

태백산국립공원 백단사코스의 고도별 관속식물상 변화와 환경요인 분석^{1a}

안지홍²·박환준³·이새롬⁴·서인순⁵·남기흠⁶·김중현^{7*}

Analysis of Environmental Factors and Change of Vascular Plant Species along an Elevational Gradients in Baekdansa, Mt. Taebaeksan National Park^{1a}

Ji-Hong An², Hwan-Joon Park³, Sae-rom Lee⁴, In-Soon Seo⁵, Gi-Heum Nam⁶, Jung-Hyun Kim^{7*}

요약

태백산국립공원의 고도별 관속식물의 종다양성 패턴 및 분포변화를 파악하기 위해 백단사매표소(874m)에서 천제단(1,560m)까지 해발 100m 단위로 등분하여 8개 구간에 대한 식물목록을 작성하였다. 총 4회에 걸쳐 현지조사를 실시한 결과 89과 240속 345종 5아종 34변종 1품종의 총 385분류군이 출현하였다. 고도별 종다양성의 변화를 분석한 결과, 고도가 높아짐에 따라 점차 감소하다가 특정 구간에서부터 다시 증가하는 경향을 보였다. 구간별 출현종의 생육지 유형을 분석한 결과, 고도가 높아짐에 따라 산림에 생육하는 종의 비율은 증가하였고, 교란지에 생육하는 종의 비율은 인위적 간섭이 높은 곳에서 높은 비율로 출현하였다. 구간별 목본식물과 초본식물이 각각 차지하는 비율을 비교한 결과, 목본식물의 경우 고도가 높아짐에 따라 점차 증가하다가 인위적 간섭이 높은 구간에서 큰 폭으로 감소하는 경향을 보였고, 초본식물의 경우 그 반대의 경향성을 나타냈다. DCA기법을 이용하여 출현종의 고도별 분포변화를 분석한 결과, I 축상의 해발 900m와 1,300m를 경계로 3개의 그룹으로 구분되었다. 구간별 식분의 배치는 I 축상의 오른쪽으로부터 왼쪽을 향해 고도에 따라 배열되었고, I 축은 온량지수(WI)와 유의한 상관관계를 나타냄에 따라 고도에 따른 온도변화가 식물분포의 양상에 영향을 미칠 수 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 기후변화로 인한 기온상승은 식물종의 수직 분포 한계선과 식물군락의 종조성 변화 및 다양성에 영향을 미칠 것으로 예측된다. 본 연구결과는 생물다양성의 보전과 기후변화에 따른 관리방안 마련을 위한 기초자료로 활용될 것으로 판단된다.

주요어: 기능형, 분포변화, 종다양성, 환경구배

1 접수 2019년 5월 29일, 수정 (1차: 2019년 8월 6일), 게재확정 2019년 8월 12일

Received 29 May 2019; Revised (1st: 6 August 2019); Accepted 12 August 2019

2 국립백두대간수목원 백두대간종보존실 탐장 Baekdudaegan Biodiversity Conservation Division, Baekdudaegan National Arboretum, Bonghwa 36209, Korea(jhan@bdna.or.kr)

3 국립생태원 복원연구실 연구원 Division of Restoration Research, National Institute of Ecology, Yeongyang 36531, Korea (rhg9281@naver.com)

4 국립생물자원관 식물자원과 연구원 Plant Resources Division, National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Korea (wert5730@korea.kr)

5 국립생물자원관 식물자원과 환경연구사 Plant Resources Division, National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Korea (insseo@korea.kr)

6 국립생물자원관 식물자원과 환경연구사 Plant Resources Division, National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Korea (namjih@korea.kr)

7 국립생물자원관 식물자원과 전문위원 Plant Resources Division, National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Korea (kimjh4065@korea.kr)

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

* 교신저자 Corresponding author: kimjh4065@korea.kr

ABSTRACT

This study generated a list of plants in eight sections from the Baekdansa ticket office (874m) to Cheonjedan (1,560m) divided in the interval of 100m above sea level to examine the species diversity patterns and distribution changes of the vascular plants at different altitudes in Taebaeksan National Park. Four site surveys found a total of 385 taxa: 89 families, 240 genera, 345 species, 5 subspecies, 34 varieties, and 1 form. A result of analyzing the change of species diversity along elevational gradients showed that it decreased with increasing elevation and then increased from a certain section. A result of analyzing habitat affinity types showed that the proportion of forest species increased with increasing elevation. On the other hand, the ruderal species appeared at a high rate in the artificial interference section. A result of comparing the proportion of woody and herb plants showed that the woody plants gradually increased with elevation and rapidly decreased in the artificial interference section. On the other hand, the herb plants showed the opposite trend. A result of analyzing the change of distribution of species according to altitude with the DCA technique showed that the vascular plants were divided into three groups according to the elevation in order on the I axis with the boundaries at 900m and 1,300m above sea level. The arrangement of each stand from right to left along the altitude on the I axis with a significant correlation with warmth index (WI) confirmed that the temperature change along the altitude could affect the distribution of vascular plants, composition, and diversity. Therefore, the continuous monitoring is necessary to confirm ecological and environmental characteristics of vegetation, distribution ranges, changes of habitat. We expect that the results of this study will be used as the basic data for establishing the measurement measures related to the preservation of biodiversity and climate change.

KEY WORDS: FUNCTIONAL TRAIT, CLIMATE CHANGE, DISTRIBUTION CHANGE, SPECIES RICHNESS, ENVIRONMENTAL GRADIENTS

서론

태백산국립공원은 행정구역상 강원도 태백시, 영월군, 정선군 및 경상북도 봉화군에 걸쳐 위치하며, 천제단의 영봉(1,560m)을 중심으로 북쪽의 장군봉(1,567m), 동쪽의 문수봉(1,517m), 영봉과 문수봉 사이의 부쇠봉(1,546m) 등 많은 봉우리들로 이루어져 있다(KNPS, 2017). 태백산은 천제단, 장군단, 망경사 등의 중요한 역사, 지리 및 문화적 중요자원이 풍부하고(Kim and Baek, 1998), 태백산맥의 종주로서 단군신화의 배경이 되는 민족의 영산으로 불린다(Kim *et al.*, 2002). 태백산은 식물구계지리학상 한반도 중부아구에 해당되며(Lee and Yim, 1978), 크게 온대북부, 온대중부, 기타 3개의 산림기후대가 분포하고 있다(KNPS, 2017). 아고산대가 발달하는 산지 중 가장 낮은 고도에 위치하고 있는 지역으로(Kim, 2012), 신갈나무-분비나무군락, 신갈나무-주목군락, 철쭉-털진달래군락 등이 정상부에 분포하고, 그 밖에 지형적 입지 특성에 따라 소나무군락, 소나무-굴참나무군락, 신갈나무군락, 신갈나무-층

층나무군락 등이 분포하고 있다(KNPS, 2017).

태백산지역의 연구는 주로 고생물(Choi, 2009), 지질(Park *et al.*, 1993) 및 관광(Son *et al.*, 2004; Roh *et al.*, 2005) 관련 위주의 연구가 많은 반면(Lee *et al.*, 2016), 자연생태 분야는 태백산지역 당골계곡의 산림군락구조에 관한 연구(Cho *et al.*, 2005), 태백산의 관속식물상(Shin *et al.*, 2015), 태백산 사면 및 해발고별 식생구조 변화(Lee *et al.*, 2016), 태백산국립공원 자연자원조사(KNPS, 2017) 등이 수행된 바 있으나 고도별 수직분포 연구는 미흡한 실정이다. 태백산은 아고산지대로써, 우리나라 고산희귀식물을 비롯하여 여러 중요한 산림자원을 포함하고 다양한 식물종이 분포하는 지역으로 알려져 있다(Kim and Baek, 1998; Shin *et al.*, 2015). 또한 신갈나무, 굴참나무군락 등의 냉온대 낙엽활엽수림과 정상부근의 주목, 분비나무가 분포하는 아한대 상록침엽수림 식생대를 형성하고 있어, 고도구배에 따른 생물다양성 패턴 및 종조성의 변화와 그에 영향을 미치는 환경요인의 분석에 대한 연구를 수행하기 적합한 지역으로 판단되어 연구대상지로 선정하였다.

식물은 온도에 대한 각기 고유의 호적범위를 가지고 있어 (Yim, 1977a; b), 그에 따른 식물종의 분포범위가 결정된다. 따라서 동일한 산지 내에서도 고도에 따른 식물의 수직적 분포 차이가 나타남과 동시에 그 식물종이 생육하는 지역의 환경조건을 이해하기 위한 주요 지표로 이용될 수 있다. 그 밖에 기후요인, 순일차생산량, 지형적 차이 등의 다양한 요인들도 고도에 따른 자연적인 구배를 형성하게 된다(Lee *et al.*, 2013). 또한 산림 내 고도구배는 기후변화와 식생분포간의 상호관계, 환경변화에 따른 생물다양성의 분포 패턴 연구를 수행하기 위한 가장 중요한 물리적 인자로 인식되고 있다. 생물다양성의 분포 패턴과 제어인자와의 연관성에 관한 연구는 생물다양성 보전과 지속가능한 이용 및 보전구역 설정, 관리에 있어 중요하게 인식되어(Grytnes and Vetaas, 2002), 최근 조류, 포유류, 곤충류, 식물 등 다양한 분류군을 대상으로 고도별 생물다양성 패턴변화에 대한 많은 연구가 수행되고 있다(Ohsawa, 1995; Rahbek, 1995; Kessler, 2000; Heaney, 2001; Grytnes and Vetaas, 2002; Sanders, 2002; Li *et al.*, 2003; Oommen and Shanker, 2005; Rowe, 2009; Lee and Chun, 2016).

식물의 기능적 특성은 특정 환경에 대한 종들의 반응에 따라 분류되기 때문에(Lande, 1982; Galan de Mera *et al.*, 1999), 유사한 기능형을 가진 식물들은 환경변화에 대한 반응이 유사하게 나타난다(Pausas and Austin, 2001). 따라서 환경 구배에 따른 기능적 특성의 패턴 변화 연구를 통해 군락의 구조와 개체군 동태, 나아가 생태계의 기능에 영향을 미치는 메커니즘까지 확인할 수 있다(David *et al.*, 2016). 또한 출현종의 기능적 특성을 구분하는 것은 환경변화에 따른 종다양성 패턴 변화를 이해하는데 용이하고(Wang *et al.*, 2003; Ren *et al.*, 2006; Virtanen and Crawley, 2010), 생물다양성 연구뿐만 아니라 나아가 기후변화에 따른 미래 종집단 예측에 중요한 역할을 한다(Pellissier *et al.*, 2010; Matteodo *et al.*, 2013).

