하다가 특정구간에서 증가하는 역단봉형 패턴으로 나타났다(Figure 2). 전체 식물의 종다양성은 400~500 m 구간에서 191분류군으로 가장 많은 분류군이 출현하였고, 고도가 상승함에 따라 종다양성은 감소하여 1000~1100 m에서 39분류군이 출현하였으며, 그 이후부터 다시 증가하는 패턴을 보였다. 목본식물의 경우는 400~500 m, 500~600 m 구간에서 53분류군으로 가장 많은 분류군이 출현하였고 고도가 상승함에 따라 점차 종다양성이 감소하여 900~1000 m 구간에서 24분류군이 출현하였으며 그 이후로 다시 증가하는 패턴을 보였다. 초본식물은 400~500 m 구간에서 가장 많은 138분류군이 출현하였고 고도가 상승하면서 종다양성이 감소하여 900~1000 m 구간에서 25분류군이 출현하였으며, 그 이후로 다시 증가하는 패턴을 보였다. 다만, 정상부에서 종다양성이 급격히 감소하였는데, 이는 정상부가 대부분 큰 암석으로 지반이 이루어져 있고, 조사면적이 다른 구간에 비해 현저히 작기 때문에 가장 적은 분류군이 출현한 것으로 판단된다. 전체식물, 목본식물과 초본식물의 고도에 따른 종다양성의 패턴은 고도가 낮은 구간에서 가장 큰 종다양성을 보였고 900~1100 m 구간에서 가장 적은 종다양

성을 보였으며 그 이후 점차 증가하는 패턴을 보였다.

백화산 지역의 고도별 식물다양성 패턴을 분석한 결과에서 목본식물은 고도가 증가함에 따라 감소였고 초본식물은 특정패턴이 나타나지 않았다. 이러한 분포 패턴을 제어하는 요인은 서식환경을 결정하는 토양, 경사, 고도 등의 서식지 요인과 기후요인의 복합적인 작용에 의해 결정되는 것으로 나타났다(Lee and Kim, 2017). 또한 백두대간 마루금 일대의 고도별 식물다양성 패턴은 중간 고도에서 가장 높은 종다양성을 보인 단봉형 패턴이 나타났고 이는 지형적 요인이 가장 중요한 요인으로 작용하였다(Lee et al., 2014b). 설악산 지역의 식물 종다양성의 고도별 분포패턴은 고도가 증가함에 따라 목본식물은 감소하는 패턴을 보였고 초본식물은 증가하는 패턴이 나타났다. 이는 목본식물은 기후요인, 초본식물은 지형요인이 영향을 미치는 것으로 나타났다. Rahbek(2005)은 기존 연구 결과를 바탕으로 종다양성의 패턴을 세 가지로 분류하였는데 고도가 증가함에 따라 종다양성이 감소하는 유형, 두 번째는 고도가 낮은 지역에서 종다양성이 유지되다가 일정 고도를 넘어가면서 감소하는 유형, 세 번째는 중간고도에서 가장 큰 종다양성을 보이는 단봉형으로 분류하였다. 이처럼 기존의 연구들과 같이 고도에 따른 종다양성은 각기 다른 패턴을 보이고 있다. 고도에 따른 종다양성의 분포패턴에 영향을 미치는 환경요인에 대해 많은 논란이 있는데, 주로 기후요인, 기하학적 억제요인, 순일차생산량, 토양 특성, 인위적 교란 등이 전형적인

Table 3. Correlation between species richness and environmental variables.

	TL	CO	ST	WI	OM	CEC	TN	AP	K
Total	-0.050	-0.088	0.641*	0.866**	0.020	-0.154	0.216	0.747**	0.182
Tree	-0.093	-0.141	0.637*	0.851**	0.030	-0.016	0.234	0.570	0.057
herb	-0.027	-0.059	0.625*	0.843**	0.016	-0.170	0.223	0.785**	0.213
	Ca	Na	Mg	SM	SL	EC	pH	LL	SA
Total	0.915**	-0.516	0.778**	-0.821**	-0.744**	0.374	0.892**	-0.397	0.674*
Tree	0.712*	-0.568	0.572	-0.814**	-0.654*	0.230	0.666*	-0.442	0.508
herb	0.929**	-0.489	0.796**	-0.809**	-0.737**	0.409	0.910**	-0.385	0.683*

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

변수로 사용되고 있으며 연구대상지의 위치, 규모 등에 따라 많은 차이를 보이고 있고 단일의 환경요인이 아닌 복합적인 작용에 의해 분포패턴에 영향을 미치는 것으로 보고 있다(Rahbek, 1995, 2005; McCain, 2009).

이를 밝히기 위해 본 연구대상지의 고도에 따른 종다양성과 이에 영향을 미치는 환경요인에 대한 상관분석하였다. 그 결과 전체 출현한 식물종은 치환성 양이온 Ca^{2+} , Mg^{2+} 와 토양 pH, 유효인산, 온량지수, 조사면적 등이 양의 상관관계를 보였고 경사, 토양 수분, 치환성 양이온 Na^{2+} 이 음의 상관관계를 보였다. 목본식물과 초본식물도 비슷한 양상이 나타났다. 광량, 수관열림 등 식물의 일차생산량을 높이는 환경요인은 종다양성의 패턴에 미미한 영향을 주는 것으로 나타났다. 광량, 수관열림 등이 종생성과 소멸에 중요한 요인이지만 본 연구에서는 정비된 등산로(반경 5 m)라는 한정된 공간을 대상으로 분석하였기 때문에 모든 구간의 수관열림 정도가 비슷하여 미미한 영향이 나타나는 것으로 사료된다. 다만, 정상 부근은 다른 구간에 비해 수관열림 정도가 매우 크지만 정상 구간의 서식처특성(암석지대 등)이 종 분포에 더 큰 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 이처럼, 분포패턴에 영향을 주는 요인들은 복합적인 작용에 의해 결정되지만 본 연구에서는 여러요인 중 토양수분, 치환성양이온 등의 토양 관련 요인과 면적, 경사 등 지형과 관련된 환경요인이 종다양성 패턴에 다른 요인보다 더 유의미한 영향을 주는 것으로 나타났다(Table 3). 이는 토양, 지형 관련요인들은 토양의 물리적, 화학적 구조 및 성분을 다양하게 변화시켜 다양한 유형의 토양을 구성하고 서식지의 이질성이 분포패턴에 영향을 주는 것으로 판단된다. 또한 우리나라의 산림의 특성상 지형이 복잡하고 암반지대가 임의로 분포하여 종다양성의 패턴이 지형 및 토양특성의 영향을 받는 것으로 보인다(Lee et al., 2014b).

