

서오릉의 산림군락구조 분석

이 선¹⁾ · 이미정²⁾ · 김효정²⁾ · 권오원²⁾ · 송호경^{3)※}

¹⁾ 한국전통문화학교 전통조경학과 · ²⁾ 충남대학교 대학원 · ³⁾ 충남대학교 산림자원학과

Forest Community Structure Analysis of Seoreung Area

Sun Yee¹⁾ · Mi-Jeong Lee²⁾ · Hyo-Jeong Kim²⁾ · Oh-Won Kwon²⁾ and Ho-Kyung Song^{3)※}

¹⁾ Department of Traditional Landscape Architecture, Korean National University of Cultural Heritage,

²⁾ Graduate School, Chungnam National University,

³⁾ Department of Forest Resources, Chungnam National University.

ABSTRACT

Forest community structure analysis in the Seoreung area, Goyang-si was carried out to supply basic data for reasonable management and conservation. The forest vegetation of the Seoreung area was classified into *Alnus japonica* community, *Quercus mongolica* - *Carpinus laxiflora* community, *Quercus serrata* community, and *Pinus densiflora* community. The dominant species in the area were in the order of *Quercus mongolica*, *Quercus serrata*, *Robinia pseudoacacia*, *Quercus variabilis*, *Quercus aliena*, *Styrax japonica*, *Pinus rigida*, and *Alnus hirsuta*.

According to the DBH analysis result, *Pinus densiflora* was dominance species in Tomb area. *Pinus rigida* had a density of normal distribution style in the entire forests, therefore, their dominance are expected to continue for now. However, *Quercus serrata* is expected to extend their influence in the future in competition with *Pinus rigida*. *Quercus mongolica* had a density of normal distribution style in the *Quercus mongolica* - *Carpinus laxiflora* community, therefore, their dominance are expected to continue for now. *Carpinus laxiflora* is expected to extend their influence in the future in competition with *Quercus mongolica*.

The relationship between the distribution of dominant species of forest vegetation and soil condition in Seoreung area was investigated by analyzing soil nutrition and moisture gradient. *Alnus hirsuta* community was distributed in the mesic and medium nutrition area and *Quercus mongolica* - *Carpinus laxiflora* community in the serix and relative good nutrition area. *Pinus densiflora* community was distributed in the serix and poor nutrition area and *Quercus serrata* community in the subserix and medium nutrition area.

Key Words : *DBH analysis*, *TWINSPAN*, *DCA ordination*, *Heritage site*.

※ E-mail : hksong@cnu.ac.kr

I. 서론

서오릉(西五陵)은 풍수적 길지에 조선왕실의 족분(族墳)을 이룬 곳으로, 1457년(세조 3년) 세조가 경릉(敬陵)을 조성한 이후, 창릉(昌陵)·익릉(翼陵)·명릉(明陵)·홍릉(弘陵) 등 다섯기의 능이 위치해 있다. 이곳에는 5능 외에 명종(明宗)의 첫째 아들 순회세자(順懷世子)의 순창원(順昌園)이 경내에 있으며, 최근 숙종(肅宗)의 후궁 장희빈(張禧嬪)의 대빈묘(大嬪墓)도 경내에 옮겨 놓았다. 이곳은 1970년 5월 26일 사적제 198호로 지정되었으며, 행정구역상 경기도 고양시에 속하는 귀중한 문화유산이다.

서오릉이 조선왕실의 능묘로 지정된 이후 약 500여년 동안 능침 주변의 자연환경은 많은 변화가 있었다. 특히 근래에 들어와서 주변의 개발과 환경오염은 경관을 훼손시키고 자생식물의 감소와 외래식물의 침입을 가져와 사적지의 자연환경을 심각하게 훼손시키고 있는 실정이다. 그럼에도 불구하고 사적지 주변의 체계적인 생태적 조사는 동구릉(문화재청, 2001)과 창덕궁·종묘 원유(문화재청, 2002) 외에는 거의 이루어지지 못하고 있으며, 보존관리 및 복구에 필요한 정보도 부족한 상태이다. 또한 서오릉은 서울의 인근에 위치하고 있어 사적 가치뿐만 아니라 서울과 경기도 주민들의 휴식과 역사교육 공간으로서의 의미도 크다. 따라서 본 연구는 조선시대 대표적인 왕릉인 서오릉의 산림구조를 조사·분석하여 조선시대 능원의 효율적인 보존관리 및 복구의 기본 자료로 활용하고자 한다.

