

## 한반도 주요 낙엽활엽수림인 신갈나무군락의 구조적 특성 및 천이 예측

유혜린<sup>\*,\*\*</sup> · 유영한<sup>\*\*</sup> · 박지원<sup>\*\*</sup> · 박여빈<sup>\*\*\*</sup>

\*국립생태원  
\*\*국립공주대학교

### Structural Characterization and Succession Prediction of the Korean Peninsula's Major Deciduous Broadleaf Forest, *Quercus mongolica* Community

Hye Rin Yu<sup>\*,\*\*</sup> · Young Han You<sup>\*\*</sup> · Ji Won Park<sup>\*\*</sup> · Yeo Bin Park<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>National Institute of Ecology, Seoecheon, Korea

<sup>\*\*</sup>Kongju National University, Gongju, Korea

(Received : 12 August 2024, Revised : 22 October 2024, Accepted : 22 October 2024)

#### 요약

본 연구는 한반도 중부지방 신갈나무군락의 군집 구조를 정량화하고, 다변량 통계기법을 활용하여 입지환경요인과의 상관관계를 분석하였다. 이를 통해 현존하는 우리나라 중부지방 신갈나무군락의 구조적 특성을 파악하고 천이 경향을 예측하고자 하였다. 층위별 중요치를 분석한 결과 교목층과 아교목층에서 신갈나무의 중요치가 가장 높게 나타났으며 관목층에서는 진달래, 초본층에서는 그늘사초의 중요치가 가장 높았다. 중부지방 신갈나무군락은 신갈나무-굴참나무 하위군락(그룹 I)과 신갈나무-소나무하위군락(그룹 II) 2개의 그룹으로 분류되었으며, CCA 분석을 통해 신갈나무군락 분포에 영향을 미치는 환경 요인은 경사도, 연강수량 그리고 연평균기온인 것으로 나타났다. 또한, 현존 신갈나무군락 내 차대를 형성할 수 있는 교목성 수종들의 중요치를 비교하여 천이 경향을 예측한 결과 상층과 하층 모두 신갈나무의 중요치가 각각 53.3, 4.0으로 가장 높게 나타나 지속적으로 신갈나무 후계목이 보충되고 있었으며, 당단풍나무, 굴참나무, 물푸레나무 등 낙엽활엽수종들이 아우점하고 있었다. 한반도 중부지방 신갈나무군락은 장기적으로 신갈나무가 우점하는 군락이 유지될 것으로 판단된다. 또한, 분포지의 입지 조건에 따라 굴참나무, 당단풍나무 등 낙엽활엽수종이 하층에서 계속 우점할 것으로 보이며, 소나무는 점차 세력이 약해서 능선이나 암석지에 잔존할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 식생, 중요치, TWINSpan, CCA

#### Abstract

This study quantified the community structure of *Quercus mongolica* communities in the central region of the Korean Peninsula and analyzed their correlation with site environmental factors using multivariate analysis. Through this study, we aimed to identify the structural characteristics of the existing *Quercus mongolica* communities in the central region of Korea and predict their succession trends. The analysis of the importance of each stratum showed that the importance of *Quercus mongolica* was the highest in the tree layer and subtree layer, *rhododendron mucronulatum* in the shrub layer, and *Carex lanceolata* in the herblayer. *Quercus mongolica* communities in the central region were categorized into two groups: *Quercus mongolica-Quercus variabilis* subcommunity (Group I) and *Quercus mongolica-pinus densiflora* subcommunity (Group II), and the CCA analysis showed that the environmental factors affecting the distribution of *Quercus mongolica* communities are slope, annual precipitation, and average annual temperature. In addition, the importance of tree species that can form a successor in the existing cedar community was compared to predict the succession trend, and the importance value of *Quercus mongolica* was the highest in both the overstory and understory (53.3. and 4.0, respectively), indicating that *Quercus mongolica* successors were constantly being replenished, and deciduous broadleaf species such as

\*To whom correspondence should be addressed.

Department of Biological Sciences, Kongju University, Gongju, Korea  
E-mail : pyb1994@smail.kongju.ac.kr

- Hye Rin Yu National institute of ecology, Seoecheon, Korea/Researcher(yuhrin17@nie.re.kr)
- Young Han You Department of Biological Sciences, Kongju University, Gongju, Korea/Professor (youeco21@kongju.ac.kr)
- Ji Won Park Department of Biological Sciences, Kongju University, Gongju, Korea/Student (ecopark@kongju.ac.kr)
- Yeo Bin Park Department of Biological Sciences, Kongju University, Gongju, Korea/Student (pyb1994@smail.kongju.ac.kr)

*Acer pseudosieboldianum*, *Quercus variabilis* and *Fraxinus rhynchophylla* were dominant. It is likely that the central Korean peninsula's *Quercus mongolica* communities will remain *Quercus mongolica* dominated in the long term. In addition, deciduous broadleaf species such as *Quercus variabilis* and *Acer pseudosieboldianum* are likely to continue to dominate in the understory depending on the location of the distribution site, while *Pinus densiflora* is expected to gradually weaken and remain on ridges and rocky areas.

