

# 주왕산국립공원의 소나무림 군집구조<sup>1</sup>

조재창<sup>2</sup> · 조 우<sup>3</sup> · 한봉호<sup>3</sup>

## The Plant Community Structure of *Pinus densiflora* Forest in Chuwangsan National Park<sup>1</sup>

Jae-Chang Jo<sup>2</sup>, Woo Cho<sup>3</sup>, Bong-Ho Han<sup>3</sup>

### 요 약

주왕산국립공원 소나무림의 식물군집구조분석을 위하여 25개소에 조사구(1개 조사구당 100m<sup>2</sup>)를 설치하고 식생조사를 실시하여 TWINSpan에 의한 classification과 DCA에 의한 ordination기법을 이용하여 분석하였다. 전체 조사구는 TWINSpan에 의하여 소나무-굴참나무군집, 소나무-졸참나무군집, 소나무-쇠물푸레군집, 소나무-쇠물푸레-참나무류군집, 소나무-활엽수혼효림군집 등 5개의 군집으로 분리되었다. 본 조사지의 천이계열은 교목상층에서는 소나무→졸참나무, 신갈나무→서어나무, 교목하층 및 관목층에서는 조록싸리, 참싸리, 진달래→쪽동백나무, 국수나무, 산초→당단풍, 생강나무로 추정되었다. 환경인자인 토양함수량과 토양산도는 군집간 차이가 없었다.

주요어: 식물군집구조, TWINSpan, DCA, 생태적 천이, 주왕산국립공원, 소나무

### ABSTRACT

To investigate the plant community structure in *Pinus densiflora* forest of Chuwangsan National Park, twenty five plots were set up and surveyed. The classification by TWINSpan and DCA ordination techniques were applied to the study area. The plant community were divided into five groups in twenty five plots by DCA and the dividing groups were *Pinus densiflora*-*Quercus variabilis* community(I), *P. densiflora*-*Q. serrata* community(II), *P. densiflora*-*Fraxinus sieboldiana* community(III), *P. densiflora*-*F. sieboldiana*-*Q. spp.* community(IV) and *P. densiflora*-mixed deciduous forest community(V). The successional trends of tree species by DCA ordination techniques and DBH class distribution analysis seems to be from *P. densiflora* through *Q. mongolica*, *Q. serrata* to *Carpinus laxiflora* in the canopy layer group. And in the subtree and shrub layer, it was expected that *Lespedeza maximowiczii*, *L. cytototrya*, *Rhododendron mucronulatum*→*Styrax obassia*, *Stephandra insisa*, *Zanthoxylum schinifolium*→*Acer pseudo-sieboldianum*, *Lindera obtusiloba*. There was no difference between the stand scores of DCA and soil pH, and soil moisture.

**KEY WORDS** : PLANT COMMUNITY STRUCTURE, TWINSpan, DCA, ECOLOGICAL SUCCESSION, CHUWANGSAN NATIONAL PARK, PINUS DENSIFLORA

1 접수 1월 15일 Received on Jan. 15, 1995

2 서울시립대학교 문리과학 College of Liberal Arts and Science, Seoul City Univ., Seoul 130-743, Korea

3 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Seoul City Uni., Seoul 130-743, Korea

# 서론

소나무는 우리나라에서 가장 넓은 면적을 차지하고 있으며, 남쪽에서는 제주도로부터 동쪽에는 울릉도, 서쪽으로는 홍도와 흑산도에 이르기까지 우리나라 전역에 분포하고 수직적으로는 1,000~1,100m까지 자란다(조, 1987). 우리나라 소나무림은 솔잎혹파리발생 이전에는 삼림 식물중 우점종이었으나(임 등, 1980) 솔잎혹파리의 피해 이후에는 그 면적이 차츰 감소되어 가고 있다. 이러한 소나무는 우리나라 온대림의 자연상태에서는 천이계열상 초기단계에 위치하는 수종으로 내음성이 약하여 일사량이 충분하여야하며, 건조하거나 지력

이 낮아도 견디는 힘이 강하다(조, 1987). 그러나 토양이 비옥해지면 낙엽활엽수림에 의하여 도태되는 특징을 가지고 있다.

우리나라 중동부에 걸친 태백산맥의 하나의 지맥에 위치한 주왕산국립공원은 1976년 3월 30일 우리나라에서 12번째로 국립공원으로 지정되었으며, 전체 면적은 105,582km<sup>2</sup>이다. 행정구역상 경북 청송군 청송읍(28.32km<sup>2</sup>), 부동면(1.82km<sup>2</sup>), 진보면(45.592km<sup>2</sup>), 영덕군 지품면(21.70km<sup>2</sup>), 발산면(8.15km<sup>2</sup>) 2개군 5개면에 위치하고 있으며, 경위도상으로 동경 129°14'51" 에서 129°14'55" 와 북위 36°19'56"에서 36°27'46" 사이에 위치하고 있다(건설부, 1987). 주왕산국립공원의 식물상을 살펴보면 총 96과 290속

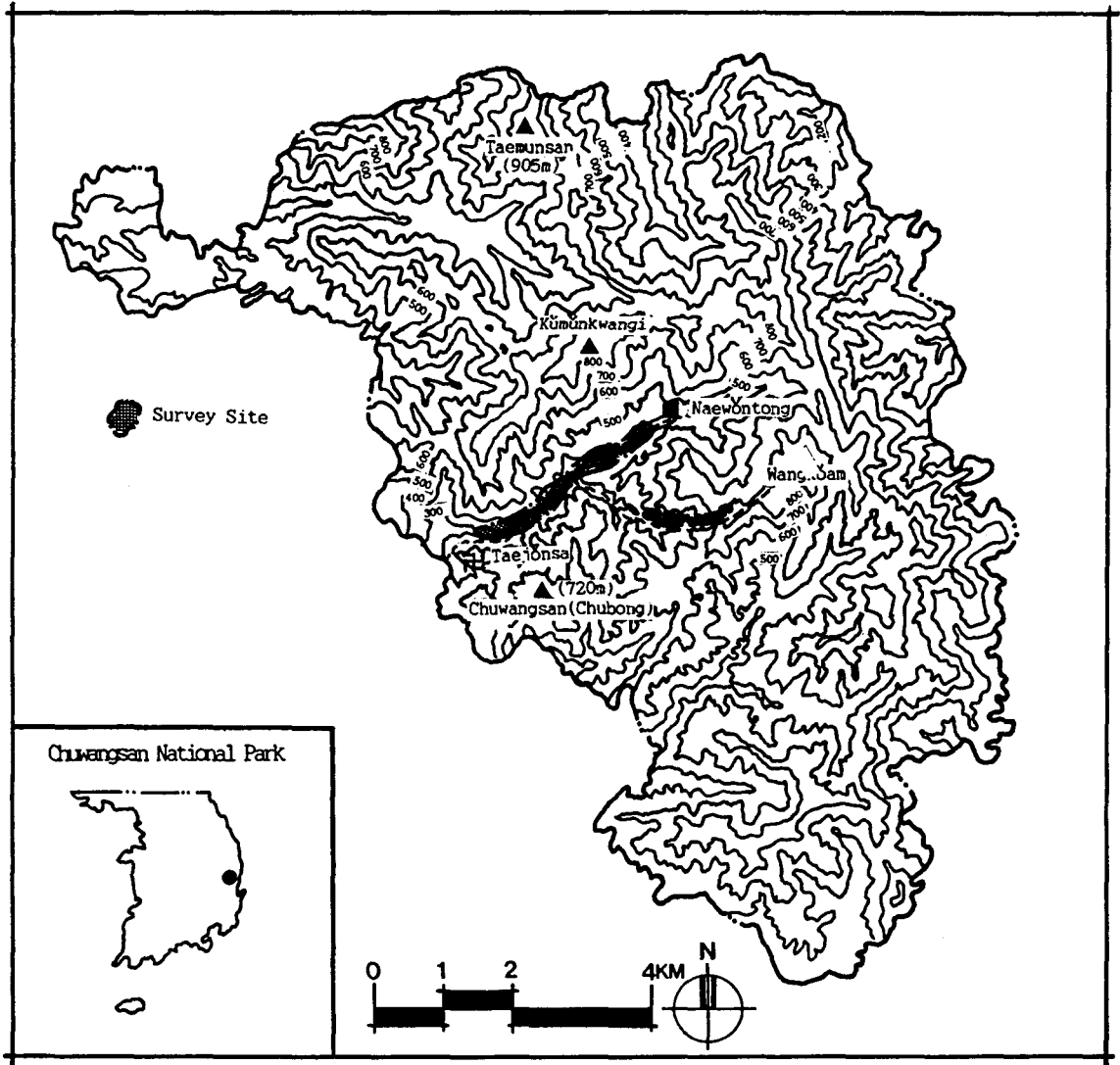


Figure 1. Location of the study area in Chuwangsan National Park.