II. 조사 및 방법

1. 조사지 개황

서오릉은 행정구역상 경기도 고양시 덕양구에 속하지만 서울시 은평구와 경계를 이루고 있으며, 전체 지정면적은 약 183ha에 달한다. 서오릉은 가장 높은 앵봉(해발 234m)을 중심으로 동서와 남북으로 작은 능선이 형성되어 있고, 지질은 선캠브리아기 신생대의 기반암체인 경기편마암복합체에 속한다.

이 지역의 기후는 겨울에는 북서 계절풍의 영향으로 기온이 낮고 건조한 데 반하여 여름에는 고온 다습하다. 고양시에 인접한 서울의 기상자료에 의하면 연평균기온은 12.2℃, 연평균강수량은 1,344mm으로 나타나고 있다(기상청, 2001).

서오릉은 식물기후학적으로 볼 때 온대중부에 속하며 온대식물이 집중적으로 분포하고 있다. 주요 식생은 전체적으로 참나무류가 우세하며 1960~70년대에 조림된 리기다소나무, 아까시나무 등의 외래 수종이 곳곳에 있다. 능역 주변을 제외한 사면부에는 신갈나무, 굴참나무, 줄참나무 등이 우세하며, 숲 안쪽 외부와의 경계지역에는 아까시나무가 조림되어 있다. 북사면의 일부지역에는 전형적인 음수인 서어나무가 소규모로 군락을 이루고 있고, 해발고가 낮은 곳에는 갈참나무가 생육하고 있다. 그리고 저습지대에는 오리나무가 생육한다. 그 외에 자주 출현하는 교목류는 때죽나무, 팔배나무, 생강나무 등이, 관목류는 진달래, 철쭉, 털팽나무 등이, 초본류는 주름조개풀, 큰기름새 등이, 만경류는 담쟁이덩굴 등이 자주 출현하였다(문화재청, 2003).

2. 식생조사 및 분석

식생 조사는 2003년 7월에 서오릉 전역에 1 : 25,000 scale의 지형도를 참고하여 10m×10m 크기의 정방형 표본구 55개소를 설치하고, 흉고직경 2cm 이상의 임목을 대상으로 매목조사를 실시하였다. 또한 임분 구조를 파악하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 방법에 따라 중요치(importance value)를 산출하였으며, 중요치가 높은 수종에 대하여 흉고직경급을 분석하였다.

3. Classification 및 Ordination 분석

조사된 연구대상 지역의 군락 분류를 위하여 Hill(1979b)의 TWINSpan을 이용하여 classification을 실시하였으며, cut level은 0%, 1%, 3%, 6%, 12%, 25%를 이용하였다. 각 조사구에서 25% 이상의 중요치를 가지는 종은 그 조사구의 우점종으로 간주하였다.

Ordination은 CA(correspondence analysis)의 확

장인 DCA(detrended correspondence analysis)를 사용하였으며(Hill, 1979a; Hill and Gauch, 1980) Ter Braak(1987)의 CANOCO program을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양특성

서오릉 산림의 토양특성은 문화재청(2003)의 보고에 의하면, pH는 5.3~6.4(평균 5.8)로 산성을 나타내고 있으며, 전질소는 평균 0.05%이고, 유기물함량은 평균 1.23%로, 우리나라 전국의 산림토양과 비교해 보면(정진현 등, 2002), pH는 A층이 5.48로 비슷한 수준이었고, 전질소는 0.19%, 유기물함량은 4.5%로 본 조사지역이 우리나라 평균치보다 상당히 낮은 값을 보여주었다. 정진현 등(2002)은 전질소와 유기물함량이 산악지역에서 다른 지역보다 다소 높게 나타났다고 하였는데, 본 조사가 주로 해발고가 234m 이하로 낮은 지역을 대상으로 이루어졌으며, 서울에 인접하고 있어 인간의 간섭을 받았기 때문이라고 사료된다. 유효인산은 평균 5.6ppm이고, 치환성 Ca, Mg, K, CEC 등은 각각 2.61, 1.16, 0.07, 9(me/100g)로 분석되었다.

