

세 가지 환경구배에 따른 신갈나무의 생태적 지위폭과
상수리나무, 굴참나무와의 생태적 중복역

이 호 중 · 유 영 한*

공주대학교 생물학과

Ecological Niche Breadth of *Q. mongolica* and Overlap
with *Q. acutissima* and *Q. variabilis* along with
Three Environment Gradients

Ho-Jong Lee and Young-Han You*

Department of Biology, Kongju National University, Gongju 314-701, Korea

Abstract – In order to characterize the ecological traits of *Q. mongolica*, we treated the seedlings of this species with three environmental factors, light, moisture and nutrient gradients from March to October 2007, and measured morphological and ecological 17 characters. Lastly calculated ecological niche breadth and niche overlap between *Q. mongolica*-*Q. acutissima* and *Q. mongolica*-*Q. variabilis*, and analysed them with a special reference to ecological distribution pattern and their competition relationship in Korea. The ecological niche breadth of *Q. mongolica* showed the lowest in nutrient treatment, but the highest in soil moisture treatment. The ecological niche value under light was intermediate. On comparison of the ecological niche breadth of three oak species, *Q. mongolica* showed the highest in light environment, which might be a reason for the dominant distribution in the forest plant community, Korea. The ecological niche overlap of *Q. mongolica*-*Q. acutissima* and *Q. mongolica*-*Q. variabilis* was the widest in moisture treatment, but the narrowest in nutrient treatment and the intermediate in light one. These results means that these three oak species be most competitive in moisture environment than light or nutrient one, and that there are least differentiated among oak species for soil moisture condition. Cluster and PCA ordination showed that *Q. mongolica* and *Q. acutissima* were more closely arranged than *Q. mongolica* and *Q. variabilis*. From these results, it can be explained that *Q. mongolica* have more similar ecological niche with *Q. acutissima* than with *Q. variabilis*, consequently competition between *Q. mongolica* and *Q. acutissima* is intensive than *Q. mongolica* and *Q. variabilis* for environment condition, especially in soil moisture.

Key words : competition, environmental gradient, niche breadth, niche overlap, *Quercus mongolica*

*Corresponding author: Young-Han You, Tel. 041-850-8508
Fax. 041-850-8505, E-mail. youeco21@kongju.ac.kr

서론

신갈나무는 한반도 온대 낙엽수림의 우점식생이고, 이 신갈나무의 물질생산을 바탕으로 산림생태계의 먹이그물이 시작되고 기능이 작동된다고 할 수 있다. 또한 신갈나무의 열매는 하늘다람쥐, 멧돼지, 반달곰 등의 많은 대형 포유동물과 어치, 원앙과 같은 조류의 중요한 먹이원이다(임업연구원 1988).

한반도에서 낙엽성 참나무류의 집중적인 분포지는 중부 이남이나(김 등 1981), 신갈나무는 우리나라의 중부와 남부의 거의 전 지역에 분포하고 있다(정과 이 1965). 신갈나무의 최적 분포지의 WI(warmth index)는 55~90 °C·month로 북위 35°~38°에서 해발고는 200m~1,400m에 이른다(임과 백 1985; Kim *et al.* 1988; 김과 임 1989; 김 등 1989; 김 1992; 임과 김 1992; 이 등 1994; 송 등 1995). 이러한 지역은 식물구계 구분으로 볼 때 중부아구와 남부아구의 고지대에 해당된다(이 등 1978).

본 연구의 대상종인 참나무들의 입지 분포에서 상수리나무는 지형적인 차이, 광과 토양 습도 등 국지적 환경특성의 형성 등으로 마을 주변의 적습한 곳에서, 굴참나무는 돌이 많거나 바위가 많은 건조한 사면에서 우점하여 분포하며, 신갈나무는 해발 고도가 높은 곳에서 기후적 극상뿐만 아니라, 바위가 노출되어 있고 척박하며 건조한 사면과 산등성이 또는 북사면에서 지형적 또는 토양적 극상림을 유지하고 있다(김 등 2000; 송 2007). 특히 신갈나무림은 많은 식생학적 연구들을 통하여 한반도에서 자생하는 낙엽성 참나무 19분류군 중(이 2003; 박 등 2005) 천이 후기종 또는 극상종으로 추정되고 있다(강과 오 1982; 유 등 1995; You *et al.* 1996; 김과 길 2000). 그러나 아직까지 환경조절과 실내실험을 통하여 한반도 참나무속 식물의 생태학적 지위에 대한 연구는 거의 없는 실정이다(송 등 2003; 김 등 2008; 정 등 2009).

