

## 상수리나무와 굴참나무의 생태적 지위에 관한 연구

김해란 · 정현모 · 김혜주<sup>1</sup> · 유영한\*공주대학교 생물학과, <sup>1</sup>김혜주자연환경계획연구소Ecological Niche of *Quercus acutissima* and *Quercus variabilis*Hae-Ran Kim, Heon-Mo Jeong, Hyea-Ju Kim<sup>1</sup> and Young-Han You\*

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

<sup>1</sup>Institute of Landscape Planning Hyea-Ju Kim, Suwon, Gyeonggi-do 440-825, Korea

**Abstract** – In Korea, *Quercus acutissima* distributed in good condition with high nutrients and moisture content, but *Quercus variabilis* in dry soil or rock habitate. In order to understand this ecological distribution of *Q. acutissima* and *Q. variabilis*, we cultivated the seedlings of two oak species treated with light, soil moisture and nutrient gradients each four level, from May to October in glass house. Then we measured the ecological niche breadth and niche overlap of the two species, and analyzed the relationship of competition using cluster analysis and PCA ordination. Ecological niche breadths of *Q. acutissima* under moisture and nutrient treatments were slightly wider than those under light one. Among 14 characters measured, 6 characters related with length items were wider in all the environmental treatments, but 8 characters connected with weight terms narrower in light treatment. Ecological niche breadths of *Q. variabilis* under moisture and nutrient treatment were wider than those of light one. Ecological niche of *Q. acutissima* was wider than those of *Q. variabilis* in all the environmental treatments. Ecological overlap between two species was higher with a range of 0.87~0.92, especially higher in soil moisture factor. These results means that *Q. acutissima* is more competitive than *Q. variabilis*, especially in soil moisture condition. Two species were ordinated with distinct group based on 9 characters. From these results, it can be explained that what *Q. variabilis* distributed in bad soil condition is due to the escape strategy, because of its low competitive ability to *Q. acutissima* in natural communities.

**Key words** : ecological niche, environmental factor, distribution, *Q. acutissima*, *Q. variabilis*

## 서 론

생태적 지위(ecological niche)는 군집 내에서 한 생물이 차지하는 공간적 위치와 기능적 역할이다(Grinnell 1917). Hutchinson(1957)은 생태적 지위를 행동지위(behavioral niche)로 파악하였다. 그는 생물적 공간(먹이의

종류, 크기 등)과 비생물적 공간(온도, 수분, 광도 등)을 모두 포함한 다차원적 지위라는 용어를 처음 사용하였으며, 이것을 수식화할 수 있다고 주장하였다. Odum(1969)은 생태적 지위란 생물의 구조적 적응, 생리적 반응 및 종의 행동결과로 나타나는 군집이나 생태계 내에서 그 종이 차지하는 위치와 신분이라고 정의하여 생물의 생활 장소뿐만 아니라 역할을 강조하였다. 그는 서식처와 생태적 지위를 인간사회에 비유하여 서식처는 주소와 같고, 생태적 지위는 직업과 같다고 하였다.

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

생태적 지위는 생태적 지위폭(ecological niche breadth)과 생태적 중복역(Ecological niche overlap)으로 구분된다. 생태적 지위폭은 생물의 최저와 최고 내성한계 사이의 폭, 즉 내성의 범위이다(Pianka 1983). 생물은 그 내성의 범위 내에서 생존 가능하다, 그 범위 내에서도 이용도가 불균등하여 결국 자원이용은 정규분포 곡선을 이룬다. 생태적 지위폭은 종 또는 환경요인에 따라 다르다. 생태적 지위폭이 좁은 종은 특수한 서식처가 필요하므로 종의 분포역이 한정되고 개체수가 적는데 반하여, 넓은 종은 환경변화에 잘 적응할 수 있어서 분포역이 넓고 개체수도 많다(Pianka 1983; Lee 1985).

생태적 지위 중복역은 두 종의 비례 유사도로 표시된다. 동일한 생태적 지위를 가지면 자연자원에 대한 종내 또는 종간 경쟁을 피할 수 없으며 경쟁의 정도는 생태적 지위 중복역의 너비에 관계가 있다고 할 수 있다. 생태적 중복역으로 종내 또는 종간의 상대적 경쟁도를 비교할 수 있다(Abrams 1980).

