Jour. Korean For. Soc. Vol. 94, No. 6, pp. 453~461 (2005)

한국임학회지

JOURNAL OF KOREAN FOREST SOCIETY

迎日砂防事業地 山林植生의 構成的 特性과 遷移傾向

趙 顯 濟*

경북대학교 농업과학기술연구소

Forest Vegetation Structures and Successional Trends in Young-il Soil Erosion Control District

Hyun-Je Cho*

Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

요 약: 우리나라의 대표적인 황폐된 임지의 인공복원 성공지인 영일사방사업지를 대상으로 산림식생의 구성적 특성과 천이경향이 총 68개 조사구를 토대로 식물사회학적 방법과 매목조사법에 의하여 연구되었으며, 주요 사방조림목의 생장패턴이 연륜심 분석을 통하여 파악되었다. 이 지역의 식생형은 싸리-억새형과 사방오리-때죽나무형 등 2개 광역그룹으로 대별되었으며, 9개의 하위 식생단위가 유형화되었다. 상재도 패턴은 고상재도종(≥IV)은 2.6%에 불과하고 대부분의 종들이 저상재도종으로 생육분포하고 있었다. 식생천이경향은 대부분이 졸참나무림으로 변화될 것으로 판단되었다. 주요 사방조림목의 연평균 생장 폭은 수종별로 다소 차이가 있지만 곰솔과 리기다소나무 등 침엽수는 3.0~3.4 mm, 사방오리, 아까시나무, 물오리나무 등 활엽수는 4.3~4.9 mm로 나타났으며, 생장패턴은 수종에 관계없이 조림후 20~25년이 지나면서 급격한 생장감소를 보이고 있음을 알 수 있었다.

Abstract: Structural characteristics and successional trends of actual forest vegetation in Youngil soil erosion control district, South Korea, were studied and described by the phytosociological investigations and diameter measurement. And also the incremental growth pattern of the major trees for erosion control analyzed using increment core. Sixty-eight relevés were sampled with 100 m^2 plots. Two main vegetation types (*Lespedeza bicolor-Miscanthus sinensis-type* and *Alnus firma-Styrax japonica*-type) have been distinguished and typified nine vegetation units. Constancy classes diagram showed that the higher species (≥IV) have only 2.6% and that most species occurred were rare and had low abundances. The successional trends of the actual forest vegetation would be mostly changed as *Quercus serrata* forest. Annual diameter growth was 3.0~3.4 mm in case of conifer (*Pinus rigida* and *Pinus thunbergii*), and the broad-leaved trees (*Alnus firma, Robinia pseudo-acacia*, and *Alnus hirsuta*) showed 4.3~4.9 mm. The incremental growth patterns showed to be decreased rapidly since twenty to twenty-five years regardless of the species of trees.

Key words **:** *youngil soil erosion control district, phytosocilogical investigations, vegetation types, successional trends, incremental growth pattern*

서 론

최근 지구온난화, 열대 우림의 감소, 사막화로 인한 황사발생 등과 같은 환경문제에 대처하고 1992년 리우환경회의에서 제시된 지속가능한 산림자원의 보전과 이·활용을 목적으로 훼손되거나 기능적으로 퇴화된 임지의 생태적 기능 회복과 개선에 대한 연구가 인공복원과 자연복원의 양 측면에서 국내외적으로 활발히 수행되고 있다.

본 연구지역인 영일사방사업지는 타 지역과는 다른 특이한 입지환경으로 인하여 한번 식생이 파괴되면 상당기간 식생의 재정착이 상당히 어려운 임지로 1970년대 초반까지만 하여도 그 전 1세기 동안 다양한 인위적 파괴와 간섭(일본에 의한 자원수탈, 지역민에 의해 신탄재로서 사용, 6.25 전쟁, 그리고 잦은 산불 등)과 그로 인한 물리적 환경의 붕괴로 거의 황폐지나 다름이 없었다. 그 후 1973년부터 1977년까지 5년간에 걸쳐 4,538ha에 달하는 황폐지를 인공 복원하여 오늘날 동북아의 대표적인 산림복구 성공모델지로 평가받고 있다(경상북도, 1977).

*Corresponding author
E-mail: jhj132@chollian.net

이 연구는 2004년 한국산지보전협회의 녹색자금지원에 의해 수행되었음.

그러나 사방사업후 30년이 흐른 오늘날 영일사방사업지는 사방사업후 지속적인 사후관리의 소홀로 외형적으로는 다소 안정된 산림경관을 형성하고 있으나 숲 내부질의 상태 즉 산림생태계로서의 상태는 우리들이 예상해왔던 것과는 달리 기능적으로 아직 불안정한 모습을 보이고 있으며, 더욱이 일부 지역에서는 사방사업 당시의 물리적 임지붕괴 현상도 다시 재발하고 있는 등 많은 문제점이 야기되고 있지만, 산림생태학적 측면에서 사방사업후의 정착식물종의 종류, 산림식생구조와 조성, 토양변화 그리고 식생천이경향이 어떠한지 등에 조사 및 연구는 홍성천 등(1978), 정인구(1979), 주성현(1981)과 홍성천(1982)의 연구외에는 수행된 바 없으며, 이로 인해 1차적인 물리적 산림복구 후의 산림생태계 복원 및 구조개선 시업을 위한 기초적인 생태정보가 전혀 없어 생물다양성 증진 및 생태계 질 개선을 위한 2차적인 생태계 안정화 시업이 전혀 이루어지지 못하고 방치되어 있는 실정이다. 국내 사방사업지를 대상으로 한 연구에는 김영규 등(1978)의 "사방지 보호를 위한 조림학적 고찰", 강위평(1984)의 "산복사방공사 시공지에 있어서 지형과 식생회복", 최경과 이천용(1987)의 "사방지 식생 천이와 토양변화에 관한 연구(중부화강암지대를 중심으로)" 등이 있다.

본 연구는 상기의 점을 감안하여 영일 사방사업지 산림식생의 구성적 특성과 천이경향을 객관적으로 조사, 분석, 평가하여 2차적인 생태계 안정화 시업에 필요한 기초정보를 제공하는데 주목적이 있다.