한편 생태적 지위는 생물의 구조적 적응, 생리적 반응 및 생물종의 행동결과로 나타나며, 이는 그 종이 군집이나 생태계 내에서 차지하는 역할이다(Odum 1969). 생태적 지위는 생태적 지위폭과 생태적 지위 중복역으로 구분된다. 생태적 지위폭은 한 종이 자연에서 차지하는 고유한 역할의 척도이다. 생태적 지위폭이 중간 차이가 나는 것은 유전적으로 고정되어 있어서 환경이 변화하여도 변화하지 않기 때문이며, 그렇기 때문에 이를 측정하여 생물 종의 천이 계열을 밝히는 데 이용될 수 있다(Zangerl 1981). 생태적 지위폭이 좁은 종은 특수한 서식처가 필요하고, 그에 따라 종의 분포역이 좁고 개체수가 적은

데 반하여, 넓은 종은 환경변화에 잘 적응할 수 있어서 분포역이 넓고 개체수도 많다(Pianka 1983).

생태적 지위 중복역은 종 간에 겹치게 되는 생태적 지위폭으로 자원에 대한 경쟁의 정도를 가늠할 수 있는 척도가 될 수 있다(박 2003). 동일한 생태적 지위를 가지면 자연자원에 대한 경쟁이 필연적으로 일어나고, 경쟁의 정도는 생태적 지위 중복역의 너비에 비례한다. 또한 생태적 지위 중복역을 이용하여 종 내 또는 종 간에 일어나는 경쟁의 정도를 비교할 수 있다(Abrams 1980).

본 연구는 우리나라 자연식생에서 가장 우점하는 신갈나무의 생태학적 특성을 규명하기 위하여 생태적 지위폭을 실내실험을 통하여 밝히고, 신갈나무-상수리나무와 신갈나무-굴참나무 간에 얼마나 생태적으로 유사한지를 생태적 중복역을 구하여 비교하고, 나아가 이러한 결과를 기초로 우리나라 자연에서 이들 참나무 3종이 분포하는 주요 환경요인을 파악하고, 이들 종 간에 일어날 수 있는 경쟁관계를 설명하고자 시도하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 유식물은 국내에서 자생하는 목본인 신갈나무(*Q. mongolica*)의 종자를 서울대학교 주변 관악산에서 2006년 10월에 채집하여 4°C 냉장 보관하였다. 종자는 모식물의 영향을 최소화 하기 위하여 크기가 유사한 것을 사용하였다. 선발된 종자는 지름 24 cm, 높이 23.5 cm인 화분에 2007년 3월에 발아시켜 사용하였다.

1. 환경요인의 구배

처리한 환경요인은 식물의 분포에 일반적으로 가장 중요하다고 알려진 광, 수분과 영양소(Barbour *et al.* 1991)이고, 환경구배는 각 환경요인에 대하여 4구배로 처리하여 실험하였다.

광처리는 온실에 입사되는 전 일광(100%, 구배 4, L4)을 기준으로 차광막을 이용하였다. 구배 1(10%, L1), 구배 2(30%, L2)와 구배 3(70%, L3)은 차광막의 두께를 달리하여 입사광의 양을 조절하였다. 이때 광 구배는 조도계(TE5-1332A)로 측정하였다.

영양소처리는 화분에 들어가는 모래의 부피를 기준(100%)으로 하였는데, 그 모래에 대한 유기물의 비율은 구배 1(0.5%, N1), 구배 2(2%, N2), 구배 3(5%, N3)과 구배 4(10%, N4)가 되게 배합하였다.

수분처리는 화분에 들어가는 토양의 포장용수량(carrying water capacity) 800 mL(구배 4, M4)를 최대값으로 하고, 이보다 적은 수분량을 400 mL(구배 1, M1), 600 mL

(구배 2, M2), 700 mL(구배 3, M3)로 줄여 4일 간격으로 공급하였다.

사용한 토양은 환경의 조건이 유사한 모래(직경 크기 2 mm 이하)를 사용하였다.

2. 재배 및 측정

이와 같이 환경을 처리한 화분은 2007년 3월 6일부터 10월 5일까지 공주대학교 온실에서 키웠다. 생태적 지위를 측정하기 위하여 측정항목은 잎몸길이 (cm), 잎폭길이 (cm), 잎자루길이 (cm), 지상부길이 (cm), 줄기길이 (cm), 줄기직경 (cm), 뿌리길이 (cm), 잎몸무게 (g), 잎자루무게 (g), 잎무게 (g), 줄기무게 (g), 지상부무게 (g, A), 뿌리무게 (g, R), 식물체무게 (g), 잎밀도, 지상부에 대한 지하부비 (A/R ratio), 광합성기관투자비 (photosynthetic investment)이다.

