

설악산국립공원 오색-대청봉-신흥사지역의 사면방향과 해발고에 따른 산림구조¹

박인협² · 류석봉² · 최영철³

Forest Structure in Relation to Slope Aspect and Altitude in Osaek-Taech' ōngbong- Shinhŭngsa Area at Sōraksan National Park¹

In-Hyeop Park², Suk-Bong Ryu², Young-Cheol Choi³

요 약

설악산국립공원의 주봉인 대청봉(해발 1,708m)을 중심으로 남향사면인 오색-대청봉지역과 북향사면인 신흥사-대청봉지역을 대상으로 사면방향과 해발고에 따른 교목층의 산림군집구조를 조사분석하였다. 특수한 지형인 주능선부에 위치하는 북향사면의 상부를 제외하면, 동일 해발고일 경우 남향사면은 북향사면에 비하여 교목상층 개체목의 크기가 작고, 밀도가 높으며, 교목층의 종다양도가 낮은 경향을 보였다. 해발고간 지형조건이 유사한 남향사면의 경우 해발고가 높아짐에 따라 교목상, 하층의 흉고단면적이 증가하였다. 남향사면의 해발고가 증가함에 따라 교목층에서 중요치가 감소하는 수종은 신갈나무, 쪽동백나무, 생강나무 등이었으며, 증가하는 수종은 잣나무, 사스래나무, 시닥나무, 철쭉꽃 등이었다. Cluster와 ordination 분석에 의하여 산림군집을 교목상층에 의하여 구분한 결과 남향사면의 상, 중, 하부와 북향사면의 중, 하부에 위치하는 신갈나무군집, 북향사면 상부의 사스래나무군집, 정상부의 구상나무군집 등 3개 군집으로 구분되었다.

주요어 : 산림구조, 사면방향, 해발고

ABSTRACT

The forests of Osaek-Taech' ōngbong-Shinhŭngsa district in Sōraksan National Park was studied to investigate forest structure of tree strata in relation to aspect and altitude of the slope. Excepting the main ridge area which has typical environmental condition, tree size in canopy of the southern slope was smaller, density in canopy of the southern slope was higher and species diversity in tree stratum of the southern slope was lower as compared those of the northern slope of same elevation belts. Elevation trend was found for forest structure of the southern slope where geographical features were similar among elevation belts. With increasing elevation of the southern slope, basal area of canopy and understory increased. With increasing

1 접수 12월 15일 Received on Dec. 15, 1997

2 순천대학교 농과대학 College of Agriculture, Suncheon National Univ., Suncheon, 540-742, Korea.

3 임목육종연구소 Forest Genetics Research Institute, Suwon, 441-350, Korea.

elevation of the southern slope, importance values of *Quercus mongolica*, *Styrax obassia*, and *Lindera obtusiloba* decreased while those of *Pinus koraiensis*, *Betula ermani*, *Acer tschonoskii* var. *rubripes* and *Rhododendron schlippenbachii* increased. According to cluster and ordination analysis, the studied forests was classified into *Quercus mongolica* community at the low, middle and high elevation belts of the southern slope and the low and middle elevation belts of the northern slope, *Betula ermani* community at the high elevation belt of the northern slope, and *Abies koreana* community at the top area.

KEY WORDS : FOREST STRUCTURE, SLOPE ASPECT, ALTITUDE

서 론

설악산은 북으로 금강산을 거쳐 북한의 고원지대로 연결되고 남으로는 오대산, 태백산을 거쳐 차령산맥, 소백산맥으로 이어진다. 남한에서는 한라산, 지리산 다음으로 높은 산이며 산세가 웅장하고 경관이 수려할 뿐만아니라 자연보존 상태가 좋아서 1965년 11월 5일 천연기념물(천연보호구역 163.4km²) 제 171호로 지정되었고, 1970년 3월 24일 국립공원으로 지정되었으며 1982년에 UNESCO의 인간과 생물권계획(Man and Biosphere Project: MAB)에 따라 한국에서는 유일하게 생물권보전지구로 지정되었다. 설악산국립공원은 동경 128° 15' ~ 128° 35', 북위 38° 00' ~ 38° 13' 에 위치하고 행정구역상으로는 강원도 속초시, 양양군, 인제군, 고성군에 걸쳐 있으며 총면적은 373km²이다. 설악산국립공원은 주봉인 대청봉(1,708m)을 기점으로 북쪽에 무너미고개(1,060m), 연화봉(1,275m), 마들령(1,327m), 저항령(1,110m), 황철봉(1,381m), 신선봉(1,204m) 등이 있고, 남쪽에 한계령(925m), 망대암산(1,236m), 점봉산(1,424m) 등이 있다(내무부, 1992).

