

나도승마(*Kirengeshoma koreana* Nakai) 생태정보 수집 및 서식지 평가*

장래하¹⁾ · 김선령²⁾ · 도재화³⁾ · 윤영준¹⁾

¹⁾국립생태원 멸종위기종복원센터 선임연구원 · ²⁾국립생태원 멸종위기종복원센터 전임연구원 ·

³⁾국립생태원 멸종위기종복원센터 팀장

Ecological Data Collection and Habitat Assessment of *Kirengeshoma koreana* Nakai*

Jang, Rae-Ha¹⁾ · Kim, Sunryoung²⁾ · Tho, Jae-Hwa³⁾ and Yoon, Young-Jun¹⁾

¹⁾Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, Senior Researcher,

²⁾Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, Associate Researcher,

³⁾Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, Team Manager.

ABSTRACT

This study was conducted to develop a habitat assessment system for the endangered wildlife II *Kirengeshoma koreana* Nakai through in-depth interviews with experts based on field surveys and environmental characteristics through spatial data analysis and literature research. Evaluation factors were selected based on the survey results of 31 variables for 23 *K. koreana* habitats. Afterwards, the importance and evaluation range for each assessment factor were selected. The selection of survey variables, assessment factors, importance of each factor and assessment range was conducted through in-depth interviews with experts at each stage. As a result, the assessment factors and importance were 16% for precipitation of the wettest month, 10% for vegetation zone, 12% for vegetation type, 10% for crown canopy vitality, 14% for tree layer coverage, 13% for drainage grade, 12% for soil depth, and 13% for distance to stream including dry stream. This study provides basic ecological information and a habitat assessment system for *K. koreana* habitats. Therefore, it can be used as primary data for preparing an endangered wildlife conservation policy, preparing a habitat improvement plan, and

*본 연구는 환경부의 재원으로 국립생태원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIE-B-2023-34).

First author : Jang, Rae-Ha, Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, 23, Gowol-gil, Yeongyang-gun, Gyeongsangbuk-do, 36531, Korea,

Tel: +82-54-680-7344, **E-mail:** ecorhj86@nie.re.kr

Corresponding author : Yoon, Young-Jun, Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, 23, Gowol-gil, Yeongyang-gun, Gyeongsangbuk-do, 36531, Korea,

Tel: +82-54-680-7344, **E-mail:** yjyoon@nie.re.kr

Received : 6 November, 2023. **Revised** : 24 November, 2023. **Accepted** : 21 November, 2023

selecting an alternative habitat.

Key Words: *Ecological Restoration, Habitat Evaluation Procedure(HEP), Suitable Habitat Analysis, Replacement Habitats*

I. 서론

나도승마(*Kirengeshoma koreana*)는 장미목 수국과에 속하는 한국 고유종으로 전라남도 백운산, 경상남도 웅석봉, 지리산에만 분포한다. 나도승마속(*Kirengeshoma*) 식물은 나도승마와 일본나도승마(*K. palmata*) 단 두 종으로만 구성되어 있다. 일본나도승마는 중국 동부에 4개 지역(Zhang et al., 2006)과 일본 남부에 3개 지역(Chang et al., 2007)에만 제한적으로 분포하고 있으며 개체 수가 적다. 따라서 세계자연보전연맹(International Union for Conservation of Nature) 적색목록 범주에서는 위급(CR: Critically Endangered) 등급으로 취급되고 있으며, 중국과 일본에서는 멸종위기종으로 지정되어 있다(Qiu et al., 2009). 나도승마는 타가수정을 선호하여 자연 상태에서 결실률이 낮고 환경조건에 민감하며 자연적 또는 인위적 교란에 취약한 것으로 알려져 있다(Choi, 2002; Chang et al., 2007). 나도승마를 보전하기 위해 가장 좋은 방법은 서식지를 보전하는 것이지만(Chang et al., 2007; Kang et al., 2007), 제한된 지역에 고립되어 분포하고 있어서 서식지 파괴 및 파편화에 매우 취약하다. 이러한 이유로 환경부에서는 지난 1993년 특정야생동·식물로 지정하였고 2012년부터는 멸종위기야생생물 II급으로 지정하여 관리하고 있으며, 국가생물적색목록에 멸종위기범주인 위기(EN)로 평가하고 있다(NIE, 2023).

식물은 종에 따라 입지 환경과 분포 특성이 달라 서식지를 보호하려면 그 종이 선호하는 생활상과 서식에 영향을 주는 환경 인자를 잘 이해하여야 한다(Cho et al., 2013). 미국에서는 1980년대부터 서식지에 영향을 줄 수 있는 환경요소의 정량화 및 생물종 별 예측모형을 개발하여 서식환경평

가에 이용하고 있다(U.S. Fish and Wildlife Service, 1980). 이러한 평가방법은 연구대상지의 환경을 정량적으로 평가 및 예측할 수 있으며(Lee et al., 2017), 주관적 판단이나 타당성이 없는 가정을 배제한 비교적 객관적 평가를 가능하게 하는 장점을 지닌다(Gibson et al., 2004). 적합 서식지 평가를 위해서는 환경변수가 식물의 분포 및 발견될 가능성에 미치는 영향을 이해하여야 한다(Prober and Austin 1990; McIntyre and Lavorel 1994). 식물에 대한 서식지 적합성을 결정하는 주요 요인으로는 수문학적 반응, 토성, 기후 등과 같이 다양한 요인이 있다(Weiss 2001; Jang et al., 2022).

