

국내 용머리 자생지의 식생구조와 환경인자 상관관계

박병주¹ · 한성경¹ · 박성혁¹ · 천광일² · 제상훈³ · 허태임^{4*}

¹국립백두대간수목원 백두대간보전실, ²국립생태원 생태계서비스팀

³국립백두대간수목원 산림생물자원본부, ⁴국립백두대간수목원 산림생태복원실

Correlation Between Vegetation Structure and Environmental Factors of *Dracocephalum argunense* Habitats in South Korea

Byeong-Joo Park¹, Sung-Kyung Han¹, Sung-Hyuk Park¹, Kwang-Il Cheon²,
Sang-Hoon Che³ and Tae-Im Heo^{4*}

¹Baekdudaegan Conservation Office, Baekdudaegan National Arboretum, Bonghwa 36209, Korea

²Ecosystem service team, National Institute of Ecology, Seochon 33657, Korea

³Baekdudaegan Bioresources Conservation Department, Baekdudaegan National Arboretum, Bonghwa 36209, Korea

⁴Ecological Forest Restoration Office, Baekdudaegan National Arboretum, Bonghwa 36209, Korea

요약: 본 연구의 목적은 국내에 분포하는 희귀식물 용머리의 식생구조 및 환경인자의 상관관계를 파악함으로써 용머리 개체군 서식 현황에 대한 기초자료를 마련하는데 있다. 총 4개 시·군구를 대상으로 9개소의 식생조사구(10 m×10 m)에서 식생조사를 수행하였다. cluster analysis 결과 총 3개 군집으로 나타났으며, 갈참나무 군집(Group 1), 해송-명석딸기 군집(Group 2), 팽비싸리-산초나무 군집(Group 3)으로 분석되었다. 용머리 중요치는 Group 2에서 6.19로 해안지형에서 가장 높게 나타났다. 종다양성 분석결과 2.747~3.166의 범위로 분석되었으나 그룹별 통계적 유의성은 인정되지 않았다($p>0.05$). 용머리의 퇴적암 지대 주변 자생지에서 외래식물이 지표종으로 분석되어 향후 유입종에 대한 모니터링이 필요하다. 용머리는 다양한 서식환경을 지니고 있어 수분 및 대기환경의 적응은 양호하나 향후 타종 간의 경쟁과, 인간활동에 의한 쇠퇴 위험이 있는 것으로 분석되었다.

Abstract: The purpose of this study is to establish baseline data on the habitat status of *Dracocephalum argunense* Fisch. ex Link by identifying its vegetation structure and correlating environmental factors. A total of 9 vegetation plots (10 m×10 m) were surveyed. Cluster analysis revealed a total of three clusters: *Quercus aliena* (Group 1), *Pinus thunbergii-Rubus parvifolius* (Group 2), and *Indigofera kirilowii-Zanthoxylum piperitum* (Group 3). The importance value of *D. argunense* was the highest in Group 2, with a value of 6.19. Diversity analysis indicated a range of 2.747–3.166, but differences among the groups was not statistically significant ($p>0.05$). In the areas surrounding sedimentary rock zones, invasive plants were identified as indicator species, emphasizing the need for monitoring invasive species in the future. Although *D. argunense* exhibits good adaptability to moisture and atmospheric conditions due to its diverse habitats (forest and coast), there is a risk of decline due to interspecific competition and human activities, as analyzed in this study.

Key words: *Dracocephalum argunense* Fisch. ex Link. species composition, conservation biology

서론

용머리(*Dracocephalum argunense* Fisch. ex Link)는 꿀풀과(Lamiaceae) 용머리속(*Dracocephalum* spp.) 다년생 초

본으로 관상용 및 약용 식물 등으로 활용되며 국제적으로 러시아, 중국, 일본 등 동아시아 및 내몽골 지역에 분포한다(Li et al., 2012). 국내 용머리의 분포는 강원도, 충청남·북도 그리고 경상남·북도일대 일부 퇴적암 지대에 자생하고 있어(Lee, 2016; KNA, 2024) 자생지의 공간이 매우 협소한 실정이다.

용머리는 근연분류군에 속하는 벌개풀(*Dracocephalum rupestre*)에 비해 잎이 피침형이고 잎자루가 매우 짧은 점

* Corresponding author

E-mail: heoming@koagi.or.kr

ORCID

Tae-Im Heo  https://orcid.org/0000-0002-4548-0699

등으로 구분되고, 벌개똥굴(*Meehania urticifolia*)에 비해 꽃이 진 뒤에도 줄기가 덩굴지지 않으며 꽃이 줄기 끝에 달리는 점 등으로 구분이 된다(Lee, 2003a, 2003b). 용머리는 국가적색목록 준위협종(Near Threatened; NT)으로 평가되며, 산림청 희귀식물로 지정되어 있다(KNA, 2021).

용머리에 대한 선행연구는 양묘와 관련된 종자 발아특성 및 기내실험을 통한 생장반응 연구(Suh, 2006; Chang et al., 2009), 조직배양을 통한 증식방안(Li et al., 2013)과 플라보노이드 연구(Kakasy, 2006) 등의 성분분석 연구가 진행되었다. 유전학적 연구와 형태적 연구, 그리고 유전체 해킹 기반의 용머리속의 계통학적 연구 또한 수행된 바 있다(Norihito and Yoshikane, 2009). 그러나 멸종위기종인 용머리의 서식처 연구는 미흡한 실정으로 이에 대한 추가적인 모니터링이 필요하다. 앞으로 국제적 생물다양성 보전 아젠다에서 자생지 내 보호 활동의 중요성이 급부상하고 있는 시점에서(CBD, 2024), 자생지 식생환경에 대한 정밀한 데이터베이스 구축은 효율적인 보전계획을 수립하는데 기초자료가 되기 때문이다.

2022년 제15차 생물다양성협약 당사국총회(CBD COP-15) 내 범지구 생물다양성 보전전략 목표인 ‘쿤밍-몬트리올 생물다양성 프레임워크(GBF, Global Biodiversity Framework)가 발효되면서 2030년까지 전세계 생태계 보호지역을 30% 이상을 보전관리 하고자 하는 목표로 삼고있다(CBD, 2024). 보호지역 지정의 의미는 곧 현지 내 보전의 중요성을 의미하기에, 이를 위하여 자생지 내 생물다양성의 현황과 관리방향을 마련하기 위한 움직임이 시급함을 시사한다.