설악산에는 101과 410속 861종 1아종 47변종 13품종으로 총 922종류의 관속식물이 분포하고 있는 것으로 보고되었다(내무부, 1992). 식물종들의 자연분포에 영향을 미치는 주요 환경요인은 기후, 토양조건 등이며 이는 동일 산지내에서도 해발고, 사면방향 등에 따라 다르다(Daubenmire, 1966). 따라서 동일 사면에서도 해발고에 따라 또는 동일 해발고에서도 사면방향에 따라 군집구조가 달라질 수 있다. 본 연구는 이러한 관점에서 설악산지역에서 주등산로가 위치하고 있는 남향사면인 오색-대청봉 지역과 북향사면인 신흥사-대청봉 지역의 산림군집구조를 사면방향 및 해발고와 관련하여 조사 분석함으로써 사면방향과 해발고에 따른 산림군집구조의

속성을 파악하고 합리적인 산림관리에 필요한 기초 자료를 제공하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사구 설정

본 연구는 설악산국립공원의 주봉인 대청봉을 중심으로 남향사면인 오색-대청봉지역과 북향사면인 신흥사-대청봉지역을 대상으로 실시하였다. 조사구는 2개 사면 지역 모두 인위적인 교란을 고려하여 해발 560m 지점에서 정상부인 대청봉(해발 1,708m)을 향하여 해발 60m의 등간격으로 등산로에서 우측으로 5m 정도 떨어진 지점에 설정하였다. 따라서 조사구 총수는 40개 조사구(2사면×20조사구)가 된다. 각 조사구의 크기는 10m×10m로 하였다.

2. 식생조사

각 조사구내에 출현하는 교목층을 대상으로 교목상층과 교목하층으로 구분하여 수종, 흉고직경 등을 조사하였다. 식생층의 구분은 Monk 등(1969)의 방법을 참조하여 흉고직경 1cm이상의 수목군을 교목층으로 하였으며 교목층 중에서 상층임관을 이루는 수목군을 교목상층, 상층임관하의 수목군을 교목하층으로 하였다. 흉고직경 1cm 이하의 수목들인 관목층은 조사대상에서 제외하였다.

3. 산림구조 분석

산림구조는 사면방향과 해발고를 고려하여 분석하였다. 해발고는 2개 사면 모두 하부(560~860m), 중부(920~1,220m), 상부(1,280~1,580m)의 3개 300m 해발고대와 1,640m이상의 정부로 구분하였다. 정부의 경우 2개 사면이 이어지

는 정적인 것을 고려하여 사면 구분 없이 통합해서 분석하였다. 따라서 산림구조의 분석 단위는 총 7개 단위 (2사면×3해발고대+1정상부)가 되며 분석 단위별 조사구수는 사면별, 해발고대별은 각각 6개 조사구, 정상부의 경우 4개 조사구가 된다. 식생조사 결과 얻어진 자료에 의하여 각 수종의 상대적인 중요도를 나타내는 척도로서 Curtis와 McIntosh (1951)의 중요치(importance value)를 적용하였다. 종다양성은 종수, 종다양도(species diversity, H'), 균등도(evenness, J')에 의하여 종합분석하였으며 일반적으로 사용되고 있는 Shannon의 수식(Pielou, 1977)을 적용하였다. 종구성상의 유사한 정도를 나타내는 척도로서는 Sørensen의 유사도지수(Brower and Zar, 1977)를 사용하였다. Cluster분석은 중요치에 의한 산림군집 구분시 비교적 적합한 것으로 보고되고 있는 flexible strategy를 적용하였으며, ordination 분석은 principal component analysis(PCA)를 적용하였다(Ludwig and Reynolds, 1988).

결과 및 고찰

1. 산림개황

사면별, 해발고대별 산림개황은 Table 1과 같다.