우리나라 자연군락에는 낙엽성 참나무 종류 약 19분류군이 있다(이 2003; 박 2005). 그 중 상수리나무와 굴참나무는 다른 낙엽성 참나무 종들보다 분류학적으로 서로 가깝고(박 등 2005), 열매가 크고, 종자생산량이 높고, 생육속도가 빨라, 도토리목이나 버섯대목, 참숯으로 이용되는 등 생물자원으로서 가치가 매우 높다(임 1988).

두 종은 수평적으로 제주도 한라산으로부터 함경남도에 이르기까지 우리나라 전역에 분포하고, 수직적으로 해발 10 m에서 1,100 m까지 생육한다(송 2007). 좀 더 세밀한 분포를 보면, 상수리나무는 민가 근처 저지대 수분과 유기물이 많은 입지에 분포하지만, 굴참나무는 상수리나무보다 경사가 비교적 심하고, 수분이나 양분이 적은 척박한 건조지에 분포한다. 이와 같이 두 종이 서로 다른 분포를 갖는 원인에 대한 실험적인 연구결과는 아직까지 없다.

따라서 본 연구는 이러한 두 종의 분포적 특성의 원인을 밝히기 위하여 유리온실에서 싹을 틔워 유식물을 이용해 분포의 환경요인으로 가장 중요하다고 판단되는 광, 수분과 영양소를 환경구배에 따라 처리하여 생육분석을 하였다. 그리고 이를 정량화하여 생태적 지위폭과 생태적 지위 중복역을 비교함으로써 두 종이 서로 다른 분포적 특성을 밝히고자 시도하였다.

## 재료 및 방법

실험에 사용한 유식물은 국내에서 자생하는 상수리나무(*Quercus acutissima*, Qa)와 굴참나무(*Quercus variabi-*

*lis*, Qv) 종자를 받아서 사용하였다. 종자는 충남 공주시 신관동 인근 야산에서 2006년 10월에 채집하여 4°C에 냉장 저장한 후 2007년 3월에 크기가 유사한 종자를 선별하여 파종하였다. 파종은 지름 24 cm, 높이 23.5 cm인 화분에 직접 하였으며 각 화분에 2개체씩 생육시켜 실험에 사용하였다. 각 처리구마다 4반복을 하였으며, 사용한 개체수는 각 종마다 8개체이다.

### 1. 환경요인의 구배

처리한 환경요인은 식물의 분포에 일반적으로 가장 중요하다고 알려진 광, 수분과 영양소(Barbour *et al.* 1987)이고, 환경 구배는 각 환경요인에 대하여 4구배로 처리하여 실험하였다.

광 구배는 온실에 입사되는 전 일광 100%(구배 4, L4, 13,000~15,000 lux)을 기준으로 차광막을 이용하였다. 구배 1(10%, L1, 1,300~1,500 lux), 구배 2(30% L2, 3,900~4,500 lux)와 구배 3(70%, L3, 9,100~10,500 lux) 차광막의 두께를 조절하여 만들었다. 이때 광 구배는 조도계로 측정하였다. 토양의 유기물 구배는 모래를 기준으로 하여 유기물 비율을 0.5%(N1), 2%(N2), 5%(N3)와 10%(N4)가 되게 배합하였다. 유기물은 유기질함량이 46.7%인 유기질비료(주, 효성오앤비)를 사용하였다.

수분 구배는 4구배로 나누어 400 mL(M1), 600 mL(M2), 700 mL(M3), 800 mL(M4)씩 물을 주었다. 수분공급은 위의 양을 4일 간격으로 하였다. 이때 사용된 물은 수돗물을 받아서 안정화시킨 것이다.

### 2. 재배 및 측정

이와 같이 처리한 화분은 2007년 3월 6일부터 10월 5일까지 공주대학교 온실에서 키웠다. 측정항목은 잎몸 길이(cm), 잎폭(cm), 잎자루 길이(cm), 지상부 길이(cm), 줄기 길이(cm), 줄기 직경(cm), 뿌리 길이(cm), 잎몸 무게(g), 잎자루 무게(g), 잎 무게(g), 줄기 무게(g), 지상부 무게(g), 뿌리 무게(g), 식물체 무게(g)이다.