나도승마는 여러해살이 초본식물로 이동성이 높은 야생동물이나 키가 큰 목본식물과 비교하여 미생물, 경쟁종, 인간의 간섭 등 주변 환경에 큰 영향을 받는다. 따라서 나도승마의 서식환경평가를 위해서는 환경요소의 정량화를 위한 다수의 서식지에 대한 고찰과 연구가 필요하다. 나도승마 서식지에 관한 소수의 연구가 있지만, 2~6개 지점을 대상으로 수행되어 경향성 파악에 어려움이 있으며(Kang et al., 2007; Cho, 2012), 예측모형 연구는 주제도 및 해상도에 한계가 있다(Han et al., 2014). 이에 본 연구는 현장조사 및 공간자료 분석을 통해 나도승마 서식지 23개 지점의 서식지 환경 정보를 밝히고, 나도승마 서식지 평가체계를 개발하고자 수행되었으며, 연구결과는 서식지 복원, 개선 및 대체서식지 조성을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

II. 연구방법

본 연구는 나도승마의 기초생태자료 수집과 서식지 평가체계 개발 2단계로 구분하여 수행하

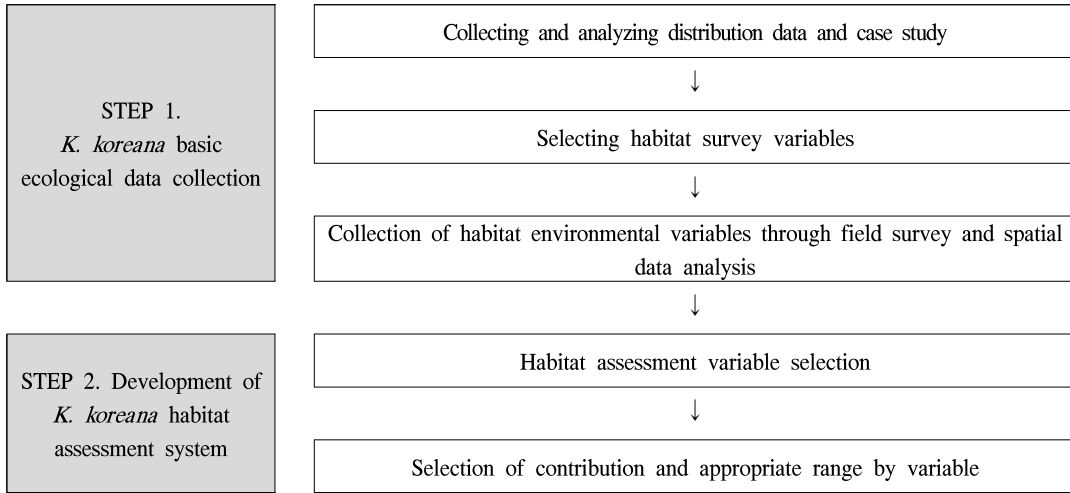


Figure 1. Study flow.

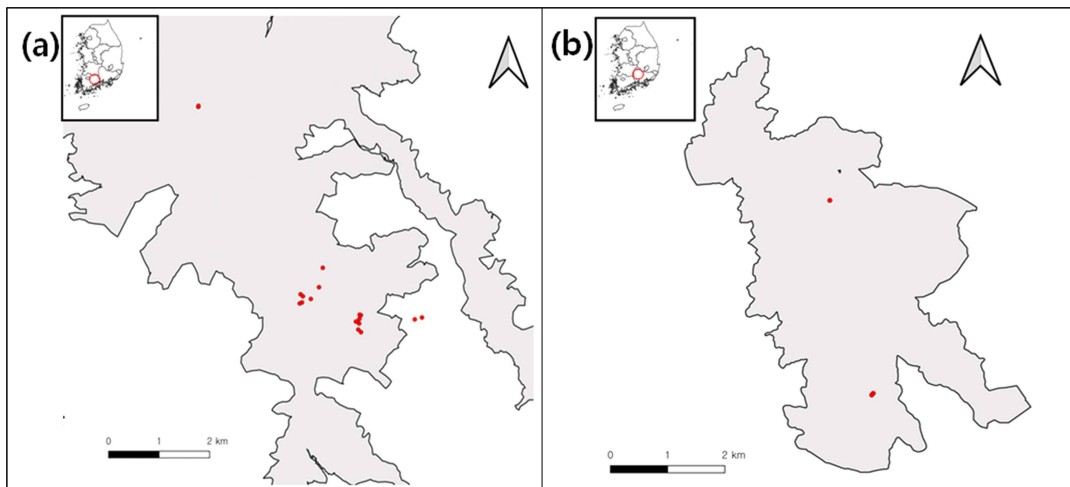


Figure 2. Study area(a: Mt. Baekwoon, b: Mt. Ungseok-bong).

였다(Figure 1).

1. 연구대상지 선정

나도슴마의 연구대상지 선정을 위해 멸종위기 야생생물 전국분포조사, 전국자연환경조사 및 전문가 자문을 통해 총 38개의 나도슴마 좌표를 수집하였다. 이 38개 지점을 전수조사한 결과 총 16개 지점에서 452개체의 나도슴마를 확인하였으며, 신규 서식지 7개 지점에서 137개체를 추가로 발견하였다(Figure 3). 이렇게 확인된 나도슴마 서식지 23개 지점을 연구대상지로 선정하였

다(Table 1). 이 연구대상지는 전라남도 백운산과 경상남도 웅석봉 군립공원에 위치하였으며(Figure 2), 멸종위기야생생물의 남획 및 서식지 훼손을 방지하기 위하여 상세 좌표정보 및 위치를 표기하지 않았다.

