

왕제비꽃 자생지의 생태특성

장수길, 천경식, 김경아, 장진환, 유기역*

강원대학교 자연과학대학 생명과학과

Ecological Characteristics of *Viola websteri* Hemsley Habitats

Su-Kil Jang, Kyeong-Sik Cheon, Kyung-Ah Kim, Jin-Hwan Jang, and Ki-Oug Yoo*

Department of Biological Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract - This study intended to investigate the environmental factors including soil and vegetation in order to understand the environmental and ecological characteristics of seven different habitats of *Viola websteri*. These habitats, according to investigations, are mostly located on the slope of mountains facing north at an altitude of 343 m to 991 m above sea level with angle of inclination from 1 degree to 33 degrees. The type of soil is mostly sandy loam and the average field capacity of soil is 28.97%. Their average organic matter is 16.63%, soil pH 5.62, and available phosphorus is 14.75%. A total of 133 vascular plants are identified in 18 quadrates of seven habitats. Dominant species of woody plants in seven habitats are represented as *Acer pictum* subsp. *mono* and *Quercus mongolica* in tree layer, and *Acer pictum* subsp. *mono* in subtree layer. Importance value of *Viola websteri* is 9.66%, as regards the herbaceous layer, and five highly ranked species such as *Meehanian urticifolia*(8.53%), *Pseudostellaria heterophylla*(6.51%), *Hylomecon vernalis*(5.15%), *Oxalis obtriangulata* (4.52%), and *Pseudostellaria davidii*(4.15%) are considered to be an affinity with *Viola websteri* in their habitats. The degree of their average species diversity is 1.32, and that of dominance and evenness are 0.08 and 0.89, respectively. Correlation coefficients analysis based on environmental factors, vegetation and soil analysis shows that the coverage of *Viola websteri* is correlated with silt and sand ratio, and coverage of tree layers are correlated with species richness and altitude. Cluster analysis based on vegetation structure of each habitats are forms a three groups.

Key words - environmental factor, soil analysis, dominant species, importance value, correlation coefficient, cluster analysis

서 언

수백만 년에 걸쳐 발달해 온 생물군집이 인류에 의해 황폐화되고, 수천 종 또는 수백만의 개체군들이 다가오는 수십년 내에 사라질 것이라고 예측됨에 따라(Lawton and May, 1995; Levin, 2001; Jackson, 2002) 자연환경 및 생물다양성의 변화가 인간에게 미칠 직·간접적인 영향에 대해 강조되고 있다. 이에 IUCN에서는 위협을 받고 있는 생물들을 우선적으로 보호하기 위해 평가기준을 확립하여 근거를 제시하는 동시에 다양한 연구와 출판을 통해 생물다양성을 보전하고자 하고 있다. 현재 위협을 받고 있다고 인정되는 생물은 약 16,928종류로 조사되었으며, 그 중 관속식물 이상의 고등식물은 약 8,043종류에 달한다(IUCN,

2009). 생물다양성이 강조됨에 따라 우리나라에서도 야생동·식물의 멸종을 예방하고, 서식환경을 체계적으로 보호·관리하기 위해 멸종위기 야생동·식물 I, II급을 지정하고 있다(환경부, 2006). Red list에 등록된 고등식물 중 우리나라에 분포하는 종류는 Near Threaten(근위협, NT)이 2분류군, Data Deficient(자료부족, DD)이 1분류군, Least Concern(비위협, LC)이 14분류군으로 현재로서는 멸종위협이 되는 범주(Extinct, EX; Extinct in the Wild, EW; Critically Endangered, CR; Endangered, EN; Vulnerable, VU)로 평가되는 식물은 없는 것으로 조사되고 있다(IUCN, 2010).

이에 Chang et al.(2005)은 환경부 멸종위기식물종 목록이 국내에 분포하는 개체군의 빈도나 밀도만을 중심으로 선정하였을 뿐 세계수준에서의 평가는 이루어지지 않았음을 지적하면서 IUCN의 기준에 근거하여 멸종위기식물종

*교신저자(E-mail) : yooko@kangwon.ac.kr

목록에 대한 검토를 수행한 결과 비위협(LC) 32종, 멸종위협(위급, CR; 위협, EN; 취약, VU) 15종, 적색목록에 등재될 가능성이 있지만 자료가 부족한(DD) 종류 16분류군으로 구분할 수 있음을 제시하였다. 자료부족으로 평가된 종류 중 본 연구의 대상종인 왕제비꽃의 경우 중국 동북부와 강원도 및 경기도 일부에 제한적으로 분포하며, 중국에서는 위협(EN)으로 분류하고 있어 추가적인 자료의 축적이 필요한 실정이다(Chang et al., 2005).

왕제비꽃에 대한 연구로는 J. Webster가 최초로 채집하여 Hemsley에 의해 발표된(Forbes and Hemsley, 1886) 이후 Nakai(1909), 도(1936), Jeong(1956) 등에 의해 기록되었으며, 최근에는 Lee and Yim(2002), Kim et al. (2005), Lee(2006), Oh et al.(2008, 2009)에 의해 국내 분포지가 확인되었다. 그러나 왕제비꽃의 자생지 환경에 대한 연구로는 자생지 중 한 지역만을 대상으로 실시한 송등(2009a)과 강 등(2008)의 연구 외에는 이루어진 바가 없어 왕제비꽃의 생육에 대한 자료를 제공하기 위해서는 자생지 전반에 걸친 생태학적 연구가 요구된다. 따라서 본 연구는 왕제비꽃의 추가적인 자생지를 확인하는 동시에 환경요인, 토양 특성 및 식생을 조사하고 각 요인들 간의 연관성을 파악하여 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

조사는 2008년부터 2009년까지 왕제비꽃의 개화기와 결실기(5-7월)를 중심으로 수행되었다. 금번 연구를 통해 왕제비꽃의 자생지는 가평군 2지역(각 방형구 3개), 홍천군 1지역(3개), 정선군 1지역(1개), 삼척시 1지역(1개), 제천시 1지역(3개), 보은군 1지역(4개)으로 중부지방을 중심으로 총 7개 지역에서 분포하는 것이 확인되었으며(Fig. 1),

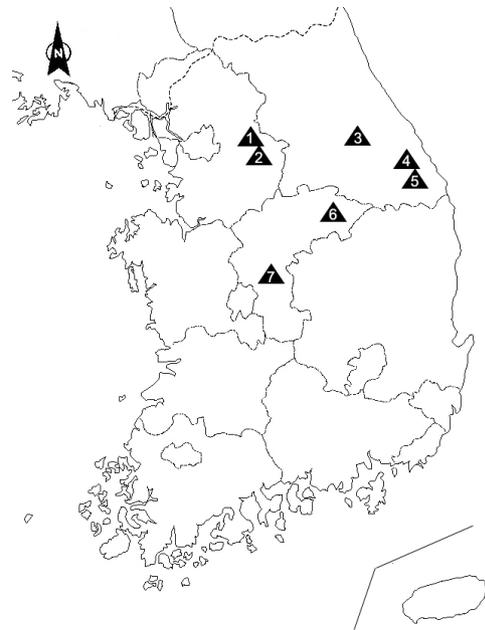


Fig. 1. Map of investigated areas(1. Gapyeong-gun1, 2. Gapyeong-gun2, 3. Hongcheon-gun, 4. Jeongsun-gun, 5. Samcheok-si, 6. Jecheon-si, 7. Boeun-gun).

자생지 환경요인과 식생조사를 위해 각 지역에 5 m × 5 m (25 m²) 크기의 방형구를 1-4개씩 설치하였다. 종자 번식과 동시에 짧은 근경을 통한 무성번식을 하는 왕제비꽃의 생육 특성을 감안하여 다수의 패치가 형성되어 환경에 잘 적응한 것으로 판단되는 지점에 방형구를 설치하였다(Fig. 2).