교목상층의 평균 수고와 흉고직경 즉, 개체목의 크기는 2개 사면 모두 중부에서 가장 큰 것으로 나타났다. 흉고직경과 밀도의 종합적인 표현이라고 할 수 있는 흉고단면적은 남향사면에서는 교목 상층과 하층 모두 해발고대가 높아짐에 따라 증가하였으며, 북향사면에서는 교목상층과 하층 모두 중부, 하부, 상부의 순으로 많았다. 박인협(1986), Day와 Monk(1974)는 해발고가 높아짐에 따라 바람과 건조 등에 대한 적응 결과 교목층의 크기와 흉고단면적이 감소한다고 하였는데, 본 조사지의 경우 다른 경향을 보이는 것은 사면 하부로 갈수록 인간의 간섭이 심하였음을 시사하고 있다. 북향사면에서 남향사면과는 달리 상부에서 개체목의 크기가 작고 밀도가 비교적 높으며 흉고단면적이 적은 것은 등산로를 따라 설정한 조사구설치선이 무너미재-소청봉-대청봉으로 이어지는 주능선부에 위치하기 때문이었다. 지형조건이 특수한 북향사면의 상부를 제외할 때, 동일 해발고대에서 남향사면이 북향사면에 비하여 교목상층 개체목의 크기가 작은 반면 밀도는 높은 경향을 보였다. 남향사면과 북향사면이 이어지는 정상부에서 개체목의 크기가 작고 밀도가 높으며 흉고단면적이 적은 것은 산 정상부의 전형적인 특성이라고 할 수 있다(박인협, 1986). 정상부 교목하층의 경우 표에서는 제시하지 않았으나 수고가 1m 내외였기 때문에 흉고직경과 흉고단면적은 측정하지 않았다.

Table 1. General description of the studied sites in relation to aspect and altitude of the slope

	Southern slope (Osaek-Taech'õngbong)				Northern slope (Shinhõngsa-Taech'õngbong)				Top
	Low elev.	Mid. elev.	High elev.	Total	Low elev.	Mid. elev.	High elev.	Total	
Altitude(m)	560-860	920-1220	1280-1580		560-860	920-1220	1280-1580		1640-1708
Slope(°)	32	34	25	30	43	39	34	39	16
Canopy									
Height(m)	12.8	14.6	11.2	12.9	12.8	15.4	7.3	11.9	2.8
Mean DBH(cm)	23.4	32.5	29.9	28.6	25.7	39.9	7.8	24.5	5.0
Density(trees/ha)	794	683	905	757	473	488	2,469	1,143	1,622
Basal area(m ² /ha)	35.7	70.00	74.84	83.61	30.08	81.09	20.33	43.83	4.42
Understory									
Mean DBH(cm)	3.5	5.2	4.6	4.4	3.8	3.8	3.6	3.7	
Density(trees/ha)	3,628	3,100	4,147	3,625	4,140	4,612	4,169	4,307	10,033
Basal area(m ² /ha)	6.14	11.28	13.10	10.17	7.80	8.67	6.16	7.5	
Total									
Mean DBH(cm)	7.1	10.1	9.2	8.8	6.0	7.3	5.2	6.2	
Density(trees/ha)	4,422	3,783	5,053	4,419	4,613	5,100	6,638	5,450	11,656
Basal area(m ² /ha)	41.84	81.28	87.94	93.78	37.88	89.75	26.49	51.37	4.42

Table 2. Importance values of the woody species in the tree stratum for each district

