

한반도 특산식물 꼬리말발도리 개체군 구조 및 서식지 특성

정지영 · 피정훈 · 박정근 · 정미진 · 김은혜 · 서강욱 · 이철호 · 손성원*

국립수목원 산림자원보존과

Population Structure and Habitat Characteristics of *Deutzia paniculata* Nakai, as an Endemic Plant Species in Korea. Jung, Ji-young (0000-0003-2393-1222), Jung-hun Pi (0000-0002-2383-3991), Jeong-geun Park (0000-0001-8841-2082), Mi-jin Jeong (0000-0003-4034-1136), Eun-hye Kim (0000-0002-6476-1541), Gang-Uk Seo (0000-0003-0987-5455), Cheul-ho Lee (0000-0002-3483-4420) and Sung-won Son* (0000-0002-3018-9321) (Department of Forest Conservation, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea)

Abstract *Deutzia paniculata* is an endemic species to the Korean Peninsula. Despite of importance for conservation, the population structure and habitat characteristics of *D. paniculata* have not been determined yet. We analyzed the ecological characteristics of the species based on the literature review and field survey. Field survey was conducted on May to October 2014 during which 11 quadrats of size 15×15 m were studied in six regions. Each of the quadrats were further divided into 5×5 m small quadrats and population characteristics were recorded. The population and habitat characteristics were analyzed, including species abundance (density and coverage), demographic attributes (flowering rates and fruiting plants), vegetation (structure, species composition), light availability (transmitted light and canopy openness) and soil characteristics (temperature and humidity). We found that *D. paniculata* mainly distributed in Gyeongsangdo (including Taebaek in Gangwondo) along a broad elevational range of 290~959 m (mean: 493 m) above sea level. In preferred habitat the species grows within the slope range of 7° and 35° with the average of 16°. *D. paniculata* was generally distributed on talus deposits and low adjacent slopes. The average number of individual plants per small quadrat was 12.5 with the mean density 0.5 stems m⁻². The vegetative reproduction was frequent in *D. paniculata* and mean flowering rate was as low as 15%. Altogether 138 taxa were found in whole observation area with the dominant tree species mainly spring ephemerals, such as *Cornus controversa* (importance value: 25.5%) and *Fraxinus rhynchophylla* (importance value: 15.8%). Although, *C. controversa* usually grows on steep slopes and *F. rhynchophylla* mostly distributed at high-altitudes, however, both species distributed in disturbed environments and among talus deposits. Thus based on our results, we concluded that *D. paniculata* is a disturbance-prone species, primarily existing in habitats subjected to natural disturbances, such as floods. The species occurs less at anthropogenically disturbed sites, thus there is no apparent threat to the populations and habitat of *D. paniculata*.

Key words: *Deutzia paniculata*, phytosociology, DCCA ordination, importance value, soil characteristics

서론

Manuscript received 2 December 2015, revised 11 January 2016,
revision accepted 8 March 2016
*Corresponding author: Tel: +82-31-540-1053, Fax: +82-31-540-1060,
E-mail: ssw80@korea.kr

꼬리말발도리는 한반도 특산식물로 보전생물학적 가치가 높음에도 불구하고 개체군 및 서식지 특성과 관련한 중

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provide the original work is properly cited.

보전 연구는 찾아보기 어렵다. 일반적으로 제한적 분포를 보이는 특산식물과 희귀 및 멸종 위기 식물에 대한 효과적인 종 보전 대책을 마련하기 위해서는 대상 식물의 분류, 생태, 유전 등의 다양한 분야의 생물학적 특성에 관한 기초 정보 축적이 요구되고 있으며, 특히 생물 서식지와 개체군의 보전은 그 자생지 환경, 구조 및 종조성 특성을 이해하고, 보전 핵심이 되는 생물 개체군의 속성과 인자(생물 및 비생물)와의 상관관계를 이해하는 작업에서 시작된다고 할 수 있다(Shin *et al.*, 2014).

꼬리말발도리는 낙엽성 관목으로 주로 산림 내 계곡의 가장자리나 사면의 바위틈, 또는 너덜지대에서 생육한다. 생물학적 특성으로는 4~5월 가지 끝에 발달하는 원추화서에 20~40개의 양성화가 모여 달리고, 열매는 9~10월에 삭과로 익는다. 또한 완전한 타가수정 교배양식을 하며, 화분매개충으로는 벌목(Hymenoptera) 꼬마꿀벌과(Halictidae)의 *Lasioglossum exiliceps* (Vachal)와 파리목(Diptera) 꽃등예과(Syrphidae)의 호리꽃등예(*Allograpta balteata* (de Geer))로 알려져 있다(Lee, 1980; Kim, 2003; Son *et al.*, 2013).

꼬리말발도리는 북한의 원산 지역에서 최초로 채집되어 기재된 한반도 특산식물로, 현재는 주로 경상남북도 일부 지역에서만 자생하고 있어 매우 제한적인 분포 범위를 가지는 식물이다(Chung and Shin, 1986; Son *et al.*, 2013). 또한 IUCN 적색목록의 범주(Category) 및 기준(criteria)에 의한 보전지위 평가 결과, ‘Critically Endangered’(Chang *et al.*, 2001), ‘Endangered’(Korea National Arboretum, 2008), 그리고 ‘Vulnerable’(National institute of Biological Resources, 2012)로 각각 평가되고 있다.

지금까지 연구는 꼬리말발도리집단의 유전적 다양성 연

구와 생식 특성과 동위효소 유전다양성에 관한 연구(Son *et al.*, 2013; Chang and Kim, 2014)만 수행되었을 뿐 서식지 및 개체군의 생태학적 특성에 관한 연구는 수행된 바 없다.

따라서 본 연구는 지금까지 우리나라에 꼬리말발도리 자생지로 확인된 지역 중 집단을 이루어 분포하고 있는 지역을 대상으로 입지환경 특성, 식생구조 분석 및 개체군에 대한 동태를 파악함으로써 향후 대체서식지 조성 및 복원을 위한 기초자료를 확보하고자 수행하였다.

조사 및 방법

1. 조사지 개황

꼬리말발도리 자생지가 확인된 군위(Site 1, 2), 밀양(Site 3, 4), 양산(Site 5), 울산(Site 6, 7), 경주(Site 8, 9), 부산(Site 10, 11) 등 총 6개 지역 11개 방형구를 조사 대상으로 선정하였다(Fig. 1). 조사된 집단은 경상도지역을 북위 35°15′에서 36°02′의 범위에 분포하였으며, 동경 128°41′에서 129°23′에 분포하였다. 현장 조사는 2014년 5월부터 6월까지 수행되었으며, 15 m×15 m 크기의 대방형구(11개)와 대방형구 내 5 m×5 m 크기의 소방형구(각각 3개, 총 33개)를 설치하여 수행하였다.