조사지 및 조사방법

1. 조사지 개황

영일사방사업지는 지리적으로 우리나라 동남부 해안 동경 128° 05'~129° 26', 북위 35° 54'~36° 16'에 위치하고 있으며, 행정구역상으로는 포항시 전역과 경주시 안강읍 일대에 걸쳐 있고 총면적은 4,538 ha에 달한다(Figure 1).

지질은 신라층군으로 동해안에 점재하여 소규모로 분포하고 있는 제3기층이 주요 구성암층으로 대부분 이암으로 구성되어 있으며 이밖에 소량의 사암, 셰일, 사암셰일 및 실트스톤 등이 분포하고 있다. 지형은 경사가 급한 구릉지가 대부분이었다. 토양환경은 나암의 풍화에 의한 사면붕괴 등과 유기물 분해가 일어나지 않는 등 아주 불안정한 상태로 미숙토양이나 침식지 토양이 주 토양형으로 나타났다. 토양의 pH는 평균 4.88로 우리나라 산림토양의 평균 토양 pH 5.5보다 강산성이었다(한국산지보전협회, 2004). 기후적으로는 최근 30년간(1971~2000) 연평균 기온과 강수량은 각각 13.8°C, 1,120.3 mm로 나타났다(기상청, 1971-2000). 식생개황을 보면 과거에는 소나무림과 참나무림이 번성하고 있었으나 현재는 이들의 잔존군락, 사방조림목군락, 그리고 잠재자연식생인 참나무류와 사방조림목의 혼효군락 등으로 구성되어 있으며, 곰솔군락을 제외하면 비료목인 아까시나무, 물오리나무, 사방오리 등의 사방조림목군락들은 자연적인 천이, 한계에 달한 생태적 수명, 사후관리 미흡, 그리고 낮은 토양응집력과 열악한 환경조건 등이 복합적으로 작용하여 대부분 생장 둔화 징

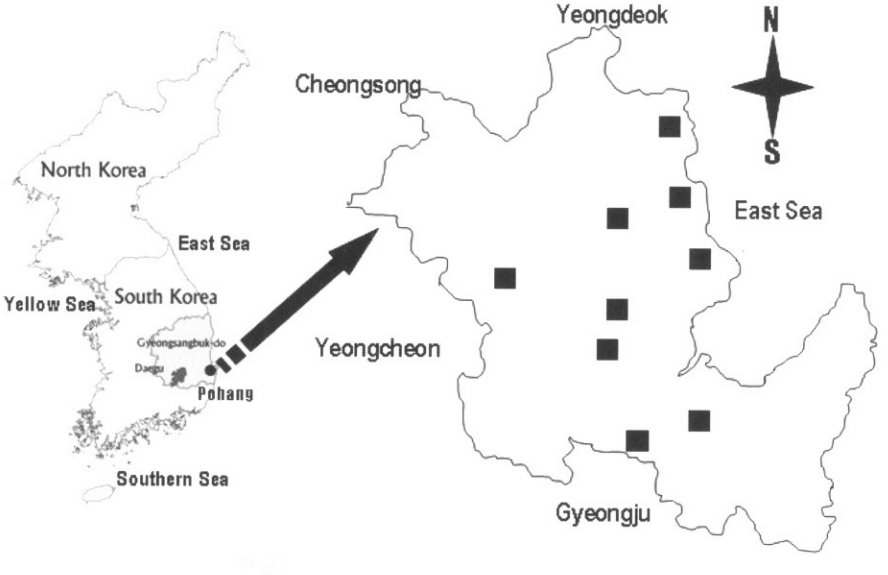


Figure 1. Map showing the study area. Black marks indicate the sampled sites.

후가 완연하였으며, 다른 지역에 비하여 생태적으로 안정된 임지에 나타나는 다년생 초본식생도 아주 빈약하였다. 그러나 해안에 연한 구릉지 일부를 제외하면 입지와 인접 자연식생의 종류에 따라 다소 차이가 있지만 대부분의 사방사업지에서 우리나라 저지대의 대표적인 잠재자연식생인 졸참나무가 이입되고 있었다.

2. 조사방법

식생조사는 2004년 5월부터 2004년 10월까지 ZM학파의 식물사회학적 방법(Braun-Blanquet, 1964)으로 수행하였으며, 조사구는 입지적 및 식생의 상관적 특성이 균질한 곳을 대상으로 총 68개소를 선정하였다. 조사구 크기는 군락의 공간적 범위 및 성립위치에 따라 10 m×10 m ~20 m×20 m을 적절히 병용하여 결정하였다. 조사항목은 식생의 종조성과 구조 그리고 입지정보를 중심으로 하였으며, 전자는 조사구별 전 유관속식물의 종류, 우점도, 군도 그리고 관목층이상 각 층의 평균수고와 평균직경이 측정되었고, 후자는 조사구별 경사방위, 경사각도, 해발 그리고 기타 입지특성 등이 측정, 기록되었다(Muller-Dombois and Ellenberg, 1974). 식생형 구분은 각 조사구별 식생자료를 군락생태학적 표조작(table sorting)에 의하여 일차적으로 식생단위를 추출한 다음, 각 유형별 구성종의 상대적 중요치(Curtis and McIntosh, 1951)를 산정하여 MVSP 3.1 프로그램을 사용하여 최종적으로 식생유형을 결정하였다(Kovach, 1999). 한편, 식별종의 환경구배상의 위치를 사방조림목을 중심으로 CA 서열법(Podani, 1994)에 의하여 분석하였고, 각 식생형별 구성적 특성과 다양성 등이 평가되었다(legendre and legendre, 1984). 식생단위의 천이경향은 식생단위별 가장 전형적인 임분에서 흉고직경 3 cm이상의 교목성 수종을 대상으로 매목조사(조사구 크기 10 m×10 m)를 행하여 직경급분포도를 작성하여 파악하였으며, 주요 사방조림목의 생장패턴을 연륜심을 채취한 후 평가하였다. 조사 및 분석상 모든 식물의 동정과 명명은 이창복(1996)과 박수현(1995)의 도감을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 현존식물상의 구성적 특성