2. TWINSPLAN에 의한 군락 분류

조사된 55개 plot 중 3개 이상의 plot에서 출현한 23개 수종을 대상으로 TWINSPLAN을 실시한 결과, 제1수준에서 오리나무의 존재여부에 따라 오리나무군락과 참나무류군락으로 구분되고, 제2수준에서 서어나무의 유무에 의하여 신갈나무-서어나무군락과 졸참나무군락으로, 그리고 제3수준에서 소나무의 유무에 의하여 졸참나무군락과 소나무군락으로 구분되었다(Figure 1).

문화재청(2003)의 연구 결과에 의하면, 서오릉의 산림군락은 Braun-Blanquet법(ZM 식물사회학적 방법)에 의한 분류에서 자연식생군락과 조림식생군락으로 대별하였다. 자연군락은 다시 소나무군락, 신갈나무군락, 졸참나무군락, 굴참나무군락, 갈참나무군락, 서어나무군락, 오리나무군락으로 구분하고, 조림군락은 리기다

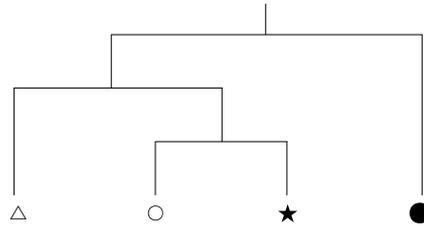


Figure 1. The path way of subdivision into grouping of Seoreung forests using TWINSPLAN. △ = *Quercus mongolica-Carpinus laxiflora*; ○ = *Quercus serrata*; ★ = *Pinus densiflora*; ● = *Alnus japonica*.

소나무군락, 아까시나무군락, 잣나무군락으로 세분하였다. 그러나 본 연구에서는 이들을 종합하여 4개의 군락으로 분류하였다. 문화재청(2003)의 보고와 본 논문을 비교해 보면, 오리나무군락과 소나무군락은 동일하였고, 신갈나무와 서어나무군락은 신갈나무-서어나무군락으로, 기타 졸참나무, 굴참나무, 갈참나무, 조림군락(리기다소나무군락, 아까시나무군락, 잣나무군락)은 졸참나무군락으로 구분되었다.

3. 임분특성

1) 중요치 분석

서오릉 산림의 흉고직경 2cm 이상 수목을 대상으로 중요치를 분석한 결과(Table 1), 신갈나무가 38.50으로 가장 높았으며, 그 다음으로 졸참나무 32.01, 아까시나무 30.39, 굴참나무 24.37, 갈참나무 22.53, 때죽나무 21.71, 리기다소나무 21.45, 오리나무 17.04 등이다.

교목층에는 신갈나무, 졸참나무, 아까시나무, 굴참나무, 갈참나무, 리기다소나무 등이 우점하고, 아교목층에는 공해에 강한 때죽나무, 팔배나무 등이 분포하였다. 그중 중요치 순위에서 다섯 번째 안에 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 갈참나무 등의 참나무류가 차지하여, 전체적으로는 서오릉은 참나무류가 우점하는 임분이라고 할 수 있다. 신갈나무는 한반도에서 해발 평균 700m 내외에 분포하여 참나무류 중 가장 고지대에서 생육하는 종이지만(정태현과 이우철, 1965), 서오릉의 산림이 대부분 해발 50~150m의 비교적 낮은 지대임에도 불구하고 신갈나무의 중요치가

Table 1. Importance value of major tree species of Seooreung forests.

