

# 전라북도 장안산 삼림식생의 종다양성<sup>1</sup>

김창환<sup>2</sup> · 명현<sup>2</sup> · 신병철<sup>3</sup>

## Species Diversity of Forest Vegetation in Mt. Jangan, Chollabuk-do<sup>1</sup>

Chang-Hwan Kim<sup>2</sup>, Hyun Myung<sup>2</sup>, Byung-Chuel Shin<sup>3</sup>

### 요약

전라북도 장안산의 72 군락 지점에서 식물사회학적 조사에 의하여 구분된 10개 군락, 즉 신갈나무 군락, 신갈나무-철쭉꽃 군락, 신갈나무-노린재나무 군락, 신갈나무-졸참나무 군락, 졸참나무 군락, 굴참나무 군락, 서어나무 군락, 물푸레나무 군락, 층층나무 군락, 들메나무 군락에서 풍부도지수, 이질성지수, 균등도지수, 우점도지수를 산출하여 고도, 토양 특성 및 우점종군에 따른 종다양성의 변화를 분석하였으며, 종서열-중요치 곡선을 이용하여 각 식물의 우점서열을 결정하고 각 종이 식물군락 내의 자원을 어떻게 분배하고 있는가를 결정하였다. 고도, 토양요인(pH, base) 및 우점종의 차이는 삼림의 종다양성에 영향을 미치는 중요한 변수로서 작용하였으며, 우점종군에 따른 다양성의 변화는 지형과 교란에 의하여 영향을 받았다. 종서열-중요치 곡선에서 조사된 10개 군락은 대수정규분포에 접근하고 있어서 군락간 약간의 차이는 있지만 대체적으로 어떤 특정 종이 군집 내 자원 공간을 독점하지 않고 적절히 분배하여 사용하고 있었다.

주요어 : 고도, 장안산, 종다양성, 종서열-중요치 곡선, 토양 pH

### ABSTRACT

The forest vegetation of Mt. Jangan, Chollabuk-do was investigated by species diversity analysis and species sequence-importance curve from May 20, 1998 to September 15, 1998. By Zürich-Montpellier school's method, forest vegetation was recognized into ten plant communities : *Quercus mongolica* community, *Q. mongolica-Rhododendron schlippenbachii* community, *Q. mongolica-Symplocos chinensis* for. *villosa* community, *Q. mongolica-Q. serrata* community, *Q. serrata* community, *Q. variabilis* community, *Carpinus laxiflora* community, *Fraxinus rhynchophylla* community, *Cornus controversa* community and *F. mandshurica* community. Five measurements of species diversity (species richness index, Shannon Wiener diversity index, species evenness index, dominance index and species sequences-importance curve) and their relationships with altitude, soil factors (pH, base) and community type were studied in the surveyed plant communities. Altitude and soil factor (pH, base) were the major variables

1 접수 9월 30일 Received on Sept. 30, 1999

2 익산대학교 녹지조경과 Dept. of Forest Landscape Architecture, Iksan National College, Iksan 570-752, Korea (kchiksan@hanmail.net)

3 중부대학교 건설공학부 환경조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Joong-bu University, Keumsan 2-125, Korea(bcshin@joongbu.ac.kr)

explaining the differences of species diversity in the whole forest. Species diversity of the plant communities were also affected by topography and disturbance. The species sequence-importance curve of the forest communities in Mt. Jangan coincided with the ideal curve calculated by the lognormal-distribution theory.

**KEY WORDS : ALTITUDE, MT. JANGAN, SPECIES DIVERSITY, SPECIES SEQUENCE-IMPORTANCE CURVE, SOIL pH**

## 서론

지역적 식물상은 많은 군락으로 이루어져 있으며, 군락을 구성하는 개별적인 임분(stand)은 지리적 분포에 따라 서로 다른 중요성을 갖기 때문에 군락을 구성하는 임분들이 유사하면 많은 종들은 지리적 분포가 유사하다. 또, 이들 군락들은 모두 같은 종수를 갖는 것이 아니기 때문에 군락 생태학에서 다양성을 측정하는 것은 군락분석에 중요한 지표로서 활용되고 있다(Krebs, 1978; Magurran, 1988).

지역적 특성과 환경 변수에 따른 종의 다양성 변화는 생태계의 구조와 기능에 관련된 고유특성에 대한 통합된 결과로서, 다양성을 조사하고 다양성의 차이에 영향을 미치는 요인을 결정하는 것은 생태학의 관심분야 중 하나이다(Rey Benayas and Scheiner, 1993).

식물 종다양성에 영향을 미치는 복합환경 요인으로서 고도는 식물상 조성에 주요인으로 작용하며(Montalvo *et al.*, 1991; 김창환과 길봉섭, 1996), 고도가 증가함에 따라 식물 종다양성은 감소하는 경향이 있으나(Itow, 1991; Hamilton and Perrott, 1981), 습도구배(Glenn-Lewin, 1977; Whittaker, 1977; Minchin, 1989) 및 토양의 특성(Wilson *et al.*, 1990)에 따라 다르게 나타날 수 있다. 토양의 특성은 식물군락의 종다양성에 큰 영향을 미치는 요인으로서 작용하며(Rey Benayas and Scheiner, 1993) 이에 대한 다양한 연구가 보고되고 있으나(Monk, 1967; Proctor, 1971), 토양요인이 식물다양성에 미치는 일반적 경향을 파악하기 위해서는 보다 많은 연구가 요구된다.