지하부는 물로 세척하여 흙을 완전히 제거하였으며, 지상부는 잎몸, 잎자루, 줄기 등을 구분하여 길이를 측정 한 후, 70°C 건조기에서 건조시켜 건중량을 측정하였다.

### 3. 생태적 지위폭과 생태적 중복역 계산

생태적 지위폭은 환경구배별 각 형질의 평균치를 Levins(1968)의 식에 적용하여 계산하였다.

$$\text{생태적지위폭} = 1 / \sum (P_i^2) S$$

$P_i$ : 환경구배  $i$ 에 대한 상대반응비 (총반응량에 대한 각 구배에서의 평균 반응량의 비)

$S$ : 환경구배의 수준수

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

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

$P_{ij}$ =환경구배  $i$ 에 대한  $j$ 종의 상대 반응비

$P_{ih}$ =환경구배  $i$ 에 대한  $h$ 종의 상대 반응비

#### 4. 통계처리

환경요인 구배에 따른 두 종의 생육적 반응의 경향성을 밝히기 위하여 환경요인의 각 구배에 따른 반응의 평균치를 이용하여 Statistica 통계패키지 (Statsoft Co. 2006)의 유집 분석 (cluster analysis)과 주성분분석 (principal component analysis)을 실시하였다. 유집 분석은 유클리드 거리를 구한 후 비가중치 그룹쌍 평균 (UPGMA, unweighted pair-group average)으로 유집 (clustering)하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 생태적 지위폭

상수리나무의 생태적 지위폭은 잎몸 길이, 잎폭, 잎자루 길이, 지상부 길이, 줄기 길이와 뿌리 길이는 광, 수분과 영양소 처리 구배에서 모두 0.910~1.000로 넓었다. 그러나 줄기 직경, 잎몸 무게, 잎자루 무게, 잎 무게, 줄기 무게, 지상부 무게, 뿌리 무게와 식물체 무게의 생태적 지위폭은 수분, 영양소 구배에서는 0.82~1.00로 넓었으나, 광 구배에서는 0.68~0.87로 좁았다. 전체적으로 볼 때 상수리나무의 생태적 지위폭은 수분 구배 (0.996)와 영양소 구배 (0.969)에서 넓었고, 광 구배 (0.887)에서는 좁았다.

굴참나무의 생태적 지위폭은 잎몸 길이, 잎폭, 잎자루 길이, 지상부 길이, 줄기 길이와 뿌리 길이에서 0.947~0.999로 광, 수분과 영양소 처리 구배에서 거의 차이가 없었다. 줄기 직경은 영양소 구배 (0.780)가 광도 구배 (0.963)와 수분 구배 (0.978)보다 생태적 지위폭이 좁았다. 그러나 잎몸 무게, 잎자루 무게, 잎 무게, 줄기 무게, 지상부 무게, 뿌리 무게와 식물체 무게의 생태적 지위폭

**Table 1.** Niche breadth of *Quercus acutissima* along each environmental factor

Items	Light	Moisture	Nutrient
Lamina length	0.997	0.999	0.997
Leaf width length	0.990	1.000	1.000
Petiole length	0.999	0.996	0.994
Shoot length	0.988	0.999	0.993
Stem length	0.910	0.990	0.970
Stem diameter	0.868	0.994	0.999
Root length	0.980	0.990	1.000
Lamina weight	0.880	1.000	1.000
Petiole weight	0.737	0.999	0.815
Leaf weight	0.876	0.999	0.994
Stem weight	0.870	0.990	0.920
Shoot weight	0.875	0.999	0.978
Root weight	0.684	0.988	0.945
Total weight	0.763	0.993	0.966
Mean $\pm$ S.D.	0.887 $\pm$ 0.102	0.996 $\pm$ 0.004	0.969 $\pm$ 0.05