Key words : Vegetation, Important value, TWINSpan, CCA

## 1. 서론

식생(vegetation)이란 육상생태계의 토대이며, 일정한 지역의 지표면을 덮고 있는 식물종의 집합체이다(Khuroo et al., 2011). 이러한 식생은 다양한 환경요인의 영향에 따라 오랜 시간을 거쳐 발달하며, 동일한 식생일지라도 분포 위치에 차이를 보이고, 그 환경에 적응하거나 영향을 주는 유기적 관계를 이룬다(Greig-Smith, 1983).

신갈나무(*Quercus mongolica*)는 한반도에 주로 분포하는 참나무과 낙엽활엽수종으로 우리나라를 대표하는 식생인 냉온대낙엽활엽수림대와 산악지형의 표징종이다(Yim, 1977). 신갈나무는 생태적 지위폭(ecological niche breadth)이 넓은 수종으로, 신갈나무군락은 개마고원으로부터 한라산에 이르기까지 널리 분포하고 있다(Lee et al., 1993). 또한, 건조한 산악 상부에서는 기후적 극상림으로 발달한다고 보고된 바 있다(Jang and Yim, 1985).

하지만 기상청에서 발표한 2100년까지의 연도별 기후변화 시나리오(Korea Forest research Institute, 2013)에 따르면, 낙엽활엽수림의 잠재생육적지 분포가 변화할 것으로 전망하고 있어 한반도 중부지방 낙엽활엽수림의 대표적인 식물 군락인 신갈나무군락에 대한 구조적 특성과 환경요인 간 관계를 분석하여 한국의 산림식생 변화상을 파악할 필요가 있다.

시간이 경과함에 따라 종조성, 생물량, 생산성 등 물리화학적 요인이 점진적으로 변해가는 과정을 천이(succession)라고

하며(Odum 1969; Connell and Slatyer, 1977), 천이 과정에서 있는 식물군락은 그들이 처한 물리적 서식지의 여러 가지 환경인자들과 상호 유기적으로 주고 받으며 보다 안정된 상태로 발달하고, 이러한 환경 요인들은 종 분포에 영향을 주어 결과적으로 산림 식생에 반영된다(Walter 1973).

특히 산림생태계는 종구성과 구조에 의하여 환경 특성을 나타내므로 종구성과 구조의 변화는 천이를 측정하는데 매우 중요하다(Peet, 1992; Clark et al., 2003.) 이러한 천이의 추정에는 한 지소를 장기간 반복 측정하여 규명할 수도 있지만, 대부분의 천이 과정은 상층과 하층 간 종 구성을 비교하는 방법 등을 통해 간접적으로 추론한다(Barbour, 1987).

따라서 본 연구는 한반도 중부지방을 대표하는 낙엽활엽수림인 신갈나무군락을 대상으로 현존하는 신갈나무군락의 구조적특성을 파악하고 이에 영향을 미치는 주요 입지 환경요인을 분석하였으며, 상층 및 하층을 구성하고 있는 주요 수종의 중요치를 비교하여 천이 경향을 예측하고자 수행하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 조사지 선정

2019년부터 2023년까지 5년간 수행된 제5차 전국자연환경조사(National Ecosystem Survey)에서 조사된 식생 조사 자료를 활용하여 신갈나무군락의 분포 현황 및 군락분석을 위한 지점을 선정하였다. 조사지는 한반도 중부지방에 속하

