

## 금강제비꽃(*Viola diamantiaca* Nakai) 자생지의 환경특성과 RAPD 분석

서원복 · 유기억\*

강원대학교 자연과학대학 생명과학과

### Environmental characteristics on habitats of *Viola diamantiaca* Nakai and its RAPD analysis

Won-Bok Seo and Ki-Oug Yoo\*

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

(Received 17 February 2011 : Accepted 8 March 2011)

**적 요:** 금강제비꽃 보전을 위한 기초자료를 확보하기 위해 18개 지역을 대상으로 자생지 환경특성과 RAPD를 이용한 집단 간 유연관계 분석을 실시하였다. 자생지는 해발 614–1,462 m의 범위에 위치하였으며, 경사는 3–30°로 비교적 완만하였다. 식생조사 결과 조사된 방형구 내에 출현한 관속식물은 총 268분류군이었으며, 초본층은 금강제비꽃의 중요치가 11.58%로 가장 높았고, 다음으로는 조릿대(5.61%), 별개덩굴(5.21%), 단풍취(3.62%), 큰개별꽃(3.60%) 등의 순으로 나타나 이 종류들이 금강제비꽃과 친화도가 높은 것으로 생각된다. 종다양도는 평균 1.36, 균등도는 평균 0.89, 우점도는 평균 0.07로 나타나 비교적 균일한 식생구조를 갖는 것으로 나타났다. 토양 분석결과 포장용수량, 유기물함량 그리고 pH는 각각 평균 25.99%, 17.47%, 5.19로 조사되었으며, 토성은 11개 지역이 사양토, 7개 지역이 양토로 확인되었다. RAPD 분석을 통해 총 78개의 band가 확인되었으며, 그 중 polymorphic band는 64(84.6%)개로 지역 간 높은 유전변이를 보였다. 18개 집단은 유사도지수 0.53–0.86 범위 내에서 5개의 분계조를 형성하였다. 지리적으로 가장 격리된 지리산 집단이 가장 기부에 위치하였고, 강원도 남부의 2개 집단과 충청북도의 3개 집단도 함께 유집되었다. 또한 강원도 중부에 위치한 4개 지역과 경상북도의 보현산이 하나의 분계조를 형성하였으며, 경기도의 2개 지역과 강원도 북부의 5개 지역이 한 개의 군을 이루었고, 가리왕산 집단은 강원도 남부와 중부집단의 분계조 사이에 위치하였다.

**주요어:** 금강제비꽃, 환경특성, 식생, 토양분석, RAPD 분석

**ABSTRACT:** This study investigated the environmental factors and conducted a RAPD analysis for a better understanding of the environmental characteristics and regional genetic variation in samples from 18 different areas of *Viola diamantiaca*. The habitats are mostly located on the slopes of mountains facing north at an altitude ranging from 614 m to 1,462 m above sea level with angles of inclination ranging from 3 degrees to 30 degrees. A total of 268 vascular plant taxa are identified in 35 quadrates of 18 habitats. The importance value of *V. diamantiaca* is 11.58%, and four highly ranked species, *Sasa borealis* (5.61%), *Meehaniania urticifolia* (5.21%), *Ainsliaea acerifolia* (3.62%), *Pseudostellaria palibiniana* (3.60%) are considered to have an affinity with *V. diamantiaca* in their habitats. The degree of their average species diversity is 1.36, while this metric for their evenness and dominance are 0.89 and 0.07, respectively. The average field capacity of the soil is 25.99%, with organic matter at 17.47%, and the pH is 5.19. The soil texture was confirmed as sandy loam of eleven and loam of seven. The result of the RAPD analysis, among 78 bands amplified with a primer, 64 (84.6%) showed polymorphism. Eighteen populations could be classified into five groups with similarity coefficient values ranging from 0.53 to 0.86. The Mt. Jiri population, which is geographically segregated, shows basal branching within the 18 populations. Five populations, including two in the southern district in Gangwon-do and three in Chungcheongbuk-do, form a distinct clade. Four populations in the central district of Gangwon-do and Mt. Bohyeon in the Gyeongsangbuk-do clade form a

\*Author for correspondence: yooko@kangwon.ac.kr

sister to the clade containing two populations in Gyeonggi-do and five populations of the northern district in Gangwon-do. The Mt. Gariwang population is placed between the southern district and the central district in the Gangwon-do clades.

**Keywords:** *Viola diamantiaca*, environmental factors, vegetation, soil analysis, RAPD analysis

금강제비꽃(*Viola diamantiaca* Nakai)은 제비꽃과(Violaceae), 제비꽃속(*Viola*)에 속하는 다년생 초본식물로 가늘고 긴 지하경을 옆으로 뻗는다. 잎은 총생하며 밑은 깊은 심장형이고 끝은 점차 뾰족해지며 가장자리에 둔한 톱니가 있다. 꽃은 4-5월에 백색으로 피고 잎 사이에서 짧은 화경이나와 1개씩 달리며 폐쇄화이다(Lee, 1996b). 금강제비꽃은 금강산에서 Uchiyama에 의해 채집되어 Nakai가 1919년에 *Viola diamantiaca*로 발표하였다(Nakai, 1919). 이 후 금강제비꽃은 우리나라의 지리산 이북 700 m 이상 고지대에 자생하는 특산식물로 보고되었으나(Lee, 1996b), Wang(1991)이 금강제비꽃의 변종으로 인정되던 만주산의 민금강제비꽃(*Viola diamantiaca* Nakai var. *glabrior* Kitagawa)을 금강제비꽃에 통합시킴으로서 특산종으로서의 가치를 잃게 되었다.

금강제비꽃에 관한 연구로는 해부학적 연구(Lee and Yook, 1972), 형태학적 연구(Kim and Lee, 1988), 분자계통학적 연구(Yoo et al., 2004, 2005, 2007; Yoo and Kim, 2006) 등이 수행되었다. 이처럼 계통유연관계를 밝히고자 제비꽃속의 여러 분류군을 포함한 포괄적인 연구는 수차례 수행된 반면, 희귀식물(Korea National Arboretum, 2008)로 지정·보호받고 있음에도 불구하고 금강제비꽃에 대한 자생지 환경특성과 지역 간 유전변이에 관한 연구는 전무하다. 최근 생물다양성협약(CBD), 국제식물신품종보호동맹(UPOV) 등 생물 유전자원의 보존과 관련된 국제협약 및 조약이 발효됨에 따라, 자국 생물 유전자원의 체계적이고 효율적인 관리가 요구되고 있으나 우리나라에서는 한 분류군에 대한 집단과 집단 간 유전적 다양성 보존에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 금강제비꽃의 자생지 환경특성을 조사하여 보전 및 보존 시 사용될 기초자료를 제공하는 동시에 RAPD 분석을 통해 종내 지역 간 유전다양성을 알아보고자 실시하였다.

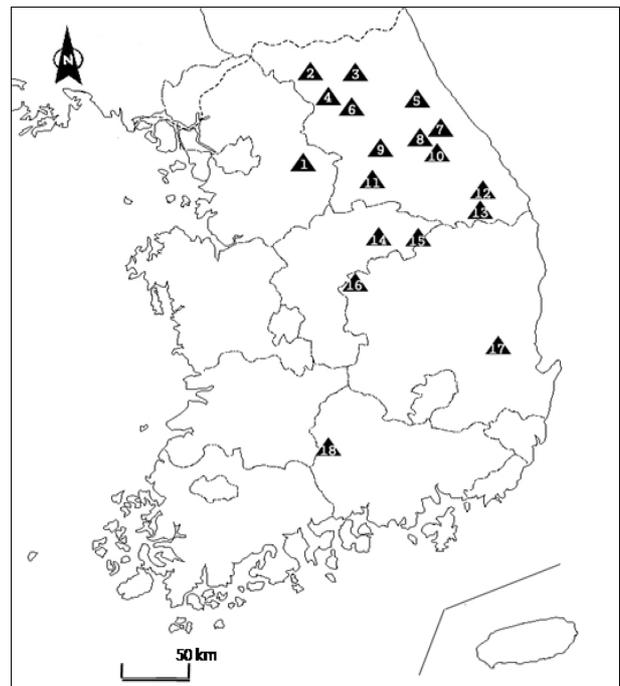
## 재료 및 방법

### 조사지 선정

금강제비꽃의 자생지 조사는 2009년 5월부터 2010년 5월에 걸쳐 전국의 18개 지역을 대상으로 자생지 면적에 따라 5 m × 5 m (25 m<sup>2</sup>)의 방형구를 1-3개씩 설치하여 총 35개를 조사하였다(Fig. 1).

### 조사방법

자생지 환경특성은 방위(Starter 1-2-3, Silva), 고도(GPS-V, Garmin), 경사(PM-5/360PC, Suunto)를 각 방형구마다 측정하였다.