2. 기초생태자료 수집

본 연구는 2021년 4월부터 2022년 11월까지 나도슴마의 성장주기에 맞추어 연구가 수행되었으며, 나도슴마 서식지 특성 분석을 위하여 연구대상지 23개 지점에서 총 31가지 변수를 수집하

Table 1. Survey point and population status

No.	Latitude	Longitude	Altitude(m)	Stage(ea)			
				Seedling	Vegetative	Flowering	Total
1	35° 4′	127° 39′	674	-	12	-	12
2	35° 4′	127° 39′	713	-	15	-	15
3	35° 4′	127° 38′	844	6	37	-	43
4	35° 22′	127° 52′	287	-	4	-	4
5	35° 6′	127° 37′	1,070	9	51	-	60
6	35° 6′	127° 37′	1,070	3	19	-	22
7	35° 4′	127° 38′	876	-	14	-	14
8	35° 4′	127° 39′	674	11	33	-	44
9	35° 20′	127° 52′	717	4	23	-	27
10	35° 20′	127° 52′	733	10	26	-	36
11	35° 4′	127° 39′	707	-	40	-	40
12	35° 4′	127° 39′	630	1	2	-	3
13	35° 4′	127° 39′	619	21	46	-	67
14	35° 4′	127° 39′	660	5	4	-	9
15	35° 4′	127° 40′	228	8	13	30	51
16	35° 4′	127° 39′	815	2	3	-	5
17	35° 4′	127° 39′	687	-	1	-	1
18	35° 4′	127° 39′	711	-	15	-	15
19	35° 4′	127° 39′	622	2	3	-	5
20	35° 4′	127° 40′	259	-	14	-	14
21	35° 4′	127° 39′	871	-	30	-	30
22	35° 4′	127° 39′	718	1	3	-	4
23	35° 4′	127° 39′	826	17	51	-	68

※Detailed coordinates are omitted to prevent overcatching of endangered wildlife

**Figure 3.** Status of *K. koreana* habitat.

였다. 현장조사를 통해 개체군 분포, 서식지 유형, 식생상관, 식피율, 수관활력도, 교목층 수고, 우점종, 임상 낙엽층, 토양 pH, 토양 습도, 유효 토심, 계곡향, 사면향, 암석노출도, 경사도, 천과의 거리(1차 하천 및 건천 포함)를 조사하였다.

식생상관, 식피율, 수관활력도, 교목층 수고, 우점종, 임상 낙엽층은 나도승마가 가장 많이 분포하는 지점을 중심으로 5x5m 환경을 조사하였으며, 토양 pH와 습도는 기전식 산습도계 DM-5를 이용하여 측정하였다. 유효토심은 뿌리가 가장

Table 2. Source of thematic map

No.	Source	Domain address
1	Worldclim	https://www.worldclim.org
2	Korea Meteorological Administration	https://data.kma.go.kr
3	Environmental Big Data Platform	https://www.bigdata-environment.kr
4	Forest Geospatial Information Service	https://www.forest.go.kr
5	National Institute of Agricultural Sciences	http://soil.rda.go.kr
6	National Geographic Information Institute	http://map.ngii.go.kr

많이 분포하는 지점까지의 깊이를 측정하였으며, 천과의 거리는 천의 중심부에서 나도승마 군락까지의 거리를 조사하였다.

공간자료 분석을 위하여 Worldclim, 기상청, 환경 빅데이터 플랫폼, 산림공간정보 서비스, 홀토람, 국토정보 플랫폼에 구축된 주제도를 수집하였다(Table 2). 이를 통해 연평균 기온, 연평균 강수량, 가장 습한 달의 강수량, 가장 건조한 달의 강수량, 가장 습한 분기의 강수량, 가장 건조한 분기의 강수량, 온량지수, 수직적 식생대, 정규식생지수, 임상밀도, 표토토성, 유효토심, 배수등급, 경사도, 해발고도를 추출하였다. 수관활력도와 임상밀도 구분기준은 KFRI(2021)을 준용하였으며, 수직적 식생대는 온량지수를 기준으로 분류하였다(Yim, 1977). 더불어 수집된 유효토심 주제도는 해상도의 크기 때문에 상대적으로 크기가 작은 초본식물들의 미소서식지 특성을 정확히 반영할 수 없었다. 따라서 현장조사 및 공간분석 결과를 비교하여 연구를 진행하였다.

4. 서식지 평가체계 개발

주요서식변수를 선정하기 위해서는 많은 고찰이 필요하며(Elith and Leathwick, 2009), 분석범위가 넓거나 변수가 많다면 더욱 많은 지점에 관한 연구가 필요하다(Elith et al., 2010). 이에 서식지 평가항목 개발을 위하여 현재까지 확인된 모든 나도승마 서식지에 대한 현장조사 및 공간자료 분석 결과와 문헌조사 결과를 바탕으로 1차적으로 선정하였다. 국내외 나도승마에 대한

기초생태연구가 빈약하여, 나도승마와 유일하게 같은 속인 일본나도승마에 대한 문헌을 추가로 검토하였으며, 조사결과를 기반으로 전문가 5명과 심층 면담을 통해 평가항목과 적정범위 및 평가항목 별 중요도를 선정하였다. 전문가는 나도승마 서식지 환경특성 및 공간분석에 대한 연구 논문 또는 보고서를 작성한 경험자들로 구성되었다.

