

Original article

참나무 5종의 생태 복원 적지 추정을 위한 경제림 육성단지의 기후와 입지 요인 분석

이승연 · 김의주 · 이응필¹ · 조규태 · 박재훈 · 이영근² · 정상훈³ · 홍용식⁴
박진희⁵ · 최승세¹ · 김해란¹ · 유명환*

국립공주대학교 생명과학과, ¹국립생태원, ²국립산림과학원 산림육성·복원연구과, ³국립산림과학원 산림기술경영연구소, ⁴국립세종수목원, ⁵국립낙동강생물자원관

Analysis of Climate and Topographical Factors of Economical Forests in Korea to Select the Restoration Safe Site of 5 Dominant Oak Species. Seung-Yeon Lee (0000-0001-6751-0994), Eui-Joo Kim (0000-0002-9249-7055), Eung-Pill Lee¹ (0000-0002-0014-8465), Kyu-Tae Cho (0000-0002-8957-9420), Jae-Hoon Park (0000-0002-7905-8998), Young-Keun Lee² (0000-0003-0726-6197), Sang-Hoon Chung³ (0000-0002-5100-5210), Yong-Sik Hong⁴ (0000-0003-3622-3110), Jin-Hee Park⁵ (0000-0002-5976-1467), Seung-Se Choi¹ (0000-0002-3332-5544), Hae-Ran Kim¹ (0000-0001-5026-8919) and Young-Han You* (0000-0002-6630-0685) (Department of Life Science, Kongju National University, Gongju 32588, Republic of Korea; ¹National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea; ²National Institute of Forest Science, Forest Technology and Management, Pocheon 11186, Republic of Korea; ³National Institute of Forest Science, Forest Restoration and Resource Management Division, Seoul 02455, Republic of Korea; ⁴Sejong National Arboreum, Sejong 30106, Republic of Korea; ⁵Nakdonggang National Institute of Biological Resources, Sangju 37242, Republic of Korea)

Abstract The most important thing to successfully restore an oak forest is finding suitable climatic conditions and topographic factors for the oak species to be introduced. In this study, in order to find suitable environmental conditions for the five dominant oak trees on the Korean Peninsula, we carried out analysing the information on the location of forest vegetation on the Korean Peninsula. The range of annual mean temperature of the five oak trees was narrow in the order of *Q. mongolica* (7.7~14.3°C), *Q. variabilis* (9.2~13.8°C), *Q. acutissima* (10.5~14.3°C), *Q. serrata* (11.4~13.7°C), *Q. aliena* (11.0~12.9°C). The range of annual precipitation of oaks was narrow in order of *Q. mongolica* (1072.7~1780.9 mm), *Q. variabilis* (1066.6~1554.9 mm), *Q. acutissima* (1036.5~1504.8 mm), *Q. serrata* (1062.6~1504.7 mm). The range of altitude was in order of *Q. mongolica* (147~1388 m), *Q. serrata* (93~950 m), *Q. variabilis* (90~913 m), *Q. acutissima* (60~516 m), *Q. aliena* (55~465 m). The range of slope was in the order of *Q. mongolica* (8~56°), *Q. variabilis* (5~52°), *Q. serrata* (11~45°), *Q. aliena* (15~38°), *Q. acutissima* (16~37°). These results are considered to be very useful in the case of ecological restoration using deciduous oak trees on the Korean Peninsula.

Key words: ecological niche, environmental factors, ecological modeling, restoration species, habitat composition

Manuscript received 5 December 2020, revised 10 December 2020,
revision accepted 11 December 2020

* Corresponding author: Tel: +82-41-850-8508, Fax: +82-41-850-0957
E-mail: youeco21@kongju.ac.kr

© 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.

서 론

산림은 천연자연자원으로 중요한 육상 생태자원이며, 최근 환경변화에 큰 영향을 받아 임업분야는 새로운 변화의 시대를 맞이하게 되었다(Yang and Kim, 2002). 산림은 경영이라는 측면에서 '지속 가능한 생산'에서 '지속 가능한 산림생태계'를 강조하는 방향으로 전환되었다(Vogt *et al.*, 1997).

우리나라 활엽수림은 전체 산림면적의 32% (2,028,855 ha) 정도되며, 재적은 약 263,738,277 m³에 달한다(KFS, 2019). 또한 수종구성이 다양하여 생물다양성이 높고, 경제적 가치가 높게 평가될 수 있는 잠재적 가치를 지닌다(Yang and Kim, 2002). 따라서 이러한 활엽수림의 입지환경 특성에 따른 생육현황을 파악하는 것은 산림경영에 있어 안정성을 유지하면서 동시에 경제적 가치를 높이는 데 있어 매우 중요하다.