환경요인은 방위(Starter 1-2-3, Silva), 경사(PM-5/360PC, Suunto), 고도(GPS-V, Garmin) 등을 각 방형구마다 기록하였으며, 전체 평균값과 자생지별 평균값을 산출하여 비교·분석하였다. 토양 시료는 방형구 내에서 A0층을 걷어내고 표층으로부터 10 cm 내외에서 채취한 후 실험실로 운반하여 음건하였으며, 2 mm(Ø) 체로 걸러 통



Fig. 2. Photographs of *Viola websteri* and its habitat(Jecheon-si).

과한 것을 사용하였고, 물리·화학적 특성을 파악하기 위하여 토성, 포장용수량, 유기물 함량과 pH 및 유효인산함량을 측정하였다. 토성은 토양 40 g에 Calgon 용액 100 ml와 증류수 300 ml를 넣고 실온에서 하룻밤 방치한 후 15분 동안 빠른 속도로 섞었다. 이 혼합물을 1 l로 정용하고 1분간 60회 섞어준 다음 40초 후와 2시간 후에 비중계를 읽어 시간에 따른 현탁액의 비중변화로 측정하였다(Kalra and Maynard, 1991). 포장용수량은 지름(Ø) 2.5 cm 크기의 원통관 밑을 천으로 막고 물을 부어 충분히 적신 다음 윗부분을 parafilm으로 막고 원통내의 토양보다 6배 이상 많은 건조한 모래를 담은 비커에 묻고 48시간동안 방치 후 함수량을 구하여 포장용수량으로 환산하였다(Feodoroff and Betriemieux, 1964). pH는 그늘에서 건조한 10g의 토양을 50 mL의 증류수와 혼합하여 30분간 진탕한 후 여과지(Whatman No. 42, 90 mmØ)에 여과시킨 용액을 pH meter(Orion 3-Star pH benchtop meter, Thermo scientific)로 측정하였다(Allen, 1989). 유기물 함량은 토양 10 g을 도가니에 넣어 105°C에서 건조시킨 후 무게와 600°C에서 4시간 동안 태운 무게의 차이를 작열손실량으로 환산하여 유기물함량으로 하였다(Allen, 1989). 유효인산함량은 토양 2 g에 0.03M NH₄F 14 ml를 첨가한 후 1분간 진탕하여 유효인산을 추출하였으며, 추출액은 여과지(Whatman No. 5, 150 mmØ)로 여과한 후 1 ml를 4% (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O로 발색시킨 뒤 Spectrophotometer (UV-1700, Shimadzu)를 사용해 882 nm에서 흡광도를 측정하여 Bray I 방법에 따라 정량하였다(Buurman et al., 1996).

식생조사는 방형구 내에 출현하는 전 종류를 대상으로 층별 피도와 빈도를 조사한 후 각 종에 대한 상대피도와 상대빈도를 구하고 이를 바탕으로 중요치를 산출하여 우점종을 결정하였고, 종의 배열은 중요치가 높은 값을 갖는 순서대로 배열하였으며, 여러 종류가 같은 값을 가질 경우 속명의 알파벳 순서로 하였다(Appendix 1). 한편 자생지 식생의 상대적인 양적지수를 비교하기 위해 식생 전층의 종풍부도(Barbour et al., 1987)와 중요치(Bray and Curtis, 1957)에 기초한 종다양도(Shannon and Wiener, 1963)와 우점도(Simpson, 1949) 및 종균등도(Pielou, 1975)를 산출하였다.

식물의 동정은 Park(2009), Lee(1996a, b), Lee(2006)와 Lee(2003) 등의 도감을 사용하였으며, 조사된 식물에

대한 특성 파악을 위해 특산식물(Oh et al., 2005)과 귀화식물(Park, 2009) 현황도 고찰하였다. 학명과 국명은 국가표준식물목록(Korean National Arboretum and The Plant Taxonomic Society of Korea, 2007)을 따랐다.

환경요인과 토양분석 및 식생조사 결과를 바탕으로 각 요인 간 상호 연관성을 파악하기 위하여 상관분석을 실시하였으며(Pearson, 1895), 지역 간 식생구조에 따른 연관성 여부를 파악하고자 지역 내 출현한 전 분류군에 대한 중요치에 기초하여 군집분석(cluster analysis)을 수행하였다. 이상의 분석은 SYSTAT(vers. 11, SYSTAT Inc., 2004)을 이용하였으며, 군집분석은 Euclidean distance값을 사용하였다.

결과 및 고찰

환경요인

자생지의 해발고도는 지역에 따라 343-991 m의 범위에 다양하게 나타났으며, 삼척시의 자생지가 991 m로 가장 높았고, 보은군 자생지는 평균 350 m로 가장 낮게 위치하였다(Fig. 3). 경사는 1-33°로 삼척시와 제천시를 제외한 대부분의 지역에서 10° 이하로 완만하였다(Fig. 4). 방위는 북, 북서, 남, 남서, 서부 방향 등으로 18개 방형구 중 14개가 북쪽을 향하고 있었다. 송 등(2009a)은 가평읍의 자생지를 조사한 결과 해발고도 843 m에 경사 5-10°를 보이는 남동사면에 위치한다고 보고한 바 있는데 본 조사를 통해 보다 폭넓은 자생지 환경요인을 파악할 수 있었다.

왕제비꽃은 지역별로 약 65-410개체가 생육하고 있었으며(Fig. 5), 대부분의 자생지에서 북쪽 방향의 능선 또는 습한 사면과 계곡부에 단위 면적 당(1 m²) 10개체 이하의

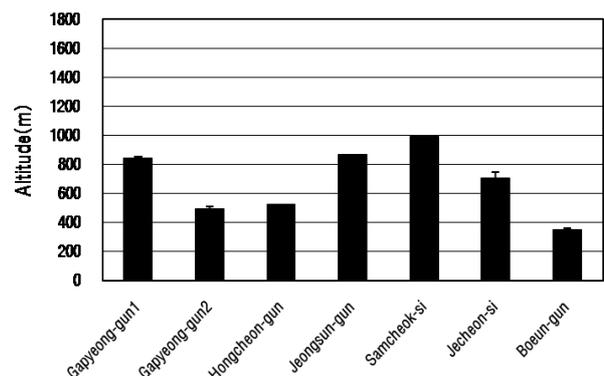


Fig. 3. Altitude of *Viola websteri* habitats.

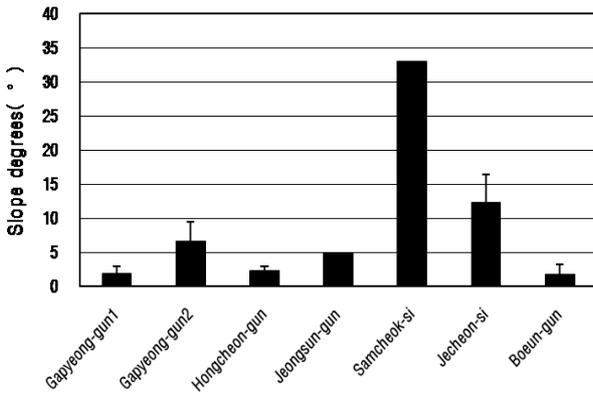


Fig. 4. Slope degrees of *Viola websteri* habitats.

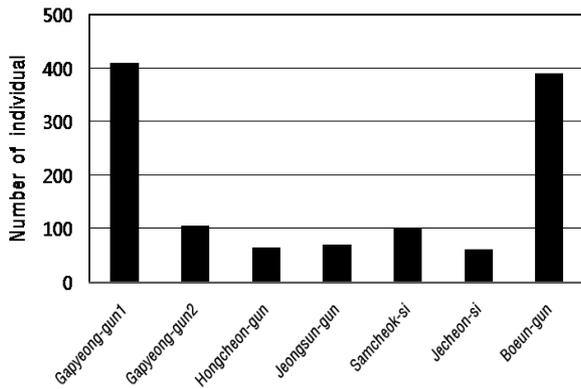


Fig. 5. Number of individuals of *Viola websteri* habitats.