**Table 2.** Niche breadth of *Quercus variabilis* along each environmental factor

Items	Light	Moisture	Nutrient
Lamina length	0.986	0.997	0.997
Leaf width length	0.991	0.999	0.997
Petiole length	0.960	0.965	0.973
Shoot length	0.969	0.998	0.995
Stem length	0.978	0.974	0.947
Stem diameter	0.963	0.978	0.780
Root length	0.964	0.993	0.998
Lamina weight	0.722	0.946	0.941
Petiole weight	0.799	0.948	0.946
Leaf weight	0.723	0.947	0.941
Stem weight	0.753	0.962	0.955
Shoot weight	0.734	0.953	0.947
Root weight	0.511	0.963	0.869
Total weight	0.580	0.961	0.895
Mean $\pm$ S.D.	0.831 $\pm$ 0.164	0.970 $\pm$ 0.02	0.942 $\pm$ 0.06

은 수분과 영양소 구배에서는 0.869~0.962로 넓었으나, 광 구배에서는 0.511~0.799로 좁았다. 전체적으로 볼 때 굴참나무의 생태적 지위폭은 수분 구배 (0.970)와 영양소 구배 (0.942)에서 넓었고, 광 구배 (0.831)에서 좁았다.

두 종을 비교한 결과, 상수리나무는 광 (0.887), 수분 (0.996)과 영양소 구배 (0.969)에서 굴참나무보다 넓었다. 생태적 지위폭이 좁은 종은 종의 분포역이 한정되고 개체수가 적는데 반하여, 넓은 종은 환경변화에 잘 적응할 수 있어서 분포역이 넓고 개체수도 많다 (Pianka 1983; Lee 1985). 실제 자연에서도 굴참나무는 주로 햇볕을 많이 받는 척박한 건조지에서 주로 번성하지만, 상수리나무는 습한 토양조건에서 뿐만 아니라 건조지에서도 생육이 양호하다 (서 1995). 상수리나무와 굴참나무의 광 구배 실험에서 줄기생장 변화량과 엽 성장량의 변이폭

이 상수리나무가 굴참나무보다 넓게 나타난 바 있다(성 등 2004). 본 연구결과는 상수리나무가 환경변화에 잘 적응할 수 있어 분포역이 넓을 것이라 판단된다. 위의 결과와 유사하게, 실내에서 광 처리를 하여 신갈나무, 청갈참, 졸참나무, 떡갈나무 및 상수리나무의 생장을 관찰하여 비교하였을 때, 상수리나무가 4종 참나무 중 광에 대하여 가장 적응력이 높아 가소성이 큰 종으로 보고된 바 있다(하 1989). 천이 초기종은 형태 및 생리적 가소성이 커서 환경변화에 적응력이 강하며(Bradshaw 1972), 토양함수량(Pickett and Bazzaz 1976, 1978), 광도(Armand *et al.* 1978; Peterson *et al.* 1978), 토양비옥도(Parrish and Bazzaz 1982), 온도(Regehr and Bazzaz 1976; Chabot and Chabot 1977) 등의 변화에 비교적 빨리 순응하며 유연하게 대처한다. 또한 천이 초기종이 천이 후기종보다 생태적 지위폭이 넓다(Lee and Bazzaz 1985). 본 연구결과로 미루어, 생태적 지위폭이 넓은 상수리나무가 생태적 지위폭이 좁은 굴참나무보다 천이 초기종으로 판단된다. 이러한 판단은 저지대 산림천이에서 상수리나무가 다른 참나무류보다 일찍 출현한다는 보고와 일치된다(송 2007).

## 2. 생태적 중복역

상수리나무와 굴참나무는 잎몸 길이, 잎폭 길이, 잎자루 길이, 지상부 길이, 줄기 길이와 뿌리 길이에서 0.908~0.985로 중복역이 넓었다. 그러나 잎몸 무게, 잎자루 무게, 잎 무게, 줄기 무게, 지상부 무게, 뿌리 무게와 식물체 무게에서는 0.706~0.900으로 좁았다. 환경요인에 대한 두 종의 생태적 중복역은 수분 구배(0.923)에서 넓었고, 광 구배(0.874)에서 좁았다.

생태적 지위 중복역은 환경요인 또는 환경자원의 이용이 서로 같거나 비슷할 때 나타나는데 생태적 지위가 동일하면 완전히 중복되고 다르면 중복되지 않는다. 그래서 같은 종은 생태적 지위가 같기 때문에 자원에 대한 생태적 지위 중복역이 넓어 경쟁이 심하다.