종의 다양성을 결정하는 또 다른 요인으로서, 군락 우점종의 차이에 따르는 다양성의 변화인데, 서로 다른 군락에서 식물 종다양성을 측정함으로써 군락의 중요성 및 구조적 변화를 간접적으로 예측할 수 있다. 또한 군락의 다양성유형을 쉽게 알 수 있게 표현된 종서열-중요치 곡선은(Peet, 1974) 군락 내 자원공간이 각 종에게 어떻게 분배되어지느냐를 나타내

준다(Whittaker, 1965; 임양재와 이진화, 1991). May(1975)에 의하면 종서열-중요치 곡선 윗부분의 기울기는 소수종에 대한 우점도를 나타내고 곡선 자체 기울기는 출현종간의 균등성을 나타내기 때문에 이 곡선은 종의 다양성과 균등성을 한꺼번에 볼 수 있다.

이러한 식물 종다양성에 관련된 연구가 우리나라에서도 최근에 비교적 활발하게 진행되고 있으나(옥영호, 1984; 임양재와 이진화, 1991; 김창환, 1995; 김창환과 길봉섭, 1996) 생물학적 종다양성의 중요성을 생각할 때 다양성과 관련된 보다 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 본다.

따라서 본 연구는 식물사회학적으로 분류된 전라북도 장안산 삼림군락에서 4종류의 다양성지수(풍부도지수(SR), 이질성지수(H'), 균등도지수(J'), 우점도지수(C'))를 산출하였으며, 고도, 토양요인, 군락우점종의 종류에 따른 종다양성의 변화를 파악하고, 종서열-중요치 곡선을 이용하여 각 식물의 우점서열을 결정한 후 각종이 식물군락 내의 자원을 어떻게 분배하고 있는가를 결정하였다.

## 조사지 개황

북위 35° 35' 00" ~ 35° 40' 00", 동경 127° 32' 30" ~ 127° 37' 30" 사이에 위치한 장안산(1,236.9m)은 전라북도 장수군 계남면, 장수읍, 번암면의 경계를 이루고 있다. 이곳은 소백산맥의 줄기에 둘러싸인 고원지대이며 북으로 뻗은 능선에는 덕유산(1,614m), 남으로는 지리산(1,915m), 그리고 동으로는 경상남도 함양군 백운산(1,217.6m), 서쪽으로는 장수군 팔공산(1,151m)에 둘러싸여 있다. 지형 및 지질은 평야지가 적고 대부분이 산악지대를 형성하고 있으며 선캄브리아기의 편마암류와 시대미상의 화성암류 및 백악기의 반상화강암이 대부분이다(김봉균과 이정구, 1986).

강우량은 비교적 많은데 그 이유는 사방이 1,000m 이상의 고산들이 둘러싸인 원인도 있다. 병풍처럼 둘러싸인 이 지역은 계절적 바람이 적고 기온에 비하여 차감기온은 적고 다습한 편이다. 따라서 냉하면서도 온화한 느낌을 주기도 한다. 소백산맥에서 노령산맥이 시작하는 분지적 특성을 가진 원인을 살펴보면 소백산맥에서 노령산맥이 시작한 분계점이며, 낙동강, 섬진강, 금강 등 3대 강의 근원지이다. 또한 장안산, 팔공산, 백운산 등 고도 1,000m 이상의 고산들이 벽을 이루고 있어 계절풍의 영향은 적으나 대륙성 냉한 기온으로 인하여 삼한사온의 기온이 정확하기도 하다(장수근, 1997). 본 조사지의 기후는 함양과 남원의 기후도(임양재와 김성덕, 1983)를 참고로 하여 보면 연평균 기온은 12.6°C~12.8°C, 연 강수량은 1,179mm~1,212mm로 수분 부족은 없고 6~8월에 집중적으로 비가 내린다. 임양재와 김정언(1992)에 의하면 이 지방은 내륙형 기후이며, 여름철 집중호우를 동반하는 경우 호우 피해를 입는 경우도 있다고 했다.

## 조사 방법

1998년 5월부터 1999년 9월 사이에 전라북도 장안산 삼림식생에 대하여 72 조사지역을 선정하여 (Figure 1), 식물사회학적 방법(Braun-Blanquet, 1964)에 따라 식물군락을 분류한 후(김창환과 김병삼, 1998) 각 식물군락에서 식물 종조성을 조사하였다. 15m×15m 조사구에서 흉고직경(DBH) 2cm 이상의 수종에 대한 4종류의 식물 종다양성지수(SR, H', J', C')를 산출하였으며(Itow, 1991), 종서열-중요치 곡선을 작성하기 위하여 중요치로 상대기저면적(relative basal area)을 사용하였다(임양재와 이진화, 1991; 김창환과 길봉섭, 1996).

고도구배에 따른 종다양성 분석은 고도 620m 이상의 균질적인 지형(사면 중·상부)과 임분(stand)을 선택하여 58개 지점(Figure 1의 ■)에서 조사를 실시하였다. 군락에 따른 다양성 분석은 고도구배에 따른 종다양성 분석을 위해 사용된 58개 지점과 사면 하부 및 계곡에서 다양한 식물군락(주로 들메나무 군락과 층층나무 군락이 조사되었음)의 조사를 위해 사용된 14개 지점(Figure 1의 ●)의 총 72개 지점에서 식물사회학적 방법에 의하여 구분된 10개 군락(신갈나무 군락, 신갈나무-철쭉꽃 군락, 신갈나무-노린재나무 군락, 줄참나무 군락, 굴참나무 군락, 서어나무 군락, 불푸레나무 군락, 층층나무 군락, 들메