영일사방사업지에서 출현한 유관속식물은 총 182종이며, 28목 51과 120속 158종 1아종의 분류군으로 구성되어 있었다. 생활형별로 보면, 교목성이 14.8%인 27종류, 소교목성이 5.5%인 10종류, 관목성이 15.9%인 29종류, 만목성이 6.0%인 11종류, 그리고 초본성이 57.7%인 105종류(양치식물 4종류, 벼과 및 사초과 23종류, 광엽초본 78종류)로 나타났다(Figure 2). 이는 한국산지보전협회(2004)가 조사한 사방지주변 자연림의 484종과 큰 차이를 보이고 있는데 이러한 결과는 조사 규모, 계절적 요인 등에 의한 차이도 있지만 사방사업지의 분포 위치가 대부분 해발 250 m 이하의 저지대에 위치하여 있고 특히 이암지대 특유의 낮은 종구성에 기인하는 것으로 판단되었다.

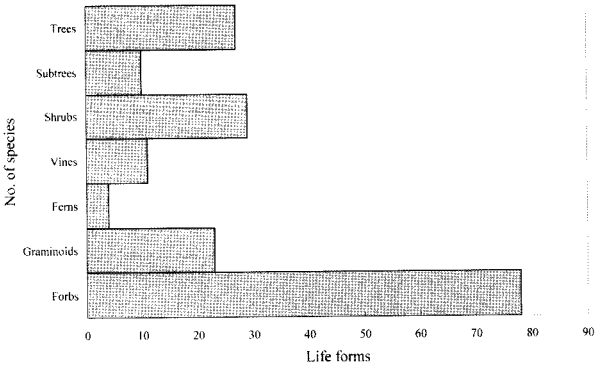


Figure 2. Numbers of species to life-forms of all vascular plants encountered in the study area.

한편, 사방지에서 관찰된 유관속식물 분류군의 과별 종구성을 보면, 평균 종수는 3.6종류로 나타났으며, 국화과가 전체 종구성의 13.7%인 25종류, 그 다음으로 벼과 8.8%인 16종류, 장미과와 백합과 각각 6.6%인 12종류 등의 순으로 나타났는데 이는 사방지 인근 자연림과 유사한 경향이었다. 종합적으로 보면 이 지역은 다른 지역에 비하여 입지적으로 아주 건조하고 척박하여 생태적으로 불안정한 교란 임지에서 선구적으로 나타나는 국화과 및 벼과 식물 종들의 구성비가 비교적 높게 나타났으며, 특히 미나리아재비과, 십자과, 산형과, 마과, 바늘꽃과, 백합과 등 적윤 및 비옥지에서 다수 나타나는 다년생 초본 식물종이 전혀 출현하지 않아 아직 주변 자연임지에 비해서 생태적 안정성이 많이 떨어져 있는 상태임을 알 수 있었다.