경쟁의 정도는 생태적 지위 중복역의 크기에 비례하는데(Schoener 1974; Hanski 1978; Hulbert 1978), 이는 상수리나무와 굴참나무가 수분조건에서 경쟁이 치열할 것으로 판단된다.

굴참나무는 토양 수분함량이 적은 환경에서 서식할 수 있지만 상수리나무보다 생태적 지위폭이 좁아 경쟁에서 밀려나 풀이 적은 건조지에서 주로 서식하는 것으로 판단된다. 이와 같은 분포의 예는 점봉산의 신갈나무에서도 알려진 바 있다(서 1995). 또한 굴참나무가 분포하고 있는 척박한 서식지에서 상수리나무가 살지 못하는 것은 이러한 환경에 굴참나무는 내성을 가지고 적응

**Table 3.** Niche overlap between *Q. acutissima* and *Q. variabilis* along each environmental factor

Items	Light	Moisture	Nutrient
Lamina length	0.958	0.965	0.978
Leaf width length	0.923	0.981	0.967
Petiole length	0.908	0.930	0.942
Shoot length	0.938	0.969	0.965
Stem length	0.825	0.921	0.842
Stem diameter	0.796	0.950	0.744
Root length	0.937	0.941	0.985
Lamina weight	0.850	0.898	0.884
Petiole weight	0.934	0.895	0.898
Leaf weight	0.866	0.901	0.900
Stem weight	0.855	0.907	0.933
Shoot weight	0.925	0.877	0.936
Root weight	0.706	0.900	0.764
Total weight	0.852	0.885	0.810
Mean ± S.D.	0.874 ± 0.072	0.923 ± 0.033	0.899 ± 0.074

했지만, 상수리나무는 내성을 갖지 못한 것도 한 이유가 될 수 있다고 사료된다. 그러나 이러한 분포원인에 대한 구체적인 해석을 위해서는 이들 요인에 대한 실내실험이 더 필요할 것으로 판단된다.

한편, 자연에서 식물 분포에 미치는 요인은 매우 다양하다. 설치류나 사슴류 등에 의한 초식작용(Griffin 1976), 초본식물(Auken and Bush 1991)과 목본식물과의 경쟁(서 1994), 종자의 크기(Wulff 1986), 종자산포, 발아와 이러한 요인들의 상호작용 등 여러 요인들이 매우 복잡하게 관여한다(Clark and Clark 1985; Krebs 2001). 그런데 이러한 요인은 우리가 실험한 상수리나무나 굴참나무에서는 맹아력에서도 서로 차이가 나고, 또 그에 따라 환경에 대한 적응력도 다르기 때문에(서 1995) 더욱 복잡한 양식으로 이들 식물의 분포와 상태에 영향을 줄 것이다. 따라서 두 종의 식물 분포의 원인과 과정을 밝히기 위해서는 보다 더 많은 요인들을 고려한 연구가 필요하다고 사료된다.

## 3. 통계 분석

### 1) Cluster 분석

환경요인에 따른 두 종의 반응은 크게 두 그룹으로 구분되었다(Fig. 1). 한 그룹은 광 구배에 따른 것이고, 다른 하나는 수분과 영양소에 따른 반응이었다. 광 구배 4(L4)에서는 다른 광도 구배의 것과는 달리 오히려 수분과 영양소 그룹에 속하여 나타났다. 특이하게도 굴참나무 수분 구배 4(Qv-M4)는 다른 수분 구배와는 달리 오히려 광 구배집단에 속하였다.