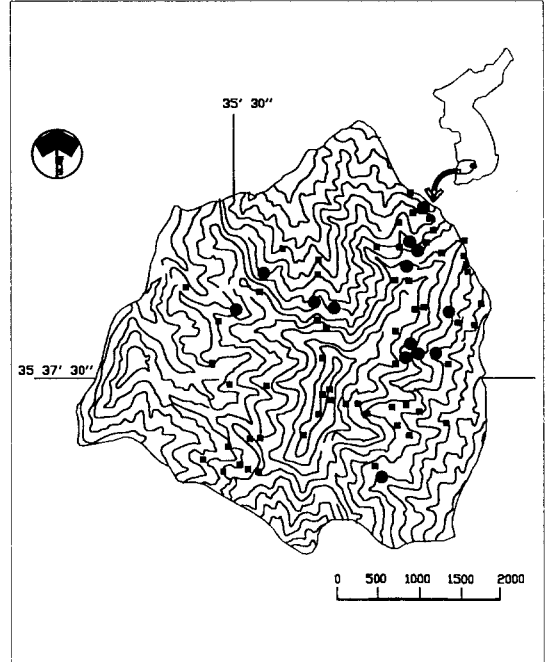


Figure 1. Sampling plots in Mt. Jangan

- stands for species diversity analysis along altitude
- , ● indicate sampling plots used plant communities classification

나무 군락, 신갈나무-줄참나무 군락)에서 종다양성을 분석하였다. 토양분석은 식생조사를 실시한 72개 전 조사지점에서 A층의 토양을 채취하였으며 pH, 유기물 함량, Ca, Mg, K, Na, B·S(base), C·E·C(cation exchange capacity), T-N(total nitrogen)을 측정하였다. pH는 H<sub>2</sub>O 침출(1:5)에 의한 극자 전극법으로, 유기물 함량은 Tyurin법, 치환성 Ca, K, Mg, Na은 1M ammonium acetate로 추출한 뒤 원자흡수분광광도계를 이용하여 정량하였으며, C·E·C는 Brown's법, T-N은 Kjeldahl법으로 실시하였다.

풍부도지수(species richness index)는 Margalef(1972) 방법, 다양도지수(species diversity index)는 Shannon-Wiener(1949)의 이질성지수(H')를 사용하였으며, 균등도지수(evenness index)는 Pielou(1966) 방법, 우점도지수(dominance index)는 Simpson(1949) 방법으로 산출하였다. 또한 종서열-중요치 곡선(Whittaker, 1965)을 작성하고 평균기울기(As = s/logsi-logn)를 계산하였다.

# 결과 및 고찰

## 1. 고도구배에 따른 종다양성 경향

Figure 2는 고도구배에 따른 풍부도지수(SR), 이질성지수(H'), 균등도지수(J')와 우점도지수(C')를 나타낸 것이다. 풍부도지수, 이질성지수, 균등도지수는 고도가 높아짐에 따라 감소하는 경향이 있고, 우점도지수는 증가하는 경향이 있다. 이러한 고도구배에 따른 종다양성 변화경향의 원인은 고도의 증가에 따른 온도의 감소(Whittaker, 1975)와 토양요인의 변화에 따라(Plamer, 1991; 변두원 등, 1998) 종조성이 소수로 제한되기 때문에 풍부도지수, 이질성지수, 균등도지수는 낮게 나타났으며, 우점도지수가 높게 나타난 것은 종의 다양성이 우점하고 있는 소수의 종들보다 우점도가 낮은 다수의 종들에 의하여 결정되며(Ellenberg, 1956), 소수종에 의하여 강하게 우점된 식물군락의 다양성지수(SR, H', J')는 낮은 값을 보이기 때문이다(김창환과 길봉섭, 1996). 그러나 고도 1,000m 이상 사면상부의 경사가 완만한 습한 곳에서 조사된 지역에서는 오히려 다양성지수(SR, H', J')가 높게 나타났으며, 고도 900m 이하의 일부 조릿대가 밀생하는 지역

은 아교목층의 형성이 억제되어 다양성지수가 낮게 나타났다(김창환과 길봉섭, 1996; 장윤석과 임양재, 1985). 이러한 결과로 볼 때 삼림에서 고도는 종조성의 변화를 조절하며 종증감의 주요인로서 작용하여 종다양성에 큰영향을 미치지만(Whittaker and Niering, 1975), 토양습도구배, 지형 및 군락의 종조성에 따라서도 고도의 증감에 따른 종의 다양성이 변화할 수 있음을 암시하고 있다(Baruch, 1984; Glenn-Lewin, 1977; Peet, 1978; Minchin, 1989).

## 2. 토양요인에 따른 종다양성 경향

pH, 유기물 함량, B·S, T-N에 따른 종다양성을 분석한 결과는 다음과 같다.

Figure 3과 4에서 나타난 바와 같이 pH와 B·S 값이 높을수록 풍부도지수, 이질성지수, 균등도지수는 높아서 양의 상관관계를 나타내고 있고 우점도는 낮아서 음의 상관관계를 보이고 있다. 그러나 유기물 함량과 T-N(Figure 5, 6)은 다양성지수(SR, H', J', C')의 변화에 별다른 영향을 미치지 못했다. 일반적으로 토양의 산성화 및 토양의 부영양화 등 토양의 화학적 성질의 변화 및 특성의 차이는 식물 종다양성에 영향을 주며(Nagy and Nagy, 1981; Jakucs, 1991; Bell, 1994), 산성토양에서는 갈습과 마그네슘의 세탈이 심하기 때문에 식물 성장에 제한요인이 된다(Wolt, 1990). 변두원 등(1998)은 오대산 삼림 식생조사에서 고도가 높아질수록 pH가 낮아진다고 하였는데 이러한 연구결과는 전술한 고도구배에 따른 다양성의 변화와 Figure 3의 pH와 종다양성의 상관관계에 대한 결과와 일치한다. 따라서 pH가 높을수록 풍부도지수(SR), 이질성지수(H'), 균등도지수(J')는 증가하고 우점도지수(C')는 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나 토양의 질소 함량과 유기물 함량의 증가는 식물 종다양성을 감소시키는 반면, 생물량은 증가시키기 때문에 특정종에 대한 우점도는 증가한다는 선행연구(Mun and Whitford, 1989; 문형태 등, 1998)와는 달리 본 연구에서는 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었는 바, 이러한 결과는 차후 보다 많은 연구를 수행하여야 할 것으로 생각된다.