우리나라 산림의 활엽수림 면적은 지속적으로 증가추세에 있기 때문에 활엽수림의 고부가가치 이용을 위한 유형별 관리 기술이 개발이 필요하다. Bae *et al.* (2003)은 천연활엽수림의 임분유형에 따른 무육시스템에 관한 연구를 수행하였고, Han *et al.* (2013)은 상록활엽수림의 분포 및 군집구조에 관한 연구를 수행하였으며, 그리고 Yang and Kim (2002)은 천연활엽수림의 우세종 및 우점 가능 수종 평가에 의한 경영대상 수종 선정방안에 대해 연구를 수행하였다. 이러한 연구들이 진행되었지만, 침엽수림에 대한 연구에 비해 천연활엽수림에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

활엽수는 과거 침엽수보다 가치가 매우 낮게 평가되었지만, 근래에 와서 목재 가공기술이 발달함에 따라 활엽수 목질(조직밀도, 색채, 나뭇결 등)이 침엽수보다 우수하다는 평가가 되었고 이에 사람들의 수요가 증가하였다(Hong, 2016). 수요가 증가함에 따라 목재 가격이 높아지고 있으며, 이에 따라 조립비용 또한 상승하고 있어 활엽수 천연갱신에 대한 중요성도 높아지게 되었다. 따라서 임업경영, 목재생산 등이 원활이 추진될 수 있는 경제적 가치가 높은 수종을 대상으로 보다 가치있는 자원으로 육성하기 위하여 자연림을 대상으로 생육특성과 입지환경을 분석하는 것은 매우 중요하다.

현재 산림청에서는 전국 산림을 대상으로 지역, 지형, 위치적으로 제약을 받는 산림보다는 임업경영, 목재 생산 등이 원활이 추진될 수 있는 산림을 대상으로 집단체화하여 경제림육성단지(국유림, 사유림)를 조성하였다. 이에 본 연구는 경제림육성단지 내 참나무림의 입지특성, 성장특성 등 임분 관리를 위한 기초 정보를 구축하기 위해 진행하게 되었다.

재료 및 방법

1. 연구대상지역

본 자료에서 사용한 자료는 한반도 경제림육성단지내 참나무 5종의 중요치 합이 25% 이상인 임분(635개, Fig. 1)을 대상으로 군집분석(cluster analysis)을 통해 분류된 지점의 것을 이용한 것이다(NFIS, 2019). 이 자료에서 참나무가 우점하는 숲은 갈참나무군락(Qal), 굴참나무군락(Qv), 굴참나무-소나무군락(Qv-Pd), 굴참나무-졸참나무군락(Qv-Qs), 떡갈나무군락(Qd), 상수리나무군락(Qa), 신갈나무군락(Qm), 신갈나무-굴참나무군락(Qm-Qv), 신갈나무-소나무군락(Qm-Pd), 졸참나무군락(Qs), 소나무-굴참나무군락(Pd-Qv), 소나무-신갈나무군락(Pd-Qm), 그리고 잣나무-신갈나무군락(Pk-Qm) 등 총 13개이다(NFIS, 2019)의 유형으로 분류되었다(Table 1).

2. 기후와 지형 요인 수집

연평균기온과 연강수량은 기상자료개방포털 (<https://>

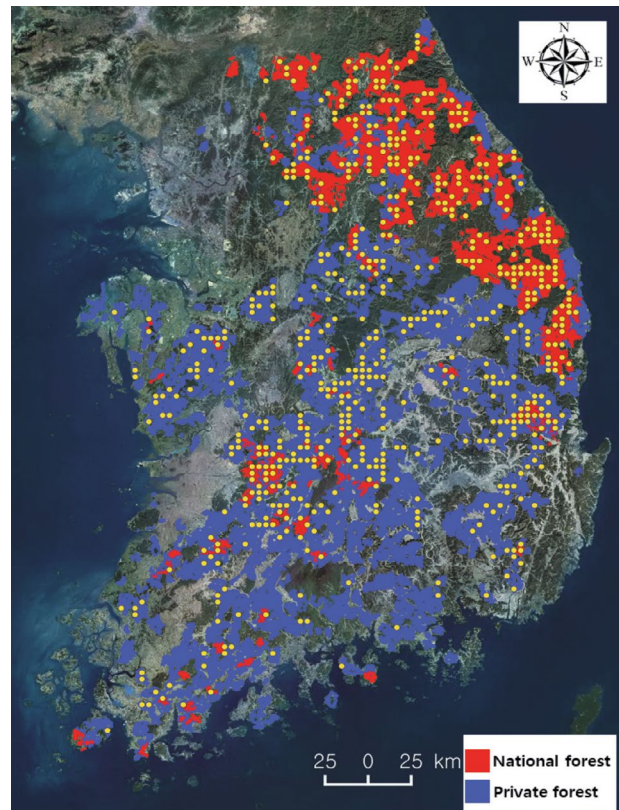


Fig. 1. The map showing investigated stands which are dominated by six oak species in economical forest growing sites in Korea (N=635).

Table 1. Forest community name and distribution ratio of 13 communities which are dominated by six oak species in economical forest growing sites.