산발적인 분포를 보이는 반면 가평군1과 보은군의 경우는 20-38개체 이상의 집중적인 군락을 형성하기도 하였다. 제비꽃속 식물들은 개방화가 떨어진 이후에도 지속적으로 폐쇄화를 만들어 자가수정을 통해 종자를 생산하는데 왕제비꽃의 경우 종자 산포 뿐만아니라 짧은 근경에서 새로운 개체가 발생하는 종류로 산발적인 분포를 보인 지역일지라

도 생육에 대한 간섭이 없다면 가평군1과 보은군과 같은 밀집된 군락의 형성이 가능할 것으로 사료된다.

토양분석

물리적 특성

왕제비꽃 자생지의 토성(soil texture)을 분석한 결과 모래, 미사, 점토의 구성비는 각각 52.92-66.25%, 24.58-36.67%, 3.33-16.67%로 나타났고, 자생지 전체의 평균은 각각 59.49%, 31.47%, 9.03%로 대부분의 자생지가 사양토로 확인되었다(Table 1). 이상의 결과를 우리나라 평균 산림토양의 모래 37.3%, 미사 44.8%, 점토 17.9%(Jeong et al., 2002)와 비교해 보면 모래함량은 22.1% 높았으며, 미사와 점토함량은 각각 12.6%, 8.9% 낮아 비교적 굵은 입자가 많이 포함되어 있는 토양으로 확인되었다. 이처럼 굵은 입자로 구성된 토양은 통기가 잘되며 수분의 이동이 자유롭고 뿌리의 발달이 용이한 것으로 알려져 있어(김 등, 2007) 왕제비꽃의 현지 외 복원 시 통기와 뿌리 활착을 모두 고려하여 토양을 배합하는 동시에 원활한 수분공급이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

포장용수량(field capacity)은 평균 28.97%였으며, 보은군이 31.89%로 가장 높았고, 삼척시가 21.95%로 가장 낮게 나타났다(Table 1). 이는 삼척시가 다른 지역에 비해 상대적으로 높은 모래함량과 낮은 미사, 점토함량의 입경 분포로 인해 큰 공극을 가지기 때문으로 사료된다.

화학적 특성

토양의 유기물(organic matter) 함량은 9.00-30.40%로 나타났다. 자생지 중 홍천군은 30.40%로 가장 높은 함량을 보였는데 이 지역은 하천변에 위치하고 있어 상류의

Table 1. Physical characteristics of soil in *Viola websteri* habitats

Investigated area	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture	Field capacity (%)
Gapyeong-gun1	52.92	36.67	10.42	Sandy loam	30.74
Gapyeong-gun2	62.92	33.75	3.33	Sandy loam	26.83
Hongcheon-gun	58.75	24.58	16.67	Sandy clay loam	31.16
Jeongsun-gun	61.25	28.75	10.00	Sandy loam	31.50
Samcheok-si	66.25	30.00	3.75	Sandy loam	21.95
Jecheon-si	58.75	30.00	11.25	Sandy loam	28.71
Boeun-gun	55.63	36.56	7.81	Sandy loam	31.89
Average	59.49	31.47	9.03		28.97

인가와 주변 공장에서 하천으로 유입되는 유기물들에 의한 영향으로 다른 지역에 비해 높은 유기물함량이 나타난 것으로 판단된다. 반면 보은군(9.00%)의 경우는 축적된 낙엽량이 적었을 뿐만 아니라 부식층 위로 크고 작은 자갈이 덮혀 있어 토양 미생물에 의한 분해가 원활하게 이루어지지 않아 가장 낮은 함량을 보인 것으로 판단된다(Table 2).

pH는 평균 5.62의 약산성으로 자생지 간에 비슷하게 나타났다(Table 2), 이는 우리나라 산림토양의 5.48(Jeong et al., 2002)과 큰 차이를 보이지 않았다. 유효인산(available phosphorus)은 지역별로 편차가 심할 뿐만 아니라 동일지역에서도 지점에 따라 모암에 의한 차이를 보이는 것으로 알려져 있는데(Lee, 1981; Jeong et al., 2002) 본 조사 결과 역시 7.37-29.67 $\mu\text{g/g}$ 으로 큰 편차를 보였다.

식생조사

종풍부도(Species richness)

왕제비꽃 자생지 7개 지역의 18개 방형구에서 조사된 관속식물은 총 133분류군이었으며, 층별로는 교목층 12종류,

아교목층 16종류, 관목층 28종류, 그리고 초본층이 99종류로 확인되었다(Appendix 1). 지역별로는 홍천군 내면이 43종류로 가장 많았으며, 다음으로는 보은군(42종류), 가평군2(40종류), 제천시(37종류) 등의 순서로 나타났다(Table 3). 한편 정선군(24종류)과 삼척시(12종류)는 다른 지역에 비해 상대적으로 적은 종류가 확인되었는데 이는 자생지 규모가 작아 하나의 방형구만이 조사되었기 때문으로 판단된다. 조사된 133분류군 중 특산종은 병꽃나무, 광능갈퀴, 진범, 터리풀과 홀아비바람꽃 등 5종류로 나타났으며, 귀화식물은 조사되지 않았다.

중요치(Importance value, IV)

상층수목 중 교목층의 중요치는 고로쇠나무(35.73%)와 신갈나무(20.31%)가 가장 높게 나타났으며, 아교목층에서도 고로쇠나무(23.58%)가 우점종으로 확인되었고, 다음으로는 당단풍나무(12.66%), 야광나무(9.50%), 물푸레나무(8.47%) 등이 높은 중요치를 보였다(Appendix 1). 지역별 상층수목의 식생형은 홍천군, 삼척시, 제천시, 보은군 등

Table 2. Chemical characteristics of soil in *Viola websteri* habitats

Investigated area	Organic matter (%)	pH	Available phosphorus ($\mu\text{g/g}$)
Gapyeong-gun1	18.52	5.49	7.37
Gapyeong-gun2	12.59	5.78	14.78
Hongcheon-gun	30.40	5.85	16.18
Jeongsun-gun	17.78	5.62	7.76
Samcheok-si	15.39	5.62	11.96
Jecheon-si	12.74	5.76	29.67
Boeun-gun	9.00	5.23	15.55
Average	16.63	5.62	14.75

Table 3. Structural properties of the total layer in *Viola websteri* habitats

Investigated area	Species richness	Species diversity	Dominance	Evenness
Gapyeong-gun1	30	1.28	0.08	0.87
Gapyeong-gun2	40	1.43	0.06	0.89
Hongcheon-gun	43	1.44	0.06	0.88
Jeongsun-gun	24	1.31	0.06	0.95
Samcheok-si	12	0.94	0.16	0.87
Jecheon-si	37	1.38	0.06	0.88
Boeun-gun	42	1.43	0.06	0.88
Average	32.57	1.32	0.08	0.89

4지역이 고로쇠나무군락으로 확인되었으며, 가평군 두 지역과 정선군은 신갈나무군락으로 나타났다. 우점 또는 비우점 종들 간의 경쟁에서 야기되는 산림천이는 궁극적으로 종 구성의 변화가 거의 없어지는 극상림(climax forest)에 도달하게 되는데 천이 후기에 구성 비율이 높아질 가능성을 가지는 종류로는 서어나무, 느티나무, 신갈나무, 때죽나무, 당단풍나무, 고로쇠나무 등이 알려져 있다(Kim, 1993). 따라서 왕제비꽃 자생지는 천이 초기 단계를 지난 비교적 안정된 상층식생을 갖는 것으로 판단된다. 또한, 이 같은 상층식생의 절대피도는 가평군1지역의 일부 지점과 정선군 자생지에서 50% 내외를 보인 것을 제외하고는 대부분의 지역에서 80% 이상으로 나타나 왕제비꽃은 어느 정도 차광이 이루어지는 지역을 선호하는 것으로 사료된다.

관목층은 곱나무(18.77%), 고추나무(13.30%)와 정향나무(9.69%) 등이 다른 관목에 비해 상대적으로 높은 중요치를 보였으나 자생지 전반에 걸쳐 관목층의 피도는 매우 낮게 나타났다.

