

토양수분구배에서 굴참나무와 떡갈나무의 생육반응, 생태 지위 및 중복역

박여빈¹⁾ · 김의주²⁾

¹⁾국립공주대학교 생명과학과 학생 · ²⁾국립공주대학교 산학협력단 연구원

Growth Response, Ecological Niche and Overlap between *Quercus variabilis* and *Quercus dentata* under Soil Moisture Gradient

Park, Yeo-Bin¹⁾ and Kim, Eui-Joo²⁾

¹⁾Department of Life Science, Kongju National University, Student,

²⁾Industry-University Cooperation Foundation, Kongju National University, Researcher.

ABSTRACT

The *Quercus variabilis* and *Quercus dentata*, which are said to be relatively drought tolerant among the important genus *Quercus* that represent deciduous broad-leaved forests in Korea. These two species are widely distributed worldwide in Korea, Japan and China (northern, central, western and eastern subtropical regions). This study compared the ecological niche breadth and overlap according to growth response in 4 soil moisture gradients for the two species and tried to reveal degree of competition and ecological niche characteristics. The ecological niche breadth was 0.977 ± 0.020 for *Q. variabilis* and 0.979 ± 0.014 for *Q. dentata*, the latter being slightly wider. And they were similar in 5 traits (stem length, leaf lamina length, leaf width length, stem weight, leaf petiole weight), *Q. variabilis* was more dominant in 4 traits (leaves number, stem diameter, leaf area, leaf petiole length), and *Q. dentata* was more dominant in 7 traits (root length, shoot length, plant weight, root weight, shoot weight, leaf weight, leaf petiole weight). The ecological niche overlap for soil moisture between the two species overlapped most in plant structure-related traits and least in photosynthetic organ-related traits such as petiole length. As a result of principal component analysis, degree of competition between the two species for soil moisture was more severe when the soil moisture condition was low than high. Among the measured traits that affect the two-dimensional

First author : Park, Yeo-Bin, Department of Life Science, Kongju National University, Student

Tel : +82-41-850-8508, E-mail : pyb1994@smail.kongju.ac.kr

Corresponding author : Kim, Eui-Joo, Industry-University Cooperation Foundation, Kongju National University, Researcher

Tel : +82-41-850-8508, E-mail : euijoo@kongju.ac.kr

Received : 26 September, 2023. **Revised** : 25 October, 2023. **Accepted** : 23 October, 2023

distribution, 8 traits (Leaves number, Shoot length, Stem length, Plant weight, Root weight, Shoot weight, Stem weight, Leaves weight) were correlated with the factor 1, and 2 traits (Leaf width length, Leaf petiole weight) were correlated with the factor 2 ($r > 0.5$). These results show that the ecological response of the two species to soil moisture is not a few traits involved, but several traits are involved simultaneously.

Key Words: *Competition Intensity, Drought Tolerant, Soil factor, Trait, PCA*

I. 서 론

우리나라 산림의 대표적인 낙엽성 활엽수종인 참나무속의 굴참나무(*Quercus variabilis*)와 떡갈나무(*Quercus dentata*)는 전 세계적으로 한국, 일본, 중국, 몽골 등에 분포하며(Lee, 2003; GBIF, 2023), 굴참나무는 비교적 우리나라 전역에 분포하는 낙엽활엽수종으로, 주로 중부 이남 지역의 해발고도 고도가 낮은 남사면에서 군락을 이루었다(Lee et al., 2002). 햇볕을 많이 받는 척박 건조지에서도 번성하며(Ryou, 2005), 맹아력이 매우 강하며 생장이 매우 빠르지만, 내음성은 약하다(Lee, 1996). 떡갈나무는 한라산부터 함경북도 증산까지 내륙 산림 내 해발고도 800m 이하 저지대에 서식하며(Chung and Lee, 1965), 해안립 및 해안 절벽에서도 국지적으로 분포한다(Lee et al., 2010), 내건성과 내조성에 강하지만 다른 낙엽성 참나무속보다 내음성은 약하다(Lee, 1966; Lim, 1995).

굴참나무와 떡갈나무는 석회암지대 또는 남사면의 건조한 곳에 분포하며(Lee 2015), 굴참나무군락 내 아교목층 혹은 교목층에 떡갈나무가 발견되거나(Song et al., 1999; Jeong, 2005; Lee, 2015), 떡갈나무 군락에서 굴참나무가 아교목층으로 발견되어(Kim and Choi, 2004; Bae, 2005), 두 종이 자연 상태에서 공존하는 것이 조사되었다.

