

Original article

광, 수분, 토성 그리고 유기물 처리에 따른 떡갈나무 유식물의 생육 반응과 생태적 지위

김의주 · 정영호¹ · 박재훈 · 이응필 · 이승연 · 이수인¹ · 홍용식² · 장래하³ · 정상훈⁴
이영근⁵ · 유영한 · 조규태*

국립공주대학교 생명과학과, ¹국립백두대간수목원, ²한국보전협회, ³국립생태원 멸종위기종복원센터, ⁴국립산림과학원 산림기술경영연구소, ⁵국립산림과학원 산림육성·복원연구과

Growth Response and Ecological Niche of *Quercus Dentata* Thunb. Sapling under the Light, Moisture Content, Soil Texture and Nutrient Treatment. Eui-Joo Kim (0000-0002-9249-7055), Young-Ho Jeong¹ (0000-0002-3917-2227), Jae-Hoon Park (0000-0002-7905-8998), Eung-Pill Lee (0000-0002-0014-8465), Seung-Yeon Lee (0000-0001-6751-0994), Soo-In Lee¹ (0000-0003-4329-3256), Young-Sik Hong² (0000-0003-3622-3110), Rae-Ha Jang³ (0000-0002-3111-5084), Sang-Hoon Ceung⁴ (0000-0002-5100-5210), Young-Keun Lee⁵ (0000-0003-0726-6197), Young-Han You (0000-0002-9039-7595) and Kuy-Tae Cho* (0000-0002-8957-9420) (Department of Life Science, Kongju National University, Gongju 32588, Republic of Korea; ¹Baekdudaegan National Arboreum, Bonghwa 36209, Republic of Korea; ²Korea Environmental Preservation Association, Daejeon 35235, Republic of Korea; ³National Institute of Ecology Research Center for Endangered Species, Yeongyang-eup 36531, Republic of Korea; ⁴National Institute of Forest Science, Forest Technology and Management, Pocheon 11186, Republic of Korea; ⁵National Institute of Forest Science, Forest Restoration and Resource Management Division, Seoul 02455, Republic of Korea)

Abstract This study is to analyze the growth response of the *Quercus dentata* seedlings to four environmental factors and measure the ecological niche breadth. Environmental factors were light, moisture content, soil texture, and organic matter, treated with four gradients. The more quantity light increased, the heavier the leaves biomass, aboveground biomass, belowground biomass and plant biomass was. In treatment of water content and soil texture, growth response was no difference. The more organic matter increased, the heavier aboveground biomass was, but the remaining trait of plant was no difference. The ecological niche breadth was 0.865 in light, 0.995 in moisture content, 0.994 in soil texture and 0.988 in nutrient. Ecological niche breadth was the widest in the moisture content treatment and the narrowest in the light treatment. This means that the growth of *Q. dentata* seedlings grows well as the amount of light increases, and is sensitive to light, Thus, it is determined a growth and ecological niche breadth by light factors.

Key words: *Quercus* genus, environmental factors, biomass, ecological niche breadth

서론

Manuscript received 13 February 2020, revised 13 February 2020,
revision accepted 21 February 2020
* Corresponding author: Tel: +82-41-850-8508, Fax: +82-41-850-0957
E-mail: rbxo38@kongju.ac.kr

생태적 지위(ecological niche)는 일반적으로 생물군집과 생태계 내의 공간 그리고 모든 환경요인에서 종이 차지하는

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

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

위치를 말하며, 학자들에 따라 생물이 서식지에서 영위하는 기능적 지위, 서식지 지위, 영양 지위 및 다차원 지위 등으로 구분된다(Grinnell, 1917; Whittaker *et al.*, 1973). 한 종이 생물군집에서의 위치와 모든 환경요인을 사용한 범위를 생태적 지위(niche breadth)이라고 하며, 폭의 범위는 종에 영향을 미친 환경요인 및 생태형, 종 간 차이, 유전 차이 등에 의해 결정된다(Whittaker *et al.*, 1973). 폭의 척도는 종에 요구되는 형질들을 측정하고 평균치로 계산함으로써 정량화될 수 있으며, 측정된 형질은 학자에 따라 다르게 나타날 수 있다(Levins, 1968; McNaughton and Wolf, 1970; Whittaker *et al.*, 1973; Pianka, 1994). 생태적 지위폭은 종의 천이 계열 또는 자원 이용에 따른 생장 및 생식의 차이 등을 가늠할 수 있는 척도로 이용할 수 있다(Cho, 2014).