III. 결과 및 고찰

1. 현장조사 결과

나도승마 조사 결과 23개 조사지점에서 총 589개체의 나도승마를 발견하였으며, 조사지점별 평균 25.6 ± 21.5 개의 나도승마가 분포하고 있었다. 현장조사를 통해 수집된 조사결과는 Table 3과 같다. 개체군 분포는 군락적(빛, 토양, 수분 등 이용에 간섭을 받을 정도로 가까운 거리에 군락으로 분포)으로 분포가 13지점으로 가장 많았으며, 산발적($10 \times 10\text{m}$ 이내에 4개체 이상 분포하며, 이격거리가 충분하여 개체 사이에 영향이 적음) 8지점, 독립적($10 \times 10\text{m}$ 이내에 3개체 이하로 분포하며, 개체 간 이격거리가 5m 이상임) 2지점으로 확인되었다. 모든 조사지점이 산림지역의 낙엽활엽수림 아래 분포하였으며, 식피율은 교목층 $70 \pm 17\%$, 교목층 $15 \pm 10\%$, 초본층 $38 \pm 31\%$ 였으며, 교목층 수고는 평균 $10 \pm 2\text{m}$ 이었다. 수관활력도는 매우건강(수목이 건강한 상태로 죽은 가지가 없거나, 가지 치사율 또는 잎 변색률이

Table 3. Field survey results summary(Appendix 1 for detailed results)

FV	Field survey	Unit
Population distribution type	Community:13, Sporadic: 8, Independent:2	site
Forest type	Forest: 100	%
Vegetation type	Deciduous broadleaf(DB): 100	%
Vegetation coverage	T:70±17, S: 15±10 H: 38±31	%
Crown canopy vitality	Very good: 20, Good: 3	mm
Tree and arborecent height	T: 10±2, A: 6±1 (m)	m
Dominant species	Q. mongolica: 57, A. mono: 17	%
Litter layer	L-layer: 4.2±3, F,H-layer: 1.4±1.3	cm
Soil pH	6.7±0.4	pH
Soil humidity	41±15	%
Effective soil depth	5±4	cm
Valley aspect	N: 8,NE: 5, E: 5, SE: 3, S: 2	site
Slope aspect	NE: 10, N: 5, E: 3, NW:3, NE: 1, W: 1	site
Rock exposure	50±26	%
Slope	19±13	°
Distance to stream	2.3±2.3	m

수관의 10% 이하) 20지점, 건강(가지 치사율 또는 잎 변색률이 11~25%이거나 죽은 가지로 인하여 잎이 없는 주가지 또는 수관이 25% 이하) 3지점으로 확인되었다. 우점종은 신갈나무가 13지점, 고로쇠나무 3지점, 서어나무 2지점, 졸참나무, 상수리나무, 개서어나무, 고로쇠나무-서어나무, 서어나무-신갈나무 각 1지점씩이었다. 아교목층 우점종은 당단풍(6지점), 고로쇠나무(4지점), 까치박달(3지점), 비목(3지점), 히어리(3지점), 신갈나무(2지점), 서어나무(1지점), 물개암나무(1지점)이었다. 평균 임상 낙엽층은 L층 4.2±3cm, F, H층 1.4±1.3cm이었다. 토양 pH는 6.7±0.4였으며, 토양 습도 41±15%, 유효토심 5±4cm로 확인되었다. 계곡향은 북향이 8지점으로 가장 많았으며, 사면향은 북동향이 10지점으로 가장 많았다. 암석노출도는 50±26%로 확인되었으며, 경사도는 19±13°였으며, 천과의 거리는 2.3±2.3m였다.

2. 공간자료 분석 결과

나도승마 서식지 23개 지점을 대상으로 공간 자료를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 나도승마 서식지의 연평균 기온 10.64±0.77℃, 연평균 강수량 1,551.96±54.04mm, 가장 습한 달의 강수량 331.7±13.36mm, 가장 건조한 달의 강수량 25.22±1.73mm, 가장 습한 분기의 강수량 845.35±27.68mm, 가장 건조한 분기의 강수량 102.91±5.82mm, 온량지수 68.63±11.04로 확인되었다. 평균 정규식생지수는 0.39±0.06로 식생상관이 양호한 지역으로 확인되었다. 식생대는 냉온대 낙엽활엽수림 21지점과 난온대 낙엽활엽수림 2지점이었으며, 임상밀도 높음(교목의 수관점유 면적이 71% 이상인 임분) 21지점, 중간(교목의 수관점유 면적이 51~70%인 임분) 1지점, 낮음(교목의 수관점유 면적이 50% 이하인 임분) 1지점이었다. 표토토성은 사양토 1지점을 제외하고는 모두 양토로 확인되었다. 유효토심은 20cm 미만 21지점, 50~100cm 2지점이었으

Table 4. Spatial data analysis results

SV	Spatial data analysis	Unit
Average mean temperature	10.64±0.77	℃
Average mean precipitation	1,551.96±54.04	mm
Precipitation of wettest month	331.7±13.36	mm
Pre. of driest month	25.22±1.73	mm
Pre. of wettest quarter	845.35±27.68	mm
Pre. of driest quarter	102.91±5.82	mm
Warmth index	68.63±11.04	-
Vegetation zone	CTDB*:21, WTDB**: 2	site
NDVI	0.39±0.06	-
Climatic density	High: 21, Middle: 2, Low: 1	site
Topsoil texture	Loam: 22, Sandyloam: 1	site
Effective soil depth	<20cm: 21, 50-100cm: 2	site
Drainage grade	Very good: 21, Good: 2	site
Slope	<5°: 1, 5-15°: 3, 15-20°: 5, 20-30°: 11, 30-40°: 3	site
Altitude	696.13±212.57	m

*Cool-temperature deciduous broadleaf forest

**Warm-temperature deciduous broadleaf forest(Northern type)

며, 배수등급은 매우좋은 21지점, 좋음 2지점으로 확인되었다. 경사도는 20~30°가 11지점으로 가장 많았으며, 5°미만이 1지점으로 가장 적었다. 서식지의 평균 해발고도는 696.13±212.57m로 최저 228m에서 최고 1,070m까지 고르게 분포하였다.