Group no.	Forest community name (abbreviation)	Number of stands	Ratio (%)
I	<i>Quercus aliena</i> community (Qal)	11	1.7
II	<i>Quercus variabilis</i> community (Qv)	63	9.9
III	<i>Quercus variabilis</i> - <i>Pinus densiflora</i> community (Qv-Pd)	33	5.2
IV	<i>Quercus variabilis</i> - <i>Quercus serrata</i> community (Qv-Qs)	34	5.4
V	<i>Quercus dentata</i> community (Qd)	1	0.2
VI	<i>Quercus acutissima</i> community (Qa)	21	3.3
VII	<i>Quercus mongolica</i> community (Qm)	96	15.1
VIII	<i>Quercus mongolica</i> - <i>Quercus variabilis</i> community (Qm-Qv)	76	12.0
IX	<i>Quercus mongolica</i> - <i>Pinus densiflora</i> community (Qm-Pd)	51	8.0
X	<i>Quercus serrata</i> community (Qs)	26	4.1
XI	<i>Pinus densiflora</i> - <i>Quercus variabilis</i> community (Pd-Qv)	167	26.3
XII	<i>Pinus densiflora</i> - <i>Quercus mongolica</i> community (Pd-Qm)	43	6.8
XIII	<i>Pinus koraiensis</i> - <i>Quercus mongolica</i> community (Pk-Qm)	13	2.0
Total		635	100.0

data.kma.go.kr)에서 1971~2014년 동안의 종관기상관측(ASOS)의 실측치를 활용해 QGIS 2.18 프로그램의 보간법(interpolation)을 이용하여 추출하였고, 해발고도와 경사도는 국가산림자원조사 NIFS (2019)의 현장조사 실측자료를 이용하였다.

본 연구에서는 산림에 미치는 환경요인인 연평균기온, 연강수량, 해발고도, 그리고 경사도의 경제림육성단지 내 참나무 6종 우점 군락별 분포역을 분석하고자 하였다.

결과 및 고찰

1. 경제림육성단지 내 참나무 우점군락별 입지환경 분포역

산림에서 일반적으로 수목은 주로 기온, 강수량, 바람 등과 같은 기후적 요인과 해발고도, 경사도, 토양 입지환경 등과 같은 물리적 요인에 의해 영향을 받으며(Schweingruber, 1988), 이로 인해 산림생태계를 구성하는 수목의 분포에 영향을 미친다(Fang and Lechowicz, 2006; Yoon et al., 2013). 또한 Hong et al. (2019)은 DCCA 분석을 통해 임분의 분포에 영향을 미치는 주요 환경요인으로 해발고도, 연평균기온, 연평균강수량, 그리고 경사도 등이 있다고 보고하였다.

1) 연평균기온

경제림육성단지 내 참나무 6종 우점 임분의 군락별

연평균기온 분포역을 분석한 결과, 갈참나무군락은 11.0~12.9°C, 굴참나무군락은 0.3~13.8°C, 굴참나무-소나무군락은 9.2~13.5°C, 굴참나무-졸참나무군락은 10.4~13.7°C, 떡갈나무군락은 11.3°C, 상수리나무군락은 10.5~14.3°C, 신갈나무군락은 8.5~14.3°C, 신갈나무-굴참나무군락은 7.9~13.3°C, 신갈나무-소나무군락은 8.9~13.7°C, 졸참나무군락은 11.4~13.7°C, 소나무-굴참나무군락은 10.0~14.4°C, 소나무-신갈나무군락은 10.2~13.4°C, 그리고 잣나무-신갈나무군락은 9.0~13.9°C 이었다(Fig. 2). 산림군락별 입지환경 분포역 범위를 비교한 결과, 연평균기온은 신갈나무군락(8.5~14.3°C)에서 가장 넓었으며, 떡갈나무군락(11.3°C)에서 가장 좁았다(Fig. 2).

연평균기온을 기준으로 삼림대를 구분한 기존 연구에 의하면, 온대림은 5~14°C(Jung and Lee, 1965; Yim, 1968)와 5~15°C 사이(Uyeki, 1933)에 분포한다고 밝혔다. 또한 Yang (2001)은 온대림을 세분화하여 온대림 남부는 11~13°C, 중부는 8~11°C 그리고 북부는 5~8°C로 구분하였다. 본 산림군락들은 모두 온대림에 속하며, 갈참나무군락은 온대림 남부에, 그 외 나머지는 온대림 중남부에 속하였다.

2) 연강수량

경제림육성단지 내 참나무 6종 우점 임분의 군락별 연강수량 분포역을 분석한 결과, 갈참나무군락은 1,077.7~1,398.0 mm, 굴참나무군락은 1,079.1~1,504.4 mm, 굴참

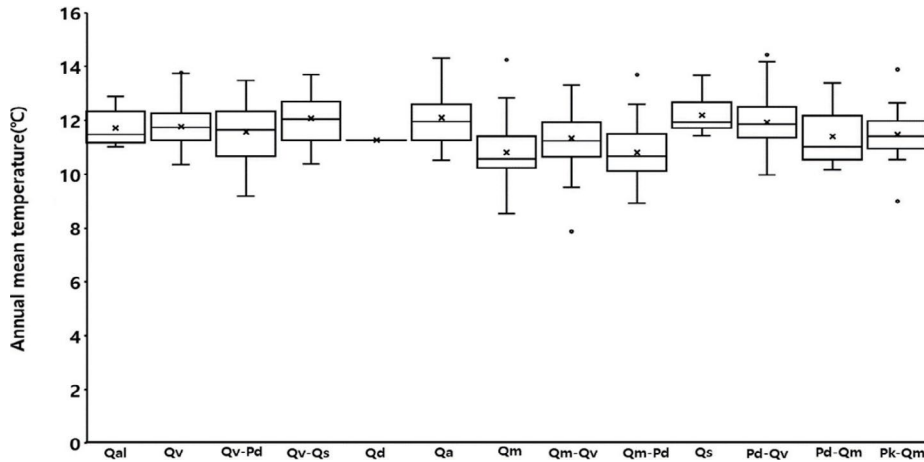


Fig. 2. Boxplot showing annual mean temperature distribution range of 13 communities which are dominated by six oak species in economical forest growing sites. The x-mark represent average values, boxes 25~75% of values, whiskers extend to the highest value within 1.5 times the inter quartile range, and dots are values outside the range defined by the whiskers.