우리나라는 온대몬순기후대로 뚜렷한 산림식생이 발달해 있는데, 특히 국내산림의 식생을 대표하는 주요 산림군락은 신갈나무군락, 상수리나무군락, 굴참나무군락, 갈참나무군락, 졸참나무군락, 떡갈나무군락의 낙엽성 참나무속 군락이다(Kim and Kim, 2017). 이러한 분류군들은 산림 내 토양의 비옥화 역할과 목재 및 약용 등으로서 이용됨으로 생태학적 또는 경제적으로 중요한 가치를 지니고 있다(Cho, 2014). 한반도에서 이들의 분포는 수분, 광, 유기물, 토성 등의 환경요인에 따라서 국지적 또는 전국적 분포를 나타내는 등 수종 간 상이한 분포역을 가지며(Jeong *et al.*, 2009; Cho *et al.*, 2013; National Ministry of Environment, 2018), 다른 형태 및 생리 반응과 환경적응능력을 지니고 있다(Pianka, 1994).

최근 낙엽성 참나무속을 대상으로 구체적이고 정량화된 생태학적 데이터를 얻고자 환경구배처리와 다양한 환경조건에서의 형태적 반응의 연구가 많이 이루어졌다(Han *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2010; Hong *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2017). 그리고 환경요인에 따른 종의 생태적 지위와 분류군 간 생태적 지위폭을 이용한 자원 이용 차이를 비교 분석한 연구가 활발히 진행되었다(Kim *et al.*, 2008; Lee and You, 2009; Jeong *et al.*, 2009; Jeong *et al.*, 2010; Shin and You, 2011; Cho *et al.*, 2012, 2013; Lee and You, 2012; Lim *et al.*, 2012; Cho, 2014).

우리나라 대표 낙엽성 참나무속 중 하나인 떡갈나무(*Quercus dentata* Thunb.)는 전 세계적으로 한국, 일본의 북부 해안림, 중국, 몽고 등에 분포하며(Lee, 2003; GBIF, 2020), 국내에서는 한라산부터 북위 42°50'의 함경북도 증산까지 내륙 산림 내 800m 이하의 저지대의 돌밭 또는 석회암 지역에 우점하고 있다(Jeong and Lee, 1965). 그리고 떡갈나무는 해안림 및 해안선절벽에서 국지적으로 분포하고(Lee *et al.*, 2010), 분포 입지 특성상 다른 낙엽성 참나

무속보다 내건성과 내조성에 강하지만 내음성은 약하다(Lee, 1966; Lim, 1995). 또한, 산림 내에서는 포유류가 선호하는 비빔목(rubbing trees)으로 생태적으로 중요한 역할(Lee and Lee, 2014)을 하고 있다. 이처럼 많은 연구를 통해 떡갈나무의 분포특성 및 생태적 역할이 일부 밝혀져 있지만, 환경요인에 따른 형태적 반응과 분포역을 결정짓는 환경인자 파악 등의 구체적인 생태학적 정보에 대한 연구는 부족한 실정이다. 그리고 우리나라의 낙엽성 참나무속의 대표적인 6분류군에서 떡갈나무만이 생태적 반응의 차이로 측정된 생태적 지위폭 연구가 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 떡갈나무의 유식물을 대상으로 광, 수분, 토성 그리고 유기물 함량 처리를 다르게 하여 생육 반응의 차이를 보고자 하였다. 그리고 환경요인에 따른 떡갈나무 유식물의 생태적 지위폭을 측정하여 환경요인 간 생육 반응의 차이를 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 환경요인 처리

환경요인은 식물의 생육과 분포 패턴에 영향을 미치는 것 중에서 광, 수분, 토성 그리고 유기물을 선정하였다. 환경구배 처리는 본 연구와 동일한 대상으로 환경요인에 따른 생육 반응을 분석한 Lee *et al.* (2010)을 참고하여 각각 4구배로 처리하였다. 실내에서 통제된 조건에서 광, 수분, 토성, 유기물 구배를 각각 처리하였다. 광 처리는 전일광($787.75 \pm 77.76 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)을 기준으로 차광막의 두께를 조절하여 높은 조건(100%, L4), 약간 높은 조건(70%, L3), 약간 낮은 조건(30%, L2) 그리고 낮은 조건(10%, L1)으로 하였다. 광량 측정은 광합성측정기(Lci Ultra Compact Photosynthesis System, ADC, 2005)를 사용하였다. 수분 처리는 화분의 포장용수량이 700 mL를 기준으로 하여, 높은 조건(700 mL, M4), 약간 높은 조건(500 mL, M3), 약간 낮은 조건(300 mL, M2) 그리고 낮은 조건(100 mL, M1)으로 처리하였다. 수분공급은 주로 4~5일 간격으로, 증발량이 빠른 여름철에는 2~3일 간격으로 한 번 공급하였다. 토성 처리는 동일한 입자 크기의 모래(100%)를 기준으로, 통기성과 보수성이 높고 모래와 입자가 유사한 무기질 상토인 버미큘라이트(vermiculite)를 배합함으로써 높은 조건(75%, S4), 약간 높은 조건(50%, S3), 약간 낮은 조건(25%, S2) 그리고 버미큘라이트를 처리하지 않은 비처리 조건(0%, S1)으로 처리하였다. 유기물 처리는 우리나라의 일반적인 산림토양의 유기물 함량 약 5%를 기준으로(Lee *et al.*, 2010) 동일한 입자 크기의 모래(100%)에 유기질비료

(주효성오엔비)를 섞음으로써 높은 조건(15%, N4), 약간 높은 조건(10%, N3), 낮은 조건(5%, N2) 그리고 유기물을 처리하지 않은 비처리 조건(0%, N1)으로 하였다.