상수리나무와 굴참나무의 광 구배 4와 영양소 구배 3은 반응을 똑같이 하였다. 그 다음 가장 가깝게 반응한

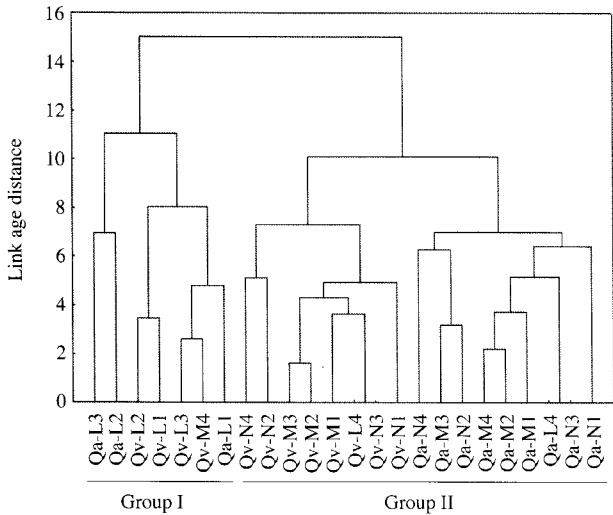


Fig. 1. Unweighted pair-group average clustering of reaction of two species treated with three environmental factors (L: light treatment, M: moisture, N: nutrient). Numerals within plot indicate treatment gradients in each environmental factor.

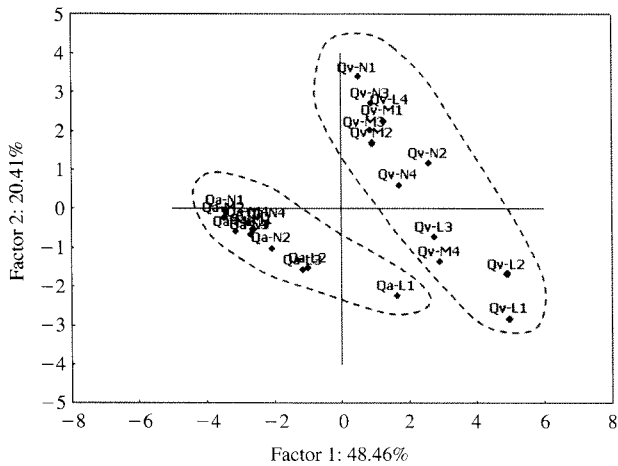


Fig. 2. PCA ordination of 32 individuals of *Q. acutissima* (Qa) and *Q. variabilis* (Qv) using 14 variables treated with three environment factors (L: light treatment, M: moisture, N: nutrient). Numerals within plot indicate treatment gradients in each environmental factor.

것은 굴참나무에서 수분 구배 M2와 M3이었다. Group II에서는 환경구배에 따른 반응이 다시 상수리나무와 굴참나무 그룹으로 묶였다. 이는 두 종이 수분과 영양소 구배에서 광 구배보다 생태적 중복역이 넓어 경쟁을 최소화하기 위해 다른 반응을 하는 것으로 판단된다.

2) PCA 분석

상수리나무와 굴참나무는 요인 1과 2에 의해 명확히 구별되었다(Fig. 2). 상수리나무는 굴참나무보다 좁은 범

Table 4. Correlation matrix of 14 variables with the first two principal component scores of PCA analysis

Variables	Factor	
	I	II
Lamina length	-0.844	0.162
Leaf width length	-0.694	-0.100
Petiole length	0.581	0.287
Shoot length	-0.831	0.234
Stem length	-0.144	-0.183
Stem diameter	-0.254	0.132
Root length	-0.619	0.666
Lamina weight	-0.900	-0.366
Petiole weight	0.495	0.857
Leaf weight	-0.845	0.427
Stem weight	0.267	0.943
Shoot weight	-0.951	-0.194
Root weight	-0.859	-0.050
Total weight	-0.781	0.457
Variance explained (%)	48.46	20.41

위에 걸쳐 나타났다. 상수리나무 중 광 구배 1(Qa-L1)은 상수리나무 내 다른 처리구보다 멀리 떨어져서 오히려 굴참나무집단에 더 가깝게 나타났다. 이 결과는 앞의 유집분석의 결과와 거의 일치하는 것이다. 유집분석에서 I 집단에 속한 Qa-L1이 PCA배열법상에서도 서로 가깝게 나타남으로써 이 두 종의 생태학적 반응은 일치하는 것으로 판단된다. 다만 유집분석에서는 Qa-L2와 L3가 Qv-L3와 M4보다 더 멀리 떨어졌으나, 배열법에서는 그 반대로 전자가 후자보다 더 가깝게 나타났다.