## 3. 식물군락에 따른 종다양성

10개 군락별 다양성지수를 살펴보면 풍부도지수(SR), 이질성지수(H'), 균등도지수(J')는 층층나

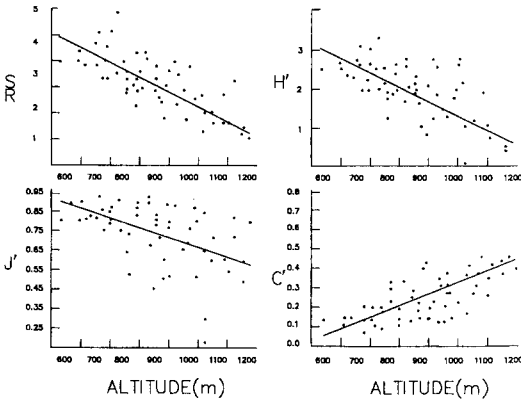


Figure 2. Species diversity of Mt. Jangan forest along the altitude

Note: SR=Species richness index, H' =Shannon Wiener diversity index, J' =Evenness index, C' =Simpson's dominance index

SR:  $Y=7.310-0.0050X(r=-0.770^{***})$   
 H' :  $Y=4.227-0.0025X(r=-0.720^{***})$   
 J' :  $Y=1.183-0.0004X(r=0.514^{***})$   
 C' :  $Y=-0.352+0.0006X(r=-0.636^{***})$   
 (\*\*\*) $p<0.001$

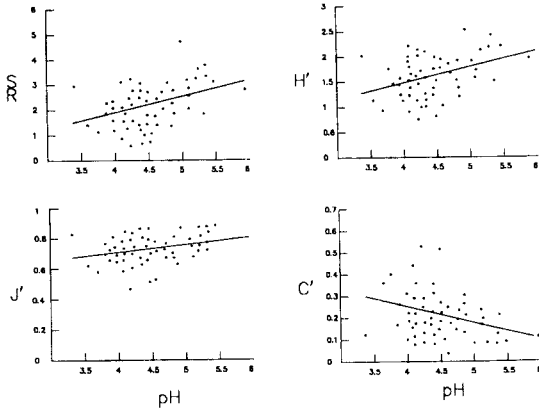


Figure 3. Species diversity of Mt. Jangan forest along the soil pH

SR :  $Y = -1.832 + 0.9315X$  ( $r = 0.423^{**}$ )  
 H' :  $Y = -0.265 + 0.4387X$  ( $r = 0.393^{**}$ )  
 J' :  $Y = 0.373 + 0.0826X$  ( $r = 0.314^*$ )  
 C' :  $Y = 0.705 - 0.0993X$  ( $r = -0.347^*$ )  
 (\* $p < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ )

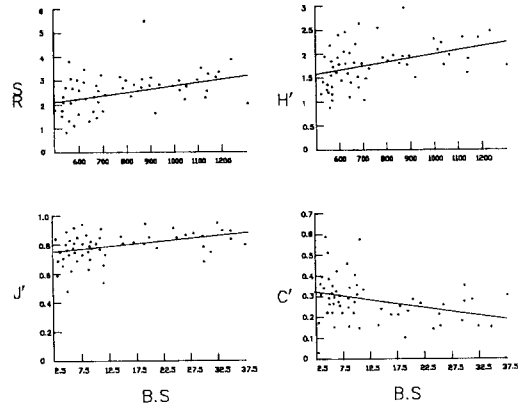


Figure 4. Species diversity of Mt. Jangan forest the soil base(B.S)

SR :  $Y = 1.487 + 0.0213X$  ( $r = 0.472^{**}$ )  
 H' :  $Y = 0.696 + 0.0045X$  ( $r = 0.531^{**}$ )  
 J' :  $Y = 0.299 - 0.0041X$  ( $r = 0.472^{**}$ )  
 C' :  $Y = 0.299 - 0.0041X$  ( $r = 0.401^{**}$ )  
 (\* $p < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ )

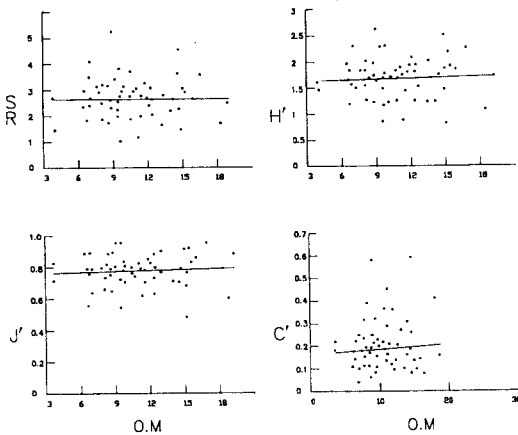


Figure 5. Species diversity of Mt. Jangan forest the soil organic matter(O.M)

SR :  $Y = 2.607 - 0.0062X$  ( $r = -0.0117$ )  
 H' :  $Y = 1.738 + 0.0051X$  ( $r = 0.0381$ )  
 J' :  $Y = 0.750 + 0.0009X$  ( $r = 0.0303$ )  
 C' :  $Y = 0.217 + 0.0020X$  ( $r = 0.0598$ )  
 (\* $p < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ )

무 군락, 물푸레나무 군락, 서어나무 군락순으로 높고, 신갈나무-노린재나무 군락과 굴참나무 군락이 낮았으며, 들메나무 군락, 졸참나무 군락, 신갈나무-졸참나무 군락이 중간값의 지수를 보였다(Table 1).