2. 서식지 환경 특성

조사지역의 입지 특성을 파악하기 위해 위·경도, 해발고도, 사면방위 및 경사를 측정하였다. 위·경도와 해발고도는 GARMIN社의 GPSmap 60CSx를 이용하여 지리 정

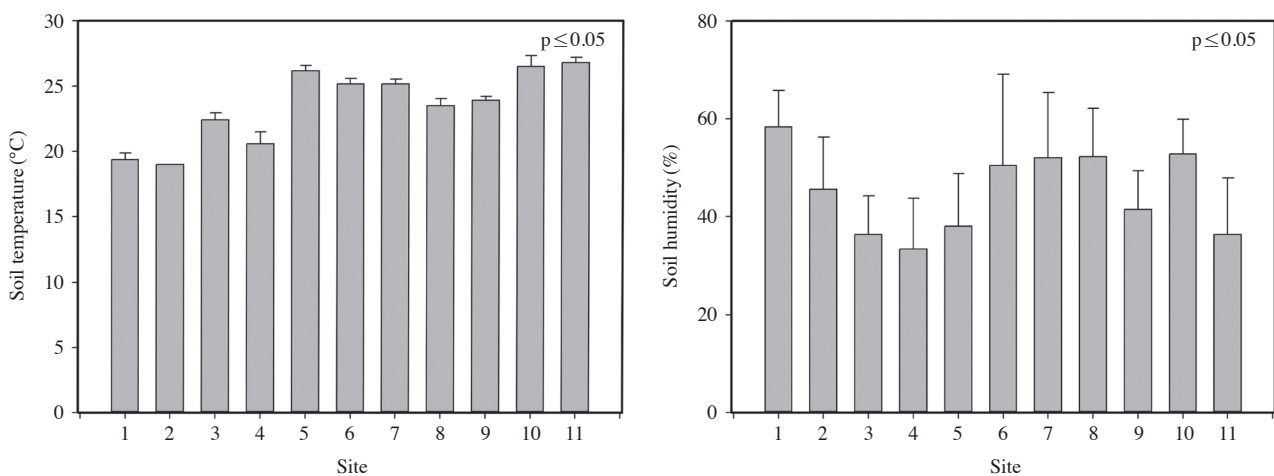


Fig. 1. Investigation map of populations of *D. paniculata* in Korea.

보를 수집하였고, SUUNTO社의 clinometer를 이용하여 사면방위와 경사를 측정하였다. 조사구의 수관열림도 및 임내광량을 측정하기 위해 각 구역 내에서 어안렌즈 화상자료(Canon 5D-Mark III, Sigma 8 mm 1:3.5)를 수집하였다. 촬영된 자료의 분석은 Gap Light Analyzer 2.0 프로그램의 standard overcast sky model을 이용하였다(Frazer *et al.*, 1999). 각 장소의 측정값의 오류를 최소화하기 위하여 촬영 지점의 해발고도, 경사 및 사면 방향을 적용하여 보정하였다. 자생지 토양의 온도 및 습도는 토양수분계(AQUA-TERR EC-300)를 이용하였으며, 측정하기 전 프로브(probe)를 물에 완전히 담근 후 보정을 실시하였으며, 측정은 프로브를 토양 속에 완전히 밀어 넣은 후 측정센서가 안정될 때까지 2분 대기한 후 값을 기록하였다.

자생지 토양의 이화학적 특성 분석을 위해 각 조사구에서 유기물층을 제거한 후 깊이 0~10 cm에서 토양을 채취하였으며 자연 건조 후 분석하였다(Rural Development Administration, 2000). 토양의 유기물 함량(Organic matter), 전질소(T-N), 유효인산(A.P), 치환성 양이온(K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+), pH 및 양이온 치환용량(C.E.C)은 한국임업진흥원(Korea Forestry Promotion Institution)에 의뢰하여 분석하였다.

3. 생물환경 특성

식생조사는 식물사회학적 조사 방법(Braun-Blanquet, 1964)을 적용하여 수행하였고, 수집된 식생 자료에 기초하여 일련의 표조작(Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974)을 거쳐 식생 단위의 식별표를 작성하였다. 각 조사구에서 흉고직경 2.5 cm 이상의 수목을 대상으로 꼬리말밭도리 자생지의 임분구조, 중요치를 분석하였다. 중요치는 Curtis and McIntosh (1951)의 방법에 따라 상대빈도(Relative Frequency, RF), 상대피도(Relative Coverage, RC)와 상대밀도(Relative density, RD)를 구한 다음 합산하여 중요치(Importance Value)를 산출하였다.

4. 개체군 특성 및 종조성

자생지별 꼬리말밭도리의 개체군 특성을 파악하기 위하여 m^2 당 개체수, 개화유무 및 개화율을 조사하였다. Ordination 분석은 CA(Correspondence Analysis)의 확장인 DCCA(Detrended Canonical Correspondence Analysis)로 환경인자를 직접 이용하였고(Hill, 1979), 자료의 분석은 Ter Braak and Šmilauer (1998)의 CANOCO for window program (version 4.5)을 이용하였다. 분석용 자료는 수집된 식생 자료에서 각 종의 피도계급을 그 계급이 나타내는 식피율 범

Table 1. Topographical characteristics on natural populations of *Deutzia paniculata*.

	Altitude (m)	Slope degree (°)	Bare rock (%)	Direction	Topography
Site 1	959	12	45	278	S
Site 2	936	7	33	310	S
Site 3	443	35	33	358	V
Site 4	473	18	20	75	V
Site 5	290	20	31	10	V
Site 6	302	15	18	148	VS
Site 7	300	5	58	315	VS
Site 8	401	16	22	2	V
Site 9	362	21	15	13	V
Site 10	491	12	88	355	B
Site 11	475	19	73	37	B

S: Slope, V: Valley, VS: Valley-Slope, B: Boulders

위의 중간 값으로 전환한 후 전체 출현종의 합에 대한 각 종의 상대 값으로 구한 중요치(Importance Value)로 삼았다. 이 과정에서 출현 빈도 5% 이하의 종은 제외하였다.

결 과

1. 서식지 환경 특성

꼬리말밭도리 자생지는 주로 해발 290~959 m 범위의 너털 또는 계곡부 인접한 사면이나 바위틈에 불연속적으로 개체군을 형성하고 있으며, 경사는 5~35°, 암석 노출도는 15~88%로 다양한 입지조건에 분포하는 것으로 확인되었다(Table 1).