2. 파종, 재배 및 측정

유식물은 환경에 대해 민감하기 때문에 생태적 반응을 연구하기에 적합하다(Burton and Bzzaz, 1991). 따라서 본 연구는 발아시킨 유식물을 재료로 사용하였고, 떡갈나무의 종자는 2016년 10월에 충남 괴산군 조령산 남측의 능선과 사면부의 하나의 떡갈나무 모개채로부터 채집한 후 4°C에서 냉장 저장하였다. 2017년 3월에 크기가 유사한 종자(2.82±0.72 g)들을 선별한 후 지름 24.0 cm 높이 23.5 cm인 화분당 4개체씩 파종하고 각 구배당 화분 6개씩 배치하였다. 발아한 유식물은 2017년 3월부터 10월까지 환경요인을 동시에 처리한 후 재배하였고, 10월 말에 유식물을 수확하여 65°C의 건조기에서 48시간 건조시킨 후 생육 반응을 측정하였다. 측정 항목은 개체당 전체 잎 무게(leaves biomass, g), 줄기(shoot)와 잎(leaf)이 달려있는 지상부 무게(aboveground biomass, g), 주근(taproot)과 뿌리털(root hair)이 달려있는 지하부 무게(belowground biomass, g) 그리고 지상부와 지하부가 다 달려있는 식물체 무게(plant biomass, g)이었다(Fig. 1). 지상부와 지하부의 구분은 떡잎(cotyledon)이 남아있거나, 엽흔을 기준으로 하였고, 각 기

관들의 무게는 전자저울(UX400H, SHIMADZU, Japan)을 이용하여 소수점 첫째 자리까지 측정하였다.

3. 생태적 지위

본 연구에서는 4가지 환경요인인 광, 수분, 토성 그리고 유기물 구배 처리에서 생육한 떡갈나무 유식물의 생태적 지위폭(ecological niche breadth)을 밝히기 위해 각 환경 구배별 각 형질의 평균치를 Levins(1968)의 공식에 적용하여 생태적 지위폭을 계산하였다. 그리고 한 종의 생태적 지위폭의 해석은 반드시 종 간 비교를 통해 좁고 넓은의 차이를 알 수 있다(Pianka, 1994). 특정 환경요인 내에서 생태적 지위폭이 좁게 나타나면 환경에 대한 내성이 좁고 국지적으로 생육하는 종이고, 폭이 넓으면 환경에 대해 적응을 잘하고 광범위한 지역에 분포하는 종으로 해석된다(Pianka, 1994).

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

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

4. 통계 분석

각 환경구배별 생물량(biomass) 차이를 조사하기 위해

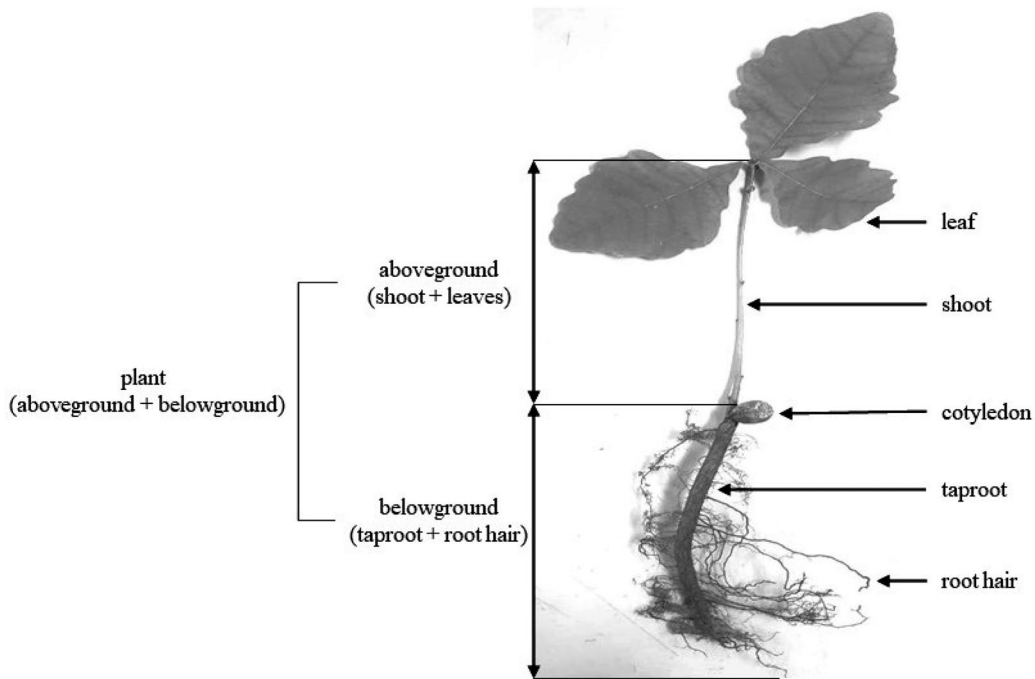


Fig. 1. Traits of Quercus dentata Thunb. measured in this study.