선행된 연구들에 의하면 자연에서 식물들의 분포는 수분과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있으며(Kim, 2010), 비생물적 환경요인 중 토양

수분은 식물의 생존에 필수 불가결한 요소이다. 대부분 식물의 환경 적응은 수분의 시간적, 공간적 분포와 밀접한 관련이 있으며, 수분에 대한 적응에 의해 생장형이 결정된다(Barbour et al., 2015). 굴참나무, 떡갈나무 등의 참나무류의 분포도 자생지 내 토양 수분 함량과 관련되어 있으며(Lee and Lee, 2003), 김종욱과 김준호(1994)는 굴참나무와 떡갈나무를 건성생육지종으로 분류하였고, 한승주 등(2009)은 두 종을 장기간 수분이 유입되고 지역에는 정착이 어려운 침수 민감성 식물로 판단하였다.

생태 지위(ecological niche)는 생태계 내의 물리적 공간뿐만 아니라 군집 내에서의 기능적 역할과 생존을 위한 모든 환경요인 구배에서 각 생물이 차지하는 위치를 말한다(Whittaker et al., 1973). 생태 지위는 생태 지위폭(ecological niche breadth)과 생태 지위 중복역(ecological niche overlap)으로 구분하여 이들을 정량화하는 방법이 연구되어왔다(Levins, 1968; McNaughton and Wolf, 1970; Whittaker et al., 1973; Pianka, 1994). 여기서 생태 지위폭은 환경에 대한 내성의 폭을 말하며, 생태 지위폭은 종 또는 환경요인에 따라 다르다(Park, 2003). 생태 지위 중복역은 환경요인 또는 환경자원의 이용면에서 비슷한 생태 지위를 갖는 서로 다른 종 또는 동일 종 개체 사이에 중복되는 생태 지위폭을 뜻한다. 경쟁의 정도는 생태 지위 중복역의 크기에 따르므로, 생태 지위폭과 생태 지위 중복역을 이용하여 종간 경쟁의 정도를 비교할 수 있다(Cho et al., 2023).

이처럼 두 종은 건조에 강하며, 토양수분환경에 적응하는 형태가 유사할 것으로 예상되지만, 서로 간의 경쟁 정도에 대한 연구는 없었다. 따라서 본 연구는 식물의 초기 정착에 핵심적인 환경요인인 수분함량에 대하여 두 종의 생태 지위 중복역을 측정하여 두 종의 토양수분구배에서 경쟁의 정도와 이에 대한 생육 반응의 특성을 알아보려고 시도하였다.

II. 연구방법

1. 종자 선정 및 파종

실험에는 국내에 자생하고 있는 충청남도 공주시 신관동(해발 100m, SE)의 굴참나무(*Q. variabilis*)와 충청북도 괴산군 조령산(해발 700m, SW)의 떡갈나무(*Q. dentata*) 목본의 종자를 사용하였다. 모식물의 영향을 최소화하기 위해 각각 하나의 모수에서 10월에 채집하였고, 이를 4°C로 냉장 보관하였다가 이듬해 3월에 각 50립을 파종하였다. 지름 24cm, 높이 23.5cm인 화분에 파종 후 발아시켰으며, 크기가 유사한 각 40개체를 선발하여 유리온실에서 180일 간 재배하였다.

2. 토양수분 환경요인 처리

수분 구배는 건조된 토양을 채운 화분(지름 24cm, 높이 23.5cm)에 물을 공급하여 화분 아래로 물이 빠져나가기 직전까지의 양인 포장용수량(800ml)을 기준으로, M1(100ml), M2(300ml), M3(500ml), M4(700ml)의 총 4개의 구배로 나누어 처리하였다. 토양수분의 공급은 기본적으로 약 4일 간격으로 이루어졌으나, 증발량이 많은 여름철에는 토양 상태를 확인한 후 2~3일 간격으로 공급하였다.

3. 생육반응 측정 및 생태 지위

본 연구에서는 생태 지위 계산을 위해 16가지 생태적·형태학적 형질을 측정하였다; 전체

잎 수(ea), 잎 폭 길이(cm), 잎몸 길이(cm), 잎자루 길이(cm), 엽면적(cm^2), 줄기 길이(cm), 줄기 직경(cm), 지상부 길이(cm), 지하부 길이(cm), 잎몸 무게(g), 잎자루 무게(g), 전체 잎 무게(g), 지상부 무게(g), 줄기 무게(g), 지하부 무게(g), 식물체 무게(g).

이러한 형질들은 생태 지위특성에 따라 광합성 기관 관련 형질, 식물체 구조 관련 형질, 생물량 관련 형질의 총 3가지 그룹으로 구분하였다(Kim, 1995). 광합성 기관 관련 형질 그룹에는 전체 잎 수, 잎몸 길이, 잎 폭 길이, 잎자루 길이, 엽면적을 포함하였으며, 식물체 구조 관련 형질 그룹에는 지하부 길이, 지상부 길이, 줄기 직경, 줄기 길이가 포함되었다. 또한 생물량 관련 형질 그룹에는 식물체 무게, 지하부 무게, 지상부 무게, 전체 잎 무게, 줄기 무게, 잎몸 무게, 잎자루 무게를 포함하였다.