**Fig. 1.** Map of investigated areas(1. Mt. Yongmun, 2. Mt. Gwangdeok, 3. Mt. Ilsan, 4. Mt. Yonghwa, 5. Mt. Seorak, 6. Mt. Daeryong, 7. Mt. Odae, 8. Mt. Gyeong, 9. Mt. Balgyo, 10. Mt. Gariwang, 11. Mt. Chiak, 12. Geumdaebong, 13. Mt. Taebaek, 14. Mt. Worak, 15. Mt. Sobaek, 16. Mt. Songni, 17. Mt. Bohyeon, 18. Mt. Jiri).

식생조사는 5 m × 5 m (25 m<sup>2</sup>) 방형구 내에 출현하는 전 종류를 대상으로 교목층, 아교목층, 관목층 및 초본층으로 나누어 각 층별 피도와 빈도를 조사한 후 상대피도(Relative coverage, RC)와 상대빈도(Relative frequency, RF)를 구하고 이를 바탕으로 중요치(Importance value, IV)값을 산출하였다. 또한 자생지 식생의 양적지수를 비교하기 위해 초본층의 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. 식물 동정은 Lee(1996a, b), Lee(2003), Lee(2006) 등의 도감을 사용하였으며, 학명과 국명은 국가표준식물목록(Korea National Arboretum, The Korean Society of Plant Taxonomists, 2007)을 따랐고, 조사된 식물에 대한 특성을 파악하기 위해 특산식물(Oh et al., 2005), 귀화식물(Park, 2009) 및 희귀식물(Korea National Arboretum, 2008)도 조사하였다.

토양의 물리·화학적 특성을 파악하기 위해 방형구 내에서

낙엽층을 걷어내고 표층으로부터 10 cm 내외의 깊이에서 토양을 채취한 후 실험실로 운반하여 음건하였으며, 2 mm(Ø) 체로 걸러 통과한 토양 시료를 이용하여 포장용수량, 유기물함량, pH 및 토성을 측정하였다. 포장용수량은 지름 2.5 cm 크기의 원통관 밑을 천으로 막고 10 g의 토양을 넣은 후 물을 부어 충분히 적신 다음 윗부분을 parafilm으로 막고 원통 내의 토양보다 6배 이상 많은 건조한 모래를 담은 box에 넣고 48시간 동안 방치 후 함수량을 구하여 포장용수량으로 환산하였다(Feodoroff and Betriemieux, 1964). 유기물함량은 작열감량법(Allen, 1989), pH는 진탕법(Allen, 1989) 그리고 토성은 비중계법(Kalra and Maynard, 1991)을 이용하여 측정하였다. RAPD 분석은 18개 집단의 방형구내에서 1개체씩 총 18개체의 잎 시료를 대상으로 Doyle and Doyle(1987)의 방법에 따라 DNA를 추출하였으며, primer는 Operon사의 52개를 대상으로 예비실험을 수행한 후 증폭된 band가 선명하고 개체 간 다형성(polymorphism)을 보이는 6개를 사용하였다. PCR 조건은 94°C에서 1분, 49°C에서 1분, 72°C에서 2분을 하나의 cycle로 총 45회 반복하였고, 72°C에서 10분간 더 유지하였다. 증폭된 DNA는 전기영동한 후 UV하에서 촬영하였으며, 분자량 비교를 위한 marker로는 1,000 bp DNA ladder를 사용하였다. 유연관계분석은 촬영된 gel 사진을 근거로 증폭된 밴드의 유·무에 따라 1과 0으로 구별하여 자료행렬(data matrix)을 작성하였으며, 유집분석은 NTSYS-pc(version 2.02j, Applied Biostatistics, Setauket, New York, USA)를 사용하였고, 비가중산술법(UPGMA, unweighted pair-group method using arithmetic average)으로 유집하였다.

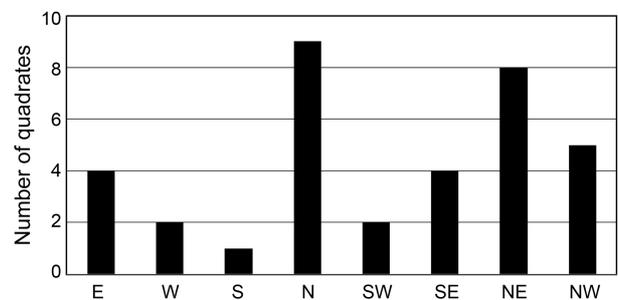
## 결과 및 고찰

### 자생지 환경특성

자생지 해발고도의 범위는 614–1,462 m로 오대산이 평균 1,317 m로 가장 높았고, 발교산(681 m)을 제외한 대부분의 지역이 700 m 이상으로 나타났으며, 35개 조사구 중 19개 지점이 1,000 m 이상, 800–900 m 범위도 13개 지점으로 확인되어 대부분의 조사구가 고도가 높은 지역에 위치하였다(Table 1). 금강제비꽃은 고도 700 m 이상에 제한적으로 분포한다고 알려져 있는데(Lee, 1996b), 조사결과 대부분의 자생지가 높은 곳에 위치하고 있어 기존 문헌과 일치하는 결과를 보였으며, 특히 비교적 고도가 높은 산이 밀집되어 있는 강원도에서 많은 자생지가 확인되었다. 경사는 3–30°의 범위로 평균은 13°이하로 치악산이 평균 25.67°로 가장 급한 반면, 설악산은 4°로 가장 완만한 곳에 위치하였다(Table 1). 방위는 다양하게 나타났으나, 35개 방형구 중 22개가 북사면에 위치하여 이 둘 방향을 선호하는 것으로 나타났다(Fig. 2). 이처럼 금강제비꽃은 계곡의 사면에서부터 조립지, 등산로에 인접한 능선부에 이르기까지 다양한 환경조건 하에 분포하여 수분조건에 대한 강한 내성을 가지는 것으로 판단되나 부식토의 축적이 많고 토양함수량이 높다고 알려져

**Table 1.** Environmental factors of *Viola diamantiaca* habitats.

Investigated area	Altitude(m)	Slope degrees(°C)
Mt. Yongmun	918-(941.6)-972	5-(11.6)-15
Mt. Gwangdeok	839-(857.0)-870	19-(22.3)-27
Mt. Ilsan	1053-(1063.0)-1073	7-(7.0)-7
Mt. Yonghwa	759	10
Mt. Seorak	819-(1096.5)-1374	3-(4.0)-5
Mt. Daeryong	614-(737.0)-860	7-(11.0)-15
Mt. Odae	1309-(1317.0)-1325	10-(13.5)-17
Mt. Gyeong	1162-(1171.5)-1181	9-(12.0)-15
Mt. Balgyo	681	7
Mt. Gariwang	1072-(1143.3)-1219	5-(8.3)-10
Mt. Chiak	977-(991.6)-1012	24-(25.6)-28
Geumdaebong	1286-(1297.0)-1308	10-(20.0)-30
Mt. Taebaek	1084-(1107.5)-1131	15-(17.5)-20
Mt. Worak	986	27
Mt. Sobaek	1272-(1273.5)-1275	4-(5.5)-7
Mt. Songni	989	18
Mt. Bohyeon	1032	16
Mt. Jiri	920-(1191.0)-1462	8-(10.0)-12
Average	614-(1035.2)-1462	3-(13.6)-30



**Fig. 2.** Direction of *Viola diamantiaca* habitats.

있는(Lee et al., 1999) 북쪽 사면에 대부분의 자생지가 위치하고 있어 비교적 습윤한 음지를 더 선호하는 것으로 생각된다. 그러나 지하경을 통해 번식하며 폐쇄화를 생성하는 금강제비꽃의 생육 특성상 같은 지역이라 하더라도 자생지는 서로 격리되어 있었으며, 제한적인 구역 안에 산발적인 패치를 형성하고 있어 급격한 자생지 환경변화에 취약할 것으로 판단된다.

### 식생조사

#### 1) 종풍부도(Species richness)

조사된 35개 방형구 내에 출현한 관속식물은 71과 175속

199종 2아종 55변종 12품종으로 총 268분류군이었으며 (Appendix 1), 층별로는 교목층 15분류군, 아교목층 33분류군, 관목층 63분류군 그리고 초본층은 199종류가 조사되었다. 초본층의 종풍부도는 광덕산이 62종류로 가장 높았고, 가리왕산(61종류), 용문산(51종류), 치악산(50종류)의 순으로 높게 나타났으며, 속리산은 12종류가 조사되어 매우 낮은 종풍부도를 보였다(Table 2). 속리산 자생지는 등산로 좌우로 좁은 면적에 작은 군락을 형성하고 있었을 뿐만 아니라, 주변에 조릿대가 높은 우점을 보여 식생 발달이 원활하지 못했던 것으로 판단된다. 조사된 분류군 중 특산식물은 홀아비바람꽃, 진범, 분취, 지리대사초, 자란초, 금강초롱꽃, 흰팽이눈, 고평나무, 지리산오갈피, 병꽃나무 등 총 10분류군이 조사되었다. 귀화식물은 가리왕산에서 닭의덩굴 1종만이 출현하였는데, 이는 비교적 고도가 높은 곳의 식생이 잘 발달한 숲속에 자생지가 위치하고 있어 귀화식물의 침입이 어려웠기 때문으로 생각된다.

