

백두대간 정령치-고기리 구간의 해발고에 따른 식생구조¹

최송현² · 조현서³ · 김보현⁴

Vegetation Structure in Relation to Altitude from Jeongryeongchi to Gogiri Section in Baekdudaegan¹

Song-Hyun Choi², Hyun-Seo Cho³, Bo-Hyun Kim⁴

요 약

백두대간 정령치~고기리 구간에 대해 해발고별 식생변화를 살펴보기 위하여 해발고 100m마다 10m×10m(100m²)의 조사구 5개씩 총 45개 조사구를 9개 지점에 설치하여 조사하였다. 군락의 분리를 위해 TWINSpan과 DCA기법을 이용하였으며, 그 결과 정령치-고기리 구간은 교목층에서 신갈나무가 우점종인 것으로 밝혀졌으나 해발 900m를 기점으로 아교목층 및 관목층의 부수종을 중심으로 식생구조에 차이가 있는 것으로 밝혀졌다. 유사도지수에서도 유사한 결과를 나타내었으나 종다양도 분석에서는 해발고간 차이가 없었다.

주요어 : 식생연속성, TWINSpan

ABSTRACT

A vegetation structure by altitudinal changes from Jeongryongchi to Gogiri section of Baekdudaegan were investigated by sample plots(nine 500m²). Using TWINSpan and DCA techniques, vegetation structure was analyzed. In the results from the analysis of both techniques, *Quercus mongolica* is dominant species and altitudinal zonation were divided into 2 groups such as above 900m area and lower one by subspecies in subtree and shrub layers. Similarity index analyses of elevational ranges showed discontinuities between above and lower elevation area. In the analysis of species diversity, there was no significant difference due to altitude.

KEY WORDS : VEGETATION CONTINUUM, TWINSpan

1 접수 12월 15일 Received on Dec. 15, 2002

2 밀양대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Miryang National Univ., Miryang, 627-702, Korea(songchoi@mnu.ac.kr)

3 진주산업대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Jinju National Univ., Jinju, 660-758, Korea(sanchs@cjcc.chinju.ac.kr)

4 국립공원관리공단 National Park Authority, Korea(nasan929@npa.or.kr)

서론

해발고별 식생분포를 파악하는 연구는 식생분포 그 자체를 밝히는 작업에 의의가 있으나(Hamilton and Perrott, 1981), 연구의 경향은 주로 저지대와 고지대사이의 식생의 연속성과 다양성을 밝히는데 집중되고 있다(최송현 등, 1998). 해발고에 따른 식생의 변화는 주요 요인이 온도차에 따른 것이라고 보는 것이 지배적인데(Hamilton and Perrott, 1981) 국외의 연구에서는 해발고에 따라 식생의 분포가 연속적(Boughey, 1955; Van Steenis, 1984; Friis, 1992; Kitayama, 1992; Friis and Lawesson, 1993)이라고 밝힌 내용과 불연속적이라고 보고한 내용(Chapman and White, 1970; Hamilton, 1975; Hamilton *et al.*, 1989)으로 대별되고 있다. 이러한 연구들은 대체로 규모가 크고 대상지의 특성에 따라 연구결과가 나타난다. 국내에서는 해발고별 식생연구가 지리적인 한계가 있어 활발하게 진행되고 있지는 않다. 임경빈(1972)과 최송현 등(1998)이 울릉도에 대해 해발고별로 식생의 변화를 보고하였다.

이 연구의 대상지인 정령치-고기리 구간은 백두대간 마루금이 정령치에서 능선을 따라 고리봉을 거쳐 꾸준히 해발고가 감소하는 지형적 특징을 가진 곳이다. 이에 이 연구에서는 정령치에서 고기리로 이어지는 백두대간 마루금에 대해 해발고별로 식생을 조사하여 식생의 변화를 생태학적으로 규명하는데 목적이 있다.

연구 방법

1. 조사구 설정

백두대간의 정령치-고기리 구간에 대해 해발고를 고려하여 해발고 100m간격으로 10m×10m (100m²)의 조사구 5개씩을 선정하여 9개 지점에 총 45개 조사구를 설치하였다(Figure 1). 조사는 2002년 4월 예비 조사를 거쳐 5, 7월에 본조사를 실시하였다.