묘목을 수확할 때 각 개체의 전체 잎 수를 세고, 각 개체의 윗부분에 있는 잎 3개를 채취하여 각 잎에서 잎자루를 제거한 후 잎 폭, 잎몸 길이 및 엽면적을 엽면적계(SI700, Skye)를 사용하여 측정하였다. 줄기길이, 줄기직경은 Vernier calipers(CD-15CPX, Mitutoyo Co.)를 사용하여 측정하였으며, 지상부 길이와 지하부 길이는 50cm 자를 사용하여 측정하였다. 이때 줄기와 뿌리 사이의 경계 즉, 남아있는 떡잎 또는 부착된 떡잎의 흔적을 기준으로 절단 후 줄기 지름을 측정하였고, 줄기 길이는 두 마디 사이의 길이를 측정하여 측정하였다. 또한 지상부는 줄기의 경계에서 정단까지의 길이를 측정하여 측정하였고, 지하부는 경계에서 뿌리의 말단까지의 길이를 측정하여 측정하였다. 잎몸 무게, 잎자루 무게, 전체 잎 무게, 줄기 무게, 지상부 무게와 지하부 무게, 식물체 무게 등 건중량은 묘목을 물로 씻어 흙을 완전히 제거하고 70°C에서 48시간 동안 건조한 후 전자저울(UX400H)을 이용하여 묘목의 건조중량을 측정하였다. 이때 측정된 값을 이용하여 순무게

(잎몸 무게+줄기 무게+줄기무게)와 식물체 무게(지상부 무게+지하부 무게)를 계산하였다.

1) 토양수분구배에서 생태 지위폭 (Niche Breadth, NB)

굴참나무와 떡갈나무의 생태 지위폭은 환경 구배별 각 형질 측정값의 평균치를 Levins (1968)의 공식을 적용하여 계산하였다. 생태 지위폭의 평가는 최대값인 1을 기준으로 0.900 이상을 넓게 평가하였고, 0.900 이하를 좁게 평가하였다(Lee and You, 2009).

$$B = 1/\sum(P_i^2) S$$

B : niche breadth (Levins' B)

P_i : relative response of a given species to the whole gradients that is realized in gradient *i*

S : total number of gradients

2) 토양수분구배에서 생태 지위 중복역 (Niche Overlap, NO)

굴참나무와 떡갈나무의 생태 지위 중복역은 환경구배별 각 형질 측정값의 평균치를 이용하여 Schoener(1970)의 방법에 따라 비례유사도(proportional similarity)를 계산하였다. 생태 지위가 동일하다면 즉 생태 지위가 완전히 중복되면 그 값은 1이고, 전혀 다르다면 0으로 계산된다(Hulbert, 1978).

$$PS = 1-1/2 \sum |P_{ij}-P_{ih}|$$

PS : proportional similarity (niche overlap)

P_{ij} : relative response of species *j* in the *i* th gradient

P_{ih} : relative response of species *h* in the *i* th gradient

4. 종간 경쟁 관계 및 통계분석

생태 지위폭과 생태 지위 중복역 값이 0.9 이상이면 폭이 넓고, 0.9 이하면 폭이 좁은 것으로 해석하였다(Lee and You, 2009; Jung, 2019). 또

한, 각 형질의 생태 지위폭(NB)에서 생태 지위 중복역(NO)을 뺀 값을 계산하여 두 종의 경쟁 정도를 설명하였다. 이 두 값의 차이(NB-NO)가 클수록 경쟁에서 유리함을 의미한다. 배열법은 환경요인에 따른 두 종의 전반적인 성장 반응 경향을 확인하기 위해 분석패키지 PC-ORD 6(MiM Software Co.) 을 사용하여 주성분 분석을 수행하였다. 전체적인 배열 상태를 밝히기 위해 형질의 평균치를 상관계수로 이용한 주성분 분석(PCA)을 적용하였다.