즉, 멸종위기종에 대한 생물다양성 보전을 위하여 자생지 내 서식환경을 파악하고 기초자료를 수집하는 것이 기본적이다. UN의 지속가능한 발전목표(SDGs)에서는 육상 생태계 멸종위기종 보전의 지표로 ‘적색목록지수(Red list index)’를 공식적으로 발표함으로써 국제적 생물다양성 증진 성과지표로 활용하고 있으며, 이에 따른 각국의 적색목록 생물종에 대한 관련 정보를 구축하고 있다(UNECE, 2024).

본 연구의 목적은 용머리 자생지 내 체계적인 보전과 관리를 위한 서식환경을 분석하여 향후 지속가능한 생물다양성 유지를 위한 기초자료를 마련하는 것이다.

조사 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구의 조사지는 행정구역상 고성군, 동해시, 영양군 그리고 군위군에 위치해 있다(Figure 1). 본 연구를 수행하기 전에, 문헌 및 선행연구 자료 등을 참조하여 국내 용머리 표본 및 문헌을 통한 분포정보를 획득한 후, 현장조사후, 용머리 생존여부를 확인하였다(NIE, 2018; KNA, 2012; NIBR, 2020; KNA, 2021). 선행 표본정보 분포는 1919년에서 2020년까지의 표본 정보를 확인하였으며, 1970년대 우리나라의 산업화 이후 급격히 쇠퇴하는 것으로 확인되었다. 현장 확인 결과, 조사구 수는 고성군 2개소 동해시 1개소, 영양군 2개소, 군위군 4개소로 총 9개소이며, 해안 지형과 산악지형 그리고 저지대 퇴적암 지대에 서식하는 것으로 확인되었다.

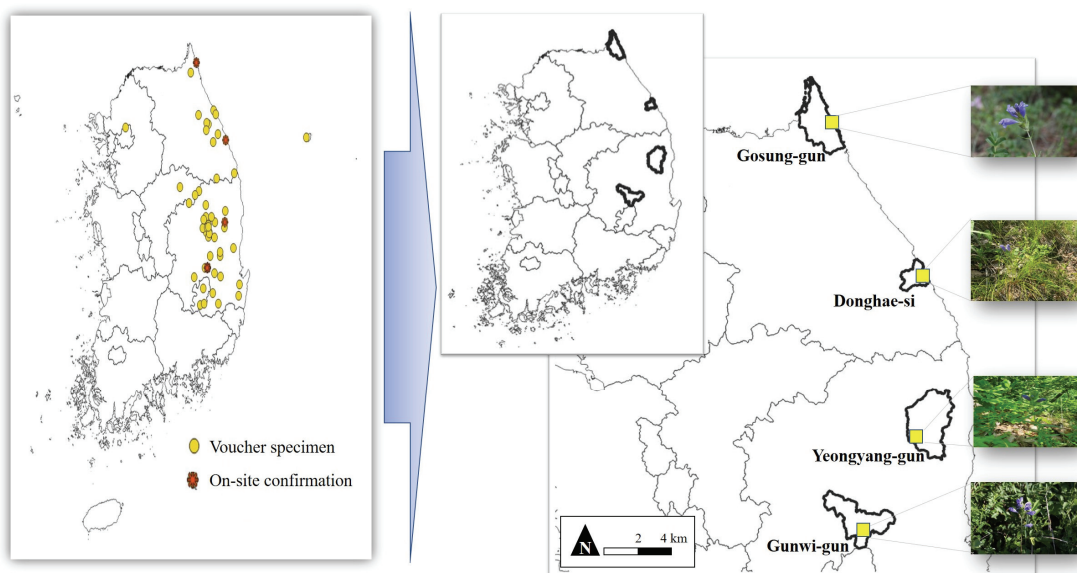


Figure 1. Location of *Dracocephalum arguense* Fisch. ex Link study plot in South Korea.

Table 1. Braun-Blanquet cover-dominance scale.

Scale	Range of Cover and Dominance (%)	Median Value (%)
5	75-100	87.5
4	50-75	62.5
3	25-50	37.5
2	12.5-25	18.75
1	<12.5 numerous individuals	9.375
+	<5 few individuals	4.69
r	Species represented by a unique individual (ca. 1%)	1.01

기상청에서 제시한 각 행정구역의 연평년기온을 종합하면, 최고기온 17.6°C, 최저기온 7.3°C, 평균기온 12.1°C, 평균상대습도 64.7%, 연강수량은 1,163.9 mm이며 평균 풍속은 1.9 m/s로 나타났다. 고성군과 동해시는 해양성 기후를 나타내고 태백산맥을 기준으로 영동과 영서가 나뉘며 강수량이 풍부한 지역이다. 군위군과 영양군은 경상북도의 내륙지역에 속하여 차고 건조한 기후가 대표적으로 나타난다(KMA, 2024).

고성군의 지질환경은 화강암 풍화대가 형성되어 있으며, 화산 활동으로 현무암질의 암석으로 다양한 지형경관을 나타내는 곳이다(Kim, 2011). 동해시는 퇴적암층이 주로 발달했고 암석의 성질은 화강암 및 일부 석회암으로, 구릉성 산지가 발달해 있다(Yoon et al., 2003). 영양군은 화강암과 규장암 기반상에서 발달된 지형으로 보전가치가 높은 것으로 평가되며, 퇴적암이 가장 주된 지형이고 남쪽에는 석회암 지대가 위치한다(Jeon, 2009). 군위군의 기반암은 북쪽지방에 화강암이 관입한 후, 침식이 다수 발생한 퇴적암 지대가 분포하고 있다(Kang and Lee, 2012).

2. 현장조사 및 데이터분석

식생조사구는 용머리 자생지를 기준으로, 임분 내 층위 구조를 반영하여 10 m×10 m의 정방형구를 설치하여 100 m²로 선정하였으며(Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974) 전체 조사구는 9개소이다. 식생조사는 Braun-blanquet(1964)의 방법에 따라 조사구 내 출현하는 종의 피도와 군도를 측정하고 교목층, 아교목층, 관목층, 초본층으로 총 4개의 층위구조 별로 출현식물종을 조사하였다. 분석에 필요한 각 종들의 종조성은 피도 및 군도의 중앙값을 이용하였다(Table 1). 식물의 동정은 원색대한식물도감(Lee, 2003a, b)을 이용하였으며, 국명 및 학명의 표기는 국가표준식물 목록(KNA, 2024)의 기준을 따랐다. 용머리 자생지 확인 및 현장조사는 2023년 4월부터 10월까지 진행되었다.