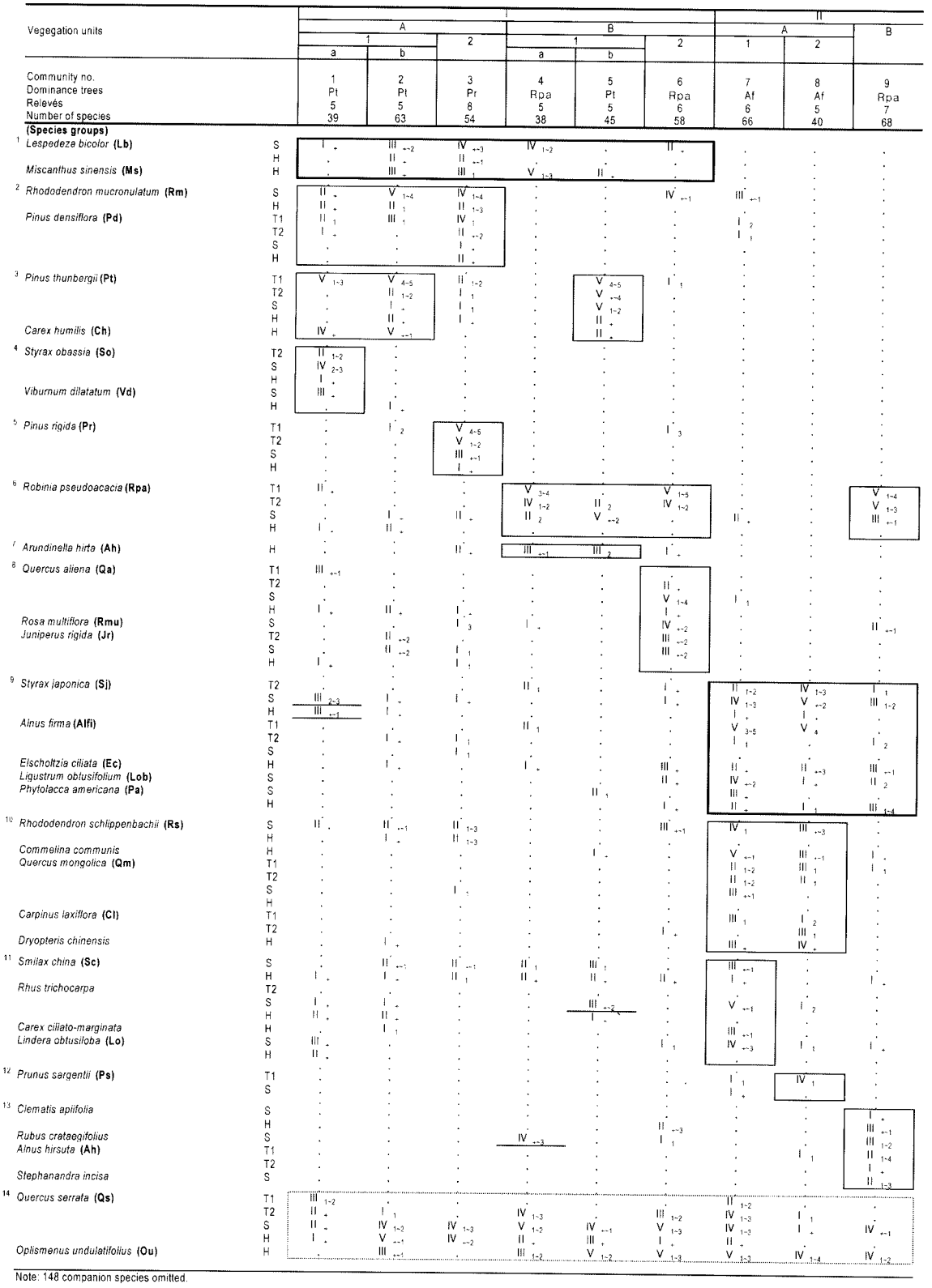
2. 현존식생의 구성적 특성

1) 식생유형

영일사방사업지의 식생유형은 크게 건생지를 특징짓는 싸리-억새형(I)과 적윤지를 특징짓는 사방오리-때죽나무형(II) 등 2개의 서로 대립되는 광역 식생단위로 식별되었으며, 하위 식생단위로 4개 군락(community), 6개 군(group), 그리고 4개 소군 (subgroup) 등의 체계 하에 총 9개 식생단위가 유형화되었다(Table 1).

구체적으로 보면, 영일사방사업지의 산림군락생태단위 즉 식생단위는 다소 경사가 급한 곳에서 곰솔, 아까시나무 등이 상관우점식생으로 나타나는 가운데 싸리, 억새 등 건생지에서 선구적으로 출현하는 종들이 강한 식별종으로 특징짓는 **싸리-억새형(I)**과 사방오리, 아까시나무 등이 상관우점식생으로 나타나는 가운데 때죽나무, 서어나무, 쥐똥나무 등 다소 경사가 완만한 적윤지에 출현하는 종들

Table 1. Floristic composition of the forest communities of the Young-il Soil Erosion Control District: Synoptic table. Regular boxes indicate taxa preferential to multiple groups. Roman figures indicate percentage classes: V=species occurring in 81-100%, IV=61-80%, III=41-60%, II=21-40%, and I =≤20%.



Note: 148 companion species omitted.

이 강한 식별종으로 특징짓는 **사방오리-때죽나무형(II)** 등 두 개의 최상위단위로 구분되었으며, 싸리-억새형은 다시 2개 군락, 4개 군, 그리고 4개 소군으로, 사방오리-때죽나무형은 2개 군락, 2개 군의 하위단위로 구분되었다. 싸리

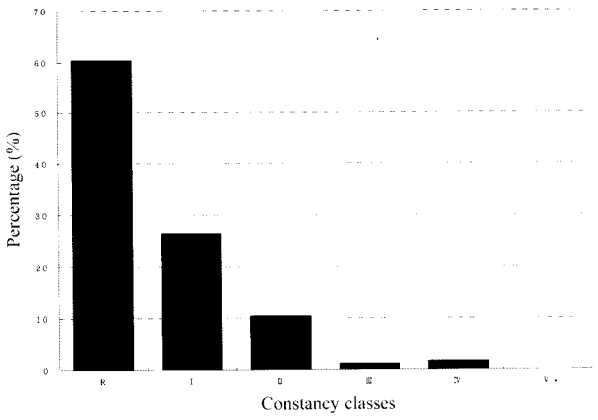


Figure. 3. Constancy classes diagram of all vascular plants encountered in the study areas.

-억새형은 영일사방사업지일대 이암지역의 대표적인 군락으로 졸참나무, 주름조개풀, 싸리, 억새, 진달래 등이 고상재도종(상재도 III이상)으로 나타나고 있으며, 곰솔군락과 아까시나무군락이 상관적 우점군락으로 상층을 지배하고 있으며, 임상 층에서는 벼과 및 국화과 식물 등 생태적으로 불안정한 입지에 출현하는 종들이 많이 출현하고 있었고, 잠재자연식생으로 졸참나무가 전 임분의 하층에서 이입되고 있었다. 사방오리-때죽나무형은 입지적으로 다소 비옥 적윤한 임지에 발달하고 있었으며 서어나무, 산벚나무 등 과거 유적종이 곳곳에 산재하는 가운데, 사방오리군락, 아까시나무군락 등이 상관적 우점군락을 이루고 있고, 중하층에 때죽나무가 번성하고 있으며 졸참나무, 신갈나무 등이 잠재자연식생으로 이입되고 있었다.

한편, 산림식생 구성종들의 상재도급(constancy classes)별 분포 경향에 있어서는 졸참나무, 주름조개풀, 아까시나무, 청미래덩굴, 진달래 등이 전체 출현종수의 2.6%정도에 불과하지만 고상재도종으로 나타나고 있어 이들이 영일사방사업지 산림식생의 주된 구성요소임을 알 수 있었으며, 특히 졸참나무는 이 지역 산림식생 보전 및 관리계획 수립에 있어 중요한 핵심종(Key species)이 될 수 있을 것으로 판단되었다(Figure 3).

2) 생태적 특성

영일사방사업지에서 구분된 각 식생단위의 평균 종다양성은 0.64로 나타났으며, 사방오리-때죽나무형의 하위단위인 개옻나무-생강나무군(군락번호 7)이 0.76으로 가장 높고 싸리-억새형(I)의 하위단위인 곰솔-산거울군의 전형소군(군락번호 2)이 0.45로 가장 낮게 나타났다. 상위식생단위별로는 싸리-억새형(I)이 0.45~0.67로 가장 낮았고, 사방오리-때죽나무형(II)이 0.70~0.76으로 높게 나타났는데, 이는 후자(II)가 전자(I) 보다 입지적 안정성이 다소 확보되고 있음을 나타내는 것으로 판단되었다. 우점도는 대부분 0.40~0.60의 범위에 속해있어 식생단위별로 평균 2~3종이 우점하고 있음을 알 수 있었다.