III. 결 과

1. 형질 특성에 따른 생태 지위폭 비교

굴참나무와 떡갈나무에서 토양 수분 구배에 따른 16가지 형질에 대해 생태 지위폭을 측정하였다. 그 결과, 2종 모두 측정된 16가지 형질에서 생태 지위폭이 0.90 이상으로 넓게 나타났다(Figure 1). 이는 두 종이 각각 수분에 대한 생태 지위폭이 넓었다는 선행 연구와도 비슷한 양상이었다(Lee and You, 2009; Jung, 2019). 이로 보아 동일한 환경 조건에서 두 종의 수분에 대한 생태 지위가 약하게 겹치는 경우, 두 종 모두 각각 토양 수분 변화에 잘 적응할 것으로 판단된다. 두 종의 생태 지위폭은 굴참나무가 0.977±0.020, 떡갈나무가 0.979 ±0.014, 로 후자의 종이 약간 넓었다. 16가지 형질의 생태 지위폭을 특성에 따라 그룹으로 구분한 결과, 굴참나무에서 식물체 구조 (0.997) > 광합성 기관 (0.988) > 생물량 (0.973) 순으로 식물체 구조와 관련된 형질들에서 넓게 나타났고, 생물량과 관련된 형질들에서 좁게 나타났다. 떡갈나무에서는 광합성 기관 (0.976) > 생물량 (0.968) > 식물체 구조 (0.960) 순으로 광합성 기관 관련 형질에서 생태 지위폭이 넓게 나타났고, 식물체 구조 관련된 형질들에서 좁게 나타났다.

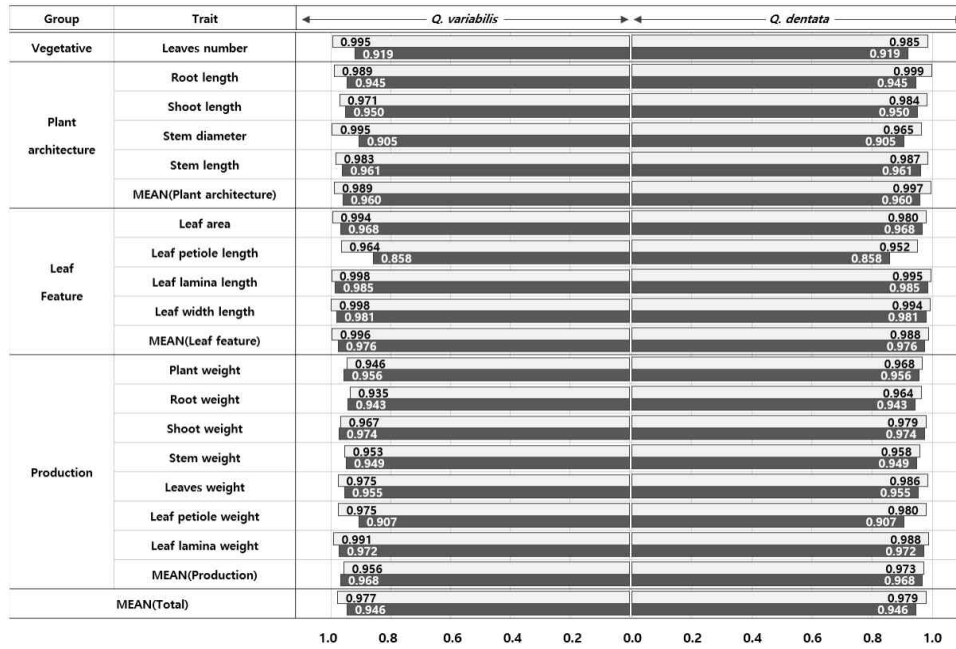


Figure 1. Ecological niche breadth and ecological niche overlap of *Quercus variabilis* and *Quercus dentata* under the soil moisture gradient treatment.

2. 토양 수분 환경에 대한 생태 지위 중복역 비교

굴참나무와 떡갈나무의 생태 지위 중복역을 계산한 결과, 0.946±0.033으로 높게 나타났다 (Figure 1). 16가지 형질의 생태적 중복역은 잎자루길이(0.858)에서는 0.9이하로 비교적 좁게 나타났고, 전체 잎 수(0.919), 지하부 길이(0.945), 지상부 길이(0.950), 줄기 직경(0.905), 줄기 길이(0.961), 엽면적(0.968), 잎몸길이(0.985), 잎폭길이(0.981), 식물체무게(0.956), 지하부무게(0.943), 지상부무게(0.974), 줄기무게(0.949), 잎전체무게(0.955), 잎자루무게(0.907), 잎몸무게(0.972)의 15가지 형질에서는 비교적 넓게 나타났다. 위의 16가지 형질 중 생태 지위 중복역은 잎몸길이에서 0.985으로 가장 넓게 나타났고, 잎자루길이에서 0.858로 가장 좁게 나타났다. 16가지 형질을 특성에 따라 그룹으로 구분한 결과에서 생태 지위 중복역은 광합성 기관(0.976) > 생물량(0.968) > 식물체구조(0.960) 순으로 광합성 기관과 관련된 형질에서 가장 넓었고, 생물량 관련 형질에서 중간이었고, 식물체 구조와 관련된 형

질에서는 좁게 나타났다.