4. 구간별 식물종 분포 유사성 분석

조사지역의 구간별 출현한 식물종 식분의 유사성을 추정하기 위해 Sørensen의 유사도 지수를 분석하였다. 구간별 식분간 유사도 지수가 20% 미만일 때는 서로 이질적인 집단으로 보고, 80%이상일 때는 서로 동질적인 집단으로 보며, 생태적으로 유사한 집단일수록 유사도 지수는 높게 나타난다(Whittaker, 1956; Cox, 1976). 분석은 조사지역 내 구간별 출현한 전체식물, 초본식물과 목본식물로 구분하여 3가지 유형으로 실시하였으며, 이는 초본식물과 목본식물이 고도구배에 따라 각기 다른 특정한 생태적 지위를 갖기 때문에 구분하여 분석하였다. 전체식물의 유사도 분석결과 900~1,000 m 구간과 1,000~1,100 m 구간(node 1)이 72.7%로 유사도가 가장 높게 나타났다. 1,100~1,200 m 구간과 node 1(node 2)이 70.7%, 500~600 m 구간과 600~700 m 구간(node 3)이 63.0%, 400~500 m 구간과 node 3(node 4)이 59.9%, 1,200~1,300 m 구간과 1,300~1,400 m 구간(node 5)이 57.7% 순으로 나타났다. 초본식물의 유사도 분석 결과, 900~1,000 m 구간과 1,000~1,100 m 구간(node 1) 사이의 유사도가 77.6%로 가장 높게 나타났다. node 1과 1,100~1,200 m 구간(node 2)이 74.8%, 500~600 m 구간과 600~700 m 구간(node 3)이 59.2%, node 3과 400~500 m 구간(node 4)이 56.4%, 1,200~1,300 m 구간과 1,300~1,400 m 구간(node 5)이 55.2% 순으로 나타났다. 목본식물의 유사도 분석 결과, 500~600 m 구간과 600~700 m 구간(node 1) 사이의 유사도가 73.3%로 가장 높게 나타났다. 1,000~1,100 m 구간과 1,100~1,200 m 구간(node 2)이 70.6%, 400~500 m 구간과 node 1(node 3)이 69.8%, 900~1,000 m 구간과 node2(node 4)가 66.7%, node3 과 700~800 m 구간(node 5)이 63.7% 순으로 나타났다(Figure 3).

DCA ordination 분석을 이용하여 100 m 구간별 식분의 분포정보를 비교함으로써 식물 종조성의 구간별 유사성

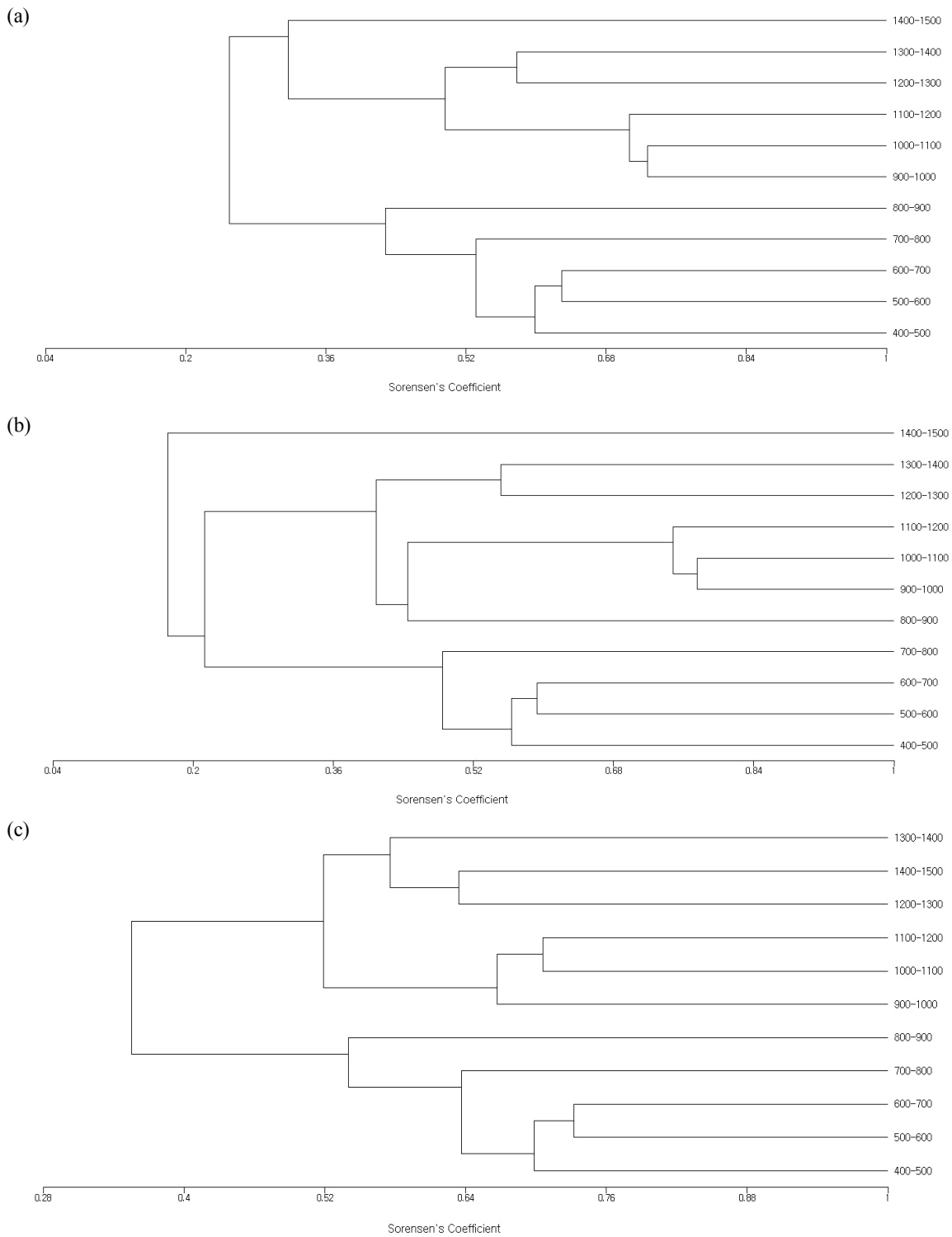


Figure 3. Dendrograms showing the degree of Sørensen similarity based on vascular flora data of the eleven sections (a: total, b: herb, c: tree).

을 비교하였다. 조사지역에 출현한 전체 출현 식물종의 11구간 간 분포 유사성을 확인한 결과, I 축상의 해발 800~900 m를 경계로 To1과 To2, To3로 2개의 그룹으로

구분되었고 II 축에 대해서는 해발 1300~1400 m를 경계로 To1, To2와 To3로 구분되었다[Figure 4(a)]. 초본식물의 경우 I 축상의 해발 800~900 m를 경계로 H1과 H2