Cluster analysis를 통한 군집분류를 위한 덴드로그램을 작성하였다. Euclidean 거리척도와 Ward의 방법을 이용하

였다. 군집 분류의 적절성 검증을 위하여 각 군집별 MRPP-test(다수응답순열절차: Multi-Response Permutation Procedures)을 시행하였다. MRPP-test는 각 군집 간 종조성의 이질성을 확인하는데 사용하였다. 군집 서식환경을 분석하기 위하여 해발고도, 경사도, 사면방위 등 임황과 지황을 현장에서 조사하였으며, TPI(지형지수, Topographic Position Index) 및 TWI(지형수분지수, Topographic Wetness Index)의 경우 국토지리정보원(NGII, 2023)에서 제공하는 국내 DEM(수치표고모델, Digital Elevation Models)을 기반으로 ArcGIS(ver. 10.6)를 이용하여 분석하였다. Northness는 ‘Cos(Radian(사면방위))’로 계산하여 -1 ~1사이의 값을 가지며 양수일수록 북사면, 음수일수록 남사면으로 분석된다(Park et al., 2023).

종조성 분석을 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 방법에 따라 상대우점치(Importance Percentage)를 산정하여 군집 내 식물 종간 상대 우세 비교 분석하였으며 수집된 데이터를 통해 군락별 종풍부도(Species Richness: SR), 종다양도(Species Diversity Index: H'), 균재도(Evenness)를 산출하였다(Shannon, 1949).

각 군집을 대표하는 식물종을 알아보기 위하여 지표종 분석을 실시하였으며, 각 군집별 종조성 이질성 검증을 MRPP-test(Multi Response Permutation Procedure)를 실시하였다. MRPP-test는 각 그룹간 종조성 차이를 판별하여 유의성 및 유사계수를 통한 군집의 이질성을 검증한다(McCune and Mefford, 2006). 지표종 분석(indicator species analysis)을 통한 Indicator value를 산출하였으며, 통계적 유의성이 인정되는 종을 지표종으로 선정하였다(p<0.05). 지표종 분석은 확률화 검정(randomization test)을 이용한 것으로 군집 내, 향후 보전과 관리에 핵심이 되는 종으로 해석한다(Dufrene and Legendre, 1997).

종조성과 환경인자간 상관관계 분석을 위하여 비모수적 다차원척도법(NMS, Non-metric Multidimensional Scaling) 분석을 시행하였으며(cut off R²=0.3), 이는 생태계 데이터인 식생자료의 경우 비모수 데이터 형태를 띠는 식생자료

의 경우 주로 이용된다(McCune and Mefford 2006). 조사구 별 식물종의 피도중양값과 비생물적 요인 8개 인자(해발고도, 사면방위, 경사도, 암석노출도, TWI, TPI, 종풍부도, 종다양도)를 이용하여 식물종과 환경인자간 상관관계를 2차원상에 배열하였다.

통계분석은 SPSS Statistics(ver. 18.0), 군집분류와 지표종 및 NMS 분석은 PC-ORD(ver. 7.0)를 이용하였다.

연구 결과

1. 식생 군집 분류

용머리의 식생 군집 분류를 위한 cluster analysis를 분석한 결과는 Figure 2와 같다. 총 3개의 군집으로 분류하였으며, 각 군집당 3개소씩 분류되었다. 각 군집의 종조성의 우점정도에 따라 갈참나무 군집(Group 1), 곰솔-명석딸기 군집(Group 2), 땅비싸리-산초나무 군집(Group 3)으로 나뉘었다. 각 군집 분류의 검증을 위하여 MRPP-test 결과, 각 군집 간 통계적 유의차가 인정되었다($p < 0.05$). 갈참나무 군집은 동해시와 영양군 지역으로 구성되었으며, 곰솔-명석딸기 군집의 경우 고성군 2개소와 군위군 1개소로 고성군의 경우 동해안의 접경지대에 있었으며 군위군 1개소는 수계가 인접한 퇴적암 지대로 확인되었다. 땅비싸리-산초나무 군집은 군위군 3개소로 퇴적암 지형의 숲가장자리에 위치하고 있었다.

2. 군집 서식 환경

용머리 군집의 서식환경을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 해발고도의 경우 Group 1에서 270.0 ± 85.5 m로 가장 높은 해발고도로 나타났으며, 경사도도 $21.7 \pm 3.9^\circ$ 로 가장 높은 수치로 나타났다. 지형지수(TPI)의 경우 Group 3에서 지형수분지수(TWI)는 Group 1에서 가장 높게 나타났으며, 암석노출도는 Group 1에서 $30.0 \pm 10.0\%$ 로 가장 높게 나타났으나, 대체적으로 용머리 자생지의 서식환경은 암석노출이 적은 지형에 위치하고 있는 것으로 파악되었다. Northness는 Group 2에서 가장 높았으나, 각 그룹 간 큰 수치의 차이는 없었다($p > 0.05$). 지형지수, 지형수분지수, 암석노출도에서 각 군집 간 통계적 유의차가 인정되었다($p < 0.05$). 식생조사구 내 용머리 피도값의 경우, Group 1~3은 $3.46 \pm 1.22\%$, $16.21 \pm 2.15\%$, $5.03 \pm 2.01\%$ 로 나타났으며, Group 2에서 가장 높은 용머리 피도값으로 나타났다.

3. 종조성 분석

용머리 군집별 종조성을 파악하기 위하여 중요치를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 용머리는 Group 2인 해안지역인 고성군과 수계가 풍부한 군위군의 지역에서 6.19로 가장 높은 중요치로 나타났다. Group 1의 경우 갈참나무(12.60) > 싸리(8.40) > 조록싸리(8.18) > 갈참나무(7.56) 등의 순으로 나타났다. Group 2는 곰솔(12.20) > 명석딸기(12.15) > 김의털(9.06) > 산해박(8.58) 등의 순으로 조사되

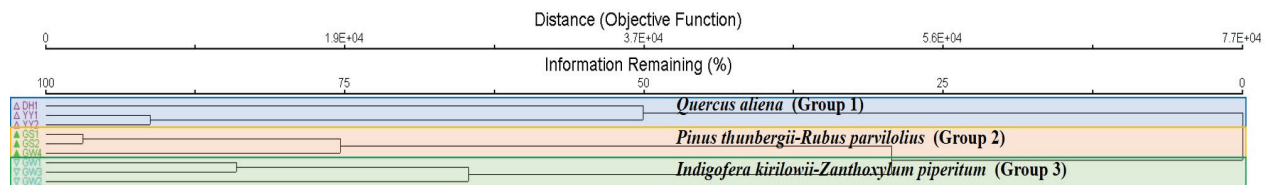


Figure 2. Result of dendrogram through cluster analysis in *Dracocephalum argunense* habitats.

Table 2. Site description and information among groups of *Dracocephalum argunense* habitats.