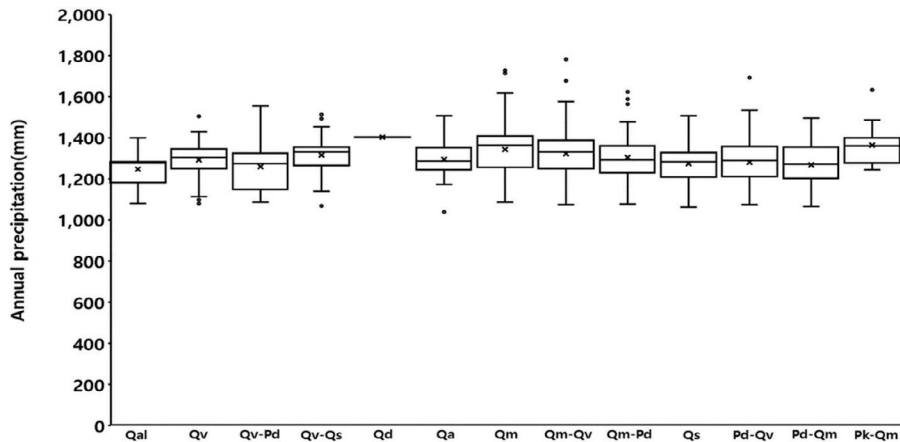


Fig. 3. Boxplot showing annual precipitation distribution range of 13 communities which are dominated by six oak species in economical forest growing sites. The x-mark represent average values, boxes 25~75% of values, whiskers extend to the highest value within 1.5 times the inter quartile range, and dots are values outside the range defined by the whiskers.

나무-소나무군락은 1,084.8~1,554.9 mm, 굴참나무-졸참나무군락은 1,066.6~1,511.7 mm, 떡갈나무군락은 1,402.4 mm, 상수리나무군락은 1,036.5~1,504.8 mm, 신갈나무군락은 1,084.6~1,726.1 mm, 신갈나무-굴참나무군락은 1,072.7~1,780.9 mm, 신갈나무-소나무군락은 1,075.3~1,621.3 mm, 졸참나무군락은 1,062.6~1,504.7 mm, 소나무-굴참나무군락은 1,074.6~1,690.0 mm, 소나무-신갈나무군락은 1,065.5~1,494.0 mm, 그리고 잣나무-신갈나무군락은 1,243.6~1,633.0 mm이었다(Fig. 3). 산림군락별 입지환경 분포역 범위를 비교한 결과, 연강수량은 신갈나무-굴참나무군락(1,072.7~1,780.9 mm)에서 가장 넓었으며, 떡갈나

무군락(1,402.4 mm)에서 가장 좁았다(Fig. 3).

앞서 보고하였듯이 남한은 온대림으로 구분되며(Jung and Lee, 1965; Yim, 1968; Uyeki, 1933), 연강수량은 800~1,800 mm 정도이다(Korea meteorological administration, 2019). 본 연구에서는 주로 고도가 높은 산지의 임분 경우 연강수량이 낮고, 고도가 낮은 저지대의 남부쪽 또는 해양과 근접한 산림의 경우 연강수량이 높았다. 하지만 연강수량에 의한 군락유형의 뚜렷한 구분은 없었는데 이는 군락별 임분의 넓은 지리적 분포로 인한 것으로 판단된다. 따라서 연강수량은 군락유형의 구분을 짓는데 영향력이 약한 것으로 판단된다. 또한 갈참나무(Yim *et al.*,

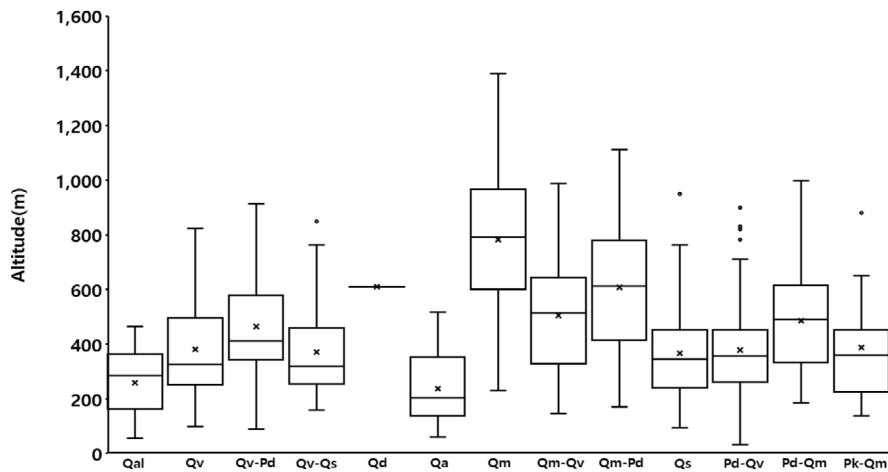


Fig. 4. Boxplot showing altitude distribution range of 13 communities which are dominated by six oak species in economical forest growing sites. The x-mark represent average values, boxes 25~75% of values, whiskers extend to the highest value within 1.5 times the inter quartile range, and dots are values outside the range defined by the whiskers.