Kolmogorov-smirnov test를 이용하여 정규 분포 여부를 확인하였고, 정규 분포를 나타내지 않아 ($p < 0.05$) 비모수 통계 분석(nonparametric analysis)을 사용하였다. 구배별 차이의 유의성은 Kruskal-Wallis로 확인하였다. 통계적인 분석은 통계프로그램인 Statistica 8 통계패키지(Statsoft Co., 2008)를 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 생육 반응

1) 광 처리

떡갈나무는 광량이 증가할수록 잎 무게, 지상부 무게, 지하부 무게 그리고 식물체 무게가 무거웠다(Fig. 2a). 잎 무게와 지상부 무게는 광량이 높은 조건(L4)과 약간 높은 조건(L3)이 낮은 조건(L1)보다 무거웠다. 지하부 무게와 식물체 무게는 광량이 높은 조건(L4), 약간 높은 조건(L3), 낮은 조건(L1) 순으로 무거웠다. Jang *et al.* (2002)의 연구에서 광량이 많을수록 떡갈나무의 잎 무게가 증가하여 본 연구 결과와 일치하였다. 그리고 Lee *et al.* (2010)의 연구에서 광량이 증가할수록 지상부 무게, 지하부 무게, 식물체

무게가 증가하여 본 연구 결과와 일치하였다. 그리고 졸참나무, 갈참나무, 상수리나무, 굴참나무도 광량이 증가할수록 잘 자라는 경향이 나타나 본 연구 대상인 떡갈나무의 생육 반응과 유사하였다(Jeong *et al.*, 2009; Lim *et al.*, 2012). 하지만 신갈나무의 생육 반응은 광량과는 관련이 없었고, 낮은 광도에서도 생육은 저조하지 않았다(Jeong *et al.*, 2009). 유사 논문들의 참나무속의 생육 반응 결과와 본 연구 결과를 비교해 보면 신갈나무만 제외한 나머지 5분류군은 광량이 증가할수록 생물량이 증가하였는데 이는 광합성의 산물을 성장에 이용한 것으로 해석된다(Barbour *et al.*, 1980). 특히, 떡갈나무 유식물의 지하부 생물량이 지상부 생물량보다 광 처리에 따른 생육차이가 있었다. 이러한 결과는 광이 제한적이면 동화 산물을 우선적으로 지상부에 투자하지만, 광량이 많으면 남은 자원을 지하부에 저장하는 것으로 해석된다.

2) 수분 처리

수분 처리구에서 잎 무게, 지상부 무게, 지하부 무게 그리고 식물체 무게는 구배 간 차이가 나타나지 않았다(Fig. 2b). 이러한 결과는 떡갈나무의 지상부 무게, 지하부 무게 그리고 식물체 무게는 토양수분함량에 영향을 받지 않