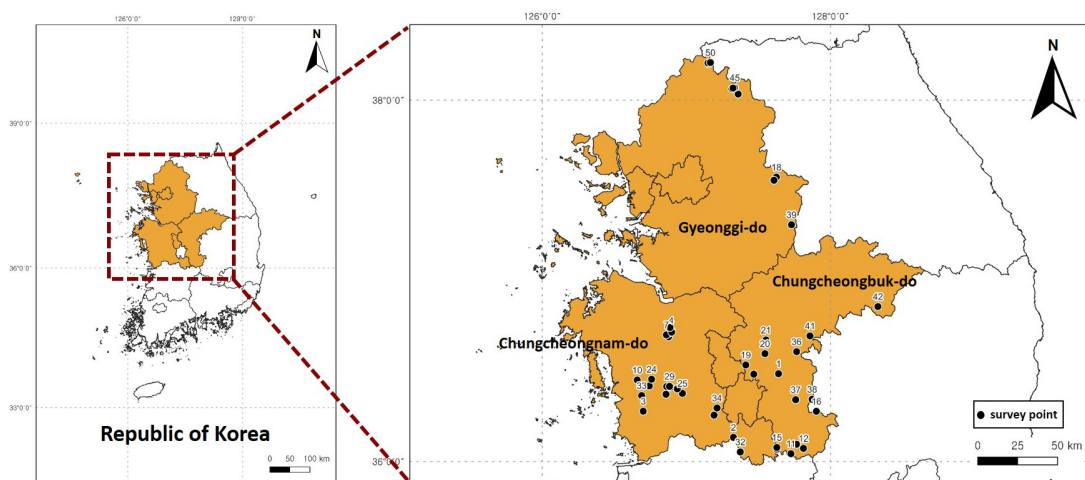


Fig. 1. The map showing investigated 50 sampling plots of *Quercus mongolica* community in the central region of Korea peninsula, the dots are *Quercus mongolica* community survey point.

는 충청남도, 충청북도 그리고 경기도의 신갈나무군락(총면적: 461,553m<sup>2</sup>)을 대상으로 하였으며, 비교적 층위구조가 안정되고 종조성이 균질한 50개 지점을 선정하여 조사를 수행하였다.

## 2.2. 식생 조사

식생 조사는 각 계층의 출현종에 대하여 Z-M학파의 식물사회학적 방법(Ellenberg, 1956; Braun-Blanquet, 1964)에 따라 피도(cover)를 측정하였다. 조사구 면적은 상부 수관층 높이의 제곱에 해당되는 면적을 사용하였으며(Barbour, 1998), 조사 시기는 3~10월 경관 및 우점종에 따른 식생이 구분이 쉬운 시기에 실시하였다(National Institute of Ecology, 2019). 또한, 출현종은 교목층, 아교목층, 관목층, 초본층으로 구분하여 기록하여 Lee(2003)를 통해 식물을 동정하였다. 현지에서 판별이 어려운 경우 잎, 열매, 수피 등 개체를 채집하거나 사진 자료를 확보하여 실내에서 동정하였고, 학명 및 국명은 국가생물종목록(National Institute of Biological Resources, 2019)에 준하였다.

## 2.3 군락구조 분석

식생조사에 사용된 각 군락의 종별 Braun-Blanquet 우점도 계급을 우점도 범위의 중앙치로 환산하였다. 각 층위별 출현종의 상대적 우점도를 비교하기 위해 상대 피도와 상대 빈도를 정량화하여 군집 전체에 대한 종의 상대적인 기여도인 중요치(Importance value, IV)를 산출하였으며, 이를 통합해 백분율로 환산한 상대중요치를 층위별로 비교하였다. 구성종 층위 간 개체 크기를 고려해 교목층은 3, 아교목층 2, 관목층 1, 그리고 초본층 0.5의 가중치를 적용하였고, 평균상대우점치(Mean Importance Percentage, MIP)를 산출하였다(Curtis and McIntosh, 1951; Park, 1985). 또한, 천이 경향을 예측하기 위해 교목층과 아교목층에서 출현한 종의 상대 피도와 상대 빈도의 값을 합하여 상층의 중요치를 구하였으며, 관목층과 초본층을 하층으로 구분하여 상대 중요치를 산출하여 비교하였다. 자료의 정리 및 가공은 엑셀 프로그램(Microsoft Office 2016)을 통해 수행하였다.

## 2.4 다변량 통계 분석

신갈나무군락의 유형을 구분하고자 앞서 정리된 대상 임분의 중요치(IV)값을 통해 TWINSpan(Two-Way Indicator Species Analysis)을 실시하였다. 또한, CCA(Canonical Correspondence Analysis)를 수행하여 신갈나무군락 분포에 영향을 미치는 환경요인을 분석하고자 하였고, 다변량 통계분석은 PC-ORD6 소프트웨어를 통해 수행하였다.

환경 요인(Environmental factor)의 수집은 각각 조사구에서 좌표(GPS), 해발고도(Altitude), 사면방위(Degree), 경사도(Slope) 등을 현장 조사를 통해 실측하였다. 또한, 연평균 기온 및 연강수량 2개의 기후변수는 Worldclime-Global

climate Data(www.worldclime.ofg)에서 30년 평균기후자료를 추출하고, QGIS 3.22 프로그램을 사용하여 보간(Interpolation)하여 활용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 층위별 구성종의 우점도

현존하는 중부지방 신갈나무군락 내 출현종의 상대적인 기여도를 알아보기 위해 층위별 중요치(IV)를 산출하였다.