잎밀도는 잎이 줄기에 모여있는 정도이고, A/R ratio는 지상부에 대한 지하부의 비, 광합성기관투자비 (photosynthetic investment)는 잎몸무게에 대한 식물전체무게에서 잎무게를 뺀 비를 말한다.

지하부는 토양을 완전히 제거하여 측정하였고, 지상부는 잎몸, 잎자루, 줄기 등을 구분하여 길이를 측정 후 70 °C에서 건조시켜 부위별 건중량을 측정하였다.

3. 생태적 지위폭과 생태적 중복역 계산

생태적 지위폭은 환경구배별 각 형질의 평균치를 이용하여 계산하였다.

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

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

두 종의 생태적 중복역은 환경구배별 각 형질의 평균치를 이용하여 Schoener(1970)의 방법에 따라 비례유사도(proportional similarity)를 계산하였다. 생태적 지위가 동일하면 생태적 지위가 완전히 중복되면 그 값은 1이고 전혀 다르다면 0이다(여천생태연구회 2005).

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

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

상수리나무와 굴참나무의 생태적 지위에 관한 자료는 동일조건에서 수행되어 얻어진 것 김 등(2008)의 자료

↑
문장 확인요망!!!

Table 1. Niche breadth of *Q. mongolica* along three environmental factors

Character	Light	Moisture	Nutrient
Lamina length	0.999	0.997	0.990
Leaf width	0.992	0.996	0.986
Petiole length	0.973	0.998	0.988
Shoot length	0.991	0.994	0.989
Stem height	0.995	0.990	0.981
Stem diameter	0.993	0.997	0.981
Root length	0.992	0.995	0.991
Lamina weight	0.989	0.993	0.846
Petiole weight	0.727	0.995	0.420
Leaf weight	0.933	0.993	0.939
Stem weight	0.945	0.985	0.935
Shoot weight	0.945	0.995	0.943
Root weight	0.855	0.998	0.887
Total weight	0.900	0.998	0.909
Leaf density	0.922	0.995	0.996
A/R ratio*	0.966	0.994	0.888
Photosynthetic investment**	0.897	0.991	0.965
Mean ± S. D.	0.942 ± 0.070	0.994 ± 0.003	0.920 ± 0.136

*: Above ground biomass/Root biomass

** : Leaf body mass/(total mass-leaf mass)

를 인용하였다.

4. 통계처리

환경요인 구배에 따른 두 종의 경쟁의 정도와 생육적 반응의 경향성을 밝히기 위하여 환경요인의 각 구배에 따른 반응의 평균치를 이용하여 유집분석(cluster analysis)과 주성분분석(PCA, principal component analysis)을 실시하였다. 유집분석은 유클리드거리를 구한 후 비가중치 그룹쌍 평균(UPGA, unweighted pair-group average)법을, 주성분분석은 측정항목의 상관값을 이용하였다. 이상의 통계분석은 Statistica(Statsoft Co. 2006)를 사용하였다(노와 정 2002).

결과 및 고찰

1. 생태적 지위폭

신갈나무의 생태학적 지위폭은 영양소구배 < 광구배 < 수분구배 순으로 증가하였다(Table 1). 광처리구에서 생태학적 지위폭은 17가지 형질 중 14가지(전체의 82%) 형질에서 0.90 이상으로 높게 나타났으나, 잎자루무게와 뿌리무게, 광합성기관 유지비의 지위폭은 0.73~0.89로 다소 낮게 나타났다. 수분처리구에 대한 생태적 지위폭은 측정항목 17가지 형질 모두에서 0.98 이상으로 높게 나타남으로써 신갈나무는 수분구배에 대한 반응이 적다는

것을 알 수 있다. 빛이나 영양소보다 수분에서 지위폭이 높게 나온 것은 상수리나무와 굴참나무의 결과와도 유사하다(김 등 2008). 참나무 3종에서 나타난 이러한 결과는 수분조건이 크게 변하여도 이들 3종의 생육반응은 크지 않다는 것을 뜻한다. 즉 건조하거나 과습의 조건이 되어도 어느 한 종이 아주 못 자라거나 잘 자라지는 않는다는 것이다.

영양소처리구의 생태적 지위폭은 광처리구의 경향성과 유사하게 잎몸길이, 잎폭길이, 잎자루길이, 지상부길이, 줄기길이, 줄기직경, 뿌리길이, 잎무게, 줄기무게, 지상부무게, 식물체무게, 잎밀도가 높았고, 잎자루무게, 뿌리무게는 낮았다. 특히 잎자루무게에서는 0.42로 가장 작은 값을 나타냈다.