2) 중요치(Importance value, IV)

각 층별 중요치를 산출한 결과, 초본층은 금강제비꽃의 중요치가 11.58%로 가장 높았으며, 다음으로는 조릿대 (5.61%), 별개덩굴(5.21%), 단풍취(3.62%), 큰개별꽃(3.60%),

대사초(2.83%), 관중(2.16%), 노루오줌(2.02%) 등의 순으로 나타나(Appendix 1) 이 종류들이 금강제비꽃과 친화도가 높은 종류로 판단된다. 조릿대의 경우 소백산, 속리산, 지리산 등 일부 지역에 출현하였지만, 자생지 내 높은 피도를 보여 다른 종에 비해 높은 중요치 값을 갖는 것으로 확인되었다. 상층 수목 중 교목층의 중요치는 신갈나무가 42.46%로 다른 종류에 비해 높은 우점을 보였으며, 다음으로는 일본잎갈나무(9.44%), 층층나무(9.26%), 고로쇠나무(8.02%), 물푸레나무(7.31%) 등의 순으로 나타났다(Appendix 1). 아교목층은 당단풍나무가 17.60%로 가장 높았고, 신갈나무(13.72%), 피나무(10.41%) 등이 출현하였으며, 관목층은 미역줄나무(9.35%), 국수나무(8.53%), 생강나무(6.36%), 당단풍나무(5.94%), 노린재나무(5.84%) 등이 우세하였다(Appendix 1).

금강제비꽃 자생지 내 출현한 상층 수목 중 고도가 높은 지역을 선호하는 신갈나무, 조림을 위해 식재된 일본잎갈나무와 습윤한 지역을 선호하는 계곡성 수종인 당단풍나무, 고로쇠나무, 까치박달 등이 높은 중요치를 보여 금강제비꽃 자생지의 분포는 다양한 환경 조건하에 위치하는 것을 확인하였다. 또한 상층수목 중 식피율이 매우 높은 수종으로 알려진 신갈나무(Lee et al., 1999)를 비롯하여 대부분이 높은 피도를 형성하는 수종이 다수 포함되어 있어 금강제비꽃은 내음성이 있는 종으로 판단된다. 초본층에서는 금강제비꽃 다음으로 하층식생에 우점하면서 타감물질을 분비하여 타식물의 성장과 발아를 억제하며, 뺨뺨한 수관을 형성하여 상층 수목의 후대목이나 다른 관목들의 성장을 저해한다고 알려진 조릿대(Cha and Chun, 2002)가 일부지역에서 높은 우점을 보여 추후 자생지의 식생변화가 예상된다.

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

조사된 18개 지역의 종다양도는 1.91로 나타났으며, 평균 값은 1.36이었다. 지역별로는 광덕산이 1.62로 가장 높았고, 속리산이 0.92로 가장 낮았다(Table 2). 우점도는 0.9 이상일 때 1종이 압도적으로 분포하고, 0.3-0.7이면 1종이 강한 우점을 보이거나 2종이 우점하며, 0.1-0.3일 때는 여러 종이 우점하는데(Whittaker, 1965), 본 조사결과 속리산과 지리산을 제외하고 모든 자생지의 우점도는 0.1 이하로 특정종이 우점하지 않는 고른 식생구조를 나타냈다(Table 2). 균등도는 1에 가까울수록 분포하는 종들이 균일한 상태를 나타내는데(Brower and Zar, 1977), 평균이 0.89로 나타나 비교적 균일한 식생을 형성하는 것으로 판단된다(Table 2).

토양분석

금강제비꽃 자생지의 포장용수량은 평균 25.99%로 나타났다으며, 지역별로는 설악산이 36.61%로 가장 높았고, 발교산이 14.64%로 가장 낮았다(Table 3). 유기물함량은 지역적으로 11.06-30.87%의 범위로 평균은 17.47%로 측정되어 (Table 3), 우리나라 산림토양의 평균 유기물함량 4.5%

Table 2. Structural properties of herbaceous layer in *Viola diamantiaca* habitats.

Investigated area	Species richness	Species diversity	Dominance	Evenness
Mt. Yongmun	51	1.50	0.05	0.88
Mt. Gwangdeok	62	1.62	0.03	0.91
Mt. Ilsan	42	1.49	0.04	0.92
Mt. Yonghwa	19	1.18	0.09	0.92
Mt. Seorak	34	1.40	0.06	0.91
Mt. Daeryong	42	1.43	0.07	0.88
Mt. Odae	25	1.25	0.08	0.89
Mt. Gyebang	40	1.40	0.07	0.88
Mt. Balgyo	28	1.30	0.07	0.89
Mt. Gariwang	61	1.55	0.05	0.87
Mt. Chiak	50	1.47	0.05	0.87
Geumdaebong	44	1.45	0.06	0.88
Mt. Taebaek	42	1.41	0.07	0.87
Mt. Worak	27	1.32	0.06	0.92
Mt. Sobaek	35	1.36	0.07	0.88
Mt. Songni	12	0.92	0.18	0.85
Mt. Bohyeon	27	1.29	0.07	0.90
Mt. Jiri	25	1.19	0.11	0.85
Average	37	1.36	0.07	0.89

**Table 3.** Soil characteristics of *Viola diamantiaca* habitats.

Investigated area	Field capacity (%)	Organic matter (%)	pH
Mt. Yongmun	21.55	14.78	4.71
Mt. Gwangdeok	27.63	27.13	5.36
Mt. Ilsan	32.17	11.06	4.93
Mt. Yonghwa	24.84	15.47	5.06
Mt. Seorak	36.61	21.60	5.35
Mt. Daeryong	24.42	12.65	5.38
Mt. Odae	26.08	16.84	5.17
Mt. Gyeong	15.64	13.66	5.37
Mt. Balgyo	14.64	12.90	4.98
Mt. Gariwang	18.39	20.86	5.49
Mt. Chiak	29.12	18.88	5.18
Geumdaebong	25.79	18.08	5.20
Mt. Taebaek	27.59	11.53	5.63
Mt. Worak	31.81	20.58	5.75
Mt. Sobaek	25.45	15.76	5.11
Mt. Songni	22.79	14.19	4.82
Mt. Bohyeon	34.40	17.64	5.23
Mt. Jiri	28.85	30.87	4.66
Average	25.99	17.47	5.19

**Table 4.** Soil texture of *Viola diamantiaca* habitats.

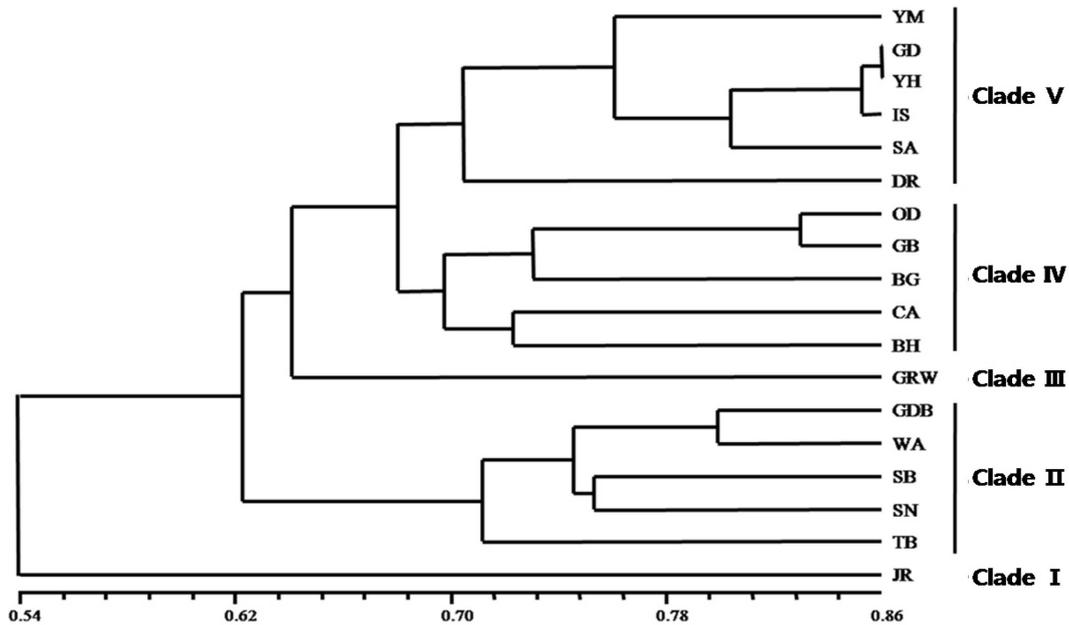
Investigated area	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture
Mt. Yongmun	50.83	39.17	10.00	Loam
Mt. Gwangdeok	59.17	34.17	6.67	Sandy loam
Mt. Ilsan	43.75	48.13	8.13	Loam
Mt. Yonghwa	55.00	32.50	12.50	Sandy loam
Mt. Seorak	55.00	35.00	10.00	Sandy loam
Mt. Daeryong	51.25	38.75	10.00	Loam
Mt. Odae	51.25	35.00	13.75	Loam
Mt. Gyeong	53.75	33.75	12.50	Sandy loam
Mt. Balgyo	63.75	27.50	8.75	Sandy loam
Mt. Gariwang	49.17	40.83	10.00	Loam
Mt. Chiak	52.08	37.50	10.42	Sandy loam
Geumdaebong	51.25	33.75	15.00	Loam
Mt. Taebaek	33.75	48.75	17.50	Loam
Mt. Worak	55.00	37.50	7.50	Sandy loam
Mt. Sobaek	53.75	38.75	7.50	Sandy loam
Mt. Songni	55.00	35.00	10.00	Sandy loam
Mt. Bohyeon	57.50	32.50	10.00	Sandy loam
Mt. Jiri	59.38	34.38	6.25	Sandy loam
Average	52.81	36.83	10.36	