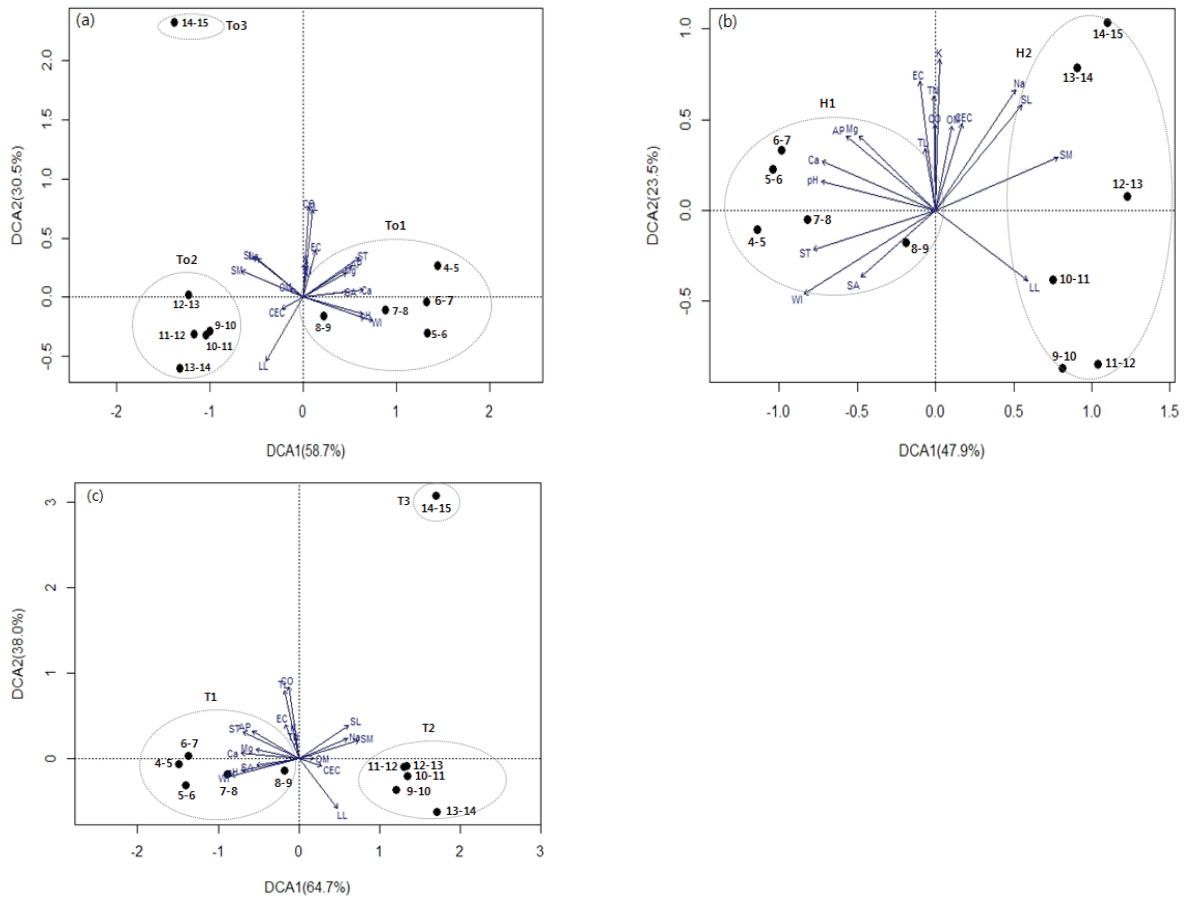


Figure 4. Ordination diagrams of the eleven sections for plant distribution using the DCA method (a: total, b: herb c: tree).

로 2개의 그룹으로 구분되었으며[Figure 4(b)], 목본식물의 11구간 간 분포 유사성을 확인한 결과 구간별 식분은 I 축상의 해발 800~900 m를 경계로 T1과 T2, T3로 2개의 그룹으로 구분되었다. II 축에 대해서는 T1, T2와 T3로 1300~1400 m를 경계로 두 그룹으로 나뉘어 구분되었다[Figure 4(c)]. 이와 같이 전체 출현 식물종의 식분의 배치는 초본식물의 분포변화와 매우 유사하게 나타났으며, 고도에 따른 식물 분포의 변화는 목본식물보다 초본식물 분포가 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 본 조사지역의 구간별 식분의 배치는 I 축을 기준으로 고도가 낮은 구간이 오른쪽부터 왼쪽으로 식분이 배치되었고 초본식물과 목본식물은 I 축을 기준으로 오른쪽에서 왼쪽으로 배치되었다. 구간별 종조성과 환경요인 사이의 상관관계를 분석한 결과(Figure 4, Table 4.) 전체 출현식물은 I 축을 기준으로 온량지수, 토양온도, pH, Ca^{2+} 이 유의한 양의 상관관계를 나타냈다. 토양수분, 유효인산 (AP), Na^{2+} , 경사도는 유의한 음의 상관관계를 보였다. 목본식물과 초본식물도 동일한 상관관계가 분석되었다. II 축을 기준으로 전체 출현식물은 유의한 상관관계가 도

출되지 않았고 목본식물은 전기전도도, K^{2+} 가 유의미한 양의 상관관계가 나타났다. 초본식물은 조사구간의 면적이 유의미한 상관관계가 나타났다(Table 4). 이처럼 식물종은 온도에 따른 고유한 내성범위를 가지고 있기 때문에 온도의 변화에 따라 식물종의 분포에 영향을 끼치며, 고도에 따른 온도뿐만 아니라 토양 수분, pH, K^{2+} , Na^{2+} , 유효인산, 경사도 등 토양 및 지형적 요인이 식물종의 분포에 영향을 미치는 중요한 요인으로 나타났다. 일반적으로 많은 지역에서 기후요인은 식물종의 분포와 다양성에 가장 많은 영향을 미치는 것으로 인식된다. 그러나 본 연구 대상지와 같이 소규모 공간의 생태계에서는 온도, 강수량 등의 기후적 요인보다는 토양이나 지형 관련 요인들이 식물종의 다양성에 영향을 미치는 주요 요인으로써 지형이나 토양 관련 요인들이 다양한 물리적 구조, 수분함량 및 화학적인 성분을 가진 다양한 유형의 토양을 만들고 지역적 이질성과 복잡성을 구조화 할 수 있기 때문에 식물종의 분포를 결정하는 중요한 요인으로 판단된다(Bledsoe and Shear, 2000).

Table 4. Correlations of environmental and soil variables to the first two DCA axes.

Environmental variables	Correlations (r)					
	Total		Tree		Herbs	
	Axis1	Axis2	Axis1	Axis2	Axis1	Axis2
Soil Moist	-0.845**	0.053	-0.852**	0.129	-0.830**	-0.190
Depth of litter layer	-0.561	0.018	-0.595	-0.294	-0.534	0.006
pH	0.804**	-0.208	0.765**	0.063	0.806**	-0.094
Electric conductivity	0.128	0.213	0.136	0.647*	0.099	-0.039
Organic matter	-0.196	0.051	-0.198	0.403	-0.193	-0.242
Available phosphate	0.682*	-0.322	0.654*	0.284	0.669*	-0.288
Exchangeable base K ²⁺	-0.035	0.126	-0.051	0.705*	-0.042	-0.434
Exchangeable base Ca ²⁺	0.788**	-0.008	0.771**	0.170	0.775**	0.050
Exchangeable base Na ²⁺	-0.681*	0.178	-0.693	0.326	-0.675*	-0.117
Exchangeable base Mg ²⁺	0.585	0.343	0.564	0.180	0.576	0.278
Cation exchange capacity	-0.266	-0.106	-0.269	0.515	-0.249	-0.507
Total Nitrogen	0.011	0.014	-0.001	0.579	0.013	-0.315
Canopy openness	0.091	0.155	-0.083	0.355	-0.118	-0.009
Warmth index	0.948**	0.029	0.942**	-0.275	0.946**	0.237
Transmitted lighth	0.010	0.216	0.023	0.213	-0.019	0.108
Soil Temperature	0.770**	0.213	0.792**	-0.164	0.746**	0.369
Slope	-0.740**	-0.049	-0.692*	0.431	-0.759**	-0.0243
Survey area	0.600	0.545	0.571	-0.359	0.600	0.648*