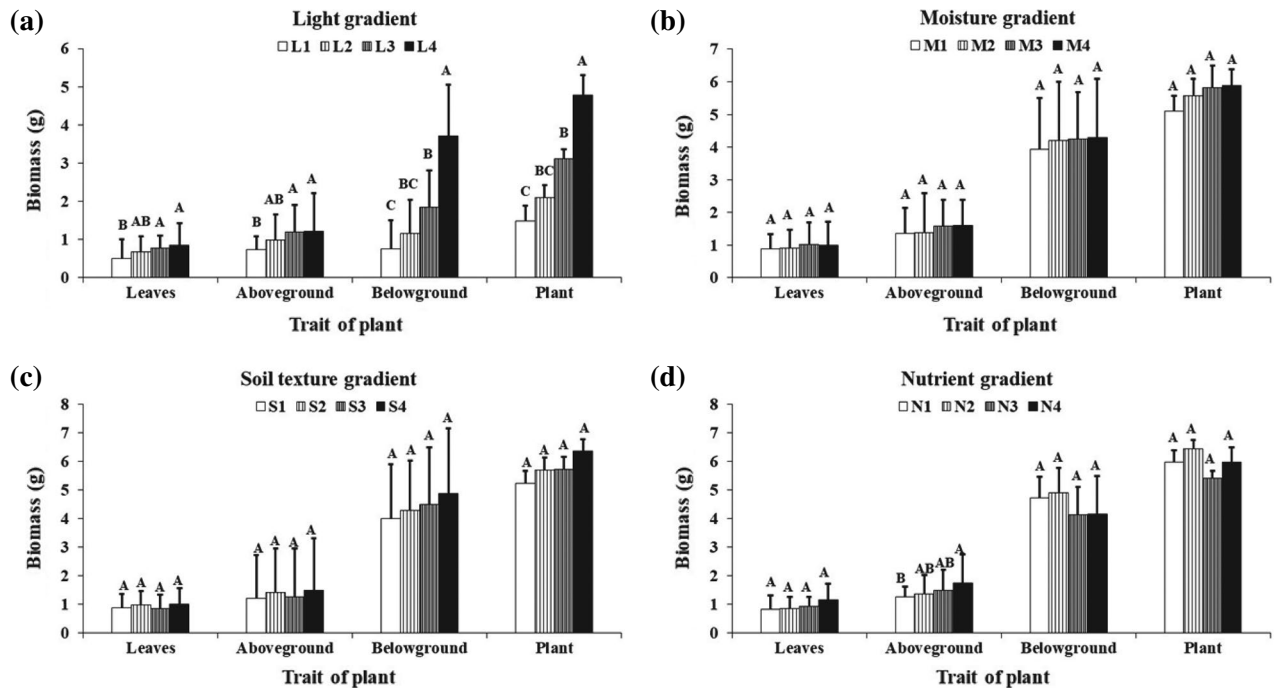


Fig. 2. Comparison of trait, leaves biomass (g), aboveground biomass (g), belowground biomass (g) and plant biomass (g), of seedling of *Quercus dentata* Thunb. according to the four environmental (a) light (L), (b) moisture (M), (c) soil texture (S) and (d) nutrient (N) gradient treatment. The numbers in legend mean that the environmental gradient is higher as the number increase. Alphabet on the bar means significant difference among the gradient levels of seedling of *Quercus dentata* Thunb. (Fisher's least significant difference, $p < 0.05$).

은 Lee *et al.* (2010)의 결과와 일치하였고, 떡갈나무를 침수시킨 곳과 그렇지 않은 곳에서 잎 무게, 줄기 무게, 지하부 무게 그리고 식물체 무게가 차이가 없음을 밝힌 Han *et al.* (2009)의 연구 결과와 유사하였다. Kim and Kim (1994)은 건조스트레스 연구를 통해 떡갈나무 유식물을 건성생육지 종으로 분류했으며, 또한 Jeong and Lee (1965)는 나출된 석회암 지역에서 떡갈나무가 우점하고 있음을 밝힌 연구를 통해서 떡갈나무의 유식물은 수분이 부족한 입지에서도 생육이 가능할 것으로 고려된다. 하지만 장기간 동안 수변 지역에서 자란 떡갈나무는 살아남지 못하고 생육 불량으로 고사한의 결과(Ki and Kim, 2012)는 장기적으로 수분함량이 유입되고 배수가 불량한 지역에서 서식하는 떡갈나무는 정착이 어려울 것으로 판단된다.

3) 토성 처리

토성 처리구에서 떡갈나무 유식물의 잎 무게, 지상부 무게, 지하부 무게 그리고 식물체 무게는 구배 간 차이가 나타나지 않았다(Fig. 2c). 떡갈나무는 통기성이 좋은 토양을 선호하지만 산림 습지 주변에서도 넓게 분포하는 것(Kim, 2013)을 통해서 떡갈나무 유식물의 생육과 토성의 관계는 없는 것으로 판단된다.

4) 유기물 처리

유기물 처리구에서 잎 무게, 지하부 무게 그리고 식물체 무게는 모든 유기물 처리 조건에서 차이가 나타나지 않았지만, 지상부 무게는 유기물 함량이 높을수록 무거웠다(Fig. 2d). 유기물이 많을수록 지상부 무게가 증가하였지만 잎 무게는 차이가 없는 것으로 나타났기 때문에 영양소 분배를 잎보다는 줄기에 더 많이 투자하는 것으로 판단된다. 참나무속에 대한 유사한 실험 결과들과 비교해 보면, 본 연구에서 떡갈나무는 유기물 함량이 15%에서 잘 자랐지만, Lee *et al.* (2010)의 연구에서는 떡갈나무가 유기물 함

량이 5% 조건일 때 잘 자란다고 밝혔다. 그리고 상수리나무, 굴참나무와 신갈나무는 모두 유기물 함량이 0.5%에서 잘 자랐다(Cho, 2014). 이를 통해, 떡갈나무는 유기물 함량이 풍부한 곳에서 잘 자라며, 수중에 따라 생육에 적합한 유기물 함량이 있음을 의미한다.