꼬리말밭도리 자생지의 토양온도(°C)는 평균 23.5로 위도에 따라 차이를 보였다. 가장 남쪽에 위치한 부산지역인 Site 11이 26.7로 가장 높았고, 가장 북쪽에 위치한 군위 지역인 Site 2가 19.0으로 가장 낮게 측정되었다. 토양습도(%)는 평균 45.1로 군위 지역인 Site 1이 58.3으로 가장 높았고, 밀양지역인 Site 4가 33.4로 가장 낮았다.

꼬리말밭도리 자생지의 수관열림도(Canopy Openness) 및 광량(Light Availability)을 측정한 결과(Fig. 2) 수관열림도(%)는 평균 15.5로 나타났으며, 밀양지역인 Site 4가 35.3으로 가장 높게 나타났고, 울산지역인 Site 7이 9.2로 가장 낮게 나타났다. 동일한 측정 지점에서 측정한 광량($mol \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$)은 평균 7.36이었으며 경주지역인 Site 9가 5.01로 가장 낮았으며 밀양지역인 Site 4에서 18.83으로 가장 높았다. 수관열림도와 광량이 비교적 높게 나타난 밀양지역의 Site 4의 경우는 등산로 편의 제공을 위한 인위적

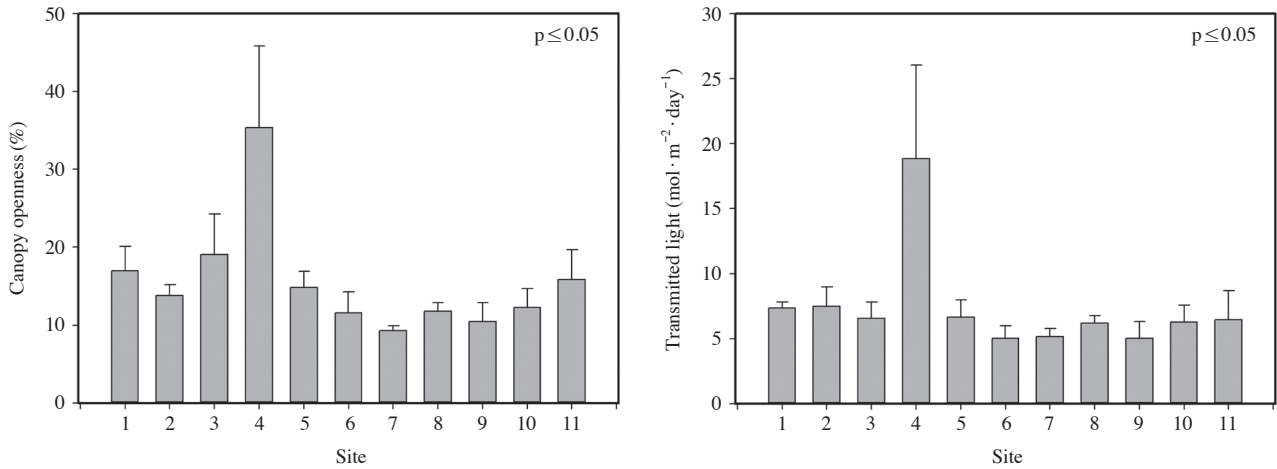


Fig. 2. Environmental parameters in each population of *D. paniculata*.

Table 2. Physicochemical properties of the soil in *Deutzia paniculata* habitat.

	Site											Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
pH	4.8	5.2	6.0	5.0	4.9	5.7	5.8	5.0	5.1	5.4	4.8	5.2±0.4
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	13	28	26	65	5	19	10	36	62	52	42	32.5±20.7
K (cmol ⁺ kg ⁻¹)	0.2	0.4	0.2	0.4	0.1	0.1	0.3	0.5	1.0	0.3	0.3	0.3±0.2
Na (cmol ⁺ kg ⁻¹)	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.35	0.16	0.08	0.12	0.12	0.04	0.1±0.08
Ca (cmol ⁺ kg ⁻¹)	1.2	2.4	1.9	1.8	0.2	7.9	9.8	4.6	6.2	2.5	0.4	3.5±3.1
Mg (cmol ⁺ kg ⁻¹)	0.2	0.6	0.2	0.5	0.1	3.0	3.6	1.5	0.8	0.5	0.3	1.0±1.1
T.N (%)	0.6	0.7	0.3	1.2	0.2	0.2	0.1	0.6	0.5	0.5	0.3	0.5±0.3
O.M (%)	15.0	17.8	4.9	21.9	5.5	4.3	9.1	13.5	10.9	13.3	8.5	11.3±5.6
C.E.C (cmol ⁺ kg ⁻¹)	21.1	20.1	11.9	23.5	11.8	13.1	18.8	18.5	17.8	18.3	14.9	17.2±3.8

OM: Organic matter, TN: Total Nitrogen, P₂O₅: Available phosphate, CEC: Cation exchange capacity, EC: Electrical conductivity

인 관리로 교목층의 일부가 제거된 영향인 것으로 판단된다.

산림토양은 산림생태계를 구성하는 많은 환경인자 중의 하나로서 임목의 분포, 생장 및 갱신에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Park and Lee, 1990). 전체 조사구에서 분석된 유기물 함량의 평균은 11.3%로 나타났으며 (Table 2), 이는 우리나라 일반적인 산림토양의 유기물 함량인 4.49%보다는 높은 값을 보였다(Jung *et al.*, 2002). 토양의 이화학적 특성에 있어서 유기물 함량은 토양의 물리적 특성 변화에 지배적 역할을 하며, 질소와 유효인산(50~60%)의 대부분을 공급하고, 양이온치환용량을 개선시키는 등 토양 특성에 가장 큰 영향을 주는 인자이다(Brady, 1990). 전질소 또한 울산지역 Site 7을 제외한 모든 지역에서 우리나라 산림토양의 평균 전 질소 함량 0.19% (Jung *et al.*, 2002)보다 높게 나타났다. 조사지역이 계곡부 또는 계곡과 인접한 사면에 위치하여 적습한 토양(Kwon and

Song, 2008)과 상대적으로 높은 수분환경 조건으로 인해 낙엽의 분해속도가 느려졌기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다(Jung, 2014).

2. 생물환경 특성

1) 식생다양성

꼬리말밭도리 자생지의 식생 다양성을 평가하기 위해 수집된 식생 자료를 바탕으로 종조성 식별표를 작성하였다(Table 3). 대부분의 꼬리말밭도리 자생지에서 교목층은 물푸레나무, 층층나무, 고로쇠나무 등이 주로 분포하였고, 아교목층은 당단풍나무, 신나무, 때죽나무 등이 분포하였다. 관목층은 생강나무, 참회나무, 작살나무, 고광나무가 출현하였고, 초본층으로는 큰개별꽃, 남산제비꽃, 큰천남성, 죽대, 대사초 등이 주로 출현하였다.