초본층의 중요치는 왕제비꽃이 9.66%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 벌개덩굴(8.53%), 개별꽃(6.51%), 피나물(5.15%), 큰괭이밥(4.52%), 덩굴개별꽃(4.15%), 회리바람꽃(2.66%), 얼레지(2.31%), 미나리냉이(2.03%) 등의 순으로 나타났다. 이 분류군들은 여러 지역에서 높은 피도와 빈도를 보여 왕제비꽃과 친화도가 높은 종류로 판단되며, 주로 계곡이나 습기가 많은 계곡주변 또는 사면에서 자라는 종류들이기 때문에(Lee, 1996a; Lee, 2003) 왕제비꽃이 수분 공급이 원활한 환경조건을 선호한다는 것을 의미하는 것이다.

종다양도(Species diversity), 우점도(Dominance) 및 균등도(Evenness)

조사된 7개 지역의 종다양도는 평균 1.32로 산출되었으며, 종다양도는 홍천군이 1.44로 가장 높았고, 가평군2와 보은군이 1.43으로 유사하게 나타났으며, 덕항산은 0.94로 가장 낮았다(Table 3). 이와 같은 종다양도의 차이는 상대적으로 높은 값을 보인 지역들에 다양한 종조성의 관목층과 상층수목이 분포하는데서 기인한 것으로 판단된다. 반면 삼척시 자생지의 경우 7개 지역 중 분포 면적이 가장 작아 상대적으로 적은 종이 조사되었으며, 자생지를 가로질러 등산로가 위치하고 있어 지속적인 교란으로 인해 낮은 종다양도가 산출된 것으로 사료된다. Odum(1984)은 물

리적 환경이 양호할수록 종다양성이 증가하며, 같은 곳에 형성된 생태계에서도 주변부와 추이대의 경우 종의 수와 밀도가 높아지는 경향이 있다고 언급하였는데 조사 지점 중 가평군2, 홍천군, 제천시와 보은군의 경우 사면과 계곡의 추이대에 자생지가 위치하여 종풍부도와 종다양도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

우점도는 0.9이상일 때 1종이 압도적으로 많음을 의미하고, 0.3-0.7이면 1종 또는 2종이 우점하며, 0.1-0.3일 때는 다양한 종이 우세를 보이는데(Whittaker, 1965) 본 조사결과 모든 지역의 우점도가 0.2 미만으로 나타나 여러 분류군들이 함께 우점하는 것으로 나타났다(Table 3).

균등도는 1에 가까울수록 분포하는 종들이 균일한 상태를 나타내는데(Brower and Zar, 1977) 본 조사 지역들은 0.87-0.95의 범위로 산출되어 자생지 식생은 비교적 균일한 것으로 판단된다(Table 3).

상관분석

왕제비꽃 자생지의 환경요인과 토양분석 및 식생조사 결과 간의 상관관계분석을 실시하였다 (Table 4). 환경요인 중 고도와 경사는 종풍부도, 종다양도와 부의 상관관계를 형성하였다. 이와 같은 결과는 자생지 중 비교적 고지대에 위치하는 정선군과 삼척시의 왕제비꽃 분포 면적이 협소하여 조사된 방형구 수가 적어 종풍부도와 종다양도가 낮게 산출되었기 때문이며, 가장 낮은 종풍부도, 종다양도와 가장 높은 우점도를 보인 삼척시의 자생지가 다른 지역에 비해 매우 급한 경사에 위치한 것이 상관분석 결과에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

일반적으로 토양의 포장용수량은 주로 토성에 의해 결정되며, 토양 입자가 커서 공극이 많을수록 포장용수량이 낮아지는 것으로 알려져 있는데(김 등, 2007) 본 연구에서도 모래와 미사의 비중이 높아질수록 포장용수량이 낮아지는 관계를 확인할 수 있었다. 또한, 미사함량은 왕제비꽃의 개체수와 정의 상관을 보여 왕제비꽃이 비교적 통기와 뿌리 활착이 용이한 토양을 선호한다는 분석 결과를 재확인할 수 있었다.

식생의 양적 지수 간의 상관분석 결과 관목층과 상층수목의 피도는 종풍부도와 정의 상관을, 고도와는 부의 상관관계를 형성하였다. 이처럼 피도가 높을수록 종풍부도가 높게 나타난 것은 특정종이 크게 우점하지 않고 여러 분류군이 출현했음을 의미한다. 상층수목의 피도가 높으며 많

Table 4. Correlation coefficients among environmental factors, structural properties and soil characteristics in *Viola websteri* habitats

	AT	SD	IN	SA	SI	CL	FC	OM	PH	AP	RIC(T)	DIV(T)	DOM(T)	EVE(T)	CO(T1)	CO(T2)	CO(T1+2)	CO(S)	CO(VW)	
AT	1.00																			
SD	0.61	1.00																		
IN	-0.22	-0.39	1.00																	
SA	0.34	0.74	-0.74	1.00																
SI	-0.19	-0.21	0.83*	-0.46	1.00															
CL	-0.14	-0.52	-0.08	-0.53	-0.51	1.00														
FC	-0.47	-0.93*	0.37	-0.78*	0.08	0.67	1.00													
OM	0.12	-0.19	-0.31	-0.06	-0.70	0.73	0.22	1.00												
PH	0.16	0.16	-0.84*	0.47	-0.72	0.24	-0.28	0.54	1.00											
AP	-0.34	0.09	-0.35	0.01	-0.22	0.20	-0.06	-0.20	0.31	1.00										
RIC(T)	-0.91*	-0.76*	0.10	-0.52	0.09	0.42	0.62	0.07	0.05	0.44	1.00									
DIV(T)	-0.80*	-0.88*	0.16	-0.54	0.06	0.46	0.77*	0.08	0.07	0.33	0.94*	1.00								
DOM(T)	0.67	0.92*	-0.36	0.55	-0.05	-0.49	-0.84*	-0.09	-0.05	-0.22	-0.84*	-0.97*	1.00							
EVE(T)	0.15	-0.27	-0.07	0.21	-0.31	0.09	0.36	0.05	0.12	-0.27	-0.12	0.19	-0.37	1.00						
CO(T1)	-0.80*	-0.38	0.38	-0.53	0.21	0.31	0.36	-0.09	-0.28	0.55	0.77*	0.56	-0.39	-0.56	1.00					
CO(T2)	-0.96*	-0.39	0.11	-0.11	0.14	-0.03	0.26	-0.21	-0.16	0.35	0.78*	0.64	-0.49	-0.17	0.75	1.00				
CO(T1+2)	-0.91*	-0.41	0.30	-0.40	0.20	0.20	0.34	-0.14	-0.25	0.51	0.82	0.63	-0.45	-0.45	0.97*	0.89*	1.00			
CO(S)	-0.77*	-0.65	0.07	-0.33	-0.21	0.52	0.53	0.52	0.13	0.03	0.79*	0.70	-0.59	-0.10	0.59	0.69	0.66	1.00		
CO(VW)	-0.05	-0.42	0.93*	-0.83*	0.77*	0.07	0.39	-0.17	-0.63	-0.30	0.14	0.11	-0.13	-0.40	0.28	-0.12	0.14	-0.01	1.00	

* indicate significance at 5% level.

Note; AT: altitude, SD: slope degrees, IN: number of individuals of *V. websteri*, SA: sand, SI: silt, CL: clay, FC: field capacity, OM: organic matter, PH: pH, AP: available phosphorus, RIC(T): richness of total layer, DIV(T): species diversity of total layer, DOM(T): dominance of total layer, EVE(T): evenness of total layer, CO(T1): coverage of tree layer, CO(T2): coverage of subtree layer, CO(S): coverage of shrub layer, CO(T1+2): CO(T1)+CO(T2), CO(VW): coverage of *V. websteri*.