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

결론

본 연구는 소백산국립공원의 삼가탐방지원센터(386m)에서 비로봉(1,435m)에 이르는 지역을 대상으로 해발 100 m 단위로 등분하여 11개 구간(section)에 출현하는 관속식물을 종다양성의 패턴과 그 패턴에 영향을 미치는 환경요인들을 파악하였고, 구간별 종조성의 유사성과 이에 영향을 미치는 환경요인들을 규명하였다. 분석결과, 종다양성 패턴은 고도가 증가함에 따라 점차 종다양성이 감소하다가 특정구간에서 증가하는 역단봉형 패턴으로 나타났다. 이러한 종다양성의 패턴에 영향을 미치는 환경요인은 전체 출현한 식물종의 경우 치환성 양이온 Ca²⁺, Mg²⁺, Na²⁺, 토양 pH, 유효인산, 온람지수, 조사면적, 경사, 토양 수분 등으로 분석되었고, 목본식물과 초본식물도 비슷한 결과가 나타났다. 토양수분, 치환성양이온 등의 토양 관련 요인과 면적, 경사 등 지형과 관련된 환

경요인이 종다양성 패턴에 유의미한 영향을 주는 것으로 나타났다. DCA ordination 분석을 이용하여 100 m 구간별 식분의 분포정보를 비교함으로써 식물 종조성의 구간별 유사성을 비교한 결과 초본 출현종은 I 축 상에서 2개의 그룹으로 구분되었고, 전체 출현종과 목본 출현종은 I, II 축 상 모두에서 2개의 그룹으로 구분되었다. 구간별 식분의 배치는 400~500 m 구간부터 1400~1500 m 구간까지 순차적으로 배열되었다. 이러한 식분의 배치에 영향을 미치는 환경요인은 토양 수분, pH, K²⁺, Na²⁺, 유효인산, 경사도 등 토양 및 지형적 요인으로 나타났다.

본 연구는 비교적 소규모 공간 생태계에서 고도별 종풍부도 패턴, 고도별 종조성의 유사성, 고도별 환경요인 패턴, 종풍부도에 영향을 끼치는 환경요인을 규명하였다. 향후 다양한 수준에서의 공간 생태계에서의 고도별 종풍부도와 환경요인 패턴, 더불어 기후자료를 포함한 연구가 이루어진다면 고도별 종풍부도의 패턴과 그 패턴에

영향을 주는 요인들을 다각적으로 밝혀낼 수 있을 것이라고 생각된다. 또한 인간의 인위적 요인들로 인한 생물 환경의 변화, 생물학적 요인 등 다양한 요인들의 영향을 동시에 분석할 필요가 있을 것으로 생각된다.

생물다양성 보전, 지속가능한 이용에 있어서 본 연구 결과는 중요한 기초자료로서 역할을 할 것으로 기대되며, 식물종들의 생태·환경적 특징과, 분포범위를 파악하기 위해서는 지속적인 모니터링과 함께 관련 연구들을 지속적으로 발전시켜 나가야한다. 더불어 이러한 연구 결과들을 토대로 식물자원의 보전 및 관리 방안이 수립되어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 정부(환경부)의 재원으로 국립생물자원관의 지원을 받아 수행되었습니다(NIBR201720101).

References

- An, J.H., Park, H.J., Nam, G.H., Lee, B.Y., Park, C.H. and Kim, J.H. 2017. Vertical distribution of vascular plant species along an elevational gradient in the Gyeongangsan Area of Odaesan National Park. *Korean Journal of Ecology and Environment* 50(4): 381-402. (in Korean)
- Bledsoe, B.P. and Shear, T.H. 2000. Vegetation along hydrologic and edaphic gradients in a North Carolina coastal plain creek botto, and implications for restoration. *Wetlands* 20(1): 126-147.
- Cox, G.W. 1976. *Laboratory manual of general ecology*(3rd ed.) William. C. Brown Company, Iowa. pp. 232.
- Davidar, P., Rajagopal, B., Mohandass, D., Puyravaud, J.P., Condit, R., Wright, S.J. and Leigh Jr, E.G. 2007. The effect of climatic gradients, topographic variation and species traits on the beta diversity of rain forest trees. *Gobal Ecology and Biogeography* 16(4): 510-518.
- Grytnes, J.A. and Vetaas, O.R. 2002. Species richness and altitude: a comparison between null models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, *The American Naturalist* 159(3): 294-304.
- Guariguata, M.R. and Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management* 148(1-3): 185-206.
- Hill, M.O. and Gauch, H.G. 1980. Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegatio* 42(1-3): 47-58.
- Hwkins, B.A., Field, R., Cornell, H.V., Currie, D.J., Guegan, J.F., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Mittelbach, G.G., Oberdorff, T., O'Brien E. M., Porter E. E. and Turner, R.G. 2003. Energy, water and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* 84(12): 3105-3117.
- Jones, M.M., Tuomisto, H., Borcard, D., Legendre, P., Clark, D.B. and Olivas, P.C. 2008. Explaining variation in tropical plant community composition: influence of environmental and spatial data quality. *Oecologia* 155(3): 593-604.
- Kim, J.S. and Kim, T.Y. 2011. Woody plants of Korean Peninsula. *Dolbegae, Paju*. (in Korean)
- Kira, T. 1948. On the altitudinal arrangement of climatic zones in Japan. *Kanti-Nogaku* 2: 147-173.
- Korea Fern Society. 2005. *Ferns and Fern Allies of Korea*. Geobook, Seoul. pp. 688. (in Korean)
- Korea Meteorological Administration. 2011. *Climatological normals of Korea*. <http://data.kma.go.kr>
- Lee, W.T. and Yim, Y.J. 1978. Studies on the distribution of vascular plants in the Korean peninsula. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 8(Appendix): 1-33. (in Korean)
- Lee, T.B. 1980. *Illustrated Flora of Korea*. Hyangmunsa, Seoul. pp. 990. (in Korean)
- Lee, T.B. 2003. *Coloured Flora of Korea*. Vol. I, II. Hyangmunsa, Seoul. pp. 1928. (in Korean)
- Lee, W.T. 1996a. *Lineamenta Florae Koreae*. Academy Press, Seoul. pp. 689. (in Korean)
- Lee, W.T. 1996b. *Standard Illustrations of Korean plants*. Academy Press, Seoul. pp. 624. (in Korean)
- Lee, Y.N. 1996. *Flora of Korea*. Gyohaksa, Seoul. pp. 1247. (in Korean)
- Lee, Y. N. 2006. *New flora of Korea*. Vol. I, II. Gyohaksa, Seoul. pp. 1859. (in Korean)
- Lee, B.Y., Nam, G.H., Lee, J.Y., Park, C.H., Lim, C.E., Lee, M.H., Lee, S.J., Noh, T.K., Lim, J.A., Han, J.E. and Kim, J.H. 2011a. *National List of species of Korea(Vascular plants)*. National Institute of Biological Resources, Incheon. (in Korean)
- Lee, C.B. and Kim, H.O. 2017. Elevational Pattern and Determinants of Plant Diversity on the Mt. Baekhwa, South Korea. *Journal of Agriculture & Kife Science* 51(4): 11-19. (in Korean)
- Lee, C.B., Chun, J.H. and Ahn, H.H. 2014a. Elevational patterns of plant richness and their drivers on an Asian mountain. *Nordic Journal of Botany* 32(3): 347-357. (in Korean)
- Lee, C.B., Chun, J.H. and Kim, H.H. 2014b. Elevational pattern and determinants of α and β plant diversity on the ridge of the baekdudaegan mountains, South Korea. *Journal of Agriculture & Life Science* 48(3): 93-104. (in Korean)
- Lee, C.B., Chun, J.H., Song, H.K. and Cho, H.J. 2013. Alti-