그 결과, 교목층에서는 신갈나무의 중요치가 65.9로 가장 높게 나타났으며, 굴참나무(12.7), 소나무(8.9), 산벚나무(3.6), 졸참나무(2.8) 등 순으로 나타났다(Table 1). 그리고, 아교목층에서도 신갈나무의 중요치(25.5) 가장 높았고, 쪽동백나무(14.5), 산벚나무(11.0), 당단풍나무(8.9), 굴참나무(5.1) 순으로 나타났다. 관목층에서는 진달래(16.0), 생강나무(12.5), 철쭉(9.2), 신갈나무(6.2), 국수나무(4.2)의 순으로 나타났으며, 초본층은 그늘사초의 중요치가 16.7로 가장 높게 나타났고, 대사초(5.9), 애기나리(4.0), 주름조개풀(3.1), 큰기름새(3.0) 순으로 나타났다.

교목층에서 신갈나무의 중요치가 차우점하는 굴참나무에 비해 현저히 높게 나타났는데 이는 신갈나무가 굴참나무에 비해 광에 대한 의존도가 낮아 피음상태에서 잘 견디며(Jeong et al., 2009), 광 구배에 따른 생장 차이가 작아 광 환경에서 신갈나무가 경쟁에 우월하여 신갈나무가 우점하는 원인 중 하나로 볼 수 있다(Lee and You, 2009). 또한, 아교목층에서 비교적 중요치가 높게 나타난 쪽동백나무는 신갈나무와 동반 출현하는 아교목성 수종으로서(Lee et al., 1994) 중요치가 높게 나타난 것으로 판단되며, 산벚나무와 당단풍나무도 한국 중부지방 신갈나무림 내 비교적 많이 분포하고 있었다(Kwon et al., 2022). 또한, 관목층에서 중요치가 가장 높게 나타난 진달래는 식생 천이가 일어나고 있는 이차림의 주요 구성종이며(Lee et al., 2003), 신갈나무군락 내 수반종으로(Kim and Sim, 2010) 중요치가 높게 나타난 것으로 판단된다. 초본층에서는 그늘사초, 대사초, 애기나리 등이 신갈나무군락의 하층을 구성하는 주요 종으로 나타났다.

현존하는 중부지방 신갈나무군락의 층위별 중요치를 분석한 결과, 선행 연구 결과에서 보고된 신갈나무군락의 주요 구성종들이 높은 중요치를 보이고 있으며, 국내 신갈나무림의 전형적인 종조성을 나타내고 있다(Kwon et al., 2022).

### 3.2 중부지방 신갈나무군락 유형 분류

신갈나무군락 50개 임분의 중요치(IV)값을 활용하여 TWINSpan을 실시한 결과, 제 1수준(Level 1)에서 담쟁이덩굴(+), 그늘사초(+), 소나무(+에 의해 18개의 임분이 그룹 I (Positive Group)으로, 산벚나무(-), 굴참나무(-)에 의해 32개의 임분이 그룹 II (Negative Group)로 분류되었다

(Fig. 2.). 그룹별 최상층의 최우점종과 차우점종으로 군락을 명명하였으며, 총 2개의 그룹 신갈나무-굴참나무하위군락(그룹 I), 신갈나무-소나무하위군락(그룹 II)으로 나뉘었다(Table 2).

분류된 두 그룹의 층위별 종조성을 보면 신갈나무-굴참나무하위군락(그룹 I)의 교목층은 신갈나무 65.4, 굴참나무 16.7, 산벚나무 4.89 등 낙엽활엽수종이 주로 우점하고 있으며, 특히 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등 참나무류의 중요치가 높게 나타났다. 신갈나무-소나무하위군락(그룹 II)의 교목층에서는 신갈나무 66.9, 소나무 16.4, 굴참나무 5.8 등으로 소나무의 중요치가 비교적 높게 나타났다. 또한 그룹 II에서는 천이 초기종으로 알려진 소나무가 식별종이

자 차우점종으로 나타으며, 초기 천이 단계 이후 천이 계열에 속한 굴참나무의 중요치가 세 번째로 높게 나타났다. 이러한 결과를 보면 신갈나무-소나무하위군락(그룹 II)은 천이 도중상에 있는 것으로 판단되며(Lee et al., 1999), 하층에서 소나무의 중요치가 매우 낮게 나타난 점을 미루어볼 때 신갈나무군락 내에서 점차 소나무의 세력이 쇠퇴할 것으로 판단된다(Song and Jang, 1997).

### 3.3 입지환경요인과의 상관관계

신갈나무군락 분포에 영향을 미치는 환경 요인은 어떠한 것이 있는지 알아보고자 총 50개 군락의 종조성과 5개의 환경변수 값을 활용하여 정준대응분석(CCA)을 실시하였다. 또한, TWINSpan으로 분류된 각 그룹에 영향을 미치는 환경 요인을 분석하였다. 그 결과, 우리나라 중부지방 신갈나무군락 분포에 영향을 미치는 환경요인은 경사도, 연강수량 그리고 연평균기온인 것으로 나타났다(Fig. 3).