(Jeong et al., 2002)보다 높은 값을 보였다. pH는 평균 5.19로 율악산이 5.75로 가장 높았고, 지리산이 4.66으로 가장 낮은 값을 보였다(Table 3). 토성은 모래, 미사, 점토의 평균 구성비가 각각 52.81%, 36.83%, 10.36%로 나타나 11개 지역은 사양토, 7개 지역은 양토로 확인되었는데(Table 4), 이는 우리나라 산림토양의 평균 구성비인 모래 37.30%, 미사 44.80%, 점토 17.90%(Jeong et al., 2002)와 비교할 때 모래의 비율이 높게 나타났다.

토양분석 결과 유기물함량은 우리나라 산림토양 평균보다 높은 값을 보였는데, 금강제비꽃 자생지 내에 출현한 상층수목의 대부분이 낙엽활엽수이고, 계곡부 사면에 많은 자생지가 확인되어 유기물 퇴적이 용이했던 것으로 생각된다. 또한 고도가 높을수록 유기물의 분해속도가 감소되는 것으로 알려져(Lee et al., 1998) 있어 유기물함량이 높게 나타난 것으로 판단된다. 토성의 경우 우리나라 산림토양 평균 구성비와 비교할 때 모래의 비율이 높게 나타났다. 굵은 입자인 모래는 배수성과 통기성이 우수한 것으로 알려져 있어 금강제비꽃은 배수와 통기성이 양호한 토양을 선호하는 것으로 생각되며, 지하경을 통해 번식하는 생육 특성상 토양 입자의 밀도가 높은 미사나 점토보다는 모래의 구성비가 높은 토양에서 지하경의 생장이 용이할 것으로 판단된다. 그러나 모래의 구성비가 높은 토양의 경우 수분보유능력이 떨어져 잠재비옥도는 낮은 것으로 알려져 있으나, 자생지 내에 높은 함량을 보인 유기물이 분해되면서 생성하는 유기화합물이나 세균 및 남조류가 만들어낸 끈적끈적한 물질 등이 토양입자를 서로 결속시킴으로서 수분 및 영양분 유지 능력이 크게 개선되어(Kim et al., 2007) 금강제비꽃 자생지의 토양 비옥도는 잠재적으로 우수할 것으로 생각된다. 한편 많은 양의 유기물이 분해되면서 유리되는 유기산이 토양의 pH를 낮추기 때문에(Lee et al., 1999) 자생지 pH는 우리나라 산림 토양 평균 pH 5.5(Jeong et al., 2002)보다 낮은 값을 보였다.

### RAPD분석

금강제비꽃 자생지 18개 지역의 집단 간 유연관계를 알아보고자 다형화 band를 나타내는 primer 6개를 선발하여 RAPD분석을 실시하였다. 증폭된 DNA band의 크기는 200–6,000 bp까지 다양하게 확인되었으며, 이 중에서 다형화를 나타내는 band는 주로 500–2,000 bp에서 관찰되었다. PCR 증폭 결과 총 78개의 band가 나타났고, 한 개 primer 당 11–16개의 범위에서 평균 13개의 band가 확인되었다. 다형화를 보인 band는 64개(84.6%)로 지역 간 매우 높은 유전변이를 나타냈다(Table 5). 유집분석 결과 18개 지역은 유사도지수 0.53–0.86 범위 내에서 5개의 큰 분계조를 형성하였다(Fig. 3). 우선 지리적으로 가장 격리되어 분포하는 지리산이 가장 먼 수준에서 분계조를 이루었으며(Clade I), 강원도 남부에 위치한 태백산과 금대봉이 충청북도의 소백산, 율악산, 속리산과 유집되었다(Clade II). 또한 강원도 중부의 오대산과, 계방산, 발교산, 치악산과 충청북도의 보현산이 한 개의 큰



**Fig. 3.** Phenogram of *Viola diamantiaca* based on analysis of PCR amplified fragments produced by six arbitrary RAPD primers(YM. Mt. Yongmun; GD. Mt. Gwangdeok; IS. Mt. Ilsan; YH. Mt. Yonghwa; SA. Mt. Seorak; DR. Mt. Daeryong; OD. Mt. Odae; GB. Mt. Gyebang; BG. Mt. Balgyo; GRW. Mt. Gariwang; CA. Mt. Chiak; GDB. Geumdaebong; TB. Mt. Taebaek; WA. Mt. Worak; SB. Mt. Sobaek; SN. Mt. Songni; BH. Mt. Bohyeon; JR. Mt. Jiri).

**Table 5.** The total number of RAPD bands and fragment size using six primers of 18 *Viola diamantiaca* habitats.

Primer	Monomorphic band	Polymorphic band (%)	Total band	Fragment size range(bp)
OPC-09	2	11(84.6)	13	350-3,000
OPC-10	2	11(84.6)	13	400-5,000
OPC-14	2	11(84.6)	13	300 - 5,000
OPC-18	2	15(87.5)	16	200-3,000
OPD-07	2	11(83.3)	12	250-6,000
OPD-18	4	7(63.6)	11	400-5,000
Total	14	64(84.6)	78	

군을 형성하였고(Clade IV), 경기도의 용문산과 광덕산이 강원도 북부의 일산, 용화산, 설악산, 화악산, 대룡산과 또 하나의 분계조를 형성하였다(Clade V). 한편 강원도 중부와 남부사이에 위치한 가리왕산은 독립적인 분계조를 이루면서 Clade IV와 V를 위한 자매군을 형성하였다(Clade III).

RAPD 분석결과 조사된 18개 지역은 유전적 다양성이 비슷한 지역끼리 유집되는 경향을 보였는데, 그 이유는 금강제비꽃의 생육 특성상 거리가 먼 지역과의 유전적인 교류가 어려울 뿐 아니라 높은 고도에 위치하여 자생지의 이동이 용이하지 않아 인접한 지역 간에 유전다양성이 높게 나타난 것으로 생각된다. 그러나 자생지 간 고립은 추후 금강제비꽃의 감소에 중요한 요인으로 작용할 수 있어 자생지 복

원 시 자연 집단을 유지시키기 위해서 적절한 개체수의 확보가 중요할 것으로 판단된다.

경상북도 보현산의 경우 강원도 치악산과 가까운 분계조를 형성하여 차이를 보였는데, 이에 대해서는 좀 더 많은 개체를 대상으로 한 연구가 필요하다고 생각된다.

## 사 사

이 논문을 심사해 주신 심사위원분들께 감사드립니다. 본 연구는 산림청의 2010년도 산림과학특정연구과제(과제번호: S120810L070120)에 의해 수행되었습니다.

## 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 Publications 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.
- Cha, Y. J. and S. H. Chun. 2002. Vegetational structure of Dwarf bamboo and its effects on the developmental stages of deciduous forests in clearcutting sites. Kor. J. Env. Eco. 16(2): 149-159.