이러한 두 종의 배열법 상의 분포유형에 미치는 식물체의 형질은 줄기 길이, 줄기 직경 및 줄기 무게 ( $r < 0.5$ )를 뺀 11가지로 다양하다(Table 4). 이 결과는 두 종의 생태학적 반응이 어떤 핵심적인 소수의 형질에 의한 것이 아니라, 식물체의 여러 다양한 형질이 종합적으로 관여하고 있음을 의미하는 것이다. 본 연구와 같은 두 종의 구별은 성숙한 참나무 6종 및 중간 잡종의 134점 표본에 대해 40개의 형질을 측정하여 주성분 분석을 한 박(2005)의 결과와 유사하였다.

적 요

상수리나무와 굴참나무는 한반도 저지대 인가 근처에서 자생한다. 그러나 상수리나무는 토양조건이 양호한 곳에서 분포하나 굴참나무는 이 종에 비해 건조하고 경사가 급한 곳에 서식한다. 이러한 두 종의 분포적 특성을 밝히기 위하여 유식물에 주요 환경요인 중 광, 수분과 영양소를 각각 4구배로 처리하고, 2007년 3~10월까지 양묘하여 두 종의 생태적 지위와 생태적 중복역을

분석하였다. 상수리나무의 생태적 지위폭은 환경요인 중 수분과 영양소가 광에 비하여 약간 넓었다. 측정된 14가지 형질 중 길이와 관련된 형질 6가지는 모든 환경요인에 대하여 넓었고, 무게와 관련된 형질 8가지는 수분, 영양소에서 넓었고, 광에서 좁았다. 굴참나무의 생태적 지위폭은 환경요인 중 수분과 영양소가 광에 비하여 넓었다. 측정된 14가지 형질 중 길이와 관련된 형질 6가지는 모든 환경요인에 대하여 넓었고, 무게와 관련된 형질 7가지는 수분과 영양소에서 넓었고, 광에서 좁았다. 14가지 항목 중 줄기직경은 광과 수분에서 넓었고, 영양소에서 좁았다. 상수리나무의 지위폭은 굴참나무의 것보다 모든 환경요인에서 넓었다. 이는 상수리나무가 굴참나무보다 환경에 잘 적응할 수 있다는 것을 의미한다. 두 종의 생태적 중복역은 측정된 14가지 형질 중 길이와 관련된 형질 7가지는 넓었고, 무게와 관련된 형질 7가지는 좁았다. 환경요인에 대해서는 수분에서 넓었고, 광에서 좁았다. 이는 수분에 대해서 상수리나무와 굴참나무의 경쟁이 치열할 것으로 판단된다. 다변량 분석에 의하면 두 종은 생태적으로 뚜렷하게 분화된 유형을 보였다. 이 유형을 결정짓는 형질은 요인 1에 잎몸 길이, 잎폭, 잎자루 길이, 줄기 길이, 뿌리 길이, 잎몸 무게, 지상부 무게, 뿌리 무게, 식물체 무게와 관련이 있었다. 이상으로 볼 때 굴참나무가 상수리나무보다 건조하고 척박한 곳에 주로 분포하는 것은 생태적 지위폭이 상수리나무보다 좁아 좋은 조건에서는 경쟁에서 약하기 때문에 불량한 조건에서 살아가는 것으로 해석될 수 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 2007년도 공주대학교 학술연구지원 사업 연구비(신진교수연구비)와 2006~2007년도 국토해양부의 'ECORIVER21 자연과 함께하는 하천복원 기술개발 사업'과 2007~2008년도 환경부의 '장기생태모니터링' 사업에 의하여 수행되었습니다. 이에 감사를 드립니다.