Species	Southern slope												Northern slope											
	Low elev.				Mid. elev.				High elev.				Low elev.				Mid. elev.				High elev.			
	C*	U**	Total	Total	C	U	Total	Total	C	U	Total	Total	C	U	Total	Total	C	U	Total	Total	C	U	Total	
<i>Abies holophylla</i>	0.7	0.4	10.9	7.3	7.3	7.0	2.4	4.2	3.7	1.1	0.3	3.7	0.1	2.0	0.1	0.1	1.3							
<i>Carpinus laxiflora</i>	2.8	2.9	2.5	0.9	8.8	2.1	4.7	1.1	0.1	0.5	1.4													
<i>Magnolia sieboldii</i>	0.7	4.8	1.6	0.9	0.5	0.2	0.1	0.7	13.6	7.4	2.8	8.8	5.7	0.2	15.4	6.9	6.2							
<i>Quercus mongolica</i>	55.3	21.9	31.8	43.8	9.1	25.4	36.6	7.6	21.4	26.1	50.5	3.0	24.4	64.3	0.6	36.0	4.7	3.4	4.3	27.5	9.9	3.6	4.3	
<i>Styrax obassia</i>	19.9	6.6	22.0			8.4	1.8	14.0	6.7	1.5	0.6	0.4	0.2	2.0										
<i>Tilia amurensis</i>	1.4	4.7	2.1	17.1	2.3	12.2	9.7	2.8	7.1	6.6	6.5	7.3	6.1	5.1	4.2	5.2	0.4	0.2	0.4	4.3				
<i>Pinus koraiensis</i>	0.5	0.9	0.7	6.8	4.0	5.1	25.3	6.8	15.3	6.9	11.4	0.9	5.9	6.7	1.4	3.7	0.3	0.1	3.4					
<i>Betula ermani</i>				0.5	0.2	11.9	3.1	7.1	2.5					0.5	0.1	57.3	14.8	39.4	10.3	27.3	13.1	14.5		
<i>Abies nephrolepis</i>				3.0	2.1	2.1	3.4	7.3	4.2	2.1	0.2	0.1	0.7	1.1	0.6	10.4	0.3	7.5	1.7					
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	15.8	4.9	0.5	35.4	17.2		16.4	8.5	9.7		18.1	9.1	1.4	25.9	10.5	0.7	8.1	3.2	7.2					
<i>Sorbus commixta</i>				0.2	0.2	2.0	7.3	3.3	1.3	1.5	0.7	4.0	1.2				5.8	2.1	1.3	0.7	0.2	0.2		
<i>Abies koreana</i>						2.7	3.2	2.0	0.7								0.5	0.2	62.1	2.2	5.7			
<i>Prunus maximowiczii</i>						1.4	0.5	0.2			1.8	1.8	1.4	0.8	0.3	0.4	5.5	4.5	4.7	2.1				
<i>Salix hallaisanensis</i>						2.5	1.2	0.5						2.3	0.1	0.7	9.1	10.7	8.3	2.9				
<i>Alnus fruticosa</i>	0.1	0.1									0.4	0.2	10.1	6.0	7.6	2.4	1.4	1.3						
var. <i>mandshurica</i>																								
<i>Acer tschonoskii</i>				2.6	1.9		10.5	6.1	2.9		5.5	3.6		9.6	5.8	0.3	5.5	2.6	3.8					
var. <i>rubripes</i>																								
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	3.5	2.2		12.6	8.9		16.0	10.3	7.2		3.4	2.7		10.3	7.3		6.7	3.0	4.2					
<i>Lindera obtusiloba</i>	16.9	10.2		1.1	0.8				3.6		9.3	7.3		1.4	1.1				2.3					
<i>Tripterygium regelii</i>	0.2	0.1					1.5	1.1	0.5					0.2	0.2	2.3	1.2	0.5						
<i>Pinus pumila</i>																	18.5	17.8						
<i>Rhododendron mucronulatum</i>				0.1	0.1		0.4	0.2	0.1		1.3	1.1		0.4	0.2				0.4					
var. <i>ciliatum</i>																								
Other species	18.7	21.8	21.4	17.3	22.3	18.1	1.4	10.6	7.4	15.4	17.7	18.4	18.5	11.1	29.1	18.0	1.3	15.0	8.2	14.8				
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* and ** are canopy and understorey of the tree stratum, respectively

Table 3. Various diversity indices of tree stratum

	Southern slope			Northern slope			Top
	Low elev.	Mid. elev.	High elev.	Low elev.	Mid. elev.	High elev.	
No. of species	33	34	32	40	43	34	25
Species diversity(H')	1.105	1.084	1.159	1.241	1.271	1.077	1.014
Evenness(J')	0.728	0.708	0.770	0.775	0.778	0.701	0.725

2. 종구성

교목상층은 주능선부에 위치하고 있는 북향사면의 상부와 정부를 제외한 지역에서 모두 신갈나무가 우점종이었다(Table 2). 북향사면의 상부에서는 사스래나무, 정부에서는 구상나무가 교목상층의 우점종이었다. 사면 상, 중, 하부의 지형조건이 유사한 남향사면의 경우 교목상층에서는 해발고대가 증가함에 따라 우점종인 신갈나무의 중요치가 점차 감소하면서 중부에서는 피나무 등, 상부에서는 잣나무 등과의 혼효율이 높아지는 경향을 보였다. 남향사면에서 해발고대가 높아짐에 따라 교목층 전체에서 중요치가 감소하는 수종은 신갈나무, 쪽동백나무, 생강나무 등이었으며, 증가하는 수종은 잣나무, 사스래나무, 시달나무, 철쭉꽃 등이었다.