각 식생단위의 계층별 수고와 피도와의 관계를 보면 전체적으로 교목층은 각각 11~12 m, 70~80%, 아교목층은 5~7 m, 15~20%, 관목층은 1.5~2 m, 40~60%, 그리고 초본층의 피도는 25~50%로 나타났다(Figure 4). 계층별 피도에 있어서는 교목층은 군락번호 8이 88%로 가장 높고 군락번호 1이 35%로 가장 낮았으며, 아교목층은 군락번호 4와 5가 32%로 가장 높고 군락번호 1이 8%로 가장 낮았으며, 관목층은 군락번호 1이 80%로 가장 높고 군락번호 8이 32%로 가장 낮았으며, 그리고 초본층은 군락번호 5가 55%로 가장 높고 군락번호 2가 16%로 가장 낮게 나타남을 알 수 있었는데, 이러한 차이는 대부분 사방조림목인 상층목의 쇠퇴정도, 임내 교란정도, 그리고 인접자연식생의 차이에 의한 영향으로 판단되었다.

식생단위간 구성종의 유사성을 유사계수(Sörensen의 CCs)를 사용하여 비교한 결과, 전반적으로 0.3에서 0.6의 낮은 유사 범위를 나타내고 있었다. 최상위식생단위 싸리-억새형과 사방오리-때죽나무형은 0.2에서 0.4의 아주 낮은 유사성을 보여 서로 이질적인 것으로 나타났다(Cox, 1976).

각 식생단위의 생활형별 종풍부성은 전반적으로 교목성 9~12종, 아교목성 1~3종, 관목성 5~10종, 만목성 2~5종, 벼과 2~6종, 광엽초본 11~19종, 그리고 양치류 1~2종

Table 2. Diversity parameters (number of species and Shannon index) for the nine vegetation units identified in the study area.

Vegetation units			Community no.	Richness (S)	Shannon index (H')	Shannon index (H' max)	Evenness (J')	Dominance (1-J')
I	A	1	1	25	0.669	1.398	0.479	0.521
			2	18	0.451	1.255	0.348	0.652
		2	3	12	0.560	1.061	0.633	0.368
	B	1	4	15	0.698	1.176	0.593	0.407
			5	18	0.473	1.255	0.377	0.623
		2	6	16	0.675	1.204	0.603	0.398
II	A	1	7	18	0.763	1.255	0.609	0.392
		2	8	14	0.726	1.130	0.611	0.390
	B		9	14	0.702	1.146	0.670	0.330

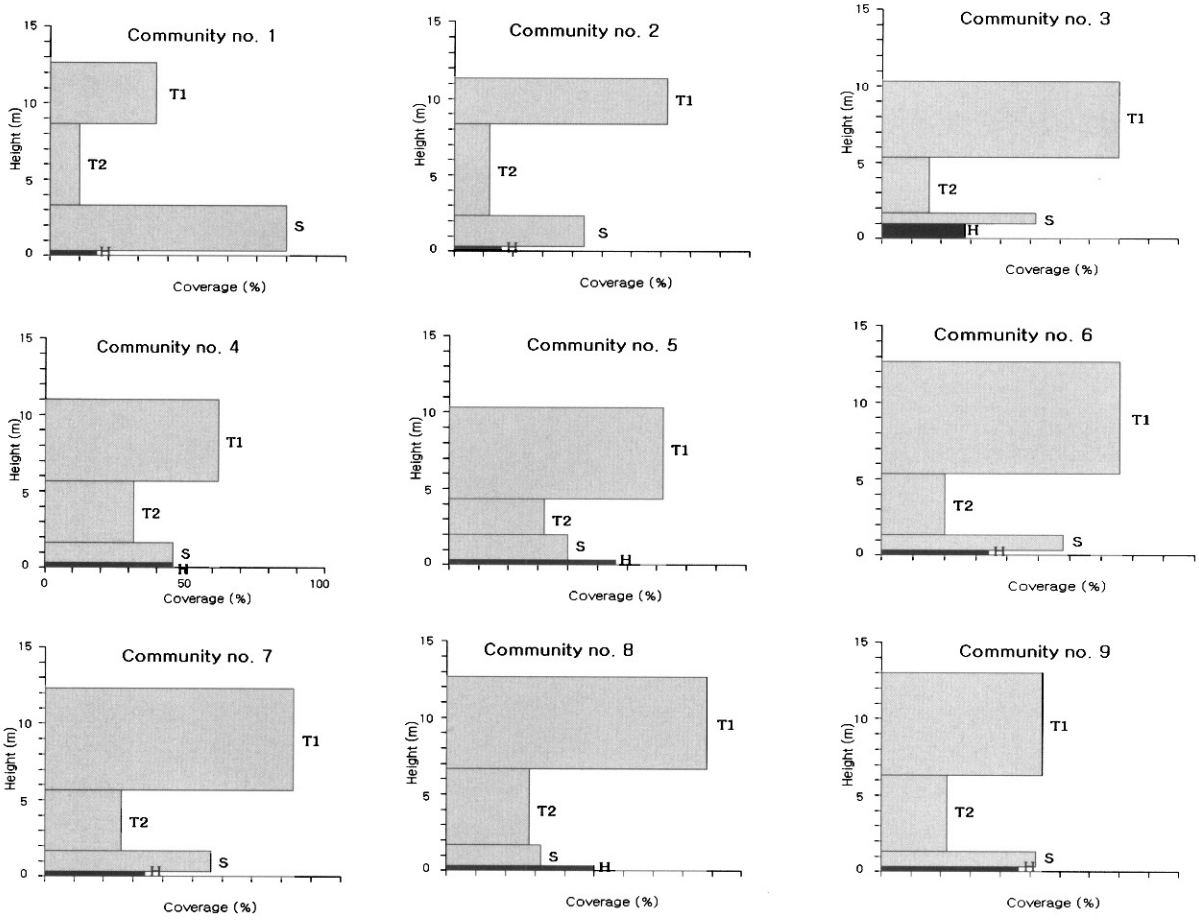


Figure 4. Layer diagrams of the nine forest communities based on the height and coverage.