전체 11개의 조사구에서 출현한 138종을 대상으로 개체

Table 3. Synthesis table of *Deutzia paniculata* populations using by ZM school's method.

Population type	A	B	C
Number of releve	4	3	4
Altitude	715	348	382
Direction	255	158	102
Slope degree	11	18	19
Coverage of tree (T1) layer (%)	60	81	70
Coverage of subtree (T2) layer (%)	30	3	27
Coverage of shrub (S) layer (%)	65	30	61
Coverage of herb (H) layer (%)	15	28	20
Rock exposure (%)	46	36	35
Number of species	29	33	33
<i>Deutzia paniculata</i> Nakai	V	V	V
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance	V	-	-
<i>Fraxinus sieboldiana</i> Blume	IV	-	II
<i>Cornus controversa</i> Hemsl. ex Prain	-	V	-
<i>Morus bombycis</i> Koidz.	-	V	-
<i>Prunus maximowiczii</i> Rupr.	-	-	IV
<i>Polystichum tripterum</i> (Kunze) C.Presl for. tripterum	II	-	IV
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi	II	-	II
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume	V	V	III
<i>Euonymus oxyphyllus</i> Miq.	V	IV	IV
<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino	II	V	V

A: *Fraxinus rhynchophylla* dominant population. B: *Cornus controversa* dominant population. C: *Deutzia paniculata* typical population.

군을 분류한 결과, 꼬리말발도리 개체군은 물푸레나무 우점개체군 (*Fraxinus rhynchophylla* dominant population), 층층나무 우점개체군 (*Cornus controversa* dominant population), 꼬리말발도리 전형개체군 (*Deutzia paniculata* typical population)으로 구분되었다.

물푸레나무 우점개체군

물푸레나무 우점개체군은 총 4개 조사구가 포함되었으며, 해발고도 443~959 m 사이에 분포하였다. 계곡부의 경사는 7~12°의 범위를 보였다. 교목층은 평균 60%의 피도로 물푸레나무가 주로 우점하였고, 신갈나무, 들메나무, 팔배나무가 함께 출현하였다. 아교목층은 평균 30% 피도로 당단풍나무와 구분종인 쇠물푸레나무가 우점하였다. 관목층의 피도는 65%로 꼬리말발도리가 우점도 2~5의 값으로 출현하였으며, 생강나무, 함박꽃나무 등이 함께 출현하였다. 초본층은 15%의 피도로 산수국, 대사초, 큰개별꽃, 애기나리, 죽도리풀 등이 출현하였다.

본 연구에서 물푸레나무 하층의 꼬리말발도리는 층층나무 우점개체군과 꼬리말발도리 전형개체군에 비해 넓은 분포면적과 높은 우점도(+~5)를 보였다.

층층나무 우점개체군

층층나무 우점개체군은 총 3개 조사구가 포함되었으며, 해발고도는 300~443 m 사이에 분포하였고, 경사는 5~35°

의 범위를 보였다. 교목층, 아교목층, 관목층의 평균 피도는 각각 81%, 3%, 30%를 보였다. 교목층에서는 층층나무가 상대적으로 높은 비율로 우점하였고 고로쇠나무, 개서어나무가 함께 출현하였다. 아교목층에서는 생강나무, 당단풍나무가 출현하였으며, 관목층에서는 비목나무, 생강나무 등이 출현하였다. 초본층은 평균 28.3%로 곰비늘고사리, 남산제비꽃 등이 혼생하였다. 층층나무 우점개체군의 층위는 다른 개체군에 비해 교목층과 초본층에서 피도가 높은 편이고, 아교목층과 관목층에서는 상대적으로 낮았다.

꼬리말발도리 전형개체군

꼬리말발도리 전형개체군은 총 4개 조사구가 포함되었으며, 해발고도는 290~475 m 사이에 분포하였고, 경사는 16~21°의 범위를 보였다. 교목층은 평균 70%의 피도로 산개벚치나무, 줄참나무, 개서어나무 등이 출현하였고, 아교목층은 평균 27%의 피도를 보이며 당단풍나무, 비목나무가 우점하였다. 관목층은 평균 61%의 피도로 생강나무, 참회나무, 개서어나무 등이 출현하였다. 초본층은 평균 20%의 피도로 꼬리말발도리가 우점도 1~3의 값으로 출현하였고, 남산제비꽃, 큰개별꽃, 죽대, 곰비늘고사리 등이 함께 출현하였다.

2) 임분구조

꼬리말발도리 자생지의 흉고단면적 및 밀도를 분석한

Table 4. Means of Breast Hight Area (BHA, $m^2 ha^{-1}$) and stem density (D, stem ha^{-1}) of woody species in overall and each population in *D. paniculata* habitat.

Species	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> dominant population		<i>Cornus controversa</i> dominant population		<i>Deutzia paniculata</i> typical population		Total	
	BHA	D	BHA	D	BHA	D	BHA	D
<i>Cornus controversa</i>	—	—	12.4	127.3	—	—	12.4	127.3
<i>Carpinus tschonoskii</i>	0.3	26.7	2.8	54.5	3.7	166.7	6.8	247.9
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	5.8	280.0	—	—	—	—	5.8	280
<i>Robinia pseudoacacia</i>	—	—	—	—	5.6	88.9	5.6	88.9
<i>Quercus mongolica</i>	2.7	66.7	2.0	18.2	—	—	4.7	84.8
<i>Quercus variabilis</i>	—	—	—	—	4.4	33.3	4.4	33.3
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	3.3	426.7	—	18.2	0.5	88.9	3.8	533.7
<i>Quercus aliena</i>	0.1	13.3	2.0	18.2	0.5	11.1	2.6	42.6
<i>Quercus serrata</i>	1.4	13.3	—	—	0.9	22.2	2.3	35.6
<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.4	40.0	—	—	1.8	55.6	2.2	95.6
<i>Celtis sinensis</i>	1.5	13.3	—	—	0.7	11.1	2.2	24.4
<i>Sorbus alnifolia</i>	1.6	186.7	—	—	0.5	33.3	2.1	220
<i>Cornus walteri</i>	—	—	—	—	2.0	33.3	2.0	33.3
Others (29)	5.2	640.0	3.7	272.7	5.6	477.8	14.5	1390.5
Total	22.3	1706.7	22.9	509.1	26.1	1022.2	71.2	3238.0