- tudinal patterns of plant species richness on the Baekdudaegan Mountains, South Korea: mid-domain effect, area, climate and Rapoport's rule. *Ecology Research* 28(1): 67-79. (in Korean)
- Lee, C.B. and Chun, J.H. 2016. Environmental drivers of patterns of plant diversity along a wide environmental gradient in Korean temperate forest. *Forest* 7(1): 19. (in Korean)
- Lee, Y.M., Park, S.H., Jung, S.Y., Oh, S.H. and Yang, J.C. 2011b. Study on the current status of naturalized plants in South Korea. *Korean Journal Plant Taxonomy* 41(1): 87-101. (in Korean)
- McCain, C.M. 2009. Global analysis of bird elevation diversity. *Global Ecology and Biogeography* 18(3): 346-360.
- Melo, A.S., Rangel, TFLVB. and Diniz-Filho, JAF. 2009. Environmental drivers of beta-diversity patterns in New-World bird and mammals. *Ecography* 32(2): 226-236.
- National Institute of Biological Resources. 2013. Endemic Species of Korea. NIBR, Incheon. (in Korean)
- National Institute of Environmental Research. 2012. A Guide to the 4th Natural Environment Research, Incheon. 173-226. (in Korean)
- Oh, Y.C. 2006. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea Vol. 41. Monocotyledoneae, Cyperaceae. Ministry of Education and Human Resources Development, Seoul. pp. 446. (in Korean)
- Rowe, R.J. 2009. Environmental and geometric drivers of small mammal diversity along elevational gradients in Utah. *Ecography* 32(3): 411-422.
- Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?. *Ecography* 18(2): 200-205.
- Rahbek, C. 2005. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecology letters* 8(2): 224-239.
- Yim, Y.J. 1977a. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. III. Distribution of tree species along the thermal gradient. *Japanese Journal of Ecology* 27(3): 177-189.
- Yim, Y.J. 1977b. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. IV. Zonal distribution of forest vegetation in relation to thermal climate. *Japanese Journal of Ecology* 27(4): 269-278.
- You, J.H., Cho, H.W., Jung, S.G. and Lee, C.H. 2004. Correlation analysis between growth and environmental characteristics in *Abeliophyllum distichum* habitats. *Korean Journal of Environment and Ecology* 18(2): 210-220. (in Korean)
- Whittaker, R.H. 1956. Vegetation of the great smoky mountains. *Ecology Monographs* 26(1): 1-80.

Manuscript Received : May 17, 2019

First Revision : June 27, 2019

Second Revision : January 10, 2020

Third Revision : March 3, 2020

Accepted : March 9, 2020

Appendix 1. The list of vascular plants in the Samga area, Sobaeksan National Park.

Taxa	Elevation(×100m)	Remark	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
EQISETACEAE 속새과													
<i>Equisetum arvense</i> L. 쇠뜨기			O	O	O								
DENNSTAEDTIACEAE 잔고사리과													
<i>Dennstaedtia hirsuta</i> (Sw.) Mett. ex Miq. 잔고사리			O										
<i>Dennstaedtia wilfordii</i> (T. Moore) H. Christ 황고사리			O	O									
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (Desv.) Underw. ex A. Heller 고사리			O										
ASPLENIACEAE 꼬리고사리과													
<i>Asplenium incisum</i> Thunb. 꼬리고사리			O										
WOODSIACEAE 우드풀과													
<i>Woodsia manchuriensis</i> Hook. 만주우드풀				O				O		O	O		
ATHYRIACEAE 개고사리과													
<i>Athyrium niponicum</i> (Mett.) Hance 개고사리			O	O	O								
<i>Athyrium yokoscense</i> (Franch. & Sav.) H. Christ 백고사리			O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Cornopteris crenulato-serrulata</i> (Makino) Nakai 응달고사리				O									
<i>Deparia pycnosora</i> (H. Christ) M. Kato 털고사리				O									
THELYPTERIDACEAE 처녀고사리과													
<i>Phegopteris connectilis</i> (Michx.) Watt 가래고사리		II											O
DRYOPTERIDACEAE 관중과													
<i>Dryopteris bissetiana</i> (Baker) C. Chr. 산족제비고사리			O										
<i>Dryopteris chinensis</i> (Baker) Koidz. 가는잎족제비고사리			O										O
<i>Dryopteris crassirhizoma</i> Nakai 관중		I					O						
<i>Dryopteris monticola</i> (Makino) C. Chr. 왕지네고사리						O							
<i>Dryopteris sacrosancta</i> Koidz. 애기족제비고사리			O										
<i>Polystichum tripterum</i> (Kunze) C. Presl 십자고사리				O									
POLYPODIACEAE 고란초과													
<i>Lepisorus ussuriensis</i> (Regel & Maack) Ching 산일엽초				O									
PINACEAE 소나무과													
<i>Abies nephrolepis</i> (Trautv.) Maxim. 분비나무		III					O	O					
<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carriere 일본잎갈나무			O	O	O	O	O					O	O
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc. 소나무			O	O	O	O	O	O	O	O	O		O
<i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc. 잣나무		I			O	O	O	O		O	O		
CUPRESSACEAE 측백나무과													
<i>Juniperus rigida</i> Siebold & Zucc. 노간주나무			O										
TAXACEAE 주목과													
<i>Taxus cuspidata</i> Siebold & Zucc. 주목		III						O			O		O
MAGNOLIACEAE 목련과													
<i>Magnolia sieboldii</i> K. Koch 함박꽃나무			O	O			O	O	O	O		O	
LAURACEAE 녹나무과													
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume 생강나무			O	O	O	O	O	O	O				
ARISTOLOCHIACEAE 취방울명굴과													
<i>Asarum koreanum</i> (J. G. Kim & C. S. Yook) B. U. Oh 자주족도리풀				O	O	O							
RANUNCULACEAE 미나리아재비과													
<i>Aconitum jaluense</i> Kom. 투구꽃		I		O	O	O				O	O	O	O
<i>Actaea asiatica</i> H. Hara 노루삼				O	O								
<i>Anemone raddeana</i> Regel 썩의바람꽃		I		O									
<i>Cimicifuga dahurica</i> (Turcz. ex Fisch. & C. A. Mey.) Maxim. 눈빛승마				O	O								
<i>Clematis apiifolia</i> DC. 사위질빵			O	O									
<i>Clematis heracleifolia</i> DC. 병조희풀				O							O	O	

Appendix 1. Continued.