은 종류가 조사된 홍천군과 보은군은 자생지 중 상대적으로 저지대였으며, 고지대에 위치하고 있는 정선군과 삼척시는 낮은 종풍부도를 보이는 것으로 나타났는데 이는 식물과 동물들의 종수가 고위도에서 저위도로, 고지대에서 저지대로 갈수록 증가한다는 일반적인 경향(Whittaker, 1965)과 일치하는 것이다. 왕제비꽃과 직접적인 관계를 보이는 요인은 토성으로 왕제비꽃의 피도에 대해 모래함량은 부의 상관, 미사함량은 정의 상관을 보였다. 본 조사를 통해 왕제비꽃이 통기와 수분 이동 및 뿌리생장이 원활한 토양을 선호하는 종류로 확인되었음에도 불구하고 모래함량이 높을수록, 미사함량이 낮을수록 왕제비꽃의 피도가 낮아진다는 것은 토양의 공극뿐만 아니라 식물이 이용 가능한 모관수(capillary water)의 유지가 수반되어야 한다는 것을 반증하는 것이며, 현지 외 보전 시 통기와 수분이동의 효율을 높이려고 공극만을 증가시켰을 경우 성장 저해를 가져올 우려가 있음을 시사한다.

군집분석

군집분석을 이용하여 왕제비꽃 자생지 간 유연관계를 알아 본 결과 크게 3개의 그룹으로 구분되었다(Fig. 6). 첫

번째 그룹은 가평군의 두 지역과 정선군이 유집되었으며, 이 중 가평군1과 정선군이 더욱 유사한 집단으로 확인되었다. 이 지역들은 상층의 신갈나무와 가래나무를 비롯하여 관목층의 고추나무와 물푸레나무가 상대적으로 높은 중요치를 보였으며, 초본층에서는 별개덩굴, 동자꽃, 미나리냉이 등이 공통적으로 출현하였다. 그룹 내에서 상대적으로 가평군2의 유사성이 멀게 나타난 이유는 가평군1과 정선군의 자생지가 능선부에 위치한 반면 가평군2는 계곡부에 위

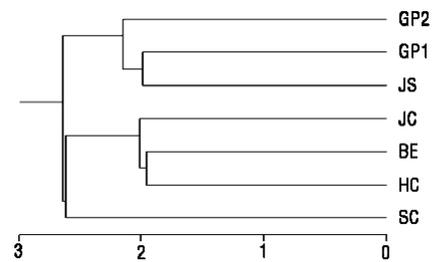


Fig. 6. Dendrogram constructed using cluster analysis based on vegetation of *Viola websteri* habitats (GP1: Gapyeong-gun1, GP2: Gapyeong-gun2, HC: Hongcheon-gun, JS: Jeongsun-gun, SC: Samcheok-si, JC: Jecheon-si, BE: Boeun-gun).

치하고 있어 입지에 따른 초본층 종조성의 차이에서 기인했을 것으로 판단된다. 다음으로 삼척시를 비롯한 홍천군, 제천시, 보은군은 상층에 고로쇠나무가 우점하는 식생형을 보이는 지역들로 다른 분계조를 형성하였지만 홍천군, 제천시와 보은군이 계곡부에 위치하는 것에 반해 삼척시는 유일하게 사면에 위치하는 자생지로 방형구 내에 가장 적은 분류군이 조사되었으며, 삼척시의 자생지에서만 확인된 선괘이눈, 여로, 노루오줌 등이 상대적으로 높은 중요치를 보여 다른 지역들과 먼 유연관계를 보인 것으로 판단된다. 따라서 왕제비꽃 자생지는 식생형과 입지조건에 따라 구분이 가능하였으며, 현지 내 보전 및 복원을 비롯하여 왕제비꽃의 유전자원 확보를 위한 표본추출 시 이와 같은 분포 경향을 충분히 반영해야 할 것으로 판단된다.

왕제비꽃의 보전전략

개체군의 감소는 희귀 대립유전자의 소실을 가져오며, 궁극적으로 개체들의 적응력이 감소되는 현상이 일어나 결국 절멸에 이르게 된다(Kim et al., 2006). 왕제비꽃은 지역에 따라 약 65-410개체로 매우 적은 개체군이 생육하고 있었고, 조사된 자생지 대부분이 등산로와 인접해 있어 사람들의 왕래가 잦아 교란과 서식지 축소의 위험이 산재해 있었으며, 특히 정선군 지역 자생지의 경우 생육 면적이 협소하며 가장 적은 개체가 산발적으로 생육하고 있어 관리가 시급한 실정이다. 따라서 등산로 주변에 위치한 자생지의 경우에는 홍보물 설치와 인위적인 위험요인 제거를 통해 훼손을 방지해야 하며, 자생지 대부분의 야교목층 이상 상층수목이 40% 이상의 피도를 보이는 것으로 확인되어 식생의 층상구조가 유지되어야 할 것으로 판단된다. 반면, 홍천군 자생지의 경우 등산로와 인접해 있지는 않지만 주변에 공장과 인가가 위치하고 있으며, 각종 동호회 활동을 위한 사람의 왕래가 잦은 곳으로 최근 원주지방환경청에서 깽깽이풀의 보호를 위한 울타리를 설치하였으나 왕제비꽃은 대부분의 개체가 울타리 밖에 있어 보호 범위의 확대가 요구된다.

희귀식물의 존속은 개체군 변동 뿐만 아니라 생육지 환경변화와 유전다양성에 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2006). 김(2010)은 왕제비꽃 7개 집단 유전다양성을 분석한 결과 다년생 초본류나 무성번식을 위주로 하는 종류 보다 매우 낮은 유전다양성이 나타났으며, 동위효소 표지자에서 추정된 동형접합체 초과 정

도를 바탕으로 집단 내에서 상당부분 무성번식이 일어나고 있음을 제시하였다. 제비꽃속 식물의 경우 개방화 이후에 자가수분이 이루어지는 폐쇄화를 지상부가 시들 때까지 지속적으로 생산하는 특성을 가지고 있어 많은 종자를 생산하는 장점이 있는 반면 개방화가 수정이 이루어지지 않았을 경우 폐쇄화에 의해 생산된 종자의 비율이 상대적으로 높아져 유전다양성이 낮은 집단으로 발달할 가능성이 있으며, 왕제비꽃의 경우 종자 발아를 통한 번식과 동시에 뿌리에서 새로운 개체가 발생하는 특징을 보이기 때문에 이와 같이 상대적으로 낮은 유전다양성이 나타났을 것으로 판단된다. 또한, 왕제비꽃은 15-25℃에서 80% 이상의 높은 발아율을 가지는 것으로 확인되었는데(송 등, 2009b) 그럼에도 불구하고 이처럼 낮은 유전다양성을 보인다는 것은 집단 내에 무성번식을 통해 생성된 개체의 비율이 높음에 따라 자가수정을 통해 만들어진 종자뿐만 아니라 타가수정 종자 역시 유전다양성이 낮을 가능성을 시사한다. 따라서 보다 정확한 왕제비꽃의 유전다양성 정보를 확보하기 위해서는 개방화와 폐쇄화의 종자에 대한 유전다양성을 독립적으로 분석하여 자손세대에 유전다양성이 높아질 가능성에 대한 연구가 요구된다.

왕제비꽃과 같이 작은 크기의 개체군에서는 임의의 환경변동에 의한 절멸가능성이 개체수 변동에 의한 절멸가능성보다 크며(Menges, 1992), 환경의 변동은 증가하고 있는 개체군까지도 위협할 수 있는 것으로 알려져 있다(Mangel and Tier, 1994). 본 연구 결과 왕제비꽃은 천이 초기 단계를 지난 비교적 안정적인 상층 하에 생육하고 있으며, 유전적 다양성이 낮아 환경의 급변에 따른 식생 변화는 왕제비꽃의 생존에 심각한 영향을 줄 것으로 사료된다. 따라서 왕제비꽃의 보전을 위해서는 현재 생육지의 생태적 환경 유지가 반드시 이루어져야 할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 왕제비꽃 자생지의 환경요인, 토양 특성 및 식생을 조사하고 각 요인들 간의 연관성을 파악하여 기초 자료를 제공하고자 수행되었다. 조사 결과 왕제비꽃의 자생지는 총 7개 지역으로 해발고도 343-991 m에 위치하고 있었으며, 경사는 1-33°로 대부분 북사면에 군락을 형성하였다. 토성은 대부분 사양토로 확인되었으며, 포장용수량은 평균 28.97%, 유기물함량은 16.63%, pH는 5.62, 유효

인산함량은 14.75 $\mu\text{g/g}$ 으로 나타났다. 18개 방형구에서 조사된 관속식물은 총 133분류군이었으며, 교목층에는 고로쇠나무와 신갈나무가 우점하였고, 아교목층에서는 고로쇠나무가 가장 높은 중요치를 보였다. 초본층에서는 왕제비꽃의 중요치가 9.66%로 가장 높았으며, 다음으로는 별개덩굴(8.53%), 개별꽃(6.51%), 피나무(5.15%), 큰괭이밥(4.52%), 덩굴개별꽃(4.15%) 등이 높게 나타나 이 종류들이 왕제비꽃과 비슷한 환경을 선호하는 것으로 판단된다. 종다양도는 1.32였으며, 우점도와 균등도는 각각 0.08과 0.89로 산출되었다. 환경특성과 식생조사 및 토양분석 결과를 바탕으로 한 상관분석 결과 왕제비꽃의 피도는 미사 및 모래함량, 관목층 이상 상층수목의 피도는 종풍부도와 높은 연관성을 보였다. 식생구조에 따른 군집분석 결과는 크게 3개의 군으로 구별되었다.