본 연구에서는 태백산국립공원의 고도별 식물종의 분포를 파악함과 동시에 식물다양성 및 기능적 특성의 변화를 분석하고자 한다. 또한 구간별 식물 종조성의 유사관계 및 분포변화를 분석하고, 이러한 분포에 영향을 미치는 환경요인을 파악하고자 한다. 이러한 연구 결과는 태백산국립공원 내 환경 변화에 따른 식물의 분포 특성과 함께 태백산지역의 산림생물다양성 관리에 필요한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

연구방법

1. 연구대상지

태백산국립공원은 강원도 태백시, 영월군, 정선군 및 경상북도 봉화군에 걸쳐 위치하며, 영봉(1,560m)을 중심으로 장군봉

(1,567m), 문수봉(1,517m), 부쇠봉(1,546m) 등으로 이루어져 있다. 국립공원은 금대봉(1,418m)을 비롯하여 함백산(1,573m), 대덕산(1,307m) 및 태백산의 4개 지역으로 이루어져 있다. 금대봉 일대는 신갈나무가 우점하고 정상부에는 산지 초원이 분포하며, 함백산과 대덕산 일대는 주로 신갈나무군락과 소나무군락이 우점하는 지역이다. 태백산 일대는 정상부의 신갈나무-분비나무군락, 신갈나무-주목군락 등과 함께 저지대의 소나무군락, 소나무-굴참나무군락 등이 분포하고 있다(KNPS, 2017).

본 연구의 조사지역은 백단사매표소에서 망정사를 지나 천제단에 이르는 약 3.7km 구간을 대상으로 선정하였다(Figure 1). 조사지역의 기후요인은 지리적 위치를 고려하여 가장 인접한 태백기상청의 기후자료를 토대로 확인한 결과, 과거 30년간(1981~2010년) 연평균 기온과 강수량은 각각 8.7°C, 1,324.3 mm로 나타났다. 최한월인 1월의 평균기온은 -4.8°C이고, 최난월인 8월의 평균기온은 21.0°C이다(KMA, 2017).

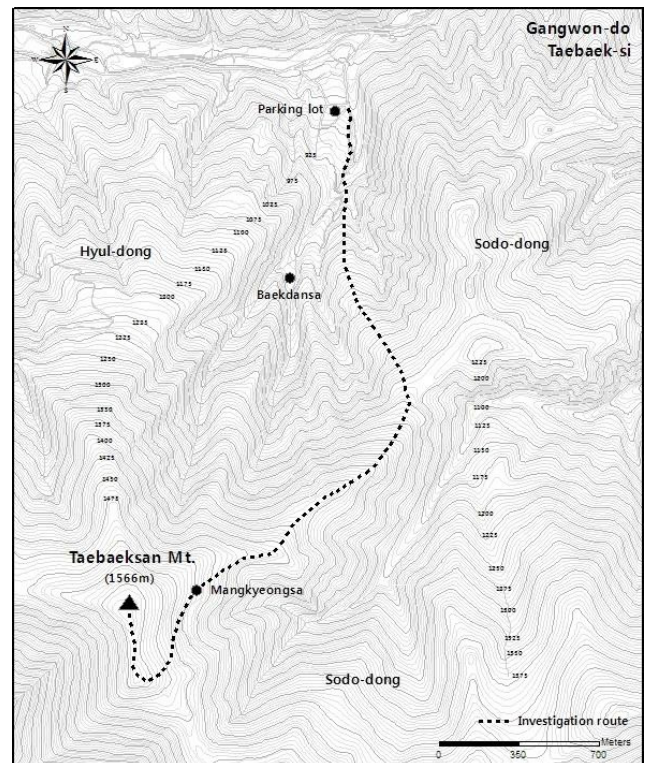


Figure 1. A map of the investigated course in the study area.

2. 조사분석

백단사매표소(874m)에서 천제단(1,560m)에 이르는 지역을 대상으로 해발 100m 단위로 등분하여 8개 구간(section)에 출현하는 관속식물에 대해 선상조사를 수행하였다. 2017년 4월부

터 10월까지 총 4회의 현지조사를 통해 구간별 관속식물을 조사하고, 채집된 식물체는 건조 또는 액침표본으로 제작하여 국립생물자원관 관속식물표본 수장고(KB)에 보관하였다. 조사경로는 등산로를 따라 좌우 5m 반경을 중심으로 실시하고, GPS 수신자료를 이용하여 고도에 따른 식물 분포를 파악하였다. 식물의 동정은 Lee(1980; 2003), Lee(1996a; b), Lee(2006), Korea Fern Society(2005), Oh(2006), Kim and Kim(2011) 등의 식물도감을 이용하였으며, 학명과 국명은 Lee *et al.*(2011a)에 준하여 작성하였다. 관속식물 목록을 기초로 한반도 고유종은 NIBR(2013), 식물구계학적 특정식물은 NIER(2012)에 따라 작성하였고, 국가 기후변화 생물지표 관속식물은 Lee *et al.*(2010), 귀화식물은 Lee *et al.*(2011b)에 따라 분류하였다.

출현종의 생육지 유형은 식물종의 성장형과 광 요구조건에 따라 세 가지 유형으로 구분하였다. 숲 속에서 출현하는 종(forest; 광 요구도가 높지 않아 수관이 울폐된 곳에서도 잘 생육하는 종), 숲의 가장자리 또는 수관이 열린 지역에 출현하는 종(transitional; 산림에 출현하는 종들 중 광 요구도가 중간 단계인 종) 및 길가나 빈터에 출현하는 종(ruderal; 광 요구도가 높아 주요 생육지가 산림이 아닌 수관이 열린 지역에 출현하는 종, 천이 초기종)으로 구분하였다. 생활형 유형은 Lee(1980; 2003)에 따라 일년생 초본, 다년생 초본, 만경류, 관목성 및 교목성 수종으로 구분하였다.

조사지역에 분포하는 식물종의 고도별 분포변화를 파악하기 위해 100m 구간별 식물목록 자료를 이용하여 DCA ordination 분석(Hill and Gauch, 1980)을 실시하였다. 분석 결과를 토대로 구간별 식물 종조성의 유사 정도와 분포변화를 비교하였다. 수집된 식물목록 자료에서 종의 출현여부에 따라 0과 1로 전환한 후 전체 출현종의 합에 대한 각 종의 상대값을 중요치(Important value)로 삼았다. DCA 분석을 통해 도출된 구간별 식분의 축의 값과 각 구간별 환경변수(온량지수, 수관열림, 광량, 토양의 이화학적 특성 등) 간의 상관관계는 Pearson correlation coefficient(r)을 통해 분석하였다.

고도별 생육환경의 변화를 파악하기 위해 온량지수, 면적, 수관열림, 광량, 경사, 토양 이화학적특성 등의 환경요인을 조사하였다. 기후요인 중 식물분포와 상관관계가 큰 온량지수(Warmth Index: WI)는 태백관측소의 기상자료(KMA, 2017)를 이용하여 계산하였다. 기온 저감율 $-0.55^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (Kira, 1948)를 적용하여 온량지수를 산출하였다. 조사면적은 ArcGIS 10.1을 이용해 100m 구간별 선상 길이와 좌우 5m씩 조사 반경을 곱해서 산출하였다. 수관열림도(Canopy Openness) 및 광량(Transmitted Light)을 측정하기 위해 어안렌즈 영상을 촬영하였다. 촬영은 2017년 9월 4~5일 이틀에 걸쳐서 각 구간별 15번씩 촬영하여, 평균값을 그 구간의 대푯값으로 삼았다. 촬영된 영상은 Gap Light Analyzer 2.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 경사도($^{\circ}$)와 낙엽층 두께(cm)는 각각 경사계(SUNTO)와 줄자를 이용하였

고, 토양 온도와 습도는 토양수분계(AQUATERR EC-300)을 이용하여 측정하였다. 이러한 환경요인은 각 구간별 15번씩 무작위로 측정하였고, 각 측정값의 평균값을 그 구간의 대푯값으로 삼았다. 토양시료는 2017년 10월 16~17일 이틀에 걸쳐 토양시료 캔을 이용하여 채취하였다. 유기물층을 제거하고 10 cm 깊이의 토양에서 각 구간별 10회 이상 총 1kg씩 무작위 채취한 시료를 모아 그 구간의 대표 시료로 삼았다. 토양 산도(pH)는 pH meter를 이용하여 측정하였고, 전기전도도(EC)는 EC meter를 이용하였으며, 유기물함량(Organic Matter), 유효인산(Available Phosphorus)은 비색법, 전질소(T-N)은 건식산화법, 양이온치환용량(Cation Exchange Capacity) Ca, Mg, K 및 Na는 ICP 분석방법을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 관속식물의 종조성

본 조사지역에 생육하는 관속식물은 식재된 수종을 포함하여 89과 240속 345종 5아종 34변종 1품종 총 385분류군으로 나타났다(Appendix 1). 이는 한반도 관속식물 4,388분류군(Lee *et al.*, 2011)의 약 8.7%, 강원도 관속식물 1,456분류군(Oh *et al.*, 2009)의 약 26.4%에 해당된다. 관속식물 중에서 종다양성이 높은 과는 국화과(44분류군), 화본과(29분류군), 장미과(26분류군), 사초과(17분류군), 백합과(16분류군), 미나리아재비과(16분류군) 등의 순으로 나타났다.

각 구간별 출현한 관속식물을 세분하면, 800~900m 구간에서 61과 159속 209종 3아종 20변종 1품종의 총 233분류군, 900~1,000m 구간에서 42과 89속 109종 2아종 9변종의 총 120분류군, 1,000~1,100m 구간에서 45과 81속 88종 2아종 11변종 1품종의 총 102분류군, 1,100~1,200m 구간에서 51과 101속 111종 2아종 10변종 1품종의 총 124분류군, 1,200~1,300m 구간에서 43과 90속 97종 2아종 12변종 1품종의 총 112분류군, 1,300~1,400m 구간에서 46과 96속 101종 2아종 14변종 1품종의 총 118분류군, 1,400~1,500m 구간에서 46과 125속 143종 1아종 16변종 1품종의 총 161분류군 및 1,500~1,600m 구간에서 42과 99속 108종 1아종 15변종의 총 124분류군으로 나타났다.

한반도 고유종은 고려엉겅퀴, 각시서덜취, 노랑무늬붓꽃 등 14분류군이 확인되었다. 식물구계학적 특정식물은 총 86분류군으로 확인되었으며, 이중에 IV등급은 산겨릅나무, 꽃개회나무, 들바람꽃 등 7분류군, III등급은 등칠향, 늘어진장대, 금강제비꽃 등 21분류군, II등급은 큰참나무, 당개지치, 백작약 등 30분류군, I등급은 개시호, 울괴불나무, 촛대송마 등 28분류군으로 나타났다(Appendix 1).

환경부에서 지정한 국가 기후변화 생물지표 100종 중 사스

래나무, 분비나무, 주목 및 가래고사리 총 4분류군이 확인되었으며, 귀화식물은 컴프리, 유럽나도냉이, 구주개밀 등 23분류군이 관찰되었다(Appendix 1).