2. 생태적 지위폭

각 환경요인 내 떡갈나무 유식물의 생태적 지위폭은 광처리구에서 잎 무게와 지상부 무게는 0.938이고 지하부 무게와 식물체 무게는 각각 0.753과 0.832이었다. 수분 처리구에서 잎 무게와 지상부 무게는 0.991이고 지하부 무게와 식물체 무게는 0.999이었다. 토성 처리구에서 잎 무게는 0.996, 지상부 무게는 0.994, 지하부 무게는 0.993 그리고 식물체 무게는 0.994이었다. 유기물 처리구에서 잎 무게는 0.981, 지상부 무게는 0.984, 지하부 무게는 0.990, 식물체 무게는 0.996이었다(Table 1). 각 환경요인 내에서 생태적 지위폭이 가장 좁은 값의 형질은 가장 넓은 값의 형질보다는 해당하는 환경변화에 대한 생태적 반응과 식물의 형태적 변이가 적을 것으로 판단되고, 생태적 지위폭이 가장 좁은 값의 형질보다 가장 넓은 값의 형질은 환경변화에 적응하기 위해 생태적 반응 및 형태적 요인의 가변성이 높을 것으로 판단된다(Pianka, 1994). 종합적으로 4가지 환경요인에 따른 떡갈나무 유식물의 형질의 생태적 지위폭은 광 처리구(0.865) < 유기물 처리구(0.988) < 토성 처리구(0.994) < 수분 처리구(0.995) 순으로 나타났고, 광 처리구에서 생태적 지위폭이 가장 좁았고, 수분 처리구에서 폭이 가장 넓었다(Table 1). 떡갈나무의 유식물의 생육과 분포역은 광요인에 대한 내성 범위가 좁고 광량의 변화에 따라 국지적인 분포역이 나타날 것으로 고려된다. 반면에 수분은 떡갈나무의 생육을 저해하지 않으며, 떡갈나무가 건조, 중용 및 과습 등의 다양한 수분조건에 적응되어, 분포역이 넓어질 것으로 해석

Table 1. Ecological niche breadth of trait of *Quercus dentata* Thunb. According to four environmental factors.

Trait of plant	Ecological niche breadth			
	Environmental factors			
	Light	Moisture	Soil texture	Nutrient
Leaves biomass	0.938	0.991	0.996	0.981
Aboveground biomass	0.938	0.991	0.994	0.984
Underground biomass	0.753	0.999	0.993	0.990
Plant biomass	0.832	0.999	0.994	0.996
Mean ± S.D	0.865 ± 0.0900	0.995 ± 0.0045	0.994 ± 0.0012	0.988 ± 0.0069

*S.D means standard deviation and is marked ±.

된다. 따라서 떡갈나무 유식물은 광요인에 의하여 생태적 지위가 결정된다고 판단된다.

Cho (2014)는 본 연구와 동일한 구배로 광, 수분 그리고 유기물을 처리하여, 상수리나무, 신갈나무, 졸참나무의 생태적 지위폭을 측정하였다. 이들과 떡갈나무의 생태적 지위폭을 비교한 결과, 광 처리구에서 떡갈나무는 0.865, 상수리나무는 0.722, 신갈나무는 0.770, 졸참나무는 0.741이었고, 떡갈나무의 생태적 지위폭이 가장 넓었고 상수리나무가 가장 좁았다. 수분 처리구에서의 생태적 지위폭은 떡갈나무가 0.995, 상수리나무는 0.964, 신갈나무는 0.956, 졸참나무는 0.977로 떡갈나무가 가장 넓었고 신갈나무가 가장 좁았다. 유기물 처리구에서의 생태적 지위폭은 떡갈나무가 0.988, 상수리나무가 0.976, 신갈나무가 0.991, 졸참나무가 0.958로서 신갈나무가 가장 넓었고 졸참나무가 가장 좁았다. 떡갈나무, 상수리나무, 신갈나무와 졸참나무의 생태적 지위폭은 광이 다른 환경요인보다 좁았는데, 광은 모든 수종들의 생육과 공간 분포 범위에 영향을 주고 제한 요인으로 작용하는 것으로 고려된다(Hong *et al.*, 2019). 일반적으로 광은 산림군락 내 목본층이 과정에 영향을 주고 식물의 발아, 생육 그리고 생식에 영향을 미치는 직접적이고 결정적인 요인으로 알려져 있기 때문이다(Barbour *et al.*, 1980). 수분에서 생태적 지위폭은 떡갈나무가 상수리나무, 신갈나무, 졸참나무보다 넓었는데, 이는 국내에서 떡갈나무가 건조한 석회암 지대에도 서식하고 산림습지에서도 생육하기 때문에 수분 내성 범위에 대해서 넓다고 판단된다(National Ministry of Environment, 2018). 서식지는 생물-기후-지형-인간의 상호작용이 다르기 때문에 각 지소마다 특수성을 가지며, 유식물과 어린 식물은 환경 내성 범위 내에서 입지 조건에 따라 적응하고 정착한다(Hong *et al.*, 2019). 실제로 떡갈나무 유식물은 자생지에서 좁은 면적 내 주로 단일군락을 형성하고 국지적으로 분포하기 때문에 낙엽성 참나무속 중 출현 비율이 낮고 현존분포역이 제한되고 있지만(Kim, 2013; Ministry of Environment, 2018), 동해안 및 남부지역의 해안림뿐만 아니라 중부지역의 산림 내 건조한 기후와 토지 환경에서도 서식하고 적습한 지대에서도 잘 생육한다고 알려져 있다(Lim, 1995; Kim and Kim, 2017; Hong *et al.*, 2019). 그리고 낙엽성 참나무군락인 상수리나무군락, 신갈나무군락, 졸참나무군락, 굴참나무군락 내 하층에서 떡갈나무 유식물이 출현한다(Natural Environment Survey 4th, 2018). 이를 통해 떡갈나무는 다양한 환경요인 내성범위 내에서 생육할 수 있는 것으로 고려되나, 결정적으로 떡갈나무 유식물의 생육과 생태적 지위폭에 영향을 미치는 환경요인은 광으로 판단된다.