Taxa	Elevation(×100m)	Remark	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
CARYOPHYLLACEAE 식죽과													
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L. 벼룩이자리			O	O									
<i>Cerastium holosteoides</i> var. <i>hallaisanense</i> (Nakai) M. Mizush. 접나도나물			O										O
<i>Pseudostellaria heterophylla</i> (Miq.) Pax 개별꽃				O	O	O							
<i>Pseudostellaria palibiniana</i> (Takeda) Ohwi 큰개별꽃										O	O	O	
<i>Silene seoulensis</i> Nakai 가는장구채			O	O								O	
<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i> (Thunb.) Ohwi 벼룩나물						O							
<i>Stellaria aquatica</i> (L.) Scop. 쇠별꽃			O	O	O								
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill. 별꽃			O	O	O								
POLYGONACEAE 마디풀과													
<i>Polygonum aviculare</i> L. 마디풀			O	O	O								
<i>Polygonum dissitiflorum</i> Hemsl. 가시여뀌						O							
<i>Polygonum lapathifolium</i> L. 흰여뀌			O										
<i>Polygonum longisetum</i> Bruijn 개여뀌						O							
<i>Polygonum manshuriense</i> Petrov ex Kom. 범꼬리		I											O
<i>Polygonum nepalense</i> Meisn. 산여뀌						O							
<i>Polygonum perfoliatum</i> L. 머느리배꼽			O										
<i>Polygonum posumbu</i> Buch.-Ham. ex D. Don 장대여뀌			O	O	O		O						
<i>Polygonum sagittatum</i> var. <i>sieboldii</i> (Meisn.) Maxim. ex Kom. 미꾸리늪시			O		O	O							
<i>Polygonum senticosum</i> (Meisn.) Franch. & Sav. 머느리밑씻개			O										
<i>Polygonum thunbergii</i> Siebold & Zucc. 고마리			O	O	O	O							
<i>Rumex acetosa</i> L. 수영			O		O								
<i>Rumex crispus</i> L. 소리쟁이		Na	O										
ACTINIDIACEAE 다래나무과													
<i>Actinidia arguta</i> (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq. 다래		II	O	O	O	O	O		O				
<i>Actinidia kolomikta</i> (Maxim. & Rupr.) Maxim. 쥐다래													O
CLUSIACEAE 물레나물과													
<i>Hypericum ascyron</i> L. 물레나물							O				O	O	
<i>Hypericum erectum</i> Thunb. 고추나물			O		O	O					O		
TILIACEAE 피나무과													
<i>Corchoropsis tomentosa</i> (Thunb.) Makino 수까치깨						O							
<i>Tilia amurensis</i> Rupr. 피나무									O	O	O	O	
VIOLACEAE 제비꽃과													
<i>Viola acuminata</i> Ledeb. 줄방제비꽃							O						O
<i>Viola albida</i> Palib. 태백제비꽃						O	O	O			O		
<i>Viola albida</i> var. <i>chaerophylloides</i> (Regel) F. Maek. 남산제비꽃			O	O	O	O							
<i>Viola collina</i> Besser 둥근털제비꽃			O	O									
<i>Viola keiskei</i> Miq. 잔털제비꽃					O	O	O						
<i>Viola mandshurica</i> W. Becker 제비꽃			O										
<i>Viola orientalis</i> (Maxim.) W. Becker 노랑제비꽃		II				O		O	O	O	O	O	O
<i>Viola phalacrocarpa</i> Maxim. 털제비꽃			O	O	O								
<i>Viola rossii</i> Hemsl. 고갈제비꽃			O	O	O	O	O	O	O	O			
<i>Viola variegata</i> Fisch. ex Link. 알록제비꽃			O		O	O	O						
<i>Viola verecunda</i> A. Gray 콩제비꽃			O	O			O						
SALICACEAE 버드나무과													
<i>Salix caprea</i> L. 호랑버들			O				O				O		O
<i>Salix gracilistyla</i> Miq. 갯버들			O	O			O						

Appendix 1. Continued.

Taxa	Elevation(×100m)	Remark	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
<i>Kerria japonica</i> var. <i>pleniflora</i> Witte 죽단화					0		0						
<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh. 야광나무		I	0	0	0	0							
<i>Potentilla cryptotaeniae</i> Maxim. 물양지꽃		I		0	0								
<i>Potentilla dickinsii</i> Franch. & Sav. 돌양지꽃		II								0		0	
<i>Potentilla fragarioides</i> L. 양지꽃			0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>Potentilla freyniana</i> Bormm. 세잎양지꽃					0	0		0	0	0			
<i>Potentilla yokusaitana</i> Makino 민눈양지꽃				0	0								
<i>Prunus jamasakura</i> Siebold ex Koidz. 벚나무			0	0			0			0			
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch 복숭아나무			0	0		0							
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i> (Makino) E. H. Wilson 잔털벚나무			0	0	0			0					
<i>Rosa multiflora</i> Thunb. 찔레나무			0	0	0	0							
<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge 산딸기			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rubus oldhamii</i> Miq. 줄딸기			0	0	0	0	0						
<i>Rubus phoenicolasius</i> Maxim. 곰딸기						0							
<i>Sanguisorba officinalis</i> L. 오이풀			0										
<i>Sorbus commixta</i> Hedl. 마가목								0	0	0	0	0	
<i>Spiraea fritschiana</i> C. K. Schneid. 참조팝나무		III									0	0	0
<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i> (Nakai) Nakai 조팝나무			0		0								
<i>Stephanandra incisa</i> (Thunb.) Zabel 국수나무			0	0	0	0	0			0		0	
FABACEAE 콩과													
<i>Amphicarpaea bracteata</i> ssp. <i>edgeworthii</i> (Benth.) H. Ohashi 새콩					0								
<i>Chamaecrista nomame</i> (Siebold) H. Ohashi 차풀					0								
<i>Glycine soja</i> Siebold & Zucc. 돌콩			0										
<i>Indigofera kirilowii</i> Maxim. ex Palib. 땅비싸리			0										
<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz. 싸리				0			0	0	0				
<i>Lespedeza maximowiczii</i> C. K. Schneid. 조록싸리			0	0	0	0	0		0	0	0	0	
<i>Maackia amurensis</i> Rupr. & Maxim. 다릅나무						0	0						
<i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi 칩			0	0		0							
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. 아까시나무		Na	0										
<i>Trifolium repens</i> L. 토끼풀		Na	0										
<i>Vicia unijuga</i> A. Braun 나비나물			0	0	0						0	0	
ELAEAGNACEAE 보리수나무과													
<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb. 보리수나무			0		0	0							
ONAGRACEAE 바늘꽃과													
<i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃		Na	0	0	0	0							
ALANGIACEAE 박취나무과													
<i>Alangium platanifolium</i> var. <i>trilobum</i> (Miq.) Ohwi 박취나무						0							
CORNACEAE 층층나무과													
<i>Cornus controversa</i> Hemsl. 층층나무			0	0	0						0		
SANTALACEAE 단향과													
<i>Viscum album</i> var. <i>coloratum</i> (Kom.) Ohwi 겨우살이											0		
CELASTRACEAE 노박덩굴과													
<i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb. 노박덩굴			0										
<i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Siebold 화살나무			0	0	0	0							
<i>Euonymus hamiltonianus</i> Wall. 참빗살나무				0		0	0					0	
<i>Euonymus oxyphyllus</i> Miq. 참회나무				0					0			0	

Appendix 1. Continued.