결과(Table 4), 층층나무가 가장 높은 흉고단면적($12.4 m^2 ha^{-1}$)을 나타내었고, 밀도는 당단풍나무가 533.7 개체 ha^{-1} 로 가장 높은 밀도로 우점하는 것으로 분석되었다. 개서어나무(흉고단면적 $6.7 m^2 ha^{-1}$ 및 밀도 247.9 개체 ha^{-1}), 물푸레나무(흉고단면적 $5.8 m^2 ha^{-1}$ 및 280 개체 ha^{-1}), 아까시나무(흉고단면적 $5.6 m^2 ha^{-1}$ 및 밀도 88.9 개체 ha^{-1}), 신갈나무(흉고단면적 $4.7 m^2 ha^{-1}$ 및 84.8 개체 ha^{-1}) 순으로 높은 흉고 단면적 및 밀도를 나타내었다. 개체군별 흉고단면적 및 밀도를 비교했을 때 물푸레나무 우점개체군에서는 물푸레나무(흉고단면적 $5.8 m^2 ha^{-1}$ 및 밀도 280 개체 ha^{-1}), 당단풍나무(흉고단면적 $3.3 m^2 ha^{-1}$ 및 밀도 426.7 개체 ha^{-1}), 신갈나무(흉고단면적 $2.7 m^2 ha^{-1}$ 및 밀도 66.7 개체 ha^{-1}) 순으로 나타났다. 층층나무 우점개체군에서는 층층나무(흉고단면적 $12.4 m^2 ha^{-1}$ 및 밀도 127.3 개체 ha^{-1}), 개서어나무(흉고단면적 $2.8 m^2 ha^{-1}$ 및 밀도 54.5 개체 ha^{-1}), 갈참나무(흉고단면적 $2 m^2 ha^{-1}$ 및 밀도 18 개체 ha^{-1}) 순으로 나타났다. 꼬리말발도리 전형개체군에서는 아까시나무(흉고단면적 $5.6 m^2 ha^{-1}$ 및 88.9 개체 ha^{-1}), 굴참나무(흉고단면적 $4.4 m^2 ha^{-1}$ 및 밀도 33.3 개체 ha^{-1}), 개서어나무($3.7 m^2 ha^{-1}$ 및 166.7 개체 ha^{-1}) 순으로 나타났다.

3) 식생단면도

꼬리말발도리의 서식지 유형과 서식지 복원을 위한 기초자료 제공을 위하여 조사지역별로 꼬리말발도리의 식생 단면도를 작성하였다(Fig. 3). 꼬리말발도리는 낙엽활엽수 아래에 생육하고 있었으며, 지형에 따라 사면형, 계곡·사면

형, 계곡형 및 너털지대형으로 구분하였다. 사면형은 근위 팔곡산지역으로 계곡과 인접한 사면에 분포하였고, 계곡·사면형은 울산지역으로 계곡과 인접한 급경사 사면에 출현하는 특징을 보였다. 계곡형은 밀양, 경주, 양산지역으로 큰 계곡에 인접한 작은 지류에 분포하였다. 큰 계곡은 상시 물이 흐르고 작은 지류는 건천으로 강우 시에만 물의 흐름이 있는 특징을 보였다. 너털지대형은 부산지역으로 암반 사이와 암반 위의 생육 가능한 유효토심이 있는 곳에서 꼬리말발도리가 뿌리를 내려서 생육하는 특징을 보였고, 암반 아래로는 일정한 물의 흐름이 있는 것으로 나타났다. 대부분의 꼬리말발도리 자생지는 하천의 계곡부 인근에 분포하여 지표수 및 공중습도가 유지되는 지형에 분포하는 것으로 확인되었다.

4) 중요치

각 조사구의 매목조사 자료를 토대로 종 간 상대적 우세를 통합적으로 비교하기 위하여 Curtis와 McIntosh (1951)의 방법에 따라 중요치를 산출하였다(Table 5). 그 결과 전체 42종 가운데 층층나무의 중요치가 26.13%로 가장 높게 나타났으며, 당단풍나무 22.97%, 개서어나무 20.89%, 물푸레나무 16.02%, 팽나무 15.65%, 아까시나무 12.50%, 팔배나무 12.09%의 순으로 나타났다.

중요치가 높은 수종들은 계곡 주변에 주로 분포하는 종들이며, 꼬리말발도리의 지형적 입지 등을 고려하면 꼬리말발도리는 비교적 수분공급이 원활한 지역을 선호하는 것으로 판단된다.