3. 종다양성

Table 3에서는 사면별, 해발고대별 출현종수, 종다양도, 균재도를 나타냈다. 지형조건이 특수한 주능선부에 위치하고 있는 북향사면의 상부를 제외하면, 북향사면이 남향사면에 비하여 종다양도가 높았다. 그러한 이유는 북향사면이 남향사면에 비하여 출현종수와 균재도가 모두 높기 때문이었다. 정상부의 경우 다른 조사지에 비하여 종다양도가 낮은 것은 균재도 보다는 출현종수가 적기 때문이었다. 조사지 전체의 종다양도는 1.014~1.271의 범위로서 가야산국립공원 0.606~1.282(박인협 등, 1989), 지리산 피아골계곡 및 화엄사계곡 0.903~1.158(박인협 등, 1991)에 비하여 대체로 높았고, 오대산국립공원 0.882~1.312(박인협 등, 1996)과 유사하며, 덕유산국립공원 계곡부 1.315~1.375(박인협 등, 1994) 보다는 낮은 수준이었다.

4. 유사도지수

Table 4에서는 사면별, 해발고대별 조사지간 유사도지수를 나타냈다. 남향사면과 북향사면 모두 해

Table 4. Similarity index(%) among elevation belts and slope aspects

	Sl	Sm	Sh	Nl	Nm	Nh
Sm	38.1					
Sh	26.2	58.3				
Nl	54.7	47.1	34.3			
Nm	30.5	60.2	59.1	54.1		
Nh	12.1	16.8	27.9	24.9	33.8	
Top	8.5	12.1	20.8	14.6	16.6	31.5

* Sl, Sm and Sh are low, middle and high elevation belts of the southern slope, and Nl, Nm and Nh are low, middle and high elevation belts of the northern slope, respectively

발고의 차이가 클수록 유사도지수가 감소하였다. 남향사면의 해발고대간 유사도지수는 26.2~58.3%의 범위를 보였으며 북향사면의 해발고대간 유사도지수는 24.9~54.1%의 범위를 보였다. 2개 사면의 동일 해발고대간 유사도지수는 사면 하부 54.7%, 중부 60.2%, 상부 27.9%이었다. 사면 상부에서 2개 사면간 유사도지수가 낮은 것은 북향사면 상부의 경우 환경조건이 특수한 주능선부에 위치하기 때문이라고 할 수 있다.

5. Cluster 및 ordination 분석

Figure 1과 2에서는 사면별, 해발고대별의 수종

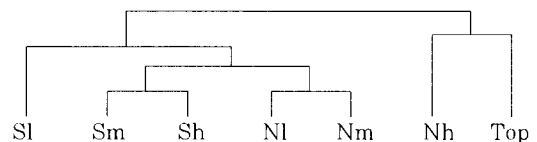


Figure 1. Dendrogram of cluster analysis of the studied sites. The abbreviations are same as Table 4

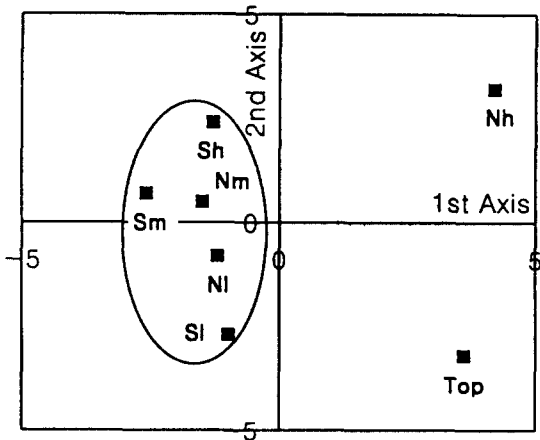


Figure 2. Principal component analysis ordination diagram of the studied seven sites. The abbreviations are same as Table 4

별 중요치에 의하여 각각 cluster와 ordination 분석한 결과를 보였다. Cluster와 ordination 분석 결과와 사면별, 해발고대별 중요치(Table 2)를 종합하여 산림군집을 교목상층에 의하여 구분하면 남향사면의 상, 중, 하부와 북향사면의 중, 하부에 위치하는 신갈나무군집, 북향사면 상부의 사스래나무군집, 정상부의 구상나무군집 등 3개 군집으로 구분되었다.