주요어: 환경요인, 토양분석, 우점종, 중요치 값, 상관분석, 군집분석.

사 사

본 연구는 산림청의 2009년도 산림과학특정연구과제(과제번호:S120810L070120)에 의해 수행되었으며, 자생지 정보를 제공해 주신 전의식 선생님과 이성원 선생님께 진심으로 감사드립니다.

인용문헌

- Allen, S.E. 1989. Chemical analysis of Ecological Materials 2nd. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Barbour, M.G., J.H. Burk and W.D. Pitts. 1987. Terrestrial plant ecology 2nd. The Benjamin Publishing Company. Inc., California.
- Bray, J.R. and J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. Ecol. Mono. 27: 325-349.
- Brower, J.E. and J.H. Zar. 1977. Field and laboratory method for general ecology. Wm. C. Brown Co. Publ. Iowa. pp. 1-184.
- Buurman, P., van Langen and E.J. Velthorst. 1996. Manual for soil and water analysis. Backhuys Publishers, Leiden. pp. 58-61.
- Chang C.S., H.S. Lee, T.Y. Park and H. Kim. 2005. Reconsideration of rare and endangered plant species in Korea based on the IUCN red list categories. Korean J. Ecol. 28: 305-320.(in Korean)
- Feodoroff, A and R. Betriemieux. 1964. Une methods de laboratorire pour la determination de la capacite au champ. Science du sol. p. 109.
- Forbes, F.B. and W.B. Hemsley. 1886. Enumeration of all the plants known from china proper, formosa, hainan, the corea, the luchu brchipelago, and the island of hongkong together with their distribution and synonymy. Linn. Soc. Journ. Bot. 23: 56-57.
- Jackson, R. 2002. The earth remains forever: generations at a crossroads. University of Texas Press, Austin, Texas.
- Jeong, J.H., K.S. Koo, C.H. Lee and C.S. Kim. 2002. Physico-chemical properties of korean forest soils by regions. Jour. Korean For. Soc. 91: 694-700.(in Korean)
- Jeong, T.H. 1956. Korean flora(Herbaceous). Shinjisa, Seoul. p. 427.
- Kalra, Y.P. and D.G. Maynard. 1991. Methods manual for forest soil and plant analysis. Forestry Canada.
- Kim, J.H. 1993. The estimation of climax index for broadleaved tree species by analysis of ecomorphological properties. Jour. Korean For. Soc. 82: 176-187.(in Korean)
- Kim, J.S., B.C. Lee, J.M. Chung and J.H. Park. 2005. Flora and phytogeography on Mt. Deokhang (Gangwon-do) limestone area in Korea. Koran J. Pl. Taxon. 35: 337-364.(in Korean)
- Kim, J.W., Y.M. Park, E.J. Lee, J.G. Jae and K.R. Choi. 2006. A primer of conservation biology(3rd ed.). Sinauer Associates, Inc. and World Science Publishing Co.(in Korean)
- Korean National Arboretum and The Plant Taxonomic Society of Korea. 2007. A synonymic list of vascular plants in Korea. Korea National Arboretum, Pocheon.
- IUCN. 2009. 2008 IUCN Red List summary statistics. Retrieved May 28, 2010 from http://www.iucn.org/about/work/programmes/species/red_list/2008_red_list_summary_statistics.
- IUCN. 2010. The IUCN red list of threatened species. Retrieved May 28, 2010 from <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/search>.
- Lawton, J.H. and R.M. May (eds.). 1995. Extinction rates. Oxford University Press, Oxford.
- Lee, S.W. 1981. Studies on forest soils in Korea(II). Jour. Korean For. Soc. 54: 25-35.(in Korean)

- Lee, T.B. 2003. Coloured flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul.
- Lee, W.T. 1996a. Coloured standard illustrations of Korean plants. Academy Publishing, Seoul.
- _____. 1996b. Lineamenta florum Koreae. Academy Publishing, Seoul.
- _____. and Y.J. Yim. 2002. Plant geography. Kangwon National University Press, Chuncheon.
- Lee, Y.N. 2006. New flora of Korea I, II. Kyo-Hak Publishing Co., Seoul.
- Levin, S.A. (ed.). 2001. Encyclopedia of biodiversity. Academic Press, San Diego, California.
- Mangel, M. and C. Tier. 1994. Four facts every conservation biologist should know about persistence. Ecology 75: 607-614.
- Menges, E.S. 1992. Stochastic modeling of extinction in plant populations. In P.L. Fiedler and S.K. Jain(eds.), Conservation, preservation and management. Chapman and Hall, New York. pp. 253-275.
- Nakai T. 1909. Flora Koreana. Pars prima. J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo 26: 64.
- Odum, E.P. 1984. Basic ecology. W.B. Saunders Co. Ltd., Philadelphia. p. 613.
- Oh, B.U., D.G. Jo., K.S. Kim and C.G. Jang. 2005. Endemic vascular plants in the Korean peninsula. Korea National Arboretum, Pocheon.
- _____, K.S. Kim, S.C. Ko, B.H. Choi, H.T. Im, W.K. Paik, G.Y. Chung, C.Y. Yoon, C.G. Jang, S.H. Kang and C.H. Lee. 2008. Distribution maps of vascular plants of Korean peninsula. V. Central Province, Gyeonggi-do. Korea Forest Service, Daejeon.
- _____, 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.
- Park, S.H. 2009. New illustrations and photographs of naturalized plants of Korea. Ilchokak, Seoul.
- Pearson, K. 1895. Royal Society Proceedings 58: 241.
- Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. Wiley.
- Shannon, C.E. and W. Wiener. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688.
- Wittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Science 147: 250-260.
- 강신희, 서상원, 강세찬. 2008. 한반도 희귀식물 왕제비꽃(제비꽃과) 자생지의 생태학적 구조 연구. 한국자원식물학회 심포지엄 및 추계학술발표회 21: 84.
- 김준호, 서계홍, 정연숙, 이규송, 고성덕, 이점숙, 임병선, 문형태, 조강형, 이희선, 유영한, 민병미, 이창석, 이은주, 오경환. 2007. 현대생태학. 교문사, 경기.
- 김진수. 2010. 유전다양성에 근거한 산림식물 표본 추출 전략 개발. In 김진수, 유기억. 산림식물 보존을 위한 표본 추출 전략 개발. 산림청.
- 도봉섭. 1936. 조선식물목록 1권-중부조선편. 경성약전식물동호회. p. 67.
- 송재모, 최기호, 이기영, 이재선. 2009a. 멸종위기 식물 왕제비꽃의 자생지 토양특성 및 식생구조. 한국임학회 정기 학술연구 발표논문집. pp. 160-162.
- _____, 김천웅, 이기영, 함광준, 김민수, 이재선. 2009b. 온도가 멸종위기 식물 왕제비꽃의 발아와 생장에 미치는 영향. 한국임학회 하계 학술연구 발표논문집. pp. 243-244.
- 환경부. 2006. 제 3차 전국자연환경조사 지침(수정본). 환경부.