- Doyle J. J. and J. S. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem. Bull.* 19: 11-15.
- Feodoroff, A. and R. Betriemieux. 1964. Une methods de laboratorire pour la determinaton de la capacite au champ. *Science du sol.* Pp. 109.
- 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(6): 694-700.
- Kalra, Y. P. and D. G. Maynard. 1991. *Methods manual for forest soil and plant analysis.* Forestry Canada.
- Kim, J. H., K. H. Suh, Y. S. Choung, K. S. Lee, S. D. Koh, J. S. Lee, B. S. Ihm, H. T. Mun, K. H. Cho, H. S. Lee, Y. H. You, B. M. Min, C. S. Lee, E. J. Lee and K. H. Oh. 2007. *Current Ecology.* Kyomunsa, Seoul (in Korean).
- Kim, K. S. and C. D. Lee. 1988. The systematic value of leaf venation patterns of *Viola* species in Korea. *Korean J. Pl. Taxon.* 18(3): 173-189.
- Korea National Arboretum, The Korean Society of Plant Taxonomists. 2007. *A Synonymic List of Vascular Plants in Korea.* Korea National Arboretum, Pocheon (in Korean).
- Korea National Arboretum. 2008. *Rare Plants Data Book in Korea.* Korea National Arboretum, Pocheon (in Korean).
- Lee, C. B. 2003. *Coloured Flora of Korea.* Hyangmunsa, Seoul (in Korean).
- Lee, H. J., B. H. Bae, H. L. Choung, Y. M. Chun and M. P. Hong. 1999. Forest vegetation and soil environment on Mt. Paekun. *Korean J. Environ. Biol.* 17(1): 35-50.
- Lee, H. J., Y. M. Chun and C. H. Kim. 1998. Floristic composition and soil condition of *Quercus mongolica* forest on Mt. Worak. *Korean J. Environ. Biol.* 16(2): 169-180.
- Lee, W. T. 1996a. *Lineamenta Florae Korea.* Academy Publishing Co., Seoul (in Korean).
- Lee, W. T. 1996b. *Standard Illustrations of Korean Plants.* Academy Publishing Co., Seoul (in Korean).
- Lee, W. T. and C. S. Yook. 1972. A Study of the genus *Viola* in Korea(1) -of Sect. *Vaginatae*-. *Korean J. Pl. Taxon.* 4(1,2): 19-26.
- Lee, Y. N. 2006. *New Flora of Korea.* Kyohaksa, Seoul (in Korean).
- Nakai, T. 1919. *Notulae ad Plantas Japoniae et Koreae XXI.* Bot. Mag. (Tokyo) 33: 249-250.
- 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 (in Korean).
- Park, S. H. 2009. *New Illustrations and Photographs of Naturalized Plants of Korea.* Ilchokak, Seoul (in Korean).
- Pielou, E. C. 1975. *Mathematical ecology.* John Wiley & Sons, New York, Pp. 385.
- Shannon, C. E. and W. Wiener. 1963. *The mathematical theory of communication.* Univ. Illinois Press. Urbana, Illinois.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- Wang, C. 1991. *Reipublicae Popularis Sinicae.* Science Press 51: 1-148. (in Chinese)
- Whittaker, R. H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147: 250-260.
- Yoo, K. O and J. H. Kim. 2006. Analysis of taxonomic relationships of Korean *Viola* based on *trnL-trnF* region sequence of chloroplast DNA. *Flower Res. J.* 14(3): 232-240.
- Yoo, K. O., S. K. Jang and W. T. Lee. 2005. Phylogeny of Korean *Viola* based on ITS sequence. *Korean J. Pl. Taxon.* 35(1): 7-23.
- Yoo, K. O., S. K. Jang and W. T. Lee. 2007. Phylogenetic relationships of Koeran *Viola* (Violaceae) based on *matK* and *atpB-rbcL* sequence data of chloroplast DNA. *Korean J. Pl. Taxon.* 37(1): 1-15.
- Yoo, K. O., W. T. Lee and O. K. Kwon. 2004. Interspecific relationships of Korean *Viola* based on RAPD, ISSR and PCR-RFLP analyses. *Korean J. Pl. Taxon.* 34(1): 43-61.

#### Appendix 1. Importance value of species in *Viola diamantiaca* habitats.

Layer	Species	Relative coverage (%)	Relative frequency (%)	Importance value (%)
	<i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb. 신갈나무	44.92	40.00	42.46
	<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carriere 일본잎갈나무	10.87	8.00	9.44
	<i>Cornus controversa</i> Hemsl. ex Prain 층층나무	8.51	10.00	9.26
T1	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi 고로쇠나무	8.04	8.00	8.02
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance 물푸레나무	6.62	8.00	7.31
	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom. 당단풍나무	4.49	6.00	5.25
	<i>Tilia amurensis</i> Rupr. 피나무	2.36	4.00	3.18

Appendix 1. Continued.

Layer	Species	Relative coverage (%)	Relative frequency (%)	Importance value (%)
T1	<i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim. 산돌배	4.26	2.00	3.13
	<i>Prunus sargentii</i> Rehder 산벚나무	1.89	2.00	1.95
	<i>Sorbus alnifolia</i> (Siebold & Zucc.) K.Koch 팔배나무	1.89	2.00	1.95
	<i>Betula davurica</i> Pall. 물막달나무	1.42	2.00	1.71
	<i>Cornus walteri</i> F.T.Wangerin 말채나무	1.42	2.00	1.71
	<i>Fraxinus mandshurica</i> Rupr. 들메나무	1.42	2.00	1.71
	<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc. 소나무	0.95	2.00	1.47
	<i>Quercus serrata</i> Thunb. ex Murray 졸참나무	0.95	2.00	1.47
T2	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom. 당단풍나무	21.26	13.93	17.60
	<i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb. 신갈나무	17.60	9.84	13.72
	<i>Tilia amurensis</i> Rupr. 피나무	12.63	8.20	10.41
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi 고로쇠나무	5.74	8.20	6.97
	<i>Carpinus cordata</i> Blume 까치박달	9.15	4.10	6.62
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance 물푸레나무	4.30	8.20	6.25
	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> (Nakai) Ohwi 노린재나무	5.24	6.56	5.90
	<i>Cornus controversa</i> Hemsl. ex Prain 층층나무	4.45	4.92	4.68
	<i>Actinidia arguta</i> (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq. 다래	1.78	4.10	2.94
	<i>Prunus sargentii</i> Rehder 산벚나무	2.97	2.46	2.71
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim. 철쭉	2.72	2.46	2.59
	<i>Morus bombycis</i> Koidz. 산뽕나무	1.51	3.28	2.39
	<i>Kalopanax septemlobus</i> (Thunb. ex Murray) Koidz. 음나무	2.47	0.82	1.65
	<i>Euonymus sachalinensis</i> (F.Schmidt) Maxim. 회나무	1.51	1.64	1.57
	<i>Lindera obtusiloba</i> Blume 생강나무	0.74	1.64	1.19
	<i>Corylus heterophylla</i> Fisch. ex Trautv. 개암나무	0.52	1.64	1.08
	<i>Juglans mandshurica</i> Maxim. 가래나무	0.52	1.64	1.08
	<i>Abies holophylla</i> Maxim. 전나무	0.49	1.64	1.07
	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (Rehder) Nakai 느릅나무	0.49	1.64	1.07
	<i>Philadelphus schrenkii</i> Rupr. 곶상나무	0.27	1.64	0.96
	<i>Betula costata</i> Trautv. 거제수나무	0.99	0.82	0.90
	<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge 산사나무	0.05	1.64	0.84
	<i>Prunus padus</i> L. 귀룽나무	0.74	0.82	0.78
	<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliatodentatus</i> (Franch. & Sav.) Hiyama 회잎나무	0.49	0.82	0.66
	<i>Magnolia sieboldii</i> K.Koch 함박꽃나무	0.49	0.82	0.66
	<i>Corylus sieboldiana</i> Blume 참개암나무	0.25	0.82	0.53
<i>Euonymus macropterus</i> Rupr. 나래회나무	0.25	0.82	0.53	
<i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim. 산돌배	0.25	0.82	0.53	
<i>Acer komarovii</i> Pojark. 시닥나무	0.02	0.82	0.42	
<i>Euonymus hamiltonianus</i> Wall. 참빗살나무	0.02	0.82	0.42	
<i>Quercus dentata</i> Thunb. ex Murray 떡갈나무	0.02	0.82	0.42	
<i>Sorbus alnifolia</i> (Siebold & Zucc.) K.Koch 팔배나무	0.02	0.82	0.42	
<i>Tripterygium regelii</i> Sprague & Takeda 미역줄나무	0.02	0.82	0.42	
S	<i>Tripterygium regelii</i> Sprague & Takeda 미역줄나무	12.34	6.83	9.58