적 요

본 연구는 4가지 환경요인에 따른 떡갈나무 유식물의 생육 반응 분석과 생태적 지위폭을 측정하였다. 환경요인은 광, 수분, 토성 그리고 유기물 함량이고 각각 4구배로 처리하였다. 광량이 많을수록 잎 무게, 지상부 무게, 지하부 무게 그리고 식물체 무게가 증가하였다. 수분함량처리구와 토성처리구에서 생육 반응은 차이가 없었다. 유기물 함량이 많을수록 지상부 무게가 증가하였지만, 나머지 형질의 생육 반응의 차이는 없었다. 생태적 지위폭은 광요인에서 0.865, 수분요인에서 0.995, 토성요인에서 0.994 그리고 유기물 함량 요인에서 0.988이었다. 생태학적 지위폭은 수분함량 처리구에서 가장 넓었고 광처리구에서 가장 좁았다. 이는 떡갈나무의 생육 반응이 광량의 양이 많을수록 생육이 좋고, 광에 민감함을 의미한다. 따라서 생육 반응과 생태적 지위폭을 결정짓는 것은 광 요인이다.

저자정보 김의주 (국립공주대학교 박사과정), 정영호 (국립백두대간수목원 연구원), 박재훈 (국립공주대학교 박사수료), 이응필 (국립공주대학교 박사), 이승연 (국립공주대학교 박사), 이수인 (국립백두대간수목원 연구원), 홍용식 (한국보전협회 연구원), 장래하 (국립생태원 연구원), 정상훈 (국립산림과학원 연구관), 이영근 (국립산림과학원 연구관), 유영한 (국립공주대학교 교수), 조규태 (국립공주대학교 겸임교수)

저자기여도 개념설정: 유영한, 조규태, 정영호, 김의주, 방법론 및 분석: 조규태, 정영호, 김의주, 이수인, 이승연, 이응필, 장래하, 홍용식, 실험 및 자료제공: 김의주, 정영호, 이수인, 이승연, 이응필, 장래하, 원고 초안작성: 김의주, 정영호, 원고교정 및 검토: 박재훈, 이응필, 정상훈, 이영근, 유영한, 조규태

이해관계 이 논문에는 이해관계 충돌의 여지가 없음.

연구비 이 성과는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2018R1A2B5A01021358).

REFERENCE

- Barbour, M.G., J.H. Burk and W.D. Pitts. 1980. Terrestrial plant ecology. Benjamin, Cummings.
- Burton, P.J. and F.A. Bazzaz. 1991. Tree seedling emergence on interactive temperature and moisture gradients and in