TWINSpan으로 분류된 각 그룹을 보면 1축상을 기준으로 그룹 I (신갈나무-굴참나무하위군락)과 그룹 II(신갈나무-소나무하위군락)는 연평균기온과 양(+)의 상관관계를 보였다. 또한, 강수량과는 음(-)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며 2축상을 기준으로 그룹 I과 그룹 II는 경사도와 음(-)의 상관관계를 보였다.

Hong(2020)은 한반도 활엽수군락 분포에 연평균기온이 영향을 미친다고 보고하였고, 본 연구결과와 일치하였다. 선행 연구(Lee et al., 2020)에서 참나무가 우점하는 군락들의 분포역을 분석한 결과 연강수량으로 군락 유형이 뚜렷하게 구분 지어지지 않았다. 또한, 경사도의 분포역을 비교한

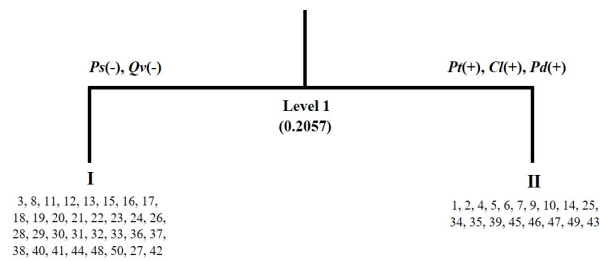


Fig. 2. Stand classification by TWINSpan using the importance value of species of *Quercus mongolica* community in the central region of Korea, the number for each group indicates the stand that corresponds to each group (Qv: *Quercus variabilis*, Ps: *Prunus sargentii*, Pt: *Parthenocissus tricuspidata*, Cl: *Carex lanceolata*, Pd: *Pinus densiflora*)

Table 1. The importance value(IV) of major plant species according to each layer.

Scientific name	Korean name	Layer				MIP
		T	St	S	H	
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	65.9	25.5	6.2	1.6	42.5
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	12.7	5.1	2.1	1.1	8.4
<i>Pinus densiflora</i>	소나무	8.9	1.2	0.1	0.1	4.9
<i>Prunus sargentii</i>	산벚나무	3.6	11.0	0.7	0.1	5.6
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	2.8	3.6	1.5	0.3	2.8
<i>Styrax obassia</i>	쪽동백나무	-	14.5	2.8	0.2	5.3
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	당단풍나무	-	8.9	2.9	0.5	3.5
<i>Rhododendro mucronulatum</i>	진달래	-	-	16.0	1.0	2.7
<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	-	1.6	12.5	1.9	2.6
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉	-	0.9	9.2	0.3	1.8
<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무	-	-	4.2	0.4	0.7
<i>Carex lanceolata</i>	그늘사초	-	-	-	16.7	0.0
<i>Carex siderosticta</i>	대사초	-	-	-	5.9	0.0
<i>Disporum smilacinum</i>	애기나리	-	-	-	4.0	0.0
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	주름조개풀	-	-	-	3.1	0.0
<i>Spodipogon sibiricus</i>	큰기름새	-	-	-	3.0	0.0

T(Tree), St(Subtree), S(Shrub), H(Herb), MIP(Mean Importance Percentage)

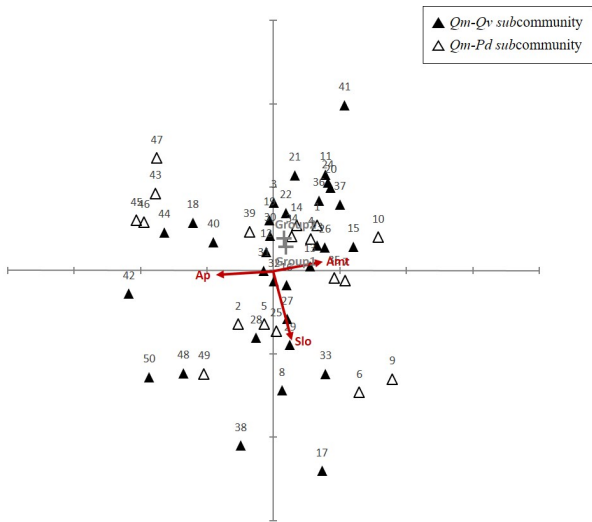


Fig. 3. CCA ordination biplot of importance value and 5 environmental variables in 50 stands which are classified by plant community. The community classification are ▲: *Quercus mongolica*-*Quercus variabilis* subcommunity △: *Quercus mongolica*-*Pinus densiflora* subcommunity. Thearows on graph mean significant environmental variables which are influencing on stands, the environmental variables are Annual precipitation(Ap), Slope(Slo), Anual mean temperature(Amt) and cross shape shows centroids of each group.