세 가지 환경에 대한 신갈나무의 형질별 생태적 지위폭을 정리하면, 17가지 형질 중 잎자루무게, 뿌리무게, 광합성기관유지비가 상대적으로 다른 형질보다 낮게 나타났다. 이는 이 세 가지 형질이 다른 형질보다 환경변화에 대한 안정적인 형질로 사용할 수 있음을 뜻한다. 상수리나무에 대한 연구결과에서도 본 신갈나무 연구결과와 유사하게 잎과 관련된 형질에서 생태적 지위폭이 다소 높게 나온 바가 있다(김 등 2008; 정 등 2009).

신갈나무 생태학적 지위폭은 0.92~0.99로 그 범위가 0.07이었는데, 이러한 값은 굴참나무의 범위 0.14(0.83~0.97)나 상수리나무의 범위 0.10(0.89~0.99)보다 적었다(김 등 2008). 또한 수분구배에서 신갈나무의 생태적 지위폭의 평균치(0.99)는 김 등(2008)의 상수리나무의 것(0.99)이나, 굴참나무의 것(0.97)과 유사하였다. 그러나 영양소구배에서는 신갈나무의 생태적 지위폭의 평균치(0.92)는 김 등(2008)의 상수리나무의 것(0.97)이나, 굴참나무의 것(0.94)보다 좁았고, 광구배에서는 신갈나무가 0.94로서 상수리나무의 0.89, 굴참나무의 0.83보다 높은 값이었다(김 등 2008).

즉 신갈나무는 수분 환경요인에 대해서는 상수리나무나 굴참나무와 서로 유사하게 생태적으로 반응을 하고, 영양소 환경요인에 대해서는 신갈나무는 이 두 종보다 적응력이 떨어지고, 광환경에 대해서는 신갈나무가 상수리나무와 굴참나무보다 적응도도가 더 크다는 것을 의미한다. 이는 한반도 산림식생에서 굴참나무나 상수리나무보다 신갈나무가 극상종으로 간주되거나 우점하는 현상은 수분이나 영양소와 같은 환경요인보다는 광에 대한 생태적 지위가 넓기 때문에 일어나는 것으로 해석된다. 이와 같이 육상생태계에서 산림군락의 목본천이에서 광이 다른 환경요인보다 결정적인 환경요인이라는 것은 일반적으로 알려진 사실이고(Barbour *et al.* 1987), 국내의 연구에서도 신갈나무가 다른 낙엽성 참나무보다 더

Table 2. Niche overlap between *Q. mongolica* and *Q. acutissima* on three environmental factors

Character	Light	Moisture	Nutrient
Lamina length	0.961	0.966	0.939
Leaf width	0.932	0.963	0.937
Petiole length	0.931	0.969	0.965
Shoot length	0.958	0.965	0.940
Stem height	0.834	0.978	0.903
Stem diameter	0.858	0.957	0.941
Root length	0.929	0.991	0.946
Lamina weight	0.768	0.966	0.767
Petiole weight	0.823	0.985	0.488
Leaf weight	0.902	0.970	0.924
Stem weight	0.910	0.934	0.885
Shoot weight	0.821	0.936	0.951
Root weight	0.961	0.945	0.906
Total weight	0.900	0.946	0.921
Leaf density	0.881	0.920	0.921
A/R ratio*	0.903	0.982	0.877
Photosynthetic investment**	0.885	0.952	0.860
Mean \pm S. D.	0.892 \pm 0.055	0.960 \pm 0.019	0.887 \pm 0.113

*: Above ground biomass/Root biomass

** : Leaf body mass/(total mass-leaf mass)

내음성이 있다고 밝혀진 바가 있다(하 1989).

한편, 영양소 환경요인으로 볼 때에는 신갈나무는 굴참나무나 상수리나무보다 생태적 지위폭이 좁아 오히려 경쟁에서 밀려날 수 있을 것으로 판단되는데, 이러한 예는 신갈나무 대신 굴참나무가 해발 600 m 이상의 척박한 산지에서 부분적으로 토지극상을 이루는 경우이다(김과 길 2000).

그러나 한반도에서 신갈나무가 다른 참나무류보다 고지대와 북부지방에서 우점하는 현상을 보다 더 자세하게 설명하기 위해서는 참나무류의 온도처리에 대한 연구가 앞으로 더 진행되어야 할 것으로 사료된다.

온실 실험을 통한 본문의 신갈나무에 대한 생태학적 지위폭의 결과는 야외에서의 분포와 관련지어 설명할 때 환경조건의 차이로 인한 결과 차이가 있을 수 있다(백 1995).