Index	Group 1	Group 2	Group 3
Altitude ^{ns}	270.0±85.5	91.7±59.2	181.7±3.3
Slope ^{ns}	21.7±3.9	6.3±4.3	13.7±4.7
TPI*	6.264±0.158 ^a	9.821±1.049 ^{ab}	10.837±1.148 ^b
TWI*	10.510±4.029 ^b	0.111±0.451 ^a	-3.323±0.134 ^a
Rock exposure*	30.0±10.0 ^c	1.7±1.6 ^a	11.6±4.4 ^b
Northness ^{ns}	0.232±0.355	0.531±0.468	0.409±0.558
Coverage of <i>D. argunense</i> (%)*	3.46±1.22 ^a	16.21±2.15 ^b	5.03±2.01 ^a
Aspect	SE	E	N

TPI: Topographic Position Index, TWI: Topographic Wetness Index, ANOVA-test, tukey's post hoc; '*' means $p < 0.05$, ns: non significance

Table 3. Importance percentage of *Dracocephalum argunense* habitats for 3 vegetation groups classified in the study area.

Scientific name / Korean name	Group 1	Group 2	Group 3
<i>Dracocephalum argunense</i> / 용머리	0.75	6.19	1.01
<i>Quercus aliena</i> / 갈참나무	12.60	-	-
<i>Pinus thunbergii</i> / 곰솔	1.98	12.20	-
<i>Rubus parvifolius</i> / 멧석딸기	2.01	12.15	4.24
<i>Indigofera kirilowii</i> / 땅비싸리	-	-	6.23
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> / 산초나무	-	-	5.51
<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i> / 솔나물	2.83	3.21	-
<i>Zizyphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> / 뒗대추나무	-	7.66	4.48
<i>Ligustrum obtusifolium</i> / 쥐똥나무	4.58	-	3.69
<i>Rhus javanica</i> / 붉나무	1.98	-	3.71
<i>Pinus densiflora</i> / 소나무	1.88	-	3.72
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> / 돼지풀	1.50	-	1.66
<i>Lespedeza bicolor</i> / 싸리	8.40	-	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i> / 조록싸리	8.18	-	-
<i>Quercus variabilis</i> / 굴참나무	7.56	-	-
<i>Quercus dentata</i> / 떡갈나무	4.23	-	-
<i>Securinega suffruticosa</i> / 광대싸리	3.23	-	-
<i>Rhus tricocarpa</i> / 개웃나무	2.70	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i> / 생강나무	2.65	-	-
<i>Ambrosia trifida</i> / 단풍잎돼지풀	2.53	-	-
<i>Quercus mongolica</i> / 신갈나무	2.08	-	-
<i>Festuca ovina</i> / 김의털	-	9.06	-
<i>Cynanchum paniculatum</i> / 산해박	-	8.58	-
<i>Rosa rugosa</i> / 해당화	-	6.52	-
<i>Castanea crenata</i> / 밤나무	-	4.04	-
<i>Metaplexis japonica</i> / 박주가리	-	3.66	-
<i>Potentilla chinensis</i> / 딱지꽃	-	2.38	-
<i>Calystegia soldanella</i> / 갯메꽃	-	1.91	-
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> / 솔새	-	1.75	-
<i>Sophora flavescens</i> / 고삼	-	1.58	-
<i>Rubus crataegifolius</i> / 산딸기	-	1.58	-
<i>Agropyron ciliare</i> / 속털개밀	-	1.58	-
<i>Rumex acetosella</i> / 애기수영	-	1.40	-
<i>Erigeron annuus</i> / 개망초	-	1.40	-
<i>Quercus dentata</i> / 떡갈나무	-	-	4.92
<i>Rosa multiflora</i> / 찔레꽃	-	-	4.13
<i>Lonicera japonica</i> / 인동덩굴	-	-	3.91
<i>Medicago sativa</i> / 자주개자리	-	-	3.27
<i>Prunus japonica</i> var. <i>nakaii</i> / 이스라지	-	-	3.20
<i>Ulmus parvifolia</i> / 참느릅나무	-	-	3.10
<i>Cocculus trilobus</i> / 멧덩이덩굴	-	-	2.58
<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i> / 가는잎그늘사초	-	-	2.54
<i>Amorpha fruticosa</i> / 족제비싸리	-	-	1.37
<i>Oenothera biennis</i> / 달맞이꽃	-	-	1.29
Others	28.34 (39 taxa)	13.18 (21 taxa)	35.46 (44 taxa)
Total	100	100	100

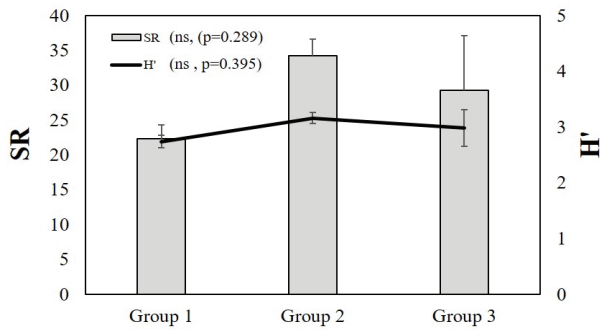


Figure 3. Species diversity indices of 3 vegetation groups (ANOVA-test was used (tukey's post hoc); SR : Species richness, H' : Shannon's species diversity index; ns: no significance for $p>0.05$).

어 전형적인 해안가 식물의 출현이 빈번하게 나타났다. Group 3은 땅비싸리(6.23) > 산초나무(5.51) > 떡갈나무(4.92) > 뫇대추나무(4.48)로 산정되었다. 외래식물의 출현도 곳곳에서 관찰되었다. Group 1의 경우 단풍잎돼지풀(2.53), 돼지풀(1.50), Group 2에서는 애기수영(1.40)과 개망초(1.40) Group 3에서는 자주개자리(3.27), 족제비싸리(1.37), 달맞이꽃(1.29)이 출현하였다.

군집별 종다양도 분석을 수행한 결과는 Figure 3과 같다. 종풍부도의 경우 Group 1은 22.33 ± 2.03 , Group 2는 34.30 ± 2.33 그리고 Group 3은 29.33 ± 7.84 로 나타나 Group 2에서 가장 높은 종풍부도를 가지는 것으로 보였으나, 각 군집별 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다($p>0.05$). 종다양도 지수의 경우 Group 1에서 2.747 ± 0.113 , Group 2가 3.166 ± 0.098 그리고 Group 3이 2.986 ± 0.330 으로 분석되었으나, 군집별 통계적 유의차는 인정되지 않았다($p>0.05$).

Table 5. Results of indicator species analysis for each group.