6. 종상관

Table 5에서는 주요수종의 사면별, 해발고대별 중요치에 의한 상관관계를 나타냈다. 피나무는 잣나무, 당단풍과 유의적인 정의 상관을 보였으며 쪽동백나무는 생강나무와 유의적인 정의 상관을 보였다. 산개벚치나무, 떡버들, 덩불오리나무는 3개 수종간에 유의적인 정의 상관을 보였으며 구상나무, 눈잣

Table 5. Correlation between the importance values of the major woody species in tree stratum

Species	Ah	Cl	Ms	Qm	So	Ta	Pk	Be	An	Ap	Sc	Ak	Pm	Sh	Af	At	Rs	Lo	Tr	Pp	
Cl	.																				
Ms	.	.																			
Qm	.	.	.																		
So																	
Ta	++																
Pk															
Be														
Am	+													
Ap	+	++	.	.	.												
Sc	+	.	+	.											
Ak											
Pm	+	+	.											
Sh	++	++	.			++								
Af	++	+	.	.		++	++								
At	+	.	.	.	+					
Rs	+	+	+	.	.	+				
Lo	.	+	.	.	++				
Tr		++				
Pp	++			++	
Rm	++			++	++

* ++: significant at 1% level/ -, +: significant at 5% level/ .: not significant at 5% level

** Ah: *Abies holophylla*, Cl: *Carpinus laxiflora*, Ms: *Magnolia sieboldii*, Qm: *Quercus mongolica*, So: *Styrax obassia*, Ta: *Tilia amurensis*, Pk: *Pinus koraiensis*, Be: *Betula ermani*, An: *Abies nephrolepis*, Ap: *Acer pseudo-sieboldianum*, Sc: *Sorbus commixta*, Ak: *Abies koreana*, Pm: *Prunus maximowiczii*, Sh: *Salix hallaisanensis*, Af: *Alnus fruticosa* var. *mandshurica*, At: *Acer tschonoskii* var. *rubripes*, Rs: *Rhododendron schlippenbachii*, Lo: *Lindera obtusiloba*, Tr: *Tripterygium regelii*, Pp: *Pinus pumila*, Rm: *Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum*

나무, 미역줄나무, 털진달래는 4개 수종간에 유의적인 정의 상관관계를 보였다. 이것은 이들 수종들 간에 서로 친화력이 높고 동질적인 지위를 갖기 때문이라 할 수 있다. 신갈나무는 사스래나무, 덩불오리나무, 미역줄나무와 유의적인 부의 상관관계를 보였다. 이것은 사스래나무, 덩불오리나무, 미역줄나무는 해발고가 높아질수록 중요치가 높아지는 경향을 보이는 반면 신갈나무는 해발고가 높아질수록 중요치가 낮아지기 때문이었다. 이러한 주요 수종간의 상관관계는 수종간 생태적 지위의 동질성 또는 이질성을 추정하는 자료라고 할 수 있다(Ludwig and Reynolds, 1988).

인용문헌

- 내무부(1992) 국립공원 자연자원조사 -설악산국립공원계획-. 내무부, 253쪽.
- 박인협(1986) 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대 박사학위논문, 48쪽.
- 박인협, 문광선, 최영철(1994) 덕유산지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 삼림구조. 응용생태연구 8(2): 154-159.
- 박인협, 류석봉, 김례화(1996) 오대산국립공원지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 삼림구조. 응용생태연구 9(2): 126-132.
- 박인협, 조재창, 오충현(1989) 가야산지역 계곡부와 능선부의 해발고와 사면부위에 따른 삼림구조. 응용생태연구 3(1): 42-50.
- 박인협, 최영철, 조우(1991) 지리산국립공원 화염사계곡 및 피아골계곡의 삼림군집구조에 관한 연구. 응용생태연구 5(1): 42-53.
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publ., Iowa, 194pp.
- Curtis, J.T. and R.R. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
- Daubenmire, R.(1966) Vegetation : Identification of typical communities. Science 151: 291-298.
- Monk, C. D., G. I. Child and S. A. Nicholson (1969) Species diversity of a stratified oak-hickory community. Ecology 50(3): 468-470.
- Day, F. P. and C. D. Monk(1974) Vegetation patterns on a southern Appalachian watershed. Ecology 55(5): 1064-1074.
- Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds(1988) Statistical ecology. John Wiley & Sons, New York, 337pp.
- Pielou, E.C.(1977) Mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York, 385pp.