2. 생태적 중복역

환경요인에 대한 신갈나무와 상수리나무의 생태적 중복역은 영양소구배 < 광구배 < 수분구배 순으로 높았다(Table 2). 수분처리구에서는 17가지 형질 모두에서 0.92 이상(0.92~0.99)으로 다른 환경처리구보다 넓게 나타났다. 이는 수분에 대해서 신갈나무와 상수리나무의 경쟁이 광이나 영양소보다 심하다는 것을 뜻한다.

광처리구와 영양소처리구에서 잎몸무게와 잎자루무게의 생태적 중복역은 유사한 경향성을 보이며 0.48~0.82로 좁게 나타났다. 특히 영양소처리구에서 잎자루 무게

는 0.48로 가장 좁게 나타났다. 이와 같은 결과는 신갈나무와 상수리나무에서 외부 환경에 대하여 반응할 때 이들 형질이 다른 형질보다 두 종 간에 현저하게 다르게 나타남을 의미한다.

신갈나무와 굴참나무의 생태적 중복역은 신갈나무와 상수리나무의 생태적 중복역 결과와 같이 광처리구 (0.872)와 영양소처리구 (0.863)에서 좁았고, 수분처리구 (0.938)에서 가장 넓었다 (Table 3). 신갈나무와 굴참나무

의 생태적 중복역은 잎몸길이, 잎폭길이, 지상부길이, 뿌리길이, 잎밀도에서 0.92~0.98로 넓게 나타났다. 수분처리구에서는 잎자루무게 (0.884)를 제외한 16가지 형질에서 0.90(전체의 94%) 이상으로 넓게 나타났다. 이는 신갈나무-상수리나무의 결과와 같이 신갈나무-굴참나무의 생태적 중복역도 수분에 대해서 경쟁이 가장 심하다는 것을 의미한다.

광처리구와 영양소처리구에서 잎몸길이, 잎폭길이, 뿌리길이 및 잎밀도에 대한 두 종 간의 생태적 중복역은 유사한 경향성을 보이며 0.924~0.953으로 넓게 나타났다. 신갈나무-상수리나무 간의 생태적 중복역의 연구결과와 같이 신갈나무-굴참나무의 영양소처리구에서 잎자루 무게는 0.55로 가장 좁게 나타났다. 이는 두 종의 생태적 반응이 잎자루와 관련된 형질이 영양소를 달리할 때 가장 큰 차이가 남을 의미한다.

이를 종합하여 볼 때 위의 신갈나무-상수리나무와 신갈나무-굴참나무 간에는 토양의 수분환경요인에 대해서 종 간 경쟁이 가장 심하다는 것을 시사한다. 이와 같이 수분에 대한 생태적 지위가 신갈나무와 상수리나무 간의 관계가 신갈나무와 굴참나무와의 관계보다 더 유사하다는 결과는 김과 김 (1994)이 잎과 관련된 15가지 형질을 생리생태학적으로 측정 한 결과와는 상반되는 것이다. 이와 같은 상이한 연구결과는 잎의 생리적인 결과가 개체 수준에서 얼마나 생태학적인 현상으로 연결될 수 있는가의 문제로 이러한 문제를 해결하는 데 앞으로 개체군 수준뿐만 아니라 생리적 수준까지의 연구가 동시에 이루어져야 할 것으로 판단된다 (Barbour *et al.* 1987).

Table 3. Niche overlap between *Q. mongolica* and *Q. variabilis* on three environmental factors

Character	Light	Moisture	Nutrient
Lamina length	0.945	0.980	0.953
Leaf width	0.942	0.969	0.952
Petiole length	0.893	0.903	0.959
Shoot length	0.927	0.964	0.953
Stem height	0.948	0.922	0.845
Stem diameter	0.924	0.937	0.787
Root length	0.932	0.945	0.953
Lamina weight	0.772	0.932	0.813
Petiole weight	0.889	0.884	0.549
Leaf weight	0.846	0.931	0.901
Stem weight	0.797	0.920	0.876
Shoot weight	0.833	0.935	0.894
Root weight	0.721	0.915	0.788
Total weight	0.755	0.921	0.827
Leaf density	0.924	0.964	0.932
A/R ratio*	0.860	0.967	0.821
Photosynthetic investment**	0.914	0.959	0.878
Mean ± S. D.	0.872 ± 0.073	0.938 ± 0.026	0.863 ± 0.101

*: Above ground biomass/Root biomass
 **: Leaf body mass/(total mass-leaf mass)