Species	RD	RC	RF	IV
<i>Quercus mongolica</i>	10.973	18.734	8.794	38.501
<i>Quercus serrata</i>	10.852	11.359	9.799	32.011
<i>Robinia pseudoacacia</i>	11.130	10.720	8.543	30.392
<i>Quercus variabilis</i>	6.023	12.314	6.030	24.367
<i>Quercus aliena</i>	6.928	9.575	6.030	22.533
<i>Syrax japonica</i>	0.361	2.052	9.296	21.710
<i>Pinus rigida</i>	7.215	9.710	4.523	21.448
<i>Alnus japonica</i>	6.218	8.312	2.513	17.043
<i>Sorbus alnifolia</i>	6.604	2.352	6.030	14.987
<i>Carpinus laxiflora</i>	3.029	4.560	2.010	9.599
<i>Pinus densiflora</i>	3.284	2.765	3.518	9.567
<i>Prunus sargentii</i>	2.262	1.421	5.779	9.461
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	2.814	0.168	4.523	7.504
<i>Pinus koraiensis</i>	3.564	1.965	1.759	7.288
<i>Juniperus rigida</i>	2.215	0.228	4.217	6.714
<i>Quercus acutissima</i>	0.741	1.317	2.261	4.319
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	1.294	0.073	2.764	4.131
<i>Alnus hirsuta</i>	0.629	0.950	2.261	3.840
<i>Viburnum sargentii</i>	0.686	0.321	0.754	1.761
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.275	0.021	1.005	1.301
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.275	0.018	1.005	1.298
<i>Prunus padus</i>	0.393	0.549	0.251	1.193
<i>Fraxinua rhynchophylla</i>	0.456	0.070	0.503	1.028
<i>Callicarpa japonica</i>	0.217	0.008	0.754	0.978
<i>Syrax obassia</i>	0.304	0.131	0.503	0.938
<i>Castanea crenata</i>	0.145	0.018	0.754	0.917
<i>Quercus dentata</i>	0.148	0.079	0.503	0.729
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.172	0.014	0.503	0.689
<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.331	0.042	0.251	0.624
<i>Rhus chinensis</i>	0.093	0.009	0.503	0.604
<i>Viburnum erosum</i>	0.069	0.002	0.503	0.573
<i>Betula davurica</i>	0.073	0.117	0.251	0.441
<i>Morus bombycis</i>	0.096	0.001	0.251	0.348
<i>Maackia amurensis</i>	0.073	0.014	0.251	0.338
<i>Rosa multiflora</i>	0.049	0.006	0.251	0.307
<i>Tripterygium reglii</i>	0.030	0.005	0.251	0.286
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.030	0.001	0.251	0.282

가장 높게 나타난 것은 서오릉의 위도가 비교적 높기 때문일 것으로 판단된다. 같은 사적지인 동구릉의 연구 결과와 비교해 보면(문화재청, 2001), 동구릉의 우점종은 졸참나무, 팔배나무, 신갈나무, 갈참나무 등 주로 자연식생이 대부분인데, 서오릉은 아까시나무와 리기다소나무 등의 조림수종이 우점도가 높게 분포하고 있는 것이 특징이다. 이것은 서오릉에서 아까시나무와

리기다소나무의 조림이 다수 이루어졌기 때문일 것이다. 반면에 팔배나무는 동구릉지역이 훨씬 높은 중요치를 나타내고 있다. 팔배나무는 창덕궁의 후원과 같은 도심의 한복판에서 높은 중요치를 나타내는데(문화재청, 2002), 이처럼 팔배나무의 중요치가 차이나는 것은 환경적인 요인에 의한 것으로 사료된다.

또한 이곳의 식생은 온대 중부의 대표적 산림천이 현상이라고 할 수 있는 소나무에서 참나무류로의 천이가 진행중인 것으로 판단된다. 송호경과 신창남(1985)은 이와 유사한 결과로 계룡산 산림의 천이경향 분석에서 소나무림이 굴참나무, 졸참나무, 갈참나무 등의 참나무류를 거쳐 신갈나무와 서어나무림으로 천이된다고 밝힌 바 있다.

2) 흉고직경급 분석

서오릉 산림에서 중요치가 상위에 있는 갈참나무, 굴참나무, 리기다소나무, 신갈나무, 아까시나무, 오리나무, 졸참나무, 팔배나무, 소나무 등의 9종에 대한 흉고직경급별 분포도를 작성하였다(Figure 2). 흉고직경급 분포는 수령 및 임분 동태의 간접적인 표현이며, 산림천이의 양상을 추론할 수 있다(이경재 등, 1998; 오규균과 최송현, 1993).

Figure 2에서 보는 바와 같이 흉고직경 30cm 이상은 소나무를 제외하고 나머지 8종이 비슷한 밀도를 보이고 있으나, 흉고직경급 10cm 이하에서는 졸참나무, 아까시나무의 밀도가 높아 장차 이들의 중요치가 높아질 것으로 판단된다. 소나무는 흉고직경 10cm 이하의 어린 개체는 적으나, 흉고직경 10cm부터 30cm 이상까지 비슷한 개체수를 유지하고 있으며, 30cm 이상의 큰 개체가 많이 분포되어 있는 능 주변을 중심으로 계속해서 우점할 것으로 예측된다. 신갈나무는 신갈나무-서어나무군락에 주로 분포하며 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 적고 중간 개체가 많은 정규분포형 곡선을 나타내고 있어 신갈나무가 계속해서 우점할 것으로 예측되나, 차후에는 어린 개체의 밀도가 높은 서어나무의 중요치가 증가할 것으로 예상된다. 리기다소나무는 졸참나무군락에 주로 분포하며 어린 개체와 큰 개체가 적고 중간