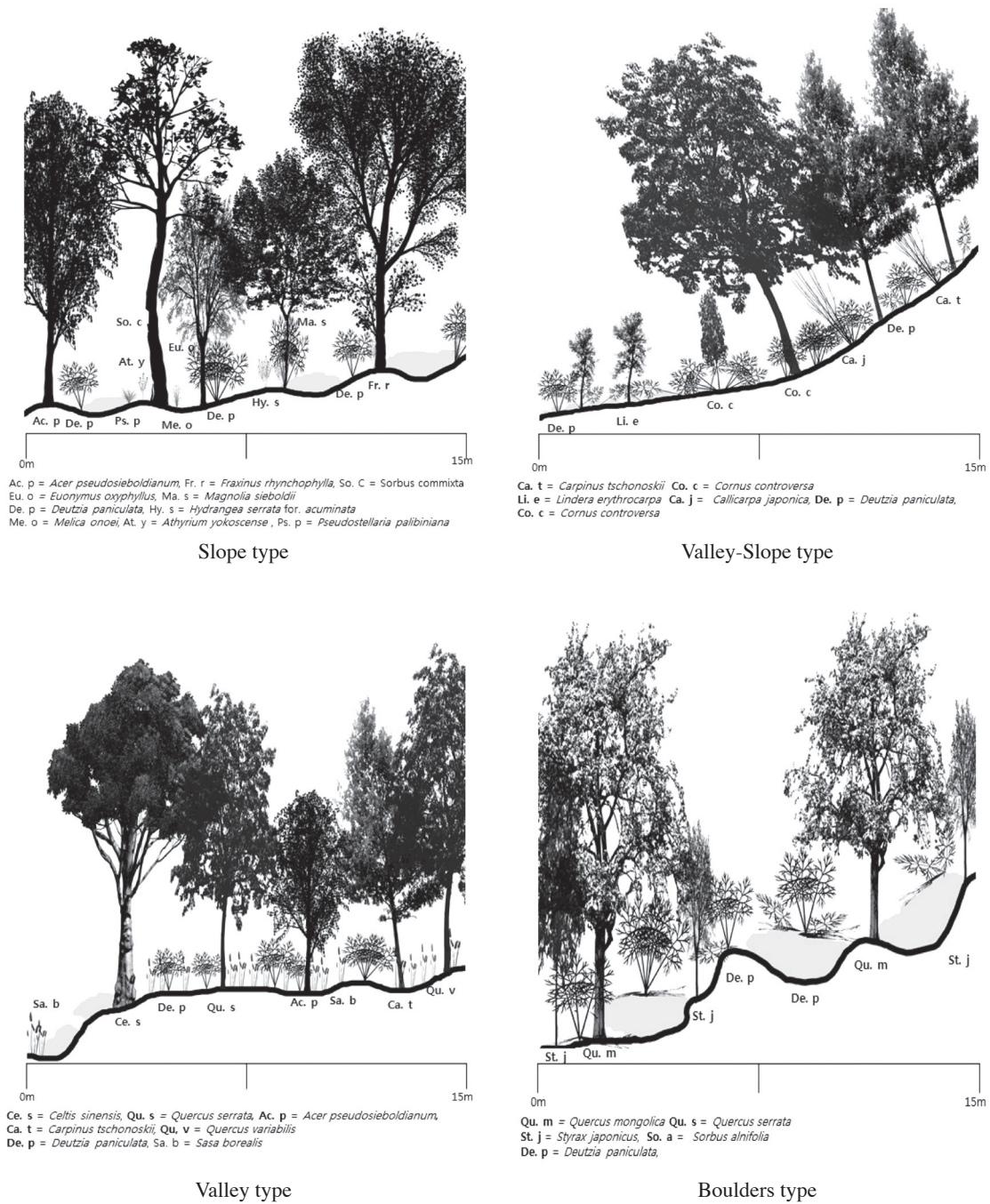


Fig. 3. Vegetation cross-sectional view along the topographic form of *D. paniculata* habitat.

3. 개체군 구조 및 종조성

1) 꼬리말밭도리 개체수, 개화수 및 개화율

꼬리말밭도리 개체수는 Site 6에서 55개체로 가장 많았고, Site 3에서 16개체로 가장 적게 나타났다(Table 6). 개체밀도(/m²)는 Site 6에서 0.73으로 가장 높았고 Site 3에서

0.21로 가장 낮았다. 개화개체는 Site 4에서 17개체로 가장 높았고, Site 3과 5는 개화개체가 출현하지 않았다. 개화율(%)은 Site 4에서 51.1로 가장 높게 나타났다.

본 조사에서 확인된 꼬리말밭도리는 비교적 생육이 양호하며 특별한 외적 간섭이 가해지지 않는 한 그 세력을 유지할 것으로 판단된다. 하지만 낙엽활엽수 하층에서 자생

Table 5. Importance value of the major tree species in the *Deutzia paniculata* population.

Species	Relative frequenc (%)	Relative coverage (%)	Relative density (%)	Importance value (%)
<i>Cornus controversa</i>	3.45	14.60	8.08	26.13
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	6.90	4.94	11.13	22.97
<i>Carpinus tshonoskii</i>	4.60	7.75	8.54	20.89
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	3.45	7.81	4.76	16.02
<i>Celtis sinensis</i>	2.30	9.72	3.64	15.65
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1.15	8.32	3.03	12.50
<i>Sorbus alnifolia</i>	5.75	2.74	3.61	12.09
<i>Lindera obtusiloba</i>	3.45	0.59	7.73	11.77
<i>Quercus mongolica</i>	4.60	4.74	2.28	11.62
<i>Lindera erythrocarpa</i>	3.45	3.43	3.16	10.04
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	4.60	2.49	2.95	10.03
<i>Sapium japonicum</i>	4.60	0.40	4.67	9.66
<i>Quercus variabilis</i>	2.30	4.98	1.50	8.77
<i>Styrax japonicus</i>	2.30	1.42	4.43	8.15
<i>Quercus serrata</i>	3.45	3.24	1.17	7.86
<i>Quercus aliena</i>	3.45	2.64	1.70	7.79
<i>Prunus maximowiczii</i>	3.45	1.96	1.89	7.30
<i>Styrax obassia</i>	3.45	0.80	3.04	7.29
<i>Morus bombycis</i>	2.30	2.66	1.95	6.91
<i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i>	2.30	0.71	3.46	6.47
Others (22)	28.74	14.06	17.28	60.08
Total	100.00	100.00	100.00	300.00

Table 6. Density, No of stems, flowering and flowering rate of *D. paniculata* habitats.

Location	Site	No of population	Density m ⁻²	Flowering	Flowering rate (%)
Gunwi	Site 1	46	0.63	11	31.48
	Site 2	43	0.57	12	27
Miryang	Site 3	16	0.21	0	0
	Site 4	32	0.43	17	51.1
Yongsan	Site 5	42	0.56	0	0
Ulsan	Site 6	55	0.73	5	7.5
	Site 7	43	0.57	1	1.85
Gyedngju	Site 8	33	0.44	1	2.22
	Site 9	26	0.35	2	10.32
Busan	Site 10	31	0.41	7	24.79
	Site 11	48	0.64	5	8.89

하고 있어 광량에 따라 개화율의 차이가 보이는 것으로 판단된다. 광량이 높은 Site 1, 2, 4 (Fig. 2)에서 높은 개화율을 보인 것을 고려할 때 일정한 간벌이나 임분밀도 관리 등으로 광량 확보가 필요할 것으로 판단된다 (Oh *et al.*, 2011).

2) 종조성

조사구별 7개의 환경인자 (해발고, 경사, 방위, 토양온도, 토양습도, 광량, 수관열림도) 간의 상관관계를 비교분석하기 위하여 DCCA법으로 식분의 서열화 분석을 수행하였다

(Fig. 4). 조사구별 뚜렷한 차이를 보이는 환경인자는 토양 온도, 광량, 경사로 나타났으며, 토양습도, 방위는 큰 차이를 보이지 않았다. 앞선 결과에서 토양온도는 위도에 따라 자생지별 차이가 명확히 발생하였다 (Fig. 2). 광량은 Site 4에서 가장 높은 값을 보였으며, 경사는 Site 3에서 높은 값을 보였다. 식물사회학적 방법에 의해 분류된 꼬리말밭도리 개체군과 환경인자 간의 상관관계 분석 결과는 물론레나무 우점개체군 (Site 1, 2, 4, 10)은 다른 개체군보다 해발고도 (473~956 m)가 높고 수관열림도와 광량이 높은 곳에