결과 신갈나무-굴참나무군락이 13~56°, 신갈나무-소나무 군락은 10~50°로 분포역이 유사하게 나타났으며, 두 군락 모두 범위가 비교적 넓게 나타난 점을 미루어볼 때, 본 연구결과에서도 연강수량과 경사도는 신갈나무군락 분포에는 영향을 미치지만 군락 유형을 구분짓는 영향력은 약한 것으로 판단된다.

### 3.4 천이 경향 예측

신갈나무군락 내 출현종 중 차대를 형성할 수 있는 교목성 수종 10종(신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등)의 상층과 하층에서 중요치를 비교하여 한반도 중부지방 신갈나무군락의 잠재 천이 경향을 예측하였다.

상층 및 하층식생에서 신갈나무의 중요치가 각각 53.3, 4.0으로 가장 높은 중요치를 보여주고 있어 장기적으로 최우점종을 유지할 것으로 예상된다(Fig. 4.). 상층에서 두 번째로 중요치가 높게 나타난 굴참나무는 하층에서 당단풍나무보다 중요치가 낮게 나타나 하층을 구성하고 있는 교목성 수종들과의 경쟁 관계를 보이고 있는 것으로 판단된다. 당단풍나무는 신갈나무가 우점하는 낙엽수림의 표징종이며(Kim et al., 1991), 상층과 하층에서 비교적 높은 피도를 유지하고 있어 추후에도 중요치가 높은 상태로 유지될 것으로 판단된다. 소나무는 상층에 비해 하층에서 중요치가 매우 낮은 점으로 미루어 볼 때 점차 세력이 약해지고, 비교적 서식환경이 좋지 않은 능선이나 암석지에 잔존할 것

Table 2. The importance value(IV) of major plant species in each group classified by TWINSpan

Group	Scientific name	Layer				MIP
		T	St	S	H	
I	<i>Quercus mongolica</i>	65.4	25.9	5.6	1.9	39.1
	<i>Quercus variabilis</i>	16.6	6.8	2.6	3.7	10.4
	<i>Prunus sargentii</i>	4.9	15.9	0.5	0.5	7.3
	<i>Styrax obassia</i>	0.0	12.1	4.0	0.6	4.4
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.0	8.4	3.5	0.5	3.2
	<i>Pinus densiflora</i>	4.8	1.8	0.2	0.2	2.8
	<i>Toxicodendron trichocarpum</i>	0.0	5.7	5.7	0.6	2.7
	<i>Quercus serrata</i>	2.3	3.2	2.3	0.0	2.4
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.0	1.0	12.5	1.1	2.3
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.0	1.3	12.5	0.0	2.3
II	<i>Quercus mongolica</i>	66.9	24.6	7.2	1.9	39.7
	<i>Pinus densiflora</i>	16.4	0.0	0.0	0.2	7.6
	<i>Styrax obassia</i>	0.0	20.0	1.0	0.6	6.4
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1.2	14.3	3.2	2.0	5.6
	<i>Quercus variabilis</i>	5.8	1.4	1.2	3.7	3.6
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.0	10.2	2.0	0.5	3.5
	<i>Rhododendro mucronulatum</i>	0.0	0.0	20.1	0.9	3.2
	<i>Quercus serrata</i>	3.7	4.3	0.4	0.0	3.1
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.0	2.9	12.5	1.1	2.9
	<i>Prunus jamasakura</i>	1.2	7.2	0.5	0.2	2.9

T(Tree), St(Subtree), S(Shrub), H(Herb), MIP(Mean Importance Percentage)

으로 판단된다(Piggott *et al.*, 1964; Tilman, 1984). 또한 굴참나무의 중요치는 상층과 하층에서 큰 차이가 없고, 모두 중요치가 낮게 나타나 교목성 수종들과 경쟁에서 밀려 중요치가 감소할 것으로 예상된다. 잣나무는 상층에서 출현하지 않았지만 하층에서는 0.5의 중요치를 보였다. 우리나라 대표 조림수종인 잣나무는 잣구과나 피갯을 먹이로 하는 조류나 설치류 등의 동물이 운반하여 종자를 산포하였으며 임상유기물의 분해가 빠르고 임내 입사광량이 많아 치수 발생이 용이한 활엽수림의 하층에서 잣나무의 치수가 출현한 것으로 판단된다(Lee, 2002; Hayashida, 1989).