## Appendix 1. Continued.

Layer	Species	Relative coverage (%)	Relative frequency (%)	Importance value (%)
	<i>Stephanandra incisa</i> (Thunb.) Zabel 국수나무	11.43	5.62	8.53
	<i>Lindera obtusiloba</i> Blume 생강나무	9.51	3.21	6.36
	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom. 당단풍나무	5.04	6.83	5.94
	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> (Nakai) Ohwi 노린재나무	6.06	5.62	5.84
	<i>Magnolia sieboldii</i> K.Koch 함박꽃나무	8.02	2.41	5.21
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim. 철쭉	7.62	2.41	5.01
	<i>Staphylea bumalda</i> DC. 고추나무	5.30	4.42	4.86
	<i>Philadelphus schrenkii</i> Rupr. 곶상나무	5.52	4.02	4.77
	<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge 산딸기	0.58	6.43	3.50
	<i>Weigela subsessilis</i> L.H.Bailey 병꽃나무	4.17	2.81	3.49
	<i>Schisandra chinensis</i> (Turcz.) Baill. 오미자	3.37	3.21	3.29
	<i>Actinidia arguta</i> (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq. 다래	0.98	3.21	2.10
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi 고로쇠나무	1.63	2.41	2.02
	<i>Corylus heterophylla</i> Fisch. ex Trautv. 개암나무	1.92	2.01	1.97
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance 물푸레나무	0.62	3.21	1.91
	<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i> (Siebold & Zucc.) Wilson 산수국	1.56	2.01	1.78
	<i>Clematis heracleifolia</i> DC. 병조희풀	2.90	0.40	1.65
	<i>Morus bombycis</i> Koidz. 산뽕나무	0.83	2.01	1.42
	<i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb. 신갈나무	0.22	2.41	1.31
	<i>Actinidia polygama</i> (Siebold & Zucc.) Planch. ex Maxim. 개다래	2.18	0.40	1.29
S	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (Rehder) Nakai 느릅나무	1.12	1.20	1.16
	<i>Deutzia glabrata</i> Kom. 물참대	0.47	1.61	1.04
	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> (Maxim.) Trautv. 개머루	0.15	1.61	0.88
	<i>Acer komarovii</i> Pojark. 시닥나무	0.44	1.20	0.82
	<i>Callicarpa japonica</i> Thunb. 작살나무	0.76	0.80	0.78
	<i>Corylus sieboldiana</i> Blume 참개암나무	0.11	1.20	0.66
	<i>Euonymus sachalinensis</i> (F.Schmidt) Maxim. 회나무	0.11	1.20	0.66
	<i>Sambucus williamsii</i> var. <i>coreana</i> (Nakai) Nakai 딱총나무	0.11	1.20	0.66
	<i>Tilia amurensis</i> Rupr. 피나무	0.11	1.20	0.66
	<i>Abies holophylla</i> Maxim. 전나무	0.40	0.80	0.60
	<i>Euonymus macropterus</i> Rupr. 나래회나무	0.40	0.80	0.60
	<i>Lespedeza maximowiczii</i> C.K.Schneid. 조록싸리	0.40	0.80	0.60
	<i>Prunus padus</i> L. 귀룽나무	0.40	0.80	0.60
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> Turcz. 진달래	0.73	0.40	0.56
	<i>Cornus controversa</i> Hemsl. ex Prain 층층나무	0.07	0.80	0.44
	<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliatodentatus</i> (Franch. & Sav.) Hiyama 회잎나무	0.07	0.80	0.44
	<i>Rubus oldhamii</i> Miq. 줄딸기	0.07	0.80	0.44
	<i>Ulmus laciniata</i> (Trautv.) Mayr 난티나무	0.07	0.80	0.44
	<i>Vitis coignetiae</i> Pulliat ex Planch. 머루	0.07	0.80	0.44
	<i>Actinidia kolomikta</i> (Maxim. & Rupr.) Maxim. 쥐다래	0.36	0.40	0.38
	<i>Lespedeza maximowiczii</i> var. <i>tomentella</i> Nakai 털조록싸리	0.36	0.40	0.38
	<i>Sorbus alnifolia</i> (Siebold & Zucc.) K.Koch 팔배나무	0.36	0.40	0.38

Appendix 1. Continued.

Layer	Species	Relative coverage (%)	Relative frequency (%)	Importance value (%)
	<i>Weigela florida</i> (Bunge) A.DC. 붉은병꽃나무	0.36	0.40	0.38
	<i>Acer barbinerve</i> Maxim. 청시닥나무	0.04	0.40	0.22
	<i>Aristolochia manshuriensis</i> Kom. 등취	0.04	0.40	0.22
	<i>Clematis apiifolia</i> DC. 사위질빵	0.04	0.40	0.22
	<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge 산사나무	0.04	0.40	0.22
	<i>Eleutherococcus divaricatus</i> var. <i>chiisanensis</i> (Nakai) C.H. Kim & B.Y. Sun 지리산오갈피	0.04	0.40	0.22
	<i>Fraxinus sieboldiana</i> Blume 쇠물푸레나무	0.04	0.40	0.22
	<i>Juglans mandshurica</i> Maxim. 가래나무	0.04	0.40	0.22
	<i>Kalopanax septemlobus</i> (Thunb. ex Murray) Koidz. 음나무	0.04	0.40	0.22
S	<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch. 담쟁이덩굴	0.04	0.40	0.22
	<i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc. 잣나무	0.04	0.40	0.22
	<i>Prunus japonica</i> var. <i>nakaii</i> (H.Lev.) Rehder 이스라지	0.04	0.40	0.22
	<i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim. 산돌배	0.04	0.40	0.22
	<i>Rhamnus davurica</i> Pall. 갈매나무	0.04	0.40	0.22
	<i>Rhamnus yoshinoi</i> Makino 짝자래나무	0.04	0.40	0.22
	<i>Smilax sieboldii</i> Miq. 청가시덩굴	0.04	0.40	0.22
	<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stellipila</i> Maxim. 쉬땅나무	0.04	0.40	0.22
	<i>Styrax obassia</i> Siebold & Zucc. 쪽동백나무	0.04	0.40	0.22
	<i>Viburnum opulus</i> var. <i>calvescens</i> (Rehder) Hara 백당나무	0.04	0.40	0.22
	<i>Viola diamantiaca</i> Nakai 금강제비꽃	19.18	3.99	11.58
	<i>Sasa borealis</i> (Hack.) Makino 조릿대	10.41	0.80	5.61
	<i>Meehanian urticifolia</i> (Miq.) Makino 별개덩굴	7.46	2.96	5.21
	<i>Ainslaiea acerifolia</i> Sch.Bip 단풍취	5.19	2.05	3.62
	<i>Pseudostellaria palibiniana</i> (Takeda) Ohwi 큰개별꽃	5.73	1.48	3.60
	<i>Carex siderosticta</i> Hance 대사초	2.82	2.85	2.83
	<i>Dryopteris crassirhizoma</i> Nakai 관중	2.96	1.37	2.16
	<i>Astilbe rubra</i> Hook.f. & Thomson 노루오줌	1.76	2.28	2.02
	<i>Erythronium japonicum</i> (Balrer) Decne. 일레지	2.72	0.57	1.65
	<i>Asarum sieboldii</i> Miq. 죽도리풀	0.55	2.73	1.64
	<i>Pseudostellaria heterophylla</i> (Miq.) Pax ex Pax & Hoffm. 개별꽃	1.36	1.82	1.59
H	<i>Isodon inflexus</i> (Thunb.) Kudo 산박하	1.33	1.59	1.46
	<i>Smilacina japonica</i> A.Gray 풀쭈대	1.02	1.59	1.31
	<i>Athyrium yokoscense</i> (Franch. & Sav.) H.Christ 뱀고사리	1.01	1.59	1.30
	<i>Artemisia stolonifera</i> (Maxim.) Kom. 넓은잎외잎쭈	0.59	1.94	1.26
	<i>Streptopus ovalis</i> (Ohwi) F.T. Wang & Y.C. Tang 금강애기나리	1.56	0.91	1.24
	<i>Spodiopogon cotulifer</i> (Thunb.) Hack. 기름새	1.58	0.80	1.19
	<i>Aconitum pseudolaeve</i> Nakai 진범	0.71	1.59	1.15
	<i>Thalictrum aquilegifolium</i> var. <i>sibiricum</i> Regel & Tiling 썩의다리	0.42	1.82	1.12
	<i>Viola albida</i> Palib. 태백제비꽃	0.29	1.94	1.11
	<i>Disporum smilacinum</i> A.Gray 애기나리	0.97	1.14	1.06
	<i>Aconitum jaluense</i> Kom. 투구꽃	0.54	1.48	1.01
	<i>Lilium distichum</i> Nakai ex Kamib. 말나리	0.37	1.48	0.93