2. 조사지 개황

조사 대상지에 대한 환경요인조사로 조사구의 일반적 개황 조사를 실시하였다. 일반적 개황은 조사구별로 해발고, 방위, 경사도, 수목의 평균수고, 평

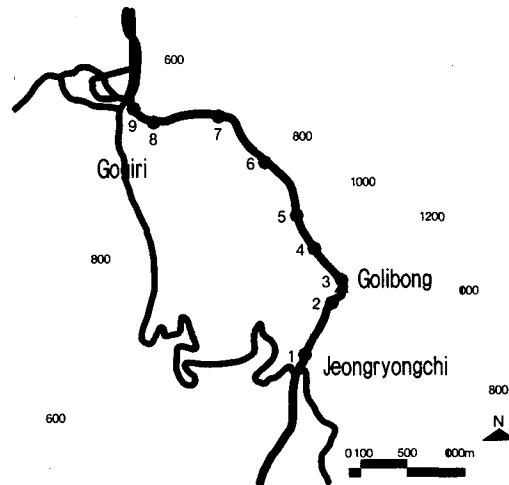


Figure 1. The location map of the survey plots in Jeongryongchi-Gogiri section of Baekdudaegan

균흉고직경 및 평균 울폐도, 조사구에 출현하는 목본종수를 측정·조사하였다.

3. 군집구조조사 및 분석

식생조사는 조사구내에서 교목층, 아교목층, 관목층으로 구분하였으며, 흉고직경(DBH) 2cm 이상의 목본식물을 대상으로 층위별로 수종명, DBH 또는 피도를 측정하였고 필요시 주요 수종에 대해 연륜측정을 위한 목편을 채취하였다. 측정된 자료는 데이터베이스를 이용하여 정리하고 Curtis & McIntosh (1951)의 방법을 응용한 박인협 등(1987)의 방법과 Pielou(1977)의 방법에 따라 상대우점치, 종다양성지수, 유사도지수를 계산하였다. 식생자료를 정리하여 classification은 TWINSpan (Hill, 1979b), ordination은 DCA(detrended correspondence analysis)방법(Hill, 1979a)을 이용하였고, 이상의 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태발전연구소에서 개발한 PDAP(plant data analysis package)와 Excel을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

백두대간의 정령치~고기리 구간은 지리산국립공

Table 1. Description of the physical features of each site in Jeongryongchi-Gogiri section

Site	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Altitude(m)	1,240	1,300	1,300	1,200	1,110	1,000	900	820	710
Aspect	S60W	S30W	N	N60E	N	N30E	N30W	W	N30W
Slope(°)	20	20	25	20	25	10	18	15	10
Height of tree layer(m)	5	6	8	8	10	10	25	16	17
Mean DBH of tree layer(cm)	8.1	7.7	12.8	13.7	14.9	8.3	20.4	21.8	24.0
Ccver of tree layer(%)	95	90	80	80	60	60	50	80	80
Height of subtree layer(m)	-	-	5	5	6	4	8	8	4
Mean DBH of subtree layer(cm)	6.1	5.7	4.7	3.7	4.1	3.0	3.3	2.1	3.0
Ccver of subtree layer(%)	-	-	30	60	60	60	40	10	30
Height of shrub layer(m)	1.0	1.0	0.8	0.8	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0
Ccver of shrub layer(%)	90	90	100	100	30	60	30	70	40
No. of species	23	22	23	19	18	23	24	28	19

원의 공원구역에 포함되어 있으며 백두대간의 마루금이 고리봉에서 북서쪽으로 꺾어져 내리막을 이루고 있다. 인근 지역의 연평균 강수량은 1,200~1,600mm이며, 특히, 남원과 함양의 평균기온은 12°C 이다(지리산관리사무소, 1997).