2. 구간별 종다양성의 변화

목본식물의 분포 고도를 세분해보면 인가목, 멧덩팔기, 백당나무는 해발 1,500m 이상, 홍괴불나무, 꽃개회나무, 참조팝나무는 해발 1,400m 이상, 매발톱나무, 마가목, 주목 등은 해발 1,300m 이상, 나래회나무, 분비나무는 해발 1,200m 이상에서 분포를 나타내 수공간 분포적 차이를 보였다. 신갈나무, 귀룽나무, 당단풍나무 등은 전 구간에 걸쳐 분포범위를 나타내었다. 층층나무, 거제수나무, 고로쇠나무, 까치박달 등은 해발 1,400m를 분포 상한선으로 분포하였으며, 산겨릅나무, 얇은잎고광나무, 소나무 등은 해발 1,300m 이하, 물박달나무, 등철, 다릅나무 등은 해발 1,200m 이하에서 분포범위를 나타내었다. 초본식물의 경우 노랑무늬붓꽃, 산부추는 해발 1,500m 이상, 지리강활, 과남풀, 꽃쥐손이는 해발 1,400m 이상, 각시서덜취, 새끼평의바름, 노랑제비꽃은 해발 1,300m 이상, 개시호, 박새, 송이풀은 해발 1,200m 이상에서 분포범위를 나타내었다. 한편, 미국쑥부쟁이, 컴프리, 유럽나도냉이, 붉은토끼풀 등의 귀화식물과 나대지에서 생육하는 종들은 해발 900m 이하에서만 분포하는 것으로 나타났다. 분비나무, 주목, 가래고사리 등의 국가 기후변화 생물지표종을 비롯하여 꽃개회나무, 마가목, 인가목 등은 1,200m 이상의 구간부터 확인되어 기후변화에 따른 분포역 축소나 쇠퇴 등의 잠재적 요소가 높은 취약종으로 예상되었다(Appendix 1).

구간별 식물 종다양성 패턴을 분석한 결과, 고도가 높아짐에 따라 점차 감소하다가 특정 구간에서부터 다시 증가하는 경향을 보였다(Figure 2). 전체 출현식물의 종풍부도는 800~900m 구간에서 233분류군이 출현하였고, 고도가 높아짐에 따라 점차 감소하여 1,000~1,100m 구간에서 102분류군이 출현하였

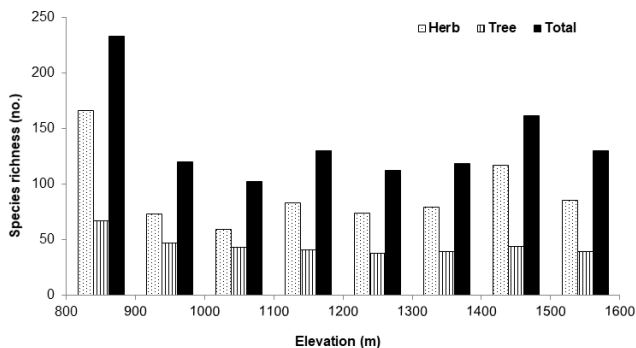


Figure 2. Variations of species richness of total, tree and herb species along elevational gradient in the study area.

다. 1,100~1,200m 구간에서 124분류군으로 약간 증가하고, 고도가 높아짐에 따라 점차 감소하였다가 1,400~1,500m 구간에서 급격히 증가하여 161분류군, 1,500~1,600m 구간에서 124분류군이 출현하는 역단봉형 패턴을 보였다. 목본식물의 경우 800~900m 구간에서 67분류군이 출현하였고, 고도가 높아짐에 따라 점차 감소하여 1,300~1,400m 구간에서 39분류군이 출현하였으며, 1,400~1,500m 구간부터 44분류군으로 다시 증가하는 경향을 보였다. 초본식물의 경우 800~900m 구간에서 166분류군이 출현하였고, 고도가 높아짐에 따라 점차 감소하여 1,000~1,100m 구간에서 59분류군이 출현하였다. 1,100~1,200m 구간에서 83분류군으로 약간 증가하고, 고도가 높아짐에 따라 점차 감소하였다가 1,400~1,500m 구간에서 급격히 증가하여 117분류군, 1,500~1,600m 구간에서 85분류군이 출현하여 전체 종수의 변화 패턴과 유사한 경향을 보였다.

고도에 따른 식물다양성 분포패턴 연구를 분석해보면, 중간 고도에서 가장 높은 값을 보이는 단봉형 패턴(Lee *et al.*, 2013; Yang *et al.*, 2014), 생활형에 따른 단봉형, 쌍봉형 및 역단봉형 패턴(Lee and Chun, 2016), 고도가 높아짐에 따라 종풍부도가 감소하는 패턴(Rahbek, 2005) 등 다양한 유형으로 분류된다. 주로 기온 및 강수량 등의 기후인자, 면적, 토양 이화학적 특성, 순일차생산량, 인위적 교란 등이 생물다양성 분포 패턴의 전형적인 설명변수로 사용되고 있고, 이러한 분포패턴은 여러 인자의 복합적 작용에서 기인한 결과이다(Rahbek, 2005; McCain, 2009; Acharya *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2013; An *et al.*, 2017). 본 연구의 경우 고도가 높아짐에 따라 감소하다가 특정 고도에서 증가하는 역단봉형 패턴을 보였다(Figure. 2). 이러한 패턴은 기후요인, 토양의 이화학적 요인, 지형적 요인, 광량, 인위적 교란 등 다양한 인자가 영향을 미치는 것으로 판단되었고(Tables 1, 2), 그 중 1,100~1,200m 구간의 경우 쉼터 등의 인위적 공간이 조성되어 지속적인 교란과 유기물, 전질소, 양이온치환용량 등의 급격한 증가로 변화된 입본 내 환경이 하층식생의 변화를 가져와 전체 종다양성의 증가에도 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한 1,400m 이상 구간의 경우 망경사, 휴게 시설 등이 넓게 형성된 인위적 공간과 수관의 열림도가 크게 증가함에 따라 하층에 도달하는 광량도 증가되었다(Table 1). 이러한 환경적 변화는 초본식물의 종다양성을 증가시켰고(Halpern, 1989; Miller *et al.*, 1995; Bhuju and Ohaswa, 1999), 그로 인해 전체 출현식물의 종다양성 또한 증가한 것으로 판단된다. 구간별 종풍부도와 환경요인 사이의 상관관계를 분석한 결과(Table 2), 유기물, 유효인산, 양이온치환용량 등의 토양 이화학적 특성과 유의한 상관관계를 나타냈다. Yang *et al.*(2009)에 따르면, 식물의 낙엽과 뿌리는 토양 내 유기물의 근원이 되기 때문에, 종풍부도가 높으면 낙엽의 풍부도도 증가하게 된다. 그로 인해 토양 내 분해자와 미생물다양성이 풍부해지고, 토양 유기물도 증가하게 된다. 토양 유기물은 인, 질소, 치환성 양이온과 같은 필수

Table 1. Environmental and soil variables of the eight sections in the study area.

Taxa		Elevation($\times 100\text{m}$)							
		8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
Canopy Openness	Mean	38.9	36.3	28.4	24.2	24.8	27.4	43.8	79.8
	SE	5.1	2.3	1.8	1.3	0.9	1.1	7.6	4.8
Transmitted Light	Mean	12.0	12.2	9.3	9.6	8.6	9.1	14.7	24.9
	SE	1.9	0.6	0.8	0.5	0.4	0.5	2.6	1.7
Slope	Mean	6.4	9.2	8.2	8.2	8.5	5.0	4.6	10.1
	SE	1.0	0.7	0.6	0.9	0.8	1.1	0.8	1.3
Depth of Litter Layer	Mean	1.0	1.6	2.4	2.8	3.8	3.6	3.1	1.4
	SE	0.3	0.1	0.3	0.3	0.6	0.4	0.4	0.4
Soil Moist	Mean	13.1	12.6	12.0	14.3	15.0	16.5	19.1	16.4
	SE	3.3	1.6	1.2	1.2	0.6	0.9	1.4	1.0
Soil Temperature	Mean	23.7	20.0	18.2	17.2	21.3	23.1	22.8	22.4
	SE	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3
Soil physico-chemical properties	pH	5.9	4.7	4.6	4.7	4.9	4.8	4.9	4.2
	Electric Conductivity	0.7	0.3	0.3	0.5	0.4	0.3	0.6	1.0
	Available Phosphate	20.1	2.3	1.8	3.2	2.5	2.5	12.4	7.0
	Organic Matter	73.9	52.1	64.8	84.2	72.3	71.3	82.3	105.6
	Total Nitrogen	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6
	Cation Exchange Capacity	32.7	32.7	34.6	41.4	36.9	35.3	36.3	38.2
	Exchangeable Ca^{2+}	13.3	0.6	0.5	2.4	1.9	0.9	3.6	2.0
	Exchangeable Mg^{2+}	1.1	0.1	0.1	0.4	0.4	0.2	0.5	0.6
	Exchangeable K^+	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.4	0.5
	Exchangeable Na^+	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05
Warmth Index		47.0	43.6	40.3	37.2	34.5	31.7	29.0	26.2
Area		3,921	2,831	3,350	2,706	3,634	6,336	6,533	5,402

Table 2. Correlations of environmental and soil variables to species richness. (** $p < 0.01$, * $p < 0.05$)

Environmental variables	Total	Trees	Herbs
Canopy Openness	0.140	-0.008	0.176
Transmitted Light	0.101	-0.062	0.142
Slope	-0.422	-0.225	-0.463
Depth of Litter Layer	-0.503	-0.666	-0.441
Soil Moist	0.029	-0.381	0.141
Soil Temperature	0.570	0.344	0.613
pH	0.888**	0.891**	0.857**
Electric Conductivity	0.511	0.268	0.561
Available Phosphate	0.969**	0.816*	0.979**
Organic Matter	0.970**	0.907**	0.954**
Total Nitrogen	-0.062	-0.337	0.017
Cation Exchange Capacity	0.885**	0.704	0.905*
Exchangeable Ca^{2+}	0.093	-0.227	0.178
Exchangeable Mg^{2+}	-0.362	-0.589	-0.286
Exchangeable K^+	0.463	0.157	0.532
Exchangeable Na^+	-0.129	-0.254	-0.091
Warmth Index	0.389	0.722*	0.284
Area	0.131	-0.190	0.215

원소들의 저장고 역할을 하기 때문에 식물의 군집화나 정착에 중요하게 작용하고, 나아가 이러한 토양의 이화학적 특성은 식물의 종풍부도나 생산성에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 Lee and Kim(2017)에 따르면, 다수의 연구에서 조사면적은 식물다양성에 직·간접적인 영향을 미친다고 보고하였으나, 본 연구에서는 종다양성과 면적과의 유의한 상관관계가 없었다. 이는 다양한 환경요인이 고도별 식물다양성 분포패턴에 복합적으로 영향을 미치나, 본 연구지역에서는 인위적 간섭이 높은 구간에서, 특히 초본식물의 종다양성이 높게 나타난 것에 기인한 결과로 판단된다. 식물종은 생물다양성의 구성요소로서 생산성, 저항력 등의 생태계 기능에 관련된 요소들과 밀접한 관련이 있기 때문에, 생물다양성의 분포 패턴 및 환경인자와 관련된 본 연구 결과는 생물다양성 보전과 지속가능한 이용 및 보전구역 설정·관리를 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다(Grytnes and Vetaas, 2002; Lee and Kim, 2017).

3. 구간별 기능적 특성의 변화

출현종의 성장형과 광 요구조건에 따라 생육지 유형을 구분하여 비교한 결과, 고도가 높아짐에 따라 산림에 생육하는 종의 비율은 증가하고 교란지에 생육하는 종의 비율은 감소하다가 특정 구간부터 다시 증가하는 경향을 보였다(Figure 3). 이러한 결과는 저지대에서는 매표소, 주차장 등의 인위적 공간이 조성되어 교란지에서 생육하는 종들의 비율이 높게 나타났고, 고도가 높아짐에 따라 점차 감소하다가, 망경사, 휴게시설 등의 인위적 간섭이 높아지는 1,400m 이상부터 다시 증가한 것으로 판단된다.