Contents	Scientific name / Korean name	IV	p-value
Group 1	<i>Lespedeza bicolor</i> / 싸리	41.2	0.036
	<i>Dendranthema zawadskii</i> var. <i>latilobum</i> / 구절초	35.7	0.036
	<i>Lespedeza maximowiczii</i> / 조록싸리	38.9	0.035
Group 2	<i>Dracocephalum argunense</i> / 용머리	57.4	0.036
	<i>Festuca ovina</i> / 김의털	44.2	0.036
	<i>Cynanchum paniculatum</i> / 산해박	37.2	0.036
Group 3	<i>Zanthoxylum schinifolium</i> / 산초나무	42.5	0.033
	<i>Indigofera kirilowii</i> / 땅비싸리	41.0	0.033
	<i>Medicago sativa</i> / 자주개자리	40.9	0.033
	<i>Rosa multiflora</i> / 찰레꽃	40.5	0.033
	<i>Ulmus parvifolia</i> / 참느릅나무	36.0	0.033
	<i>Rosa wichuraiana</i> / 돌가시나무	35.3	0.033
	<i>Erigeron philadelphicus</i> / 봄망초	35.3	0.033

IV: Indicator value

Table 4. MRPP-test for each group in *Dracocephalum argunense* habitats.

Compared	T	A	p-value
Group 1 vs. Group 2	-2.80581	0.428571	0.0227
Group 1 vs. Group 3	-2.70481	0.412698	0.0228
Group 2 vs. Group 3	-2.67036	0.412698	0.0236

T : statistic A: similarity

4. 지표종 분석

각 군집을 대표하는 지표종 분석을 수행하였다. 각 군집별 종조성의 이질성을 확인한 다음, 이에 각 군집을 대표하는 식물종을 확인하기 위한 Indicator species analysis를 수행하였다. 군집별 MRPP-test 결과(Table 4), 각 군집 간 이질성을 확인하기 위한 통계적 유의성이 인정되었다($p<0.05$).

각 군집별 지표종 분석 결과 Table 5와 같다. Group 1은 3분류군, Group 2는 3분류군 그리고 Group 3은 7분류군으로 가장 많은 분류군으로 나타났다. Group 1은 싸리(41.2), 구절초(35.7) 조록싸리(38.9)로 분석되었다. Group 2는 용머리(57.4), 김의털(44.2) 산해박(37.2)로 분석되었다. Group 3은 산초나무(42.5), 땅비싸리(41.0), 자주개자리(40.9), 찰레꽃(40.5), 참느릅나무(36.0), 돌가시나무(35.3) 그리고 봄망초(35.3)으로 분석되었다.

5. NMS ordination

각 군집의 종조성과 환경인자간 상관관계를 확인하기 위하여 NMS ordination을 분석한 결과 Figure 4와 같다. 1축과 2축에서 가장 높은 설명력으로 분석되었으며, 각 축의 R^2 는 1축에서 0.561, 2축은 0.255로 종합설명력은 0.816으로 나

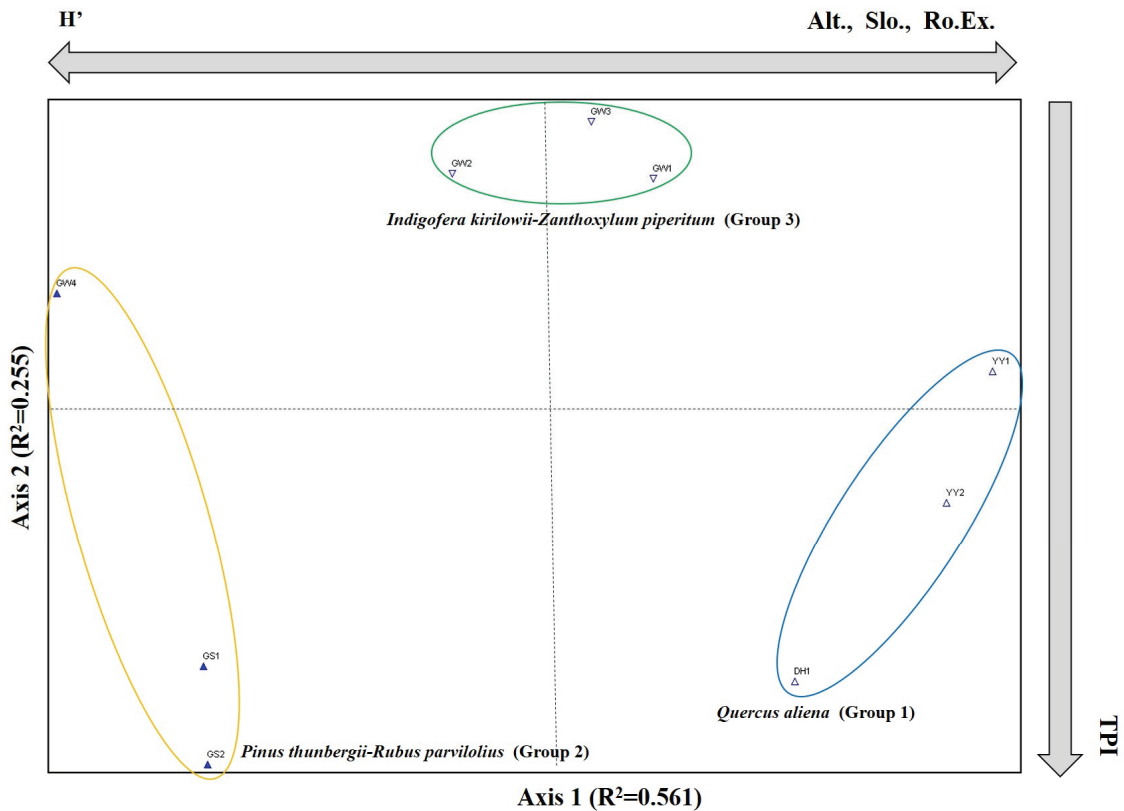


Figure 4. NMS ordination of *Dracocephalum argunense* habitats.
 H': Shannon's species diversity index, Alt.: Altitude,
 Slo.: Slope, Ro.Ex.:Rock exposure, TPI: Topographic Position Index

타났다. 1축에서는 종다양성, 해발고도, 경사, 암석노출도와 상관관계를 가지고 있었으며, 2축에서는 TPI와의 상관관계로 나타났다. 각 군집 간 종조성은 2차원상 배열의 거리가 멀어 이질적인 종조성으로 나타났다. 산림형 자생지인 Group 1, 3에서는 해발고도와 경사도 그리고 암석노출도와 상대적인 양의 상관관계로 나타났다. 반면 해안형 식생인 Group 2의 경우, 종다양도가 상대적으로 높게 나타났는데, 이는 해안가, 논과 밭 등의 생태접경지역(ecotone)에 있으면서 묘지와 인접도로 등 인위적 교란에 의한 유입 식물의 번성이 많은 것에서 기인한 것이라 판단된다.