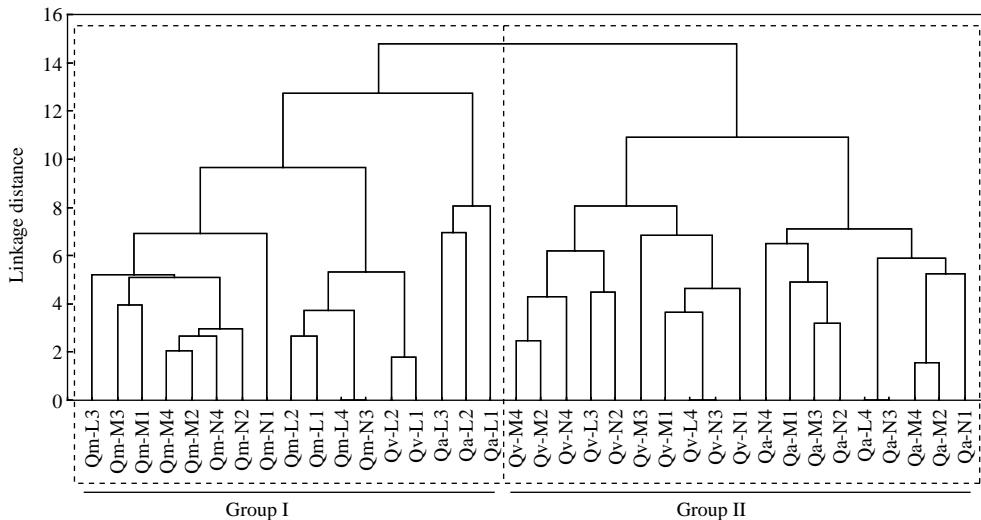


Fig. 1. Unweighted pair-group average clustering of reaction of *Q. mongolica* (Qm), *Q. acutissima* (Qa) and *Q. variabilis* (Qv) based on three environmental factors, light (L), water (M) and nutrient (N). Numeral indicates treatment gradients in each environmental factor.

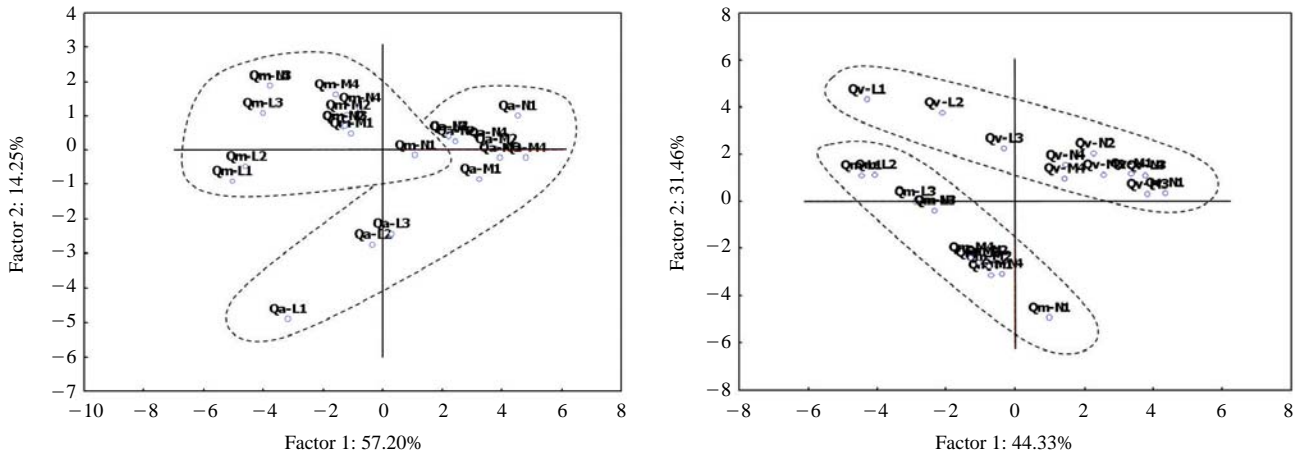


Fig. 2. PCA ordination of 24 individuals of *Q. mongolica* (Qm)-*Q. acutissima* (Qa) (left) and *Q. mongolica* (Qm)-*Q. variabilis* (Qv) (right) using 17 ecological and morphological variables treated with three environment factors (L: light treatment, M: moisture, N: nutrient). Numerals within plot indicate treatment gradients in each environmental factor.