3. 토양 수분에 대한 경쟁 정도 비교

두 종의 토양 수분에 대한 경쟁정도(CI)를 파악하기 위해 각 형질의 생태 지위폭(NB)에서 생태 지위 중복역(NO)을 뺀 결과, 굴참나무와 떡갈나무 16가지 형질 중 5개의 형질(줄기 길이, 잎몸길이, 잎폭길이, 줄기무게, 잎자루무게)에서는 비슷하였다(Figure 1). 굴참나무가 떡갈나무보다 4개의 형질(전체 잎 수, 줄기직경, 엽면적, 잎자루길이)에서 유리하였으며, 줄기직경(0.030)에서 가장 우세하였다. 떡갈나무는 굴참나무보다 7개의 형질(지하부길이, 지상부길이, 식물체무게, 지하부무게, 지상부무게, 잎전체무게, 잎자루무게)에서 수분 경쟁에 더 유리하였고, 지하부 무게(0.029)에서 특히 우세하였다. 그리고 각 형질마다 두 종의 생태 지위 폭 차이 비교를 통해 경쟁 시 각 종에서 가장 우세한 형질을 알아보려고 하였다. 그 결과, 굴참나무에서 16가지 형질 중 엽면적에서 두 종

간 생태 지위폭 차이가 0.030으로 가장 컸고, 이를 통해 가장 우세한 형질임을 확인하였다. 떡갈나무에서는 지하부무게에서 두 중간 생태 지위폭 차이가 0.029으로 가장 우세한 형질이 었다. 또한 생태 지위 중복역과 생태 지위폭의 차이를 통해 알아본 두 종의 경쟁정도는 16가지 형질 중 생태적 중복역이 가장 넓었던 줄기 직경(0.950)에서는 떡갈나무(0.04)가 굴참나무(0.029)보다 유리하였고, 생태 지위 중복역이 가장 좁았던 잎자루 무게(0.848)에서는 굴참나무(0.1)가 떡갈나무(0.083)보다 유리하였다. 그리고 각 그룹별 경쟁정도(NB-NO)는 광합성 기관이나 생물량과 관련된 형질들에서는 각각 굴참나무(0.083/0.067), 떡갈나무(0.058 /0.052)로 굴참나무가 유리하였으며, 특히 생물량부분에서 가장 유리하였다. 그러나 식물체 구조와 관련된 형질들에서는 굴참나무(0.050), 떡갈나무(0.057)로 후자종이 우세하였다.

4. 토양 수분 환경과 형질들의 상관관계 분석

수분 구배에 따른 굴참나무와 떡갈나무의 16가지 형질에 대한 주성분 분석 결과, 요인 1의 축과 요인 2의 축 모두 두 종의 배열이 명확히 구분되었다(Figure 2). 또한 요인 1과 요인 2에 의해 4사분면으로 정의된 공간에서, 굴참나무는 제2사분면과 제3사분면, 제4사분면에 걸쳐 상대적으로 넓게 배열되고, 떡갈나무는 제1사분면과 제2사분면, 제4사분면에 걸쳐 배열되면서 영점을 기준으로 서로 겹치는 영역이 명확히 구분되었다.

굴참나무와 떡갈나무는 과습한 환경에서 생장이 감소되는 침수 민감성 식물로 보고된 바 있고(Han et al., 2009, 두 종 모두 가뭄에 강한 목본 나무로 모래 토양 및 석회암과 같은 수분이 적은 환경을 선호하는 것으로 알려져 있다(Menitsky, 2005).

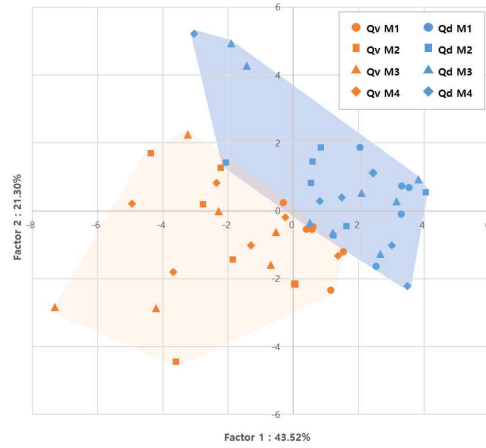


Figure 2. Principal component analysis (PCA) ordination of 16 traits of *Q. variabilis* (Qv) and *Q. dentata* (Qd) under the soil moisture gradient treatment (M1~M4).

Table 1. Correlation matrix of *Q. variabilis* and *Q. dentata* under the soil moisture gradient treatment with the PC1 and PC2 scores of the principal component analysis (PCA).