고찰

멸종위기종은 산림습원, 고해발지대, 풍혈지 등 한정된 특이서식지에 생육하는 경향이 있는데, 이로 인하여 협소한 잔존집단으로 생물다양성 쇠퇴의 위험이 높아진다 (Kim et al., 2014). 용머리 자생지는 다양한 서식환경에서 생육하고 있는 것으로 확인되었다. Group 1은 대부분 영양군에 속하는 산악지형, Group 2는 고성군의 해안지형이었으며, Group 3의 경우 저해발고도의 퇴적암 지대에 위

치하고 있었다.

앞서 기술한 멸종위기종의 협소한 생육 경향과 마찬가지로 용머리 또한 다소 제한된 지역에서 출현하였다. 다만 용머리의 경우 다양한 생육환경에서 분포하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 곧 넓은 생태적 지위 폭을 지닌 종이 용머리라는 것으로 판단된다. 다양한 생태적 지위를 가지는 것은 생태계 내 물리적 환경조건과 다양한 환경변화에 대한 적응 능력을 보유하고 있음을 의미한다(Whittaker, 1965; Whittaker et al., 1973; Pulliam, 2000).

그럼에도 불구하고 본 조사로 확인된 용머리 자생지는 퇴적암 지대의 특성 및 인위적 교란에 의한 쇠퇴요인이 존재하는 것으로 판단되었다. 경상계 퇴적암 지대는 해발고도가 낮으며, 이에 인간의 접근이 용이한 지역이 많으며, 풍화에 약한 지형이다(Jegal and Kim, 2003; Lee, 2014). 이는 곧 개발에 의한 위험을 시사하며, 시간의 흐름에 따른 서식처 소실이 일어날 수 있음을 의미한다.

용머리 자생지는 대부분 인위적 교란이 심한 등산로, 도로 및 논과 밭 등 파편화된 지역에 위치하거나 숲가장자리에 위치하여 타 종의 유입이 용이한 지역에 위치하고 있다 (Lee et al., 2011). 이로 인하여 종간 경쟁에 의한 쇠퇴로

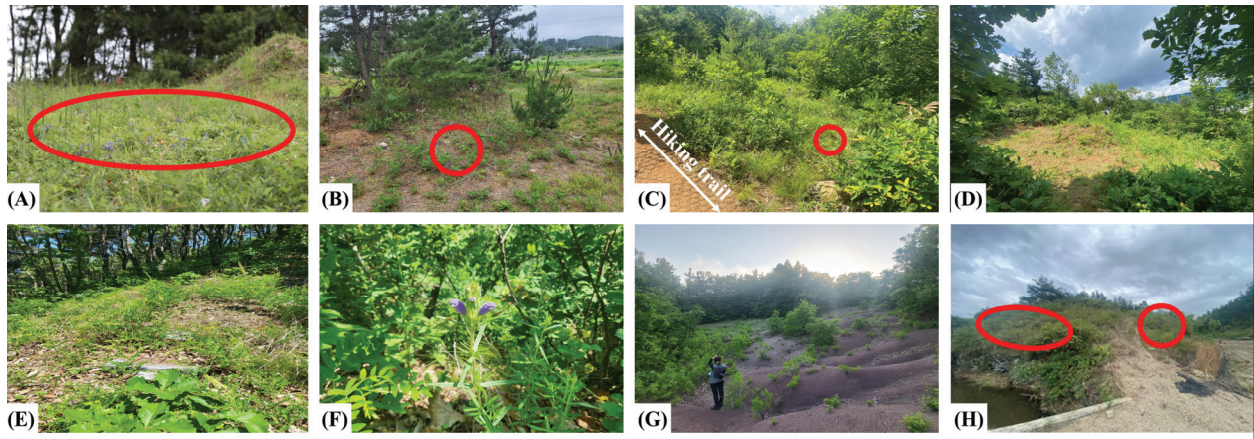


Figure 5. Landscape photograph in *Dracocephalum argunense* Habitats; (A) and (B): In Goseong County, habitat fragmentation is occurring along fields and roadsides, particularly near the cemetery; (C) and (D): In Donghae City, these images capture the surroundings of hiking trails and a cemetery, with the introduction of other plant species along the forest edge; (E) and (F): Located in Yeongyang County, these photos depict the area around a cemetery, where various introduced plant species have thrived; (G) and (H): In Gunwi County, situated in a sedimentary rock area with shallow soil depth, these images showcase the landscape within the deposition zone, positioned in the gaps of the forest and along its edge. Red circle : *Dracocephalum argunense*.

이어질 위험이 있을 것으로 판단된다.

특히, 용머리 자생지 곳곳에서 애기수영, 족제비싸리, 자주개자리, 달맞이꽃, 돼지풀, 개망초 등 외래식물이 출현하였으며, Group 3의 경우 외래식물인 자주개자리와 봄망초가 지표종으로 나타나 해당 군집 내 생태계에 영향을 미칠 수 있는 식물종으로 분석되었다.

외래식물은 자생종의 생육지 파괴나 생태계 교란을 야기하여 생물다양성 감소를 초래할 수 있으므로 각별한 모니터링이 필요하다(Higgins et al., 1999; Gaetner et al., 2009; Rembold et al., 2017). 또한 인위적 교란으로 인한 도로, 논과 밭 등 서식처 파편화가 심화 될수록 또 다른 외래식물의 유입과 피도가 증가할 수 있다.

외래식물은 종자비산 방법이 다양한데, 사람과 동물, 바람과 경작지 내 물에 의하여 확산되기도 하여(KNA, 2015) 이러한 분포기작의 다양성은 파편화된 서식처에서 번성할 기회를 증진시키므로, 그 현황을 파악하여 용머리의 효율적인 보전전략을 마련하는 것이 중요하다.

Group 1의 영양군 지역은 산악지형에 속해 있는데, 싸리와 조록싸리가 본 환경의 지표종으로 나타났다. 싸리류(*Lespedeza* spp.) 식물은 우리나라 온대지방의 2차림(secondary forest) 내 숲틈 발생 또는 임분 가장자리 광량 유입이 용이한 임분 내 선구수종으로 유입되는 종이다(Song and Kim, 1992; Byeon et al., 2020). 이는 용머리 자생지 주변의 도로 및 등산로에 인접한 지역에서의 빈번한 교란을 뒷받침하는 근거가 된다.

결론적으로 용머리 개체군은 다양한 서식환경에 위치하

면서 생육에 필요한 가용자원의 범위가 넓고 광량이 많은 곳에서는 번성할 수 있는 여지가 있으나, 인위적 교란으로 인한 훼손과 서식처 파편화로 인한 쇠퇴가 크게 우려되는 것으로 판단된다.