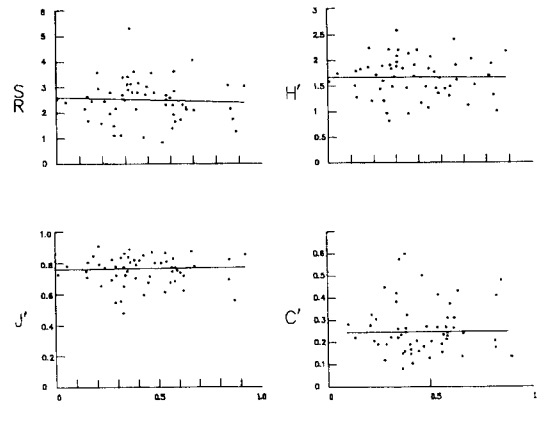


Figure 6. Species diversity of Mt. Jangan forest the soil total nitrogen(T-N)

SR :  $Y = 2.650 - 0.2326X$  ( $r = -0.0033$ )  
 H' :  $Y = 1.791 + 0.0054X$  ( $r = 0.0022$ )  
 J' :  $Y = 0.743 + 0.0387X$  ( $r = 0.0669$ )  
 C' :  $Y = 0.237 + 0.0044X$  ( $r = 0.0069$ )  
 (\* $p < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ )

우점도지수(C')는 다른 다양성지수와는 반대의 경향을 보였는 바 풍부도지수, 이질성지수, 균등도지수가 높으면 우점도지수가 대체적으로 낮고 우점도지수가 높으면 풍부도지수, 이질성지수, 균등도지수가 낮은

Table 1. Species diversity of tree ( $\geq 2\text{cm DBH}$ ) in the ten communities

| Plant communities | A         | B         | C         | D         | E         | F         | G         | H         | I         | J         |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SR                | 2.00±0.70 | 2.00±0.40 | 1.70±0.40 | 2.60±0.30 | 2.50±0.30 | 1.90±0.40 | 2.90±0.40 | 3.10±0.60 | 3.70±0.50 | 2.30±0.03 |
| H'                | 1.50±0.50 | 1.60±0.40 | 1.20±0.40 | 1.90±0.20 | 1.80±0.20 | 1.40±0.10 | 2.00±0.20 | 2.10±0.40 | 2.30±0.20 | 1.80±0.10 |
| J'                | 0.73±0.14 | 0.74±0.01 | 0.57±0.10 | 0.78±0.06 | 0.79±0.05 | 0.66±0.03 | 0.80±0.07 | 0.82±0.13 | 0.84±0.06 | 0.77±0.04 |
| C'                | 0.32±1.60 | 0.26±0.10 | 0.46±0.16 | 0.22±0.05 | 0.19±0.06 | 0.34±0.30 | 0.19±0.05 | 0.18±0.11 | 0.14±0.05 | 0.24±0.03 |

Note: SR = Species richness index,

H' = Shannon Wiener diversity index

J' = Evenness index,

C' = Simpson's dominance index

Communities: A: *Quercus mongolica*, B: *Q. mongolica-Rhododendron schlippenbachii*,

C: *Q. mongolica-Symplocos chinensis* for. *pilosa*, D: *Q. mongolica-Q. serrata*,

E: *Q. serrata*, F: *Q. variabilis*, G: *Carpinus laxiflora*, H: *Fraxinus rhynchophylla*,

I: *Cornus controversa*, J: *F. mandshurica*

지수를 보였는데, 신갈나무-노린재나무 군락이 가장 높았으며 층층나무 군락이 가장 낮았다(Table 1). 이 지역 삼림식생의 다양성은 신갈나무림(신갈나무 군락, 신갈나무-철쭉꽃 군락, 신갈나무-노린재나무 군락)에서 비교적 낮은 다양성지수(SR, H', J')를 보였는데, 이러한 현상은 신갈나무림이 다른 군락에 비해 고도가 높고, 사면 중·상부 및 능선에 주로 군락을 형성하고 있어 다양성지수(SR, H', J')의 상승 요인으로 작용하는 습도, 토양, pH, 온도 등이(김창환, 1992) 제한요인으로 작용한 결과로 추정된다. 풍부도지수(SR), 이질성지수(H'), 균등도지수(J')가 제일 낮은 신갈나무-노린재나무 군락은 평균, pH, 유기물 함량, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> 등의 토양 요인이 가장 낮은 값을 보였으며, 층층나무 군락, 물푸레나무 군락, 서어나무 군락 등 종다양성지수(SR, H', J')가 높은 군락은 이들 토양요인이 비교적 높은 값을 보였다(Table 2). 따라서 신갈나무림의 낮

은 다양성지수(SR, H', J')와 신갈나무-노린재나무 군락의 가장 낮은 풍부도지수(SR), 이질성지수(H'), 균등도지수(J')는 토양의 pH가 낮아짐에 따라서 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>과 같은 치환성 양이온이 수소이온과 치환되어 세탈되면서 영양염류의 결핍 증상을 초래하여 식물생장의 중요한 제한요인으로 작용했기 때문인 것으로 보이며(Ulrich et al., 1980), 다른 군락에 비해 분포역의 높은 고도로 인한 요인으로 종다양성이 감소한 것으로 추정된다.