## 참 고 문 헌

- 노형진, 정한열. 2002. STATISTICA에 의한 알기 쉬운 통계 분석. 형설출판사. pp. 535-556.
- 박진희, 정명기, 선명운, 김기중, 박재홍, 박종욱. 2005. 한국산 참나무속 참나무과속(너도밤나무과)의 수리분류학적 분석. 식물분류학회지. 35(1):57-80.
- 서민환. 2002. 숲과 문화총서 3, 참나무와 우리문화-참나무의 일생. 수문출판사. pp. 122-132.
- 성주환, 김선희, 김판기, 유세걸. 2004. 비음처리에 의한 참나무 4수종의 생장과 광합성 반응 특성. 한국임학회 학술연구발표논문집. 1(0):142-144.
- 송민섭. 2007. 한국 상수리나무림의 분포와 군집구조 분석. 창원대학교 생물학과 이학박사 청구논문.
- 여천생태연구회. 2005. 개정판 현대생태학실험. 교문사. pp. 239-243.
- 유영한, 송민섭. 2007. 서산-태안의 식생. 제3차 전국자연환경조사. 환경부.
- 이창복. 2003. 원색 대한식물도감(상). 향문사. pp. 197-210.
- 임업연구원. 1988. 참나무자원의 종합이용 개발에 관한 연구(I). 과학기술처. p. 226.
- 하사헌. 1989. 상위한 광강도 하에서 자란 참나무속 유식물의 생장과 광합성, 서울대학교대학원 석사학위논문. p. 60.
- Abrams P. 1980. Some comments on measuring niche overlap. Ecology 61(1):44-49.
- Armand PA, U Schreiber and O Bjorkman. 1978. Photosynthetic acclimatization in the desert shrub *Larrea divaricata*. II Light harvesting efficiency and electron transport. Plant Physiology 61:411-415.
- Auken OW and JK Bush. 1991. Influence of shade and herbaceous competition on the seedling growth of two woody species. MADRONO 38(3):149-157.
- Barbour MG, JH Burk and WD Pitts. 1987. Terrestrial plant ecology. 2nd ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California. 634pp.
- Bradshaw AD. 1972. Evolutionary significance of phenotypic in plants. Adv. Genetics 13:115-155.
- Chabot BF and JF Chabot. 1977. Effects of light and temperature on leaf anatomy and photosynthesis in *Fragaria vesca*. Oecologia 26(4):363-377.
- Clark DB and DA Clark. 1985. Seedling dynamics of a tropical tree: impacts of herbivory and meristem damage. Ecology 66:1884-1892.
- Griffin JR. 1971. Regeneration in *Quercus lovata* in Santa Lucia Mountains, California. American Midland Naturalist 95(2):422-435.
- Grinnell J. 1917. The niche relationships of the California thrasher. The Auk 34(4):427-433.
- Hanski I. 1978. Some comments on the measurement of niche metrics. Ecology 59(1):168-174.
- Hulbert SH. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. Ecology 59(1):67-77.
- Hutchinson GE. 1957. Concluding remarks, Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology 22:415-427.
- Krebs CJ. 2001. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance-5th Ed. Benjamin Cummings, California. 695pp.
- Lee HS. 1985. Studies on the Niche for Several Plant along the

- Environmental Gradient. Ph. D. thesis, Seoul National Univ. p. 165 (in Korean with English summary).
- Lee HS and FA Bazzaz. 1985. Within and between species ecological variation in *Polygonum pennsylvanicum* and *Polygonum virginianum*. J. Cheongju Univ. Education 15:273-290.
- Odum EP. 1969. The strategy of ecosystem development. Science 164(3877):262-270.
- Parrish JAD and FA Bazzaz. 1982. Responses of plants from three successional communities on a nutrient gradients. J. Ecol. 70:233-248.
- Peterson DL and FA Bazzaz. 1978. Life cycle characteristics of *Aster pilosus* in early successional habitats. Ecology 59:1005-1013.
- Pianka ER. 1983. (3rd ed.) Evolutionary ecology. Harper & Row, NY. 253pp.
- Pickett STA and FA Bazzaz. 1976. Divergence of two co-occurring successional annuals on a soil moisture gradient. Ecology 57(1):169-176.
- Pickett STA and FA Bazzaz. 1978. Organization of an assemblage of early successional species on a soil moisture gradient. Ecology 59(6):1248-1255.
- Regehr DL and FA Bazzaz. 1976. Low temperature photosynthesis in successional winter annuals. Ecology 57(6):1297-1303.
- Schoener TW. 1974. Some methods for calculating competition coefficients from resource utilization spectra. American Naturalist 108(961):332-340.
- Wulff RD. 1986. Seed size variation in *Desmodium paniculatum*: III Effects on reproductive yield and competitive ability. The Journal of Ecology 74(1):115-121.

Manuscript Received: November 15, 2008

Revision Accepted: November 29, 2008

Responsible Editor: Hak Young Lee