(접수일 2010.6.3; 수락일 2010.7.28)

Appendix 1. Importance value of species in *Viola websteri* habitats

Layer	Species	Relative coverage(%)	Relative frequency(%)	Importance value(%)	
T1	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi 고로쇠나무	40.69	30.77	35.73	
	<i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb. 신갈나무	21.38	19.23	20.31	
	<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carriere 일본잎갈나무	8.28	7.69	7.98	
	<i>Malus baccata</i> Borkh. 야광나무	6.21	7.69	6.95	
	<i>Cornus controversa</i> Hemsl. ex Prain 층층나무	6.90	3.85	5.37	
	<i>Juglans mandshurica</i> Maxim. 가래나무	2.41	7.69	5.05	
	<i>Platycarya strobilacea</i> Siebold & Zucc. 굴피나무	3.45	3.85	3.65	
	<i>Salix gracilistyla</i> Miq. 갯버들	3.45	3.85	3.65	
	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (Rehder) Nakai 느릅나무	3.45	3.85	3.65	
	<i>Actinidia arguta</i> (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq. 다래	2.07	3.85	2.96	
	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom. 당단풍나무	1.38	3.85	2.61	
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance 물푸레나무	0.34	3.85	2.10	
T2	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi 고로쇠나무	30.49	16.67	23.58	
	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom. 당단풍나무	15.32	10.00	12.66	
	<i>Malus baccata</i> Borkh. 야광나무	9.01	10.00	9.50	
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance 물푸레나무	6.93	10.00	8.47	
	<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino 비목나무	9.01	6.67	7.84	
	<i>Cornus controversa</i> Hemsl. ex Prain 층층나무	6.24	6.67	6.45	
	<i>Morus bombycis</i> Koidz. 산뽕나무	6.93	3.33	5.13	
	<i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i> (Maxim.) Wesm. 신나무	2.08	6.67	4.37	
	<i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb. 신갈나무	4.85	3.33	4.09	
	<i>Staphylea bumalda</i> DC. 고추나무	1.39	6.67	4.03	
	<i>Philadelphus schrenkii</i> Rupr. 고평나무	2.77	3.33	3.05	
	<i>Platycarya strobilacea</i> Siebold & Zucc. 굴피나무	2.08	3.33	2.71	
	<i>Prunus padus</i> L. 귀룽나무	2.08	3.33	2.71	
	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (Rehder) Nakai 느릅나무	0.69	3.33	2.01	
	<i>Actinidia arguta</i> (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq. 다래	0.07	3.33	1.70	
	<i>Syringa patula</i> var. <i>kamibayshii</i> (Nakai) K.Kim 정향나무	0.07	3.33	1.70	
	S	<i>Philadelphus schrenkii</i> Rupr. 고평나무	25.63	11.90	18.77
		<i>Staphylea bumalda</i> DC. 고추나무	9.93	16.67	13.30
		<i>Syringa patula</i> var. <i>kamibayshii</i> (Nakai) K.Kim 정향나무	14.62	4.76	9.69
		<i>Alangium platanifolium</i> var. <i>trilobum</i> (Miq.) Ohwi 박쥐나무	9.21	4.76	6.98
<i>Clematis heracleifolia</i> DC. 병조희풀		7.22	2.38	4.80	
<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliatodentatus</i> (Franch. & Sav.) Hiyama 회잎나무		3.79	4.76	4.28	
<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge 산딸기		3.79	4.76	4.28	
<i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold & Zucc. 쥐똥나무		3.61	2.38	3.00	
<i>Prunus padus</i> L. 귀룽나무		3.61	2.38	3.00	
<i>Rubus oldhamii</i> Miq. 줄딸기		3.61	2.38	3.00	
<i>Weigela florida</i> (Bunge) A.DC. 붉은병꽃나무		3.61	2.38	3.00	
<i>Weigela subsessilis</i> L.H.Bailey 병꽃나무		3.61	2.38	3.00	
<i>Actinidia arguta</i> (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq. 다래		1.81	2.38	2.09	
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume 생강나무		1.81	2.38	2.09	
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i> Nakai 조팝나무		1.81	2.38	2.09	
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi 고로쇠나무		0.18	2.38	1.28	
<i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i> (Maxim.) Wesm. 신나무		0.18	2.38	1.28	
<i>Akebia quinata</i> (Thunb.) Decne. 으름덩굴		0.18	2.38	1.28	
<i>Deutzia glabrata</i> Kom. 물참대		0.18	2.38	1.28	
<i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Siebold 화살나무		0.18	2.38	1.28	
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance 물푸레나무	0.18	2.38	1.28		
<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino 비목나무	0.18	2.38	1.28		
<i>Malus baccata</i> Borkh. 야광나무	0.18	2.38	1.28		
<i>Schisandra chinensis</i> (Turcz.) Baill. 오미자	0.18	2.38	1.28		
<i>Smilax sieboldii</i> Miq. 청가시덩굴	0.18	2.38	1.28		
<i>Sorbus alnifolia</i> (Siebold & Zucc.) K.Koch 팔배나무	0.18	2.38	1.28		
<i>Tripterygium regelii</i> Sprague & Takeda 미역줄나무	0.18	2.38	1.28		
<i>Viburnum opulus</i> var. <i>calvescens</i> (Rehder) Hara 백당나무	0.18	2.38	1.28		