개체가 많은 정규분포형 곡선을 나타내고 있어 리기다소나무가 당분간 우점할 것으로 예측되나, 10cm 이하의 어린 개체가 많은 졸참나무와 경쟁이 심화될 것으로 예상된다. 갈참나무와 굴참나무는 어린 개체와 큰 개체가 적고 중간 개체가 많은 정규분포형과 비슷한 곡선을 나타내고 있으나, 개체수가 적고 어린 개체도 적어 미래에는 우점도 다소 낮아질 것으로 예측된다.

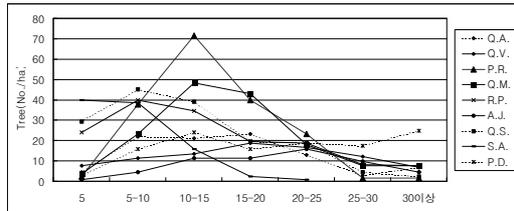


Figure 2. DBH distribution of Seoreung forests.

Q.A.=*Quercus aliena*; Q.V.=*Quercus variabilis*; P.R.=*Pinus rigida*; Q.M.=*Quercus mongolica*; R.P.=*Robinia pseudoacacia*; A.J.=*Alnus japonica*; Q.S.=*Quercus serrata*; S.A.=*Sorbus alnifolia*; P.D.=*Pinus densiflora*.

4. Ordination 분석

Figure 3은 TWINSpan에 의하여 분류된 4개 군락들을 DCA ordination 분석 결과의 최초 1,2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다. 서오릉의 산림은 제1축에서는 소나무군락, 신갈나무-서어나무군락, 졸참나무군락, 오리나무군락의 순서로 배열되는 경향이며, 제2축에서는 소나무군락, 졸참나무군락, 오리나무군락, 신갈나무-서어나무군락의 순서로 배열되는 것을 볼 수 있다.

송호경과 신창남(1985), 문화재청(2003)이 계룡산 산림과 서오릉 산림의 습도구배 분석에서 오리나무가 주로 습한 지역에서 분포하고 신갈나무는 다소 건조한 지역에 분포하는 수종이라고 보고한 것을 볼 때, 제1축은 수분에 의한 구배로 판단되며, 송호경과 장규관(1997)이 소나무림과 신갈나무림에 관한 연구에서 신갈나무림이 소나무림보다 전질소, 유기물함량, CEC 등의 양료가 많은 곳에 분포하고 있다는 결과와 비교하면, 제2축은 양료에 의한 구배로 사료된다.

이상의 결과를 종합해 보면, 오리나무군락은

적습한 지역에 한정적으로 분포하고 있으며, 신갈나무-서어나무군락은 수분은 다소 건조하나 양료가 양호한 지역에 한정적으로 분포하고 있다고 판단된다. 또한 소나무군락은 건조하고 양료가 빈약한 지역에 분포하고 있으며, 졸참나무군락은 수분이 다소 건조한 곳에서부터 다소 습한 지역까지, 양료도 빈약한 지역에서부터 양호한 지역까지 넓게 분포하고 있다고 사료된다.

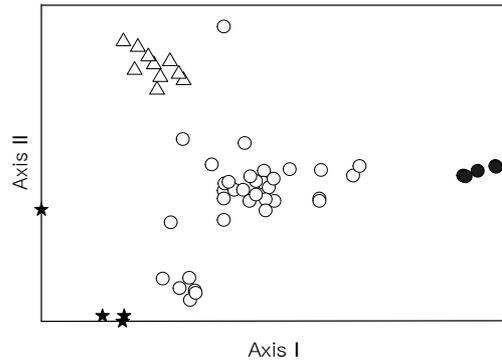


Figure 3. Seoreung forests vegetation data : DCA (detrended canonical analysis) ordination diagram with plots(△, ○, ★, ●). The plots are : △=*Quercus mongolica-Carpinus laxiflora*; ○=*Quercus serrata*; ★=*Pinus densiflora*; ●=*Alnus japonica*.