491종에 이르고 있으며, 온대중부의 대표적인 식생대를 이루고 있어 임상은 외주왕, 내주왕 등의 계곡을 비롯한 대소 10여개의 계곡을 중심으로 저지대에는 낙엽활엽수가 주를 이루고 있으며, 고지대에 갈수록 소나무, 잣나무, 전나무 등 상록침엽수가 주를 이룬다. 또한 종조성에 의해서 분리해 보면 소나무군집, 신갈나무군집, 서어나무군집, 졸참나무군집, 느티나무군집으로 분리되는 2차림으로 구성되었다. 특기할 사항은 속리산에서 서식하는 천연기념물 207호로 지정된 망개나무가 많은 군락을 이루고 있어 보호할 가치가 있다(한국자연보호협회, 1985).

이에 본 연구는 주왕산국립공원 식생중 주왕계곡을 중심으로 소나무림의 식물군집구조를 밝혀 삼림생태계의 속성을 파악하고, 국립공원의 종합적인 관리에 필요한 자료를 제공하는데 목적이 있다.

## 조사지 설정 및 방법

### 1. 조사지 설정

주왕산국립공원의 대전사에서부터 내전동에 이르는 주왕계곡과 주왕계곡에서 왕거암에 이르는 계곡을 중심으로 현존식생이 소나무림인 지역에 Figure 1과 같이 10×10m(100m<sup>2</sup>)의 조사구(plot)25개를 설치하였다. 본 조사는 1994년 8월에 실시하였고, 그에 앞서 예비조사는 2월에 실시하였다.

### 2. 환경요인조사

본 조사지에 대한 환경요인으로는 일반적 개황과 토양성질을 조사 분석하였다. 일반적인 개황은 조사구별로 해발고, 방위, 경사도, 수목의 평균수고, 평균

흉고직경 및 울폐도, 조사구에 출현하는 목본종수를 측정 조사하였다. 토양분석을 위해 각 조사구 별로 1kg정도의 시료를 채취, 실험실로 운반하여 토양산도, 수분함량, 유기물함량, 치환성 양이온함량(K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>)을 농업기술연구소(1988)의 방법으로 측정하였다.

### 3. 식물군집구조분석

식생조사는 조사구내에서 흉고직경(DBH) 2cm이상의 목본식물을 대상으로 층위별로 수종명, DBH를 측정하였으며(박, 1985), 층위는 교목상층, 교목하층, 관목층으로 구분하였다. 측정된 자료는 Curtis & McIntosh(1951), Pielou(1977)의 방법에 따라 상대우점치(importance value ; I.V.), 종다양성지수를 조사하였고, Whittaker(1956)의 수식을 이용하여 유사도 지수를 계산하였다. 식생자료를 정리하여 classification은 TWINSpan(Hill, 1979b), ordination은 DCA(detrended correspondence analysis)방법(Hill, 1979a)을 이용하였고, 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태연구실에서 PDAP(plant data analysis package)와 SPSS/PC\*를 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 조사지 개황

주왕산국립공원의 최근 6년간(1979~1985)의 기상을 살펴보면 연간 강우량은 1,138mm이고, 전체 강우량의 75%가 6~9월에 집중되고 있다. 연평균기온은 10.3°C, 평균최저기온은 -4°C, 평균최고기온은 26°C

Table 1. Description of physical features and the stratum of each plot for classified type by TWINSpan in *Pinus densiflora* forest of Chuwangsan National Park.

Community Plot number	I			II					III				
	7	18	19	1	2	3	20	21	8	9	11	12	14
Altitude(m)	480	285	285	350	350	360	285	285	510	530	370	370	350
Aspect	SW	SW	SW	SW	SW	S	SW	SW	S	NW	S	S	SW
Slope(°)	35	5	5	20	2	23	10	10	40	35	28	28	23
Height of tree layer(m)	14	10	10	1	11	15	10	10	11	16	15	15	19
Mean DBH of tree layer(cm)	32	20	20	1	17	17	20	20	28	35	17	17	17
Cover of tree layer(%)	60	85	85	9	90	90	80	80	45	50	60	60	60
Height of subtree layer(m)	7	6	6	7.5	7	7.5	6	6	4.5	7.5	7.5	7.5	
Mean DBH of subtree(cm)	8	4.5	4.5	6	6	6	5	5	3	5	6	6	6
Cover of subtree layer(%)	65	40	40	5	50	50	50	50	27	50	50	50	50
Height of shrub layer(m)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2	0.8	1.2	1.5	1.5	1.5
Cover of shrub layer(%)	35	70	70	3	30	30	60	60	40	45	30	30	30

Table 1. (Continued)

Community	IV								V			
	4	5	6	10	13	15	16	17	22	23	24	25
Altitude(m)	360	370	370	530	350	340	340	340	305	335	430	385
Aspect	S	W	W	NW	SW	W	W	W	NW	NW	NE	NE
Slope(°)	23	35	35	35	23	34	34	34	7	10	5	5
Height of tree layer(m)	15	15	15	16	19	14	14	14	12	12	13	14
Mean DBH of tree layer(cm)	17	17	17	33	17	17	17	17	15	15	20	20
Cover of tree layer(%)	90	60	60	55	60	60	60	60	90	75	80	80
Height of subtree layer(m)	7.5	7	7	4	7	7	7	7	7	6	6	6
Mean DBH of subtree(cm)	6	6	6	4	6	6	6	6	6	6	6	6
Cover of subtree layer(%)	50	50	50	45	50	50	50	50	50	40	60	60
Height of shrub layer(m)	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2	2	2
Cover of shrub layer(%)	30	30	30	35	30	30	30	30	30	40	15	10

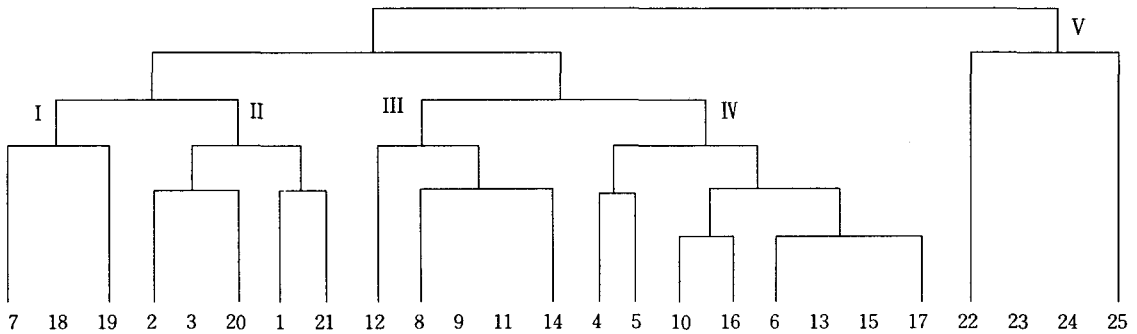


Figure 2. The dendrogram of TWINSpan stand classification of twenty five plots in *Pinus densiflora* forest of Chuwangsan National Park.

이고, 주풍향은 북동풍이다(건설부, 1987).

전체조사구는 TWINSpan의 군집분리에 의해 5개의 군집으로 분리되었으며, 조사구의 일반적 개황을 Table 1에 나타내었다. 전체 조사구가 해발 285~530m 사이에 위치하였고, 경사도는 5~40°로 경사가 완만한 지역에서부터 심한 곳까지 차이가 심하였다. 교목상층의 수고는 11~19cm이었다.

2. 조사구의 classification 및 ordination 분석

25개 조사구에 대하여 TWINSpan에 의한 classification 분석한 것은 Figure 2이다. TWINSpan에 의한 군집 분리는 토양습도, 방위, 해발고, 산불 등의 환경인자로써 작용하여 군집이 분리되는 것으로 보고되고 있으나(이 등, 1993a), 본 조사지에서는 환경인자에 의한 분리 경향이 뚜렷하지 않았다. 군집분리는 제 1 division에서 당단풍의 유무에 따라 2개의 그룹으로 나뉘었고, 제 2 division에서 제 1그룹은 쇠물푸레의 유무에 의하여 2개의 그룹으로 다시 나뉘어졌으나, 제 2그룹은 소

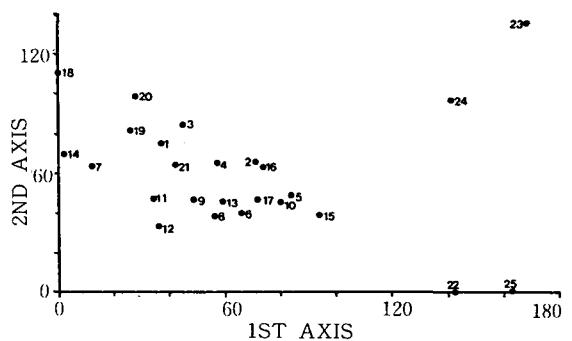


Figure 3. DCA ordination of the sample plots in *Pinus densiflora* forest of Chuwangsan National Park.

나무-활엽수혼효림군집으로 더 이상 나뉘어지지 않았다. 제 3 division에서는 각각 2개의 군집으로 나누어져 최종적으로 5개의 군집으로 분리되었다. 군집 I은 소나무-굴참나무군집, 군집 II는 소나무-졸참나무군집, 군집 III은 소나무-쇠물푸레군집, 군집 IV는 소나무-쇠물푸레-참나무류군집, 군집 V

는 소나무-활엽수혼효림군집이었다.