출현종의 생활형을 구분하여 비교한 결과(Figure 4), 일년생 초본의 출현 비율은 800~900m에서 9.8%로 가장 높게 나타났고, 점차 감소하다가 1,400~1,500m 구간에서 9.3%로 다시 증가하는 경향을 보였다. 다년생 초본의 경우 800~900m 구간에서 61.4%로 나타났고, 점차 감소하다가 1,100~1,200m 63.7%로 증가한 후 정상부까지 유사한 비율로 출현하였다. 만경류의 출현비율은 초반 구간에서 증감을 반복하다가 고도가 높아짐에 따라 점차 감소하는 경향을 보였고, 관목성 수종의 경우 그 반대로 초반 구간에서 증감을 반복하다가 고도가 높아짐에 따라 점차 증가하는 경향을 보였다. 교목성 수종의 경우 800~900m에서 10.3%로 나타났고, 그 비율이 점차 증가하다가 1,400~1,500m 구간에서 9.9%로 감소하여 일년생 초본의 출현 패턴과 반대의 경향이 나타났다. Wang *et al.*(2003)의 연구 결과에 따르면, 고도가 높아짐에 따라 일년생 초본과 다년생 초본이 차지하는 비율은 각각 감소 및 증가하는 경향을 확인하였다. 이는 두 생활형이 갖는 각기 다른 생태적 지위(ecological niche)에 의한 차이로, 일년생 초본의 경우 성장하는 동안의 적절한 온도와 그 기간이 충분하지만 토양 내 수분이 낮은 저지대에서 생육이 유리

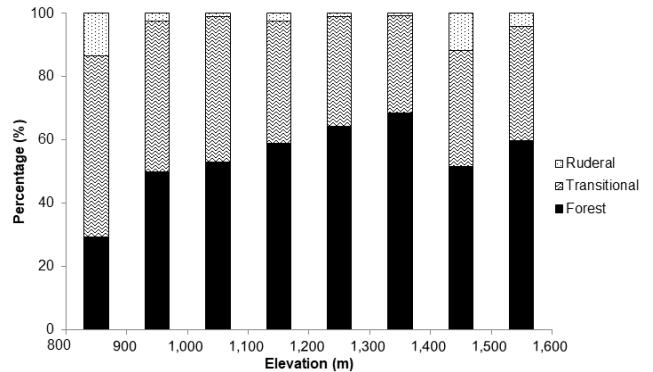


Figure 3. Variations of percentage of habitat affinity types along elevational gradients in the study area.

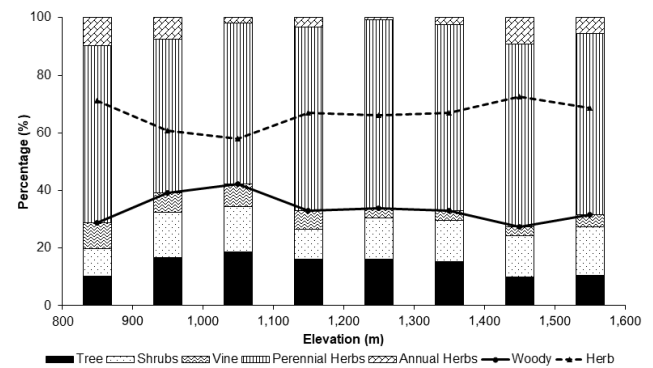


Figure 4. Variations of percentage of life forms along elevational gradient in the study area.

하고, 다년생 초본은 낮은 온도와 충분한 강수량으로 이용할 수 있는 토양 수분이 많지만 성장기의 기간이 짧고, 서리의 발생이 이른 고지대에서 생육이 유리하기 때문이라 보고하였다(Wang *et al.*, 2003). 하지만, 본 연구 결과에서는 일년생 및 다년생 초본 모두 고도가 높아짐에 따라 감소하다가 인위적 간섭이 있는 특정 구간에서 증가하는 경향을 보여, 물리적 환경 외에도 인위적 교란 등의 요인이 종다양성 분포패턴에 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한 교목성 수종은 고도가 높아짐에 따라 점차 증가하다가 특정 구간 이후부터 감소하였고, 관목성 수종은 뚜렷한 경향성이 나타나지 않아 본 연구 결과와 유사하게 나타났다.

구간별 목본식물과 초본식물이 각각 차지하는 비율을 비교한 결과(Figure 4), 목본식물의 경우 고도가 높아짐에 따라 점차 증가하다가 인위적 간섭이 높은 특정 구간에서 큰 폭으로 감소하는 경향을 보였고, 초본식물의 경우 그 반대의 경향성을 나타냈다. Zhang *et al.*(2016)에 따르면, 인위적 교란은 상층 식생의 피도나 활력을 감소시키고, 상층의 밀도는 하층에 도달하는 광량, 습도, 온도 등에 직접적인 영향을 미친다고 보고하였다. 이로 인해 하층 식생이 이용할 수 있는 자원이 증가하게

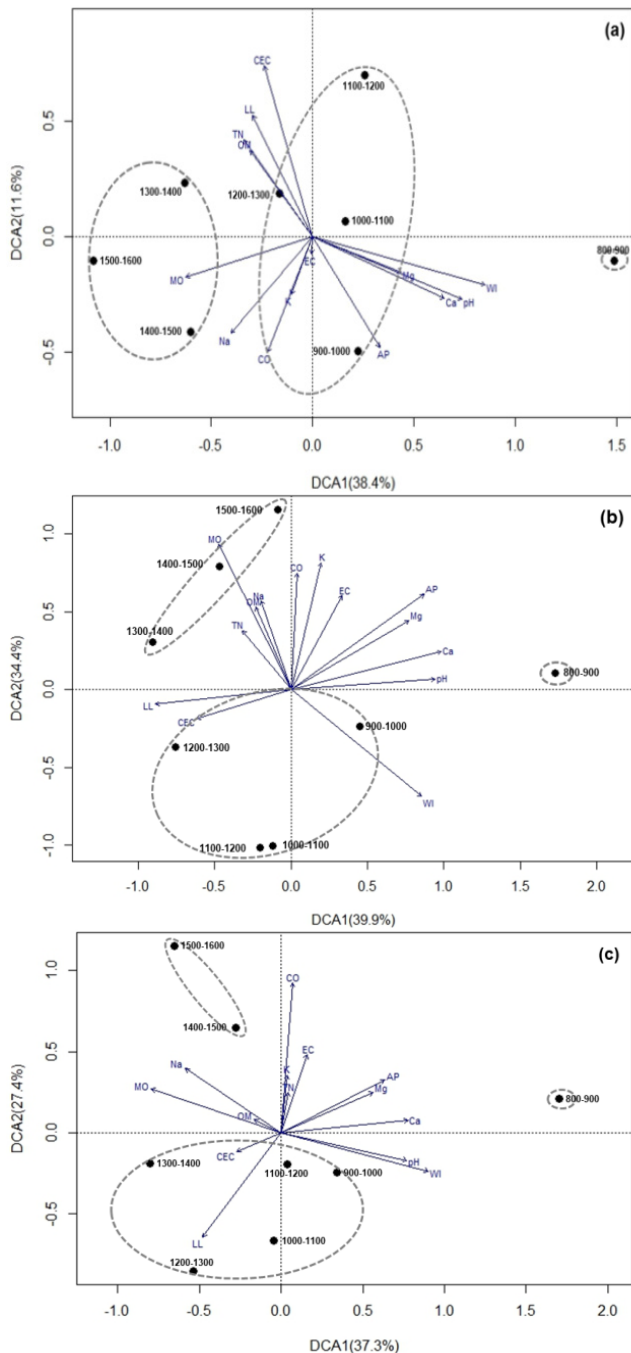


Figure 5. Ordination diagrams of the eight sections for plant distribution using the DCA method (a: trees, b: herbs, c: total)(WI: warmth index, LL: depth of litter layer, EC: electronic conductivity, AP: available phosphate, OM: organic matter, TN: total nitrogen, CO: canopy openness, MO: soil moist, pH: soil pH, Ca: exchangeable Ca^{2+} , Mg: exchangeable Mg^{2+} , K: exchangeable K^+ , Na: exchangeable Na^+ , CEC: cation exchange capacity).

되고, 이용가능한 자원의 증가는 새로운 하층 식생이 들어와 군집을 형성하고 더 넓은 범위의 생태적 지위를 갖고 중풍부도 증가에 기여한다. 따라서 하층 식생은 인간의 간섭에 더 민감하며, 지속적인 인위적 간섭은 하층 식물의 분포 범위를 확장시킬 기회를 제공한다. 본 연구 결과, 인위적 간섭이 높은 특정 구간에서 초본식물의 비율이 증가하였으나, 그 가운데 교란지에서 생육하는 종이나 귀화식물의 비율도 함께 증가함에 따라 향후 이들의 분포 범위가 확장되지 않도록 지속적인 모니터링과 관리가 필요할 것으로 판단된다.

이처럼 고도별 환경구배에 따른 기능형의 분석은 환경변화에 대한 식물의 반응과 자원 이용에 대해 이해하는데 분류학적 구분보다 더 유용하게 활용된다(Duarte, 1999; Westoby, 1999; Wilson, 1999). 또한 고도별 구배에 의해 새롭게 출현하거나 쇠퇴하는 종들의 기능적 특성을 분석함에 따라, 미래 환경변화에 따른 종 집단을 예측하기 위한 중요한 기초자료로 활용 될 것이다(Ren *et al.*, 2006; Baniya *et al.*, 2012).

4. 구간별 유사성 분석

DCA ordination 기법을 이용하여 조사지역 내 출현한 식물종의 고도에 따른 분포변화를 분석하였다. 해발 100m 구간마다의 식물들을 서열화함으로써 가까이 분포하는 정도에 따라 구간별 식물 종조성의 분포 유사성을 비교할 수 있었다. 조사지역 내 출현한 목본식물 109분류군의 8개 구간별 분포 유사성을 확인한 결과(Figure 5a), 구간별 식물은 I 축상의 해발 900m와 1,300m를 경계로 분포변화를 나타내 3개의 그룹으로 구분되었다. 초본식물 276분류군의 경우 또한 I 축상의 해발 900m와 1,300m를 경계로 분포변화를 나타내 3개의 그룹으로 구분되었다. II 축에 대해서는 800~900m 및 1,300~1,600m 구간과 900~1,300m 구간으로 2개의 그룹으로 구분되었다(Figure 5b). 전체 출현종 385분류군의 8개 구간별 분포 유사성을 확인한 결과, I 축상의 해발 900m와 1,400m를 경계로 분포변화를 나타내 3개의 그룹으로 구분되었다. II 축상의 경우 800~900m 및 1,400~1,600m 구간과 900~1,400m 구간으로 2개의 그룹으로 구분되었다(Figure 5c). 전체 출현종의 구간별 배치는 초본식물의 분포변화와 유사하게 나타났으며, 고도에 따른 식물 분포의 변화는 목본식물보다 초본식물의 분포와 관계가 더 큰 것으로 판단된다.