Group	Trait	PC 1	PC 2
Vegetative	Leaves number	-0.56	-0.38
Plant architecture	Root length	-0.19	0.28
	Shoot length	-0.79	-0.38
	Stem diameter	-0.42	-0.22
	Stem length	-0.81	-0.18
Leaf feature	Leaf area	-0.52	0.81
	Leaf petiole length	0.02	0.28
	Leaf lamina length	-0.61	0.68
	Leaf width length	-0.21	0.89
Production	Plant weight	-0.92	-0.18
	Root weight	-0.88	-0.16
	Shoot weight	-0.94	-0.22
	Stem weight	-0.85	-0.26
	Leaves weight	-0.92	-0.11
	Leaf petiole weight	-0.21	0.56
	Leaf lamina weight	-0.58	0.68
Variance explained [%]		43.52	21.30

* Statistically significant traits ($r > 0.5$) are shown in red.

본 연구에서 굴참나무와 떡갈나무는 수분이 중간이거나 많은 조건(M3, M4)보다 수분이 적은 조건(M1, M2)에서 가깝게 배열되는 양상이었으며, 이는 수분이 적은 환경을 선호하는 두 종의 경향과도 유사하였다. 결과적으로 토양 수분 함량이 적을 때 두 종간 경쟁이 심할 것으로 해석될 수 있다.

2차원상의 두 종의 분포에 영향을 미치는 각각의 측정형질 중 8가지 형질(전체잎수, 지상부길이, 줄기길이, 식물체무게, 지하부무게, 지상부무게, 줄기무게, 앞전체무게)은 1축과 상관성이 있었고, 2가지 형질(잎폭길이, 잎자루무게)는 2축과 상관성이 있었으며, 엽면적, 잎몸길이, 잎몸무게는 두 축 모두 상관성이 높게 나타났다($r > 0.5$)(Table 1). 그리고 1축과 상관성이 높은 8가지 형질 중 5가지 형질이 생물량과 관련된 형질이었다. 다른 형질들에 비해 관련성이 낮게 나온 줄기 길이는 선행 연구의 참나무 6종이 침수 시 생태적 반응에서 관련성이 낮게 나왔다는 결과와 유사했다(Han et al., 2009). 이상으로 볼 때 두 종의 수분에 대한 생태적 반응은 어느 소수의 형질이 관여하는 것이 아니라 여러 형질이 동시에 관련되어 있다는 것을 의미하는 것이라 할 수 있으며, 이 때 줄기 길이는 다른 형질에 비해 토양 수분과 상관성이 낮고, 생물량과 관련된 형질들은 상관성이 높을 것으로 사료된다.

IV. 고 찰

토양 수분은 종자의 발아에 영향을 주는 중요한 환경적 요인으로(Doneen and MacGillivray, 1943; Kim and Jeon, 2009), 식물의 정착과 생존에 필수적 요소이다. 본 연구는 굴참나무와 떡갈나무의 토양 수분에 대한 생태 지위 특성을 밝히기 위해 생태 지위폭과 중복역을 계산하여 두 종간 경쟁정도(CI)를 파악하였고, 이를 통해

토양 수분 경쟁에서 어떤 종이 유리할 것인지를 제안하였다.

연구 결과 떡갈나무가 굴참나무보다 토양수분 경쟁에서 유리하였다. 이는 두 종의 생태 지위폭은 0.9이상으로 넓게 나타났으며, 두 종 모두 각각 토양 수분 변화에 잘 적응할 것으로 판단된다. 이는 두 종이 각각 수분에 대한 생태 지위폭이 넓었다는 선행 연구와도 비슷한 양상이었다(Kim et al., 2020; Seo et al., 2022; Cho et al., 2023).

두 종의 생태 지위 중복역 또한 0.946 ± 0.033 으로 높게 나타났으며, 굴참나무와 떡갈나무의 경쟁정도(CI)를 파악하기 위해 각 형질의 생태 지위폭(NB)에서 생태 지위 중복역(NO)을 뺀 결과, 16가지 형질 중 5개의 형질(줄기길이, 잎몸길이, 잎폭길이, 줄기무게, 잎자루무게)에서는 비슷하였다. 굴참나무가 떡갈나무보다 4개의 형질(전체 잎 수, 줄기직경, 엽면적, 잎자루길이)에서 유리하였으며, 줄기직경(0.030)에서 가장 우세하였다.

그러나 이러한 실내의 생태 지위 연구 결과와는 다르게 야외에서는 굴참나무가 떡갈나무보다 더 넓은 생태 지위를 가지고 있다. 그 예로 전국자연환경조사(National Ministry of Environment, 2018) 결과에 의하면 실제 한반도에는 떡갈나무보다 굴참나무의 분포 면적이 넓은 것으로 조사되었다. 실제로 떡갈나무는 자생지에서 좁은 면적 내 주로 단일군락을 형성하고 국지적으로 분포하기 때문에 낙엽성 참나무속 중 출현 비율이 낮고 분포역이 제한되고 있지만 (Kim, 2013; National Ministry of Environment, 2018), 동해안 및 남부지역의 해안림뿐만 아니라 중부지역의 산림 내 건조한 기후와 토지 환경에서도 서식하고 적응한 지대에서도 잘 생육한다고 알려져 있다 (Lim, 1995; Kim and Kim, 2017; Hong et al., 2019).