Figure 3은 25개 조사구에 대하여 DCA에 의한 ordination분석을 실시한 것이다. DCA 분석 결과 DCA 제 1축과 제 2축의 eigenvalue가 각각 55.8%, 26.9%로서 total variance에 대한 집중률이 높아 본 기법의 이용이 타당하였다. Figure 3을 살펴보면 제 1축의 왼쪽에는 굴참나무와 졸참나무의 우점치가 높은 조사구(군집 I, II, III), 오른쪽에는 신갈나무의 우점치가 높은 조사구(군집 IV, 군집 V)들이 배열되었다(Figure 3). 따라서 DCA의 제 1축에서 종 조성은 이질적으로 제 1축의 왼쪽에 분포하는 조사구들은 소나무와 굴참나무, 졸참나무 등이 우점종이었으나, 제 1축의 왼쪽에 위치한 조사구들은 소나무와 신갈나무, 서어나무 등의 활엽수가 같이 나타나는 것으로 보아 천이 진행 상태는 서로 다른 것으로 나타났다.

DCA분석에서는 앞서의 TWINSpan과 유사하게 군집이 분리되었으나, 본 조사지에서는 TWINSpan에 의한 군집 분리가 더 명확하였다. 또한 조사구 25개로 구한 소나무림의 beta diversity를 Hill의 방법(Hill, 1979a)에 의하여 ordination의 제 1축의 고유치를 이용하여 구한 값이 2.89이었다. 이것은 여타의 연구(Bernard et. al., 1985; Westman 1985; Olsvig-Whittaker et. al., 1985)에서 보다 낮은 값을

보여 이곳의 소나무림의 다양성이 낮고 군집의 분화가 확실하지 않음을 의미한다.

TWINSpan에 의하여 분리된 조사구별 주요 수종에 대한 I.V.를 정리한 것이 Table 2이며, Table 3은 각 군집별 교목상층, 교목하층의 상대우점치 및 평균 상대우점치를 나타낸 것이다. 군집 I은 소나무-굴참나무군집으로 조사구 7, 18, 19가 포함되며, 교목상층군에서는 소나무의 I.V.가 71.64%로 우점종이었고, 굴참나무의 I.V.가 21.19%로 부수종이었다. 교목 하층군에서는 굴참나무의 I.V.가 50.33%로 우점종이었으며, 졸참나무의 I.V.가 21.19%, 갈참나무 I.V.가 9.01%, 쇠물푸레 I.V.가 9.00%로 부수종이었다(Table 3). 본 군집은 교목상층군에서 소나무의 I.V.가 높았으나 교목하층에서는 출현하지 않았고, 굴참나무와 졸참나무의 I.V.가 높은 것으로 보아 장기적으로 인위적으로 심한 교란이 발생하지 않았을 경우 참나무류로 천이가 진행될 것으로 보인다.

군집 II는 소나무-졸참나무군집으로 조사구 1, 2, 3, 20, 21이 포함되며(Table 2), 교목상층군에서는 소나무의 I.V.가 84.75%로 우점종이었으며, 굴참나무의 I.V.가 10.78%로 부수종이었다(Table 3). 교목 하층군에서는 졸참나무의 I.V.가 31.30%로 높았고 또한 소나무의 I.V.가 26.82%로 이들 두 수종이 우점종을 이루고 있었다. 본 군집에서는 소나무가 교

Table 2. Importance values of major woody species in each plot classified by TWINSpan in Pinus densiflora forest of Chuwangsan National Park.

Community Plot number	I			II					III				
	7	18	19	1	2	3	20	21	8	9	11	12	14
<i>Pinus densiflora</i>	50.00	24.56	35.09	56.42	55.16	46.84	39.24	54.09	56.75	52.68	58.37	50.00	40.62
<i>Quercus serrata</i>	1.11	27.94	7.79	12.59	11.15	15.08	22.06	13.56	0.53			2.10	
<i>Q. mongolica</i>	5.27	2.97	0.16	1.32	7.86	2.08	0.30	0.77	12.14	6.41	0.30	5.51	5.19
<i>Q. variabilis</i>	23.19	28.18	28.05	12.24	0.06	16.33	14.69	4.97	3.61	11.16	10.06	7.89	32.46
<i>Q. aliena</i>							0.46	2.34					
<i>Q. dentata</i>	3.45		7.29	0.70			1.09						
<i>Carpinus laxiflora</i>													
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.28	0.36	0.29		0.93	1.30	0.46			13.27			
<i>F. sieboldiana</i>	8.89	1.48	0.64	11.16	7.29	4.12	3.89	10.34	14.73		14.16	21.64	9.83
<i>Prunus sargentii</i>	0.04				0.71	0.19	2.20	0.87	0.57				
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.04					0.06	0.40						
<i>Styrax obassia</i>	1.07			1.68	0.32	3.97	2.85	1.76		1.13			0.20
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.05	1.36	4.65		1.72		0.55						
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.78				0.10	0.50	0.12	0.38	0.37	1.18		1.13	0.26
<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	0.29		0.20			0.12		0.55					
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	0.22		0.10		0.11			0.17		0.10			
<i>Callicarpa japonica</i>	1.16				0.89		0.69	0.40					
<i>Stephanandra incisa</i>	1.22		0.43		0.21		1.50	4.12		6.54			
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	4.55		7.66		9.24	7.04	0.2	2.47				6.90	10.21
<i>L. cyrtobotrya</i>	0.06	0.25			0.15	0.61		2.44		9.65	3.87	0.49	
<i>Rhododendron mucronulatu</i>		6.48	0.90			0.52	0.12		8.87	7.36	1.64		
<i>R. yedoense var. poukhanense</i>											5.82	0.97	
<i>Smilax china</i>	1.00	0.16			1.00	0.07		0.57					
<i>S. sieboldii</i>	0.04		0.36			0.07		0.19					

Table 2. (Continued)

Community Plot number	IV							V				
	4	5	6	10	13	15	16	17	22	23	24	25
<i>Pinus densiflora</i>	58.86	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	60.11	23.33	21.41	24.95	18.47
<i>Quercus serrata</i>	8.45	6.17	5.55	.	9.66	0.88	3.08	0.12	4.55	9.86	2.43	0.25
<i>Q. mongolica</i>	3.89	14.54	13.15	11.07	9.98	26.76	6.22	9.61	15.70	10.68	10.65	22.27
<i>Q. variabilis</i>	2.41	5.34	.	.	.	0.91	1.92	1.01	.	.	8.78	0.90
<i>Q. aliena</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	4.61	.	2.84	.
<i>Q. dentata</i>	.	4.39	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.17
<i>Carpinus laxiflora</i>	.	.	.	.	.	.	1.91	.	.	25.89	3.67	5.41
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.48	.	.	.	.	.	.	.	.	0.12	.	.
<i>F. sieboldiana</i>	10.08	7.03	20.16	12.31	15.64	5.18	12.99	16.42	.	4.80	0.55	5.53
<i>Prunus sargentii</i>	0.79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13.01
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	.	0.79	.	.	.	.	.	.	6.98	1.87	11.01	15.33
<i>Styrax obassia</i>	1.44	1.94	1.99	0.40	.	0.52	2.22	0.31	2.67	6.92	14.19	.
<i>Rhus trichocarpa</i>	.	0.17	.	.	.	.	.	0.96	.	5.39	1.12	5.78
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.10	0.96	.	3.02	0.77	2.76	2.32	1.97	3.38	2.80	0.70	6.04
<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	0.45	0.16	.	.	.	.	.	.	.	0.13	0.58	.
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	0.96	0.48	.	.	.	.	.	.	2.17	1.06	0.56	.
<i>Callicarpa japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	3.25	.	.	.
<i>Stephanandra incisa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.41	.
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	4.43	2.29	.	7.54	10.12	.	.	.	0.50	0.64	0.86	1.88
<i>L. cyrtobotrya</i>	0.69	2.17	2.16	1.83	0.26	1.82	.	.	.	0.31	.	.
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	3.14	2.65	5.17	12.16	1.46	11.17	18.85	9.09	2.95	1.95	0.20	.
<i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	0.63	.	1.05	.	0.14	.	0.99	0.41	.	0.95	.	.
<i>Smilax china</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>S. sieboldii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0.50	.	.	.

목상층 및 하층에서 고루분포하고 있으나, 참나무류 중 가장 내음성이 강한 졸참나무가 하층에서 많이 분포하고 있어 이 수종의 중요치는 점차 증가할 것으로 보인다.

군집 III은 소나무-쇠물푸레군집으로 조사구 8, 9, 11, 12, 14가 포함된다. 교목상층군에서는 소나무의 I.V.가 91.89%로 우점종이었으며, 굴참나무의 I.V.가 8.11%로 부수종이었다. 교목하층군에서는 쇠물푸레의 I.V.가 32.12%, 굴참나무의 I.V.가 29.79%로 우점종이었으며, 신갈나무의 I.V.가 18.10%, 소나무의 I.V. 12.31%로 부수종이었다(Table 3). 본 군집은 교목하층에서 쇠물푸레의 I.V.가 높게 나타났으나 쇠물푸레는 아교목으로 교목상층수관을 이룰 수 없고, 척박한 지역에서 잘 자라는 특성을 가지고 있다. 군집 III은 전형적인 소나무군집유형으로 주로 산불이 후 발생되는 군집이다(Jo, 1994).