또한 층층나무 군락, 물푸레나무 군락, 서어나무 군락, 들메나무 군락이 신갈나무림에 비해 높은 다양성지수(SR, H', J')를 보인 것은 주로 사면하부 및 계곡에 한정되어 있어 토양의 영양분 수분, 온도 등이 양호한 상태를 나타내고 있기 때문인 것으로 사료되며(김창환, 1992), 신갈나무-줄참나무 군락은 교목층의 우점종 대체에 따른 환경의 변화에 의하여 다른 종의 침입이 가능하기 때문에 다양성지수(SR,

Table 2. Values for the soil variables for the ten communities(Mean SD)

| Plant communities          | A          | B          | C          | D          | E          | F          | G           | H           | I          | J          |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|
| pH (1:5)                   | 4.60±0.10  | 4.60±0.30  | 4.40±0.30  | 4.50±0.10  | 4.50±0.30  | 4.50±0.10  | 4.90±0.30   | 5.00±0.40   | 5.20±0.30  | 5.00±0.30  |
| O·M(%)                     | 13.20±4.60 | 14.40±2.90 | 9.20±0.90  | 10.70±1.90 | 9.40±3.00  | 9.90±1.80  | 9.70±2.40   | 12.90±2.60  | 12.80±2.50 | 10.50±5.60 |
| Ca <sup>2+</sup> (me/100g) | 1.66±1.24  | 1.59±1.17  | 0.59±0.37  | 0.62±0.35  | 0.71±0.58  | 0.97±0.54  | 2.33±2.11   | 4.14±2.62   | 5.00±1.13  | 5.51±0.81  |
| Mg <sup>2+</sup> (me/100g) | 0.64±0.39  | 0.56±0.25  | 0.31±0.11  | 0.28±0.08  | 0.32±0.15  | 0.55±0.28  | 0.82±0.67   | 1.35±0.81   | 1.75±0.26  | 1.62±0.27  |
| K <sup>+</sup> (me/100g)   | 0.44±0.18  | 0.38±0.15  | 0.34±0.09  | 0.30±0.05  | 0.34±0.20  | 0.37±0.09  | 0.57±0.37   | 0.72±0.04   | 1.14±0.48  | 0.91±0.12  |
| Na <sup>+</sup> (me/100g)  | 0.22±0.06  | 0.23±0.04  | 0.19±0.02  | 0.38±0.23  | 0.22±0.02  | 0.02±0.01  | 0.20±0.02   | 0.25±0.03   | 0.24±0.02  | 0.24±0.01  |
| B·S(%)                     | 13.10±6.10 | 10.30±5.20 | 7.10±2.70  | 7.54±2.10  | 7.92±4.34  | 10.38±0.01 | 17.41±11.06 | 26.37±13.70 | 31.60±3.89 | 32.80±4.40 |
| C·E·C(me/100g)             | 21.80±2.40 | 24.00±3.60 | 20.10±2.10 | 19.70±1.40 | 19.60±1.29 | 19.80±1.40 | 20.80±31.50 | 24.00±2.90  | 25.75±1.55 | 25.35±1.71 |
| T-N(%)                     | 0.51±0.15  | 0.50±0.21  | 0.48±0.21  | 0.43±0.14  | 0.39±0.12  | 0.38±0.04  | 0.47±0.09   | 0.57±0.20   | 0.06±2.00  | 0.56±0.27  |

Note: O·M = Organic matter, B·S = Base, C·E·C = Cation exchange capacity,

T-N = Total nitrogen

Legend of plant communities are the same as in Table 1.

H', J')가 다소 높게 나타났을 것으로 보인다 (Horn, 1975). 졸참나무 군락은 종다양성지수가 중간값을 나타냈으며, 이 값은 지리산 피아골(장윤석과 임양재, 1985), 한라산(임양재와 이진화, 1991), 가야산(정민호, 1991) 및 덕유산(길봉섭과 김창환, 1988; 김창환, 1992)의 연구결과와 유사하였다.

#### 4. 종서열-중요치 곡선

장안산의 주요 10개 식물군락의 종서열-중요치 곡선은 대수정규분포에 상당히 접근하고 있었다 (Figure 7). 종서열-중요치 곡선의 상위부분의 기울기가 급한 것은 몇몇 종의 우점도가 높고 전체의 기울기가 급하지 않는 것은 균등성이 높아 군락의 안정성이 큰 것을 나타낸다고 볼 때 장안산 삼림은 소수의 종에 의하여 강하게 우점된 상태로 군락을 형성하고 있음을 알 수 있다. 그러나 전반적으로 이들 군락을 형성하는 구성종은 풍부한 것으로 판단된다.

10개 군락 내 주요 수종의 상대기저 면적(relative basal area)을 보면 신갈나무 군락은 신갈나무(RBA:74.5), 당단풍(8.0), 물푸레나무(2.4), 굴참나무(2.2)순으로 나타났으며, 신갈나무-철쭉꽃 군락은 신갈나무(77.1), 철쭉꽃(7.9), 당단풍(3.7), 대팻집나무(2.0), 신갈나무-노린재나무 군락은 신갈나무(84.6), 노린재나무(3.0), 졸참나무(2.8), 물푸레나무(2.2), 신갈나무-졸참나무 군락은 신갈나무(43.60), 졸참나무(42.8), 굴참나무(3.2), 느티나무(2.2), 졸참나무 군락은 졸참나무(57.3), 신갈나

무(12.0), 굴참나무(8.6), 개서어나무(7.6), 거제수나무(3.5) 굴참나무 군락은 굴참나무(77.2), 거제수나무(7.7), 신갈나무(6.7), 졸참나무(3.1), 서어나무 군락은 서어나무(44.0), 개서어나무(20.0), 신갈나무(13.3), 졸참나무(11.3), 노각나무(5.6), 당단풍(3.0), 물푸레나무 군락은 물푸레나무(48.2), 신갈나무(20.2), 쇠물푸레(10.2), 굴참나무(5.7), 개박달나무(4.7), 층층나무 군락은 층층나무(36.7), 신갈나무(21.0), 거제수나무(8.0), 당단풍(6.5), 까치박달(5.5), 굴참나무(5.0), 들메나무 군락은 들메나무(68.2), 층층나무(10.5), 고로쇠나무(5.1), 물푸레나무(3.0), 까치박달(2.5)순으로 조사되었다.