정령치-고기리 조사구간에 대해 일반적 개황을 조사하였다(Table 1). 조사구는 고리봉(1304.5m) 아래부터(조사구 3) 대체로 해발고 100m간격으로 설정되었으며, 경사는 10~25°였다. 교목층의 수고는 5~25m로 주로 해발고가 낮아질수록 증가하는 경향이였다. 평균흉고직경은 교목층이 14.0cm, 아교목층이 3.6cm였다.

2. Classification 및 ordination 분석

전체 9개 조사지에 대해 TWINSpan분석을 실시하였다(Table 2). TWINSpan분석은 각 조사구 별로 출현하는 수종을 개체수 빈도(1~5단계)로 지수화하여 조사지와 수종으로 구성되도록 매트릭스로 전환하고, 이를 단계적으로 지표종을 이용하여 분리해 나가는 기법이다(Hill, 1979b; 최송현 등, 1997; 1998).

분석결과 첫 번째 단계에서 소나무를 중심으로 조사구 7~9가 우측으로 분리되었고, 두 번째 단계 이하 조사구의 분리에 생강나무와 잣나무가 지표종으로 사용되었다. 그 결과 조사구는 해발고별로 배열되었는데, 전 조사구에 걸쳐 출현한 수종은 쇠물푸레나무와 신갈나무 2종이었고, 단지 1~2, 조사구에서만 관찰되지 않은 수종은 미역줄나무, 생강나무,

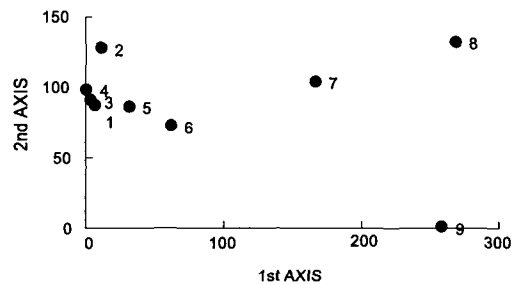


Figure 2. DCA ordination of the sample sites from Jeongryongchi to Gogiri section

노린재나무 등이었다. 그밖에 철쭉나무, 오미자, 당단풍 등은 해발 1,000m 이상에서, 소나무는 해발 900m이하에서만 출현하였다.

전체 9개 조사구에 대해 ordination기법중 DCA 분석을 실시하였다(Figure 2). Eigenvalue는 제 1축이 0.681, 제 2축이 0.172로 높게 나타났다. DCA분석결과를 살펴보면, 해발 900m이하의 조사구들(7~9)은 오른쪽으로 분포하여 나머지 조사구들과 불연속적으로 배치되었으며, 왼쪽에 분포한 조사구들은 특히, 조사구 1, 3, 4가 연속적으로 나타났다.

이상의 분석결과를 살펴볼 때, TWINSpan과 DCA기법을 이용한 분석은 비교적 유사한 결과를 나타내었다. 즉, 백두대간의 정령치에서 고기리로 이어지는 구간의 식생은 신갈나무가 우점종인 군락이나 해발 900m를 기점으로 소나무가 출현하면서 부수종 등의 종의 변화가 나타나는 것으로 나타났다.

Table 2. TWINSPLAN analysis of the distribution and abundance of trees(DBH \geq 2cm) in nine sites at each of altitudes on Jeongryeongchi-Gogiri section