군집 IV는 소나무-쇠물푸레-참나무류군집으로 조사구 4, 5, 6, 10, 13, 15, 16, 17이 포함되어 가장 많은 조사구가 이 군집에 속하였다(Table 2). 교목상층군에서는 소나무의 I.V.가 100%로 순림이었으나, 교목하층군에서는 쇠물푸레의 I.V.가 27.54%, 신갈나무의 I.V.가 28.24%로 우점종이었고, 졸참나무의 I.V.가 10.38%로 부수종이었으며, 소나무 I.V. 6.44%로

상대적으로 낮아(Table 3), 본 군집은 잠재적으로는 우리나라 온대중부림의 천이계열상 소나무와 경쟁 단계를 거쳐 신갈나무, 졸참나무가 우점종인 군집으로 점차 변해갈 것으로 보인다.

군집 V는 소나무-낙엽활엽수혼효림군집으로 조사구 22, 23, 24, 25가 포함되며, 소나무와 참나무류, 낙엽활엽수가 경쟁상태에 있었다. 교목상층군에는 소나무의 I.V.가 44.78%로 우점종을 이루고 있으나 다른 군집보다는 상대적으로 낮은 값을 보이고 있으며, 신갈나무 I.V. 20.66%, 서어나무 I.V. 11.83%, 졸참나무 I.V. 6.06%, 고로쇠나무 I.V. 5.07%로 소나무와 경쟁하고 있고, 교목하층군에서는 쪽동백나무 I.V. 19.54%, 당단풍 I.V. 16.80%, 신갈나무 I.V. 13.49%, 서어나무 I.V. 12.37%로 주수종이었고, 개웃나무 I.V. 8.84%, 갈참나무 I.V. 5.68%, 졸참나무 I.V. 5.24%, 산벚나무 I.V. 4.88%로 부수종을 이루고 있으며, 교목하층 및 관목층에서는 소나무가 전혀 출현하지 않은 것으로 보아 우리나라 온대중부림의 천이경향인 소나무→참나무류→서어나무로의(이 등, 1990a; 이 등, 1992a; 이 등, 1992b) 천이진행이 이루어질 것으로 보이며, 또한 군집 V는 다른 4개의 군집보다 천이진행이 가장 빠른 상태에 있는 것으로 판단된다.

Table 3. Importance values of tree species by the stratum in each community classified by TWINSpan.

	C	U	S	M		C	U	S	M
COMMUNITY I									
<i>Pinus densiflora</i>	71.64	0.00	0.00	35.82	<i>Rhus trochocarpa</i>	0.00	3.18	0.36	1.12
<i>Platycaryya strobilacea</i>	1.51	0.00	0.00	0.76	<i>Eunymus oxyphyllus</i>	0.00	0.00	0.90	0.15
<i>Betula davurica</i>	0.00	0.00	1.38	0.23	<i>Acer ginnala</i>	0.00	0.00	0.13	0.02
<i>Alnus japonica</i>	3.84	0.00	0.00	1.92	<i>A. pseudo-sieboldianum</i>	0.00	0.00	0.13	0.02
<i>Q. variabilis</i>	21.19	50.33	2.19	27.74	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	0.00	0.00	0.13	0.02
<i>Q. dentata</i>	0.00	9.01	0.00	3.00	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	1.31	8.05	1.78
<i>Q. mongolica</i>	0.00	3.55	2.50	1.60	<i>Symplocos chinensis</i>	0.00	0.00	0.10	0.02
<i>Q. serrata</i>	1.82	21.19	20.83	11.45	<i>Stryrax obassia</i>	0.00	0.00	3.20	0.54
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.00	2.15	0.36	<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.0	0.00	0.45	0.08
<i>L. glauca</i>	0.00	0.00	0.16	0.03	<i>F. rhynchophylla</i>	0.00	0.00	1.72	0.29
<i>Stephanandra incisa</i>	0.00	0.00	4.17	0.70	<i>F. sieboldiana</i>	0.00	9.00	11.01	4.84
<i>Malnus baccata</i>	0.00	2.42	0.00	0.81	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.00	0.00	0.33	0.06
<i>Prunus sargentii</i>	0.00	0.00	0.13	0.02	<i>Callicatpa japonica</i>	0.00	0.00	2.77	0.46
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.00	29.15	4.86	<i>Lonicera maackii</i>	0.00	0.00	1.26	0.21
<i>L. cytototrya</i>	0.00	0.00	0.44	0.07	<i>Simiax china</i>	0.00	0.00	3.24	0.54
<i>Maackia amurensis</i>	0.00	0.00	0.86	0.14	<i>S. sieboldii</i>	0.00	0.00	0.28	0.05
<i>Zanyhoxylum ailanthoides</i>	0.00	0.00	1.18	0.20					
COMMUNITY II									
<i>Pinus densiflora</i>	84.75	26.82	0.00	51.32	<i>Rhus trochocarpa</i>	0.00	0.65	1.10	0.40
<i>Quercus variabilis</i>	10.78	6.65	2.62	8.04	<i>Eunymus oxyphyllus</i>	0.00	0.00	0.40	0.07
<i>Q. dentata</i>	0.00	1.18	0.00	0.39	<i>Acer ginnala</i>	0.00	0.00	0.20	0.03
<i>Q. aliena</i>	0.00	2.69	0.00	0.90	<i>A. mono</i>	0.00	0.00	0.33	0.06
<i>Q. mongolica</i>	3.15	1.90	0.94	2.37	<i>A. pseudo-sieboldianum</i>	0.00	0.30	0.10	0.12
<i>Q. serrata</i>	1.32	31.30	18.71	14.21	<i>Berchemia berchemiaefolia</i>	0.00	2.45	0.00	0.82
<i>Zelkova serrata</i>	0.00	0.00	0.84	0.14	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	0.00	0.90	0.15
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.00	1.55	0.26	<i>Stryrax obassia</i>	0.00	1.02	7.38	1.57
<i>L. glauca</i>	0.00	4.54	1.10	1.70	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.00	1.00	0.65	0.44
<i>Stephanandra incisa</i>	0.00	0.00	8.17	1.36	<i>F. sieboldiana</i>	0.00	14.85	11.83	6.92
<i>Prunus sargentii</i>	0.00	0.91	2.88	0.78	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.00	0.33	0.11	0.13
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	1.51	28.52	5.26	<i>Callicatpa japonica</i>	0.00	0.53	2.01	0.51
<i>L. cytototrya</i>	0.00	0.00	1.39	0.23	<i>Lonicera maackii</i>	0.00	0.00	0.24	0.04
<i>Maackia amurensis</i>	0.00	1.37	1.36	0.68	<i>Simiax china</i>	0.00	0.00	2.64	0.44
<i>Zanyhoxylum ailanthoides</i>	0.00	0.00	0.94	0.16	<i>S. sieboldii</i>	0.00	0.00	0.40	0.07
COMMUNITY III									
<i>Pinus densiflora</i>	91.89	12.31	0.00	50.05	<i>Lespedeza cytototrya</i>	0.00	3.57	12.28	3.24
<i>Quercus variabilis</i>	8.11	29.79	5.19	14.85	<i>Eunymus oxyphyllus</i>	0.00	0.00	0.15	0.03
<i>Quercus mongolica</i>	0.00	18.10	2.59	6.47	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	2.24	16.28	3.46
<i>Quercus serrata</i>	0.00	1.19	1.23	0.60	<i>R. yedoense</i>				
<i>Lidera obtusiloba</i>	0.00	0.70	2.45	0.64	var. <i>poukhanense</i>	0.00	0.00	7.03	1.17
<i>Ribes fasciculatum</i>					<i>Stryrax obassia</i>	0.00	0.00	1.98	0.33
var. <i>chinense</i>	0.00	0.00	0.27	0.05	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.00	32.12	18.60	13.81
<i>Prunus sargentii</i>	0.00	0.00	0.70	0.12	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.00	30.47	5.08
<i>Lonicera maackii</i>	0.00	0.00	0.78	0.13					
COMMUNITY IV									
<i>Pinus densiflora</i>	00.00	6.44	0.00	52.15	<i>Zanyhoxylum ailanthoides</i>	0.00	0.00	0.89	0.15
<i>Platycaryya strobilacea</i>	0.00	0.46	0.00	0.15	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	0.00	0.70	0.12
<i>Carpinus laxiflora</i>	0.00	1.36	0.00	0.45	<i>Eunymus oxyphyllus</i>	0.00	0.00	1.84	0.31
<i>Quercus variabilis</i>	0.00	3.76	1.21	1.46	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.00	0.30	0.00	0.10
<i>Q. dentata</i>	0.00	1.73	0.00	0.58	<i>Berchemia berchemiaefolia</i>	0.00	0.44	0.00	0.15
<i>Q. mongolica</i>	0.00	28.24	11.12	11.27	<i>Kalopanax pictum</i>	0.00	0.72	0.21	0.28
<i>Q. serrata</i>	0.00	10.38	8.01	4.80	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	16.21	10.13	7.09
<i>Lidera obtusiloba</i>	0.00	0.00	6.76	1.13	<i>R. yedoensis</i>				
<i>Spiraea blumei</i>	0.00	0.00	1.34	0.22	var. <i>poukhanense</i>	0.00	0.00	1.83	0.31
<i>Prunus sargentii</i>	0.00	0.39	0.00	0.13	<i>Symplocos chinensis</i>	0.00	0.00	0.21	0.04
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.00	24.00	4.00	<i>Stryrax obassia</i>	0.00	0.93	4.62	1.08
<i>L. cytototrya</i>	0.00	0.56	5.71	1.14	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.00	0.27	0.00	0.09
<i>F. sieboldiana</i>	0.00	27.54	20.20	12.55					

C:CANOPY, U:UNDERSTORY, S:SHRUB, M:M.I.V.