Continued

	<i>Viola websteri</i> Hemsl. 왕제비꽃	11.76	7.56	9.66
	<i>Meehania urticifolia</i> (Miq.) Makino 벌개덩굴	11.60	5.46	8.53
	<i>Pseudostellaria heterophylla</i> (Miq.) Pax ex Pax & Hoffm. 개별꽃	9.65	3.36	6.51
	<i>Hylomecon vernalis</i> Maxim. 피나무물	6.52	3.78	5.15
	<i>Oxalis obtriangulata</i> Maxim. 큰괭이밥	7.35	1.68	4.52
	<i>Pseudostellaria davidii</i> (Franch.) Pax ex Pax & Hoffm. 덩굴개별꽃	7.03	1.26	4.15
	<i>Anemone reflexa</i> Steph. & Willd. 회리바람꽃	4.47	0.84	2.66
	<i>Erythronium japonicum</i> (Balrer) Decne. 얼레지	2.94	1.68	2.31
	<i>Cardamine leucantha</i> (Tausch) O.E.Schulz 미나리냉이	0.29	3.78	2.03
	<i>Aconitum pseudolaeve</i> Nakai 진범	2.30	1.68	1.99
	<i>Akebia quinata</i> (Thunb.) Decne. 으름덩굴	2.59	1.26	1.92
	<i>Symplocarpus nipponicus</i> Makino 애기얇은부채	2.56	0.84	1.70
	<i>Aconitum jaluense</i> Kom. 투구꽃	0.77	2.52	1.64
	<i>Trigonotis radicans</i> var. <i>sericea</i> (Maxim.) H.Hara 참꽃마리	1.09	2.10	1.59
	<i>Asarum sieboldii</i> Miq. 죽도리풀	0.22	2.94	1.58
	<i>Disporum viridescens</i> (Maxim.) Nakai 큰애기나리	1.34	1.68	1.51
	<i>Calamagrostis langsdorfii</i> (Link) Trin. 산새풀	2.56	0.42	1.49
	<i>Chrysosplenium pseudofauriei</i> H.Lev. 선괭이는	2.56	0.42	1.49
	<i>Agrostis clavata</i> var. <i>nukabo</i> Ohwi 겨이삭	1.60	1.26	1.43
	<i>Carex filipes</i> Franch. & Sav. 낚시사초	1.95	0.84	1.39
	<i>Pimpinella brachycarpa</i> (Kom.) Nakai 참나무물	1.60	0.84	1.22
	<i>Lilium tsingtauense</i> Gilg 하늘말나리	0.16	2.10	1.13
	<i>Viola acuminata</i> Ledeb. 줄방제비꽃	0.16	2.10	1.13
	<i>Stellaria aquatica</i> (L.) Scop. 쇠별꽃	1.31	0.84	1.08
	<i>Lamium album</i> var. <i>barbatum</i> (Sieb. & Zucc.) Franch. & Sav. 광대수염	0.42	1.68	1.05
	<i>Athyrium niponicum</i> (Mett.) Hance 개고사리	0.99	0.84	0.92
	<i>Polygonatum inflatum</i> Kom. 통통굴레	0.99	0.84	0.92
	<i>Asparagus schoberioides</i> Kunth 비짜루	0.13	1.68	0.90
H	<i>Rubia cordifolia</i> var. <i>pratensis</i> Maxim. 갈퀴꼭두서니	0.13	1.68	0.90
	<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i> (Regel) Hara & T.Koyama 밀나무물	0.13	1.68	0.90
	<i>Isachne globosa</i> (Thunb.) Kuntze 기장대풀	1.28	0.42	0.85
	<i>Persicaria filiformis</i> (Thunb.) Nakai ex Mori 이삭여뀌	1.28	0.42	0.85
	<i>Potentilla freyniana</i> Bornm. 세잎양지꽃	1.28	0.42	0.85
	<i>Thalictrum aquilegifolium</i> var. <i>sibiricum</i> Regel & Tiling 썩의다리	1.28	0.42	0.85
	<i>Vicia venosa</i> var. <i>cuspidata</i> Maxim. 광릉갈퀴	1.28	0.42	0.85
	<i>Carex siderosticta</i> Hance 대사초	0.38	1.26	0.82
	<i>Dioscorea tokoro</i> Makino 도꼬로마	0.38	1.26	0.82
	<i>Isodon inflexus</i> (Thunb.) Kudo 산박하	0.67	0.84	0.76
	<i>Adoxa moschatellina</i> L. 연복초	0.10	1.26	0.68
	<i>Corydalis remota</i> Fisch. ex Maxim. 현호색	0.10	1.26	0.68
	<i>Lychnis cognata</i> Maxim. 동자꽃	0.10	1.26	0.68
	<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge 산딸기	0.10	1.26	0.68
	<i>Jeffersonia dubia</i> (Maxim.) Benth. & Hook.f. 깽깽이풀	0.35	0.84	0.60
	<i>Polystichum tripterum</i> (Kunze) C.Presl 십자고사리	0.35	0.84	0.60
	<i>Brachybotrys paridiformis</i> Maxim. ex Oliv. 당개지치	0.64	0.42	0.53
	<i>Melica nutans</i> L. 왕쌀새	0.64	0.42	0.53
	<i>Anemone raddeana</i> Regel 썩의바람꽃	0.06	0.84	0.45
	<i>Angelica decursiva</i> (Miq.) Franch. & Sav. 바디나무물	0.06	0.84	0.45
	<i>Astilbe rubra</i> Hook.f. & Thomson 노루오줌	0.06	0.84	0.45
	<i>Chloranthus japonicus</i> Siebold 홀아비꽃대	0.06	0.84	0.45
	<i>Deparia pycnosora</i> (H.Christ) M.Kato 털고사리	0.06	0.84	0.45
	<i>Geranium thunbergii</i> Siebold & Zucc. 이질풀	0.06	0.84	0.45
	<i>Impatiens nolitangere</i> L. 노랑물봉선	0.06	0.84	0.45
	<i>Persicaria dissitiflora</i> (Hemsl.) H.Gross ex Mori 가시여뀌	0.06	0.84	0.45
	<i>Smilax nipponica</i> Miq. 선밀나무물	0.06	0.84	0.45
	<i>Thelypteris palustris</i> (Salisb.) Schott 처녀고사리	0.06	0.84	0.45
	<i>Viola albida</i> var. <i>chaerophylloides</i> (Regel) F.Maek. 남산제비꽃	0.06	0.84	0.45
	<i>Artemisia stolonifera</i> (Maxim.) Kom. 넓은잎외잎쭈	0.32	0.42	0.37

Continued

	<i>Carpesium abrotanoides</i> L. 담배풀	0.32	0.42	0.37
	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. 짚신나물	0.03	0.42	0.23
	<i>Anemone koraiensis</i> Nakai 홀아비바람꽃	0.03	0.42	0.23
	<i>Angelica acutiloba</i> (Siebold & Zucc.) Kitag. 왜당귀	0.03	0.42	0.23
	<i>Arisaema amurense</i> for. <i>serratum</i> (Nakai) Kitag. 천남성	0.03	0.42	0.23
	<i>Arisaema amurense</i> Maxim. 둥근잎천남성	0.03	0.42	0.23
	<i>Arisaema peninsulae</i> Nakai 점박이천남성	0.03	0.42	0.23
	<i>Arisaema thunbergii</i> Blume 무늬천남성	0.03	0.42	0.23
	<i>Artemisia princeps</i> Pamp. 쑥	0.03	0.42	0.23
	<i>Aster scaber</i> Thunb. 참취	0.03	0.42	0.23
	<i>Asyneuma japonicum</i> (Miq.) Briq. 영아자	0.03	0.42	0.23
	<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaudich. 모시풀	0.03	0.42	0.23
	<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i> (Hara) Ohwi 애기똥풀	0.03	0.42	0.23
	<i>Clematis alpina</i> var. <i>ochotensis</i> (Pall.) Kuntze 자주종덩굴	0.03	0.42	0.23
	<i>Clematis heracleifolia</i> DC. 병조희풀	0.03	0.42	0.23
	<i>Convallaria keiskei</i> Miq. 은방울꽃	0.03	0.42	0.23
	<i>Disporum smilacinum</i> A.Gray 애기나리	0.03	0.42	0.23
	<i>Dryopteris crassirhizoma</i> Nakai 관중	0.03	0.42	0.23
	<i>Duchesnea indica</i> (Andr.) Focke 뱀딸기	0.03	0.42	0.23
	<i>Equisetum arvense</i> L. 쇠뜨기	0.03	0.42	0.23
H	<i>Filipendula glaberrima</i> (Nakai) Nakai 터리풀	0.03	0.42	0.23
	<i>Hemerocallis fulva</i> (L.) L. 원추리	0.03	0.42	0.23
	<i>Heracleum moellendorffii</i> Hance 어수리	0.03	0.42	0.23
	<i>Isodon japonicus</i> (Burm.) Hara 방아풀	0.03	0.42	0.23
	<i>Oreorchis patens</i> (Lindl.) Lindl. 감자난초	0.03	0.42	0.23
	<i>Osmunda cinnamomea</i> var. <i>forkiensis</i> Copel. 꿩고비	0.03	0.42	0.23
	<i>Polygonatum involucratum</i> (Franch. & Sav.) Maxim. 용둥굴레	0.03	0.42	0.23
	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> (Miq.) Ohwi 둥굴레	0.03	0.42	0.23
	<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> Maxim. 양지꽃	0.03	0.42	0.23
	<i>Pseudostellaria palibiniana</i> (Takeda) Ohwi 큰개별꽃	0.03	0.42	0.23
	<i>Sanicula chinensis</i> Bunge 참반디	0.03	0.42	0.23
	<i>Schisandra chinensis</i> (Turcz.) Baill. 오미자	0.03	0.42	0.23
	<i>Smilacina japonica</i> A.Gray 풀숨대	0.03	0.42	0.23
	<i>Symplocarpus renifolius</i> Schott ex Miq. 앓은부채	0.03	0.42	0.23
	<i>Torilis japonica</i> (Houtt.) DC. 사상자	0.03	0.42	0.23
	<i>Veratrum maackii</i> var. <i>japonicum</i> (Baker) T.Schmizu 여로	0.03	0.42	0.23
	<i>Vicia unijuga</i> A.Braun 나비나물	0.03	0.42	0.23
	<i>Viola albida</i> Palib. 태백제비꽃	0.03	0.42	0.23
	<i>Viola collina</i> Besser 둥근털제비꽃	0.03	0.42	0.23
	<i>Viola diamantiaca</i> Nakai 금강제비꽃	0.03	0.42	0.23
	<i>Viola rossii</i> Hemsl. 고깔제비꽃	0.03	0.42	0.23

Note; T1: tree layer, T2: subtree layer, S: shrub layer, H: herbaceous layer.