Species	Plot									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Carpinus cordata</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Akebia quinata</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Magnolia sieboldii</i>	3	-	1	2	2	-	-	-	-	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	4	-	3	3	2	1	-	-	-	-
<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Kalopanax pictus</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Acanthopanax sessiliflorus</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fraxinus mandshurica</i>	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Callicarpa japonica</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lonicera maaekii</i>	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corylus sieboldiana</i>	1	1	3	-	1	1	-	-	-	-
<i>Schisandra chinensis</i>	1	1	1	1	-	1	-	-	-	-
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	3	4	4	5	4	3	-	-	-	-
<i>Spiraea prunifolia</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sorbus commixta</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euonymus pauciflorus</i>	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tilia amurensis</i>	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanandra incisa</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	2	-	-	-	-	2	-	-	-	1
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	3	3	3	3	4	5	2	1	1	1
<i>Morus bombycis</i>	-	1	1	1	1	-	1	-	-	-
<i>Tripterygium regelii</i>	2	1	1	1	1	2	1	1	-	-
<i>Rhododendron poukhanense</i>	1	3	2	-	1	1	-	1	-	-
<i>Weigela subsessilis</i>	1	1	-	-	1	1	1	-	-	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	1	1	-	1	-	2	-	1	1	-
<i>Stewartia koreana</i>	-	-	2	1	-	3	-	-	2	-
<i>Cornus controversa</i>	-	-	1	-	1	1	-	1	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	5	5	5	5	5	5	5	3	2	2
<i>Lindera obtusiloba</i>	2	-	2	1	3	1	1	2	2	2
<i>Sorbus alnifolia</i>	2	-	-	2	1	2	-	2	1	-
<i>Symplocos chinensis</i> Druce var. <i>leucocarpa</i>	1	1	1	1	2	3	-	1	4	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	1	2	-	1	-	2	2	1	-	-
<i>Aralia elata</i>	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Castanea crenata</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-
<i>Crataegus pinnatifida</i>	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Actinidia arguta</i>	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Cornus walteri</i>	-	2	1	-	-	-	-	2	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	1	-	-	1	1	-	-	2	-
<i>Pinus koraiensis</i>	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	-	-	-	2	1	1	1	1
<i>Rhus verniciflua</i>	-	-	-	-	-	1	2	1	-	-
<i>Rhus trichocarap</i>	-	-	1	1	1	-	3	3	3	3

Table 2. (Continued)

Species	Plot									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Smilax china</i>	-	-	1	-	-	1	2	1	1	
<i>Pinus rigida</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>Pinus deasiflora</i>	-	-	-	-	-	-	3	5	5	
<i>Larix leptolepis</i>	-	-	-	-	-	-	5	-	-	
<i>Vitis coignetiae</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Carpinus tschonoskii</i>	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
<i>Quercus dentata</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Deutzia parviflora</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Pyrus calleryana</i> var. <i>fauriei</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Rubus coreanus</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Ilex macropoda</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
<i>Cornus kousa</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Viburnum dilatatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
<i>Lonicera japonica</i>	-	-	-	-	-	-	1	1	-	
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1	

*The number of individuals in each plot is indicated as follows: -, none; 1, one; 2, two-three; 3, four-five; 4, six-ten; 5, eleven or more.

3. 유사도지수 분석

전체 9개 조사구간의 유사도지수 분석을 실시한 것이 Table 3이다. 해발 900m를 기점으로 900m 이상의 조사구(1~6)간의 평균 유사도지수는 65.6%였으며, 가장 높은 유사도를 나타낸 조사구는 1과 5였고, 조사구 2와 6이 53.05%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 그러나 조사구 1~6과 7~9간의

유사도 지수는 평균이 18.3%로 상이하게 나타났으며, 가장 이질적인 조사구는 2와 9로 9.68%였다. 전체 조사구의 평균 유사도지수는 39.8%였다.

이로 미루어 백두대간 정령치-고기리구간의 식생은 해발 900m를 기점으로 식생구조가 상이함을 알 수 있다.

4. 개체수 및 종수분석

Table 3. Similarity indices(%) among nine sites from Jeongryongchi to Gogiri section

Plots (Alti., m)	1 (1,300)	2 (1,240)	3 (1,300)	4 (1,200)	5 (1,110)	6 (1,000)	7 (900)	8 (820)
2 (1,240)	66.15							
3 (1,300)	70.06	67.72						
4 (1,200)	74.75	68.09	69.45					
5 (1,110)	79.47	66.08	67.29	71.37				
6 (1,000)	59.25	53.05	55.41	53.98	62.41			
7 (900)	28.44	29.81	29.89	28.85	29.94	31.21		
8 (820)	13.79	10.92	13.45	12.03	13.90	13.38	28.56	
9 (710)	10.93	7.68	11.75	9.66	14.24	20.35	25.07	63.44