Hutchinson(1957)은 생태적 지위의 분포영향의 원인을 크게 2가지로 분류하였는데, ①비생물 인자에 의한 분포 변화 개념인 기본 지위(Fundamental niche)와 ②타 생물과의 경쟁관계와 관련한 분포 변화 개념인 실현 지위(Realized niche)로 분류한다.

용머리의 다양한 출현 서식지로 미루어 볼 때, 수분·대기환경에는 잘 적응하는 식물이지만 퇴적암 지대의 지형 조건에 의하여 시간의 흐름에 따른 풍화침식이 점차 가속화되어 서식처가 사라질 위험에 있을 것으로 판단된다. 또한, 용머리 자생지 주변의 인간활동과 서식처 파편화로 인하여 외부 유입종의 정착 기회가 급증할 것으로 예상된다. 이는 곧 용머리 개체군과 타 종간의 경쟁이 심화되어 실현 지위의 폭이 좁아지는 형태로 환경이 변화하여 결국 쇠퇴 위기에 처할 것이며, 개발과 남획 등으로 인한 인간의 물리적 피해 또한 쇠퇴의 원인이 될 수 있으므로 이에 대한 효율적인 보전방안을 마련하는 것이 중요하다.

결론

본 연구결과는 용머리의 현황과 환경인자간의 상관관계를 확인함으로써, 쇠퇴의 원인을 파악하고, 보전방향성을 제시하기 위한 기초자료를 제공하는데 의의가 있다. 식물

표본 정보 및 선행연구를 근거로 2023년 현장 답사를 다녀온 결과, 발견된 곳은 4개 지역만이 발견되어 분포면적이 매우 협소한 것으로 파악되었다. 이는 1950년대 내외에서는 자생지 분포가 양호하였으나, 산업화의 발달, 6·25 전쟁 등 산지가 황폐화 되고 훼손되면서 자생지가 대폭 축소되었을 것으로 판단된다. 현재 용머리 자생환경은 숲가장 자리, 등산로 그리고 해안가 내 주로 분포하는 것으로 보아, 광량이 풍부한 지역을 선호하면서 인간의 접근성이 유리한 곳에 위치하고 있다. 그리하여 인간 활동에 의한 자생지의 훼손은 시간이 지날수록 증가 할 것으로 판단된다.

따라서, 용머리의 현지 내 보전을 위한 대국민 교육활동, 보호구역 선정 등의 정책적 움직임이 필요하며, 동시에 현지 외 보전을 통한 자생지별 유전다양성의 확보가 수반되어야 할 것으로 판단된다.

생물다양성협약 Post-2020 글로벌 생물다양성 프레임워크(Post-2020, GBF)에서는 멸종위기 종의 효율적 보전을 위하여 개체군 생태적 접근에서 확장하여 서식환경의 복원과 보전을 강조하고 있다(Koo and Park, 2021). 이를 위하여 보호지역을 확대하는 것을 실천목표로 설정하였으며, 각국의 생물다양성 보전 정책에 실질적으로 수행하도록 권고하고 있다. 이에 따라 국내 멸종위기종의 효율적 보전전략을 마련하기 위하여 산림환경관련 정부부처에서는 개체군의 분포와 증감을 연속적으로 조사하고 주변 서식환경에 대한 분석과 보호구역 선정 등 법적 규정을 통한 다각적인 보전방안 마련이 필요하다.

한편, 최근 생태계 보전에 대한 국제적 시각은 ‘생태계 보전이 인간에게 어떤 혜택을 주는가?’에 대한 것으로 변화하고 있다(National Capital Project, 2023). 이를 위해 지역 내 특정 생물종의 서식지 가치 및 생물다양성 보전이 인간에게 기여하는 혜택과 생태계 내 기능적 측면 연구가 필요하다(MA, 2005).

이를 위하여 멸종위기종 서식지 기능과 역할에 대한 정량화 평가가 필요하며, 이는 대중들에게 멸종위기종 보전 당위성을 효과적으로 홍보하는 자료가 된다. 이러한 연구는 생태계서비스(ecosystem services)로 정의하고 있다(IPBES, 2016). 따라서 생물다양성 보전을 위한 과학자들은 멸종위기종 서식지 보전과 동시에 인간이 자연으로부터 얻는 혜택을 분석함으로써 대중들에게 보전의 중요성을 상기시켜야 할 것이다.

이러한 분석의 기반은 멸종위기종에 대한 분포 스크리닝을 지속적으로 현행화하고, 자생지 내 개체군 현황에 대한 현장 모니터링이다. 생태계를 대상으로 현장 연구와 기능적 평가 수반됨으로써 생물다양성 보전연구 가치가 제고될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산림청 국립백두대간수목원 세부사업인 ‘백두대간 중점보전종 등급 평가 및 전략적 보전 방안 연구’의 일환으로 수행되었음(No. 2023-01-01-02).

References

- Braun-Blanquet, J. 1965. Pflanzensozologie, Grundzüge der Vegetationskunde, 3rd ed. Springer. New York, U.S.A. pp. 866.
- Byeon, J.G., Park, B.J., Joo, S.H. and Cheon, K. 2020. Community Structure and Species Composition of *Pinus densiflora* for. *erecta* Forest in Mt. Cheonchuk. Korean Journal of Plant Resources 33(1): 1-14.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2024. Kunming-montreal Global Biodiversity Framework. <https://www.cbd.int/gbf>. (2024. 01. 29).
- Chang, Y.D., Lee, C.H., Song, J.S. and Hwang, J.K. 2009. Several factors affecting on seed germination of *Dracocephalum argunense* Fischer ex Link. Korean Journal of Plant Resources 22(3): 236-241.
- Curtis, J.T. and McIntosh, R.P. 1951. An Upland Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. Ecological Society of America 32(3): 476-496.
- Dufrene, M. and Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species : the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs 67: 345-366.
- Gaertner, M., Den Breeyen, A., Hui, C. and Richardson, D.M. 2009. Impacts of alien plant invasions on species richness in Mediterranean-type ecosystems: a meta-analysis. Progress in Physical Geography 33(3): 319-338.
- Higgins, S.I., Richardson, D.M., Cowling, R.M. and Trinder-Smith, T.H. 1999. Predicting the landscape-scale distribution of alien plants and their threat to plant diversity. Conservation Biology 13(2): 303-313.
- Hutchinson, G.E. 1957. Cold spring harbor symposium on quantitative biology. Concluding Remarks 22: 415-427.
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). 2016. The methodological assessment report on scenarios and models of biodiversity and ecosystem services. In : Simon Ferrier(Ed.). UN campus. Bonn, Germany pp. 309.
- Jegal, J.C. and Kim J.W. 2003. A Phytosociological Comparison of Forest Vegetation between Igneous and Sedimentary Rock Areas in Kyungpook Province, South Korea. Journal of Ecology and Environment 26(1): 23-28.