Table 3. (Continued)

	C	U	S	M		S	U	S	M
COMMUNITY V									
<i>Pinus densiflora</i>	44.78	0.00	0.00	22.39	<i>Eunymus microphylla</i>				
<i>Platycaryya strobilacea</i>	0.00	0.00	0.24	0.04	var. <i>japonica</i>	0.00	0.00	7.92	1.32
<i>Carpinus laxiflora</i>	11.83	12.37	0.28	10.09	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	8.84	2.74	3.40
<i>Corlyrus sieboldiana</i>	0.00	0.50	2.15	0.53	<i>E. oxyphyllus</i>	0.00	0.50	3.31	0.72
<i>Quercus variabilis</i>	3.76	0.56	0.00	2.07	<i>Acer mono</i>	5.07	1.27	0.89	3.11
<i>Q. dentata</i>	0.00	0.00	0.28	0.05	<i>A. pseudo-sieboldianum</i>	0.00	16.80	13.79	7.90
<i>Q. aliena</i>	0.00	5.68	0.00	1.89	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	3.21	3.89	1.72
<i>Q. mongolica</i>	20.66	13.49	0.44	14.90	<i>R. yedoensis</i>				
<i>Q. serrata</i>	6.06	5.24	0.46	4.85	var. <i>poukhanense</i>	0.00	0.62	0.90	0.36
<i>Zelkova serrata</i>	2.39	0.57	0.00	1.39	<i>R. schlippenbachii</i>	0.00	0.00	3.48	0.58
<i>Celtis sienensis</i>	0.00	0.78	0.00	0.26	<i>Symplocos chinensis</i>	0.00	0.00	1.25	0.21
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.57	19.00	3.36	<i>Stryrax obassia</i>	0.00	19.54	0.90	6.66
<i>L. glauca</i>	0.00	0.00	0.46	0.08	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.00	0.00	0.24	0.04
<i>Stephanandra incisa</i>	0.00	0.00	3.79	0.63	<i>F. sieboldiana</i>	0.00	1.80	19.04	3.77
<i>Prunus sargentii</i>	2.49	4.88	0.00	2.87	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.00	0.00	0.22	0.04
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.00	5.84	0.97	<i>Callicatpa japonica</i>	0.00	0.00	1.62	0.27
<i>L. cytobotrya</i>	0.00	0.00	0.75	0.13	<i>Viburnum erosum</i>	0.00	0.50	0.55	0.26
<i>Maackia amurensis</i>	2.98	0.00	0.00	1.49	<i>Lonicera maackii</i>	0.00	0.56	0.31	0.24
<i>Zanyhoxylum ailanthoides</i>	0.00	0.52	0.28	0.22	<i>Simiix sieboldii</i>	0.00	0.00	0.24	0.04

C:CANOPY, U:UNDERSTORY, S:SHRUB, M:M.I.V.

### 3. 군집별 흉고직경급분포

TWINSpan에 의해 분리된 5개 군집에 대하여 주요 수종에 대한 DBH분포를 분석하였다(Figure 4). DBH분포를 통한 군집의 구조의 이해 및 생태적 천이과정의 추론은 기왕의 많은 연구(박, 1985; 박 등, 1988; 이 등, 1990b; 이 등, 1990c; 이 등, 1992a; 이 등, 1993a, 1993b; 이 등, 1994)가 있었으며, 본 연구에서는 연구대상지의 소나무림의 식생 발달과정을 예측하고자 하는 것이다. 군집 I에서 소나무는 DBH 7~42cm에서 고르게 출현하였으나, DBH 7cm이하에서는 출현하지 않았고, 굴참나무는 DBH 2~17cm에서 높은 출현빈도를 보였으며, 신갈나무, 졸참나무, 쇠물푸레는 DBH 7cm이하에서만 출현하였다(Figure 4). 군집 II에서는 소나무는 DBH 2~27cm까지 고르게 높은 출현빈도를 보였으나, 졸참나무가 DBH 7cm이하에서 높은 출현빈도를 보이고, 굴참나무와 신갈나무, 쇠물푸레가 DBH 12cm이하에서 다수 출현하였다. 군집 III에서도 소나무가 DBH 7~37cm에서 고르게 높은 출현빈도를 보였으며, 쇠물푸레만 DBH 17cm이하에서 높은 출현빈도를 보였고, 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무는 소수가 출현하였다. 따라서 본 군집은 소나무군집으로 유지될 것으로 예측된다.

군집 IV는 소나무가 DBH 2~47cm에서 고른 출현빈도를 보였고, 신갈나무와 쇠물푸레가 DBH 12cm에서 높은 출현빈도를 보였다(Figure 4). 또한

본 군집에서는 서어나무가 DBH 7cm이하에서 다소 높은 출현빈도를 보여 광이 많이 필요로하여 주로 능선부에 분포하는 신갈나무보다는 내음성이 강한 서어나무의 우점치가 증가할 것으로 보인다. 군집 V는 소나무가 DBH 22~42cm에서 낮은 출현빈도를 보였으며, 신갈나무가 DBH 17cm이하에서 높은 출현빈도를 보였고, 서어나무는 12cm이하에서 높은 출현빈도를 보였다. 따라서 본 군집은 신갈나무군집 또는 서어나무군집으로 변화될 것으로 보이며, 다른 군집과 비교해 볼 때 우리나라 온대중부림의 천이 진행단계(소나무→참나무류→서어나무, 까치박달)(강과 오, 1985; 박, 1985; 박 등, 1988; 이 등, 1990a, 1990b, 1990c; 구 등, 1991; 이 등, 1991)로 볼 때 다른 4개의 군집보다 천이진행이 빠른 것으로 보인다.

### 4. 종다양성 및 유사도지수분석

Table 4는 각 군집별 종다양성을 계산한 것이다. 군집 V의 종다양도(H')가 1.22로 가장 높게 나타났으며, 군집 III는 1.11, 군집 I은 1.01이었으며, 군집 IV, II은 각각 0.94, 0.88로 다른 군집보다 상대적으로 낮게 나타났다. 군집 V는 소나무-활엽수혼효림 군집으로 교목하층에 서어나무가 출현하고 있으며, 군집 III은 소나무-쇠물푸레군집, 군집 IV는 소나무-쇠물푸레-참나무류군집이었다. 이는 소나무와 쇠물푸레는 척박한 조건에서 잘 자라는 수종으로 중부



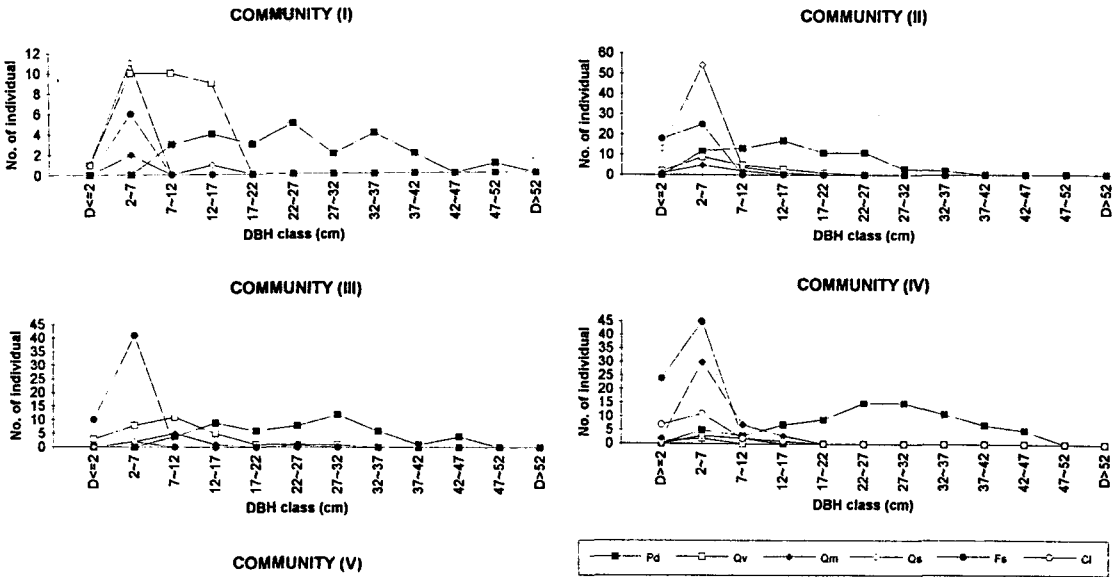


Figure 4. DBH class distribution of major tree species in each community classified TWINSpan in *Pinus densiflora* forest of Chuwangsan National Park.  
(Pd: *P. densiflora*, Qm: *Q. mongolica*, Qv: *Q. variabilis*, Qs: *Q. serrata*, Qa: *Q. aliena*, Fs: *F. sieboldiana*)

Table 4. Various species diversity of each community classified by TWINSpan.