Taxa	Elevation(<100m)	Remark	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
<i>Euonymus pauciflorus</i> Maxim. 회목나무		II				O							
<i>Tripterygium regelii</i> Sprague & Takeda 미역줄나무								O	O	O	O	O	O
EUPHORBIACEAE 대극과													
<i>Securinega suffruticosa</i> (Pall.) Rehder 광대싸리			O	O	O								
RHAMNACEAE 갈매나무과													
<i>Rhamnus ussuriensis</i> J.-J. Vassal 참갈매나무				O	O								
<i>Rhamnus yoshinoi</i> Makino 짝자래나무										O			
VITACEAE 포도과													
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch. 담쟁이덩굴			O	O									
<i>Vitis amurensis</i> Rupr. 왕머루						O	O		O				
STAPHYLEACEAE 고추나무과													
<i>Staphylea bumalda</i> DC. 고추나무			O	O	O	O	O						
ACERACEAE 단풍나무과													
<i>Acer komarovii</i> Pojark. 시달나무		III						O		O			O
<i>Acer pictum</i> var. <i>mono</i> (Maxim.) Maxim. ex Franch. 고로쇠나무			O	O	O			O	O		O		O
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom. 당단풍나무			O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Acer tataricum</i> ssp. <i>ginnala</i> (Maxim.) Wesm. 신나무				O									
<i>Acer triflorum</i> Kom. 복자기				O									
ANACARDIACEAE 율나무과													
<i>Rhus javanica</i> L. 붉나무			O										
<i>Toxicodendron trichocarpum</i> (Miq.) Kuntze 개율나무			O	O	O	O	O	O	O				
RUTACEAE 윤향과													
<i>Zanthoxylum piperitum</i> (L.) DC. 초피나무						O							
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> Siebold & Zucc. 산초나무			O			O							
OXALIDACEAE 팽이밥과													
<i>Oxalis corniculata</i> L. 팽이밥					O								
<i>Oxalis dillenii</i> Jacq. 들팽이밥		Na			O								
GERANIACEAE 쥐손이풀과													
<i>Geranium thunbergii</i> Siebold ex Lindl. & Paxton 이질풀				O									
<i>Geranium wilfordii</i> Maxim. 세잎쥐손이			O										
BALSAMINACEAE 봉선화과													
<i>Impatiens noli-tangere</i> L. 노랑물봉선		I	O		O	O							
<i>Impatiens textori</i> Miq. 물봉선			O	O	O	O	O						
ARALIACEAE 두릅나무과													
<i>Aralia elata</i> (Miq.) Seem. 두릅나무			O	O	O	O							O
<i>Kalopanax septemlobus</i> (Thunb.) Koidz. 음나무							O	O	O	O			
APIACEAE 미나리과													
<i>Angelica amurensis</i> Shish. 지리강활													O
<i>Angelica gigas</i> Nakai 참당귀		III											O
<i>Angelica reflexa</i> B. Y. Lee 강활		En		O	O	O							
<i>Cymopterus melanotilingia</i> (H. Boissieu) C. Y. Yoon 큰참나물								O	O	O			
<i>Peucedanum terebinthaceum</i> (Fisch. ex Trevir.) Fisch. ex Turcz. 기름나물							O	O	O	O			
<i>Pimpinella brachycarpa</i> (Kom.) Nakai 참나물				O									
<i>Sanicula chinensis</i> Bunge 참반디			O	O	O	O							
GENTIANACEAE 용담과													

Appendix 1. Continued.

Taxa	Elevation(×100m)	Remark	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
<i>Gentiana triflora</i> f. <i>japonica</i> W. T. Lee & W. K. Paik 과남플												O	O
SOLANACEAE 가지과													
<i>Solanum americanum</i> Mill. 미국까마중			O										
BORAGINACEAE 지치과													
<i>Trigonotis peduncularis</i> (Trevis.) Benth. ex Baker & S. Moore 꽃마리			O										
<i>Trigonotis radicans</i> var. <i>sericea</i> (Maxim.) H. Hara 참꽃마리					O								
VERBENACEAE 마편초과													
<i>Callicarpa japonica</i> Thunb. 작살나무			O	O									
<i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb. 누리장나무				O									
PHRYMACEAE 파리플과													
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i> H.Hara 파리플			O	O	O	O	O						
LAMIACEAE 꿀풀과													
<i>Ajuga spectabilis</i> Nakai 자란초		En, II			O								
<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>shibetchense</i> (H. Lév.) Koidz. 산층층이			O	O		O							
<i>Elsholtzia ciliata</i> (Thunb.) H. Hyl. 향유			O	O	O								
<i>Elsholtzia splendens</i> Nakai ex F. Maek. 꽃향유			O	O	O	O							
<i>Isodon excisus</i> (Maxim.) Kudô 오리방풀											O	O	
<i>Isodon inflexus</i> (Thunb.) Kudô 산박하			O	O	O		O						
<i>Lamium album</i> var. <i>barbatum</i> (Siebold & Zucc.) Franch. & Sav. 광대수염				O	O								
<i>Meehania urticifolia</i> (Miq.) Makino 별개덩굴				O	O								
<i>Mosla punctulata</i> (J. F. Gmel.) Nakai 들깨풀			O	O	O								
<i>Prunella asiatica</i> Nakai 꿀풀			O		O	O							
<i>Scutellaria pekinensis</i> var. <i>transitra</i> (Makino) H. Hara ex H. W. Li 산골무꽃				O		O							
PLANTAGINACEAE 질경이과													
<i>Plantago asiatica</i> L. 질경이			O	O	O	O	O				O	O	O
OLEACEAE 물푸레나무과													
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance 물푸레나무			O	O	O	O			O	O		O	O
<i>Fraxinus sieboldiana</i> Blume 쇠물푸레				O		O	O	O	O	O	O	O	
<i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold & Zucc. 쥐똥나무			O			O							
<i>Syringa patula</i> (Palib.) Nakai 털개회나무		I										O	
SCROPHULARIACEAE 현삼과													
<i>Pseudolysimachion longifolium</i> (L.) Opiz 긴산꼬리풀											O		
<i>Scrophularia koraiensis</i> Nakai 토현삼		En, III										O	
CAMPANULACEAE 초롱꽃과													
<i>Campanula punctata</i> Lam. 초롱꽃			O			O						O	
RUBIACEAE 꼭두선이과													
<i>Asperula maximowiczii</i> Kom. 개갈퀴								O		O			
<i>Galium dahuricum</i> Turcz. 큰잎갈퀴			O	O									
<i>Galium spurium</i> var. <i>echinospermum</i> (Wallr.) Hayek 갈퀴덩굴			O	O									
<i>Galium trachyspermum</i> A. Gray 네잎갈퀴			O										
<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i> Nakai 솔나무						O	O						
<i>Rubia akane</i> Nakai 꼭두선이			O	O			O						
DIERVILLACEAE 병꽃나무과													
<i>Weigela florida</i> (Bunge) A. DC. 붉은병꽃나무		II										O	O
<i>Weigela subsessilis</i> (Nakai) L. H. Bailey 병꽃나무		En	O	O	O	O	O						
CAPRIFOLIACEAE 인동과													
<i>Lonicera maackii</i> (Rupr.) Maxim. 괴불나무				O		O							
VIBURNACEAE 산분꽃나무과													

Appendix 1. Continued.