이러한 결과로 볼 때 각 군락 내에서 우점종이 군락 내 자원공간을 차지하는 비율은 매우 높음을 알 수 있으며, 특히 신갈나무림(신갈나무 군락, 신갈나무-철쭉꽃 군락, 신갈나무-노린재나무 군락)은 신갈나무에 의하여 강하게 우점되어 있으나, 신갈나무-졸참나무 군락, 서어나무 군락, 물푸레나무 군락, 층층나무 군락은 상위종들이 자원공간을 적절히 분배하여 사용하고 있지만, 천이가 진행됨에 따라 우점종에 의한 자원공간의 점유율은 매우 빠른 속도로 증가할 것으로 보인다. 이처럼 각 군락에서 우점종에 의한 자원공간 점유율이 높음에도 불구하고 종서열-중요치 곡선을 보면 신갈나무 군락이 상대기저면적 0.1~4% 범위에 속하는 종이 전체종의 66%, 신갈나무-철쭉꽃 군락은 15종, 60%, 신갈나무-노린재나무 군락은 10종, 43%로 굴참나무 군락(12종, 55%)을 제외한 다른 군락에 비해 상대적으로 상대기

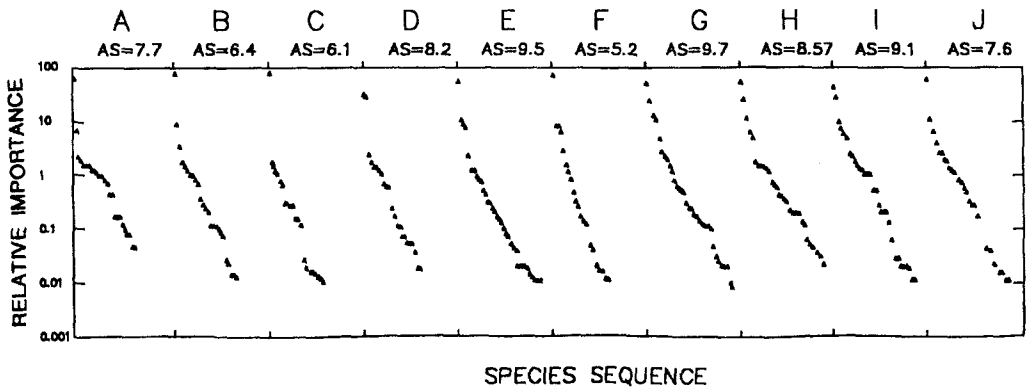


Figure 7. Species sequence vs. relative importance curve of ten plant communities in Mt. Jangan

Note: AS=average slopes

A: *Quercus mongolica*, B: *Q. mongolica*-*Rhododendron schlippenbachii*, C: *Q. mongolica*-*Symplocos chinensis* for. *pilosa*, D: *Q. mongolica*-*Q. serrata*, E: *Q. serrata*, F: *Q. variabilis*, G: *Carpinus laxiflora*, H: *Fraxinus rhynchophylla*, I: *Cornus controversa*, J: *F. mandshurica*

저면적 0.1~4% 범위에 속하는 종의 비율이 낮으며, 종서열-중요치 곡선의 평균기울기가 각각 7.7(신갈나무 군락), 6.4(신갈나무-철쭉꽃 군락), 6.1(신갈나무-노린재나무 군락)로 다소 급하게 나타났다. 이러한 현상은 군락 분포역의 환경과 종조성에 의한 것으로 사료된다.

줄참나무 군락은 상대저면적 0.1~4% 범위 내에 15종, 42%를 차지하고 있으며, 신갈나무-줄참나무 군락은 17종, 63%, 서어나무 군락은 20종, 56%, 물푸레나무 군락은 21종, 72%, 층층나무 군락은 15종, 48%, 들메나무 군락은 18종 64%를 차지하고 있으며, 종서열-중요치 곡선의 평균기울기는 각각 9.5, 8.2, 9.7, 8.5, 9.1, 7.6의 값을 나타내어 대수정규분포에 접근하였다. 그러나 이들 군락들에서는 제1위종에 의한 자원공간 점유율이 신갈나무림보다는 낮은 반면, 제 2, 3, 4위종들의 공간점유율은 높았다.

결과적으로 장안산의 10개 군락은 군락간의 차이는 있지만 대체적으로 어떤 특정종이 군락 내 자원공간을 독점하지 않고 적절히 분배하여 사용하고 있음을 시사해 주고 있다. 따라서 이 지역의 종서열-중요치 곡선의 유형은 종다양성이 높은 Great Smoky Mountains(Whittaker, 1975), 설악산(Choi and Yim, 1984), 한라산 및 덕유산과 유사한 것으로 보아 이곳 삼림의 종다양성이 높다고 판단된다.