본 조사지역의 구간별 식물의 배치는 I 축상의 오른쪽으로부터 왼쪽을 향해 고도에 따라 순차적으로 배열되었다. 이러한 결과는 I 축은 고도에 따른 온도변화가 그 식물의 분포양상에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한 II 축상의 구간별 식물의 종조성 차이는 고도(온도)와 다른 환경요인이 작용하고 있는 것으로 판단된다. 실제로 구간별 종조성과 환경요인 사이의 상관관계를 분석한 결과(Table 3), I 축은 온량지수(WI)와 유의한 정의 상관관계를 나타냈고, II 축은 유기물, 치환성 양이온

Table 3. Correlations of environmental and soil variables to the first two DCA axes. (**p<0.01, *p<0.05)

Environmental variables	Correlations (r)					
	Total		Trees		Herbs	
	Axis 1	Axis 2	Axis 1	Axis 2	Axis 1	Axis 2
Canopy Openness	-0.112	0.877**	-0.476	0.435	0.072	0.655
Transmitted Light	-0.147	0.888**	-0.507	0.398	0.039	0.641
Slope	-0.073	-0.056	-0.041	-0.071	-0.089	-0.396
Depth of Litter Layer	-0.681	-0.467	-0.419	-0.406	-0.760*	-0.067
Soil Moist	-0.534	0.564	-0.715*	0.127	-0.398	0.799*
Soil Temperature	0.093	0.492	-0.159	0.469	0.208	0.828*
pH	0.830*	-0.077	0.787*	0.107	0.784*	0.041
Electric Conductivity	0.190	0.805*	-0.123	0.088	0.310	0.526
Available Phosphate	0.696	0.529	0.416	0.355	0.778*	0.499
Organic Matter	-0.295	0.731*	-0.508	-0.224	-0.195	0.466
Total Nitrogen	-0.345	0.675	-0.527	-0.259	-0.250	0.333
Cation Exchange Capacity	-0.489	0.153	-0.417	-0.684	-0.504	-0.114
Exchangeable Ca ²⁺	0.833*	0.262	0.668	0.116	0.839**	0.194
Exchangeable Mg ²⁺	0.612	0.493	0.384	0.064	0.658	0.376
Exchangeable K ⁺	0.044	0.861**	-0.297	0.228	0.198	0.710*
Exchangeable Na ⁺	-0.299	0.761*	-0.590	0.294	-0.133	0.510
Warmth Index	0.831*	-0.486	0.945**	0.055	0.719*	-0.583

K⁺ 등 토양의 이화학적 특성과 유의한 상관관계를 나타냈다. 이처럼 식물종은 온도에 따른 고유의 내성범위 내에서 분포하기 때문에 온도 변화는 고도별 식물분포 양상에 크게 관여할 것으로 판단된다. 따라서 기후변화로 인한 기온상승이 식물종의 수직적 분포 한계선과 식물군락의 종조성 변화 및 다양성에 영향을 미칠 것으로 예측됨에 따라(Lee *et al.*, 2010), 기후변화에 따른 식물자원의 보전 및 관리방안 마련을 위한 기초자료로 활용될 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Acharya, B.K., C. Basundhara and V. Lalitha(2011) Distribution pattern of trees along an elevation gradient of eastern Himalaya, India. *Acta Oecologica* 37(4): 329-3360.
- An, J.H., H.J. Park, G.H. Nam, B.Y. Lee, C.H. Park and J.H. Kim(2017) Vertical distribution of vascular plant species along an elevational gradients in the Gyeongbansan area of Odaesan national park. *Korean Society of Limnology* 50(4): 381-402. (in Korean with English abstract)
- Baniya, C.B., T. Solhoy, Y. Gauslaa and M.W. Palmer(2012) Richness and composition of vascular plants and cryptogams along a high elevational gradient on Buddha Mountain, Central Tibet. *Folia Geobotanica* 47(2): 135-151.
- Bhujii, D.R. and M. Ohsawa(1999) Species dynamics and colonization patterns in an abandoned forest in an urban landscape. *Ecology Research* 14(2): 139-153.
- Cho, H.S., G.T. Kim and G.C. Choo(2005) Studies on the Structure of forest community at the Danggol valley in Taebaeksan area, the Baekdudaegan. *Korean Journal of Environment Ecology* 19(1): 55-62. (in Korean with English abstract)
- Choi, D.K.(2009) Trilobite faunal assemblages of the Taebaeksan basin and their importance in reconstructing the early paleozoic paleogeography and paleoenvironments of Korean peninsula. *Journal of Paleontological Society Korea* 25(2): 129-148. (in Korean with English abstract)
- David S.P., B. Francesco, V. Fernando and A. Escudero(2016). Plant trait variation along altitudinal gradient in Mediterranean high mountain grassland: controlling the species turnover effect. *PLoS ONE* 10(3): e0118876. doi:10.1371/journal.pone.0118876
- Duarte, C.M.(1999) Method in comparative functional ecology. In: *Handbook of functional plant ecology* (Pugnaire, F. I. and F. Valladares, eds.). Marcel Dekker, New York, pp. 1-8.

- Galan de Mera, A., M.A. Hagen and J.A. Vicente Orellana(1999) Aerophyte, a new life form in Raunkiaer's classification. *Journal of Vegetation Science* 10: 65-68.
- Grytnes, J.A. and O.R. Vetaas(2002) Species richness and altitude: a comparison between null models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, Nepal. *American Naturalist* 159(3): 294-304.
- Halpern, C.B.(1989) Early successional patterns of forest species: Interactions of life history traits and disturbance. *Ecology* 70(3): 704-720.
- Heaney, L.R.(2001) Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology and Biogeography* 10(1): 15-39.
- Hill, M.O. and H.G. Gauch(1980) Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegatio* 42(1-3): 47-58.
- Kessler, M.(2000) Elevational gradients in species richness and endemism of selected plant groups in the central Bolivian Andes. *Plant Ecology* 149(2): 181-193.
- Kim, G.T. and G.J. Baek(1998) Studies on the Stand Structure of *Taxus cuspidata* Forest at Janggunbong Area in Taebaeksan. *Korean Journal of Environment Ecology* 12(1): 1-8. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S. and T.Y. Kim(2011) Woody plants of Korean Peninsula. *Dolbegae, Paju, Korea*, 716pp. (in Korean)
- Kim, S.Y.(2012) Syntaxonomy of Subalpine Vegetation in Korea. Ph. D. Thesis, University of Keimyung, Daegu, Korea. (in Korean with English abstract).
- Kim, Y.S., D.O. Lim, H.K. Oh and H.T. Shin(2002) Vascular plants of Taebaeksan, Hambaeksan, Geumdaebong(peak) and Maebongsan in the Baekdudaegan. *Korean Journal of Environment Ecology* 15(4): 293-318. (in Korean with English abstract)
- Kira, T.(1948) On the altitudinal arrangement of climatic zones in Japan. *Kanti-Nogaku* 2: 143-173. (in Japanese)
- Korea Fern Society(2005) *Ferns and Fern Allies of Korea*. Geobook, Seoul, Korea, 688pp. (in Korean)
- Korea Meteorological Administration(KMA)(2017) *Climatological stand normal of Korea*. <http://www.kma.go.kr> (in Korean)
- Korea National Park Research Institute(KNPS)(2017) *Research of natural resources in Mt. Taebaeksan*. Wonju, Korea, 893pp. (in Korean)
- Lande, R.(1982) A quantitative genetic theory of life history evolution. *Ecology* 63(3): 607-615.
- Lee, B.Y., G.H. Nam, J.H. Yun, G.Y. Cho, J.S. Lee, J.H. Kim, T.S. Park, K.G. Kim and K.H. Oh(2010) Biological indicators to monitor responses against climate change in Korea. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 40(4): 202-207.
- Lee, B.Y., G.H. Nam, J.Y. Lee, C.H. Park, C.E. Lim, M.H. Lee, S.J. Lee, T.K. Noh, J.A. Lim, J.E. Han and J.H. Kim(2011a) *National list of species of Korea (Vascular plants)*. National Institute of Biological Resources, Incheon, Korea, 633pp. (in Korean)
- Lee, C.B. and H.H. Kim(2017) Elevational patterns and determinants of plant diversity on the Mt. Baekhwa, South Korea. *Journal of Agriculture & Life Science* 51(4): 11-19. (in Korean with English abstract)
- Lee, C.B. and J.H. Chun(2016) Environmental drivers of patterns of plant diversity along a wild environmental gradient in Korean temperate forests. *Forests* 7(1), 19: 1-16.
- Lee, C.B., J.H. Chun and H.H. Kim(2013) 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 with English abstract)
- Lee, S.C., H.M. Kang, S.H. Choi, S.G. Park and C.Y. Yu(2016) The change of vegetation structure by slope and altitude in Taebaeksan provincial park. *Korean Journal of Environment Ecology* 30(3): 375-385. (in Korean with English abstract)
- Lee, T.B.(1980) *Illustrated flora of Korea*. Hyangmunsa, Seoul, Korea, 990pp. (in Korean)
- Lee, T.B.(2003) *Coloured flora of Korea*. Vol. I, II. Hyangmunsa, Seoul, Korea, 1928pp. (in Korean)
- Lee, W.T. and Y.J. Yim(1978) Studies on the distribution of vascular plants in the Korean peninsula. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 8(Appendix): 1-33. (in Korean with English abstract)
- Lee, W.T.(1996a) *Lineamenta florae Koreae*. Academy Press, Seoul, Korea, 689pp. (in Korean)
- Lee, W.T.(1996b) *Standard illustrations of Korean plants*. Academy Press, Seoul, Korea, 624pp. (in Korean)
- Lee, Y.M., S.H. Park, S.Y. Jung, S.H. Oh and J.C. Yang(2011b). Study on the current status of naturalized plants in south Korea. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 41(1): 87-101. (in Korean with English abstract)
- Lee, Y.N.(2006) *New flora of Korea*. Vol. I, II. Gyohaksa, Seoul, Korea, 1859pp. (in Korean)
- Li, J.S., Y.L. Song and Z.G. Zeng(2003) Elevational gradients of small mammal diversity on the northern slopes of Mt. Qilian, China. *Global Ecology and Biogeography* 12(6): 449-460.
- Matteodo, M., W. Sonja, S. Veronika, R. Christian and V. Pascal(2013) Elevation gradient of successful plant traits for colonizing alpine summits under climate change. *Environmental Research Letters* 8(2): 1-10.
- McCain, C.M.(2009) Global analysis of bird elevation diversity. *Global Ecology and Biogeography* 18(3): 346-360.
- Miller, J.H., B.R. Jutter, S.M. Zedaker, M.B. Edwards and R.A.