## Appendix 1. Continued.

Layer	Species	Relative coverage (%)	Relative frequency (%)	Importance value (%)
	<i>Athyrium niponicum</i> (Mett.) Hance 개고사리	1.06	0.68	0.87
	<i>Hylomecon vernalis</i> Maxim. 피나물	0.92	0.80	0.86
	<i>Duchesnea indica</i> (Andr.) Focke 뱀딸기	1.36	0.34	0.85
	<i>Cymopterus melanotilingia</i> (H.Boissieu) C.Y.Yoon 큰참나물	0.74	0.80	0.77
	<i>Filipendula glaberrima</i> (Nakai) Nakai 터리풀	1.04	0.46	0.75
	<i>Adenophora remotiflora</i> (Siebold & Zucc.) Miq. 모시대	0.45	1.03	0.74
	<i>Rodgersia podophylla</i> A.Gray 도깨비부채	1.18	0.23	0.70
	<i>Angelica purpuraefolia</i> Chung 지리강황	0.44	0.91	0.67
	<i>Vicia unijuga</i> A.Braun 나비나물	0.30	1.03	0.66
	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. 짚신나물	0.17	1.14	0.65
	<i>Lychnis cognata</i> Maxim. 동자꽃	0.17	1.14	0.65
	<i>Rubia cordifolia</i> var. <i>pratensis</i> Maxim. 갈퀴꼭두서니	0.17	1.14	0.65
	<i>Viola acuminata</i> Ledeb. 줄방제비꽃	0.17	1.14	0.65
	<i>Laportea bulbifera</i> (Siebold & Zucc.) Wedd. 흑췌기풀	1.02	0.23	0.63
	<i>Pseudostellaria davidii</i> (Franch.) Pax ex Pax & Hoffm. 덩굴개별꽃	1.02	0.23	0.63
	<i>Angelica decursiva</i> (Miq.) Franch. & Sav. 바디나물	0.42	0.80	0.61
	<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i> H.Hara 파리풀	0.42	0.80	0.61
	<i>Pimpinella brachycarpa</i> (Kom.) Nakai 참나물	0.42	0.80	0.61
	<i>Viola orientalis</i> (Maxim.) W.Becker 노랑제비꽃	0.29	0.91	0.60
	<i>Polygonatum involucreatum</i> (Franch. & Sav.) Maxim. 용둥굴레	0.15	1.03	0.59
H	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> (Miq.) Ohwi 둥굴레	0.15	1.03	0.59
	<i>Saussurea seoulensis</i> Nakai 분취	0.15	1.03	0.59
	<i>Isodon excisus</i> (Maxim.) Kudo 오리방풀	0.55	0.57	0.56
	<i>Veratrum oxysepalum</i> Turcz. 박새	0.55	0.57	0.56
	<i>Cimicifuga dahurica</i> (Turcz. ex Fisch. & C.A.Mey.) Maxim. 눈빛승마	0.40	0.68	0.54
	<i>Hepatica asiatica</i> Nakai 노루귀	0.27	0.80	0.53
	<i>Dryopteris monticola</i> (Makino) C.Chr. 왕지네고사리	0.13	0.91	0.52
	<i>Paris verticillata</i> M.Bieb. 샷갓나물	0.13	0.91	0.52
	<i>Rubia chinensis</i> Regel & Maack 큰꼭두서니	0.13	0.91	0.52
	<i>Veratrum maackii</i> var. <i>japonicum</i> (Baker) T.Schmizu 여로	0.69	0.34	0.52
	<i>Artemisia princeps</i> Pamp. 쑥	0.54	0.46	0.50
	<i>Chloranthus japonicus</i> Siebold 홀아비꽃대	0.54	0.46	0.50
	<i>Diarrhena mandshurica</i> Maxim. 껌질용수염	0.54	0.46	0.50
	<i>Arunco dioicus</i> var. <i>kamtschaticus</i> (Maxim.) H.Hara 눈개승마	0.39	0.57	0.48
	<i>Deparia pycnosora</i> (H.Christ) M.Kato 털고사리	0.25	0.68	0.47
	<i>Viola rossii</i> Hemsl. 고갈제비꽃	0.25	0.68	0.47
	<i>Ajuga spectabilis</i> Nakai 자란초	0.69	0.23	0.46
	<i>Arisaema peninsulae</i> Nakai 점박이천남성	0.12	0.80	0.46
	<i>Synurus deltoides</i> (Aiton) Nakai 수리취	0.12	0.80	0.46
	<i>Caulophyllum robustum</i> Maxim. 꿩의다리아재비	0.39	0.46	0.42
	<i>Parasenecio auriculata</i> (DC.) H.Koyama 귀박취나물	0.24	0.57	0.40
	<i>Aster ageratoides</i> Turcz. 까실쑥부쟁이	0.10	0.68	0.39

## Appendix 1. Continued.

Layer	Species	Relative coverage (%)	Relative frequency (%)	Importance value (%)
	<i>Arisaema amurense</i> for. <i>serratum</i> (Nakai) Kitag. 천남성	0.10	0.68	0.39
	<i>Anemone koraiensis</i> Nakai 홀아비바람꽃	0.52	0.23	0.37
	<i>Adenocaulon himalaicum</i> Edgew. 멸가치	0.37	0.34	0.36
	<i>Athyrium brevifrons</i> Kodama ex Nakai 참새밭고사리	0.37	0.34	0.36
	<i>Bistorta manshuriensis</i> (Petrov ex Kom.) Kom. 범꼬리	0.37	0.34	0.36
	<i>Convallaria keiskei</i> Miq. 은방울꽃	0.37	0.34	0.36
	<i>Polystichum tripterum</i> (Kunze) C.Presl 십자고사리	0.37	0.34	0.36
	<i>Carex lanceolata</i> Boott 그늘사초	0.35	0.34	0.35
	<i>Hypericum ascyron</i> L. 물레나물	0.22	0.46	0.34
	<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> Maxim. 양지꽃	0.08	0.57	0.33
	<i>Saussurea tanakae</i> Franch. & Sav. ex Maxim. 당분취	0.08	0.57	0.33
	<i>Smilax nipponica</i> Miq. 선밀나물	0.08	0.57	0.33
	<i>Vicia venosa</i> var. <i>cuspidata</i> Maxim. 광릉갈퀴	0.08	0.57	0.33
	<i>Viola collina</i> Besser 둥근털제비꽃	0.08	0.57	0.33
	<i>Corydalis remota</i> Fisch. ex Maxim. 현호색	0.35	0.23	0.29
	<i>Deparia coreana</i> (H.Christ) M.Kato 곱새고사리	0.35	0.23	0.29
	<i>Deparia orientalis</i> (Z.R.Wang & J.J.Chien) Nakaïke 흰털고사리	0.35	0.23	0.29
	<i>Clematis heracleifolia</i> DC. 병조희풀	0.34	0.23	0.28
	<i>Carex okamotoi</i> Ohwi 지리대사초	0.20	0.34	0.27
	<i>Chrysosplenium grayanum</i> Maxim. 꿩이눈	0.20	0.34	0.27
H	<i>Aster scaber</i> Thunb. 참취	0.07	0.46	0.26
	<i>Cardamine leucantha</i> (Tausch) O.E.Schulz 미나리냉이	0.07	0.46	0.26
	<i>Lamium album</i> var. <i>barbatum</i> (Siebold & Zucc.) Franch. & Sav. 광대수염	0.07	0.46	0.26
	<i>Lysimachia clethroides</i> Duby 큰까치수염	0.07	0.46	0.26
	<i>Milium effusum</i> L. 나도겨이삭	0.07	0.46	0.26
	<i>Saussurea grandifolia</i> Maxim. 서털취	0.07	0.46	0.26
	<i>Thalictrum filamentosum</i> var. <i>tenerum</i> (Huth) Ohwi 산뿔의다리	0.07	0.46	0.26
	<i>Viola keiskei</i> Miq. 잔털제비꽃	0.07	0.46	0.26
	<i>Iris odaesanensis</i> Y.N.Lee 노랑무늬붓꽃	0.34	0.11	0.22
	<i>Syneilesis palmata</i> (Thunb.) Maxim. 우산나물	0.34	0.11	0.22
	<i>Disporum uniflorum</i> Baker 율판나물	0.18	0.23	0.21
	<i>Liriope platyphylla</i> F.T.Wang & T.Tang 맥문동	0.18	0.23	0.21
	<i>Sanicula chinensis</i> Bunge 참반디	0.18	0.23	0.21
	<i>Trigonotis radicans</i> var. <i>sericea</i> (Maxim.) H.Hara 참꽃마리	0.18	0.23	0.21
	<i>Anemone reflexa</i> Steph. & Willd. 회리바람꽃	0.05	0.34	0.20
	<i>Asperula maximowiczii</i> Kom. 개갈퀴	0.05	0.34	0.20
	<i>Brachybotrys paridiformis</i> Maxim. ex Oliv. 당개지치	0.05	0.34	0.20
	<i>Bupleurum longeradiatum</i> Turcz. 개시호	0.05	0.34	0.20
	<i>Campanula punctata</i> Lam. 초롱꽃	0.05	0.34	0.20
	<i>Corydalis ochotensis</i> Turcz. 눈괴불주머니	0.05	0.34	0.20
	<i>Dioscorea quinqueloba</i> Thunb. 단풍마	0.05	0.34	0.20
	<i>Dioscorea tokoro</i> Makino 도꼬로마	0.05	0.34	0.20