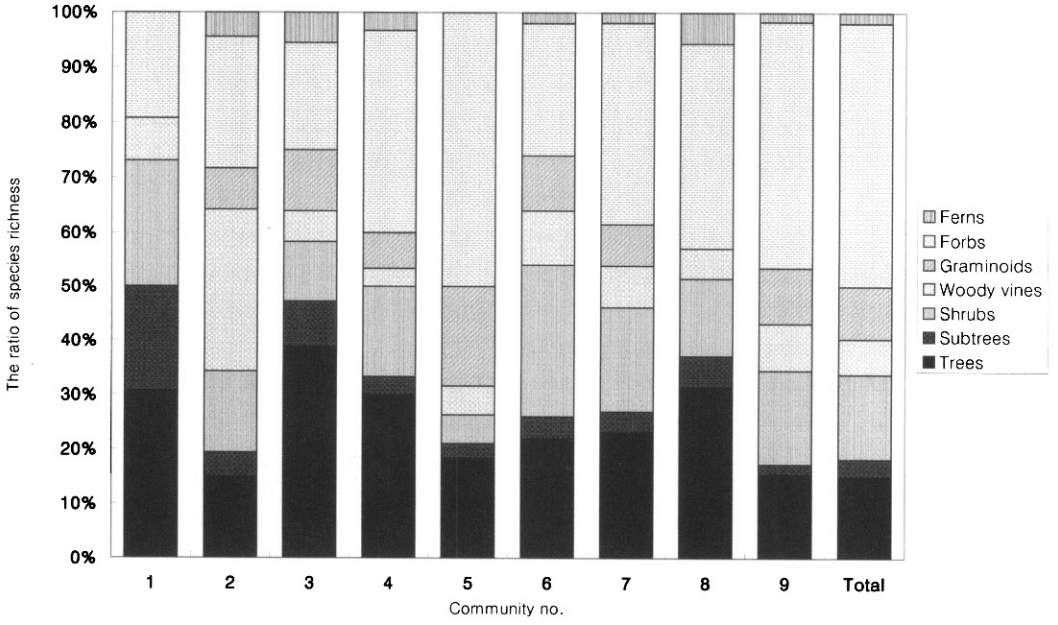


Figure. 5. The component ratio of species richness by the nine communities.

으로 나타났는데, 교목성과 광엽초본의 구성종이 다른 생활형에 비하여 다소 풍부하게 나타난 것은 자연 천이에 따른 종간경쟁과 교란의 영향으로 판단되었다(Figure 5).

한편, 영일사방사업지에서 출현한 182종류의 식물종에서 중요치 상위 35종을 대상으로 CA법(Podani, 1994)에 의하여 종간 유연관계를 분석한 결과는 Figure 6과 같다.

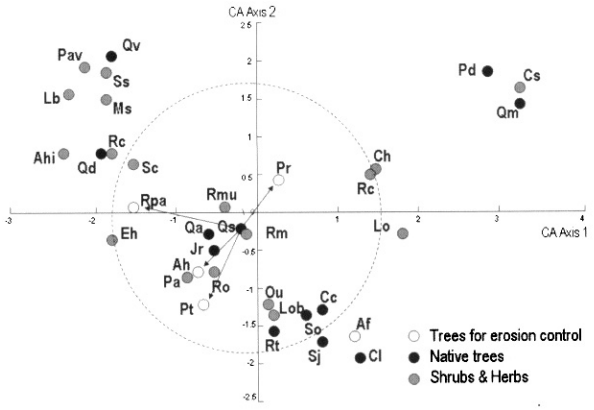


Fig. 6. Interspecific correlations among the major species occurred in the study sites.
Af ***Alnus firma,*** **Ah** ***Alnus hirsuta,*** **Ahi** ***Arundinella hirta,*** **Cc** ***Castanea crenata,*** **Ch** ***Carex humilis,*** **Cl** ***Carpinus laxiflora,*** **Cs** ***Carex siderosticta,*** **Eh** ***Erechitites hieracifolia,*** **Jr** ***Juniperus rigida,*** **Lb** ***Lespedeza bicolor,*** **Lo** ***Lindera obtusiloba,*** **Lob** ***Ligustrum obtusifolium,*** **Ms** ***Miscanthus sinensis,*** **Pa** ***Phytolacca americana,*** **Pav** ***Pteridium aquilinum*** **var.** ***latiusculum,*** **Pd** ***Pinus densiflora,*** **Pr** ***Pinus rigida,*** **Pt** ***Pinus thunbergii,*** **Qa** ***Quercus aliena,*** **Qd** ***Quercus dentata,*** **Qm** ***Quercus mongolica,*** **Qs** ***Quercus serrata,*** **Ou** ***Oplismenus undulatifolius,*** **Qv** ***Quercus variabilis.*** **Rc** ***Rubus crataegifolius,*** **Rs** ***Rhododendron schlippenbachii,*** **Rm** ***Rhododendron mucronulatum,*** **Rmu** ***Rosa multiflora,*** **Ro** ***Rubus oldhamii,*** **Rpa** ***Robinia pseudo-acacia,*** **Rt** ***Rhus trichocarpa,*** **Sc** ***Smilax china,*** **Sj** ***Styrax japonica,*** **So** ***Styrax obassia,*** **Ss** ***Spodiopogon sibiricus.***

1축을 중심으로 좌측은 천이초기에 나타나는 종들이 우측은 천이 도중단계에서 나타나는 종들이 위치하고 있었으며, 2축을 중심으로 위쪽은 높은 해발고를 아래쪽은 낮은 해발고를 나타내고 있었다. 주요 사방조림목을 중심으로 보면, 아까시나무, 물오리나무, 곰솔, 리기다소나무 등은 이미 잠재자연식생인 졸참나무의 영향권 내에 있고 사방오리나무는 졸참나무보다는 서어나무의 영향권 내에 더 가까이 연접하여 있음을 알 수 있었다.