3. 다변량 통계 분석

1) 유집 분석

환경구배에 따른 참나무류 3종은 종에 따라 크게 두 그룹으로 구분되었다 (Fig. 1). 그룹 I은 신갈나무 모든 처리구에 일부 상수리나무와 굴참나무의 광처리구 일부가 포함된 집단이고, 그룹 II는 굴참나무와 상수리나무에 속한 개체들의 집단이었다. 특이하게도 그룹 I에서 신갈나무 집단에 상수리나무 광 구배 1-3 (Qa-L1, Qa-L2, Qa-L3)과 굴참나무 광 구배 1-2 (Qv-L1, Qv-L2)가 포함되었다. 이러한 결과는 상수리나무나 굴참나무의 형질들은 수분이나 영양소의 조건보다 광, 특히 낮은 광 조건하에서 유사한 반응을 보인다는 것을 의미한다 (Phare 1971; Augustpurgur 1984). 이러한 결과는 낮은 광의 피음조건에서 참나무류는 종류와는 상관없이 동일한 경향의 내음성 기작을 유지하기 때문으로 해석된다.

그룹 II는 환경구배에 따른 반응이 다시 굴참나무그룹 (Qv)과 상수리나무그룹 (Qa)으로 뚜렷하게 분되었다. 이는 두 종의 반응이 환경구배에 대하여 신갈나무와 다르게 반응함을 의미하는 것이다 (김 등 2008).

2) PCA 분석

신갈나무와 상수리나무는 요인 1과 2에 의해 유집분석의 결과보다 더 명확히 구별되었다 (Fig. 2 left). 신갈나무는 축의 우측 윗부분에 좁게 나타났지만 상수리나무는 신갈나무보다 아랫 부분에 좌로부터 우측까지 더 길게 걸쳐 나타났다. 신갈나무 중 영양소구배 1 (Qm-N1)은 상수리나무 내 처리구에 가깝게 배열하였다.

신갈나무와 굴참나무는 요인 1과 2에 의해 신갈나무와 상수리나무의 배열보다 더 명확히 구별되었다 (Fig. 2

right). 신갈나무와 굴참나무 두 종은 넓은 범위에 고루 나타났다.

이와 같은 결과로 볼 때 신갈나무와 상수리나무는 생태적 지위가 유사하여 환경요인에 대한 경쟁이 신갈나무와 굴참나무에 비해 더 심하다는 것을 뜻한다.

적 요

신갈나무의 생태적 특성을 밝히기 위하여 유식물의 주요 환경요인 중 광, 수분과 영양소를 각각 4구배로 처리하고, 2007년 3월~10월까지 양묘하여 17가지의 형태 및 생태형질을 측정하여 생태적 지위폭을 계산하였다. 그리고 이 지위폭과 상수리나무와 굴참나무와의 생태적 중복역을 비교분석하여 3종의 분포적 특성과 경쟁관계를 생태적으로 해석하고자 하였다. 신갈나무의 생태적 지위폭은 환경요인 중 영양소구배에서 가장 낮았고, 수분구배에서 가장 높게 나타났다. 광구배에서는 그 중간이었다. 신갈나무는 광환경에 대해서만 상수리나무나 굴참나무보다 생태적 지위폭이 크으로써 이는 3종의 참나무가 경쟁시 광환경에서는 신갈나무가 우월하며, 또한 한반도에서 신갈나무가 우점하는 원인 중의 하나가 광환경에 대한 높은 적응력일 수 있음을 의미하는 것이다. 신갈나무-상수리나무와 신갈나무-굴참나무의 생태적 중복역은 수분구배에서 가장 넓었고, 영양소구배에서 가장 좁게 나타났다. 광구배에서는 그 중간이었다. 이는 참나무 3종이 영양소환경이나 광환경에 대해서는 서로 간 생태적 분화가 수분 환경보다 상대적으로 많이 일어났음을 뜻한다. 유집분석과 주성분분석을 이용한 참나무 3종의 환

경구배에 대한 반응에서는 신갈나무-상수리나무 간의 공간적 위치는 신갈나무-굴참나무 간의 위치보다 서로 가깝게 배열되어 나타났다. 이상의 결과는 신갈나무와 상수리나무는 생태적 지위가 유사하여 환경요인, 특히 수분환경에 대한 경쟁이 신갈나무와 굴참나무에 비해 더 심하게 일어남을 의미한다.