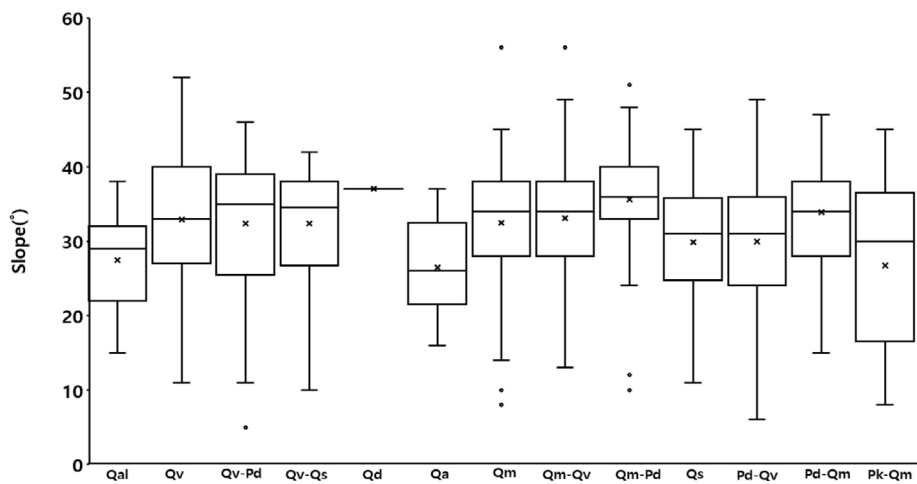


Fig. 5. Boxplot showing annual slope distribution range of 13 communities which are dominated by six oak species in economical forest growing sites. The x-mark represent average values, boxes 25~75% of values, whiskers extend to the highest value within 1.5 times the inter quartile range, and dots are values outside the range defined by the whiskers.

2012), 떡갈나무 (Kim *et al.*, 2020), 그리고 졸참나무 (Yim *et al.*, 2012)의 유식물을 이용하여 수분 구배에 따른 생육을 비교한 연구에서도 수분이 영향을 끼치지 않는다고 보고된 바 있다.

3) 해발고도

경제림육성단지 내 참나무 6종 우점 임분의 군락별 고도 분포역을 분석한 결과, 갈참나무군락은 55~465 m, 굴참나무군락은 99~823 m, 굴참나무-소나무군락은 90~913 m, 굴참나무-졸참나무군락은 158~850 m, 떡갈나무군락

은 610 m, 상수리나무군락은 60~516 m, 신갈나무군락은 230~1,388 m, 신갈나무-굴참나무군락은 147~987 m, 신갈나무-소나무군락은 170~1112 m, 졸참나무군락은 93~950 m, 소나무-굴참나무군락은 32~900 m, 소나무-신갈나무림은 185~998 m, 그리고 잣나무-신갈나무림은 136~881 m 이었다(Fig. 4). 군락별 입지환경 분포역 범위를 비교한 결과, 해발고도는 신갈나무군락(230~1,388 m)에서 가장 넓었으며, 떡갈나무군락(610m)에서 가장 좁았다(Fig. 4).

상수리나무군락은 남한 중부와 남부 지역의 대표적 도시형 삼림이며 (Lee *et al.*, 1993; Cho, 1997), 본 연구지역에

Table 2. Environment distribution range of six species oak in economical forest growing sites.

Environment factor	Species				
	Q. al	Q. v	Q. a	Q. m	Q. s
Annual mean temperature (°C)	11.0~12.9	9.2~13.8	10.5~14.3	7.7~14.3	11.4~13.7
Distribution range (min~max)					
Annual precipitation (mm)	1,077.7~1,398.0	1,066.6~1,554.9	1,036.5~1,504.8	1,072.7~1,780.9	1,062.6~1,504.7
Altitude (m)	55~465	90~913	60~516	147~1,388	93~950
Slope (°)	15~38	5~52	16~37	8~56	11~45

Q.al = *Quercus aliena*, Q.v = *Quercus varibilis*, Q.a = *Quercus acutissima*, Q.m = *Quercus mongolica*, Q.s = *Quercus serrata*

서는 인위적 교란이 심한 저지대의 인가 주변에 분포하였다. Yang (2001)은 한반도 내 상수리나무가 고도 200~400 m에 분포하며, 평균고도는 약 250 m라 보고하였는데 본 연구 결과와 유사하였다. 신갈나무군락은 해발고도가 높은 경기북부지역에 주로 분포하고 있었으며, 약 200~1,400 m 까지 넓게 분포하고 있었다. 이는 신갈나무군락이 환경적응 범위가 넓다는 것을 의미하며, 또한 신갈나무는 건조한 산악 상부에서 극상림으로 발달하며 (Jang and Yim, 1985), 남한 중부와 남부 전 지역에 분포하고 있다고 보고된 바 있다 (Jung and Lee, 1965). Yang (2001)은 굴참나무림은 200~400 m 사이에, 졸참나무림은 400~800 m 사이에 분포한다고 보고 하였다. You *et al.* (1995)은 광릉 용암산에서 저지대의 인위적 교란으로 생성된 숲 틈 (forest gap)에 설치류가 졸참나무의 도토리를 토양에 묻음으로써 졸참나무가 우점한다 보고하였다. Byeon *et al.* (1998) 등은 굴참나무림의 최적 고도는 400~600 m이며, 고도 600 m 부근에서는 졸참나무와 혼생하고, 350~400 m에서는 소나무와 혼생한다고 보고된 바, 본 연구 결과와 유사하였다. Yang (2001)은 소나무 해발고도 분포역이 0~1,725 m로 남한 전 지역에 분포한다고 보고하였지만, 본 연구에서는 해발고도 1,000 m 이하인 지역에서 분포하였다. 그리고 소나무와 잣나무 최우점군락은 교목층 및 하층식생에 주로 굴참나무와 신갈나무가 우점하여 굴참나무군락 또는 신갈나무군락으로 바뀔 것으로 예상된다.