3. 주요 사방조림목개체군의 천이경향과 생장 패턴

주요 사방조림목개체군의 천이경향을 보면(Figure 7), 사방오리개체군은 사방오리가 직경급 12 cm 이상에서만 분포할 뿐 그 이하에서는 잠재자연식생인 신갈나무, 졸참나무 등을 비롯하여 군집성이 강한 때죽나무, 팥배나무 등이 번성하고 있었다. 이곳의 원식생인 서어나무, 신갈나무, 졸참나무 등이 잔존하고 곳에서는 이들의 영향으로 다른 개체군에 비하여 비교적 정상적인 자연 천이가 진행되고 있었으나, 다소 교란되거나 주변에 잠재자연식생의 공급원이 부재된 곳에서는 군집성이 강한 때죽나무, 팥배나무 등이 번성하여 잠재자연식생인 참나무림으로의 정상천이가 지체되고 있었다. 곰솔개체군은 해안에 연하여 광역적으로 분포하고 있으며 대부분 열악한 입지적 요인에 의해 잠재자연식생의 이입은 어려운 상태이었으며, 잦은

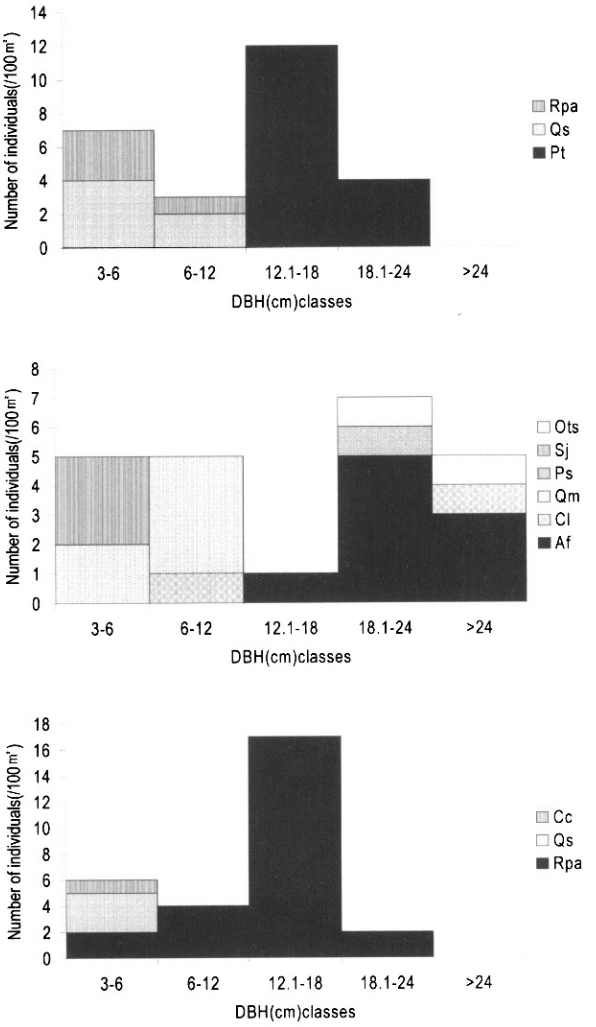


Figure 7. Distribution of individuals in different diameter (cm) classes.

산불 등의 영향으로 아까시나무가 번성하는 곳도 증가하고 있었다. 사방조림후 상당기간 곰솔이 자연 재생되고 있었으나 최근 들어 그 패턴이 단절되어 장기적으로는 잠재자연식생인 졸참나무림으로의 천이가 예상된다. 아까시나무 조림지는 개체목의 직경급 분포가 다소 정규분포를 나타내고 있지만, 최근 들어 아교목층이하에서 잠재자연식생인 졸참나무가 번성하고 있어 장기적으로는 졸참나무림으로의 천이가 예상되었다.

주요 개체목 연륜 생장의 경년변화 패턴을 연간 연륜생장폭(A)과 생장패턴(B)을 기준으로 보면(Figure 8), 사방오리 28년생 개체목의 연평균 생장폭(A)은 4.9±2.3 mm 이며, 1981년에서 1982까지 2년간 평균 7 mm의 최대 생장 후 1984년에서 1985년에 평균 3 mm 정도의 최저 생장으로 급격한 생장 하락을 보이고, 그 후 다시 1998년까지 약 10년간 1.5 mm 내외의 증감을 반복하다가 2000년 이후부터 지속적으로 감소하는 추세를 나타내고 있는데, 이는 최근 조림목으로서의 생태적 수명의 다함과 경쟁목인