- Jeon, Y.G. 2009. The Excavation and Application of Geomorphic Resources : A Case of Yeongyang Map Sheet. The Korean Association of Regional Geographers 15(3): 328-336.
- Kakasy, A.Z. 2006. New phytochemical data on *Dracocephalum* species. (Dissertation). Budapest. Semmelweis University.
- Kang, H.C. and Lee, H.I. 2012. Geomorphological Features of *Alnus japonica* community in Hwasan. In: 2012 Technical Report on the Protected Area Establishment of Nationally and Representative Ecosystem and Landscape. Ministry of Environment, Seoul, pp. 15-34.
- Kim, J.S., Chung, J.M., Kim, S.Y., Kim, J.H. and Lee, B.Y. 2014. Phytogeographic study on the Holocene hypsithermal relict plant populations in the Korean peninsula. Korean Journal of Plant Taxonomy 4(3): 208-221.
- Kim, J.Y. 2011. A study on landforms in Gosung, Gangwon province. The Korean geomorphological Association 18(3): 65-81.
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2024 Climate data in South Korea. <http://www.kma.go.kr>. (2024. 01. 24).
- KNA (Korea National Arboretum). 2012. Rare plants in Korea. Korea National Arboretum. Pocheon, South Korea pp. 247.
- KNA (Korea National Arboretum). 2015. Invasive Alien Plant Impact on Forest. Korea National Arboretum. Pocheon, South Korea pp. 280.
- KNA (Korea National Arboretum). 2021. The national red list of vascular plants in Korea. Korea National Arboretum. Pocheon, South Korea pp. 326.
- KNA (Korea National Arboretum). 2024. Checklist of Vascular Plants in Korea. <http://www.nature.go.kr/kpni/index.do>. (2024. 01. 22).
- Koo, K.A. and Park, S.U. 2021. A Review of Ecological Niche Theory from the Early 1000s to the Present. Korean Journal of Environmental Ecology 35(4): 316-335.
- Lee, D.H. 2016. Knowing to wildflowers in South Korea -Comprehensive guide -. Ebirak. Seoul South Korea. pp. 988.
- Lee, G.R. 2014. Characteristics and classification of landform relieves on mountains and valleys with bedrock types. Journal of the Korean geomorphological association 21(4): 1-17.
- Lee, T.B. 2003a. Coloured Flora of Korea. Volume I. Hyangmoonsa Publishing. Seoul, South Korea. pp. 916.
- Lee T.B. 2003b. Coloured flora of Korea Volume II. Hyangmunsa Publishing. Seoul, South Korea. pp. 912.
- Lee, Y.M., Park, S.H., Jung, S.Y., Oh S.H. and Yang J.C. 2011. Study on the current status of naturalized plants in South Korea. Korean Journal of Plant Taxonomy 41(1): 87-101.
- Li, F., Shi, L., Jiang, X., Fu, Y., Zhao, H., Zhang, B., Feng, Y., Qin, F. Gao, Y. Xu, H. and Hu, B. 2013. Somatic embryogenesis and histological observations of *Dracocephalum argunense* Fisch. ex Link. Journal of Food, Agriculture and Environment 11(3and4): 738-744.
- Li, F., Shi, L., Feng, Y., Wei, Q., Chen, H., Liu, D., Qin, F., Xu, H., Qiu, Y. and Hu, B. 2012. The observation of ultra-structure during the petal senescence of *Dracocephalum argunense* Fisch. ex Link. Journal of Food, Agriculture and Environment 10(1): 732-735.
- MA (Millennium ecosystem assessment). 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis. Island Press. Washington DC, U.S.A. pp. 137.
- McCune, B. and Mefford, M.J. 2006. PC-ORD Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 5.17. MJM Software Design. Oregon, U.S.A. pp. 237.
- Mueller-Dombois, D. and Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. New Jersey, U.S.A. pp. 547.
- National Capital Project. 2023. InVEST user's guide. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>. (2023.12. 22).
- NGII (National Geographic Information Institute). 2023. Constructing Spatial Visual Data. <https://www.ngii.go.kr>. (2023. 12. 14.)
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2022. Observation and Evaluation for the Threatened Species. Ministry of Environment, Incheon, Korea. pp. 55-110.
- NIE (National Institute of Ecology). 2018. Floristic Target Species (FT species) in Korea. National Institute of Ecology, Seochon, Korea. pp. 1-728.
- Norihito, M., and Yoshikane, I. 2009. Karyotype of *Dracocephalum argunense* (Labiatae). The Journal of Phytogeography and Taxonomy 57(2): 95-99.
- Park, B.J., Heo, T.I., Cheon, K. 2023. Corelation Between Vegetation Structure and Environmental Factors of *Corylopsis coreana* Uyeki Habitat. Journal of Korea Society of Environmental Restoration Technology 26(4): 1-16.
- Pulliam, H.R. 2000. On the relationship between niche and distribution. Ecology letters 3(4): 349-361.
- Rembold, K., Mangopo, H. Tjitrosoedirdjo, S.S. and Kreft, H. 2017. Plant diversity, forest dependency, and alien plant invasions in tropical agricultural landscapes.

- Biological Conservation 213: 234-242.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal 27(3): 379-423.
- Song, S.D. and Kim, B.I. 1992. Changes of nitrogen fixation activity and environmental factors of growth in *Lespedeza bicolor* Turcz. Korean Journal of Botany 35(4): 317-322.
- Suh, J.T., Yoo, D.L., Lee, H.S., Nam, C.W. and Kim, S.J. 2006. Effects of Daylength Treatment for Growth of Several Wildflowers. Journal of Korean society for people, Plants and Human Environment 9(3): 33-37.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2024. Sustainable development goals. <http://w3.unece.org/SDG/en/Home>. (2024. 01. 29).
- Whittaker, R.H. 1965. Dominance and Diversity in Land Plant Communities: Numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. Science 147(3655): 250-260.
- Whittaker, R.H., Levin, S.A. and Root, R.B. 1973. Niche, habitat, and ecotope. The American Naturalist 107(955): 321-338.
- Yoon, S.O., Hwang, S.I. and Ban, H.K. 2003. Geomorphic Development of Marine Terraces at Jeongdongjin-Daejin area on the East Coast, Central Part of Korean Peninsula. Journal of the Association of Korean Geographers 38(2): 156-172.

Manuscript Received : February 15, 2024

First Revision : April 19, 2024

Second Revision : April 23, 2024

Accepted : April 24, 2024