## 인용문헌

- 김봉섭, 김창환(1988) 장안산의 식물상과 다양성 분석. 원광대 논문집 22:65-97.
- 김봉균, 이정구(1986) 백운산, 기백산 및 황석산 일대의 지질. 한국자연보존협회 조사보고서 24:29-39.
- 김창환(1992) 덕유산 국립공원 삼림식생의 구조와 2차 천이에 관한 연구. 원광대학교 박사학위 논문. 156쪽.
- 김창환(1995) 국립공원 가야산 일대의 자원식물 조사와 종다양성. 익산대 논문집. 4:53-59.
- 김창환, 김봉섭(1996) 덕유산 국립공원 삼림식생의 종다양성. 한국생태학회지 19:223-230.
- 김창환, 김병삼(1998) 제2차 전국 자연환경조사(장수·함양 지역의 식생). 환경부, 397쪽.
- 문형태, 표재훈, 김준호(1998) 여천공단 주변지역 토양의 화학적 성질. 한국생태학회지 21:1-6.
- 옥영호(1984) 목발의 초기천이에 있어서 토양의 성질, 종다양성 및 r-k선택의 변화. 서울대학교 대학원 석사학위논문. 44쪽.
- 임양재, 김성덕(1983) 한국의 기후 도형 지도. 한국생태학회지 6:261-272.
- 임양재, 이진화(1991) 한라산 국립공원 삼림식생의 우점-다양성에 관하여. 한국생태학회지 14:257-271.
- 임양재, 김정연(1992) 지리산의 식생. 중앙대학교 출판부, 467쪽.
- 장윤석, 임양재(1985) 지리산 피아골의 식생형과 그 구조. 한국식물학회지 28:165-175.
- 장수군(1997) 장수군지 45-5099.
- 변두원, 이호준, 김창호(1998) 오대산 삼림 식생의 패턴과 천이 계열. 한국생태학회지 21:283-290.
- 정민호(1991) 가야산의 식생. 원광대학교 석사학위 논문. 52쪽.
- Bell, N.(1994) The ecological effects of increased aerial deposition of reserve sulfur and soluble sulfates in soil. Proceedings of Soil Science Society of America. 24:265-268.
- Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensoziologie. 3 Springer-Verlag, Wien. 865pp.
- Baruch, Z.(1984) Ordination and classification of vegetation along an altitudinal gradient in the Venezuelan paramos. Vegetatio 55:115-126.
- Choi, K. R. and Y. J. Yim(1984) On the dominance-diversity in the forest vegetation of Mt. Seolag. Kor. J. Bot. 27:25-32.
- Ellenberg, H.(1956) Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In Einführung in die Phytologie von H. Walter, Vol. IV. Grundlagen der Vegetationsgliederung, Pt. I, 136pp.
- Glenn-Lewin, D. C.(1977) Species diversity in North American temperate forest. Vegetatio 33:153-162.
- Hamilton, A. C. and F. A. Perrott(1981) A study of altitudinal zonation in the montane forest belt of Mt. Elgon, Kenya/Uganda. Vegetatio. 45:107-125.
- Horn, H. S.(1975) Markovian properties of forest succession. In M. L. Cody and J. M. Diamond(eds.), Ecology and Evolution of Communities. Harvard University Press, Cambridge. J. Veg. Sci. 4:477-488.
- Itow, S.(1991) Species turnover and diversity in the eastern deciduous forest with particular reference to north central Florida. Am. Nat. 101:173-187.
- Jakucs, P.(1991) Eutrophication in forest ecosystems. In G. Esser and D. Overdieck(eds.), Modern ecology: basic and applied aspects. Elsevier, New York. 9:571-578.
- Krebs, M. E. D.(1978) Ecology. Haper and Row. 6949.



- Magurran, A. E.(1988) Ecological Diversity and Its Measurement. Croom Helm, 1799.
- Margalef, P. R.(1972) Homage to Evelyn Hutchinson, of why is there an upper limit to diversity. *Trans. Connet. Acad. Arts sci.* 83:97-110.
- May, R. M.(1975) Patters of species abundance and diversity. In *ecology and evolution of communities*(M. L. Cody and J. M. Diamond eds.), Harvard University Press, Cambridge, MA, 99:88-120.
- Minchin, P. R.(1989) Montane vegetation of the Mt. Field massif, Tasmania: a test of some hypotheses about propertis of community patterns. *Vegetatio* 83:97-110.
- Monk, C. D.(1967) Tree species Diversity in the eastern deciduous forest with particular eference to north central Florida. *Am. Nat.* 101:173-187.
- Montalvo, J., M. A. Casado, C. Levassor and F. D. Pineda(1991) Adaptation of ecological systems: compositional pattern of species and morphological and functional traits. *J. Veg. Sci.* 2:655-666.
- Mun, H. T. and W. G. Whitford(1989) Effects of nitrogen amendment on annual plants in the chihauhauan desert. *Plant and Soil* 120: - 231.
- Nagy, M. and J. Nagy(1981) Diversity of help layer of black locust forest. *Acta Biol. Debrecina* 18:15-20.
- Palmer, M. W.(1991) Patterns of species richness among North Carolina hardwood forest: test of two lypotheses. *J. Veg. Sci.* 2:361-366.
- Peet, R. K.(1974) The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. System.*, 5:285-307.
- Peet, R. K.(1978) Forest vegetation of the Colorado front range: patterns of species diversity. *Vegetatio* 37:65-78.
- Pielou, E. C.(1966) The measurement of diversity in differnt types of biological collections. *J. Theor. Biol.* 13:131-44.
- Proctor, J.(1971) The plant ecology of serpentine. *J. Ecol.* 59:827-842.
- Rey Benayas, J. M. and S. M. Scheiner(1993) Diversity pattern of wet meadows along gechemical gradients in central Spain. *J. Veg.Sci.* 1:103-108.
- Shannon, C. E. and W. Wiener(1949) *The Mathematical Theory of Communication.* Illinois Univ. Press, Urbana. 117pp.
- Simpson, E. H.(1949) Measurement of diversity. *Nature* 163:688.
- Ulrich, B, R. mayer and P. K. Khanna(1980) Chemical change due to acid precipitation in a loss-derived soil in central Europe. *Soil sci.* 130:193-200
- Wilson, J. B., W. G. Lee and A. F. Mark(1990) Species diversity in relation to ultramafic substrate and to altitude in southwestern New Zealand. *Vegetatio.* 86:15-20.
- Whittaker, R. H.(1965) Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147:250-60.
- Whittaker, R. H.(1975) *Communities and Ecosystems.* MacMillan, New York, 385pp.
- Whittaker, R. H. and W. A. Niering(1975) *Vegetation of Santa Catalina Mountains, Arizona. V. Biomass, production and diversty aling the elevational gradient.* *Ecology* 46:429-452.
- Whittaker, R. H.(1977) Evolution of species diversity in land communities. *Evol. Biol.* 10:1-67.
- Wolt, J. D.(1990) *Effects of acid deposition on the chemical form and bioavailability of soil aluminum and manganese.* In A. Lucier and S. G. Haines(eds.), *Mechanisms ofork.* 99. 62 Springer-Verlag. New Y-107.