생태계 내에서 토양 수분 함량은 강수량의 시간적, 공간적 분포와 밀접한 관련이 있고, 산

림 식생에서 토양 수분 분포에 영향을 주는 요인에는 지형적 요인과 계절적 요인이 있다 (Barbour et al., 2015; Kim and Gil, 2000).

Matsuda and McBride(1989)는 참나무과 열매를 발아 시기에 따라 10~11월에 발아하는 『Fast germination type』과 이듬해 1~2월에 발아하는 『Slow germination type』으로 구분하였으며, 국내에서는 정현모 등(2021)에 의해 한국의 참나무 6종 발아에 관한 연구가 진행되었고, 이에 따르면 굴참나무의 뿌리 발아 시기는 종자가 낙하하는 그 해 9~10월에 발아가 시작되고, 떡갈나무는 이듬해 2월부터 뿌리가 나타난다. 이를 Matsuda and McBride(1989)의 구분법에 따라 본 연구 대상종에 적용해 보면, 굴참나무는 fast germination type, 떡갈나무는 slow germination type이다. 즉 굴참나무는 떡갈나무보다 한국의 자연에서 뿌리를 일찍 내려 정착하여 경쟁에서 유리하다고 판단된다. 특히 한국에서 떡갈나무가 발아하는 시기보다 굴참나무가 발아하는 가을에 강수가 많이 내려 굴참나무가 더욱 유리하다고 할 수 있다.

이러한 발아 시기 차이와 계절적 요인으로 인해 두 종의 열매가 자연 상태에서 발아할 경우, 뿌리 발달이 빠른 굴참나무가 초기 정착이 떡갈나무보다 더 유리할 것으로 해석될 수 있다.

이처럼 실내의 생태 지위 실험의 결과와 야외 생태계 서식지와의 차이가 나는 것은 실내 실험에서 사용하는 유식물과 실험과정이 자연의 과정-발아와 초기 정착-을 반영하는데 한계를 갖고 있기 때문으로 해석된다. 즉 앞으로 이러한 시기 간의 생태 지위에 영향을 줄 수 있는 실험 처리에서는 종자로부터 발아하는 과정을 포함한 연구 내용이 포함되어야 할 것으로 사료된다.

References

Barbour MG · Burk JH · Pitts WD · Gilliam

- FS · Schwartz MW. 2015. Terrestrial plant ecology. 3rd ed. Mun HT Jeong YS You YH translator. Seoul: Hongreung publusing company; 614p.
- Lee TB. 1966. Illustrated woody plants of Korea. Forest Experiment Station Seoul. p. 348.
- Lee TB. 2003. Coloured flora of korea vol I II. Hayangmunsa Seoul Korea (in Korean).
- Lee YN. 1996. Flora of Korea. Kyohak Publishing Co. LTD.
- Levins R. 1968. Evolution in changing environments: Some theoretical explorations. Princeton University Press.
- Lim TH. 1995. An oak and our culture. Soomoon Press. Seoul Korea. pp. 125-126.
- Menitsky YL. 2005. Oaks of Asia. Plymouth(UK): Science Publishers.
- National Ministry of Environment. 2018. Natural Ecosystems Survey (4th). Korea
- Pianka ER. 1994. Evolutionary ecology. 5th ed. Harper and Row New York p. 482.
- Bae KH. 2005. Vegetation classification and ecological application of vegetation data in the keumbong recreational forest. J Korean Inst For Recreat. 9: 11-20.
- Cho KM · Seol AR · Choi YK · Kim SH · Kim EJ · Kim YS · Lee JM · Lee JS · Kim GR · Park JW · Park JH · You YH. 2023. Ecological Niche Overlap Between *Quercus acutissima* and *Q. dentata* with Soil Moisture and Nutrient Gradients. Journal of Wetlands Research 25(2): 159-165.
- Chung TH · Lee WC. 1965. A study of the korean woody plant zone and favorable region for the growth and proper species. Journal of Sunkyunkwan University. 10: 329-366.
- Doneen LD · MacGillivray JH. 1943. Germination (emergence) of vegetable seed as affected by