3. 서식지 평가체계 개발

1) 가장 습한 분기의 강수량(IF1)

강수량은 식물 서식지 결정에 매우 중요한 변수이며, 생물기후변수를 구축하는 중요 요소로 생물의 서식지 분포와 높은 상관관계가 있으며 (Busby, 1991), 식물의 잠재서식지 분석에 주요변수로 이용된다(Choi and Lee, 2018; Oh et al., 2021). 나도승마는 물이 흐르는 계곡부와 평상시에 물이 흐르지 않는 건천을 따라 분포하고 있었다. 그리고 토양수분함량이 주변 산림보다 높은 지역에서 분포하는 것으로 볼 때(Kang et al., 2007; Cho,

2012), 개화 및 결실기에 많은 강수량을 요구하는 것으로 추정된다. 이러한 결과를 바탕으로 가장 습한 분기의 강수량을 평가항목으로 선정하였으며, 중요도는 16%로 나타났다.

2) 식생대(IF2)

식생대는 온도나 수분 등 환경조건에 따른 식물의 분포대를 의미한다. 현장조사 결과, 나도승마는 저지대 2지점을 제외하고는 냉온대 낙엽활엽수림에 분포하였다. 기온은 고도와 위도에 따라 변화하는데(IPCC, 2013), 단순 해발고도는 수평면 거리에 따른 기온변화율을 반영하지 못하므로, 연구의 참고자료가 될 뿐 다른 지역으로의 확장이 어렵다. 이에 위·경도 및 고도를 모두 간접적으로 반영할 수 있는 온량지수를 이용한 수직적 식생대를 평가항목으로 선정하였다. 식생대의 중요도는 10%였으며, 냉온대 낙엽활엽수림이 가장 적합한 것으로 나타났다.

3) 식생상관(IF3)

문헌조사 결과, 대부분의 나도승마는 낙엽활엽수림 하부에 분포하고 있었으며, 일부 혼효림에서도 일부 서식한다고 알려져 있다(Cho, 2012). 동일 속인 일본나도승마는 낙엽활엽수림 뿐만 아니라 상록활엽수림에서도 서식한다(Zhang et al., 2006; Qiu et al., 2009). 현장조사 결과, 나도승마는 낙엽활엽수림 하부에서만 분포하는 것으로 확인되었고, 혼효림이나 침엽수림 하부에서는 확인되지 않았다. 나도승마는 상록활엽수림에서 확인되지 않았으며 대부분 신갈나무림에서 서식하는 것으로 볼 때, 상록활엽수림에서 분포할 확률이 낮을 것으로 판단되었다. 일반적으로 신갈나무는 계곡부에서 자라지는 않는데, 나도승마 서식지 대부분이 좌우 사면이 완만한 마른 천천지역이었으며, 물이 흐르는 계곡부에서는 고로쇠나무나 서어나무가 우점하였다. 이에 우점 수종보다는 식생상관을 평가항목으로 선정하였고 낙엽활엽수림이 가장 적합한 것으로 평가하였으며 중요도는 12%로 나타났다.

4) 수관활력도(IF4)

수관활력도는 수관 외관 파악을 통해 산림 건강성을 나타내는 대표적인 지표로 수관 전체 중 고사한 가지의 비율을 평가하며, 캐나다와 미국 등에서 산림 건강 상태를 식생건강지표로 이용되고 있다(KFCA, 2005). 또한 산림의 현재 상태를 잘 보여줄 수 있기에 산림 경관 등급화 평가 지표에서 가장 중점 항목으로 평가된다(Kang and Kim, 2010). 문헌조사 결과, 나도승마는 자연도가 매우 높은 식물군집 아래에서 확인되었다(Kang et al., 2007). 현장조사 결과, 고사목 또는 죽은 가지가 없거나 드문 수관활력도가 좋은 지역에서만 나도승마가 확인되었다. 현장조사 결과를 바탕으로 전문가 면담을 통해 수관활력도를 평가지표로 선정하였으며, 수관활력도가 건강한 지역을 가장 적합한 지역으로 평가하였다. 수관활력도의 중요도는 10%로 나타났다.

5) 교목층 식피율(IF5)

산림 내부에 서식하는 초본식물에게 일조량은 특정 종의 서식지를 결정하는 중요 요소로 판단되었지만, 일조량을 현장에서 조사하기는 매우 어렵다. 더불어, 이를 평가지표에 도입한다면 개발될 평가표의 이용은 불가능할 것이라는 전문가 의견을 반영하여, 교목층의 식피율을 평가지표로 선정하여 일조량을 간접적으로 반영하였다. 문헌조사 결과 나도승마 서식지 교목층 식피율은 80~85%로 높았다(Kang et al., 2007). 현장조사 결과를 바탕으로 전문가 면담을 통해 평가표를 개발하였고, 교목층 식피율의 중요도는 14%로 나타났다.

6) 배수등급(IF6)

문헌조사 결과, 나도승마는 모래의 함량이 높아 수분공급과 배수가 잘되는 토양을 선호하며, 경사도 15~40°에 분포하는 것으로 나타났다(Cho, 2012). 공간분석 결과 나도승마의 서식지는 충분한 모래 함량을 보유한 양토로 확인되었고, 배수가 잘되는 지역으로 확인되었다. 현장조사 결과에서도 경사도와 암석노출도가 높아 물 빠짐이 좋은 지역에 위치하였다. 이러한 결과를 바탕으로 배수등급을 평가항목으로 선정하였으며, 중요도는 13%로 나타났다.