4) 경사도

경제림육성단지 내 참나무 6종 우점 임분의 군락별 경사도 분포역을 분석한 결과, 갈참나무군락은 15~38°, 굴참나무군락은 11~52°, 굴참나무-소나무군락은 5~46°, 굴참나무-졸참나무군락은 10~42°, 떡갈나무군락은 37°, 상수리나무군락은 16~37°, 신갈나무군락은 8~56°, 신갈나무-굴참나무군락은 13~56°, 신갈나무-소나무군락은 10~51°,

졸참나무군락은 11~45°, 소나무-굴참나무군락은 6~49°, 소나무-신갈나무군락은 15~47°, 그리고 잣나무-신갈나무군락은 8~45°이었다 (Fig. 5). 군락별 입지환경 분포역 범위를 비교한 결과, 경사도는 신갈나무군락(8~56°)에서 가장 넓었으며, 떡갈나무군락(37°)에서 가장 좁았다 (Fig. 5).

Yang (2001)은 한반도의 신갈나무림이 평균 경사도 11~35°에서 분포한다고 보고하였고, Lee *et al.* (1999)은 백운산에서 신갈나무가 경사도가 높은 계곡부 또는 산정부에 분포한다고 보고 하였다. 본 연구에서는 신갈나무림의 경사도 분포역은 8~56° 더 넓었는데, 이는 신갈나무가 지형에 대한 환경적응력이 더 높아진 것으로 판단된다. 그리고 한반도에서 소나무가 우점하는 림은 경사도가 0~61°까지 분포한다고 보고되었는데 (Yang, 2001), 이는 본 연구결과와 유사하였다.

2. 주요 환경요인의 참나무 생태 지위

경제림육성단지내 참나무 6종의 환경 분포역을 분석한 결과, 갈참나무는 고도 55~465 m, 경사도 15~38°, 연평균기온 11.0~12.9°C, 그리고 연강수량 1,077.7~1,398.0 mm에 분포하였다. 굴참나무는 고도 90~913 m, 경사도 5~52°, 연평균기온 9.2~13.8°C, 그리고 연강수량 1,066.6~1,554.9 mm에 분포하였다. 떡갈나무는 고도 610 m, 경사도 37°, 연평균기온 11.3°C, 그리고 연강수량 1,402.4 mm에 분포하였다. 상수리나무는 고도 60~516 m, 경사도 16~37°, 연평균기온 10.5~14.3°C, 그리고 연강수량 1,036.5~1,504.8 mm에 분포하였다. 신갈나무는 고도 147~1,388 m, 경사도 8~56°, 연평균기온 7.7~14.3°C, 그리고 연강수량 1,072.7~1,780.9 mm에 분포하였다. 졸참나무는 고도 93~950 m, 경사도 11~45°, 연평균기온 11.4~13.7°C, 그리고 연강수량 1,062.6~1,504.7 mm에 분포하였다 (Table 2, Fig. 6). 환경요인 간 상관관계에 따른 경제림육