- Newbold(1995) Early plant succession in loblolly pine plantations as affected by vegetation management. *Southern Journal of Applied Forestry* 19(3): 109-116.
- National Institute of Biological Resources(NIBR)(2013) *Endemic Species of Korea*. Incheon, Korea, 921pp. (in Korean)
- National Institute of Environmental Research(NIER)(2012) *A Guide to the 4th Natural Environment Research*, Incheon, Korea, pp. 173-226. (in Korean)
- Oh, B.U., D.G. Jo, S.C. Ko, H.T. Im, W.K. Paik, G.Y. Chung, C.Y. Yoon, K.O. Yoo, C.G. Jang and S.H. Kang(2009) *Distribution Maps of Vascular Plants of Korean Peninsula, VI. Central Province (Gangwon-do)*. Korea Forest Service, Daejeon, Korea. (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, Korea, 446pp. (in Korean)
- Ohsawa, M.(1995) Latitudinal comparison of altitudinal changes in forest structure, leaf-type, and species richness in humid monsoon Asia. *Vegetatio* 121(1-2): 3-10.
- Oommen, M.A. and K. Shanker(2005) Elevational species richness patterns emerge from multiple local mechanisms in Himalayan woody plants. *Ecology* 86(11): 3039-3047.
- Park, K.H., C.S. Cheong, K.S. Lee and H.W. Chang(1993) Isotopic composition of lead precambrian granitic rocks of the Taegaeg Area. *Journal of the Geological Society of Korea* 29(4): 387-395. (in Korean with English abstract)
- Pausas, J.G. and M.K. Austin(2001) Patterns of plant species richness in relation to different environments: an appraisal. *Journal of Vegetation Science* 12(2): 153-166.
- Pellissier, L., B. Fournier, A. Guisan and P. Vittoz(2010) Plant traits co-vary with altitude in grassland and forests in the European Alps. *Plant Ecology* 211(2): 351-365.
- 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 Letter* 8(2): 224-239.
- Ren, H.B., S.K. Niu, L.Y. Zhang and K.P. Ma(2006) Distribution of vascular plant species richness along an elevational gradient in the Dongling mountains, Beijing, China. *Journal of Integrative Plant Biology* 48(2): 153-160.
- Roh, B.H., K.H. Jeong and Y.H. Roh(2005) Visitors' satisfaction about snow sculptures of the Mt. Taebek Snow Festival. *Journal of Korean Society of Design Science* 60(2): 91-100. (in Korean with English abstract)
- Rowe, R.J.(2009) Environmental and geometric drivers of small mammal diversity along elevational gradients in Utah. *Ecography* 32(3): 411-422.
- Sanders, N.J.(2002) Elevational gradients in ant species richness: Area, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography* 25(1): 25-32.
- Shin, H.T., J.W. Yoon, S.J. Kim, T.I. Heo, Y.H. Kwon, D.O. Lim and J.B. An(2015) Vascular plants in Mt. Taebaeksan (Taebaek-si), Korea. *Korean Journal of Environment Ecology* 29(3): 309-332. (in Korean with English abstract)
- Son, J.Y., D.Y. Jung and J.C. Kang(2004) A study on the participants' motivation of Taebaeksan Snow Festival. *Journal of Hotel & Resort* 3(2):193-205. (in Korean with English abstract)
- Virtanen, R. and M.J. Crawley(2010) Contrasting patterns in bryophyte and vascular plant species richness in relation to elevation, biomass and Soay sheep on St Kilda, Scotland. *Plant Ecology & Diversity* 3(1): 77-85.
- Wang, G.H., G.S. Zhou and L.M. Yang(2003) Distribution, species diversity and life form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China. *Plant Ecology* 165(2): 169-181.
- Westoby, M.(1999) Generalization in functional plant ecology: the species sampling problem, plant ecology strategy schemes and phylogeny. pp. 847-872. In: *Handbook of functional plant ecology* (Pugnaire, F.I. and F. Valladares, eds.), New York, Marcel Dekker.
- Wilson, J.B.(1999) Guilds, functional types and ecological groups. *Oikos* 86(3): 507-522.
- Yang, J.C., H.S. Hwang, H.J. Lee, S.Y. Jung, S.J. Ji, S.H. Oh and Y.M. Lee(2014) Distribution of vascular plants along the altitudinal gradient of Gyeongbansan (Mt.) in Korea. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity* 7(1): 40-71.
- Yang, Y.H., Y. N. Chen and W. H. Li(2009) Relationship between soil properties and plant diversity in an desert riparian forest in the lower reaches of the Tarim river, Xinjiang, China. *Arid Land Research and Management* 23: 283-296.
- 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: 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: 269-278.
- Zhang, W., D. Huang, R. Wang, J. Liu and N. Du(2016) Altitudinal patterns of species diversity and phylogenetic diversity across temperate mountain forests of Northern China. *PLoS ONE* 11(7): e0159995.

Appendix 1. The list of vascular plants in the Mt. Taebaeksan national park.

Taxa	H.T	Remarks	Elevation(×100m)								
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	
Equisetaceae 속새과											
<i>Equisetum arvense</i> L. 쇠뜨기	T		O								
Ophioglossaceae 고사리삼과											
<i>Botrychium nipponicum</i> Makino 단풍고사리삼	F						O				
<i>Botrychium ternatum</i> (Thunb.) Sw. 고사리삼	F									O	
Osmundaceae 고비과											
<i>Osmunda cinnamomea</i> L. 꿩고비	F								O		
Pteridaceae 봉의꼬리과											
<i>Coniogramme intermedia</i> Hieron. 고비고사리	F										O
Aspleniaceae 꼬리고사리과											
<i>Asplenium incisum</i> Thunb. 꼬리고사리	T		O								
Onocleaceae 야산고비과											
<i>Pentarhizidium orientale</i> (Hook.) Hayata 개면마	F			O	O	O					
Athyriaceae 개고사리과											
<i>Athyrium niponicum</i> (Mett.) Hance 개고사리	T		O								
<i>Athyrium sinense</i> Rupr. 참새발고사리	F		O		O	O	O			O	
<i>Athyrium yokoscense</i> (Franch. & Sav.) H. Christ 뱀고사리	F		O	O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Cornopteris crenulato-serrulata</i> (Makino) Nakai 응달고사리	T				O	O					
<i>Deparia pycnosora</i> (H. Christ) M. Kato 털고사리	T		O			O					
Thelypteridaceae 처녀고사리과											
<i>Phegopteris connectilis</i> (Michx.) Watt 가래고사리	F	II							O		O
Dryopteridaceae 관중과											
<i>Dryopteris crassirhizoma</i> Nakai 관중	F	I	O	O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Dryopteris expansa</i> (C. Presl) Fraser-Jenk. & Jermy 퍼진고사리	F	II					O	O	O	O	O
<i>Dryopteris monticola</i> (Makino) C. Chr. 왕지네고사리	F				O	O					
<i>Leptorumohra miqueliana</i> (Maxim. ex Franch. & Sav.) H. Ito 왁살고사리	F							O	O		
<i>Polystichum braunii</i> (Spenn.) Fée 좀나도히초미	F	II	O	O		O			O		
<i>Polystichum tripterum</i> (Kunze) C. Presl 십자고사리	F		O								
Polypodiaceae 고란초과											
<i>Lepisorus ussuriensis</i> (Regel & Maack) Ching 산일엽초	F									O	
Pinaceae 소나무과											
<i>Abies nephrolepis</i> (Trautv.) Maxim. 분비나무	F	III							O	O	O
<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carrière 일본잎갈나무	T			O	O	O					O
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc. 소나무	F		O			O	O				
<i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc. 잣나무	F	I	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Taxaceae 주목과											
<i>Taxus cuspidata</i> Siebold & Zucc. 주목	F	III								O	O
Magnoliaceae 목련과											

Appendix 1. Continued

Taxa	H.T	Remarks	Elevation(×100m)							
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
<i>Magnolia sieboldii</i> K. Koch 함박꽃나무	F			O	O	O	O	O	O	
Lauraceae 녹나무과										
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume 생강나무	F			O	O	O				
Aristolochiaceae 쥐방울덩굴과										
<i>Aristolochia manshuriensis</i> Kom. 등침	F	III	O	O	O	O				
<i>Asarum sieboldii</i> Miq. 죽도리풀	F		O	O	O	O	O	O	O	O
Schisandraceae 오미자과										
<i>Schisandra chinensis</i> (Turcz.) Baill. 오미자	T		O	O		O				
Ranunculaceae 미나리아재비과										
<i>Aconitum jaluense</i> Kom. 투구꽃	F	I	O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Aconitum longecassidatum</i> Nakai 흰진범	F	III	O							
<i>Aconitum pseudolaeve</i> Nakai 진범	F	En	O			O	O		O	O
<i>Anemone amurensis</i> (Korsh.) Kom. 들바람꽃	F	IV					O			
<i>Anemone koraiensis</i> Nakai 홀아비바람꽃	F	IV, En	O				O			
<i>Anemone raddeana</i> Regel 꿩의바람꽃	F	I					O			
<i>Anemone reflexa</i> Stephan 회리바람꽃	F	IV				O	O	O		
<i>Cimicifuga dahurica</i> (Turcz. ex Fisch. & C. A. Mey.) Maxim. 눈빛승마	F		O							
<i>Cimicifuga simplex</i> (DC.) Wormsk. ex Turcz. 촛대승마	F	I	O							O
<i>Clematis apiifolia</i> DC. 사위질빵	T		O							
<i>Clematis koreana</i> Kom. 세잎종덩굴	F	III							O	O
<i>Clematis trichotoma</i> Nakai 할미밀망	T	En	O							
<i>Hepatica asiatica</i> Nakai 노루귀	F					O	O			
<i>Ranunculus japonicus</i> Thunb. 미나리아재비	T		O							
<i>Thalictrum minus</i> var. <i>hypoleucum</i> (Siebold & Zucc.) Miq. 춤평의다리	T		O							
<i>Thalictrum tuberiferum</i> Maxim. 산평의다리	F		O		O	O	O	O	O	O
Berberidaceae 매자나무과										
<i>Berberis amurensis</i> Rupr. 매발톱나무	F	I							O	O
Menispermaceae 새모래덩굴과										
<i>Menispermum dauricum</i> DC. 새모래덩굴	T		O							
Papaveraceae 양귀비과										
<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i> (H. Hara) Ohwi 애기똥풀	T		O							
<i>Hylomecon vernalis</i> Maxim. 피나무	F	I	O		O	O	O			
Fumariaceae 현호색과										
<i>Corydalis ohii</i> Lidén 선현호색	F	En	O						O	O
<i>Corydalis speciosa</i> Maxim. 산괴불주머니	T		O			O		O	O	
Ulmaceae 느릅나무과										
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (Rehder) Nakai 느릅나무	T		O							