- patches of old-field vegetation. *American Journal of Botany* **78**(1): 131-149.
- Cho, K.T. 2014. Effects of Elevated CO₂ Concentration and Temperature on the Growth and Ecological Niche of Three Oaks Species of Korea. Kongju national university. Ph.D. Thesis
- Cho, K.T., H.R. Kim, H.M. Jeong, K.M. Lee, T.K. Kim, T.G. Kang and Y.H. You. 2012. Effect of Light on the Growth Responses of *Quercus serrata* and *Q. aliena* to Elevated CO₂ and Temperature. *Journal of Wetlands Research* **14**(4): 597-605.
- Cho, K.T., R.H. Jang, S.H. Lee, Y.S. Han and Y.H. You. 2013. Effects of global warming and environmental factors of light, soil moisture, and nutrient level on ecological niche of *Quercus acutissima* and *Quercus variabilis*. *Korean Journal of Ecology and Environment* **46**(3): 429-439.
- GBIF (Global biodiversity information facility). 2020. <https://www.gbif.org/>
- Grinnell, J. 1917. The niche-relationships of the California thrasher. *Auk* **34**: 427-433.
- Han, S.J., H.J. Kim and Y.H. You. 2009. Selection on tolerant oak species to water flooding for flood plain restoration. *Journal of Wetlands Research* **11**(2): 1-7.
- Hong, Y.S., E.J. Kim, E.P. Lee, S.Y. Lee, K.T. Cho, Y.K. Lee and Y.H. You. 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.
- Hong, Y.S., Y.H. You and H.B. Yi. 2010. Seasonal change of macro nutrients concentration in acorns of six oak species in Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* **24**(3): 286-292.
- Jang, M.K., M.H. Yeon, K.C. Yang and J.K. Shim. 2002. Growth Analyses of some tree species raised under artificial shade. *Journal of the Institute for Basic Science* **16**: 39-53.
- Jeong, H.M., H.R. Kim and Y.H. You. 2009. Growth difference among saplings of *Quercus acutissima*, *Q. variabilis* and *Q. mongolica* under the environmental gradients treatment. *Korean Journal of Environmental Biology* **27**(1): 82-87.
- Jeong, J.K., H.R. Kim and Y.H. You. 2010. Effects of Elevated CO₂ Concentration and Temperature on Growth Response of *Quercus acutissima* and *Q. variabilis*. *Korean Journal of Environment and Ecology* **24**(6): 648-656.
- Jeong, T.H. and W.C. Lee. 1965. A study of the Korean woody plant zone and favorable region for the growth and proper species. Sungkyunkwan University **10**: 329-435.
- Ki, K.S. and J.Y. Kim. 2012. Monitoring of Plant Community Structure Change for Four Years (2007~2010) after Riparian Ecological Restoration, Nakdonggang (River). *Korean Journal of Environment and Ecology* **26**(5): 707-718.
- Kim, H.R., H.M. Jeong, H.J. Kim and Y.H. You. 2008. Ecological Niche of *Quercus acutissima* and *Quercus variabilis*. *Korean Journal of Environmental Biology* **26**(4): 385-391.
- Kim, J.W. and J.H. Kim. 1994. Stomatal control and strategy segregation to drought stress in young trees of several oak species. *Korean Journal of Ecological* **17**: 241-249.
- Kim, Y.H. 2013. Spatial distribution patterns of seven succer-green *Quercus* species in Korea. Keimyung University. Master Thesis.
- Kim, Y.H. and J.W. Kim. 2017. Distributional uniqueness of deciduous Oaks (*Quercus* L.) in the Korean Peninsula. *Journal of Korean Environment Restoration Technology* **20**(2): 37-59.
- Lee, C.B. 2003. Coloured Flora of Korea. Hangmoonsa. Seoul, 1: 914.
- Lee, H.J. and Y.H. You. 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, S.H. and Y.H. You. 2012. Measurement of ecological niche of *Quercus aliena* and *Q. serrata* under environmental factors treatments and its meaning to ecological distribution. *Journal of Ecology and Environment* **35**(3): 227-234.
- Lee, S.K., Y.H. You and H.B. Yi. 2010. The growth response of *Quercus dentata* sapling to the environmental gradients treatment. *Journal of Life Science* **20**(4): 597-601.
- Lee, S.M. and W.S. Lee. 2014. Selection of the Rubbing Trees by Wild Boar (*Sus scrofa*) and its Ecological Role in a Mixed Forest, Korea. *Journal of Korean Society of Forest Science* **103**(3): 510-518.
- Lee, S.Y., K.T. Cho, R.H. Jang and Y.H. You. 2017. Effect of consecutive shoot-cutting for 3 years on saplings' sprouting regeneration ability of six deciduous oak species in Korea. *Journal of Ecology and Environment* **41**(1): 66-71.
- Lee, T.B. 1966. Illustrated woody plants of Korea. Forest Experiment Station, Seoul. p. 348.
- Levins, R. 1968. Evolution in changing environments: some theoretical explorations (No. 2). Princeton University Press.
- Lim, H., H.R. Kim and Y.H. You. 2012. Growth difference between the seedlings of *Quercus serrata* and *Q. aliena* under light, moisture and nutrient gradients. *Journal of Wetlands Research* **14**(2): 237-242.
- Lim, T.H. 1995. An oak and our culture. Soomoon. Korea. pp. 125-126.
- McNaughton, S.J. and L.L. Wolf. 1970. Dominance and the niche in ecological systems. *Science* **167**(3915): 131-139.
- National Ministry of Environment. 2018. Natural Environment Survey (4th). Korea.
- Pianka, E.R. 1994. Evolutionary ecology. 5th ed. Harper and Row, New York p. 482.
- Shin, J.H. and Y.H. You. 2011. Effects of seed size on the rate of germination, early growth and winter survival in four oak species. *Journal of environment biology* **29**(4): 274-279.
- Whittaker, R.H., S.A. Levin and R.B. Root. 1973. Niche, habitat, and ecotope. *The American Naturalist* **107**(955): 321-338.