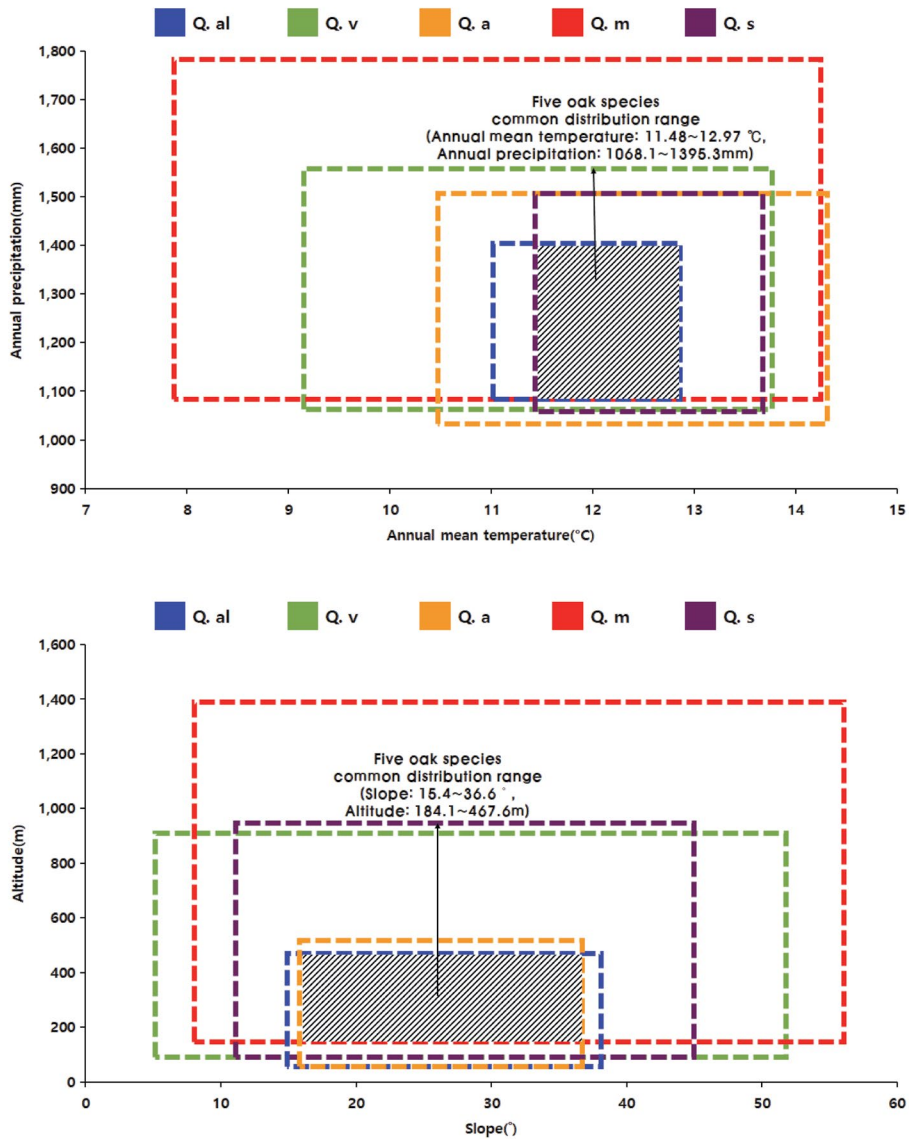


Fig. 6. Environment distribution range of five species oak in economical forest growing sites according to the correlation between environmental factors (Q.al = *Quercus aliena*, Q.v = *Quercus varibilis*, Q.a = *Quercus acutissima*, Q.m = *Quercus mongolica*, Q.s = *Quercus serrata*).

성단지내 참나무 5종(떡갈나무는 출현한 임분수가 1개라 제외)의 공통 분포역을 분석하였다. 그 결과, 참나무 5종의 공통 입지환경 분포역은 고도 184.1~467.6 m, 경사도 15.4~36.6°, 연평균기온 11.48~12.97°C, 그리고 연강수량 1068.1~1,395.3 mm이었다(Fig. 6).

굴참나무(Cho *et al.*, 2013), 떡갈나무(Kim *et al.*, 2020), 상수리나무(Cho *et al.*, 2013), 신갈나무(Cho, 2014), 그리고 졸참나무(Cho *et al.*, 2014)의 초기 유식물을 이용하여 생태적 지위를 비교한 결과, 광 조건에서는 굴참나무, 떡갈나무, 상수리나무, 신갈나무, 졸참나무 순으로 넓었으며, 수분 조건에서는 떡갈나무, 굴참나무, 상수리나무, 신갈나무,

졸참나무 순으로 넓었다. 본 연구에서 광 조건과 수분 조건이랑 관련 있는 연평균기온과 연강수량을 통해 비교한 결과 상이한 결과를 나타내고 있었다. 이는 초기 유식물이 성장함에 따라 환경에 대한 내성이 달라지기 때문으로 판단된다.

결론

본 연구는 한국 전체 산림을 대상으로 조사한 객관적인 자료를 이용하여 경제림육성단지 내 참나무림의 임분 관

리를 위한 기초 정보를 구축하기 위해 유형을 분류하고, 입지환경조건을 분석하였다. 환경분포범위는 신갈나무림이 가장 넓었고, 떡갈나무림이 가장 좁았다. 이는 신갈나무가 지형적 요인 및 기후요인과 관련된 환경적응 범위가 넓다는 것을 의미하며, 추후 경제림육성단지 내 신갈나무의 우점범위가 넓어질 것으로 예상된다. 반면 떡갈나무는 환경적응범위가 매우 좁아 추후 경제림육성단지 내에서 쇠퇴되어 관리가 필요하며, 본 연구의 참나무 공통 분포역 자료를 이용하여 경제림육성단지를 관리 시 유용할 것으로 판단된다.

저자 정보 이승연(국립공주대학교 박사), 김의주(국립공주대학교 박사과정), 이응필(국립생태원 연구원), 조규태(국립공주대학교 겸임교수), 박재훈(국립공주대학교 박사), 이영근(국립산림과학원 연구관), 정상훈(국립산림과학원 연구사), 홍용식(국립세종수목원 연구원), 박진희(국립낙동강생물자원관 연구원), 최승세(국립생태원 연구원), 김해란(국립생태원 연구원), 유영한(국립공주대학교 교수)

저자기여도 개념설정: 유영한, 김해란, 이승연, 홍용식, 방법론 및 분석: 이승연, 홍용식, 김의주, 이응필, 조규태, 박재훈, 김해란, 실험 및 자료제공: 이승연, 홍용식, 이응필, 이영근, 김의주, 원고 초안작성: 이승연, 홍용식, 정상훈, 원고교정 및 검토: 최승세, 박진희, 김해란, 이영근, 유영한, 조규태

이해관계 이 논문에는 이해관계 충돌의 여지가 없음.