Community	H' (shannon)	Simpson'	P.I.E.	J' (evenness)	D' (dominance)	H' max
I	1.0103	5.6015	0.8215	0.6543	0.3457	1.5441
II	1.1142	7.6190	0.8688	0.7105	0.2895	1.5682
III	0.8842	5.6503	0.8230	0.7518	0.2482	1.1761
IV	0.9635	6.5345	0.8469	0.6523	0.3477	1.4771
V	1.2231	10.6505	0.9061	0.7535	0.2465	1.6232
mean	1.0390	7.2117	0.8533	0.7045	0.2955	1.4777

\*P.I.E. = the Probability of Interspecific Encounter  
\*Shannon's diversity index uses logarithms to base 10.

온대림의 천이진행단계상 초기에 나타나는 수종이며(Jo, 1994), 신갈나무와 서어나무는 소나무와 쇠물푸레보다 천이단계상 후기에 나타나는 수종이다. 또한 천이가 진행되면서 종 다양성이 증가하는 경향으로 미루어 볼 때 주왕산의 소나무림의 천이진행은 군집 V가 가장 빠른 것으로 판단된다.

5개 군집의 평균치는 1.04으로 소나무가 우점종인

지역에 대한 조사가 발표된 북한산의 1.17(박 등, 1987), 내장산 1.3219(이 등, 1987), 치악산 1.33(박 등, 1988), 보다 낮았으며, 속리산 1.00(이 등, 1990c)과 비슷한 값을 보여, 주왕산 소나무림은 다른 지역 소나무림보다 종조성이 아직 다양하지 않았다.

Table 5는 5개 군집의 유사도지수를 구한 것이다. 유사도지수는 집단간에 20%미만의 값일 때는 서로

Table 5. The similarity indices between communities in *Pinus densiflora* forest of Chuwangsan National Park.

Community	I	II	III	IV
I	70.92			
II	65.29	74.22		
IV	56.57	73.83	81.19	
V	41.36	43.11	39.73	50.48

이질적인 집단이고, 80%이상일 때는 서로 동질적인 집단이라고 보고 있다(Cox, 1972; 조, 1987). 군집 III과 IV는 유사도가 82.56%로 서로 동질적인 집단이었고, 군집 V와 군집 I, II은 상대적으로 유사도지수가 낮아 이질적이었으며, 다른 집단들은 비교적 서로간 높은 유사도지수값을 보였다(Table 5).

5. 수종의 classification 및 ordination 분석, 상관관계분석

본 조사지의 출현수종 중 출현빈도가 5회이상되

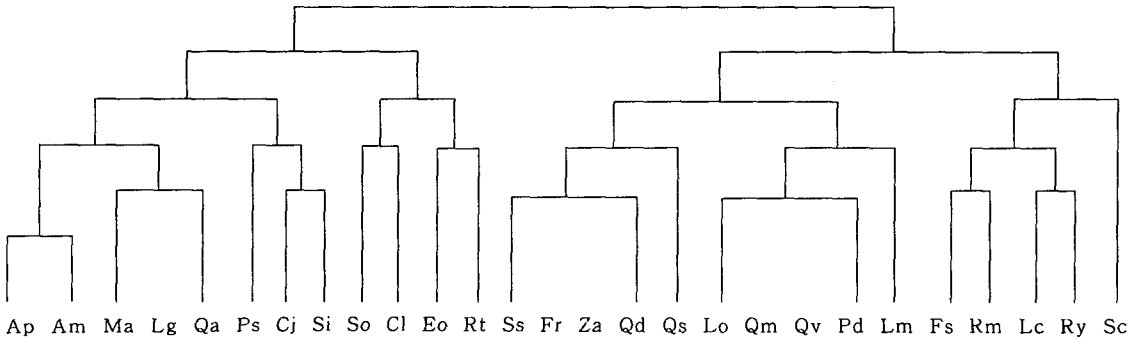


Figure 5. The dendrogram of TWINSpan species classification of twenty seven woody species in *Pinus densiflora* forest of Chuwangsan National Park. (Ap:*Acer pseudo sieboldianum*, Am:*A. mono*, Ma:*Macckia amurensis*, Lg:*Lidera glauca*, Qa:*Quercus aliena*, Ps:*Prunus sargentii*, Cj:*Callicarpa japonica*, Si:*Stephanendra incisa*, So:*Styrax obassia*, Cl:*Carpinus laxiflora*, Eo:*Eunymus oxyphyllus*, Rt:*Rhus trichcarpa*, Ss:*Smilax sieboldii*, Fr:*Fraxinus rhynchophylla*, Za:*Zanthoxylum ailanthoides*, Qd:*Q. dentata*, Qs:*Q. serrata*, Lo:*Lindera obtusiloba*, Qm:*Q. mongolica*, Qv:*Q. variabilis*, Pd:*Pinus densiflora*, Lm:*Lespedeza maximowiczii*, Fs:*F. sieboldiana*, Rm:*Rhododendron mucronulatum*, Lc:*L. cyrtobotrya*, Ry:*R. yedoense* var. *ponkhanense*, Sc:*S. china*)

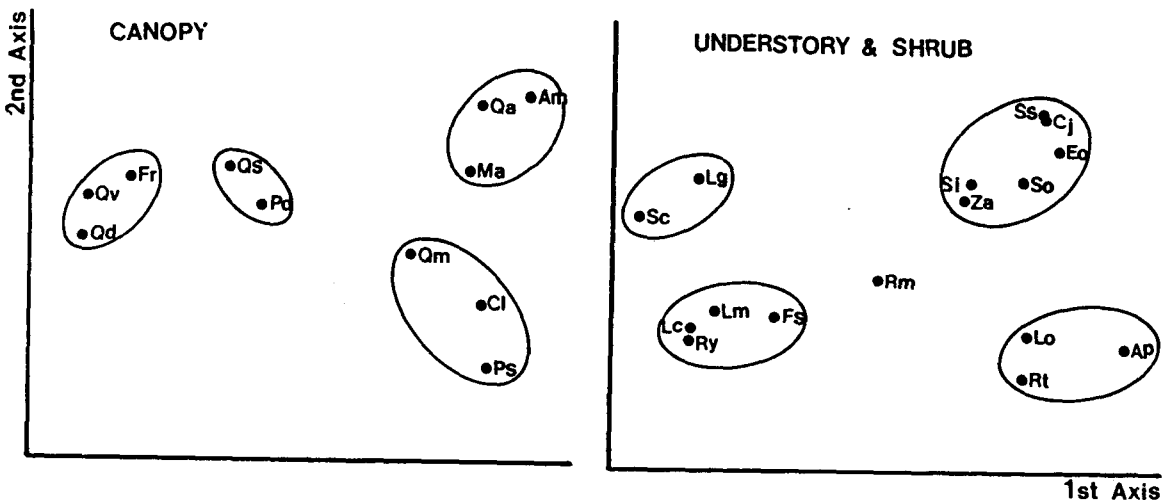


Figure 6. Species ordination on the first two axis, using DCA (Legends of twenty-seven woody species referred to Figure 5).

Table 6. Correlation among the importance values of the major woody species in *Pinus densiflora* forest of Chuwangsan National Park.

	Pd	Cl	Cs	Qv	Qa	Qm	Qs	Lo	Si	Rt	Ps	Lc	Zs	Am	Ap	Ry	So	Fr	Fs	Cj	Sc
Cl	--																				
Cs	-	.																			
Qv	.	.	.																		
Qa	-	.	++	.																	
Qm	.	.	.	--	.																
Qs	.	.	.	.	.	-															
Lo	.	+	.	--	.	++	.														
Si	.	.	.	.	++	.	.	.													
Rt	--	++	.	.	.	.	.	+	.												
Ps	-	.	.	.	.	+	.	++	.	++											
Lc	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.										
Zs	.	.	.	.	+	.	.	.	++	.	.	.									
Am	--	.	++	.	++	.	.	.	.	.	.	.									
Ap	--	.	.	.	++	++	.	++	.	++	++	.	.	++							
Ry	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.						
So	-	+	.	.	++	.	.	.	++	.	.	.	++	+	+	.					
Fr	.	.	.	.	.	-	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Fs	++	.	.	.	+	.	-	.	.	-	.	+	.	-	+	.	-	-	-	-	-
Cj	.	.	++	.	++	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.
Sc	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Ss	-	.	++	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.	.	-	++	.