해발고별로 조사된 전체 9개 조사구에 대해 단위면적당(500m²) 층위별로 개체수 및 종수의 기술통계 분석을 실시하였다(Table 4). 각 조사구당 평균 출현개체수는 536.4±231.6개체로 편차가 컸고 중앙값은 450개체였다. 층위별로는 교목층이 평균 73.9±28.4개체, 중양값 69개체, 아교목층이 64.3±35.4개체, 중앙값 66개체로 평균값과 중앙값이 근접하고 있다. 그러나 관목층에서는 개체수의 편차가 크게 나타났다. 평균 출현종수는 단위면적당 22.1±3.1종으로 중앙값 및 최빈값이 모두 23종이었다. 층위별로는 교목층이 3.3±1.8종, 아교목층이 11.1±3.4종이었다.

앞서 TWINSpan 및 DCA분석과 유사도지수 분석결과 해발 900m를 기점으로 백두대간 정령치-고기리 구간의 식생구조 차이가 나타나므로 900m를 기점으로 상하로 나누어 개체수 및 종수 분석을 실시하였다(Table 5). 단위면적당 평균출현종수는 해발 1,000m 이상에서 21.3±2.3종, 해발 900m이하에서 23.7±4.5종으로 해발고가 낮을수록 종수가 증가하는 것으로 나타났으나, 교목층과 아교목층에서는 해발 1,000m 이상이 높았고, 관목층에서 해발 900m이하의 값이 높게 나타났다. 평균출현개체수에 있어서도 종수와 비슷한 경향으로 나타났다.

Table 4. Descriptive analysis of the number of species and individuals of 9 plots in Jeongryongchi-Gogiri section (Unit: 500m²)

Descriptive analysis	No. of individual				No. of species			
	Tree	Understory	Shrub	Total	Tree	Understory	Shrub	Total
Mean	73.9±28.4	64.3±35.4	398.2±230.8	536.4±231.6	3.3±1.8	11.1±3.4	16.0±4.6	22.1±3.1
Median	69	66	324	450	3	12	15	23
Mode	-	-	-	-	3	14	19	23
Maximum	117	125	672	812	7	15	23	28
Minimum	38	7	100	240	1	5	10	18

Table 5. The mean of the number of species and individuals in relation to altitudinal difference (Unit: 500m²)

Mean Altitude	No. of individual				No. of species			
	Tree	Understory	Shrub	Total	Tree	Understory	Shrub	Total
1,000m ≤	74.0±31.0	66.0±44.3	389.3±271.9	529.3±264.5	4.0±1.8	11.3±4.2	14.8±4.4	21.3±2.3
≤900m	73.7±28.9	61.0±8.9	416.0±166.3	550.7±198.2	2.0±1.0	10.7±1.5	18.3±5.0	23.7±4.5

Table 6. Various species diversity indices for nine sites (Unit: 500m²)

Plot	H' (Shannon)	Simpson'	P.I.E. ¹	J' (evenness)	D' (dominance)	H' max
1	2.5399	8.6508	0.8844	0.8101	0.1899	3.1355
2	2.4630	9.2119	0.8914	0.7968	0.2032	3.0910
3	2.3462	6.5144	0.8465	0.7483	0.2517	3.1355
4	2.2067	5.6490	0.8230	0.7495	0.2505	2.9444
5	2.1656	6.6345	0.8493	0.7492	0.2508	2.8904
6	2.1495	5.1959	0.8075	0.6855	0.3145	3.1355
7	2.6613	10.9634	0.9088	0.8374	0.1626	3.1781
8	2.3694	6.0660	0.8352	0.7111	0.2889	3.3322
9	2.1915	6.5588	0.8475	0.7443	0.2557	2.9444

¹P.I.E. = the Probability of Interspecific Encounter

Table 7. The estimated age of major woody species in Jeongryongchi-Gogiri section

Plot	Species	DBH (cm)	Height (m)	Estimated Age
1	<i>Q. mongolica</i>	10	5	32
		7	5	31
3	<i>Q. mongolica</i>	19	13	46
		<i>Stewartia koreana</i>	10	11
4	<i>Q. mongolica</i>	21	10	63
7	<i>Larix leptolepis</i>	30	20	39
8	<i>P. densiflora</i>	26.5	21	35
		51	22	56
9	<i>P. densiflora</i>	31	18	39
		28	16	40