연구비 이 논문은 2017년 공주대학교 교내 학술비 연구지원에 의하여 연구되었음(Project No. 2017-0170-01).

REFERENCES

- Bae, S.W., S.K. Kim and K.J. Lee. 2003. Study of Tending System by Natural Deciduous Forest Types. *Korean Forest Society Academic Presentation Paper* **2003**: 100-101.
- Byeon, D.W., H.J. Lee and C.H. Kim. 1998. Vegetation Pattern and Successional Sere in the Forest of Mt. Odae. *Journal of Ecology and Environment* **21**(3): 283-290.
- 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.
- 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.M. Jeong, Y.S. Han and S.H. Lee. 2014. Variation of Ecological Niche of *Quercus serrata* under Elevated CO₂ Concentration and Temperature. *Korean Journal of Environment Biology* **32**(2): 95-101.
- Fang, J. and M.J. Lechowicz. 2006. Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world. *Journal of Biogeography* **33**: 1804-1819.
- Han, B.H., J.Y. Kim, S.C. Park and S.Y. You. 2013. A Study on Vegetation Structure of Yeongsil and Seongpanak in Jeju-Do, Korea. *Korean Society of Environment and Ecology Conference Papers* **23**(1): 42-43.
- Hong, J.M. 2016. A Study on the Hardwood Natural Regeneration in Useful Hardwood Mother tree Stand Area. Sangji University. M.S. Thesis.
- Hong, Y.S., E.J. Kim, E.P. Lee, S.Y. Lee, K.T. Cho, Y.K. Lee, S.H. Chung, H.M. Jeong 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**(4): 438-453.
- Jang, H.S. and Y.J. Yim. 1985. Vegetation Types and Their Structures of the Piagol, Mt. Chiri. *Journal of Plant Biology* **28**(2): 165-175.
- Jung, T.H. and W.C. Lee. 1965. A Study of the Korean Woody Plant Zone and Favorable Region for the Growth and Proper Species. *Journal of Sungkyunkwan University* (in Korean), p. 365.
- Kim, E.J., Y.H. Jung, J.H. Park, E.P. Lee, S.Y. Lee, S.I. Lee, Y.S. Hong, R.H. Jang, S.H. Chung, Y.K. Lee, Y.H. You and K.T. Cho. 2020. Growth Response and Ecological Niche of *Quercus Dentata* Thunb. Sapling under the Light, Moisture Content, Soil Texture and Nutrient Treatment. *Korean Journal of Environment and Ecology* **53**(1): 102-108.
- Korea Forest Service (KFS). 2019. Forest Basic Statistics. Korea Forest Service, p. 361.
- Korea Meteorological Administration (KMA). 2019. <https://data.kma.go.kr/>.
- Lee, H.J., B.H. Bae, H.R. Jung, Y.M. Jeon and M.P. Hong. 1999. Forest Vegetation and Soil Environment on Mt. Paekun. *Korean Journal of Environmental Biology* **17**(1): 35-50.
- 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 Wetland Research*, **14**(2): 237-242.
- National Institute of Forest Science (NIFS). 2019. Forest Type Characteristics of Broad-leaved Forests to Prepare Management Plans According to Stand Characteristics. National Institute of Forest Science, p. 119.
- Schweingruber, F.H. 1988. Tree rings: Basic and Applications of Dendrochronology. Dordrecht, the Netherlands: D. Reidel, Publishing Company Bostamp, p. 276.
- Uyeki, H. 1933. On the forest zones of Korea. Acta Phytotax,

- Geobot 2: 73-85 (in Japanese).
- Vogt, K.A., J.C. Gordon, J.P. Wargo, D.J. Vogt, H. Asbjornsen, P.A. Palmiotto, H.J. Clark, J.L. O'Hara, W.S. Keaton, T. Patel-Weynand and E. Witten. 1997. Ecosystems (Balancing Science with Management. Springer-Verlag Inc., New York, U.S.A, p. 470.
- Yang, H.M. and J.H. Kim. 2002. Selection of Desirable Species by the Estimation of Dominant and Potential Dominant Species in the Natural Deciduous Forest. *Forestry Bioenergy* **21**(2): 77-88.
- Yang, K.C. 2001. Classification of Major Habitats Based on the Climatic Conditions and Topographic Features in Korea. Chung-Ang University. Ph.D. Thesis.
- Yim, K.B. 1968. Jorimhak Wonron (Principles of silviculture). Hyangmunsa, Seoul, p. 492 (in Korean).
- Yoon, M.H., W.K. Lee and M.I. Kim. 2013. The Effects of Climate Factors on the Tree Ring Growth. *Journal of Climate Change Research* **4**(3): 255-267.
- You, Y.H., G.W. Gi, D.U. Han, Y.S. Kwak and J.H. Kim. 1995. Succession and Heterogeneity of Plant Community in Mt. Yongam, Kwangnung Experimental Forest. *Korean Journal of Ecology* **18**(1): 89-97.
- You, Y.H., H.T. Moon, S.R. Cho and K.T. Cho. 2015. Experiment book of Field biology and ecology. Jinyoung Publisher Incheon, p. 264.