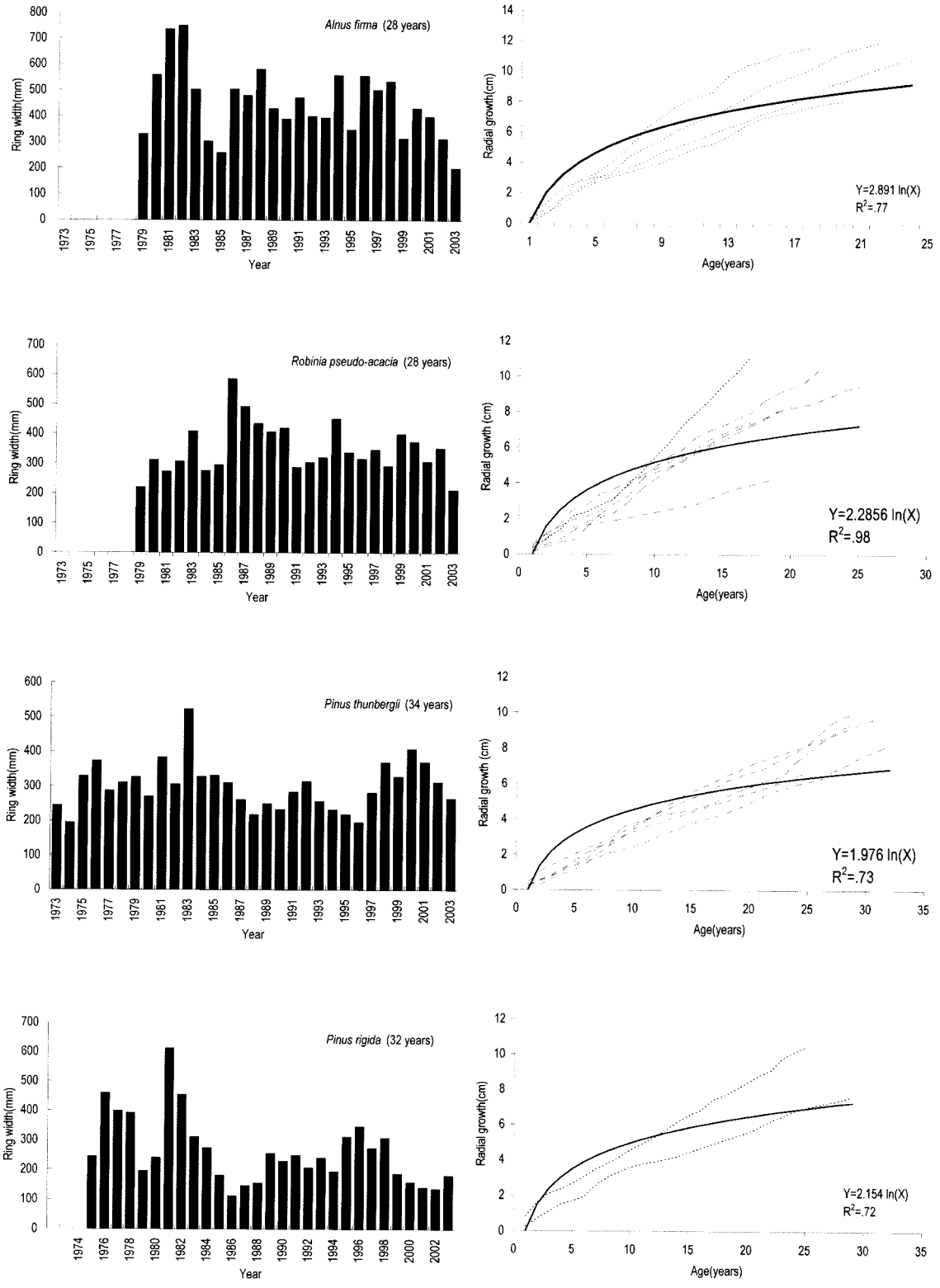


Figure 8. Ring width distribution and radial growth curves of the four major trees for soil erosion controls.

잠재자연식생의 이입에 의한 생장감소로 판단되었다. 아까시나무 28년생 개체목의 연평균 생장폭은 4.3±1.8 mm 이며, 식재 후 초기 7년간 평균 3 mm 내외의 다소 고른 생장을 보이다가 1986년 6 mm정도의 최대 생장을 정점으로 하여 그 후 2002년까지 1 mm 내외의 증감을 반복한 후, 최근 들어 사방오리와 마찬가지로 생장이 다시 급감하는 추세를 나타내고 있었다. 곰솔 34년생 개체목의 연평균 생장폭은 3.0±1.1 mm로 나타났으며, 식재 후 10년간 평균 1~1.5 mm 내외의 증감을 반복하다가 1983년 5.3 mm정도의 최대 생장을 정점으로 하여 1984년 다시

3 mm 내외로 생장이 급감한 후 1996년까지 5년 주기로 생장량의 감소를 반복하였으며 그 후부터 최근까지 다시 1 mm 내외의 증감을 반복하는 추세이었다. 리기다소나무 32년생 개체목의 연평균 생장폭은 3.4±1.3 mm이며, 식재 후 2~4년 즉 1976년에서 1978년까지 3년간 평균 4 mm 내외의 생장을 보인 후, 1979년부터 다시 2년간 급격한 생장 감소를 나타내었고, 1981년 6.2 mm 정도의 최대 생장을 정점으로 하여 1988까지 7년간 다시 급격한 생장 감소를 보인 후 1989년부터 1994년까지 5년간 다소 고른 생장을 하다가 1995년부터 최근까지 생장이 점점 저하되고 있는 경향이었다. 종합적으로 보면 영일사방사업지 사방조림목은 대개 1995년을 기점으로 10년 전부터 뚜렷한 생장 감소 즉 사방조림 후 20~25년을 전후하여 급격하게 생장이 둔화되는 쇠퇴징후를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

인용문헌

1. 경상북도. 1977. 영일지구사방사업사. 경상북도. 286pp.
2. 기상청. 1971-2000. 기상연보. 기상청.
3. 박수현. 1995. 한국귀화식물원색도감. 일조각. 서울. 232pp.
4. 이창복. 1996. 대한식물도감. 향문사. 서울. 990pp.
5. 정인구. 1979. 영일니암지대 식생불생육지의 토양성질에 관한 연구. 학술연구발표요지. 한국임학회 43: 87-88.
6. 주성현. 1981. 영일사방사업지의 토양단면 및 식생구조의 변화. 경북대학교 석사학위논문. 14pp.
7. 최 경, 이천용. 1987. 사방지 식생 천이와 토양변화에 관한 연구(중부화강암지대를 중심으로). 학술연구발표요지. 한국임학회지 76(3): 312-313.
8. 한국산지보전협회. 2004. 영일사방사업지 및 해안사구 산림생태계 보전과 질적 기능 개선을 위한 관리방안. 242pp.
9. 홍성천, 이종운, 김영호. 1978. 사방지 보호를 위한 조림학적 고찰(영일지구 사방사업지를 중심으로). 학술연구발표요지. 한국임학회지 37: 69-70.
10. 홍성천. 1982. 영일사방사업지의 삼림생태학적 연구. 한국임학회지 58: 41-47.
11. Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie Grundzuge der Vegetation 3. Auf. Springer-Verlag. Wien. N.Y. 865pp.
12. Cox, G.W. 1976. Laboratory manual of general ecology. Wm.C.Brown, Dubuque. Iowa. 112pp.
13. Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. The upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
14. Ellenberg, H. 1956. Aufgaben und Methoden der vegetationskunde. stuttgart. 136pp.
15. Kovach W.L. 1999. MVSP-A multivariate statistical pacakage for windows, ver 3.1. pentraeth: Wales: Kovach Computing Services.
16. Legendre, L. and P. Legendre. 1984. Ecologie numérique, 2 Vol. Masson, Paris and Presses de l'Université de Québec. pp. 260-335.
17. Podani, J. 1994. Multivariate Analysis in Ecology and Systematics. SPB Academic Publishing, Amsterdam. 316pp.

(2005년 8월 22일 접수; 2005년 9월 27일 채택)