Taxa	Elevation(×100m)	Remark	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
<i>Viburnum opulus</i> var. <i>calvescens</i> (Rehder) H. Hara 백당나무													O
ADOXACEAE 연복초과													
<i>Adoxa moschatellina</i> L. 연복초				O	O								
<i>Sambucus racemosa</i> ssp. <i>sieboldiana</i> (Miq.) H. Hara 막충나무								O			O	O	O
VALERIANACEAE 마타리과													
<i>Patrinia villosa</i> (Thunb.) Juss. 똑갈								O	O		O		
<i>Valeriana fauriei</i> Briq. 쥐오줌풀											O	O	O
ASTERACEAE 국화과													
<i>Adenocaulon himalaicum</i> Edgew. 멸가치				O	O	O							
<i>Ainsliaea acerifolia</i> Sch. Bip. 단풍취				O	O		O	O	O	O	O	O	O
<i>Artemisia indica</i> Willd. 쑥		O	O	O	O								
<i>Artemisia japonica</i> Thunb. 제비쑥					O								
<i>Artemisia keiskeana</i> Miq. 맑은대쑥		O	O			O	O	O	O	O	O		
<i>Artemisia lancea</i> Vaniot 뽕쑥					O								
<i>Artemisia rubripes</i> Nakai 덩불쑥	I	O											
<i>Artemisia stolonifera</i> (Maxim.) Kom. 넓은잎외잎쑥		O	O	O	O	O			O	O	O	O	
<i>Aster ageratoides</i> Turcz. 까실쑥부쟁이		O	O	O	O	O							
<i>Aster hispidus</i> Thunb. 갯쑥부쟁이													O
<i>Aster koraiensis</i> Nakai 별개미취	En				O								
<i>Bidens frondosa</i> L. 미국가막사리	Na	O			O	O							
<i>Carduus crispus</i> L. 지느러미영경귀	Na			O									
<i>Carpesium macrocephalum</i> Franch. & Sav. 여우오줌	II						O						
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist 망초	Na			O	O								
<i>Crepidiastrum chelidoniifolium</i> (Makino) J. H. Pak & Kawano 까치고들빼기													O
<i>Crepidiastrum denticulatum</i> (Houtt.) J. H. Pak & Kawano 이고들빼기		O	O	O	O	O							
<i>Crepidiastrum sonchifolium</i> (Bunge) J. H. Pak & Kawano 고들빼기				O	O								
<i>Dendranthema boreale</i> (Makino) Ling ex Kitam. 산국					O	O							
<i>Dendranthema zawadskii</i> var. <i>latilobum</i> (Maxim.) Kitam. 구절초							O	O	O	O	O	O	
<i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Raf. ex DC. 붉은서나물	Na	O											
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. 개망초	Na	O	O	O	O	O							O
<i>Eupatorium japonicum</i> Thunb. 등골나물				O		O							
<i>Galinsoga ciliata</i> (Rafin.) S. F. Blake 털별꽃아재비	Na	O			O								
<i>Hemistepta lyrata</i> Bunge 지칭개		O	O										
<i>Ixeris polycephala</i> Cass. 벌쑥바귀				O									
<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i> (Kuntze) H. Hara 왕고들빼기		O				O							
<i>Leibnitzia anandria</i> (L.) Turcz. 솜나물						O	O						
<i>Petasites japonicus</i> (Siebold & Zucc.) Maxim. 머위		O											
<i>Saussurea seoulensis</i> Nakai 분취	En								O	O	O		
<i>Sigesbeckia pubescens</i> Makino 털진들찰				O	O								
<i>Syneilesis palmata</i> (Thunb.) Maxim. 우산나물		O											
<i>Synurus deltooides</i> (Aiton) Nakai 수리취					O						O	O	O
<i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg. 서양민들레	Na	O	O	O									O
<i>Youngia japonica</i> (L.) DC. 뿌리쑥이		O	O	O	O								
ARACEAE 천남성과													
<i>Arisaema amurense</i> f. <i>serratum</i> (Nakai) Kitag. 천남성		O											
<i>Arisaema amurense</i> Maxim. 둥근잎천남성					O								
<i>Arisaema peninsulae</i> Nakai 점백이천남성						O							

Appendix 1. Continued.

Taxa	Elevation(×100m)	Remark	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
<i>Melica onoei</i> Franch. & Sav. 쌀새				O									
<i>Microstegium vimineum</i> var. <i>imberbe</i> (Nees ex Steud.) Honda 큰덤성이삭새			O	O	O	O							
<i>Miscanthus sinensis</i> Andersson 억새			O		O		O						
<i>Muhlenbergia hugelii</i> Trin. 큰쥐꼬리새				O									
<i>Muhlenbergia japonica</i> Steud. 쥐꼬리새												O	
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) Roem. & Schult. 주름조개풀			O	O									
<i>Panicum bisulcatum</i> Thunb. 개기장			O		O								
<i>Poa annua</i> L. 새포아풀			O	O	O								
<i>Poa hisauchii</i> Honda 구내풀			O										
<i>Poa nemoralis</i> L. 선포아풀		IV										O	
<i>Sasa borealis</i> (Hack.) Makino & Shibata 조릿대			O	O	O		O						
<i>Setaria faberi</i> R. A. W. Herrm. 가을강아지풀			O										
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv. 강아지풀					O								
<i>Spodipogon sibiricus</i> Trin. 큰기름새			O	O			O	O	O				
<i>Stipa pekinensis</i> Hance 나래새			O	O									
<i>Trisetum bifidum</i> (Thunb.) Ohwi 잠자리피			O	O									
LILIACEAE 붓꽃과													
<i>Allium macrostemon</i> Bunge 산달래			O										
<i>Allium monanthum</i> Maxim. 달래				O	O	O							
<i>Convallaria keiskei</i> Miq. 은방울꽃												O	O
<i>Disporum smilacinum</i> A. Gray 애기나리			O		O	O	O	O	O	O		O	
<i>Gagea lutea</i> (L.) Ker Gawl. 중의무릇		II		O									
<i>Heloniopsis koreana</i> S. Fuse, N. S. Lee & M. N. Tamura 처녀치마		En, II								O		O	O
<i>Hosta capitata</i> (Koidz.) Nakai 일월비비추		I											O
<i>Hosta minor</i> (Baker) Nakai 좀비비추		En, I						O		O	O	O	
<i>Lilium amabile</i> Palib. 털중나리									O	O			
<i>Lilium lancifolium</i> Thunb. 참나리			O	O	O								
<i>Lilium tsingtauense</i> Gilg 하늘말나리						O					O		
<i>Paris verticillata</i> M. Bieb. 샷갓나물				O							O		
<i>Polygonatum acuminatifolium</i> Kom. 종동굴레			O										
<i>Polygonatum inflatum</i> Kom. 통동굴레				O									
<i>Polygonatum involucreatum</i> (Franch. & Sav.) Maxim. 용동굴레				O									
<i>Polygonatum lasianthum</i> Maxim. 죽대					O	O		O	O	O	O	O	O
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> (Miq.) Ohwi 등굴레							O	O	O	O	O		
<i>Polygonatum sibiricum</i> F. Delaroche 층층갈고리등굴레						O							
<i>Smilacina japonica</i> A. Gray 풀솜대				O									
IRIDACEAE 붓꽃과													
<i>Iris sanguinea</i> Donn ex Hornem. 붓꽃						O							
SMILACACEAE 청미래덩굴과													
<i>Smilax nipponica</i> Miq. 선밀나물			O		O	O	O	O	O	O			
<i>Smilax sieboldii</i> Miq. 청미래덩굴			O		O	O	O			O			
DIOSCOREACEAE 마과													
<i>Dioscorea nipponica</i> Makino 부채마			O	O									
ORCHIDACEAE 난초과													
<i>Cephalanthera longibracteata</i> Blume 은대난초							O			O	O		

Remark: En=Endemic plants; Floristic regional indicator plants= I, II, III, IV, V; Na=Naturalized plants