5. 종다양도 분석

전체 9개 조사구에 대해 종다양도 분석을 실시하였다(Table 6). Shannon지수, Simpson지수 그리고 Eurlbert의 P.I.E.지수가 가장 높은 조사구는 해발 900m의 조사구 7로써 각각 2.6613과 10.9634 그리고 0.9088이었다. 이는 조사구 7의 종조성이 비교적 균질하게 구성되어 있기 때문으로 생각된다.

6. 연륜분석

정령치-고기리 구간 조사구의 주요 수종에 대해 연륜분석을 실시하였다(Table 7). 해발 1,240m의 고지대 조사구 1의 신갈나무는 비록 흉고직경과 수고가 크지 않았으나 약 30년생 이상이었고, 조사구 3(해발 1,300m)의 노각나무는 20년생 정도였다. 조사구 7 지점의 일본잎갈나무는 약 40년된 인공림이었고, 조사구 8, 9의 소나무는 35~56년생정도였다. 결과적으로 정령치-고기리 구간에서 우점종인 신갈나무는 약 31~63년생의 분포를 보이는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

박인협, 이경재, 조재창(1987) 북한산 지역의 삼림군집구조에 관한 연구. *응용생태연구* 1(1): 1-23.

임경빈(1972) 울릉도의 적송집단. *과학기술처 연구보고서 R-72-35*, 50쪽.

지리산관리사무소(1997) 지리산국립공원 자연생태계 보전계획. 165쪽.

최송현, 송근준, 이경재(1997) 충청북도 영동군 민주지산지역 들메나무군집 식생구조. *환경생태학회지* 11(2): 166-176.

최송현, 이경재, 김종엽(1998) 울릉도 성인봉지역의 해발고별 식생구조. *환경생태학회지* 12(3): 290-296.

Bougey, A.S.(1955) The nomenclature of the vegetation zones of the mountains of Africa. *Webbia* 11: 413-423.

Chapman, J.D. and F. White(1970) The evergreen forest of Malawi. *Commonwealth Forestry Institute, Univ. of Oxford*, 190pp.

Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.

Friis, I.(1992) Forests and forest trees of north-east tropical Africa: their natural habitats and distribution patterns in Ethiopia, Djibouti and Somalia. *Kew Bulletin Additional Series XV, Her Majesty's Stationery Office, London*, 396pp.

Friis, I. and J.E. Lawesson(1993) Altitudinal zonation in the forest tree flora of Northeast Tropical Africa. *Opera Botanica* 121: 125-127.

Hamilton, A.C.(1975) A quantitative analysis of altitudinal zonation in Uganda forests, *Vegetatio* 30: 99-106.

Hamilton, A.C. and R.A. Perrott(1981) A Study of altitudinal in the montane forest belt of Mt. Elgon, Kenya/Uganda. *Vegetatio* 45: 107-125.

Hamilton, A.C., C.K. Ruffo, I.V. Mwashia, C.Mmari and J.C. Lovett(1989) A survey of forest types on the East Usambara using the variable-area tree plot method. In: Hamilton, A.C. and Bensted-Smith, R. (eds.), *Forest conservation in the East Usambara Mountains, Tanzania*. IUCN, Gland, 392pp.

Hill, M.O.(1979a) DECORANA- a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. *Ecology and Systematics*, Cornell University. Ithaca, N.Y.

- Hill, M.O.(1979b) TWINSpan - a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and attribute. Ecology and Systematics, Cornell University. Ithaca, N.Y.
- Kitayama, K.(1992) An altitudinal transect study of the vegetation on Mount Kinabalu, Borneo, Vegetatio 102: 149-171.
- Pielou, E.C.(1977) Mathematical ecology. John Wiley&Sons, N.Y.
- Van Steenis, C.G.G.J. (1984) Floristic altitudinal zones in Malesia. Botanical Journal of the Linnean Society 89: 289-292.