7) 유효토심(IF7)

유효토심은 물과 영양분의 저장 용량, 뿌리의 형태 및 생장 등과 관련된 항목으로 식물의 분포 및 생육에 큰 영향을 지닌다. 문헌조사 결과 방형구법(20 x 20m)으로 조사된 나도승마 서식지의 토심은 10~40cm이며, 출현좌표를 기반으로 하는 MaxEnt 분석에서는 중간 깊이의 토양 깊이(30~60cm)를 선호한다고 확인되었다(Cho, 2012). 현장조사 결과 대부분의 나도승마는 암석 위, 암석 틈 또는 작은 전석지에 분포하고 있어 문헌으로 조사된 것보다 토양층이 매우 얇았다. 이러한 차이를 보이는 이유는 문헌에서는 방형구법으로

Table 5. Assessment system of *K. koreana*

Factor		Assessment system				
IF1	Score	0	4	8	12	16
	Range	600mm<	600~650mm	650~700mm	700~750mm	<750mm
IF2	Score	0	2.5	5	7.5	10
	Range	Warm-temperate evergreen broad leaved forest, Boreal coniferous forest	Warm-temperature deciduous broad leaved forest (Southern type),	Warm-temperature deciduous broad leaved forest (Northern type)	-	Cool-temperature deciduous broad leaf forest
IF3	Score	0	3	6	9	12
	Range	Unstocked	-	Mixed	-	Deciduous broad leaved
IF4	Score	0	2.5	5	7.5	10
	Range	Severe decline	Decline	Slight decline	Healthy	Very healthy
IF5	Score	0	3.5	7	10.5	14
	Range	<30%	30~40%	40~50%, 90~100%	50~60%	60~90%
IF6	Score	0	3.25	6.5	9.75	13
	Range	Poor, Very poor	Slight poor	Slight good	Good	Very good
IF7	Score	0	3	6	9	12
	Range	40cm<	30~40cm	20~30cm	10~20cm	<10cm
IF8	Score	0	3.25	6.5	9.75	13
	Range	<15m	-	10~15m	-	<10m

상대적으로 넓은 범위를 측정하였고, 본 연구에서 나도승마 위치한 지점의 토양을 직접 측정하였기 때문에 추정된다. MaxEnt의 경우 넓은 범위의 유효토심을 나타내므로, 미소서식지를 이용하는 집단 크기가 작은 초본식물을 대상으로는 경향성 정도만 알 수 있을 것이다. 문헌조사, 현장조사 그리고 대부분이 20cm 이내로 확인된 공간자료 분석 결과를 토대로 유효토심을 평가항목으로 선정하였으며, 중요도는 12%로 확인되었다.

8) 천과의 거리(IF8)

현장조사 결과, 나도승마가 서식지 7지점이 건천 내부에 위치하였으며, 다른 지점도 천 또는 건천과 10m 이내로 인접해서 분포하고 있었다. 이 결과는 대부분의 나도승마 서식지가 계곡부

로부터 15m 이내에 분포한다는 연구결과(Cho et al., 2013)와 같았다. 현장조사와 문헌조사 결과, 나도승마의 서식지 요구 조건 또는 종자산포 유형 등 천과 인접하여 분포하는 원인에 관한 면밀한 연구가 필요하지만, 천과의 거리에 대한 경향성이 명확하고 집중 강우로 인한 다른 식물들의 제한요인으로써 평가항목으로 선정되었다. 천과의 거리에 대한 중요도는 13%로 나타났다.

IV. 결론

본 연구는 우리나라에 한정적으로 분포하는 멸종위기야생생물 II급 나도승마의 서식지 환경 특성을 밝히고, 서식지 평가체계를 개발하여 나도승마 서식지 보전을 위한 기초자료를 제공하고자 수행되었다. 이를 위하여 나도승마 서식지

23개 지점에 대한 현장조사와 공간자료 분석으로 총 31개 변수를 정량화하였다. 이후 평가항목 선정, 항목별 기여도 및 평가범위를 선정하여 나도승마 서식지 평가체계를 개발하였다. 이 결과 총 8개의 평가항목이 선정되었으며, 각각의 기여도는 가장 습한 분기의 강수량 16%, 식생대, 식생상관 10%, 수관활력도 12%, 교목층 식피율 10%, 배수등급 14%, 유효토심 13%, 천과의 거리 13%로 확인되었다. 나도승마는 수관활력도가 좋으며, 가장 습한 분기의 강수량이 높은 냉온대 낙엽활엽수림에 위치한 낙엽활엽수 하부에 분포하였다. 또한, 배수가 잘되는 토심이 얇은 지역을 선호하며, 건천 또는 천과 인접한 계곡부에 위치하였다. 적정 식피율은 60~90%로 이보다 식피율이 높을 경우 개체 수가 확연히 줄어드는 경향을 보였다. 조사항목, 평가항목, 기여도 및 평가범위 선정은 진행 단계별로 전문가와의 심층 면담을 통해 진행되었다.

국내·외 문헌을 검색하고 여러 기관의 보고서를 검토하였지만, 나도승마는 동물, 원예식물, 농작물과는 달리 관심도가 낮아 관련된 연구뿐 아니라 이 종의 서식 환경 특성의 정량화 및 서식지 세부 특성을 연구한 전문가 자체가 매우 부족하다. 식물 서식지의 환경을 규명하기 위해서는 이 연구를 통해 조사된 변수뿐만 아니라 토양의 유기물, 치환성양이온, 매개층, 종자 산포기작 등 광범위한 부분에서 세부적인 연구가 필요하다. 또한, 시험림, Test-bed 조성, 온실실험 등 통제된 조건에서 다양한 변수들에 대한 생리·생태학적 연구가 이루어져야 할 것이다. 본 연구는 현장에서 많은 지점을 대상으로 조사를 수행하였기에 시간, 예산, 인력적 한계로 모든 부분을 반영하지 못하였지만, 멸종위기에 처한 나도승마의 가장 많은 서식지에 대한 다양한 기초생태정보를 제공하고 있으며, 이를 기반으로 적정 환경 범위에 대한 부분을 제시하고 있다. 이러한 결과는 향후 멸종위기야생생물 보전 정책 마련 및 서식지 개선방안 마련 등을 위한 기초자료로 이용할

수 있으며, 생태계보전협력금 반환사업과 산림복원 등에 나도승마 서식지 조성 시 활용 가능할 것이다.