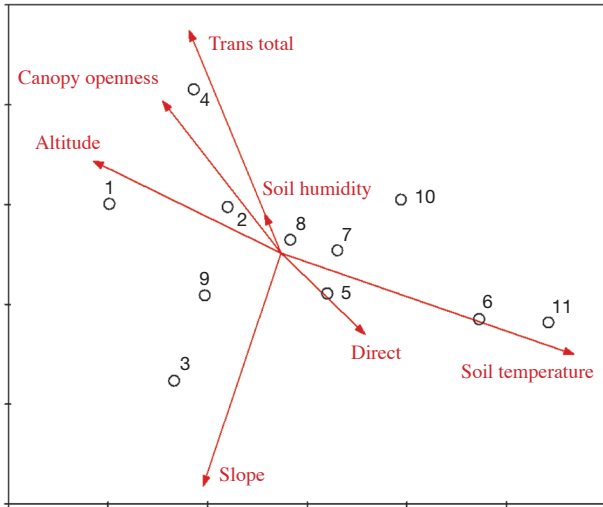


Fig. 4. Vegetation data of *D. paniculata*: DCCA (detrended canonical correspondence analysis).

분포하는 특징을 나타내었다. 층층나무 우점개체군(Site 3, 6, 7)과 꼬리말밭도리 전형개체군(Site 5, 8, 9, 11)은 물푸레나무 우점개체군에 비해 급경사 지역에 분포하는 특징을 나타내었다. 꼬리말밭도리 전형개체군은 다른 개체군과 뚜렷한 차이를 보이는 환경인자가 없었다. 다만 조사지역 중 가장 남쪽에 분포하는 Site 11에서 가장 높은 토양온도를 보였다. 꼬리말밭도리는 같은 속의 말밭도리와 유사하게 계곡부 식생으로 계곡 중·하부에 주로 분포하며(Park *et al.*, 2003), 교목층을 형성하는 계류형수종의 하층식생으로 초본층에서 관목층까지 층위를 형성하지만 계곡부 및 계곡부 인접 사면에 따른 환경인자의 특이성 말고는 꼬리말밭도리만의 뚜렷한 입지 특성은 확인할 수가 없었다.

결론

본 연구는 우리나라 희귀 및 특산식물인 꼬리말밭도리의 적절한 현지 내·외 보전 전략 마련과 향후 자생지 복원을 위한 서식지 생태 환경 특성에 대한 객관적인 기초자료 확보를 위해서 자생지의 생물 및 서식지 환경 특성과 개체군 구조에 대한 분석을 수행하였다.

한반도 특산식물인 꼬리말밭도리는 과거 북한의 원산지 지역에서 최초로 수집되어 기재된 식물이지만(Chung and Shin, 1986), 현재는 한반도 내에서 경상남북도 지역을 중심으로 주로 분포하고 있다(Son *et al.*, 2013). 이번 조사를 통해 확인된 꼬리말밭도리 자생지는 대부분 산림의 너덜이나 계곡의 가장자리에 인접한 사면이었으며, 일부 자생

지의 경우 간혹 산지의 능선에서도 생육이 관찰되었다. 입지특성에 따라 상관식생은 층층나무, 당단풍나무, 개서어나무 및 물푸레나무 등의 계류하천식생이 높은 흉고단면적 및 밀도를 보였으며, 아까시나무와 같은 조림수종에 이르기까지 다양한 낙엽활엽수종이 분포하였다(Table 5). 낙엽활엽수가 우점함에 따라 낮은 수관열림도와 높은 토양습도를 유지하였고 유기물 함량이 높은 특징을 보였다.

지역별 방형구에서 수집된 식생 자료에 근거하여 서열화한 결과, 자생지는 비교적 넓은 범위의 해발 분포(290~955 m)에서 환경인자 역시 다양하게 나타났다. 물푸레나무 우점개체군은 높은 해발고도에 분포하는 특징과 함께 높은 수관열림도와 광량에 의해 다른 개체군에 비해 개화율이 높았다(Table 6). 층층나무나무 우점개체군과 꼬리말밭도리 전형개체군은 물푸레나무 우점개체군에 비해 급경사 지역에 높은 토양온도를 보이는 특징을 보였다. 이러한 자생지의 특성을 종합하면 비록 꼬리말밭도리가 한반도 내에서 제한된 분포범위를 가지지만 상관수종과 입지에 따른 차이일 뿐 꼬리말밭도리가 선호하는 환경인자가 있기 보다는 다양한 생육환경을 보이는 식물로 판단된다.

꼬리말밭도리는 다년생 관목으로 자생지 내에서 연속적인 군락이 아닌 패치의 형태로 불연속적으로 분포하는 양상을 보였다. 비록 꼬리말밭도리의 교배양식이 완전한 타가수정(outcrossing)을 하는 식물로 알려져 있지만(Kim, 2003), 땅 속으로 늘어진 지하경에서 새로운 가지가 형성되는 생육 패턴들이 관찰됨으로써 영양번식의 가능성이 매우 높은 것으로 판단된다. 실제로 이번 조사에서 낮은 수관열림도에 따라서 꼬리말밭도리는 매우 낮은 개화율(평균 15%)을 나타내기도 하였으며 조사지 내에서 어린 치수도 거의 관찰되지 않았다. 앞선 결과에서 광량이 높은 곳에서 개화율이 높은 것을 확인할 수 있었다. 따라서 꼬리말밭도리의 현지 내 보전을 위한 방안으로 자생지 내에서 꼬리말밭도리의 개화율을 높이고 치수 및 유묘가 잘 확산될 수 있도록 일정한 간벌이나 임분밀도 관리 등의 환경개선 작업이 필요할 것으로 판단되나 비슷한 입지에 대해서 복원 및 대체서식지 조성 등을 통하여 개화율 증가와 생태변화에 대한 모니터링을 통한 사전타당성 검증 후 수행되어야 할 것으로 판단된다.

본 조사에서 확인된 꼬리말밭도리는 비교적 생육이 양호하며 집중호우에 따른 산사태 및 범람과 같은 환경변화와 인위적인 간섭이 없는 한 그 세력을 유지할 것으로 판단된다. 꼬리말밭도리는 남획이나 인간의 활동에 의한 급격한 개체수 감소보다는 기후변화나 진화 생태학적 요인에 의한 서식지 환경 변화에 따른 개체군 크기 감소가 점진적으로 진행될 위험이 있는 식물인 것으로 판단된다. 따라서 효율

적인 현지 내·외 보전 전략 마련을 위해서는 우량한 유전자를 보유한 개체선발을 통해 대량증식 후 생육환경과 유사한 임지에 대체식지 조성과의 더불어 꼬리말발도리의 종자 발아 특성 및 생활사에 대한 연구도 적절한 현지 외 보전 전략 마련을 위해서 수행되어야 할 것이다.