- different soil moisture conditions. *Plant Physiology*. 18(3): 524.
- Han SJ · Kim HJ · You YH. 2009. Selection on tolerant oak species to water flooding for flood plain restoration. *Journal of Wetlands Research*. 11(2): 1-7.
- Hong YS · Kim EJ · Lee EP · Lee SY · Cho KT · Lee YK · Chung SH · Jeong HM · You YH. 2019. Characteristics of vegetation succession on the pinus thunbergii forests in warm temperate regions jeju island south korea. *Journal of Ecology and Environment*. 43(1): 1-16.
- Hulbert SH. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*. 59(1): 67-77.
- Jeong HM · Kim HR · You YH. 2021. Impact of germination and initial growth of deciduous six oak species under climate change environment condition. *Korean Journal of Ecology and Environment*. 54(4): 334-45.
- Kim DP · Choi SH. 2004. Vegetation structure of mountain ridge from Gajisan to Neungdongsan in the Nakdong-jeongmaek. *Korean journal of environment and ecology* 18(3): 279-287.
- Kim EJ · Jeong YH · Park JH · Lee EP · Lee SY · Lee SI · Hong YS · Jang RH · Ceung SH · Lee YK · You YH · Cho KT. 2020. Growth Response and Ecological Niche of *Quercus dentata* Thunb. Sapling under the Light Moisture Content Soil Texture and Nutrient Treatment. *Korean Journal of Ecology and Environment*. 53(1): 102-108.
- Kim JE · Gil BS. 2000. *Quercus mongolica* forest in Korea. Iksan: Wonkwang University Press; 511p.
- Kim JH. 1995. The stepping-stone for ecology in Korea. Yecheon Kim Jun-ho Professor Retirement Commemoration Association Thesis Publication Committee. p.317-50.
- Kim JW · Kim JH. 1994. Stomatal control and strategy segregation to drought stress in young trees of several oak species. *Korean Journal of Ecological* 17: 241-249.
- Kim SH · Jeon YS. 2009. Critical seed moisture content for germination in crop species. *The Journal of the Korean Society of International Agriculture*.
- Kim YH · Kim JW. 2017. Distributional uniqueness of deciduous Oaks (*Quercus* L.) in the Korean Peninsula. *Journal of Korean Environment Restoration Technology* 20(2): 37-59.
- Kim YH. 2013. Spatial distribution patterns of seven succer-green *Quercus* species in Korea. Keimyung University.
- Lee CS · Lee AN. 2003. Ecological importance of water budget and synergistic effects of water stress of plants due to air pollution and soil acidification in korea. *The Korean journal of ecology*. 26: 143-150.
- Lee HJ · You YH. 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): 191-197.
- Lee MJ · Yee S · Kim HJ · Ji YU · Song HK. 2004. Vegetation structures and ecological niche of *Quercus serrata* forests. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology* 7(1): 50-58.
- Lee SK · You YH · Yi HB. 2010. The growth response of *Quercus dentata* sapling to the environmental gradients treatment. *Journal of Life Science*. 20(4): 597-601.
- Matsuda K · McBride JR. 1989. Germination characteristics of selected California oak species. *American Midland Naturalist* 66-76.

- Ryou SH. 2005. Forest vegetation of the Korean Peninsula (4): *Quercus variabilis* community. Forest and Culture. 14(4): 6-9.
- Schoener TW. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecology. 51(3):408-418.
- Seo YO · Kim SH · Kim YS · Cho KM · Choi BK. 2022. Ecological niche overlap and competition between *Quercus mongolica* and *Quercus dentata* under soil water gradient. Journal of forest and environmental science. 38(4): 229-238.
- Song JS · No KS · Jeong HS · Song SD · Ohno KC · Mochida YK. 1999. Phytosociological Study of the Forest Vegetation in the Mountainous Areas of the Northern Part Kyungpook Province using the Methodology of Physiognomy and Numerical Syntaxonomy. The Korean Journal of Ecology 22(5): 241-254.
- Whittaker RH · Levin SA · Root RB. 1973. Niche habitat and ecotope. The American Naturalist 107(955): 321-338.
- Jeong WJ. 2005. Phytosociological study of *Quercus variabilis* community. Konkuk University.
- Jung YH. 2019. Growth response and ecological niche breadth of *Quercus dentata* according to environmental conditions under climate change. Kongju: Kongju National University.
- Kim HD. 2010. Studies on community dynamics of forest vegetation in Bukhansan National Park. Changwon: Changwon University.
- Lee KE. 2015. Classification of forested vegetation and successional development in the central-eastern Korean peninsula. Kangwon National University.
- Lee MJ · Yee S · Kim HJ · Song HK · Ji YU. 2002. Vegetation Structures and Ecological Niche of *Quercus variabilis* Community. Journal of Korean Society of Forest Science. 91(4): 429-438.
- Park BH. 2003. Studies on the niche of four herbal species along the environmental gradient. Seowon University.
- GBIF (Global biodiversity information facility). 2023. <https://www.gbif.org/>