References

- Busby J.R. 1991. BIOCLIM-a bioclimate analysis and prediction system. *Plant protection quarterly*. 6(1): 8-9.
- Chang, C.S. Choi, D.Y. Kim, H. Kim, Y.S. and T.Y. Park. 2007. Genetic diversity and mating system of the threatened plant *Kirengeshoma palmata* (Saxifragaceae) in Korea. *Journal of Plant Research*. 120: 149-156.
- Cho S.H. 2012. Application of MAXENT Model to Assess Potential Suitability of Forest Stands for *Kirengeshoma koreana* Habitat. Master's degree dissertation, Sunchon National University. (in Korean)
- Cho S.H. Kim D.W. Kang S.H. Jeong Y.H. Lee S.J. and J.S. Kim. 2013. The Environmental Characteristics and Vegetation Structures of *Kirengeshoma Koreana* Habitats. *Journal of Korean Forest Society* 102(3): 446-454. (in Korean with English summary)
- Choi DY. 2002. Conservation strategy based on genetic structure and mating system of rare plants, *Kirengeshoma koreana* Nakai and *Megaleranthis saniculifolia* Ohwi. MS thesis. Seoul National University, Seoul. (in Korean)
- Choi J.Y. and S.H. Lee. 2018. Climate Change Impact Assessment of *Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim. in Subalpine Ecosystem using Ensemble Habitat Suitability Modeling. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*. 21(1): 103-118. (in Korean with English summary)
- Elith J. and J.R. Leathwick. 2009. Species Distribution Models: Ecological Explanation

- and Prediction Across Space and Time. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 40(1): 677-697.
- Elith J. Kearney M. and S. Phillips. 2010. The art of modeling range-shifting species, Methods in Ecology and Evolution. Blackwell Publishing Ltd. 1(4): 330-342.
- Gibson L.A. Wilson B.A. Cahill D.M. and J. Hill. 2004. Modelling habitat suitability of the swamp antechinus (*Antechinus minimus maritimus*) in the coastal heathlands of southern Victoria, Australia. Biological Conservation. 117(2): 143-150.
- Han H. Cho S.H. Song J.G. Seol A.R. Chung H.J. Kim J.S. and J.S. Chung. 2014. Assessing the potential suitability of forest stands as *Kirengeshoma koreana* habitat using MaxEnt. Landscape and Ecological Engineering. 10(2): 339-348.
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge. United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jang R.H. Kim S.R. Jung J.W. Tho J.H. Cheong S.W. and Y.J. Yoon. 2022. Development of a habitat suitability index for the habitat restoration of *Pedicularis hallaisanensis* Hurusawa. Journal of Ecology and Environment. 46(1): 1-8.
- Kang M.H. and S.I. Kim. 2010. Development of Evaluation Indices for Forest Landscape Classification. 99(6): 777-784. (in Korean with English summary)
- Kang S.H. Kim G.R. Kim J.K. Park S.H. Lee W.K. and J.K. Lee. 2007 The ecology of *Kirengeshoma koreana* Nakai (Saxifragaceae), a rare species in Korea. Korean Journal of Plant Resources 20(1): 1-6. (in Korean with English summary)
- Korea Forest Conservation Association (KFCA). 2005. Development of a national forest health monitoring program for sustainable mountain conservation and management. Research report to KFCA. (in Korean)
- Korea Forest Research Institute (KFRI). 2021. Forest Health and Vitality Diagnosis and Assessment Report. Seoul: Korea League of the Disabled Voters. (in Korean)
- Lee B.E. Kim J.W. Kim N.I. and J.G. Kim. 2017. Evaluation on Replacement Habitat of Two Endangered Species, *Aster altaicus* var. *uchiyamae* and *Polygonatum stenophyllum* Using Habitat Suitability Index. Journal of Wetlands Research. 19(4): 433-442.
- McIntyre S. and S. Lavorel. 1994. Predicting richness of native, rare and exotic plants in response to habitat and disturbance variables across a variegated landscape. Conservation Biology. 8(2):521-531.
- National Institute of Ecology(NIE). 2023. Endangered Wildlife at a glance. Seoul: Design Play with Dreams. (in Korean)
- Oh Y.J. Kim M.H. Choi S.K. Kim M.K. Eo J. Yeob S.J. Bang J. H. and Y.H. Lee. 2021. Prediction of the spatial distribution of suitable habitats for *Geranium carolinianum* under SSP scenarios. Ecology and resilient infrastructure. 30: 154-163.
- Prober S.M. and M.P. Austin. 1990. Habitat peculiarity as a cause of rarity in *Eucalyptus paliformis*. Australian Journal of Ecology. 16(2):189-205.
- Qiu T.X. Sun T. Zhang X.P. Lee J.K. Fu C.X. and H.P. Comes 2009. Molecular

- phylogeography of East Asian *Kirengeshoma* (Hydrangeaceae) in relation to Quaternary climate change and landbridge configurations. *New Phytologist* 183(2): 480 -495.
- U.S. Fish and Wildlife Service, 1980, Habitat as a Basis for Environmental Assessment. Ecological Services Manual, Division of Ecological Services, US Fish and Wildlife Service, Department of the Interior, Washington, DC Unnumbered : 101.
- Weiss A.D. 2001. Topographic positions and landform analysis (conference poster). In: ESRI User Conference, San Diego, CA, USA, 9-13 July 2001.
- Yim Y.J. 1977. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula. IV. Zonal distribution of forest vegetation in relation to thermal climate. *Japanese Journal of Ecology*. 27:169-278.
- Zhang X.P. Li X.H. and T.X. Qiu. 2006. Genetic diversity of the endangered species *Kirengeshoma palmata* (Saxifragaceae) in China. *Biochemical Systematics and Ecology*. 34(1): 38-47.