참 고 문 헌

- 강윤순, 오계철. 1982. 광릉삼림군집에 대한 ordination 방법의 적용. 한식지. 25:83-99.
- 김윤식, 고성철, 오병운. 1981. 한국식물의 분포도에 관한 연구(V) - 참나무과의 분포도 -. 고려대학교 이공논집. pp. 93-133.
- 김정언, 길봉섭. 2000. 한국의 신갈나무 숲 -그의 환경, 식생과 생활-. 원광대학교출판국. pp.98-101.
- 김정언, 임양재. 1989. 청량산 도립공원의 현존식생. 자연보존. 68:32-48.
- 김정언, 임양재, 양권열. 1989. 소백산 국립공원 남동사면의 현존식생. 중앙대학교 기초과학연구소. 3:101-114.
- 김종욱, 김준호. 1994. 수종 참나무속 유식물의 건조스트레스에 대한 기공저항의 조절과 전략의 분화. 한국생태학회지. 17:241-249.
- 김지문, 권기원, 문홍규. 1985. 참나무 천연집단의 엽형변이. 한국임학회지. 70:91-101.
- 김창환. 1992. 덕유산 국립공원 삼림식생의 구조와 2차천이에 관한 연구. 원광대학교 대학원 박사학위논문. p.156.
- 김해란, 정현모, 김혜주, 유영한. 2008. 상수리나무와 굴참나무의 생태적 지위에 관한 연구. 환경생물. 26(4):385-391.
- 노형진, 정한열. 2002. STATISTICA에 의한 알기 쉬운 통계 분석. 형설출판사. pp.535-556.
- 박병현. 2003. 환경구배에 따른 초본 4종의 생태적 지위에 관한 연구. 서원대학교 교육대학원 석사학위논문. pp.1-4.
- 박진희, 정명기, 선병윤, 김기중, 박재홍, 박종욱. 2005. 한국산 참나무속 참나무과속 (너도밤나무과)의 수리분류학적 분석. 식물분류학회지. 35:57-80.
- 백명수. 1995. 참나무속 3종의 유식물 정착과 성장과정의 비교. 가톨릭대학교 대학원 석사학위논문. pp. 21-46.
- 송민섭. 2007. 한국 상수리나무림의 분포와 군집구조 분석. 창원대학교 생물학과 이학박사청구논문.
- 송중석, 송승달, 박재홍, 서봉보, 정화숙, 노광수, 김인선. 1995. 서열법과 분류법에 의한 소백산 신갈나무림에 대한 식물사회학적 연구. 한국생태학회지. 18:63-87.
- 송호경, 이미정, 이 선, 김효정, 지윤위, 권오원. 2003. 신갈나무림의 생태구조와 생태적지. 한국임학회지. 92:409-420.
- 여천생태연구회. 2005. 개정판 현대생태학실험. 교문사. pp. 239-243.
- 유영한, 지광재, 한동욱, 광영세, 김준호. 1995. 광릉 내 용암산 식물군집의 천이와 이질성. 한국생태학회지. 18(1):89-97.
- 이우철, 백원기, 김문기. 1994. 설악산 신갈나무림의 식물사회학적 연구. 한국생태학회지. 17:319-331.
- 이창복. 2003. 원색 대한식물도감(상). 청아문화사. pp.197-211.
- 임양재, 김정언. 1992. 지리산의 식생. 중앙대학교 출판부. p. 467.
- 임양재, 백순달. 1985. 설악산의 식생. 중앙대학교 출판부. p. 200.
- 임업연구원. 1988. 참나무자원의 종합이용 개발에 관한 연구(I). 과학기술처. p.226.
- 정태현, 이우철. 1965. 한국 삼림식물대 및 적지적수론. 성균관대학교 논문집. 10:329-435.
- 정현모, 김해란, 유영한. 2009. 환경구배치리에 따른 상수리나무, 굴참나무와 신갈나무의 생육 차이. 환경생물. 27(1): 82-87.
- 하사헌. 1989. 상위한 광강도 하에서 자란 참나무속 유식물의 생장과 광합성, 서울대학교 대학원 석사학위논문. p.60.
- Abrams P. 1980. Some comments on measuring niche overlap. Ecol. 61:44-49.
- Auguspurgur CK. 1984. Light requirements of neotropical tree seedlings: a comparative study of growth and survival. J. Ecol. 72:777-795.
- Barbour MG, JH Burk and WD Pitts. 1987. Terrestrial plant ecology. 2nd ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California. 634pp.
- Kim JU, YJ Yim and BS Kil. 1988. Classification and pattern analysis of forest vegetation in Daedunsan provincial park, Korea. The Korean Journal of Ecology 11:109-122.
- Odum EP. 1969. The strategy of ecosystem development. Science 164:262-270.
- Phare RE. 1997. Growth of red oak (*Quercus rubra* L.) seedling in relation to light and nutrients. Ecology 52:669-672.
- Pianka ER. 1983. Evolutionary Ecology. 3rd ed. Harper & Row, NY. p.253.
- Schoener TW. 1974. Some methods for calculating competition coefficients from resource utilization spectra. Amer. Natur. 108:332-340.
- You YH, ST Park, CS Lee and JH Kim. 1996. Simulation of forest succession in Kwangnung experimental forest with gap model. Korean J. Ecol. 19(6):499-506.
- Zangerl AR. 1981. Relationships between population and ecological variability. Ph. D. thesis, Univ. of Illinois, Ill. 102P.