Taxa	H.T	Remarks	Elevation(×100m)							
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
<i>Ulmus laciniata</i> (Trautv.) Mayr 난티나무	T	II	O							
Cannabaceae 삼과										
<i>Humulus japonicus</i> Siebold & Zucc. 환삼덩굴	R		O							
Moraceae 뽕나무과										
<i>Morus alba</i> L. 뽕나무	T		O							
<i>Morus bombycis</i> Koidz. 산뽕나무	T		O	O	O	O				
Urticaceae 췌기풀과										
<i>Boehmeria tricuspis</i> var. <i>paraspicata</i> Nakai ex H. Hara 풀거북꼬리	T		O		O	O	O			
<i>Laportea bulbifera</i> (Siebold & Zucc.) Wedd. 흑췌기풀	T		O	O						
<i>Pilea mongolica</i> Wedd. 모시물통이	T		O			O			O	
<i>Urtica angustifolia</i> Fisch. ex Hornem. 가는잎췌기풀	T		O							
<i>Urtica laetevirens</i> Maxim. 애기췌기풀	T		O							
Juglandaceae 가래나무과										
<i>Juglans mandshurica</i> Maxim. 가래나무	F	I	O		O					
Fagaceae 참나무과										
<i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb. 신갈나무	F		O	O	O	O	O	O	O	O
Betulaceae 자작나무과										
<i>Betula costata</i> Trautv. 거제수나무	F	III		O	O	O	O	O		
<i>Betula dahurica</i> Pall. 물박달나무	F	I		O	O	O				
<i>Betula ermanii</i> Cham. 사스래나무	F				O		O	O	O	O
<i>Betula pendula</i> Roth 자작나무	F		O							
<i>Betula schmidtii</i> Regel 박달나무	F	I		O						
<i>Carpinus cordata</i> Blume 까치박달	F		O	O			O	O		
<i>Corylus sieboldiana</i> var. <i>mandshurica</i> (Maxim.) C. K. Schneid. 물개암나무	F		O	O	O	O	O	O	O	O
Chenopodiaceae 명아주과										
<i>Chenopodium album</i> L. 명아주(흰명아주)	R	Na	O							O
Caryophyllaceae 석죽과										
<i>Cerastium holosteoides</i> var. <i>hallaisanense</i> (Nakai) M. Mizush. 점나도나물	T									O O
<i>Lychnis cognata</i> Maxim. 동자꽃	F	I				O	O			O O
<i>Pseudostellaria davidii</i> (Franch.) Pax 덩굴개별꽃	F		O							
<i>Pseudostellaria setulosa</i> Ohwi 숲개별꽃	F	En				O	O	O	O	O
<i>Sagina japonica</i> (Sw.) Ohwi 개미자리	T									O
<i>Silene firma</i> Siebold & Zucc. 장구채	T		O	O						
<i>Silene seoulensis</i> Nakai 가는장구채	T								O	
<i>Stellaria aquatica</i> (L.) Scop. 쇠별꽃	T		O							
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill. 별꽃	T		O							O O
Polygonaceae 마디풀과										
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench 메밀	T									O
<i>Fallopia ciliinervis</i> (Nakai) K. Hammer 나도하수오	F		O							O

Taxa	H.T	Remarks	Elevation(×100m)								
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	
Brassicaceae 십자화과											
<i>Arabis gemmifera</i> (Matsum.) Makino 산장대	F		O						O	O	O
<i>Arabis glabra</i> (L.) Bernh. 장대나물	T		O								
<i>Arabis pendula</i> L. 늘어진장대	T	III	O							O	
<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br. 유럽나도냉이	R	Na	O								
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. 냉이	R		O							O	
<i>Cardamine impatiens</i> L. 짜리냉이	T		O								
<i>Cardamine leucantha</i> (Tausch) O. E. Schulz 미나리냉이	T		O				O				
<i>Cardamine manshurica</i> (Kom.) Nakai 애기황새냉이	R		O								
<i>Draba nemorosa</i> L. 꽃다지	R		O							O	
<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser 속속이풀	R									O	
<i>Sisymbrium luteum</i> (Maxim.) O. E. Schulz 노란장대	T	I	O							O	
<i>Thlaspi arvense</i> L. 말냉이	R		O								
Ericaceae 진달래과											
<i>Rhododendron mucronulatum</i> Turcz. 진달래	F									O	O
<i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim. 철쭉	F			O	O		O	O	O	O	O
<i>Vaccinium hirtum</i> var. <i>koreanum</i> (Nakai) Kitam. 산앵도나무	F	II								O	O
Pyrolaceae 노루발과											
<i>Pyrola japonica</i> Klenze ex Alef. 노루발	F				O					O	
Symplocaceae 노린재나무과											
<i>Symplocos sawafutagi</i> Nagam. 노린재나무	T				O	O	O	O	O	O	
Primulaceae 앵초과											
<i>Lysimachia clethroides</i> Duby 큰까치수염	T		O	O	O	O	O	O	O	O	
<i>Primula jesoana</i> var. <i>pubescens</i> (Takeda) Takeda & H. Hara ex H. Hara 큰앵초	F	II								O	
Hydrangeaceae 수국과											
<i>Deutzia glabrata</i> Kom. 물참대	F		O	O							
<i>Philadelphus tenuifolius</i> Rupr. ex Maxim. 얇은잎고광나무	F		O	O	O	O	O				
Grossulariaceae 까치밥나무과											
<i>Ribes mandshuricum</i> (Maxim.) Kom. 까치밥나무	F	I	O								
<i>Ribes maximowiczianum</i> Kom. 명자순	F			O				O		O	
Crassulaceae 돌나물과											
<i>Hylotelephium viviparum</i> (Maxim.) H. Ohba 새끼팽의비름	F									O	O
<i>Sedum aizoon</i> L. 가는거린초	T		O								O
<i>Sedum sarmentosum</i> Bunge 돌나물	T										O
Saxifragaceae 범의귀과											
<i>Astilbe koreana</i> (Kom.) Nakai 속은노루오줌	F			O	O	O	O	O	O	O	
<i>Astilbe rubra</i> Hook. f. & Thomson ex Hook. f. 노루오줌	T		O	O							O
<i>Chrysosplenium flagelliferum</i> F. Schmidt 애기괭이눈	T		O								
<i>Chrysosplenium pilosum</i> var. <i>valdepilosum</i> Ohwi 천마괭이눈	T								O		

Taxa	H.T	Remarks	Elevation(×100m)							
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
<i>Chrysosplenium pseudofauriei</i> H. Lév. 선괘이눈	T	III							O	
<i>Rodgersia podophylla</i> A. Gray 도깨비부채	F	IV							O	
Rosaceae 장미과										
<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. 짚신나물	T		O	O		O	O	O	O	O
<i>Aria alnifolia</i> (Siebold & Zucc.) Decne. 팔배나무	F				O		O	O		
<i>Aruncus dioicus</i> var. <i>kamtschaticus</i> (Maxim.) H. Hara 눈개승마	F	II				O		O	O	O
<i>Duchesnea indica</i> (Andr.) Focke 민땃딸기	T		O							O
<i>Filipendula glaberrima</i> (Nakai) Nakai 터리풀	F		O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Filipendula koreana</i> (Nakai) Nakai ex Kitag. 붉은터리풀	F			O						
<i>Geum japonicum</i> Thunb. 뱀무	T		O	O		O		O	O	O
<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh. 야광나무	F	I	O						O	O
<i>Potentilla cryptotaeniae</i> Maxim. 물양지꽃	T	I	O	O	O	O				O
<i>Potentilla fragarioides</i> L. 양지꽃	T		O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Prunus maackii</i> Rupr. 개벚나무	F	III	O							O
<i>Prunus maximowiczii</i> Rupr. 산개벚나무	F	II	O						O	O
<i>Prunus padus</i> L. 귀룽나무	F		O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim. 산돌배나무	T	I	O	O	O	O	O		O	O
<i>Rosa acicularis</i> Lindl. 인가목	F	II								O
<i>Rosa multiflora</i> Thunb. 찔레나무	T		O							
<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge 산딸기	T		O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Rubus idaeus</i> var. <i>microphyllus</i> Turcz. 멧덕딸기	F									O
<i>Rubus oldhamii</i> Miq. 줄딸기	T		O	O	O	O	O			
<i>Sanguisorba officinalis</i> L. 오이풀	T		O							
<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stellipila</i> Maxim. 쉬땅나무	T	III		O	O	O	O			O
<i>Sorbus commixta</i> Hedl. 마가목	F								O	O
<i>Spiraea fritschiana</i> C. K. Schneid. 참조팝나무	F	III								O
<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i> (Nakai) Nakai 조팝나무	T		O							
<i>Stephanandra incisa</i> (Thunb.) Zabel 국수나무	T			O	O	O	O	O	O	
<i>Waldsteinia ternata</i> (Stephan) Fritsch 나도양지꽃	F							O		
Fabaceae 콩과										
<i>Amphicarpaea bracteata</i> ssp. <i>edgeworthii</i> (Benth.) H. Ohashi 새콩	T		O		O					
<i>Desmodium podocarpum</i> var. <i>oxyphyllum</i> (DC.) H. Ohashi 도둑놈의갈고리	F								O	
<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz. 싸리	T		O	O	O				O	
<i>Lespedeza maximowiczii</i> C. K. Schneid. 조록싸리	T		O		O					
<i>Maackia amurensis</i> Rupr. & Maxim. 다릅나무	T			O	O	O				
<i>Medicago lupulina</i> L. 잔개자리	R	Na	O							
<i>Trifolium pratense</i> L. 붉은토끼풀	R	Na	O							
<i>Trifolium repens</i> L. 토끼풀	R	Na	O					O		O
<i>Vicia amoena</i> Fisch. 갈퀴나물	T		O							O

Taxa	H.T	Remarks	Elevation(×100m)								
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	
<i>Vicia unijuga</i> A. Braun 나비나물	T		O			O					
Elaeagnaceae 보리수나무과											
<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb. 보리수나무	T							O			
Onagraceae 바늘꽃과											
<i>Epilobium amurense</i> ssp. <i>cephalostigma</i> (Hauskn.) C. J. Chen, Hoch & P. H. Raven 돌바늘꽃	T									O	
<i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃	R	Na	O								
Cornaceae 층층나무과											
<i>Cornus controversa</i> Hemsl. 층층나무	T		O	O	O	O	O	O			
Celastraceae 노박덩굴과											
<i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb. 노박덩굴	T		O	O	O						
<i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Siebold 화살나무	T		O	O				O		O	
<i>Euonymus macropterus</i> Rupr. 나래회나무	F	I						O	O	O	
<i>Euonymus oxyphyllus</i> Miq. 참회나무	F		O	O		O	O	O	O		
<i>Tripterygium regelii</i> Sprague & Takeda 미역줄나무	T		O	O	O	O	O	O	O	O	
Rhamnaceae 갈매나무과											
<i>Rhamnus yoshinoi</i> Makino 짝자래나무	F		O								
Vitaceae 포도과											
<i>Vitis amurensis</i> Rupr. 왕머루	T		O		O	O	O				
Staphyleaceae 고추나무과											
<i>Staphylea bumalda</i> DC. 고추나무	T		O								
Aceraceae 단풍나무과											
<i>Acer barbinerve</i> Maxim. 청시닥나무	F	III	O	O	O	O			O	O	
<i>Acer komarovii</i> Pojark. 시닥나무	F	III		O	O	O	O	O	O	O	
<i>Acer mandshuricum</i> Maxim. 복장나무	F	II				O					
<i>Acer pictum</i> var. <i>mono</i> (Maxim.) Maxim. ex Franch. 고로쇠나무	F		O	O	O	O	O	O			
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom. 당단풍나무	F		O	O	O	O	O	O	O	O	
<i>Acer tegmentosum</i> Maxim. 산겨릅나무	F	IV	O	O		O	O				
Anacardiaceae 옷나무과											
<i>Toxicodendron trichocarpum</i> (Miq.) Kuntze 개옷나무	T			O	O						
Rutaceae 윤향과											
<i>Phellodendron amurense</i> Rupr. 황벽나무	T	II	O				O				
Oxalidaceae 팽이밥과											
<i>Oxalis acetosella</i> L. 애기팽이밥	F	III							O		
<i>Oxalis obtriangulata</i> Maxim. 큰팽이밥	F	I					O	O			
Geraniaceae 쥐손이풀과											
<i>Geranium eriostemon</i> Fisch. ex DC. 꽃쥐손이	F	II							O	O	
<i>Geranium koreanum</i> Kom. 둥근이질풀	F		O	O		O	O	O	O	O	
<i>Geranium sibiricum</i> L. 쥐손이풀	T		O								