Appendix 1. Field survey results

FV	Field survey												Unit
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
No. of <i>K. koreana</i>	12	15	43	4	60	22	14	44	27	36	40	3	ea
Population distribution type*	S	C	C	S	C	C	C	C	C	C	C	I	-
Forest type	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	-
Vegetation type	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	-
Tree coverage	74	62	78	35	44	64	84	76	62	64	68	98	%
Shrub coverage	15	20	-	30	2	5	20	30	15	20	5	10	%
Herb coverage	22	93	20	60	84	74	7	15	15	13	15	70	%
Crown canopy vitality	Very good	Very good	Very good	Very good	Very good	Very good	Very good	Very good	Good	Good	Very good	Very good	-
Tree height	13	10	11	10	8	11	9	11	9	10	10	13	m
Dominant species**	CL	QM	QM	QA	QM	QM	QM	QS	QM	QM	CL	CT	-
Litter layer(L)	2.7±0.5	8.2±1.3	5.2±1.9	2.3±2.1	1±0	1±0	4.8±1.3	6.2±1	6.8±1.6	4.2±2.2	5±0	2±1.6	cm
Litter layer(F+H)	1.5±0.7	2.5±1.5	2.3±1.4	0.1±0.1	0.5±0	1±0.7	2.2±0.2	1.8±0.8	1.1±0.7	0.6±0.3	1±0.7	0.5±0.4	cm
Soil pH	6.8±0.2	6.6±0.3	6.6±0.1	6.9±0.1	6.5±0.4	6.7±0.2	6.4±0.1	6.7±0.2	6.9±0.1	6.9±0.1	6.7±0.5	6.6±0.2	-
Soil humidity	53.3±9.4	51.7±8.5	21.7±2.4	56.7±18.9	38.3±8.5	36.7±4.7	25±5	58.3±2.4	48.3±6.2	50.8±1.9	46.7±12.5	41.7±15.5	%
Effective soil depth	9.2±2	12±2.2	3.2±1	0.1±0.1	7.3±0.5	5.3±1.2	3.2±0.2	7.7±4.1	5.3±1.7	5.7±2.4	9.7±2.1	3.7±0.9	cm
Valley aspect	E	SE	E	NE	N	N	NE	E	S	S	E	E	site
Slope aspect	N	W	E	NE	NE	NE	NE	N	NE	NE	N	NE	site
Rock exposure	70	30	15	80	2	10	80	30	60	85	60	40	%
Slope	10	35	10	25	10	10	15	20	25	20	15	30	°
Distance to stream	0	4	3	1	5	0	1	2	4	8	0	0	m

*Community(C), Sporadic(S), Independent(I)

**CL: *Carpinus laxiflora*, QM: *Quercus mongolica*, QA: *Quercus acutissima*, QS: *Quercus serrata*, AM: *Acer mono*, CT: *Carpinus tschonoskii*

Appendix 1. Continued

FV	Field survey											Unit
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
No. of <i>K. koreana</i>	67	9	51	5	1	15	5	14	30	4	68	ea
Population distribution type [*]	C	S	C	S	I	S	S	S	C	S	C	-
Forest type	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	Forest	-
Vegetation type	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	-
Tree coverage	88	94	72	82	86	68	32	80	54	68	76	%
Shrub coverage	20	2	35	10	10	10	15	30	-	5	-	%
Herb coverage	8	7	70	40	5	32	5	81	55	5	70	%
Crown canopy vitality	Very good	Very good	Very good	Very good	Good	Very good	Very good	Very good	Very good	Very good	Very good	-
Tree height	9	10	12	10	10	14	7	13	10	9	9	m
Dominant species ^{**}	AM	QM	AM	QM	QM	QM	AM	AM	QM	QM	QM	-
Litter layer(L)	9.8±4.5	2.7±0.9	8±1.6	6±1.6	1.7±0.5	2.3±1.2	0.2±0.2	5.7±0.6	4±1.1	1.7±1.2	4.5±1.9	cm
Litter layer(F+H)	1.7±0.4	3.3±1.7	4±1.9	1.5±0.4	0.5±0	0.8±0.2	0.1±0	0.8±0.2	2.5±1.1	0.5±0.4	0.7±0.2	cm
Soil pH	6.7±0.5	7±0	6.2±0.8	-	-	7	-	6.8	6.4±0.4	-	6.6±0.2	-
Soil moisture content	36.7±9.4	26.7±4.7	45±10	-	-	10	-	45	21±11	-	35±5	%
Effective soil depth	8.7±3.7	3.7±2.4	4.5±0.4	2.7±0.9	1±0.7	7.7±0.2	0.3±0.2	4.7±0.2	3.7±0.6	3±0.8	2.3±0.6	cm
Valley aspect	N	SE	N	N	SE	N	N	NE	N	N	NE	site
Slope aspect	NE	E	N	E	SE	NE	NE	NE	NE	NW	N	site
Rock exposure	80	80	40	30	50	35	80	30	30	70	60	%
Slope	30	20	30	15	10	25	60	10	5	5	10	°
Distance to stream	6	3	1	3	0	0	3	1	0	5	3	m

*Community(C), Sporadic(S), Independent(I)

**CL: *Carpinus laxiflora*, QM: *Quercus mongolica*, QA: *Quercus acutissima*, QS: *Quercus serrata*, AM: *Acer mono*, CT: *Carpinus tschonoskii*