1. 1-tail signifi. : +, -:5%, ++, --:1%

2. (Pd: *Pinus densiflora*, Cl: *Carpinus laxiflora*, Cs: *Corlyus sieboldi*, Qv: *Quercus variabilis*, Qa: *Q. aliena*, Qm: *Q. mongolica*, Qs: *Q. serrata*, Lo: *Lindera obtusiloba*, Lg: *L. glauca*, Si: *Stephanandra incisa*, Rt: *Rhus trichocarpa*, Ps: *Prunus sargentii*, Lm: *Lespedeza maximowiczii*, Lc: *L. cyrtobotrya*, Zs: *Zanthoxylum schinifolium*, Am: *Acer mono*, Ap: *A. pseudo-sieboldianum*, Ry: *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*, So: *Styrax obassia*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Fs: *F. sieboldiana*, Cj: *Callicarpa japonica*, Sc: *Smilax china*, Ss: *S. sieboldii*)

는 주요 수종에 대하여 TWINSpan에 의한 classification 및 DCA에 의한 ordination분석을 하였다(Figure 5, 6). 교목상층은 TWINSpan에 의해 각각 4개씩의 그룹으로 분리되었으며, DCA에 의한 결과와 비교해 볼 때 그룹을 구성하는 수종은 약간의 차이가 있었다(Figure 5, 6). 즉 TWINSpan분석에서 제 2 division에서 최종 4개의 그룹으로 나누었는데(Figure 5), I 그룹은 고로쇠나무, 갈참나무, 산벚나무, 다릅나무, II 그룹은 서어나무, III 그룹은 물푸레나무, 떡갈나무, 졸참나무, IV 그룹은 신갈나무, 굴참나무, 소나무가 속하였고(Figure 5), DCA 분석에서 I 그룹은 물푸레나무, 굴참나무, 떡갈나무, II 그룹은 졸참나무, 소나무, III 그룹은 갈참나무, 고로쇠나무, 다릅나무, IV 그룹은 신갈나무, 서어나무, 산벚나무가 속하였다(Figure 6).

교목하층 및 관목층에서는 교목상층에서와 마찬가지로 TWINSpan과 DCA분석에서 4개의 그룹으로 나누어졌으나 역시 구성하는 수종에서는 차이가 있었다. TWINSpan분석에서 I 그룹은 당단풍, 백동백나무, 작살나무, 국수나무, II 그룹은 쪽동백

나무, 참회나무, 개웃나무, III 그룹은 청가시덩굴, 산초나무, 생강나무, 조록싸리, IV 그룹은 쇠물푸레, 진달래, 참싸리, 산철쭉, 청미래덩굴이 속하였으며(Figure 5), DCA분석에서 I 그룹은 백동백나무, 청미래덩굴, II 그룹은 조록싸리, 참싸리, 산철쭉, 쇠물푸레, III 그룹은 청가시덩굴, 작살나무, 참회나무, 쪽동백나무, 국수나무, 산초나무, IV 그룹은 생강나무, 당단풍, 개웃나무가 속하였다(Figure 6).

군집내의 종간의 상호작용은 매우 중요한 것으로 이것에 영향을 미치는 내적 및 외적인 인자에 의하여 영향을 받게 된다. 어떠한 두 수종간의 상관은 이들 수종이 서로간의 같은 서식처를 선택하거나, 같은 유기 및 무기환경을 요구하게 될 때 생기게 된다(Ludwig and Reynolds, 1988). 따라서 본 조사지에서 각 수종간의 상관관계를 분석하기 위하여 주요수종의 우점치의 상관분석을 하였다(Table 6). 소나무는 쇠물푸레와 1%수준에서 높은 정의 상관관계를 보여 이들 두 수종은 척박한 지역에서도 잘 자라는 수종으로 잘 어울리는 것으로 보이며, 산철쭉과는 5%수준에서 정의 상관관계를 보였다. 그러나 서

Table 7. Soil characteristics of each community for classified type by TWINSpan.

Community	Moisture(%)	Humus(%)	pH	Exchangeable Cations(m,e/100g)		
				Potassium	Calcium	Magnesium
I	5.36	5.66	5.2	0.72	1.31	0.26
II	6.90	2.05	5.3	0.47	1.95	0.26
III	6.34	5.89	5.2	0.67	1.75	0.25
IV	7.28	5.64	5.0	0.71	1.92	0.25
V	6.06	6.43	5.2	0.57	1.49	0.29

Table 8. Ratings of representing range of environmental variable.

Class	Moisture(%)	Humus(%)	pH	Exchangeable Cations(m,e/100g)		
				Potassium	Calcium	Magnesium
1	<5.16	<3.38	<4.91	<0.54	<1.26	<0.18
2	5.17-6.39	3.39-4.76	4.92-5.06	0.55-0.64	1.27-1.74	0.19-0.22
3	6.40-7.62	4.77-6.14	5.07-5.21	0.65-0.74	1.75-2.22	0.23-0.26
4	7.63-8.85	6.15-7.52	5.22-5.36	0.75-0.84	2.23-2.70	0.27-0.30
5	8.86<	7.52<	5.36<	0.84<	2.70<	0.30<

어나무, 참깨암나무, 갈참나무, 생강나무, 개웃나무, 산벚나무, 고로쇠나무, 당단풍, 쪽동백나무와는 부의 상관관계를 보였다. 갈참나무는 참깨암나무, 국수나무, 고로쇠나무, 당단풍, 쪽동백나무, 작살나무, 청가시덩굴과 높은 정의 상관관계를 나타내었다. 신갈나무는 굴참나무, 졸참나무, 물푸레나무와는 부의 상관관계이었으며, 생강나무, 당단풍과는 강한 정의 상관관계를 보였다. 이상에서 살펴보면 본 조사지에서 소나무와 참나무류는 생태적 천이가 달라 하부식생이 다름을 알 수 있었다. 지리적으로 인접한 울진지역에서의 소나무와 각 수종간의 상관분석(Jo, 1994)에서는 소나무와 졸참나무, 굴참나무, 개웃나무, 쇠물푸레 등은 정의 상관관계를 고로쇠나무, 당단풍, 피나무, 찰피나무, 층층나무 등과는 부의 상관관계를 나타내었는데, 주왕산의 소나무림은 매우 척박하고, 벌채 등의 인위적인 교란을 심하게 받아 각 수종간에 충분한 경쟁에 도달하지 않고 있다.

## 6. 환경인자분석

DCA분석을 이용하여 나는 5개의 군집에 대한 토양인자의 이화학적 분석치를 나타낸 것이 Table 7이다. 토양환경인자가 5개의 군집이 유사한 수치를 나타내고 있으며, 특히 토양산도가 5.0~5.3으로서 중부온대림의 극상수종인 서어나무, 층층나무 등이 자랄 수 있는 pH 5.5 이상의 환경이 조성되지 못하므로(최, 1992) 호산성의 소나무나, 참나무류가 우점종인 군집으로 계속 유지될 것으로 보인다.

각 군집의 종조성변화에 관련되는 환경요소를 판단하기 위하여 6개의 환경인자분석치를 5단계로 나누어(Table 8), DCA기법을 이용하여 제 1, 2축의 조사구 위치에 도시한 것이 Figure 7인데, 각 토양의 환경인자들이 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 이것은 국내의 침엽수림에서 활엽수림으로 천이가 진행될 수록 토양산도, 유기물함량, 치환성 양이온함량이 증가된다고 보고되고 있으나(강 등, 1982; 이 등, 1990b), 본 연구에서는 전체 조사구가 매우 척박한 소나무 우점종으로 이루어져 있어 천이단계의 발전에 따른 환경인자의 변화가 아직 측정될 수 있을 정도로 진전되지 않은 것으로 보인다.

수종간의 경쟁은 주로 이용가능한 자원에서 발생하는 생장의 차이에 의한 것으로(Palik and Pregitzer, 1993), 지형적인 위치에 따라 토양 비옥도의 차이에 의해 분포하는 수종도 달라지게 된다. 주왕산 소나무림은 주로 능선 및 사면에 분포하고 있어 보다 많은 빛을 받을 수 있으며 아울러 건조한 곳에 잘자라는 생리적인 특성상 경쟁수종인 활엽수와 성장 차이에 의해(Jo, 1994) 유지되고 있었다. 또한 주왕산은 대부분 모암의 노출이 심하여 척박하고, 벌채와 산불 등의 교란에 의해 2차림으로 선구수종인 소나무림의 조성에 유리한 지형적인 조건을 갖고 있었다. 이곳에서 출현하는 활엽수는 종자로부터의 발생된 수종보다는 뿌리나 줄기 등의 무성생식이 가능한 참나무류와 고로쇠나무, 쇠물푸레, 물푸레나무 등이 대부분이었다. 특히 무성생식이 가능한 종으로 단풍나무류, 참나무류, 물푸레나무류로 크게