Taxa	H.T	Remarks	Elevation(×100m)							
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
<i>Geranium thunbergii</i> Siebold ex Lindl. & Paxton 이질풀	T		O							
<i>Geranium wilfordii</i> Maxim. 세잎쥐손이	T		O	O	O					
Balsaminaceae 봉선화과										
<i>Impatiens noli-tangere</i> L. 노랑물봉선	T	I	O	O						
<i>Impatiens textori</i> Miq. 물봉선	T		O	O						
Araliaceae 두릅나무과										
<i>Aralia elata</i> (Miq.) Seem. 두릅나무	T			O	O				O	O
<i>Kalopanax septemlobus</i> (Thunb.) Koidz. 음나무	F			O						O
Apiaceae 미나리과										
<i>Angelica amurensis</i> Shish. 지리강활	F									O O
<i>Angelica czernaevia</i> (Fisch. & C. A. Mey.) Kitag. 잔잎바디	F				O			O		
<i>Angelica dahurica</i> (Fisch. ex Hoffm.) Benth. & Hook. f. ex Franch. & Sav. 구릿대	T				O					
<i>Angelica decursiva</i> (Miq.) Franch. & Sav. 바다나물	T								O	
<i>Angelica gigas</i> Nakai 당귀(참당귀)	F	III		O						O
<i>Angelica polymorpha</i> Maxim. 궁궁이	T			O	O					
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm. 전호	T			O		O				O
<i>Bupleurum longeradiatum</i> Turcz. 개시호	F	I							O	O O
<i>Cymopterus melanotilingia</i> (H. Boissieu) C. Y. Yoon 큰참나물	F	II			O	O				
<i>Heracleum moellendorffii</i> Hance 어수리	F			O				O		
<i>Osmorhiza aristata</i> (Thunb.) Rydb. 긴사상자	F							O		
<i>Ostericum grosseserratum</i> (Maxim.) Kitag. 신감채	T			O						
<i>Pimpinella brachycarpa</i> (Kom.) Nakai 참나물	F							O	O	O O
<i>Sanicula chinensis</i> Bunge 참반디	F			O	O			O		
<i>Torilis japonica</i> (Houtt.) DC. 사상자	T			O						
Gentianaceae 용담과										
<i>Gentiana triflora</i> f. <i>japonica</i> W. T. Lee & W. K. Paik 과남풀	F									O
Asclepiadaceae 박주가리과										
<i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino 박주가리	R		O							
Convolvulaceae 메꽃과										
<i>Cuscuta japonica</i> Choisy 새삼	T		O							
Boraginaceae 지치과										
<i>Brachybotrys paridiformis</i> Maxim. ex Oliv. 당개지치	F	II	O			O				
<i>Symphytum officinale</i> L. 컴프리	R	Na	O							
Phrymaceae 파리풀과										
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i> H. Hara 파리풀	F			O	O	O	O			
Lamiaceae 꿀풀과										
<i>Agastache rugosa</i> (Fisch. & C. A. Mey.) Kuntze 배초향	T		O						O	O
<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>shibetschense</i> (H. Lév.) Koidz. 산층층이	T		O	O						O
<i>Elsholtzia ciliata</i> (Thunb.) H. Hyl. 향유	T		O	O						O O

Taxa	H.T	Remarks	Elevation(×100m)								
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	
<i>Isodon excisus</i> (Maxim.) Kudô 오리방풀	T		O	O	O	O	O	O			
<i>Isodon inflexus</i> (Thunb.) Kudô 산박하	T		O								
<i>Lamium album</i> var. <i>barbatum</i> (Siebold & Zucc.) Franch. & Sav. 광대수염	T		O								
<i>Meehania urticifolia</i> (Miq.) Makino 별개덩굴	F		O	O	O	O	O	O	O	O	
<i>Prunella asiatica</i> Nakai 꿀풀	T		O	O	O		O	O	O	O	
Plantaginaceae 질경이과											
<i>Plantago asiatica</i> L. 질경이	R		O	O	O	O		O	O	O	
Oleaceae 물푸레나무과											
<i>Fraxinus mandshurica</i> Rupr. 들메나무	F	I	O								
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance 물푸레나무	F		O	O	O			O	O		
<i>Fraxinus sieboldiana</i> Blume 쇠물푸레	F			O	O	O	O		O		
<i>Syringa reticulata</i> var. <i>mandshurica</i> (Maxim.) H. Hara 개회나무	T	III	O								
<i>Syringa wolfii</i> C. K. Schneid. 꽃개회나무	F	IV							O	O	
Scrophulariaceae 현삼과											
<i>Melampyrum roseum</i> var. <i>ovalifolium</i> (Nakai) Nakai ex Beauverd 알머느리밥풀	T				O		O	O			
<i>Pedicularis resupinata</i> L. 송이풀	F						O	O	O	O	
<i>Scrophularia koraiensis</i> Nakai 토현삼	F	III, En							O		
Campanulaceae 초롱꽃과											
<i>Adenophora grandiflora</i> Nakai 도라지모시대	F						O	O	O		
<i>Asyneuma japonicum</i> (Miq.) Briq. 영아자	T		O								
<i>Campanula punctata</i> Lam. 초롱꽃	T				O	O	O	O	O	O	
Rubiaceae 꼭두선이과											
<i>Asperula maximowiczii</i> Kom. 개갈퀴	F		O	O	O	O	O				
<i>Galium dahuricum</i> Turcz. 큰잎갈퀴	F		O								
<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i> Nakai 솔나물	T		O								
<i>Rubia akane</i> Nakai 꼭두선이	T		O								
<i>Rubia chinensis</i> Regel & Maack 큰꼭두선이	T				O	O					
<i>Rubia cordifolia</i> var. <i>pratensis</i> Maxim. 갈퀴꼭두선이	F		O								
Diervillaceae 병꽃나무과											
<i>Weigela florida</i> (Bunge) A. DC. 붉은병꽃나무	F	II	O			O		O	O	O	
Caprifoliaceae 인동과											
<i>Lonicera maackii</i> (Rupr.) Maxim. 괴불나무	T		O								
<i>Lonicera maximowiczii</i> (Rupr.) Regel 홍괴불나무	F	II							O	O	
<i>Lonicera praeflorens</i> Batalin 울괴불나무	F	I			O						
<i>Lonicera subsessilis</i> Rehder 청괴불나무	F	II, En	O								
Viburnaceae 산분꽃나무과											
<i>Viburnum dilatatum</i> Thunb. 가막살나무	F							O			
<i>Viburnum opulus</i> var. <i>calvescens</i> (Rehder) H. Hara 백당나무	F									O	
Adoxaceae 연복초과											

Taxa	H.T	Remarks	Elevation(×100m)								
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	
<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn. 성긴이삭풀	R	Na									O
<i>Bromus pauciflorus</i> (Thunb.) Hack. 꼬리새	T		O								
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth 실새풀	F		O	O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Calamagrostis langsdorffii</i> (Link) Trin. 산새풀	F										O
<i>Dactylis glomerata</i> L. 오리새	R	Na	O								
<i>Diarrhena fauriei</i> (Hack.) Ohwi 광릉용수염풀	T	III	O								
<i>Diarrhena mandshurica</i> Maxim. 꺾질용수염풀	T	I	O	O	O	O		O	O	O	
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb. 큰김의털	R	Na	O								
<i>Festuca extremorientalis</i> Ohwi 왕김의털아재비	T										O
<i>Festuca ovina</i> L. 김의털	T									O	O
<i>Festuca parvigluma</i> Steud. 김의털아재비	T		O								
<i>Hierochloa odorata</i> (L.) P. Beauv. 향모	T									O	
<i>Melica nutans</i> L. 왕쌀새	T	II						O	O	O	O
<i>Microstegium vimineum</i> var. <i>imberbe</i> (Nees ex Steud.) Honda 큰듬성이삭새	T		O	O							
<i>Milium effusum</i> L. 나도겨이삭	T		O			O	O				
<i>Muhlenbergia japonica</i> Steud. 쥐꼬리새	T			O				O		O	
<i>Phalaris arundinacea</i> L. 갈풀	T		O								
<i>Phleum pratense</i> L. 큰조아재비	R	Na	O								
<i>Poa annua</i> L. 새포아풀	T		O	O						O	O
<i>Sasa borealis</i> (Hack.) Makino & Shibata 조릿대	T			O	O	O	O	O	O		
<i>Setaria faberi</i> R. A. W. Herrm. 가을강아지풀	R									O	
<i>Setaria glauca</i> (L.) P. Beauv. 금강아지풀	R		O								
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv. 강아지풀	R		O								
<i>Spodipogon sibiricus</i> Trin. 큰기름새	T		O			O					
<i>Stipa pekinensis</i> Hance 나래새	T			O	O	O	O	O			
Liliaceae 백합과											
<i>Allium thunbergii</i> G. Don 산부추	F										O
<i>Convallaria keiskei</i> Miq. 은방울꽃	F		O		O						
<i>Erythronium japonicum</i> Decne. 얼레지	F	I			O	O	O	O	O	O	O
<i>Heloniopsis koreana</i> S. Fuse, N. S. Lee & M. N. Tamura 처녀치마	F	II, En		O	O						
<i>Hosta capitata</i> (Koidz.) Nakai 일월비비추	F	I		O						O	
<i>Lilium tsingtauense</i> Gilg 하늘말나리	F			O		O	O	O	O	O	O
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F. W. Schmidt 두루미꽃	F	III				O	O	O	O	O	O
<i>Paris verticillata</i> M. Bieb. 샷갓나물	F					O	O				
<i>Polygonatum inflatum</i> Kom. 통통굴레	F		O	O							
<i>Polygonatum involucreatum</i> (Franch. & Sav.) Maxim. 용둥굴레	F		O	O	O	O					
<i>Polygonatum lasianthum</i> Maxim. 죽대	F			O	O	O					
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> (Miq.) Ohwi 둥굴레	F			O	O	O			O		
<i>Smilacina japonica</i> A. Gray 풀솜대	F				O	O			O	O	O

Taxa	H.T	Remarks	Elevation(×100m)									
			8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16		
<i>Streptopus ovalis</i> (Ohwi) F. T. Wang & Y. C. Tang 금강죽대아재비	F	II					O	O	O			
<i>Veratrum maackii</i> var. <i>parviflorum</i> (Maxim. ex Miq.) H. Hara & M. Mizush. 파란여로	F						O	O	O			O
<i>Veratrum patulum</i> Loes. 박새	F	I						O	O	O	O	
Iridaceae 붓꽃과												
<i>Iris odaesanensis</i> Y. N. Lee 노랑무늬붓꽃	F	IV										O
Dioscoreaceae 마과												
<i>Dioscorea nipponica</i> Makino 부채마	T			O			O					
Orchidaceae 난초과												
<i>Cephalanthera longibracteata</i> Blume 은대난초	F							O				
<i>Liparis kumokiri</i> F. Maek. 옥잠난초	F			O								

H.T: Habitat affinity types(F=Forest; T=Transitional; R=Ruderal), Remarks: En=Endemic plants; Floristic indicator plants= I, II, III, IV, V; Na=Naturalized plants