적 요

꼬리말발도리는 한반도 특산식물임에도 불구하고 종의 분포, 개체군 및 자생지 특성, 그리고 이것에 기초한 종 보전 연구를 찾아보기 어렵다. 본 연구는 꼬리말발도리를 대상으로 종 분포 및 생태 특성을 분석하였다. 꼬리말발도리의 분포 특성은 문헌, 표본 및 현장 조사 자료를 참고하였다. 현장 조사는 6개 지역에서 11개의 대방형구(15×15 m)와 33개 소방형구(5×5 m)의 자생 집단을 대상으로 2014년 5월부터 10월까지 실시하였다. 개체군 특성으로 풍부성(밀도, 피도), demographic 속성(개화율 및 결실율)이 조사되었으며, 자생지 특성으로 식생(구조 및 종조성), 임내광량(광량, 수관열림도) 및 토양(온·습도, 이화학 속성) 특성을 분석하였다. 꼬리말발도리는 경상도(강원도 태백 포함)가 분포 중심이었으며, 넓은 해발 분포 범위(평균 493 m, 및 해발 290~959 m 범위)를 나타내었다. 꼬리말발도리 자생지의 평균 사면경사는 16°(7~35° 범위)이었으며, 주로 너털 계곡 입지 및 그곳과 접한 사면하부에 분포하였다. 꼬리말발도리 개체군의 소방형구(5 m×5 m) 내에서 평균 12.5개체가 출현하였고, m²당 평균밀도는 0.5를 보였다. 평균 개화율은 15%로 낮은 개화율을 보이며 영양생식에 의한 번식이 빈번히 이루어지는 것으로 판단된다. 꼬리말발도리 자생지의 조사구 수준 식물상은 138분류군이였다. 꼬리말발도리 자생지의 식생은 너털 입지환경을 잘 반영하는 층층나무(중요치 25.5%) 및 물푸레나무(중요치 15.8%)가 우점하는 서식지로 나타났다. 층층나무 유형은 급경사 지역, 그리고 물푸레나무 유형은 주로 높은 해발고도에 분포하는 특성이 관찰되었다. 연구 결과, 꼬리말발도리는 인간 활동보다는 범람과 같은 자연 교란, 기후변화 및 진화생태학적인 요인에 의해 개체수의 변동이 예상되는 종으로 판단되며, 개체군 및 자생지의 지속성을 위협하는 뚜렷한 증거는 찾아볼 수 없었다.

REFERENCES

Brady, N.C. 1990. The nature and properties of soil. Macmillan,

- New York. pp. 621.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. 3. Auflage. Wien, New York. pp. 865.
- Chang, C.S. and H. Kim. 2014. Breeding System and Allozyme Genetic Diversity of *Deutzia paniculata* Nakai, an Endemic Shrub in Korea. *Journal of Korean Forest Society* **103**(4): 519-527.
- Chang, C.S., H. Kim and Y.S. Kim. 2001. Reconsideration of rare and endangered plant species in Korea based on the IUCN Red List Categories. *Korean Journal of Plant Taxonomy* **31**: 107-142.
- Chung, Y.H. and H.C. Shin. 1986. Monographic Study of the Endemic Plants in Korea VI. Taxonomy and Interspecific Relationships of the Genus *Deutzia*. *Korean Journal of Plant Biologists*. **29**(3): 207-231.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An Upland Forest Continuum in the Prairie Forest Border Region of Wisconsin. *Journal of Ecology* **32**(3): 476-496.
- Frazer, G.W., C.D. Canham and K.P. Lertzman. 1999. Gap light analyzer (GLA), version 2.0: imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, BC, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, NY.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA: A FORTRAN program for Dtrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press.
- Jung, J.H., K.S. Koo and C.S. Kim. 2002. Physico-chemical Properties of Korean Forest Soils by Regions. *Journal of Korean Forest Society* **91**(6): 694-700.
- Jung, J.Y. 2014. Vegetation Structure and Ecological Properties of *Eleutherococcus senticosus* Population. A Master's Thesis. Chung Nam National Univ. (in Korean). pp. 67-68.
- Kim, H. 2003. The reconsideration of Genus *Deutzia* in Korea based on morphological characters and genetic diversity. A Doctoral Dissertation, Seoul National Univ. (in Korean). pp. 90-91.
- Korea National Arboretum. 2008. Rare Plants Data Book In Korea. Korea National Arboretum. Pocheon. pp. 296.
- Kwon, H.J. and H.K. Song. 2008. Vegetation Structures and Ecological Properties of *Sterwartia Koreana* Community. *Journal of Korean Forest Society* **97**(3): 296-304.
- Lee, T.B. 1980. Illustrated Flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul. pp. 486.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. pp. 54.
- National Institute of Biological Resources. 2012. Red data Book of Endangered Vascular Plants In Korea. pp. 167. National Institute of Biological Resources.
- Oh, H.K., M.S. Soh and J.H. Rho. 2011. A Study on the Botany of New Natural Habitats of *Abeliophyllum distichum* Nakai in the Byeonsanbando National Park. *Korean Journal*

- of Cultural Heritage Studies* **44**(2): 4-25.
- Park, I.H., Y.K. Seo and Y.C. Choi. 2003. Forest Structure in Relation to Slope Aspect and Altitude in Valley Forests at Baraebong, Jirisan National park. *Korean Journal of Environment and Ecology* **16**(4): 449-456.
- Park, K.S. and S.O. Lee. 1990. The Influence of organic Matter on Soil Aggregation in Forest Soils. *Journal of Korean Forest Society* **79**(4): 367-375.
- Rural Development Administration. 2000. Analysis Method of Soil and Plants.
- Shin, J.J., B.Y. Koo, H.G. Kim, H.J. Kwon, S.W. Son, J.S. Lee, H.J. Cho, K.H. Bae and Y.C. Cho. 2014. Population Structure and Fine-scale Habitat Affinity of *Cymbidium kanran* Protected Area as a Natural Monument. *Korean Society of Environment and Ecology* **47**(3): 176-185.
- Son, S.W., K.S. Choi, K.T. Park, E.H. Kim and S.J. Park. 2013. Genetic Diversity and Structure of The Korean Rare and Endemic Species, *Deutzia paniculata* Nakai, as Revealed by ISSR Markers. *Korean Journal of Plants Resources* **26**(5): 619-627.
- Ter Braak, C.J.F. and P. Šmilauer. 1998. CANOCO - Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Microcomputer Power, Ithaca, USA. p. 352.