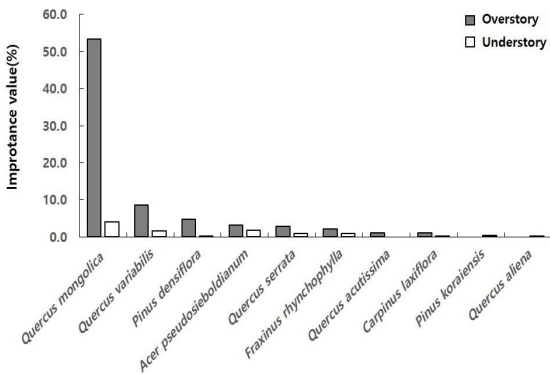


Fig. 4. Comparison of importance value(IV) of major 10 woody plant species of overstory(tree layer and subtree layer), understory(shrub layer and herb layer) of the Quercus mongolica community.

#### 4. 결론

한반도 중부지방 신갈나무군락의 구조적 특성과 천이 경향을 알아보기 위해 중요치를 분석하고, 다변량 통계기법을 활용하여 군집 유형을 분류하였으며 입지환경요인과의 상관관계를 분석하였다.

현존하는 한반도 중부지방 신갈나무군락은 상층 및 하층 모두 신갈나무의 중요치가 높게 나타나 신갈나무 후계목이 지속적으로 보충되고 있음을 알 수 있었다. 또한, 하층의 아우점종은 당단풍나무, 굴참나무, 물푸레나무 등의 순으로 나타났으며 특히 낙엽활엽수종의 중요치가 높게 나타났고, 소나무는 상층에 비해 하층에서 중요치가 매우 낮게 나타났다.

중부지방의 신갈나무군락은 신갈나무-굴참나무하위군락(그룹 I)과 신갈나무-소나무하위군락(그룹 II) 2개의 그룹으로 분류되었으며, 경사도, 연강수량, 연평균기온이 신갈나무군락 분포에 영향을 주는 주요 요인으로 확인되었다.

결과적으로 한반도 중부지방 신갈나무군락은 장기적으로 신갈나무가 우점하는 군락이 유지될 것으로 판단된다. 또한, 분포지의 입지 조건에 따라 굴참나무, 당단풍나무 등 낙엽활엽수종이 하층에서 계속 우점할 것으로 보이며, 소나무는 점차 세력이 약해져 능선이나 암석지에 잔존할 것으로 판단된다.

#### 사 사

본 논문은 환경부의 재원으로 국립생태원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIE-A-2024-01).

#### References

Barbour M.G., Buck J.H. and Pitts W.D.(1987) Terrestrial plant ecology. The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc., California, USA. pp.155-229.

Barbour, M.G., Burk, J.H. and Pitts, W.D.(1980) Terrestrial Plant Ecology. Benjamin/Cummings, USA, 604pp.

Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetation der Vegetation 3. Auf, Springer-Verlag, NewYork, 865pp.

Byun, J.G., Lee, W.K., Nor, D.K., Kim, S.H., Choi, J.K., and Lee, Y.J.(2010) The Relationship Between Tree Radial Growth and Topographic and Climatic Factors in Red Pine and Oak in Central Regions of Korea. Journal of Korean Society of Forest Science. 99(6), pp.908-929

Clark, D.F., Antos, J.A. and Bradfield, G.E.(2003) Succession in sub-boreal forests of West-Central British Columbia. Journal of Vegetation Science. Vol. 14, pp 721-732.

Connell, J.H. and Slatyer, R.O.(1977) Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization. The American Naturalist, 111, 1119-1143.

Curtis, J. T. and R. P. mcintosh.(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology. Vol.32, pp476-496

Ellenberg, H.(1956) Grundlagen der Vegetationsgliederung. Part 1: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. Einführung in die Phytosoziologie, Stuttgart, 136pp.

Greig-Smith, P.(1983) Quantitative Plant Ecology. 3rd Edition, Blackwell Science Publications, Oxford, 359pp.

Hayashida, M.(1989) Seed Dispersal by Red Squirrels and Subsequent Establishment of Korean pine. Forest Ecology and Management. Vol 28, pp115-129

Hong, Y.S.(2020) Analysis of Community Classification, Characteristics and Distribution Patterns and Environmental Factors of Temperate Broad-leaved Forest and Warm-temperate Needle-leaved Evergreen Forest in Korea, Ph. D. dissertation, University of Kongju, Gongju, 222pp

Jang, Y.S. and Yim, Y.J.(1985) Vegetation types and their structures of the Piagol, Mt. Chiri. Journal of plant Biology. Vol. 28(2), pp 165-175.