## Appendix 1. Continued.

Layer	Species	Relative coverage (%)	Relative frequency (%)	Importance value (%)
	<i>Geum aleppicum</i> Jacq. 큰땀무	0.05	0.34	0.20
	<i>Impatiens nolitangere</i> L. 노랑물봉선	0.05	0.34	0.20
	<i>Ligularia fischeri</i> (Ledeb.) Turcz. 곰취	0.05	0.34	0.20
	<i>Rubia akane</i> Nakai 꼭두서니	0.05	0.34	0.20
	<i>Adoxa moschatellina</i> L. 연복초	0.17	0.11	0.14
	<i>Arachniodes borealis</i> Seriz. 왁살고사리	0.17	0.11	0.14
	<i>Disporum viridescens</i> (Maxim.) Nakai 큰애기나리	0.17	0.11	0.14
	<i>Hosta longipes</i> (Franch. & Sav.) Matsum. 비비추	0.17	0.11	0.14
	<i>Agrimonia coreana</i> Nakai 산질신나물	0.03	0.23	0.13
	<i>Arisaema amurense</i> Maxim. 둥근잎천남성	0.03	0.23	0.13
	<i>Asyneuma japonicum</i> (Miq.) Briq. 영아자	0.03	0.23	0.13
	<i>Carpesium triste</i> Maxim. 두메담배풀	0.03	0.23	0.13
	<i>Clematis fusca</i> Turcz. 검은종덩굴	0.03	0.23	0.13
	<i>Galium trifloriforme</i> Kom. 개선갈퀴	0.03	0.23	0.13
	<i>Hemerocallis fulva</i> (L.) L. 원추리	0.03	0.23	0.13
	<i>Heracleum moellendorffii</i> Hance 어수리	0.03	0.23	0.13
	<i>Impatiens textori</i> Miq. 물봉선	0.03	0.23	0.13
	<i>Lilium tsingtauense</i> Gilg 하늘말나리	0.03	0.23	0.13
	<i>Melampyrum roseum</i> Maxim. 꽃머느리밥풀	0.03	0.23	0.13
	<i>Onoclea orientalis</i> (Hook.) Hook. 개면마	0.03	0.23	0.13
H	<i>Ostericum sieboldii</i> (Miq.) Nakai 뿔미나리	0.03	0.23	0.13
	<i>Oxalis obtriangulata</i> Maxim. 큰괘이밥	0.03	0.23	0.13
	<i>Plantago asiatica</i> L. 질경이	0.03	0.23	0.13
	<i>Primula jesoana</i> Miq. 큰앵초	0.03	0.23	0.13
	<i>Sceptridium ternatum</i> (Thunb.) Lyon 고사리삼	0.03	0.23	0.13
	<i>Valeriana fauriei</i> Briq. 쥐오줌풀	0.03	0.23	0.13
	<i>Viola selkirkii</i> Pursh ex (Goldie) 뽕제비꽃	0.03	0.23	0.13
	<i>Viola tokubuchiana</i> var. <i>takedana</i> (Makino) F.Maek. 민둥뽕제비꽃	0.03	0.23	0.13
	<i>Aconitum ciliare</i> DC. 늦젓가락나물	0.02	0.11	0.07
	<i>Actaea asiatica</i> H.Hara 노루삼	0.02	0.11	0.07
	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> (Maxim.) Trautv. 개머루	0.02	0.11	0.07
	<i>Anemone raddeana</i> Regel 핑의바람꽃	0.02	0.11	0.07
	<i>Angelica polymorpha</i> Maxim. 궁궁이	0.02	0.11	0.07
	<i>Arabis pendula</i> L. 느러진장대	0.02	0.11	0.07
	<i>Artemisia keiskeana</i> Miq. 맑은대쭉	0.02	0.11	0.07
	<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Koidz. 새	0.02	0.11	0.07
	<i>Atractylodes ovata</i> (Thunb.) DC. 삼주	0.02	0.11	0.07
	<i>Carex japonica</i> Thunb. 개찌버리사초	0.02	0.11	0.07
	<i>Cephalanthera longibracteata</i> Blume 은대난초	0.02	0.11	0.07
	<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i> (Hara) Ohwi 애기똥풀	0.02	0.11	0.07
	<i>Chrysosplenium pilosum</i> var. <i>fulvum</i> (N.Terracc.) H.Hara 흰괘이눈	0.02	0.11	0.07
	<i>Chrysosplenium pseudofauriei</i> H. Lév. 선괘이눈	0.02	0.11	0.07

## Appendix 1. Continued.

Layer	Species	Relative coverage (%)	Relative frequency (%)	Importance value (%)
	<i>Cimicifuga simplex</i> (DC.) Turcz. 초대승마	0.02	0.11	0.07
	<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>maackii</i> (Maxim.) Matsum. 엉겅퀴	0.02	0.11	0.07
	<i>Clematis apiifolia</i> DC. 사위질빵	0.02	0.11	0.07
	<i>Clematis terniflora</i> var. <i>mandshurica</i> (Rupr.) Ohwi 으아리	0.02	0.11	0.07
	<i>Corydalis speciosa</i> Maxim. 산괴불주머니	0.02	0.11	0.07
	<i>Cuscuta japonica</i> Choisy 새삼	0.02	0.11	0.07
	<i>Desmodium podocarpum</i> var. <i>oxyphyllum</i> (DC.) H. Ohashi 도독눔의갈고리	0.02	0.11	0.07
	<i>Dryopteris expansa</i> (C. Presl) Fraser-Jenk. & Jermy 퍼진고사리	0.02	0.11	0.07
	<i>Enemion raddeanum</i> Regel 나도바람꽃	0.02	0.11	0.07
	<i>Fallopia dumetorum</i> (L.) Holub 닭의덩굴	0.02	0.11	0.07
	<i>Festuca ovina</i> L. 김의털	0.02	0.11	0.07
	<i>Galium dahuricum</i> Turcz. 큰일갈퀴	0.02	0.11	0.07
	<i>Galium kinuta</i> Nakai & Hara 민둥갈퀴	0.02	0.11	0.07
	<i>Geranium eriostemon</i> Fisher ex DC. 꽃취손이	0.02	0.11	0.07
	<i>Geranium sibiricum</i> L. 쥐손이풀	0.02	0.11	0.07
	<i>Hanabusaya asiatica</i> (Nakai) Nakai 금강초롱꽃	0.02	0.11	0.07
	<i>Lactuca raddeana</i> Maxim. 산쌈바귀	0.02	0.11	0.07
	<i>Leibnitzia anandria</i> (L.) Turcz. 솜나물	0.02	0.11	0.07
	<i>Lepisorus thunbergianus</i> (Kaulf.) Ching 일엽초	0.02	0.11	0.07
	<i>Liparis krameri</i> Franch. & Sav. 나나별이난초	0.02	0.11	0.07
H	<i>Melica nutans</i> L. 왕쌀새	0.02	0.11	0.07
	<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) P. Beauv. 주름조개풀	0.02	0.11	0.07
	<i>Osmunda cinnamomea</i> var. <i>forkiensis</i> Copel. 평고비	0.02	0.11	0.07
	<i>Paeonia lactiflora</i> Pall. 작약	0.02	0.11	0.07
	<i>Pedicularis resupinata</i> L. 송이풀	0.02	0.11	0.07
	<i>Persicaria sagittata</i> (L.) H. Gross ex Nakai 미꾸리წყ시	0.02	0.11	0.07
	<i>Polygonatum inflatum</i> Kom. 통등굴레	0.02	0.11	0.07
	<i>Polystichum ovatopaleaceum</i> var. <i>coraiense</i> (Christ) Kurata 참나도히초미	0.02	0.11	0.07
	<i>Polystichum polyblepharum</i> (Roem. ex Kunze) C. Presl 나도히초미	0.02	0.11	0.07
	<i>Potentilla freyniana</i> Bornm. 세잎양지꽃	0.02	0.11	0.07
	<i>Prenanthes tatarinowii</i> Maxim. 개쑤배	0.02	0.11	0.07
	<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (Desv.) Underw. ex Hell. 고사리	0.02	0.11	0.07
	<i>Pyrola japonica</i> Klenze ex Alef. 노루발	0.02	0.11	0.07
	<i>Rubus oldhamii</i> Miq. 줄딸기	0.02	0.11	0.07
	<i>Sanicula rubriflora</i> F. Schmidt ex Maxim. 붉은참반디	0.02	0.11	0.07
	<i>Scrophularia koraiensis</i> Nakai 토현삼	0.02	0.11	0.07
	<i>Sedum kamtschaticum</i> Fisch. & Mey. 기린초	0.02	0.11	0.07
	<i>Serratula coronata</i> var. <i>insularis</i> (Iljin) Kitam. 산비장이	0.02	0.11	0.07
	<i>Smilax sieboldii</i> Miq. 청가시덩굴	0.02	0.11	0.07
	<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i> Kitam. ex Hara 미역취	0.02	0.11	0.07
	<i>Spodiopogon sibiricus</i> Trin. 큰기름새	0.02	0.11	0.07
	<i>Symplocarpus nipponicus</i> Makino 애기얇은부채	0.02	0.11	0.07

## Appendix 1. Continued.

Layer	Species	Relative coverage (%)	Relative frequency (%)	Importance value (%)
	<i>Symplocarpus renifolius</i> Schott ex Miq. 앓은부채	0.02	0.11	0.07
	<i>Thalictrum actaeifolium</i> var. <i>brevistylum</i> Nakai 은평의다리	0.02	0.11	0.07
	<i>Urtica thunbergiana</i> Siebold & Zucc. 췌기풀	0.02	0.11	0.07
H	<i>Veronica rotunda</i> var. <i>subintegra</i> (Nakai) T.Yamaz. 산꼬리풀	0.02	0.11	0.07
	<i>Vigna angularis</i> var. <i>nipponensis</i> (Ohwi) Ohwi & H. Ohashi 새팥	0.02	0.11	0.07
	<i>Viola variegata</i> Fisch. ex Link 알록제비꽃	0.02	0.11	0.07
	<i>Viola verecunda</i> A.Gray 콩제비꽃	0.02	0.11	0.07
	<i>Vitis flexuosa</i> Thunb. 새머루	0.02	0.11	0.07

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