IV. 결 론

전통 사적공간의 효율적인 관리와 보존방안을 위하여 경기도 고양시에 위치한 서오릉의 산림을 조사한 결과는 다음과 같다.

서오릉의 산림은 TWINSpan에 의하여 오리나무군락, 신갈나무-서어나무군락, 졸참나무군락 및 소나무군락으로 구분되었다. 주요 종의 중요치를 분석한 결과, 신갈나무가 38.50로 가장 높았으며, 그 다음으로 졸참나무 32.01, 아까시나무 30.39, 굴참나무 24.37, 갈참나무 22.53, 때죽나무 21.71, 리기다소나무 21.45, 오리나무 17.04 등의 순으로 나타났다.

흉고직경급을 분석한 결과 소나무는 30cm 이상의 큰 개체가 많은 능 주변을 중심으로 우점할 것으로 예측된다. 전체적으로 볼 때, 리기다소나무는 어린 개체와 큰 개체가 적고 중간

개체가 많은 정규분포형 곡선을 나타내고 있어 한동안 우점할 것으로 예측되나, 10cm 이하의 어린 개체가 많은 졸참나무의 중요치가 계속 증가할 것으로 예측된다. 신갈나무는 신갈나무-서어나무군락에서 어린 개체와 큰 개체가 적고 중간 개체가 많은 정규분포형 곡선을 나타내고 있어 신갈나무가 계속해서 우점할 것으로 예측되나, 어린 개체가 적어 차후에는 음수인 서어나무의 중요치가 증가할 것으로 예상된다.

Ordination 분석 결과, 수분과 양료 구배에 의한 주요 종의 분포 지역을 보면, 오리나무군락은 적습하고 양료가 중간인 지역에 한정적으로 분포하고 있으며, 신갈나무-서어나무군락은 수분은 다소 건조하나 양료가 양호한 지역에 한정적으로 분포하고 있다. 또한 소나무군락은 건조하고 양료가 빈약한 지역에 분포하고 있으며, 졸참나무군락은 수분은 다소 건조한 곳에서부터 다소 습한 지역까지, 양료도 빈약한 지역에서부터 양호한 지역까지 넓게 분포하고 있다.

서오릉 주변에 조립된 리기다소나무, 아까시나무 등은 사적 내에서는 적합한 수종이라 할 수 없다. 따라서 하층에서 밀도가 증가하고 있는 졸참나무 등의 참나무류를 보호 육성할 필요가 있다. 또한 능 주변의 소나무림은 사적지 내의 숲이라는 관점에서 임목의 벌채를 가급적 제한하고, 무육·관리하는 것이 필요하다고 사료된다.

인 용 문 헌

기상청. 2001. 한국기후표. pp. 632.
문화재청. 2001. 동구릉 산림생태 조사 연구. 문화재청 보고서. pp. 131.
문화재청. 2002. 창덕궁·종묘 원유. 문화재청 보고서. pp. 576.
문화재청. 2003. 서오릉 산림생태 조사 연구. 문화재청 보고서. pp. 303.
송호경·신창남. 1985. 계룡산 삼림군집형과 그 구조에 관한 연구. 충남대 환경연구보

고 3(1) : 19-58.
송호경·장규관. 1997. 소나무림과 신갈나무림의 흉고직경급 분석과 천이에 관한 연구. 한국 임학회지 86(2) : 223-232.
오구균·최송현. 1993. 난온대 상록수림지역의 식생구조와 천이계열. 한국생태학회지 16(4) : 459-476.
이경재·김종엽·김동완. 1998. 설악산국립공원 백담계곡 식물군집구조. 한국환경생태학회지 11(4) : 450-461.
정진현·구교상·이충화·김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6) : 694-700.
정태현·이우철. 1965. 한국삼림식물대 및 적지적수론. 성균관대학논문집 10 : 329-435.
Curtis, J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An Upland Forest Continuum in the Prairie Forest Border Region of Wisconsin. J. Ecology 32 : 476-496.
Hill, M. O. 1979a. DECORANA - A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press.
Hill, M. O. 1979b. TWINSpan - A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Order Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press. pp. 50.
Hill, M. O. and H. G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis, an improved ordination technique. Vegetatio 42 : 47-58.
Ter Braak, C. J. F. 1987. CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis(version 2.1). TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands.

接受 2004年 2月 28日