- Jeong, H.M., Kim, H.R. and You, Y.H.(2009) Growth Difference among Saplings of *Quercus acutissima*, *Q. variabilis* and *Q. mongolica* under the Environmental Gradients Treatment. Korean Journal of Environmental Biology. Vol. 27(1), pp 82–87.
- Khuroo, A.A., Weber, E., Malik A.H., Reshi, Z.A. and Dar, G.H.(2011) Altitudinal distribution patterns of the native and alien woody flora in Kashmir Himalaya, India. Environmental Research. Vol. 111(7), pp 967–977.
- Kim, C.H., Kang, S.H., and Kil, B.S.(1991) The Vegetation of Mt. Choksang. Korean Journal of Ecology. 14, pp. 137–148.
- Kim, M.K., and Sim, W.K.(2010) Suggestions for Multi-Layer Planting Model in Seoul Area Based on a Cluster Analysis and Interspecific Association. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture. 38(4), pp106–127.
- Korea Forest Research Institute.(2013). A Prediction of Forest Disaster Change on Climate Change and Establishment of Counter-strategy, 264pp.
- Kwon, K.C., Han, S.A., Lee, D.K, Jung, I.K., Seo, Y.J., Shin, K.T. and Jeon, C.S.(2022) Site Characteristics and Stand Structure of *Quercus mongolica* Forests in the Republic of Korea. J. Korean Soc. For. 111(1), pp 100–107.
- Lee, H.J., Bea, B.H., Jeong, H.R., Jeon, Y.M. and Hong, M.P.(1999) Forest Vegetation and Soil Environment on Mt. Paekun. Korean Journal of Environmental Biology. 17(1), pp 35–50.
- Lee, H.J., Kim, J.H., Jeon, Y.M. and Jeong H.R.(2003) Synecology of the Forest Vegetation of Yeongjongdo. The Korean Journal of Ecology. 26(5). pp 223–236
- Lee, H.J., Choung, H.L., Byun, D.W. and Kim, C.H. (1993) Analysis of the forest vegetation of Mt. Ilwol. The Korean Journal of Ecology. 16(3), 239–259.
- Lee, H.J. and You, Y.H.(2009) Ecological Niche Breadth of *Q. mongolica* and Overlap with *Q. acutissima* and *Q. variabilis* along with Three Environment Gradients. Korean Journal of Environmental Biology. 27(2), pp 191–197.
- Lee, S.Y., Kim, E.J., Cho, K.T., Park, J.H., Lee, Y.K., Chung, S.H., Hong, Y.S., Park, J.H., Choi, S.S, Kim, H.R. and You, Y.H.(2020) Analysis of Climate and Topographical Factors of Economical Forests in Korea to Select the Restoration Safe Site of 5 Dominant Oak Species. Korean Journal of Ecology and Environment. 53(4), pp 427–435
- Lee, W.S.(2002) Abundance and growth of naturally regenerated *Pinus Koraiensis* wildlings in four different forest types. Ph. D. dissertation, Kangwon National University, Chuncheon, Korea.
- Lee, W.T., Paik, W.K. and Kim, M.K.(1994) A Phytosociological Study of the Mongolian Oak (*Quercus mongolica*) Forest on Mt. Sorak. Korean Journal of Ecology. 17(3), pp 319–331
- Magurran, A.E.(1988) Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press, Princeton. 192pp
- National Institute of Biological Resources.(2019) National Species List of Korea. I. Plants, Fungi, Algae, Prokaryotes. Design zip, Seoul. pp 51–206
- National Institute of Ecology.(2019) The 5th national natural environment survey guidelines, Seochoeon, pp 61–74
- Odum, E.P.(1969) The strategy of ecosystem development. Science. Vol 164, pp 262–270
- Park, I.H.(1985) A Study on forest structure and biomass in Baegwoonsan natural ecosystem. Ph. D. dissertation, Seoul National University, Seoul.
- Peet, R.K.(1992) Community structure and function. In: Glenn-Lewin, D.C., R.K. Peet, and T.T. Veblen (Eds.) Plant succession, theory and prediction. Chapman and Hall, pp. 103–151.
- Pigot, C.D. and Taylor, K.(1964) The distribution of some woldland herbs in relation to the supply of nitrogen and phosphorus in the soil. Journal of Ecology. Vol. 33, pp 175–185.
- Song, H.K and Jang, K.K.(1997) Study on the DBH analysis and forest succession of *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* forests. Journal of Korean Forestry Society. 86(2), pp 223–232
- Tilman, D.(1984) Plant dominance along an experimental nutrient gradient. Ecology. Vol. 65, pp 1445–1453.
- Walter, H.(1973) Vegetation of the earth in relation to climate and the eco-physiological condition. Springer-Verlag. New York, Heidelberg, Berlin. 230pp
- Yim, Y.J.(1977) Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. II. Distribution of tree species along the thermals gradient. Japanese Journal of Ecology. 27, pp 177–189.