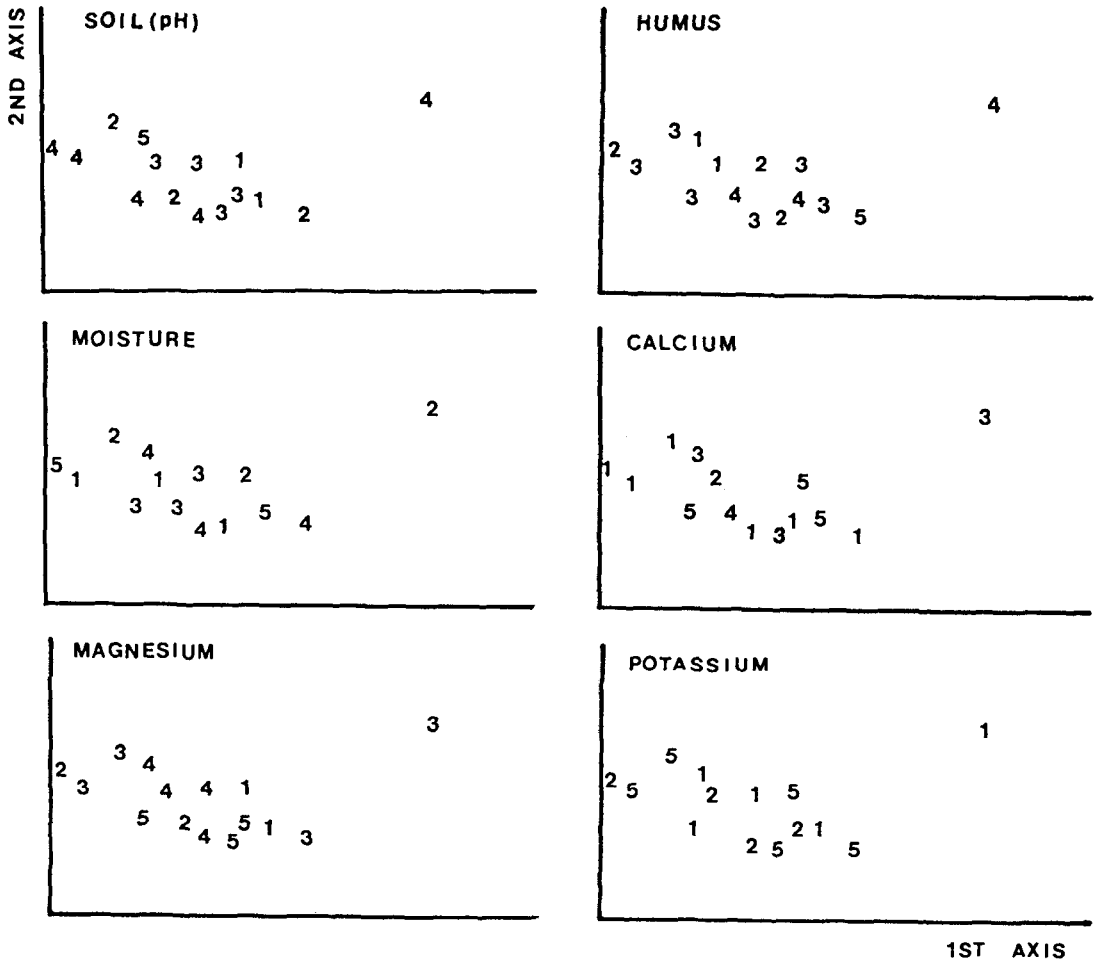


Figure 7. The distribution of environmental variables on the first two axes of DECORANA stand ordination. The rating for range of environmental variables should be referred to Table 8.

대별할 수 있었다. 이들 무성생식이 가능한 종들은 교란(산불, 벌채 등) 후 빠른 갱신을 할 수 있기 때문에 종차로부터 갱신되는 층층나무, 팔배나무, 난티나무, 서어나무, 거제수나무 등의 수종보다 유리하게 공간을 점유하게 된다. 따라서 이들 수종의 우점도가 낮은 것으로 판단할 때, 주왕산의 소나무림은 매우 잦은 교란이 있었을 것으로 추정된다.

## 인 용 문 헌

강윤순, 오계철 (1982) 광릉삼림군집에 대한

Ordination방법의 적용. 한국식물학회지 25(2):83-99.

건설부(1987) 주왕산 국립공원계획. 177쪽

구관호, 최재식, 조현서, 이경재 (1991) Classification 및 Ordination방법에 의한 지리산 대원계곡의 삼림군집구조분석. 응용생태연구 5(1):54-69.

농업기술연구소 (1988) 토양화학분석법. - 토양식물체 토양미생물 -. 농촌진흥청. 84쪽.

박인협 (1985) 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교대학원 박사학위 논문. 48쪽.

박인협, 이경재, 조재창 (1987) 북한산지역의 삼림

- 군집구조에 관한 연구. 용용생태연구 1(1):1-23.
- 박인협, 이경재, 조재창 (1988) 치악산 국립공원의 삼림군집구조. - 구룡사-비로봉 지역을 중심으로 -. 용용생태연구 2(1):1-9.
- 이경재, 류창희, 최송현 (1991) 지리산 아고산대 신갈나무-분비나무림 식물군집구조분석. 용용생태연구 5(1):32-41.
- 이경재, 류창희, 최송현 (1992a) 한라산 어리목, 영실, 돈내코 지역의 식물군집구조. 용용생태연구 6(1):25-43.
- 이경재, 박인협, 조재창, 오충현 (1990c) 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(Ⅱ). - Classification 및 Ordination 방법에 의한 식생분석 -. 용용생태연구 4(1):33-43.
- 이경재, 오구균, 김용식, 조재창 (1987) 내장산 국립공원 내장사지구의 자연보호관리 대책에 관한 연구. 서울시립대학교 연구보고서. 100쪽.
- 이경재, 조우, 조재창 (1993a) 소백산국립공원 천동계곡의 식물군집구조분석. 용용생태연구 6(2):134-146.
- 이경재, 조우, 한봉호 (1994) 덕유산국립공원내 무주리조트 골프장에정지 식물군집구조. 용용생태연구 7(2):118-134.
- 이경재, 조재창, 류창희 (1990b) Classification 및 Ordination 방법에 의한 용문산 삼림의 식물군집 구조분석. 한국식물학회지 33(3):173-182.
- 이경재, 조재창, 이봉수, 이도석 (1990a) 광릉 삼림의 식물군집구조(Ⅰ). - Classification 및 Ordination 방법에 의한 소리봉 지역의 식생분석 -. 한국임학회지 79(2):173-186.
- 이경재, 최송현, 조재창 (1992b) 광릉 삼림의 식물군집구조(Ⅱ). - Classification 및 Ordination 방법에 의한 죽엽산 지역의 식생분석 -. 한국임학회지 81(3):214-223.
- 이경재, 최송현, 조현서 (1993b) 소백산 국립공원 회방계곡의 삼림군집구조 분석. 용용생태연구 6(2):113-126.
- 임경빈, 박인협, 이경재 (1980) 경기도지방 피해해충 적송림의 식물사회학적 연구. 한국임학회지 50:56-71.
- 조재창 (1987) 자연공원에서의 소나무림보존대책에 관한 연구. - 국립공원 가야산 홍류동계곡을 중심으로 -. 서울시립대학교 석사학위 논문, 56쪽.
- 최송현 (1992) 북한산 정릉계곡의 식물종다양성 변화에 관한 연구. 서울시립대학교 석사학위 논문, 83쪽
- 한국자연보존협회 (1985) 주왕산국립공원 일대 종합학술조사보고서. 150쪽.
- Bernard J. M., F. K. Seischab and G. G. Gauch (1985) Gradient analysis of the vegetation of the Byron-Bergen swamp, a rich fen in western New York. In: Peet R.K.(eds). Plant community ecology:Papers in honor of Rober H. Whittaker. pp. 125-131. Dr W. Junk Publ..
- Cox, G. W. (1972) Laboratory manual of general ecology. Wm. C. Brown Co. 232pp.
- Curtis, J. T. and R. R. McIntosh. (1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32:476-496.
- Hill, M. O. (1979a) DFCORANA-a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, New York, 52pp.
- Hill, M. O. (1979b) TWINSPLAN-a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, New York, 99pp.
- Jo, J. C. (1994) Stand structure and growth pattern of *Pinus densiflora* S. et Z. and their relationship to forest fire in Sokwang-Ri, Uljin-Gun. Seoul Nat'l Univ. Phd Dissertation.
- Ludwig J. A. and J. F. Reynolds (1988) Statistical ecology - a primer on methods and computing. John Wiley & Sons Publ.
- Olsvig-Whittaker L., M. Shachak M. and A. Yair (1985) Vegetation patterns related to environmental factors in Negev Desert watershed. In: Peet R. K.(eds). Plant community ecology:Papers in honor of Rober H. Whittaker. pp. 133-145. Dr W. Junk Publ..
- Palik B. J. and K. S. Pregitzer (1993) The vertical development of early successional forests in northern Michigan, USA. J. Ecol. 81:271-285.
- Westman W. E. (1985) Xeric Mediterranean-type shrubland associations of Alta and Baja California and the community/continuum debate. In: Peet R.K.(eds). Plant community ecology : Papers in honor of Rober H. Whittaker. pp. 79-95. Dr W. Junk Publ..
- Whittaker, R. H. (1956) Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol. Monogra, 26:1-8.